

ArcelorMittal Europe - Produits Longs
Profilés et laminés marchands



ArcelorMittal

Poutrelles ACB® et Angelina™

Une nouvelle génération de poutrelles alvéolaires





Sommaire

1. Introduction	3
2. Domaines d'utilisation	5
3. Concept – fabrication	7
4. Tolérances des poutrelles ACB® et Angelina™	14
5. Les poutrelles alvéolaires pour la couverture ou les planchers métalliques	17
6. Les poutrelles alvéolaires pour planchers mixtes	21
7. Stabilité en cas d'incendie	25
8. Les poutrelles alvéolaires ACB® et Angelina™ accompagnent la construction durable	26
9. Logiciels de pré-dimensionnement	29
10. Abaques de pré-dimensionnement des poutrelles alvéolaires	30
11. Abaques ACB®	34
12. Abaques Angelina™	49
13. Assistance technique et parachèvement	61
Agences & Partenaires	



1. Introduction

L'utilisation des poutres alvéolaires ACB® et Angelina™ permet une nouvelle expression architecturale. En effet, les structures sont allégées et les portées augmentées afin d'assurer la modularité des lieux.

Cette flexibilité accompagne une fonctionnalité améliorée par le passage des équipements techniques (conduits, câbles, réseaux) à travers les ouvertures. L'aspect aérien des poutrelles alvéolaires, 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 alvéolaires:

- **Fabrication**

L'optimisation des méthodes de fabrication (oxycoupage, cintrage, etc.) permet actuellement de s'adapter à moindre coût, aux exigences des maîtres d'ouvrage afin de garantir une livraison rapide des poutrelles ACB® et Angelina™. La très grande disponibilité à la base des profilés laminés à chaud avec des nuances d'aciers allant jusqu'aux hautes limites élastiques S460 garantit une fabrication des plus économique.

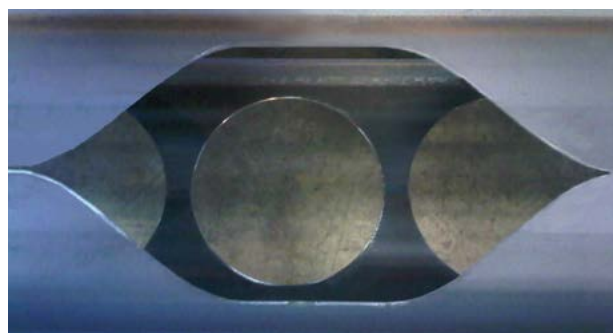
- **Normalisation**

Les Eurocodes (Eurocode 3 pour les structures en acier et Eurocode 4 pour les structures mixtes acier-béton) permettent le calcul de la résistance en situations normales, mais aussi accidentelles telles que séisme ou incendie, y compris avec 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, grands plateaux libres sans joints de dilatation (et cela même au-delà de 80 m), résistance au feu, confort des usagers et durabilité – a largement contribué à l'essor des planchers à base de poutrelles ACB® et Angelina™.

Figure 1: Comparaison de la dimension des ouvertures entre les poutres ACB® et Angelina™.



- **Outils de calcul**

Le développement et la mise à la disposition des outils de calcul et de conception performants (logiciels ACB+ et Angelina) aux bureaux d'étude et aux architectes favorisent l'utilisation des poutrelles alvéolaires. Les méthodes adoptées dans ce logiciel sont basées sur l'exploitation de résultats d'essais réalisés grandeur nature sur des poutres et de nombreuses analyses numériques. Elles permettent ainsi d'optimiser le poids (en modifiant les sections des profilés, ainsi que les hauteur, longueur et entre-axe des ouvertures) et d'adapter la nuance d'acier aux exigences du projet. Cette optimisation réduit au mieux la consommation de matériaux, le poids et les coûts.

- **Utilisation intelligente**

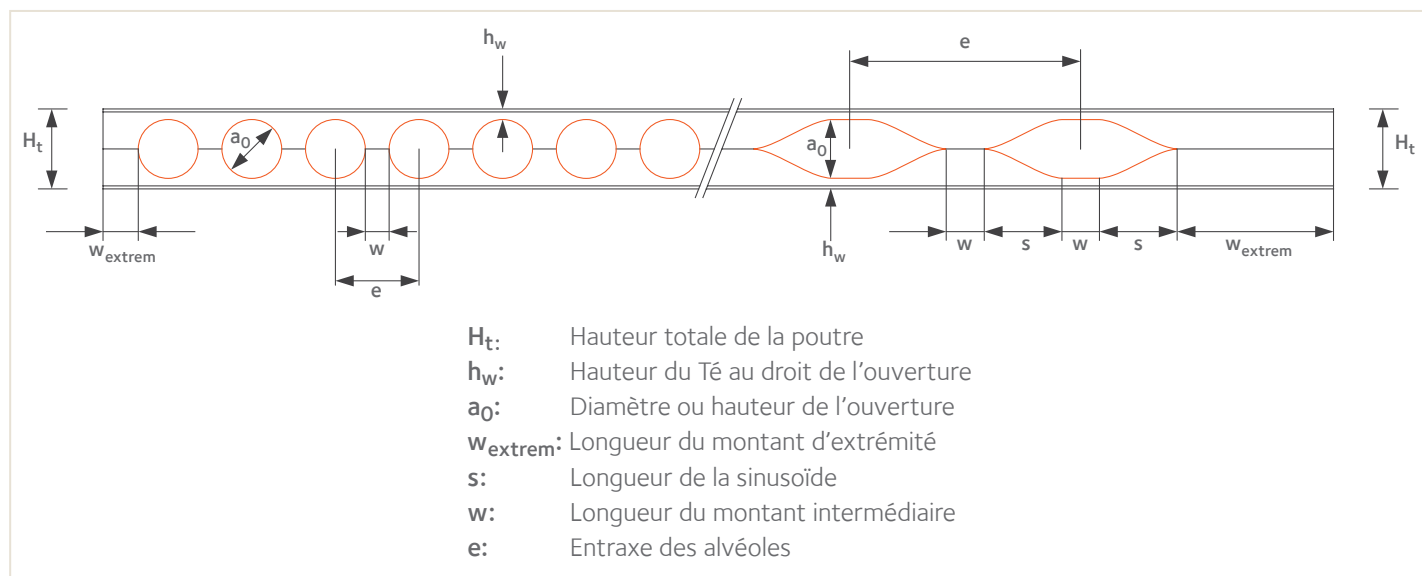
L'utilisation des poutrelles alvéolaires réduit la hauteur d'étage et simplifie la construction tout en conservant l'élégance de la structure. La mise en place des réseaux d'équipements techniques sur chantier s'effectue plus rapidement et plus aisément dans le plénum réalisé dans la hauteur des poutres. En effet, la mise en place des tuyauteries, des gaines ou des réseaux électriques est favorisée par la présence des larges ouvertures situées dans l'âme des poutres de plancher. Les poutrelles alvéolaires facilitent aussi de futures modifications ou rénovations des équipements techniques, le remplacement des réseaux dans les trous surnuméraires, et le tout sans changement dans la structure porteuse.

Technique

Les poutres alvéolaires ACB® et Angelina™ sont obtenues à partir de profilés traditionnels laminés à chaud. La longueur de la poutre est généralement imposée par sa position dans le projet. Les paramètres des ouvertures, à savoir a_0 (diamètre ou hauteur de l'ouverture), s (longueur de la sinusoïde) et w (longueur du montant intermédiaire), sont eux régis par des exigences fonctionnelles et doivent être vérifiés par le calculateur ou le projeteur. La hauteur totale H_t de la poutre dépend pour partie de ces paramètres.

ACB® - Poutrelle alvéolaire à ouverture circulaire

Angelina™ - Poutrelle alvéolaire à ouverture sinusoïdale



2. Domaines d'utilisation

2.1. Toiture

L'utilisation des poutres ACB® et Angelina™ en toiture permet de franchir des portées importantes, jusqu'à 40 mètres.

Que les poutres soient isostatiques (poutrelle simplement appuyée) ou encastrées (traverse de portique), la performance des poutres alvéolaires allie à la fois les fonctionnalités des poutres treillis, et la réduction des interventions sur site pour le montage.

Les poutres alvéolaires offrent aux architectes des solutions attractives et pratiques en termes d'aménagement de l'espace sans effet de masque.

La hauteur des ouvertures peut atteindre 80 % de la hauteur totale de la poutre avec la possibilité de ne laisser qu'une faible quantité de matière – nécessaire à la fabrication – entre les ouvertures.

Cette configuration en poutres alvéolaires permet d'accentuer sa transparence et l'intégration des poutres dans l'espace, notions prisées des architectes.

Figure 2: Poutre de toiture ACB®



2.2. Plancher

Les constructions modernes requièrent de plus en plus l'aménagement d'installations techniques (chauffage, ventilation, air conditionné, etc.), à l'intérieur du plénum disponible (Figure 3).

Figure 3: Poutre de plancher Angelina™



L'utilisation de poutrelles alvéolaires apporte dès maintenant des réponses concrètes à la demande des maîtres d'ouvrage. Cette solution permet de réaliser de grands plateaux libres sur une portée pouvant aller jusqu'à 20 mètres (idéalement de façade à façade) et permet le passage dans le plénum, à travers les alvéoles, de réseaux variés.

L'épaisseur totale du plancher est réduite de 25 à 40 cm par rapport aux solutions traditionnelles. Pour des bâtiments courants de 35 à 40 mètres de hauteur, un gain de seulement 20 cm sur l'épaisseur du plancher permet la réalisation d'un étage supplémentaire avec la même hauteur de construction. Pour des bâtiments dont le nombre d'étages est imposé, l'économie réside dans la réduction des surfaces de façades, de la taille des poteaux, contreventements, murs séparatifs et gaines verticales.



Figure 4: Rénovation à l'aide de poutrelles ACB® au siège du Crédit Lyonnais à Paris

2.3. Applications particulières

2.3.1. Réhabilitation

Afin de préserver l'héritage architectural, des structures légères et flexibles constituées de poutrelles alvéolaires sont utilisées pour consolider, réutiliser ou rénover d'anciens bâtiments (Figure 4).

- les alvéoles facilitent l'évacuation des fumées en permettant une meilleure circulation en sous-face des dalles.

2.3.2. Poutraison de parking

Quatre raisons majeures poussent à recommander l'emploi de poutres alvéolaires dans la construction de parkings :

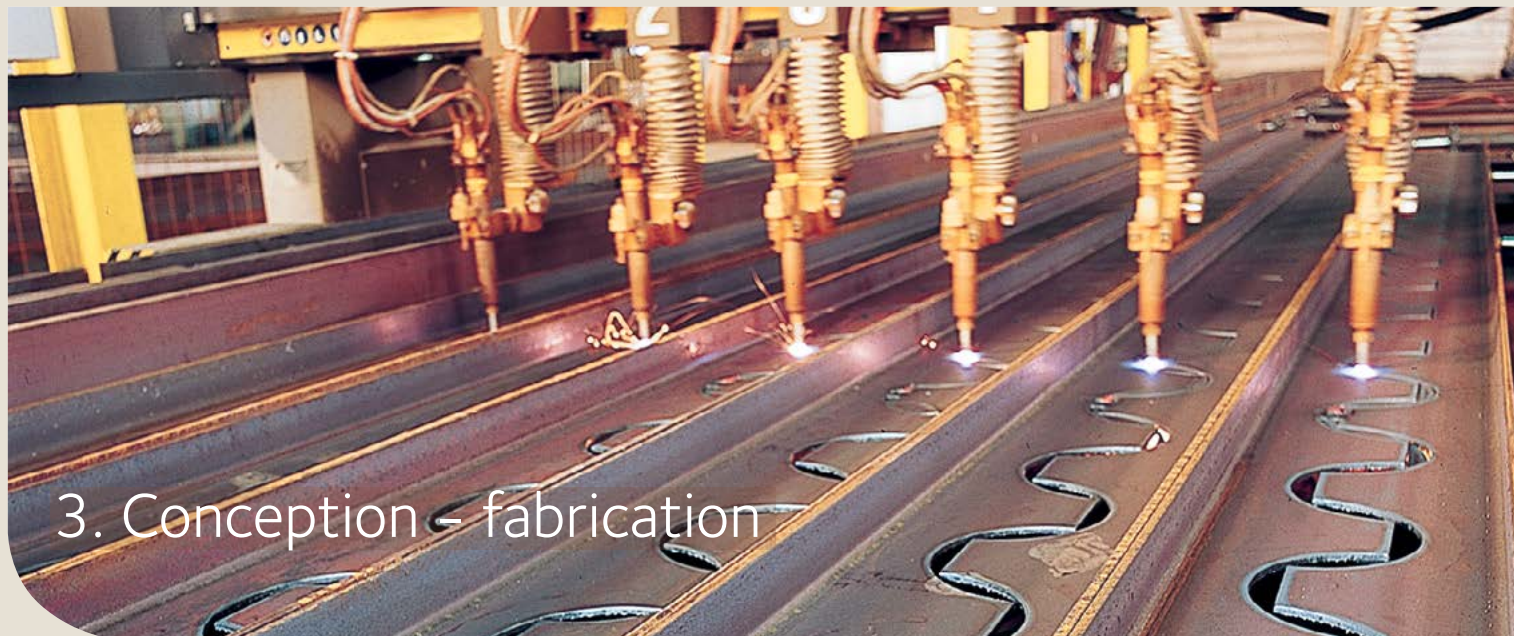
- les portées traditionnelles (15 à 16 m) sont dans la gamme des portées typiques,
- le drainage est facilité grâce aux poutres légèrement cintrées,
- les ouvertures améliorent l'aspect intérieur de ces ouvrages, notamment en laissant passer librement la lumière naturelle au travers des ouvertures,

2.3.3 Protection par galvanisation

Les aciers de construction d'ArcelorMittal ont une teneur en silicium comprise entre 0,14% et 0,25% et sont donc aptes à la galvanisation au trempé. Leur teneur en phosphore étant communément inférieure à 0,035%, celle-ci n'a pas d'influence sur l'épaisseur finale du revêtement dans la plage de Si considérée. Des essais additionnels ont mesuré les différents impacts des procédures de soudage des sections en T sans qu'aucun effet significatif au niveau des soudures n'ait été observé après galvanisation.

Figure 5: Poutre alvéolaire dans la construction de parking





3. Conception - fabrication

Table d'oxycoupage de poutrelles laminées à chaud

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

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

Une ligne de découpe double (ACB®) ou unique (Angelina™) est pratiquée par oxycoupage dans l'âme d'un profilé laminé. Les deux tés ainsi formés sont ensuite soudés après décalage d'une demi-onde (ACB®) ou retournement (Angelina™).

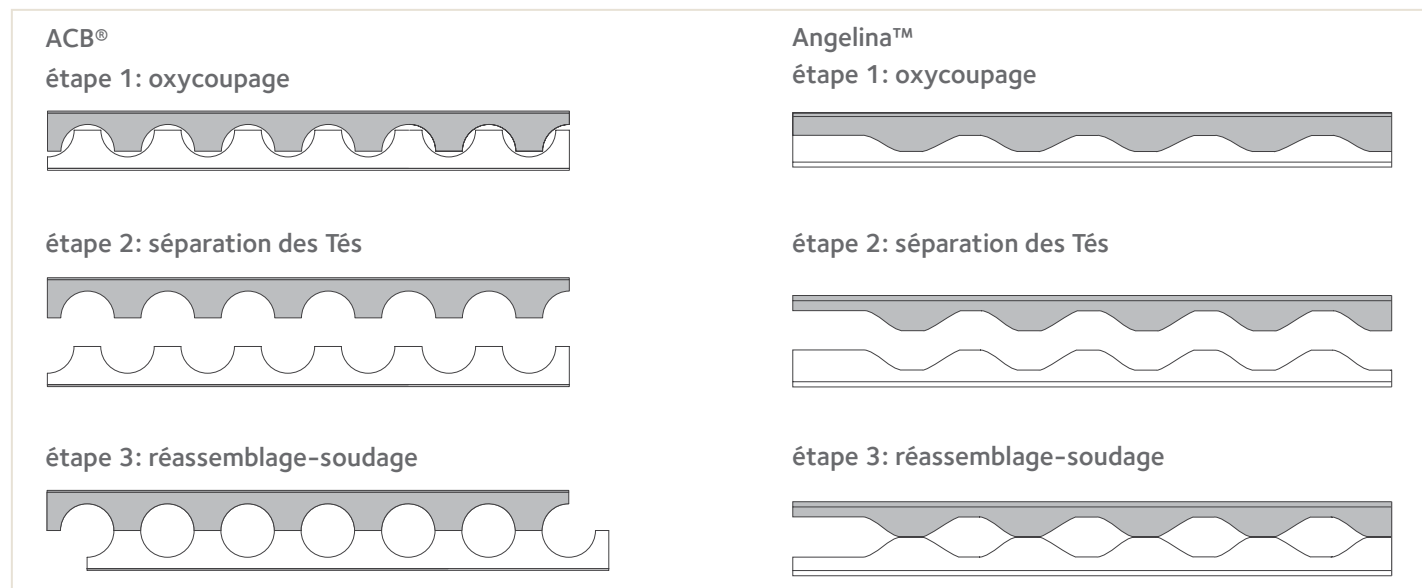
Il en résulte un accroissement de la hauteur totale de la section finale (Figure 6).

Le produit structural ainsi obtenu présente un rapport inertie/poids bien supérieur à la poutrelle d'origine.

Les programmes de découpe sont pilotés numériquement afin d'assurer un ajustement parfait des alvéoles en tenant compte des déformations des trous lors d'un contrefléchage ultérieur.

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

Figure 6: Schéma de fabrication des poutres alvéolaires



3. Concept – fabrication



Figure 7: Fabrication des poutres Angelina™

3.1. Choix de la taille et de l'entraxe des ouvertures

Pour une section de départ donnée, il existe une infinité de combinaisons possibles en termes de hauteurs finales et d'entraxes des alvéoles. Le choix est orienté suivant certains principes décrits ci-après.

- Afin de conserver un certain esthétisme des proportions des ouvertures, le rapport entre la hauteur de l'ouverture (a_0), l'entraxe (e) et la hauteur finale (H_t) varie suivant le champ d'application défini ci-après (Figure 8).

La hauteur de l'ouverture (a_0) est déterminée le cas échéant par le gabarit maximum des gaines techniques prévues dans les différentes zones ou étages du projet.

- En fonction du champ d'application (poutre de plancher ou poutre de toiture), le T_e résiduel au droit des ouvertures peut être adapté mais doit rester suffisant pour prévenir toute déformation exagérée et conserver sa résistance.
- Afin d'optimiser les coûts de fabrication, les remplissages des ouvertures situées aux extrémités sont à éviter.

Figure 8 : Taille et entraxe des ouvertures

Applications:

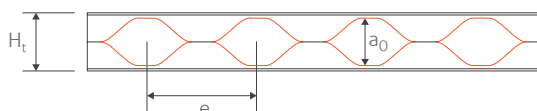
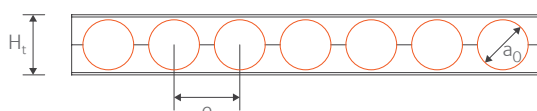
Couverture
Passerelles piétonnes
Pannes de grandes portées

Objectif: Optimisation du rapport hauteur/poids

Profilé de départ (hauteur h)



Conception type 1 (ACB® et Angelina™)



Diamètre ou hauteur $a_0 = 1,0$ à $1,3 h$

Entraxe $e = 1,1$ à $1,3 a_0$

Hauteur finale $H_t = 1,4$ à $1,6 h$

Nuances d'aciers usuelles: S355

Applications:

Planchers
Parking
Structures offshore

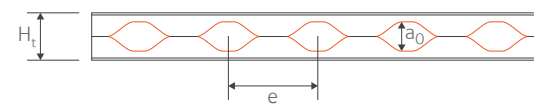
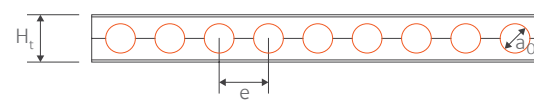
Objectif:

Optimisation du rapport charge admissible/poids

Profilé de départ (hauteur h)



Conception type 2 (ACB® et Angelina™)



Diamètre ou hauteur $a_0 = 0,8$ à $1,1 h$

Entraxe $e = 1,2$ à $1,7 a_0$

Hauteur finale $H_t = 1,3$ à $1,4 h$

Nuances d'aciers usuelles: S355, S460, H1STAR460



Poutres alvéolaires contrefléchées de 25 mètres

3.2. Choix du profil en long

3.2.1. Poutres cellulaires cintrées ou contrefléchées

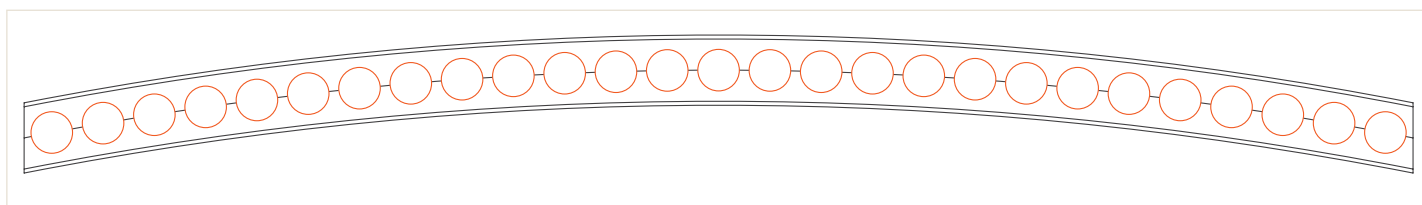
Il est facile, au cours du processus de fabrication, de galber les 2 tés avant reconstitution pour obtenir sans surcoût notable une poutre cellulaire contrefléchée ou cintrée (Figure 9).

La contreflèche est suffisamment marquée pour éviter tout risque d'emploi à contresens.

Elle est particulièrement indiquée pour l'optimisation des poutres de plancher; la contreflèche pouvant compenser le poids propre du plancher lors du coulage de la dalle. La forme imprimée reste remarquablement stable, même après une galvanisation éventuelle.

En toiture, et même sur des portées de 30 m, le cintrage (ACB®) permet de donner la pente requise pour la couverture (3 à 10%) facilitant la pose des pannes et bacs.

Figure 9 : Exemple d'une poutre ACB® cintrée



3.2.2. Poutres ACB® à inertie variable

Les poutres à inertie variable sont réalisées en inclinant l'axe de découpe et en retournant un des deux tés (Figure 10). Ces formes trouvent leurs applications

les plus fréquentes dans les cas de consoles longues (tribune de stade, ...), poutres continues (passerelles, ...), traverses ou demi-traverses de portiques.

Figure 10: Exemples de poutre ACB® à inertie variable

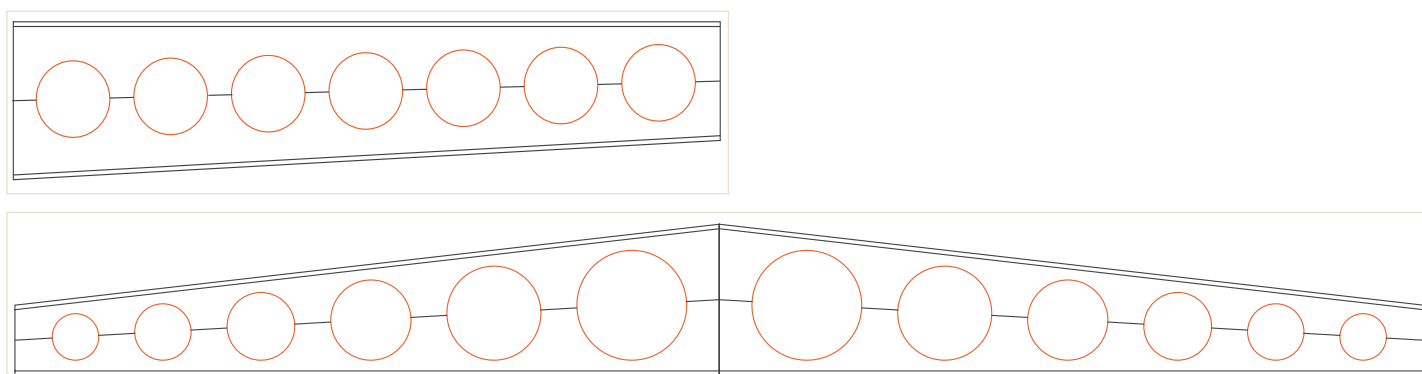
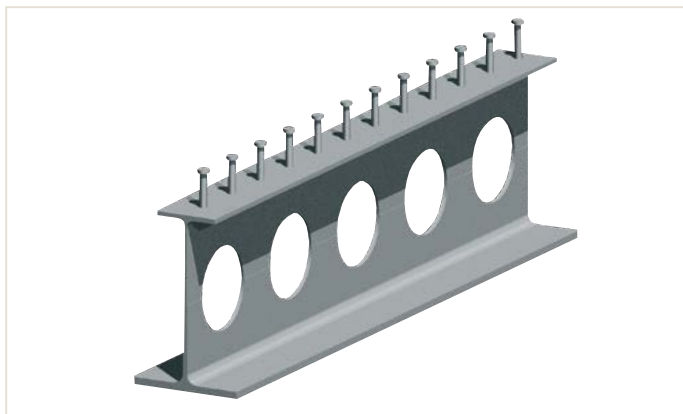


Figure 11: Exemple de poutre ACB® dissymétrique



3.2.3. Poutres dissymétriques

Les poutres dissymétriques, particulièrement bien adaptées au fonctionnement mixte (en combinaison avec la dalle de plancher), sont obtenues en réassemblant des tés de sections ou nuances différentes (Figure 11).

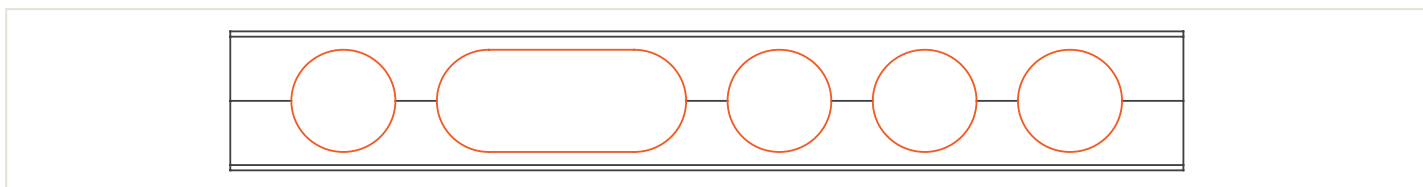
En flexion, le Té inférieur travaille en traction. Le Té supérieur associé à une table béton, peut être réduit car il reprend un effort de compression moindre que l'effort de traction.

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

3.2.4. Ouvertures allongées

Il est parfois nécessaire d'éviter l'espace entre 2 cellules. Dans la mesure du possible, cette élongation doit être placée vers le centre de la poutre (Figure 12), dans la zone de faible effort tranchant. Lorsque cette élongation doit se situer à proximité des appuis, il est souvent nécessaire d'en raidir le contour.

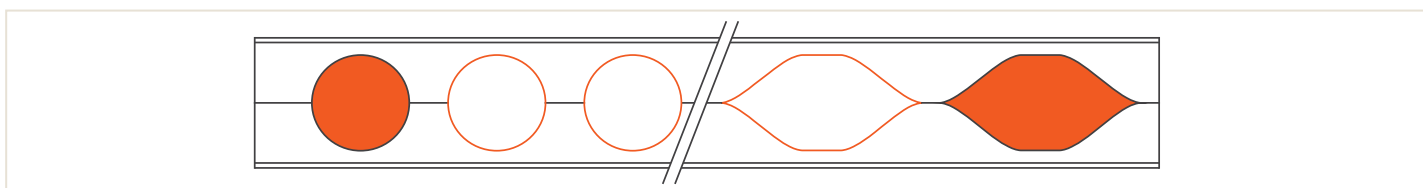
Figure 12: Ouverture rallongée



3.2.5. Obturation des alvéoles

Le rebouchage de certaines alvéoles s'avère parfois nécessaire (Figure 13a) suite à des contraintes d'efforts tranchants au niveau des appuis, de l'attache des solives ou pour des raisons de stabilité en cas d'incendie. À cet effet, une tôle est insérée dans l'alvéole puis soudée de part et d'autre de l'âme de la poutre. Les épaisseurs de la tôle et du cordon de soudage, souvent limité à un cordon de 4 mm, sont optimisées en fonction des contraintes locales.

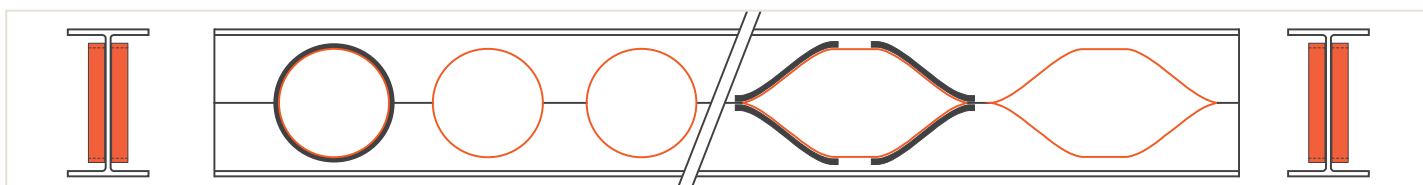
Figure 13a: Alvéoles obturées



3.2.6. Renfort d'alvéoles

Si dans certains cas (esthétisme, luminosité, ...) l'ouverture doit être maintenue, un cercle ou un renfort soudé sur le pourtour de l'ouverture permet d'en augmenter la rigidité (Figure 13b).

Figure 13b: Alvéoles renforcées





Exemple d'une poutre ACB® avec ouvertures obturées aux appuis

3.2.7. Renforcement des poutres

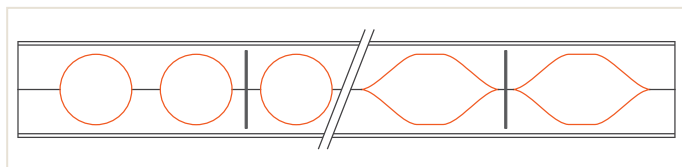
Les critères de déformation et de fréquence à l'état limite de service nécessitent une rigidité suffisante en flexion, c'est-à-dire une limitation des flèches. L'optimisation de la charpente alvéolaire est envisageable par l'augmentation de l'inertie accompagnée d'une diminution de l'épaisseur de l'âme, ce que favorise l'utilisation des profilés 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 près des appuis entre les alvéoles d'extrémités.

Typiquement, quatre solutions sont envisageables :

- Choisir un profilé plus résistant,
- Choisir une qualité d'acier supérieure pour diminuer le taux de chargement,
- Obturer les alvéoles, si cela ne pose pas de problème de passage de réseau,
- Renforcer les ouvertures par des cercles afin de conserver la liberté de passage.

Figure 14: Renforcement du montant par simple plat

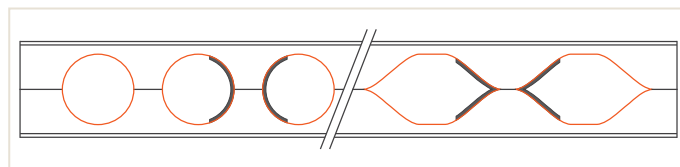


En alternative, des études expérimentales ont montré l'efficacité d'un simple plat rigide soudé au droit du montant critique (Figure 14). Deux portions de cercles peuvent également être utilisées (Figure 15).

3.2.8. Reprise de charges ponctuelles

Une plastification localisée au droit d'une section transversale près de charges concentrées peut être évitée grâce à des renforts ou des obturations.

Figure 15: Renforcement des pourtours de l'alvéole



3.3. 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 » peut être utilisée pour les poutrelles alvéolaires standards mais ce n'est qu'exceptionnellement nécessaire compte tenu des très grandes longueurs œuvrées ou produites. L'épaisseur des cordons de soudure ne nécessite généralement pas une soudure pleine pénétration.

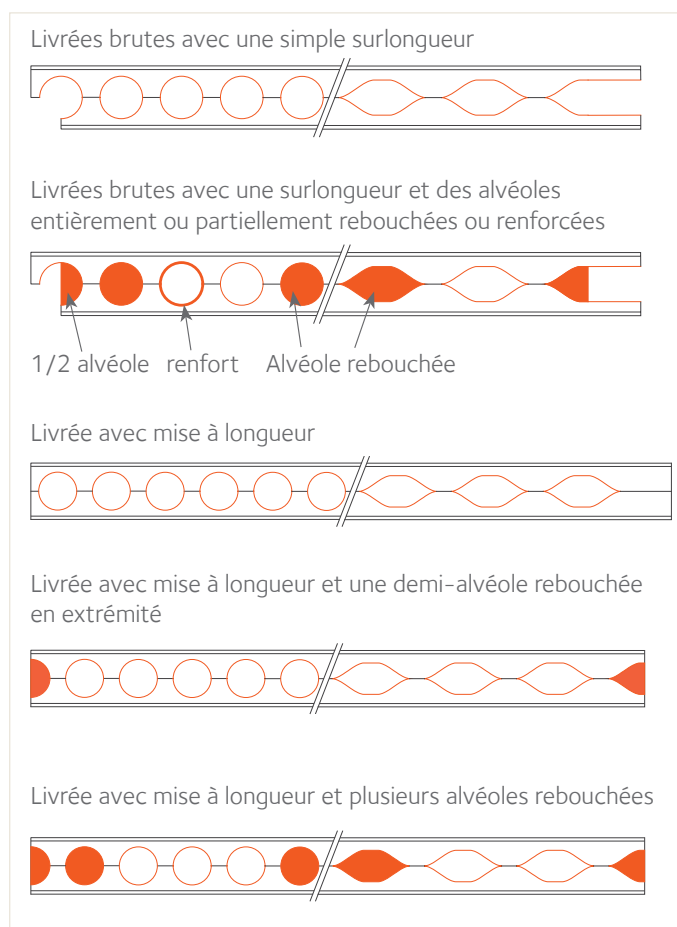
Une étude basée sur des essais a permis de valider le modèle utilisé dans les logiciels ACB+ et Angelina. Ce modèle permet de calculer le cordon nécessaire afin de résister aux sollicitations appliquées.



3.4. Types de fabrication

Des exemples de formats de commandes sont présentés en Figure 16.

Figure 16: Possibilités de fournitures des poutres alvéolaires

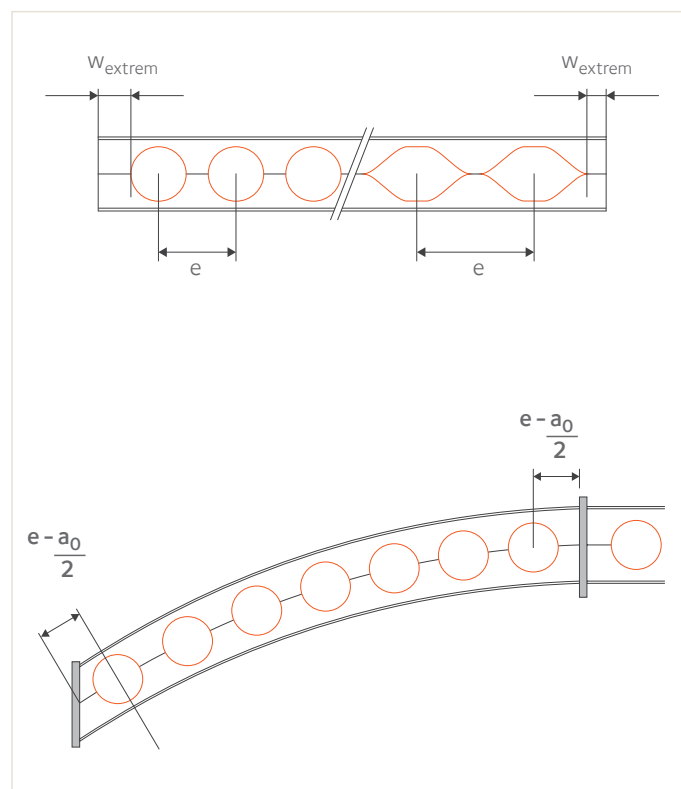


3.5. Positionnement des alvéoles

Dès la conception de la structure, un soin particulier devra être apporté au positionnement des alvéoles afin d'éviter des obturations inutiles (Figure 17).

- Dans un premier temps, la poutrelle est optimisée du point de vue structurel.
- Puis l'entraxe entre alvéoles sera choisi de telle sorte qu'on ait des montants d'extrémités pleins.

Figure 17: Positionnement des alvéoles



3.6. 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 figures spécifiques où le rebouchage d'une ou de deux alvéoles s'impose, il est plus facile et économique de ne prévoir qu'un rebouchage partiel (Figure 18).

3.7. Cintrage des poutres

Le cintrage des poutres alvéolaires peut être intégré sans difficulté au processus de fabrication de la poutrelle. Il peut être dicté par les aspects suivants:

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

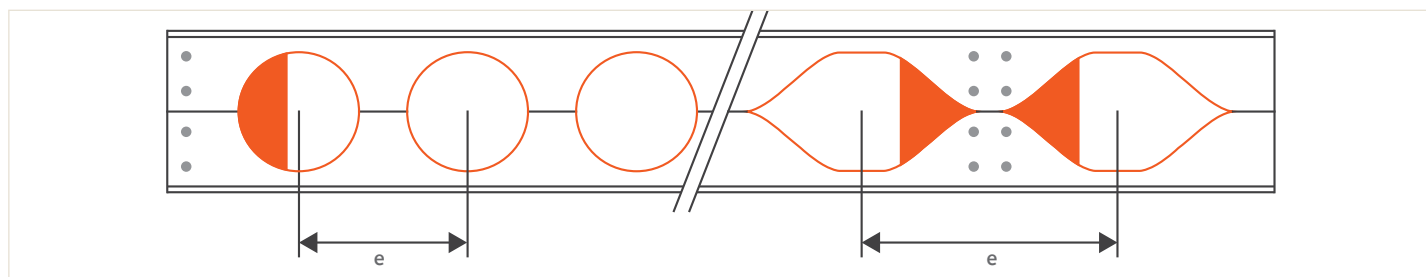
D'autres formes de cintrage ou de contrefléchage peuvent être proposées sur demande, la contreflèche minimale étant de 15 mm.

3.8. Limites de fabrication

Les limites inhérentes au procédé de découpe, c'est à dire la distance minimum à respecter pour le passage de la tête d'oxycoupage entre le rayon de congé et l'ouverture, ou bien le rayon de cintrage minimum (rayon élastique) ont été intégrés dans les logiciels ACB+ et Angelina (voir chapitre 9: Logiciels de pré-dimensionnement).

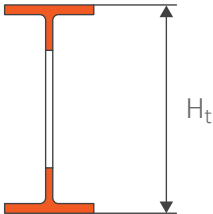
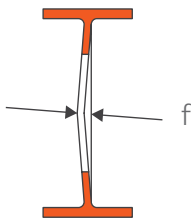
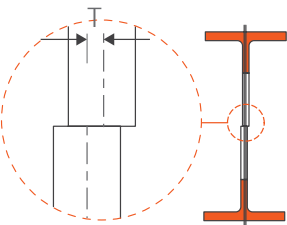
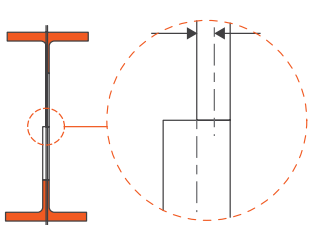
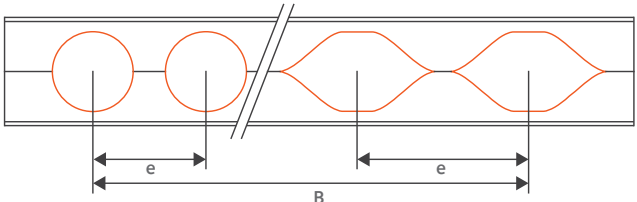
Une conception via l'utilisation de ces logiciels garantit d'obtenir le maximum en flexibilité et performance des poutres alvéolaires.

Figure 18: Exemples de rebouchage partiel des alvéoles pour la réalisation d'assemblages.

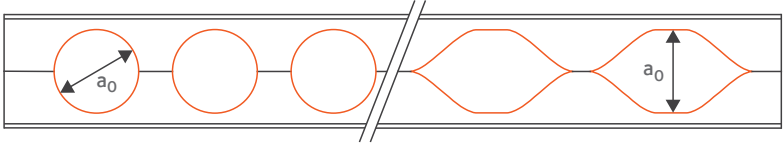
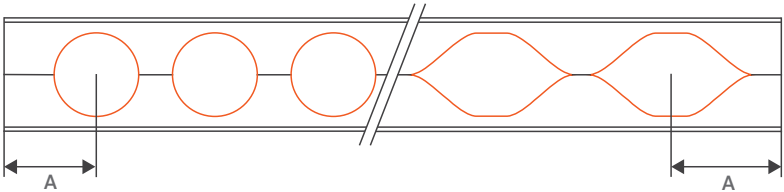
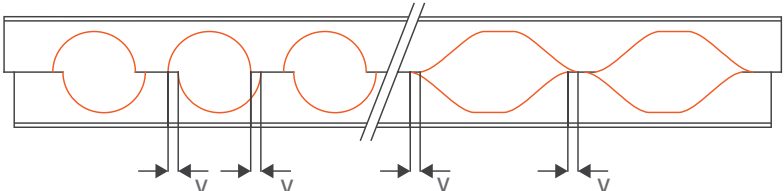
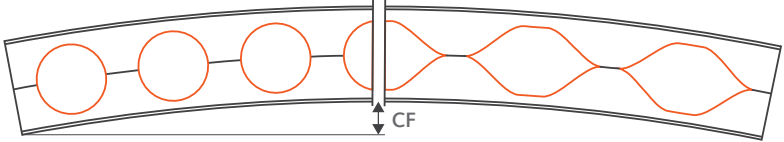


4. Tolérances des poutres ACB® et Angelina™

Tolérances ACB® et Angelina™

<p>Hauteur finale: H_t</p> <p>$H_t < 600$</p> <p>$600 \leq H_t < 800$</p> <p>$H_t \geq 800$</p>	<p>+ 3 / - 5 mm</p> <p>+ 4 / - 6 mm</p> <p>+ 5 / - 7 mm</p>	
<p>Cintrage de l'âme : f</p> <p>$H_t < 600$</p> <p>$H_t \geq 600$</p>	<p>$f \leq 4 \text{ mm}$</p> <p>$f \leq 0,01 H_t$</p>	
<p>Désalignement des tés: T</p> <p>(entre l'axe du Té supérieur et l'axe du Té inférieur)</p>	<p>$T \leq 2 \text{ mm}$</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Section symétrique</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Section hybride</p> </div> </div>
<p>Entraxe: e</p> <p>Distance d'axe à axe entre la première et la dernière alvéole: B</p>	<p>+/- 0,01 e</p> <p>+/- 0,02 e</p>	

Tolérances ACB® et Angelina™

<p>Diamètre/hauteur: a_0</p>	<p>$+ 5 / - 2 \text{ mm}$</p>	
<p>Longueur: L</p> <p>Distance de l'axe de la 1^{re} alvéole à l'extrémité: A</p>	<p>$\pm 2 \text{ mm}$</p> <p>$\pm 0,02 e$</p>	
<p>Décalage des montants: V</p> <p>Exemple:</p>	<p>$V \leq 0,03 \% L$</p> <p>si $L = 10\,000 \text{ mm}$ $V \leq 3 \text{ mm}$</p>	
<p>Cintrage: CF</p>	<p>$\pm 0,05 CF$</p> <p>$CF \text{ min. } 5 \text{ mm}$</p>	

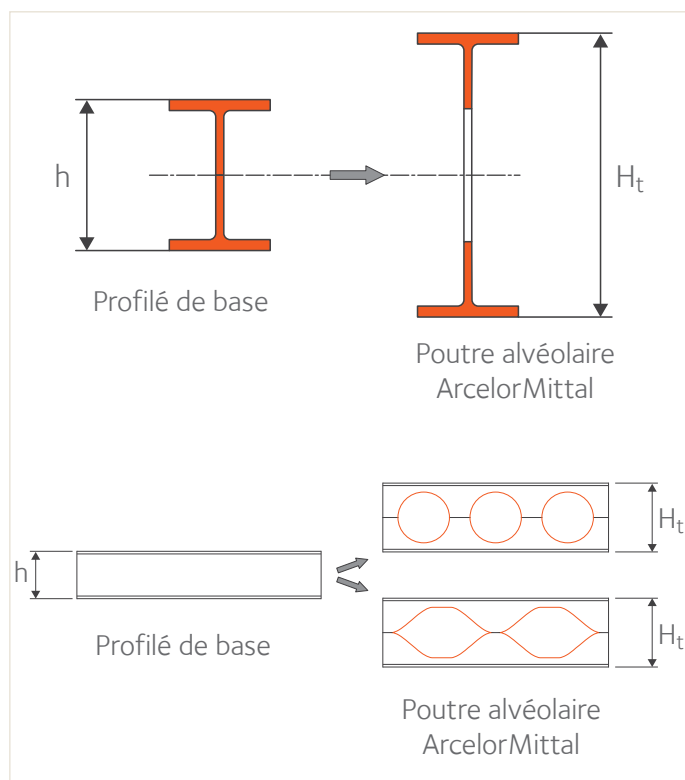


Site industriel BOBST à Mex (CH). MP INGENIEURS CONSEILS SA – Crissier (CH). Architectes :
RICHTER & DAHL ROCHA – Lausanne (CH). Ingénieurs : MP INGENIEURS CONSEILS SA – Crissier

5. Les poutrelles alvéolaires pour la couverture ou les planchers métalliques non-mixtes

Les poutres ACB® et Angelina™ employées en toitures ou pour les planchers métalliques non-mixtes sont généralement symétriques: leurs membrures supérieures et inférieures sont issues du même profilé de base (Figure 19).

Figure 19: Constitution d'une poutre alvéolaire



L'architecte dispose d'un large choix de taille et d'espacement des alvéoles. Ces valeurs permettront de déterminer le profilé constitutif de base et d'en déduire la hauteur finale de la poutre alvéolaire.

Le raisonnement peut aussi s'effectuer dans l'autre sens: pour une hauteur finale imposée et des caractéristiques prédéfinies des ouvertures, l'ingénieur peut facilement identifier le profilé de base permettant de satisfaire ces exigences puis le vérifier.

5.1. Aide à la conception

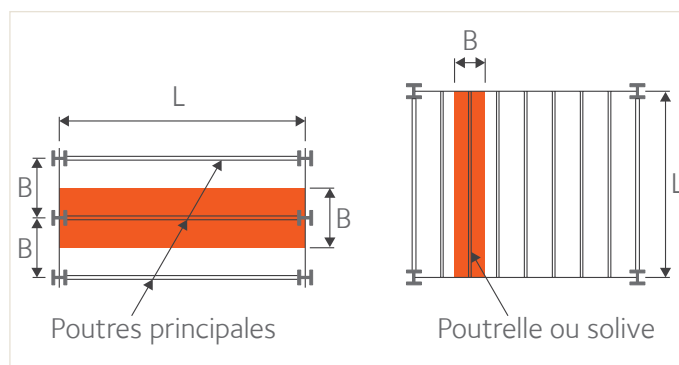
Comme pour les profilés laminés, il est indispensable de concevoir un projet en poutrelles alvéolaires avec des critères et des limites permettant de tirer un profit optimal des performances offertes par ces produits.

5.1.1. Choix de la hauteur de la poutrelle

La hauteur H_t de la poutrelle est déterminée en fonction de (Figure 20):

- la portée (L) et de l'espacement des poutrelles (B),
- l'intensité des charges (utilisation en couverture ou en plancher acier),
- l'utilisation des poutres alvéolaires en tant que poutres principales ou solives,
- des critères de déformation (limite de flèches pour situations courantes ou pour un projet particulier).

Figure 20: Utilisation des poutres dans la structure



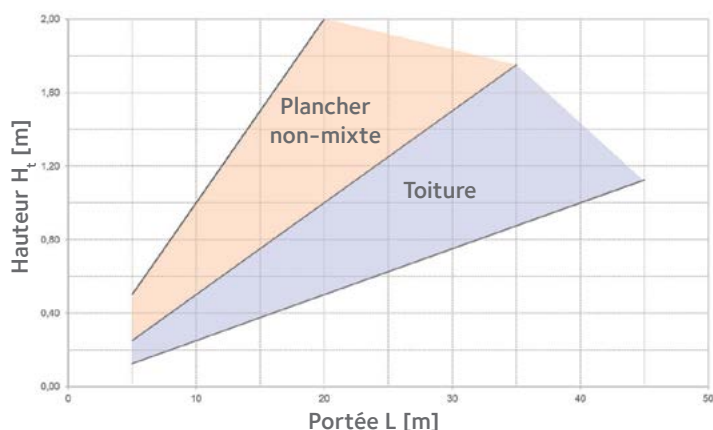
Pour les projets courants de toitures (avec entraxe de 5 à 8 m), les poutres peuvent avoir un élanement (rapport portée/hauteur de la poutre) variant de 20 à 40 selon les conditions d'appui.

Une valeur intermédiaire égale à 30 peut être adoptée au stade de la conception pour les solives et pour les poutres encastrées de portiques (Figure 21).

Pour les poutres de planchers de bâtiments, l'élanement varie entre 10 et 20.

Pour des charges normales d'utilisation, une valeur intermédiaire égale à 15 peut être utilisée en conception.

Figure 21: Hauteur de la poutre alvéolaire en fonction de la portée



5.1.2. Choix de la taille et de l'espacement des alvéoles

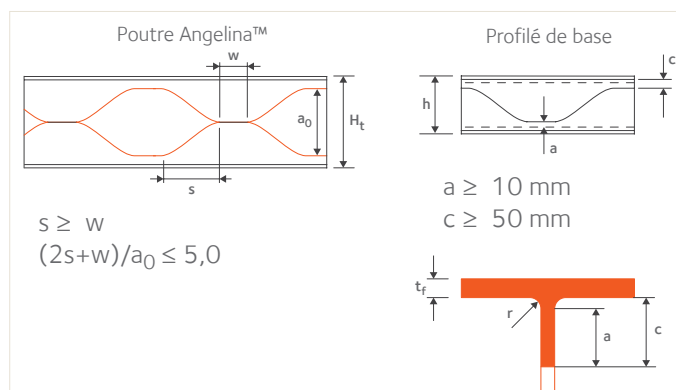
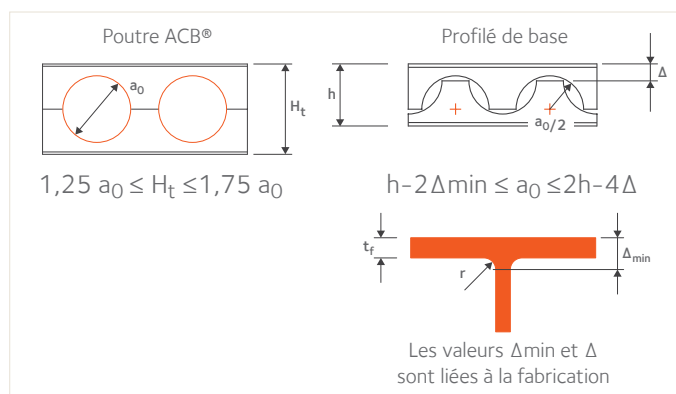
Les choix de la taille et de l'espacement des alvéoles sont normalement guidés par des exigences architecturales (transparence et jeu de lumière) et fonctionnelles (passages de réseaux et d'équipements à travers les ouvertures).

Il convient toutefois de respecter les limites géométriques nécessaires à la fabrication et au bon comportement mécanique de la poutre alvéolaire. Ces limites concernent à la fois :

1) La taille de l'ouverture (Figure 22):

- avec les valeurs a_0 , s et w par rapport à la poutre réalisée,
- avec les valeurs a_0 , a et c par rapport à la section de base.

Figure 22: Limites géométriques des alvéoles des poutres ACB® et Angelina™





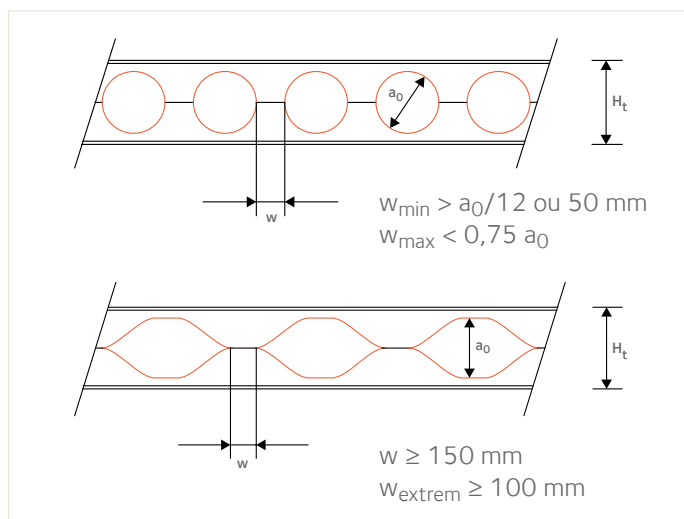
Gymnase P. de Coubertin (ville de Bourges; Arches Études)

2) L'espacement des alvéoles (Figure 23):

Certaines règles doivent être observées lors du choix de l'espacement des alvéoles, comme par exemple leur régularité. L'espacement minimal est défini afin de garantir un assemblage adéquat des deux parties de la poutre alvéolaire et d'éviter la présence, localement, d'un point faible dans la poutre.

L'espacement maximal résulte à la fois de considérations économiques lors de la fabrication des poutrelles, et du comportement mécanique de la poutre qui, dans le cas d'un fort espacement et d'une faible hauteur, se rapproche de celui d'une poutre à ouvertures isolées.

Figure 23: Limites géométriques pour les espacements entre les alvéoles



5.2. Vérifications au dimensionnement

Comme tout autre élément porteur d'une structure, les poutres alvéolaires doivent satisfaire aussi bien les critères des États Limites Ultimes (résistance) que les exigences des États Limites de Service (flèches et vibrations). La taille relativement importante des ouvertures engendre une concentration des efforts dans les sections en acier et

des phénomènes d'instabilité locale peuvent apparaître. ArcelorMittal a participé depuis de nombreuses années au développement de méthodes apportant des solutions efficaces à ces calculs. Les calculs sont les suivants:

- résistance au droit des montants:
 - à l'effort tranchant
 - la flexion
 - à l'interaction flexion et effort tranchant
 - au cisaillement horizontal
- résistance au voilement par cisaillement
- résistance au droit des ouvertures:
 - à l'effort tranchant
 - à l'interaction flexion et effort axial
 - à l'interaction flexion, effort axial et effort tranchant
- résistance au déversement
- déformée verticale: Pour le calcul de la déformée verticale totale de la poutre, la barre est divisée en tronçons élémentaires de deux types; tronçons « pleins » et tronçons « alvéoles » pour lesquels les méthodes de calculs diffèrent. La contribution des tronçons « pleins » à la déformée verticale relève du calcul classique sous moment de flexion. La méthode de calcul de la déformation verticale d'un tronçon « alvéole » est la somme des déformées élémentaires dues aux effets axiaux, de cisaillement et de flexion. La déformée verticale de la poutre est obtenue par la somme des contributions de tous les tronçons élémentaires.
- fréquence propre.

Les logiciels ACB+ et Angelina présentés au chapitre 9 offrent aux utilisateurs la possibilité de vérifier chaque configuration de poutrelle alvéolaire suivant ces dernières méthodes.

En alternative, les abaques de pré-dimensionnement (voir chapitre 10) permettent d'obtenir très rapidement une solution à partir de configurations prédéfinies pour des poutrelles en toiture ou pour des planchers métalliques.



6. Les poutrelles alvéolaires pour planchers mixtes

L'utilisation de poutrelles ACB® ou Angelina™ pour les planchers mixtes (Figure 24) permet à la fois de maximiser la hauteur d'étage et les portées, pour des plateaux sans poteaux intermédiaires.

Ainsi, les portées réalisables avec cette solution atteignent 30 mètres. Pour les planchers en 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 typiquement espacées de 2,50 à 3 mètres dans le cas de planchers sur bac collaborant et de 3 à 9 mètres dans le cas de prédalles, de plancher additif Cofraplus 220 ou de Cofradal 200/230/260, suivant les possibilités ou non d'étalement.

6.1. Aide à la conception

6.1.1. Choix de la hauteur d'une poutre mixte alvéolaire

Outre les critères définis précédemment au chapitre 5 pour les poutres de toiture, il est important de prendre en compte l'effet de mixité entre acier et béton, afin de prévenir les défauts que le béton est susceptible de subir au cours du bétonnage et durant l'exploitation de l'ouvrage, en particulier vis-à-vis du retrait et du fluage.

Figure 24a: Poutres alvéolaires Angelina™ de plancher

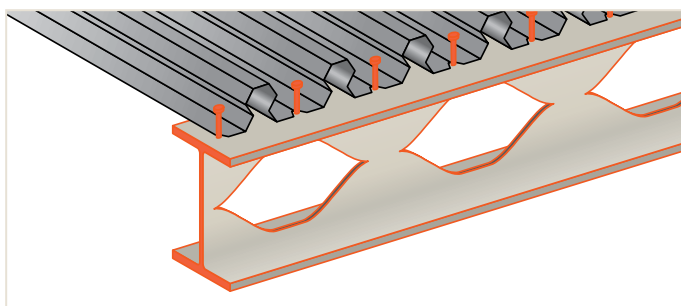
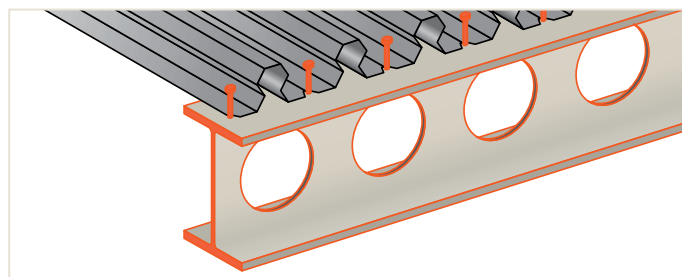


Figure 24b: Poutres alvéolaires ACB® de plancher



La hauteur H_t de la poutrelle sera définie en fonction de:

1) La portée

La portée L peut varier de 8 à 30 mètres selon les cas. Dans l'hypothèse de portées isostatiques, la dalle en béton est comprimée sur la totalité de la portée, contrairement au cas de travées en continuité où le béton est en traction au droit des appuis intermédiaires.

2) L'espacement

L'espacement des poutres B est fonction du type de plancher:

- Cas de dalles sur bac collaborant
 - $B = 2,50$ à 3 mètres sans étalement
 - $B = 3$ à 5 mètres avec étalement

Les bacs ArcelorMittal Cofradal 200/230/260 sont optimaux pour des portées de 5 à 7 m.

- Cas de dalles additives Cofraplus 220
 - $B = 3$ à 6 mètres sans étalement
 - $B = 6$ à 9 mètres avec étalement
 - Utilisation de prédalles en béton
 - $B = 2,70$ à 7 mètres avec étais suivant nécessité
- De nouveau, les bacs ArcelorMittal Cofradal 200/230/260 sont optimaux pour des portées de 5 à 7 m.
- Épaisseur structurale autorisée du plancher H_t , correspondant à la hauteur de la section mixte (hauteur H_t de la poutrelle plus l'épaisseur de la dalle): Il convient d'espacer les poutres en observant les rapports d'élancement suivants:
 - $L/H_t > 20$: $B = 2,5$ à 3 mètres
 - $L/H_t < 15$: $B = 3$ à 5 mètres



Figure 26: Exemple Poutre mixte de plancher

3) Confort des usagers

Pour les structures de planchers élancées, les critères de calcul aux  tats Limites de Service sont souvent prépondérants dans le dimensionnement*. Le seuil de vibration acceptable pour maintenir le confort des occupants peut être assimilé à des classes [A   E] obtenues en fonction de la réponse vibratoire prévisible du plancher sous sollicitations réelles, définies en fonction de la destination du bâtiment (et du plancher étudié). Pour une vision d'ensemble de cette procédure d'évaluation et des recommandations consultez le « guide pour le contrôle vibratoire des planchers » (téléchargeable de la bibliothèque en ligne de sections.arcelormittal.com).

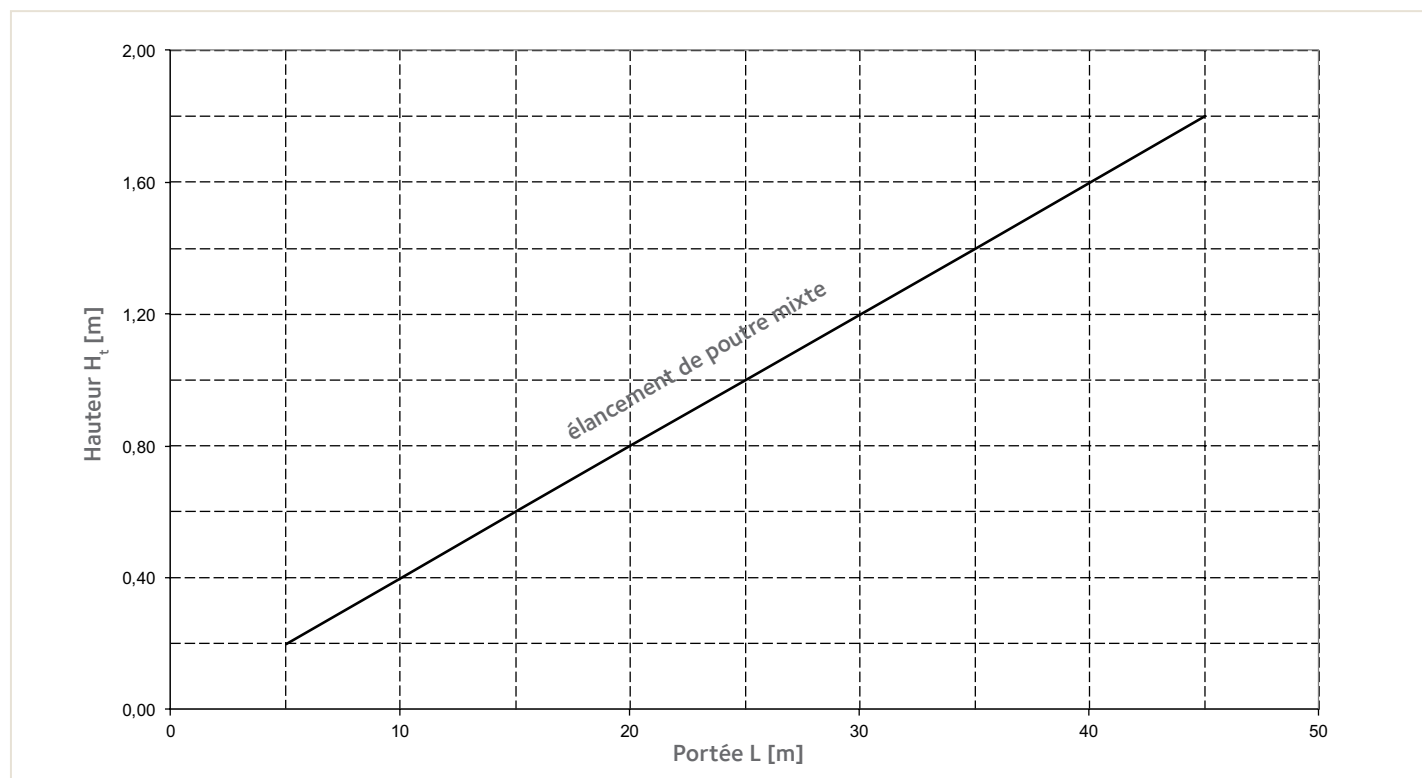
*NF EN 1993-1-1/NA: 2,6 Hz!

6.1.2. Choix de la hauteur et de l'espacement des alvéoles

Le choix du diamètre/hauteur et de l'espacement des alvéoles est normalement dicté par l'organisation des réseaux. Sous les planchers de bureaux, une hauteur d'alvéole de 250 à 350 mm résout la plupart des cas de figure.

En ce qui concerne les valeurs minimales et maximales relatives au diamètre a_0 et à l'entrée e en fonction du profilé de base, les règles données au chapitre pr c dent pour les poutres alvéolaires non-mixtes restent valables pour les poutres mixtes.

Figure 25: Hauteur H_t de la poutrelle de plancher en fonction de la portée



6.2. Vérifications additionnelles

En plus des vérifications à effectuer pour les poutres alvéolaires non-mixtes (voir détails au paragraphe 5.2), certains points particuliers propres à la section mixte restent à vérifier :

- résistance de la section en phase de construction (sans la contribution de la dalle, en fonction des conditions d'étalement),
- résistance des connecteurs et degré de connexion,
- résistance à la flexion de la section mixte,
- déformée verticale de la section mixte avec prise en compte du retrait du béton.

Les logiciels ACB+ et Angelina présentés au chapitre 9 offrent aux utilisateurs la possibilité de vérifier chaque configuration de poutrelle alvéolaire suivant ces méthodes.

En alternative, les abaques de pré-dimensionnement (voir chapitre 10) permettent d'obtenir très rapidement une solution à partir de configurations prédéfinies en planchers mixtes.



7. Stabilité en cas d'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 plus adaptée est d'assurer une protection des poutres par flocage si elles ne sont pas visibles. Typiquement, le bac acier, lui, ne requiert aucune protection rapportée pour R60 ou R90. Une surépaisseur de couche protectrice, de 2 à 3 cm, s'avère parfois nécessaire autour des ouvertures des poutres alvéolaires afin d'assurer la protection du contour.

Il est donc préférable de prévoir des ouvertures supérieures de 3 à 5 cm aux dimensions des gaines, afin de ne pas risquer d'abîmer le flocage au droit des alvéoles lors de la mise en place des équipements techniques.

Figure 27: Protection par flocage d'une poutrelle ACB®



Ainsi, il convient d'être particulièrement vigilant au moment de la pose de gaines, réseaux et faux-plafonds. Dans certains cas, aucune couche anticorrosion additionnelle ne sera nécessaire lorsque la protection est appliquée directement sur l'acier. Dans le cas de poutres visibles – poutres de plancher ou de toiture – l'application d'une peinture intumescente assurera la résistance au feu tout en préservant son esthétique.

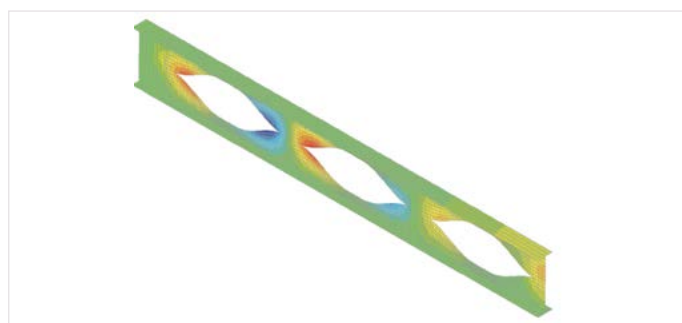
La surface à protéger contre l'incendie est presque identique à celle du profilé plein de base. On se reportera pour cela aux valeurs A_L (m^2/m) et A_G (m^2/t) figurant dans les tableaux des

caractéristiques des profilés de notre Programme de Vente (consultable sous Bibliothèque du site sections.arcelormittal.com).

Un encoffrement autour des poutrelles alvéolaires peut être fait à l'identique de 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 en relation avec la température critique des éléments de la section. Les logiciels de pré-dimensionnement ACB+ et Angelina calculent ces températures critiques.

De plus, le service d'Assistance Technique d'ArcelorMittal utilise le logiciel SAFIR avec un module spécialement développé pour le calcul par modèle numérique des poutres alvéolaires.

Figure 28: Analyse du comportement à chaud d'une poutrelle par un calcul aux éléments finis avec le logiciel SAFIR.



Les couleurs des différentes zones dans l'exemple en Figure 28 correspondent aux températures atteintes dans l'acier au bout de la durée considérée pour l'étude. L'épaisseur de la protection passive (enduit projeté, peinture intumescente) peut être réduite voire même supprimée en renforçant localement une poutre ou par une étude au feu naturel selon la EN 1991-1-2 démontrant que la sécurité est garantie.

8. Les poutrelles alvéolaires ACB® et Angelina™ accompagnent la construction durable

Dans nos sociétés industrialisées, la préservation des ressources naturelles constitue aujourd'hui une priorité pour la construction en vue du développement durable de notre environnement.

Elle exige d'une part la modification de paramètres économiques au niveau des procédés de construction afin de notamment tenir compte du cycle de vie des ouvrages et des matériaux et d'autre part, un changement des modes de construction afin de tenir compte d'objectifs communs de durabilité tant pour l'environnement que pour la société.

Ces objectifs de durabilité sont présents dans les domaines:

- écologiques,
- économiques,
- socioculturels,
- techniques,
- des procédés de construction et de fonctionnement.

Ces objectifs sont interdépendants et doivent apporter des réponses cohérentes à des problèmes complexes, afin de léguer aux générations futures un environnement agréable. La construction durable basée sur l'utilisation de poutres ACB® et Angelina™ respecte pleinement les différents objectifs de durabilité.

Aspects écologiques de la durabilité

De ce point de vue, il importe principalement d'utiliser des matériaux de construction ne présentant pas de risques pour la santé, de réduire les quantités de déchets produits lors de la fin de vie des ouvrages. Il est aussi important d'optimiser l'utilisation des matériaux dans la construction et de limiter au mieux l'énergie nécessaire à la fabrication de ceux-ci. Dans le cas des profilés laminés à chaud, le matériau utilisé est l'acier. Il présente dans ce contexte des caractéristiques de recyclabilité exceptionnelles et est d'ailleurs le matériau le plus recyclé au monde. Les profilés laminés à chaud sont

produits à partir d'aciers recyclés (avec 85% de contenu recyclé en moyenne).

En effet, la filière moderne de production de l'acier par four électrique utilise comme matière première uniquement de la ferraille. De plus, cette méthode de production permet de réduire sensiblement les émissions de bruit, de particules et de CO₂ ainsi que la consommation d'eau et d'énergie primaire et les éléments de construction déjà installés peuvent être réemployés ultérieurement.

Les poutres alvéolaires produites chez ArcelorMittal offrent la possibilité d'intégrer dans les bâtiments multi-étagés tous les équipements techniques dans leur plénum et d'optimiser la consommation du matériau grâce aux alvéoles formées par décalage. Leur élancement et leur légèreté en font une solution avec un fort argument environnemental. Les gains en CO₂ peuvent atteindre 25% pour les poutres alvéolaires par rapport à d'autres solutions acier classiques.

Aspects économiques de la durabilité

Ici, les investisseurs visent en premier lieu la diminution du coût des investissements, l'optimisation des coûts d'exploitation, une durée d'usage du bâtiment aussi longue que possible ainsi qu'une grande flexibilité dans l'utilisation de l'ouvrage.

L'acier, utilisé pour les poutres alvéolaires, permet aux architectes et aux concepteurs de répondre aisément à ces exigences tout en combinant des modes de construction légers et rapides avec la qualité, la fonctionnalité et l'esthétique de l'ouvrage.

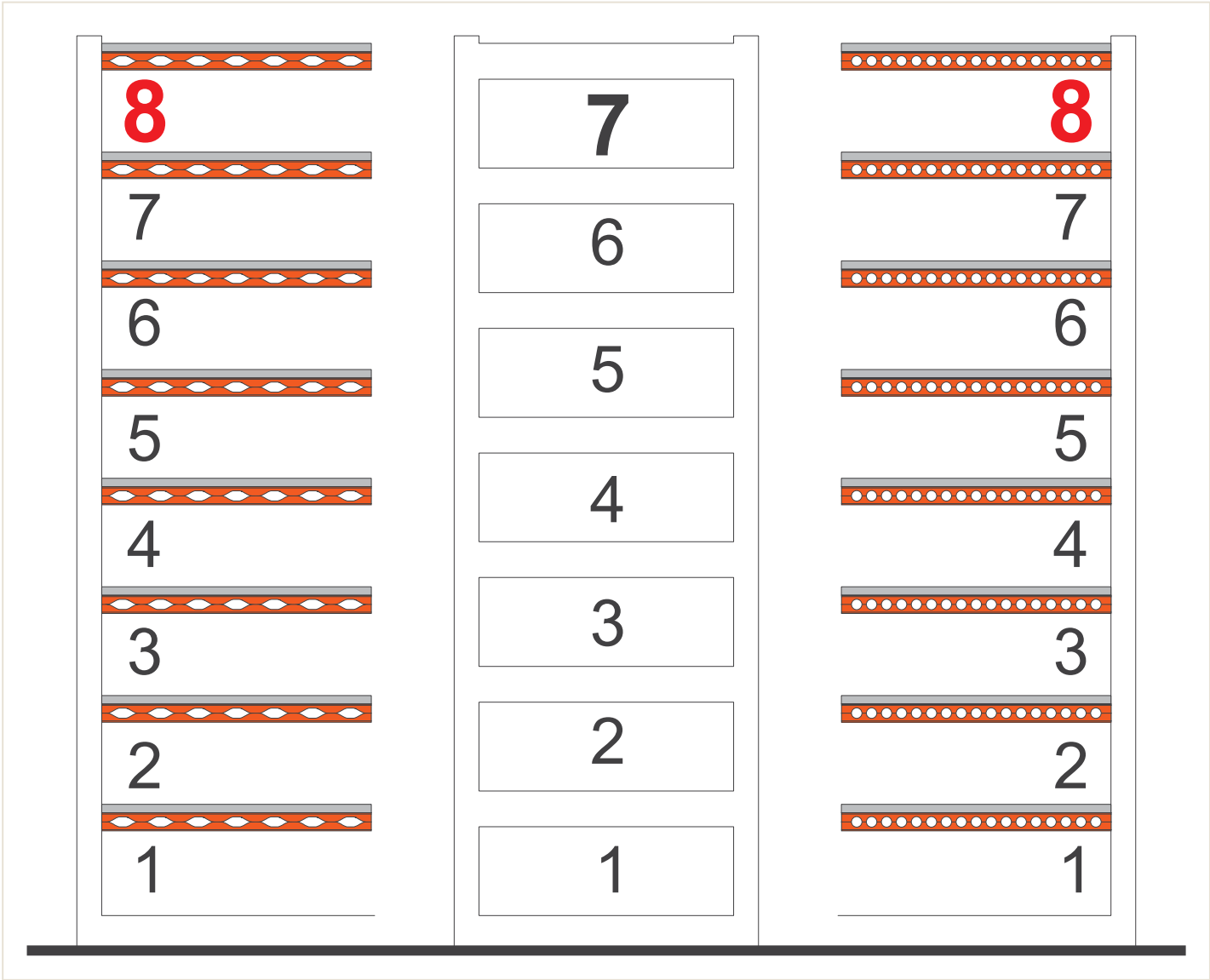
Les structures élancées permettent une diminution de la hauteur de construction et des volumes de terrassement permettant une diminution des coûts de matériaux, de transport, de fondations et de construction.

Les poutres alvéolaires permettent de réduire les hauteurs des bâtis, ou bien, pour une même enveloppe, permettent

d'ajouter un étage supplémentaire tous les 8 étages (15% en plus de surface utile pour un même volume à chauffer)

(Figure 30). Elles permettent en outre de réduire le nombre de poteaux ainsi que les dimensions des fondations.

Figure 30: Dans le volume initial, un étage supplémentaire peut être réalisé grâce aux poutres ACB® et Angelina™





Les structures porteuses en poutres ACB® et Angelina™ sont des structures permettant une maintenance aisée, une déconstruction facilitée et offrant ainsi la possibilité de préserver les ressources naturelles par un recyclage du matériau en fin de vie. Le taux de récupération des profilés laminés dans les bâtiments est de 99%. Ces éléments en acier peuvent être réutilisés après le démantèlement ou à défaut refondus pour produire des aciers neufs. Au contraire d'autres matériaux ils ne sont jamais incinérés ou mis en décharges.

Aspects socioculturels de la durabilité

Cet aspect permet à l'architecte de concilier ses propres exigences esthétiques avec les attentes sociales de la société pour un bâtiment, son voisinage et son environnement. Ici aussi, par ses aptitudes à la préfabrication, les poutres alvéolaires offrent à l'utilisateur le moyen de concevoir des structures transparentes aux lignes allégées, robustes et sûres. L'environnement d'un ouvrage en acier constitue un milieu sain car l'acier ne dégage pas de substances dangereuses. Il ne présente donc aucun danger pour la santé des êtres vivants.

Aspects techniques de la durabilité

Les structures à base de poutres ACB® et Angelina™ sont capables de résister à de forts taux d'utilisation et possèdent l'avantage d'être adaptables aux possibles changements d'utilisation (modularité du bâtiment) pendant leur durée de vie sans réduction de leurs capacités portantes ni de leur fonctionnalité.

Aspects relatifs aux procédés au regard de la durabilité

La construction métallique offre de nombreux avantages par sa flexibilité, la transparence de ses structures et sa compétitivité économique. Les poutres alvéolaires sont en grande majorité utilisées comme éléments porteurs principaux. Leur production industrielle garantit un haut niveau de qualité sur une très large gamme de produits disponibles et ce, dans de nombreuses nuances d'acier avec en particulier les hautes limites d'élasticité comme par

exemple la qualité HISTAR. La préfabrication en atelier permet d'acheminer sur chantier les produits finis, livrés à la longueur requise pour le montage final, et ayant préalablement passé tous les contrôles qualité avant leur expédition. Par conséquent, les sites de construction et les aires de stockage sont réduits à leur minimum ce qui diminue encore plus les nuisances sonores ou les émissions de poussières. Comme leur faible consommation d'eau, leur grande propreté est une caractéristique des chantiers de construction en acier.

La rapidité d'exécution des constructions à base de poutres alvéolaires a pour conséquence une économie en terme de gestion de la circulation routière et de réduction potentielle du nombre et de la gravité des accidents.

Depuis plusieurs années, l'association Worldsteel collecte des informations sur la production de l'acier à travers le monde. Une révision importante des bases de données regroupant les impacts environnementaux de la production et du recyclage de l'acier a eu lieu récemment.

Les Analyses du Cycle de Vie (ACV) des poutrelles en acier telles que les Déclarations Environnementales des Produits (DEP) se basent sur les données de l'association Worldsteel et sur la méthode du « taux de recyclage en fin de vie » prenant en compte les bénéfices environnementaux du recyclage et de la réutilisation. En accord avec l'ISO 14025, la conformité à la norme EN 15804 de ces DEP est certifiée par des organismes indépendants.

Les Déclarations Environnementales des Produits sont consultables sur notre site sections.arcelormittal.com/ Centre de téléchargement.

Le choix et l'utilisation optimum des poutres alvéolaires offrent une créativité et des possibilités de réalisations d'ouvrages modernes, économiques, écologiques et effectivement durables. Le faible encombrement des poutres est un atout majeur de la construction métallique tant dans la phase de dimensionnement que pendant la durée de service de l'ouvrage.

9. Logiciels de pré-dimensionnement

Le logiciel ACB+ propose les configurations suivantes de poutres ACB®:

- poutre isostatiques
 - poutre droite mixte
 - poutre droite en acier seul
- poutre à inertie variable à inclinaison simple ou double
- poutre cintrée
- poutres en porte-à-faux
 - poutre droite en acier seul
 - poutre à inerties variables

Le logiciel est disponible en langue française, anglaise, allemande, italienne et espagnole.



Le logiciel Angelina propose les configurations suivantes de poutres Angelina™:

- poutre isostatiques
 - poutre droite mixte
 - poutre droite en acier seul

Le logiciel est disponible en langue française, anglaise, allemande, et espagnole.

Les deux logiciels effectuent les vérifications des résistances aux Etats Limites Ultimes (résistance des sections, instabilités locales, déversement) suivant les règles des Eurocodes 3 et 4 (EN1993 et EN1994), ainsi que les calculs de flèches et de fréquences propres aux Etats Limites de Service. Toute la gamme des profilés laminés à chaud d'ArcelorMittal est incluse dans les bases de données des logiciels.

ACB+ et Angelina sont libres d'utilisation et téléchargeables à partir du site: sections.arcelormittal.com



10. Abaques de pré-dimensionnement des poutrelles alvéolaires

Les abaques de pré-dimensionnement offrent aux concepteurs une réponse simple pour la détermination rapide d'une section adaptée à leur projet. D'autres configurations, parmi une multitude possible, pourront être analysées plus précisément via les logiciels ACB+ ou Angelina. Le nombre et la taille des ouvertures peuvent être choisis, pour une portée donnée, en recoupant les courbes de capacité portante (charge ultime).

Si une configuration souhaitée offre une capacité portante insuffisante, il est toujours possible d'augmenter cette dernière par des renforts locaux.

Les abaques traitent de poutres en acier seul ou mixtes de nuances d'aciers S355, S460 ou HISTAR 460. La méthode est facilitée par l'identification rapide de la portée maximale entre appuis, cinq catégories d'abaques ont été définies.

La valeur du coefficient partiel de sécurité γ_{M1} est de 0,1 conformément à la NF EN 1993-1-1/NA.

ACB® en toiture (abaques 1 à 3)

Pour ces abaques un entraxe des alvéoles égal à $e = 1,25 a_0$ est optimal, la qualité de l'acier est S355.

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

Les courbes proposées respectent une limitation de flèche égale à $L/180$.

ACB® pour planchers (abaques 4 à 9)

Les sections retenues sont des IPE pour les charges faibles, des HEB pour les charges moyennes, des HEM pour les charges importantes ainsi que pour les configurations où

une limitation de la hauteur finale H_t doit être respectée. Les courbes proposées respectent une limitation de flèche égale à $L/180$.

ACB® mixtes pour planchers (abaques 10 à 15)

Les qualités de l'acier S355 et S460 et classe C30/37 pour le béton. Pour ces abaques un entraxe des alvéoles égal à $e = 1,5 a_0$ est optimal. Les qualités d'acier sont S355 et S460/HISTAR 460.

Les sections retenues sont des IPE pour les charges faibles, des HEA et HEB pour les charges importantes ainsi que pour les configurations où une limitation de la hauteur finale H_t doit être respectée.

Une dalle mixte avec bac collaborant de portée 3 m et de poids propre de $2,12 \text{ kN/m}^2$ (212 kg/m^2) a été prise en compte pour l'élaboration de ces tables. 12 cm sont considérés pour la dalle (il s'agit de l'épaisseur totale incluant une hauteur de 60 mm des ondes du bac). L'hypothèse d'une connexion complète entre la dalle et le profilé est considérée dans l'élaboration des abaques. Le type de connexion est à définir par l'utilisateur.

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

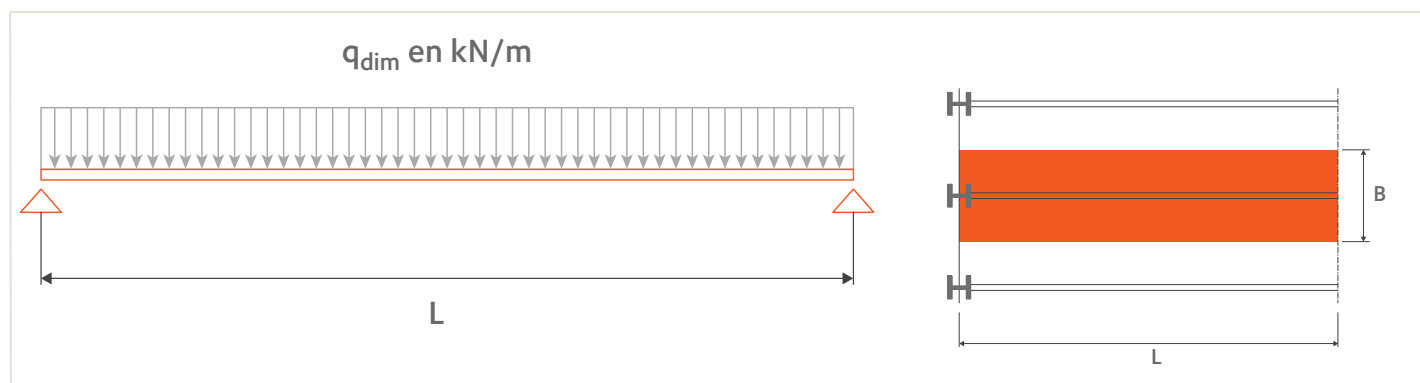
Les courbes proposées respectent une limitation de flèche égale à $L/180$.

Angelina™ en toiture et pour planchers (abaques 16 à 18)

La longueur du montant, w , est fixée à 200 mm ou 250 mm, S355 et S460.

Les sections retenues en S355 et S460 sont des IPE pour les charges faibles et des HEA pour les charges importantes. Les courbes proposées respectent une limitation de flèche égale à $L/200$.

Figure 29: Charge de dimensionnement



Angelina™ mixtes pour planchers (abaques 19 à 27)

Les nuances d'acier utilisées dans les abaques sont S355 et HISTAR 460 et la classe de béton est C30/37.

Les proportions des ouvertures ont été déterminées en fixant $a_0 = s$. La longueur du montant, w , est fixée à 200 mm pour les plus petits profilés et entre 200 et 250 mm pour les autres.

Une dalle mixte avec bac collaborant de portée 3 m a été prise en compte pour l'élaboration de ces tables.

12 cm sont considérés pour la dalle (il s'agit de l'épaisseur totale incluant une hauteur de 60 mm des ondes du bac).

En complément des bacs collaborants, le plancher préfabriqué Cofradal 200 - de poids propre de 2,00 kN/m² (200 kg/m²) pour 20 cm d'épaisseur totale - est aussi présenté dans les abaques. Grâce à ce système, l'entraxe des poutres a pu être porté à 6 mètres. Le béton de l'élément Cofradal 200 participe en effet à la mixité sur une largeur de 1 mètre et une hauteur de 20 cm.

La connexion entre la dalle et la poutre Angelina™ est considérée complète. Le type de connexion est à définir par l'utilisateur.

L'hypothèse d'une poutre étayée et entretoisée lors du coulage est considérée lors de l'élaboration des tables.

Les courbes proposées respectent une limitation de flèche égale à $L/200$.

Les flèches des poutres mixtes sont calculées avec la méthode des poutres en acier seul et en y ajoutant la contribution élémentaire de la dalle.

La flèche due au retrait du béton est calculée en appliquant la méthode des moments de flexion équivalents des poutres mixtes.

Chargement

La charge de dimensionnement, q_{dim} , exprimée en kN/m, définie pour le projet est à comparer à la charge ultime q_u . Cette charge ultime tient compte de tous les critères à satisfaire aux États Limites Ultimes (ELU) et aux États Limites de Service (ELS). Les 2 charges, de dimensionnement et ultime, peuvent donc bien être comparées directement.

La charge q_{dim} se calcule facilement à partir de la combinaison de charge à l'ELU:

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

où :

B = espacement des poutres [m],

G = charge permanente par mètre carré [kN/m²],

Q = charge d'exploitation par mètre carré [kN/m²].

Utilisation des abaques

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

1) Détermination de la section quand la charge de dimensionnement q_{dim} et la portée L sont fixées. La première étape est de trouver le point d'intersection entre les droites q_{dim} et L . La section appropriée se trouve directement en identifiant la courbe située verticalement juste au dessus de ce point. Les dimensions des ouvertures de la section trouvée doivent être vérifiées, le cas échéant, vis à vis des exigences fonctionnelles du projet.

2) La charge de dimensionnement q_{dim} est à vérifier quand la section et la portée L sont fixées. La courbe (q_u , L) d'une poutre permet de trouver q_u en fonction de la valeur de L , en vérifiant bien que $q_{dim} \leq q_u$

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

Exemples de pré-dimensionnement d'une solive Angelina™

Les solives d'un plancher mixte, formées de poutrelles alvéolaires Angelina™, sont à dimensionner pour une portée $L=16\text{ m}$ avec un espacement de 3 m entre elles ($B=3\text{ m}$).

Pour des raisons architecturales, la hauteur totale du complexe de plancher est limitée à 700 mm . Ceci autorise une hauteur maximale H_t , de 580 mm pour la solive Angelina™, associée à une dalle de plancher de 120 mm d'épaisseur.

Paramètres à considérer:

- épaisseur de la dalle égale à 12 cm .
- qualité du béton C30/37
- bac collaborant avec par défaut 60 mm de hauteur d'onde.

Charges à considérer:

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

avec

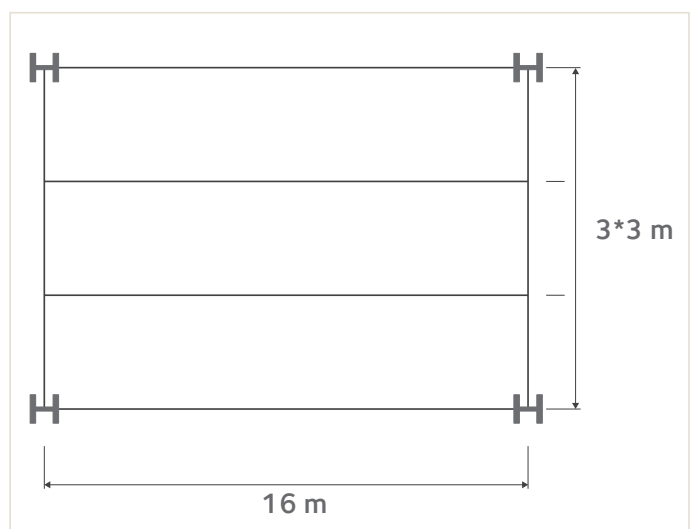
$$G = g_{\text{Angelina}} + g_{\text{dalle}} + g_2$$

Le poids de la poutrelle Angelina™ a été forfaitairement estimé à 1 kN/m égal à: $g_{\text{Angelina}} = 0,33\text{ kN/m}^2$.

Pour une dalle collaborante de 12 cm d'épaisseur, le poids $g_{\text{dalle}} \approx 2,12\text{ kN/m}^2$

$$g_2 = \text{Charge permanente additionnelle} = 1,00\text{ kN/m}^2$$

Q = Charge d'exploitation, valeur choisie pour cet exemple: 6 kN/m^2



Dans cet exemple, la charge à considérer est:

$$q_{\text{dim}} = (1,35 \times (2,12 + 0,33 + 1) + 1,5 \times 6) \times 3 = 41\text{ kN/m}$$

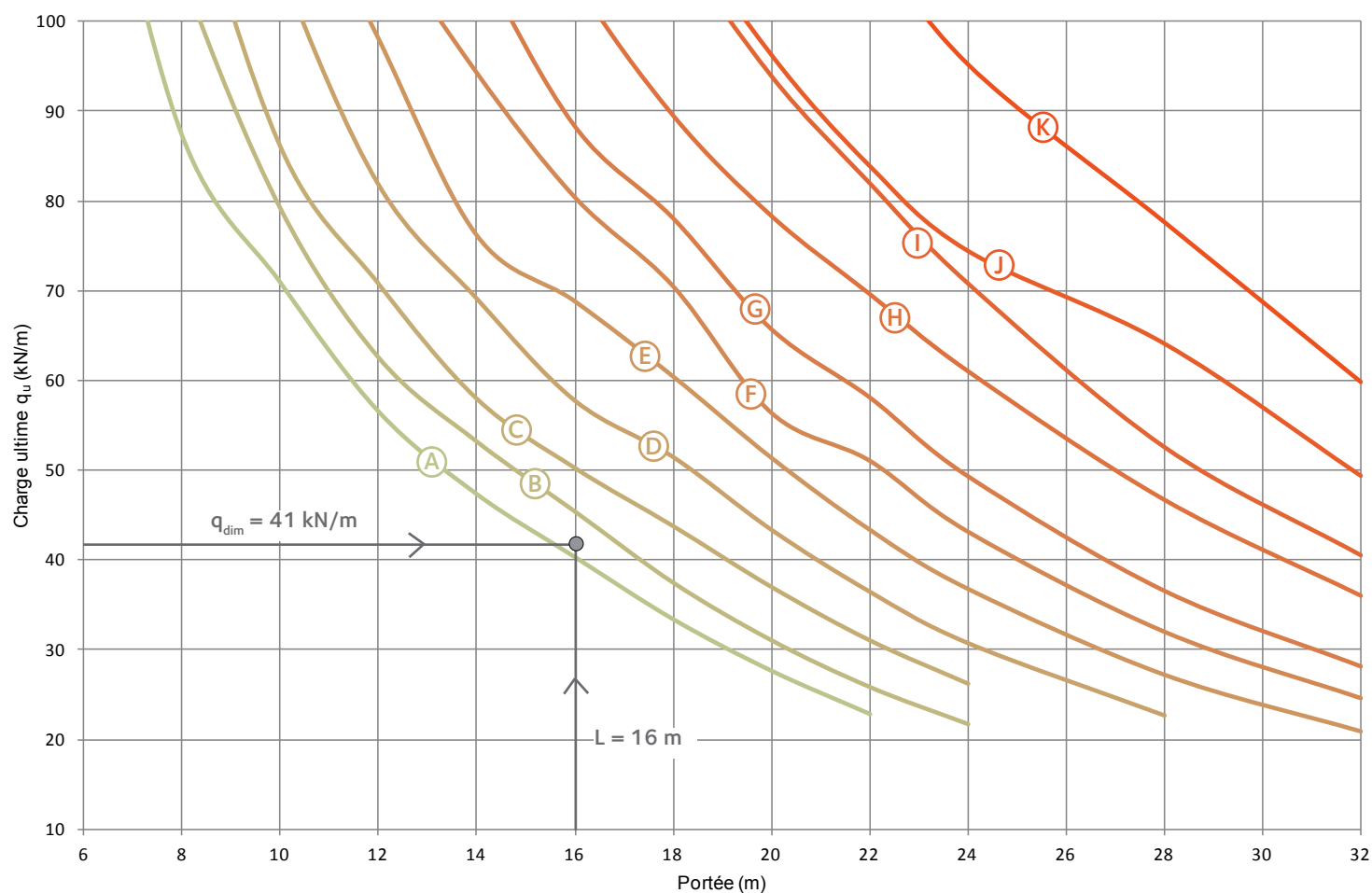
En utilisant les abaques de pré-dimensionnement en fonction de la charge et de la portée, le profilé nécessaire peut être déterminé. La hauteur finale de l'Angelina™ recherchée ne pouvant dépasser les 580 mm , on s'oriente vers les solutions de la gamme des poutrelles à ailes larges. Le choix se porte sur les abaques de la série HEB en S355.

L'utilisation de l'abaque (ou du tableau) avec le couple de valeurs (portée 16 m ; charge 41 kN/m) permet d'identifier la courbe B comme solution possible.

La section retenue est un HE 320 B de hauteur $487,5\text{ mm}$ avec $a_0=335\text{ mm}$.

Une fois le profilé trouvé avec l'abaque, il est recommandé d'introduire les valeurs dans le logiciel de pré-dimensionnement Angelina afin d'affiner les résultats et d'effectuer les différents contrôles aux ELS et ELU.

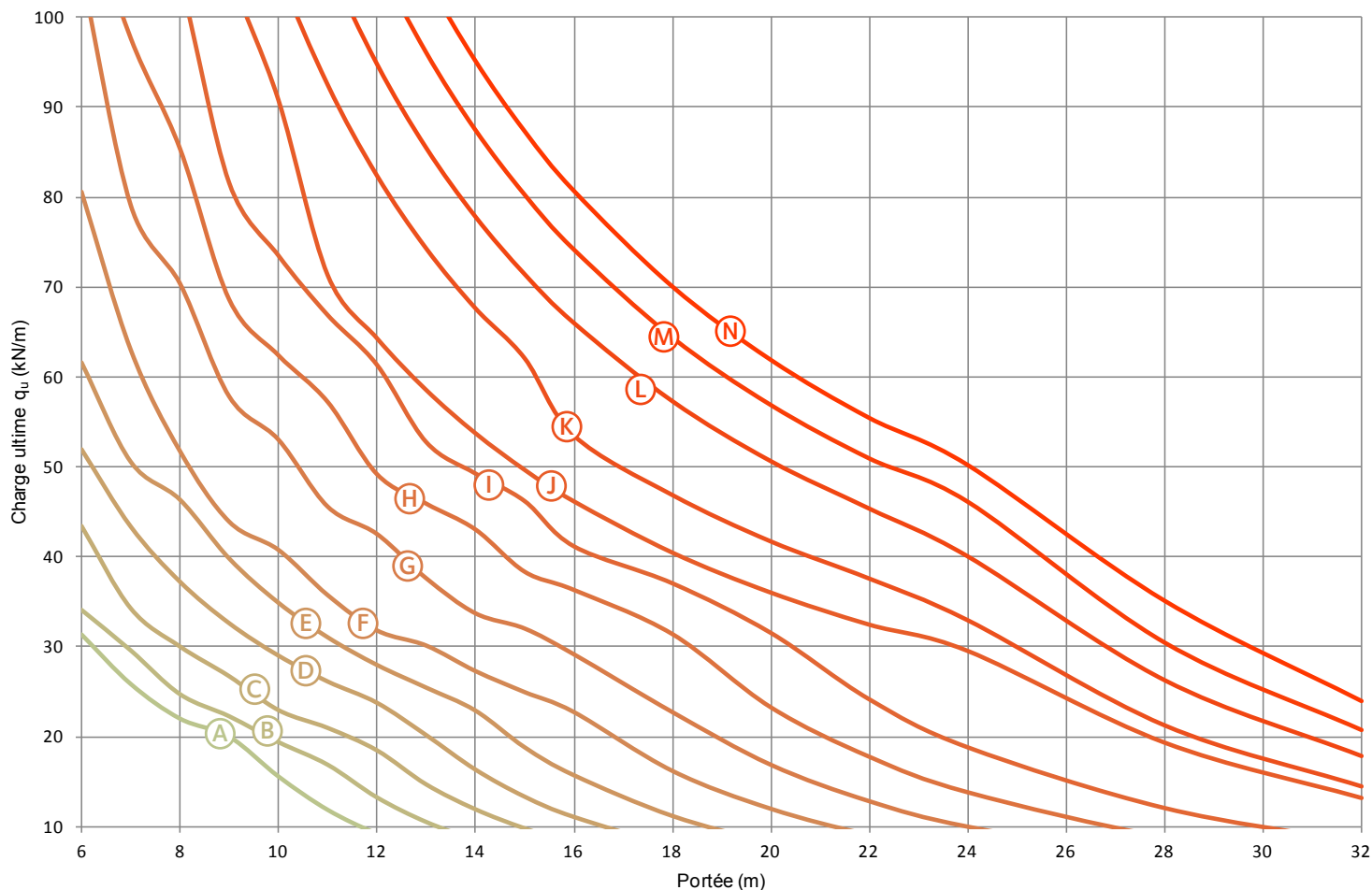
Abaque: Angelina™ mixtes à base de HEB, S355 avec bac collaborant COFRAPLUS 60



Profilé		Dimensions (mm)					Charge ultime q_u (kN/m) en fonction de la portée (m)											
		a_0	w	s	e	H_t	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	28	32
(A)	HE 300 B	315	250	315	1130	457,5	129,3	87,5	71,0	56,6	47,4	40,4	33,5	27,7	22,9			
(B)	HE 320 B	335	250	335	1170	487,5	138,5	105,6	79,3	62,6	53,3	45,4	37,5	31,1	25,9	21,7		
(C)	HE 360 B	380	300	380	1360	550		120,6	86,2	70,8	58,0	50,3	43,8	37,0	31,0	26,2		
(D)	HE 400 B	420	300	420	1440	610		137,9	106,4	81,9	69,1	57,7	51,4	43,3	36,4	30,7		
(E)	HE 450 B	475	300	475	1550	687,5		151,5	120,9	98,1	76,2	68,8	60,4	51,3	43,3	36,7		
(F)	HE 500 B	525	300	525	1650	762,5			132,4	111,1	94,3	80,4	70,5	56,4	51,1	43,2		
(G)	HE 550 B	580	300	580	1760	840				130,6	107,7	88,4	78,1	65,7	58,1	49,4	12,6	
(H)	HE 650 B	680	300	680	1960	990				153,2	125,4	104,8	89,5	78,3	69,6	61,0	16,2	11,0
(I)	HE 700 B	730	300	730	2060	1065					154,9	130,7	109,8	94,0	82,0	70,9	20,2	13,7
(J)	HE 800 B	780	300	780	2160	1190						136,3	112,6	96,3	83,9	74,4	25,2	17,1
(K)	HE 900 B	830	350	830	2360	1315							155,9	128,6	109,9	95,2	31,9	21,8

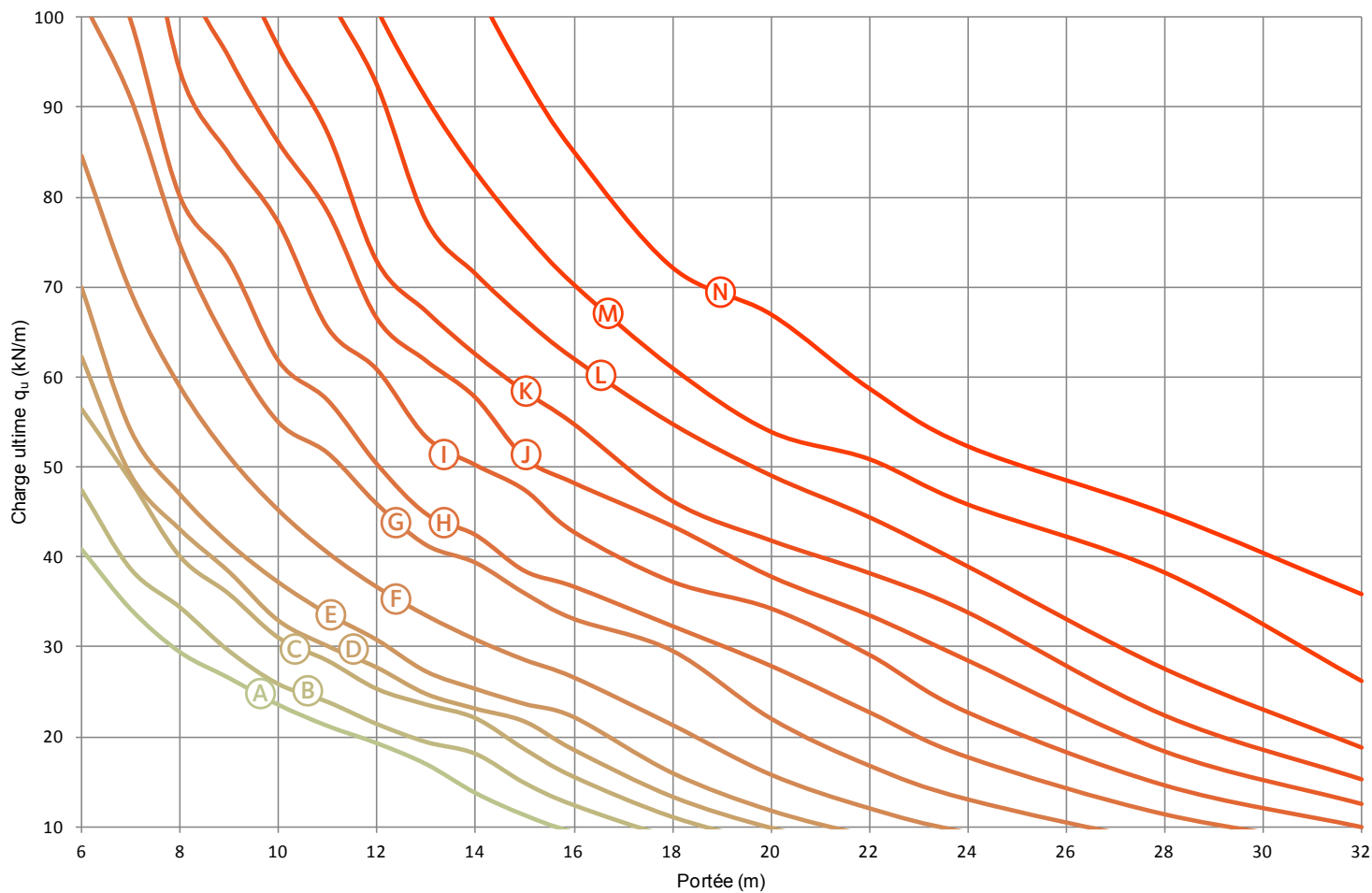
11. Abaques ACB®

Abaque 1: ACB® non-mixtes (en acier seul) à base de IPE, S355, $e=1.25 a_0$



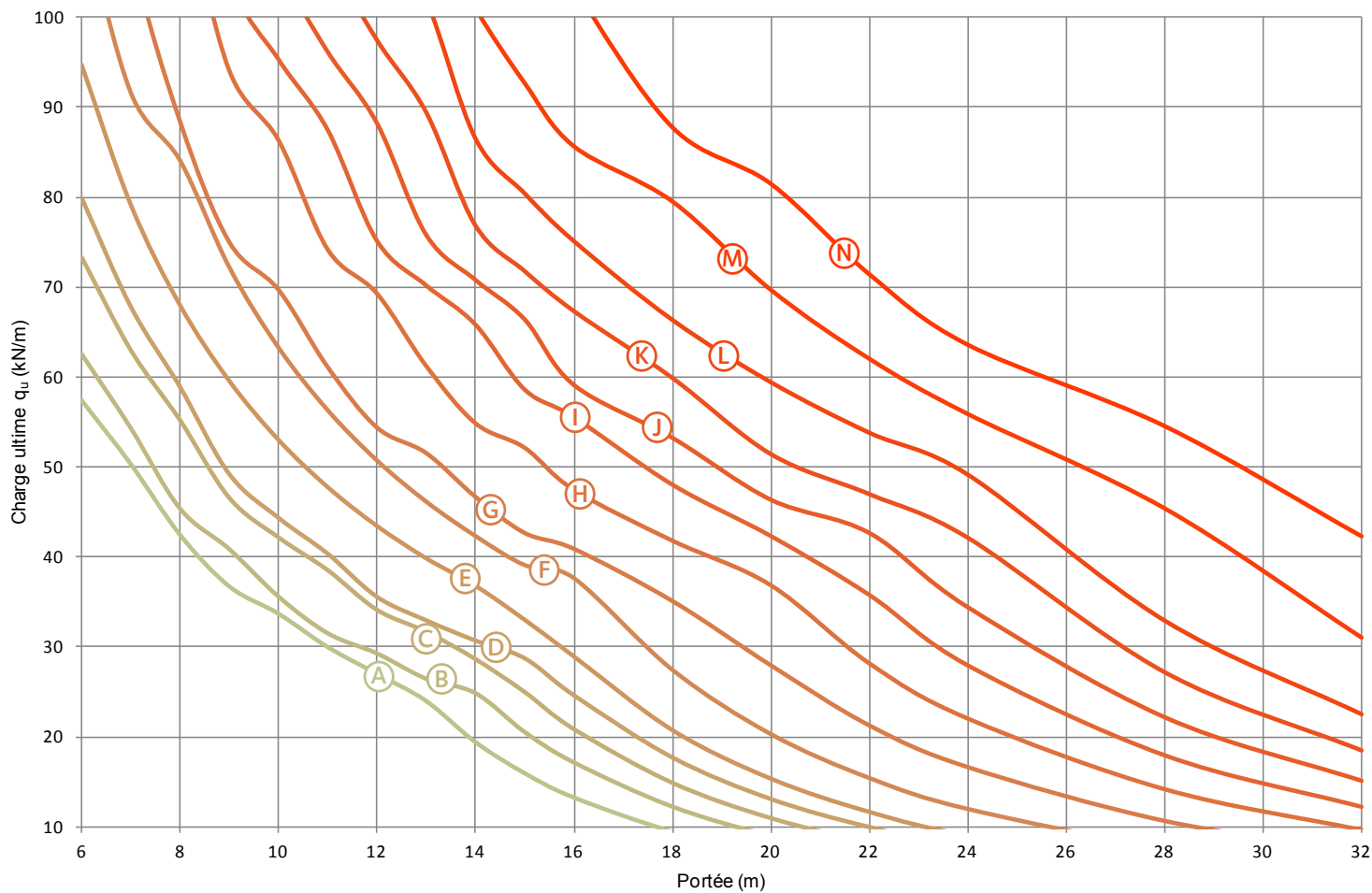
Profilé		Dimensions (mm)				Charge ultime q_u (kN/m) en fonction de la portée (m)																
		a_0	w	e	H_t	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24	28	32
(A)	IPE 270	285	75	360	399	31,4	25,9	22,1	20,1	15,6	11,9											
(B)	IPE 300	315	75	390	445	34,2	29,6	24,8	22,3	19,4	16,9	13,2	10,5									
(C)	IPE 330	345	85	430	489	43,4	34,2	30,0	26,7	22,9	20,9	18,4	14,6	11,9								
(D)	IPE 360	380	100	480	535	52,0	43,4	37,3	32,7	29,1	26,2	23,8	20,2	16,4	13,4	11,1						
(E)	IPE 400	420	110	530	594	61,6	50,5	46,3	39,8	34,9	31,0	28,0	25,4	22,9	18,8	15,7	11,2	8,2				
(F)	IPE 450	475	115	590	672	80,6	63,0	51,7	43,9	40,8	35,7	31,8	30,1	27,3	24,9	22,7	16,2	12,0				
(G)	IPE 500	525	135	660	745		79,2	70,5	57,9	53,1	45,6	42,6	37,6	33,7	32,0	29,2	22,7	16,9	12,8			
(H)	IPE 550	580	150	730	822		97,7	85,4	68,6	62,4	57,2	49,2	45,9	43,1	38,4	36,3	31,4	23,3	17,8	13,8		
(I)	IPE 600	630	160	790	896				81,6	73,5	66,9	61,3	52,7	49,2	46,2	41,1	37,0	31,5	24,1	18,8	12,0	
(J)	IPE 750 x 134	785	196,2	981,2	1122					90,8	71,3	64,3	58,5	53,7	49,6	46,1	40,4	36,0	32,4	29,5	19,3	13,1
(K)	IPE 750 x 147	790	197,5	987,5	1127						92,5	82,4	74,3	67,6	62,1	53,5	46,9	41,7	37,6	32,9	21,2	14,4
(L)	IPE 750 x 173	795	198,7	993,7	1139							94,8	85,5	77,8	71,4	66,0	57,3	50,6	45,3	40,0	26,3	17,8
(M)	IPE 750 x 196	800	200	1000	1149								96,1	87,5	80,3	74,2	64,4	56,9	51,0	46,2	30,5	20,8
(N)	IPE 750 x 220	805	201,2	1006,2	1160									95,2	87,3	80,7	70,1	61,9	55,4	50,2	35,1	24,0

Abaque 2: ACB® non-mixtes (en acier seul) à base de HEA, S355, e=1.25 a₀



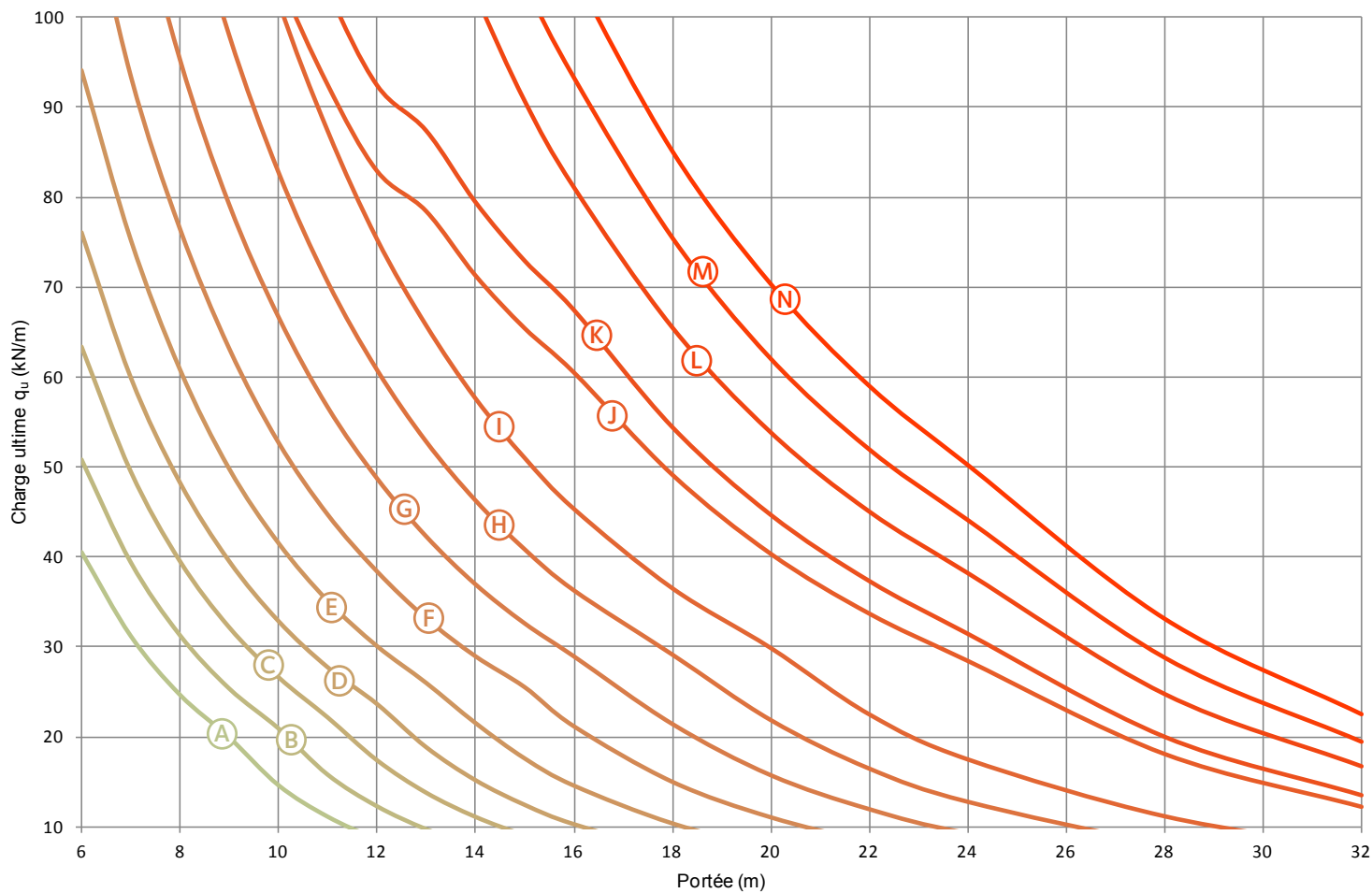
Profilé		Dimensions (mm)				Charge ultime q _u (kN/m) en fonction de la portée (m)																
		a ₀	w	e	H _t	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24	28	32
A	HE 280 A	285	75	360	399	40,9	34,2	29,4	26,6	23,6	21,2	19,3	17,0	13,8	11,3							
B	HE 300 A	305	75	380	430	47,4	38,7	34,4	29,5	25,9	23,9	21,4	19,5	18,1	14,9	12,4						
C	HE 320 A	325	85	410	459	56,4	48,4	40,0	35,8	31,0	28,4	25,3	23,6	22,0	18,6	15,5	11,1					
D	HE 340 A	345	85	430	489	62,3	49,1	43,1	38,3	32,9	30,1	27,7	24,7	23,1	21,7	18,5	13,3					
E	HE 360 A	370	90	460	521	70,0	54,1	46,9	41,5	37,2	33,6	30,7	27,2	25,3	23,6	22,2	15,9	11,8				
F	HE 400 A	410	100	510	581	84,6	69,5	58,9	51,2	45,2	40,5	36,7	33,5	30,9	28,6	26,6	21,4	15,8	12,1			
G	HE 450 A	460	120	580	654		91,0	74,7	63,4	55,0	51,6	45,9	41,4	39,4	36,0	33,2	29,6	22,1	16,9	13,1		
H	HE 500 A	515	125	640	732		99,6	80,1	72,9	61,8	57,5	50,4	44,8	42,5	38,5	36,7	32,4	27,9	22,8	17,8	11,4	
I	HE 550 A	565	145	710	805			94,0	84,7	77,1	65,4	60,8	53,3	50,2	47,4	42,7	37,2	34,2	29,1	22,7	14,6	
J	HE 600 A	620	160	780	881				95,5	86,1	78,4	66,5	61,8	57,7	51,0	48,2	43,4	37,8	33,5	28,4	18,3	12,5
K	HE 650 A	670	170	840	956					96,8	87,2	72,9	67,4	62,6	58,5	54,9	46,3	41,9	38,3	33,9	22,5	15,3
L	HE 700 A	725	185	910	1032							92,6	77,4	71,5	66,5	62,1	54,8	49,1	44,5	39,0	27,6	18,8
M	HE 800 A	830	210	1040	1183								91,0	82,9	76,1	70,3	61,0	53,9	50,9	45,8	38,3	26,2
N	HE 900 A	935	235	1170	1334										93,4	85,1	72,2	67,0	58,8	52,3	44,9	35,9

Abaque 3: ACB® non-mixtes (en acier seul) à base de HEB, S355, e=1.25 a₀



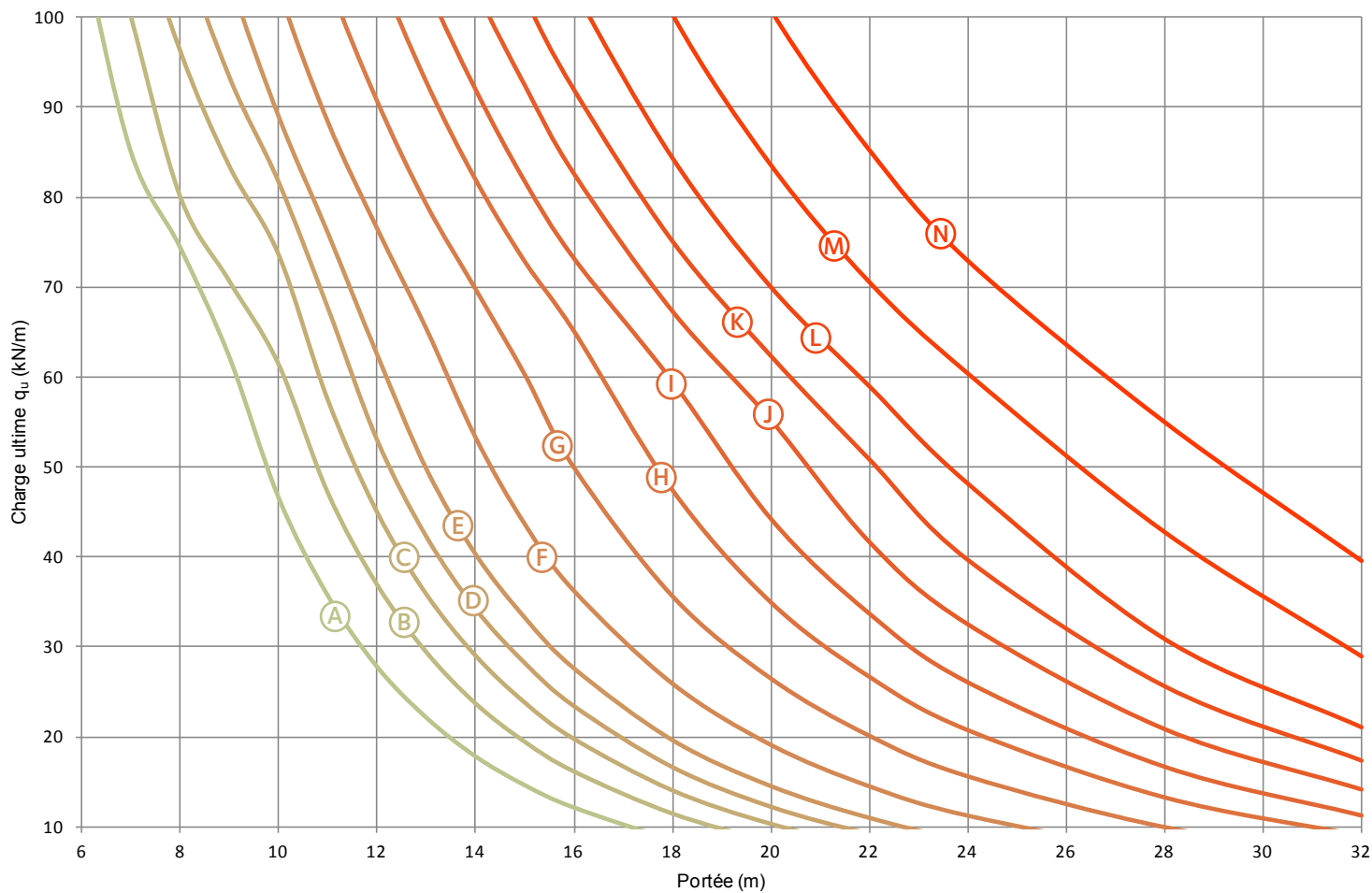
Profilé		Dimensions (mm)				Charge ultime q _u (kN/m) en fonction de la portée (m)																
		a ₀	w	e	H _t	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24	28	32
(A)	HE 280 B	295	75	370	414	57,5	50,4	42,5	36,8	33,7	30,0	27,0	24,0	19,4	16,0	13,3						
(B)	HE 300 B	315	75	390	445	62,6	54,4	45,4	40,9	35,6	31,6	29,3	26,5	24,9	20,6	17,2	12,3					
(C)	HE 320 B	335	85	420	474	73,4	63,1	55,3	46,7	42,2	38,6	34,2	31,8	28,7	25,1	20,9	15,0	11,0				
(D)	HE 340 B	355	85	440	504	80,0	67,9	58,9	49,2	44,3	40,4	35,6	32,9	30,7	28,7	24,6	17,7	13,1				
(E)	HE 360 B	380	100	480	535	94,8	79,2	68,1	59,6	53,1	47,8	43,5	39,9	36,9	33,1	29,0	20,8	15,4	11,7			
(F)	HE 400 B	420	110	530	594		91,8	84,2	72,3	63,4	56,4	50,8	46,3	42,4	39,2	37,7	27,5	20,4	15,5	12,1		
(G)	HE 450 B	475	115	590	672			88,5	75,1	69,8	61,1	54,4	51,6	46,7	42,7	40,9	35,1	28,0	21,3	16,6	10,6	
(H)	HE 500 B	525	135	660	745				94,1	86,4	74,2	69,3	61,2	54,9	52,1	47,4	41,8	36,8	28,1	22,0	14,1	
(I)	HE 550 B	580	150	730	822					95,3	87,5	75,1	70,2	65,8	58,6	55,5	48,0	42,3	35,8	27,9	17,9	12,2
(J)	HE 600 B	630	160	790	896						96,2	88,2	75,8	70,8	66,4	59,1	53,3	46,4	42,7	34,4	22,2	15,1
(K)	HE 650 B	685	175	860	973							97,5	89,5	76,9	71,8	67,4	59,9	51,5	47,0	42,2	27,2	18,5
(L)	HE 700 B	735	185	920	1047									86,5	80,4	75,1	66,3	59,4	53,8	49,1	32,9	22,5
(M)	HE 800 B	840	210	1050	1198										92,7	85,7	79,5	69,7	62,0	55,9	45,4	31,0
(N)	HE 900 B	945	235	1180	1349												87,8	81,5	71,5	63,6	54,6	42,3

Abaque 4: ACB® non-mixtes (en acier seul) à base de IPE, S355, e= 1.5 a₀



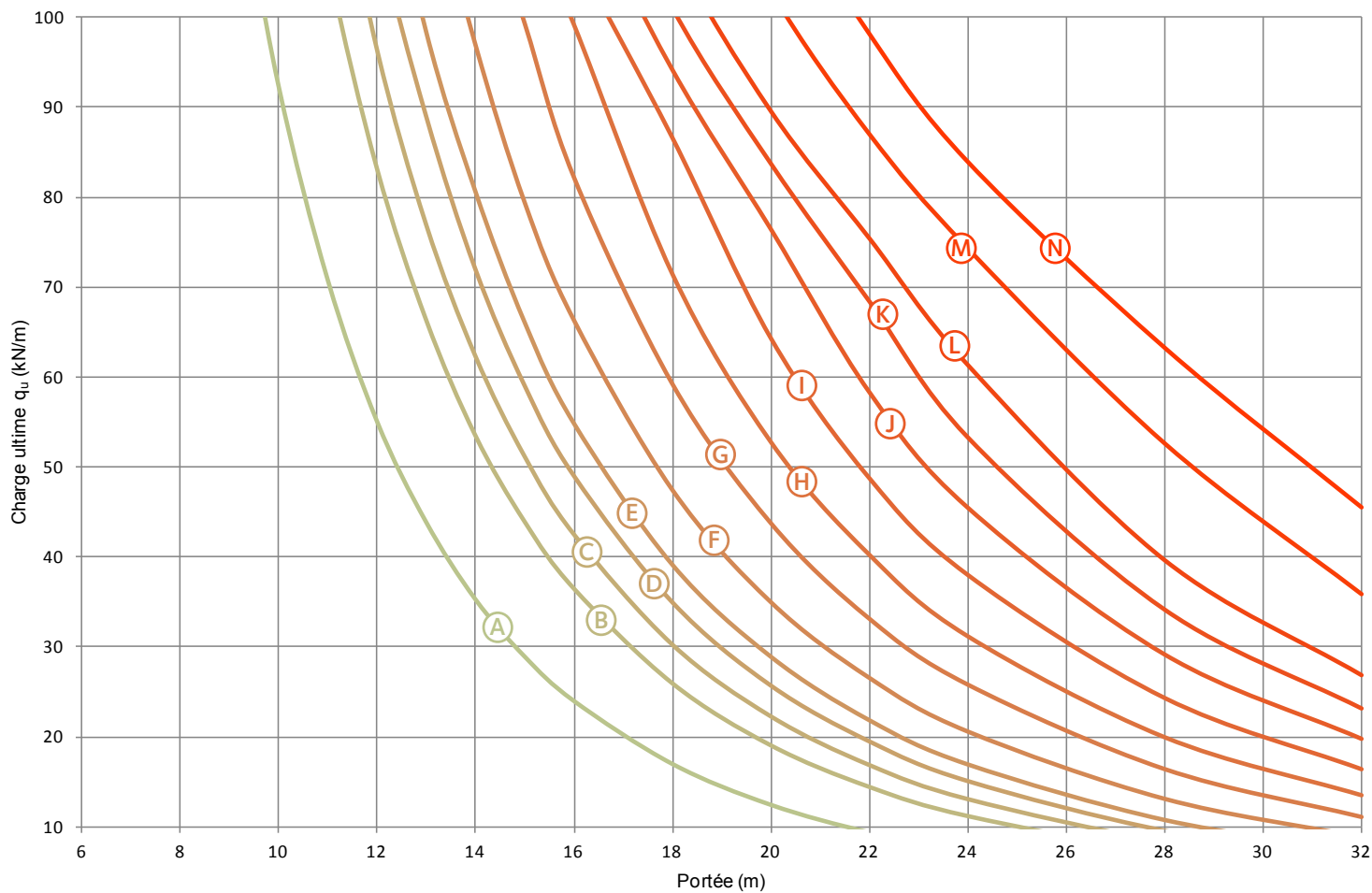
Profilé		Dimensions (mm)				Charge ultime q _u (kN/m) en fonction de la portée (m)																
		a ₀	w	e	H _t	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24	28	32
A	IPE 270	285	140	425	385	40,5	31,2	24,7	19,9	14,6	11,1											
B	IPE 300	315	155	470	428	50,9	39,5	31,4	25,4	21,0	15,9	12,3										
C	IPE 330	345	170	515	471	63,3	49,4	39,5	32,1	26,6	22,1	17,4	13,8	11,1								
D	IPE 360	380	190	570	515	76,1	60,0	48,3	39,5	32,9	27,8	23,7	18,9	15,2	12,5	10,3						
E	IPE 400	420	210	630	573	94,2	75,3	60,9	49,8	41,6	35,1	30,1	26,0	21,5	17,6	14,6	10,4					
F	IPE 450	475	235	710	647		93,5	76,5	63,2	52,8	44,7	38,4	33,2	29,0	25,6	21,2	15,0	11,1				
G	IPE 500	525	260	785	719			95,3	79,2	66,7	56,6	48,7	42,3	36,9	32,6	28,9	21,4	15,7	11,9			
H	IPE 550	580	285	865	793				98,1	82,9	70,6	60,9	52,9	46,4	40,9	36,4	29,2	21,9	16,5	12,8		
I	IPE 600	630	310	940	865						87,4	75,3	65,7	57,6	51,0	45,3	36,5	29,9	22,5	17,5	11,1	
J	IPE 750 x 134	755	392,5	1147,5	1081						92,5	83,0	78,5	71,3	65,5	60,6	49,2	40,4	33,8	28,5	18,1	12,3
K	IPE 750 x 147	755	395	1150	1086							92,5	87,5	79,5	73,0	67,5	54,5	44,7	37,4	31,5	20,1	13,6
L	IPE 750 x 173	765	397,5	1162,5	1097										90,7	81,1	65,5	53,9	45,1	38,2	24,8	16,7
M	IPE 750 x 196	770	400	1170	1107											93,4	75,5	62,1	52,0	44,2	28,9	19,5
N	IPE 750 x 220	780	402,5	1182,5	1118												85,2	70,4	59,1	50,3	33,2	22,6

Abaque 5: ACB® non-mixtes (en acier seul) à base de HEB, S355, e=1.5 a₀



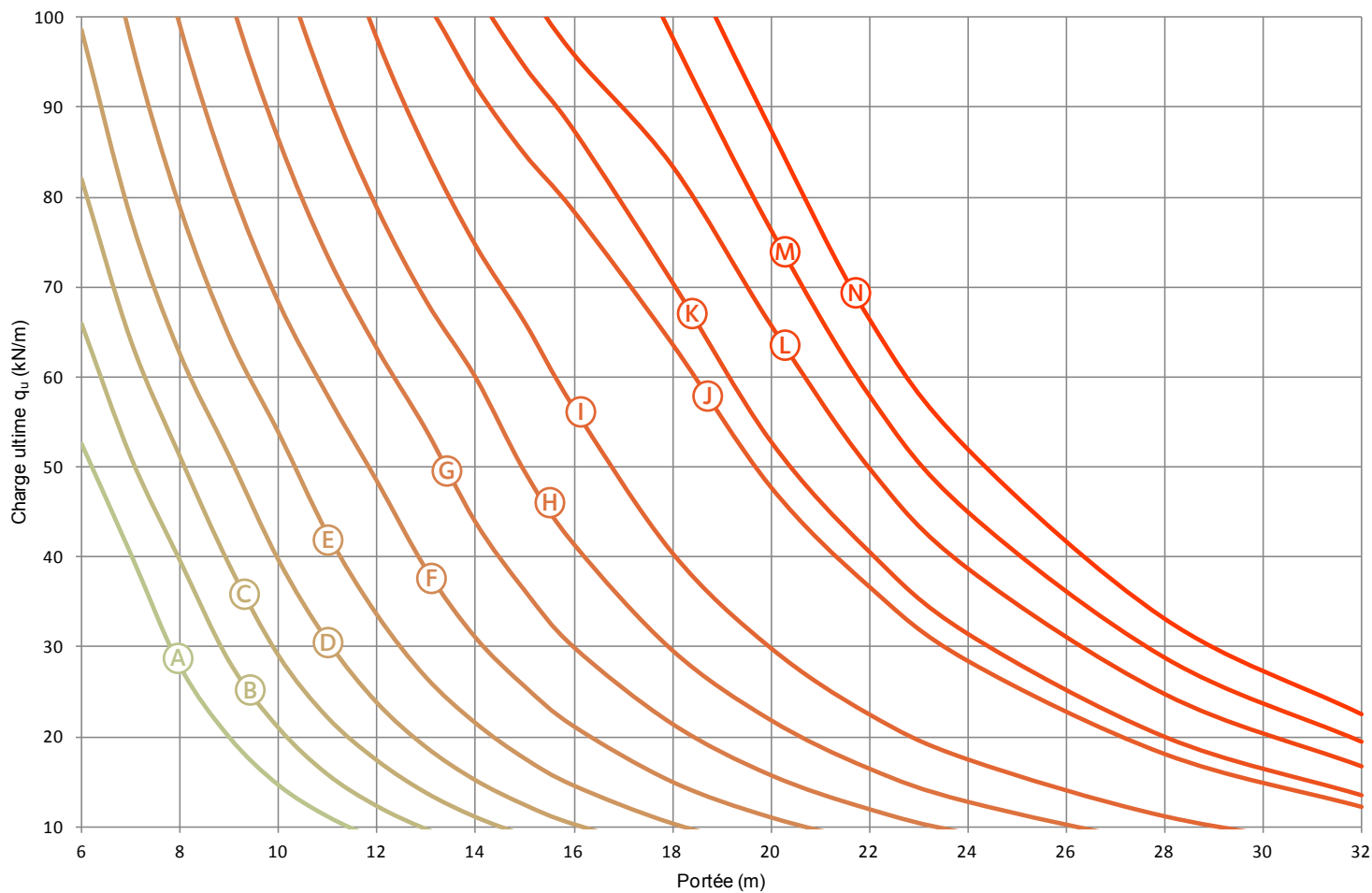
Profilé		Dimensions (mm)				Charge ultime q _u (kN/m) en fonction de la portée (m)																
		a ₀	w	e	H _t	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24	28	32
A	HE 280 B	280	140	420	392		85,2	74,5	62,3	46,7	35,8	27,8	22,2	17,8	14,6	12,1						
B	HE 300 B	310	150	460	426			80,2	70,7	61,5	47,2	37,0	29,5	23,8	19,5	16,2	11,5					
C	HE 320 B	335	165	500	457			96,4	83,6	73,7	57,6	45,1	35,9	29,1	23,9	19,8	14,1	10,4				
D	HE 340 B	355	175	530	485				93,5	81,8	67,8	53,1	42,3	34,3	28,3	23,5	16,7	12,3				
E	HE 360 B	380	190	570	515					89,0	76,1	62,6	49,8	40,3	33,2	27,6	19,6	14,5	10,9			
F	HE 400 B	420	210	630	573						88,5	76,6	65,5	53,4	43,7	36,3	25,9	19,1	14,5	11,2		
G	HE 450 B	475	235	710	647							90,7	79,2	69,8	60,3	49,9	35,6	26,4	20,1	15,6		
H	HE 500 B	525	260	785	719								92,8	82,0	72,8	65,1	47,4	34,9	26,6	20,7	13,2	
I	HE 550 B	580	290	870	792									92,1	81,8	73,3	59,6	44,3	33,8	26,1	16,7	11,3
J	HE 600 B	630	310	940	865										92,5	82,6	67,3	55,2	41,7	32,5	20,8	14,1
K	HE 650 B	685	340	1025	938											92,0	75,1	62,3	50,8	39,6	25,6	17,3
L	HE 700 B	735	365	1100	1010												84,3	70,0	58,9	48,1	30,8	21,0
M	HE 800 B	840	420	1260	1154													83,5	70,5	60,4	42,7	28,9
N	HE 900 B	945	470	1415	1301														85,2	72,9	54,9	39,5

Abaque 6: ACB® non-mixtes (en acier seul) à base de HEM, S355, e=1.5 a₀



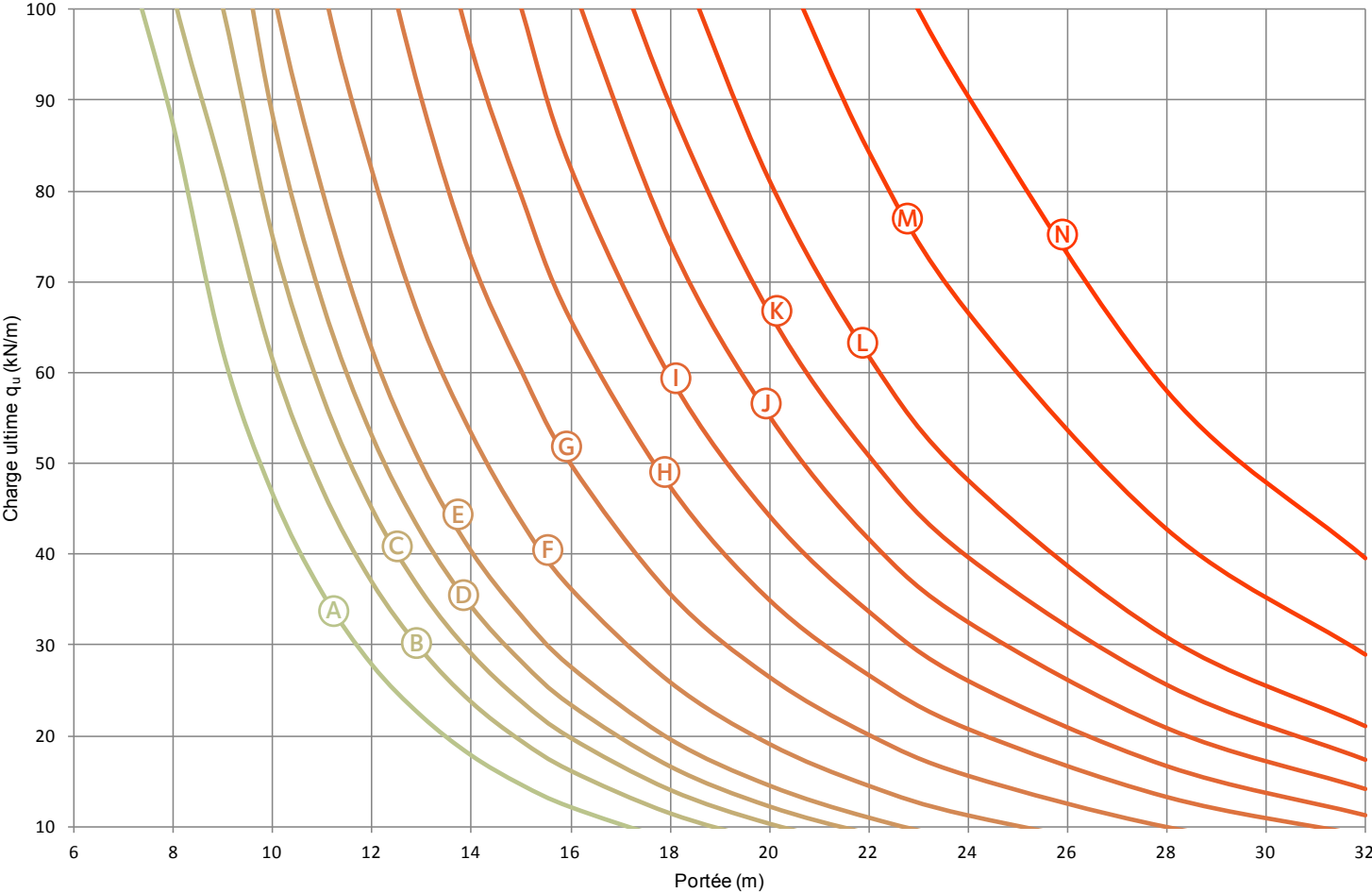
Profilé		Dimensions (mm)				Charge ultime q _u (kN/m) en fonction de la portée (m)																	
		a ₀	w	e	H _t	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24	28	32	
A	HE 280 M	280	140	420	422					92,5	70,9	55,1	43,9	35,3	29,0	24,1	17,0	12,5					
B	HE 300 M	310	150	460	466							83,2	66,3	53,4	43,9	36,4	25,9	19,0	14,4	11,1			
C	HE 320 M	340	165	505	498							96,4	76,9	62,3	51,1	42,5	30,2	22,2	16,8	13,0			
D	HE 340 M	380	180	560	535								89,1	72,1	59,1	49,1	35,0	25,8	19,6	15,1			
E	HE 360 M	410	195	605	566								98,4	80,7	66,2	54,9	39,2	29,0	21,9	17,0	10,8		
F	HE 400 M	450	220	670	619									97,0	79,5	66,4	47,5	35,0	26,6	20,6	13,1		
G	HE 450 M	500	245	745	687										99,4	82,3	59,3	43,8	33,2	25,8	16,5	11,1	
H	HE 500 M	540	270	810	749											99,1	71,4	52,7	40,2	31,1	19,9	13,4	
I	HE 550 M	600	300	900	823												86,7	64,4	48,8	38,1	24,4	16,4	
J	HE 600 M	650	320	970	894												94,1	76,4	58,3	45,4	29,1	19,7	
K	HE 650 M	700	350	1050	962													83,7	68,4	53,3	34,1	23,1	
L	HE 700 M	750	375	1125	1031													89,6	75,4	61,4	39,6	26,8	
M	HE 800 M	855	425	1280	1176														87,1	74,3	52,7	35,9	
N	HE 900 M	955	475	1430	1315														98,2	84,0	63,3	45,6	

Abaque 7: ACB® non-mixtes (en acier seul) à base de IPE, S460, e=1.5 a₀



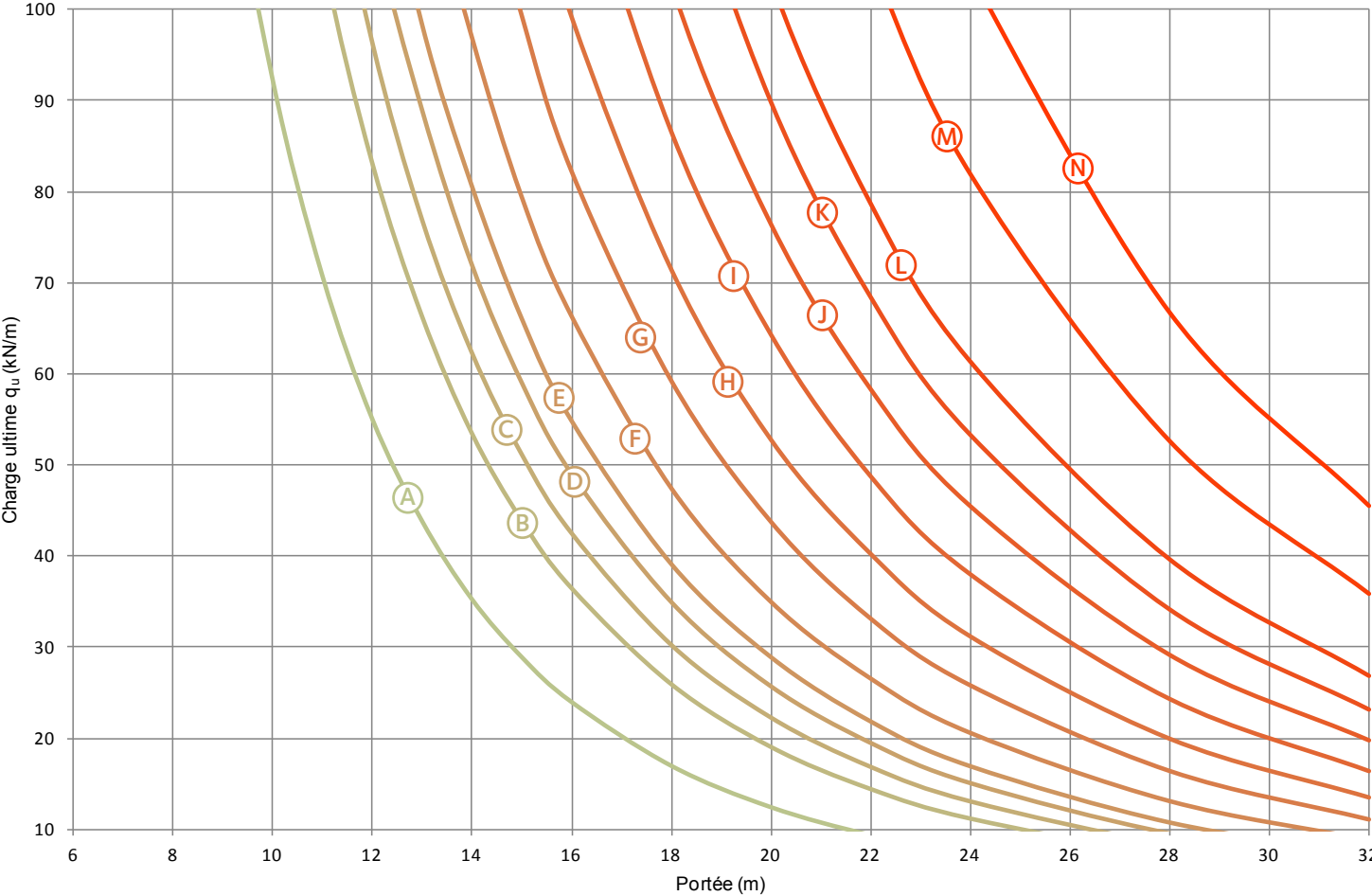
Profilé		Dimensions (mm)				Charge ultime q _u (kN/m) en fonction de la portée (m)																
		a ₀	w	e	H _t	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24	28	32
A	IPE 270	285	140	425	385	52,5	40,3	27,8	19,9	14,6	11,1											
B	IPE 300	315	155	470	428	66,0	51,1	39,6	28,4	21,0	15,9	12,3										
C	IPE 330	345	170	515	471	82,0	64,1	51,2	39,1	29,1	22,1	17,4	13,8	11,1								
D	IPE 360	380	190	570	515	98,6	77,7	62,6	51,2	39,7	30,7	23,8	18,9	15,2	12,5	10,3						
E	IPE 400	420	210	630	573		97,6	78,9	64,6	53,9	42,5	33,6	26,6	21,5	17,6	14,6	10,4					
F	IPE 450	475	235	710	647			99,1	81,9	68,4	58,0	48,5	38,7	31,1	25,7	21,2	15,0	11,1				
G	IPE 500	525	260	785	719				102,6	86,4	73,4	63,1	54,1	43,9	36,2	29,9	21,4	15,7	11,9			
H	IPE 550	580	285	865	793					107,4	91,5	78,9	68,5	60,1	49,6	41,5	29,7	21,9	16,5	12,8		
I	IPE 600	630	310	940	865						113,2	97,6	85,2	74,7	66,1	56,6	40,4	29,9	22,5	17,5	11,1	
J	IPE 750 x 134	755	392,5	1147,5	1081						119,9	107,5	101,7	92,5	84,8	78,5	63,7	47,8	36,7	28,5	18,1	12,3
K	IPE 750 x 147	755	395	1150	1086							119,9	113,3	103,1	94,6	87,5	70,6	52,9	40,7	31,5	20,1	13,6
L	IPE 750 x 173	765	397,5	1162,5	1097									113,2	103,8	95,9	83,5	65,8	49,9	38,7	24,8	16,7
M	IPE 750 x 196	770	400	1170	1107												97,9	76,5	58,0	45,1	28,9	19,5
N	IPE 750 x 220	780	402,5	1182,5	1118												110,4	87,6	66,5	52,1	33,2	22,6

Abaque 8: ACB® non-mixtes (en acier seul) à base de HEB, S460, e=1.5 a₀



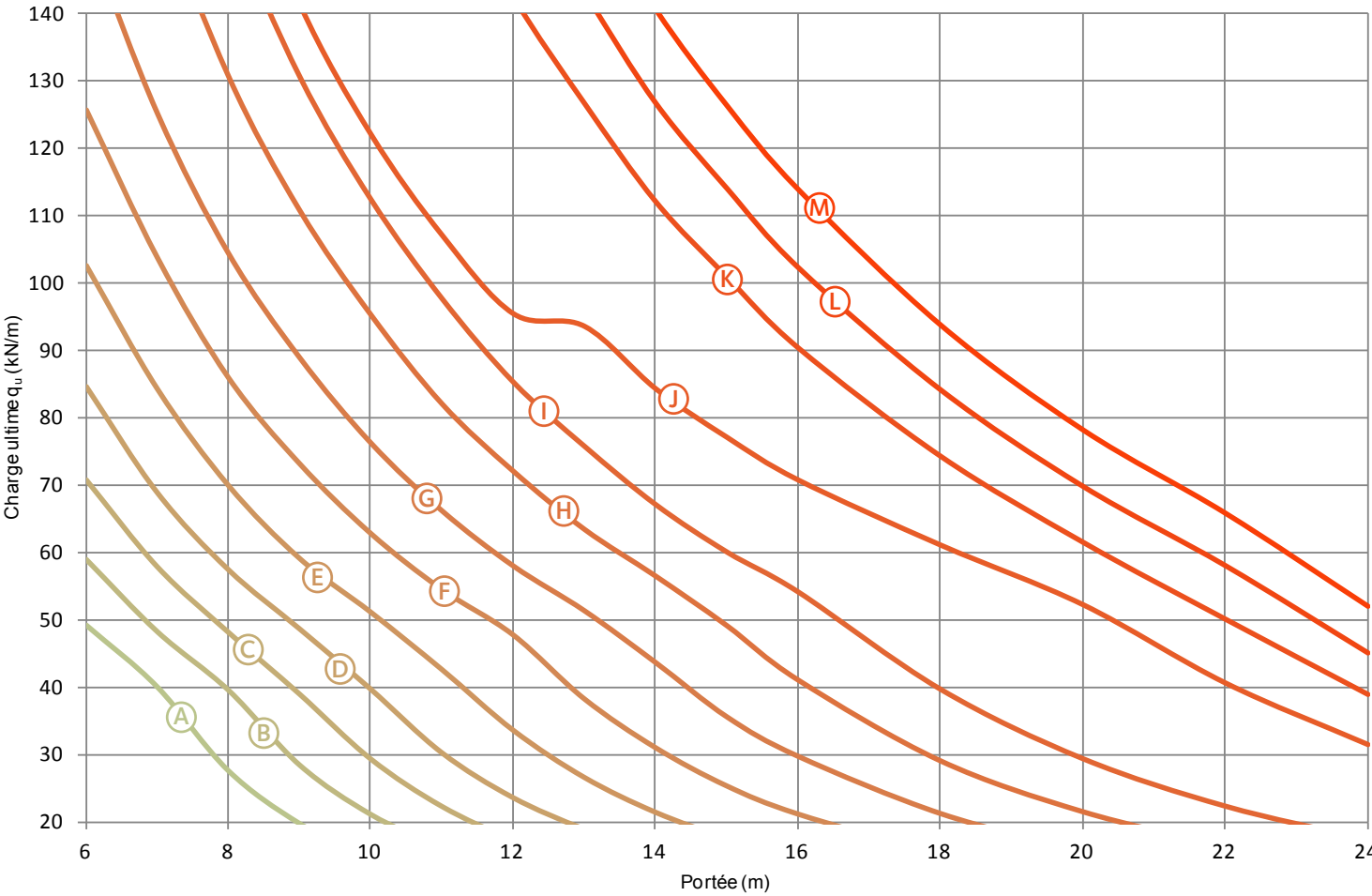
Profilé		Dimensions (mm)				Charge ultime q _u (kN/m) en fonction de la portée (m)																	
		a ₀	w	e	H _t	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24	28	32	
Ⓐ	HE 280 B	280	140	420	392		108,3	87,3	62,3	46,7	35,8	27,8	22,2	17,8	14,6	12,1							
Ⓑ	HE 300 B	310	150	460	426			101,8	82,0	61,5	47,2	37,0	29,5	23,8	19,5	16,2	11,5						
Ⓒ	HE 320 B	335	165	500	457				100,2	75,1	57,6	45,1	35,9	29,1	23,9	19,8	14,1	10,4					
Ⓓ	HE 340 B	355	175	530	485				118,2	88,4	67,8	53,1	42,3	34,3	28,3	23,5	16,7	12,3					
Ⓔ	HE 360 B	380	190	570	515					102,4	80,1	62,6	49,8	40,3	33,2	27,6	19,6	14,5	10,9				
Ⓕ	HE 400 B	420	210	630	573						103,3	82,3	65,5	53,4	43,7	36,3	25,9	19,1	14,5	11,2			
Ⓖ	HE 450 B	475	235	710	647							111,9	90,1	72,6	60,3	49,9	35,6	26,4	20,1	15,6			
Ⓗ	HE 500 B	525	260	785	719								117,1	95,7	79,5	65,8	47,4	34,9	26,6	20,7	13,2		
Ⓘ	HE 550 B	580	290	870	792									119,3	100,3	82,7	59,6	44,3	33,8	26,1	16,7	11,3	
Ⓙ	HE 600 B	630	310	940	865										119,8	103,4	74,4	55,2	41,7	32,5	20,8	14,1	
Ⓚ	HE 650 B	685	340	1025	938											119,2	89,5	66,6	50,8	39,6	25,6	17,3	
Ⓛ	HE 700 B	735	365	1100	1010												108,0	81,1	61,8	48,1	30,8	21,0	
Ⓜ	HE 800 B	840	420	1260	1154													108,3	84,3	66,6	42,7	28,9	
Ⓝ	HE 900 B	945	470	1415	1301														110,4	90,4	57,9	39,5	

Abaque 9: ACB® non-mixtes (en acier seul) à base de HEM, S460, e=1.5 a₀



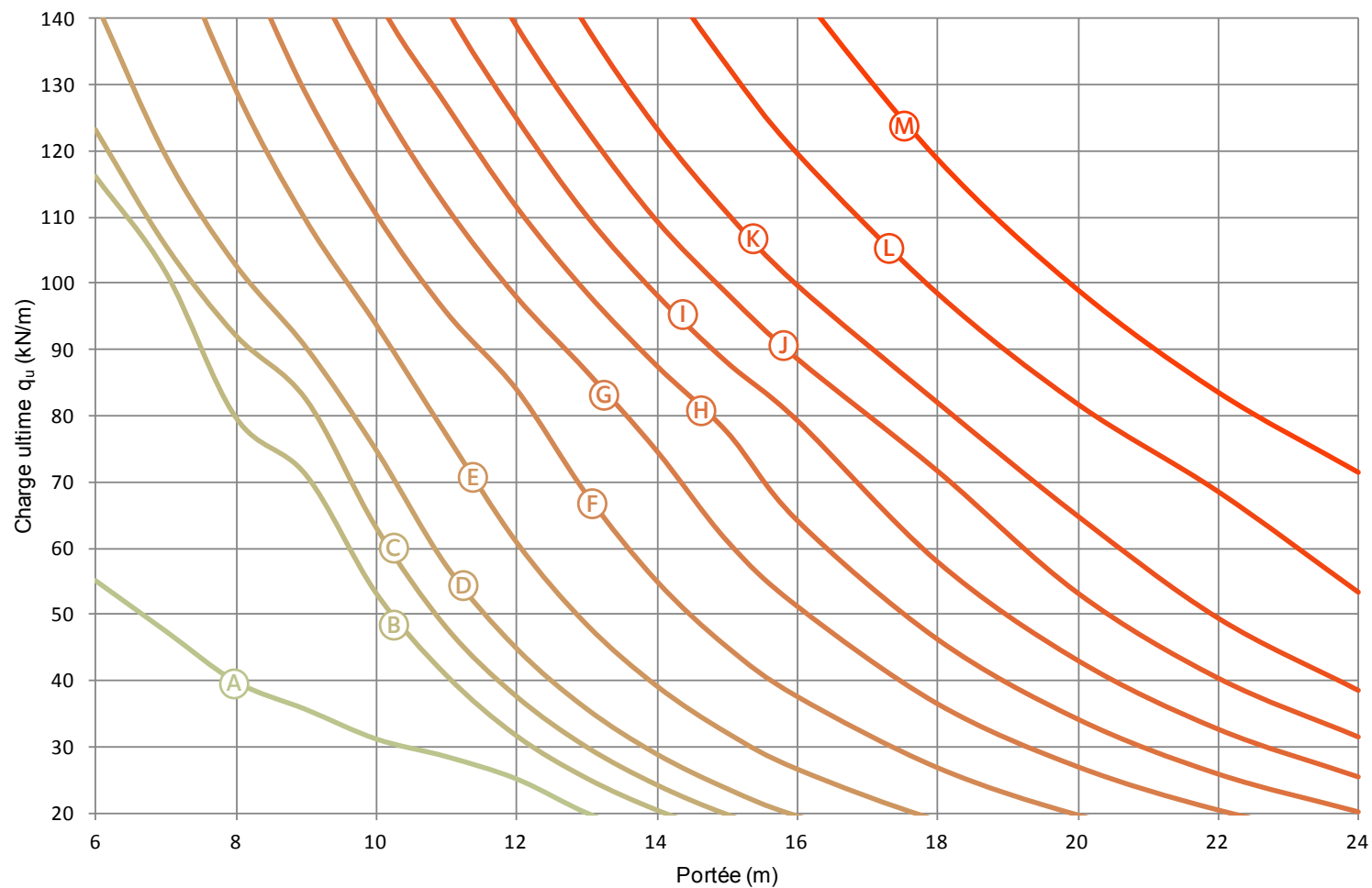
Profilé		Dimensions (mm)				Charge ultime q _u (kN/m) en fonction de la portée (m)																
		a ₀	w	e	H _t	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24	28	32
A	HE 280 M	280	140	420	422					92,5	70,9	55,1	43,9	35,3	29,0	24,1	17,0	12,5				
B	HE 300 M	310	150	460	466						106,1	83,2	66,3	53,4	43,9	36,4	25,9	19,0	14,4	11,1		
C	HE 320 M	340	165	505	498							96,4	76,9	62,3	51,1	42,5	30,2	22,2	16,8	13,0		
D	HE 340 M	380	180	560	535							110,2	89,1	72,1	59,1	49,1	35,0	25,8	19,6	15,1		
E	HE 360 M	410	195	605	566								98,4	80,7	66,2	54,9	39,2	29,0	21,9	17,0	10,8	
F	HE 400 M	450	220	670	619								118,1	97,0	79,5	66,4	47,5	35,0	26,6	20,6	13,1	
G	HE 450 M	500	245	745	687										99,4	82,3	59,3	43,8	33,2	25,8	16,5	11,1
H	HE 500 M	540	270	810	749										118,7	99,1	71,4	52,7	40,2	31,1	19,9	13,4
I	HE 550 M	600	300	900	823												86,7	64,4	48,8	38,1	24,4	16,4
J	HE 600 M	650	320	970	894												102,7	76,4	58,3	45,4	29,1	19,7
K	HE 650 M	700	350	1050	962													89,8	68,4	53,3	34,1	23,1
L	HE 700 M	750	375	1125	1031													103,3	78,7	61,4	39,6	26,8
M	HE 800 M	855	425	1280	1176														105,6	82,0	52,7	35,9
N	HE 900 M	955	475	1430	1315															104,1	66,8	45,6

Abaque 10: ACB® mixtes à base de IPE, S355, e=1.5 a₀ avec bac collaborant COFRAPLUS 60



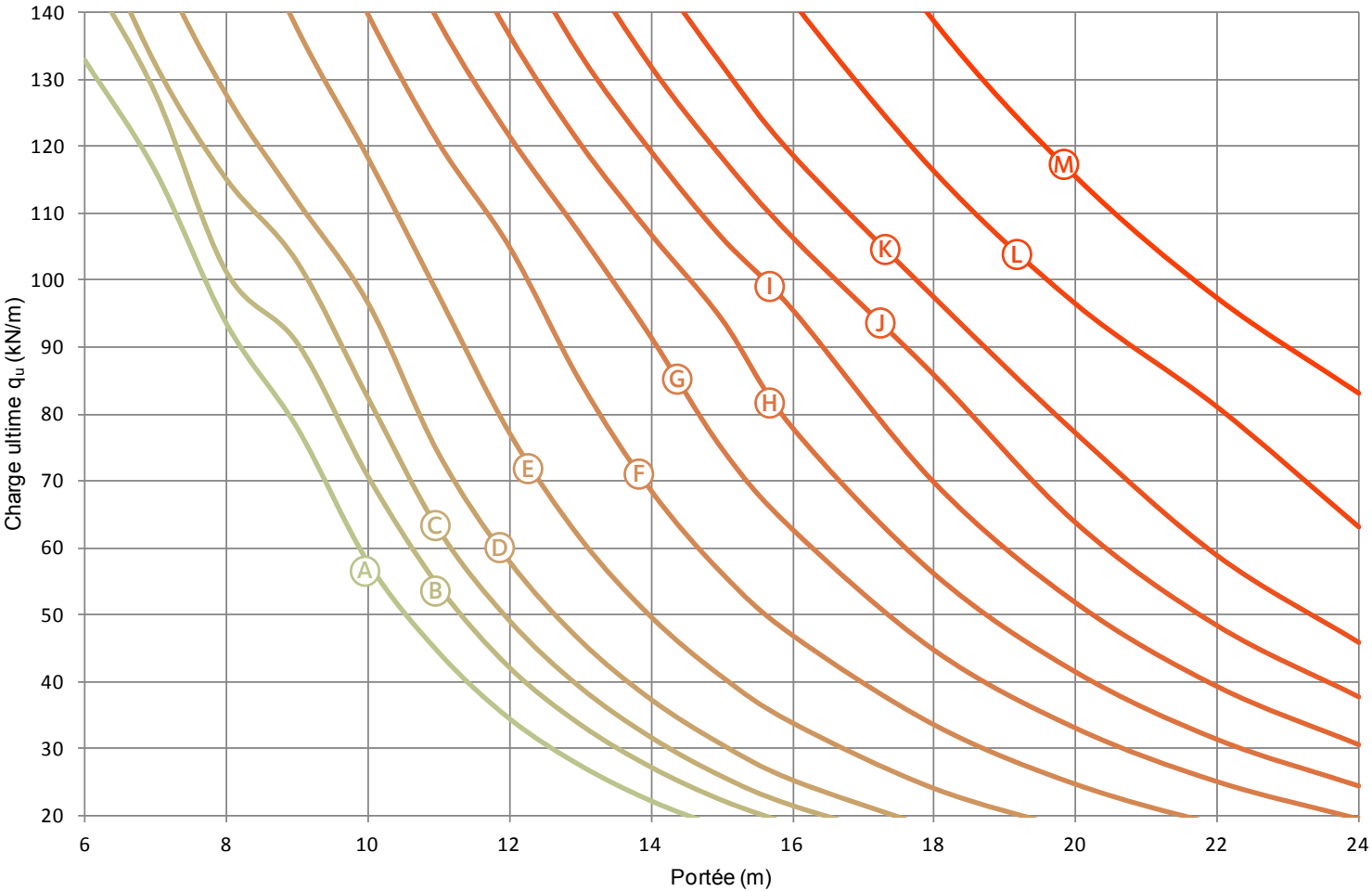
Profilé		Dimensions (mm)				Charge ultime q _u (kN/m) en fonction de la portée (m)															
		a ₀	w	e	H _t	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24	
A	IPE 270	285	142,5	427,5	384	49,2	40,1	27,7													
B	IPE 300	315	157,5	472,5	427	58,9	48,1	39,4	28,3	20,9											
C	IPE 330	345	172,5	517,5	470	70,8	57,9	48,1	39,0	29,3	22,3										
D	IPE 360	375	187,5	562,5	513	84,7	68,9	57,4	48,6	39,7	30,2	23,5									
E	IPE 400	415	207,5	622,5	570	102,4	84,1	69,8	59,0	51,0	42,5	33,5	26,5	21,4							
F	IPE 450	465	232,5	697,5	642	125,5	103,6	85,8	73,0	62,7	54,4	47,6	38,1	30,9	25,2	21,0					
G	IPE 500	515	257,5	772,5	714		125,2	104,4	88,9	76,2	66,2	58,0	51,3	43,6	35,6	29,7	21,2				
H	IPE 550	555	277,5	832,5	781			130,7	110,8	95,3	82,0	72,0	63,4	56,4	49,1	41,0	29,0	21,4			
I	IPE 600	615	307,5	922,5	857				130,6	112,4	97,6	85,2	75,7	67,0	60,0	54,1	39,6	29,3	22,2		
J	IPE 750 x 147	755	395	1150	1086					122,1	107,1	95,5	93,6	84,3	77,1	70,8	61,1	52,3	40,7	31,5	
K	IPE 750 x 173	765	397,5	1162,5	1097								126,5	111,9	100,7	90,2	74,1	61,3	49,9	38,7	
L	IPE 750 x 196	770	400	1170	1107									126,7	114,0	102,3	84,1	69,8	58,0	45,1	
M	IPE 750 x 220	780	402,5	1182,5	1118										126,3	113,9	93,8	78,2	65,8	52,1	

Abaque 11: ACB® mixtes à base de HEA, S355, e=1.5 a₀ avec bac collaborant COFRAPLUS 60



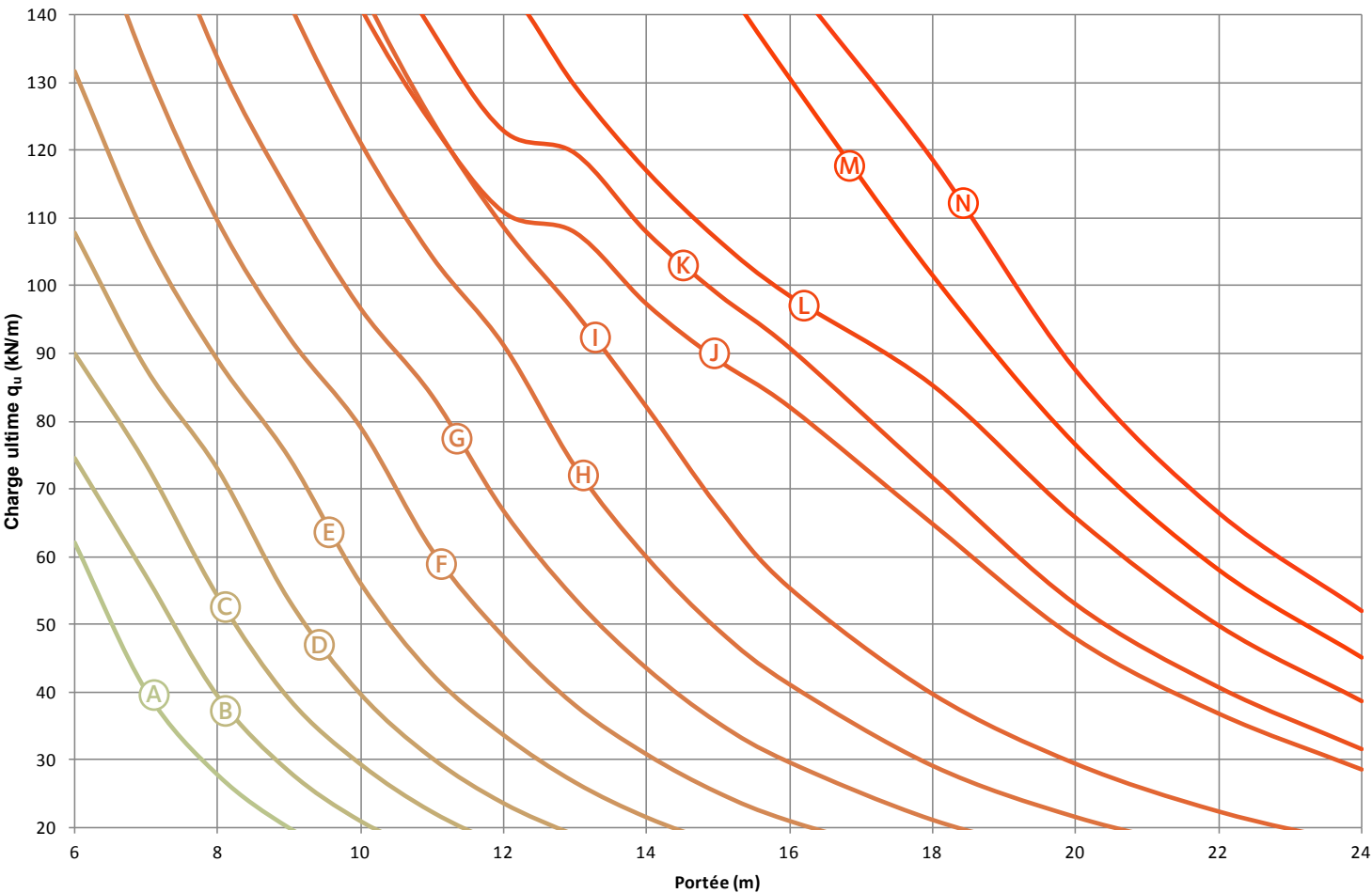
Profilé		Dimensions (mm)				Charge ultime q _u (kN/m) en fonction de la portée (m)															
		a ₀	w	e	H _t	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24	
A	HE 300 A	270	135	405	398	55,1	47,5	39,9	35,7	31,3	28,6	25,2	20,1								
B	HE 320 A	290	145	435	426	116,2	101,7	79,7	71,0	53,1	40,7	31,6	25,2	20,4							
C	HE 340 A	300	150	450	451	123,1	105,7	92,1	82,4	63,1	48,0	37,6	29,9	24,2							
D	HE 360 A	320	160	480	479		119,3	102,8	90,4	74,9	57,4	44,9	35,8	28,9	23,7						
E	HE 400 A	360	180	540	537			129,3	109,6	93,8	77,2	61,0	48,5	39,2	32,2	26,7					
F	HE 450 A	410	205	615	608				128,7	110,5	95,7	84,0	68,2	55,1	45,1	37,6	26,9				
G	HE 500 A	460	230	690	680					128,3	111,6	98,0	86,7	74,7	61,1	51,2	36,5	26,9	20,4		
H	HE 550 A	500	250	750	747						127,0	111,6	98,7	87,6	77,6	64,2	46,3	34,2	25,9	20,1	
I	HE 600 A	550	275	825	819							125,0	110,2	98,3	88,1	79,3	58,0	43,0	32,6	25,4	
J	HE 650 A	600	300	900	891								138,9	123,1	109,4	98,4	88,6	71,6	53,2	40,3	31,4
K	HE 700 A	650	325	975	962									138,8	123,4	110,7	99,7	82,0	64,8	49,4	38,5
L	HE 800 A	740	370	1110	1101											133,1	119,8	98,6	81,9	68,7	53,4
M	HE 900 A	840	420	1260	1244													118,7	98,9	83,5	71,3

Abaque 12: ACB® mixtes à base de HEB, S355, e=1.5 a₀ avec bac collaborant COFRAPLUS 60



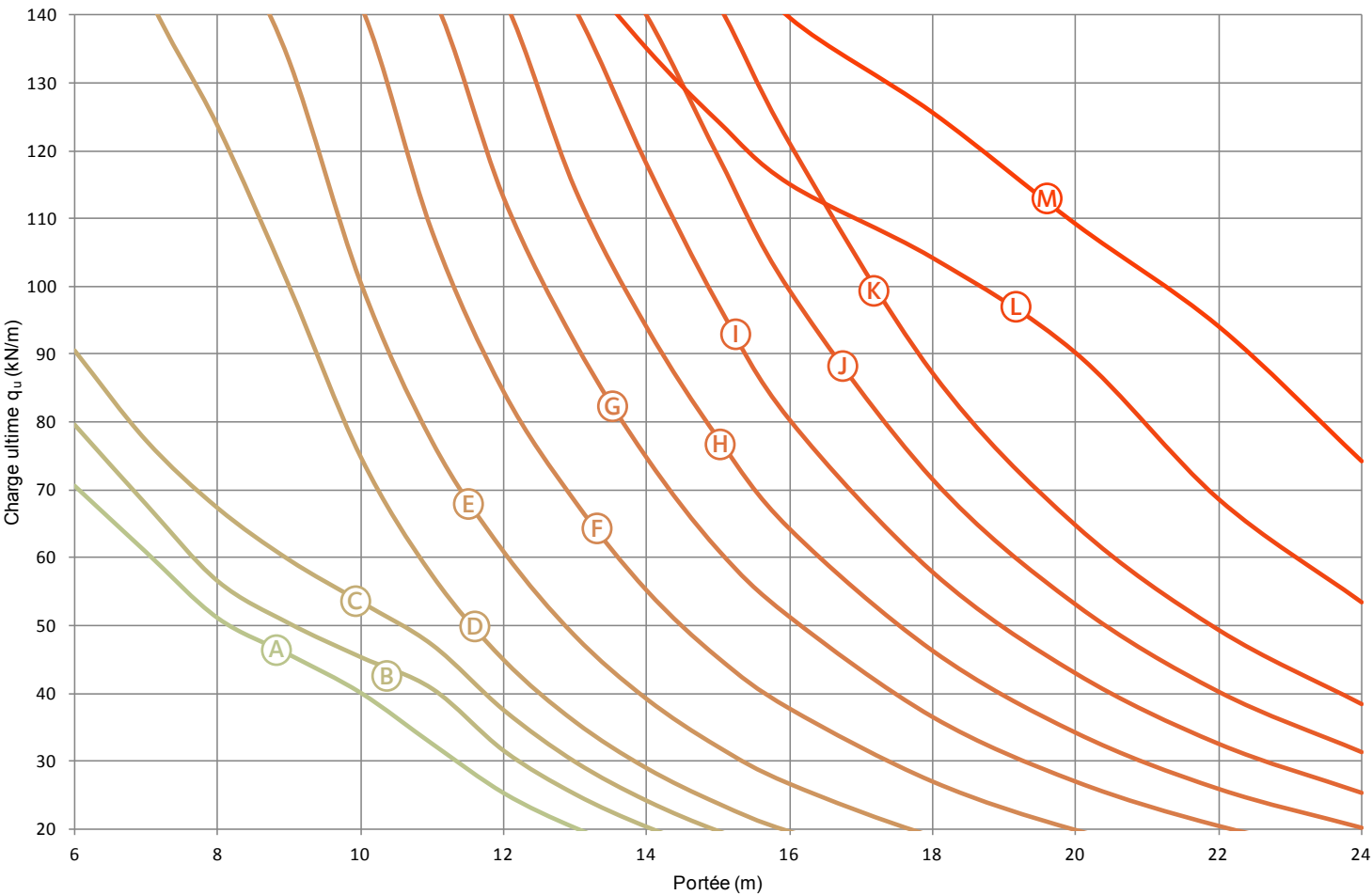
Profilé		Dimensions (mm)				Charge ultime q _u (kN/m) en fonction de la portée (m)																	
		a ₀	w	e	H _t	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24			
A	HE 300 B	270	135	405	408	132,8	116,1	93,4	77,8	57,7	44,2	34,3	27,3	22,1									
B	HE 320 B	290	145	435	436		127,9	101,3	90,6	70,6	54,1	42,0	33,5	27,1	22,1								
C	HE 340 B	300	150	450	461		132,3	115,2	102,8	82,6	62,8	49,2	39,2	31,7	25,9	21,5							
D	HE 360 B	320	160	480	489			127,8	112,0	96,7	74,2	58,1	46,2	37,4	30,7	25,3							
E	HE 400 B	360	180	540	547				137,8	118,4	97,9	77,3	61,5	49,8	40,8	33,9	24,1						
F	HE 450 B	410	205	615	618					139,8	120,5	105,0	84,8	68,5	56,2	46,9	33,5	24,6					
G	HE 500 B	460	230	690	690						138,7	121,6	106,9	91,5	74,8	62,7	44,7	33,0	25,0				
H	HE 550 B	500	250	750	757							136,7	120,5	106,9	94,2	78,0	56,2	41,5	31,4	24,5			
I	HE 600 B	550	275	825	829								133,9	119,4	106,5	95,7	69,9	51,9	39,3	30,6			
J	HE 650 B	600	300	900	901									131,9	118,3	106,3	85,7	63,6	48,2	37,6			
K	HE 700 B	650	325	975	972										132,1	118,7	97,3	77,0	58,7	45,7			
L	HE 800 B	740	370	1110	1111												116,2	96,4	80,9	63,0			
M	HE 900 B	840	420	1260	1254												138,6	115,4	97,3	83,0			

Abaque 13: ACB® mixtes à base de IPE, S460, e=1.5 a₀ avec bac collaborant COFRAPLUS 60



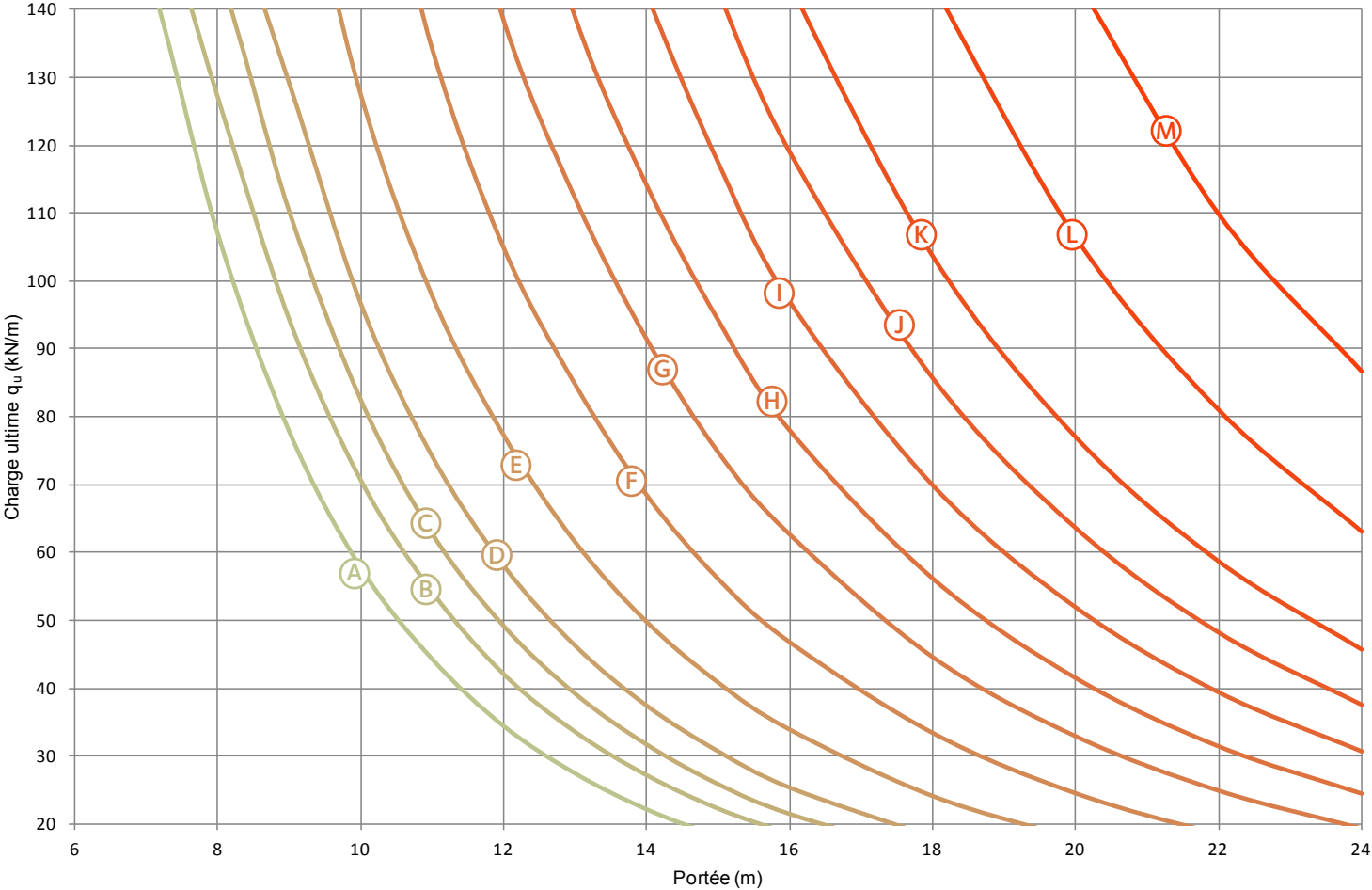
Profilé		Dimensions (mm)				Charge ultime q _u (kN/m) en fonction de la portée (m)															
		a ₀	w	e	H _t	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24	
Ⓐ	IPE 270	285	142,5	427,5	384	62,0	40,1	27,7													
Ⓑ	IPE 300	315	157,5	472,5	427	74,6	57,1	39,4	28,3	20,9											
Ⓒ	IPE 330	345	172,5	517,5	470	90,0	73,6	54,1	39,0	29,3	22,3										
Ⓓ	IPE 360	375	187,5	562,5	513	107,8	87,7	72,9	53,5	39,7	30,2	23,5									
Ⓔ	IPE 400	415	207,5	622,5	570	131,7	107,0	89,0	74,5	56,0	42,5	33,5	26,5	21,4							
Ⓕ	IPE 450	465	232,5	697,5	642		132,7	109,7	92,5	79,2	61,1	48,3	38,1	30,9	25,2	21,0					
Ⓖ	IPE 500	515	257,5	772,5	714			133,8	113,8	96,8	83,9	66,9	53,9	43,6	35,6	29,7	21,2				
Ⓗ	IPE 550	555	277,5	832,5	781					121,1	104,3	91,2	73,2	59,8	49,1	41,0	29,0	21,4			
Ⓘ	IPE 600	615	307,5	922,5	857						124,4	108,6	96,0	82,0	67,2	55,3	39,6	29,3	22,2		
Ⓙ	IPE 750 x 134	755	392,5	1147,5	1081						123,9	110,8	107,8	97,2	89,0	82,0	64,8	47,8	36,7	28,5	
Ⓚ	IPE 750 x 147	755	395	1150	1086						137,7	122,9	119,6	107,9	98,8	90,8	71,6	52,9	40,7	31,5	
Ⓛ	IPE 750 x 173	765	397,5	1162,5	1097									129,6	117,1	106,9	98,6	85,4	65,8	49,9	38,7
Ⓜ	IPE 750 x 196	770	400	1170	1107												130,6	101,5	76,5	58,0	45,1
Ⓝ	IPE 750 x 220	780	402,5	1182,5	1118													118,7	87,6	66,5	52,1

Abaque 14: ACB® mixtes à base de HEA, S460, e=1.5 a₀ avec bac collaborant COFRAPLUS 60



Profilé		Dimensions (mm)				Charge ultime q _u (kN/m) en fonction de la portée (m)															
		a ₀	w	e	H _t	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24	
Ⓐ	HE 300 A	270	135	405	398	70,6	60,8	51,1	45,7	40,0	32,5	25,2	20,1								
Ⓑ	HE 320 A	290	145	435	426	79,6	67,9	56,6	50,4	45,4	40,7	31,6	25,2	20,4							
Ⓒ	HE 340 A	300	150	450	451	90,6	77,3	67,3	59,7	53,5	47,2	37,6	29,9	24,2							
Ⓓ	HE 360 A	320	160	480	479			123,7	100,0	74,9	57,4	44,9	35,8	28,9	23,7						
Ⓔ	HE 400 A	360	180	540	537				133,3	100,6	77,2	61,0	48,5	39,2	32,2	26,7					
Ⓕ	HE 450 A	410	205	615	608						107,9	84,4	68,2	55,1	45,1	37,6	26,9				
Ⓖ	HE 500 A	460	230	690	680							113,0	91,6	74,7	61,1	51,2	36,5	26,9	20,4		
Ⓗ	HE 550 A	500	250	750	747								114,3	94,0	77,6	64,2	46,3	34,2	25,9	20,1	
Ⓘ	HE 600 A	550	275	825	819									118,1	97,4	80,4	58,0	43,0	32,6	25,4	
Ⓙ	HE 650 A	600	300	900	891										119,2	99,4	71,6	53,2	40,3	31,4	
Ⓚ	HE 700 A	650	325	975	962											121,2	87,3	64,8	49,4	38,5	
Ⓛ	HE 800 A	740	370	1110	1101									135,1	124,4	115,1	104,2	90,2	68,7	53,4	
Ⓜ	HE 900 A	840	420	1260	1244											139,7	125,7	109,2	94,1	74,3	

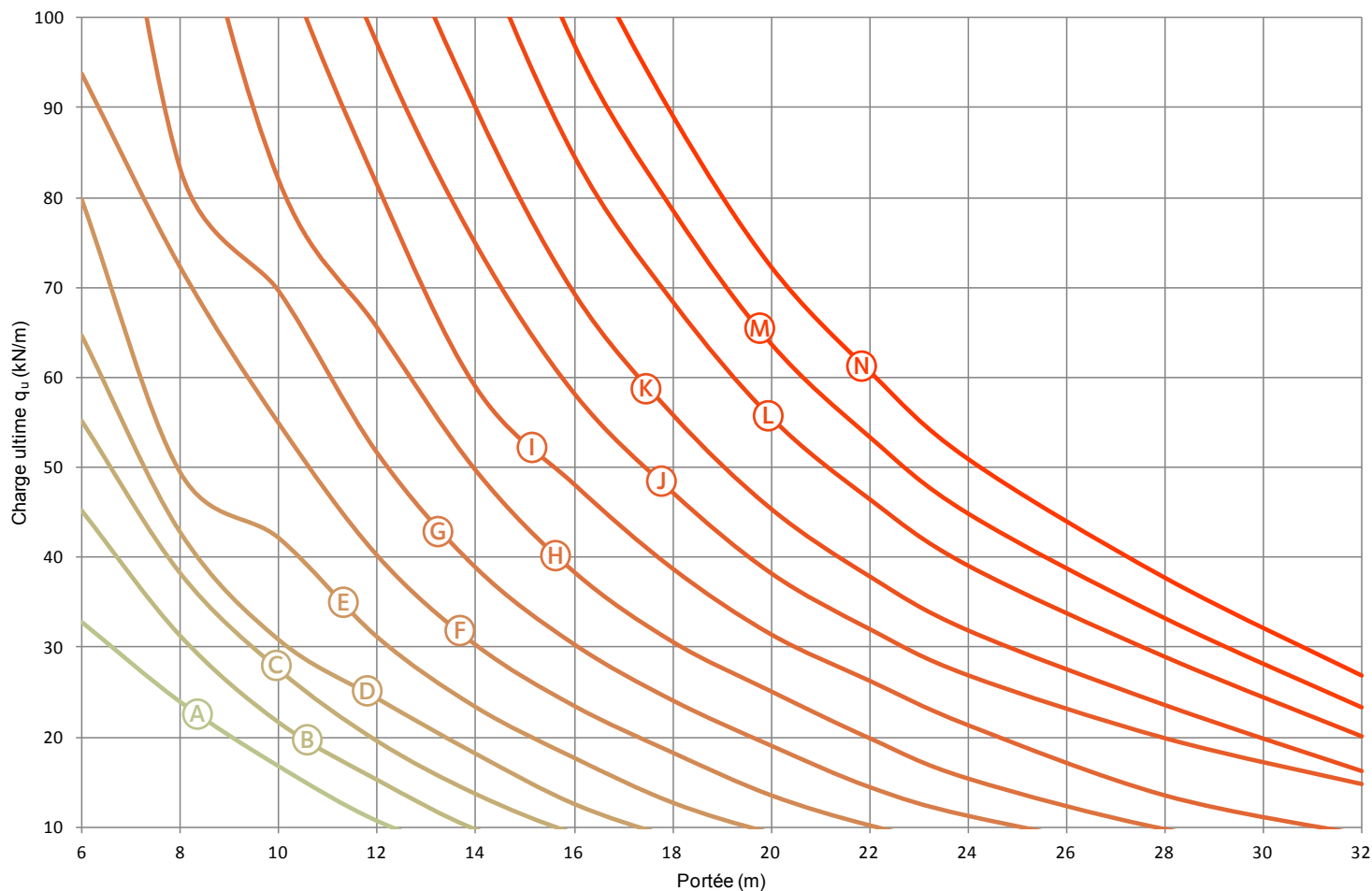
Abaque 15: ACB® mixtes à base de HEB, S460, e=1.5 a₀ avec bac collaborant COFRAPLUS 60



Profilé		Dimensions (mm)				Charge ultime q _u (kN/m) en fonction de la portée (m)															
		a ₀	w	e	H _t	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24	
A	HE 300 B	270	135	405	408			107,0	77,8	57,7	44,2	34,3	27,3	22,1							
B	HE 320 B	290	145	435	436			127,1	94,3	70,6	54,1	42,0	33,5	27,1	22,1						
C	HE 340 B	300	150	450	461				110,3	82,6	62,8	49,2	39,2	31,7	25,9	21,5					
D	HE 360 B	320	160	480	489				129,2	96,7	74,2	58,1	46,2	37,4	30,7	25,3					
E	HE 400 B	360	180	540	547					127,6	97,9	77,3	61,5	49,8	40,8	33,9	24,1				
F	HE 450 B	410	205	615	618						134,3	105,0	84,8	68,5	56,2	46,9	33,5	24,6			
G	HE 500 B	460	230	690	690							138,4	112,2	91,5	74,8	62,7	44,7	33,0	25,0		
H	HE 550 B	500	250	750	757								138,9	114,1	94,2	78,0	56,2	41,5	31,4	24,5	
I	HE 600 B	550	275	825	829										117,4	96,9	69,9	51,9	39,3	30,6	
J	HE 650 B	600	300	900	901											119,0	85,7	63,6	48,2	37,6	
K	HE 700 B	650	325	975	972												103,7	77,0	58,7	45,7	
L	HE 800 B	740	370	1110	1111													106,4	80,9	63,0	
M	HE 900 B	840	420	1260	1254														109,8	86,7	

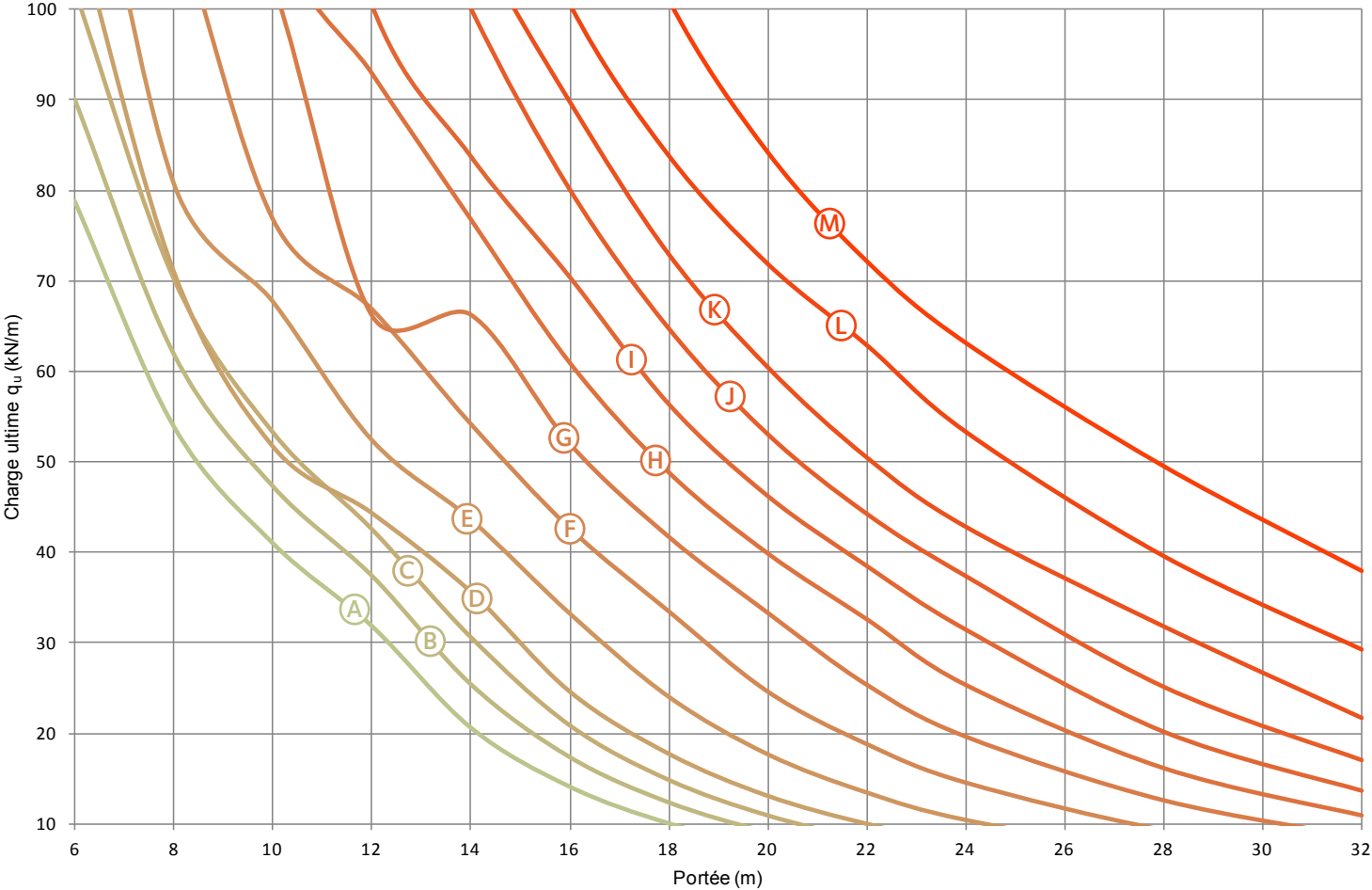
12. Abaques Angelina™

Abaque 16: Angelina™ non-mixtes (en acier seul) à base de IPE, S355



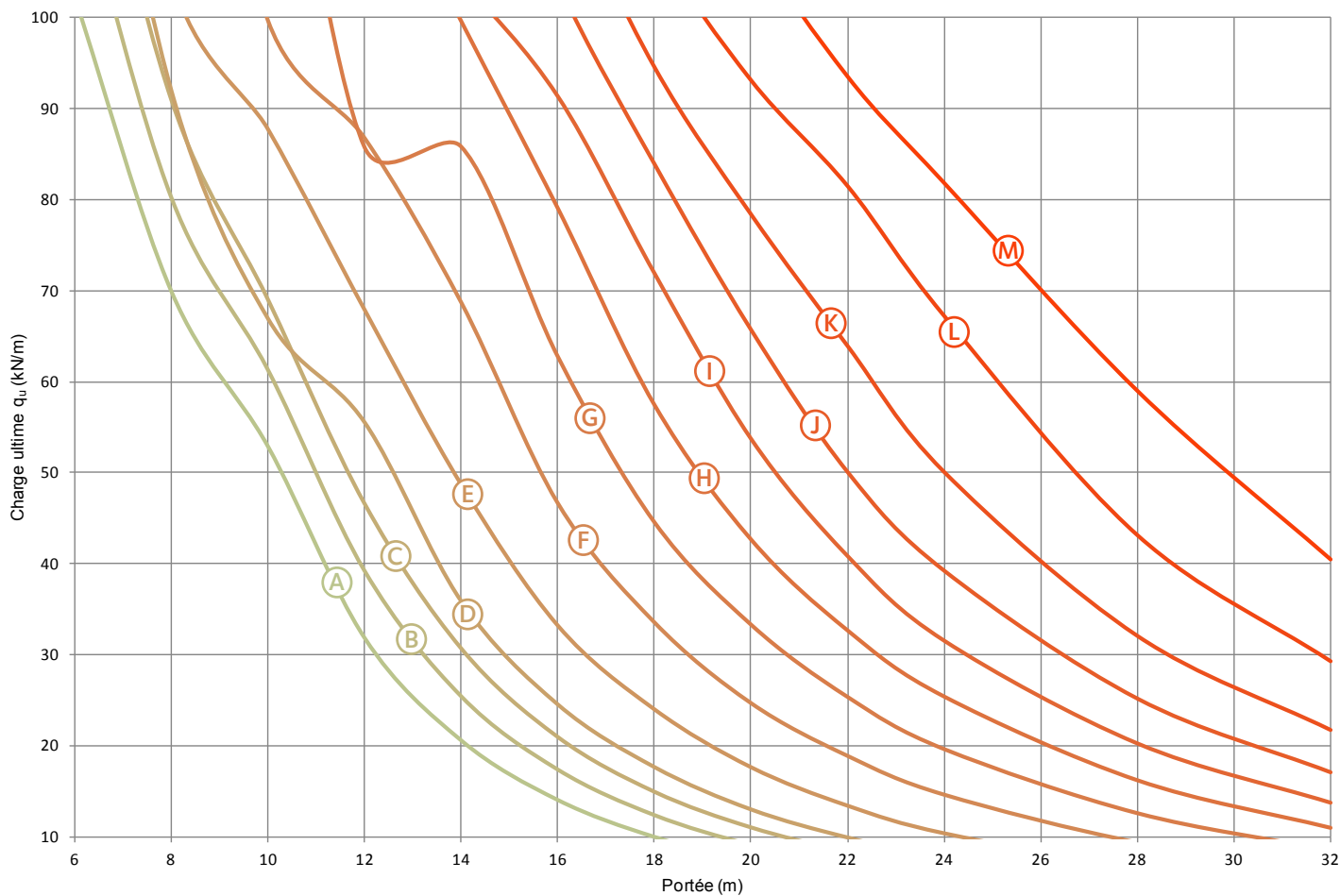
Profilé		Dimensions (mm)					Charge ultime q_u (kN/m) en fonction de la portée (m)											
		a_0	w	s	e	H_t	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	28	32
(A)	IPE 270	285	200	285	970	412,5	32,7	23,9	16,7	10,6								
(B)	IPE 300	315	200	315	1030	457,5	45,1	31,2	21,6	15,3								
(C)	IPE 330	345	200	345	1090	502,5	55,2	38,3	27,5	19,5	13,6							
(D)	IPE 360	375	250	375	1250	547,5	64,7	42,8	30,9	24,3	18,2	12,6						
(E)	IPE 400	415	250	415	1330	607,5	79,8	49,4	42,1	31,1	23,3	17,7	12,7					
(F)	IPE 450	465	250	465	1430	682,5	93,7	72,2	54,9	40,2	30,3	23,5	18,3	13,6	10,2			
(G)	IPE 500	515	250	515	1530	757,5		83,2	69,6	51,6	38,9	30,3	24,1	19,1	14,5	11,3		
(H)	IPE 550	555	250	555	1610	827,5			82,0	65,6	49,7	38,4	30,7	25,1	19,9	15,4		
(I)	IPE 600	615	250	615	1730	907,5				81,4	58,9	48,1	38,7	31,4	26,3	21,3	13,5	
(J)	IPE 750 x 134	755	250	755	2010	1130,5				97,1	74,9	58,3	47,3	38,3	32,1	26,9	19,9	14,8
(K)	IPE 750 x 147	755	250	755	2010	1130,5					90,0	69,4	55,9	45,4	37,9	31,9	23,6	16,2
(L)	IPE 750 x 173	765	250	765	2030	1144,5						84,6	68,4	55,5	46,4	39,0	28,9	20,0
(M)	IPE 750 x 196	770	250	770	2040	1155						97,0	78,6	63,7	53,4	44,8	33,2	23,3
(N)	IPE 750 x 220	780	250	780	2060	1169							89,2	72,4	60,7	51,0	37,8	26,9

Abaque 17: Angelina™ non-mixtes (en acier seul) à base de HEA, S355



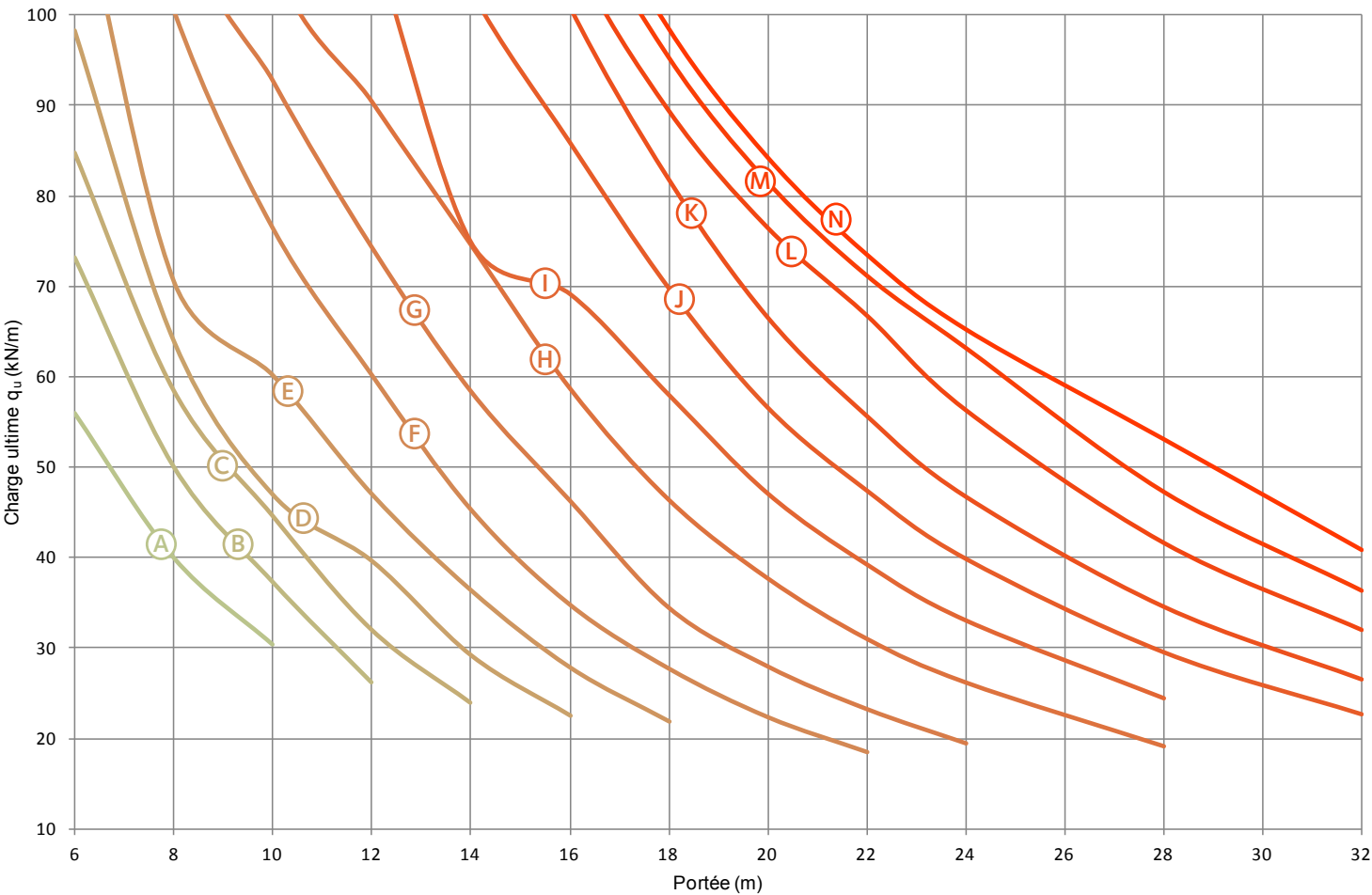
Profilé		Dimensions (mm)					Charge ultime q_u (kN/m) en fonction de la portée (m)											
		a_0	w	s	e	H_t	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	28	32
(A)	HE 300 A	305	200	305	1010	442,5	78,9	53,9	41,0	31,8	20,6	14,1	10,0					
(B)	HE 320 A	325	200	325	1050	472,5	90,1	62,0	47,4	37,5	25,5	17,4	12,4					
(C)	HE 340 A	340	200	340	1080	500		70,2	53,3	42,6	30,7	20,9	14,9	11,0				
(D)	HE 360 A	365	250	365	1230	532,5		71,0	51,7	44,3	35,6	24,6	17,7	13,0	10,0			
(E)	HE 400 A	405	250	405	1310	592,5		80,8	67,8	52,5	43,7	33,3	24,1	17,7	13,5	10,4		
(F)	HE 450 A	455	250	455	1410	667,5			77,0	67,0	54,3	42,7	33,6	24,7	18,9	14,6		
(G)	HE 500 A	500	250	500	1500	740				66,2	66,3	52,0	41,7	33,3	25,4	19,6	12,6	
(H)	HE 550 A	555	250	555	1610	817,5				93,1	76,9	61,0	48,9	40,0	32,7	25,4	16,2	11,0
(I)	HE 600 A	600	250	600	1700	890					83,9	70,5	56,5	46,3	38,6	31,5	20,2	13,7
(J)	HE 650 A	655	250	655	1810	967,5						80,2	64,8	53,1	44,3	37,4	25,2	17,1
(K)	HE 700 A	755	250	755	2010	1067,5						89,9	73,0	60,5	50,6	42,9	31,9	21,8
(L)	HE 800 A	805	250	805	2110	1192,5							83,8	71,8	62,9	53,3	39,5	29,2
(M)	HE 900 A	900	250	900	2300	1340								84,3	72,2	63,2	49,6	38,0

Abaque 18: Angelina™ non-mixtes (en acier seul) à base de HEA, S460



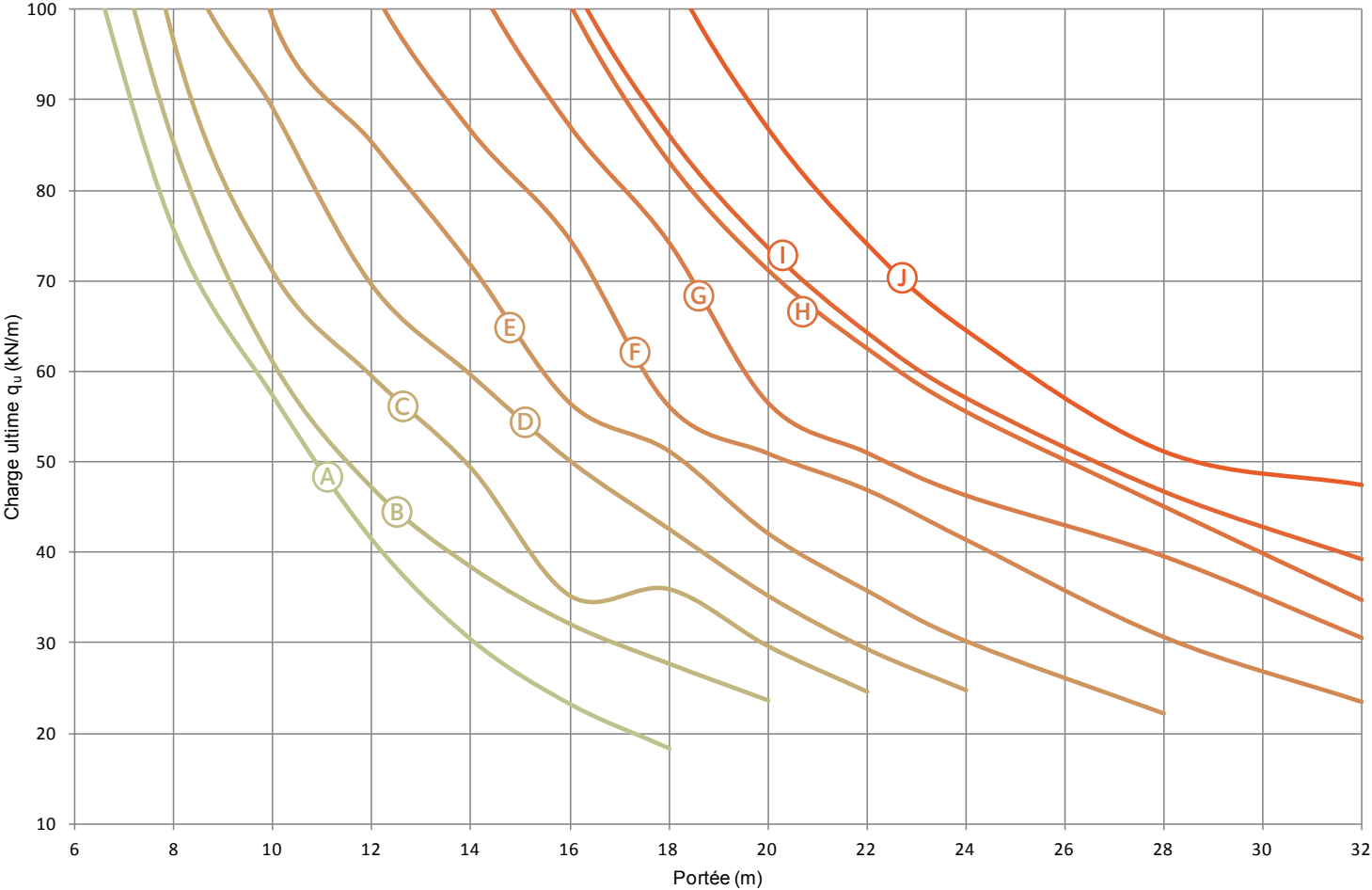
Profilé		Dimensions (mm)					Charge ultime q _u (kN/m) en fonction de la portée (m)												
		a ₀	w	s	e	H _t	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	28	32	
(A)	HE 300 A	305	200	305	1010	442,5		69,9	52,9	31,8	20,6	14,1	10,0						
(B)	HE 320 A	325	200	325	1050	472,5		80,3	61,4	39,3	25,5	17,4	12,4						
(C)	HE 340 A	340	200	340	1080	500		91,0	69,0	46,6	30,7	20,9	14,9	11,0					
(D)	HE 360 A	365	250	365	1230	532,5		92,1	67,0	55,6	35,9	24,6	17,7	13,0	10,0				
(E)	HE 400 A	405	250	405	1310	592,5			87,8	68,0	48,8	33,3	24,1	17,7	13,5	10,4			
(F)	HE 450 A	455	250	455	1410	667,5			99,7	86,8	68,7	46,7	33,6	24,7	18,9	14,6			
(G)	HE 500 A	500	250	500	1500	740				85,8	85,9	62,8	44,6	33,3	25,4	19,6	12,6		
(H)	HE 550 A	555	250	555	1610	817,5					99,7	79,1	57,5	42,7	32,7	25,4	16,2	11,0	
(I)	HE 600 A	600	250	600	1700	890						91,4	71,9	53,7	40,8	31,5	20,2	13,7	
(J)	HE 650 A	655	250	655	1810	967,5							83,9	65,7	50,1	39,2	25,2	17,1	
(K)	HE 700 A	755	250	755	2010	1067,5								94,6	78,4	64,0	50,1	32,1	21,8
(L)	HE 800 A	805	250	805	2110	1192,5									93,1	81,5	67,2	43,1	29,2
(M)	HE 900 A	900	250	900	2300	1340										93,6	81,9	59,1	40,5

Abaque 19: Angelina™ mixtes à base de IPE, S355 avec bac collaborant COFRAPLUS 60



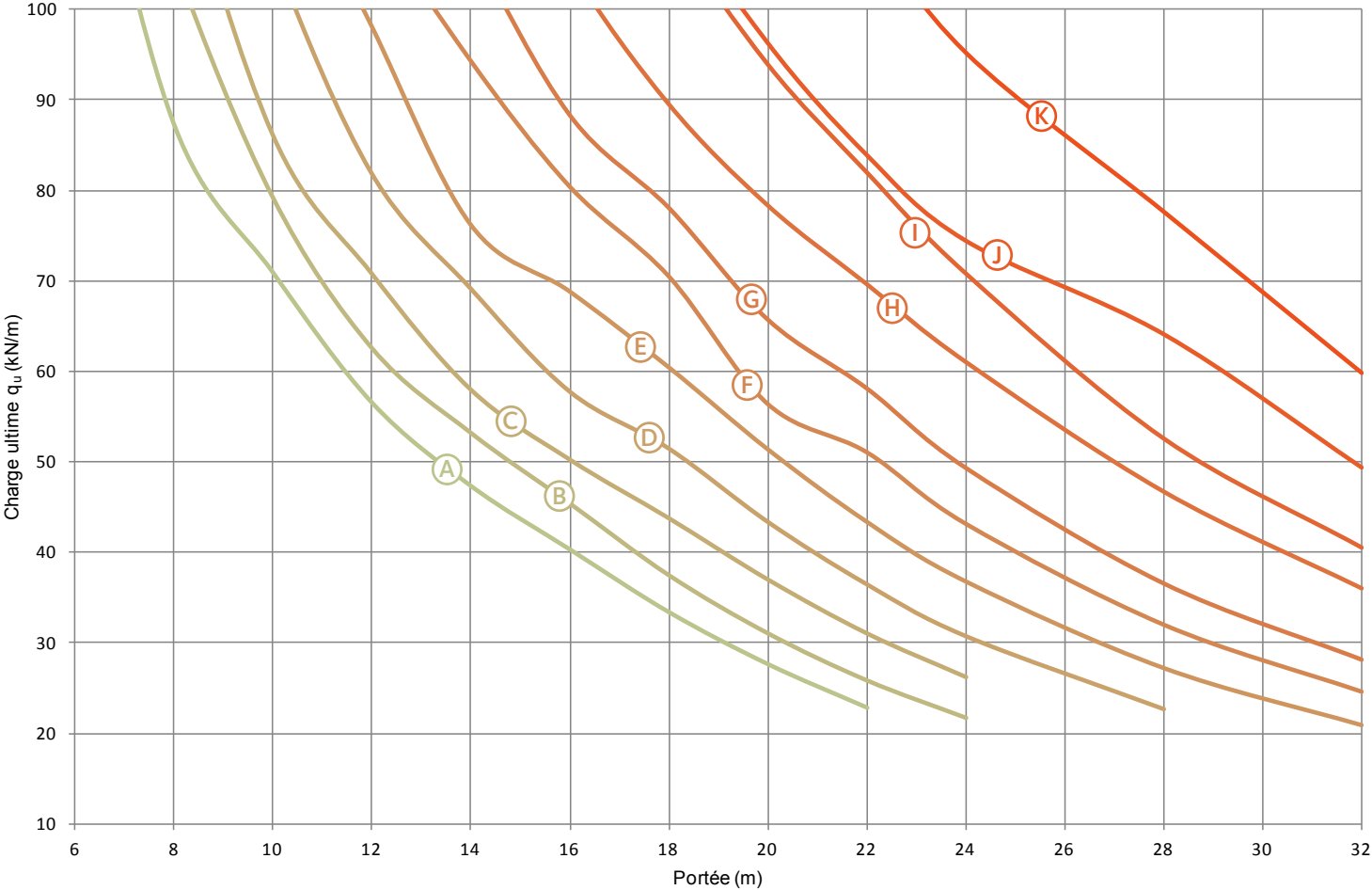
Profilé		Dimensions (mm)					Charge ultime q _u (kN/m) en fonction de la portée (m)													
		a ₀	w	s	e	H _t	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	28	32		
Ⓐ	IPE 270	285	200	285	970	412,5	56,0	40,0	30,3											
Ⓑ	IPE 300	315	200	315	1030	457,5	73,1	50,0	37,3	26,2										
Ⓒ	IPE 330	345	200	345	1090	502,5	84,7	58,5	44,6	32,0	23,9									
Ⓓ	IPE 360	375	250	375	1250	547,5	98,2	63,9	46,9	39,6	29,1	22,5								
Ⓔ	IPE 400	415	250	415	1330	607,5	116,9	70,6	60,2	47,0	36,4	27,9	21,9							
Ⓕ	IPE 450	465	250	465	1430	682,5	136,3	100,6	76,4	60,2	45,3	34,8	27,7	22,3	18,5					
Ⓖ	IPE 500	515	250	515	1530	757,5		114,1	92,8	74,3	58,4	46,3	34,4	27,9	23,2	19,4	12,6			
Ⓗ	IPE 550	555	250	555	1610	827,5		159,8	106,9	90,5	74,7	58,8	46,5	37,8	31,1	26,3	16,2	11,0		
Ⓘ	IPE 600	615	250	615	1730	907,5			137,8	108,6	75,0	69,2	58,1	47,1	39,3	33,1	20,2	13,7		
Ⓙ	IPE 750 x 134	755	250	755	2010	1130,5				125,8	102,8	86,0	69,8	56,6	47,4	39,9	25,2	17,1		
Ⓚ	IPE 750 x 147	755	250	755	2010	1130,5				152,8	125,1	101,0	81,8	66,6	55,7	46,7	31,9	21,8		
Ⓛ	IPE 750 x 173	765	250	765	2030	1144,5					135,3	107,7	89,5	76,5	66,8	56,3	39,5	29,2		
Ⓜ	IPE 750 x 196	770	250	770	2040	1155					144,1	114,8	95,3	81,5	71,2	63,2	49,6	38,0		
Ⓝ	IPE 750 x 220	780	250	780	2060	1169					148,8	118,5	98,5	84,2	73,5	65,2	49,6	38,0		

Abaque 20: Angelina™ mixtes à base de HEA, S355 avec bac collaborant COFRAPLUS 60



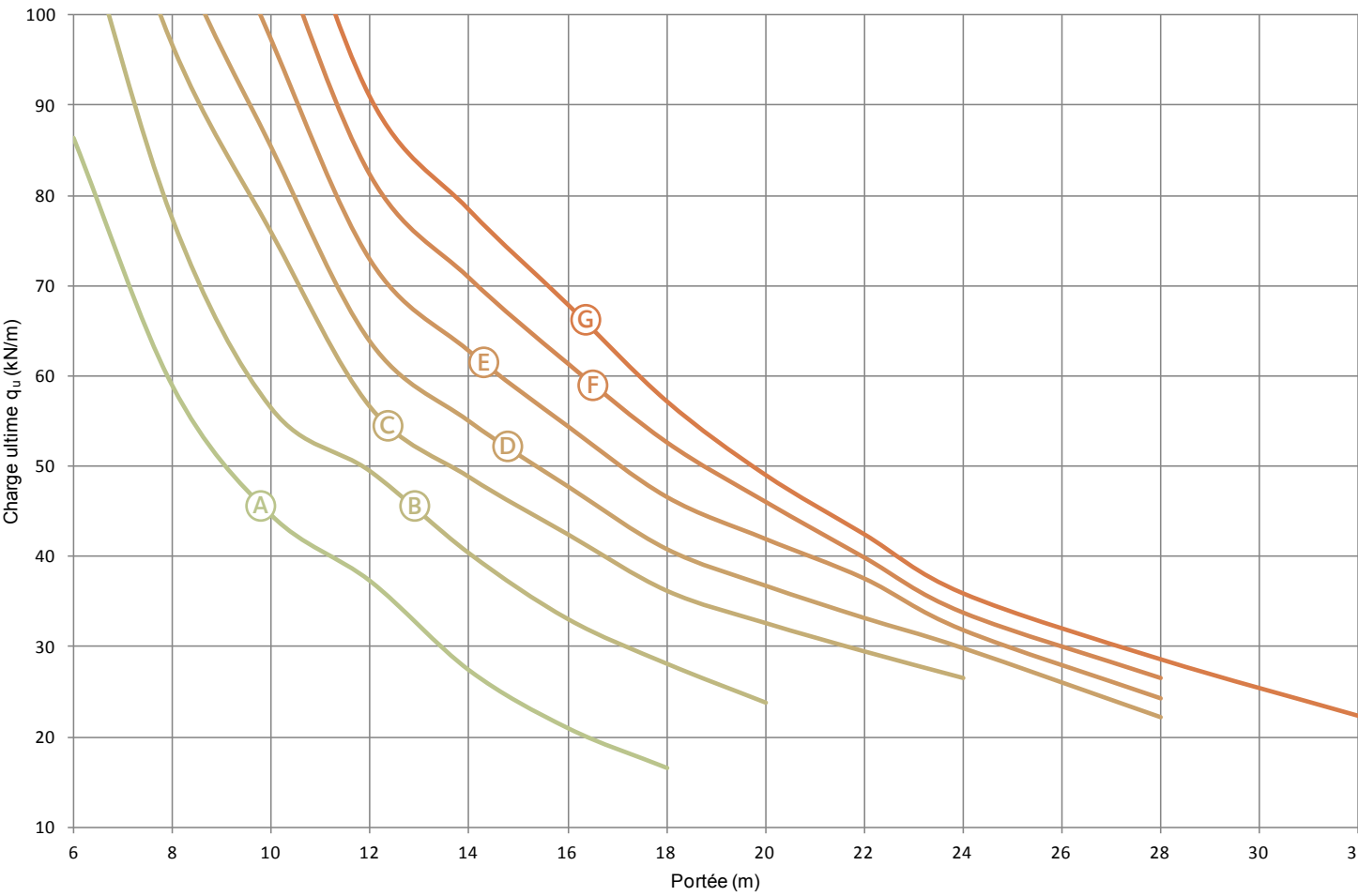
Profilé		Dimensions (mm)					Charge ultime q _u (kN/m) en fonction de la portée (m)											
		a ₀	w	s	e	H _t	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	30	32
(A)	HE 300 A	305	200	305	1010	442,5	111,6	75,7	57,3	41,4	30,4	23,2	18,3					
(B)	HE 320 A	325	200	325	1050	472,5	124,9	85,3	61,0	47,2	38,4	32,1	27,7	23,6				
(C)	HE 360 A	365	250	365	1230	532,5	150,9	96,5	71,0	59,4	49,3	35,2	35,9	29,6	24,6			
(D)	HE 400 A	405	250	405	1310	592,5		109,8	89,1	69,6	59,7	50,2	42,7	35,3	29,4	24,8		
(E)	HE 450 A	455	250	455	1410	667,5		143,7	99,1	85,4	71,8	56,5	51,2	42,1	35,8	30,2	22,2	0,0
(F)	HE 550 A	555	250	555	1610	817,5			128,1	102,5	86,7	74,6	56,2	51,0	47,0	41,5	30,7	23,5
(G)	HE 650 A	655	250	655	1810	967,5				130,5	104,5	87,1	74,3	56,6	51,0	46,3	39,6	30,6
(H)	HE 700 A	755	250	755	2010	1067,5					125,4	100,6	83,2	71,2	62,6	55,6	45,1	34,7
(I)	HE 800 A	805	250	805	2110	1192,5					130,2	103,7	86,1	73,7	64,3	57,0	46,7	39,2
(J)	HE 900 A	900	250	900	2300	1340					128,2	131,8	104,8	86,9	74,1	64,5	51,1	47,4

Abaque 21: Angelina™ mixtes à base de HEB, S355 avec bac collaborant COFRAPLUS 60



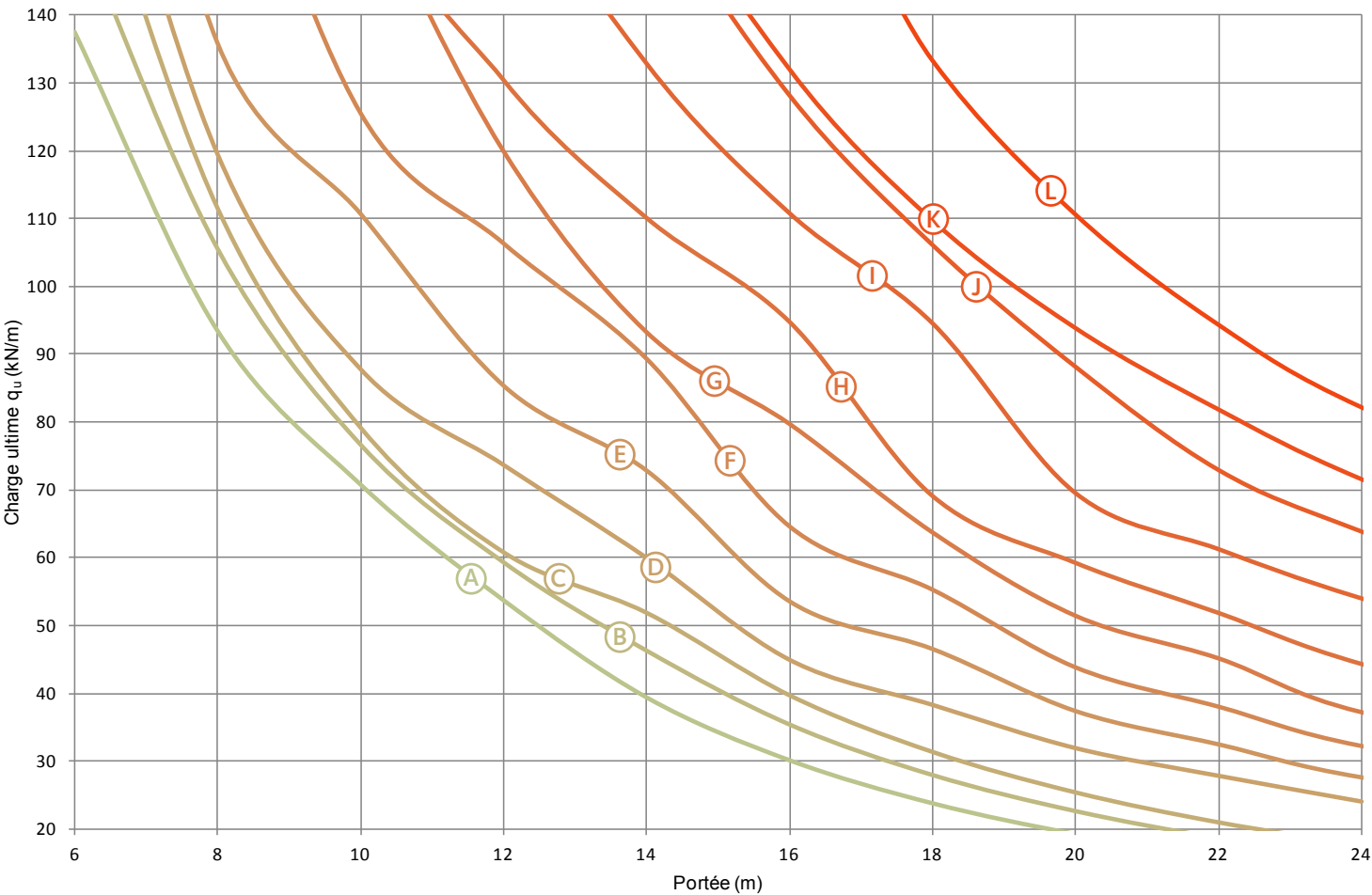
Profilé		Dimensions (mm)					Charge ultime q_u (kN/m) en fonction de la portée (m)											
		a_0	w	s	e	H_t	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	28	32
(A)	HE 300 B	315	250	315	1130	457,5	129,3	87,5	71,0	56,6	47,4	40,4	33,5	27,7	22,9			
(B)	HE 320 B	335	250	335	1170	487,5	138,5	105,6	79,3	62,6	53,3	45,4	37,5	31,1	25,9	21,7		
(C)	HE 360 B	380	300	380	1360	550		120,6	86,2	70,8	58,0	50,3	43,8	37,0	31,0	26,2		
(D)	HE 400 B	420	300	420	1440	610		137,9	106,4	81,9	69,1	57,7	51,4	43,3	36,4	30,7		
(E)	HE 450 B	475	300	475	1550	687,5		151,5	120,9	98,1	76,2	68,8	60,4	51,3	43,3	36,7		
(F)	HE 500 B	525	300	525	1650	762,5			132,4	111,1	94,3	80,4	70,5	56,4	51,1	43,2		
(G)	HE 550 B	580	300	580	1760	840				130,6	107,7	88,4	78,1	65,7	58,1	49,4	12,6	
(H)	HE 650 B	680	300	680	1960	990				153,2	125,4	104,8	89,5	78,3	69,6	61,0	16,2	11,0
(I)	HE 700 B	730	300	730	2060	1065					154,9	130,7	109,8	94,0	82,0	70,9	20,2	13,7
(J)	HE 800 B	780	300	780	2160	1190						136,3	112,6	96,3	83,9	74,4	25,2	17,1
(K)	HE 900 B	830	350	830	2360	1315							155,9	128,6	109,9	95,2	31,9	21,8

Abaque 22: Angelina™ mixtes à base de HD, S355 avec bac collaborant COFRAPLUS 60



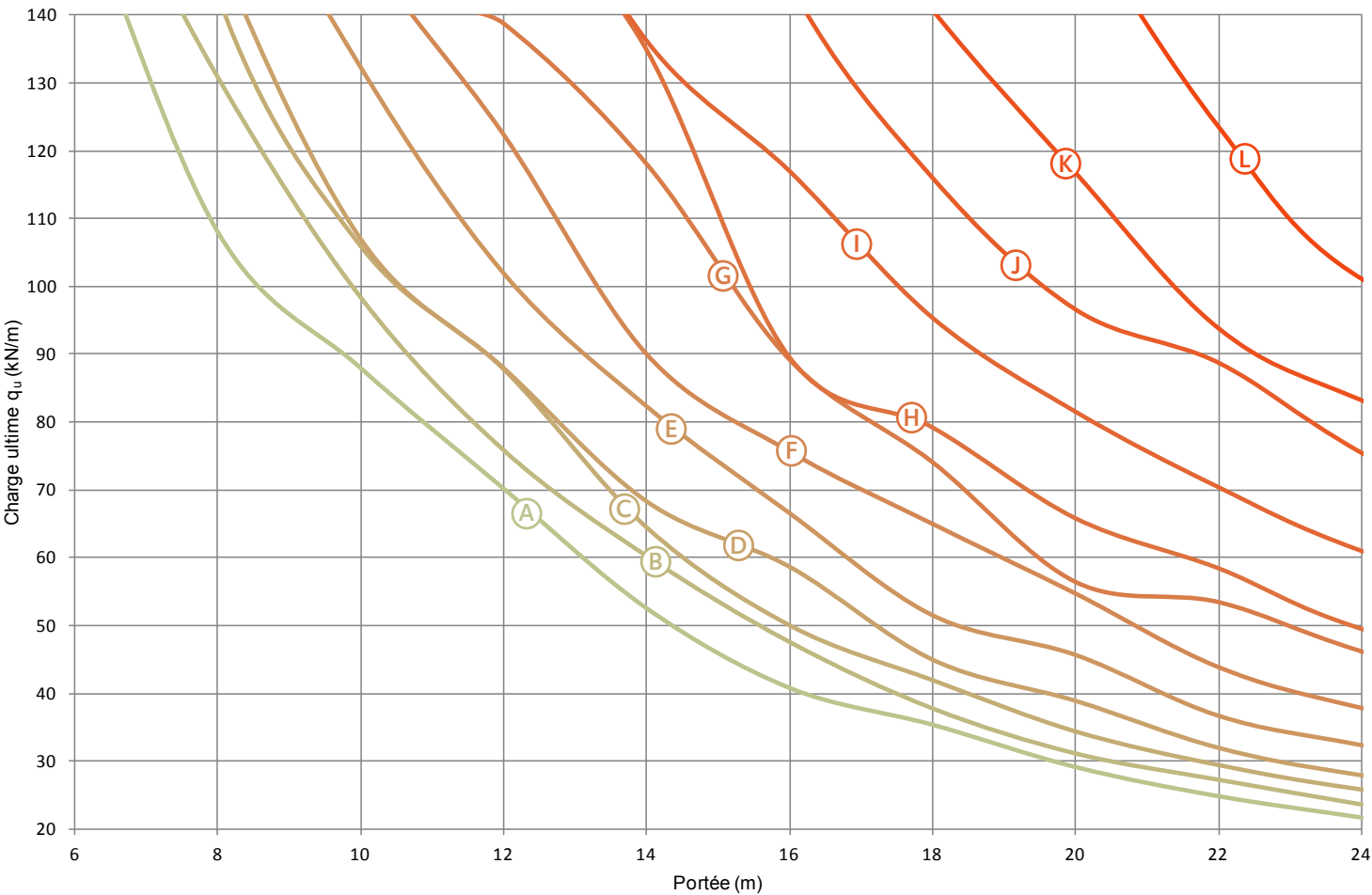
Profilé		Dimensions (mm)					Charge ultime q _u (kN/m) en fonction de la portée (m)											
		a ₀	w	s	e	H _t	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	30	32
(A)	HD 320 x 74.2	350	200	350	1100	476	86,4	58,9	44,6	37,3	27,4	21,0	16,6					
(B)	HD 320 x 97.6	350	200	350	1100	485	113,6	77,4	56,5	49,5	40,4	33,1	28,2	23,9				
(C)	HD 360 x 147	440	300	440	1480	580	128,4	96,6	75,9	56,6	48,8	42,4	36,2	32,6	29,5	26,5		
(D)	HD 360 x 162	440	300	440	1480	584	144,4	108,8	85,4	63,8	55,0	47,8	40,8	36,8	33,2	29,8	22,2	
(E)	HD 360 x 179	440	300	440	1480	588		124,2	97,3	72,9	62,8	54,5	46,7	42,0	37,6	31,9	24,3	
(F)	HD 360 x 196	440	300	440	1480	592		140,1	109,6	82,3	70,9	61,4	52,7	46,1	39,9	33,8	26,6	
(G)	HD 400 x 216	440	300	440	1480	595		155,0	121,2	90,9	78,4	67,9	57,2	49,0	42,4	35,9	28,6	22,3

Abaque 23: Angelina™ mixtes à base de HEA, HISTAR 460 avec bac collaborant COFRAPLUS 60



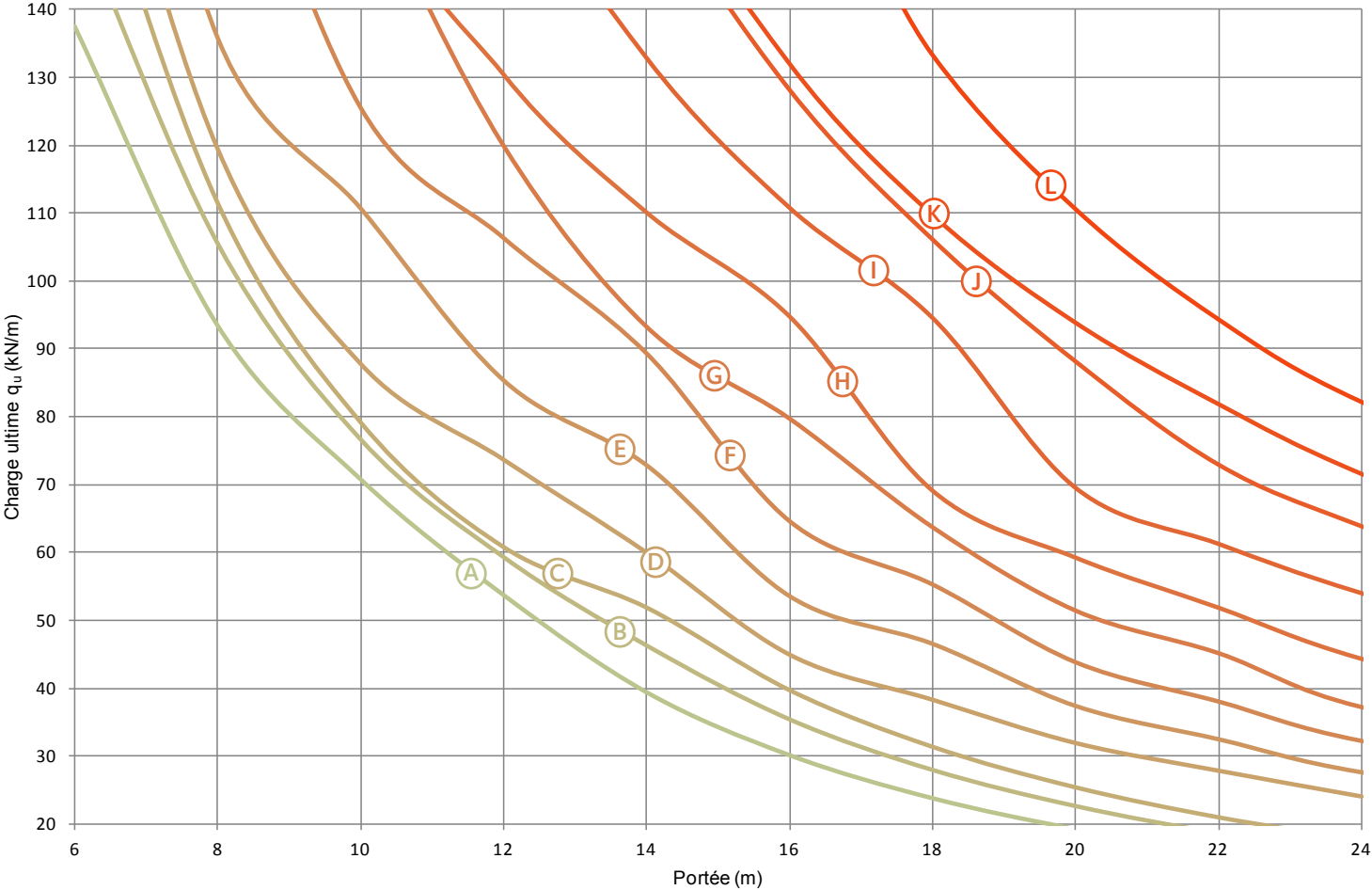
Profilé	Dimensions (mm)					Charge ultime q _u (kN/m) en fonction de la portée (m)									
	a ₀	w	s	e	H _t	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Ⓐ	HE 300 A	305	200	305	1010	442,5	137,5	93,4	70,7	53,7	39,4	30,1	23,8	19,2	15,9
Ⓑ	HE 320 A	325	200	325	1050	472,5		105,6	76,7	59,3	46,3	35,4	27,9	22,6	18,6
Ⓒ	HE 340 A	340	200	340	1080	500		111,6	79,3	60,9	52,0	39,8	31,4	25,5	21,0
Ⓓ	HE 360 A	365	250	365	1230	532,5		119,5	87,8	73,7	60,0	44,9	38,3	31,9	27,8
Ⓔ	HE 400 A	405	250	405	1310	592,5		135,9	110,7	85,4	72,9	53,6	46,5	37,4	32,5
Ⓕ	HE 450 A	455	250	455	1410	667,5			125,6	106,4	89,4	64,7	55,4	43,9	38,1
Ⓖ	HE 500 A	500	250	500	1500	740				120,0	93,3	79,8	63,8	51,4	45,2
Ⓗ	HE 550 A	555	250	555	1610	890				130,4	110,1	94,7	69,0	59,2	51,8
Ⓘ	HE 650 A	655	250	655	1810	967,5					132,9	110,8	94,6	69,6	61,3
Ⓙ	HE 700 A	755	250	755	2010	1067,5						128,1	106,1	88,1	72,9
Ⓚ	HE 800 A	805	250	805	2110	1192,5							132,1	109,8	93,9
Ⓛ	HE 900 A	900	250	900	2300	1340								133,4	110,6

Abaque 24: Angelina™ mixtes à base de HEB, HISTAR 460 avec bac collaborant COFRAPLUS 60



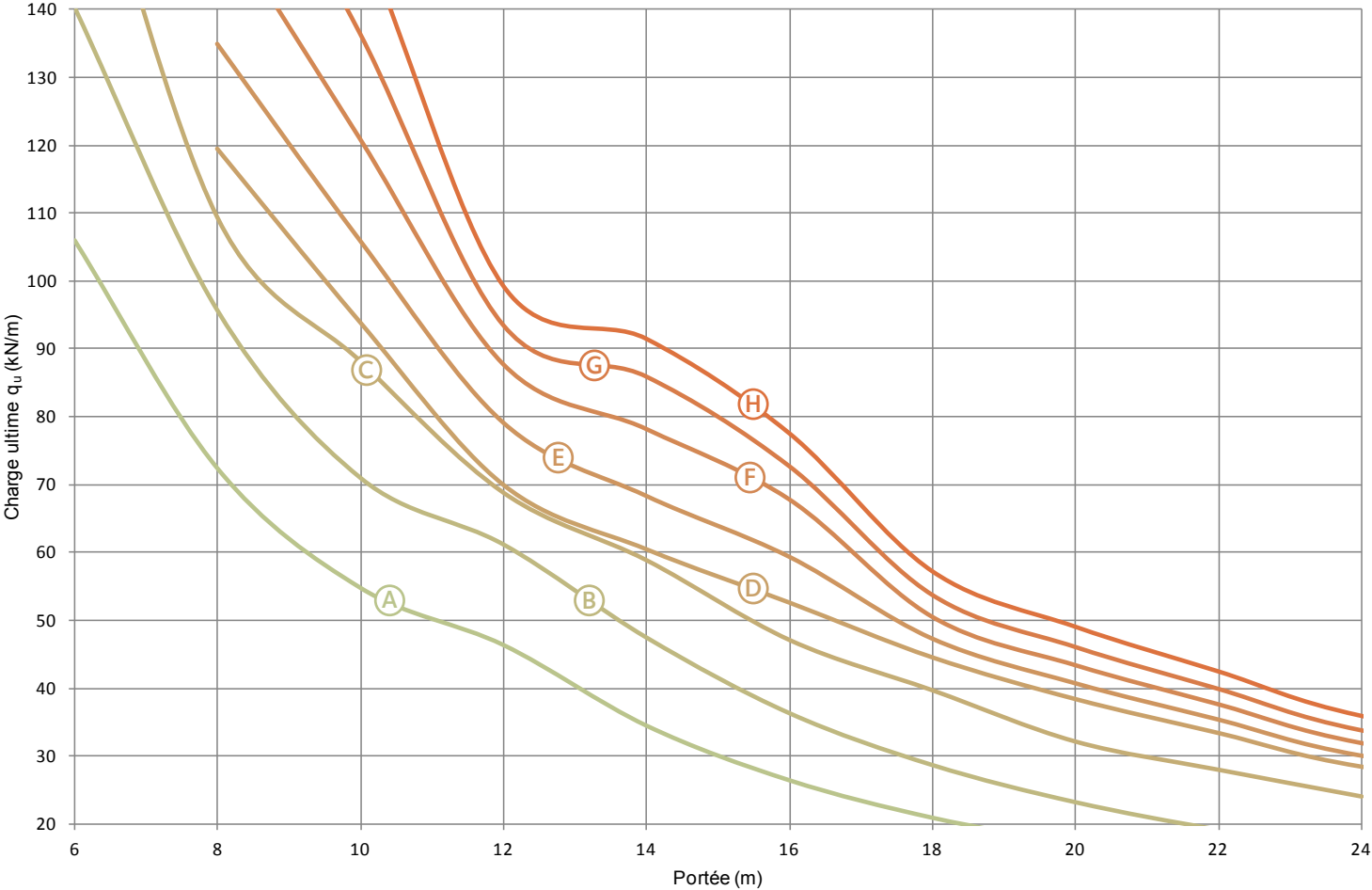
Profilé		Dimensions (mm)					Charge ultime q_u (kN/m) en fonction de la portée (m)									
		a_0	w	s	e	H_t	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
(A)	HE 300 B	315	250	315	1130	457,5		108,2	88,0	70,2	52,6	40,8	35,4	29,1	24,8	21,7
(B)	HE 320 B	335	250	335	1170	487,5		131,0	98,5	76,0	60,3	47,7	37,8	31,2	27,3	23,7
(C)	HE 340 B	355	250	355	1210	517,5			106,0	87,8	64,5	50,0	41,9	34,3	29,4	25,8
(D)	HE 360 B	380	300	380	1360	550			107,1	88,0	68,4	58,7	45,0	38,9	32,0	28,0
(E)	HE 400 B	420	300	420	1440	610			132,4	102,0	82,4	66,6	51,5	45,7	36,7	32,4
(F)	HE 450 B	475	300	475	1550	687,5				122,5	90,1	75,7	65,0	54,8	43,9	37,9
(G)	HE 500 B	525	300	525	1650	762,5				138,8	118,1	89,2	74,1	56,4	53,4	46,2
(H)	HE 550 B	580	300	580	1760	840					134,8	89,5	79,1	65,7	58,4	49,5
(I)	HE 650 B	680	300	680	1960	990					136,3	117,0	95,4	81,5	70,4	61,0
(J)	HE 700 B	730	300	730	2060	1065							116,1	96,7	88,8	75,5
(K)	HE 800 B	780	300	780	2160	1190								116,7	93,8	83,2
(L)	HE 900 B	830	350	830	2360	1315									123,6	101,1

Abaque 25: Angelina™ mixtes à base de HD, HISTAR 460 avec bac collaborant COFRAPLUS 60



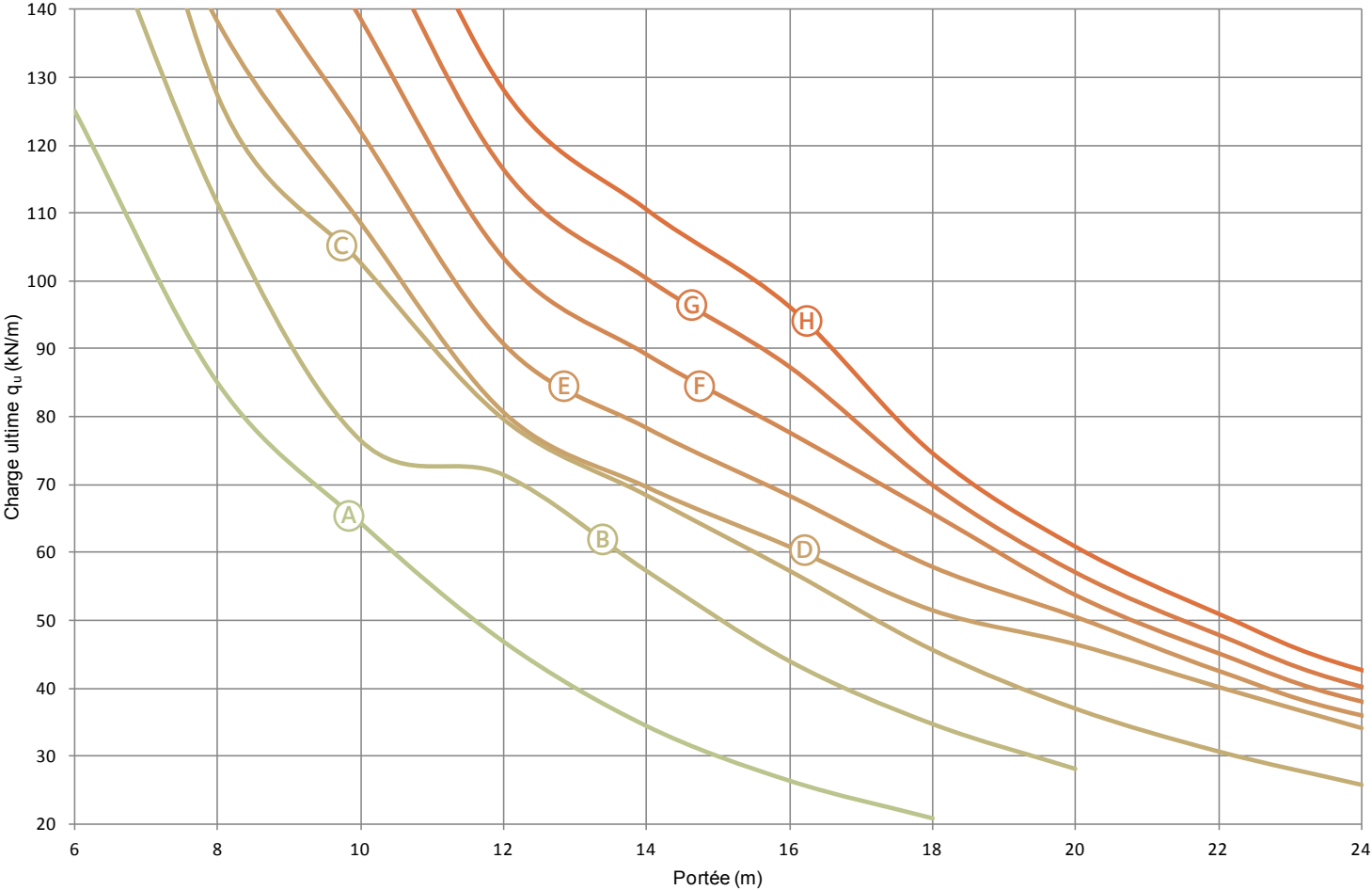
Profilé		Dimensions (mm)					Charge ultime q_u (kN/m) en fonction de la portée (m)									
		a_0	w	s	e	H_t	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
(A)	HE 300 A	305	200	305	1010	442,5	137,5	93,4	70,7	53,7	39,4	30,1	23,8	19,2	15,9	
(B)	HE 320 A	325	200	325	1050	472,5		105,6	76,7	59,3	46,3	35,4	27,9	22,6	18,6	15,7
(C)	HE 340 A	340	200	340	1080	500		111,6	79,3	60,9	52,0	39,8	31,4	25,5	21,0	17,7
(D)	HE 360 A	365	250	365	1230	532,5		119,5	87,8	73,7	60,0	44,9	38,3	31,9	27,8	24,0
(E)	HE 400 A	405	250	405	1310	592,5		135,9	110,7	85,4	72,9	53,6	46,5	37,4	32,5	27,6
(F)	HE 450 A	455	250	455	1410	667,5			125,6	106,4	89,4	64,7	55,4	43,9	38,1	32,3
(G)	HE 500 A	500	250	500	1500	740				120,0	93,3	79,8	63,8	51,4	45,2	37,2
(H)	HE 550 A	555	250	555	1610	890				130,4	110,1	94,7	69,0	59,2	51,8	44,3
(I)	HE 650 A	655	250	655	1810	967,5					132,9	110,8	94,6	69,6	61,3	54,0
(J)	HE 700 A	755	250	755	2010	1067,5						128,1	106,1	88,1	72,9	63,8
(K)	HE 800 A	805	250	805	2110	1192,5						132,1	109,8	93,9	81,9	71,6
(L)	HE 900 A	900	250	900	2300	1340							133,4	110,6	94,4	82,2

Abaque 26: Angelina™ mixtes à base de HD, S355 avec bac collaborant Cofradal 200



Profilé		Dimensions (mm)					Charge ultime q _u (kN/m) en fonction de la portée (m)									
		a ₀	w	s	e	H _t	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
A	HD 320 x 74.2	350	200	350	1100	476	106,1	72,4	54,8	46,3	34,4	26,4	20,8	16,9		
B	HD 320 x 97.6	350	200	350	1100	485		95,6	71,0	61,2	47,5	36,4	28,7	23,3	19,2	16,2
C	HD 320 x 127	350	300	350	1300	495		109,3	88,2	68,8	58,8	47,1	39,7	32,1	28,0	24,0
D	HD 360 x 147	440	300	440	1480	580		119,5	93,9	70,0	60,5	52,6	44,5	38,4	33,4	28,4
E	HD 360 x 162	440	300	440	1480	584		134,8	105,9	79,1	68,3	59,3	47,3	40,7	35,4	30,1
F	HD 360 x 179	440	300	440	1480	588			120,9	87,7	78,2	67,8	50,5	43,4	37,6	31,9
G	HD 360 x 196	440	300	440	1480	592			136,5	93,6	86,0	72,8	53,8	46,1	39,9	33,8
H	HD 400 x 216	440	300	440	1480	595				99,3	91,5	77,6	57,2	49,0	42,4	35,9

Abaque 27: Angelina™ mixtes à base de HD, HISTAR 460 avec bac collaborant Cofradal 200



Profilé		Dimensions (mm)					Charge ultime q _u (kN/m) en fonction de la portée (m)									
		a ₀	w	s	e	H _t	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
(A)	HD 320 x 74.2	350	200	350	1100	476	125,1	85,0	64,4	46,9	34,4	26,4	20,8			
(B)	HD 320 x 97.6	350	200	350	1100	485		111,4	76,5	71,5	57,3	44,1	34,8	28,2		
(C)	HD 320 x 127	350	300	350	1300	495		127,3	102,7	79,7	68,4	57,3	45,7	37,0	30,7	25,8
(D)	HD 360 x 147	440	300	440	1480	580		138,2	108,6	80,6	69,6	60,8	51,4	46,4	40,1	34,0
(E)	HD 360 x 162	440	300	440	1480	584			122,0	90,7	78,3	68,3	57,8	50,5	42,5	36,0
(F)	HD 360 x 179	440	300	440	1480	588			138,7	103,4	89,2	77,7	65,8	53,8	45,2	38,1
(G)	HD 360 x 196	440	300	440	1480	592				116,5	100,4	87,4	70,0	57,1	47,9	40,3
(H)	HD 400 x 216	440	300	440	1480	595				128,2	110,6	96,3	74,7	60,9	51,0	42,8

13. Assistance technique et parachèvement

Assistance 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 laminés marchands. Ces conseils techniques vont de la conception d'éléments de structures jusqu'à des propositions de détails constructifs, la protection des surfaces, la protection incendie, la métallurgie et le soudage.

Nos spécialistes sont à votre disposition pour vous accompagner sur tous vos projets à travers le monde.

ArcelorMittal Europe – Produits Longs

Assistance technique
66, rue de Luxembourg
L-4221 Esch-sur-Alzette
LUXEMBOURG
Tel.: + 352 5313 3010
sections.tecom@arcelormittal.com

Pour faciliter le dimensionnement de vos projets, nous proposons également un ensemble de logiciels et documentations techniques que vous pouvez consulter ou télécharger sur notre site : **sections.arcelormittal.com**

Parachèvement

Pour vous accompagner et parfois compléter les possibilités techniques de vos partenaires, nous nous sommes dotés d'outils de parachèvement performants offrant une gamme élargie de services, tels que :

- forage tous diamètres, dans des profils jusqu'à 140 mm d'épaisseur
- oxycoupage
- découpes en fers tés
- crantage
- contrefléchage
- cintrage
- dressage
- mise à longueur (approchée ou exacte) par sciage à froid
- soudage de goujons connecteurs
- grenaillage
- traitements de surface par galvanisation, métallisation ou peinture – systèmes ACQPA

Eurostructures Beam Finishing

Tél.: +352 5313 3057
cs.eurostructures@arcelormittal.com

Construction

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**

ArcelorMittal Europe**Produits Longs**

66, rue de Luxembourg
L-4221 Esch-sur-Alzette
LUXEMBOURG
tél.: + 352 5313 3010
sections.tecom@arcelormittal.com
sections.arcelormittal.com

Agences

ArcelorMittal**Commercial Sections S.A.****Eurostructures Beam Finishing**

Z.I. Gadderscheier
L-4984 Sanem
Luxembourg
tél.: +352 5313 3057
cs.eurostructures@arcelormittal.com

FRANCE**ArcelorMittal****Commercial Sections France S.A.**

6, rue André Campra
F-93212 La Plaine Saint Denis Cedex
tél.: +33 (0)1 71 92 00 00
sections.france@arcelormittal.com

ArcelorMittal Construction France

BP 7339
F-34086 Montpellier cedex 4
tél.: +33 467 525 176
bet@arcelormittal.com

BELGIQUE**ArcelorMittal Commercial****Netherlands B.V.**

Eemhavenweg 70
NL-3089 KH Rotterdam
tél.: +31 (0)10 487 09 22
sections.benelux@arcelormittal.com

ArcelorMittal Construction Belgique

Lammerdries 8
B-2440 Geel
tél.: +32 (0)14 563 943
info.arvalbelux@arcelormittal.com

SUISSE**ArcelorMittal Commercial****Schweiz AG**

Industriestrasse 19
CH-8112 Otelfingen / Zürich
tél.: +41 56 437 16 71
sections.switzerland@arcelormittal.com

ArcelorMittal Construction SA

Industriestrasse 19
CH-8112 Otelfingen / Zürich
tél.: +41 (0)56 296 10 10
switzerland.construction@arcelormittal.com

Partenaires

ConstruirAcier

20 rue Jean Jaurès
F-92800 Puteaux
tél.: +33 (0)1 55 23 02 30
www.construiracier.fr

CTICM

Centre Technique Industriel de la
Construction Métallique
Espace technologique
L'orme des merisiers
Immeuble Apollo
F-91193 Saint-Aubin
tél.: +33 (0)1 60 13 83 00
www.cticm.com

Centre Information Acier

Chaussée de Zellik 12
B-1082 Bruxelles
(Berchem-Sainte-Agathe)
tél.: +32 (0)2 509 15 01
www.infosteel.com

SZS

Centre Suisse de la Construction
Métallique
Seefeldstrasse 25
CH-8034 Zürich
tél.: +41 (0)44 261 89 80
www.szs.ch