

Sur le procédé

DELTABEAM

Famille de produit/Procédé : Structure horizontale mixte métal-béton

Titulaire(s) : Société PEIKKO FRANCE SAS

AVANT-PROPOS

Les avis techniques et les documents techniques d'application, désignés ci-après indifféremment par Avis Techniques, sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction **des éléments d'appréciation sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés** dont la constitution ou l'emploi ne relève pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Le présent document qui en résulte doit être pris comme tel et n'est donc **pas un document de conformité ou à la réglementation ou à un référentiel d'une « marque de qualité »**. Sa validité est décidée indépendamment de celle des pièces justificatives du dossier technique (en particulier les éventuelles attestations réglementaires).

L'Avis Technique est une démarche volontaire du demandeur, qui ne change en rien la répartition des responsabilités des acteurs de la construction. Indépendamment de l'existence ou non de cet Avis Technique, pour chaque ouvrage, les acteurs doivent fournir ou demander, en fonction de leurs rôles, les justificatifs requis.

L'Avis Technique s'adressant à des acteurs réputés connaître les règles de l'art, il n'a pas vocation à contenir d'autres informations que celles relevant du caractère non traditionnel de la technique. Ainsi, pour les aspects du procédé conformes à des règles de l'art reconnues de mise en œuvre ou de dimensionnement, un renvoi à ces règles suffit.

Groupe Spécialisé n° 3.1 - Planchers et accessoires de plancher

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V1	Cette version, examinée le 3 juillet 2025, constitue la première version du document	PRAT Etienne	BERNARDIN-EZRAN Roseline

Descripteur :

Deltabeam est une poutre métallique en forme de trapèze soudé, basée sur un système mixte assemblant l'acier et le béton. Elle est utilisée principalement pour les planchers, en s'intégrant dans la hauteur de différents types de plancher (dalles coulées en place, dalles semi-préfabriquées (prédalles), dalles préfabriquées (dalles alvéolées) et plancher à bac collaborant). L'ensemble est recouvert d'une dalle de compression béton armé d'au moins 5 cm d'épaisseur. Le système s'adapte à des épaisseurs totales de plancher entre 16 cm et 60 cm.

Les ouvertures des âmes inclinées de Deltabeam permettent un remplissage du béton entier à l'intérieur comme à l'extérieur de la poutre. Une fois que la résistance du béton est atteinte, l'ensemble forme une structure monolithique mixte acier-béton.

La semelle inférieure de la poutre est parfaitement adaptée pour supporter les dalles semi-préfabriquées et préfabriquées lors de la phase montage.

Deltabeam peut être utilisée sur les supports d'extrémités et intermédiaires, tels que le dessus des poteaux ou des murs, sur la face verticale d'un poteau en béton, ou sur une autre poutre Deltabeam transversale à la poutre porteuse.

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé	4
1.1.	Domaine d'emploi accepté	4
1.1.1.	Zone géographique	4
1.1.2.	Ouvrages visés	4
1.2.	Appréciation	4
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé	4
1.2.2.	Durabilité	5
1.2.3.	Impacts environnementaux	5
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	5
2.	Dossier Technique.....	6
2.1.	Mode de commercialisation.....	6
2.2.	Description.....	6
2.2.1.	Principe.....	6
2.2.2.	Caractéristiques des composants	7
2.2.3.	Description des éléments.....	7
2.3.	Finition et protection.....	8
2.4.	Dispositions de conception.....	9
2.4.1.	Dimensionnement de la poutre Deltabeam aux ELU.....	9
2.4.2.	Dimensionnement de la poutre Deltabeam à l'ELS.....	13
2.5.	Dispositions de mise en œuvre	14
2.5.1.	Livraison	14
2.5.2.	Stockage sur le site	14
2.5.3.	Levage et manutention.....	14
2.5.4.	Mise en œuvre des poutres	14
2.5.5.	Fixation des poutres.....	14
2.5.6.	Installation des dalles.....	15
2.5.7.	Chaînages	15
2.5.8.	Bétonnage	16
2.6.	Incorporation et fixation de la dalle	16
2.7.	Rôles des intervenants et assistance technique.....	17
2.8.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication.....	18
2.8.1.	Fabrication	18
2.8.2.	Contrôles.....	18
2.9.	Mention des justificatifs.....	19
2.9.1.	Résultats expérimentaux	19
2.9.2.	Références chantiers	19
2.10.	Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre.....	20

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre 2 « Dossier Technique » ci-après a été examiné par le Groupe Spécialisé qui a conclu favorablement à son aptitude à l'emploi dans les conditions définies ci-après :

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

L'Avis est formulé pour les utilisations en France métropolitaine et DROM-PTOM.

1.1.2. Ouvrages visés

Deltabeam est destinée à la réalisation de supports de planchers de type : dalles coulées en place, prédalles et dalles alvéolées ou plancher à bac collaborant avec une dalle de compression coulée en place dans le domaine du bâtiment de catégories A jusqu'à K, à l'exception de la catégorie G, selon NF EN 1991-1-1 (habitations, bureaux, réunions, commerces, locaux industriels, parcs de stationnement y compris les parkings aériens largement ventilés et toitures).

Les poutres isostatiques à une travée et les poutres continues supportées en rives sont visées. Les porte-à-faux ne sont pas visés par le présent Avis.

L'utilisation en tant que support d'étanchéité en toiture-terrasse est également possible avec une dalle de compression béton armé d'épaisseur minimale 5 cm.

Les charges roulantes sont admises sans limitation particulière si la charge par essieu n'excède pas 30 kN. Cette limitation ne s'applique pas aux véhicules de pompiers en raison du caractère exceptionnel de leurs interventions.

Les poutres Deltabeam peuvent être utilisées en zone de sismicité 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, sous réserve que l'épaisseur de la table de compression située au-dessus de la semelle supérieure de la poutre ait une épaisseur au moins égale 7 cm.

Les poutres Deltabeam ne doivent pas être considérées comme des éléments sismiques primaires et ne peuvent pas participer au système de contreventement assurant la stabilité horizontale de l'ouvrage.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Stabilité

Elle est normalement assurée dans le domaine d'emploi accepté sous réserve du respect des dispositions prescrites au Dossier Technique, relatif à la conception et la mise en œuvre du procédé.

Le travail de synthèse entre PEIKKO et le bureau d'études structure, ainsi qu'entre PEIKKO et le fournisseur des dalles alvéolées, est indispensable afin d'assurer la cohérence globale du dimensionnement et la conformité de la solution retenue.

1.2.1.2. Sécurité au feu

1.2.1.2.1. Résistance au feu

Le procédé permet de satisfaire à la réglementation incendie pour le domaine d'emploi visé, dans la limite du domaine de validité de l'Appréciation de Laboratoire citée au §2.4.1.1.3 du Dossier Technique.

Le procédé Deltabeam fait l'objet de l'Appréciation de laboratoire n°AL19-247 délivrée par le CSTB. Au sens de l'arrêté de résistance au feu du 22 mars 2004 modifié du ministère de l'Intérieur, la stabilité de la structure étudiée est assurée pour une durée d'exposition au feu de 90 minutes sous réserve du respect des dispositions prescrites dans le Dossier Technique.

Dans le cas où les Deltabeam sont utilisées avec des dalles alvéolées en situation d'incendie, la semelle inférieure des poutres doit être protégée par une protection passive sous Procès-Verbal de classement de résistance au feu valide, quelle que soit la configuration du plancher et la résistance au feu exigée.

1.2.1.2.2. Réaction au feu

Le plancher est constitué d'éléments incombustibles et ne présente de risques spéciaux ni par dégagement de fumées, ni par diffusion de gaz de distillation inflammables ou toxiques.

1.2.1.3. Pose en zones sismiques

La stabilité du procédé en zone sismique (zones de sismicité 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié) est assurée dans les conditions de conception et de mise en œuvre précisées dans le Dossier Technique.

1.2.1.4. Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

Elle peut être normalement assurée, en ce qui concerne le procédé proprement dit, si les prescriptions de mise en œuvre du tenant de système, ainsi que les prescriptions et les vérifications prévues dans le Dossier Technique sont effectuées et satisfaites.

1.2.1.5. Isolation thermique

Le procédé n'a pas fait l'objet d'étude concernant cet aspect. Pour les divers calculs des coefficients volumiques de déperditions thermiques, il convient d'utiliser les valeurs des résistances thermiques des planchers données dans les Règles Th-Bat.

1.2.1.6. Isolation acoustique

Le procédé n'a pas fait l'objet d'étude concernant cet aspect.

Le respect des exigences réglementaires (notamment pour les bâtiments d'habitation collectifs, les hôtels, les établissements de santé et d'enseignement) devra être justifié par une évaluation acoustique.

Les planchers finis, avec ou sans enduit en sous-face, sont considérés monolithes au même titre qu'une dalle pleine.

L'indice d'affaiblissement acoustique du plancher fini est donc lié à sa masse.

1.2.1.7. Utilisation en plancher support d'étanchéité

Les planchers avec dalle rapportée en béton peuvent être utilisés en support d'étanchéité dans les conditions définies à l'article 5.7.2 et à l'annexe A de la norme NF DTU 20.12 à condition de limiter l'ouverture des fissures sur appui dans les conditions indiquées à l'article 5.4.4 de la norme NF DTU 23.2 P3, ou si l'étanchéité est relevée au droit d'un appui.

1.2.1.8. Finition

L'attention est attirée sur les dispositions particulières à adopter pour les poutres Deltabeam exposée à un environnement extérieur ou dans une ambiance agressive. Les prescriptions du § 2.3 du dossier technique doivent être respectées.

1.2.2. Durabilité

La durabilité des planchers avec des poutres Deltabeam est équivalente à celle des planchers traditionnels en béton armé utilisés dans des conditions comparables. Cependant, les parties exposées des Deltabeam doivent être traitées comme les ossatures métalliques au sens des normes NF EN ISO 12944, NF EN 1090 et NF EN 1461. Le choix de la protection à appliquer est réalisé par le bureau d'études structure en charge du projet.

Ces planchers ne nécessitent normalement pas d'entretien particulier. A l'exception de locaux humides ou à atmosphère agressive, où un contrôle et un entretien éventuel de la protection de la sous-face de la semelle inférieure de Deltabeam doivent être prévus.

L'entretien doit être apprécié en fonction des protections complémentaires éventuelles.

1.2.3. Impacts environnementaux

1.2.3.1. Données environnementales

Ce procédé fait l'objet d'une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES). Cette fiche, identifiée « HUB-0034 », a été établie le 11.05.2022 par EPD HUB.

Il est rappelé que ces DE n'entre pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

1.2.3.2. Aspects Sanitaires

Le présent avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la réglementation, et notamment l'ensemble des obligations réglementaires relatives aux produits pouvant contenir des substances dangereuses, pour leur fabrication, leur intégration dans les ouvrages du domaine d'emploi accepté et l'exploitation de ceux-ci. Le contrôle des informations et déclarations délivrées en application des réglementations en vigueur n'entrent pas dans le champ du présent avis. Le titulaire du présent avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Lorsque l'épaisseur de béton au-dessus de la poutre DELTABEAM est limitée à 5 cm, une attention particulière doit être portée au type de fixations retenu, qui doit être compatible avec cette épaisseur.

2. Dossier Technique

Issu des éléments fournis par le titulaire et des prescriptions du Groupe Spécialisé acceptées par le titulaire

2.1. Mode de commercialisation

Le procédé est commercialisé par le titulaire.

Titulaire : PEIKKO Group OY

Adresse : Voimakatu 3, 15101 Ville Lahti, Finlande

Site internet : www.peikko.com

2.2. Description

2.2.1. Principe

Deltabeam est une poutre métallique en forme de trapèze soudée, basée sur un système mixte assemblant l'acier et le béton. Elle est utilisée en s'intégrant dans la hauteur pour les différents types de plancher (dalles coulées en place, dalles semi-préfabriquées (prédalles), dalles préfabriquées (dalles alvéolées) et plancher à bac collaborant). L'ensemble est recouvert d'une dalle de compression béton armé d'au moins 5 cm d'épaisseur. Le système s'adapte à des épaisseurs totales de plancher entre 16 cm et 60 cm.

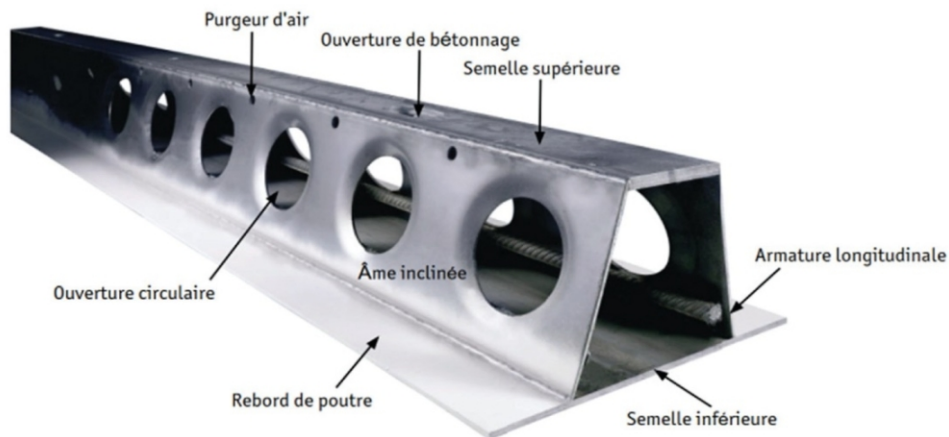


Figure 1 : Parties de la poutre Deltabeam

Les ouvertures des âmes inclinées de Deltabeam permettent un remplissage du béton entier à l'intérieur comme à l'extérieur de la poutre. Une fois que la résistance du béton est atteinte, l'ensemble forme une structure monolithique mixte acier-béton. La semelle inférieure de la poutre est parfaitement adaptée pour supporter les dalles semi-préfabriquées et préfabriquées lors de la phase montage.

La poutre Deltabeam peut être utilisée comme une poutre isostatique, une poutre continue sans porte-à-faux.

La poutre Deltabeam peut être dimensionnée pour résister aux moments positif ou négatif dus aux charges linéaires de plancher. Les charges ponctuelles transmises par des poteaux ne peuvent pas être reprises par la poutre Deltabeam.



Figure 2 : Principe de l'utilisation de la poutre Deltabeam

Deltabeam peut être utilisée sur les supports d'extrémités et intermédiaires, tels que le dessus des poteaux ou des murs, sur la face verticale d'un poteau en béton, ou sur une autre poutre Deltabeam transversale à la poutre porteuse.

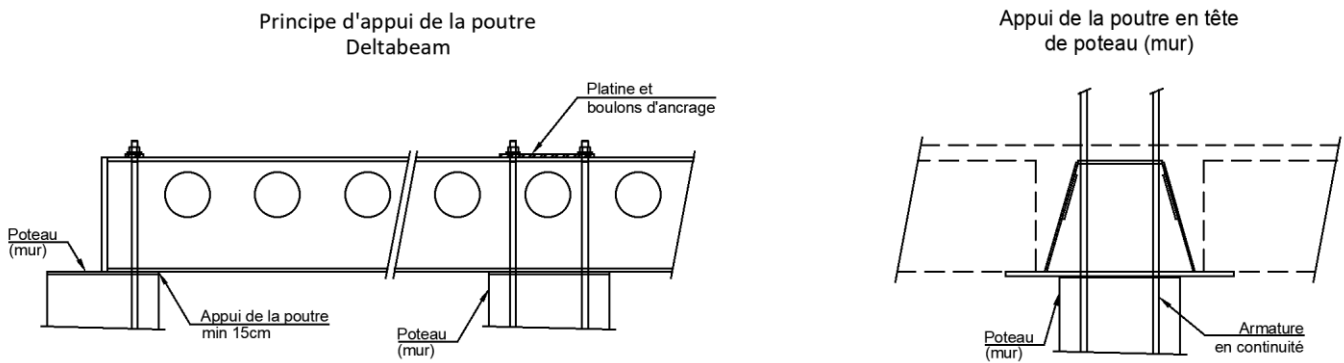


Figure 3 : Types de détails (détail dans l'annexe 10)

L'appui sera dimensionné et justifié par Peikko en respectant les règles en vigueur notamment l'Eurocode 3 et ses annexes nationales. Dans le cas de la poutre en continuité, la poutre sera posée directement sur l'appui comme le voile ou le poteau, aucune soudure est autorisée sur chantier. En cas de soulèvement de la réaction d'appui, la fixation de la poutre sera dimensionnée pour le transfert de la charge aux éléments d'appui.

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Caractéristiques de l'acier

Les plaques métalliques utilisées pour la fabrication des Deltabeam sont de nuance S355J2+N selon la norme NF EN 10025-2. Elles sont découpées thermiquement ou mécaniquement.

Le soudage des plaques des Deltabeam s'effectue soit par soudage au gaz actif métal (MAG) ou soit par soudage à l'arc submergé (SAW), selon la classe de soudure C de la norme NF EN ISO 5817.

2.2.2.2. Armatures longitudinales intégrées en usine

Les armatures longitudinales au feu de diamètre 20, 25, 32 et 40 mm, intégrées aux poutres en usine, sont de classe B500B, conformes à la norme NF EN 10080, et respectent les valeurs de l'enrobage béton de la norme NF EN 1992 et son Annexe Nationale.

2.2.2.3. Aciers complémentaires ajoutés sur chantier

Les armatures complémentaires telles que les armatures transversales traversant les ouvertures de la poutre de diamètre 12, 14, 16, 20 et 25 mm ou les treillis soudés mises en place sur chantier dans la table de compression, sont de classe B500B, conformes à la norme NF EN 10080 et respectent également les valeurs de l'enrobage béton de la norme NF EN 1992 et son Annexe Nationale.

2.2.2.4. Béton

Le béton à utiliser avec la poutre Deltabeam est de formulation conforme à la norme NF EN 206+A2/CN en fonction de la classe d'exposition. La classe minimale du béton est C25/30. La classe de consistance minimale du béton est S4.

2.2.2.5. Autres matériaux

2.2.2.5.1. Cornières métalliques

Lors de la fabrication en usine, des cornières métalliques standards laminées à froid de forme U selon NF EN 10279 et/ou L selon NF EN 10056 de dimensions variables, de classe S235 ou S355 peuvent être soudées aux poutres Deltabeam.

2.2.2.5.2. Boulons, écrous et rondelles

Les boulons sont de classe de résistance 8.8 selon NF EN ISO 4014 de diamètre M16, M20, M24 et M30.

Les écrous sont de classe de résistance 8 selon NF EN ISO 4032 de diamètre M16, M20, M24 et M30.

Sur demande, des boulons, écrous et rondelles galvanisés à chaud peuvent être utilisés selon NF EN ISO 10684.

Tous les assemblages de boulonnerie portent le marquage CE selon NF EN ISO 15048-1.

2.2.3. Description des éléments

Deltabeam, une poutre métallique en forme de trapèze intégrée dans la hauteur des dalles, est munie d'ouvertures circulaires sur ses âmes inclinées et d'une semelle inférieure plus large que sa semelle supérieure (Cf Annexe 1 et Annexe 2). Il existe deux types de Deltabeam, le type D pour les poutres intermédiaires et le type DR pour les poutres de rives (Figure 4).

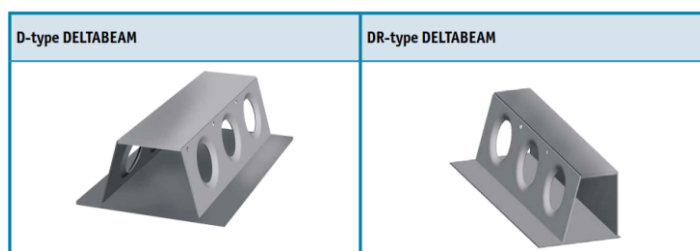


Figure 4 : Types Deltabeam

La section standard des deux types de Deltabeam se compose principalement des éléments suivants :

- Une semelle inférieure, de 10 à 30 mm d'épaisseur, avec des largeurs de rebords standards de 100 à 130 mm. Ces rebords possèdent un support d'appui de dalle courante de 80 à 110 mm, avec une distance minimale par rapport aux âmes inclinées de la poutre de 20 mm ;
- Une semelle supérieure, de 10 à 60 mm d'épaisseur, avec des ouvertures de 80 mm pour faciliter la mise en place du béton de remplissage et quelques ouvertures pour les moyens de levage ;
- Les Deltabeam de type D possèdent deux âmes inclinées munies d'ouvertures ;
- Les Deltabeam de type DR possèdent une âme inclinée et une âme droite. L'âme inclinée est munie d'ouvertures circulaires ;
- Les épaisseurs des âmes pour les deux types varient entre 6 à 12 mm, avec une hauteur variable de 200 à 600 mm. Les ouvertures sont de diamètre 80 ou 150 mm, espacées de 300 mm d'entraxe à entraxe. Ces dernières permettent un remplissage béton à l'intérieur comme l'extérieur de la poutre, la mise en place d'armatures transversales, assurant ainsi la connexion mixte acier-béton entre les éléments du plancher.
- Note importante : Dans le cas d'utilisation des dalles alvéolées, le travail de synthèse entre Peikko et le fournisseur de dalle alvéolée est indispensable. Les ouvertures des poutres Deltabeam doivent être en vis-à-vis des alvéoles de la dalle pour ancrer les armatures transversales. Dans le cas où elles ne sont pas alignées, des ouvertures dans la membrure supérieure doivent être ménagées en usine par le fabricant de dalles alvéolées afin de garantir la possibilité de mise en œuvre des armatures transversales.
- D'autres ouvertures de 20 mm de diamètre espacés de 300 mm sont présentes sur la partie haute des âmes, permettant à l'air de s'échapper pendant le coulage du béton de remplissage.

La notation utilisée correspond aux dimensions de la poutre Deltabeam, de la manière suivante :

- D20-300 : poutre intermédiaire (D), hauteur de 200 mm (20) et largeur de la semelle inférieure sans les rebords de 300 mm (300) ;
- DR20-215 : poutre de rive (DR), hauteur de 200 mm (20) et largeur de la semelle inférieure sans les rebords de 215 mm (215).

Les tolérances dimensionnelles de fabrication sont conformes à la norme NF EN 1090, en particulier :

- Sur la longueur : ± 5 mm
- Sur la largeur : ± 5 mm
- Sur la hauteur : ± 3 mm
- Dimension et emplacement des trous : ± 5 mm
- Position d'assemblage : ± 5 mm
- Position des parties supplémentaires : ± 5 mm

(Profilés en U ou L, contre-flèche, coffrage)

2.3. Finition et protection

Pour les protections, il est distingué les cas suivants :

- Ambiance intérieure hors ambiance agressive : pas de disposition particulière ;
- Ambiance extérieure et/ou ambiance agressive : protection de l'acier doit être prévue (par exemple : acier galvanisé).

Le bureau d'études en charge du projet détermine la catégorie d'exposition atmosphérique selon NF EN ISO 12944-2 et le type de protection à appliquer selon la norme NF EN ISO 12944-5, y compris la classe de durabilité.

L'acier de la poutre Deltabeam peut être protégé contre la corrosion et les milieux agressifs selon les normes NF EN ISO 12944-4 (Préparation des surfaces), 12944-5 (Systèmes de peinture) et NF EN ISO 1461 (Revêtement par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et acier).

En accord avec le bureau d'études en charge du projet, Peikko peut réaliser en usine certaines étapes des mesures de protection contre la corrosion demandée, par du personnel qualifié, par un procédé industriel et en respectant la qualité et des conditions environnementales contrôlées.

La protection standard des poutres Deltabeam est un traitement anticorrosif Sa 2^{1/2} + couche primaire Epoxy 80 µm sur les faces visibles de la poutre, 40 µm sur les autres faces, afin d'assurer une protection pendant le transport et l'installation.

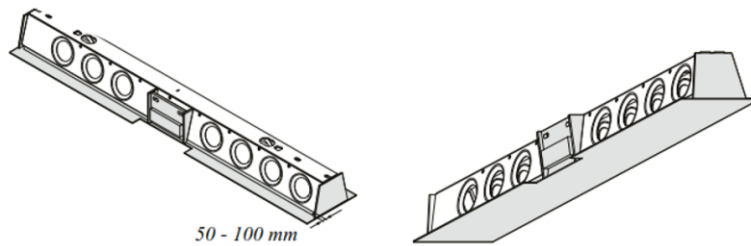


Figure 5 : Application d'un traitement anticorrosif

Durant la vie d'un ouvrage, les parties de la poutre noyées dans le béton ne sont plus visibles et ne nécessitent pas de traitement particulier. En revanche, la sous-face de la semelle inférieure des Deltabeam doit être protégée si elle est laissée apparente. Suivant la demande du maître d'ouvrage, tous autres types de traitement peuvent être appliqués, par exemple des peintures aux couleurs souhaitées.

Catégorie de corrosivité			Classe de durabilité			
			Limité (L)	Moyenne (M)	Haute (H)	Très haute (VH)
C1	Très faible	NMC	-	-	-	-
		NDFT	-	-	-	-
C2	Faible	NMC	-	-	1	2
		NDFT	-	-	120	180
C3	Moyenne	NMC	-	1	2	2
		NDFT	-	120	180	240
C4	Elevé	NMC	1	2	2	2
		NDFT	120	180	240	300
C5	Très élevé	NMC	2	2	2	3
		NDFT	280	240	300	360

Figure 6 : Extrait du tableau B.2 (normative) de NF EN ISO 12944-5 : Nombre de couches (NMC) et l'épaisseur de film sec minimale (NDFT, en μm) du système de peinture (à base époxy) en fonction de la durabilité et de la catégorie de corrosivité

2.4. Dispositions de conception

Les poutres Deltabeam doivent être vérifiées et dimensionnées selon les normes NF EN 1990, NF EN 1991, NF EN 1992, NF EN 1993 et NF EN 1994, en tenant compte des prescriptions particulières complémentaires détaillées ci-dessous. Toutes les situations de charge doivent être prises en compte et vérifiées comme elles sont dans la réalité.

La résistance de la connexion entre la poutre métallique et le béton de remplissage est vérifiée en utilisant les valeurs de calcul données dans l'Annexe 6 et l'Annexe 7. Ces valeurs ont été déterminées à partir d'essais push out effectués suivant la norme NF EN 1994-1-1.

Suivant les données d'un projet, les calculs sont effectués par le fabricant des Deltabeam, à l'aide d'un logiciel de dimensionnement dédié aux Deltabeam. Toutes les informations nécessaires au dimensionnement des poutres Deltabeam doivent être communiquées au fabricant (ensemble des charges, y compris les charges provisoires pendant la construction, la position des poutres, le type de dalles utilisé avec dalle de compression, la position et dimensionnement des inserts ou réservations, les prescriptions particulières suivant les conditions d'utilisation des locaux, les degrés coupe-feu, etc.).

Le fabricant des poutres Deltabeam fournit une note de calcul, un plan d'implantation des Deltabeam avec des détails d'assemblages, nécessitant leur validation par le bureau d'études structure responsable du projet avant leur fabrication en usine.

Les calculs de stabilité de l'ensemble du bâtiment sont du ressort du bureau d'études structure du projet.

2.4.1. Dimensionnement de la poutre Deltabeam aux ELU

2.4.1.1. Phase montage

Deltabeam est calculée selon la norme NF EN 1993-1-1, avec un comportement élastique, en considérant une poutre métallique supportant à l'aide de sa semelle inférieure les dalles en béton.

La poutre Deltabeam est donc sollicitée principalement par des efforts de flexion et de torsion longitudinaux, alors que sa semelle inférieure doit résister à des efforts supplémentaires dus à une flexion transversale. L'état de contrainte dans la semelle inférieure est donc vérifié par :

$$\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau^2} \leq f_{yd} \quad (1)$$

Où

- σ_x : est la contrainte normale due à la flexion longitudinale ;
- σ_y : est la contrainte normale due à la flexion transversale ;
- τ : est la contrainte de cisaillement due à la torsion.

La classification de la section transversale pour la phase montage est suivant la norme NF EN 1993-1-1 tableau 5.2.

En complément de la vérification selon NF EN 1993-1-1, la résistance à l'effort tranchant de la poutre métallique est vérifiée suivant le modèle de la poutre Vierendeel précisée dans « CNC2M – Recommandations pour le dimensionnement des poutres en acier avec ouvertures dans l'âme selon la NF EN 1993 ».

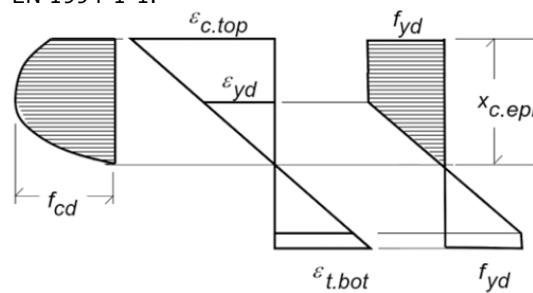
2.4.1.1.1. Phase finale

La phase finale correspond au moment où l'action mixte entre la poutre Deltabeam et le béton de remplissage est atteinte. Cette action mixte est développée à travers une connexion de cisaillement longitudinal, fournie par les ouvertures des âmes, une fois que le béton de remplissage a durci (Annexe 1). Seule la partie du béton à l'intérieur de la poutre est prise en compte dans le calcul de la poutre Deltabeam (Annexe 9).

2.4.1.1.1.1. Résistance à la flexion

Sous le moment de flexion positif : en travée, la résistance à la flexion de la section mixte, notée $M_{e,pl,Rd}$, est déterminée selon la méthode élasto-plastique spécifiée dans le paragraphe 6.2.1.4 de la norme NF EN 1994-1-1. Il est supposé, dans ce calcul, une interaction complète entre l'acier et le béton intérieur de la poutre ; et une réduction de la limite d'élasticité de la semelle inférieure à l'aide des coefficients $\alpha_{m,1}$ et $\alpha_{m,2}$, afin de considérer l'effet de la flexion transversale sur la semelle inférieure (voir Annexe 3).

Le moment $M_{e,pl,Rd}$ est calculé par itération avec le logiciel Peikko en tenant compte de la limitation de la déformation ultime du béton en compression ($\varepsilon_{cu} = 0,35\%$). Le moment élasto-plastique $M_{e,pl,Rd}$ est toujours inférieur au moment plastique $M_{pl,Rd}$ suivant le paragraphe 6.2.1.2 de la norme NF EN 1994-1-1.



(a)-Contrainte de compression du béton ; (b)-Déformation de la section ; (c)-Contrainte du métal ;
 $x_{c,epl}$ -axe neutre de la section

Figure 7 : Principe de distribution des contraintes-déformations pour le moment élasto-plastique

La classification de la section transversale pour la phase finale est suivant le tableau de l'Annexe 4. Les épaisseurs des plaques sont dimensionnées afin de garantir une classification en classe 2 selon l'Annexe 4.

Sous le moment de flexion négatif : dans le cas de la poutre continue, dans la zone d'appui intermédiaire, la poutre Deltabeam doit être vérifiée également sous le moment de flexion négatif. Pour la sécurité, la participation du béton peut être négligée, la résistance à la flexion négative de la poutre Deltabeam est calculée uniquement comme une poutre métallique suivant NF EN 1993. L'appui de la poutre doit être préparé par une couche plane de mortier de haute résistance, sans retrait. La poutre est posée directement sur l'appui et transfère la réaction d'appui par la surface de contact. Tous les éléments qui traversent la poutre tels que les armatures du poteau, du mur, ... doivent être fournis par l'entreprise à Peikko pour prévoir les ouvertures dans la poutre Deltabeam et les vérifier (voir annexe 10). Aucune soudure ou perçement est autorisée sur chantier.

2.4.1.1.1.2. Résistance au cisaillement vertical

La résistance au cisaillement de la poutre mixte est vérifiée par le modèle des bielles-tirants, où l'action des bielles est développée par le béton de remplissage à l'intérieur de la poutre Deltabeam et les tirants par les âmes métalliques de cette dernière. L'interaction entre les tirants et les bielles est assurée par l'appui des bielles sur la semelle inférieure proche des âmes de la poutre.

La résistance maximale des bielles s'exprime par :

$$V_{Rd,max} = \cos \theta \cdot \frac{z}{s_h} \cdot D_c \quad (2)$$

Où

- avec $\theta = 64^\circ$
- z : est le bras de levier interne, déterminé comme :

$$z = z_a \left[1 - \frac{\Delta N_c}{\Delta N_{a,bf}} \left(1 - \frac{z_c}{z_a} \right) \right] \quad (3)$$

$$z_a = h_a - 0,5 (t_{ft} + t_{fb}) \quad (4)$$

$$z_c = z_a - 0,5 \cdot z_{pl} \quad (5)$$

$$\frac{\Delta N_c}{\Delta N_{a,bf}} = \frac{A_{c,pl} \cdot f_{cd}}{2 \cdot b_{fb,2} \cdot t_{fb,2} \cdot f_{yd,2} + b_{fb,1} \cdot t_{fb,1} \cdot f_{yd,1}} \quad (6)$$

Avec :

- f_{cd} : résistance de calcul du béton comprimé ;
- $A_{c,pl}$: est l'aire du béton comprimé dans la poutre mixte ;
- s_h : est l'espacement longitudinal des ouvertures dans les âmes ;
- D_c : est la résistance en compression de la bielle, $D_c = k \cdot b_w \cdot d_c \cdot f_{cd}$, avec :
- $d_c = \sin\theta \cdot s_h$: est la hauteur de la bielle ;
- b_w : est la largeur de la bielle (Annexe 6) ;
- k : est le coefficient prenant en compte l'augmentation de la résistance en compression pour un béton confiné, $k=3$;
- h_a : hauteur de la poutre Deltabeam ;
- t_{ft} et t_{fb} : épaisseur de la semelle supérieure et inférieure ;
- z_{pl} : hauteur du béton comprimé ;
- $b_{fb,2}, t_{fb,2}$: largeur et l'épaisseur des rebords de la semelle inférieure ;
- $b_{fb,1}, t_{fb,1}$: largeur et l'épaisseur intérieure de la semelle inférieure ;
- $f_{yd,i}$: limite élastique de calcul de l'acier.

La résistance au cisaillement vertical de la poutre est égale à la résistance du modèle des bielles-tirants $V_{Rd,max}$. La résistance au cisaillement ne peut pas dépasser la résistance à la traction de l'âme entre les ouvertures :

$$V_{Rd,max} \leq V_{Rd,sy} = 2 \cdot (s_h - d_h) \cdot t_w \cdot f_{yd} \quad (7)$$

2.4.1.1.3. Résistance au cisaillement longitudinal

L'interaction entre l'acier et le béton est assurée par les ouvertures des âmes de la poutre Deltabeam, qui développe une résistance au cisaillement longitudinal grâce à la présence du béton de remplissage à travers ces ouvertures.

La résistance d'une paire d'âmes non renforcée par des armatures transversales ($P_{c,Rd}$) est résumée à l'Annexe 7.

Les résistances nominales des ouvertures au cisaillement longitudinal données à l'Annexe 7 ont été vérifiées par des essais push-out.

La section d'acier traversant des ouvertures doit au moins reprendre l'effort de connexion horizontal. Une section d'armature minimal égale à $3,4 \text{ cm}^2/\text{ml}$ est requise à travers des ouvertures de Deltabeam pour assurer le monolithisme du plancher.

2.4.1.1.4. Torsion

Une fois rempli de béton, le profilé métallique est rigidifié par le noyau en béton et peut être étudié selon les règles de torsion de Saint-Venant. La section est considérée comme indéformable par l'entretoise béton à l'intérieur de la poutre.

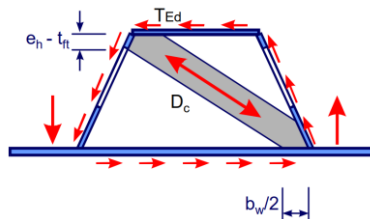


Figure 8 : Vérification de la poutre en torsion

La partie métallique de la poutre doit être vérifiée suivant §6.2.7 de NF EN 1993-1-1. L'entretoise béton est vérifiée suivant NF EN 1992-1-1.

L'influence de la torsion sur la capacité de flexion doit être prise en compte en réduisant la limite d'élasticité. La réduction doit être prise en compte pour les différentes parties du profilé en acier à l'aide de l'équation suivante :

$$f_{yd,red,i} = f_{yd} \sqrt{1 - \frac{3 T_{Ed}^2}{t_i^2 f_{yd,i}^2}} \quad (11)$$

où :

$$T_{Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{(b_{ft} + b_{fb,1}) \left(h - \frac{t_{ft} + t_{fb}}{2} \right)}$$

$M_{T,Ed}$: Moment de torsion de calcul

2.4.1.1.2. En situation d'incendie

Le procédé bénéficie d'une appréciation de laboratoire d'incendie établis par le CSTB n°AL19-247. L'appréciation de laboratoire conclue que la stabilité du plancher avec une poutre Deltabeam est assurée pendant 90 minutes d'exposition au feu, à condition que les dispositions particulières résumées à l'Annexe 8 soient respectées.

2.4.1.1.3. Dispositions parasismiques

2.4.1.1.3.1. Généralités

Ce paragraphe s'applique aux poutres Deltabeam des bâtiments soumis à l'exigence réglementaire de construction parasismique, définie par l'arrêté du 22 octobre 2010 [22], en fonction de leur catégorie d'importance et de la zone de sismicité. Les bâtiments concernés sont dimensionnés selon la norme NF EN 1998-1 : 2005 [23] et son Annexe Nationale [24].

Les poutres Deltabeam peuvent être utilisées en zone de sismicité 2 à 4, à condition qu'elles soient considérées comme des éléments sismiques secondaires, au sens du paragraphe 4.2.2 de la norme NF EN 1998-1 : 2005, assurant uniquement la reprise des charges gravitaires. Les poutres Deltabeam ne doivent pas être utilisées comme éléments sismiques primaires. En particulier, elles ne peuvent pas faire partie du système de contreventement vertical assurant la stabilité de l'ouvrage. À ce titre, elles ne contribuent jamais au fonctionnement dissipatif de la structure.

Le respect des conditions suivantes, relatives à la fonction de diaphragme horizontal (§2.4.1.1.4.2) et au monolithisme (§2.4.1.1.4.3), confère au plancher comportant des poutres Deltabeam un comportement sismique identique à celui d'un plancher traditionnel.

2.4.1.1.3.2. Fonction diaphragme horizontal

L'effort sismique horizontal du plancher est transféré aux contreventements du bâtiment par le fonctionnement diaphragme rigide de la dalle de compression d'épaisseur minimale 7cm au-dessus de la poutre Deltabeam. L'épaisseur de cette dalle et le ferrailage dans deux directions doivent être étudiés par le bureau d'étude responsable du projet.

La fonction diaphragme d'un plancher comportant des poutres Deltabeam, quelle que soit leur orientation, est assurée de la manière suivante :

- Pour une dalle pleine, par la totalité de l'épaisseur du béton ;
- Pour une dalle avec prédalle, par l'épaisseur coulée en place ;
- Pour une dalle alvéolée, par la table de compression coulée sur place ;
- Pour une dalle mixte, par l'épaisseur de béton au-dessus des nervures du bac collaborant.

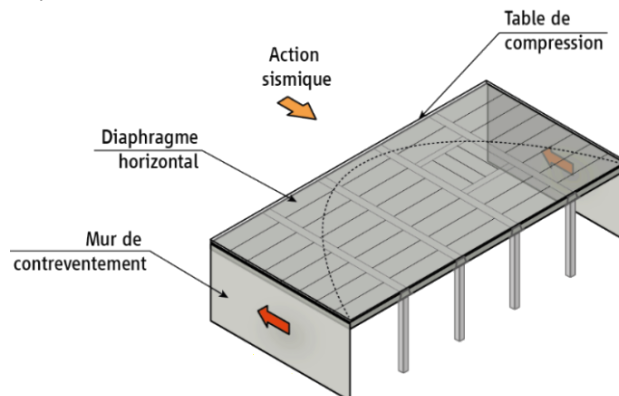


Figure 9 : Fonctionnement en diaphragme horizontal d'un plancher avec poutres Deltabeam

Une épaisseur de béton, telle que définie ci-dessus, supérieure ou égale à 70mm est suffisante pour procurer au plancher un comportement de diaphragme rigide, en conformité avec la clause 5.10 (1) de la norme NF EN 1998-1 : 2005.

Le bureau d'études responsable du projet réalise le calcul sismique et le dimensionnement du plancher, selon les dispositions du paragraphe 5.10 de la NF EN 1998-1 : 2005. Cette analyse comprend en particulier le calcul des armatures, des chaînages, des liaisons avec les éléments de contreventement verticaux et des armatures de couture avec les poutres Deltabeam.

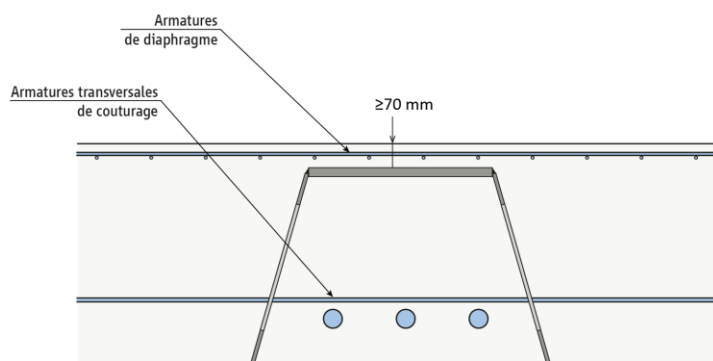


Figure 10 : Armatures en zones sismiques

Il convient de réaliser l'analyse sismique du plancher pour la combinaison suivante d'actions sismiques, d'après la clause 4.3.3.5.1 (3) de la norme NF EN 1998-1 : 2005 :

$$\pm \gamma_d F_{i, dia, x} \pm 0,3 \gamma_d F_{i, dia, y}$$

$$\pm 0,3 \gamma_d F_{i, dia, x} \pm \gamma_d F_{i, dia, y}$$

où $F_{i, dia, x}$ et $F_{i, dia, y}$ sont les forces sismiques considérées dans les deux directions x et y, appliquées au plancher du niveau i ;

γ_d est le coefficient de sur-résistance qu'il convient de prendre égal à 1,3, en conformité avec la clause 4.4.2.5 (2) de la NF EN 1998-1 : 2005 pour les modes de rupture fragile.

Il convient que la partie en béton qui assure le rôle de diaphragme horizontal soit armée dans les deux directions horizontales, en respectant les dispositions minimales de la clause 9.3 de la NF EN 1992-1-1 : 2005 [25].

Dans le cas d'un plancher avec dalles alvéolées, il convient d'appliquer les dispositions de l'Annexe D de la norme NF EN 1168+A2 : 2009 [31] et celles des paragraphes 9.2, 9.3.1 et 9.3.3 de la norme NF DTU 23.2 P3 : 2008 [30]. En conformité avec le Tableau 2 de la NF DTU 23.2 P3 : 2008, les prédalles alvéolaires doivent présenter un état de surface rugueux ou indenté avant le coulage de la table de compression.

Note : un état de surface lisse n'est pas autorisé.

Dans le cas d'un plancher avec dalle mixte acier béton, il convient d'appliquer les dispositions du paragraphe F des Recommandations Professionnelles PACTE pour les bacs collaborants [26].

2.4.1.1.3.3. Monolithisme du plancher

En fonction du calcul réalisé par le bureau d'étude chargé de l'étude d'exécution du projet, des armatures de couture sont mises en place à travers les ouvertures des poutres Deltabeam. Le minimum exigé est celui indiqué dans Annexe 1.

2.4.1.1.3.4. Vérification complémentaire de la poutre Deltabeam sous l'action sismique

Il est nécessaire de vérifier la compatibilité de l'appui de la poutre et le déplacement imposé par les actions sismiques. Il convient que l'appui soit capable de maintenir la poutre et les descentes de charges gravitaires dans la situation sismique lorsqu'elle est soumise aux déplacements causés par la condition sismique de calcul la plus défavorable.

Il convient de prendre en compte la fissuration du béton dans la vérification de résistance de la poutre Deltabeam conformément à NF EN 1998-1-1.

Dans tous les cas de plancher, il est nécessaire de vérifier la résistance de la poutre Deltabeam suivant 2.4.1.1.2.1 sous le moment fléchissant en combinant avec l'effort normal induit par les actions sismiques de calcul. Il convient de considérer que l'effort normal soit en compression ou en traction.

2.4.2. Dimensionnement de la poutre Deltabeam à l'ELS

En phase de montage, les déformations de la poutre Deltabeam sont vérifiées selon les principes de la théorie élastique. Dans la phase finale, l'analyse globale de la poutre doit être effectuée en tenant compte de l'effet béton fissuré.

2.4.2.1. Flèche

Dans tous les calculs de la poutre Deltabeam, il est supposé une interaction complète entre l'acier et le béton. Pour le calcul de la flèche, la section mixte acier-béton est remplacée par une section homogène en acier. Cette section est équivalente en adoptant le rapport entre module d'élasticité de l'acier et du béton. La section homogène équivalente est calculée en prenant en compte l'effet de fluage et de retrait ainsi que la fissuration du béton conformément aux principes de la norme NF EN 1994-1-1 part 5.4.2.2 et part 5.4.2.3 et les principes de NF EN 1992-1-1.

Les effets de fluage du béton peuvent être pris en compte par l'utilisation de coefficient d'équivalent n_L suivant §5.4.2.2 de NF EN 1994-1-1 en fonction du type de chargement :

$$n_L = n_0(1 + \psi_L \varphi_t)$$

où :

n_0 : le coefficient d'équivalent E_a/E_{cm} pour un chargement à court terme ;

E_{cm} : le module sécant d'élasticité du béton pour un chargement à court terme ;

φ_t : le coefficient de fluage $\varphi(t, t_0)$ selon NF EN 1992-1-1 §3.1.4 en fonction de l'âge (t) du béton au moment considéré et de l'âge (t_0) lors du chargement ;

ψ_L : le multiplicateur de fluage dépendant du type de chargement, égale à 1,1 pour les charges permanentes et à 0,55 pour les effets primaires et secondaires du retrait.

La déformation due au retrait est calculée de manière générale en supposant que l'âge au moment du chargement est d'un jour. Conforme à §3.1.4 (6) de NF EN 1992-1-1, elle se compose de la déformation due au retrait de dessiccation (ε_{cd}) et de la déformation due au retrait endogène (ε_{ca}). La déformation totale de retrait ε_{cs} est égale à :

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$$

Il convient de calculer la flèche de la poutre d'une manière intermédiaire entre l'état non fissuré et l'état entièrement fissuré. Suivant §7.4.3 (3) de NF EN 1992-1-1 :

$$\alpha = \zeta \alpha_{II} + (1 - \zeta) \alpha_I$$

où :

α : est le paramètre de déformation considéré

α_I, α_{II} : sont les valeurs du paramètre de déformation calculé respectivement dans l'état non fissuré et dans l'état entièrement fissuré

ζ : est un coefficient de distribution qui tient compte de la participation du béton tendu dans la section

La largeur effective utilisée pour calculer la rigidité en flexion du Deltabeam est déterminée conformément à l' Annexe 9 de telle sorte que :

- Elle est égale à la largeur b_v du béton de remplissage pour les poutres Deltabeam utilisées avec des dalles alvéolées ;
- Elle est égale à la largeur b_v de la semelle inférieure pour les poutres Deltabeam utilisées avec d'autres types de dalles sans armatures transversales traversant les ouvertures des âmes de Deltabeam ;
- Elle est égale à la largeur de la poutre selon EN 1994-1-1 pour les poutres Deltabeam utilisées avec d'autres types de dalles avec des barres d'armatures transversales traversant les ouvertures des âmes de Deltabeam.

2.4.2.2. Contrôle de la fissuration

La quantité minimale d'armature dans la dalle béton au-dessus de la poutre Deltabeam, destinée à limiter la fissuration, est conçue conformément à la norme NF EN 1992-1-1 partie 7.3, avec la résistance à la traction N_c :

$$N_c = k \cdot f_{ct,eff} \cdot h_{ct} \quad (13)$$

Où

- $k = 0,8$;
- h_{ct} : est la hauteur de la dalle au-dessus de Deltabeam
- $f_{ct,eff}$: est la résistance à la traction du béton déterminée selon EN 1992-1-1

2.5. Dispositions de mise en œuvre

La mise en œuvre des poutres Deltabeam est réalisée par une entreprise compétente à partir des plans de pose et des détails de mise en œuvre fournis par le fabricant des Deltabeam. Les étapes de la mise en œuvre sont les suivantes.

2.5.1. Livraison

Les poutres Deltabeam sont livrées sur site suivant le planning défini et sont identifiées conformément à la conception des plans.

2.5.2. Stockage sur le site

Les poutres Deltabeam sont protégées contre la corrosion par une couche primaire de protection. Cependant lors d'un stockage à long terme, les poutres doivent être couvertes. Des bastings en bois doivent être installés sur le sol pour recevoir les Deltabeam. Lorsque les poutres sont empilées, la capacité portante du sol doit être vérifiée.

2.5.3. Levage et manutention

Les poutres Deltabeam sont soulevées et transportées sur site par les moyens de levages habituels (grue, chariot élévateur...), à l'aide des ouvertures prévues à cet effet dans la semelle supérieure (levées symétriquement à l'axe du centre de masse).

Dans des cas particuliers, lorsqu'il n'y a pas d'ouvertures de levage, les poutres Deltabeam peuvent être soulevées avec des chaînes fixées aux ouvertures des âmes. Dans certaine configuration, une troisième chaîne sera nécessaire pour maintenir l'équilibre de Deltabeam (par exemple dans le cas d'une poutre avec des plaques de coffrage larges).

2.5.4. Mise en œuvre des poutres

Les poutres Deltabeam doivent être installées suivant les plans validés par le bureau d'études du projet. De plus, elles doivent être positionnées de manière que les repérages soient lisibles et conformes au tableau de repérage.

Les Deltabeam peuvent être disposées sur le dessus d'une poutre ou d'un mur, sur la face verticale d'un poteau en béton avec corbeau ou d'un poteau métallique avec un support soudé, ou bien sur une autre poutre Deltabeam transversale à la poutre porteuse.

2.5.5. Fixation des poutres

Les poutres Deltabeam doivent être étayées en fonction du type de plancher et de l'appui de la poutre.

Les poutres Deltabeam doivent être fixées conformément à la méthode de montage du projet, aux plans d'installation et aux détails de connexion, avant la réalisation du plancher. Les Deltabeam peuvent être soutenues par des étais durant la phase montage placés près de leurs appuis et avant la mise en place des dalles. Les étais sont positionnés le plus près possible des appuis de Deltabeam sous l'âme du côté chargé (Figure 11), suivant les plans de pose réalisés par le bureau d'études. Le fabricant des poutres Deltabeam peut apporter son aide technique pendant la pose et l'étalement.

Les étais ne doivent pas être enlevés avant que la résistance requise de la dalle coulée et du béton de remplissage au niveau de la poutre soit atteinte.

L'étalement de Deltabeam avec des dalles alvéolées est uniquement utilisé pour éviter la torsion de la poutre sur les appuis et pas d'empêcher le fléchissement de cette dernière.

Pour les poutres de rives, il est toujours requis de les étayer durant la phase montage pour éviter une quelconque rotation.

Dans le cas des dalles coulées en place étayées pendant la phase de construction, un étaielement le long de Deltabeam peut être nécessaire afin que la poutre et la dalle ne se séparent pas pendant le coulage du béton en fonction du type de coffrage utilisé sur chantier.

Pour les Deltabeam s'appuyant parallèlement à l'extrémité d'un mur et où une connexion rigide avec deux boulons n'est pas possible pour prévenir la rotation, il est nécessaire d'étayer Deltabeam durant la phase montage (Figure 11 b).

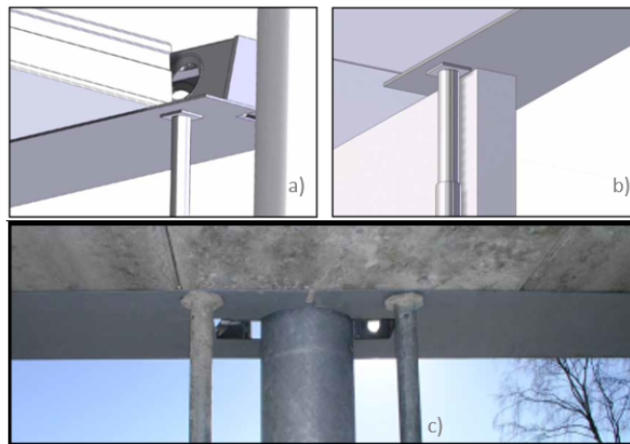


Figure 11 : Etaisements Deltabeam

Dans tous les cas, la stabilité des étais doit être vérifiée lors du montage. Les fondations des étais doivent également être solides et sécuritaires.

2.5.6. Installation des dalles

En fonction de type de plancher, l'étaielement du plancher doit être conçu et mis en place conformément à la demande du fabricant de plancher et son bureau d'étude.

Avant la mise en œuvre des dalles, les poutres Deltabeam doivent être fixées et les éventuels étaielements installés et fixés. Les unités de dalles sont positionnées directement sur les rebords des semelles inférieures des Deltabeam. La distance d'appui est conforme aux recommandations du fabricant de poutre Deltabeam, aux spécifications définies dans les avis techniques des fabricants de dalles et aux Eurocodes.

Afin de limiter la torsion de la poutre lors de la phase montage, les unités de dalles peuvent être montées alternativement sur les différents côtés de la poutre. Après leur installation, le coffrage nécessaire et les renforcements des dalles sont effectués.

Pour les planchers béton coulés en place, l'arase inférieure du béton est au même niveau que l'arase inférieure du rebord de la poutre. Pour obtenir une surface sans désaffleurement, il est recommandé de construire le coffrage sous la semelle inférieure de Deltabeam ((Figure 12.a). Dans le cas d'une poutre avec une semelle inférieure repliée ou épaisse, le coffrage est de niveau avec la partie supérieure de l'aile de la poutre (Figure 12.b).

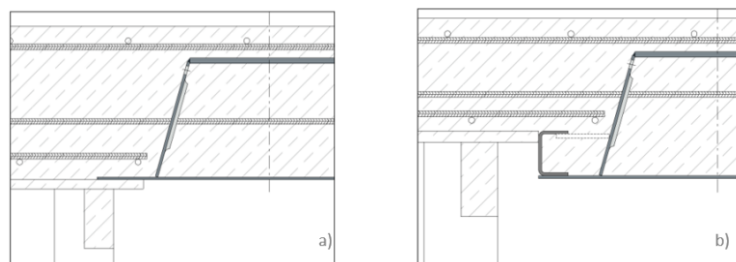


Figure 12: Dalle coulée sur place et coffrage

2.5.7. Chaînages

Les chaînages entre les différents éléments du plancher et les poutres Deltabeam, comme pour des planchers traditionnels, doivent être mis en place pour assurer l'intégralité et la stabilité de la structure en cas de dommages locaux, suivant la norme NF EN 1992. Pour des planchers alvéolés, la norme NF EN 1168 doit également être utilisée en complément de la norme NF EN 1992.

En phase finale, des armatures transversales doivent être mises en place à travers les ouvertures circulaires de Deltabeam (Figure 13 et Annexe 1). Elles sont positionnées dans la partie basse de ces ouvertures et sont dimensionnées par Peikko.

Pour les dalles alvéolées, dans les cas où ces armatures transversales doivent passer à travers leurs alvéoles, les membrures supérieures au droit des alvéoles doivent être ouvertes en usine par le préfabriquant de dalles alvéolées.

En cas d'incendie, pour maintenir cette connexion, des armatures transversales supplémentaires peuvent être ajoutées dans la partie haute des ouvertures. Les exigences pour ces dernières sont décrites à l'Annexe 8 de ce présent document suivant l'appréciation du laboratoire incendie du CSTB, N°AL 19-247.

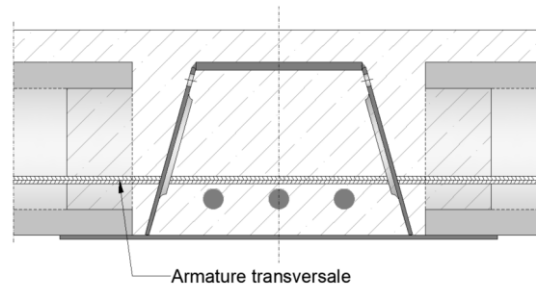


Figure 13 : Armature transversale pour la phase finale

2.5.8. Bétonnage

Les poutres Deltabeam sont coulées avec du béton en même temps que la dalle ou/et les joints entre les éléments du plancher. Les poutres doivent être complètement remplies de béton vibré, en un seul passage et en commençant par le centre de la poutre, afin d'assurer les propriétés d'une poutre mixte.

Les propriétés du béton sont conformes aux plans de bétonnage du projet définis par le bureau d'études, suivant les recommandations du paragraphe 2.2.2.4.

Les étapes du processus de bétonnage des poutres Deltabeam sont les suivants :

1. Vérifier que la poutre Deltabeam, le coffrage, les étais et les armatures mises en œuvre sont conformes aux plans d'exécution ;
2. Prévoir une aiguille à béton ou vibreur ;
3. Commencer à couler le béton à travers les réservations situées dans la semelle supérieure. La poutre doit être remplie dans un premier temps de béton jusqu'au bord inférieur des ouvertures des âmes (Figure 14.a) ;
4. Puis continuer de bétonner uniquement à partir d'un côté de la poutre Deltabeam (Figure 14.b et Figure 14.c). Le béton doit traverser Deltabeam et sortir à l'opposé par les ouvertures supérieures de Deltabeam (les purgeurs d'air) ;
5. Vibration du béton.

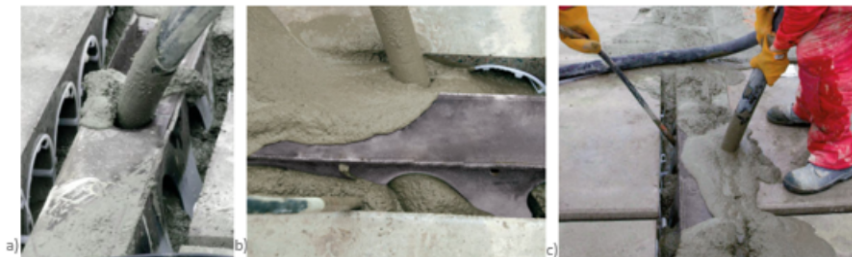


Figure 14 : Processus de bétonnage

2.6. Incorporation et fixation de la dalle

Les réseaux et/ou les gaines sont proscrites dans les zones suivantes :

- A travers les ouvertures de la poutre Deltabeam (éléments de connexions) ;
- Dans la poutre Deltabeam ;
- De part et d'autre de la Deltabeam à une distance minimale de 400 mm à partir de la partie basse de l'âme.

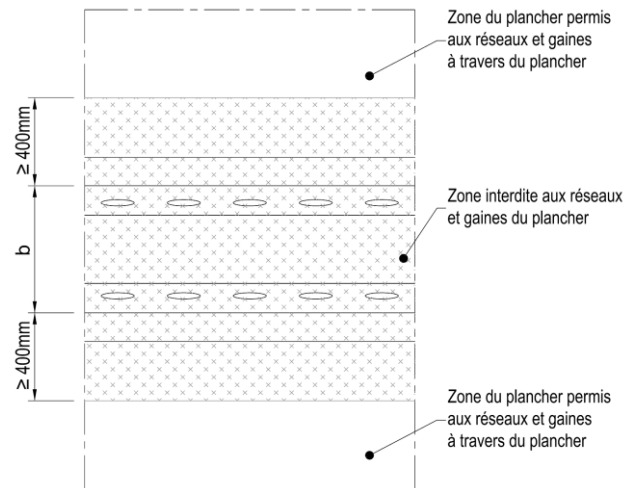


Figure 15 : Zone interdite aux réseaux et gaines du plancher

Les fixations sont proscrites dans la semelle inférieure de la Deltabeam.

2.7. Rôles des intervenants et assistance technique

Parties	Intervenants et responsabilités	
DONNEES DE BASE : <ul style="list-style-type: none"> • Catégorie de bâtiment • Vues en plan des niveaux avec charges utiles et permanentes • Classe d'exposition, traitement et finition des surfaces • Limites de déformation • Coupe-feu • Toute autre contrainte ou information importante pour le développement de la proposition technique 	Définition et transmission aux intervenants concernés : Bureau d'études	PHASE CONCEPTION
Type de poutre, trame, finition de surface	Proposition avec prédimensionnement non engageant : Peikko	
Type de dalle, section du plancher	Proposition avec prédimensionnement non engageant : Préfabriquant	
INFORMATION INITIALE définitive et plan de calepinage	Elaboration, responsabilité et transmission aux fabricants adjudés concernés : Bureau d'études	PHASE EXECUTION
Poutres Deltabeam et leurs détails (les armatures transversales, les appuis, les assemblages, ...) : dimensionnement suivant les informations du Bureau d'études	Note de calcul et responsabilité : Peikko Validation : Bureau d'études	
Poutres Deltabeam : insertion dans le plan de calepinage	Dessin : Peikko Validation et responsabilité : Bureau d'études	
Plancher : dimensionnement des dalles, du diaphragme, chainages et ancrages, plan d'armature. Insertion dans le plan de calepinage ou élaboration d'un plan séparé (exemple : plan d'armature)	Elaboration : Préfabriquant ou Bureau d'études Validation et responsabilité : Bureau d'études	
Poutres Deltabeam : plans de production	Elaboration et responsabilité : Peikko Validation : Bureau d'études	
Dalles préfabriquées : plans de production	Elaboration et responsabilité : Préfabriquant Validation : Bureau d'études	
Dalles coulées sur place : plan de coffrage	Elaboration et responsabilité : Bureau d'études	
Guides techniques, instructions de montage, consignes de sécurité particulières	Responsabilité partie Deltabeam : Peikko Responsabilité partie dalles : Préfabriquant	

Le bureau d'études est responsable du dimensionnement de l'ensemble du bâtiment. Suivant les données du projet, le service technique de Peikko fournit toutes les justifications de la poutre, ainsi que les détails techniques (renforcements transversaux, assemblages, ...). Ces éléments doivent être validés par le bureau d'étude responsable du projet avant toute fabrication.

Les différents intervenants du projet seront informés des éléments fournis par Peikko à prendre en compte dans leurs fabrications et leurs exécutions.

La mise en œuvre des Deltabeam est réalisée par une entreprise compétente en assurant toutes les règles de sécurité et de protection de la santé en vigueur.

Les différentes étapes de la conception à la livraison des poutres Deltabeam sont résumées dans l' Annexe 11 de ce présent document.

2.8. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.8.1. Fabrication

Les poutres Deltabeam sont fabriquées dans l'usine Peikko Romania SRL, 220 Ithaca Street, 087015 Bolintin-Deal, Giurgiu County, (Roumanie), sous contrôles internes et externes.

Elles sont constituées de plusieurs pièces métalliques de nuance S355J2+2 selon la norme NF EN 10025-2, qui sont assemblées et soudées (Cf 2.2.2.1) avant de recevoir au minimum un traitement anticorrosif (Cf §2.3).

Les certifications disponibles sont les suivantes :

- ISO 9001 :2015 (Système de gestion de qualité) ;
- EN ISO 3834-2 (Processus de soudage) ;
- ISO 14001 :2015 (Système de gestion environnementale) ;
- EN ISO 45001 :2018 (Système de gestion de la santé et de la sécurité au travail) ;
- EN1090 (Certification du fabricant) ;
- EN ISO 17660-1 :2006 (Certification du fabricant).

L'usine fait l'objet d'audites externes réguliers dans le cadre des certifications mentionnées ci-dessus.

La fabrication des Deltabeam fait l'objet d'un Plan d'Assurance Qualité (PAQ).

De manière succincte les étapes de fabrication de Deltabeam consistent en :

- Découpage des plaques métalliques au plasma ou au gaz suivant leur épaisseur ;
- Poinçonnement des ouvertures dans les âmes inclinées ;
- Sablage de la semelle inférieure ;
- Assemblage des plaques métalliques ;
- Soudures longitudinales ;
- Ajout d'éléments supplémentaires (plaques d'extrémités, connexions latérales, coffrages constructifs, retombées, etc.) ;
- Sablage de la poutre entière ;
- Traitement anticorrosif dans le tunnel de peinture ;
- Marquage et stockage intermédiaire.

2.8.2. Contrôles

2.8.2.1. Contrôle avant fabrication

Toute matière première est contrôlée et inspectée selon la norme EN 10204-3.1.

2.8.2.2. Contrôle dimensionnel après fabrication

Le contrôle dimensionnel dans l'usine en Roumanie respecte la fiche de Déclaration des Performances n°01208 du groupe Peikko, suivant NF EN 1090-2. Une vérification des caractéristiques dimensionnelles des poutres Deltabeam est réalisée pour chaque poutre.

2.8.2.3. Marquage

Chaque poutre Deltabeam est identifiée par une étiquette portant :

- Le nom de l'usine productrice ;
- La référence du produit par rapport à fiche de fabrication et son plan de pose ;
- Les agréments techniques ;
- Le nom du client ;
- La désignation de la poutre, avec sa longueur, son poids et sa date de fabrication.

2.9. Mention des justificatifs

2.9.1. Résultats expérimentaux

2.9.1.1. Phase finale (Poutre mixte) :

- [4] Report RTL 0135 : Evaluation of effective bending stiffness in a cross-section composed of two material components considering flexibility of the connection – 2012
- [5] Report RTL 0129: Long-term SLS test of hollow core decking supported on Deltabeam – Université de Oulu Finlande – 2011
- [9] Report RTL 0070 : Push-Out Tests for the web hole of Deltabeam: Preliminary report on the results – Université de Oulu Finlande – 2004
- [10] Report RTL 0070 : Push-Out Tests for the web hole of Deltabeam: Analysis of test results and development of resistance model – Université de Oulu Finlande – 2004

2.9.1.2. Phase incendie (Poutre mixte) :

- [15] Report P 802216 A : Fire test of load bearing floor construction – SP Technical Research Institute of Sweden – 27 octobre 2009
- [16] Report P 802216 B : Fire test of load bearing floor construction – SP Technical Research Institute of Sweden – 4 novembre 2009
- [17] Report P 802216 C : Fire test of load bearing floor construction – SP Technical Research Institute of Sweden – 11 novembre 2009
- [18] Report P 802216 D : Fire test of load bearing floor construction – SP Technical Research Institute of Sweden – 18 novembre 2009
- [19] Appréciation de laboratoire N°AL 19-247 (référence 26078493) : Analyse de l'interaction entre la poutre Deltabeam et les différents types de dalles en béton armé (planchers mixtes) en situations d'incendie – CSTB – 04 mai 2020

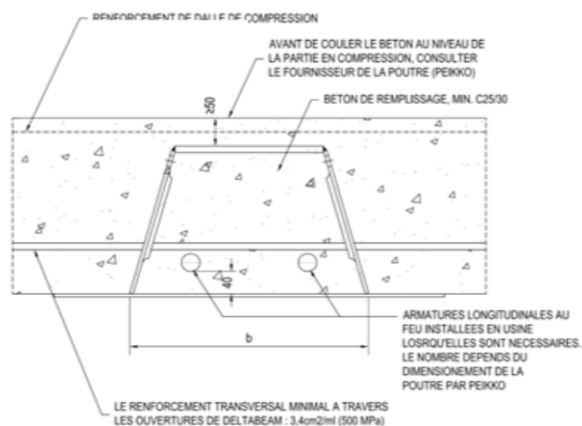
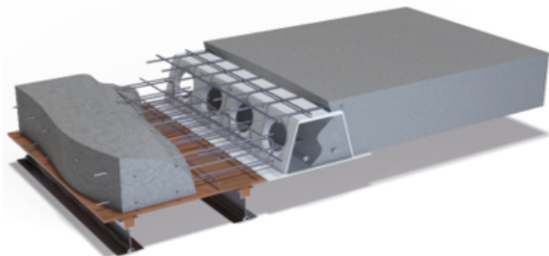
2.9.2. Références chantiers

Année	Client	Chantier	Surface/nombres de poutres
2021	BET SETEC GLI	LIDL à Villeneuve Loubet	65m ² de plancher avec 2 poutres de rives et 1 poutre intermédiaire Ltotale=18m
2021	Ferreira Bâtiment	Maison médicale à Hauterive (26390)	550m ² de plancher avec 5 poutres intermédiaires en continuité Ltotale=42m
2021	DE NARDI	Rénovation du logement à Bergerac (24100)	275m ² de plancher avec 1 poutre de rive et 6 poutres intermédiaires Ltotale=53m
2021	Bouygues Bâtiment Sud-Est	Datacenter MRS4 Interxion à Marseille (13015)	6700m ² de plancher avec 99 poutres Ltotale=580m
2022	S.E.N.E.C	Bureau du Groupe AGPM à Toulon (83000)	250m ² de plancher avec 5 poutres intermédiaires Ltotale=27m
2023	Reynal & Veyret	Centre Médico-social à Terrasson-Lavilledieu (24120)	60m ² de plancher avec 1 poutre intermédiaire Ltotale=7m
2024	Cosepi France	Parking silo R+7 La Loubière à Toulon (83000)	10800m ² de plancher avec 96 poutres intermédiaires Ltotale=720m

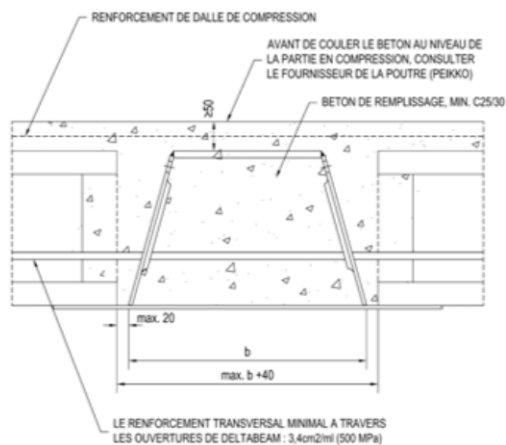
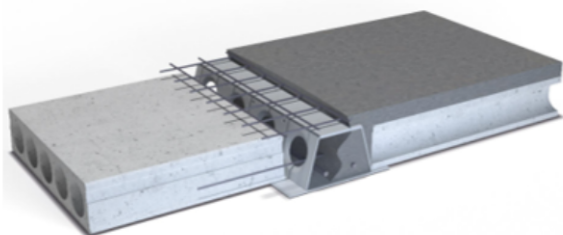
2.10. Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre

Annexe 1 : Deltabeam

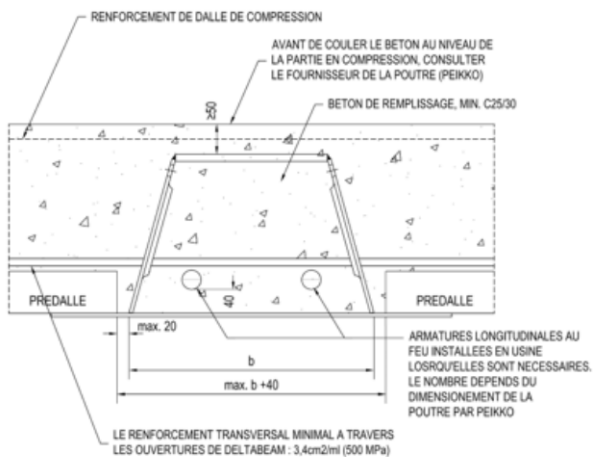
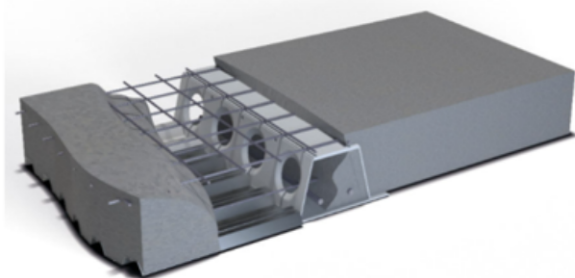
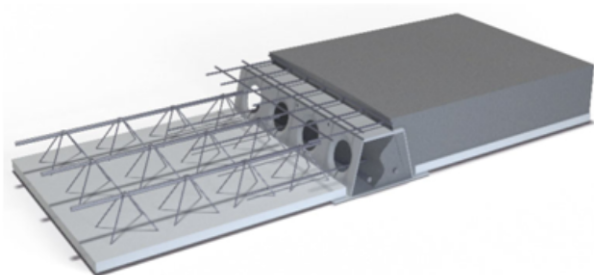
Planchers coulés en place :



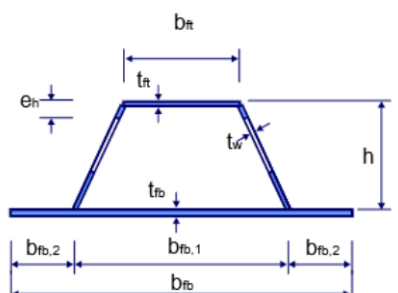
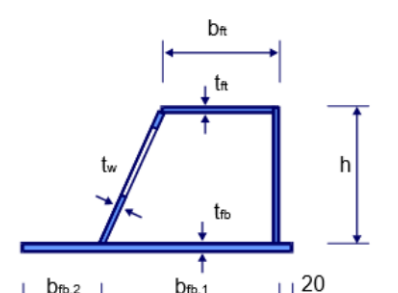
Planchers alvéolés :



Planchers semi-préfabriqués (prédalle béton, bac collaborant) :

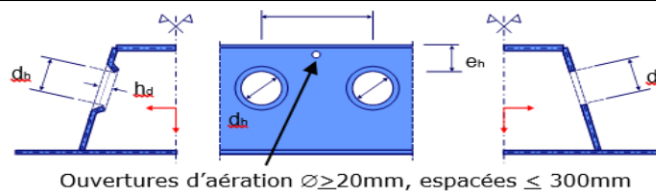


Annexe 2 : Caractéristiques des profilés Deltabeam standards

	Deltabeam		$b_{fb,1}$	$b_{fb,2}$	b_{ft}	t_{ft} t_{fb}	h	d_h	e_h
	Type		mm						
<p>Deltabeam Intermédiaire</p> 	1	D20-200	200	100 à 130	100	$t_{fb} = 10 \text{ à } 30, t_{ft} = 10 \text{ à } 60$	200	80	~60
	2	D20-300	300		180				
	3	D20-400	400		278				
	4	D22-300	300		170		220		
	5	D22-400	400		270				
	6	D25-300	300		155		250		
	7	D25-400	400		255				
	8	D26-300	300		148		265		
	9	D26-400	400		245				
	10	D30-300	300		130		300		
	11	D30-400	400		230				
	12	D32-300	300		110		320		
	13	D32-400	400		210				
	14	D37-400	400		180		370		
	15	D37-500	500		280				
	16	D40-400	400		180		400		
	17	D40-500	500		278				
	18	D50-500	500		230		500		
	19	D50-600	600		330				
<p>Deltabeam de rive</p> 	20	DR20-215	215	100 à 130	148	$t_{fb} = 10 \text{ à } 30, t_{ft} = 10 \text{ à } 60$	200	80	~60
	21	DR20-245	245		180				
	22	DR22-250	250		180				
	23	DR25-260	260		180		250		
	24	DR26-230	230		148				
	25	DR26-260	260		180		265		
	26	DR26-290	290		210				
	27	DR26-325	325		245				
	28	DR30-270	270		180		300		
	29	DR32-250	250		148				
	30	DR32-285	285		180		320		
	31	DR32-310	310		210				
	32	DR37-325	325		210		370		
	33	DR40-295	295		180				
23	DR50-b	$b^1)$	$b^1)$	500					

¹⁾ Conçu au cas par cas

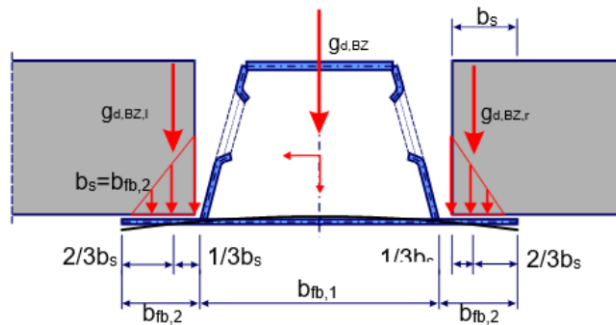
Type d'ouverture (DL)
 $d_h = 80\text{mm}, h_d \approx 13\text{mm}$
 $d_h = 150\text{mm}, h_d \approx 15\text{mm}$
 Epaisseur des âmes :
 $6\text{mm} \leq t_w \leq 8\text{mm}$



Type d'ouverture (NL)
 $d_h = 80\text{mm}$
 $d_h = 150\text{mm}$
 Epaisseur des âmes :
 $6\text{mm} \leq t_w \leq 12\text{mm}$

Annexe 3 : Limite d'élasticité de la semelle inférieure réduite par la flexion transversale

- 1) Coefficient réducteur $\alpha_{m,1}$ de la limite d'élasticité de la semelle inférieure dans la zone $b_{fb,1}$ pour les vérifications de la phase finale, dû à la flexion transversale de la semelle en phase de montage (BZ) :

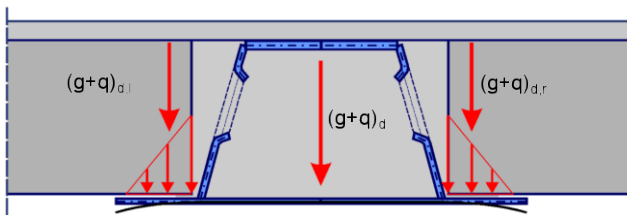


$$m_{Ed,i} = g_{d,BZ,i} (b_{fb,2} - 2/3 b_s) \text{ [kNm/m]}$$

$$m_{pld,q} = f_{yd} t_{fb}^2 L / 4, \quad \tau_{Ed} = (m_{Ed,r} - m_{Ed,i}) / (b_{fb,1} t_{fb} L) \text{ avec } L = 1,0m$$

$$\Rightarrow \alpha_{m,1} \text{ selon le diagramme d'interaction, } f_{yd,eff,1} = \alpha_{m,1} f_{yd}$$

- 2) Coefficient réducteur $\alpha_{m,2}$ de la limite d'élasticité de la semelle inférieure dans la zone $b_{fb,2}$ pour les vérifications de la phase finale, dû à la flexion transversale de la semelle en phase finale (EZ) :



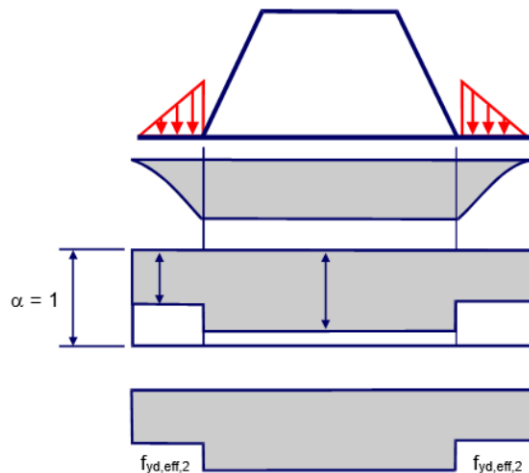
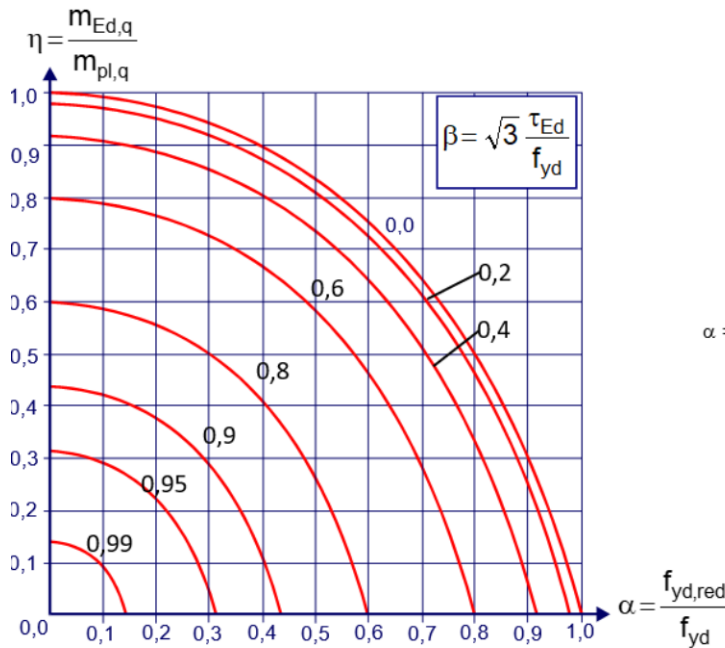
$$m_{Ed,q,i} = (g + q)_{d,i} 1/3 b_{fb,2} \text{ [kNm/m]}$$

$$m_{pld,q} = f_{yd} t_{fb}^2 L / 4 \text{ avec } L = 1,0m$$

$$\tau_{Ed} = (g + q)_{d,i} / t_{fb}$$

$$\Rightarrow \alpha_2 \text{ selon le diagramme d'interaction}$$

$$f_{yd,eff,2} = f_{yd} (0,75 + 0,25 \alpha_2)$$



Limite d'élasticité de la semelle inférieure utilisée pour le calcul de la résistance au moment flexionnel

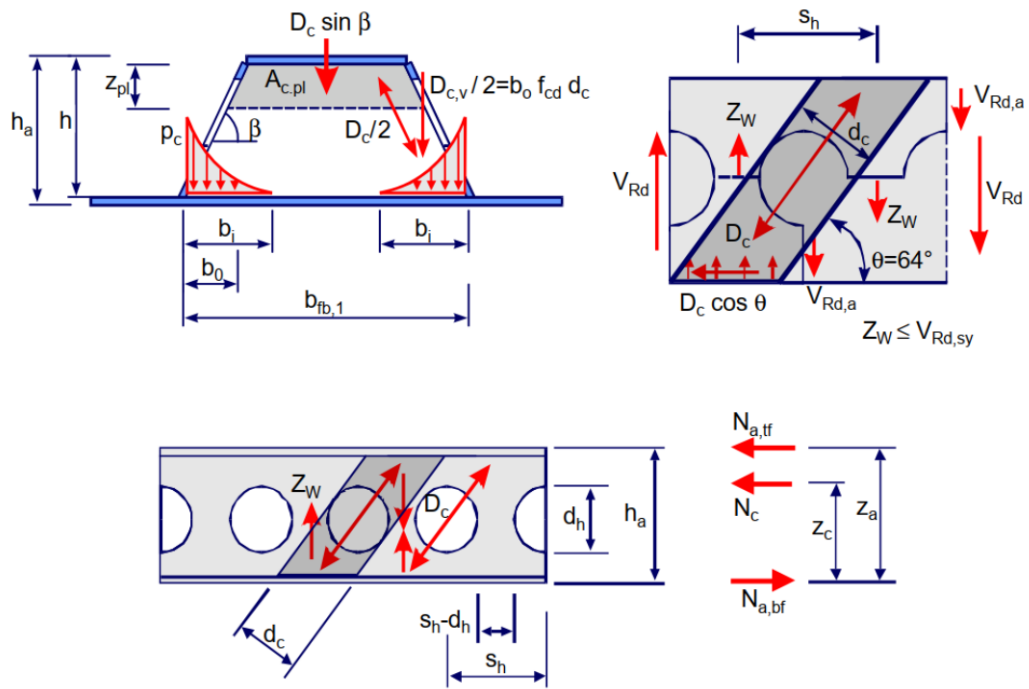
Annexe 4 : Classification des sections transversales pour la phase finale

Rapports c/t maximaux pour les sections comprimées de la poutre à la phase finale						
Distributions des contraintes Compression positive (+)		Positive		Négative		
Classe 2		Résistance du moment				
		c_1 / t_{fb} ou $c_3 / t_{ft} < 52 \epsilon$				
		$c_4 / t_w < \begin{cases} 0,5:456\epsilon / (13\alpha - 1) & \text{Pour } \alpha > 0,5 \\ 41,5\epsilon / \alpha & \text{Pour } \alpha \leq 0,5 \end{cases}$				
		$c_2 / t_{fb} < 14 \epsilon$				
$\epsilon = \sqrt{235 / f_y}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

Pour la phase finale, la classification de la section transversale de Deltabeam s'effectue selon la classe 2. Les épaisseurs des plaques sont dimensionnées afin de garantir une section en classe 2. Concernant le risque de voilement local, il est évité grâce au béton environnant de part et d'autre de la poutre Deltabeam.

Les valeurs c_1 et c_3 sont conformes au tableau 6.3 de l'Eurocode 4. La valeur c_2 est conforme au tableau 5.2 de l'Eurocode 4. Pour la valeur c_4 , elle est conforme au tableau 5.2 de l'Eurocode 3 puisque que l'âme verticale n'est que partiellement enrobée de béton.

Annexe 5 : Modèle de calcul pour la résistance au cisaillement vertical



Annexe 6 : Largeur efficace b_w de la bielle en béton d'une poutre intermédiaire

Largeur efficace b_w de la bielle [mm]								
Profilé	Béton	Epaisseur de la semelle inférieure t_{fb} , où $t_{ft} > t_{fb}$						
		5 / 6	8	10	12	15	20	≥ 25
D20-200	C35/45	35	41	46	50	59	89	90
	C30/37	37	42	47	53	63	90	90
	C25/30	38	44	56	57	75	90	90
	C20/25	39	49	59	72	88	90	90
D20-300	C35/45	35	40	45	50	61	94	107
	C30/37	35	41	46	53	63	96	118
	C25/30	42	43	49	58	75	101	120
	C20/25	43	45	61	70	81	107	122
D20-400	C35/45	36	40	44	48	59	88	104
	C30/37	36	41	46	59	80	95	106
	C25/30	42	42	50	72	82	97	108
	C20/25	44	59	72	81	90	111	123
D26-300	C35/45	40	43	47	60	61	65	67
	C30/37	39	45	50	62	71	84	88
	C25/30	41	46	50	66	72	92	100
	C20/25	45	56	61	68	76	104	114
D26-400	C35/45	39	45	47	61	58	78	93
	C30/37	43	46	54	62	68	82	98
	C25/30	44	47	54	64	69	86	101
	C20/25	47	52	59	67	77	97	120
D32-300	C35/45	37	46	49	51	60	73	87
	C30/37	41	51	54	54	67	77	101
	C25/30	43	52	54	56	74	88	106
	C20/25	50	56	68	78	80	99	109
D32-400	C35/45	38	49	55	58	61	84	96
	C30/37	44	52	54	59	79	84	104
	C25/30	48	52	62	69	80	92	106
	C20/25	52	61	63	72	81	100	119
D37-400	C35/45	44	50	53	58	66	72	91
	C30/37	45	52	61	63	66	76	97
	C25/30	47	56	61	64	70	74	101
	C20/25	55	58	66	69	85	99	114
D37-500	C35/45	38	53	57	62	62	73	101
	C30/37	47	56	62	61	66	83	89
	C25/30	53	58	62	59	68	91	110
	C20/25	52	59	64	84	86	100	120
D40-400	C35/45	41	49	57	59	67	77	92
	C30/37	42	52	63	65	68	80	94
	C25/30	48	58	65	66	72	81	102
	C20/25	53	63	72	74	88	106	121
D40-500	C35/45	46	47	61	66	67	78	91
	C30/37	48	56	64	69	71	84	96
	C25/30	55	57	64	70	72	85	112
	C20/25	64	65	67	74	85	92	116
D50-500	C35/45	43	54	62	69	71	82	89
	C30/37	45	62	68	73	79	90	97
	C25/30	46	63	73	74	83	97	107
	C20/25	54	72	85	88	92	99	112
D50-600	C35/45	36	49	49	51	58	70	74
	C30/37	36	51	57	58	67	74	79
	C25/30	47	51	59	65	67	75	80
	C20/25	49	59	69	75	76	81	96

Annexe 7 : Résistance au cisaillement longitudinal des ouvertures dans les âmesValeur de calcul de la résistance $P_{c,Rd}$ pour une paire d'ouverture :

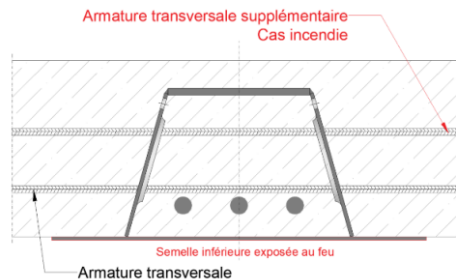
Type d'ouverture	DL		NL	
	80	150	75	150
Diamètre des ouvertures d_h [mm]				
Classe du béton	kN	kN	kN	kN
C 20/25	145	205	98	115
C 25/35	160	230	105	115
C 30/37	168	250	105	115
≥ C 35/45	175	265	105	115
Avec $\gamma_v = 1,25$				
Les valeurs sont divisées par deux pour les poutres de rives				

Annexe 8 : Transfert des charges entre les dalles et la poutre en situation d'incendie

- Configuration avec des dalles coulées en place ou des prédalles :**

Dans le cas des poutres Deltabeam avec des dalles coulées en place ou des prédalles en situation d'incendie, la semelle inférieure non protégée de Deltabeam voit ses propriétés mécaniques se dégrader en fonction de la température. Le transfert des efforts entre les dalles et la poutre est par conséquent assuré uniquement par le béton de remplissage traversant les ouvertures de Deltabeam et s'ancrant dans les dalles de part et d'autre de la poutre. Pour renforcer ce transfert indirect, des armatures transversales supplémentaires en partie haute des ouvertures de Deltabeam doivent être mises en œuvre.

Les exigences concernant ces armatures sont données dans le tableau de cette annexe en fonction des dimensions du plancher et de la résistance au feu souhaitée, conformément aux recommandations de l'appréciation du laboratoire incendie du CSTB, N°AL 19-247.



Dans le cas où les semelles inférieures de Deltabeam sont protégées par une protection passive sous PV, le transfert direct des efforts est maintenu. Par conséquent, le dimensionnement des poutres s'effectue seulement en phases montage et finale, avec la mise en place uniquement des armatures transversales en partie basse des ouvertures (décrites au paragraphe 2.5.7 et à l'Annexe 1).

Armatures transversales supplémentaires en cas d'incendie (selon l'appréciation du laboratoire incendie CSTB, N°AL 19-247)			
Type de DELTABEAM (D ou DR)	Portée des dalles	R30 à R90	R120
D20 à D25 avec ouverture 80 mm	Dalles ≤ 6m	Barres transversales HA14 positionnées à 14 mm d'enrobage à partir de la face supérieure de l'ouverture ¹	Mise en place d'une protection passive sous PV ²
	Dalles > 6m	Mise en place d'une protection passive sous PV ²	Mise en place d'une protection passive sous PV ²
D25 à D50 avec ouverture 150 mm	Dalles ≤ 8m	Barres transversales HA25 positionnées à 25 mm d'enrobage à partir de la face supérieure de l'ouverture ¹	Mise en place d'une protection passive sous PV ²
	Dalles > 8m	Mise en place d'une protection passive sous PV ²	Mise en place d'une protection passive sous PV ²

¹Armature dans chaque ouverture de Deltabeam (ou ferrailage similaire) et béton de remplissage au moins en C30/37.

²Choisir une protection passive sous PV pour protéger la semelle inférieure métallique de Deltabeam en situation d'incendie (solution passive faisant l'objet d'une appréciation technique distincte non couvert par ce présent document). Par exemple l'utilisation des solutions passives sous PV à base de panneaux en laine de roche pour les structures métalliques.

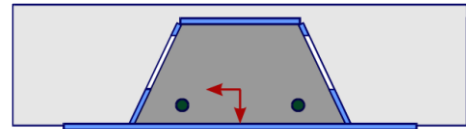
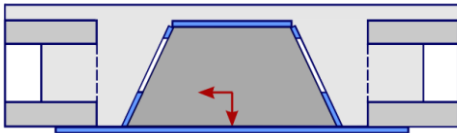
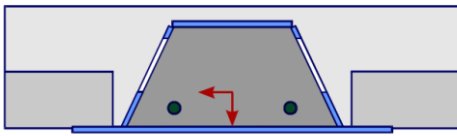
Pour une durée de feu supérieur de 90min, il convient de protéger la poutre par une protection passive sous PV.

- Configuration avec dalles alvéolées :**

Dans le cas où les Deltabeam sont utilisées avec des dalles alvéolées en situation d'incendie, la semelle inférieure des poutres doit être protégée par une protection passive bénéficiant d'un Procès-Verbal de classement de résistance au feu valide, quelle que soit la configuration du plancher et la résistance au feu exigée. Ainsi, le dimensionnement des poutres s'effectue seulement en phases montage et finale, avec la mise en place uniquement des armatures transversales en partie basse des ouvertures (décrites au paragraphe 2.5.7 et à l'Annexe 1).

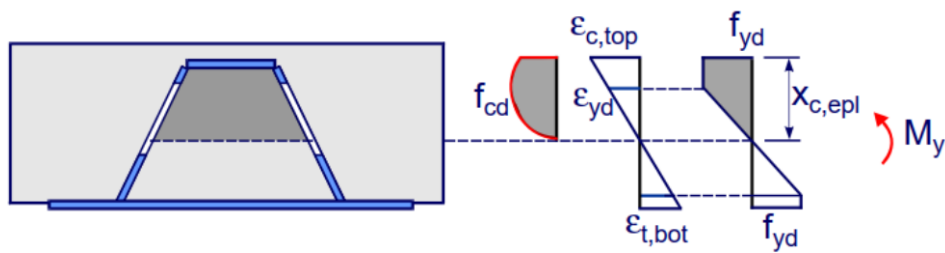
Protection de la poutre Deltabeam en situation d'incendie en cas de dalle alvéolée (selon l'appréciation du laboratoire incendie CSTB, N°AL 19-247)	
Type de DELTABEAM (D ou DR)	R30 à R120
<u>D20 à D25</u> avec ouverture 80 mm	Mise en place d'une protection passive sous PV ²
<u>D25 à D50</u> avec ouverture 150 mm	Mise en place d'une protection passive sous PV ²
<p>²Choisir une protection passive sous PV pour protéger la semelle inférieure métallique de Deltabeam en situation d'incendie (solution passive faisant l'objet d'une appréciation technique distincte non couvert par ce présent document).</p> <p>Par exemple l'utilisation des solutions passives sous PV à base de panneaux en laine de roche pour les structures métalliques.</p>	

Annexe 9 : Calcul de la section mixte à la flexion



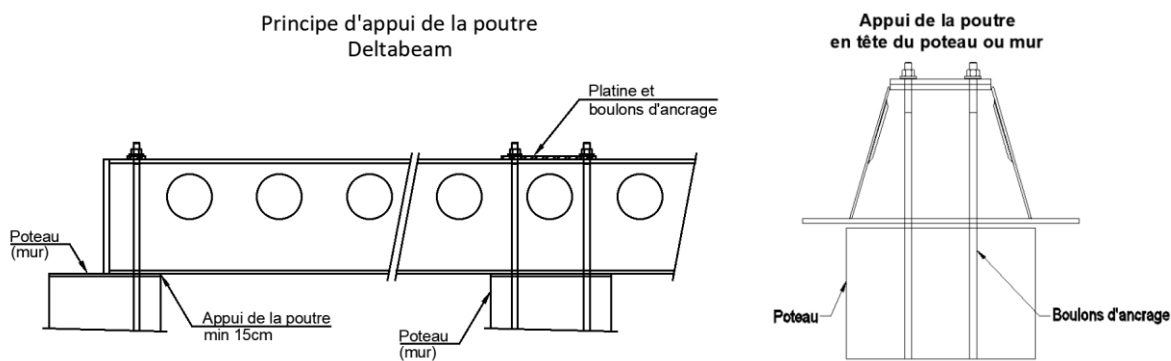
Pour le plancher de type prédalle et dalle alvéolée
Béton intérieur de la poutre pris en compte dans le calcul de la section mixte

Pour le plancher coulé sur place



Distribution des contraintes-déformations pour le moment résistant élasto-plastique

Annexe 10 : Exemples de liaison Deltabeam-Support et traitement de la continuité



L'assemblage sur poteaux s'effectue à l'aide de boulons d'ancrage en acier HA dont l'armature est de type B500B selon la norme NF EN 10080.

Par construction, la poutre est continue sur appui. Aucune soudure n'est réalisée sur chantier.

Annexe 11 : Processus courant de la conception jusqu'à la livraison

