

Avis Technique 2/09-1338

Annule et remplace l'Avis Technique 2/05-1172*V1

Edition intégrant le modificatif 2/05-1172*01 Mod

Ouvrages en verre
Glass structures
Glasbauterle

Raidisseurs et poutres en verre

Structura Support

Titulaire : AGC France SAS
114 Bureaux de la Colline
FR-92213 SAINT-CLOUD

Tél. : 01 57 58 30 31
Fax : 01 57 58 32 74
E-mail : france@eu.agc-flatglass.com
Internet : <http://yourglass.fr/agc-flatglass-europe>

Usine : AGC Vertal Sud Est
25 rue du Lyonnais – BP 60
Z.I. Lyon Sud Est
FR-69802 SAINT-PRIEST Cedex

Commission chargée de formuler des Avis Techniques
(arrêté du 2 décembre 1969)

Groupe Spécialisé n° 2

Constructions, Façades et Cloisons Légères

Vu pour enregistrement le 29 juillet 2009



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 - Fax : 01 60 05 70 37 - Internet : www.cstb.fr

Le Groupe Spécialisé n° 2 «Constructions, Façades et Cloisons Légères» de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné, le 27 janvier 2009, le procédé Structura Support présenté par la Société AGC France SAS. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après qui remplace l'Avis Technique 2/05-1172. Cet Avis est formulé pour les utilisations en France européenne.

1. Définition succincte

1.1 Principe et catégorie

Raidisseurs ou poutres intérieurs en un ou plusieurs éléments verriers constituant l'ossature secondaire d'une façade légère ou d'une verrière.

Consoles en sous face ou demi-raideurs intérieurs composés d'un seul élément verrier, et constituant l'ossature secondaire d'une façade légère ou d'une verrière.

La façade légère ou la verrière ne sont pas visée par cet Avis.

Les éléments verriers sont soit en verre monolithique trempé HST STRUCTAFLEX de 19 mm soit en verre feuilleté trempé HST STRUCTAFLEX avec intercalaire EVASAFE.

Les fixations de la façade ou de la verrière sur le raidisseur et les fixations du raidisseur sur l'ossature du bâtiment sont ponctuelles.

1.2 Identification

Les éléments verriers portent le marquage STRUCTAFLEX, visible après mise en œuvre, et le code d'identification du trempé : AGC Vertal ✪.

Identification des éclisses et des fixations ponctuelles : Marquage AGC + code fournisseur.

2. AVIS

2.1 Domaine d'emploi accepté

Raidisseurs ou demi-raideurs intérieurs de façades légères planes (mur rideau, VEC, VEA) et poutres ou consoles de verrières planes inclinées vers l'intérieur ou l'extérieur de bâtiments d'usage courant, sans traversée de joint de dilatation.

Les éléments verriers en verre monolithique de 19 mm ne sont utilisés qu'en raidisseur de façade verticale.

Les ambiances intérieures admissibles sont celles de la faible ou moyenne hygrométrie, telles que définies à l'annexe A de la norme NF P 24-351.

La portée des raidisseurs ou des poutres est limitée à 15 mètres maximum, la portée de chaque élément verrier étant limitée à 6 mètres.

Les demi-raideurs et les consoles sont réalisés en verre tri-feuilleté 15.15.15 ou 19.19.19. La portée des demi-raideurs et des consoles est limitée à 6 mètres.

Le domaine d'emploi est limité aux ouvrages pour lesquels le dimensionnement des éléments verriers est réalisé conformément au processus défini au Dossier Technique.

La façade légère ou la verrière n'est pas visée par le présent Avis Technique. La liaison avec la façade légère ou la verrière est réalisée par des attaches ponctuelles telles que définies au § 3.5 du Dossier Technique.

2.2 Appréciation sur le procédé

2.2.1 Aptitude à l'emploi

Sécurité sous charges climatiques et poids de la façade légère ou de la verrière

Les poutres (et consoles) ou les raidisseurs (et demi-raideurs) ne participent pas à la stabilité du bâtiment laquelle incombe à la structure de celui-ci.

La reprise des charges parallèles au raidisseur (et demi-raideur) ou à la poutre (et console) est assurée par un dispositif spécialement conçu à cet effet et qui fait partie intégrante du procédé.

La reprise des charges perpendiculaires à la façade ou à la verrière est assurée par le raidisseur (et demi-raideur) ou la poutre (et console).

Sécurité incendie

Le procédé n'est pas utilisable si des exigences de résistance au feu sont requises.

Sécurité aux chocs

De part leur nature, les éléments verriers résistent aux chocs de conservation des performances et de sécurité selon la norme P 08-302

La performance des remplissages de la façade ou de la verrière est à justifier selon les textes en vigueur.

Stabilité en zone sismique

La satisfaction aux exigences parasismiques ne dépend pas uniquement des raidisseurs (et demi-raideurs) ou poutres (et consoles) en éléments verriers et doit donc être appréciée au cas par cas par une évaluation spécifique pour les exigences E1 et E2 définies au chapitre 15 selon les règles PS92 (NF P 06-013).

Étanchéité

L'étanchéité devra être assurée par le procédé de façade légère ou verrière.

2.3 Durabilité

Le traitement thermique Heat Soak appliqué après trempe limite le risque de casse par effets d'inclusions métalliques ou faiblesses d'autres origines.

Les vitrages feuilletés EVASAFE sont réalisés à partir d'intercalaires EVASAFE, dont les premières utilisations datent de 30 ans aux Etats-Unis, Canada ou Japon. Les premières utilisations en France datent de 1991. Ils ont montré un comportement satisfaisant.

Sur les vitrages feuilletés avec intercalaires EVASAFE, de légères variations de teintes sont susceptibles de se produire à long terme. Le risque de délaminage des composants verriers apparaît par ailleurs faible dans la mesure où les contrôles réalisés donnent des résultats satisfaisants et où les prescriptions de mise en œuvre sont respectées (critère de variation transmission lumineuse après 2000 heures d'exposition UV selon la norme NF EN ISO 12543 limité à 2 %, contrôles sur échantillons en cours de fabrication par essais à haute température et haute humidité avec comme critères l'absence de défaut à plus de 5 mm des bords).

La protection anti-corrosion pour des ambiances intérieures en faible ou moyenne hygrométrie et externe protégée, est assurée par les revêtements et/ou la nature des pièces métalliques du procédé (éclisses, fixations ponctuelles, câbles) conforme à la norme NF P 24-351.

La durabilité de la résine référence AGC RSG 05-1 utilisée pour d'autres applications pour lesquelles elle a fait l'objet de nombreux essais, peut être considérée comme satisfaisant pour l'usage prévu.

2.4 Fabrication

Les dispositions prises par la société AGC France SAS, sont propres à assurer la constance de qualité.

2.5 Mise en œuvre

La mise en œuvre, effectuée par des entreprises spécialisées, assistées à leur demande par AGC France SAS, nécessite des précautions notamment pour :

- l'analyse de la compatibilité des mouvements de l'ossature primaire avec le procédé,
- la fixation de la partie haute du raidisseur sur la charpente,
- la fixation des éclissages,
- le réglage dans l'éclisse basse,
- les dispositions de remplacement le cas échéant.

2.6 Cahier des Prescriptions Techniques

2.61 Conditions de conception

L'ossature support du raidisseur ou de la poutre (ou demi-raisseurs et consoles) devra être conçue de telle sorte que les déplacements soient compatibles avec le procédé et avec les systèmes de façades et de verrières.

En particulier les déplacements parallèles au raidisseur ou à la poutre, sous les combinaisons de charges pondérées sont limités à 50 % du jeu disponible en pied des raidisseurs ou de la poutre (hors jeu de dilatation et de réglage du raidisseur).

Les attaches hautes et basses doivent rester accessibles pour des éventuelles opérations de remplacement.

Le dimensionnement des éléments verriers sera réalisé selon les critères suivants :

- La déformation (flèche) sous les combinaisons de charges non pondérées (chargements aux Etats Limites de Service dits ELS) doit être $\leq 1/300^{\text{ème}}$ de la hauteur du raidisseur, $\leq 1/500^{\text{ème}}$ pour une poutre, $\leq 1/150^{\text{ème}}$ en cas de demi raidisseur, ou $\leq 1/250^{\text{ème}}$ en cas d'auvent.
- La contrainte sous les combinaisons de charges pondérées (chargements aux Etats Limites Ultimes dits ELU) doit être inférieure à la contrainte admissible du verre trempé soit 50 MPa.
- Les valeurs admissibles en traction par fixation ponctuelle sont définies à partir des essais sur des corps d'épreuve spécifiques au procédé.

Les hypothèses retenues pour le dimensionnement des éléments verriers sont les suivantes :

- Pour les éléments feuilletés, l'épaisseur équivalente a été calculée, en fonction des épaisseurs e_1 , e_2 et e_3 de chacun des composants, en considérant la formule suivante :

$$e_{\text{eq}} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^n e_i^3 + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^n e_i \right)^3}, \text{ avec } n = 2 \text{ ou } 3,$$

et $\varepsilon=0,2$ sauf pour le calcul au déversement des poutres et des consoles où $\varepsilon=0$.

- La formule de calcul du moment résistant au déversement est celle de l'Eurocode 3 en prenant $\gamma_{M1} = 1,1$ pour le coefficient partiel de sécurité.
- Indépendamment de la limitation de pente propre au système de la verrière, il conviendra de vérifier l'absence de pente négative en cumulant sous les charges normales les déformations des remplissages et des poutres (voire des éléments de structure).

2.62 Conditions de fabrication

Les éléments verriers seront fabriqués avec une tolérance de flèche de trempé réduite (2 mm/m).

Le feuilletage est assuré par la Société AGC VERTICAL SUD EST en EVASAFE conformément aux normes EN ISO 12543-2 et EN 14449.

La mise en place de la résine est réalisée par la Société AGC VERTICAL SUD EST à l'aide d'un gabarit. Elle réalise pour chaque lot de résine des échantillons pour des essais d'écrasement destinés à s'assurer de la qualité du mélange, de l'absence de défaut (bulles), et des caractéristiques de compression.

2.63 Conditions de mise en œuvre

La mise en œuvre doit être effectuée par des entreprises spécialisées, assistées à leur demande par AGC France SAS.

Les éléments verriers en verre monolithique ne sont utilisables qu'en façade verticale. De plus dans le cas où ce type de raidisseur est mis en œuvre au dessus d'un passage, il y aura lieu de prévoir une protection par un auvent tel que défini au *Cahier du CSTB 3574*.

En façade, les pieds des raidisseurs (ou demi-raisseurs) devront être protégés des chocs dus aux engins de nettoyage des sols ou à tout autre équipement lié à l'usage du local.

2.64 Réparation

De part la conception, le remplacement d'un raidisseur (ou demi-raisseur) et d'une poutre (ou console) doit être possible en déposant au maximum les 2 trames directement reliées au raidisseur ou à la poutre endommagée.

La rupture d'un élément verrier doit conduire à la mise en place de dispositions conservatoires pour assurer la sécurité des personnes jusqu'au remplacement de cet élément.

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du procédé STRUCTURA SUPPORT, dans le domaine d'emploi accepté, est appréciée favorablement.

Validité

Jusqu'au 31 janvier 2012.

Pour le Groupe Spécialisé n° 2
Le Président
M. KRIMM

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le procédé STRUCTURA SUPPORT permet la réalisation de façades légères avec raidisseurs en verre ou de verrières avec poutres en verre.

Les modifications de cette 1^{ère} révision concernent la mise à jour des abaques de dimensionnement au déversement pour tenir compte de la jurisprudence du GS2 de 2008 relative au coefficient ε pris égal à zéro pour les poutres et consoles en l'absence de justification et de la valeur du coefficient γ_{M1} qui passe de 1,25 à 1,1.

Le dimensionnement doit être effectué en suivant les prescriptions définies au § 2.61 de l'Avis et § 4 du Dossier Technique.

La mise en œuvre doit être effectuée par des entreprises spécialisées, assistées à leur demande par AGC France SAS, en tenant compte en particulier de la compatibilité des mouvements différentiels des supports avec les éléments structuraux en verre et de la façade légère ou de la verrière avec ces mêmes éléments structuraux.

En cas de rupture accidentelle d'un élément verrier d'un raidisseur ou d'une poutre en verre, des mesures conservatoires sont à prendre sans délai pour assurer la sécurité des personnes jusqu'au remplacement de cet élément. Ces dispositions sont à préciser chantier par chantier.

Dans le cas des demi-raisseurs posés (cf. figure 13), une attention particulière devra être apportée vis-à-vis de la compatibilité des déplacements du fait de certains mouvements antagonistes (dilatation des raidisseurs, déplacement du gros-œuvre en partie haute, etc).

Pour les demi-raisseurs et les consoles, les déformations transversales doivent être compatibles avec les systèmes de façade ou de verrière. Le cas échéant, un câble de stabilité transversal est mis en place pour limiter ces déplacements (cf. figure 14). Le câble doit être prévu systématiquement dans le cas de consoles situées en atmosphère extérieure.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 2
M. COSSAVELLA

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Principe et catégorie (cf. figures 1 et 2)

Raidisseurs (dits aussi contreventements) ou poutres intérieures en 1 ou plusieurs éléments verriers constituant l'ossature secondaire d'une façade légère ou d'une verrière.

Consoles en sous face ou demi-raideurs intérieurs composés d'un seul élément verrier, et constituant l'ossature secondaire d'une façade légère ou d'une verrière.

Les éléments verriers sont soit en verre monolithique trempé HST STRUCTAFLEX de 19 mm soit en verre feuilleté trempé HST STRUCTAFLEX avec intercalaire EVASAFE.

Les éléments verriers en verre monolithique de 19 mm ne sont utilisés qu'en façade verticale.

Les demi-raideurs et les consoles sont réalisés en verre tri-feuilleté 15.15.15 ou 19.19.19.

Les fixations de la façade ou de la verrière sur le raidisseur sont ponctuelles.

Les liaisons du raidisseur sur l'ossature du bâtiment sont réalisées par les éclisses métalliques.

2. Matériaux

2.1 Produits verriers

- Glace claire Planibel, ou extra claire Clearvision, conforme à la norme NF EN 572.
- Glace colorée, Planibel, conforme à la norme NF EN 572.
- Glace Matelux, verre dépoli à l'acide, conforme à la norme NF EN 572.
- Glace semi-réfléchissante conforme à NF EN 1096.

Ces glaces sont obligatoirement trempées et traitées HST selon la norme NF EN 14179.

L'assemblage en feuilleté avec un intercalaire EVASAFE est conforme aux normes NF EN ISO 12543-2 et NF EN 14449.

2.2 Eclisses et attaches ponctuelles

- Inox X2CrNiMo17-12-2 (1.4404 – AISI.316L) ou Acier E36 laqué et protégé contre la corrosion selon la norme NF P 24-351.

2.3 Fixation ponctuelle (cf. figures 3 et 9)

- Rotule radiale en acier- bronze fritté.
- Corps de la rotule : X2CrNiMo17-12-2.
- Axe en acier inoxydable X2CrNiMo17-12-2 : Ø 20 mm ou 32 mm.
- Bague de répartition des efforts inox X2CrNiMo17-12-2.
- Entretoise de positionnement des éclisses X2CrNiMo17-12-2.
- Résine époxydique de scellement ; référence AGC RSG 05-1.
- Vis M8 en acier inoxydable A2.70 et dispositif d'anti desserrage par un produit de freinage de type Loctite 270.

2.4 Système anti-déversement

Câble ou rod inox X2CrNiMo17-12-2.

2.5 Câble ou rod de reprise des forces longitudinales

Câble ou rod inox X2CrNiMo17-12-2

3. Eléments

Tous les éléments verriers et les pièces métalliques (fixations ponctuelles, éclisses, attaches ponctuelles, dispositifs de reprise des efforts longitudinaux et dispositifs d'anti-déversement) sont fournis par AGC France SAS.

Les raidisseurs et poutres (ou demi-raideurs et consoles) sont toujours situés perpendiculairement à la façade ou à la verrière. En verrière, la poutre est, de plus, toujours dans le sens de la plus grande pente.

Les raidisseurs et poutres (ou demi-raideurs et consoles) sont étudiés pour le fonctionnement suivant :

- les charges de la façade ou de la verrière sont décomposées en charges parallèles ou perpendiculaires par rapport au plan de la façade ou de la verrière,
- les charges parallèles dites longitudinales au raidisseur ou à la poutre sont reprises par le dispositif de câble ou de rod prévu à cet effet,
- les charges perpendiculaires sont reprises par le raidisseur ou la poutre, la transmission de ces efforts étant réalisés par les attaches ponctuelles,
- le poids propre du raidisseur est repris en partie haute sur l'éclisse métallique,
- le poids propre de la poutre est repris par les éclisses haute et basse,
- le poids propre du demi-raideur ou de la console est repris par l'éclisse métallique,
- la dilatation du raidisseur ou de la poutre et les mouvements éventuels de la structure de même sens que la dilatation sont repris dans le trou oblong de l'éclisse basse,
- les dispositifs d'anti-déversement sont disposés sur les éclisses intermédiaires et sont reliés à la structure. Ils permettent de maintenir la membrure interne et externe du raidisseur ou de la poutre. La distance d'anti-déversement est donnée par les calculs, sans pouvoir être supérieure à 6 mètres.

3.1 Eléments verriers (cf. figures 1, 8, 11 à 13)

- Les éléments verriers peuvent être monolithiques de 19 mm d'épaisseur ou feuilletés conformes aux normes EN ISO 12543 d'épaisseur 10.10 ; 12.12 ; 15.15, 15.15.15, ou 19.19.19.

Les éléments verriers en verre monolithique de 19 mm ne sont utilisés qu'en façade verticale.

Les éléments verriers en verre feuilleté 15.15.15 et 19.19.19 sont utilisés en demi-raideurs ou en consoles.

La longueur maximale est de 6 mètres.

- Les largeurs standard des raidisseurs et des poutres sont de 350, 450, 550, 650, 750 et 850 mm.

Pour des commandes spécifiques, une autre largeur comprise entre 350 mm et 850 mm est réalisable.

Les axes de perçage de diamètre 61 mm dans les verres sont positionnés au minimum à 110 mm du grand coté et à 71 mm du petit coté.

La distance minimale entre 2 perçages dans le sens longitudinal de la poutre est de 180 mm.

- Les largeurs standard des demi-raideurs et des consoles sont côté éclisse de 400, 500, 600, et 700 mm et à l'extrémité libre de 220 mm minimum.

La variation de section est de 3° maximum (figure 11).

Pour des commandes spécifiques, une autre largeur comprise entre 350 mm et 850 mm est réalisable.

Les axes de perçage de diamètre 68 mm dans les verres sont positionnés au minimum à 110 mm du grand coté et à 100 mm du petit coté.

A l'extrémité libre l'élément verrier pourra être arrondi avec un rayon de 110 mm minimum.

La distance minimale entre 2 perçages dans le sens longitudinal de la poutre est de 180 mm.

- Dans les perçages sont scellés à la résine époxydique référence AGC RSG 05-1 les dispositifs pour les fixations comprenant, un corps de rotule de diamètre 47 mm ou 54 mm dans le cas des demi-raideurs et consoles ; une rotule radiale en acier- bronze fritté percée pour le passage d'un axe de 24mm ou 30 mm dans le cas des demi-raideurs et consoles et des bagues excentriques pour rattraper les tolérances de perçages dans les éclisses.

Le scellement dans les verres est effectué avec un gabarit de positionnement.

La tolérance de positionnement de ces pièces est reprise par les excentriques intercalés dans les perçages des éclisses.

3.2 Eclisse intermédiaire (cf. figure 5)

Chaque éclisse est constituée par deux flasques en acier de 10 mm d'épaisseur percées pour recevoir les boulons de fixation.

Les éclisses sont percées de :

- 8 trous pour les fixations des éléments verriers de diamètre 32mm, recevant une bague excentrique sur point réglable et une bague cylindrique sur point fixe.
- 2 trous éventuels pour les fixations des dispositifs d'anti-déversement,
- 1 trou éventuel pour la fixation d'une attache ponctuelle.

Les parties internes et externes recevant les fixations des éléments verriers font 642 mm de hauteur par 120 mm minimum de largeur. Ces 2 parties sont reliées par 3 parties de 50 mm de largeur et de longueur variable en fonction de l'élément verrier. Ces dernières parties sont elles mêmes reliées par l'intermédiaire des branches de 50 mm de largeur.

Les éclisses non standard sont étudiées au cas par cas et respectent les mêmes spécifications.

3.3 Eclisses haute et basse (cf. figure 4)

L'éclisse haute est percée de :

- 3 trous pour les fixations des éléments verriers,
- 1 trou de diamètre 32 mm pour la fixation sur l'éclisse haute.

L'éclisse basse est percée de :

- 3 trous pour les fixations des éléments verriers,
- 1 trou oblong de 40x160 mm pour la fixation sur l'éclisse basse.

3.4 Eclisses des demi-raideurs et consoles (cf. figure 10)

L'éclisse est percée de :

- 4 trous pour les fixations des éléments verriers, recevant une bague excentrique sur point réglable et une bague cylindrique sur point fixe.
- 8 trous minimum pour les fixations par chevilles

3.5 Attaches ponctuelles (cf. figures 6 et 7)

Elles sont en forme d'étrier avec des flasques de 10 mm d'épaisseur et sont percées d'un trou d'un trou oblong 32 x 47 mm pour la fixation sur l'élément verrier. Elles sont équipées pour recevoir le dispositif de reprise des charges longitudinales.

La partie réceptrice de la façade légère ou de la verrière est à adapter au cas par cas et à dimensionner en conséquence.

4. Dimensionnement

L'ossature support du raidisseur ou de la poutre (ou demi-raideurs et consoles) devra être conçue de telle sorte que les déplacements soient compatibles avec le procédé et avec les systèmes de façades et de verrières.

En particulier les déplacements parallèles au raidisseur ou à la poutre, sous les combinaisons de charges pondérées sont limités à 50 % du jeu disponible en pied des raidisseurs ou de la poutre (hors jeu de dilatation et de réglage du raidisseur).

4.1 Éléments verriers

La détermination ou la vérification de l'épaisseur des produits verriers, au regard des déformations admissibles (flèche) et au regard des contraintes, sera réalisée selon les critères suivants :

La déformation (flèche) sous les combinaisons de charges non pondérées (chargements aux Etats Limites de Service dits ELS) doit être $\leq 1/300$ de la hauteur du raidisseur, $\leq 1/500$ pour une poutre, $\leq 1/150$ en cas de demi façade, ou $\leq 1/250$ en cas de auvent.

- La contrainte admissible du verre trempé est de 50 MPa.
- Les valeurs admissibles en traction par fixation ponctuelle sont données dans le tableau 1.

Tableau 1

Epaisseur des éléments verriers pour raidisseurs et poutres	R _{adm} (kN)
19	23,2
10,10	23,9
12,12	30,2
15,15	39,1
Epaisseur des éléments verriers pour demi-raideurs et consoles	R _{adm} (kN)
15.15.15	58
19.19.19	77

Les hypothèses retenues pour le dimensionnement des éléments verriers sont les suivantes :

- Pour les éléments feuilletés, l'épaisseur équivalente a été calculée, en fonction des épaisseurs e_1 , e_2 et e_3 de chacun des composants, en considérant la formule suivante :

$$e_{eq} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^n e_i^3 + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^n e_i \right)^3}, \text{ avec } n = 2 \text{ ou } 3$$

et $\varepsilon=0,2$ sauf pour le calcul au déversement des poutres et des consoles où $\varepsilon=0$.

- La formule de calcul du moment résistant au déversement est celle donnée dans l'Eurocode 3 en prenant $\gamma_{M1} = 1,1$ pour le coefficient partiel de sécurité.

Le calcul des éléments verriers est réalisé en suivant les processus donnés à la fin de ce document.

Pour les demi-raideurs et les consoles, les déformations transversales doivent être compatibles avec les systèmes de façade ou de verrière. Le cas échéant, un câble de stabilité transversal est mis en place pour limiter ces déplacements (cf. figure 14). Le câble doit être prévu systématiquement dans le cas de consoles situées en atmosphère extérieure.

Pour les demi-raideurs et les consoles situés en extrémité, le dimensionnement devra être réalisé en prenant en compte le même chargement qu'en partie courante (pas de diminution de 2 de la charge) pour compenser la dissymétrie du chargement.

4.2 Éléments métalliques

Les éclisses hautes et basses, les éclisses intermédiaires, les attaches ponctuelles, les dispositifs de reprise des efforts longitudinaux, le câble de stabilité transversale, et les dispositifs d'anti-déversement sont calculés par AGC selon les règles en vigueur, avec les charges définies au § précédent.

Le dimensionnement de la fixation des éclisses hautes et basses sur l'ossature primaire est à réaliser au cas par cas en fonction des règles en vigueur.

Le dimensionnement du dispositif de reprise des efforts longitudinaux doit prendre également en compte les efforts induits par l'excentrement de la façade (ou de la verrière) par rapport à l'axe longitudinal de ce dispositif.

Le diamètre effectif du câble d'anti-déversement pour les raidisseurs et les poutres est à calculer selon les règles en vigueur.

La conception du système de stabilité transversale (câble de stabilité transversale, éléments métalliques complémentaires, ...) doit être effectuée sans induire de charge de compression dans les éléments verriers.

5. Fabrication

5.1 Préparation du produit verrier

Les éléments verriers STRUCTAFLEX du procédé STRUCTURA SUPPORT sont réalisés par AGC Vertal Sud Est.

- Le processus général de fabrication est le suivant :
 - découpe du produit verrier,
 - façonnage périphérique en JPI,
 - perçages avec chanfrein de 2 mm sur les deux côtés,
 - trempe à plat,
 - traitement Heat Soak,
 - lavage,
 - feuilletage.
 - scellement des pièces de répartition diamétrale des efforts,
 - fabrication de carotte de produit de scellement, pour contrôle interne,
 - polymérisation de la résine pendant 24 heures à une température ambiante de 16 °C à 30 °C,
 - montage des éclisses hautes et basses,
 - montage des demi-éclisses intermédiaires,
 - colisage pour expédition.

Les tolérances de fabrication sont les suivantes :

- longueur et largeur :

+ 0
- 2 mm
- entraxe des trous : ± 1 mm
- flèche : 2 mm/m
- décalage des composants feuilletés : 2 mm
- épaisseur de la résine : 5 mm ± 1 mm

5.2 Contrôles

- Contrôles en cours de fabrication :
 - qualité et dimensions des éléments verriers,
 - positionnement des trous,
 - qualité du façonnage,
 - marquage Structaflex,
 - fabrication et écrasement des carottes à base de résine.
- Contrôles du produit fini :
 - contrainte de surface : 140 ± 10 MPa,
 - contrôle sur éléments feuilletés suivant EN 14449,
 - positionnement des composants feuilletés.

5.3 Emballage, stockage, transport

5.31 Emballage

Les éléments verriers Structura Support sont conditionnés en caisse.

Le sens de conditionnement sera adapté pour chaque chantier afin de minimiser la manutention. Par exemple pour les poutres l'élément verrier est positionné dans le sens de pose.

5.32 Stockage

Les caisses doivent être stockées sur sol plan et résistant. Il est conseillé de stocker les éléments verriers tels que conditionnés, et cela jusqu'au moment de la pose.

Dans tous les cas, les dispositions prévues à l'article 10 du DTU 39 P1-1 s'appliquent pour l'ambiance de stockage.

5.33 Manutention

- Manutention des caisses
Compte tenu de l'encombrement des caisses (longueur jusqu'à 6,5 m), il est conseillé de manutentionner les caisses avec des élingues.
- Manutention de l'élément verrier
En aucun cas on ne doit utiliser les trous dans le verre pour la manutention.
Les appareils de levage doivent permettre la mise en place de tous les éléments sans choc ni sollicitation mécanique.

6. Mise en œuvre

Quel que soit le système considéré, on disposera, pendant toute la durée du chantier, des moyens de travail en hauteur appropriés (échelle avec plate-forme de travail, nacelle élévatrice ou échafaudage, ...), ainsi que les outillages de vérification de positionnement des différents éléments (Théodolite ou équivalent).

Les points d'ancrage (éclisse) devront pouvoir être réglés dans les trois dimensions.

Phases de pose

Positionner les supports hauts et bas des raidisseurs. Tolérance de positionnement sur les trois axes X, Y, Z : ± 3 mm.

Les verres devront être soulevés avec grand soin pour éviter tout risque de coup sur ces éléments. La manipulation devra se faire avec un moyen de levage adapté (palonnier à ventouses).

Fixer la partie haute à la charpente avec l'axe de 24 mm.

Fixer la partie intermédiaire en rattrapant le jeu avec les excentriques.

Fixer la partie basse sur l'éclisse basse en vérifiant que l'axe de l'éclisse basse sera sensiblement au centre du trou oblong de 160 mm.

Tous les écrous devront être freinés avec une colle frein filet.

7. Entretien maintenance

Les raidisseurs et les poutres doivent être contrôlés deux fois par an, afin de vérifier que le verre n'a pas été blessé.

S'il y a des dispositifs anti-déversements vérifier que ceux-ci ne soient pas en compression (cas des barres) ou détendu (cas des câbles) et si cela était le cas, en déterminer la ou les raisons, puis régler la tension pour revenir aux tensions initiales.

B. Résultats expérimentaux

- Essais de chargement statique sur éclissages pour déterminer la résistance admissible en traction par rotule – RE CSTB n° ES562-02-0002 – Partie 3.
- Essais de chargement statique sur poutre en verre avec éclissage (portée de 3 m, constituée par deux volumes verriers de composition 10.10 et de dimensions 1500 x 500 mm) – RE CSTB n° ER562-02-0002 – Partie 5.
- Essai de chargement statique sur poutre en verre avec 2 éclisses (portée de 12 m, constituée par trois volumes verriers de composition 15.15 et de dimensions 3500 x 850 mm, 5000 x 850 mm et 3500 x 850 mm) – RE CSTB n° ER562-02-0002 – Partie 6.
- Rapport sur le dimensionnement des éléments verriers pour les STRUCTURA CONTREVENTEMENT ET POUTRE – RE CSTB CL-CO-05-027 du 16 Septembre 2005.
- Rapport d'étude sur la vérification du logiciel de calcul pour les poutres et raidisseurs du système « STRUCTURA » RE CSTB N° DER/CLC-CO-06-037 du 15/03/2006.
- Essais de chargement statique sur éclissages pour déterminer la résistance admissible en traction par rotule pour verre de 15.15.15 et 19.19.19 – RE CSTB n° EEM 06 26002301 du 20/11/2006
- Essais de chargement statique sur console en verre (portée de 3 m, constituée par un volume verrier de composition 15.15.15 et de section variable 340/550 mm) – RE CSTB n° EEM 06 26002300 du 20/11/2006.
- Rapport d'essais de flexion transversale sur verre 15.15.15 et 19.19.19 RE CSTB N° CL06-26002059 du 15 février 2008.
- Rapport d'études sur le dimensionnement au déversement d'une console RE CSTB N° DER/CLC-06-053 du 12/06/2007
- Rapport d'études de résistance en flexion d'une console RE VERTICAL du 27 septembre 2007.
- Rapport d'études sur le dimensionnement au déversement des raidisseurs, poutre et consoles RE CSTB N° DER/CLC-09-120 du 19 février 2009.

C. Références

La société AGC France SAS n'a pas réalisé de chantier en France. Deux chantiers ont été réalisés en Europe.

Tableaux et figures du Dossier Technique

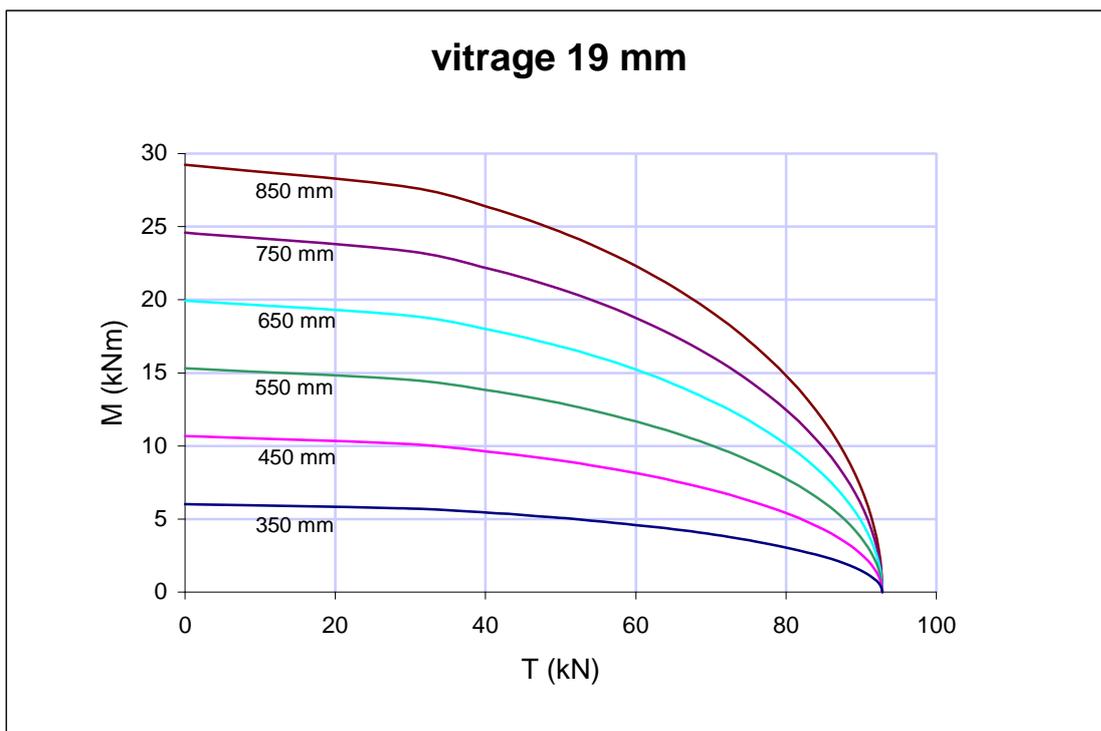
Liste des notations

Symbole	Signification
P_i	force perpendiculaire à l'axe longitudinal de l'élément, calculée à partir des valeurs pondérées des actions de type neige, vent,...
X_i	point d'application de la force ponctuelle P_i
G	poids propre pondéré du raidisseur
H_h	réaction à l'appui haut du raidisseur
H_b	réaction à l'appui bas du raidisseur
M_{x^m}	moment de flexion au niveau d'une éclisse située à x^m de l'appui supérieur
T_{x^m}	effort tranchant au niveau d'une éclisse située à x^m de l'appui supérieur
M_{max}	moment de flexion maximum du raidisseur
R_{adm}	résistance admissible en traction par rotule (définie en Tableau 1)
b	épaisseur du raidisseur
h	largeur du raidisseur
L	portée du raidisseur
$M_{cap,dev}$	moment capable de déversement
α	angle formé entre l'axe longitudinal du raidisseur et l'horizontale
f_y	résistance en flexion du verre trempé (50 MPa)
e_1, e_2	épaisseurs de chacun des composants du vitrage feuilleté
b_{eq}	épaisseur équivalente du vitrage feuilleté
χ_{LT}	coefficient de réduction pour le déversement
w_y	module élastique de flexion autour de l'axe de forte inertie y-y
γ_{M_1}	coefficient partiel de sécurité lié au déversement (valeur égale à 1.1)
$l_{anti-dev}$	portée d'anti-déversement (entre deux points latéralement maintenus)
E	module d'élasticité du verre
d_{eff}	diamètre effectif pour le système d'anti-déversement
A_{eff}	aire effective de la section du système d'anti-déversement
$E_{câble}$	module d'élasticité du système d'anti-déversement
L_c	longueur du système d'anti-déversement
I_{pc}	moment d'inertie de la partie comprimée du raidisseur
f_{max}	flèche maximum du raidisseur

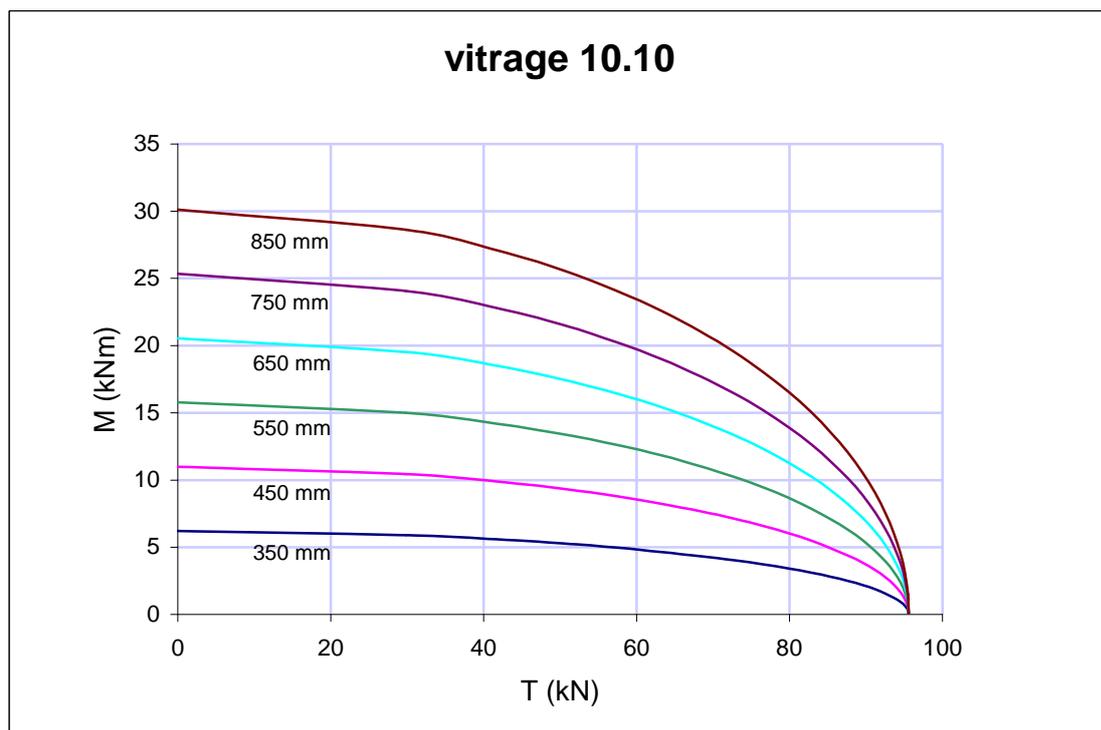
ETAPE 1 - DETERMINATION DES ACTIONS	
Détermination des forces P_r perpendiculaires à l'axe longitudinal de l'élément (à partir des valeurs pondérées des actions de type neige, vent, poids de la verrière...)	P_i (obtenue à partir des charges pondérées)
Détermination du poids propre pondéré du raidisseur	$G = 1.35 \cdot b \cdot h \cdot \rho_{verre}$
ETAPE 2 - DETERMINATION DES EFFORTS A PARTIR DES VALEURS P_i	
Réactions à l'appui haut H_h et à l'appui bas H_b	$H_h = \text{fonction}(P^i, L, x^i, G, \alpha)$ $H_b = \text{fonction}(P^i, L, x^i, G, \alpha)$
Moment de flexion M_{x^m} et effort tranchant T_{x^m} au niveau de l'éclisse la plus sollicitée	$M_{x^m} = \text{fonction}(H_h, x^m, P^i, x^i, G, L, \alpha)$ $T_{x^m} = \text{fonction}(H_h, x^m, P^i, G, L, \alpha)$
Moment de flexion maximum M_{max}	M_{max}
ETAPE 3 - DIMENSIONNEMENT PAR RAPPORT AUX CRITERES DE RESISTANCE	
Critère de résistance des rotules aux appuis haut et bas et aux points d'application des forces ponctuelles	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p>appui haut $R(G, \alpha, H_h) \leq R_{adm}$</p> <p>appui bas $\frac{H_b}{3} \leq R_{adm}$</p> <p>point app. forces ponctuelles $P_i \leq R_{adm}$</p> </div> <div style="width: 35%; text-align: center;"> <p>→</p> <p>épaisseur nécessaire</p> <p>b_1, à partir du Tableau 1</p> </div> </div>
Critère de résistance des rotules au niveau de chaque éclisse	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p>$R(M_{x^m}, T_{x^m}) \leq R_{adm}$</p> </div> <div style="width: 35%; text-align: center;"> <p>→</p> <p>épaisseur et largeur nécessaires</p> <p>b_2, h_2, à partir des Abaques 1, 2, 3 et 4</p> </div> </div>
Critère de résistance du vitrage en flexion	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p>$M_{max} \leq M_{cap}$</p> </div> <div style="width: 35%; text-align: center;"> <p>→</p> <p>épaisseur et largeur nécessaires</p> <p>(b_3, h_3), à partir de l'Abaque 5</p> </div> </div>
Détermination de la section de verre nécessaire pour répondre au critère de résistance $b_{nec, res}, h_{nec, res} = \max(b_1, b_2, b_3); \max(h_2, h_3)$	

ETAPE 4 - STABILITE DU RAIDISSEUR AU DEVERSEMENT		
Détermination de la portée entre deux systèmes d'anti-déversement	$M_{\max} \leq M_{cap,dev}$ <p>$M_{cap,dev}$ est fonction de la portée d'anti-déversement et se calcule à partir des équations données dans l'Eurocode 3. La section de verre à considérer dans le calcul est celle déterminée à l'étape 3, ($b_{nec,res}$, $h_{nec,res}$), tout en considérant pour les vitrages feuilletés une épaisseur équivalente calculée en fonction des épaisseurs e_1 et e_2 de chacun des composants :</p> $b_{eq} = \sqrt[3]{e_1^3 + e_2^3 + \varepsilon(e_1 + e_2)^3}$ <p>$\varepsilon=0,2$ pour les raidisseurs et $\varepsilon=0$ pour les poutres</p> $M_{cap,dev} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$	Portée d'anti-déversement $l_{anti-dev}$, déterminée à l'aide des Abaques 6, 7, 7bis, 8, 8bis, 9 et 9bis
ETAPE 5 - DIMENSIONNEMENT DES SYSTEMES D'ANTI-DEVERSEMENT		
Choix du diamètre effectif pour le système d'anti-déversement	$d_{eff} = \text{fonction}(b, h)$	Diamètre effectif du système d'anti-déversement d_{eff} , à partir du Tableau 2
Vérification de la rigidité du système d'anti-déversement par rapport au déplacement latéral de la partie comprimée de la poutre	$\frac{E_{c\grave{a}ble} \cdot A_{eff}}{L_c} \geq \frac{40 \cdot E_{verre} \cdot I_{pc}}{L^3}$	Longueur maximum du système d'anti-déversement L_c
ETAPE 6 - VERIFICATION DU RAIDISSEUR PAR RAPPORT AU CRITERE DE DEFORMATION		
Calcul de la déformation maximale du raidisseur, f_{\max} , sous les combinaisons des <u>charges non pondérées</u> et comparaison avec les critères. f_{\max} est calculée à partir des équations classiques de la RdM	$f_{\max} < \frac{1}{300} \text{ en façade}$ $f_{\max} < \frac{1}{500} \text{ en verrière}$	Si le critère n'est pas satisfait, il est nécessaire de choisir une section de verre supérieure et revenir à l'étape 5 pour dimensionner les systèmes d'anti-déversement
ETAPE 7 - VERIFICATION DU JEU DE DILATATION EN PARTIE BASE		
Calcul de déplacement attendu en pied du raidisseur (mouvement d'ossature, dilatation du raidisseur,...) avec les charges pondérées.	$\text{Déplacement calculé} \leq \frac{\text{jeu disponible}}{2}$	Cf. § 4 du Dossier Technique

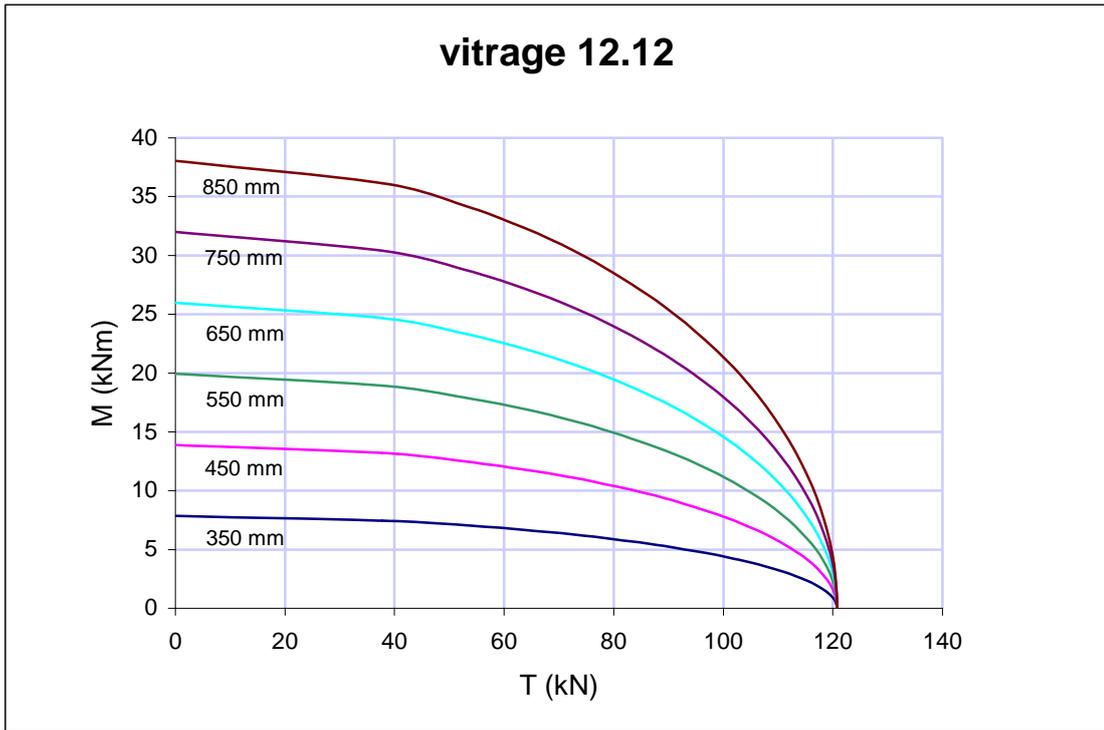
Abaques et figures du Dossier Technique pour les raidisseurs et poutres



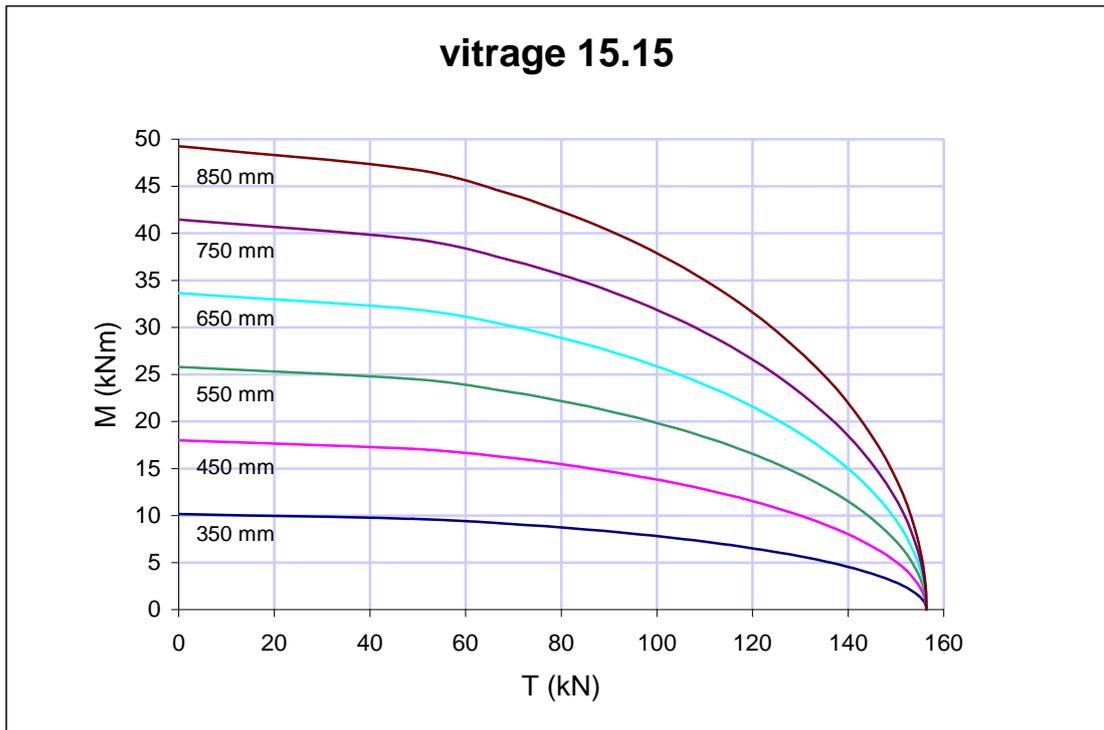
Abaque 1



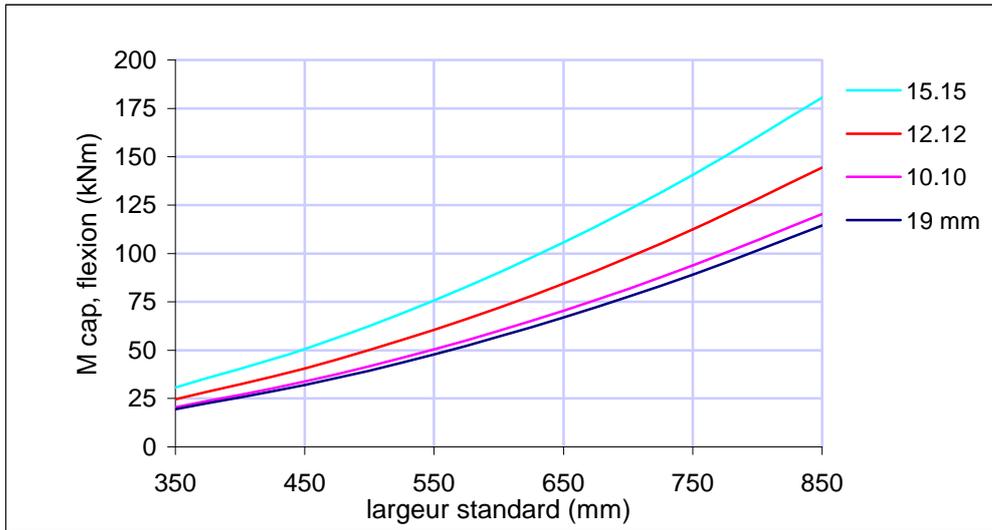
Abaque 2



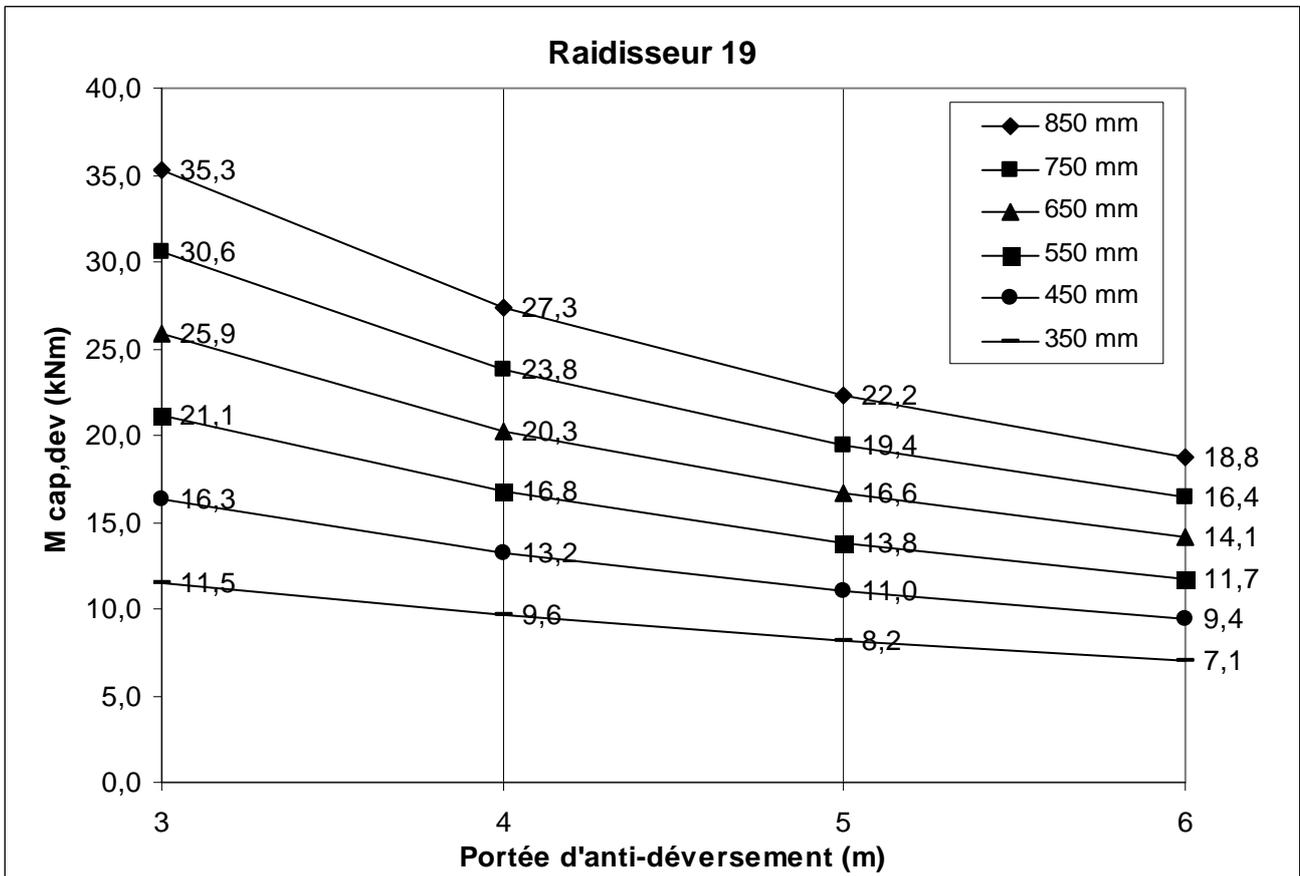
Abaque 3



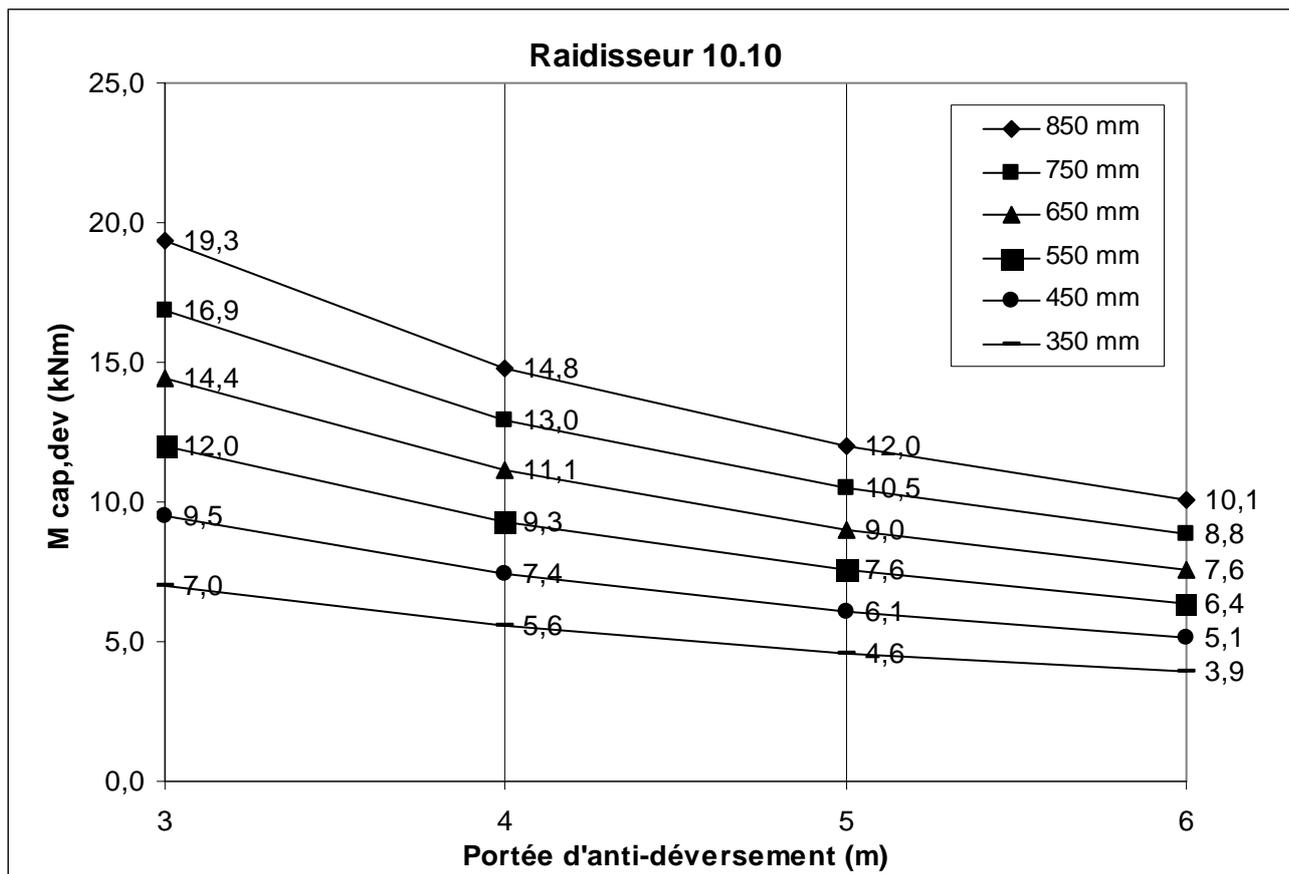
Abaque 4



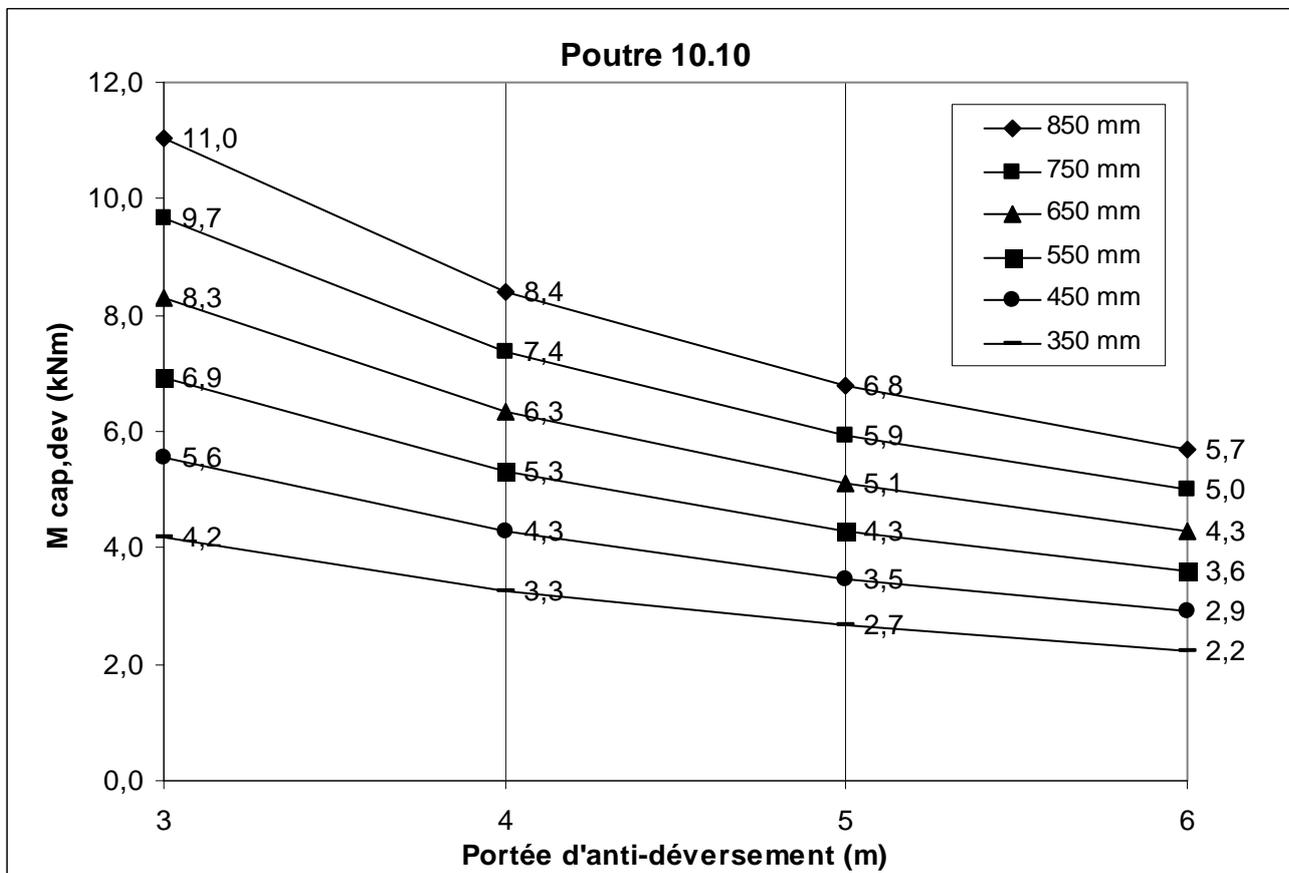
Abaque 5



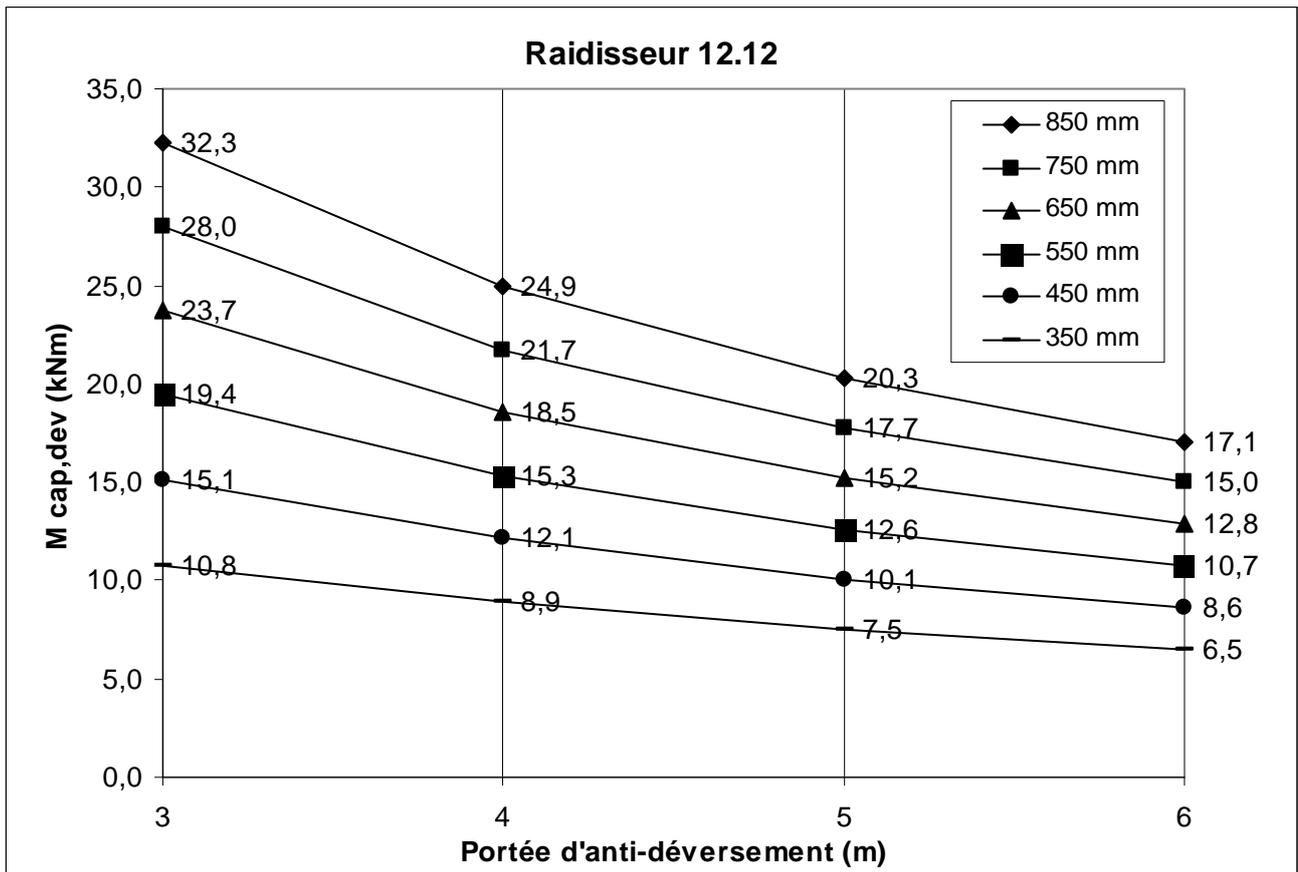
Abaque 6 - Portée d'anti-déversement du raidisseur de 19 mm



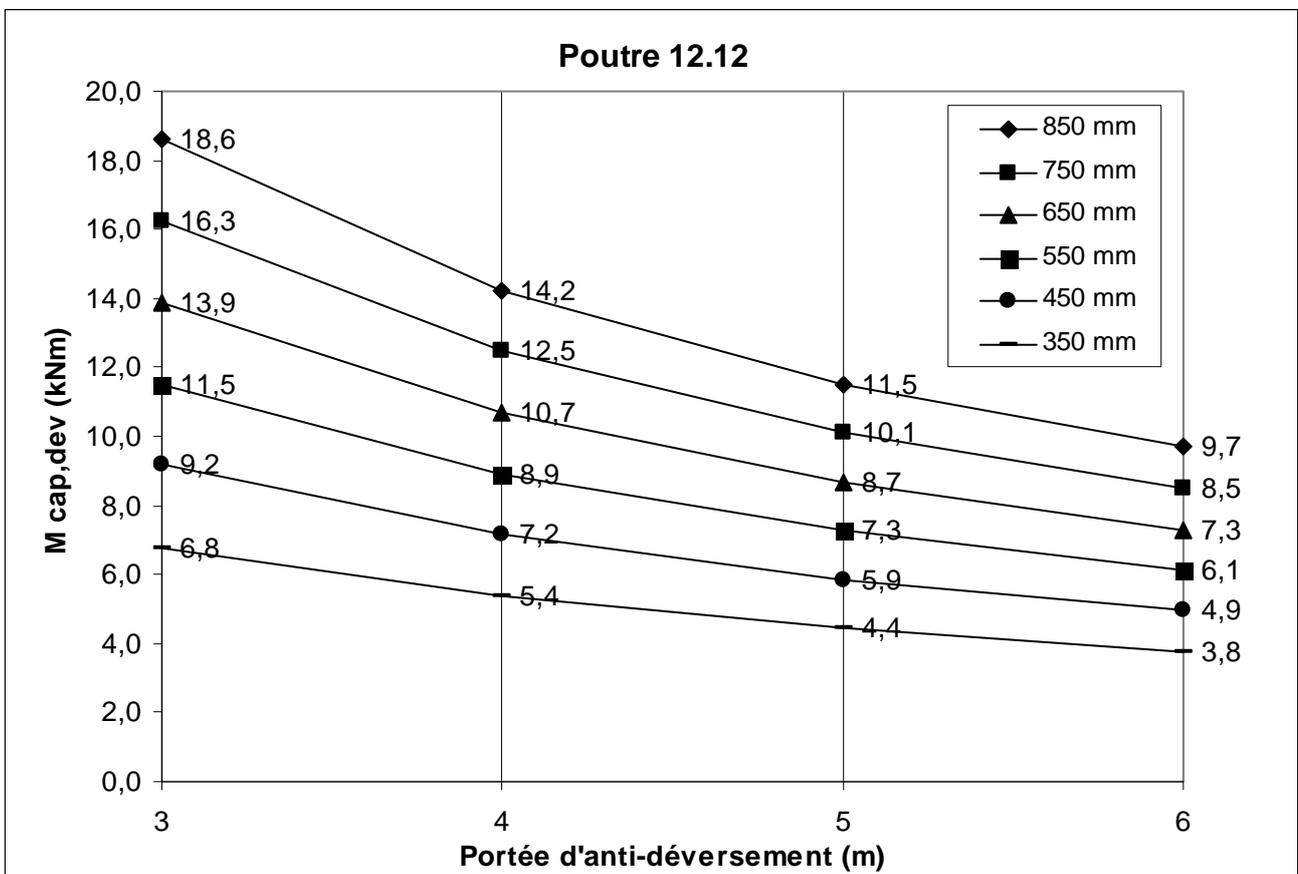
Abaque 7 - Portée d'anti-déversement du raidisseur de 10.10



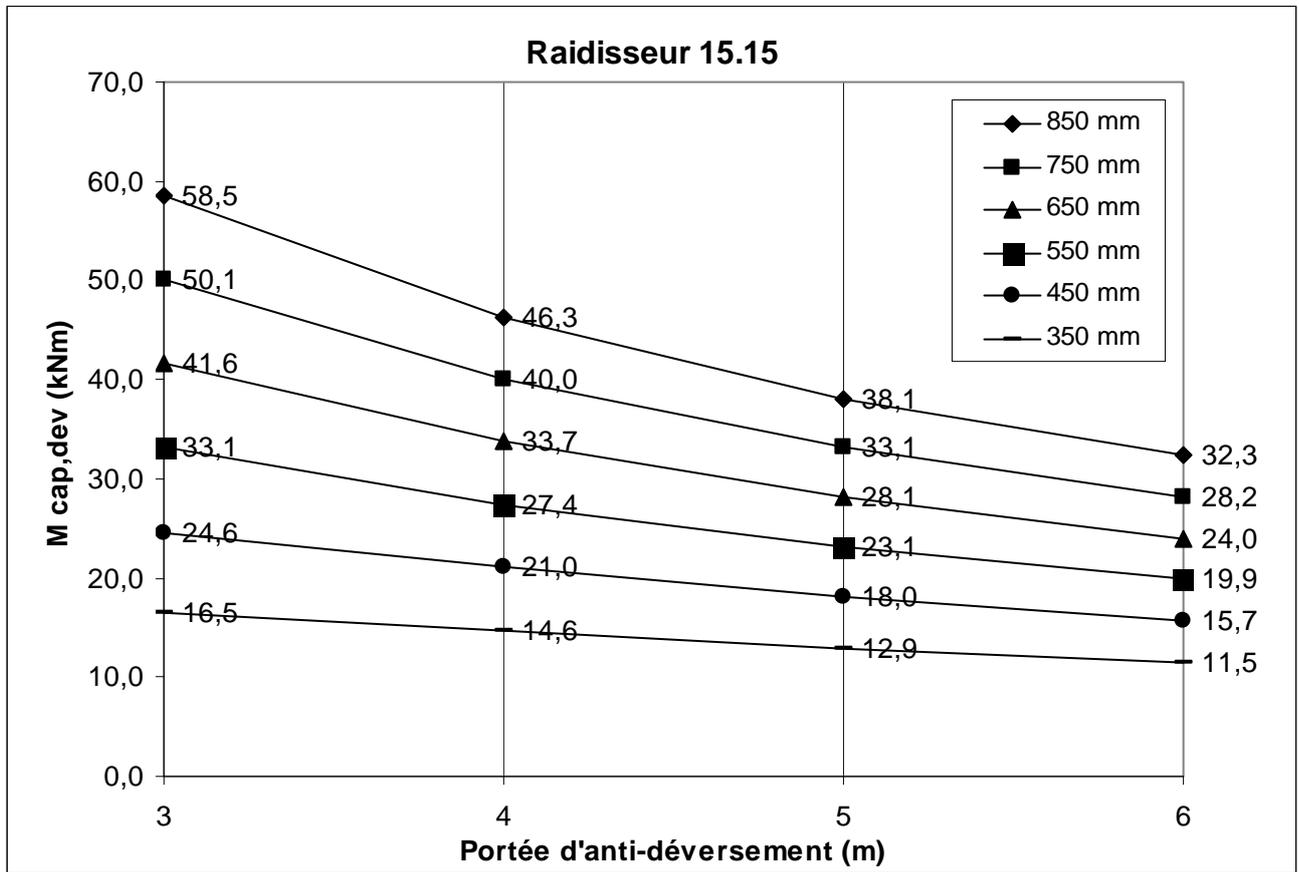
Abaque 7bis - Portée d'anti-déversement de la poutre de 10.10



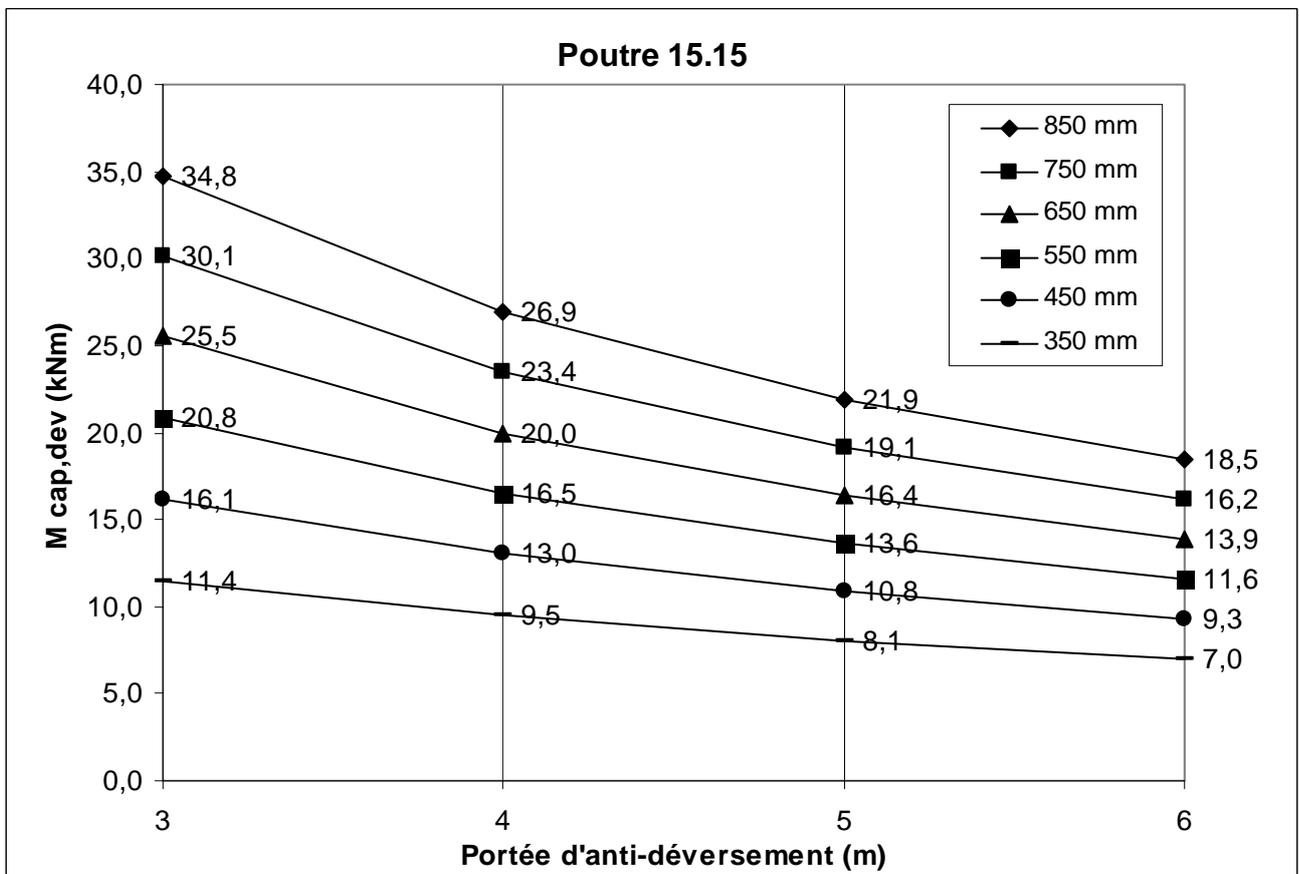
Abaque 8 - Portée d'anti-déversement du raidisseur de 12.12



Abaque 8bis - Portée d'anti-déversement de la poutre de 12.12



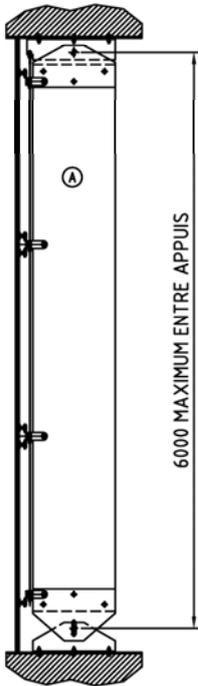
Abaque 9 - Portée d'anti-déversement du raidisseur de 15.15



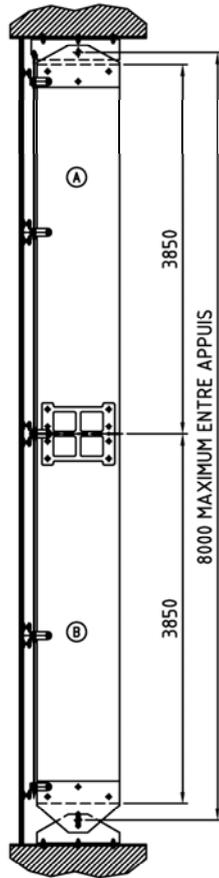
Abaque 9bis - Portée d'anti-déversement de la poutre de 15.15

DIFFERENTES POSSIBILITES DE CONTREVENTEMENT

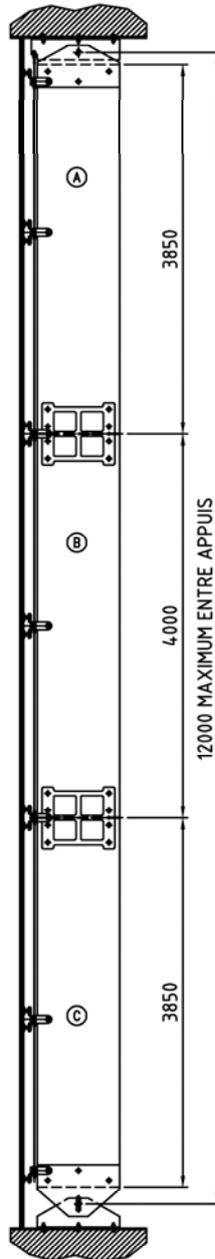
CONTREVENTEMENT
EN UN SEUL ELEMENT
6 METRES MAXI ENTRE APPUIS
ECHELLE 1/66



CONTREVENTEMENT AVEC
1 ECLISSE INTERMEDIAIRE
5 A 8 METRES ENTRE APPUIS
ECHELLE 1/66



CONTREVENTEMENT AVEC
2 ECLISSES INTERMEDIAIRES
8 A 12 METRES ENTRE APPUIS
ECHELLE 1/66



CONTREVENTEMENT AVEC
3 ECLISSES INTERMEDIAIRES
12 A 15 METRES ENTRE APPUIS
ECHELLE 1/66

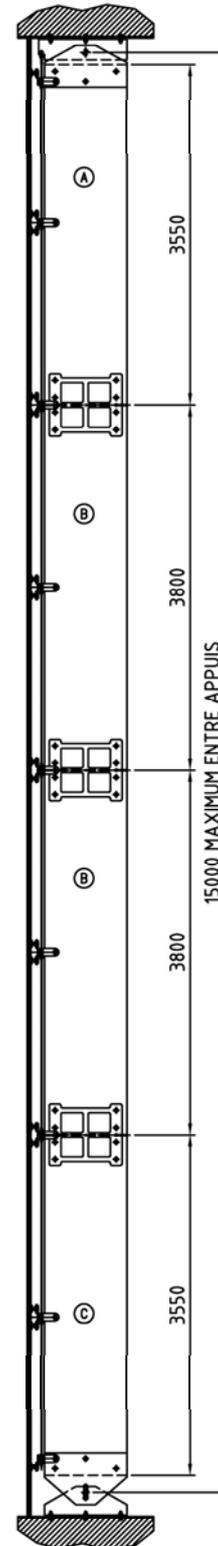
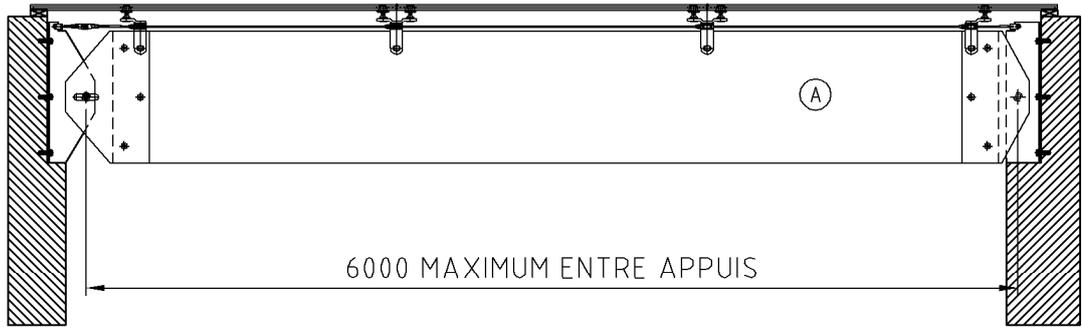


Figure 1 – Différentes possibilités de contreventement

POUTRE
E NT
6 METRES MAXI ENTRE APPUIS
ECHELLE 1/50



POUTRE
1 ECLISSE INTERMEDIAIRE
5 A 8 METRES ENTRE APPUIS
ECHELLE 1/50

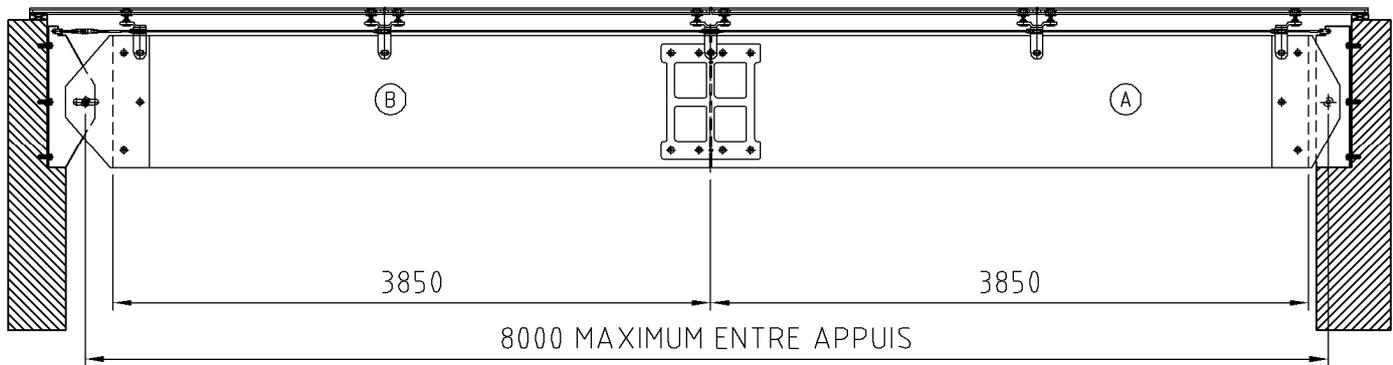


Figure 2 – Possibilités de montage en poutre

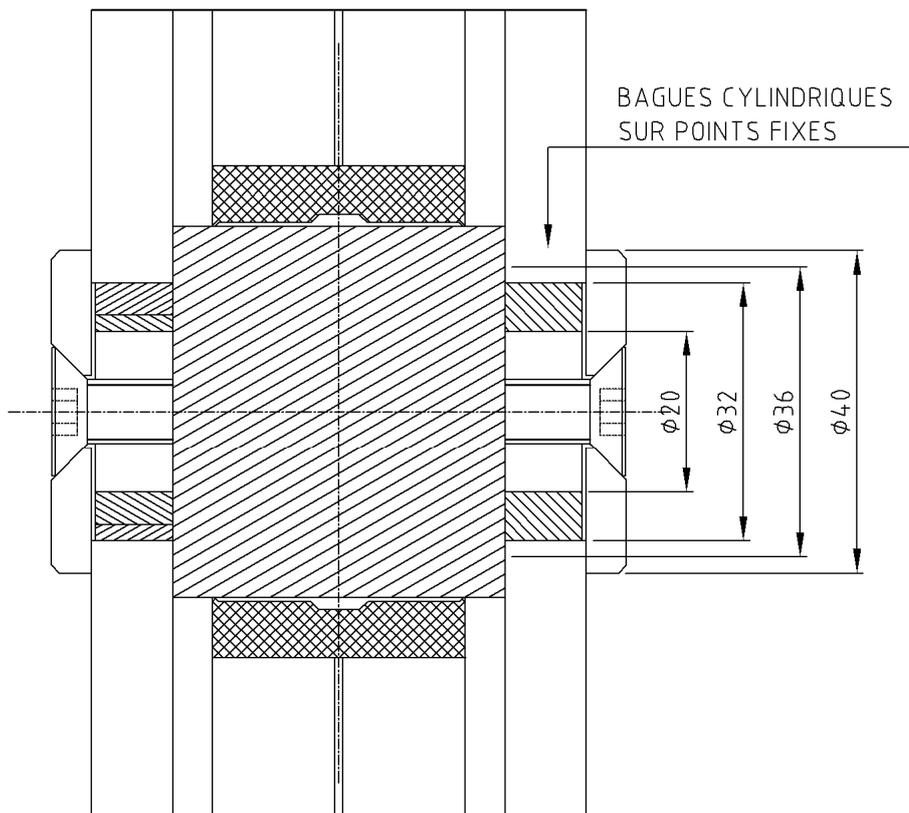
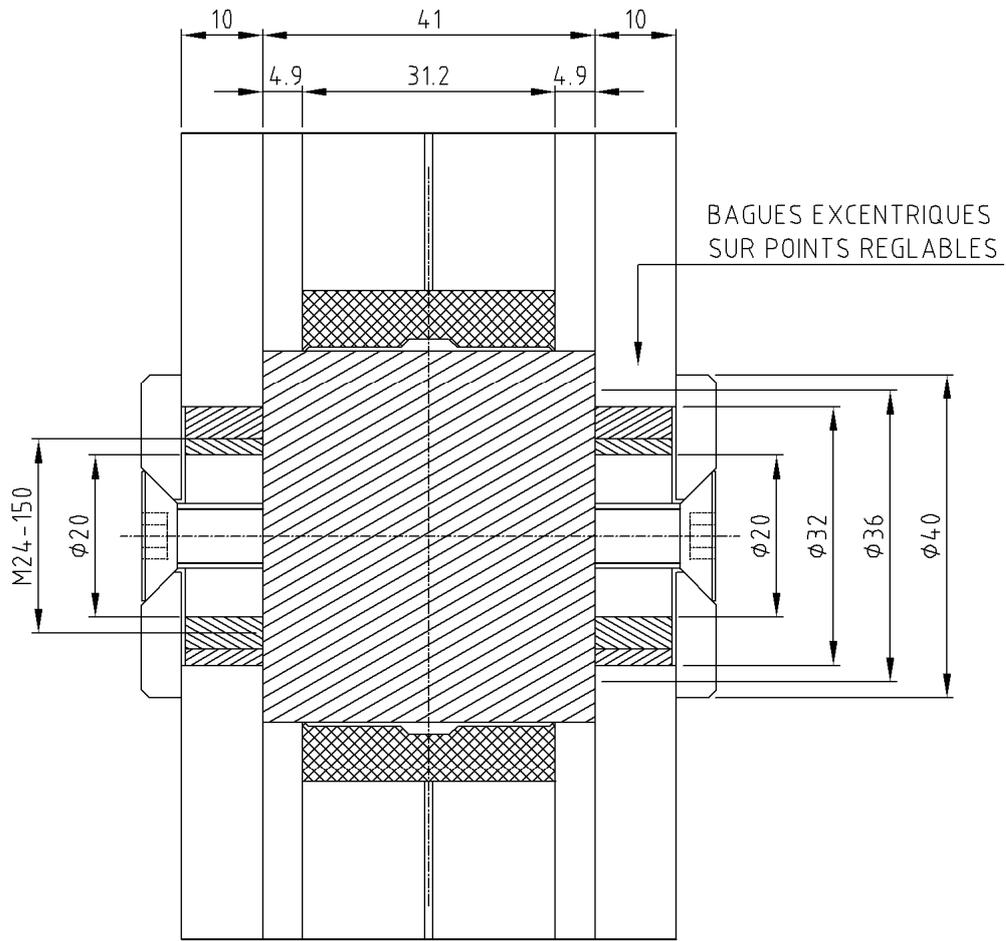
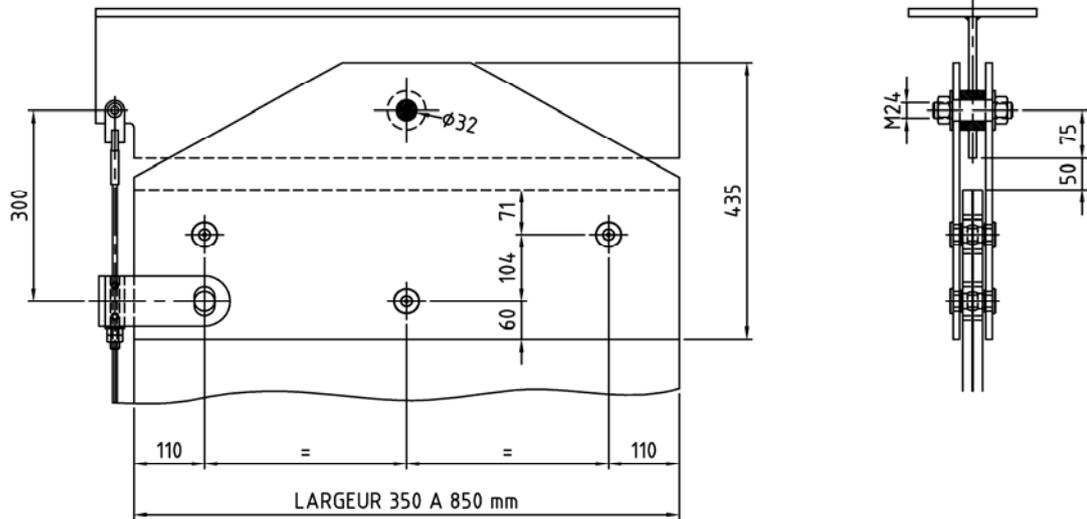


Figure 3 – Inserts à rotule

DETAIL 1 – ECLISSE SUPERIEURE –



DETAIL 2 – ECLISSE INFERIEURE – ECHELLE 1/10

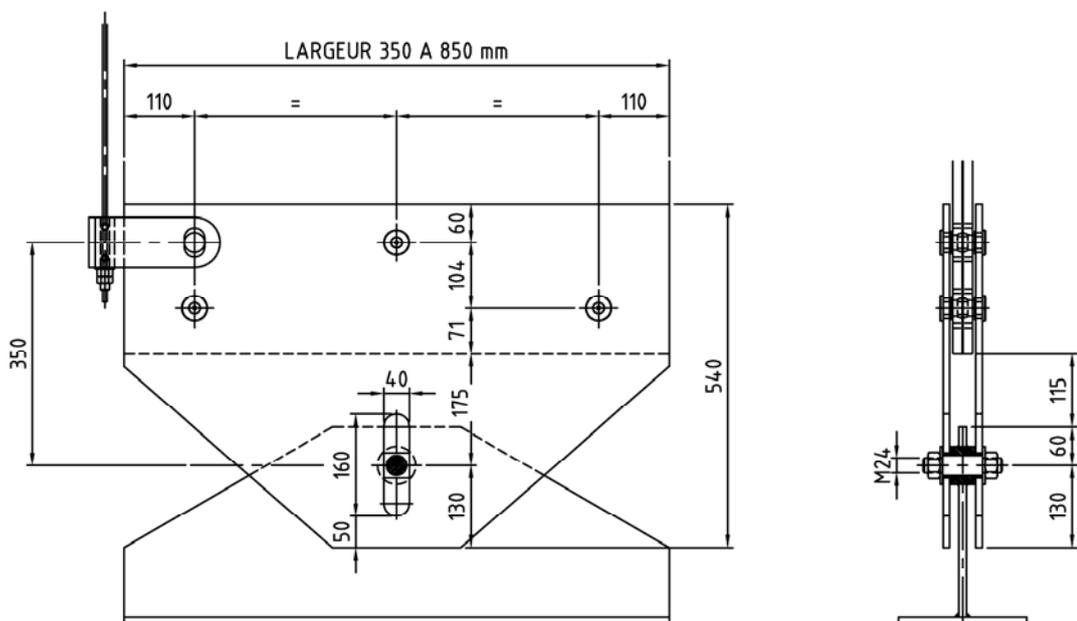


Figure 4 – Détails éclisses

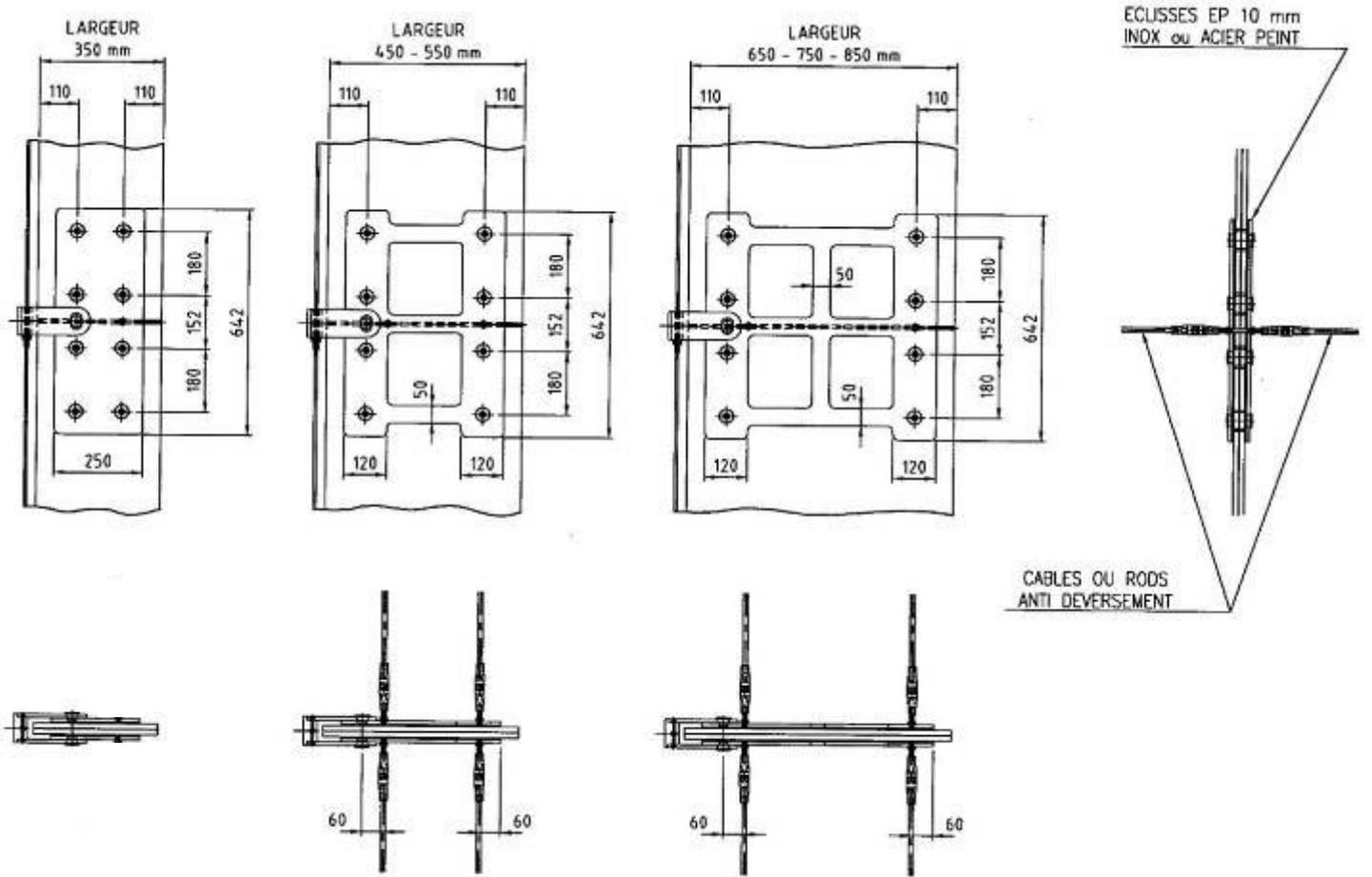


Figure 5 – Détail – Eclisse intermédiaire

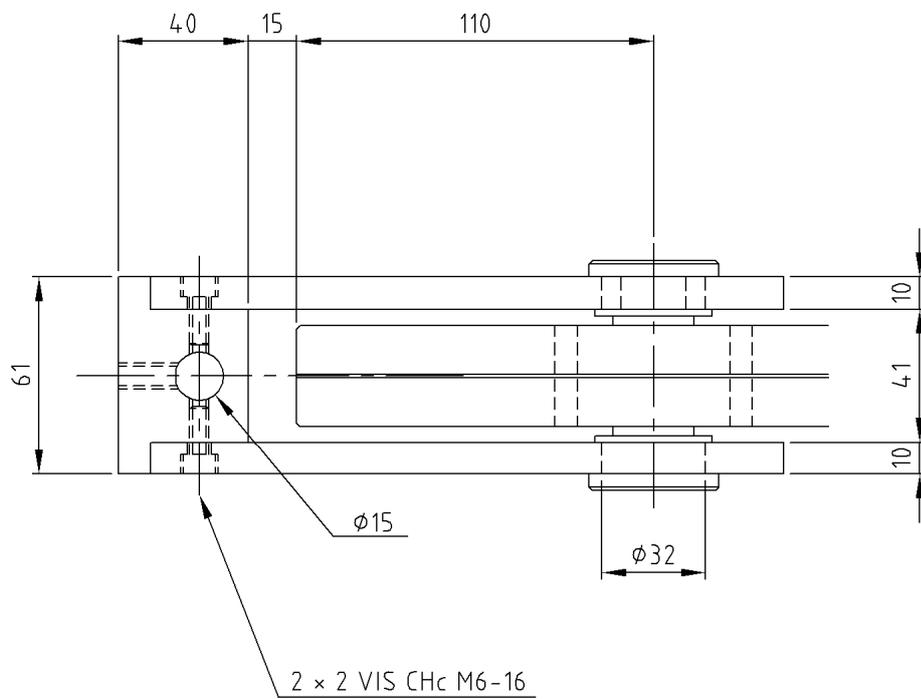
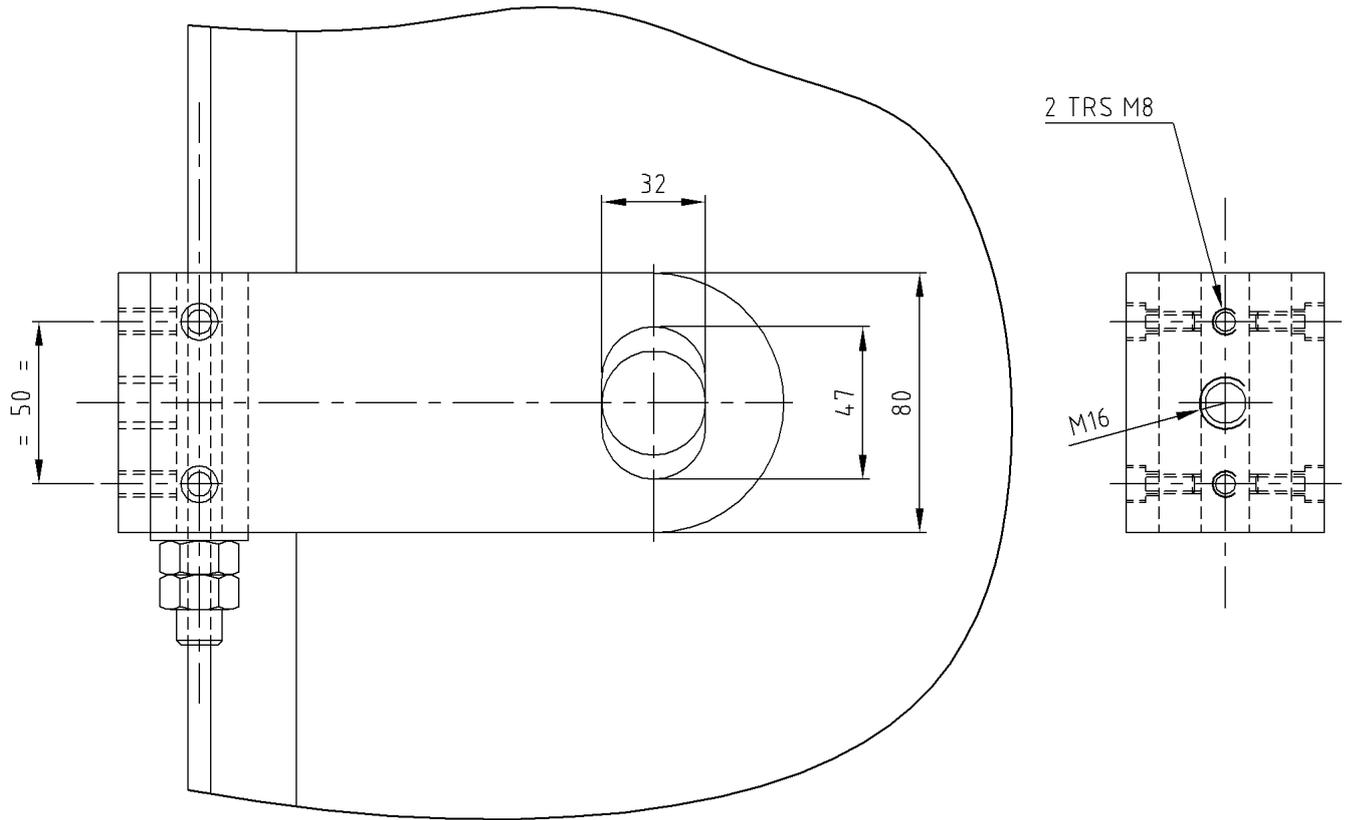


Figure 6 – Détail 4 – Reprise sur contreventement

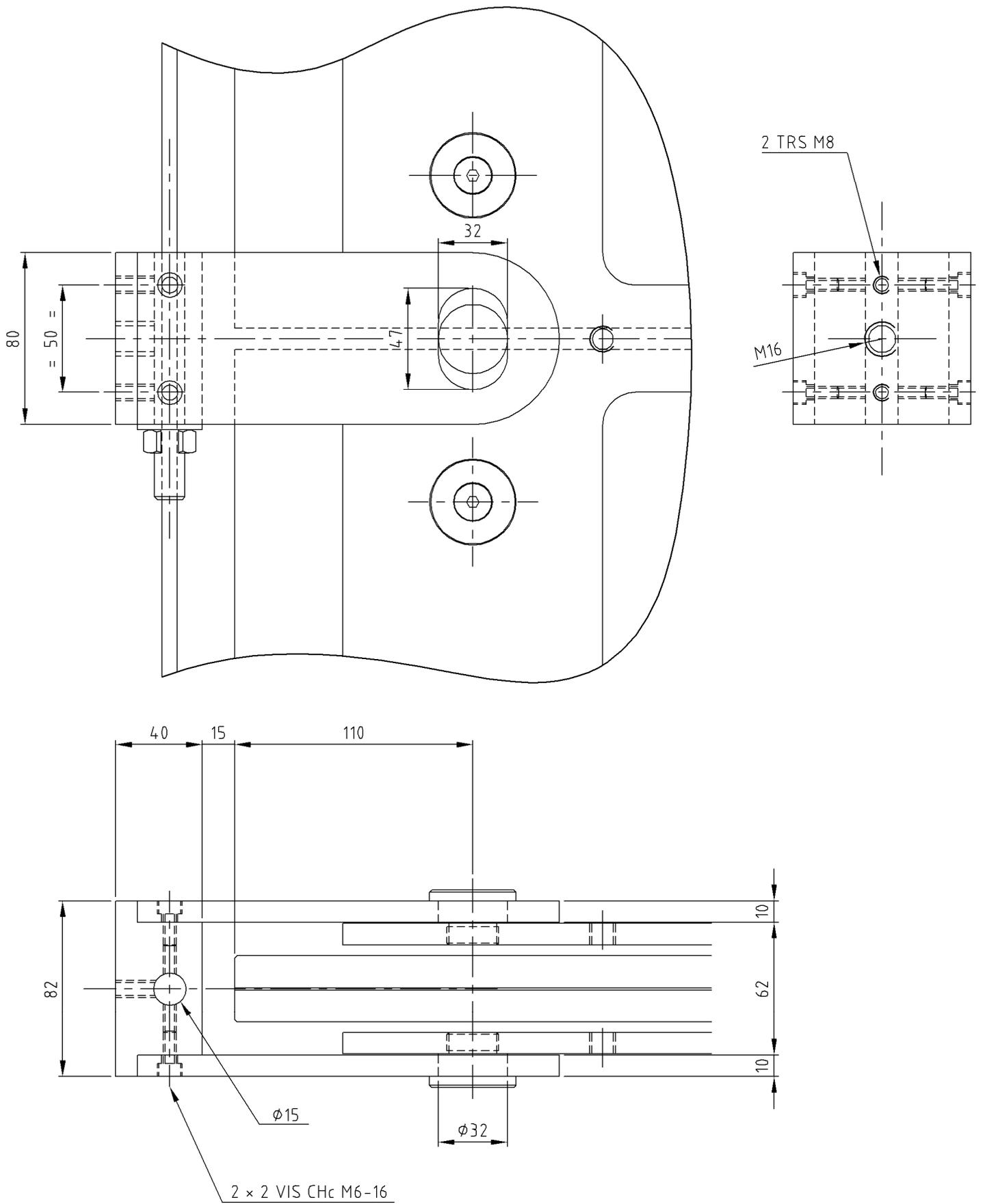


Figure 7 – Détail 5 – Reprise sur éclisse

ENTRE ECLISSES
SUPERIEURE ET INFERIEURE
CONTREVENTEMENT EN 1 PARTIE

ENTRE ECLISSES
SUPERIEURE OU INFERIEURE
ET ECLISSE INTERMEDIAIRE

ENTRE DEUX
ECLISSES INTERMEDIAIRES

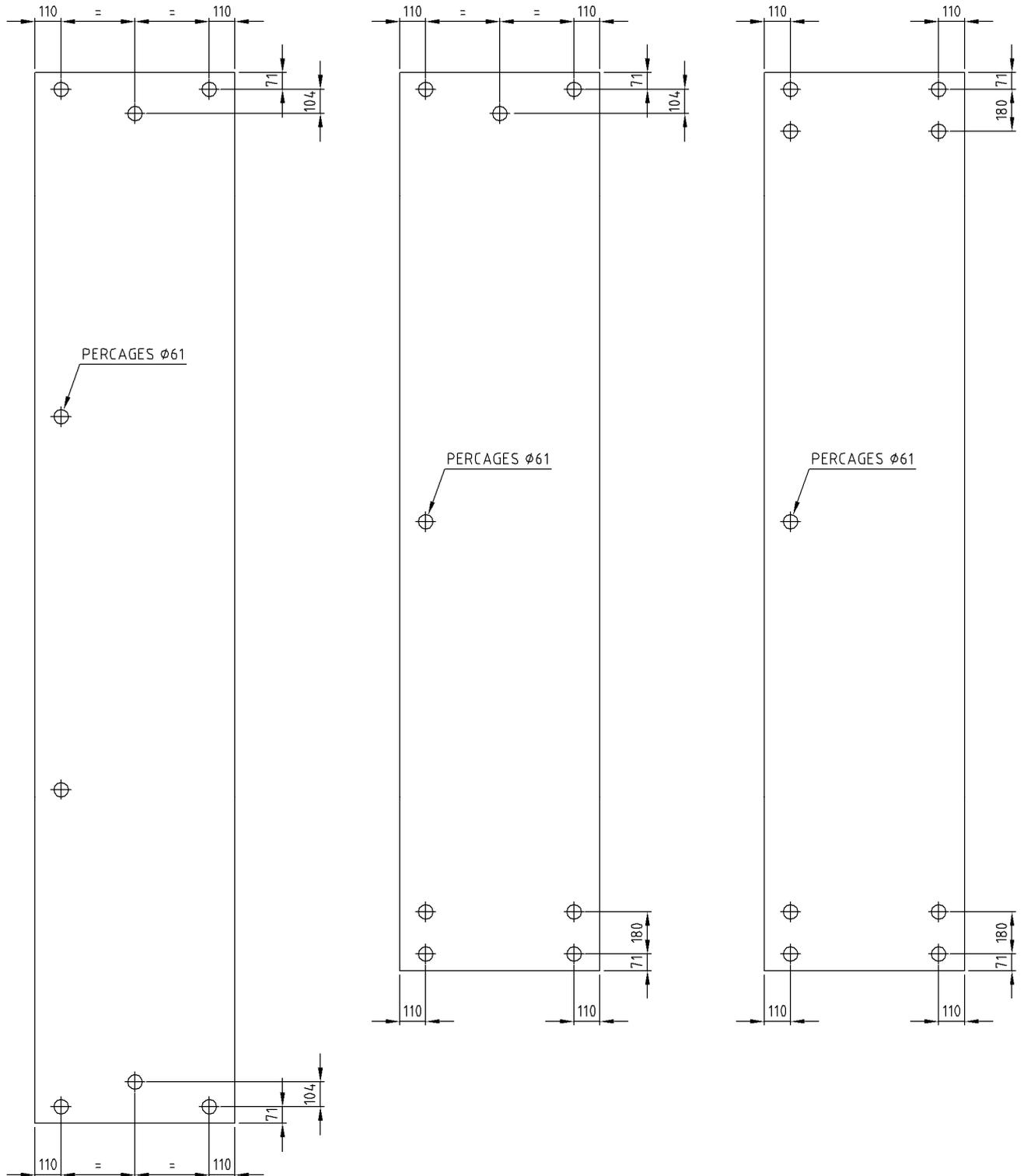
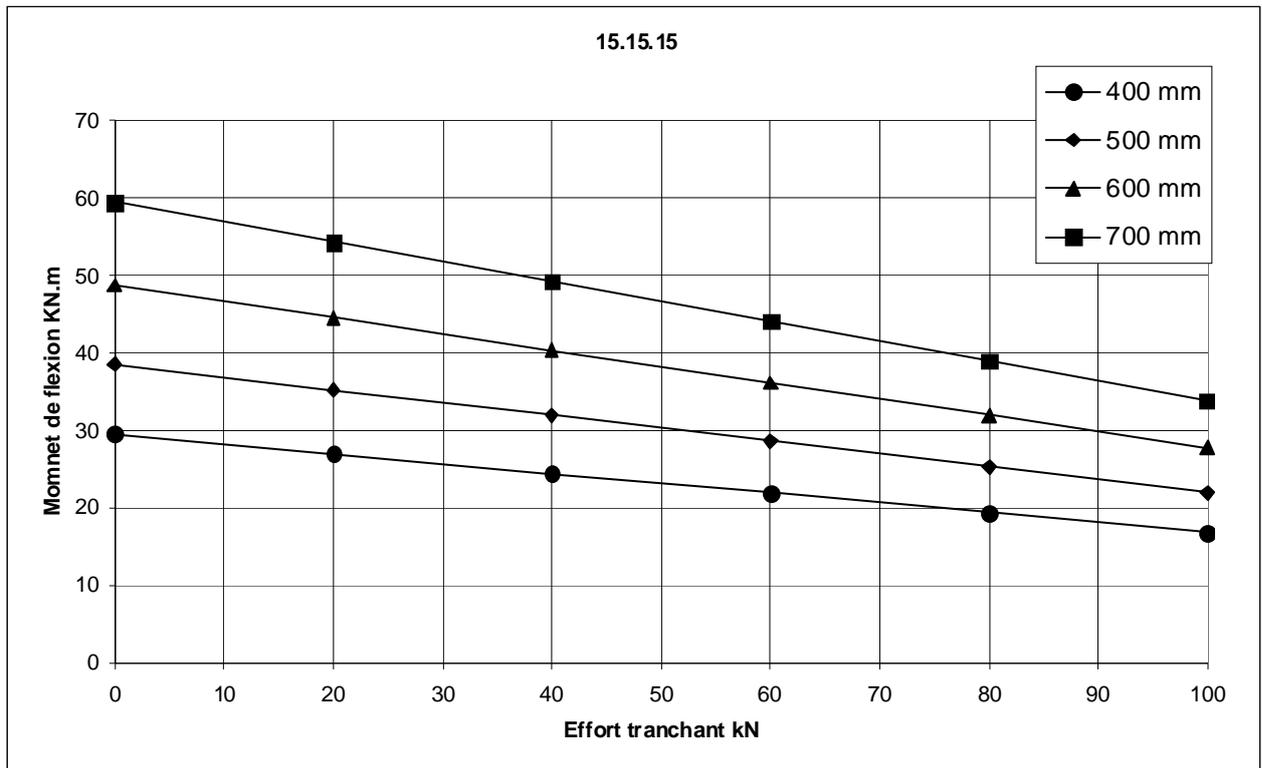


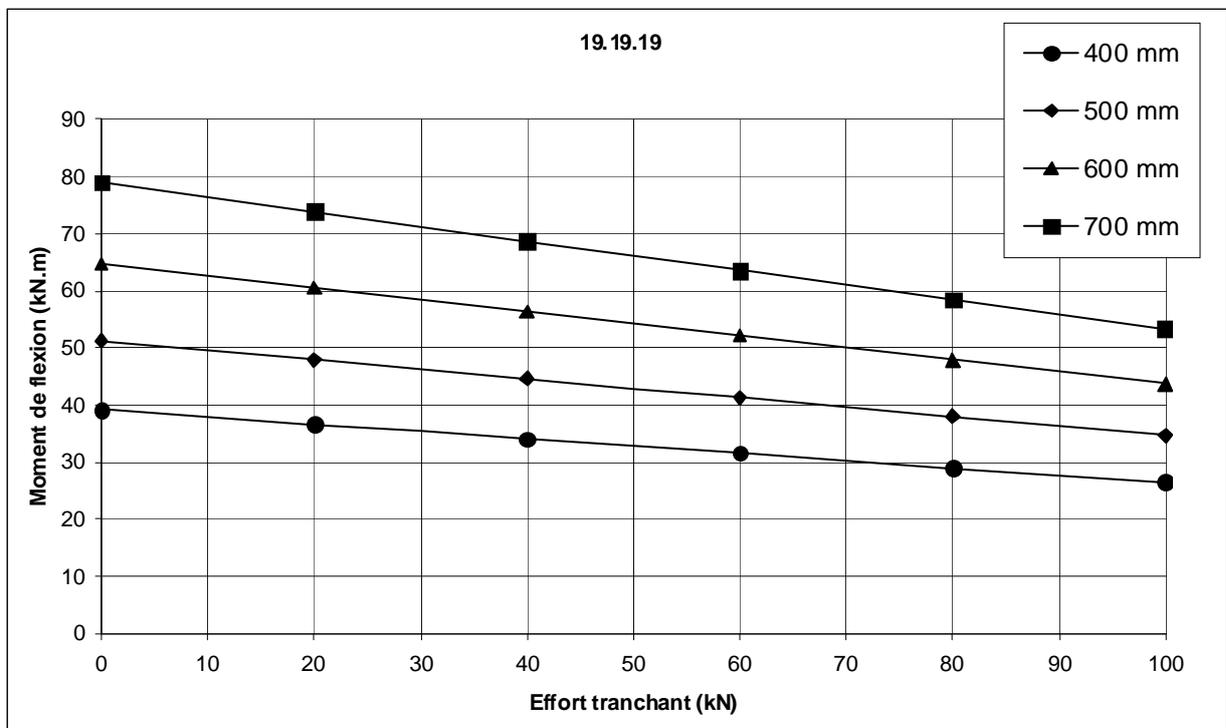
Figure 8 – Détail des éléments de contreventement

ETAPE 1 – Détermination des actions		
<ul style="list-style-type: none"> Détermination des forces perpendiculaires à l'axe longitudinal de l'élément 	P_i (à partir des charges pondérées) Toutes les forces P_i doivent être de mêmes sens.	
ETAPE 2 – Détermination des efforts à partir des valeurs P_i		
<ul style="list-style-type: none"> Moment de flexion au niveau du sabot 	$M_{max} = \text{fonction}(P_i \cdot x_i \cdot g \cdot \rho_{verre} \cdot b \cdot L \cdot ha)$	
<ul style="list-style-type: none"> Charge totale supportée 	$Q_{cr, total} = \text{fonction}(g \cdot \rho_{verre} \cdot b_{eq} \cdot L \cdot ha \cdot P_i)$	
ETAPE 3 – Dimensionnement par rapport aux critères de résistance		
<ul style="list-style-type: none"> Critère de résistance des rotules au niveau des points d'application des forces. 	$P_i \leq R_{adm}$	 Epaisseur b_1 nécessaire à partir du tableau 1
<ul style="list-style-type: none"> Critère de résistance des rotules au niveau du sabot. 	$F_{res} = \text{fonction}(M_{max} \cdot P_i \cdot r)$	 Epaisseur b_2 nécessaire à partir des abaques a et b
ETAPE 4 – Stabilité du raidisseur au déversement		
<ul style="list-style-type: none"> Détermination des largeurs de la console (ou demi raidisseur) 	$Q_{cr, total} \leq Q_{cap, dev}$ L'épaisseur équivalente est calculée en fonction des épaisseurs e_1 , e_2 et e_3 de chacun des composants : $b_{eq} = \sqrt[3]{e_1^3 + e_2^3 + e_3^3 + \epsilon(e_1 + e_2 + e_3)^3}$ $\epsilon = 0,2 \text{ pour les demi-raideurs et } \epsilon = 0 \text{ pour les consoles}$ $Q_{cap, dev} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$	 Largeur minimum h nécessaire, à partir des abaques c, cbis, d, dbis, e, ebis, f et fbis.
Détermination de la section de verre nécessaire pour répondre au critère de résistance et au critère de stabilité: $b_{nec, res}$, $h_{nec, res} = \max(b_1, b_2)$; h		
ETAPE 5 – Vérification du critère de déformation		
<ul style="list-style-type: none"> Calcul de la déformation maximale 	$f_{max} = \text{fonction}(P_i \cdot x_i \cdot ha \cdot hb)$ $f_{max} \leq \frac{1}{150} \text{ en façade}$ $f_{max} \leq \frac{1}{250} \text{ en verrière}$	Si le critère n'est pas satisfait, il est nécessaire de choisir une section de verre supérieure.
ETAPE 6 – Vérifications sous les efforts transversaux		
Calcul des contraintes	$\sigma_{max} \leq 50 \text{MPa}$	
Calcul des déplacements en extrémité de l'élément verrier	$f_{max} \leq f_{admissible}$ La flèche admissible étant celle tolérée par le système de façade ou de verrière. Dans le cas contraire, un câble transversale doit être mis en place et dimensionner suivant les codes usuels.	

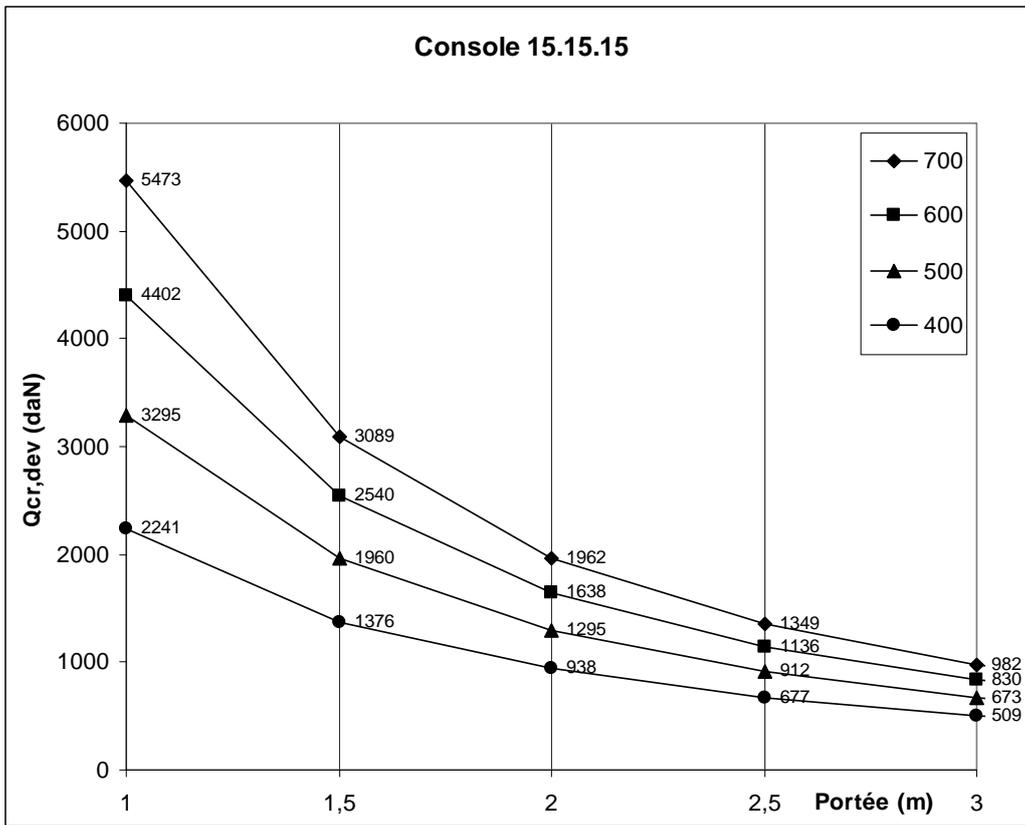
Abaques et figures du Dossier Technique pour les demi-raideurs et consoles



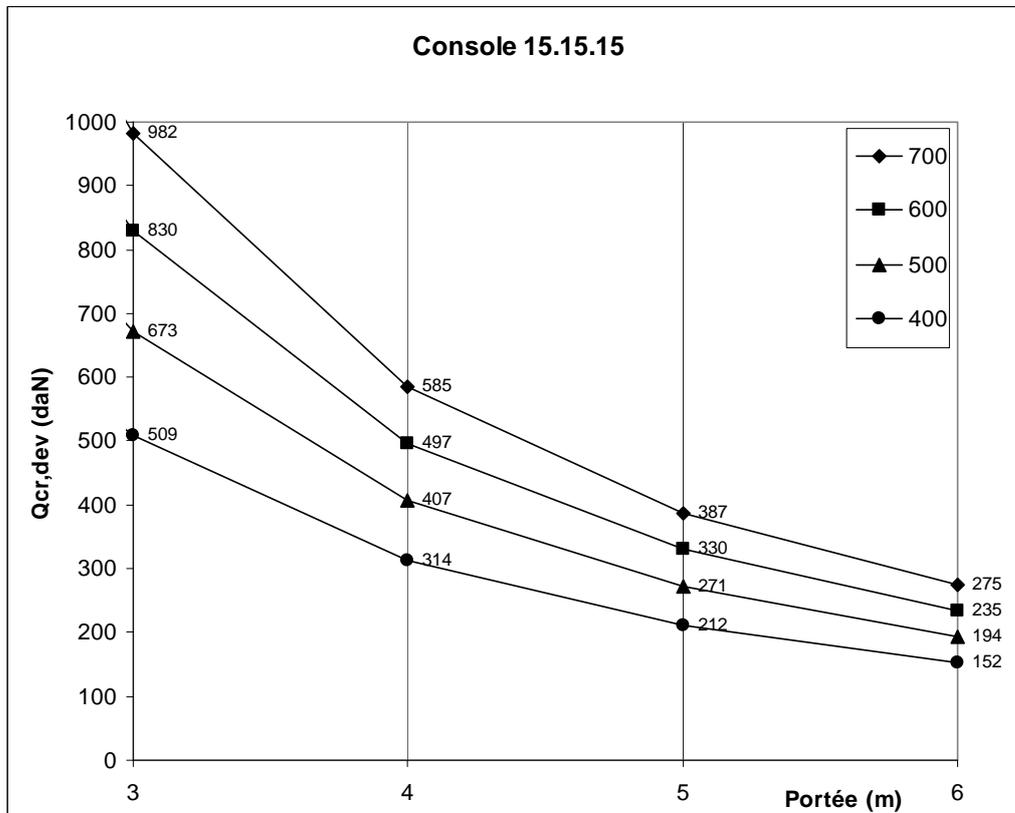
Abaque a



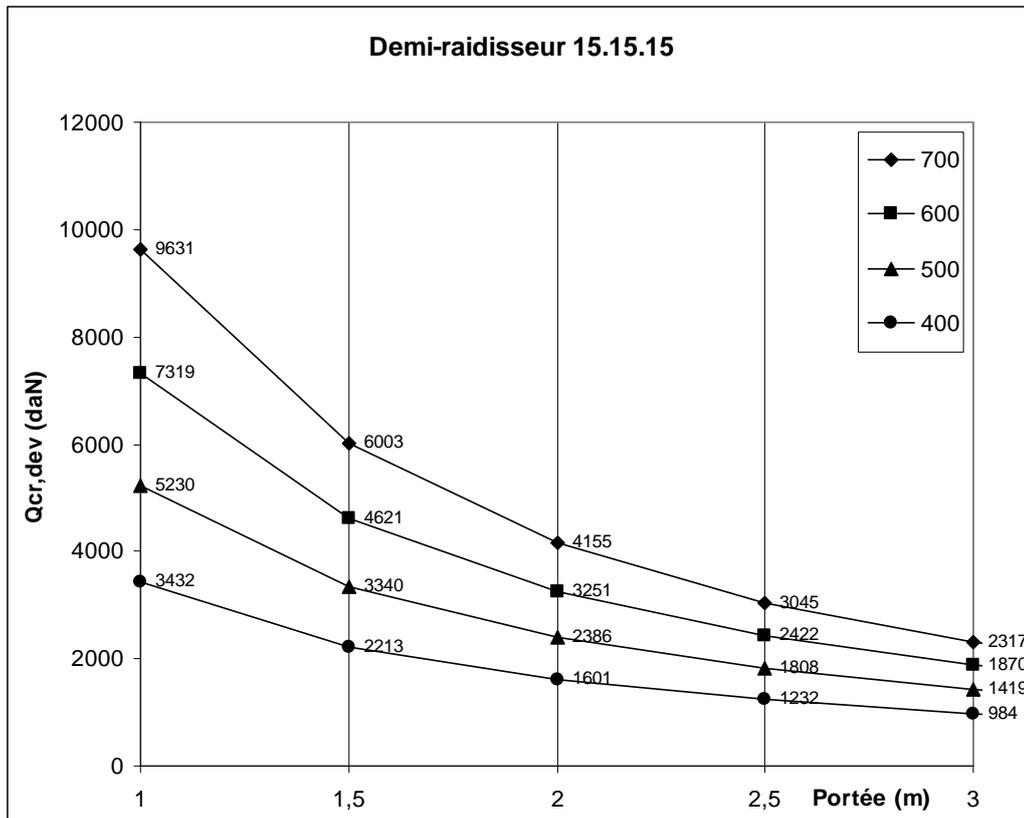
Abaque b



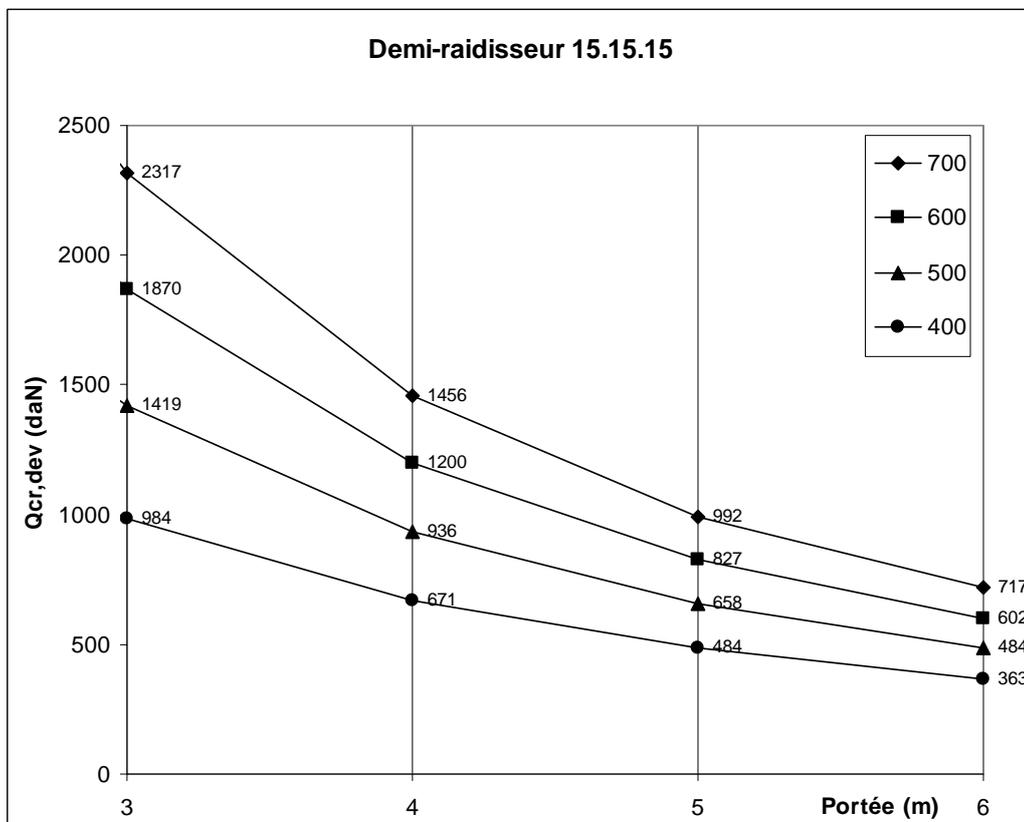
Abaque c - Charge critique de déversement de la console en 15.15.15 de portée 1 à 3 m



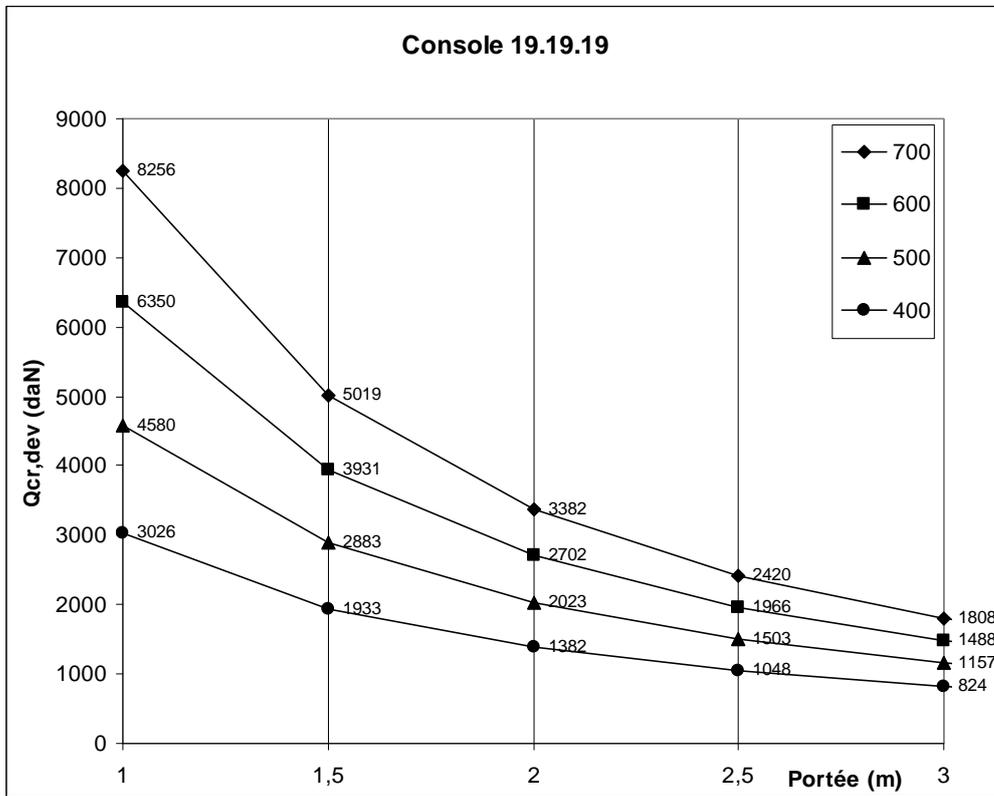
Abaque cbis - Charge critique de déversement de la console en 15.15.15 de portée 3 à 6 m



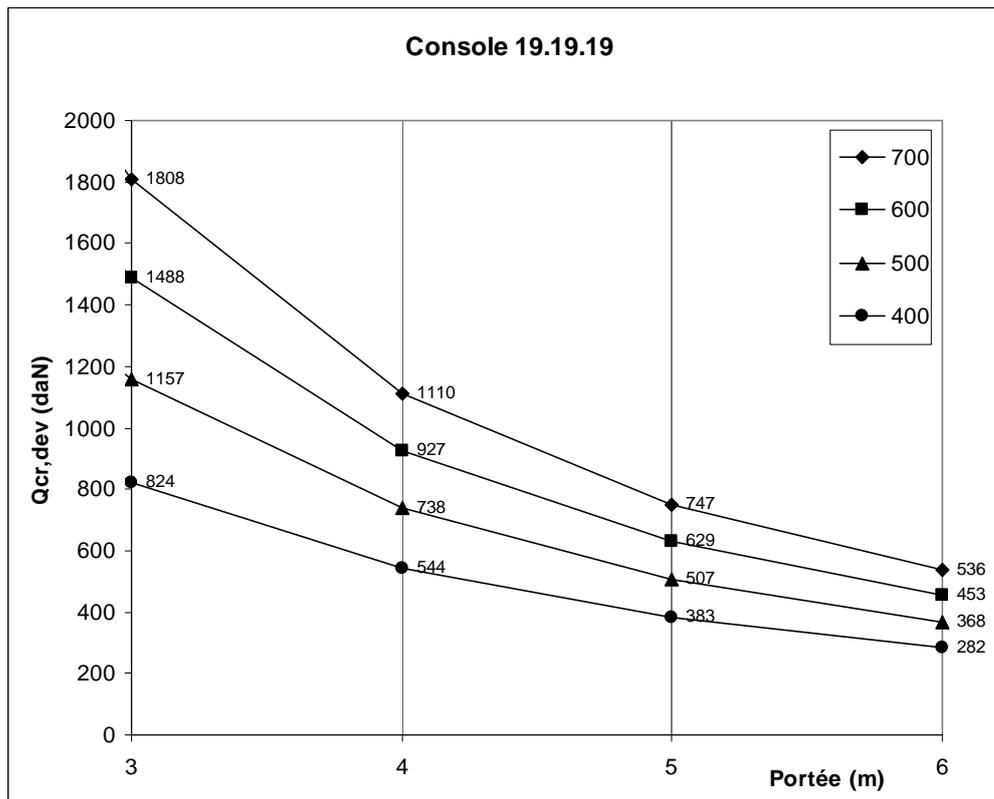
Abaque d - Charge critique de déversement du demi-raideur en 15.15.15 de portée 1 à 3 m



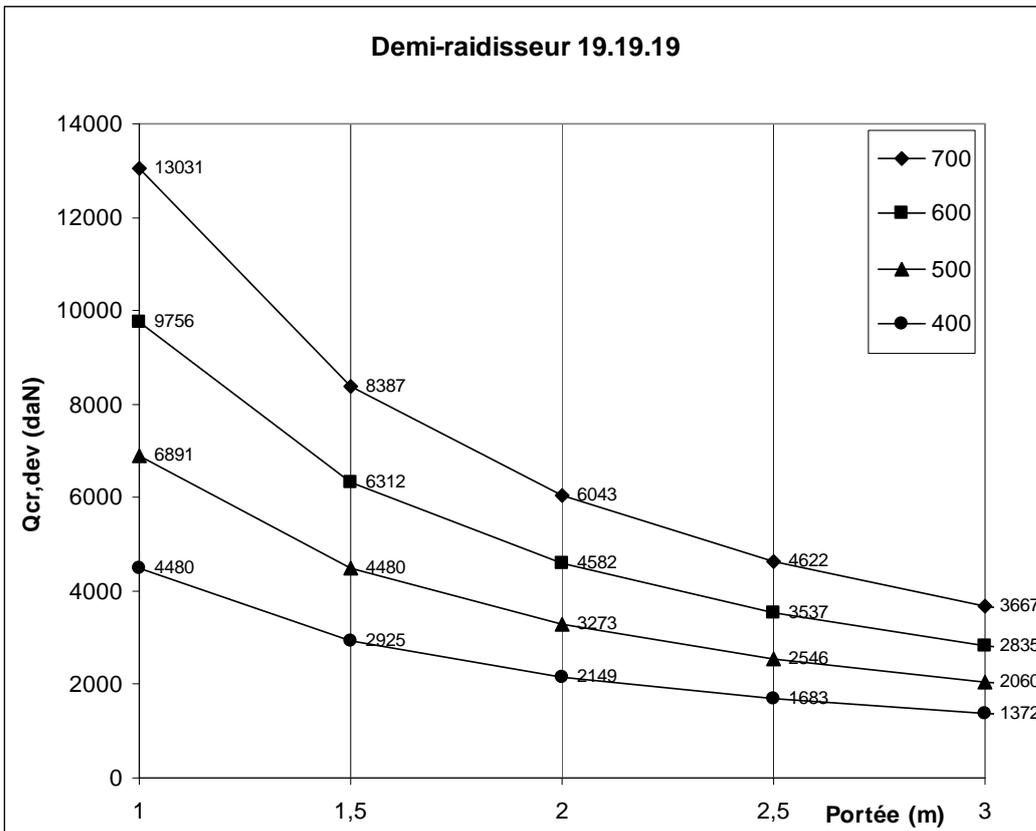
Abaque dbis - Charge critique de déversement du demi-raideur en 15.15.15 de portée 3 à 6 m



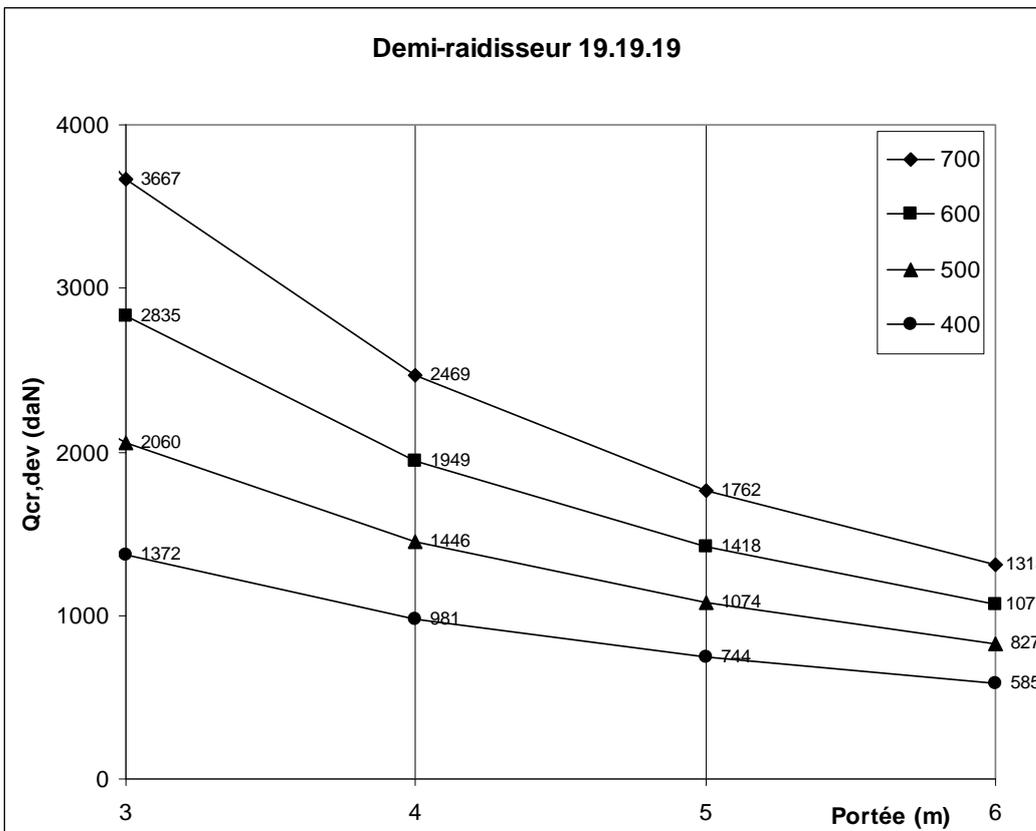
Abaque e - Charge critique de déversement de la console en 19.19.19 de portée 1 à 3 m



Abaque ebis - Charge critique de déversement de la console en 19.19.19 de portée 3 à 6 m



Abaque f - Charge critique de déversement du demi-raideur en 19.19.19 de portée 1 à 3 m



Abaque fbis - Charge critique de déversement du demi-raideur en 19.19.19 de portée 3 à 6 m

INSERT TRI-FEUILLETE

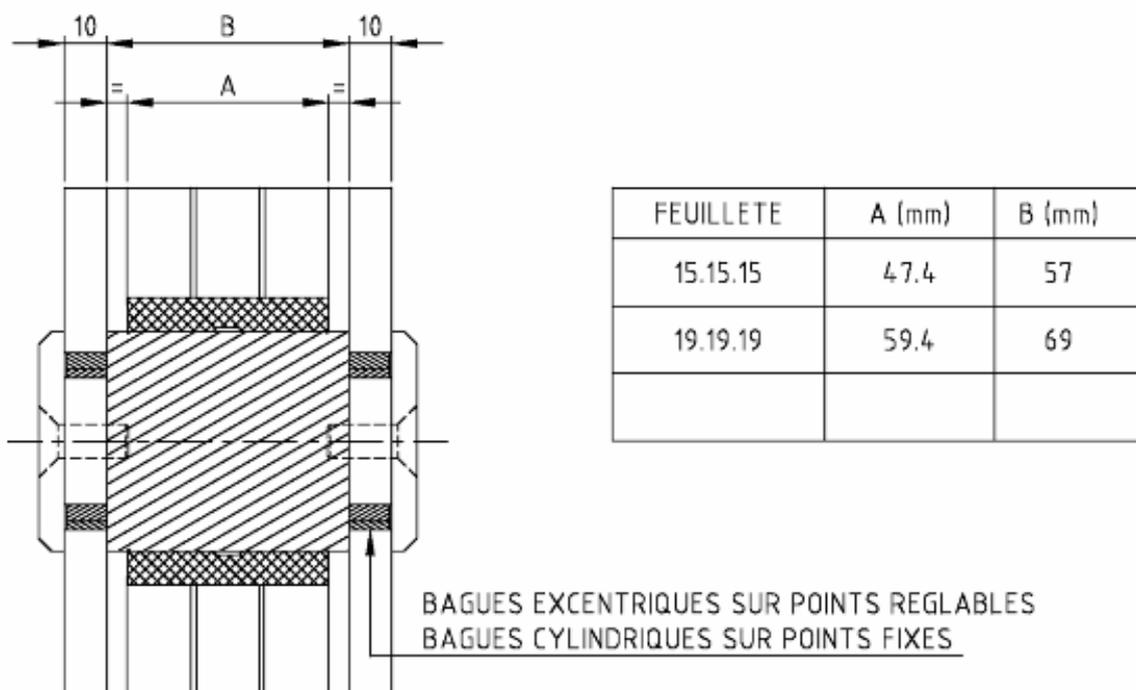


Figure 9 – Inserts à rotule pour demi-raideur et console

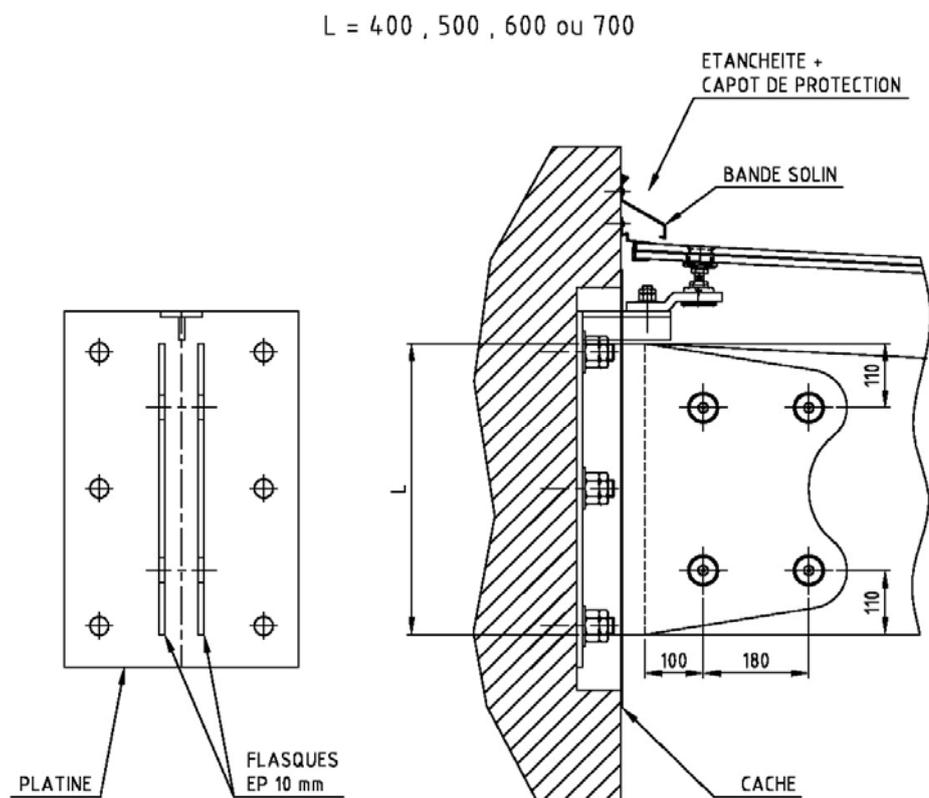


Figure 10 – Sabot support

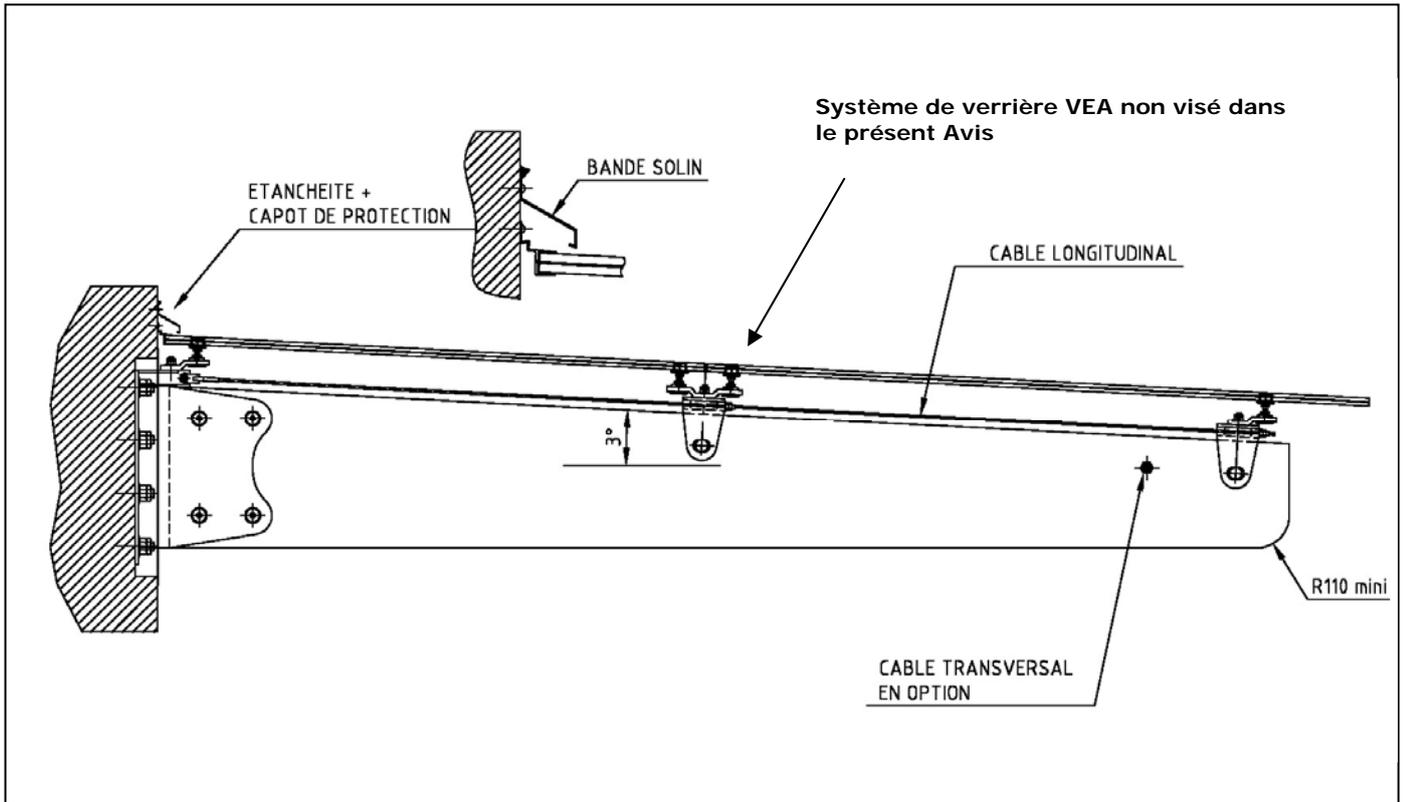


Figure 11 – Mise en œuvre console

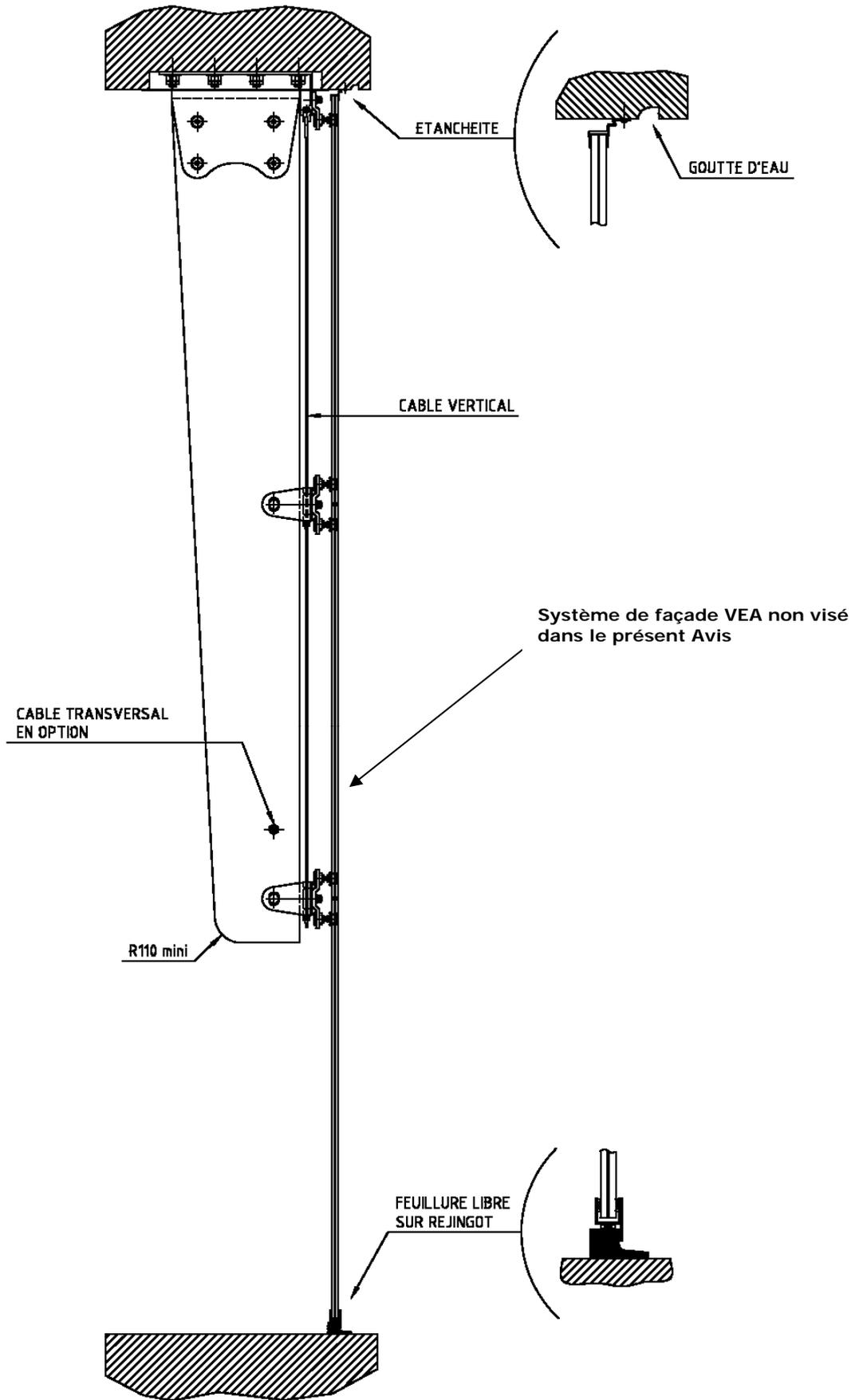


Figure 12 – Demi contreventement encastré en tête

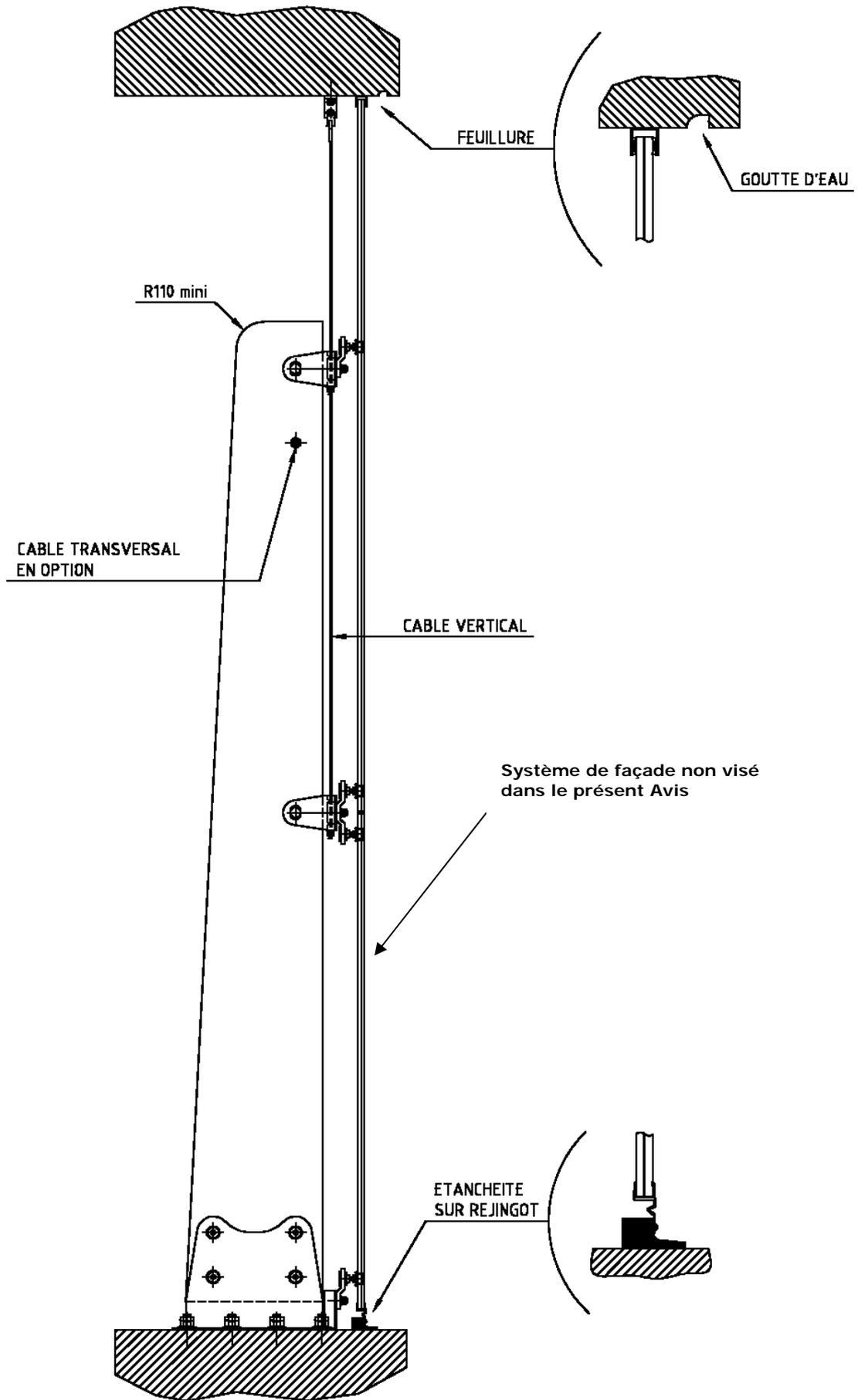


Figure 13 – Demi contreventement encastré en pied

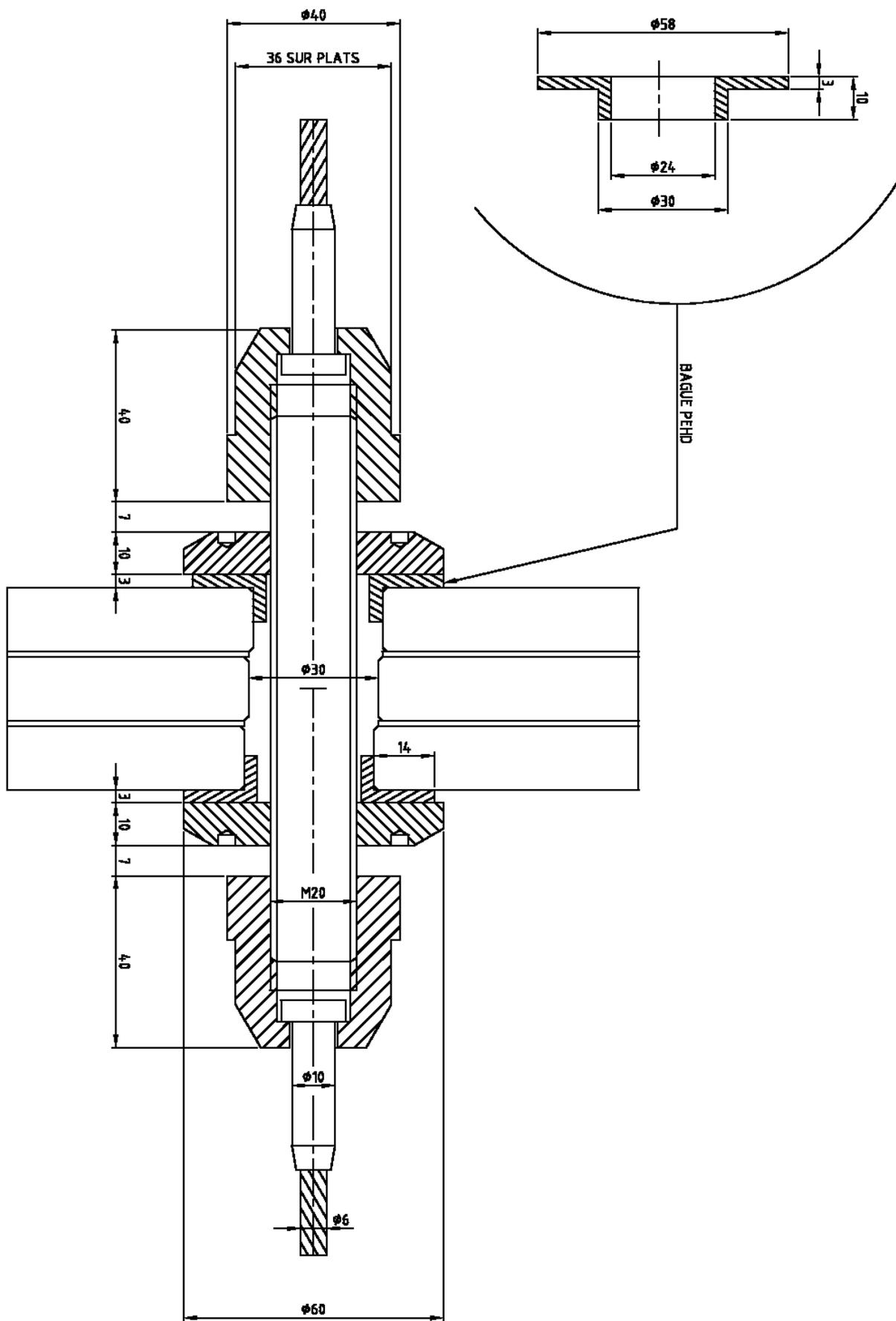


Figure 14 – Principe de fixation du câble de stabilisation transversale sur les contreventements ou les consoles