

# Avis Technique 3.1/15-831\_V1

Annule et remplace l'Avis Technique 3/15-831

*Inserts de levage intégrés  
pour dalles alvéolées*

## Systeme de levage des dalles alvéolées KP1

**Titulaire :** KP1 R&D  
Quartier de la Grave  
Route Départementale 26  
30131 PUJAUT  
Tél. : 04.90.15.25.25  
Fax : 04.32.74.33.60  
Site internet : [www.kp1.fr](http://www.kp1.fr)

### Groupe Spécialisé n° 3.1

Planchers et accessoires de plancher

Publié le 14 mars 2018



Commission chargée de formuler des Avis Techniques et Documents Techniques  
d'Application

(arrêté du 21 mars 2012)

Secrétariat de la commission des Avis Techniques  
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2  
Tél. : 01 64 68 82 82 - Internet : [www.ccfat.fr](http://www.ccfat.fr)

**Le Groupe Spécialisé n° 3.1 « Planchers et accessoires de plancher » a examiné, le 21 Novembre 2017, le dossier de demande d'Avis Technique sur le procédé de levage de dalles alvéolées KP1, exploité par la société KP1. Il a formulé sur ce dossier l'Avis Technique ci-après, qui annule et remplace l'Avis Technique 3/15-831. Cet Avis a été formulé pour les utilisations en France Européenne.**

## 1. Définition succincte

### 1.1 Description succincte

Le procédé de levage des dalles alvéolées KP1 permet leur manutention au moyen d'élingues. Les crochets d'élingue sont passés dans les boucles qui ont été intégrées au moment de la préfabrication, à l'extrémité des éléments.

### 1.2 Identification

L'identification des dalles alvéolées est codifiée conformément au §2 du Dossier Technique.

## 2. AVIS

L'Avis porte uniquement sur le procédé tel qu'il est décrit dans le Dossier Technique joint, dans les conditions fixées aux Prescriptions Techniques (§ 2.3).

En particulier, ne sont pas visés au titre du présent Avis :

- Les accessoires de levage non incorporés aux dalles et placés entre les appareils de levage et la boucle (pinces, élingues, chaînes, sangles, câbles, organes de préhension, mains de levage, crochets, étriers, etc...)
- Les appareils de levage (grue mobile ou fixe, etc...)
- Les équipements de protection collective ou individuelle pour la sécurité des personnes (garde-corps, crochet, ligne de vie, etc..) installés sur les dalles et les éventuels éléments en attente dans les dalles pour recevoir ces équipements
- Tout autre système ou élément de levage pouvant être utilisé à la fabrication, au transport ou à la mise en œuvre

### 2.1 Domaine d'emploi accepté

Les dalles concernées sont les dalles de largeur standard et les dalles démodulées des gammes DSL et DSR de KP1, décrites au §2 du Dossier Technique, conformes au DTU 23.2 et à la norme NF EN 1168, éventuellement sur-épaissies. L'Avis ne vaut pas pour d'autres profils de dalles.

Les boucles de levage visées par cet Avis sont décrites dans le Dossier Technique établi par le demandeur. Elles sont réalisées à partir d'un fil d'acier de 12, 14 ou 16 mm de diamètre.

### 2.2 Appréciation sur le procédé

#### Stabilité

La manutention des éléments par des boucles insérées dans les dalles alvéolées permet d'assurer la sécurité lors du levage et de la manutention des dalles alvéolées KP1, sous réserve de respecter la notice de pose du fabricant et les prescriptions relatives aux portées limites décrites dans l'annexe « Valeurs d'Utilisation ».

Les équipements de levage utilisés sur chantier doivent correspondre aux préconisations fournies par le fabricant. L'utilisation de ces équipements doit impérativement être conforme au guide de mise en œuvre sécurisée et à la notice de manutention fournis par le fabricant.

En situation provisoire et définitive, la résistance de la dalle comportant des boucles est assurée moyennant le respect des dispositions décrites dans le Dossier Technique.

#### Données environnementales

Le procédé « Système de levage de dalles alvéolées KP1 » ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière.

#### 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.

### 2.3 Prescriptions Techniques

La mise en place des boucles de levage dans les dalles nécessite les conditions suivantes :

#### 2.3.1 Conditions de fabrication

Les boucles sont réalisées en acier galvanisé non allié de nuance C9D conforme à la norme NF EN 10016-2 :1994. La géométrie doit être conforme au Cahier des Charges établie par le fabricant.

L'enrobage des boucles doit respecter la codification détaillée dans le §2 et l'annexe II du dossier technique. En conséquence, l'enrobage nominal des torons concernés par les boucles par rapport à la sous-face de la dalle ne peut être inférieur à 25 mm pour les types DSL 16 et à 30 mm pour les autres types.

Les boucles sont positionnées sur une même ligne à 80 cm des abouts. Dans le cas des dalles biaisées, les boucles sont positionnées sur une même ligne perpendiculaire à l'axe de la dalle, la boucle la plus proche de l'about se situant à 80 cm de ce dernier. Dans le cas de découpes ou de trémies, une distance de 40 cm est respectée entre le bord de la réservation et l'axe de la boucle.

Les dalles alvéolées munies de boucles doivent disposer, pour leurs nervures concernées par les boucles, d'au moins une armature de précontrainte.

Le type de boucle associé à chaque profil de dalle doit être précisé dans les documents de fabrication, en conformité avec l'identification décrite dans le dossier technique du demandeur.

L'insertion des boucles est mécanique, la position transversale est paramétrée pour les dalles standards et définie par l'opérateur dans le cas des dalles démodulées.

Les trous d'évacuation d'eau seront réalisés :

- au voisinage de l'about de dalle sur l'ensemble des alvéoles ;
- au-delà des boucles de levage pour les alvéoles situées de part et d'autre des nervures comportant des boucles de levage.

#### 2.3.2 Conditions de conception

Sur la base des essais de qualification fournis par le titulaire, les valeurs de la Charge Maximale d'Utilisation (CMU) pour un insert sont calculées tel que décrit au §4.2 du Dossier Technique établi par le Demandeur.

Les résistances caractéristiques  $R_k$  calculées par projection verticale des valeurs obtenues à partir des essais réalisés à 60° sont indiquées en annexe du présent Avis.

Les valeurs des longueurs limites d'utilisation des dalles et des CMU doivent vérifier la formule ci-après :

$$CMU \geq \frac{(pL + Q) \cdot \gamma_{ed} \cdot \gamma_{pp}}{n_b}$$

$p$  = poids propre de la dalle par unité de longueur [daN/m]

$L$  = longueur limite d'utilisation de la dalle [m]

$Q$  = poids des équipements de sécurité éventuels [daN]

$n_b$  = nombre de points de levage effectifs (2 dans le cas de système non équilibrant, 4 dans le cas de système équilibrant)

$\gamma_{ed}$  = coefficient d'effet dynamique dû au levage = 1,15

$\gamma_{pp}$  = coefficient d'incertitude sur poids propre = 1,05

La formule ci-dessus correspond à une disposition symétrique des boucles. Dans les autres cas, on tiendra compte du positionnement des boucles pour la détermination des efforts.

Pour les dalles démodulées ne comportant que 2 boucles, le nombre de points de levage considéré pour la détermination de la portée limite doit être pris égal à 2.

Il est possible d'utiliser les boucles pour les dalles biaisées ou droites à condition que le décalage de la position des boucles dans le sens longitudinal n'excède pas 60 cm.

#### 2.3.3 Conditions de mise en œuvre

Etant donné qu'un dispositif d'équilibrage est systématiquement mis en place, l'angle maximum des biais est limité à 45°

Les plans et la notice de pose doivent comprendre à minima :

- L'angle limite de levage ;
- Le nombre de points de levage ;

- L'utilisation, d'un système équilibrant ;
- Les charges des équipements de sécurité prévus pour le domaine d'utilisation considéré (type de dalle, longueur limite d'utilisation).

### 2.34 Contrôles et certification

Cet avis ne vaut que pour les fabrications pour lesquelles les autocontrôles et les modes de vérifications, décrits dans le dossier technique établi par le demandeur sont effectifs.

### 2.35 Documents d'exécution

Le fabricant doit porter, dans les documents d'exécution, l'information sur le type de boucle de levage incorporée dans la dalle lors de la préfabrication. Le type d'élingue et de crochet associés doivent être précisés.

## Conclusions

### Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté (cf. paragraphe 2.1) est appréciée favorablement.

### Validité

À compter de la date de publication présente en première page et jusqu'au 31 décembre 2020.

---

## 3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

---

L'identification des boucles de levage en usine doit écarter tout risque d'erreur au moment de l'insertion. Les essais réalisés dans le cadre du contrôle de production décrit par le demandeur permettent de contrôler l'ancrage correct des boucles de levage afin de s'assurer que les valeurs garanties affichées en annexe soient toujours respectées.

*Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n°3.1*

*Pour le Groupe Spécialisé n°3.1  
Le Président*

# ANNEXE

## Valeurs d'utilisation

La présente annexe fait partie de l'Avis Technique : le respect des valeurs indiquées est une condition impérative de la validité de l'Avis.

Sur la base des essais de qualification fournis par KP1, les valeurs  $R_k$  pour une boucle sont données dans le tableau ci-dessous.

Ces valeurs sont issues de la projection verticale des valeurs obtenues à partir d'essais d'arrachement réalisés avec un angle de 60°, cette configuration ayant été identifiée comme la plus pénalisante.

Type Dalle	Diamètre de la boucle (mm)	$R_k$ – Projection verticale (kN)
DSL 1600	12	31,2
DSL 16B0	12	33,8
DSL 2000	12	43,8
DSL 20B0	12	43,8
DSR 2000	12	50,6
DSL 2400	14	60,0
DSL 24B0	14	60,0
DSL 2700	14	60,0
DSL 27B0	14	72,1
DSR 2700	14	64,6
DSR 2800	14	82,3
DSL 3200	14 ou 16	80,2
DSL 32B0	16	87,3
DSR 3600	16	100,5

### Détermination des valeurs de CMU

Les valeurs de CMU sont indiquées dans les certificats tel que prévu au §4.2 du Dossier Technique établi par le Demandeur et ne peuvent pas être supérieures aux résistances caractéristiques indiquées ci-dessus  $R_k$  divisées par 3.

### Vérification de la résistance des boucles au levage

$$CMU \geq \frac{(pL + Q) \cdot \gamma_{ed} \cdot \gamma_{pp}}{n_b}$$

$p$  : poids propre de la dalle par unité de longueur [kN/m]

$L$  : longueur limite d'utilisation de la dalle [m]

$Q$  : poids des équipements de sécurité éventuels [kN]

$n_b$  : nombre de points de levage effectifs (2 dans le cas de système non équilibrant, 4 dans le cas de système équilibrant)

$\gamma_{ed}$  : coefficient d'effet dynamique dû au levage =1,15

$\gamma_{pp}$  : coefficient d'incertitude sur poids propre =1,05

Note : La formule ci-dessus correspond à une disposition symétrique des boucles. Dans les autres cas, on tiendra compte du positionnement des boucles pour la détermination des efforts.

# Dossier Technique

## établi par le demandeur

## A. Description

### 1. Destination et principe

#### 1.1 Domaine d'emploi

Le procédé est destiné aux dalles alvéolées KP1 telles que définies ci-après. Il permet la manutention des éléments de largeur standard et des dalles démodulées. Le procédé est compatible avec les dalles présentant un about biais, tant que l'angle formé par le biais n'est pas supérieur à 45°.

Les dalles équipées de quatre boucles sont manutentionnées à l'aide d'élingues à brins équilibrés.

#### 1.2 Description succincte

Après extrusion, les boucles de levage sont insérées dans les dalles par une machine robotisée. Les dalles de largeur standard sont équipées de quatre boucles implantées longitudinalement à 80 cm de l'about et transversalement au droit d'une nervure proche de la rive.

Pour les dalles de largeur réduite, en fonction du nombre de nervures, le nombre de boucles est réduit à deux. Elles sont dans ce cas disposées suivant la diagonale.

#### 1.3 Gamme de boucles

Il existe 7 modèles de boucles de diamètres 12, 14 et 16 mm compatibles avec les différents types de dalles alvéolées. Leur géométrie est représentée en annexe I.

Tableau 1 – types de boucles

Modèle	Diamètre (mm)	Hauteur (mm)	Type de dalle
Boucle DA 16	12	142	DSL 1600 et DSL 16B0
Boucle DA 20	12	182	DSL 2000, DSL 20B0 et DSR 2000
Boucle DA 24	14	218	DSL 2400 et DSL 24B0
Boucle DA 27/28	14	249	DSL 2700, DSL 27B0, DSR 2700 et DSR 2800
Boucle DA 32_φ14	14	304	DSL 3200
Boucle DA 32_φ16	16	304	DSL 32B0 et DSL 3200
Boucle DA 36	16	335	DSR 3600

#### 1.4 Identification des boucles

Chaque lot de boucle est identifié, en particulier la hauteur, le diamètre et le numéro de série de celles-ci.

#### 1.5 Bouchons

Deux modèles de bouchons permettent de traiter l'ensemble de la gamme (cf. figure I.1 de l'annexe I). Ils épousent le contour de l'ouverture, évitant l'écoulement du béton de la dalle de compression vers les alvéoles en ménageant le contact béton/béton au droit de la nervure.

Tableau 2 – types de bouchons

Modèle	Type de dalle
SL	DSL 1600 et DSL 16B0
AL	DSL 2000, DSL 20B0, DSR 2000, DSL 2400, DSL 24B0, DSL 2700, DSL 27B0, DSR 2700, DSR 2800, DSL 3200, DSL 32B0, DSR 3600

## 2. Matériaux utilisés

### Boucles

Les boucles sont réalisées en acier galvanisé :

Fil machine en acier non allié de nuance C9D conforme à la norme NF EN 10016-2 : 1994.

Résistance à la rupture :  $R_m \geq 425$  MPa.

La masse de zinc par unité de surface  $\rho_A$  est au moins égale à 140 g/m<sup>2</sup> selon la norme NF EN 10244-2 : 2001.

### Bouchons

Éléments en polypropylène.

### Dalles alvéolées

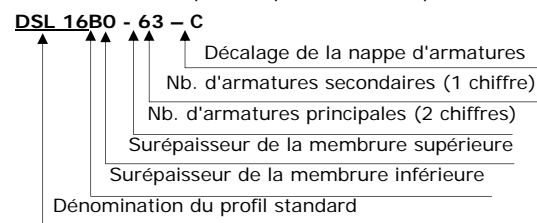
La géométrie des dalles et les exemples de ferrailages sont décrits à l'annexe IV du présent dossier technique.

L'annexe II précise pour chaque type de dalle la disposition des boucles dans la section transversale.

L'annexe III indique la position des boucles dans le plan des dalles, pour les dalles à about droit ou biais, pour les dalles de largeur standard ou démodulées.

Les dalles alvéolées KP1 sont marquées CE en référence à la norme NF EN 1168 et sont certifiées NF. Les certificats NF précisent les performances certifiées.

Le principe de la codification est explicité à partir de l'exemple suivant :



Les surépaisseurs de béton ou le décalage de la nappe d'armatures par rapport à la position standard sont codifiés comme suit :

Code	O	A	B	C	D	E
Surépaisseur ou décalage	Néant	5 mm	10 mm	15 mm	20 mm	25 mm

La dalle ainsi identifiée, d'épaisseur 170 mm, est obtenue à partir du profil de base DSL 1600 par surépaisseur de 10 mm sur la membrure inférieure. Le produit est ferrillé à partir de 6 torons T9,3 (armatures principales) et 3 torons T 6.85 (armatures secondaires) la nappe d'armatures est relevée de 15 mm par rapport au niveau standard.

## 3. Fabrication

La préparation du banc et la fabrication des dalles alvéolées sont identiques à celles d'une production de dalles sans boucles de levage. La machine à boucles est disposée sur le banc et suit l'extrudeur.

Au début de chaque banc, l'opérateur réalise l'initialisation de la machine au droit d'un inter-paquet. Il règle ainsi les déplacements du préhenseur en fonction de la position verticale et transversale des armatures.

La machine est ensuite déplacée au droit du prochain point d'insertion, l'alignement étant réalisé par laser.

Dans le sens longitudinal, les boucles sont généralement disposées à 80 cm de l'about, dans le cas des dalles avec abouts droits. Cette distance est ramenée à 40 cm dans le cas où la longueur des dalles est inférieure à 3.20 m. Dans le cas d'un about biais, limité à 45°, les boucles sont disposées à une distance telle que la plus proche de l'about se situe à au moins 80 cm de ce dernier (cf. figure III.1 b).

La position transversale est définie à l'annexe III pour les différentes largeurs de dalles. Cette position est paramétrée pour une mise en place automatique dans le cas des dalles de largeur standard. L'insertion est réalisée en mode manuel dans le cas de dalles démodulées.

Au voisinage de découpes ou de trémies, on respecte une distance minimale de 40 cm entre le bord de la réservation et l'axe de la boucle. La présence de réservations peut nécessiter de déplacer l'axe des boucles. La position retenue ne devra toutefois pas se situer à plus de 1.20 m de l'about. On vérifiera par ailleurs les contraintes de traction dans le béton au droit des points de levage et on tiendra compte de leur disposition non symétrique pour le calcul des efforts dans l'élingue.

Pour la mise en place de chaque boucle, la machine procède aux opérations suivantes :

- découpe de la membrure supérieure avec un outil approprié ;
- insertion de la boucle en trois étapes :
  - descente en dessous de la position définitive ;
  - rotation avec vibration ;
  - remontée sous vibration jusqu'au contact avec l'armature de précontrainte ;
- compaction avec vibration.

La mise en place de la boucle se fait sans apport ou retrait de béton. Les brins horizontaux de la boucle sont ancrés en dessous des armatures de précontrainte.

La tolérance du positionnement de la boucle dans le sens longitudinal de la dalle est de +/- 5 cm, et dans le sens transversal de +/- 1 cm.

L'opérateur vérifie visuellement la bonne mise en place : orientation, verticalité dans le sens transversal et longitudinal, ouverture de la boucle. Il contrôle également le nombre et la position latérale dans la dalle. Il met en place les bouchons.

L'ensemble des opérations est décrit de manière détaillée dans les modes opératoires pour la production.

La précontrainte est appliquée au béton à l'issue du cycle d'étuvage, après contrôle de la résistance du béton.

La rentrée d'armatures est contrôlée conformément au référentiel NF, deux comparateurs étant systématiquement disposés sur les armatures situées au droit des nervures comportant des boucles de levage.

## 4. Contrôles

### 4.1 Boucles

Pour chaque bobine livrée, le fournisseur d'acier des boucles réalise les contrôles suivants :

- poids ;
- aspect ;
- diamètre ;
- épaisseur de zinc ;
- résistance à la rupture  $R_m$  et allongement total à rupture (Agt %)

La géométrie des boucles est également contrôlée par le producteur à l'aide d'un gabarit pour vérifier le respect du cahier des charges établi par KP1.

### 4.2 Résistance à l'arrachement et CMU

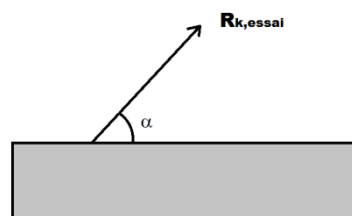
Les valeurs de résistance déclarées  $R_k$  ont été préalablement déterminées à partir d'essais de qualification réalisés sur un site de production KP1, sous la supervision d'un organisme extérieur. Ils ont fait l'objet des rapports d'essais décrits au paragraphe B.1 ci-dessous.

Lors de la mise en place du procédé sur un nouveau site, des essais initiaux sont réalisés dans les mêmes conditions que les essais de qualification de manière à vérifier l'atteinte des valeurs déclarées et ajuster les paramètres de la machine à boucle. C'est à l'issue de cette étape que les dalles avec boucles intégrées peuvent être mises sur le marché.

En phase de production, les essais de contrôle sont réalisés sur un élément intégré dans le banc. Deux boucles, implantées dans une dalle de 2.50 m, sont soumises à l'essai d'arrachement avec un angle de 60°, les essais de qualification ayant montré que cette inclinaison était la plus défavorable. La valeur de la projection sur la verticale la force de rupture à l'arrachement ne doit pas être inférieure à la valeur minimale  $R_{min}$  prise égale à 3 fois la CMU.

Les valeurs obtenues lors des essais d'arrachement à 60° sont projetées à la verticale afin de vérifier que la valeur minimale de résistance  $R_k$  est atteinte.

Type Dalle	$R_{k, \text{essai}}$ mesuré selon l'angle $\alpha$ (kN)	Angle $\alpha$ d'essai mesuré par rapport à l'horizontale pour les essais de suivi
DSL 1600	36,0	60°
DSL 16B0	39,0	60°
DSL 2000	50,6	60°
DSL 20B0	50,6	60°
DSR 2000	58,4	60°
DSL 2400	69,3	60°
DSL 24B0	69,3	60°
DSL 2700	69,3	60°
DSL 27B0	83,2	60°
DSR 2700	74,6	60°
DSR 2800	95,0	60°
DSL 3200	92,6	60°
DSL 32B0	100,8	60°
DSR 3600	116,0	60°



Dans le cadre de l'autocontrôle, les fréquences des essais mentionnées au § 2.6.2 du Référentiel de certification NF 384 « Dalles alvéolées en béton armé et en béton précontraint » sont respectées.

La résistance en compression du béton des dalles alvéolées au plus tard avant départ de l'usine, est supérieure aux valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous, contrôlée sur cubes 10x10x10 suivant la méthode du référentiel NF 384 pour la détension des armatures.

Type de dalle	Résistance minimale (MPa)
DSL 1600	30,0
DSL 16B0	30,0
DSL 2000	34,0
DSL 20B0	34,0
DSR 2000	30,0
DSL 2400	33,3
DSL 24B0	33,3
DSL 2700	30,0
DSL 27B0	30,0
DSR 2700	31,4
DSR 2800	33,4
DSL 3200	31,7
DSL 32B0	33,3
DSR 3600	33,8

*Note : les exigences liées à la mise en précontrainte peuvent nécessiter des résistances supérieures.*

Sur la base des essais de qualification, les valeurs de la Charge Maximale d'Utilisation (CMU) pour un insert sont données dans les certificats NF des dalles alvéolées et sont établies suivant les règles décrites dans le Référentiel de certification de la marque NF des dalles alvéolées en béton armé et en béton précontraint.

### 4.3 Certification NF

Les dalles munies d'inserts de levage font l'objet d'une certification de la marque NF «Dalles alvéolées en béton armé et en béton précontraint » suivant le référentiel de certification NF 384.

Les inserts répondent aux exigences de ce référentiel. Le respect des prescriptions du référentiel est vérifié par l'organisme extérieur dans le cadre de visites périodiques.

### 5. Manutention, mise en œuvre des dalles

La mise en œuvre des dalles alvéolées avec boucles de levage s'effectue de la même façon que pour les autres dalles alvéolées (conformément au DTU 23.2).

Les dalles alvéolées comportant 4 boucles sont mises en œuvre à l'aide d'élingues munies d'un dispositif d'équilibrage. Il n'est pas nécessaire de mettre en place de dispositif complémentaire (chaînes ou sangles) de sécurité.

La longueur des élingues doit être suffisante pour que l'angle d'élingage ne soit pas inférieur à 60°.

A chaque chantier, KP1 fournit à l'entreprise les préconisations de pose des dalles, précisant les conditions de levage et des références d'équipements adaptés.

Les dalles démodulées comportant deux boucles sont levées avec 2 élingues.

Avant bétonnage, l'entreprise vérifie la présence des bouchons et les remet en place le cas échéant.

### 6. Conception et calculs

Les boucles de levage sont représentées sur les calepins de fabrication. Le logiciel vérifie pour chaque dalle que la charge admissible par boucle n'est pas dépassée, considérant que son poids se répartit sur l'ensemble des boucles et faisant l'hypothèse que l'angle d'élingage est de 60°. Dans le cas contraire, le logiciel préconise un mode de levage différent (trous traversants ou sangles).

Les dalles alvéolées KP1 peuvent être utilisées dans les conditions d'environnement vis-à-vis desquelles l'enrobage des armatures de précontrainte est satisfaisant. La présence des boucles de levage n'est pas prise en compte pour vérifier les exigences de durabilité.

La résistance de la dalle à la flexion et à l'effort tranchant au droit des boucles intégrées est légèrement affectée par la suppression locale de la membrure supérieure et d'une partie de la nervure.

La résistance à la flexion est vérifiée à l'abscisse considérée en considérant la section réduite au droit de la boucle.

La résistance à l'effort tranchant est déterminée en appliquant un coefficient réducteur  $\delta$  à la résistance à l'effort tranchant de la dalle sans boucle de largeur standard, avec :

$$\delta = \alpha * \beta$$

Le coefficient  $\alpha$ , établi à partir d'essais et de modélisations numériques, est donné dans le tableau suivant en fonction du type de dalle :

Type Dalle	$\alpha$
DSL 1600 et DSL 16B0	0,90
DSL 2000 et DSL 20B0	0,80
DSR 2000	0,70
DSL 2400 et DSL 24B0	0,70
DSL 2700 et DSL 27B0	0,80
DSR 2700 et DSR 2800	0,70
DSL 3200 et DSL 32B0	0,85
DSR 3600	0,70

Le coefficient  $\beta$  est égal au rapport de la somme des largeurs de nervures intègres de la dalle considérée à la somme des largeurs de nervures intègres de la dalle de largeur standard.

Note:  $\beta = 1$  pour le calcul de la dalle de largeur standard.

## B. Résultats expérimentaux

### 1. Arrachement des boucles

Rapport d'essais de qualification de la résistance à l'arrachement des boucles :

- Rapport CERIB référence 08 DQI 316 en date du 22/12/2008 ;
- Rapport CERIB référence 09 DQI 106 en date du 23/02/2009 ;
- Rapport CERIB référence 09 DQI 841 en date du 04/12/2009 ;
- Rapport CERIB référence 10 DQI 302 en date du 23/04/2010.

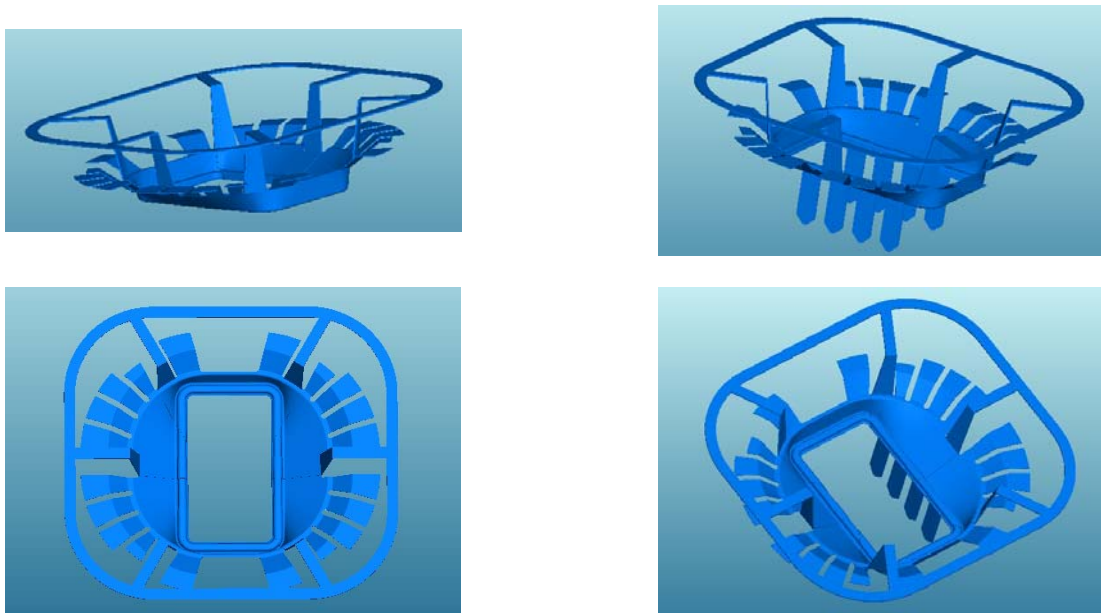
### 2. Effort tranchant

Rapports d'essais d'effort tranchant réalisés au CERIB :

- Rapport CERIB référence 09 DRI 213 en date du 15/04/2009 ;
- Rapport CERIB référence 09 DRI 256 en date du 15/04/2009 ;
- Rapport CERIB référence 09 DRI 375 en date du 12/06/2009 ;
- Rapport CERIB référence 09 DRI 785 en date du 13/11/2009.

## C. Références

Depuis juillet 2011, plus de 800 000 boucles ont été mises en œuvre dans les dalles alvéolées KP1.



a) Vue du modèle SL

b) Vue du modèle AL

Figure I.1. – Représentation 3D des bouchons

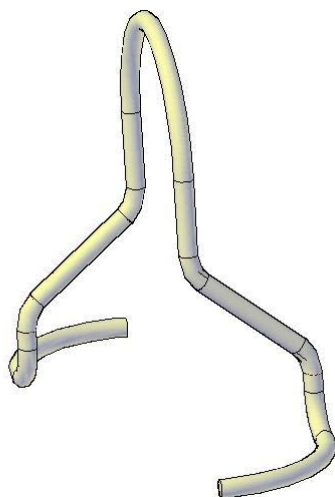
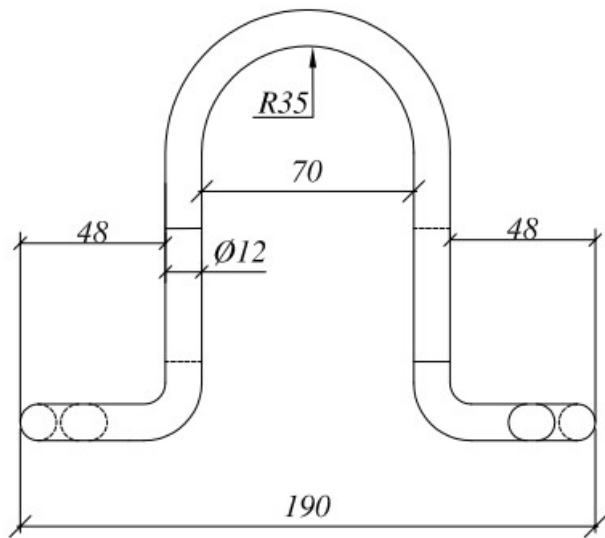
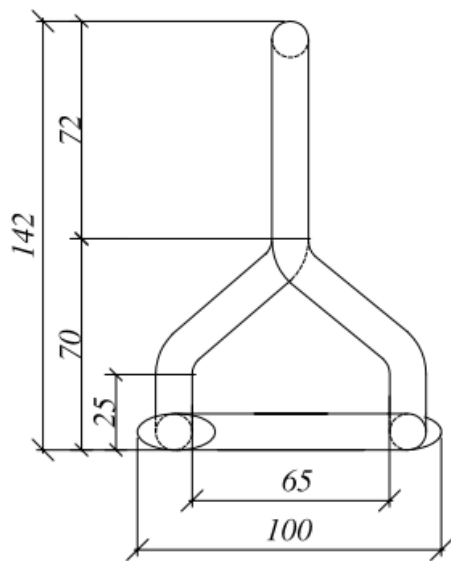


Figure I.2. – Représentation 3D de la boucle de levage (schéma de principe)





Détail écrasements

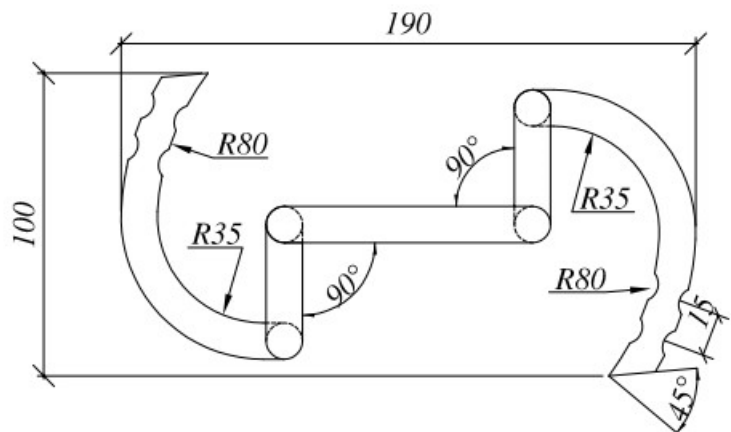
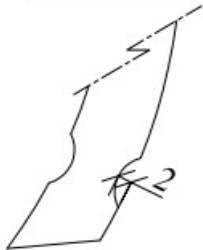
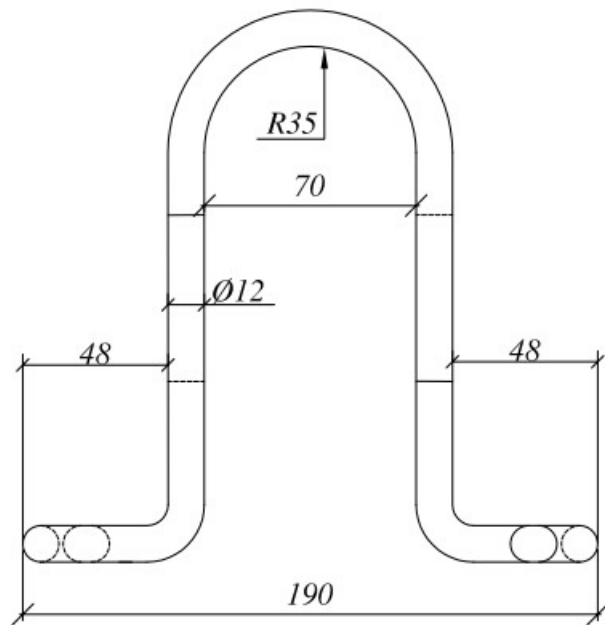
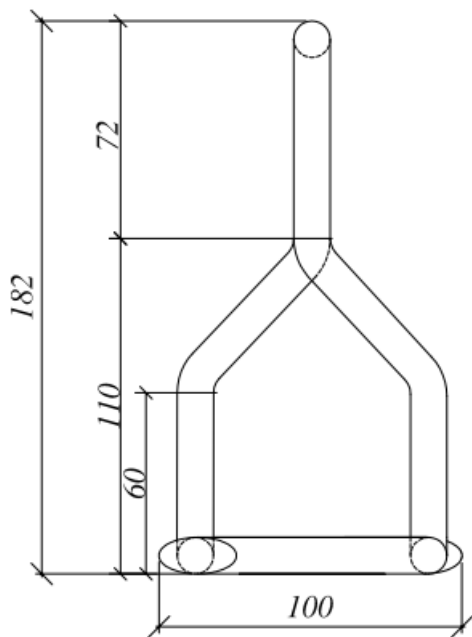


Figure I.3.– Boucle DA 16 pour dalles DSL 1600 et DSL 16B0



Détail écrasements

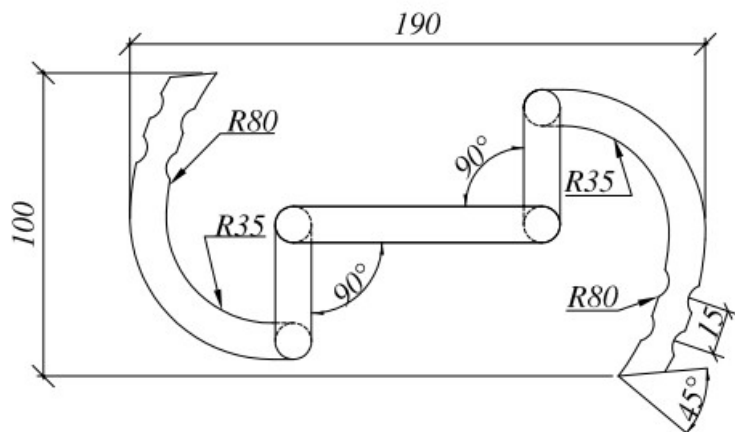
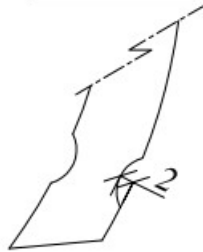


Figure I.4.- Boucle DA 20 pour dalles DSL 2000, DSL 20B0 et DSR 2000

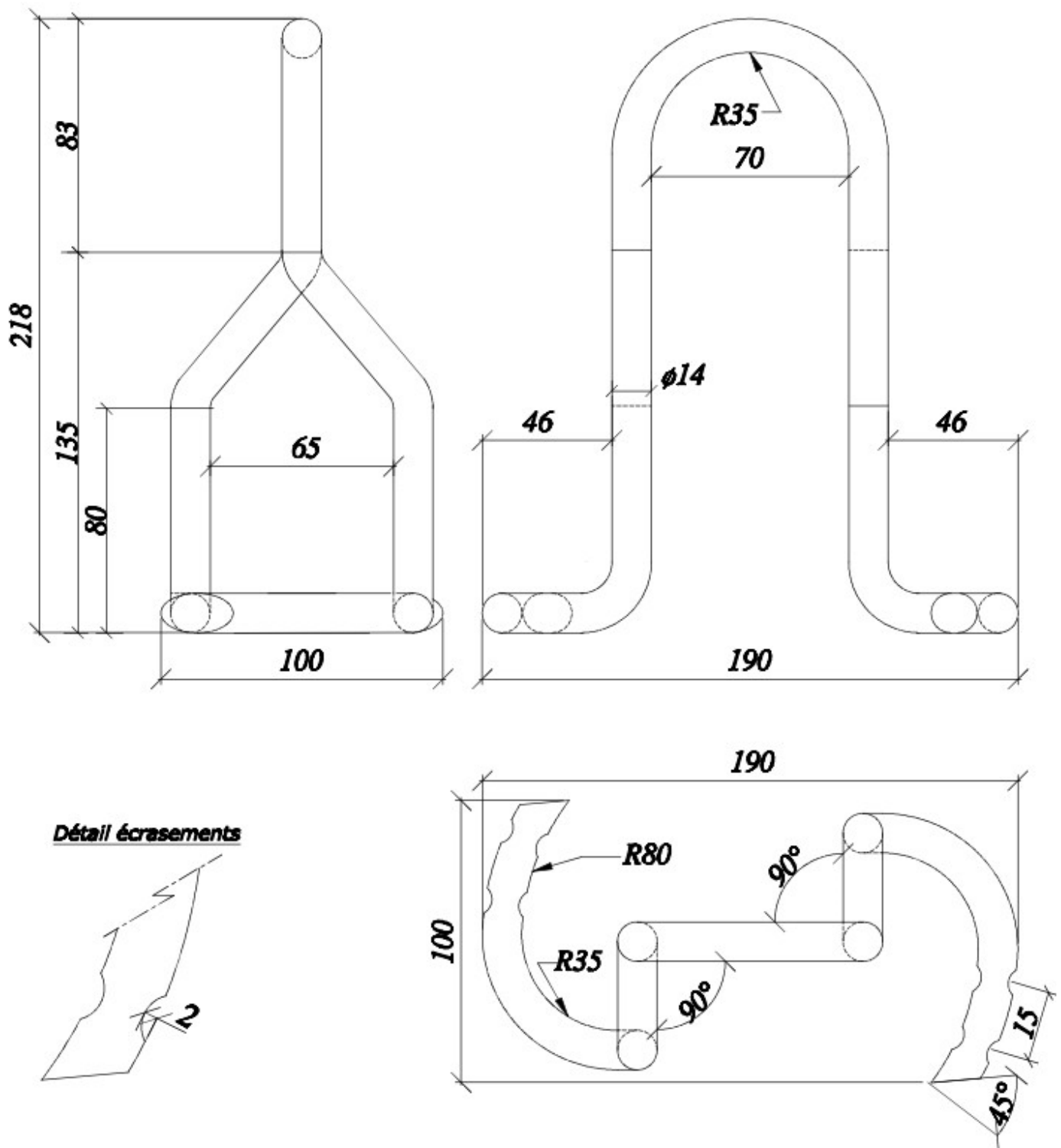


Figure I.5.– Boucle DA 24 pour dalles DSL 2400 et DSL 24B0

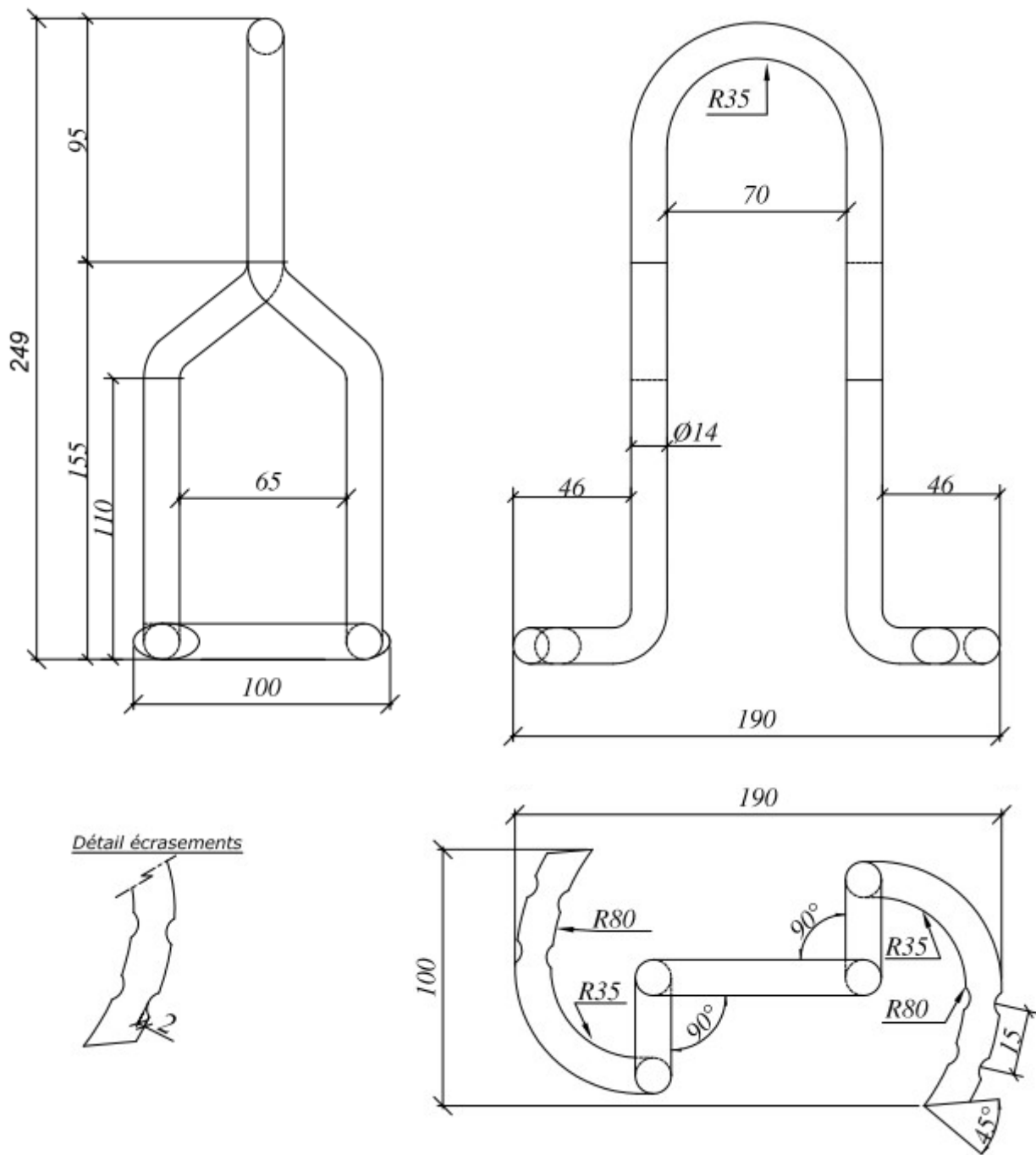
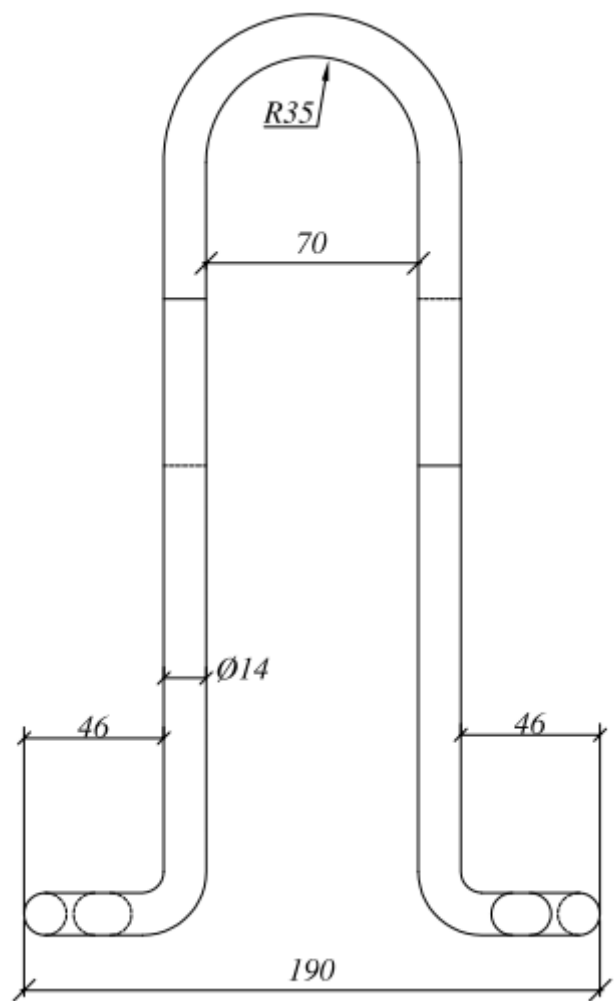
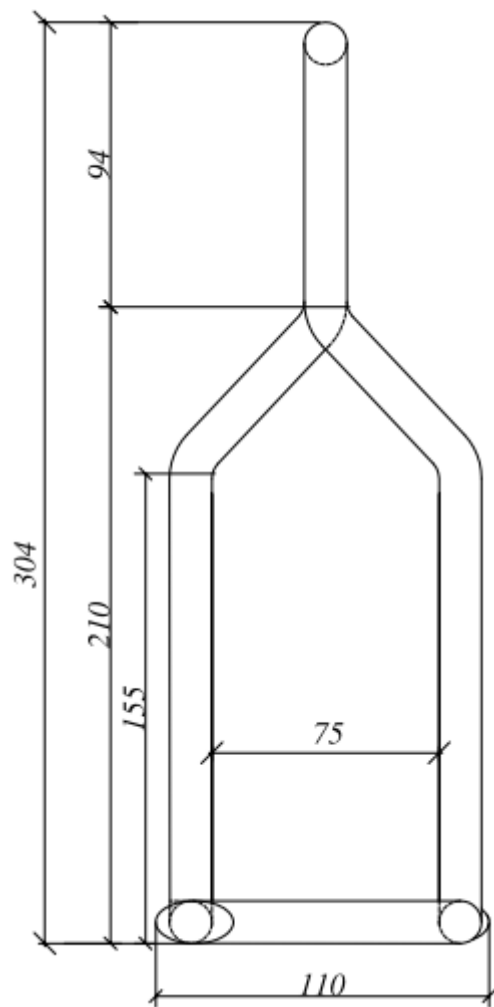


Figure 1.6.– Boucle DA 27/28 pour dalles DSL 2700, DSL 27B0, DSR 2700 et DSR 2800



Détail écrasements

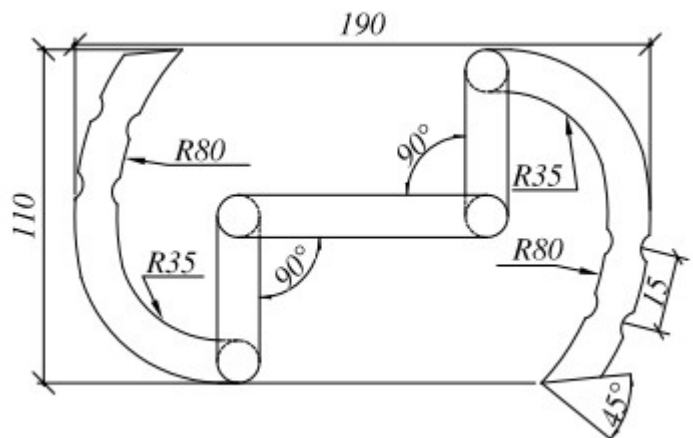


Figure I.7.- Boucle DA 32\_ 14 pour dalles DSL 3200.

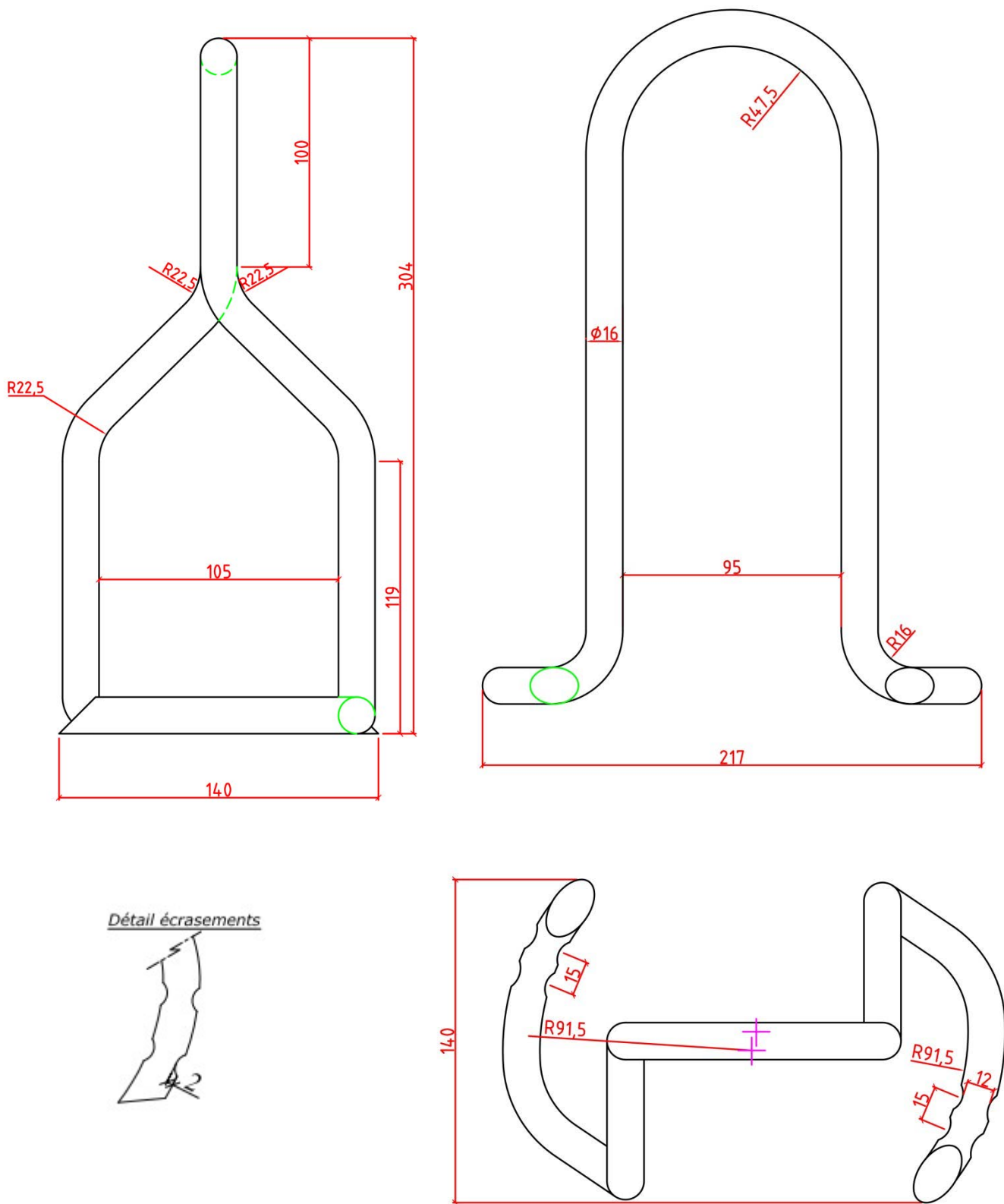
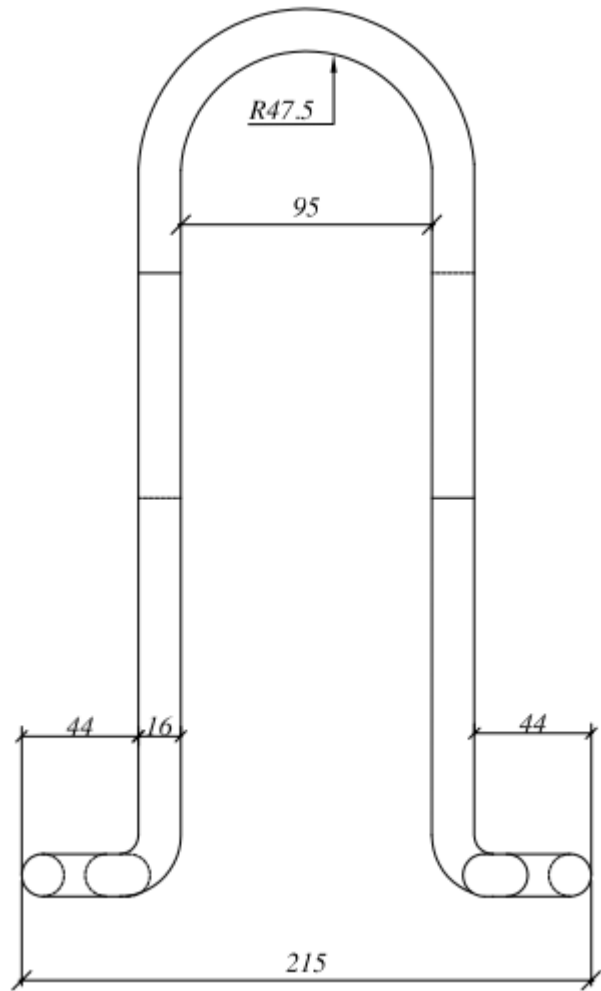
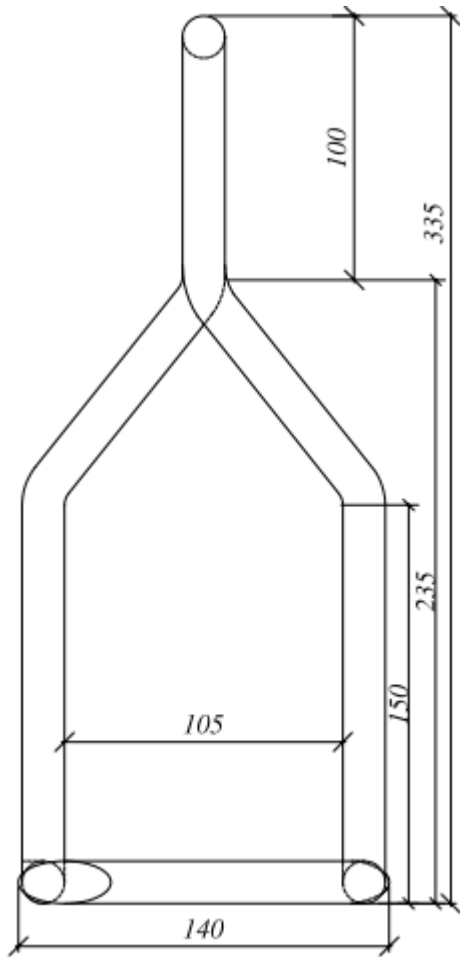


Figure I.8.– Boucle DA 32\_ 16 pour dalles DSL 3200 et DSL 32B0.



Détail écrasements

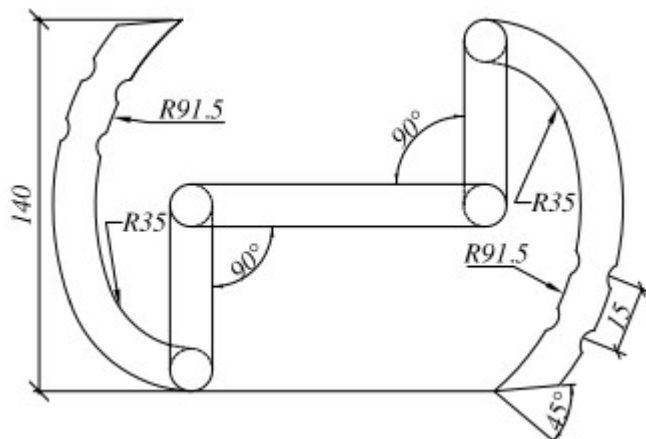
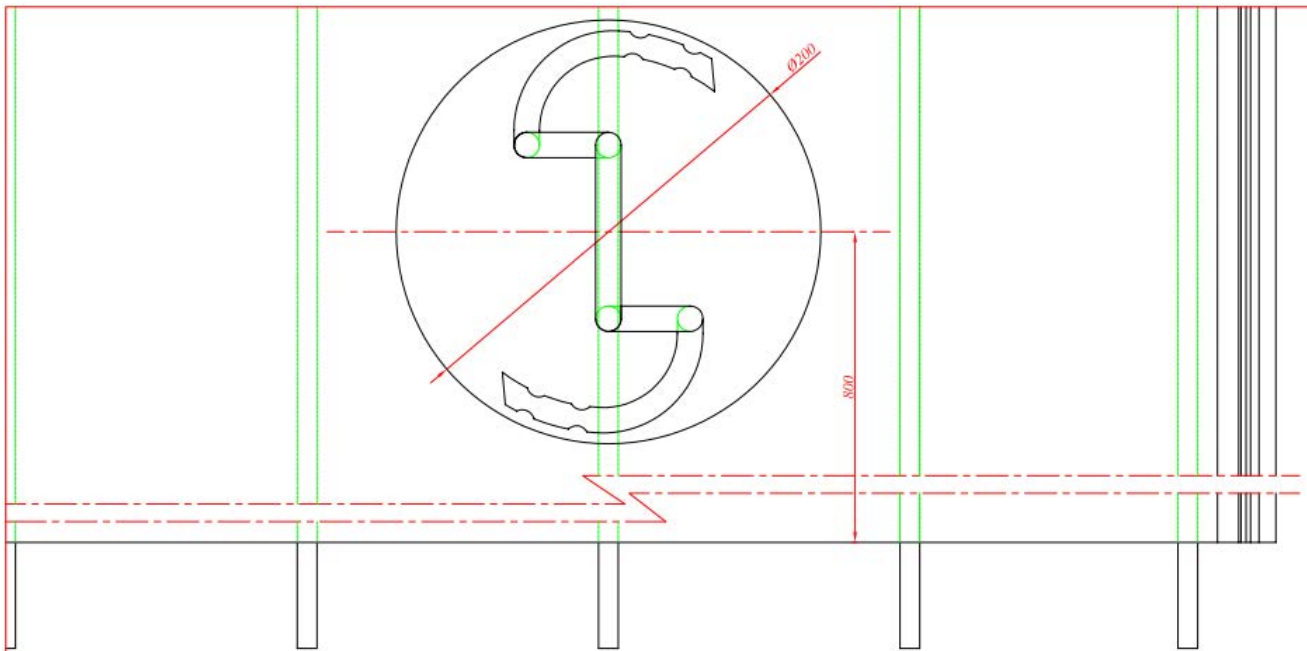
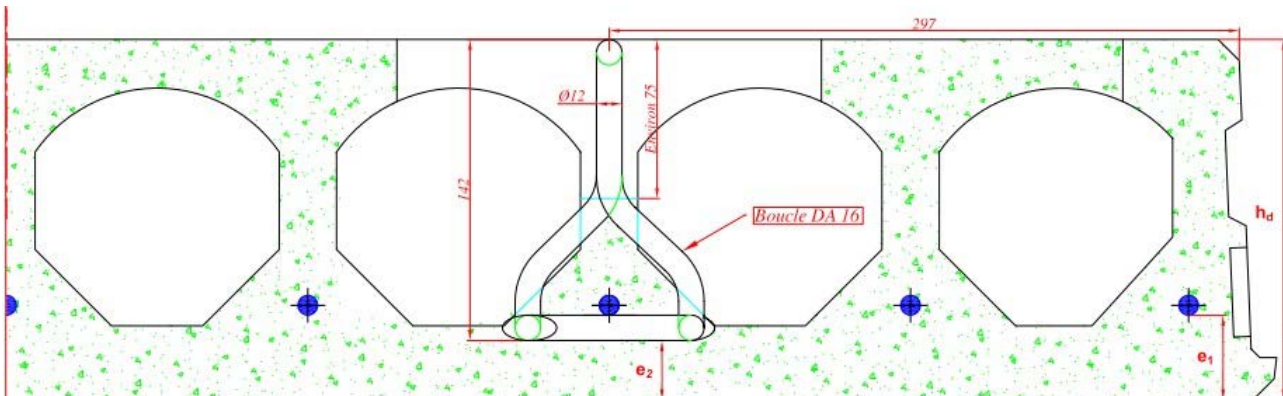


Figure 1.9.- Boucle DA 36 pour dalles DSR 3600

## Annexe II. Disposition des boucles dans les dalles alvéolées de largeur standard



a) Vue de dessus

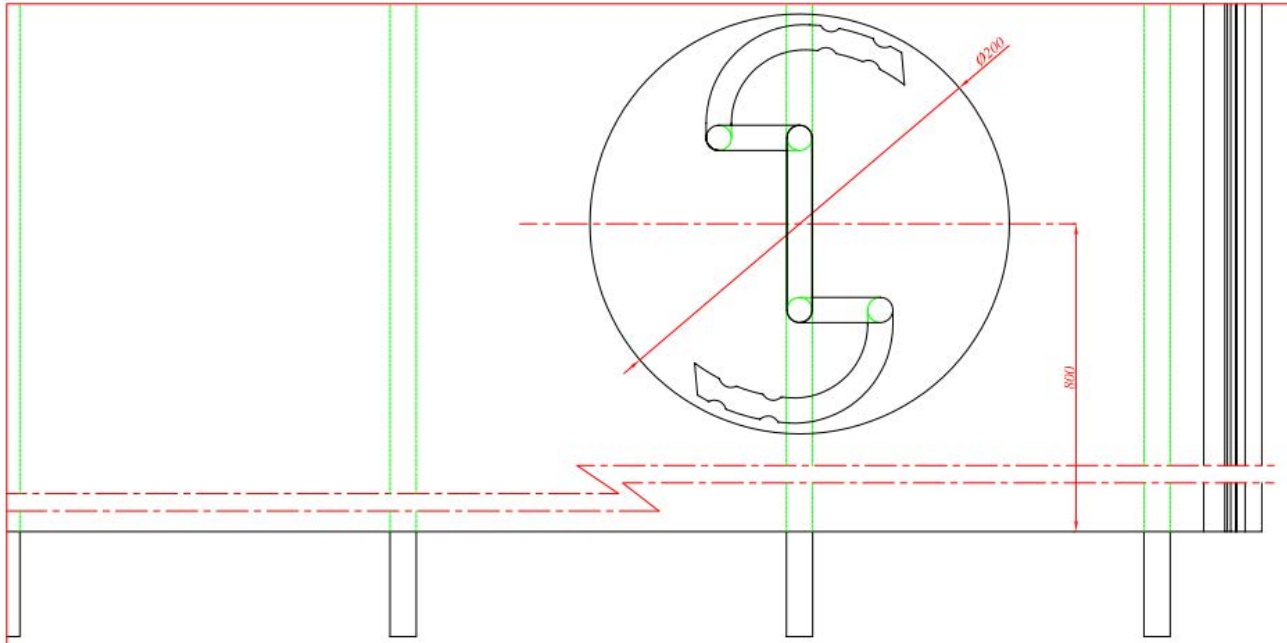


Type de dalle	$h_d$	$e_1$	$e_2$
DSL 1600 - xxx - 0	160	25	13
DSL 16B0 - xxx - C	170	40	28

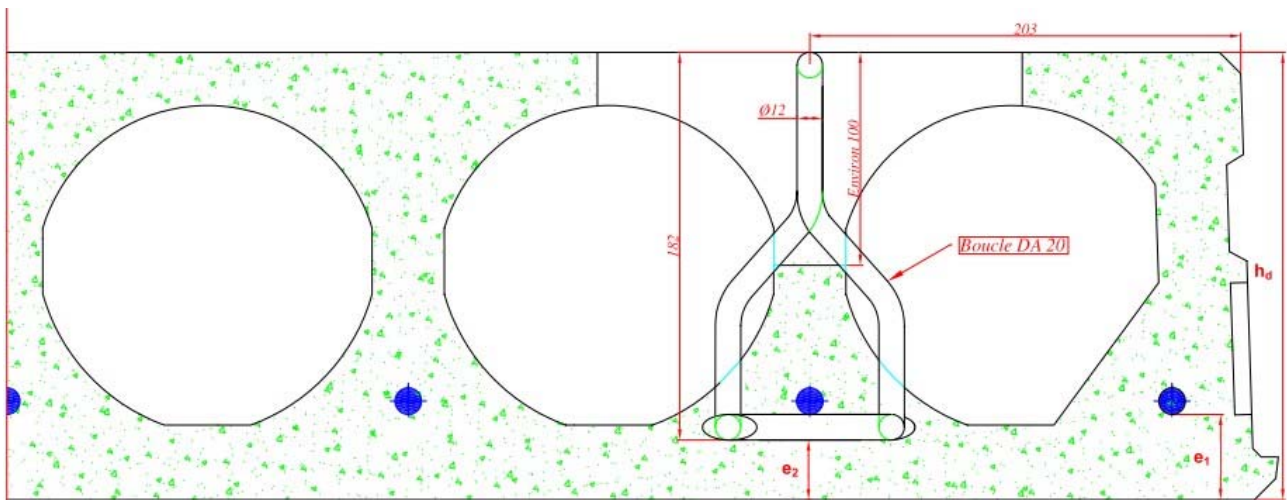
b) Coupe transversale sur dalle DSL 1600

Figure II-1 - Disposition dans les dalles DSL 1600 et DSL 16B0





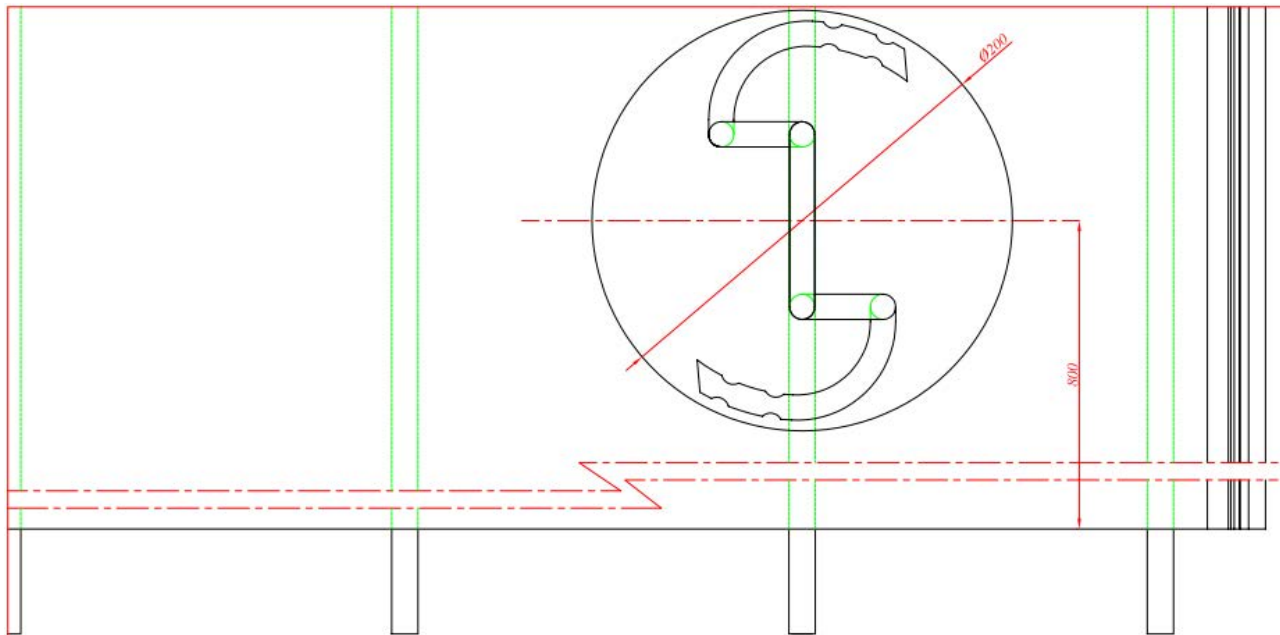
a) Vue de dessus



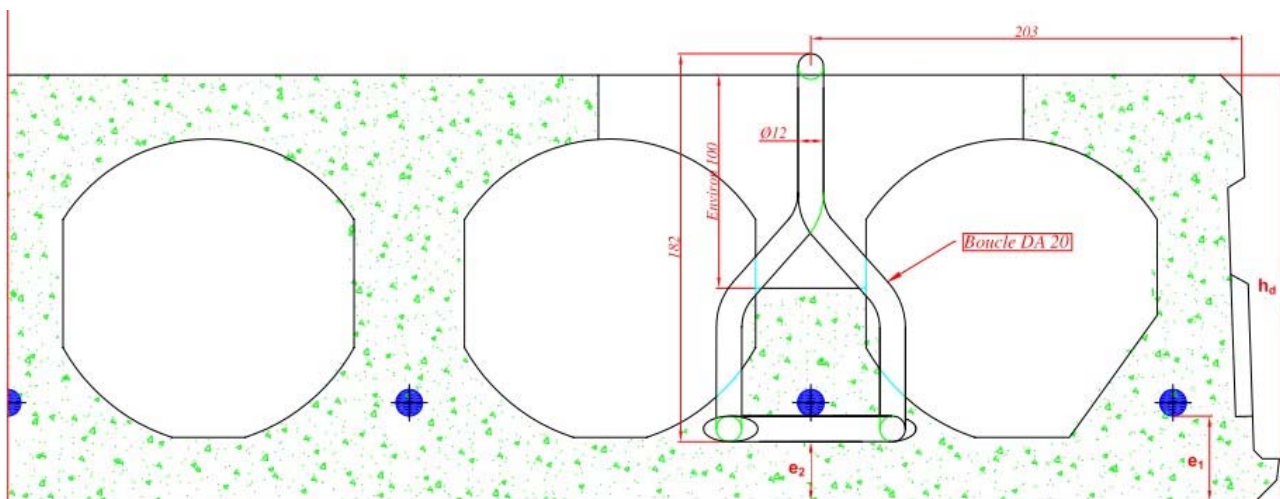
Type de dalle	h <sub>d</sub>	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>
DSL 2000 - xxx - 0	200	30	18
DSL 20B0 - xxx - 0	210	30	18
DSL 20B0 - xxx - B	210	40	28

b) Coupe transversale sur dalle DSL 2000

Figure 11-2 - Disposition dans les dalles DSL 2000 et DSL 20B0



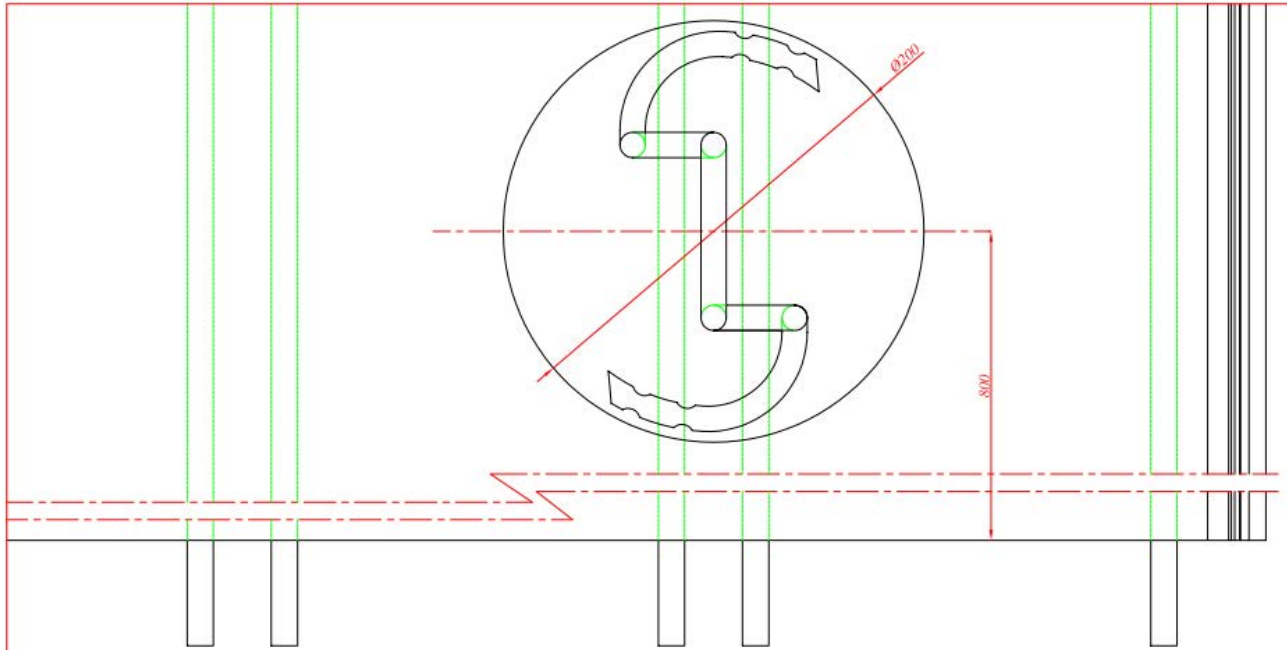
a) Vue de dessus



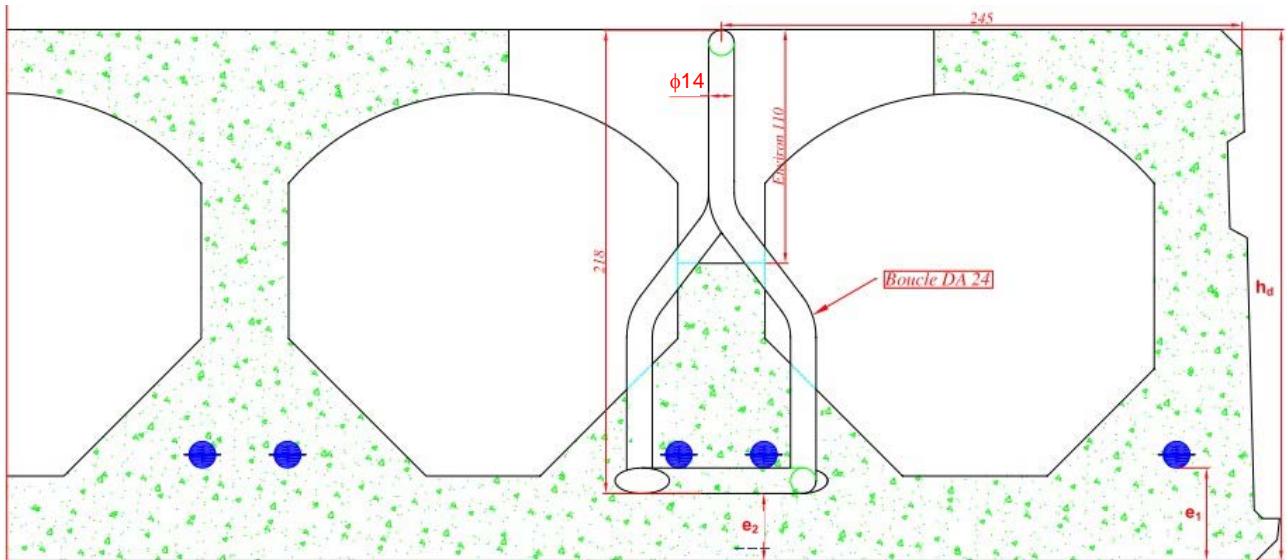
Type de dalle	$h_d$	$e_1$	$e_2$
DSR 2000 - xxx - 0	200	30	18
DSR 2000 - xxx - B	200	40	28

b) Coupe transversale sur dalle DSR 2000

Figure 11-3 - Disposition dans les dalles DSR 2000



a) Vue de dessus

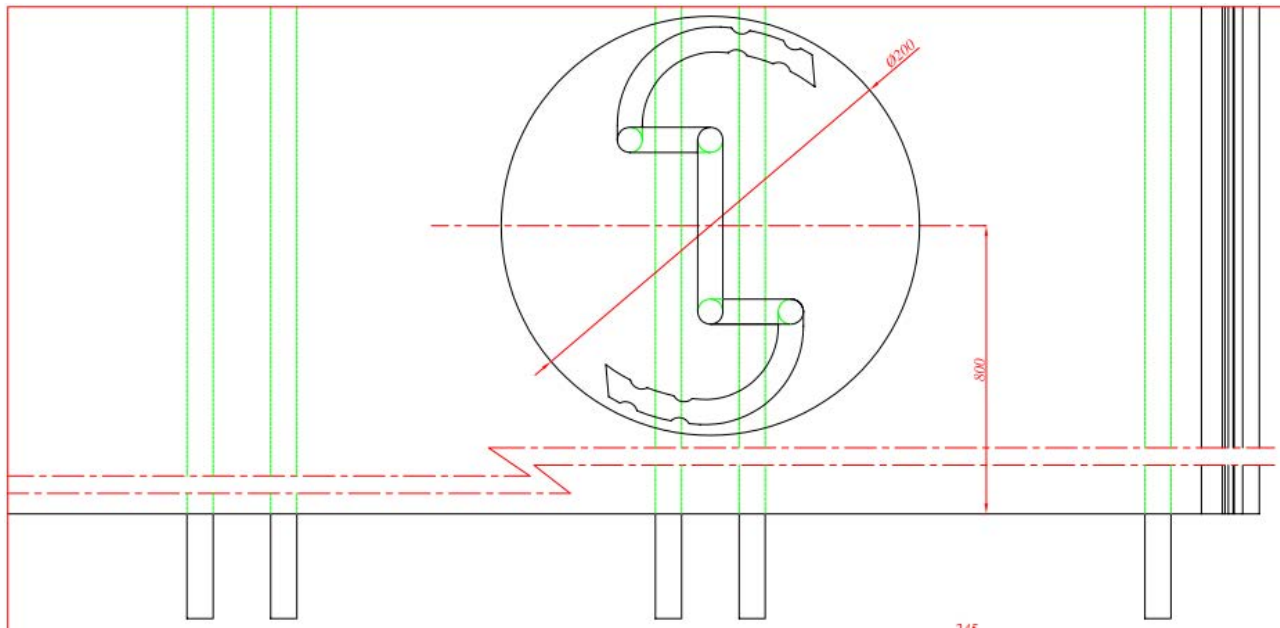


Type de dalle	$h_d$	$e_1$	$e_2$
DSL 2400 - xxx - 0(1)	240	30	16
DSL 2400 - 100 - 0	240	34	20
DSL 24B0 - xxx - C(1)	250	44	30
DSL 24B0 - 100 - B	250	44	30

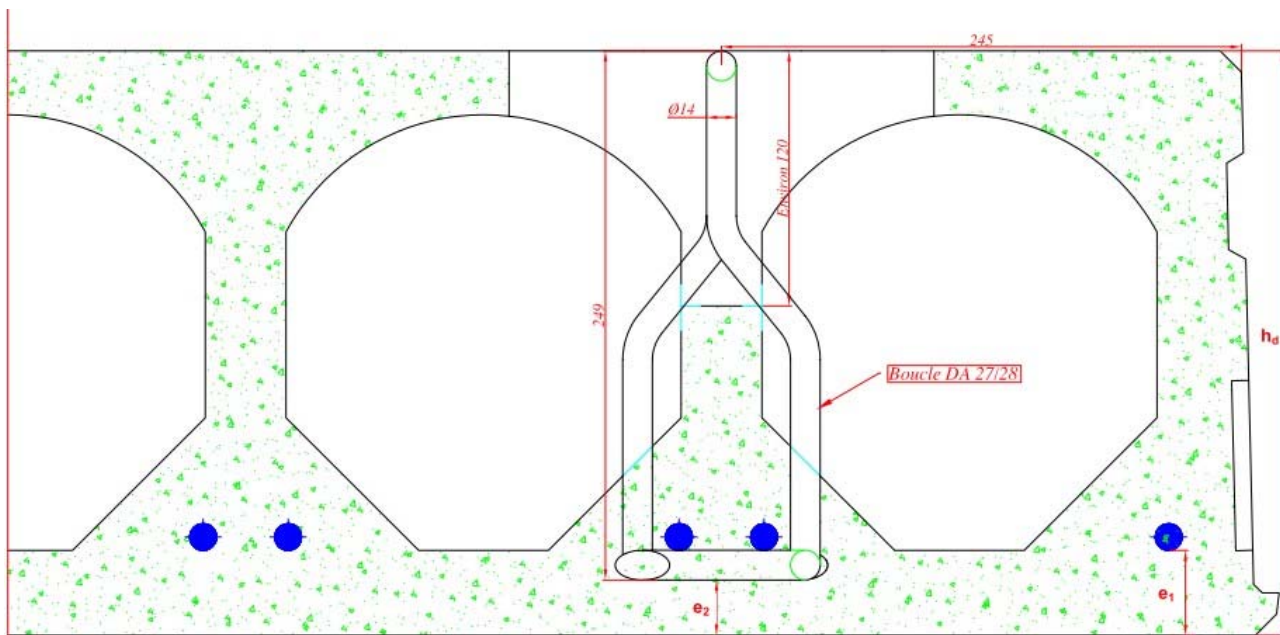
<sup>(1)</sup> autre que ferrailage avec 10 T12.5

b) Coupe transversale sur dalle DSL 2400 et DSL 24B0

Figure 11-4 - Disposition dans les dalles DSL 2400 et DSL 24B0



a) Vue de dessus

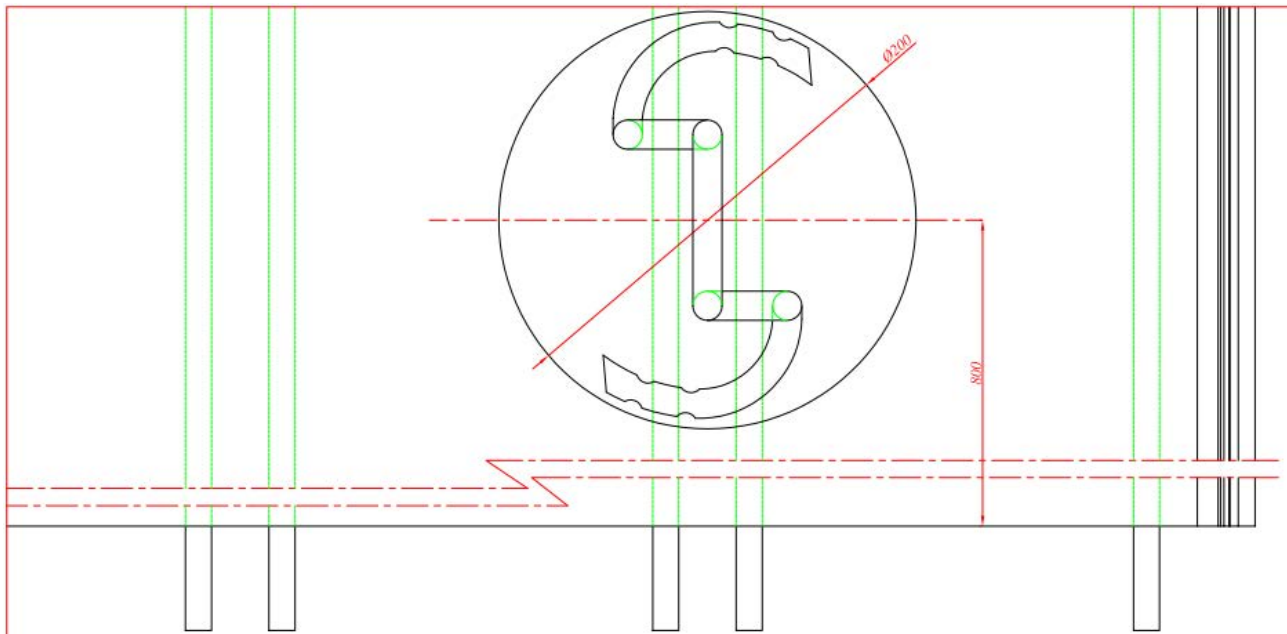


Type de dalle	$h_d$	$e_1$	$e_2$
DSL 2700 - xxx - 0	265	30	16
DSL 27B0 - xxx - 0	275	30	16
DSL 27B0 - xxx - B	275	40	26

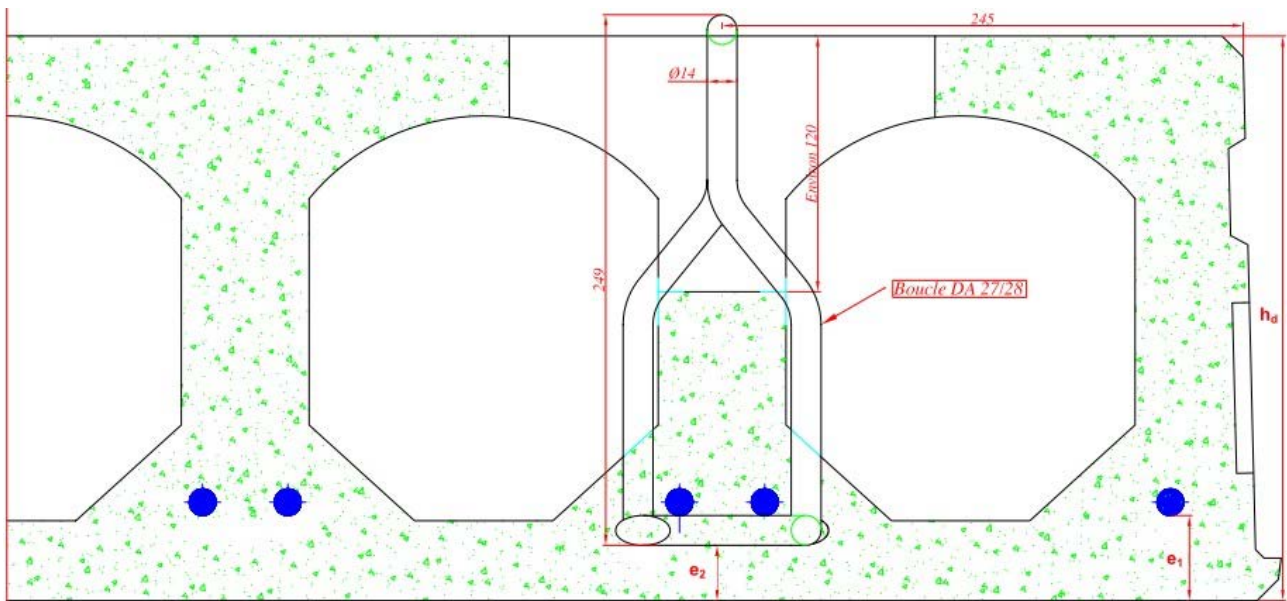
b) Coupe transversale sur dalle DSL 2700 et DSL 27B0

Figure II-5 - Disposition dans les dalles DSL 2700 et DSL 27B0





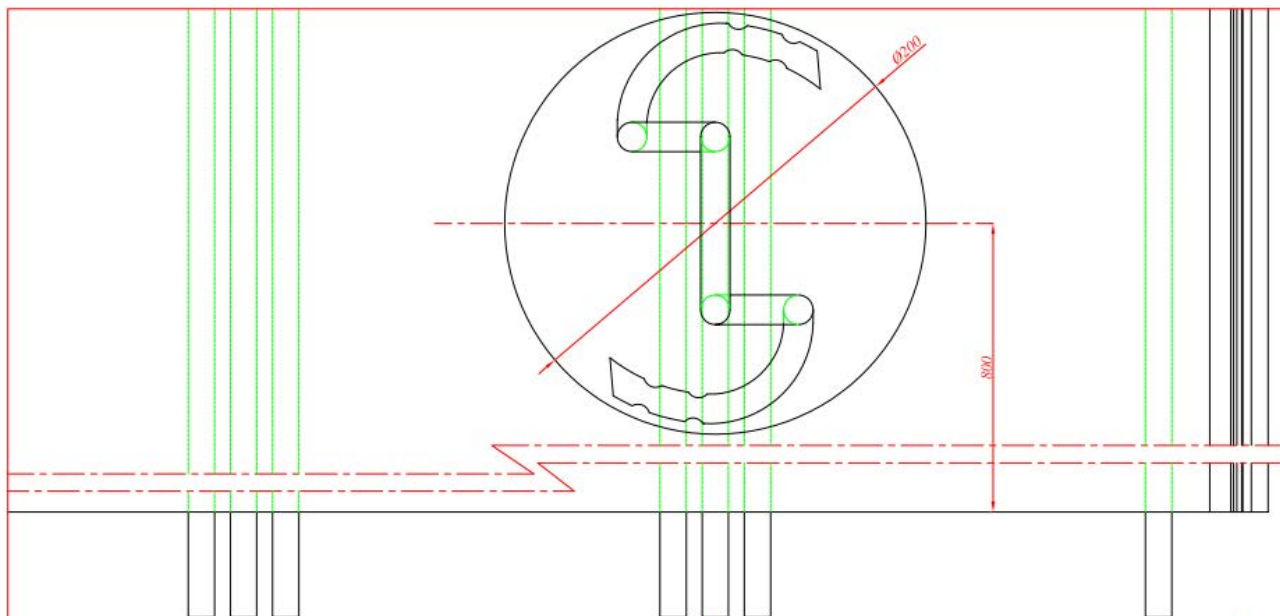
a) Vue de dessus



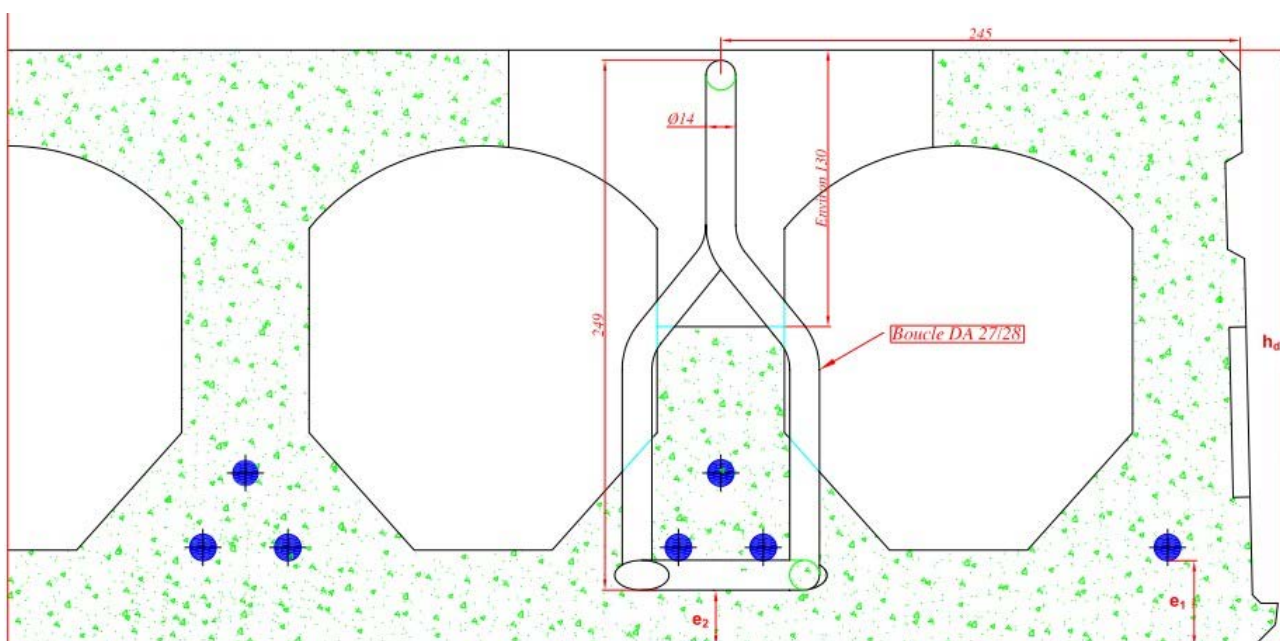
Type de dalle	$h_d$	$e_1$	$e_2$
DSR 2700 - xxx - 0	265	30	16
DSR 2700 - xxx - B	265	40	26

b) Coupe transversale sur dalle DSR 2700

Figure II-6 - Disposition dans les dalles DSR 2700



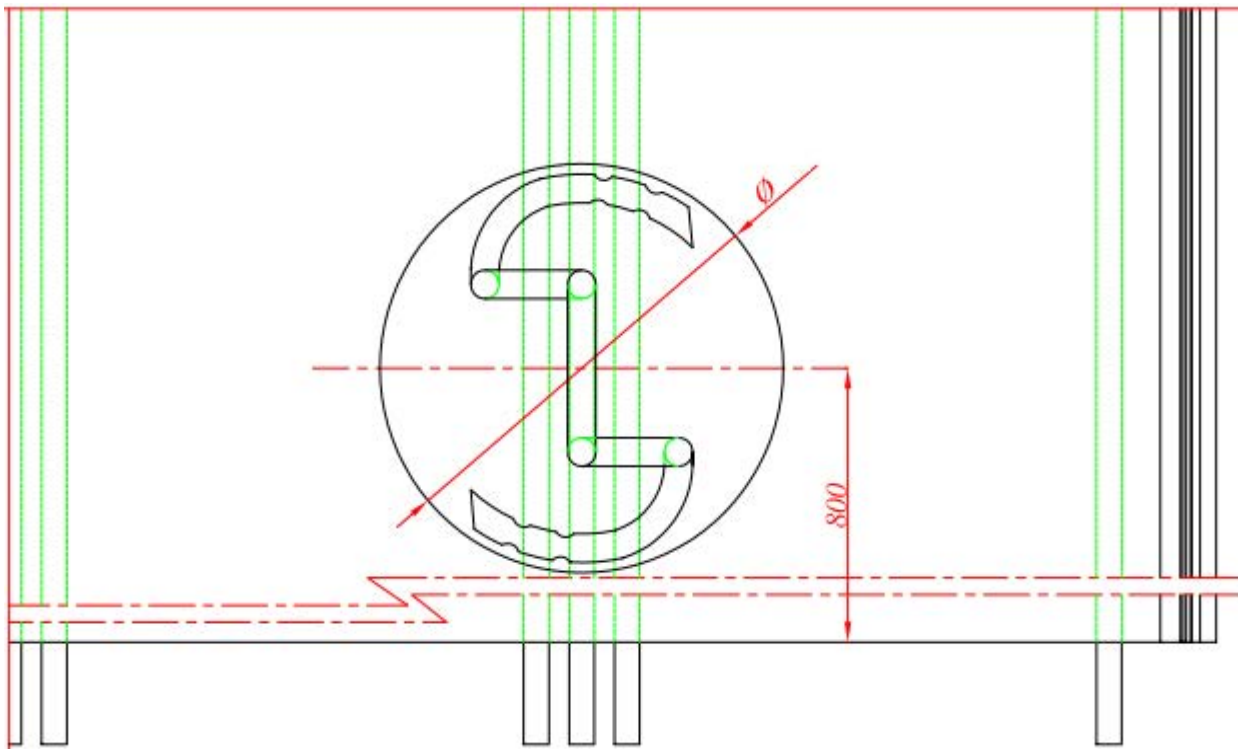
a) Vue de dessus



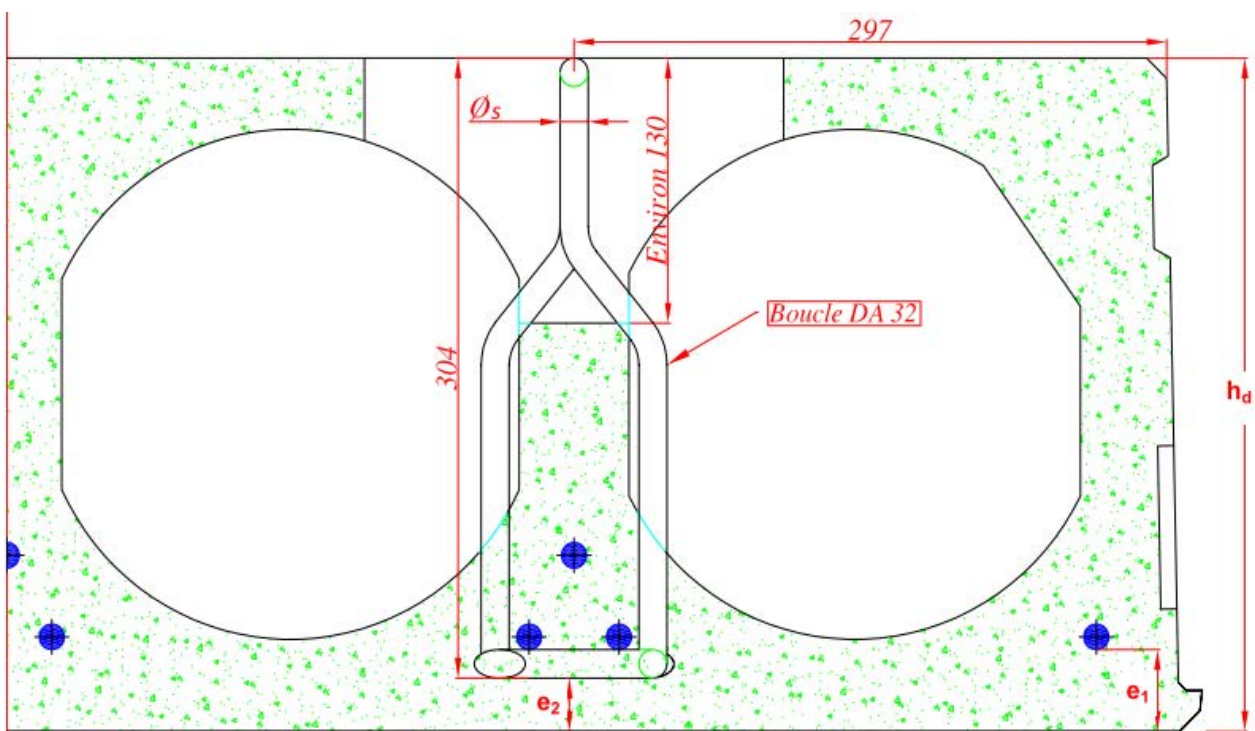
Type de dalle	$h_d$	$e_1$	$e_2$
DSR 2800 - xxx - 0	280	30	16
DSR 2800 - xxx - B	280	40	26

b) Coupe transversale sur dalle DSR 2800

Figure II-7 - Disposition dans les dalles DSR 2800



a) Vue de dessus

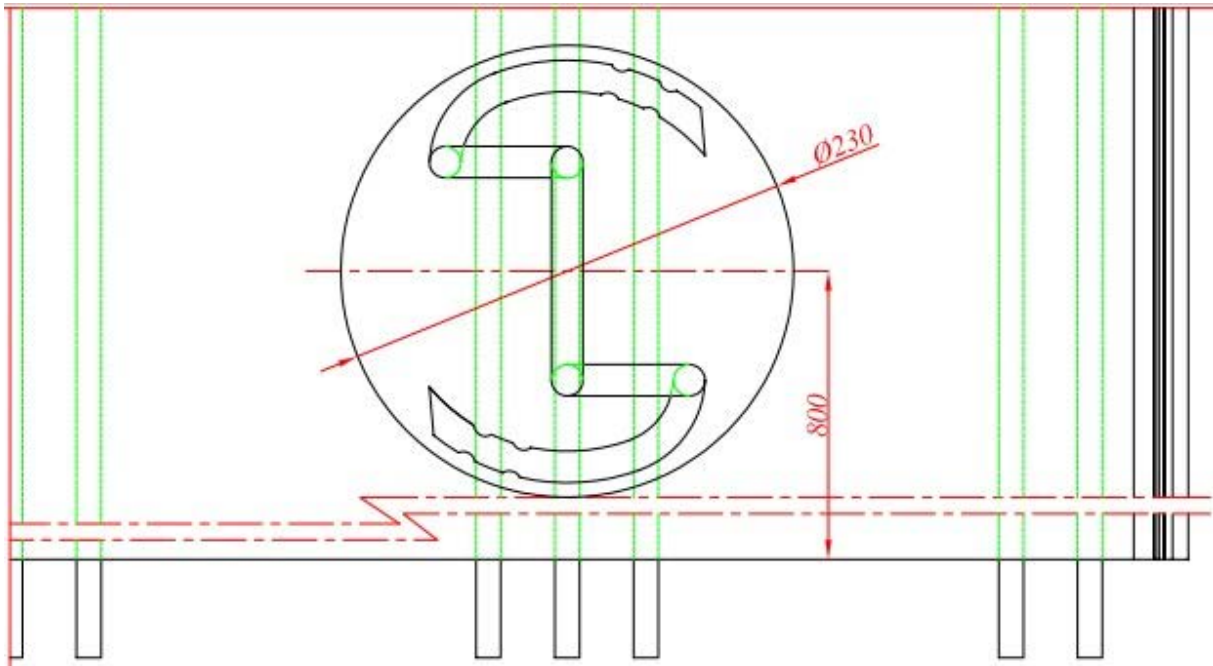


Type de dalle	$h_d$	$s$	$e_1$	$e_2$
DSL 3200 - xxx - 0	320	200	14	30
DSL 3200 - xxx - 0	320	230	16	30
DSL 32B0 - xxx - 0	330	230	16	30
DSL 32B0 - xxx - B	330	230	16	40

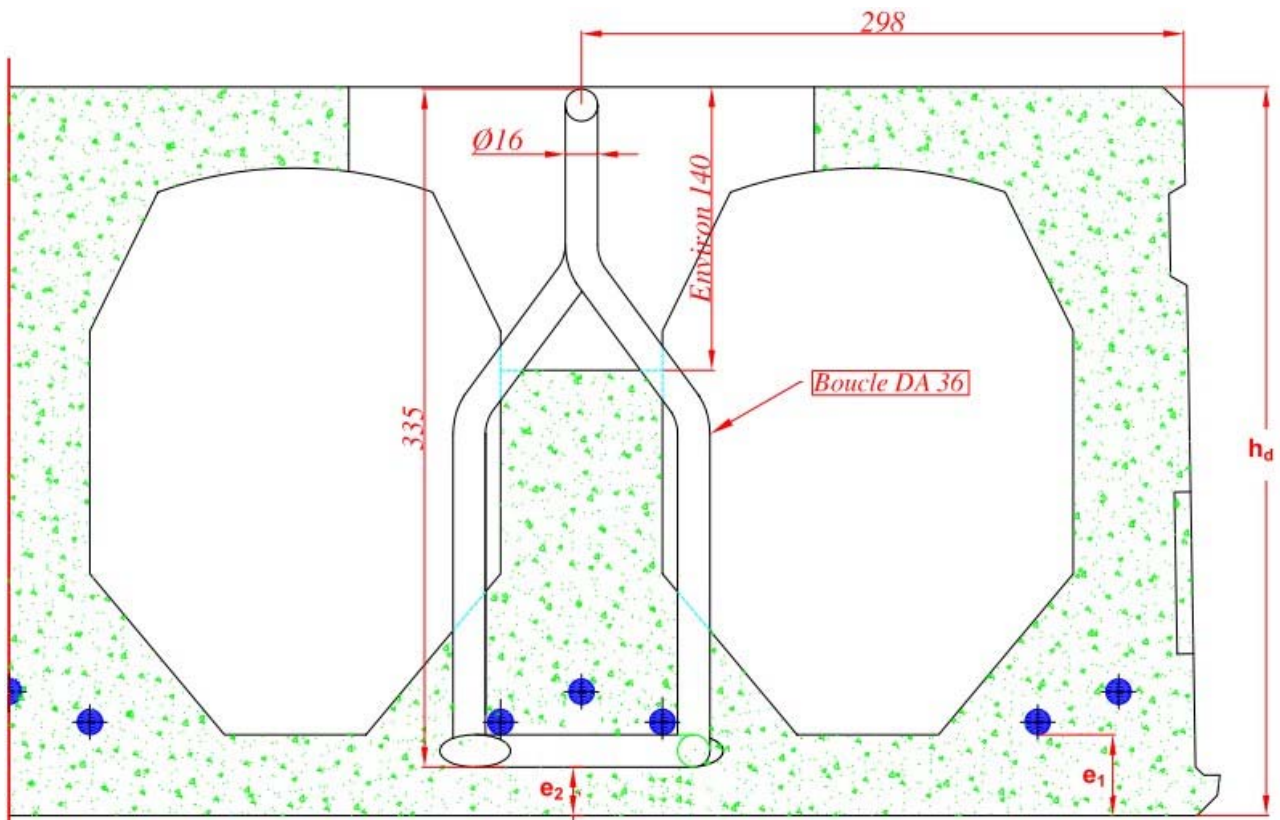
b) Coupe transversale sur dalle DSL 3200 et DSL 32B0

Figure II-8 - Disposition dans les dalles DSL 3200 et DSL 32B0





a) Vue de dessus



Type de dalle	$h_d$	$e_1$	$e_2$
DSR 3600 - xxx - 0	360	30	14
DSR 3600 - xxx - B	360	40	24

b) Coupe transversale sur dalle DSR 3600

Figure 11-9 - Disposition dans les dalles DSR 3600



**Annexe III. Position des boucles dans les dalles alvéolées**

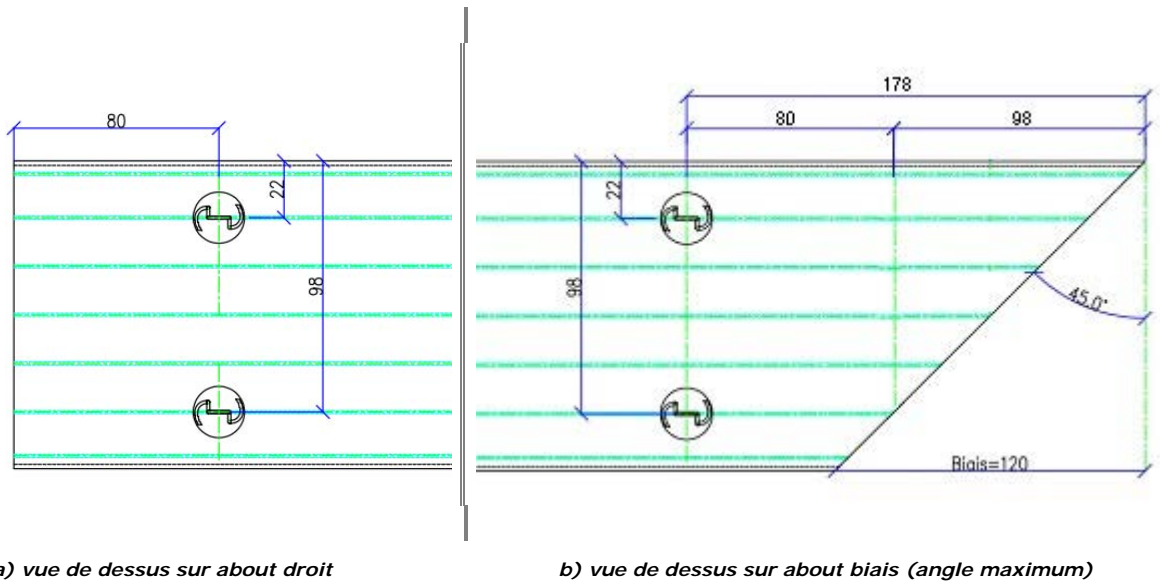


Figure III-1 - Position des boucles sur about droit et about biais (exemple dans le cas de dalle DSL2000)

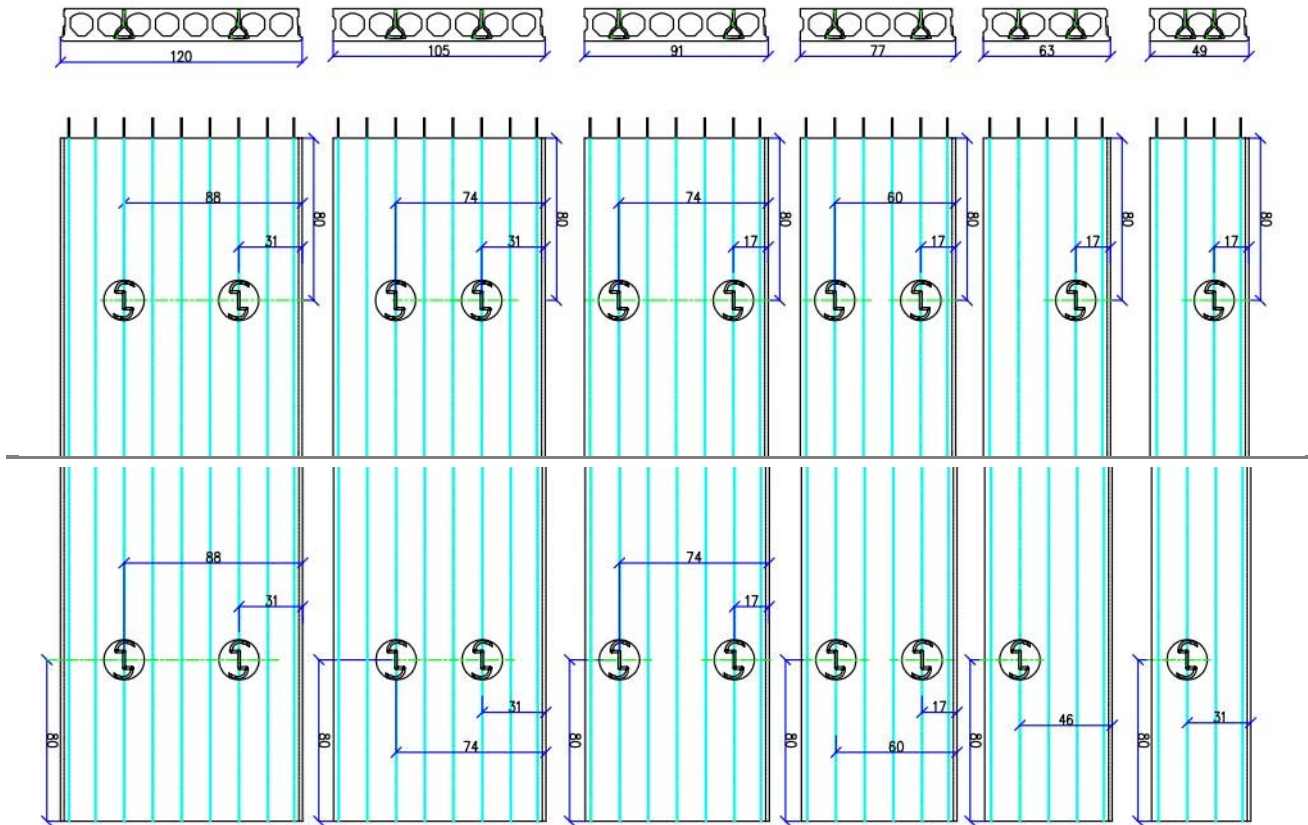


Figure III-2 - Position des boucles sur dalles DSL 1600 et DSL 16B0

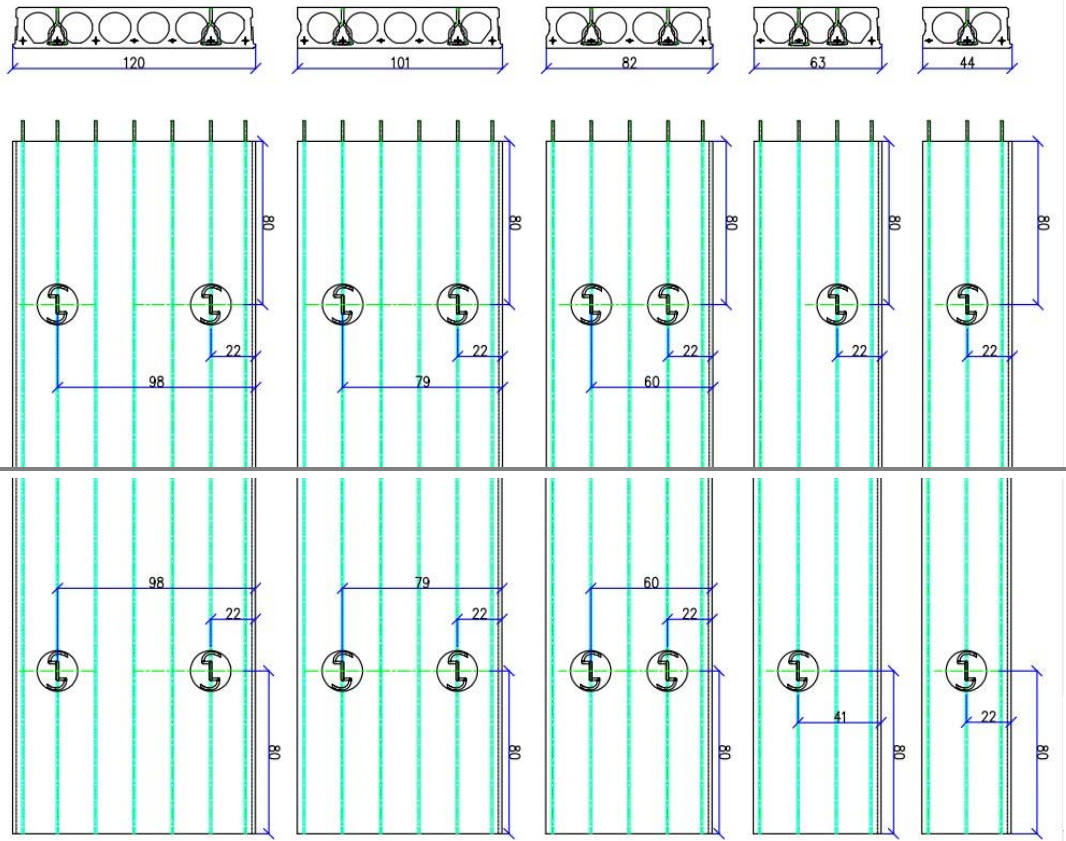


Figure III-3 - Position des boucles sur dalles DSL 2000, DSL 20B0 et DSR 2000

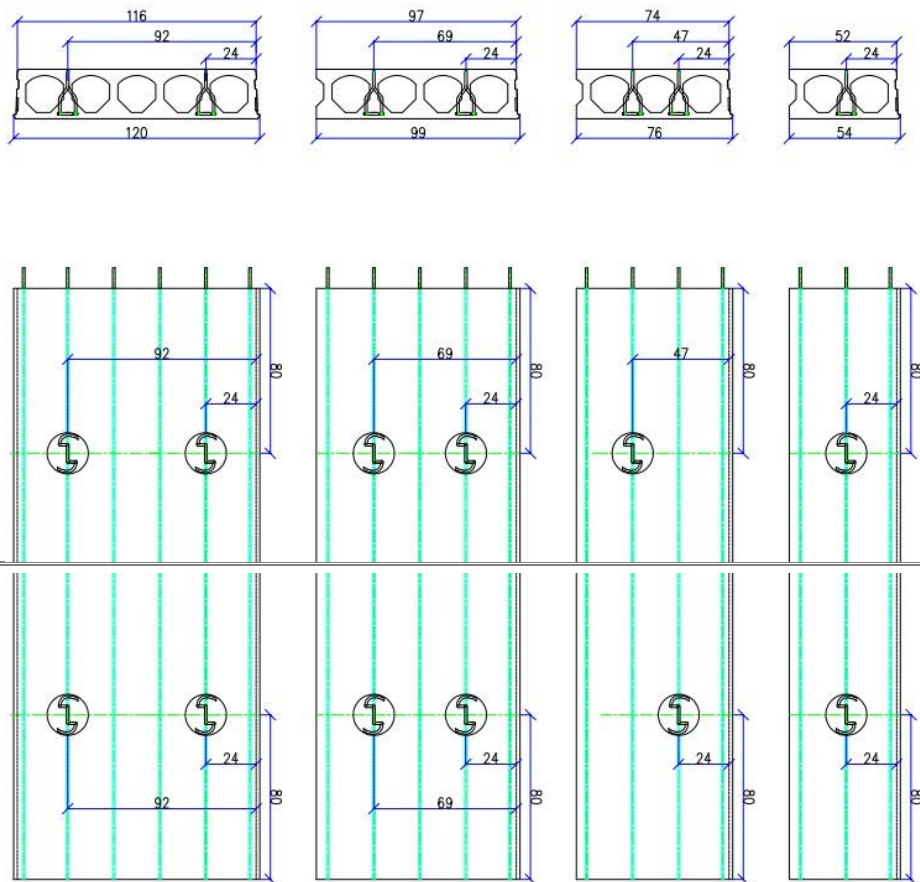


Figure III-4 - Position des boucles sur dalles DSL 2400 et DSL 24B0

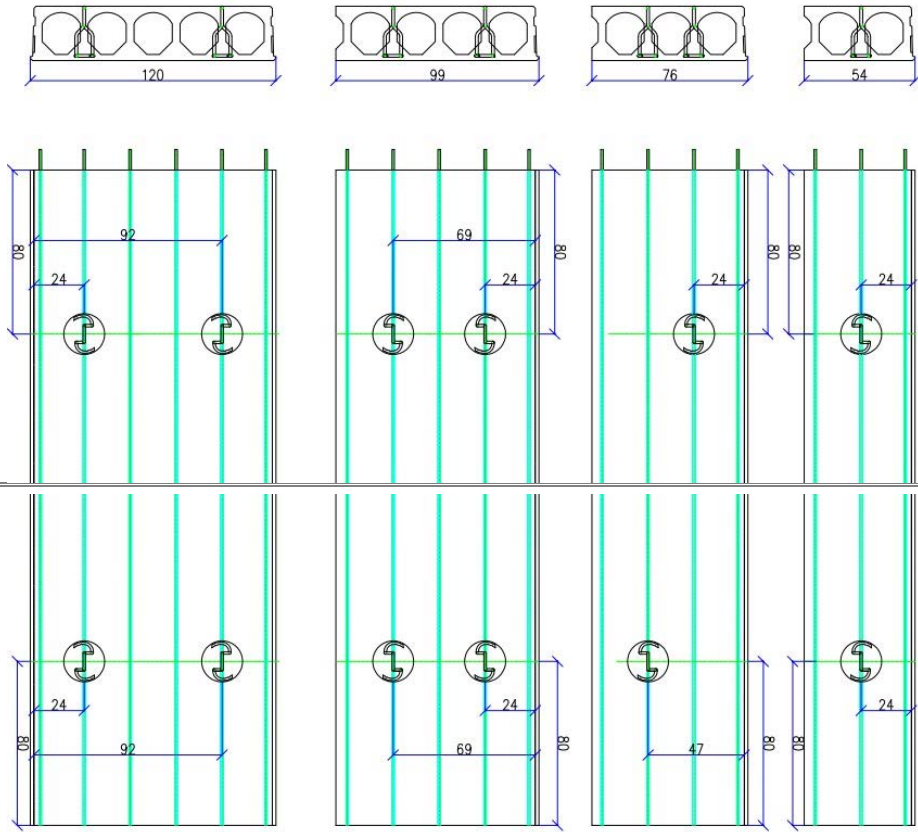


Figure III-5 - Position des boucles sur dalles DSL 2700, DSL 27B0, DSR 2700 et DSR 2800

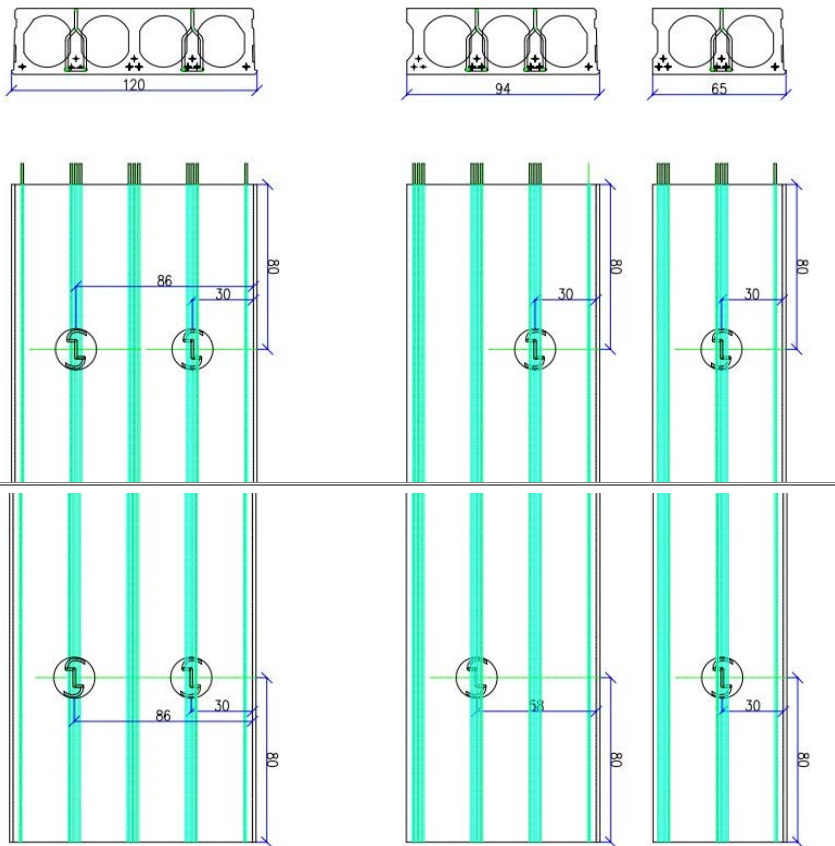


Figure III-6 - Position des boucles sur dalles DSL 3200, DSL 32B0 et DSR 3600

Annexe IV. Section transversale des dalles alvéolées et dispositions de ferrailage

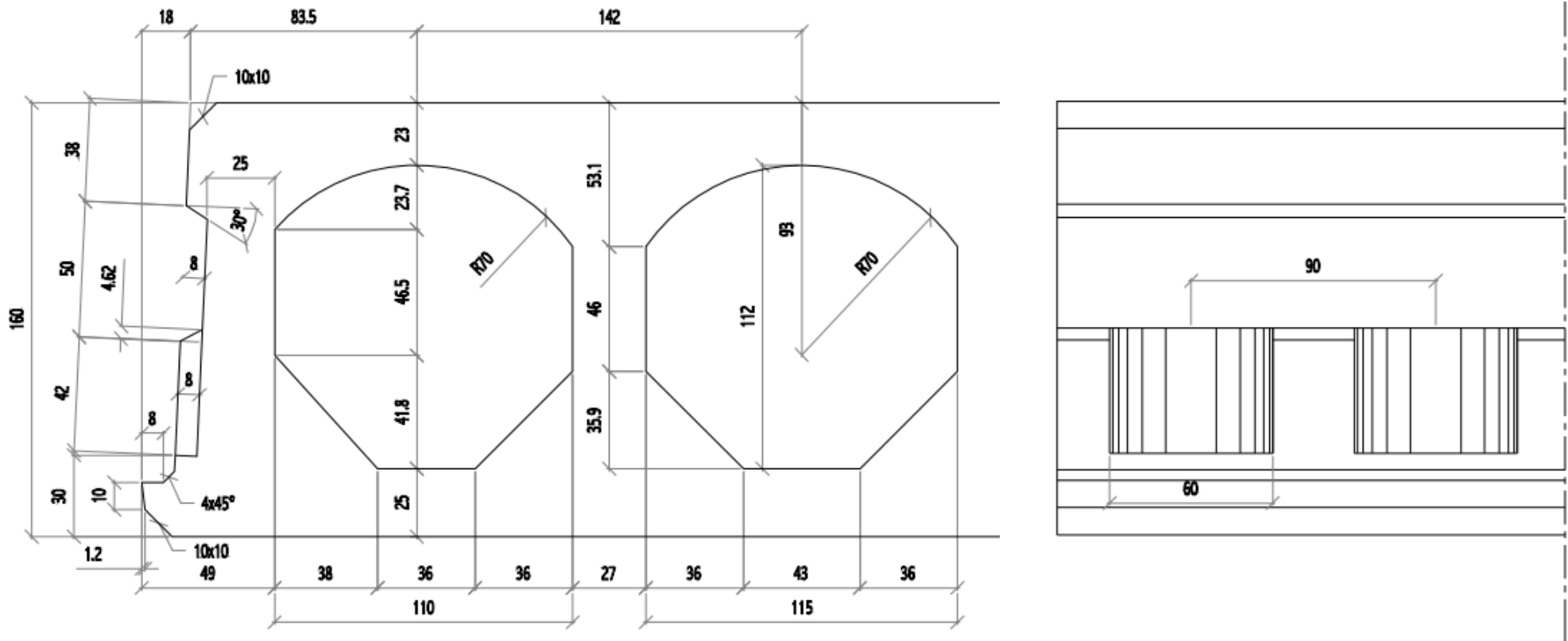


Figure IV-1 - DSL 1600 - Section transversale

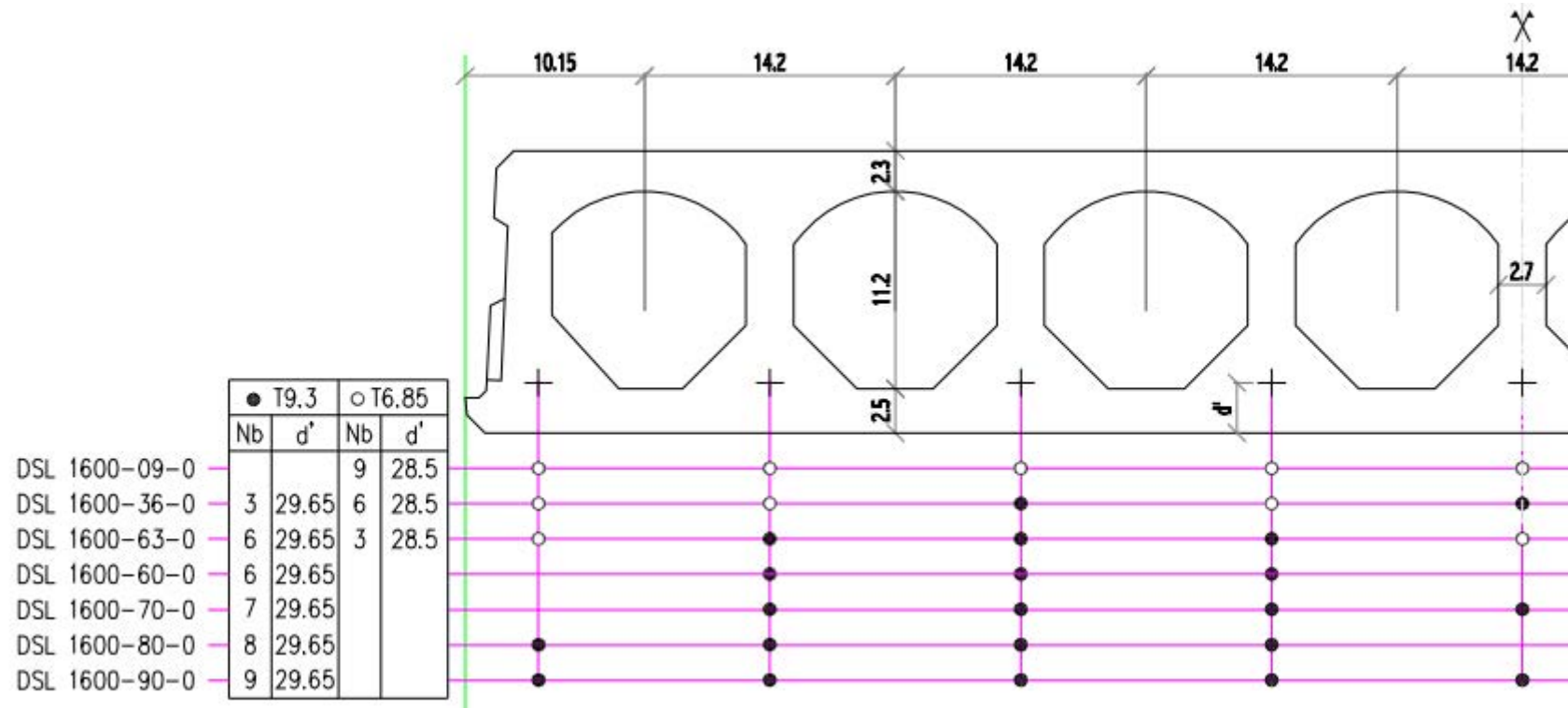


Figure IV-2 - Dalle DSL 1600 - Position des armatures de précontrainte

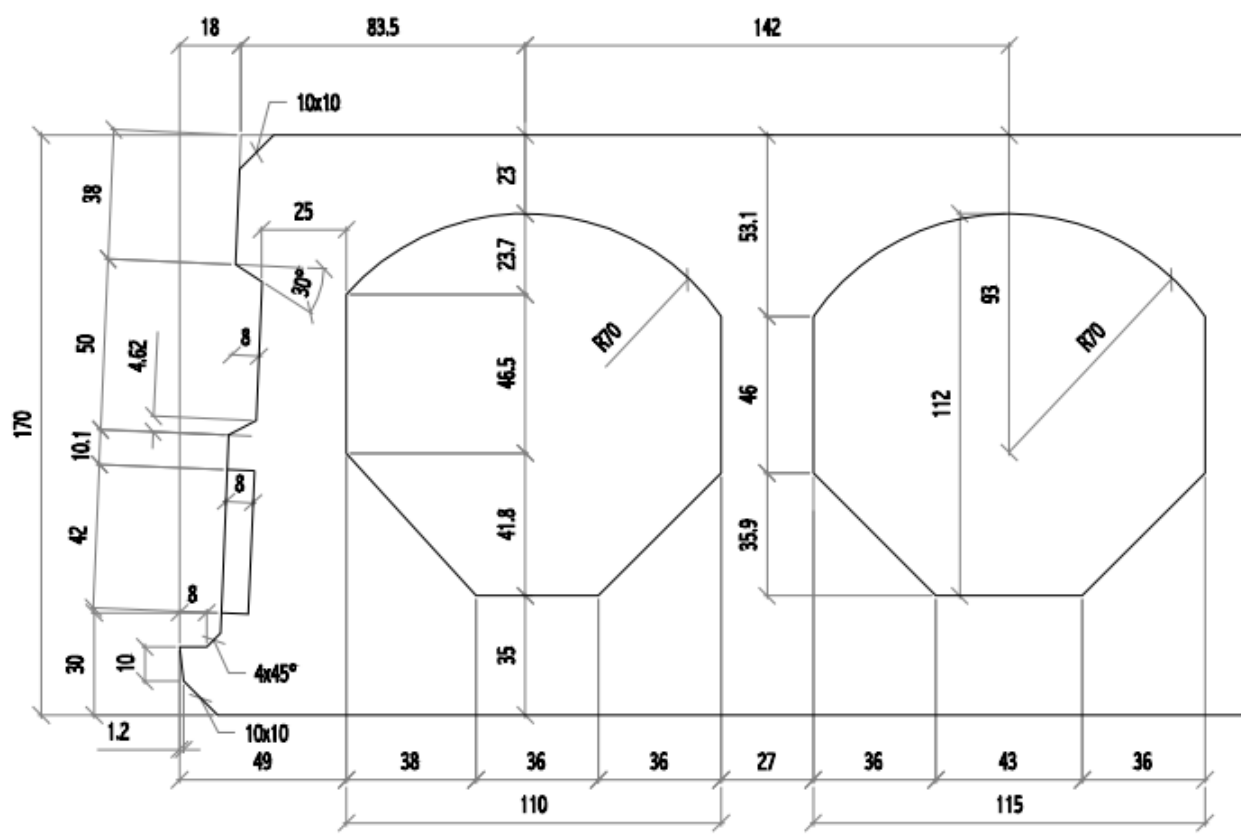
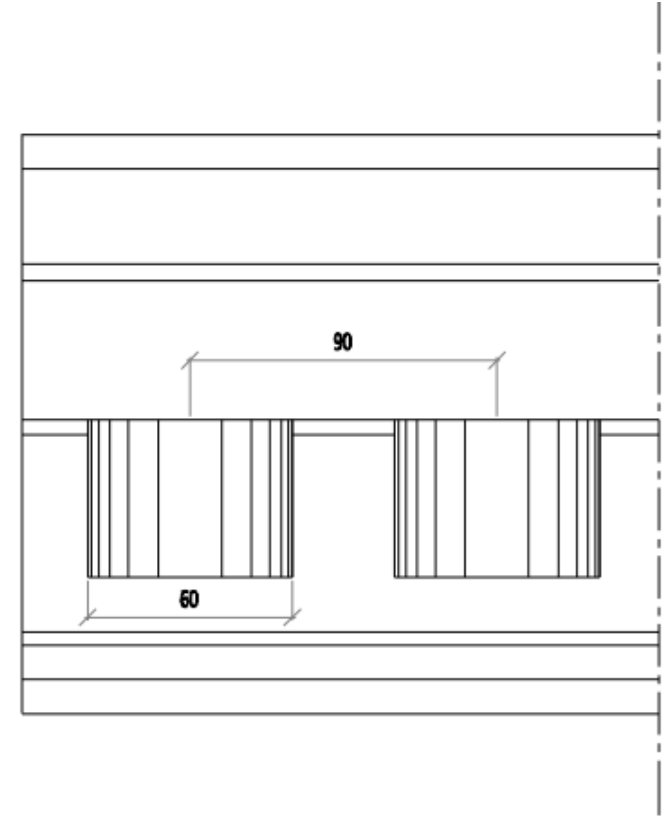


Figure IV-3 - DSL 16B0 - Section transversale



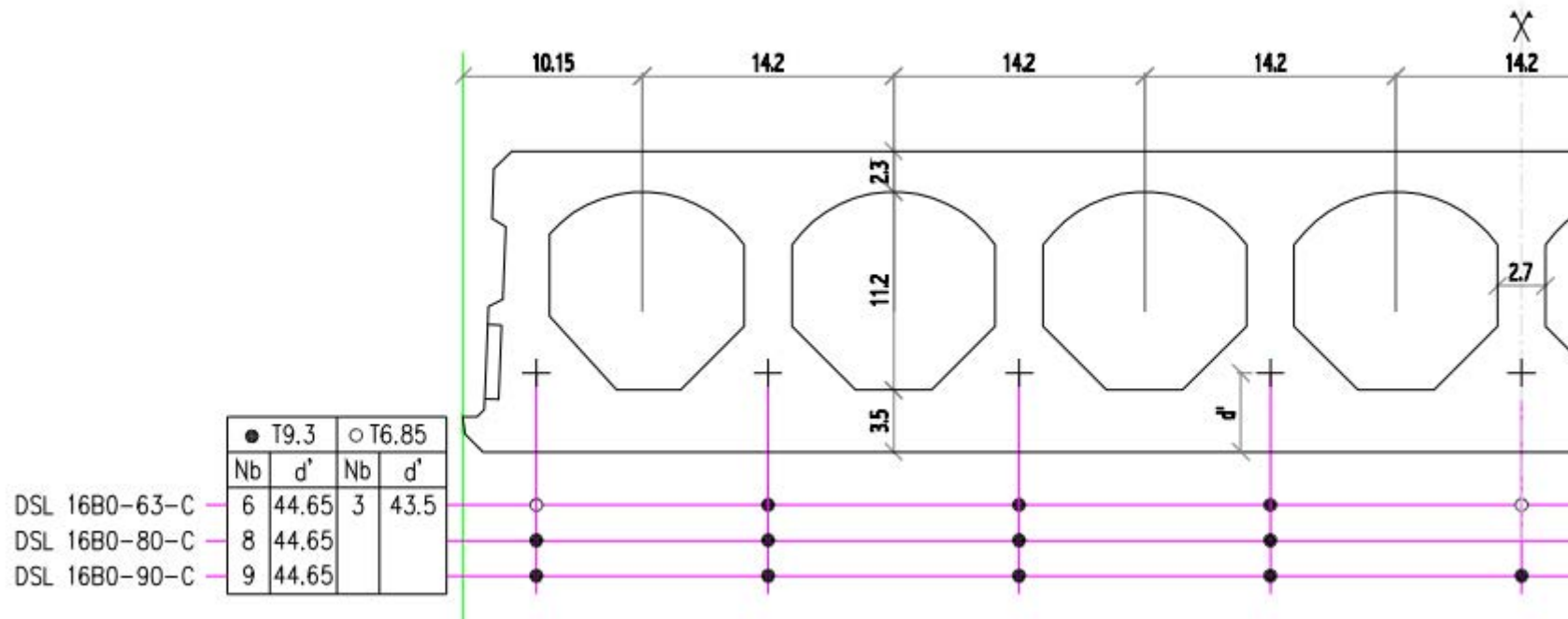


Figure IV-4 - Dalle DSL 16B0 - Position des armatures de précontrainte







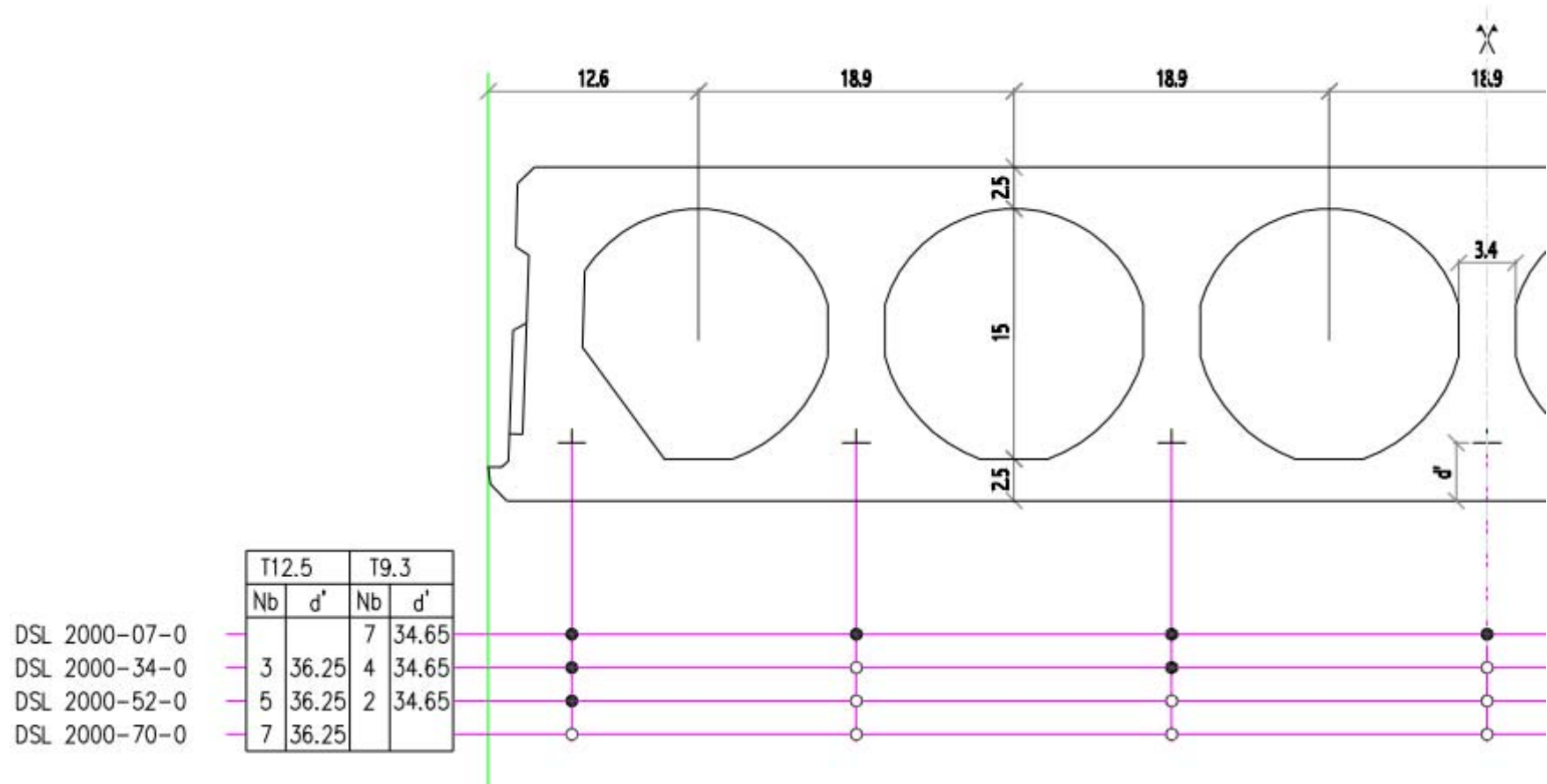


Figure IV-6 - DSL 2000 - Position des armatures de précontrainte

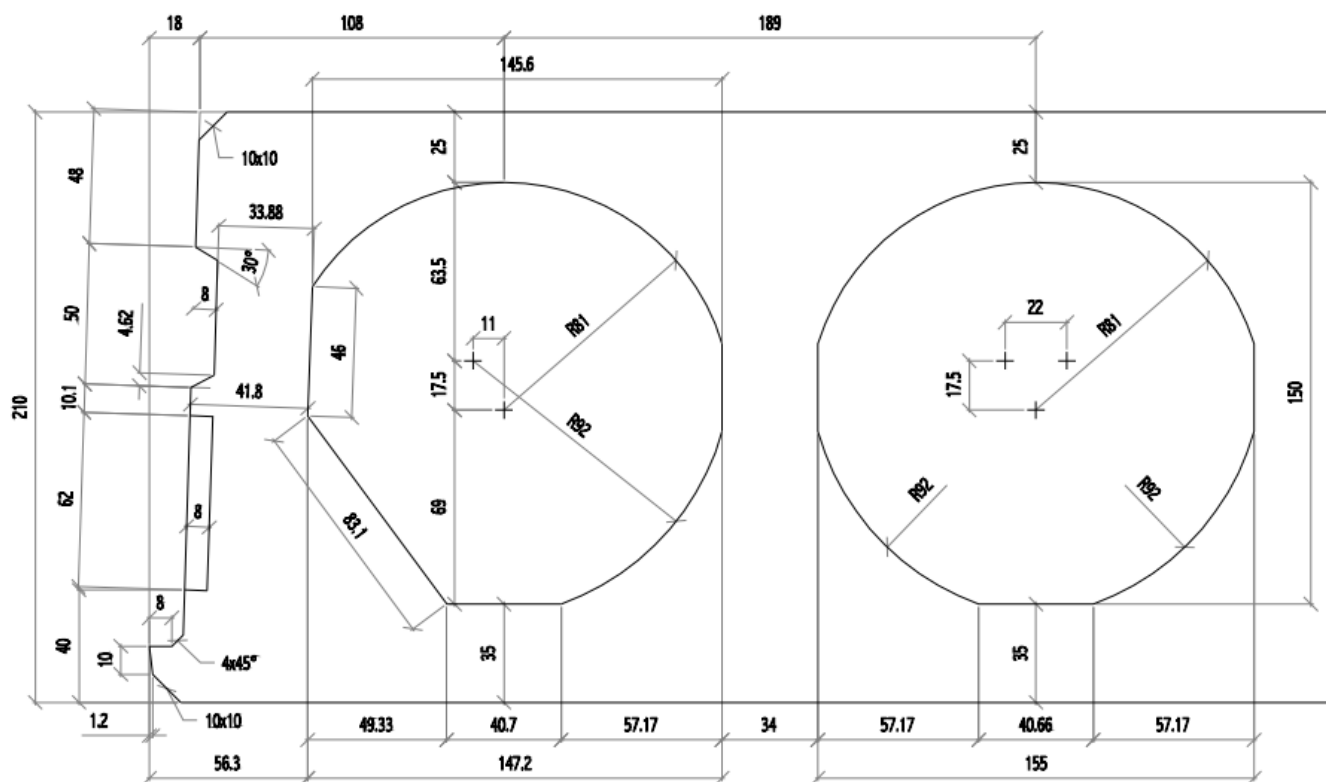
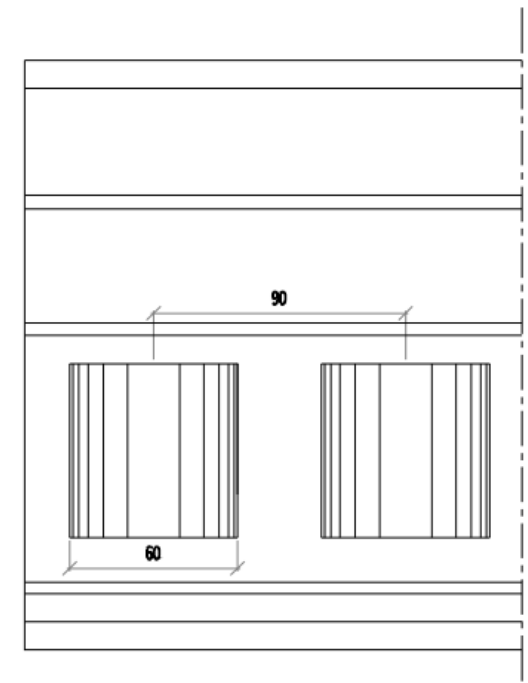


Figure IV-7 - DSL 20B0 - Section transversale



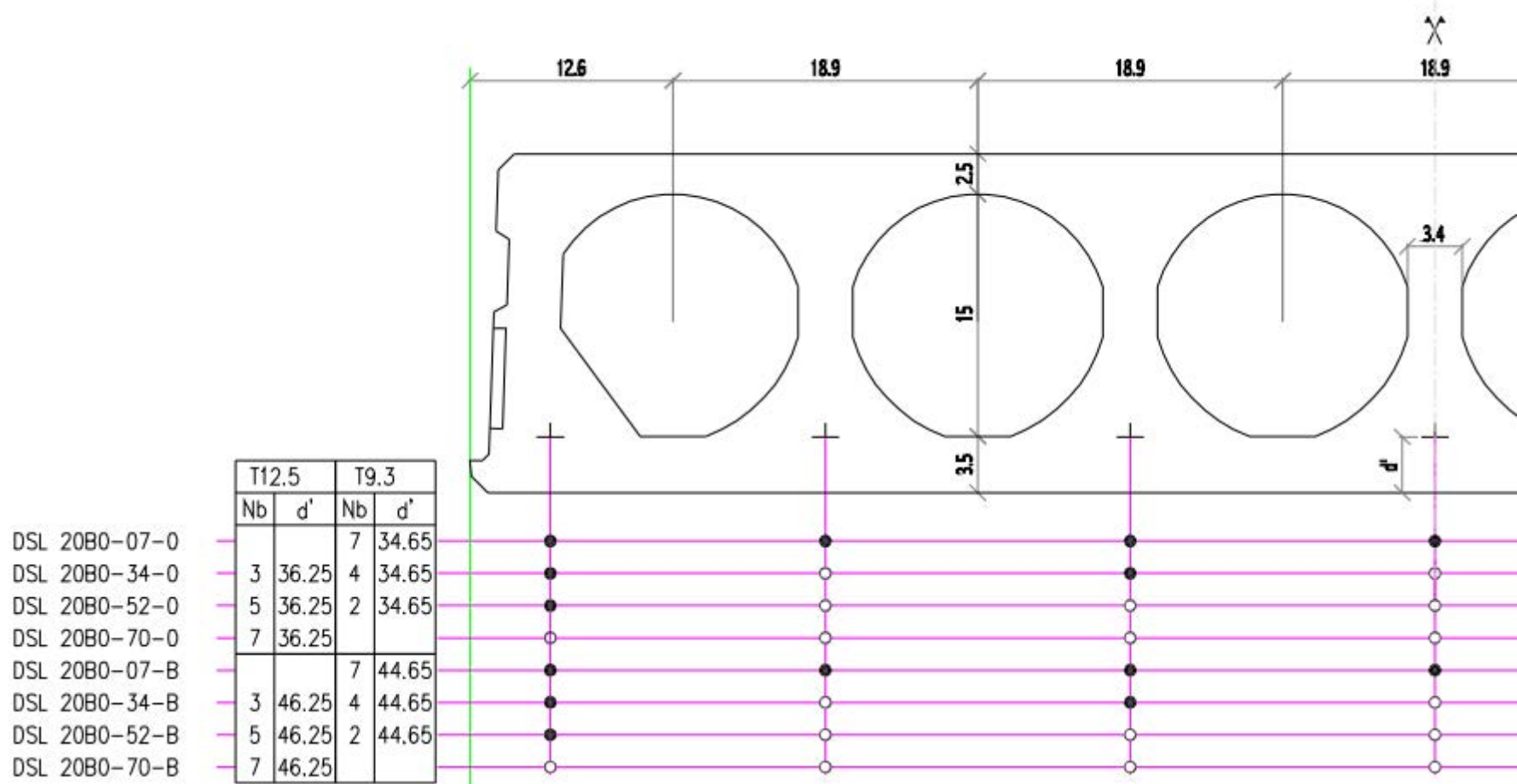


Figure IV-8 - DSL 20B0 - Position des armatures de précontrainte

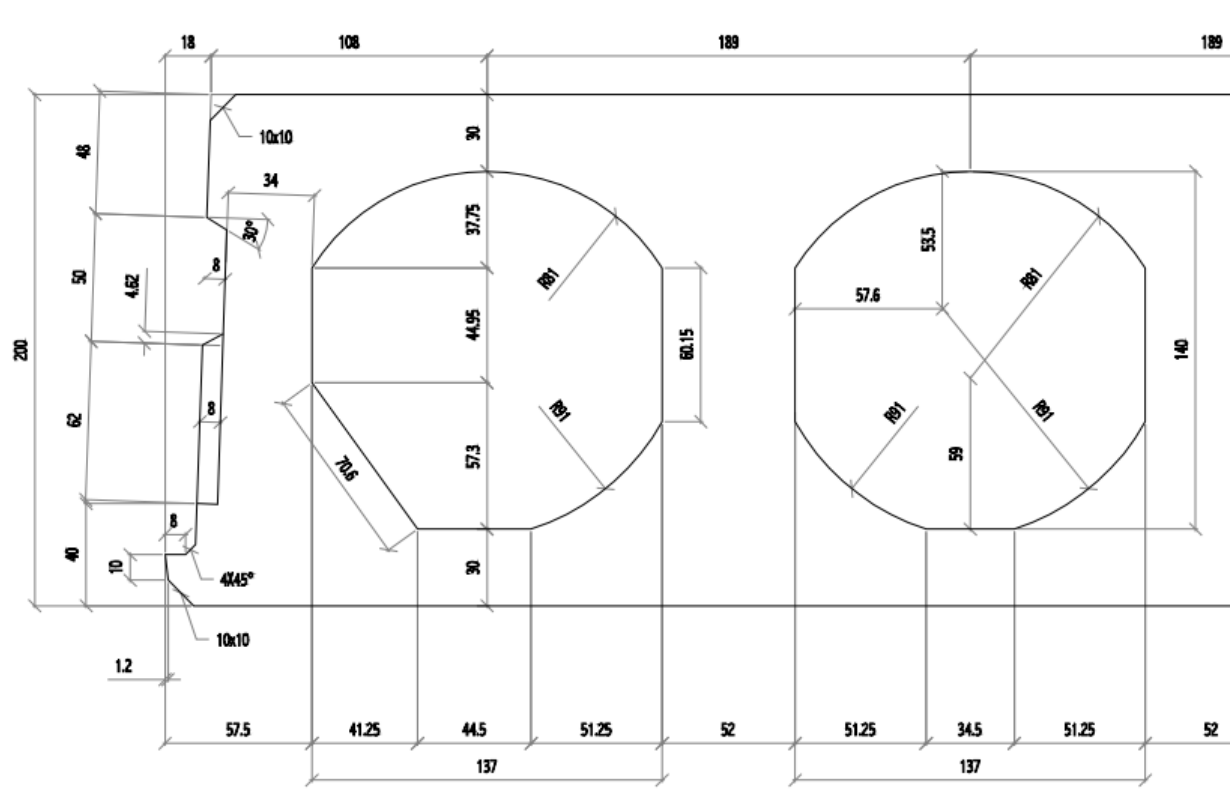
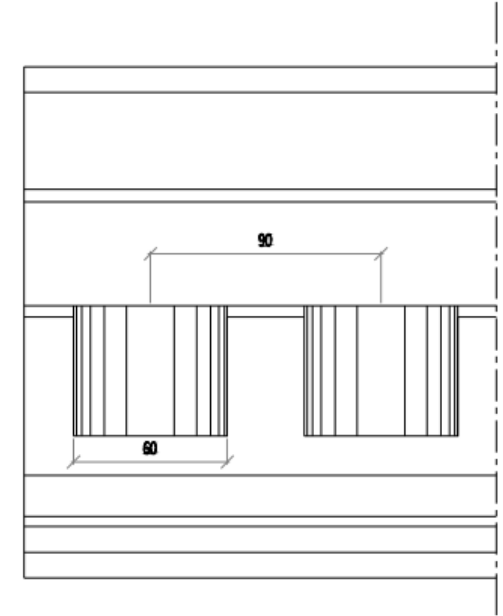


Figure IV-9 - DSR 2000 - Section transversale



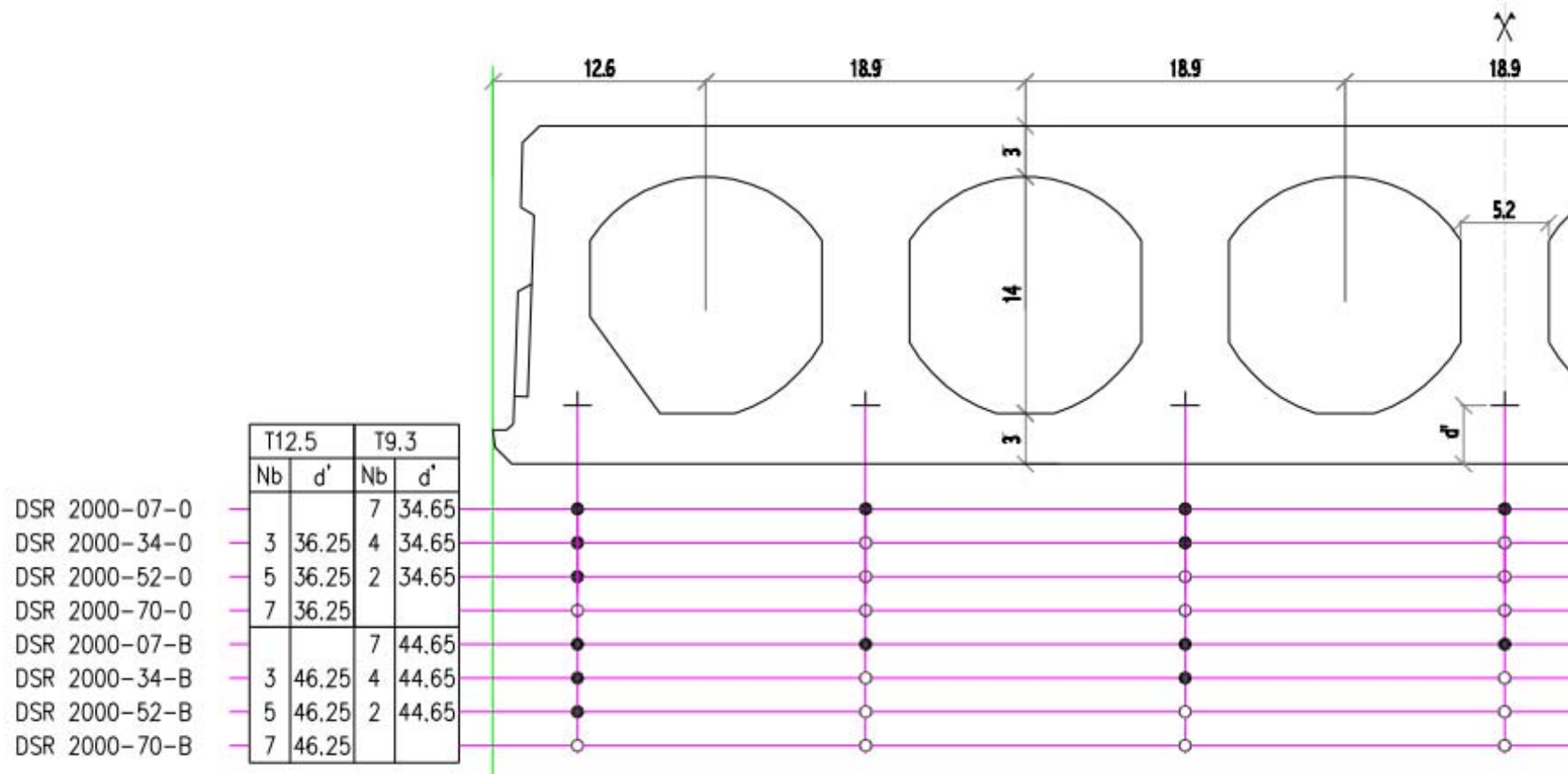


Figure IV-10 - DSR 2000 - Position des armatures de précontrainte

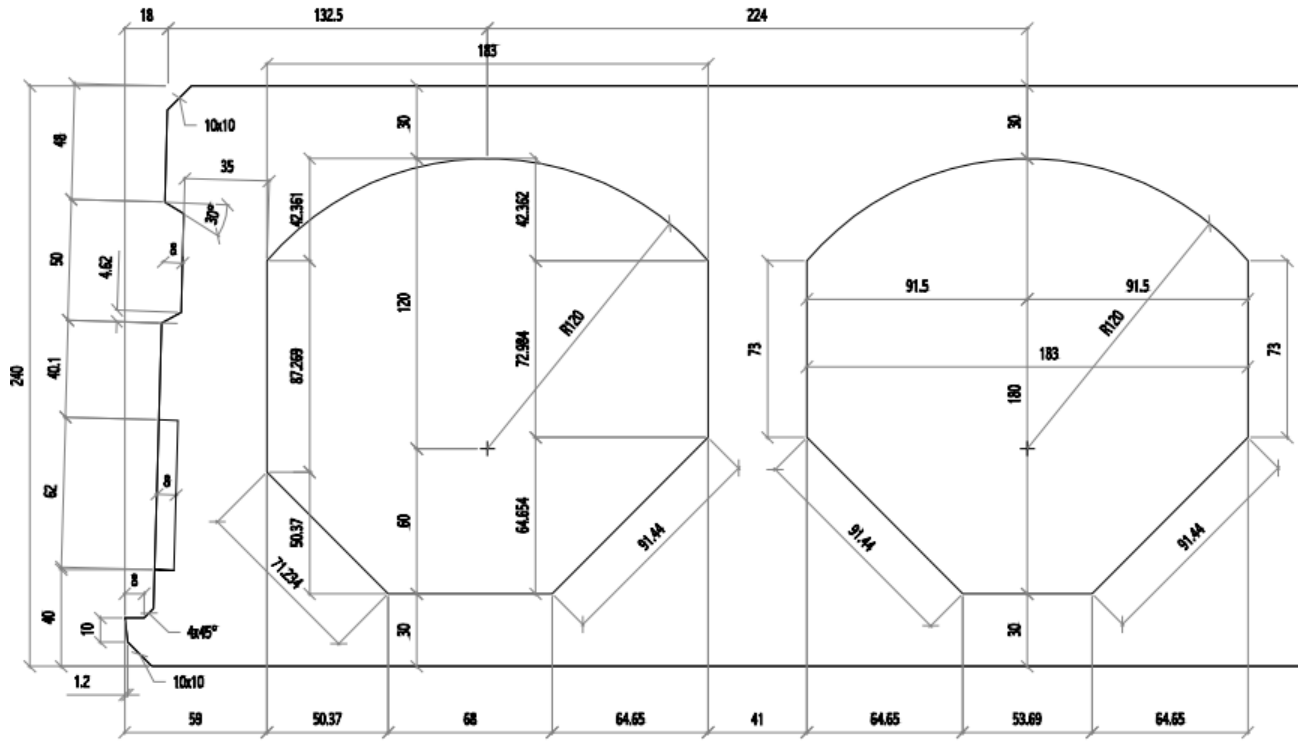
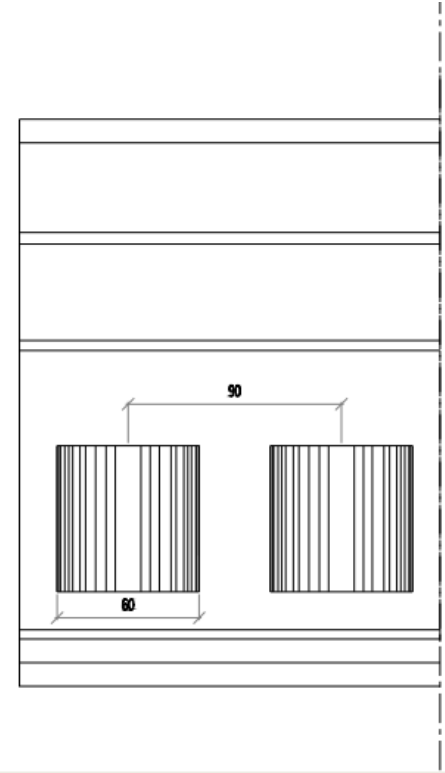


Figure IV-11 - DSL 2400 - Section transversale



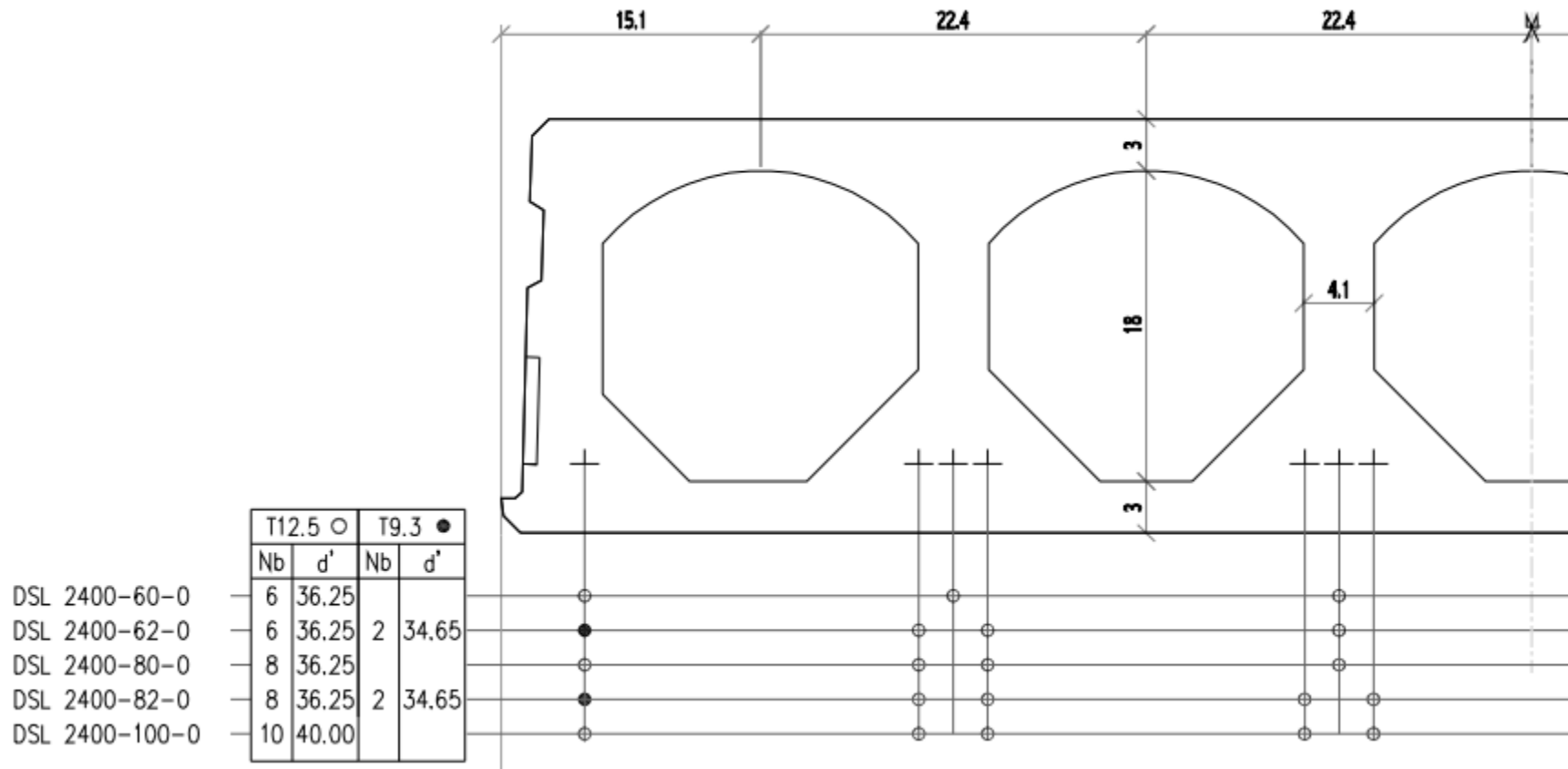


Figure IV-12 - DSL 2400 - Position des armatures de précontrainte

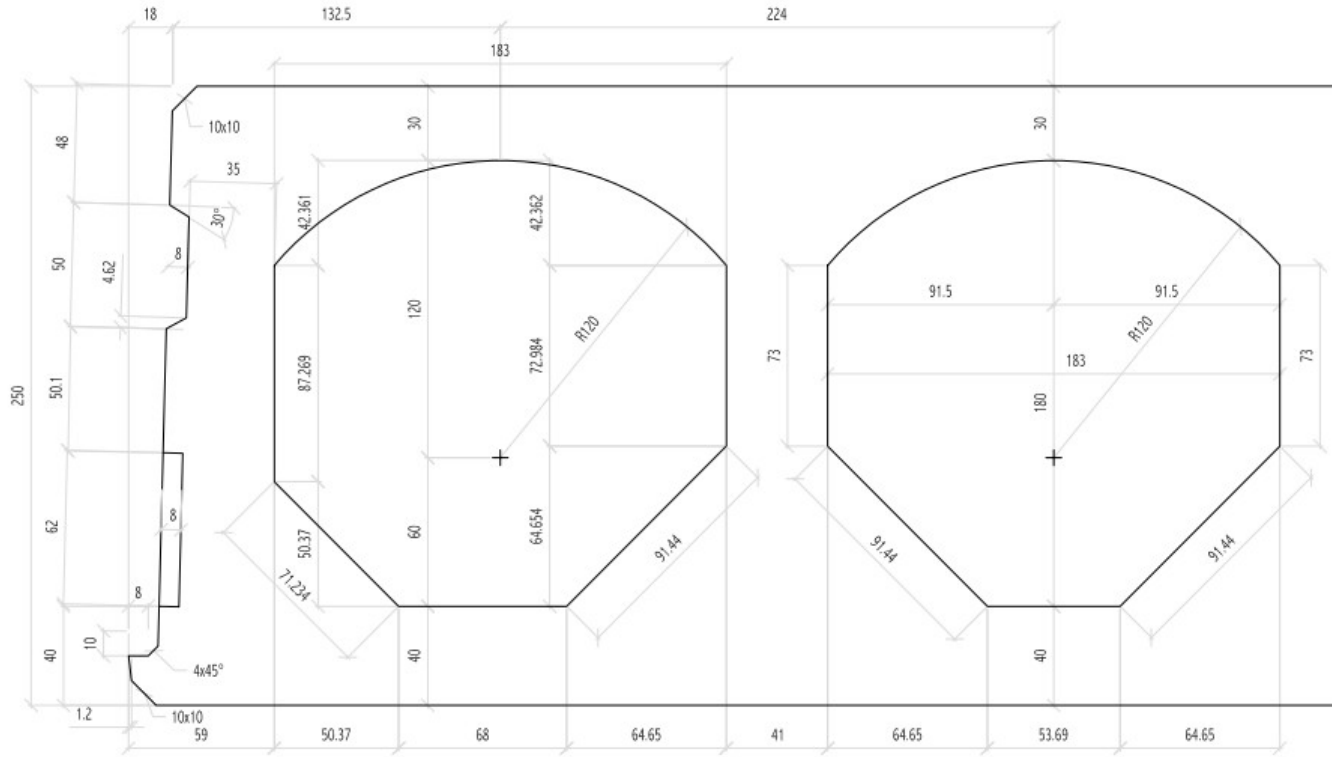
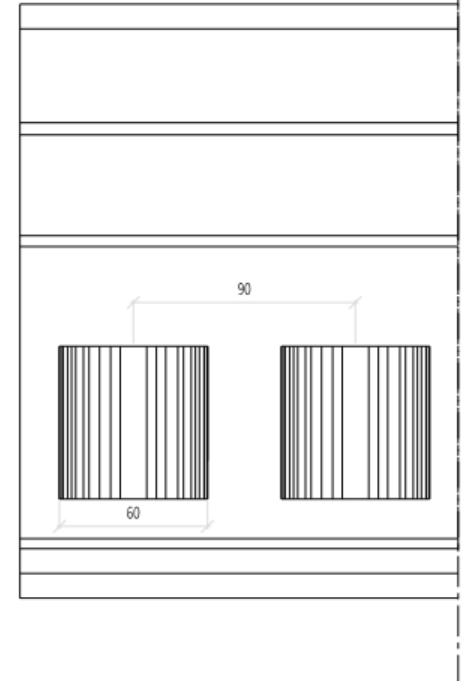


Figure IV-13 - DSL 24B0 - Section transversale





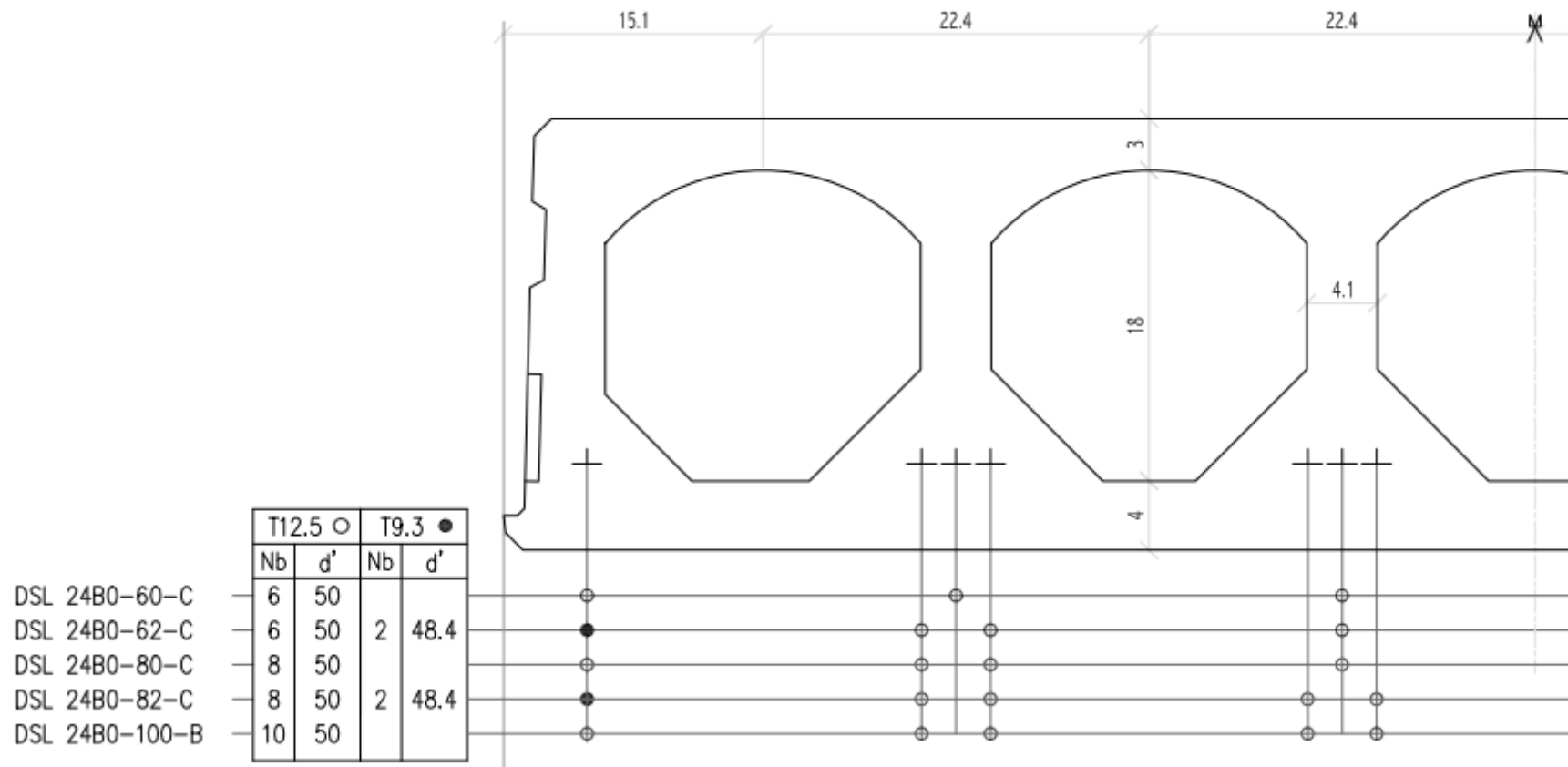


Figure IV-14 - DSL 24B0 - Position des armatures de précontrainte

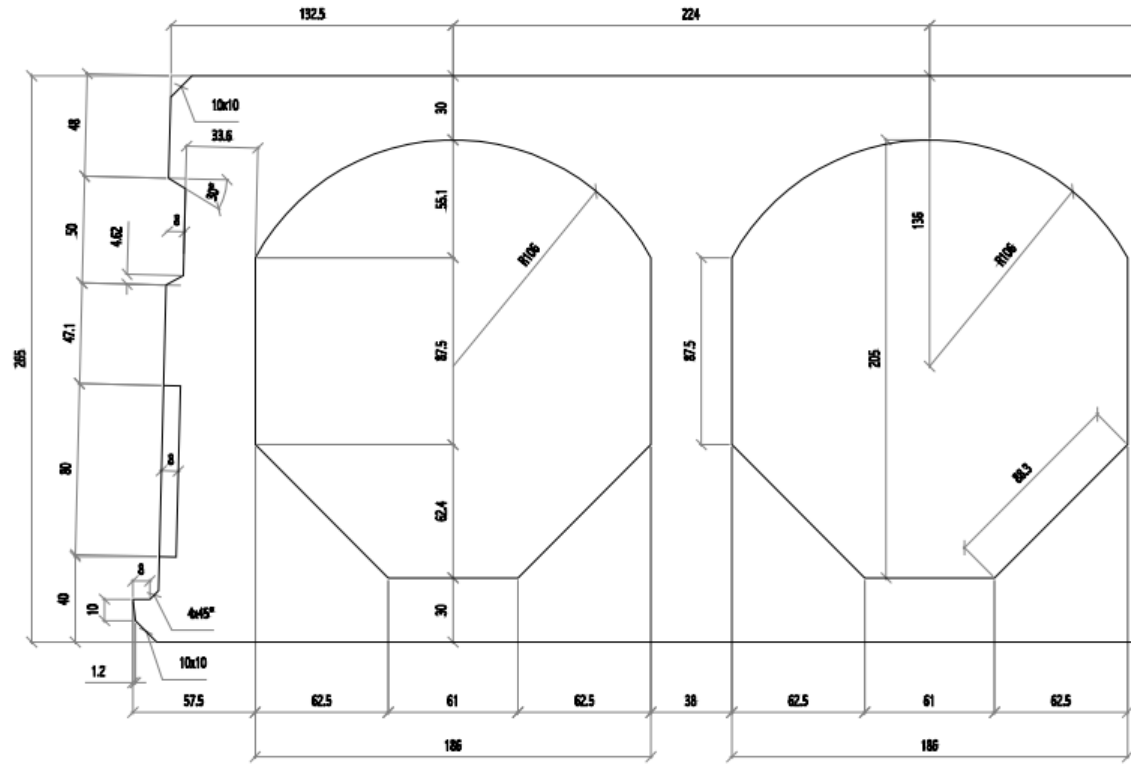
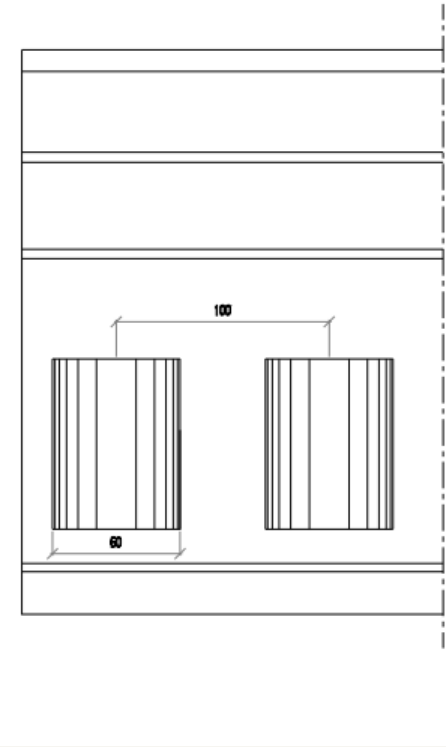


Figure IV-15 - DSL 2700 - Section transversale



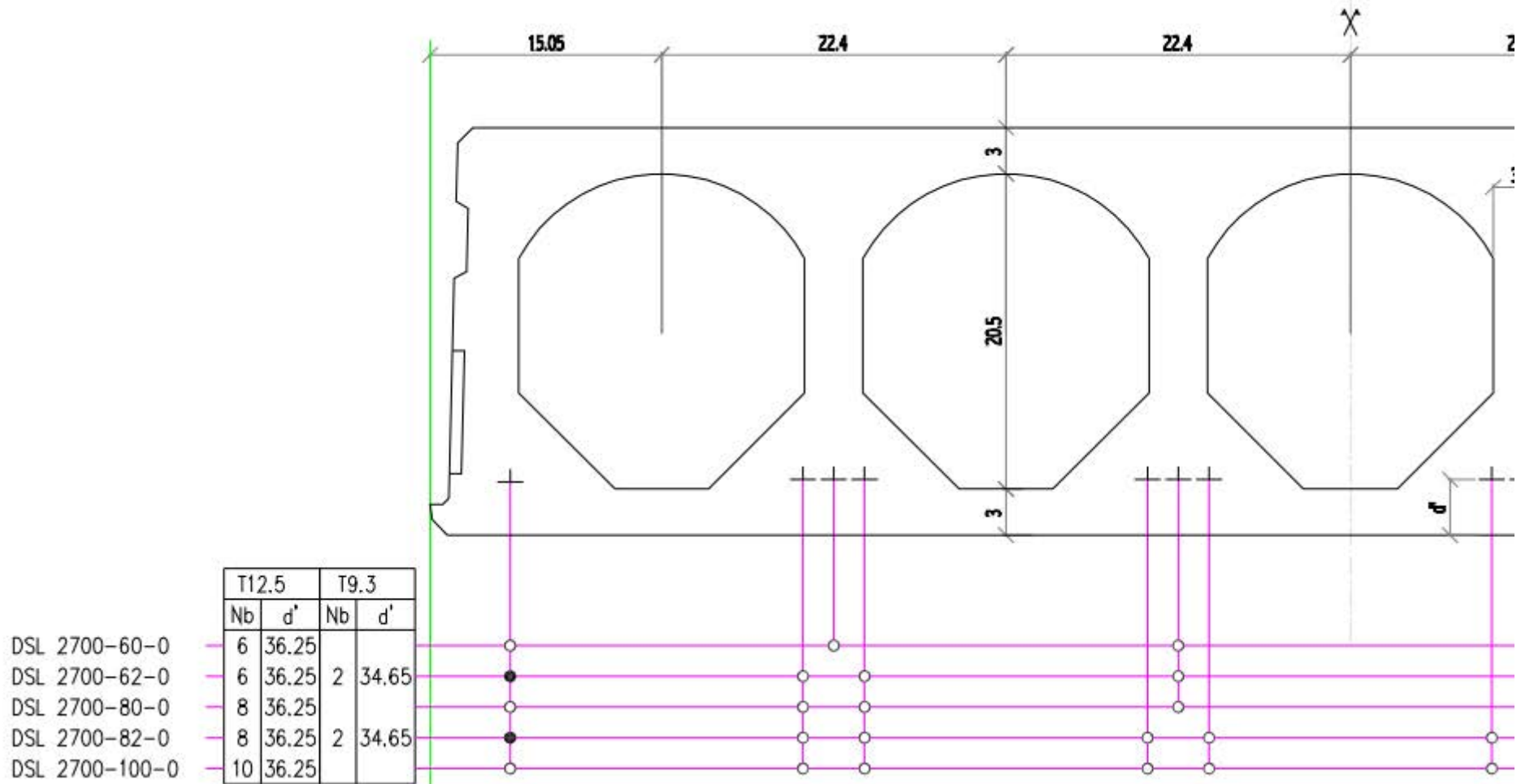


Figure IV-16 – DSL 2700 - Position des armatures de précontrainte

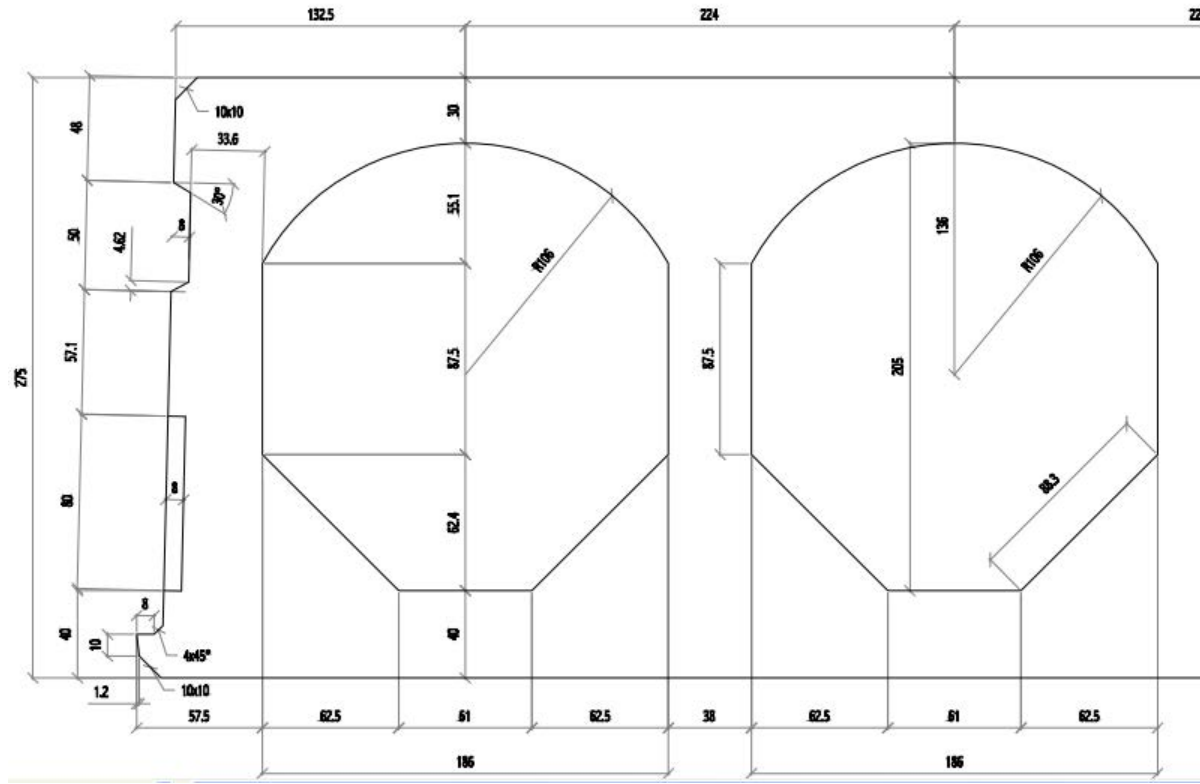
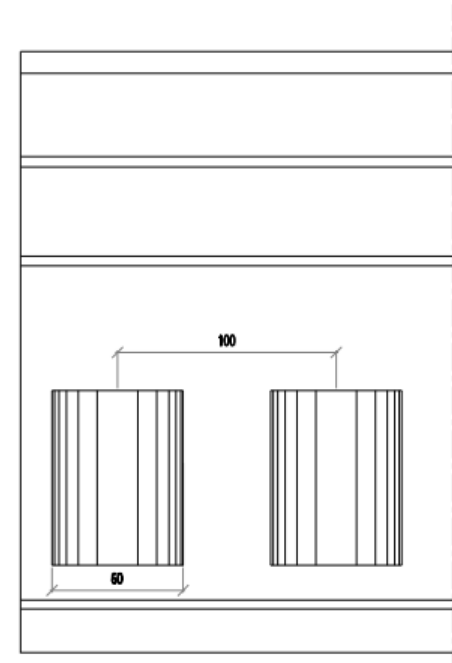


Figure IV-17 - DSL 27B0 - Section transversale



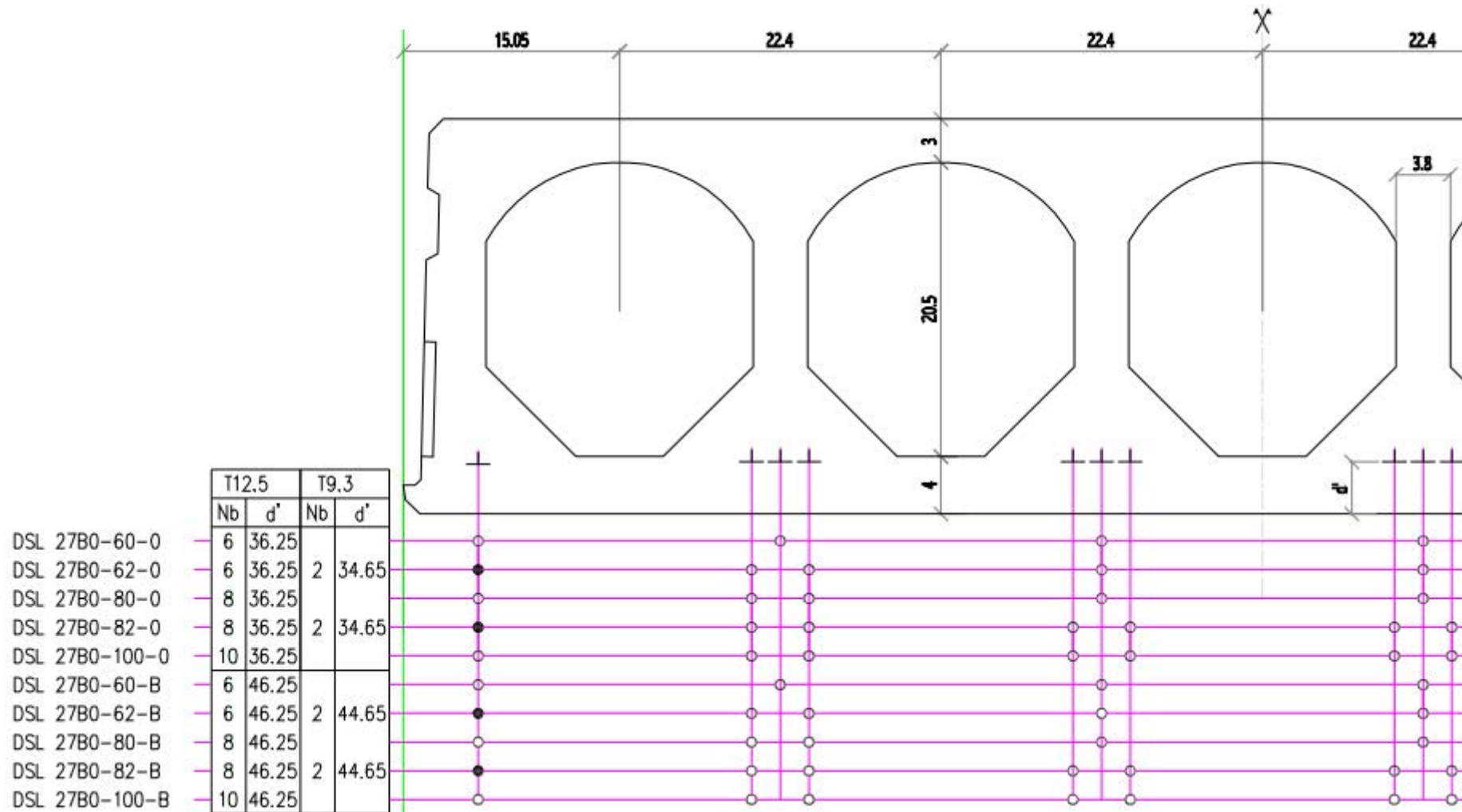


Figure IV-18 – DSL 27B0 - Position des armatures de précontrainte

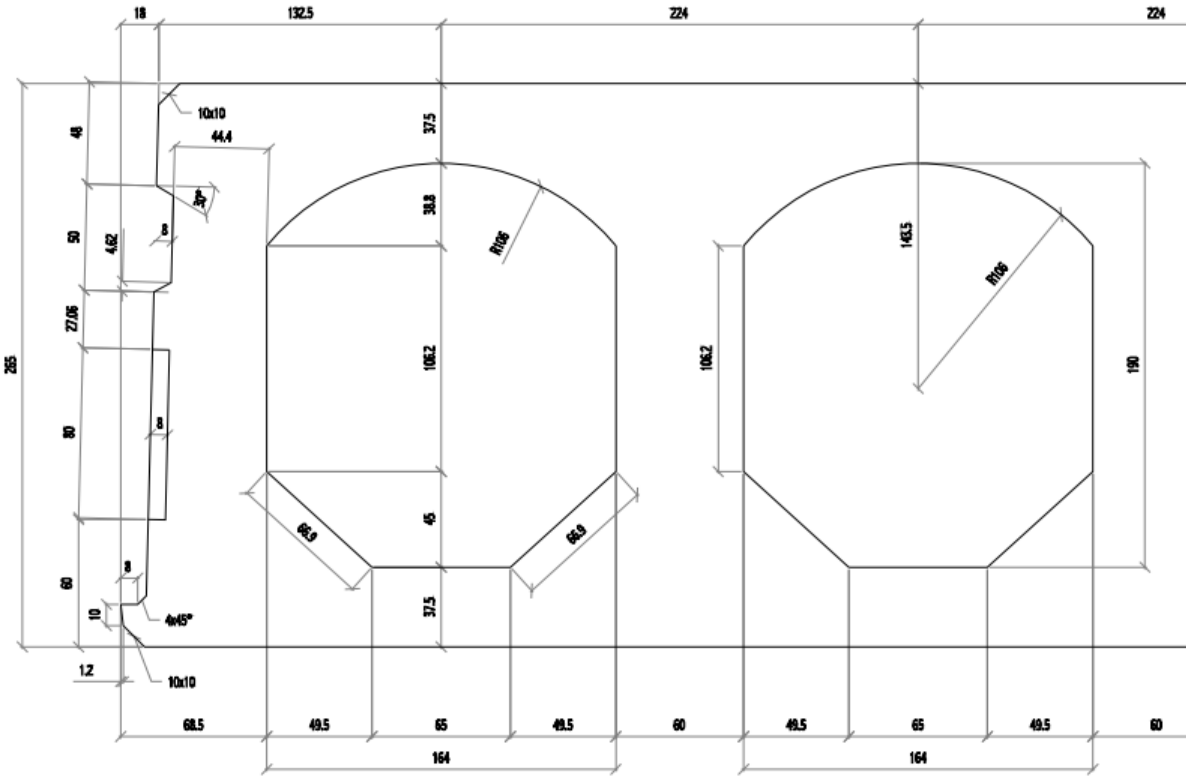
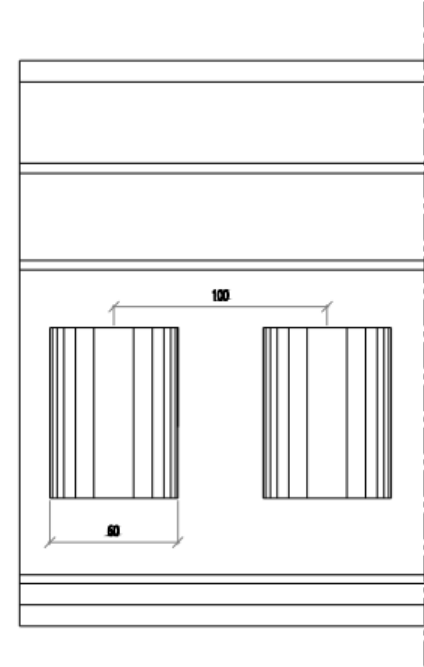


Figure IV-19– DSR 2700 - Section transversale



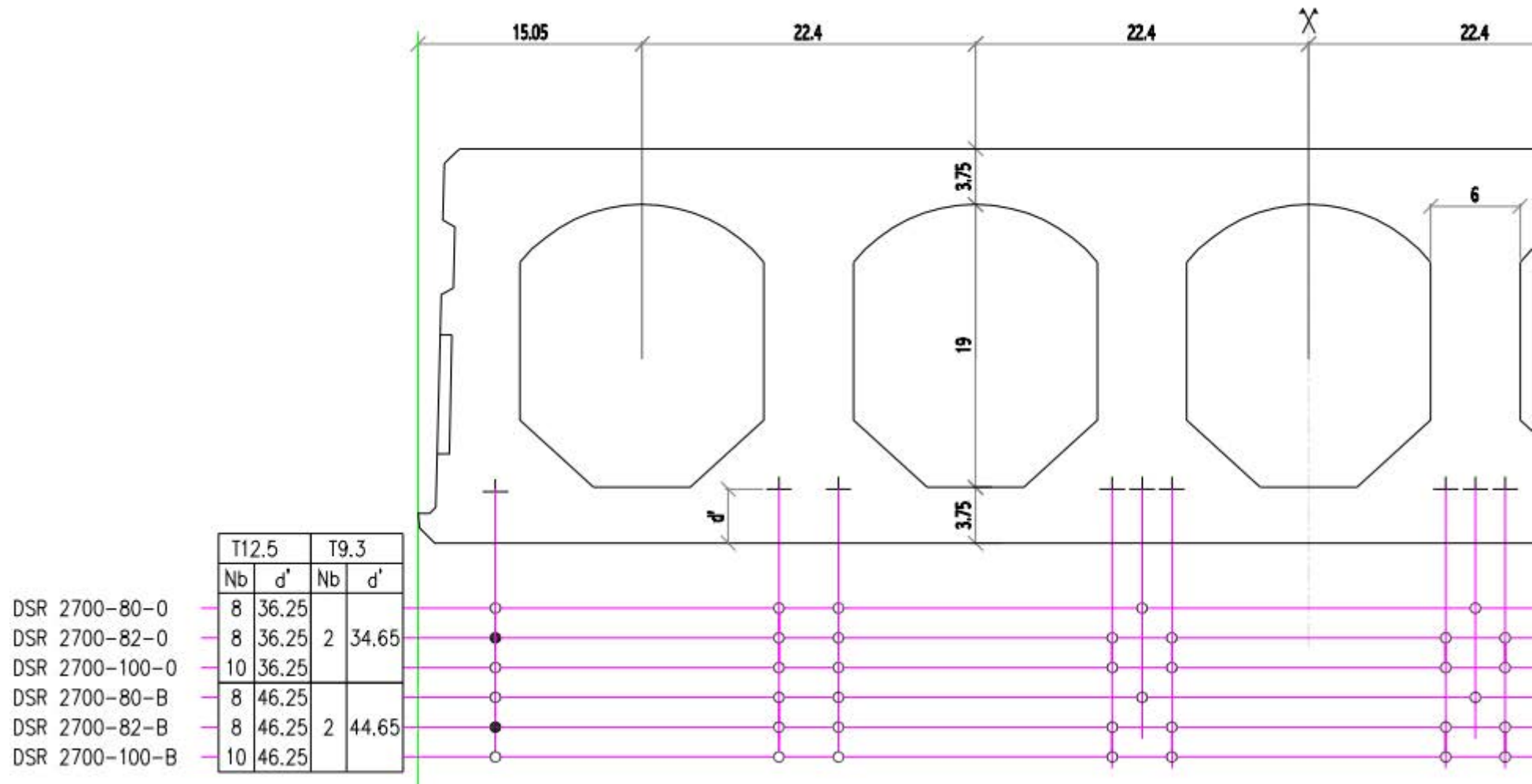


Figure IV-20 – DSR 2700 - Position des armatures de précontrainte

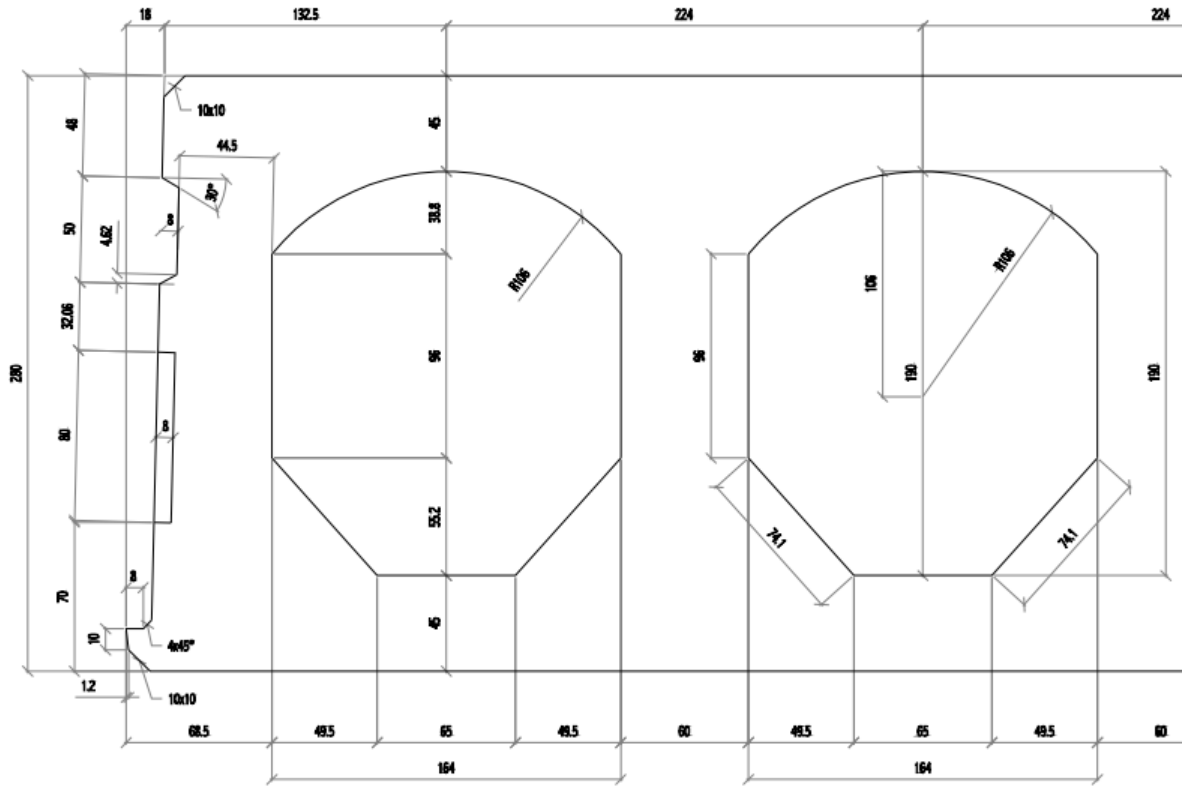
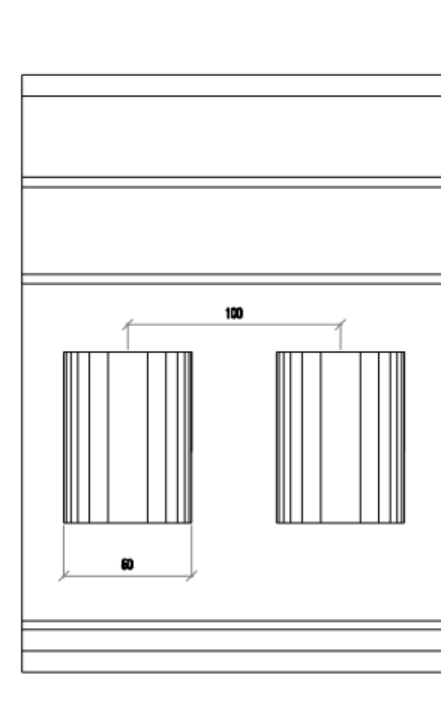


Figure IV-21 – DSR 2800 - Section transversale





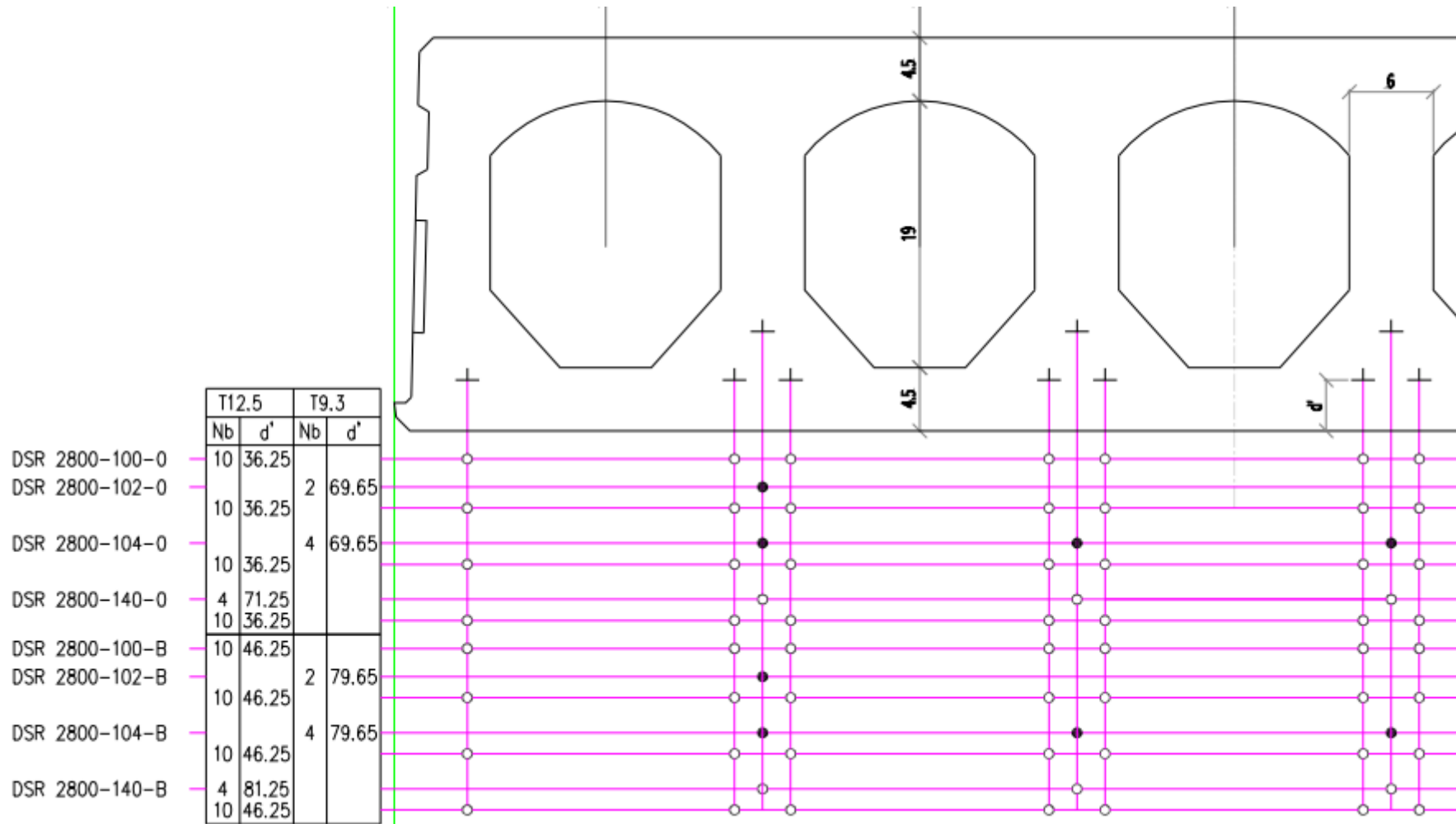


Figure IV-22 – DSR 2800 - Position des armatures de précontrainte

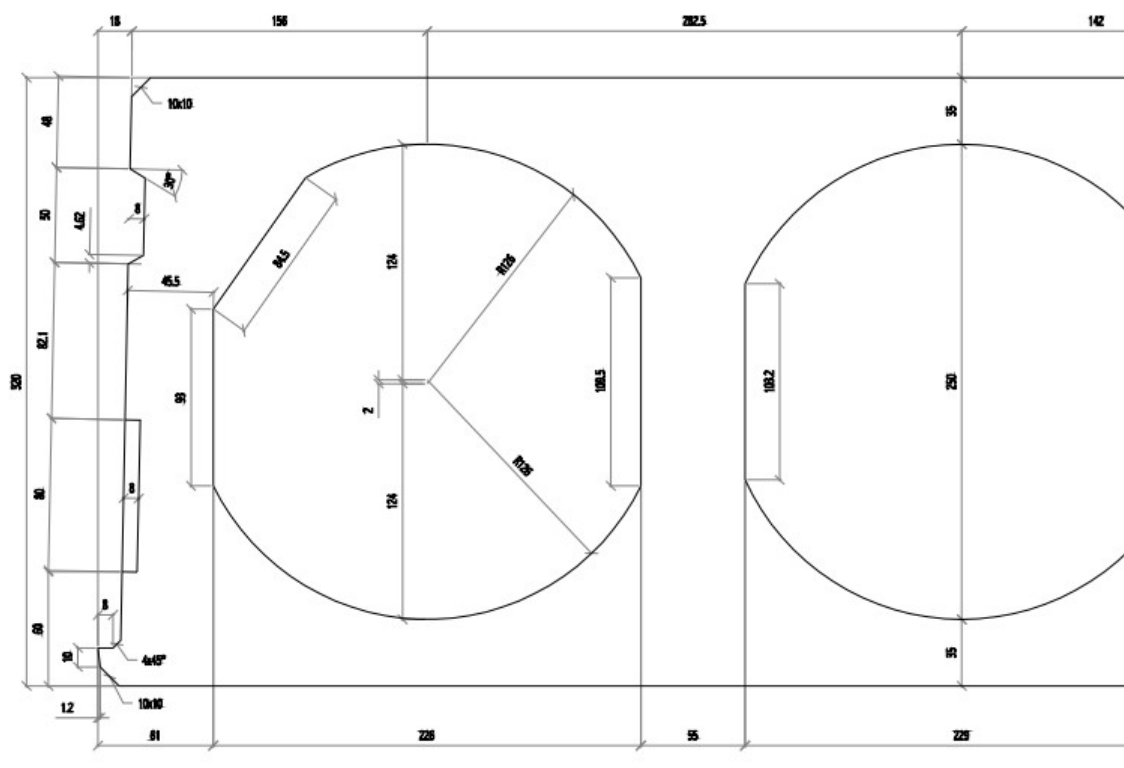
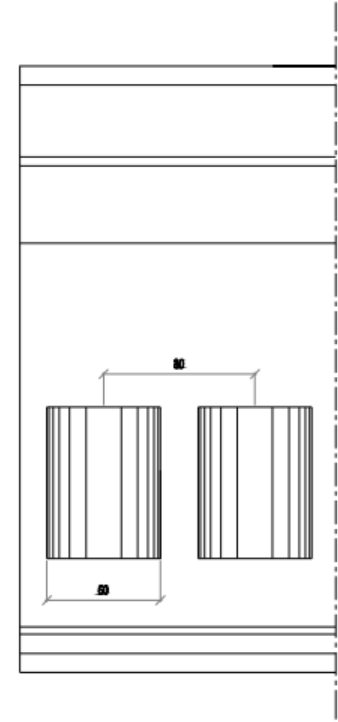


Figure IV-23 – DSL 3200 - Section transversale



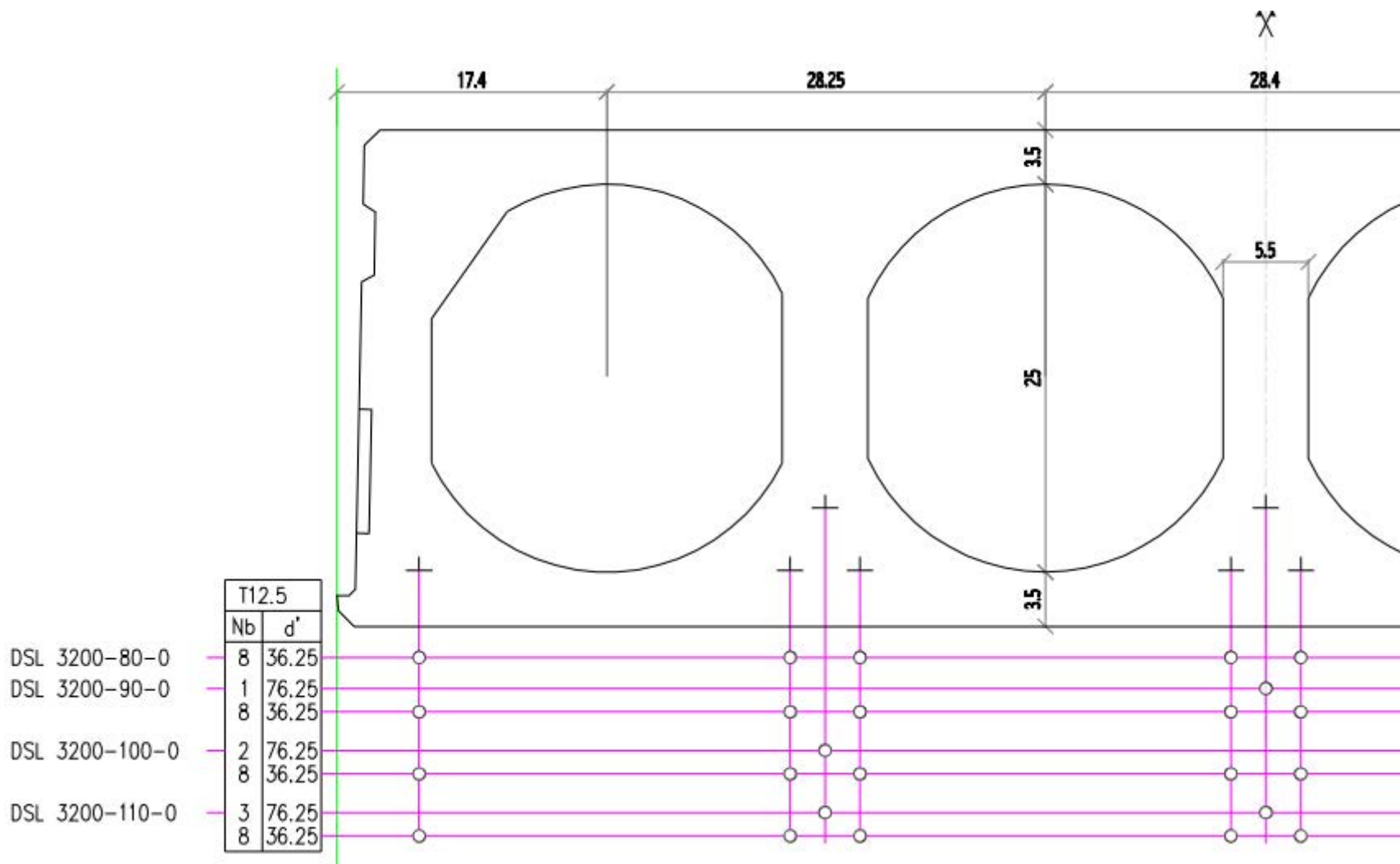


Figure IV-24 – DSL 3200 - Position des armatures de précontrainte

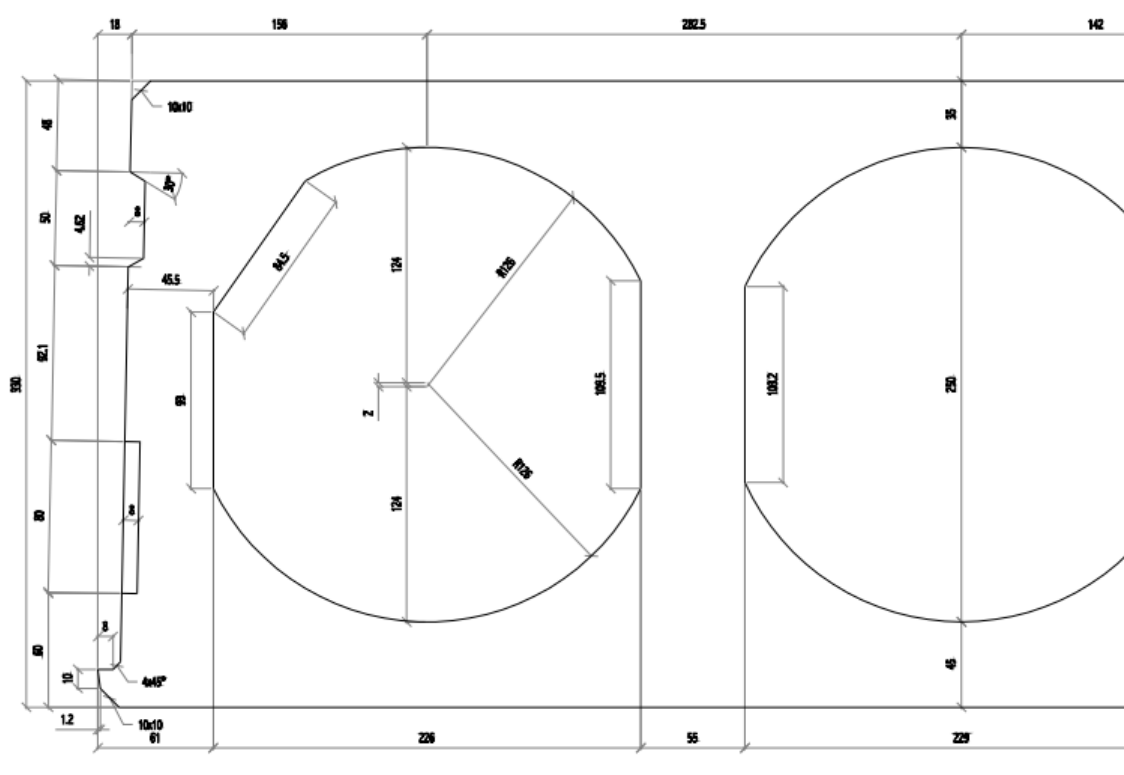
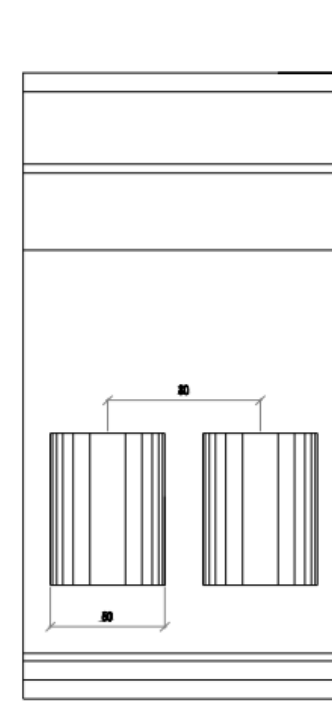


Figure IV-25 – DSL 32B0 - Section transversale



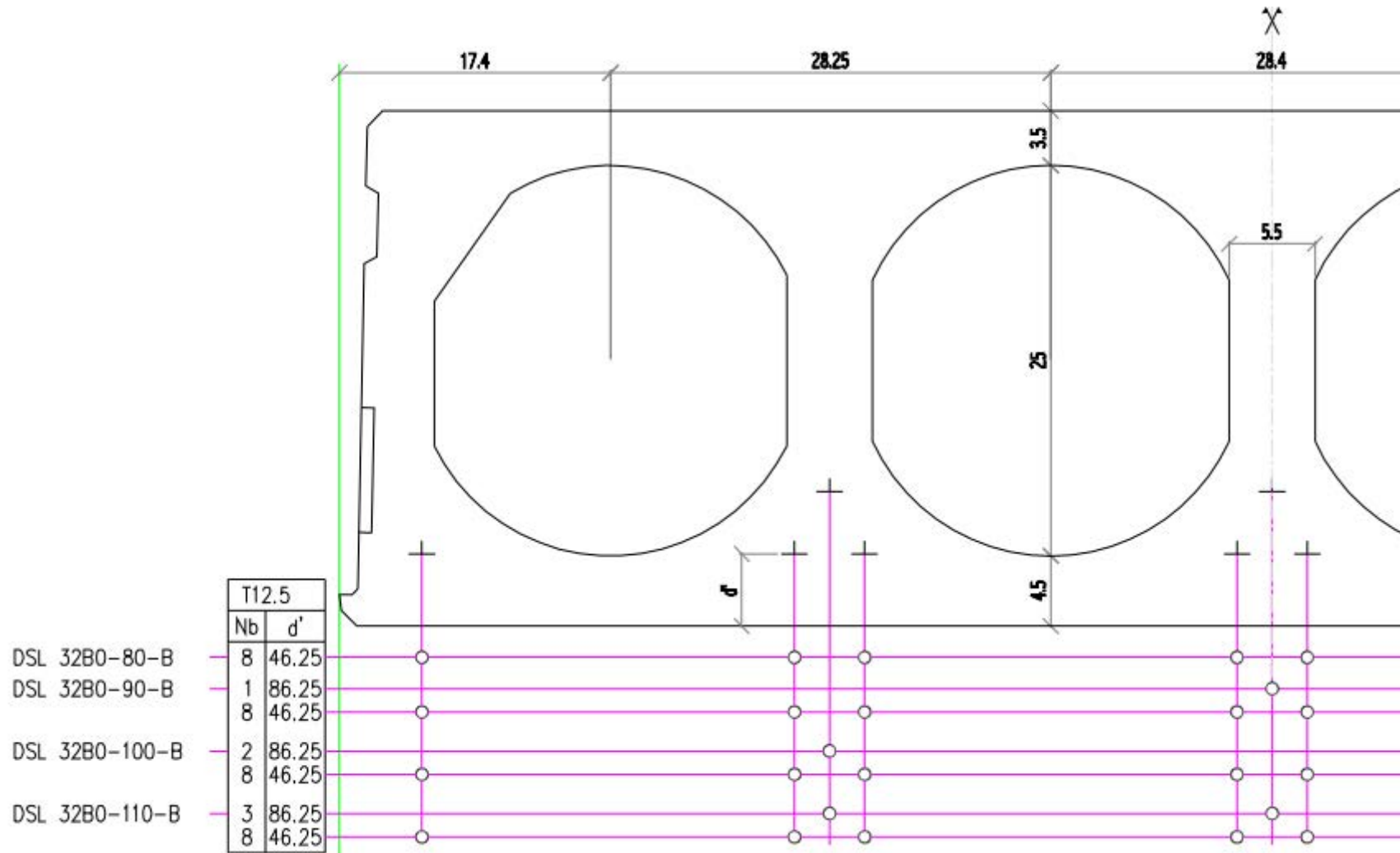


Figure IV-26 – DSL 32B0 - Position des armatures de précontrainte

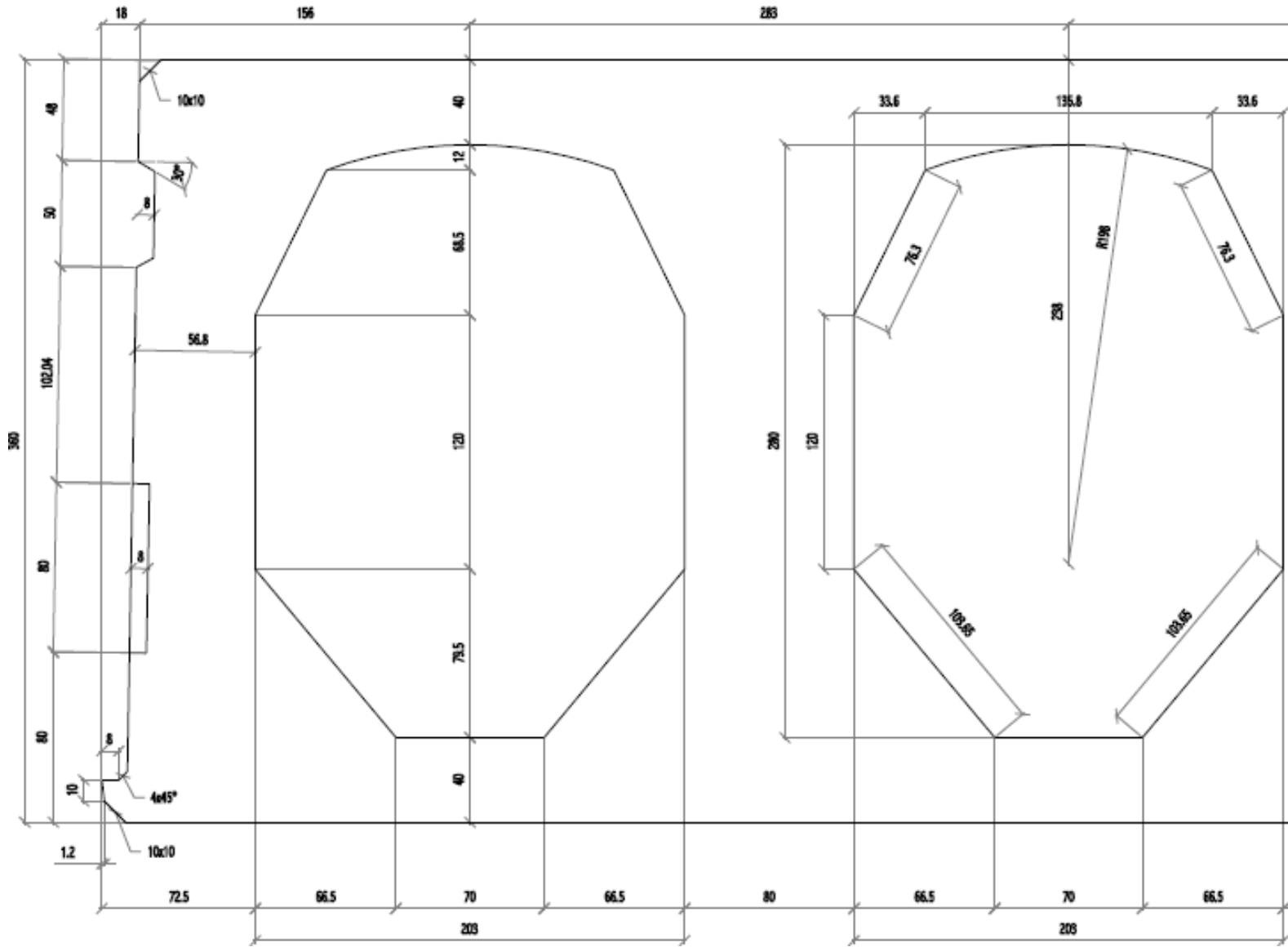
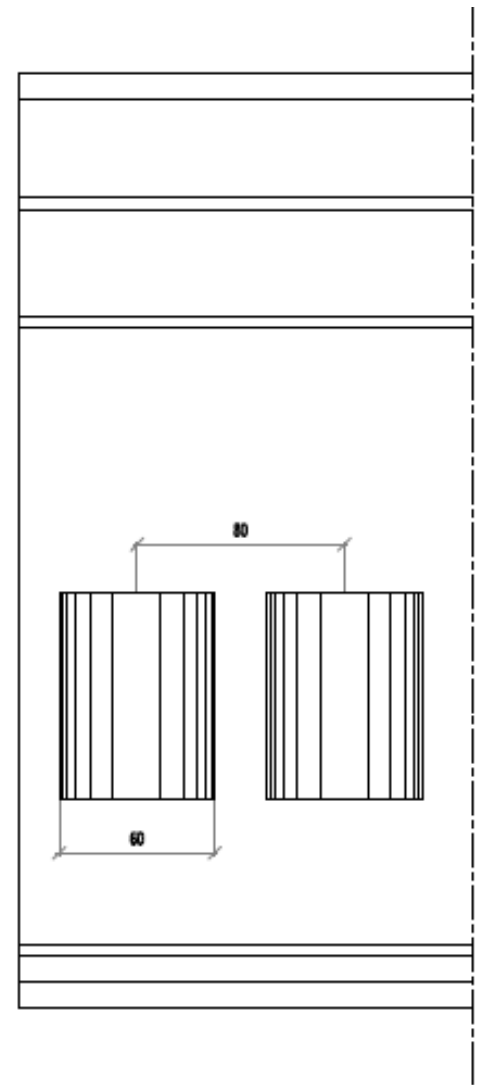


Figure IV-27 – DSR 3600 - Section transversale



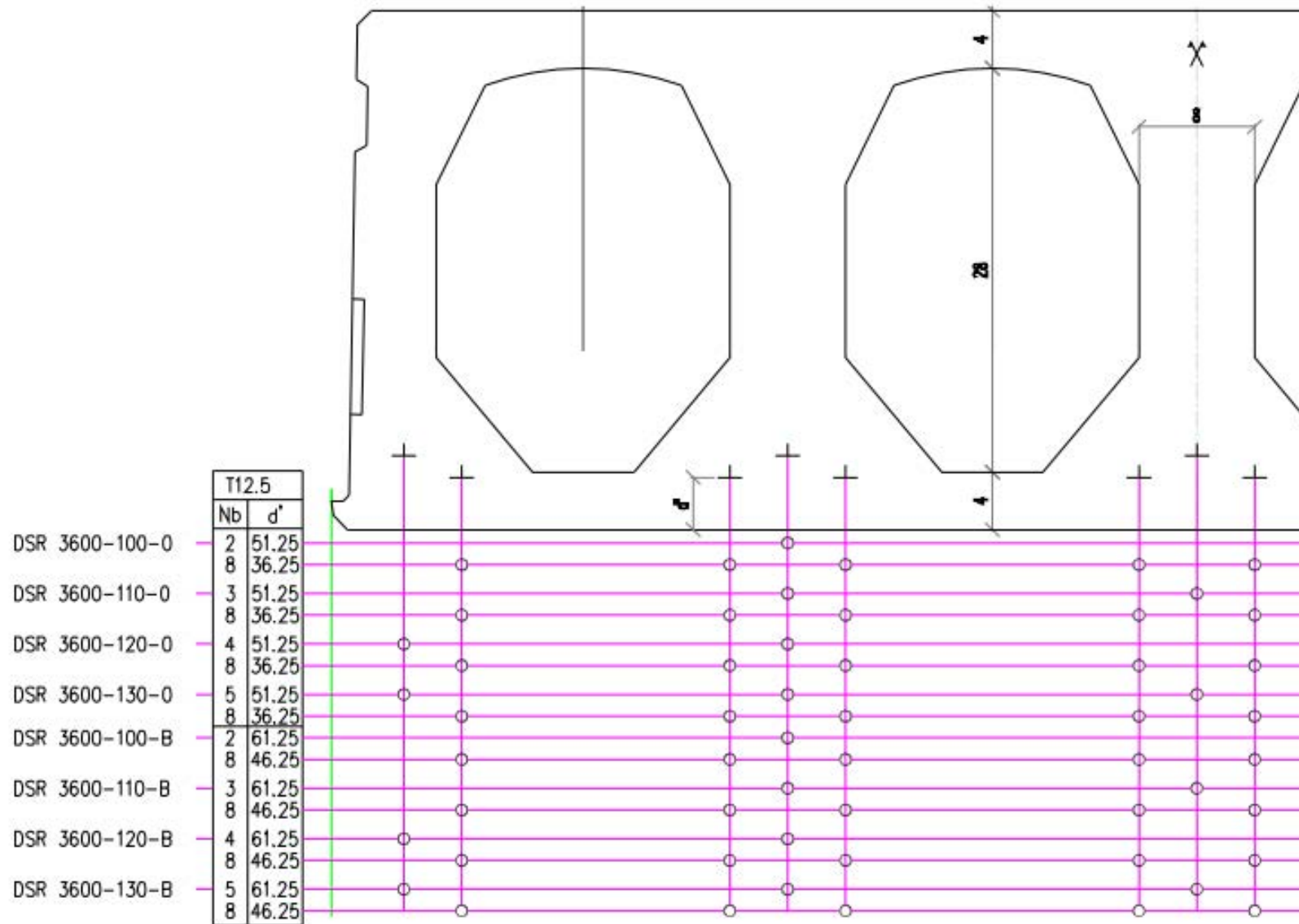


Figure IV-28 – Dalle DSR 3600 - Position des armatures de précontrainte