

Document Technique d'Application

Référence Avis Technique **16/14-701**

Bloc coffrant

Acrotères en briques à bancher de terre cuite

Relevant des normes

**NF EN 771-1 et
NF EN 998-2**

Titulaire : Société GIE Briques de France
17 Rue Letellier
FR-75015 Paris

Tél. : 01 44 37 07 28
Fax : 01 44 27 07 20

Usines : Société Bouyer Leroux Structure
Site Industriel de Saint Marcellin
ZI Les Plantées
FR-42680 Saint Marcellin en Forez

Société Saverdun Terre Cuite
Route de Canté
FR-09700 Saverdun

Société Terreal
Usine de Lasbordes

Société Wienerberger
75 Rue du Docteur Deutsch – FR-67600 Betschdorf
Parc d'Activité des Portes de l'Anjou – FR-49430 Durtal

Commission chargée de formuler des Avis Techniques
(arrêté du 21 mars 2012)

Groupe Spécialisé n° 16

Produits et procédés spéciaux pour la maçonnerie

Vu pour enregistrement le 19 octobre 2015



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° 16 de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné le 17 décembre 2014, le procédé d'acrotère en maçonnerie de briques à bancher de terre cuite présenté par le GIE Briques de France. Le présent document, auquel est annexé le Dossier Technique établi par le demandeur, transcrit l'Avis formulé par le Groupe Spécialisé qui rassemble les informations complémentaires utiles aux utilisateurs du procédé quant au domaine d'emploi, aux dispositions de conception et de mise en œuvre proposées propres à assurer un comportement normal des ouvrages. Cet Avis a été formulé pour les utilisations en France Européenne.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Procédé de réalisation d'acrotères hauts ou bas à l'aide de briques de coffrage en terre cuite montées à joints épais de mortier. Ces briques sont remplies à l'aide de béton coulé en place.

Un mortier d'enduit de catégorie W2 est appliqué sur toutes les faces des acrotères considérés.

Les structures porteuses visées sont les maçonneries en briques de terre cuite à perforations verticales.

Le procédé peut être considéré comme équivalent à un support en béton armé vis-à-vis du revêtement d'étanchéité.

Revêtements

Enduits traditionnels monocouches ou multicouches réalisés conformément au DTU 26.1, applicables sur support de type Rt2 ou Rt3.

1.2 Mise sur le marché

En application du Règlement (UE) n° 305/2011, ces briques font l'objet d'une déclaration des performances (DdP) sur la base de la norme NF EN 771-1. De même, les mortiers performanciel font l'objet d'une déclaration des performances (DdP) sur la base de la norme 998-2. Les produits conformes à ces DdP sont identifiés par le marquage CE.

1.3 Identification des produits

Les produits sont marqués en continu par une roulette réalisant une impression en creux en sortie de filière ; le marquage comporte la marque commerciale, le nom du produit la date de fabrication et le site de fabrication.

Les produits en terre cuite mis sur le marché portent le marquage CE accompagné des informations prévues par l'annexe ZA de la norme NF EN 771-1. De même, le mortier de montage mis sur marché porte le marquage CE accompagné des informations prévues par l'annexe ZA de la norme 998-2.

2. AVIS

2.1 Domaine d'emploi accepté

Ce procédé peut être utilisé pour les maisons individuelles, les bâtiments de logements en collectif et les bâtiments tertiaires, situés à une altitude inférieure à 900 m. Les toitures terrasse accessibles visées ne sont ouvertes qu'à une circulation piétonne.

Les autres limitations résultent de l'application des règles de conception et de calcul données dans le paragraphe 2.3 ci-après.

Le procédé peut être utilisé pour la réalisation d'acrotères de bâtiments soumis à exigences parasismiques moyennant l'application des prescriptions du paragraphe 2.34 ci-après.

2.2 Appréciation sur le procédé

2.2.1 Satisfaction aux lois et règlements en vigueur et autres qualités d'aptitude à l'emploi.

Stabilité

Elle est normalement assurée dans le domaine d'emploi accepté, moyennant le respect des règles énoncées au paragraphe 6 du dossier technique établi par le demandeur.

Construction en zone sismique

Les prescriptions à appliquer pour la construction de bâtiments soumis à exigences parasismiques sont celles définies dans le Cahier des Prescriptions Techniques, paragraphe 2.34.

Sécurité incendie

Le procédé ne fait pas obstacle à la satisfaction des exigences réglementaires de ce point de vue.

Prévention des accidents lors de la mise en œuvre et de l'entretien

De ce point de vue, il est nécessaire de respecter les prescriptions d'échafaudage énoncées au paragraphe 5 du dossier technique établi par le demandeur pour la réalisation des acrotères hauts.

Isolation thermique

Le procédé peut permettre de satisfaire aux exigences réglementaires étant entendu que les déperditions thermiques ne dépendent pas du seul procédé et qu'une vérification par le calcul, conduite conformément aux règles Th-U doit être conduite dans chaque cas.

Les valeurs des ponts thermiques linéiques sont à calculer à l'aide du fascicule 5 des règles Th-U, ITI 3 « liaisons avec un plancher haut ».

Etanchéité des acrotères

L'imperméabilisation de la paroi côté intérieur est convenablement assurée, moyennant le respect des conditions d'exposition définies à l'article 4.2 de la partie 3 de la norme NF DTU 20.1 (P 10-202), ainsi que celui des prescriptions de renforcement d'enduit données au § 6.3.1 de la partie 1.1 de ce même document.

L'étanchéité à l'eau en partie basse de la paroi côté intérieur est apportée par le revêtement d'étanchéité adhérent appliqué sur l'enduit ou sur costière métallique.

La partie haute de l'acrotère est protégée par une couvertine ou tout autre procédé traditionnel.

Un enduit armé doit être mis en œuvre sur toutes les faces de l'acrotère (faces latérales et haute).

Confort d'été

L'existence de planchers hauts, lourds et isolés par l'extérieur constitue un facteur favorable pour la détermination de la classe d'inertie thermique quotidienne des bâtiments. L'inertie de ces derniers est déterminée au moyen des règles TH-I.

2.2.2 Durabilité

La terre cuite constitutive des éléments ne pose pas de problème de durabilité intrinsèque. Compte tenu de ce que les matériaux associés à la terre cuite dans l'ouvrage fini sont également des matériaux minéraux, la durabilité d'ensemble des murs est équivalente à celle des murs traditionnels homogènes constitués des mêmes types de matériaux.

2.2.3 Fabrication

La fabrication des briques à bancher ne diffère pas dans son principe de celle, classique, des briques creuses de terre cuite.

2.2.4 Mise en œuvre

Le hourdage des briques à bancher ne diffère pas de celle des briques traditionnelles. Compte-tenu des hauteurs de coulage visées, le risque d'éclatement des briques sous l'effet de la pression du béton frais est minime.

La mise en œuvre des revêtements d'étanchéité associés, si elle est réalisée par des entreprises qualifiées, ne présente pas de difficulté particulière.

Le titulaire de cet Avis Technique est tenu d'apporter son assistance technique aux entreprises désireuses de mettre en œuvre ce procédé, notamment au démarrage des chantiers.

2.3 Cahier des Prescriptions Techniques

2.3.1 Prescriptions de conception

Les acrotères doivent être surmontés d'un dispositif de couronnement ceinturant ces derniers, et comporter à la partie supérieure du relevé d'étanchéité un dispositif destiné à empêcher les eaux de ruissellement de s'infiltrer derrière ces relevés. Les bandes solin et bandeaux préfabriqués doivent bénéficier d'un Avis Technique.

Les dispositions et prescriptions concernant la forme, l'épaisseur minimale et la hauteur minimale des reliefs préconisés au paragraphe 7.2.3 du DTU 20.12 doivent être respectées.

L'utilisation de costières métalliques est admise moyennant le respect des limitations précisées au § 7.1.1.2 de la partie 1.1 du DTU 43.1.

Les acrotères hauts doivent en outre respecter les prescriptions suivantes :

- Par référence au DTU 20.12, l'espacement entre joints verticaux ne doit pas dépasser:
 - 8 m dans les régions sèches ou à forte opposition de température ;
 - 12 m dans les régions humides ou tempérées.
- Les joints transversaux doivent être calfeutrés sur tout leur développement par un mastic élastomère 1re catégorie ;
- Le dimensionnement des armatures est à réaliser conformément aux prescriptions données au chapitre 6 du dossier technique établi par le demandeur.

L'ancrage des garde-corps métalliques doit impérativement s'effectuer dans la partie bétonnée de l'acrotère.

Pour l'isolation thermique des acrotères bas, les dispositions générales à prévoir sont celles décrites dans le DTU 43-1 et le Cahier CSTB 3741 de décembre 2013.

Dans le cas d'acrotères non-isolés (isolation rapportée $R < 1 \text{ m}^2\text{K/W}$), un chaînage vertical est à prévoir tous les 2.50 m au dernier niveau du bâtiment.

2.32 Prescriptions de fabrication

Les caractéristiques des briques doivent satisfaire aux spécifications de la norme NF EN 771-1 et de son complément national NF EN 771-1/CN en ce qui concerne l'aspect, les dimensions, l'état de surface, les éclatements, la dilatation conventionnelle à l'humidité, l'absorption d'eau, ainsi que les tolérances dimensionnelles sur la hauteur, les prescriptions relevant de la catégorie T dans le cas de montage à joints épais.

2.33 Prescriptions de mise en œuvre

La maîtrise du positionnement des armatures verticales par calage ou ligaturage est essentielle pour garantir leur enrobage correct par le béton coulé en place, ainsi que le respect des hypothèses de calcul indiquées dans les règles données au chapitre 6.1 du dossier technique établi par le demandeur.

Côté intérieur, la paroi intérieure support d'étanchéité requiert l'application d'un enduit hydraulique adhérent sur le support en terre cuite. Cet enduit, de classe de capillarité W2, doit être armé et appliqué sur toutes les parois des acrotères. Il est rappelé que l'armature de cet enduit doit dépasser d'au moins 15 cm en dessous du dernier rang de briques de terre cuite disposé sous le plancher.

Il est rappelé que la pose des briques à bancher est proscrite sur supports gelés ou gorgés d'eau.

Les armatures longitudinales sont obligatoirement des aciers à haute adhérence (DTU 20.12, § 7.2.4.1.1)

2.34 Utilisation en zones sismiques

Les acrotères montés à l'aide du procédé peuvent être utilisés pour la réalisation d'éléments non structuraux de bâtiments soumis à exigences parasismiques au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié moyennant le respect du document «Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti; justifications parasismiques pour le bâtiment à risque normal, version 2014, des ministères du logement et de l'égalité des territoires et de l'écologie, du développement durable et de l'énergie ».

Ces ouvrages doivent faire l'objet d'une analyse parasismique conformément aux indications énoncées au paragraphe 6.2 du dossier technique établi par le demandeur.

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi visé est appréciée favorablement.

Validité

Jusqu'au 31 décembre 2017

*Pour le Groupe Spécialisé n°16,
Le Président*

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le procédé peut être considéré comme équivalent à un support en béton armé vis-à-vis du revêtement d'étanchéité.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n°16

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Principe

Les briques à bancher sont destinées à la réalisation d'acrotères hauts ou bas. Elles sont posées à joints épais de mortier.

Ce procédé peut être utilisé pour les constructions courantes telles que maisons individuelles, bâtiments de logements en collectif et tertiaires.

La hauteur maximale de l'acrotère est de 1.00 m à partir de la face supérieure du plancher-terrasse.

2. Éléments constitutifs

2.1 Briques courantes

Les briques à bancher étudiées sont conformes à la norme NF EN 771-1 et son complément national NF EN 771-1/C. Elles font l'objet d'un autocontrôle en usine. Leurs caractéristiques techniques sont données dans le tableau n° 1, et leurs profils visualisés sur les figures n°1 à 3 ci-dessous.

Tableau n°1 : Caractéristiques des briques à bancher visées.

	type		
	I	II	III
Dimensions (mm)	370 x 175 x 249 370 x 240 x 249	500 x 200 x 219 500 x 250 x 219	500 x 200 x 249 500 x 250 x 249
Poids unitaire (kg)	10 14	14 18	12-16 20
Résistance mécanique fb (MPa)	> 5	> 5	> 5

2.11 Structure générale

Les briques à bancher considérées sont constituées d'une structure alvéolaire comprenant deux grandes réservations verticales de forme rectangulaire (Voir figures 1, 2 & 3).

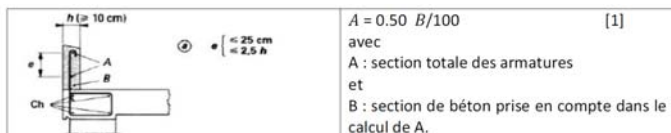
2.12 Description

La face verticale de jointolement de ces briques comporte des emboitements latéraux. Des échancrures sont présentes sur les deux côtés de la brique, permettant la disposition d'armatures longitudinales filantes (figure 4).

2.2 Armatures

2.21 Acrotères bas

La section totale d'armatures des acrotères bas est déterminée par l'intermédiaire de la formule [1]* :



Pour notre exemple, les sections de béton B et d'armatures A sont données dans le tableau n°2, ci-dessous.

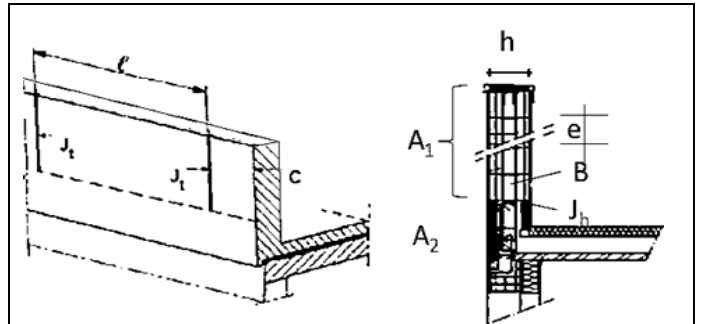
Tableau n°2 : Exemples de sections forfaitaires de béton et d'armatures pour des acrotères bas à 2 rangs de briques réalisés avec les briques à bancher considérées.

	Sections de béton B prises en compte & sections totales des armatures A		
briques ép. 20 cm, haut. 21.9 cm	. B = 569 cm ² . A = 2.8 cm ² soit 2 x 2HA10 (Tot. : 3.1 cm ²)	briques ép. 24 ou 20 cm, haut. 24.9 cm	. B = 647 cm ² . A ~ 3 cm ² soit 2 x 2HA10 (Tot. : 3.1 cm ²)
briques ép. 25 cm, haut. 21.9 cm	. B = 788 cm ² . A = 3.9 cm ² soit 2 x 3HA10 (Tot. : 4.7 cm ²)	briques ép. 24 ou 25 cm, haut. 24.9 cm	. B = 896 cm ² . A = 4.5 cm ² soit 2 x 3HA10 (Tot. : 4.7 cm ²)

Espacements verticaux des armatures de renfort : Des espacements verticaux de 22 (briques de 219 mm de hauteur) et 25 cm respectivement (briques de 249 mm de hauteur) entre barres voisines conviennent.

2.22 Acrotères hauts

La section totale des armatures est donnée par la formule [2]* ci-dessous :



$$A_1 = 0.25 B/100 \text{ si } l \leq 6 \text{ m}$$

$$A_1 = 0.50 B/100 \text{ si } l \geq 12 \text{ m} \quad [2]$$

avec

l : distance entre joints

B : section de béton prise en compte dans le calcul de A_1

A_1 : section totale des armatures

A_2 : section d'armatures à disposer sous le joint horizontal J_h ; $A_2 = A_1$

e : espacement entre barres voisines

$$e \begin{cases} \leq 20 \text{ cm} \\ \leq 25 \text{ cm} \end{cases}$$

Le tableau n°3 donne les sections de béton et d'armatures correspondantes.

Tableau n°3 : Exemples de sections forfaitaires de béton et d'armatures pour des acrotères hauts.

	Sections de béton B prises en compte & sections totales des armatures A1		
Acro. à 4 rangs de briques ; ép. 25cm, h 21.9cm (joints tous les 6 m)	. B = 1952 cm ² . A = 4.9 cm ² soit 6x2HA8 (Tot. : 6 cm ²)	Acro. à 4 rangs de briques ; ép. 17-20 ou 25cm, h 24.9cm (joints tous les 6 m)	. B = 2168 cm ² . A = 5.4 cm ² soit 6x2HA8 (Tot. : 6 cm ²)
Acro. à 2 rangs de briques + garde-corps alu ; ép. 25 cm, h 21.9 cm (joints tous les 6 m)	. B = 1163 cm ² . A = 2.9 cm ² soit 4x2HA8 (Tot. : 4 cm ²)	Acro. à 2 rangs de briques + garde-corps alu ; ép. 24 ou 25 cm, h 24.9 cm (joints tous les 6 m)	. B = 1271 cm ² . A = 3.2 cm ² soit 4x2HA8 (Tot. : 4 cm ²)

Dans ce cas également, l'espacement entre barres voisines convient ($e \leq 25$ cm).

La figure n°9 montre la disposition des armatures dans les alvéoles des briques. Chaque alvéole est armée forfaitairement avec 2 $\Phi 10$ HA (aciers verticaux).

Les armatures verticales sont mises en place préalablement au coulage du béton de la toiture terrasse ; leur positionnement est assuré à l'aide d'écarteurs PVC ou béton de 2.5 cm (ou plus, en fonction des caractéristiques du projet). Elles peuvent également être scellées a posteriori dans le béton durci, à l'aide d'une résine chimique : dans ce cas, la longueur d'ancrage et la durée de la période de cure sont déterminées en fonction de la qualité de résine utilisée et des conditions environnementales (température & hygrométrie).

Les armatures horizontales sont disposées dans les gorges latérales des briques à bancher et liées aux barres verticales avant le coulage du béton, pour assurer leur maintien en place. Le remplissage des alvéoles à l'aide de béton se fait de manière progressive, pour limiter l'emprisonnement d'air. Le recours à une aiguille vibrante est nécessaire pour assurer une bonne mise en place et un enrobage correct des armatures.

Si la surélévation des acrotères bas est prévue à l'aide de garde-corps métalliques, l'ancrage de ceux-ci doit se faire dans la partie bétonnée, de préférence au bout de deux à trois semaines après le coulage. Le perçage des briques se fait sans percussion.

3. Fabrication

3.1 Description

La fabrication est réalisée en usine suivant le principe des produits en terre cuite extrudée.

3.2 Sites de production

Les produits en terre cuite sont fabriqués dans les usines suivantes :

Bouyer Leroux Structure
Site industriel de Saint Marcellin
ZI Les Plantées
42680 Saint Marcellin en Forez

Saverdun Terre Cuite
Route de Canté
09700 Saverdun

Terreal
Usine de Lasbordes

Wienerberger
75, rue du Docteur Deutsch
67660 Betschdorf

Parc d'Activités des Portes de l'Anjou
49430 Durtal

3.3 Contrôles

Contrôle des matières premières et des produits en cours de fabrication.

Les contrôles des caractéristiques géométriques et physiques des produits finis sont effectués conformément aux prescriptions du règlement particulier de marque NF briques de terre cuite. Les briques doivent respecter leur hauteur nominale avec une tolérance de ± 1.5 mm.

4. Conditionnement et marquage

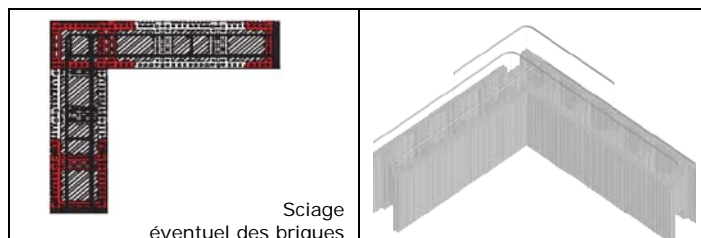
Les produits sont conditionnés sur palettes houssées ou cerclées. Le marquage minimal, assuré sur au moins 33% des briques, comporte le nom du fabricant, celui de l'usine et la date de fabrication.

5. Mise en œuvre

Les briques considérées sont montées à joints épais. Les mortiers de montage sont ceux commercialisés sous la marque et la responsabilité des fabricants des briques à bancher considérées. Leur montage au mortier traditionnel est également possible. Dans les emplacements qui le nécessitent, on utilise des éléments préalablement découpés à la scie, à la dimension requise (la figure ci-après en montre le principe). Si nécessaire, l'utilisation d'éléments accessoires (du type de la fig. n°3) permet de faciliter l'opération.

La stabilité en phase provisoire des acrotères hauts peut être assurée à l'aide d'étais tirant-poussant. Les planelles coffrantes situées à la base des acrotères sont posées au minimum un jour avant le coulage de la dalle*. Préalablement au bétonnage des acrotères, (dont le montage est réalisé au minimum deux semaines après le coulage du plancher terrasse), des bastinges seront disposés de part et d'autre de l'acrotère, solidarisés par des serre-joints et maintenus par les tire-pousse. Selon les hauteurs en jeu, les étais seront disposés côté terrasse, ou du côté extérieur du bâtiment.

* sont utilisables les mortiers de recette de chantier, ou les mortiers industriels performants dont les caractéristiques répondent aux spécifications de la norme NF EN 998-2 et marqués CE (mortiers d'usage courant G).



La mise en place systématique d'une couvantine est prescrite.

5.1 Béton de remplissage

Le béton utilisé est un béton de bâtiment standard (C20/25 ou 25/30), avec une teneur en liant équivalent de 350 kg/m^3 , une granulométrie ($D_{\text{max}} 12 \text{ mm}$) et une consistance (S4). Une consistance très plastique, voire fluide, convient également. La mise en place dans les briques à bancher se fait après leur humidification préalable.

Vérification de la tenue sous pression de béton frais : La pression développée par le béton frais, déterminée à l'aide de la formule de Rodin ci-dessous, s'avère très faible ; il n'y a donc pas de dispositions particulières à adopter, à cet égard :

Pour un béton présentant un slump de 150 mm à $t = 21^\circ\text{C}$:

$$H_{\text{max.}} = 1,63 R^{1/3} \text{ (m)}$$

$$P_{\text{max.}} = 23,4 H_{\text{max}} \text{ (kPa)}$$

où R est la vitesse de montée du béton en m/h.

En prenant $R = 4 \text{ m/h}$, on obtient : $H_{\text{max.}} = 2.6$ et $P_{\text{max.}} = 61 \text{ kPa}$ soit 0.06 MPa

Joint de fractionnement

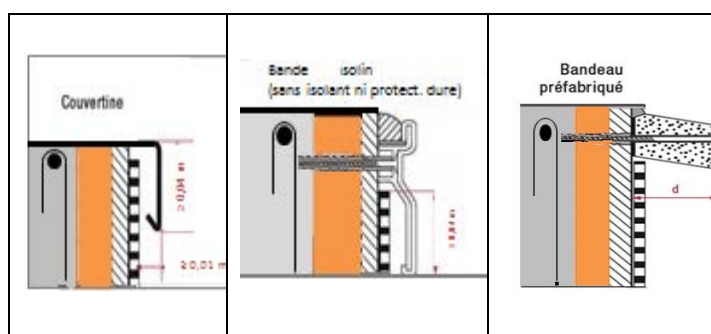
Des joints de fractionnements sont nécessaires dans les maçonneries de grande surface. Ces joints peuvent être réalisés après coup, par tronçonnage d'une ligne de joint vertical.

Les distances maximales entre joints sont celles données au DTU 20.1. Il existe des profils d'enduit pour joint de fractionnement.

5.2 Relevés d'étanchéité et isolation thermique

5.2.1 Acrotères avec enduit et couvantine, bande solin ou bandeau préfabriqué en tête de relevé d'étanchéité

L'étanchéité en tête d'acrotère peut être réalisée à l'aide de l'un des dispositifs décrits sur la figure ci-dessous. Le relevé d'étanchéité est appliqué sur un enduit support dont les caractéristiques sont définies au §5.3 ci-après, ou sur costière métallique. ; il remonte sur toute la hauteur de l'acrotère et peut être arrêté sous la couvantine étanche, un dispositif écartant en tête de relevé les eaux de ruissellement ou le bandeau préfabriqué.



5.2.2 Isolation thermique

Le procédé ne se distingue pas de ce point de vue des procédés traditionnels de murs en maçonnerie de briques.

Un calcul thermique est à effectuer cas par cas selon les règles Th-U.

5.3 Enduits et revêtements

Les qualités d'enduit requises pour l'uniformisation du support sont celles destinées aux supports de classe de résistance R_{t2} ou R_{t3} (conformément au DTU 26.1) ; on utilise des enduits de catégorie OC2 ou OC1 (supports R_{t2} ou R_{t3}).

Un mortier d'enduit, de catégorie W2, est appliqué sur toutes les faces des acrotères considérés.

Des joints doivent être prévus en fonction de la zone climatique où se situe l'ouvrage, conformément au DTU 20.1.

6. Vérifications de calcul

6.1 Tenue mécanique des acrotères hauts faisant fonction de garde-corps

Dans le cas général, la vérification est faite avec une charge linéique (charge horizontale uniformément répartie) de 1.25 kN/ml en tête et une hauteur d'acrotère de 1 m.

En considérant, pour simplifier, que la charge est reprise par la seule partie en béton des consoles, l'effort tranchant en pied de chaque console (4/ml) est de 0.25 kN et le moment fléchissant de 0.25 kN.m (cas des briques à bancher de 25 cm).

La section d'acier A_s est calculée à l'aide de la formule:

$$A_s = \frac{M_u}{\left[(1-0,4\alpha)d \cdot \frac{f_e}{\gamma_s} \right]}$$

avec $\gamma_s = 1.15$ à l'ELU normal (EC2, tab.2.1N);

d étant la hauteur utile de la section droite de béton.

Si $f_e = 500$ MPa (acier de type Fe E 500) et $\alpha = 0.62$ (utilisation optimale des caractéristiques de l'acier), on arrive à une section d'armatures inférieure à 1 $\phi 6$ ($A_s < 0.28 \text{ cm}^2$); le ferrailage choisi forfaitairement (2 barres $\phi 10$ /alvéole) convient donc (en tenant compte d'un large coefficient majorateur).

Si, par hypothèse, on considère l'application sur l'acrotère d'une pression de vent (surévaluée par rapport aux situations courantes) de 5 kN/m² se traduisant par une charge uniformément répartie de 0.25 KN/m par console, un effort tranchant de 0.25 KN, et un moment fléchissant maximal de 0.125 kN.m en pied, le ferrailage prévu demeure suffisant.

6.2 Stabilité sous sollicitation sismique

Une vérification enveloppe est faite, pour les configurations les plus défavorables.

Hypothèse de calcul :

- Bâtiments de catégories d'importance 2, 3 et 4 ;
- Acrotères hauts (4 rangs de briques), d'épaisseur 25 cm ;
- Sol de type E ;
- La masse volumique du béton armé est prise égale à 2500 kg/m³ ;

Les acrotères peuvent être considérés comme des éléments non-structuraux, puisqu'ils ne jouent ni de rôle porteur, ni de contreventement ; leur suppression éventuelle ne compromet pas la sécurité de l'ouvrage sous-jacent. Le calcul de l'action sismique les sollicitant peut donc se faire sur la base de la formule [4] de l'Eurocode 8, § 4.3.5 :

$$F_a = (S_a \cdot W_a \cdot \gamma_a) / q_a$$

F_a est la force sismique horizontale agissant au centre de gravité de l'élément non-structural,

dans la direction la plus défavorable, avec :

S_a : coefficient sismique applicable aux éléments non structuraux

W_a : poids de l'élément ;

γ_a : coefficient d'importance de l'élément ;

q_a : coefficient de comportement de l'élément ;

$S_a = \alpha \cdot S [3 \cdot (1 + z/H) / (1 + (T_a/T_1)^2) - 0.5]$

S_a : coefficient sismique applicable aux éléments non-structuraux ;

T_a : étant la période de vibration de l'élément non-structural ;

T_1 : période fondamentale de vibration du bâtiment dans la direction appropriée ;

z : hauteur de l'élément non-structural au-dessus du niveau d'application de l'action sismique ;

H : hauteur du bâtiment depuis les fondations.

On considère, pour simplifier, les zones de sismicité 3 (sismicité modérée) et 4 (sismicité moyenne) et l'on prendra :

$\alpha = a_g/g = 0.11$ pour la zone de sismicité 3

$\alpha = 0.16$ pour la zone de sismicité 4

en arrondissant le coefficient d'accélération de la pesanteur g à 10 m/s².

On considère également, pour simplifier, que :

$z = H$ et $T_a = T_1$

d'où $S_a = 5.5 \alpha S$

S est donné par le tableau extrait de l'Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal » :

Classes de sol	S (zone de sismicité 1 à 4)
A	1
B	1.35
C	1.5
D	1.6
E	1.8

q_a est pris égal à 2, le béton armé servant au remplissage des alvéoles étant susceptible d'avoir un comportement ductile.

Le coefficient d'importance de l'élément γ_a est pris égal à 1, conformément au § 4.3.5.3 de l'EC 8. En se plaçant dans le cas de figure d'un sol de classe E, on prendra $S = 1.8$ pour les zones de sismicité considérées.

Il résulte de ces hypothèses que la charge horizontale susceptible de s'appliquer au centre de gravité des acrotères considérés est de l'ordre de 180 kg/ml en zone de sismicité 3, et 260 kg/ml en zone de sismicité 4 (pour le cas des acrotères de 25cm).

Pour simplifier, on considère également que l'effort appliqué est repris par le seul béton armé ; la charge horizontale se retrouve donc répartie sur la série d'éléments en console (poteaux courts), très proches les uns des autres (4/ml), reprenant chacun 45 à 65 kg de charge répartie (zones de sismicité 3 et 4, respectivement).

Ceci occasionne des efforts négligeables en pied (moment maximal M de 0.06 kN.m et effort tranchant max V de 0.1 kN) ; il suffit donc de vérifier que les sections considérées de béton satisfont à la condition de non-fragilité, exprimée par l'équation [5] donnant la section minimale d'armatures à prévoir (diagramme linéaire de contraintes) :

$$A_s > A_{s \text{ min}} = 0.23 b.d f_{tj}/f_e$$

b étant la largeur de la section de béton sollicitée ;

d : sa hauteur utile ;

f_{tj} : la résistance à la traction du béton ;

f_e : la limite élastique de l'acier.

Si l'on considère que :

$f_{tj} = 2$ MPa (béton de $f_{c28} = 25$ MPa, acier HA)

et $f_e = 500$ MPa pour des aciers Fe E 500

On arrive à une section d'acier correspondant à 1 HA 8 (0.5 cm²), disposé dans la partie tendue ; le ferrailage forfaitaire considère (dispose de manière symétrique, pour tenir compte d'une inversion du chargement) plus haut convient : deux barres verticales HA 8 seront donc disposées par alvéole, en vis-à-vis, à 2.5 cm de la paroi (fig. 9).

7. Assistance technique

Le titulaire de cet Avis Technique fournit son assistance aux concepteurs des bâtiments qu'il est prévu de réaliser selon ce procédé, ainsi qu'aux entreprises le mettant en œuvre, notamment au démarrage des chantiers. Cette assistance peut concerner le choix du type de brique le plus adapté à la configuration du projet, le calepinage et le démarrage du montage des briques à bancher, dans le cas où l'entreprise n'est pas déjà familiarisée avec le procédé décrit.

B. Références

Plusieurs références de réalisations peuvent être citées, notamment :

- 46 logements collectifs à Saint Avé (56)
- 18 logements individuels à Saint Avé (56)
- Résidence de 40 logements au Mans (72)
- Maisons individuelles à Nîmes (30)

Figures du Dossier Technique

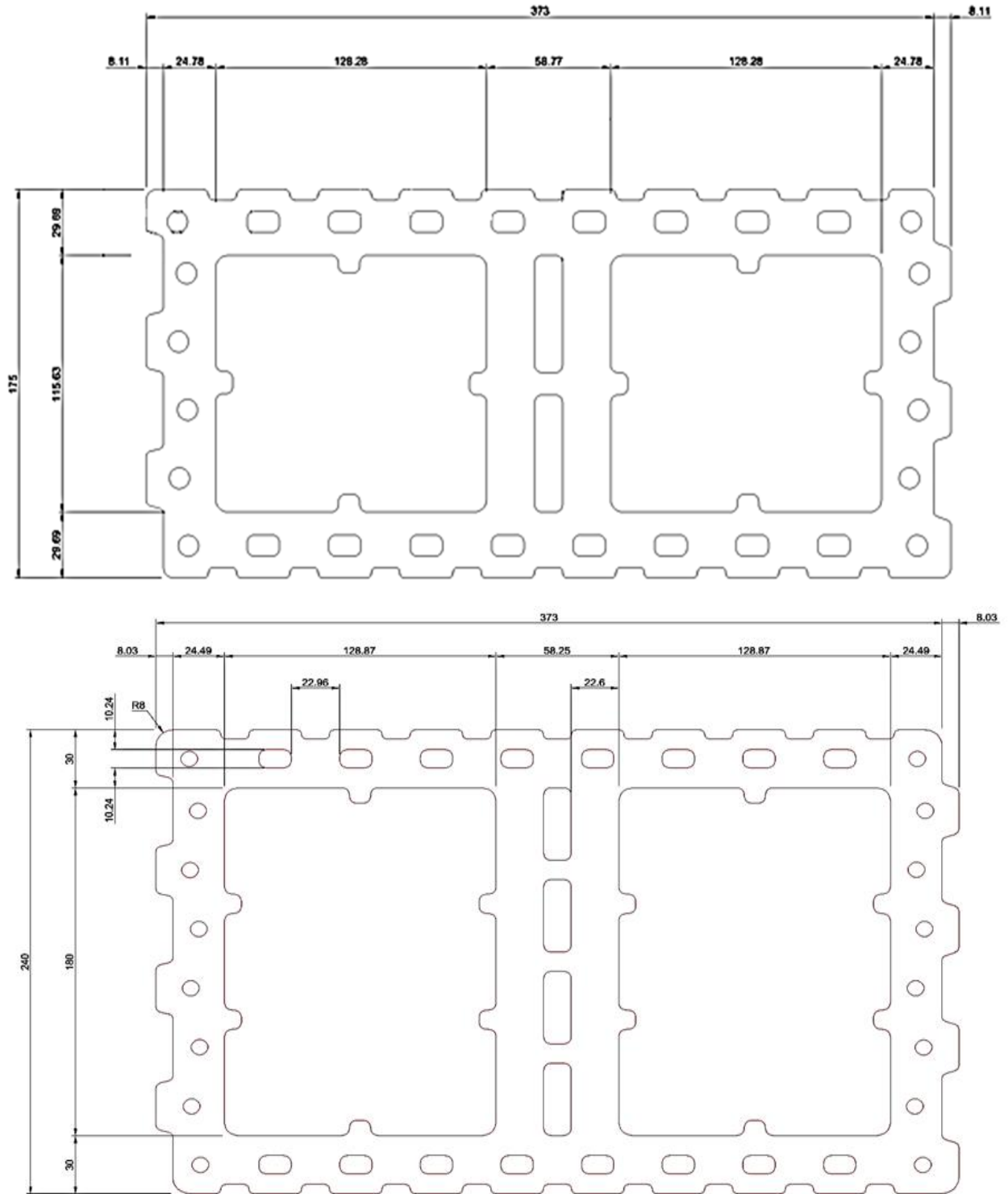


Figure 1 : briques à bancher de type I (vue de dessus)

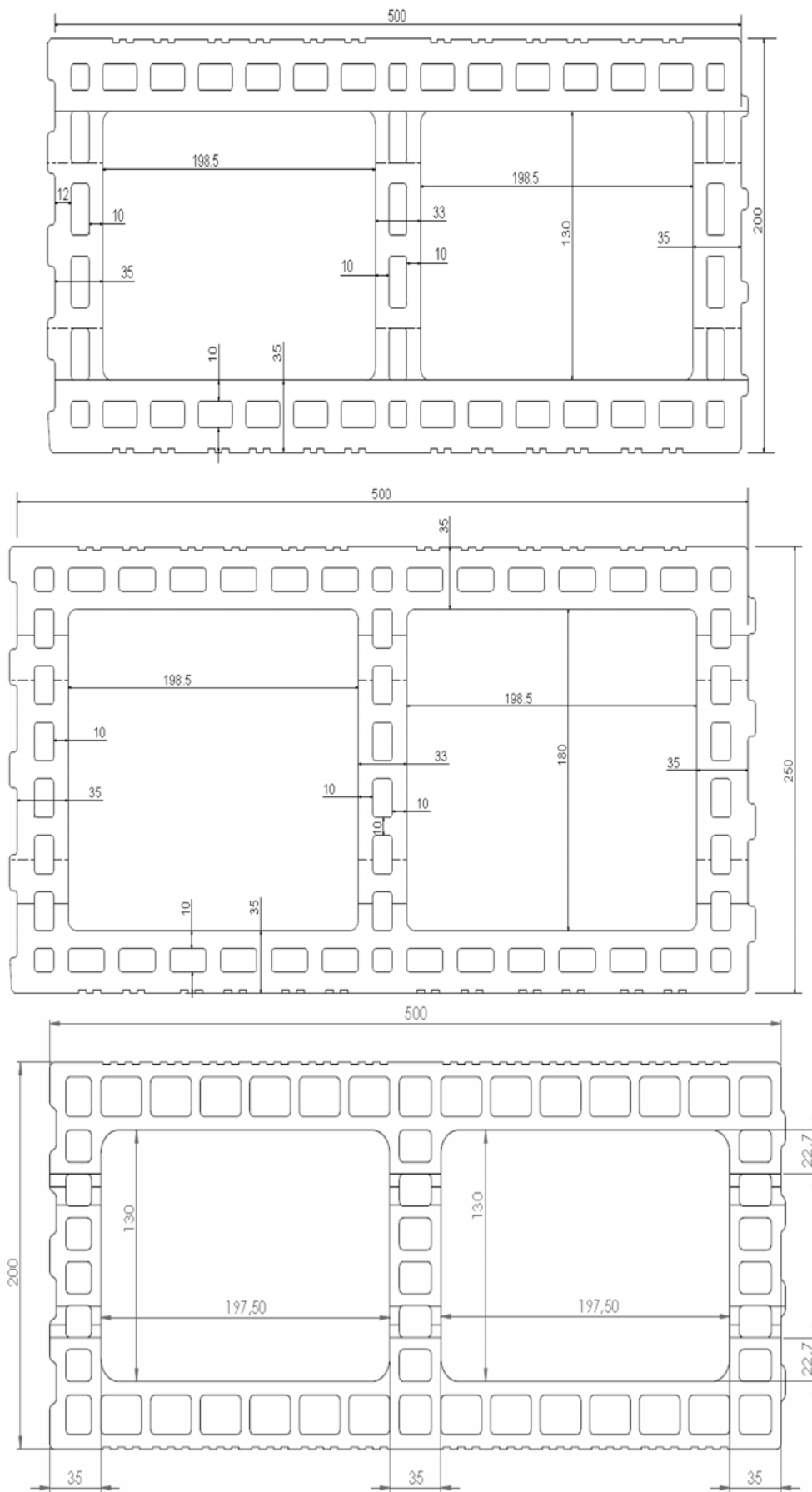


Figure 2 : briques à bancher de type II et III (vue de dessus)

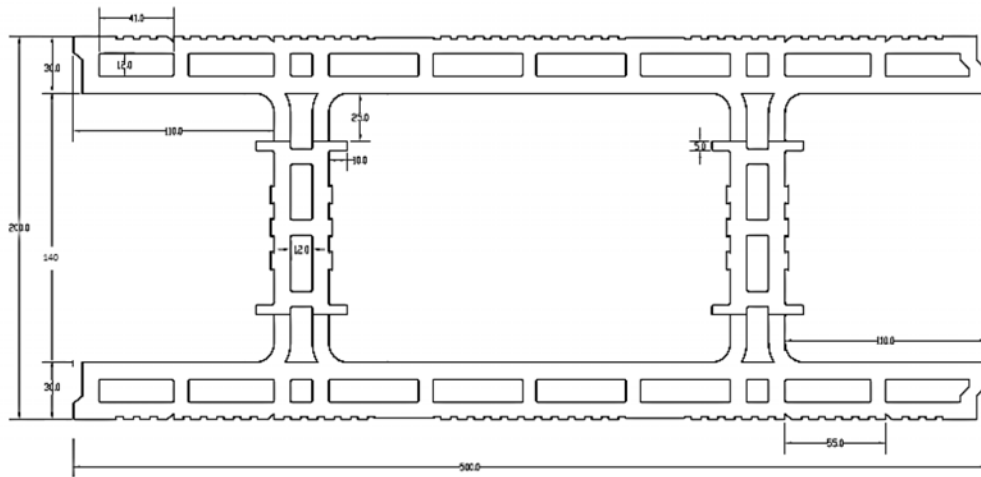


Figure 3 : brique accessoire (vue de dessus)

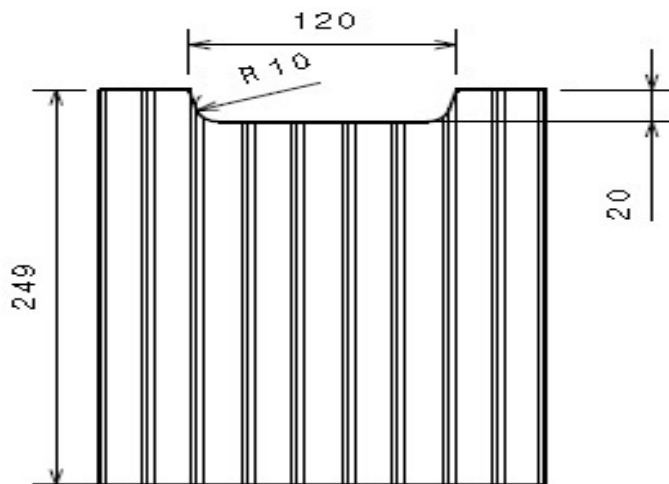


Figure 4 : brique à bancher (vue de côté)

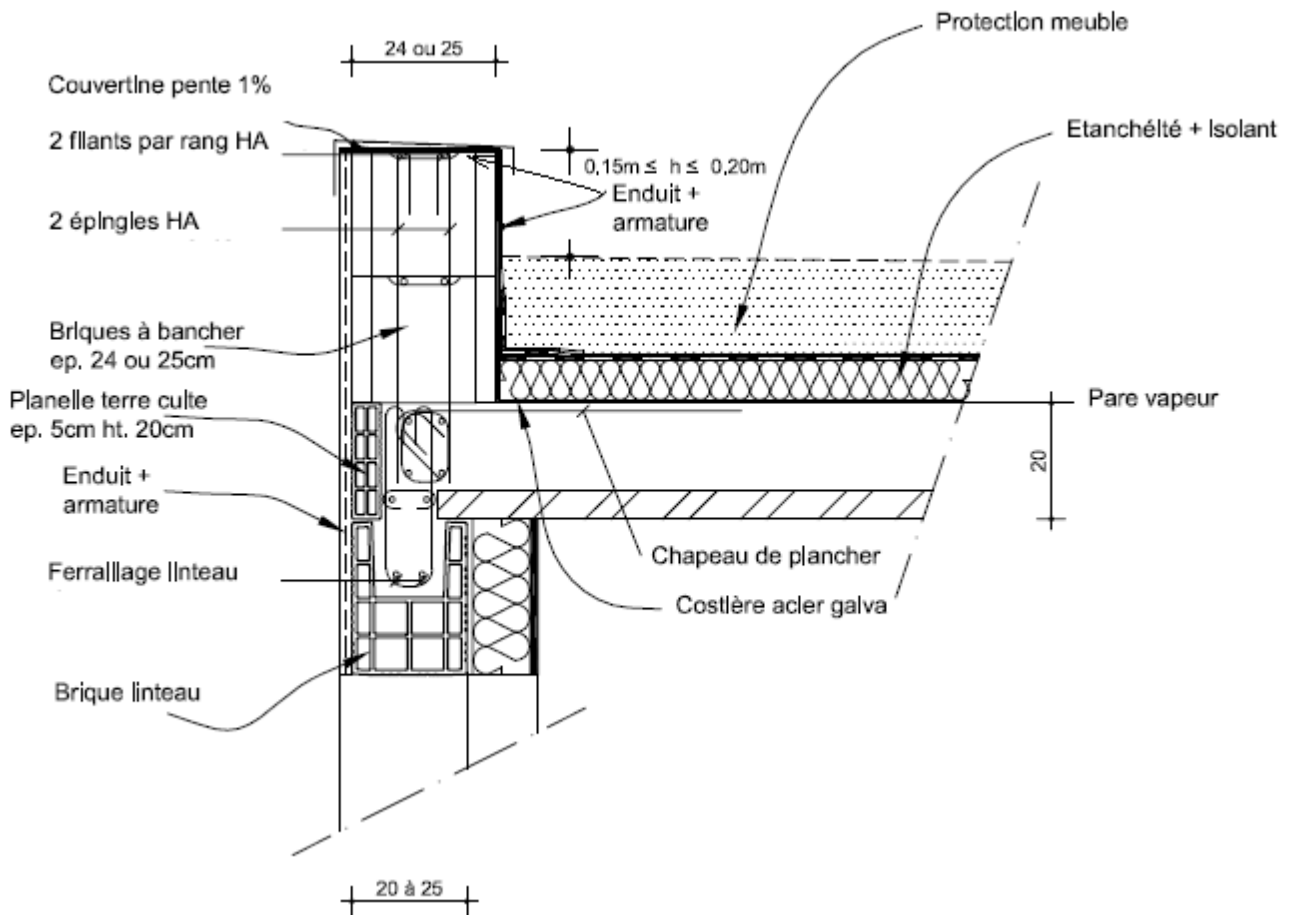


Figure 5 : Coupe avec acrotère bas , terrasse non accessible (1)

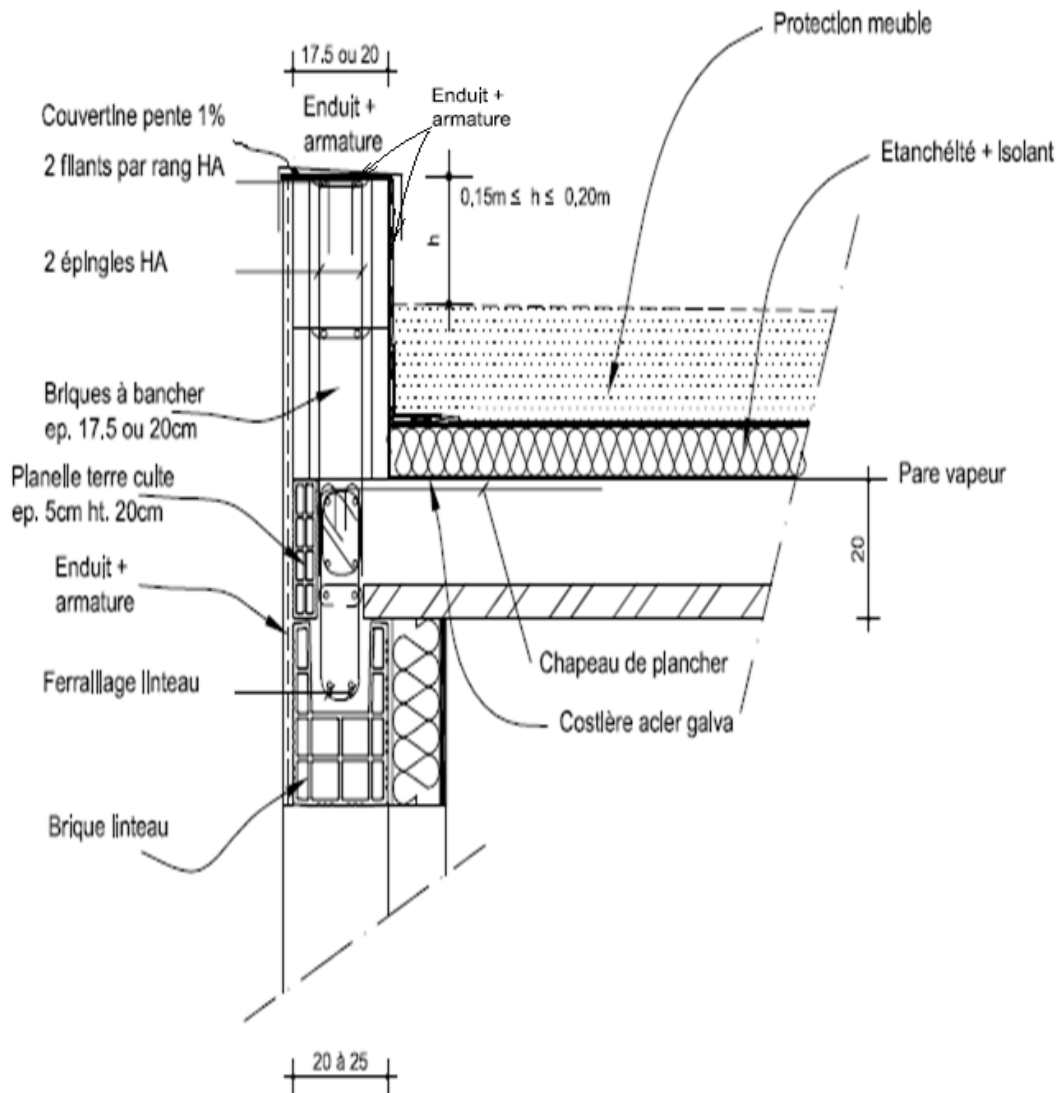


Figure 6 : Coupe avec acrotère bas , terrasse non accessible (2)

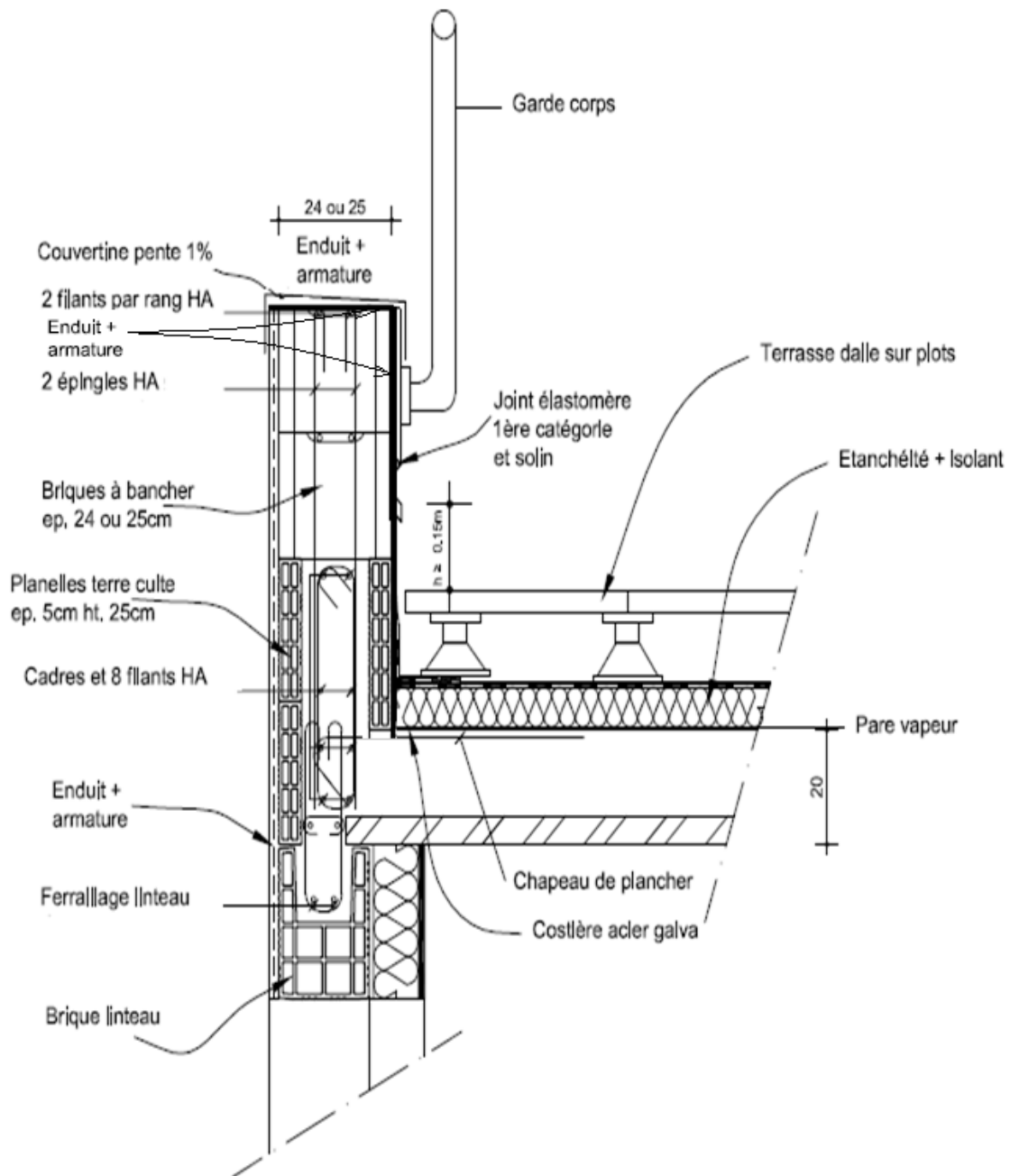


Figure 7 : Coupe avec garde-corps métallique

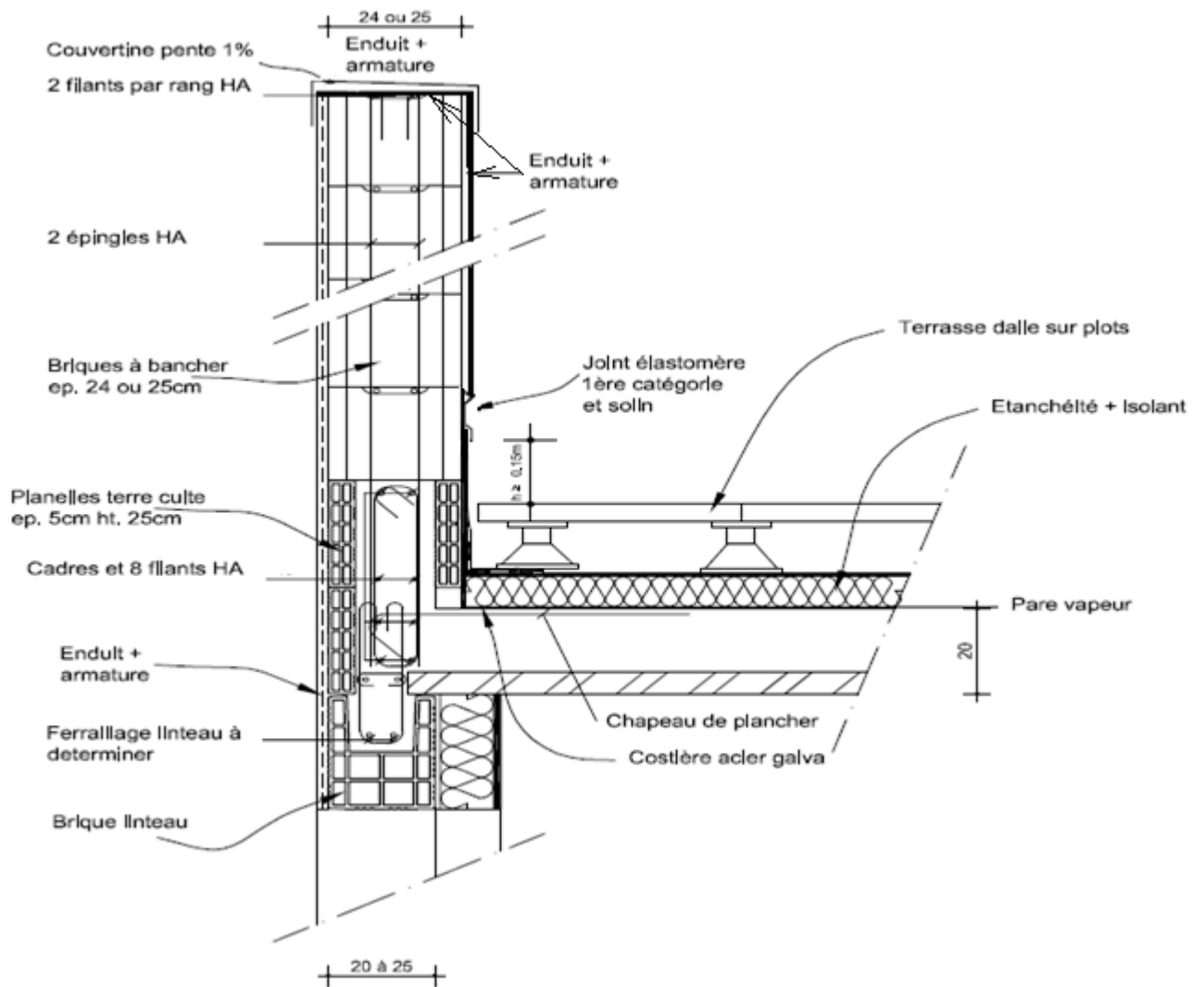


Figure 8 : Coupe avec garde-corps en maçonnerie

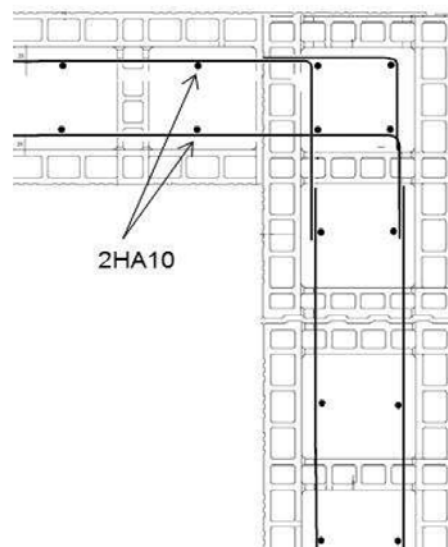


Figure 9 : principe de ferrailage

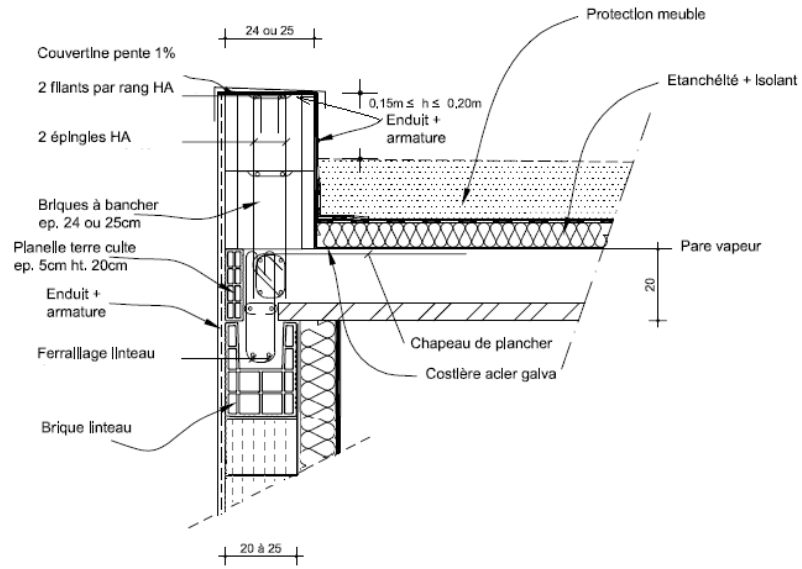


Figure 10 : Exemple de configuration de montage en partie courante de maçonnerie

Acrotère bas avec garde-corps métallique : Principe de dimensionnement du garde-corps

Le principe de dimensionnement est le suivant :

Les montants verticaux du garde-corps sont fixés au droit des sections de béton (Fig. 14) ; la disposition en partie latérale est préférable à la disposition en partie haute des acrotères. Une charge horizontale uniformément répartie de $Q = 1.25 \text{ kN/ml}$ est appliquée sur la main courante. Des chargements spécifiques peuvent être pris en compte si le projet le prévoit, le principe de dimensionnement restant valable.

Si l'on considère, pour l'exemple, un bâtiment de $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ pourvu, en terrasse et le long de chacune de ses façades, de garde-corps constitués de 2 modules élémentaires d'une longueur de 4.5 m avec 7 montants verticaux chacun (l'espacement entre deux montants voisins est de 0.75 m), la main courante peut être dimensionnée sur la base des effort tranchant T_y et moment fléchissant M_{xy} donnés sur les figures 12 et 13 ci-dessous :

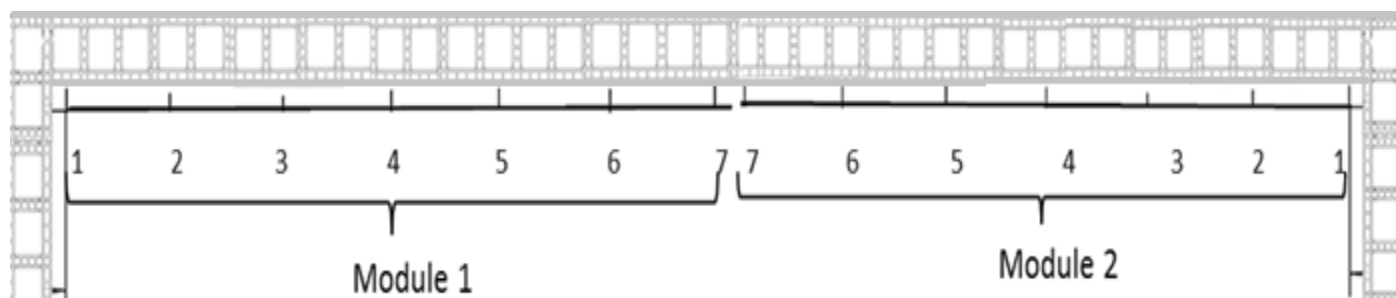


Figure 11 : Exemple d'implantation des montants verticaux de garde-corps à 2 modules élémentaires

EFFORT TRANCHANT [N]

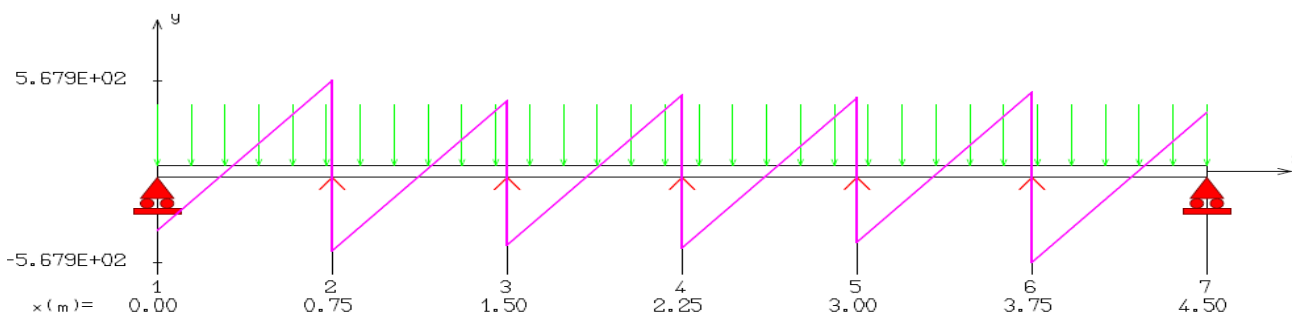


Figure 12 : Distribution de l'effort tranchant T_y [N] sur la main courante dans le cas d'un garde-corps à 7 nœuds (modules 1 & 2)

MOMENT FLECHISSANT [N.m]

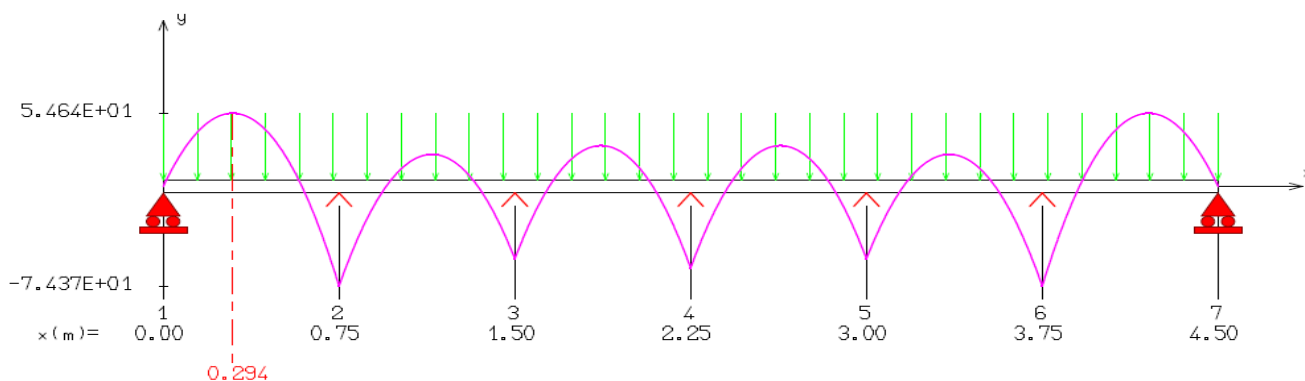


Figure 13 : Distribution de l'effort tranchant M_{xy} [N.m] sur la main courante dans le cas d'un garde-corps à 7 nœuds (modules 1 & 2)

Afin d'éviter la création de contraintes parasites liées aux variations dimensionnelles des modules élémentaires, ceux-ci ne doivent pas être raccordés les uns aux autres de manière solidaire (ni en partie courante ni dans les angles).

Le dimensionnement des fixations dans la partie béton se fait sur la base :

- des efforts horizontaux T_y au droit de chaque nœud ;
- des moments fléchissants déterminés par l'équation $M_{\text{base montants}} = T_y \cdot \delta$, ou δ est la hauteur du montant vertical (fig. 14)

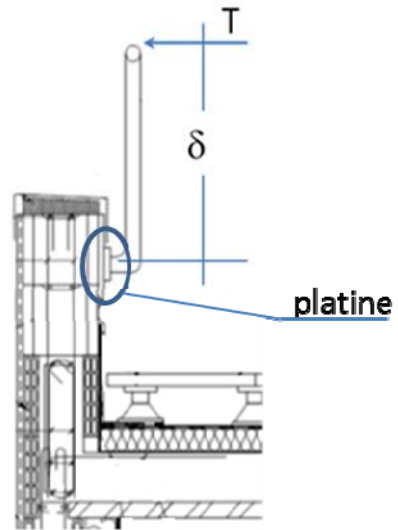


Figure 14 : Principe de dimensionnement des ancrages de montants verticaux

La fixation en partie basse se fait par le moyen d'une platine avec 4 vis inox choisies d'une longueur telle que l'ancrage dans la partie béton puisse être assuré.