

Sur le procédé

U-Boot béton®

Famille de produit/Procédé : Plancher béton avec élévisement

Titulaire(s) : Société **DALIFORM GROUP SRL**

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
V2	<p>Cette version, examinée par le GS n°3.1 le 25/05/2023, annule et remplace l'Avis Technique n°3.1/19-988_V1 et sa prorogation. La présente révision intègre les modifications suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ajout d'une hauteur supplémentaire • Modification de la classe de consistance du béton pour la première couche (S4 remplacée par S5) et la deuxième couche (S3 remplacée par S4) • Modification de l'Avis quant à l'isolation acoustique du plancher • Prise en considération des remarques de la Commission Prévention Produits (C2P) (traitement des traversées de planchers, rôle des intervenants, codification des produits, coulage en deux phases soumis à validation du BET structures) 	PRAT Etienne	BERNARDIN-EZRAN Roseline

Descripteur :

Le procédé de plancher « U-Boot Béton® » consiste en la réalisation de planchers en béton coulé sur place, comportant des corps creux fabriqués en polypropylène recyclé en partie courante. Les corps creux sont fabriqués en usine et fournis sur chantier dans leur version « Single », avec ou sans cône central. Ils peuvent être assemblés sur chantier pour constituer des versions « Double » (assemblage de 2 corps « Single ») ou « Tower » (soit 1 « Single » et 1 « Double », soit 2 corps « Double » posés l'un sur l'autre). Les dimensions des corps creux en plan sont 52 x 52 cm et en hauteur peuvent aller de 10 cm (version « Single ») jusqu'à 120 cm (version « Tower »). Le coulage du béton intervient après préparation du coffrage, mise en place des armatures et des corps creux. Les corps creux reposent sur 4 pieds en polypropylène qui sont en contact direct avec le fond de coffrage (sous face du plancher). La hauteur des pieds commande l'épaisseur de la membrure inférieure. Le coulage du béton est réalisé en deux passes. La première passe permet la réalisation de la membrure inférieure et la deuxième passe permet quant à elle, la réalisation des nervures et de la membrure supérieure. La deuxième passe est réalisée soit béton frais sur béton frais soit en reprise de bétonnage, cette dernière étant prévue lors du dimensionnement du plancher et impliquant la mise en place d'aciers de couture. L'insertion des éléments creux dans le plancher « U-Boot Béton » permet la création de cavités délimitées par un réseau de poutres ou nervures (orthogonales ou parallèles de hauteur minimale 10 cm) et par les membrures inférieure (d'épaisseur minimale 5 cm) et supérieure (d'épaisseur minimale 5 cm) du plancher. La liaison avec les autres éléments de structure (voiles, poteaux, ...) est réalisée de manière traditionnelle en béton armé.

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé.....	5
1.1.	Domaine d'emploi accepté.....	5
1.1.1.	Zone géographique.....	5
1.1.2.	Ouvrages visés.....	5
1.2.	Appréciation.....	5
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé.....	5
1.2.2.	Mise en œuvre.....	6
1.2.3.	Durabilité - entretien.....	6
1.2.4.	Impacts environnementaux.....	6
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé.....	7
2.	Dossier Technique.....	8
2.1.	Mode de commercialisation.....	8
2.1.1.	Coordonnées.....	8
2.1.2.	Identification.....	8
2.2.	Description.....	8
2.2.1.	Principe.....	8
2.2.2.	Caractéristiques des composants.....	9
2.3.	Dispositions de conception- Dimensionnement.....	12
2.3.1.	Règles de conception.....	12
2.3.2.	Caractéristiques de l'élément armé.....	12
2.3.3.	Consommation de béton.....	13
2.3.4.	Dimensionnement du plancher U-Boot®.....	14
2.3.5.	Résistance aux séismes.....	15
2.3.6.	Stabilité en cas d'incendie.....	16
2.3.7.	Performance acoustique.....	16
2.3.8.	Performance thermique.....	16
2.3.9.	Charges suspendues.....	16
2.3.10.	Revêtements et cloisons fragiles.....	16
2.3.11.	Support d'étanchéité en toiture terrasse.....	16
2.3.12.	Joint de dilatations.....	17
2.4.	Traitement des points singuliers.....	17
2.4.1.	Incorporations dans le plancher.....	17
2.4.2.	Travées biaisées.....	17
2.4.3.	Trémies.....	17
2.4.4.	Planchers en pente.....	17
2.4.5.	Réalisation des traversées.....	17
2.5.	Dispositions de mise en œuvre.....	17
2.5.1.	Coffrage, pose des corps creux « U-Boot Béton® » et ferrailage.....	17
2.5.2.	Bétonnage.....	17
2.5.3.	Retrait des étais.....	18
2.5.4.	Contrôle de la mise en œuvre.....	18
2.6.	Conditions d'exploitation et Assistante technique.....	18
2.6.1.	Conditions d'exploitation.....	18
2.6.2.	Assistance technique.....	19
2.7.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication.....	19
2.7.1.	Fabrication.....	19
2.7.2.	Contrôles de production.....	19

2.8.	Mention des justificatifs	19
2.8.1.	Résultats expérimentaux	19
2.8.2.	Références chantiers	20
2.9.	Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre.....	21
2.9.1.	ANNEXE 1 : Dispositions types de ferrailage	21
2.10.	ANNEXE 2 : Traitement des points singuliers	24
2.10.1.	Conditions géométriques à respecter à proximité des appuis, trémies et bords de plancher.....	24
2.10.2.	Plancher en pente	25
2.10.3.	Travées biaisées	26
2.10.4.	Réalisation destraversées[RC3]	26
2.11.	ANNEXE 3 : Phasage de mise en œuvre	28
2.12.	ANNEXE 4 : Fiche d'autocontrôle de coulage du plancher « U-Boot Béton ® »	30

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 les DOM.

1.1.2. Ouvrages visés

Le procédé de plancher « U-Boot Béton® » vise la réalisation des planchers en béton armé coulés sur place d'épaisseur totale minimale égale à 20 cm.

Le domaine d'emploi accepté englobe les utilisations courantes dans les ouvrages de bâtiments, tels que ceux destinés aux logements, bâtiments scolaires et hospitaliers, immeubles de bureaux, bâtiments industriels, commerces et parkings, etc.

Les utilisations sur des ouvrages nécessitant des dispositions parasismiques au sens de l'Arrêté du 22 octobre 2010 modifié sont visées.

L'utilisation du plancher « U-Boot Béton® » support d'étanchéité est visée.

Sont exclus du domaine d'application : les planchers soumis à des charges de chocs répétés ou dynamiques.

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, dans les limites résultant de l'application de s dispositions constructives prescrites au dossier technique ci-après.

1.2.1.2. Construction en zone sismique

L'utilisation en zones sismiques 1 à 5 au sens de l'arrêté du 22 Octobre 2010 modifié est possible, avec une sécurité équivalente à celle présentée par les planchers traditionnels conçus en conformité avec les règles en vigueur, complétées par le dossier technique.

1.2.1.3. Sécurité au feu

1.2.1.3.1. Réaction au feu

Le plancher en béton bénéficie conventionnellement du classement de réaction au feu A1 aux Euroclasses.

1.2.1.3.2. Résistance au feu

Le procédé de plancher avec élagissement « U-Boot Béton® » fait l'objet de l'Appréciation de Laboratoire n° AL 16-173_V2 délivrée par le CSTB. Selon celle-ci, pour une durée d'exposition au feu normalisé ISO R834 inférieure ou égale à 2 heures, la résistance du plancher en béton armé « U-Boot Béton® », en situation d'incendie, peut être déterminée en tenant compte des caractéristiques mécaniques affaiblies, conformément à la norme NF EN 1992-1-2, des matériaux béton et acier sous les effets du feu, et les champs de température donnés en Annexe de l'Appréciation de laboratoire n° AL 16-173_V2 du CSTB.

La résistance du plancher en béton armé « U-Boot Béton » peut être également vérifiée, pour une durée d'exposition jusqu'à 3 heures, à l'aide des valeurs tabulées relatives à un plancher nervuré de la NF EN 1992-1-2 §5.7.5 en négligeant l'apport de la membrure inférieure et en ferrillant les nervures de manière à vérifier la stabilité à froid du plancher nervuré résultant dans la situation de charge ELU accidentelle (incendie).

En situation d'incendie, lorsque la membrure inférieure est soumise à des contraintes en compression, le risque d'éclatement de celle-ci peut être avéré. Dans ces conditions, l'Appréciation de Laboratoire n° AL 16-173_V2 prescrit les dispositions à respecter afin de justifier la résistance du plancher (critère R).

Les critères E et I sont normalement assurés sous réserve que le critère R soit atteint.

L'Appréciation de Laboratoire n° AL 16-173_V2 est valable pour des planchers en béton armé « U-Boot Béton® » sans protection rapportée, qui satisfont simultanément les conditions dimensionnelles suivantes.

- Epaisseur totale de la dalle au moins égale à 22 cm ;
- Epaisseur de membrure inférieure au moins égale à 7 cm ;
- Epaisseur de membrure supérieure au moins égale à 5 cm ;
- Hauteur d'âme de la nervure, au moins égale à 10 cm ;
- Largeur de la nervure, au moins égale à 10 cm ;
- Espacement des nervures (largeur caissons) au plus égal à 52 cm.

Pour des configurations de plancher en béton armé « U-Boot Béton® » avec membrure inférieure d'épaisseur inférieure à 7 cm et supérieure ou égale à 5 cm, une protection coupe-feu est à prévoir en sous-face afin de vérifier la résistance au feu du plancher. Dans ce cas, la protection coupe-feu retenue devra faire l'objet d'un rapport de classement de résistance au feu sur support béton délivré par un laboratoire agréé par le Ministère de l'Intérieur.

1.2.1.4. Prévention des accidents lors de la mise en œuvre

Elle peut être normalement assurée si les planchers sont conçus et mis en œuvre conformément au dossier technique.

1.2.1.5. Isolation acoustique

Le plancher présentant des cavités formées par corps creux fabriqués en polypropylène, il ne peut pas être assimilé à un plancher coulé en place équivalent.

- Ouvrages pour lesquels il n'existe pas d'exigence réglementaire : domaine d'emploi normalement accepté.
- Autres ouvrages : le respect des exigences réglementaires devra être justifié par une évaluation acoustique du système.

1.2.1.6. Isolation thermique

Le plancher ne peut participer que dans une faible mesure à l'isolation thermique.

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. Ce plancher étant par lui-même peu isolant, il peut être nécessaire de compléter son isolation thermique.

1.2.1.7. Finitions

- Revêtements de sol

Tous les revêtements de sol sont admis s'ils sont exécutés conformément aux normes DTU correspondantes.

- Plafonds

Les finitions admises pour les plafonds sont les peintures sur sous-face lisse, les enduits plâtre sur sous-face préparée et les plafonds suspendus.

1.2.1.8. Utilisation en plancher support d'étanchéité

Les planchers élégis « U-Boot Béton® » sont classés plancher support de type A au sens du DTU 20.12, au même titre qu'un plancher traditionnel en béton coulé sur place. Ils peuvent donc être utilisés en support d'étanchéité en satisfaisant aux conditions définies par la norme NF P 10-203-1 (référence DTU 20.12).

1.2.1.9. 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'entre pas dans le champ du présent avis. Le titulaire du présent avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

1.2.2. Mise en œuvre

La mise en œuvre est effectuée par toute entreprise qualifiée ayant suivi une première formation dispensée par l'entreprise titulaire suivant les dispositions indiquées au §2.5 du Dossier Technique.

La mise en œuvre nécessite :

- Un plan de calepinage précis permettant l'identification et le positionnement des corps creux à mettre en place ;
- La prise en compte des phases de bétonnage et des conditions climatiques du jour de coulage afin d'éviter la réalisation d'une reprise de bétonnage lorsqu'elle n'est pas prévue par l'étude. Dans tous les cas, la durée maximale entre deux phases de bétonnage sera de 2 heures et devra figurer sur les plans d'exécution. Au-delà de cette durée, une reprise de bétonnage avec des armatures de couture devra figurer sur les plans d'exécution.

1.2.3. Durabilité - entretien

La durabilité de ces planchers est comparable à celle des planchers traditionnels en béton armé utilisés dans des conditions comparables. Ces planchers ne nécessitent normalement pas de travaux d'entretien.

1.2.4. Impacts environnementaux

Le plancher « U-Boot Béton® » ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Les données issues des DE ont notamment pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les procédés visés sont susceptibles d'être intégrés. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Conformément à la réglementation thermique en vigueur, les calculs des coefficients d'isolation thermiques du plancher doivent être menés en deux dimensions compte tenu de la géométrie de la dalle et des ponts thermiques formés par les nervures.

Le Groupe attire l'attention sur la nécessité de coordination entre le titulaire, le BET de l'opération et l'entreprise en charge du coulage du plancher en particulier en ce qui concerne la reprise de bétonnage entre les deux phases de bétonnage.

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

2.1.1. Coordonnées

Le procédé est commercialisé par le titulaire DALIFORM.

Adresse : Via Postumia Centro 49 IT-31040 Gorgo Al Monticano (TV)

Tél : +39 04 2220 8310

Fax : +39 04 2280 0234

E-mail : servizio.clienti@daliform.com

Internet : <http://www.daliform.com>

2.1.2. Identification

Les modules sont référencés ainsi :

Module U-Boot Béton® : U-Boot Hxx+y

Module U-Boot Béton® cône : U-Boot cone Hxx+y

avec :

- xx : la hauteur du coffrage « U-Boot Béton® »;
- y : la hauteur de pied (soit la hauteur de la dalle inférieure).

2.2. Description

2.2.1. Principe

Le procédé de plancher « U-Boot Béton® » est composé d'éléments creux en polypropylène 100% recyclé, destinés à être incorporés dans une dalle en béton armé. L'ouvrage final est un plancher allégé en béton armé.

Les applications les plus courantes du procédé sont des planchers de grande portée ou supportant une forte surcharge, avec des exigences d'économie de matière (béton armé) et de poids.

Les corps creux sont fabriqués en usine et fournis sur chantier en version « single », avec ou sans cône central. Ils peuvent être assemblés sur chantier pour constituer des versions « double » (« assemblage de 2 corps single ») ou « Tower » (2 corps « double » posés l'un sur l'autre ou un corps « double » posé sur un « single »).

Toutes les descriptions et prescriptions ci-après s'appliquent aux « U-Boot Béton® » et « U-Boot Béton® cône ».

Les dimensions des corps creux en plan sont 52 x 52 cm et en hauteur peuvent aller de 10 cm (version « single ») jusqu'à 120 cm (« version Tower »).

L'insertion des éléments creux dans le plancher « U-Boot Béton® » permet la création de cavités délimitées par un réseau de poutres ou nervures (orthogonales ou parallèles d'épaisseur minimale 10 cm) et par les membrures inférieure (d'épaisseur minimale 5 cm) et supérieure (d'épaisseur minimale 5 cm) du plancher.

La liaison avec les autres éléments de structure (voiles, poteaux, ...) est réalisée de manière traditionnelle en béton armé.

Pour toutes les applications techniques envisageables, les normes en vigueur et les exigences techniques (règles de l'art) relatives à l'application considérée devront être respectées.

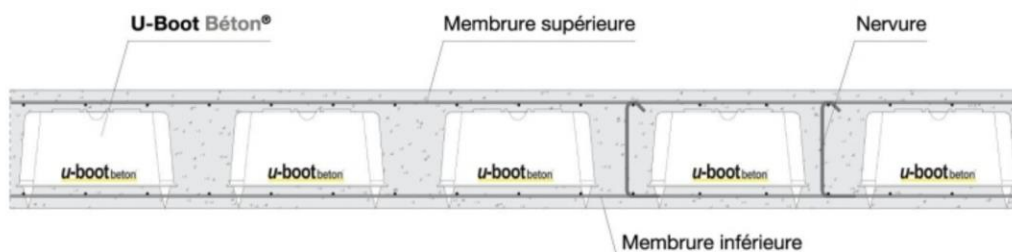


Figure 1 - Coupe de principe - U-Boot béton® version "single".

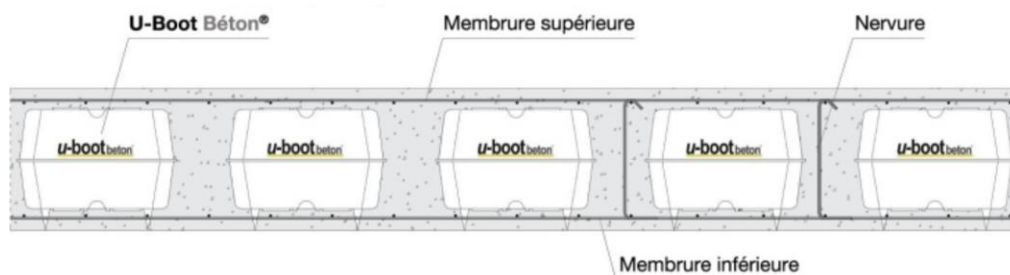


Figure 2 - Coupe de principe - U-Boot béton® version "double".

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Matériaux

2.2.2.1.1. Polypropylène

Les corps creux sont réalisés en polypropylène 100% recyclé et conforme à la norme UNI 10667-3/98.

Cette norme développée par l'Organisation italienne de normalisation (UNI), décrit les exigences et les méthodes d'essai pour différents usages des matières premières constitués de polypropylène issu du recyclage de résidus industriels et/ou de matériaux pré- et/ou post-consommation.

2.2.2.1.2. Béton

Le béton employé est conforme à la norme NF EN 206+A2/CN et à l'Eurocode 2 (NF EN 1992-1-1). La classe de résistance du béton est C20/25 minimum. Elle est choisie en fonction de la classe d'exposition et de la résistance requise par le dimensionnement.

Le coulage du béton est effectué en deux phases pour éviter le soulèvement par flottement des corps creux. La classe de consistance minimale est S5 pour la première couche, S4 pour la deuxième selon la norme NF EN 206+A2/CN.

Lors de la première phase du coulage, les granulats devront avoir un diamètre maximal adapté à l'épaisseur de la membrane et au taux de ferrailage.

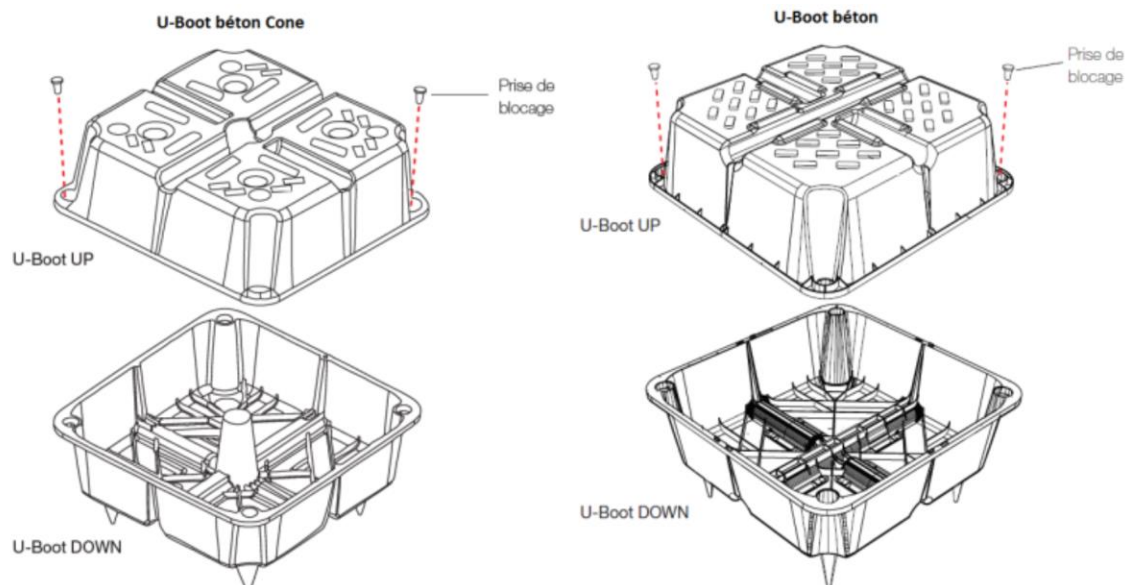
2.2.2.1.3. Aciers d'armature

Les aciers d'armature à utiliser dans le cadre du plancher « U-Boot Béton® » devront être conformes à la norme NF EN 10080. Ils doivent également répondre aux exigences de la NF EN 1992-1-1 et de la NF EN 1998-1.

2.2.2.2. Produits et constituants

2.2.2.2.1. Modules de base

Les corps creux U-Boot béton®, fabriqués en polypropylène recyclé, font l'objet du brevet n° 1329446 du 28/10/2005. Ils sont fournis en version « single », avec une forme pyramidale tronquée. Sur site, les éléments « single » peuvent être assemblés par clavetage en version « double » ou « Tower », grâce à des réservations prévues dans les coins des modules



Les corps creux disposent de quatre pieds coniques de la hauteur de la couche inférieure de béton désirée. Ces pieds sont renforcés chacun par un façonnage en creux du module au niveau des coins. Dans la version « double » les pieds sont intégrés sur la surface supérieure de l'élément « single » inférieur.

Les corps creux sont équipés sur leur partie supérieure d'entretoises intégrées consistant en des éléments bombés semi-cylindriques d'une hauteur égale à 10 mm, conçus pour assurer l'espacement entre le corps creux et le ferrailage de renfort de la membrure supérieure en respectant l'enrobage minimum imposé par l'Eurocode 2.

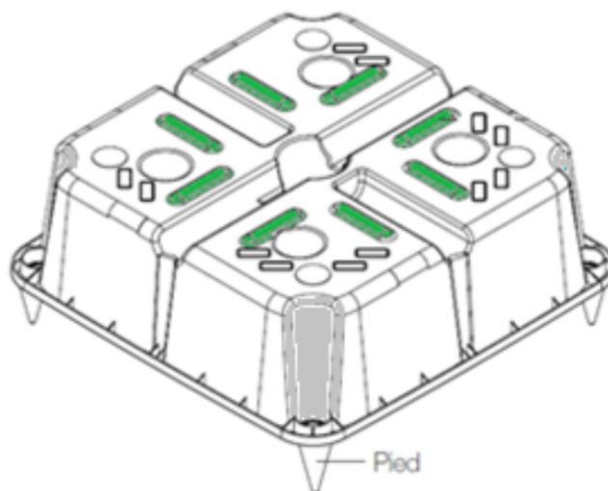


Figure 3 - Entretoises intégrées (vert) et pieds renforcés (grisé)

Les U-Boot béton® cône sont munis d'un puits traversant central permettant de faciliter l'expulsion de l'air et de vérifier visuellement la bonne répartition du béton sous les corps creux lors du coulage.

U-Boot beton®	U-Boot beton® cône	Configuration Tower
SINGLE	SINGLE	
DOUBLE	DOUBLE	TOWER

Tableau 1 - Configurations envisageables

Des écarteurs gradués se fixent au sommet des corps creux dans des évidures prévues à cet effet. Ils permettent la disposition précise des corps creux selon la largeur désirée des nervures et le maintien de leur position lors du coulage sous la poussée du béton, du poids des opérateurs et des équipements.

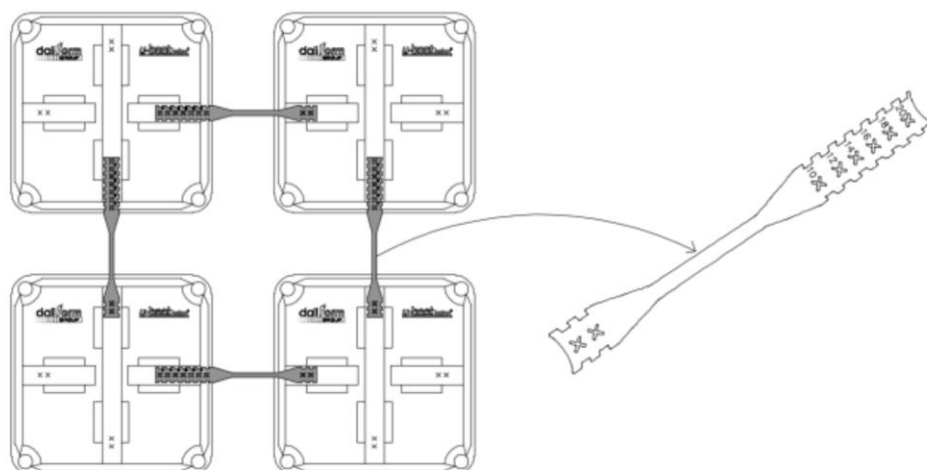


Figure 4- Disposition des écarteurs gradués.

Les dimensions possibles pour les corps creux U-Boot béton® sont indiquées dans les tableaux fournis par le fabricant.

- Dimensions en plan :
 - Corps creux « U-Boot Béton® » : 52x52 cm ;
 - Espacement entre corps creux (écarteurs) : 10 à 28 cm par pas de 2 cm.
- Gamme de hauteurs disponibles :
 - U-Boot single® : 10-13-14-16-18-20-22-24-25-26-28-30 cm ;
 - U-Boot « double » et « tower » : 20 à 120 cm (combinaison de 2 à 4 modules « U-Boot Béton® » single) ;
 - Pieds intégrés : 0-5-6-7-8-9-10 cm.

Lestolérances plano-altimétriques de réalisation des corps creux sont de +/- 1,5 %.

2.2.2.2.2. Accessoires

Un certain nombre d'accessoires sont disponibles pour la pose du corps creux U-Boot®.

Les éléments compatibles avec la réalisation du procédé « U-Boot Béton® » comme visé dans le domaine d'emploi accepté dans le présent avis technique sont décrits dans les paragraphes suivants.

2.2.2.2.2.1. Pieds éleveurs supplémentaires

Des pieds éleveurs de hauteur 5 à 20 cm peuvent être fournis séparément et assemblés à un module de base sans pied.

2.2.2.2.2.2. Panneaux de fermeture

Pour empêcher la remontée du béton dans les corps creux dans des cas d'application particuliers, par exemple planchers en pente, on peut avoir recours aux panneaux de fermeture qui se fixent sous les modules de base. Ils comportent des ouvertures pour laisser passer les pieds du module de base ou intègrent directement les pieds, au choix de l'entreprise de construction.

Cet accessoire est disponible dans la version « U-Boot Béton® » (figure suivante) ainsi que dans la version à « U-Boot Béton® « cône ».

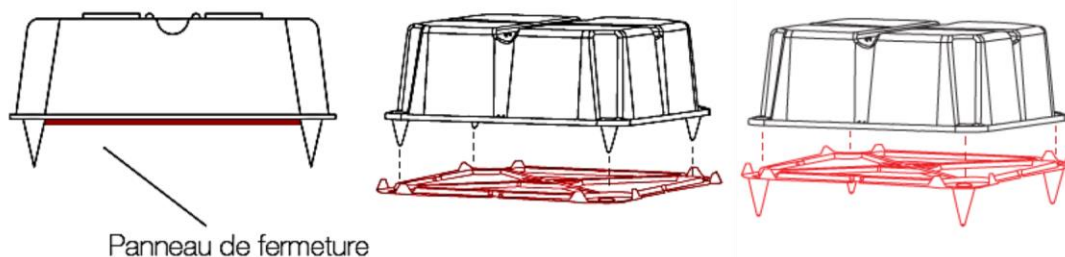


Figure 5 - Typologies de l'accessoire "Panneau de fermeture"

2.2.2.2.2.3. Connections Bridge

Dans le cas d'un plancher monodirectionnel, les nervures peuvent être réalisées plus fines dans le sens orthogonal à la portée. Les modules de base peuvent également être pontés par des éléments de liaison appelés « Connection Bridge », qui permettent de réaliser un vide continu dans une direction. Ces éléments ne sont disponibles que pour les corps creux de hauteur 16 et 24 cm.

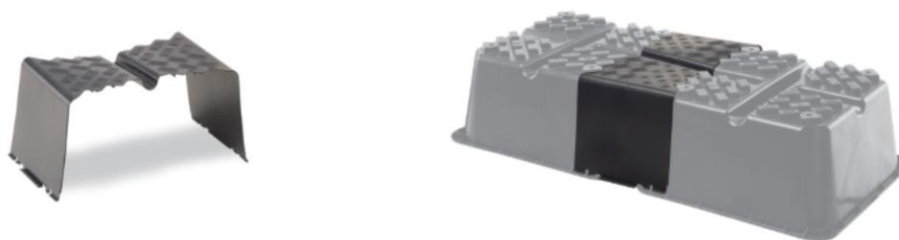


Figure 6 – Connections Bridge

2.3. Dispositions de conception- Dimensionnement

2.3.1. Règles de conception

La conception et le calcul du procédé de plancher avec élégissement « U-Boot Béton® » est réalisé par le titulaire ou par le BET Structure en charge du chantier. Le titulaire prête son assistance technique dans ce cas si nécessaire.

La conception et le dimensionnement du procédé se font conformément aux Eurocodes avec leurs annexes nationales françaises.

2.3.2. Caractéristiques de l'élément armé

La géométrie du plancher en béton allégé par incorporation des corps creux U-Boot® suit les prescriptions du §5.3.1(6) de NF EN 1992-1-1 concernant les dalles nervurées et à caissons. À ce titre, le comportement n'est pas celui d'un maillage de poutres mais est équivalent, d'un point de vue statique, à celui d'une plaque.

Le plancher est toujours armé, avec a minima un lit d'armatures constitué d'un treillis soudé type PAF C (ou équivalent) dans la membrure inférieure et la membrure supérieure.

Le ratio d'acier, l'enrobage et les dimensions de la dalle doivent toujours respecter les prescriptions de l'Eurocode 2 et ses AN, en s'appuyant pour le calcul sur la section résistante en béton armé formée, dans chacune des directions de la dalle, par les poutres en forme de I détournées par les corps creux et dont l'entraxe varie entre 620 et 800 mm.

Les efforts résultants dans le plancher « U-Boot Béton® » sont déterminés à partir d'un modèle de plaque avec rigidités en flexion équivalentes.

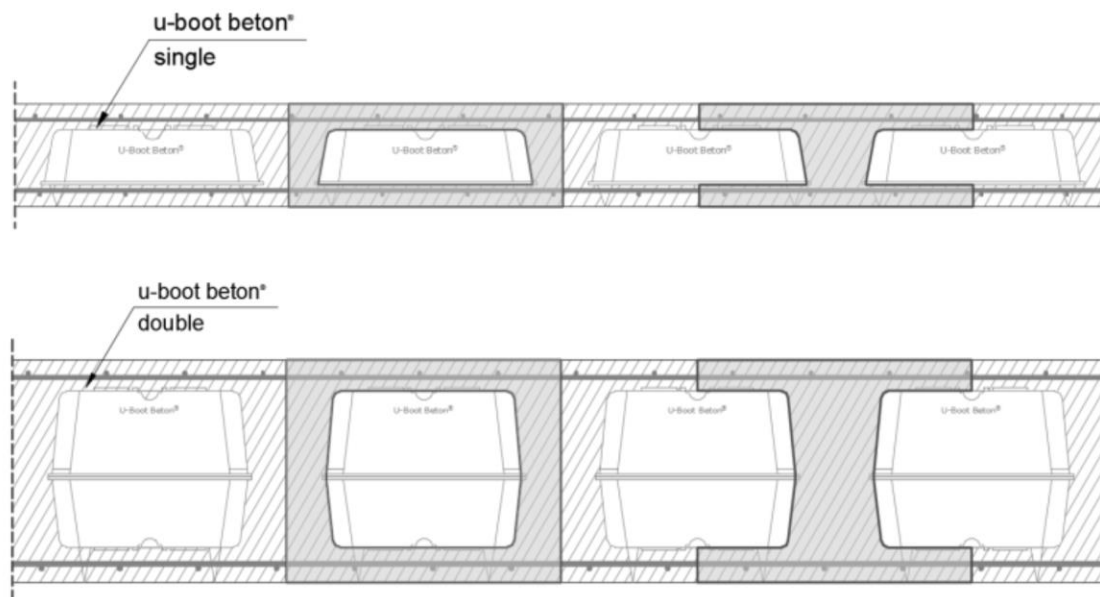


Figure 7 - Sections résistantes servant de base aux calculs - section en I et fermée avec la même inertie en flexion.

Les rigidités en flexion dans chacune des directions s'écrivent :

$$D_X = \frac{E \cdot I_{uboot,X}}{e_y}$$

$$D_Y = \frac{E \cdot I_{uboot,Y}}{e_x}$$

E = Module de Young du béton ;

$I_{uboot,X}$ = Inertie en flexion de la poutre en "I" correspondant aux nervures orientées dans la direction Y.

e_x = Entraxe des nervures orientées selon la direction Y .

$I_{uboot,Y}$ = Inertie en flexion de la poutre en "I" correspondant aux nervures orientées dans la direction X.

e_y = Entraxe des nervures orientées selon la direction X.

La rigidité en torsion s'écrit :

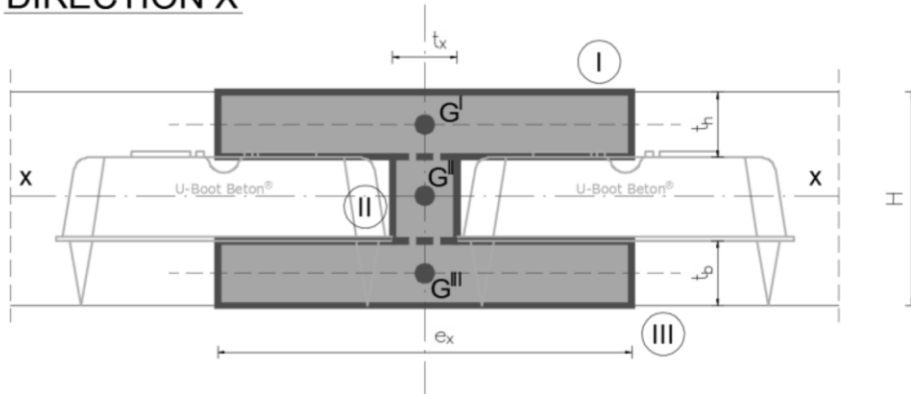
$$D = \frac{G \cdot J_{uboot,X}}{2e_y} + \frac{G \cdot J_{uboot,Y}}{2e_x}$$

G = Module de cisaillement du béton ;

$J_{uboot,X}$ = Inertie en torsion de la poutre en "I" correspondant aux nervures orientées dans la direction Y

Les inerties en flexion des poutres en I dans chacune des directions s'écrivent, selon les paramètres géométriques du plancher :

DIRECTION X



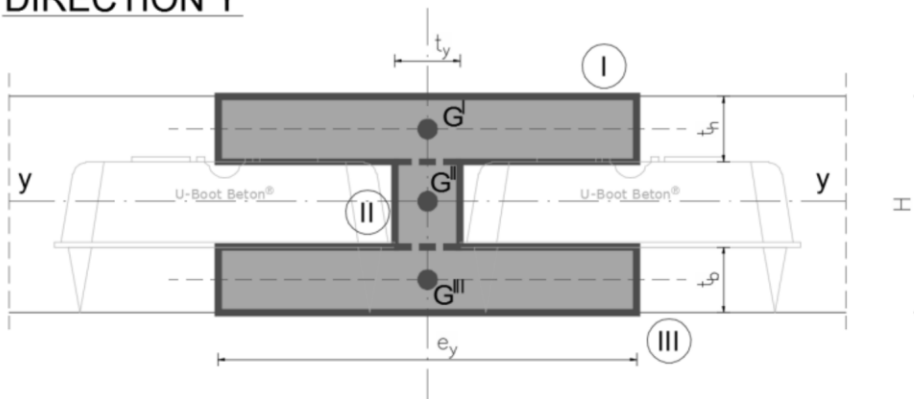
$$I_{uboot,X} = I_x^I + I_x^{II} + I_x^{III}$$

$$I_x^I = \frac{1}{12} e_x \cdot t_h^3 + (e_x \cdot t_h)(y_G^I - y_G)^2$$

$$I_x^{II} = \frac{1}{12} t_x \cdot (H - t_h - t_b)^3$$

$$I_x^{III} = \frac{1}{12} e_x \cdot t_b^3 + (e_x \cdot t_b)(y_G^{III} - y_G)^2$$

DIRECTION Y



$$I_{uboot,Y} = I_y^I + I_y^{II} + I_y^{III}$$

$$I_y^I = \frac{1}{12} e_y \cdot t_h^3 + (e_y \cdot t_h)(y_G^I - y_G)^2$$

$$I_y^{II} = \frac{1}{12} t_y \cdot (H - t_h - t_b)^3$$

$$I_y^{III} = \frac{1}{12} e_y \cdot t_b^3 + (e_y \cdot t_b)(y_G^{III} - y_G)^2$$

Les rigidités équivalentes peuvent également être déterminées à l'aide du logiciel « U-Boot béton design software » mis à disposition par le titulaire (voir §2.6 du Dossier Technique).

2.3.3. Consommation de béton

Lorsque les panneaux de fermeture (décrits au paragraphe 2.2.2.2.2) ne sont pas mis en place, il faudra tenir compte d'une augmentation de 3% en volume du béton permettant de couvrir une augmentation en poids du plancher dû à l'éventuelle montée du béton à l'intérieur des corps creux.

2.3.4. Dimensionnement du plancher U-Boot®

2.3.4.1. Vis-à-vis du moment fléchissant

Les armatures de flexion au sein des membrures supérieure et inférieure sont dimensionnées selon le §6.1 de la norme NF EN 1992-1-1 en s'appuyant sur les sections en I décrites au §2.3.2. Les armatures de base peuvent être des treillis soudés ou des barres réparties. Les armatures de renfort peuvent être réparties dans les membrures ou concentrées au niveau des nervures. Les moments de flexion par mètre linéaire résultant du calcul [kN.m/m] doivent être comparés au moment résistant de la dalle « U-Boot Béton® », correspondant au moment résistant de la poutre en I, divisé par l'entraxe des nervures :

- M_{Rd} : Moment résistant par mètre linéaire [kN.m/m] ;
- $M_{Rd,I}$: Moment résistant de la poutre en I [kN.m] ;
- e : Entraxe des nervures [m].

$$M_{Rd} = M_{Rd,I}/e \text{ [kNm/m]}$$

2.3.4.2. Vis-à-vis de l'effort tranchant

Les armatures de cisaillement au sein des nervures entre les corps creux sont dimensionnées selon l'article 6.2 de la NF EN 1992-1-1 en s'appuyant sur les sections en I décrites au §2.3.2. Les planchers U-Boot sont généralement dimensionnés de manière à éviter le recours à des armatures de cisaillement.

L'effort tranchant par mètre linéaire résultant du calcul [kN/m] doit être comparé à la résistance en cisaillement de la poutre en I, divisée par l'entraxe des nervures :

- V_{Rd} : Résistance au cisaillement par mètre linéaire [kN/m] ;
- $V_{Rd,I}$: Résistance au cisaillement de la poutre en I [kN] ;
- e : Entraxe des nervures [m].

$$V_{Rd} = V_{Rd,I}/e \text{ [kN/m]}$$

La résistance au cisaillement entre les membrures supérieure ou inférieure et la nervure suivant un plan horizontal (plan 1 sur la figure ci-dessous) devront être systématiquement vérifiée.

De plus, il convient de vérifier la résistance au cisaillement entre les nervures et les membrures suivant un plan vertical (plan 2 sur la figure ci-dessous). Cette vérification est menée conformément à l'article 6.2.4 de la NF EN 1992-1-1 en considérant la variation d'effort normal dans les membrures sur une longueur de 52 cm correspondant à la distance libre entre deux nervures.

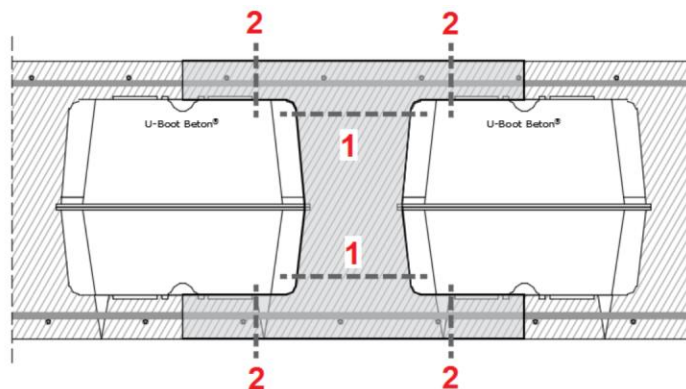


Figure 8 - Sections entre nervures et membrures à vérifier au cisaillement.

2.3.4.3. Poinçonnement

Au voisinage des poteaux, les planchers « U-Boot Béton® » présentent une section en béton plein. Les corps creux U-Boot sont donc à disposer en dehors des zones de poinçonnement délimitées par le contour de contrôle de référence^{u1} selon EN 1992-1-1 §6.4.2 si des armatures de poinçonnement ne sont pas nécessaires. Si des armatures de poinçonnement sont nécessaires, les zones de poinçonnement sont délimitées par le contour^{uout,ef} à partir duquel les armatures de poinçonnement ne sont plus nécessaires.

Par ailleurs, il est nécessaire de vérifier la résistance au poinçonnement de la membrure supérieure sous l'effet d'une charge ponctuelle (par ex. charge d'exploitation^{qk} données par la section 6.3 de la NF EN 1991-1-1 en fonction de la catégorie du bâtiment). La charge considérée est positionnée sur la membrure, au droit du centre du caisson. La résistance de la membrure supérieure sera évaluée suivant les articles 6.4.4 et 6.4.5 de la NF EN 1992-1-1.

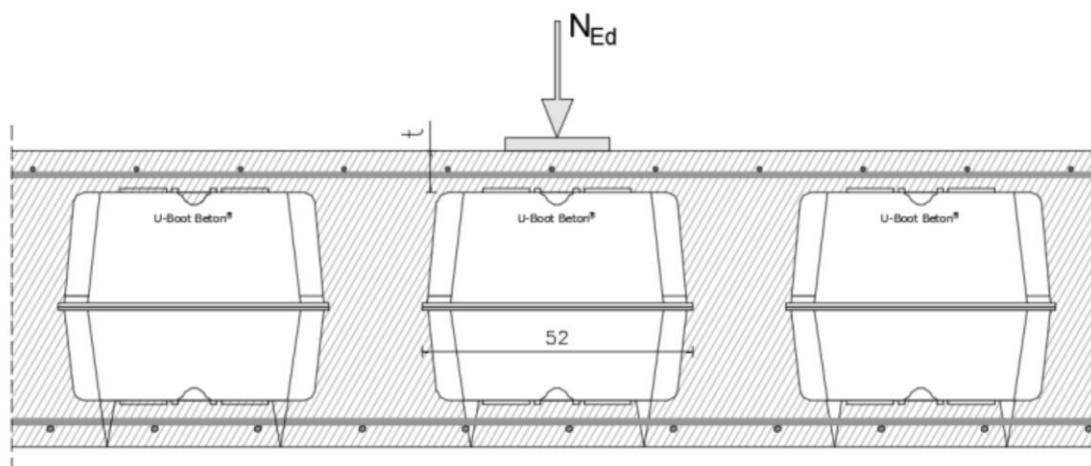


Figure 9 - Vérification au poinçonnement de la membrure au droit des corps creux.

2.3.4.4. Surface de reprise

Le coulage du béton est effectué en deux phases pour éviter le soulèvement par flottement des corps creux. Si la deuxième couche est coulée avant le début de la prise de la première couche (voir conditions de mise œuvre en œuvre au § 2.5), on peut considérer que le coulage est monolithique. Cependant, si pour des raisons d'organisation propre à un chantier, la deuxième couche est coulée après prise de la première couche, alors il s'agit d'une reprise de bétonnage. Il faut dans ce cas s'assurer que la surface de reprise est capable de transmettre le cisaillement entre les deux couches et prévoir des armatures de couture.

Le calcul de la résistance au cisaillement (V_{Rdi}) de l'interface et le dimensionnement des armatures de couture est mené selon NF EN 1992-1-1 §6.2.5, en considérant une surface lisse avec $c=0$.

2.3.4.5. Etats limites de service

La limitation des contraintes dans les armatures et le béton, la maîtrise de la fissuration sont à vérifier selon les §7.1 et §7.3 de la NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale française, en s'appuyant sur les poutres en I définies au §2.3.2.

La limitation de la flèche est à vérifier selon le §7.4 de la NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale française. Les valeurs de flèche seront déterminées par le modèle décrit au §2.3.2.

Pour le calcul de la flèche à long terme, il faut prendre en compte le fluage en réduisant de manière appropriée le module d'élasticité du béton, comme indiqué au §7.4.3 (5) - NF EN 1992-1-1, en calculant le coefficient de fluage, comme indiqué au §3.1.4 - NF EN 1992-1-1.

2.3.5. Résistance aux séismes

En cas d'utilisation en zones sismiques pour lesquelles des dispositions sont requises au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, les fonctions diaphragme, tirants-butons et l'intégrité suite au séisme doivent être rigoureusement vérifiées.

Afin de pouvoir remplir ces trois conditions, les dispositions constructives à adopter, sont les suivantes :

- La fonction diaphragme est assurée au même titre qu'une dalle pleine de raideur équivalente, pour les dimensions minimales. Les diaphragmes doivent pouvoir transmettre, avec une sur-résistance suffisante, les effets de l'action sismique aux divers contreventements auxquels ils sont liés ; cette prescription est considérée comme satisfaite si, pour effectuer les vérifications de résistance appropriées, les effets de l'action sismique sont multipliés par un coefficient de sur-résistance γ_d défini dans le §4.4.2.5 de la norme NF EN 1998-1. Le plancher « U-Boot Béton® » devra être dimensionné en prenant en compte un coefficient de sur-résistance $\gamma_{d1}=1,3$.
- Les planchers « U-Boot-Béton® » doivent être ancrés sur appui.
- Les sections d'armatures disposées dans le plancher « U-Boot Béton® » (armatures principales et armatures de répartition) sont calculées en fonction des charges à supporter. Ces armatures placées en chapeau sont à ancrer en rive dans des chaînages périphériques en béton armé coulés en œuvre, disposés pour véhiculer les actions horizontales sismiques aux éléments de contreventement verticaux. La longueur d'ancrage est calculée conformément à la NF EN 1998-1 et la NF EN 1992-1-1. Il doit exister d'une part un chaînage périphérique continu, d'autre part un chaînage au croisement de chaque élément de contreventement avec le plancher.
- Les renforts des trémies doivent être dimensionnés pour transmettre les efforts aux éléments de contreventement. Le diaphragme doit être dimensionné en conséquence.
- Afin d'assurer la fonction tirant-buton le plancher doit présenter en tout point une capacité de résistance ultime à la traction. La valeur de l'effort tirant-buton doit être déterminée par une étude sismique spécifique. Cet effort sera pris égal à la plus grande des deux valeurs suivantes : 15 kN/ml ou l'effort de tirant-buton déterminée par calcul.
- La traction dans les chaînages doit présenter une résistance en traction minimale de 70 kN conformément au §9.10.2.2 de l'EC2-1-1.
- Lorsque des exigences sismiques s'appliquent à des planchers monodirectionnels, la fonction diaphragme est assurée par ancrage de la membrure supérieure sur appui dans le sens longitudinal et transversal.

- Les effets des actions sont calculés sur la base d'une analyse élastique linéaire suivant la méthode des forces latérales équivalentes du §4.3.3.2 ou de la réponse modale du §4.3.3.3 de la norme NF EN 1998-1 selon la régularité en plan et en élévation du bâtiment.
- L'utilisation en zone 5 est possible moyennant la mise en place des armatures de coutures entre les deux phases de bétonnage en tenant compte d'un coefficient c pris égal 0 (§2.3.4.4 du Dossier Technique).

2.3.6. Stabilité en cas d'incendie

Le procédé de plancher avec élagissement « U-Boot Béton® » fait l'objet de l'Appréciation de Laboratoire n° AL 16-173_V2 délivrée par le CSTB. Selon celle-ci, pour une résistance au feu des planchers « U-Boot Béton® » inférieure ou égale à 2 heures, la stabilité en cas d'incendie peut être vérifiée en réduisant la résistance du béton et de s aciers d'armatures selon les champs de température donnés en Annexe de l'Appréciation de laboratoire N° AL 16-173_V2 du CSTB.

La résistance du plancher « U-Boot Béton » peut être également vérifiée, pour une durée d'exposition jusqu'à 3 heures, à l'aide des valeurs tabulées relatives à un plancher nervuré données par le §5.7.5 de la NF EN 1992-1-2 en négligeant l'apport de la membrure inférieure et en ferrillant les nervures de manière à vérifier la stabilité à froid du plancher nervuré résultant dans la situation de charge ELU accidentelle (incendie).

En situation d'incendie, lorsque la membrure inférieure est soumise à des contraintes en compression, le risque d'éclatement de celle-ci peut être avéré. Dans ces conditions, l'Appréciation de Laboratoire n° AL 16-173_V2 prescrit les dispositions à respecter afin de justifier la résistance plancher (critère R).

Les critères E et I sont normalement assurés sous réserve que le critère R soit atteint.

L'Appréciation de Laboratoire n° AL 16-173_V2 est valable pour des planchers « U-Boot Béton® » sans protection rapportée, qui satisfont simultanément les conditions dimensionnelles suivantes.

- Epaisseur totale du plancher d'au moins de 22 cm ;
- Epaisseur de membrure inférieure au moins égale à 7 cm ;
- Epaisseur de membrure supérieure au moins égale à 5 cm ;
- Hauteur d'âme de la nervure, au moins égale à 10 cm ;
- Largeur de la nervure, au moins égale à 10 cm ;
- Espacement des nervures (largeur caissons) au plus égal à 52 cm.

Pour des configurations de plancher « U-Boot Béton® » avec membrure inférieure d'épaisseur inférieure à 7 cm et supérieure ou égale à 5 cm, une protection coupe-feu est à prévoir en sous-face afin de vérifier la résistance au feu du plancher. Dans ce cas, la protection coupe-feu retenue devra faire l'objet d'un PV de résistance au feu sur support béton délivré par un laboratoire agréé par le Ministère de l'Intérieur.

2.3.7. Performance acoustique

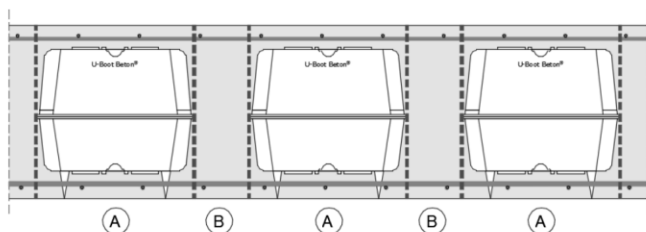
Des essais ont été réalisés sur un plancher d'épaisseur 34 cm avec et sans chape désolidarisée. Pour d'autres configurations, une évaluation acoustique du système doit être effectuée.

2.3.8. Performance thermique

Les planchers allégés avec U-Boot® peuvent être considérés comme des dalles en béton avec un intervalle d'air non ventilé.

2.3.9. Charges suspendues

Il est possible de suspendre des charges aux planchers allégés avec « U-Boot Béton® ». Les ancrages sont choisis conformément aux ETA dont ils relèvent, selon la zone du plancher dans laquelle ils sont utilisés : (B) au droit des nervures (dalle pleine) ou (A) au droit des corps creux (profondeur d'ancrage limitée par l'épaisseur de la membrure inférieure).



2.3.10. Revêtements et cloisons fragiles

Dans le cas de revêtements ou cloisons fragiles, le support doit respecter les conditions de flèche de l'Annexe Nationale de l'Eurocode 2 et les règles spécifiques applicables aux procédés de planchers concernés.

2.3.11. Support d'étanchéité en toiture terrasse

Les planchers « U-Boot Béton® » peuvent servir de support d'étanchéité de manière analogue à une dalle en béton armé traditionnelle.

2.3.12. Joints de dilatations

Les joints de dilatations sont conçus conformément aux prescriptions des Règles de la norme NF EN 1992-1-1.

2.4. Traitement des points singuliers

2.4.1. Incorporations dans le plancher

Les corps creux qui interfèrent avec les réseaux intégrés dans le plancher sont supprimés.

2.4.2. Travées biaisées

Au niveau de travées biaisées, les corps creux « U-Boot Béton® » sont à disposer le plus proche du bord possible en laissant entre celui-ci et le dernier corps creux un espace de largeur au moins égale à l'épaisseur de la dalle (et celle du mur à proximité d'un voile), respectant les vérifications au cisaillement prescrites dans l'Eurocode 2.

Le même critère est appliqué dans le cas de contours irréguliers ou courbes.

2.4.3. Trémies

Les corps creux sont à disposer à une distance au moins égale à l'épaisseur de la dalle du bord des trémies. La distance entre les corps creux et le bord devra respecter les vérifications au cisaillement selon l'Eurocode 2.

2.4.4. Planchers en pente

La pente des planchers est limitée à 5 %. Les conditions de bétonnage sont les suivantes :

- Pour la première couche, un béton de classe de consistance S4 sera utilisé.
- Le bétonnage sera réalisé en dirigeant la pompe directement dans les nervures en commençant par le haut et en descendant progressivement.

2.4.5. Réalisation des traversées

Les traversées, ou réservations, dans une dalle avec « U-Boot Béton® » peuvent être réalisées, avec les précautions appropriées, comme pour une dalle béton coulée sur place.

Pour éviter d'affaiblir la section par rapport aux contraintes de cisaillement et de réduire la capacité de résistance à la flexion en coupant les renforts longitudinaux, il est préférable de percer la dalle au milieu des éléments « U-Boot Béton® » d'allègement.

2.4.5.1. Réalisation des traversées avec intégration d'une protection coupe-feu[RC1]

La réalisation des traversées dans un plancher, qui respecte l'exigence REI, est une intervention locale. Il est réalisé correctement en se référant aux dispositifs coupe-feu de tubes présents sur le marché et en respectant son insertion dans le plancher.

Si la dalle doit être conforme à l'exigence REI, le tube et le collier au point d'insertion doivent également être conformes à l'exigence EI. Les systèmes de protection contre l'incendie doivent être testés conformément à la norme NF EN 1366-3 pour attester de cette performance.

2.5. Dispositions de mise en œuvre

Les éléments en béton armé du procédé de plancher « U-Boot Béton® » doivent être mis en œuvre conformément aux prescriptions du DTU 21 : Exécution des travaux en béton ; cahier des clauses techniques.

2.5.1. Coffrage, pose des corps creux « U-Boot Béton® » et ferrailage

La mise en œuvre avant bétonnage est la suivante :

- Réalisation d'un coffrage classique bois ou métal posé sur étaie.
- Pose du ferrailage inférieur. Attention à ne pas utiliser d'entretoises rectilignes parallèles.
- Pose des corps creux en utilisant les écarteurs prévus à cet effet permettant d'assurer l'entraxe souhaité, et après l'assemblage des éléments « single » dans le cas de l'utilisation d'éléments « double » ou « tower ».
- Pose du ferrailage des nervures et des zones de bord.
- Pose du ferrailage supérieur. Des entretoises intégrées prévues à cet effet sont situées sur le sommet des modules « U-Boot Béton® ».
- Pose du renfort de cisaillement et de poinçonnement, si prévus par le projet.

2.5.2. Bétonnage

Le coulage du béton doit être effectué en deux phases pour éviter le soulèvement par flottement des corps creux.

Une première couche est coulée jusqu'à combler une épaisseur de 2-3 cm au-dessus de la hauteur du pied élévateur. La vibration du béton doit permettre sa bonne répartition en sous face des éléments, sinon un béton autoplaçant doit être utilisé.

La deuxième couche ne peut être coulée qu'à partir du moment où le béton de la première couche a commencé à prendre. L'évaluation de la prise du béton peut être faite en plongeant un écarteur dans le béton et en vérifiant que celui-ci laisse une empreinte quand on le retire. Le délai entre les deux phases est fonction de la fluidité du béton et des conditions climatiques.

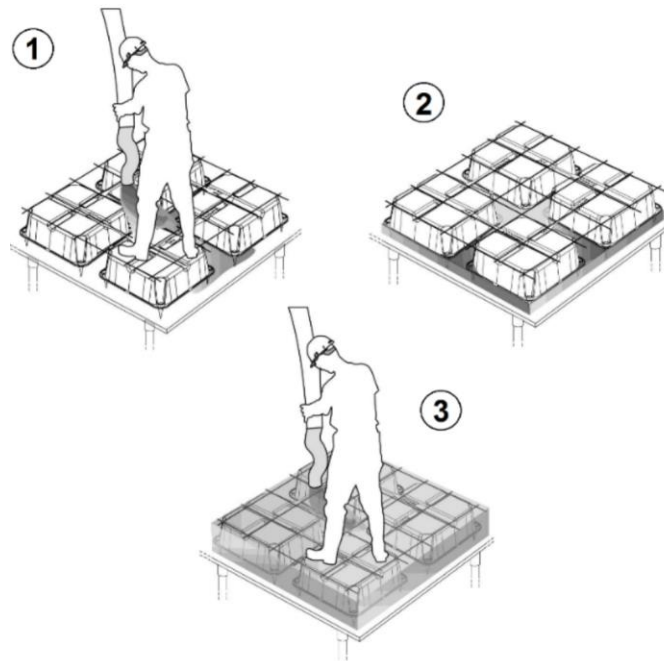


Figure 10 - Phase de bétonnage - Première couche (1) jusqu'à 2-3 cm au-dessus du pied (2), deuxième couche (3).

En l'absence de coupures, la deuxième couche doit impérativement être coulée avant la prise complète du béton.

Si des armatures verticales pouvant servir de coupures sont prévues et que la reprise de bétonnage est prévue par l'étude (voir §2.3.4.4), le coulage de la deuxième couche peut être fait après prise de la première couche. Sinon la deuxième couche doit être coulée avant la prise complète du béton.

Pour une exécution correcte de la dalle, il est indispensable de respecter les prescriptions et le temps des phases de coulage. Le non-respect de cette obligation ne pourra pas être compensé à la fin des travaux par des consolidations et il sera nécessaire de refaire la zone intéressée. La fiche d'auto-contrôle proposée au §2.12 l'Annexe 4 doit être complétée pour chaque coulage.

Le plan de calepinage « U-Boot Béton® » comporte la position des coffrages conformément à la note de calcul et au projet d'exécution. A ce même titre s'il est nécessaire de faire des arrêts de coulage, ceux-ci doivent être explicités dans le plan d'exécution.

L'arrêt de coulage doit être validé par le bureau d'étude d'exécution.

2.5.3. Retrait des étais

Les étais doivent être retirés avec les précautions d'usage. Lors d'un désétalement partiel du plancher, il faut prévoir la possibilité que les étais restants soient positionnés au droit d'un corps creux « U-Boot Béton® » et donc en présence d'une membrure mince. Le Concepteur devra justifier le poinçonnement au droit de l'étais ou prévoir des éléments de répartition.

2.5.4. Contrôle de la mise en œuvre

La méthodologie de mise en œuvre du procédé de plancher doit comporter un contrôle sur :

- La bonne implantation des armatures de renforcement du plancher « U Boot Béton » :
 - Utilisation correcte des cales d'armatures selon les recommandations du titulaire (§2.5.1 du DTED)
 - Maintien pendant le coulage et la vibration du béton.
- Le bon positionnement (entraxes, distances aux bords) des corps creux en polypropylène avant le coulage du béton : la mise en place des entretoises en polypropylène est obligatoire afin de garantir le bon espacement des corps creux.
- Le respect des conditions d'enrobage des armatures des membrures et nervures

2.6. Conditions d'exploitation et Assistante technique

2.6.1. Conditions d'exploitation

La fabrication des pièces en polypropylène recyclé, utilisés dans le cadre du procédé « U-Boot Béton », est réalisée par le titulaire de l'Avis Technique.

Le dimensionnement de procédé « U-Boot Béton » est assuré par le BET du titulaire ou le BET Structures en charge du projet ou du chantier.

Le plan de ferrailage et le plan de coffrage sont réalisés par le BET du titulaire ou le BET Structures en charge du projet ou du chantier.

Le plan de calepinage des corps creux est réalisé par le BET du titulaire ou par le BET Structures en charge du projet ou du chantier.

La mise en œuvre du procédé est réalisée par l'entreprise responsable de l'exécution du projet ou du chantier.

2.6.2. Assistance technique

Les documents à fournir par le titulaire et/ou le BET Structure sont :

- Les plans de calepinage des corps creux en polypropylène ;
- Les plans de coffrage et de ferrailage.

Sur demande, l'assistance technique se traduit par :

- Une assistance du titulaire aux Maîtres d'Œuvre pour les études de dimensionnement du procédé « U-Boot Béton® »,
- La mise à disposition le logiciel « U-Boot béton design software »,
- Une assistance aux entrepreneurs pour les études d'exécution,
- Une présence sur chantier d'une équipe DALIFORM GROUP S.r.l. lors de la mise en œuvre des ouvrages.
- La commercialisation est assurée par DALIFORM France.

2.7. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.7.1. Fabrication

La fabrication des éléments utilisés dans le cadre du procédé de plancher « U-Boot Béton® » (modules de base et accessoires en polypropylène) est réalisée par DALIFORM GROUP S.r.l. dans son usine en Italie.

Le site de production DALIFORM GROUP S.r.l. ont les certifications suivantes :

- ISO 9001 ;
- ISO 14001 ;
- OHSAS 18001 ;
- SA 8000 ;
- Attestation de compatibilité environnementale CCA.

La fabrication des éléments en polypropylène recyclé U-Boot Béton® fait l'objet d'un plan assurance qualité (cf.§ 2.7.2).

Le moulage est réalisé par un procédé par injection.

Une traçabilité par lot est assurée suivant les préconisations de la certification ISO 9001.

2.7.2. Contrôles de production

2.7.2.1. Contrôles internes

- La fabrication des éléments en polypropylène fait l'objet d'un Plan d'Assurance Qualité. Les contrôles sont réalisés durant les différentes phases de fabrication des éléments :
- Analyse des matières premières : vérification de la conformité des matières premières à leur réception ;
- Inspections pendant le processus : des vérifications et inspections sont effectuées pendant la phase de fabrication des éléments ;
- Inspection finale : avant leur stockage et expédition, des essais de poinçonnement sont réalisés par échantillonnage sur 3 modules par lot. La résistance minimale acceptée est 150 kg appliquée sur une surface de 5 x 5 cm au point le plus défavorable.
- Sur demande, DALIFORM GROUP S.r.l. peut produire :
 - La fiche de sécurité de la matière première
 - Les attestations de composition et d'origine de la matière première
 - Les tableaux de suivi des émissions dans l'atmosphère
 - Les procès-verbaux des essais de résistance effectués sur les corps creux U-Boot®.

2.7.2.2. Contrôles externes

L'usine de fabrication de DALIFORM fait l'objet d'un contrôle par an pour chacune des certifications citées au paragraphe 2.7.1.

2.8. Mention des justificatifs

2.8.1. Résultats expérimentaux

2.8.1.1. Feu

Appréciation de laboratoire n° AL 16-173_V2 délivrée par le CSTB.

2.8.1.2. Acoustique

Rapport d'essais CSTB n°AC11-26034519 concernant un plancher avec et sans chape flottante.

2.8.1.3. Structures

- Essais de mesure du volume de vide sur des plaques allégées « U-Boot Béton » (Politénico di Milano, Italie, 2016) : Rapport d'essai n°2015/1996.
- Essai à la rupture en flexion trois et quatre points sur de plaques allégées en BA. (Politénico di Milano, Italie, 2016) : Rapport d'essai 2015/0852.
- Essai à la rupture en flexion trois et quatre points sur de plaques allégées en BA. (Politénico di Milano, Italie, 2016) : Rapport d'essai 2015/1918.
- Essais de résistance au poinçonnement (Politénico di Milano, Italie, 2016) : Rapport d'essai n°2015/1800.ss

2.8.2. Références chantiers

Depuis l'exploitation de l'Avis Technique le procédé de plancher « U-Boot Béton® » plus de 200 000 m² de dalles allégées ont été réalisés. Exemples de références de chantiers en France :

Année	Lieu - Projet	Maître d'ouvrage	Destination	Produit*	Surface [m ²]
2018	Paris, la Défense – Tour Alto	White Tower D 2011 SCI	IGH Bureaux	U-Boot H16+10 ; H20+10	4'500
2020/21	Paris, la Défense – Tour Hekla	Bateg	Bureaux	U-Boot cone H14+6 ; H18+6 ; H20+6 ; H22+6	60'000
2020	Villejuif	Chazelle	Ecole	U-Boot 24+7 ; H20+7	2'000
2020	Ville de Moulins	Chaumette – Dupleix Bat	Muséum	U-Boot cone H24+7 ; H28+8	780
2020	Voreppe	CPC Groupe Delta	Supermarché	U-Boot cone H16+8	3'900
2020	Montauban	Demathieu Bard	Parking	U-Boot cone H36+8	10'800
2020	Hennebont	Somak	Commercial	U-Boot H20+8	1'800
2020	Trelazé	Donada	Hôpital	U-Boot cone H13+7	500
2020	Cergy	Bouygues	Commercial	U-Boot cone H37+10	500
2021	Paris	Firodi	Résidentiel	U-Boot H10+7	140
2021	Niort	Delta CTP	Ecole	U-Boot H26+9	150

*Codification des produits

U-Boot Hxx+y, U-Boot cone Hxx+y:

- xx : hauteur coffrage « U-Boot Béton® » ;
- y : hauteur pied (hauteur dalle inférieure).

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

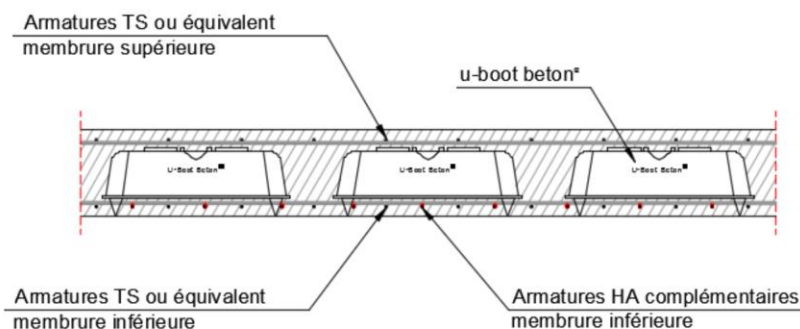
2.9.1. ANNEXE 1 : Dispositions types de ferrailage

2.9.1.1. Ferrailage des membrures

Le ferrailage standard des membrures des planchers U-Boot est réalisé avec des treillis soudés d'armatures (TS) ou équivalent. Les coupes suivantes représentent différentes façons de compléter ce ferrailage si le dimensionnement l'exige.

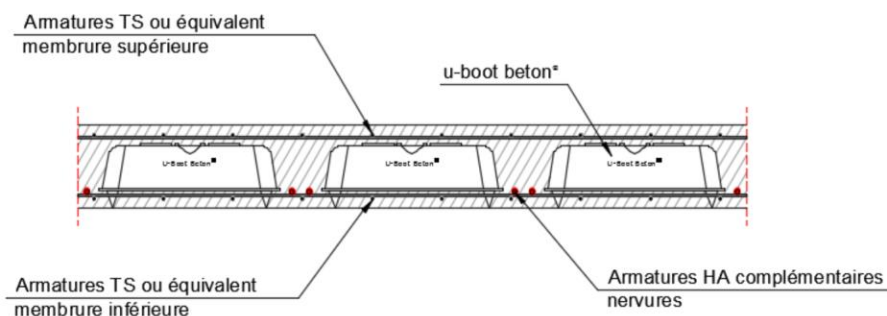
COUPE TYPE 1

Ferrailage plancher en travée courante, avec complément d'armatures HA distribuées en membrure inférieure



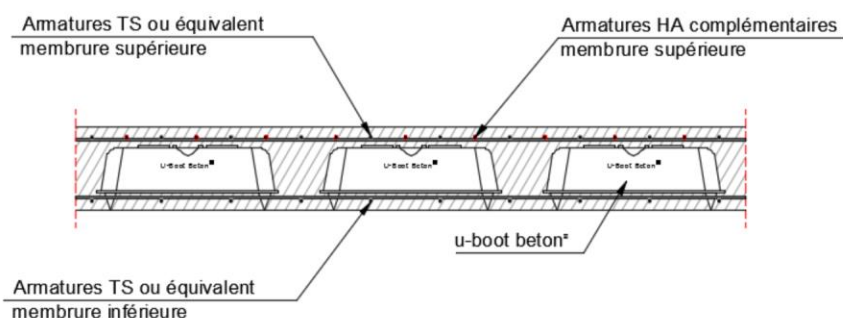
COUPE TYPE 2

Ferrailage plancher en travée courante, avec complément d'armatures HA concentrées dans les nervures



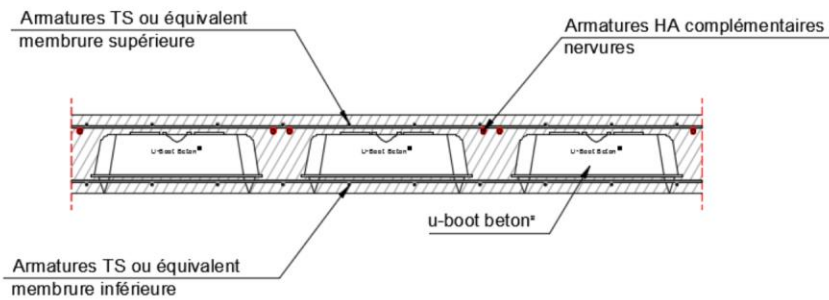
COUPE TYPE 3

Ferrailage plancher en zone d'appui, avec complément d'armatures HA distribuées en membrure supérieure.



COUPE TYPE 4

Ferraillage plancher en zone d'appui, avec complément d'armatures HA en membrure supérieure concentrées dans les nervures.

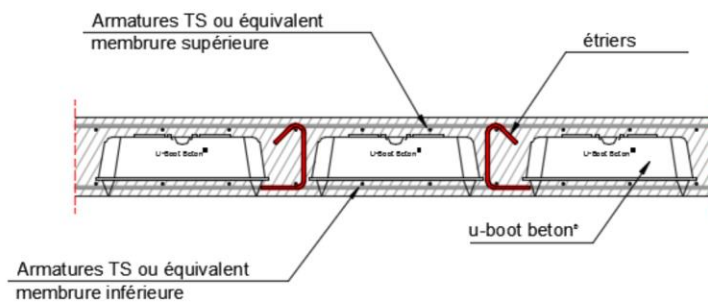


2.9.1.2. Ferraillage des nervures

Le type de ferraillage dans les nervures (armatures de couture ou effort tranchant) est laissé au choix du concepteur.

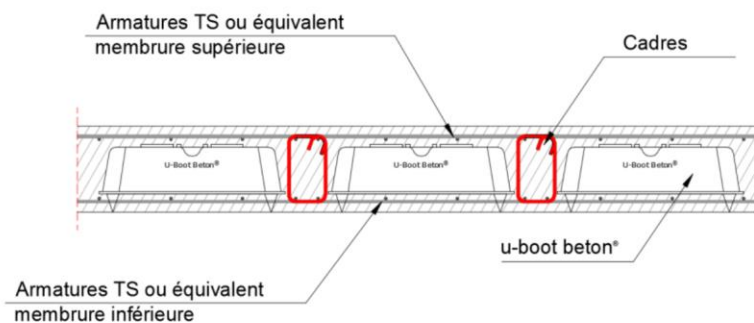
COUPE TYPE 5

Ferraillage des nervures avec étriers.



COUPE TYPE 6

Ferraillage des nervures avec cadres.

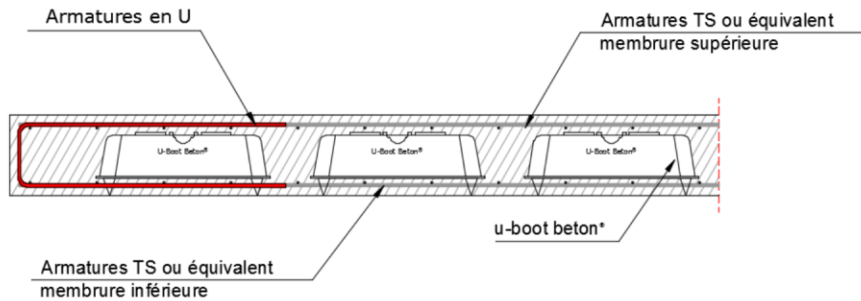


2.9.1.3. Ferrailage des bords de plancher

Le type de ferrailage en bord de plancher est laissé au choix du concepteur.

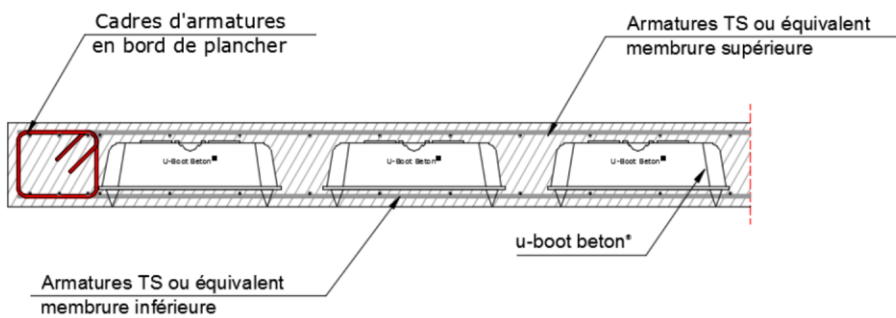
COUPE TYPE 7

Ferrailage en bord de plancher, avec armatures en U.



COUPE TYPE 8

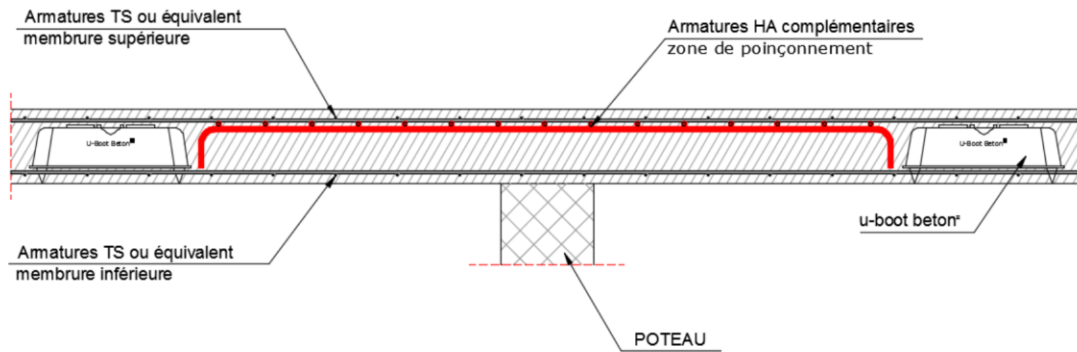
Ferrailage en bord de plancher avec cadres.



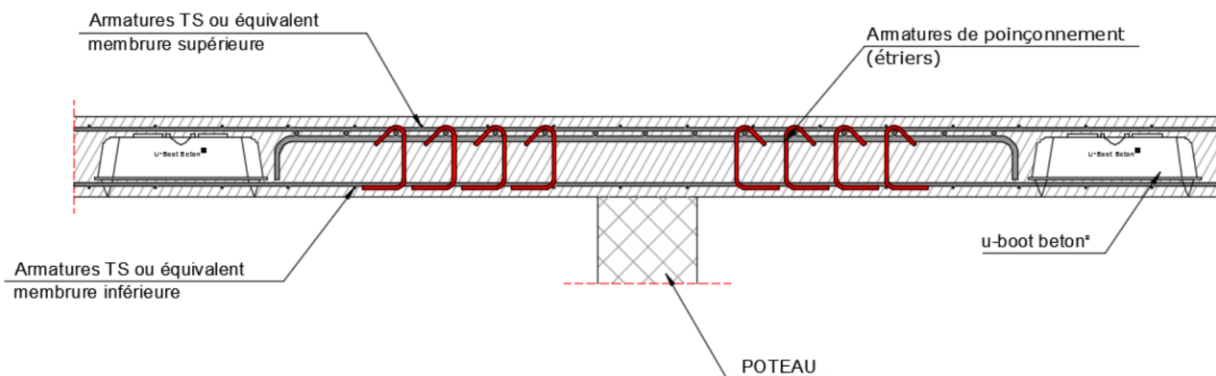
2.9.1.4. Ferrailage dans les zones de poinçonnement

COUPE TYPE 9

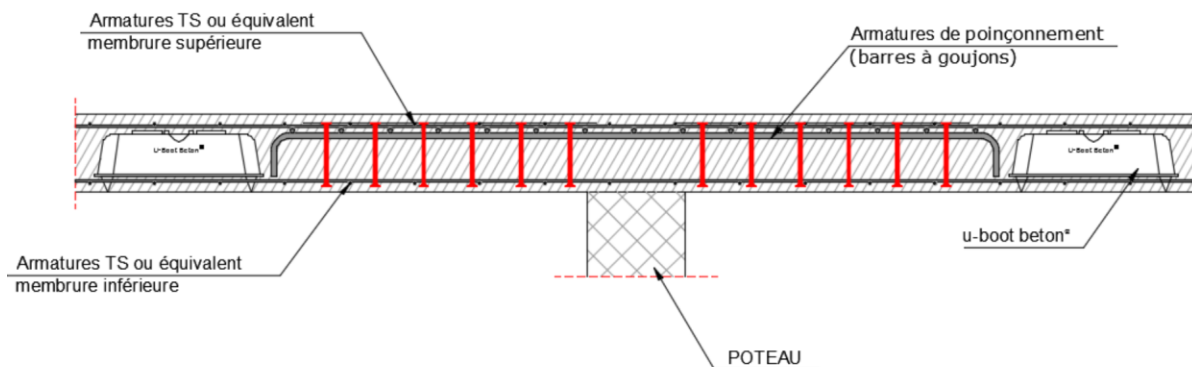
Ferrailage du plancher au droit d'une zone de poinçonnement, sans armatures de poinçonnement.

**COUPE TYPE 10**

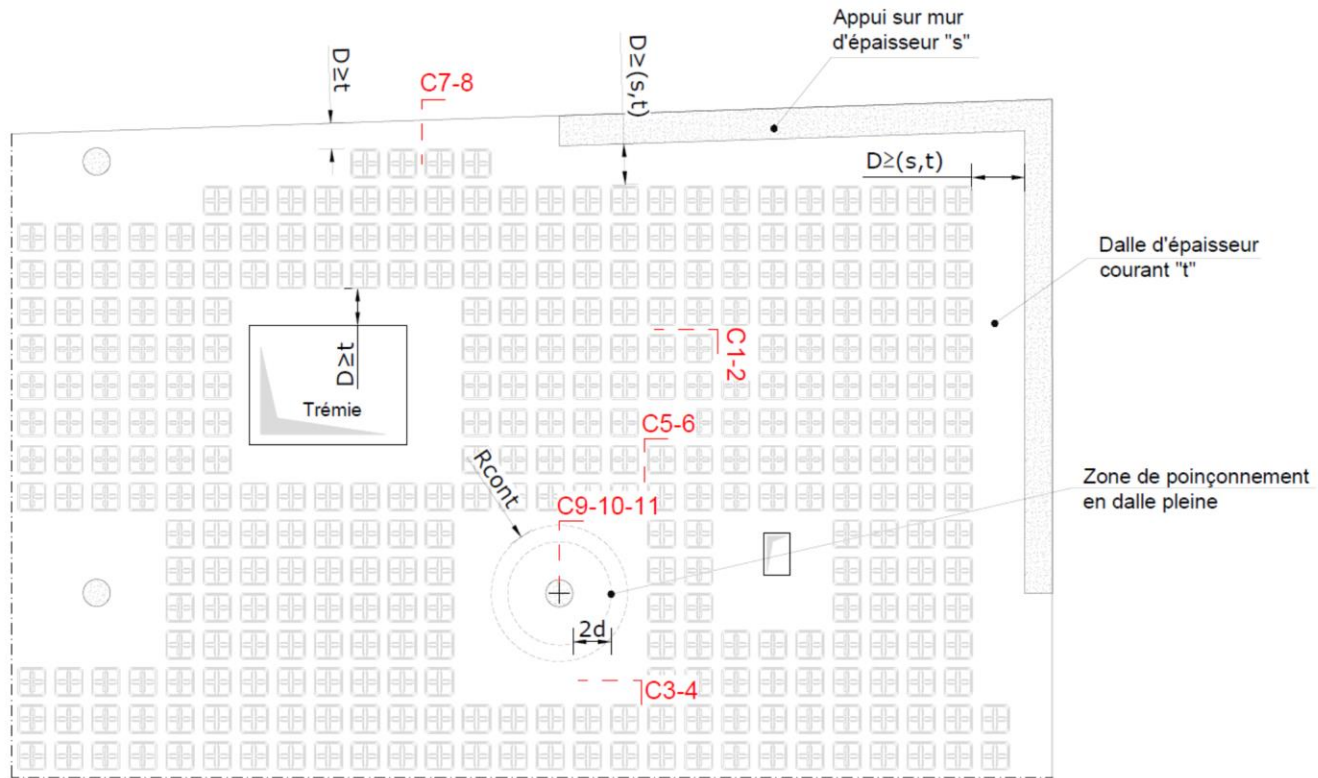
Ferrailage du plancher au droit d'une zone de poinçonnement, avec armatures de poinçonnement (étriers).

**COUPE TYPE 11**

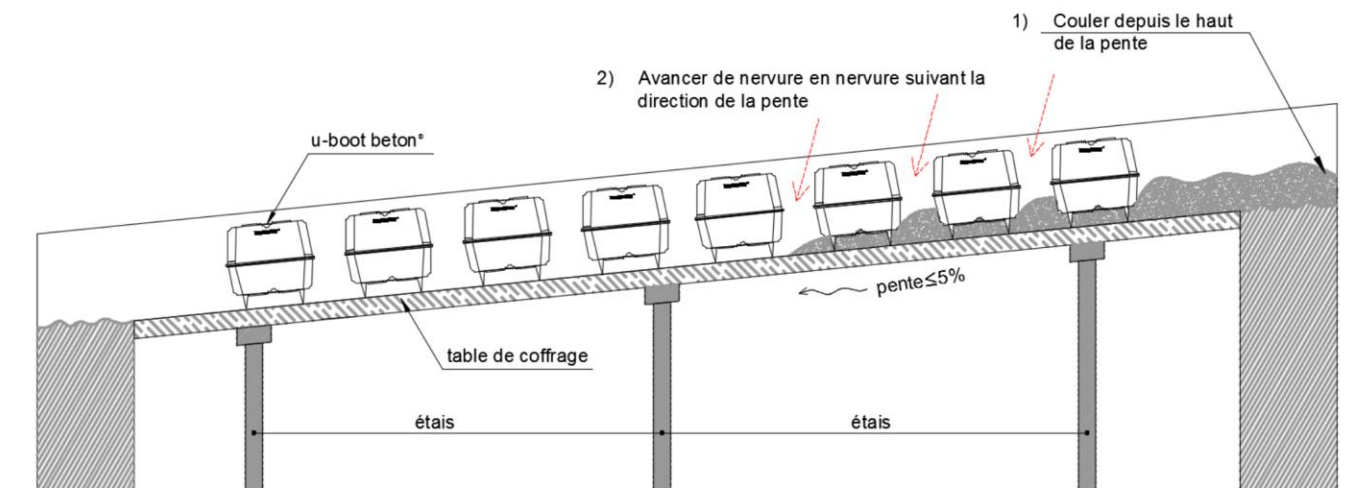
Ferrailage du plancher au droit d'une zone de poinçonnement, avec armatures de poinçonnement (barres à goujons).

**2.10. ANNEXE 2 : Traitement des points singuliers****2.10.1. Conditions géométriques à respecter à proximité des appuis, trémies et bords de plancher**

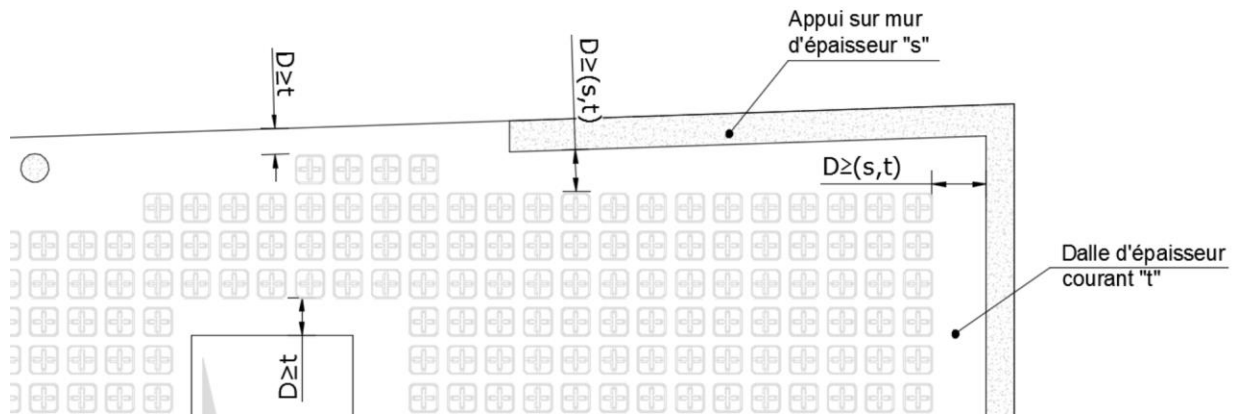
Les coupes type de l'Annexe 1 sont repérées à titre d'exemple en rouge.



2.10.2. Plancher en pente



2.10.3. Travées biaisées

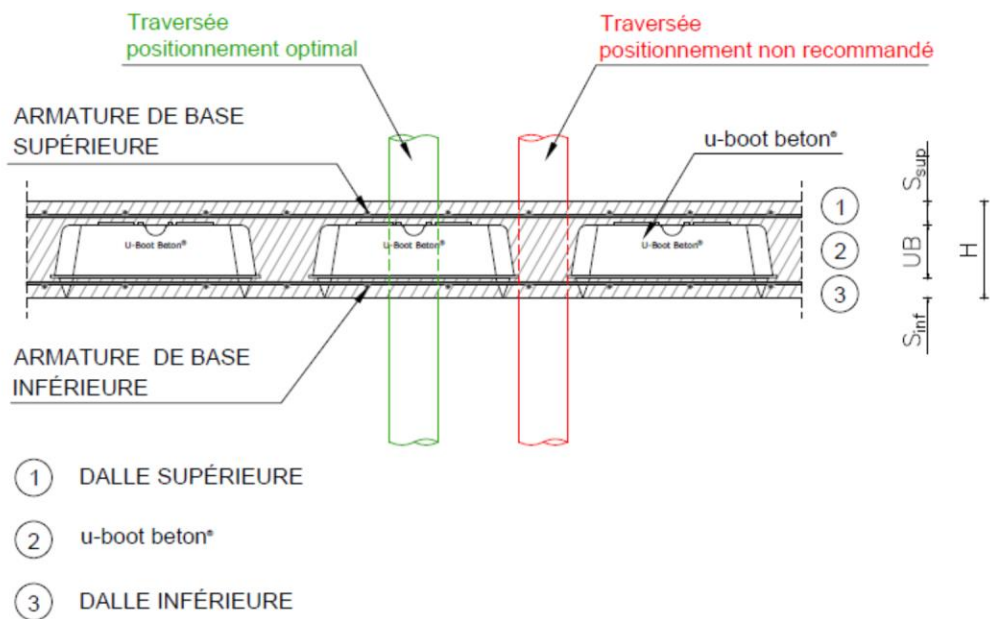


2.10.4. Réalisation destraversées[RC3]

Les traversées réalisées dans une nervure doivent être validées par un bureau d'étude de structure, qui indiquera les modalités de renforcement nécessaires (chevêtre ou élargissement des nervures par exemple).

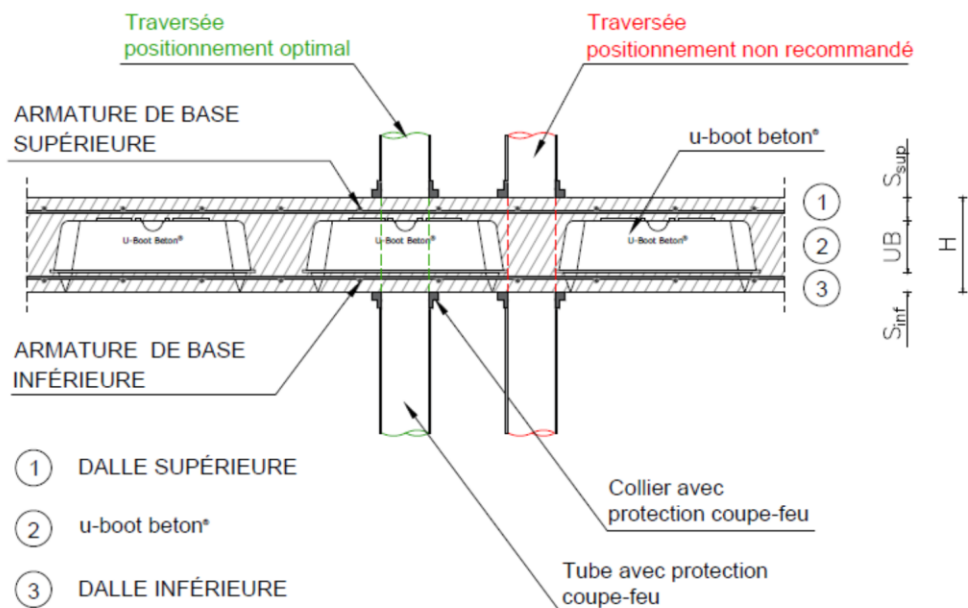
COUPE TYPE 12

Pour réaliser des traversées il est préférable de percer la dalle à proximité des éléments U-boot d'allégement



COUPE TYPE 13

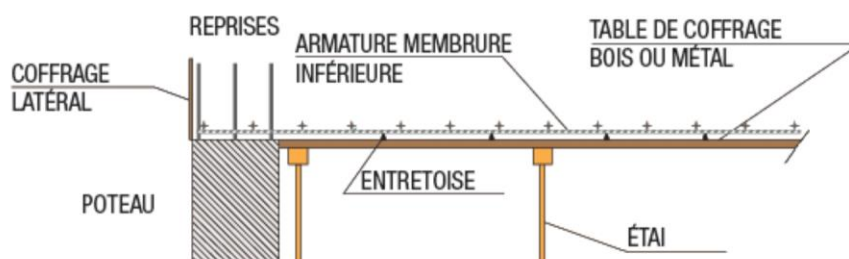
Pour réaliser des traversées il est préférable de percer la dalle à proximité des éléments U-boot d'allègement.
Si la dalle doit être conforme à l'exigence REI,
le tube et le collier au point d'insertion doivent également être conformes à l'exigence EI.



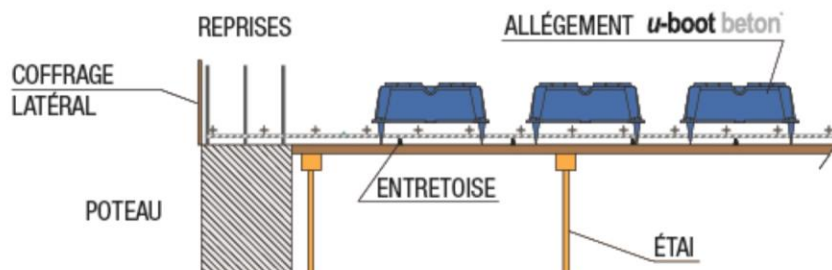
2.11. ANNEXE 3 : Phasage de mise en œuvre

1) Réalisation d'un coffrage classique bois ou métal posé sur étaielement.

- Pose du ferrillage inférieur. Attention à ne pas utiliser d'entretoises rectilignes parallèles.

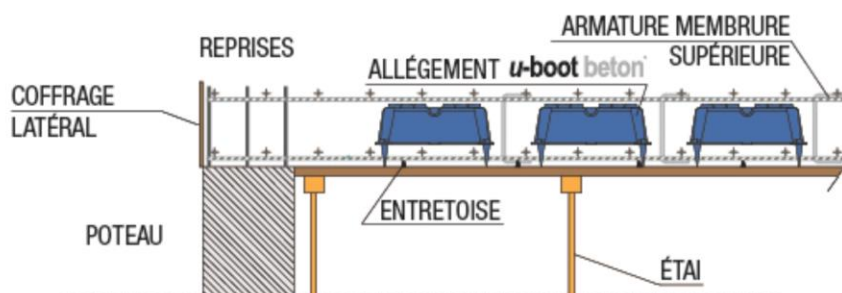


2) Pose des corps creux en utilisant les écarteurs prévus à cet effet permettant d'assurer l'entraxe souhaité, et après l'assemblage des éléments « single » dans le cas de l'utilisation d'éléments « double » ou « tower ».

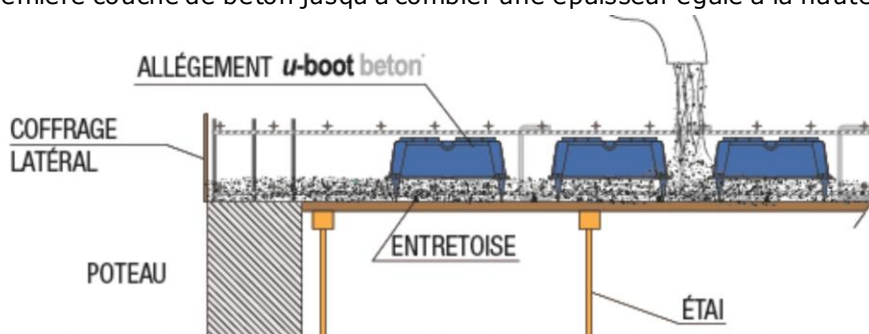


3) Pose du ferrillage des nervures et des zones de bord.

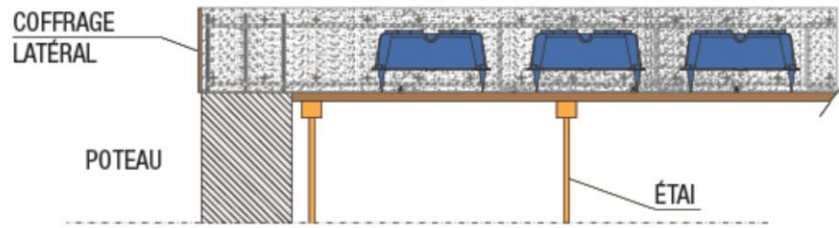
- Pose du ferrillage supérieur. Des entretoises intégrées prévues à cet effet sont situées sur le sommet des modules « U-Boot Béton® ».
- Pose des renforts de cisaillement et de poinçonnement, si prévus par le projet.



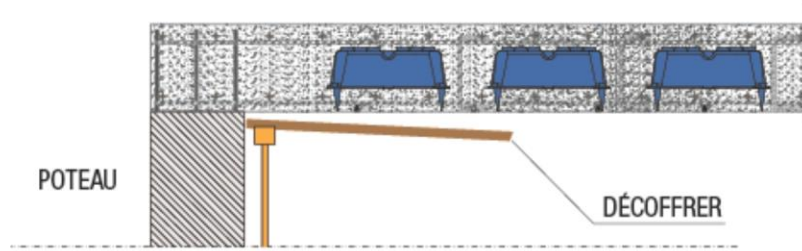
4) Coulage de la première couche de béton jusqu'à combler une épaisseur égale à la hauteur du pied élévateur.











5) Après prise suffisante de la première couche, coulage de la deuxième couche en noyant complètement l'U-Boot Béton®. Nivellement et lissage.



6) Après durcissement, décoffrage.



2.12. ANNEXE 4 : Fiche d'autocontrôle de coulage du plancher « U-Boot Béton ® »

PLANCHER U-Boot béton® - FICHE D'AUTOCONTRÔLE DU COULAGE		
 <p style="font-size: small;">Building Innovation & Creatori dell'igiù®</p>	<p>Daliform Group S.r.l. Via Serenissima, 30 - 31040 Gorgo al Monticano (TV) - Italy Tel. +39 0422 2083 - Fax +39 0422 800 234 www.daliform.com - info@daliform.com P.IVA e C.F. 04296720263 - Reg. Imp. n. TV 04296720263 REA n. 338635 TV - Cap. Soc. 40.000 € i.v. Rating di legalità: ★★+</p>	 <p style="font-size: x-small;">Certified Management System UNI EN ISO 9001 UNI EN ISO 14001, SS OHSAS 18001, SA 8000 Accredited to GBC Italia</p>
INFORMATIONS		
ENTREPRISE :		
OPERATEUR DU CONTRÔLE :		
CHANTIER :		
NIVEAU DE PLANCHER :		
CLASSE DE RÉSISTANCE BÉTON :	NF EN 206+A2/CN	
CLASSE DE CONSISTANCE BÉTON :	1ère COUCHE	2ème COUCHE
	NF EN 206+A2/CN	
SURFACE DE PLANCHER A COULER :	[m ²]	
PREMIÈRE COUCHE (jusqu'à 2-3 cm au-dessus de la hauteur du pied élévateur) :		
DATE :		
HEURE DEBUT COULAGE :		
HEURE FIN COULAGE :		
CONTRÔLE COULAGE DEUXIEME COUCHE :		
SANS COUTURE (avant prise du 1 ^{ère} couche):	<input type="checkbox"/>	AVEC COUTURE (avant ou après prise du 1 ^{ère} couche):
CONTRÔLE POSITIF DE LA PRISE DU BÉTON* :		
DATE :		
HEURE :		
DEUXIÈME COUCHE :		
DATE :		
HEURE DEBUT COULAGE :		
HEURE FIN COULAGE :		
*CRITÈRE DE VÉRIFICATION		
	<p>Enfoncer un écarteur dans la première couche de béton dont l'épaisseur doit être conforme à la fiche de prescription de pose Daliform® : elle doit dépasser de 2 à 3 cm le haut des pieds élévateurs des modules U-Boot béton®.</p>	
	<p>Un fois enfoncé, retirer l'écarteur et vérifier que l'empreinte de l'écarteur reste dans le béton de la première couche. Si c'est le cas, vous pouvez couler la deuxième couche.</p>	
	<p>Si ce n'est pas le cas, vous ne pouvez pas encore couler la deuxième couche. Veuillez attendre puis procéder à une nouvelle vérification.</p>	
<p>NB: Le coulage doit être effectué en tenant compte des phases de bétonnage et des conditions climatiques du jour de coulage afin d'éviter la réalisation d'une reprise de bétonnage lorsqu'elle n'est pas prévue par l'étude. Dans tous les cas, <i>la durée maximale entre deux passes de bétonnage sera de 2 heures</i> (sauf si une reprise de bétonnage est prévue sur les plans d'exécution).</p>		