

Avis Technique 16 / 12-651

*Coffrage isolant de rive de
plancher*

Planelle à rupture thermique

Titulaire : Société Terreal.
Avenue escadrille Normandie Niemen
FR-3170 Blagnac

Tél. : 05 34 36 21 00.
Fax : 05 34 36 21 01
Internet : www.terreal.com

Usine : Société Terreal
FR-31770 Colomiers.

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 21 janvier 2013



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 31 août 2012 le procédé « PLANELLE A RUPTURE THERMIQUE » présenté par la Société TERREAL. Il a formulé, sur ce procédé, l'Avis Technique ci-après. Cet Avis a été formulé pour les utilisations en France Européenne.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Procédé de coffrage isolant de rive de plancher constitué de planelles terre cuite-polystyrène expansé à isolation thermique intégrée de 65 mm d'épaisseur, destiné à être associées à des maçonneries de 20 cm d'épaisseur minimale de l'un des deux types suivants :

- maçonneries de briques creuses en terre cuite à alvéoles horizontales montées à joints de mortier épais et destinées à recevoir une isolation par l'intérieur ;
- maçonneries de briques de terre cuite à perforations verticales montées à joints minces et à isolation répartie ou destinées à recevoir une isolation par l'intérieur.

Revêtements extérieurs

Enduits traditionnels monocouches ou multicouches réalisés conformément au DTU 26.1, applicables sur support correspondant au type de maçonnerie associée, tramée comme indiqué dans le Dossier Technique.

1.2 Identification des produits

Les produits sont marqués en continu par une roulette réalisant une impression en creux en sortie de filière ; le marquage comporte le libellé TERREAL, le nom de l'usine de production et la date de production.

2. Avis

2.1 Domaine d'emploi accepté

Bâtiments courants au sens du DTU 20.1.

Le domaine d'emploi est limité aux situations pour lesquelles aucune exigence parasismique réglementaire n'est requise par l'arrêté du 22 octobre 2012 modifié.

L'utilisation du procédé en association à des acrotères n'est pas visée.

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

Le procédé ne participe pas à la stabilité des bâtiments. Moyennant le respect des dispositions constructives décrites dans le dossier technique, la stabilité propre des planelles dans le domaine d'utilisation prévu est assurée.

Sécurité incendie

Compte tenu de la nature incombustible des matériaux constitutifs de la terre cuite et du mortier des joints, le procédé ne pose pas de problème particulier du point de vue de la réaction au feu.

Pour l'emploi dans des façades vitrées devant respecter la règle du "C + D" relative à la propagation du feu d'un niveau à l'autre, la hauteur de la planelle à rupture thermique peut être prise en compte dans le calcul de la valeur C.

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 faite dans chaque cas. Les valeurs des coefficients thermiques linéiques aux jonctions façades-planchers doivent être calculées conformément aux spécifications des normes NF EN ISO 10211-1 et 10211-2. A titre d'exemples, quelques valeurs de ces coefficients sont données dans le dossier technique établi par le demandeur.

Isolement acoustique

Par rapport à des rives de planchers traditionnelles, ce type de montage ne devrait pas modifier sensiblement les niveaux d'isolement obtenus.

Imperméabilité des murs extérieurs

L'imperméabilité à l'eau et à l'air des parois repose sur l'intégralité du revêtement extérieur, appliqué sur support tramé de manière traditionnelle. Les constructions réalisées à ce jour ne mettent pas en évidence de défaillance d'imperméabilité et le procédé donne satisfaction de ce point de vue.

Risques de condensation superficielle

Le procédé permet de réduire les ponts thermiques au niveau des jonctions façades-planchers, et donc de réduire d'autant les risques de condensation superficielle à ces endroits.

Confort d'été

Selon le type de maçonnerie auquel la planelle de rive est associée, les murs extérieurs appartiennent à la catégorie des parois à isolation intérieure ou répartie.

Finitions - aspects

Les finitions intérieures prévues sont classiques pour les parois en briques de terre cuite.

2.2.2 Durabilité

Les matériaux constitutifs des rives de planchers, terre cuite et polystyrène expansé ne posent pas de problème de durabilité intrinsèque.

Par ailleurs, les essais d'ensoleillement et chocs thermiques réalisés au CSTB ne mettent pas en évidence de risque particulier de désordres qui seraient liés à ce type de sollicitation en raison de la différence de massivité existante entre rive de plancher et partie courante.

2.2.3 Fabrication

La fabrication des briques est classique pour ce type de produit.

La fabrication fait l'objet d'un autocontrôle décrit dans le dossier technique.

2.2.4 Mise en œuvre

La qualité de réalisation des coupes des briques sur chantier, qui conditionne directement celle de la réalisation des murs, requiert l'utilisation d'une scie sur table.

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.

Données environnementales et sanitaires

Il n'existe pas de FDES sur le procédé. Il est rappelé que les FDES n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

2.3 Cahier des Prescriptions Techniques

2.3.1 Prescriptions de conception

La largeur d'appui du plancher étant supérieure ou égale aux deux tiers de l'épaisseur totale de la maçonnerie, les contraintes admissibles dans les parois porteuses sous l'effet des charges verticales peuvent être calculées conformément au chapitre 5 de la partie 4 (Règles de calcul) du DTU 20.1, en appliquant à la résistance nominale des briques les coefficients globaux de réduction dont les valeurs sont égales à celles données :

- dans ce même DTU pour les ouvrages traditionnels en maçonnerie de briques creuses de terre cuite ;
- dans les Documents Techniques d'Application relatifs aux procédés de murs en maçonnerie de briques de terre cuite à perforations verticales montées à joints minces utilisés.

Un calepinage des ouvrages en longueur est souhaitable pour limiter le nombre de coupes au minimum.

2.32 Prescriptions de fabrication

Les caractéristiques des briques doivent satisfaire aux spécifications de la norme NF EN 771-1 en ce qui concerne l'aspect, les dimensions, l'état de surface, les éclatements, la dilatation conventionnelle à l'humidité, l'absorption d'eau, la résistance à l'écrasement et la résistance au gel.

2.33 Prescriptions de mise en œuvre

La pose est proscrite sur supports gelés ou gorgés d'eau.

Conclusions

Appréciation globale

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

Validité

jusqu'au 31 août 2015

Pour le Groupe Spécialisé n°16
Le Président
Eric DURAND

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

La faible épaisseur de la partie terre cuite venant devant l'isolant constitue une importante différence de diffusivité thermique entre la planelle de rive et la partie courante de la maçonnerie, ce qui est source de variations dimensionnelles différentielles potentielles entre ces deux zones en cas de variations brusques de température. Les essais cycliques d'ensoleillement et de chocs thermiques réalisés au CSTB n'ont pas mis en évidence d'effets induits préjudiciables tels que des fissurations aux interfaces entre planelle et maçonnerie en partie courante.

Même si les planelles extérieures sont considérées comme non porteuses, on ne peut exclure qu'une part des charges verticales ne vienne s'appliquer sur cette dernière. Mais il a été vérifié sur ce point que la présence éventuelle de ces charges verticales sur la partie planelle ne risque pas d'occasionner une rupture de cette dernière.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n°16
Nicolas RUAUX

Dossier Technique

Etabli par le demandeur

A. Description

1. Principe et domaine d'emploi proposé

Les planelles à rupture thermique sont des solutions de coffrage des rives de planchers qui permettent un traitement des ponts thermiques.

Les planelles sont associées à des maçonneries de briques en pose collée ou scellée d'épaisseur supérieure ou égale à 200 mm :

- Briques à perforation verticale :
 - dont le montage des planelles sur ces dites briques est réalisé au moyen de mortier colle spécifique conforme au DTA en vigueur
 - ou mortier de montage traditionnel épais cf DTU 20.1
- Briques à perforation horizontale dont l'assemblage est réalisé au moyen de mortier de montage traditionnel épais cf. DTU 20.1.

Ces planelles sont compatibles avec tous les types de planchers : bas, intermédiaires et hauts. Les planelles peuvent être associées à tout type de planchers poutrelle hourdis, dalle pleine et dalles alvéolées.

La sélection de la hauteur de planelles dépend de la hauteur des planchers et du mode de pose de la maçonnerie (pose au mortier-colle ou au mortier de montage épais traditionnel).

L'emploi est limité aux zones de sismicité 1 et 2 et les catégories de bâtiments I et II (suivant arrêté N°2010-1255 d'Octobre 2010 modifié).

2. Matériaux et éléments constitutifs

La planelle à rupture thermique est constituée d'une partie terre cuite (planelle) de 50 mm d'épaisseur associée à un isolant de 15 mm. Voir figure n°1.

2.1 Terre cuite

Planelle d'épaisseur 50 mm disponible en plusieurs hauteurs correspondant aux différents planchers de l'ouvrage.

Terre cuite	Valeur (mm)	Intervalle de tolérance (mm)
Longueur	790	±8
Largeur	50	±2
Hauteur	110 ; 150 ; 160 ; 170 ; 190 ; 200 ; 240 ; 250.	±3

2.2 Isolants

Isolant de type PSE moulé de 800 mm de longueur caractérisé par une conductivité thermique λ au moins inférieure ou égale à 0.040 W/m.°K. Ce λ est soit certifiée soit obtenue forfaitairement par une densité au moins supérieure à 24g/dm³.

Isolant	Valeur (mm)	Intervalle de tolérance (mm)
Longueur	800	±2
Largeur	15	±1
Hauteur	107 ; 147 ; 157 ; 167 ; 187 ; 197 ; 237 ; 247	±1

La longueur de la partie terre cuite et son intervalle de tolérance ont été déterminés afin de permettre une continuité de l'isolant entre les planelles.

La hauteur de la partie terre cuite et son intervalle de tolérance ont été déterminés pour permettre un bon scellement de la planelle.

2.3 Mortiers de montage

- Pose collée : les mortiers collés utilisés pour l'exécution des joints sont des mortiers collés ayant fait l'objet d'un DTA dans le cas des autres briques à perforation verticale à joint minces.
- Pose scellée : les mortiers utilisés pour l'exécution des joints sont des mortiers de recette de chantier ou des mortiers industriels performantiels dont les caractéristiques répondent aux

spécifications de la norme NF EN 998-2 et marqués CE (Type de mortier : mortier d'usage courant G).

3. Fabrication - Contrôles

3.1 Terre cuite

Le produit terre cuite est obtenu par extrusion d'un mélange argileux composé d'argile et de sable broyé à une granulométrie définie.

Le produit est coupé à longueur en vert (retrait compris).

Les produits sont ensuite séchés dans un séchoir tunnel et cuits.

Après cuisson, les produits sont dépilés, puis l'assemblage des isolants sur les planelles à rupture thermique est obtenu par clipsage automatisé du PSE avec le produit terre cuite.

Les produits finis sont ensuite palettisés et stockés.

Lieu de fabrication : TERREAL 31770 COLOMIERS

3.2 Marquage

Toutes les planelles à rupture thermique portent l'indication de la Société, l'usine productrice, la date de fabrication (jour, mois et année) et la lettre de l'équipe en charge de la fabrication.

Les palettes houssées comportent une étiquette identifiant le fabricant, l'adresse de fabrication, le nom du produit, les dimensions du produit et le nombre de produits par palette.

3.3 Contrôles

L'ensemble des contrôles fait l'objet de procédures définies dans le cadre du plan de contrôle usine.

La fabrication des planelles de terre cuite fait l'objet de contrôles définis aux paragraphes 3.31 & 3.32. Ces contrôles sont décrits dans des procédures internes et consignés dans des procès-verbaux conservés en usine.

3.31 Contrôles sur produits finis

Les essais de laboratoire sont effectués conformément aux normes définies au tableau ci-dessous et les produits remplissent les exigences des normes NF EN 771-1 Compil et NF EN 771-1/CN :

Caractéristiques contrôlées	Norme d'essais
Longueur Largeur Hauteur Epaisseur des parois	NF EN 772-16
Rectitude	NF EN 771-1CN Annexe E
Planéité	NF EN 772-20
Dilatation humidité	NF EN 772-19
Gel	NF EN 771-1/CN annexe C
Test d'arrachement tesson	NF EN 1015-12

3.32 Contrôle spécifique

- Afin de garantir le maintien de l'isolant sur la terre cuite, un contrôle d'ouverture de la planelle est effectué à chaque fabrication (côte A figure 1).
- La planéité est contrôlée par un planimètre laser, installée sur la ligne.
- Des essais de résistance en flexion 3 points sont pratiqués sur chaque campagne de fabrication sur le produit terre cuite avec des valeurs seuils supérieures à 100 daN. La distance entre fléau est égal à la longueur du produit moins 5cm. Une même campagne de fabrication issue d'un même mélange de fabrication peut durer plusieurs mois.

3.33 Contrôle de l'isolant :

Les isolants répondent à des certificats de conformité (caractéristiques dimensionnelles, densité, conductivité thermiques) réalisé et déclaré par le fournisseur.

4. Mise en œuvre

4.1 Prescriptions de conception

Les planelles peuvent être associées à tous types de planchers poutrelle hourdis, dalle pleine et dalles alvéolées (plancher bas, intermédiaire et plancher haut).

La sélection de la hauteur de planelles dépend de la hauteur des planchers et du mode de pose de la maçonnerie (pose collée ou scellée).

Type de Plancher	Dimensions planelle (mm)	Pose planelle
Dallage épaisseur 12cm	110 x 800 x 65	Pose scellée
Plancher 12+4 ou 16+0 cm	150 x 800 x 65	Pose scellée
	160 x 800 x 65	Pose collée
Plancher 12+5 ou 13+4 cm	160 x 800 x 65	Pose scellée
	170 x 800 x 65	Pose collée
Plancher 15+5 ou 16+4 ou 20+0 cm	190 x 800 x 65	Pose scellée
	200 x 800 x 65	Pose collée
Plancher 20+5 ou 25+0 cm	240 x 800 x 65	Pose scellée
	250 x 800 x 65	Pose collée

Lors de la pose des planelles à rupture thermique, les isolants doivent être obligatoirement en contact entre eux afin d'éviter l'apparition de ponts thermiques.

Lorsque la pose des planelles à rupture thermique est faite, un joint vertical de mortier ou de mortier colle doit être appliqué avant pose entre chaque planelle. Voir figure n°2.

4.2 Scellement des planelles :

4.2.1 Pose collée sur maçonnerie rectifiée

Etaler un lit régulier de mortier colle sur la maçonnerie rectifiée aux moyens du rouleau applicateur à 3 mm de colle déposée sur la brique. Encoller ensuite les planelles à rupture thermique par graissage des champs inférieurs et verticaux à plus de 3 mm de colle sur le chant de pose. Poser enfin les planelles à rupture thermique sur la rangée de briques inférieure.

4.2.2 Pose scellée sur maçonnerie

En cas d'utilisation de briques à alvéoles verticales, il est nécessaire de poser une trame sur celles-ci afin d'éviter le déversement du mortier dans les alvéoles. Etaler un lit régulier de mortier d'environ 10mm. Graisser les champs verticaux de la planelle. Poser les planelles sur la rangée de briques inférieures.

4.3 Traitement des chaînages horizontaux et verticaux

L'exécution des chaînages horizontaux et verticaux est réalisée conformément au DTU 20.1. La figure N°3 présente les dispositions pour répondre aux contraintes de réalisation des chaînages horizontaux et verticaux.

4.4 Enduits

La réalisation des enduits doit être traitée conformément aux recommandations du DTU 20.1. La figure N°4 présente le cas avec l'utilisation d'un treillis en fibre de verre. Un recouvrement du treillis sur la maçonnerie est nécessaire :

- Recouvrement de 15 cm au dessus de la planelle à rupture thermique
- Recouvrement de 15 cm en dessous du rang de maçonnerie sous la planelle à rupture thermique.

L'enduit d'imperméabilisation de façade est appliqué en incorporant un treillis en fibre de verre dans la première couche ou dans la première passe d'enduit.

Les treillis employés devront avoir une classification: TRAME de classe T≥2, Ra≥1, M≥4 et E≥1

Ces treillis doivent être traités de façon durable contre les alcalis, avoir des mailles de 10mm et de résistance supérieure ou égale à 35 daN/cm.

4.5 Points singuliers

Les produits doivent être découpés à l'aide d'une disqueuse ou scie sur table.

4.5.1 Angle à 90°

Il y a deux façons de traiter les angles droits :

- Soit faire une découpe à 45°.
- Soit en alignant une partie brique de la planelle à rupture thermique sur un angle de la maçonnerie. Sur cette première planelle, il est nécessaire de faire glisser l'isolant de 65 mm vers l'intérieur. Cette opération se fait manuellement grâce à la conception de l'emboîtement du complexe terre cuite sur isolant qui permet à l'isolant de coulisser sans risquer de se détacher. Ramener la seconde planelle à rupture thermique en contact avec la partie terre cuite. De cette façon, en extérieur, il n'apparaît que de la terre cuite et coté intérieur, les 2 isolants sont jointifs. Il est nécessaire de remplir les alvéoles de la partie terre cuite de la planelle qui est exposée à l'extérieur à l'aide de mortier. Voir figure N° 5

4.5.2 Angle différent de 90°

Lorsque l'on traite un angle avec des planelles à rupture thermique, on doit découper les planelles à rupture thermique suivant l'angle de la maçonnerie :

L'angle de découpe de la planelle à rupture thermique est égal à l'angle de la maçonnerie divisé par deux. Voir figure N°6

5. Calculs thermiques

5.1 Résistances thermiques

Rapport de calculs thermiques CSTB 07 053.

Rapport de calculs thermiques CSTB 07 055.

Type de planelle (H x L x Ep en mm)		Hauteur en m	Résistance thermique Rp en m2 K/W
	250x800x65	0,25	0,95
	240x800x65	0,24	0,92
	200x800x65	0,20	0,89
	190x800x65	0,19	0,88
	170x800x65	0,17	0,86
	160x800x65	0,16	0,85
	150x800x65	0,15	0,83
	110x800x65	0,11	0,74

5.2 Coefficients des jonctions de plancher-parois

Les coefficients Ψ des jonctions de plancher-parois avec des planelles de 65 mm d'épaisseur. Sources : CSTB (rapport 07-053) CTMNC (rapport PO10680-1) au Tableau 1.

B. Résultats expérimentaux

Programme d'application des cycles d'insolation et chocs thermiques sur murs

Rapport d'essai CSTB N°EM 11 26032856 du 7 octobre 2011 concernant un essai d'insolation et chocs thermiques sur maçonneries avec et sans correcteur de pont thermique.

Le programme est le suivant :

Cycle d'application d'un gradient de température de 50°C puis refroidissement naturel ;

Application de 18 cycles d'application d'un gradient de température de 50°C, maintien pendant 3 heures puis refroidissement brusque par arrosage.

Conclusion

Le procédé « Planelle à Rupture Thermique TERREAL » ne présente aucune différence de comportement vis-à-vis des enduits par rapport à un système d'about de plancher traditionnel conforme au DTU 20.1.

Résultats d'essais en compression sur briques

PV d'essais TERREAL CRED N° 20090617 sur des compressions de planelles à rupture thermique suivant la NF EN 772-1.

Note de calcul mécanique CTMNC

MS/VG –Analyse du comportement mécanique de planelles isolantes en terre cuite de la société « TERREAL » – 01/03/12

C. Références

Depuis 2010, 50 000 m² de planelles à rupture thermique ont été mise en œuvre.

Lieu	Entreprise de pose	Descriptif de l'ouvrage	En service
Serge MAS construction Toulouse 31	GCC	R+4	2010
Pavillon à Labège 31	Ent. MARTINS	Maison individuelle R+1	2010
Les balcons du soleil SCCV Toulouse 31	BATP	R+4	2010
Résidence des lacs Promologis Lespinasse 31	BTPMP	R+3	2010
European homes à AUSONNE (31)	Tradisud	Maison d'habitation collective R+1	2010
12 villas MALTA Clapiers 34	zen constructions	Maison individuelle R+1 (100m ²)	2011
Domaine St Jean Cazères (31)	TG Bat	Maison d'habitation collective R+1	2011
Construction de 112 logements PROMOLOGIS Toulouse 31	ETC	R+3	2011
Jardins d'Hector AKERYS	TAVARES	R+3 et R+4	2011

La société TERREAL accompagne et suit certains chantiers en planelles de terre cuite.

Tableaux et figures du Dossier Technique

			Type de murs			
Planelle en mm	Type de planchers	variante	briques+ ITI*	Maçonnerie type b+ITI*	Maçonnerie type a + ITI*	briques ITR ép 37,5
Plancher intermédiaire (hourdis terre cuite ou béton)						
150x800x65 160x800x 65	épaisseur 12+4 cm	avec chape flottante	0,39	0,33		0,24
		sans chape flottante	0,41	0,34	0.26	0,23
190x800x65 200x800x65	épaisseur 16+4 cm	avec chape flottante	0,42	0,35		0,27
		sans chape flottante	0,45	0,37	0.3	0,26
250x800x65	épaisseur 20+5 cm	avec chape flottante				0,30
		sans chape flottante			0.32	0,29
Plancher intermédiaire (dalle pleine)						
190x800x65	épaisseur 20 cm	avec chape flottante	0,50	0,41		
		sans chape flottante	0,52	0,42	0.32	
250x800x65	épaisseur 25 cm	avec chape flottante	0,52	0,42		
		sans chape flottante	0,55	0,43	0.35	
Plancher bas sur vide sanitaire						
150x800x65	épaisseur 12 + 5	avec chape flottante	0,13	0,12		0,14
		sans chape flottante	0,26	0,26	0.26	0,23
190x800x65 200x800x65	épaisseur 15 + 5	avec chape flottante	0,13	0,13		0,14
		sans chape flottante	0,26	0,25	0.25	0,22
250x800x65	épaisseur 20 + 5	avec chape flottante				0,15
		sans chape flottante				0,22
Plancher bas sur terre plein sans isolation en sous face (1)						
110x800x65	épaisseur 12 cm	avec chape flottante	0,07	0,07		0,09
		Sans chape flottante	0,19	0,16		0,14
Plancher bas sur terre plein avec isolation en sous face (2)						
110x800x65	Epaisseur 12 cm	avec chape flottante	0,15	0,15	0.14	0,15
		Sans chape flottante	0,36	0,34		0,28

Tableau 1 – Coefficients Ψ des jonctions de plancher-parois avec des planelles de 65 mm d'épaisseur :

Les cases grisées correspondent à des montages pour lesquels les calculs thermiques n'ont pas été réalisés.

(1) Calcul réalisé avec une remontée de sol à l'extérieur au niveau de la face inférieure du plancher. Le calcul est valable pour les remontées de sol à l'extérieur de + ou – 20cm par rapport à cette origine.

(2) Isolation en sous-face ≤ 6 cm d'épaisseur

*ITI : Isolation thermique par l'intérieur : doublage 80+10 en PSE

Maçonnerie type b : λ_{eq} compris entre 0,2 et 0,4 W/(m.K); Maçonnerie type a : λ_{eq} inférieure à 0,2 W/(m.K)

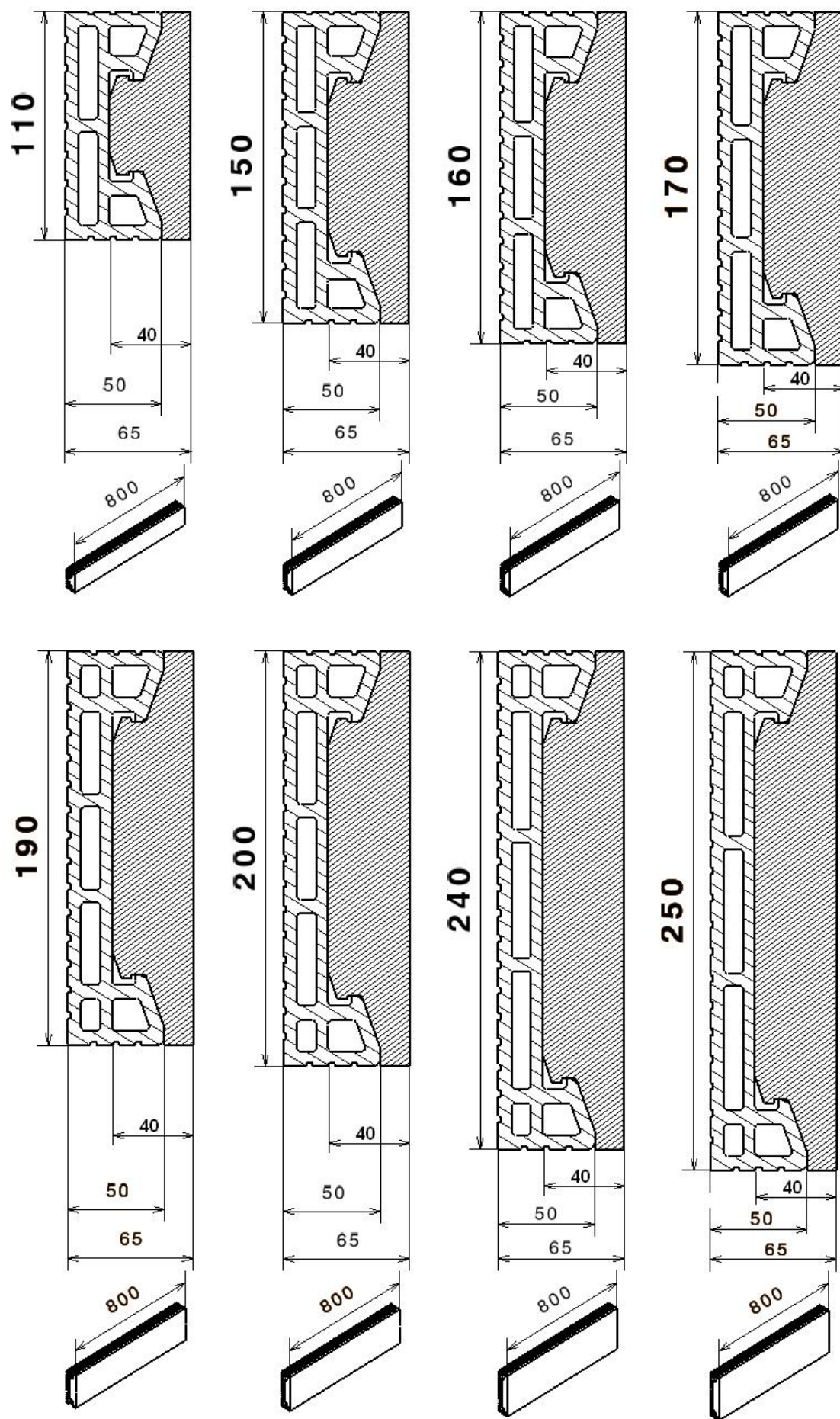


Figure N°1 : dimensions de la gamme de planelles à rupture thermique

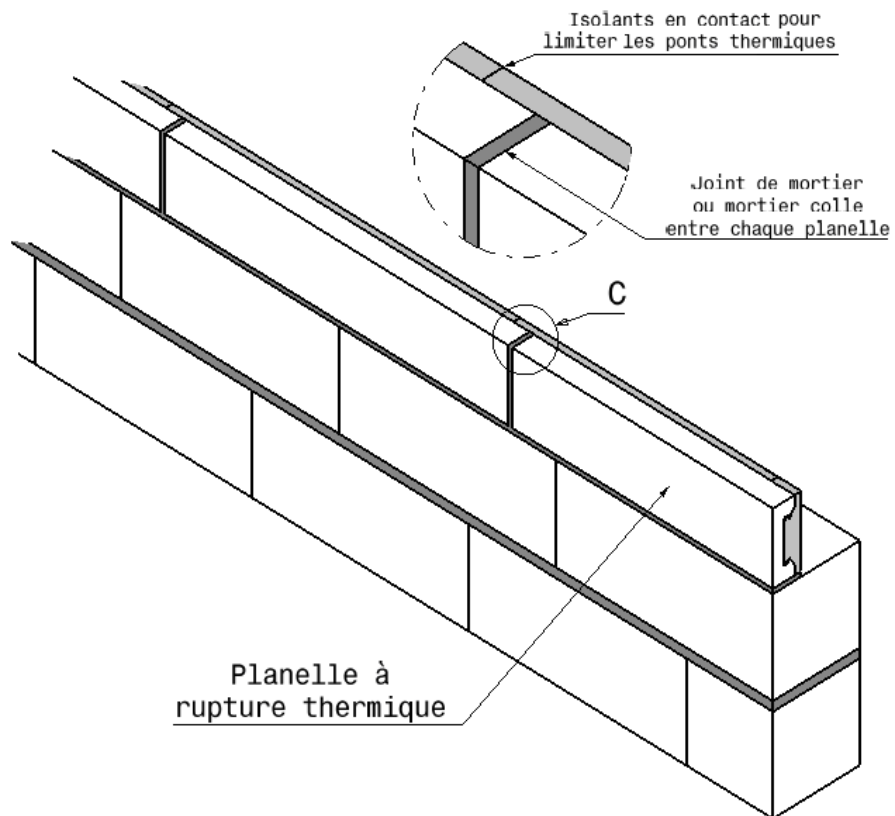


Figure N°2 : détails de pose en partie courante

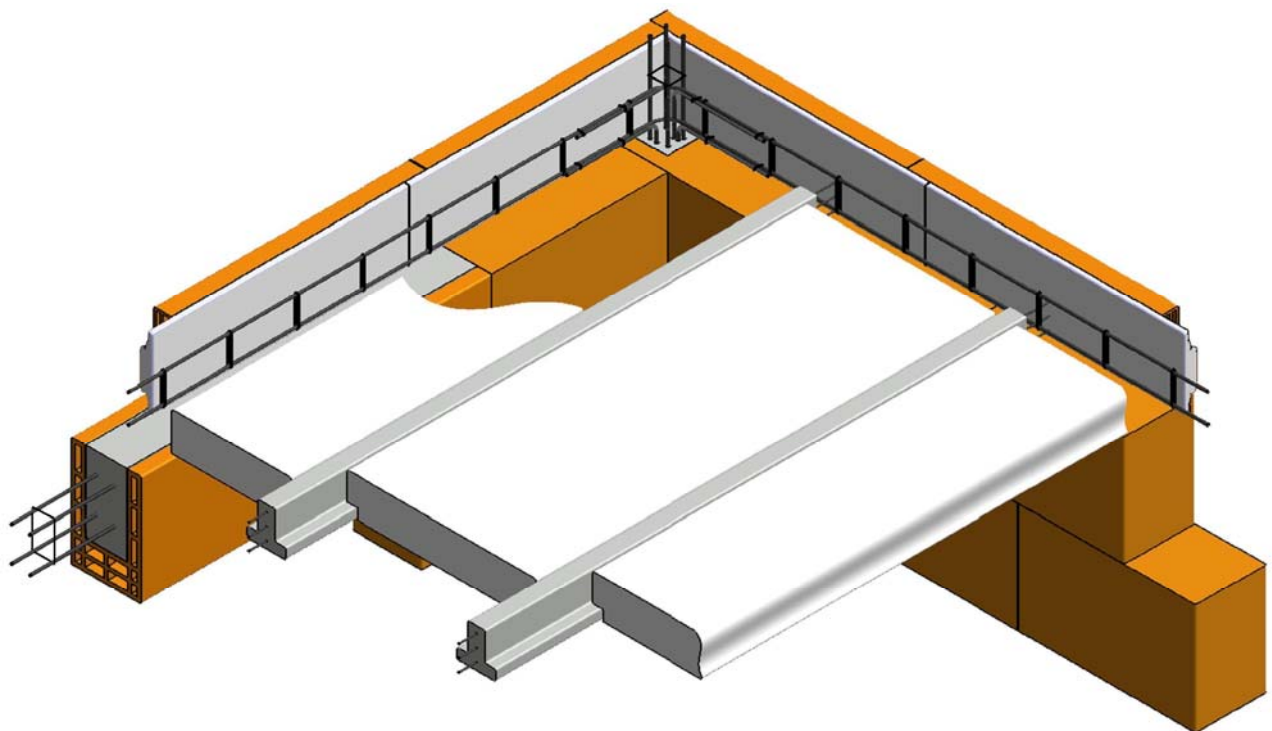


Figure N°3 : traitements des chainages vertical et horizontal

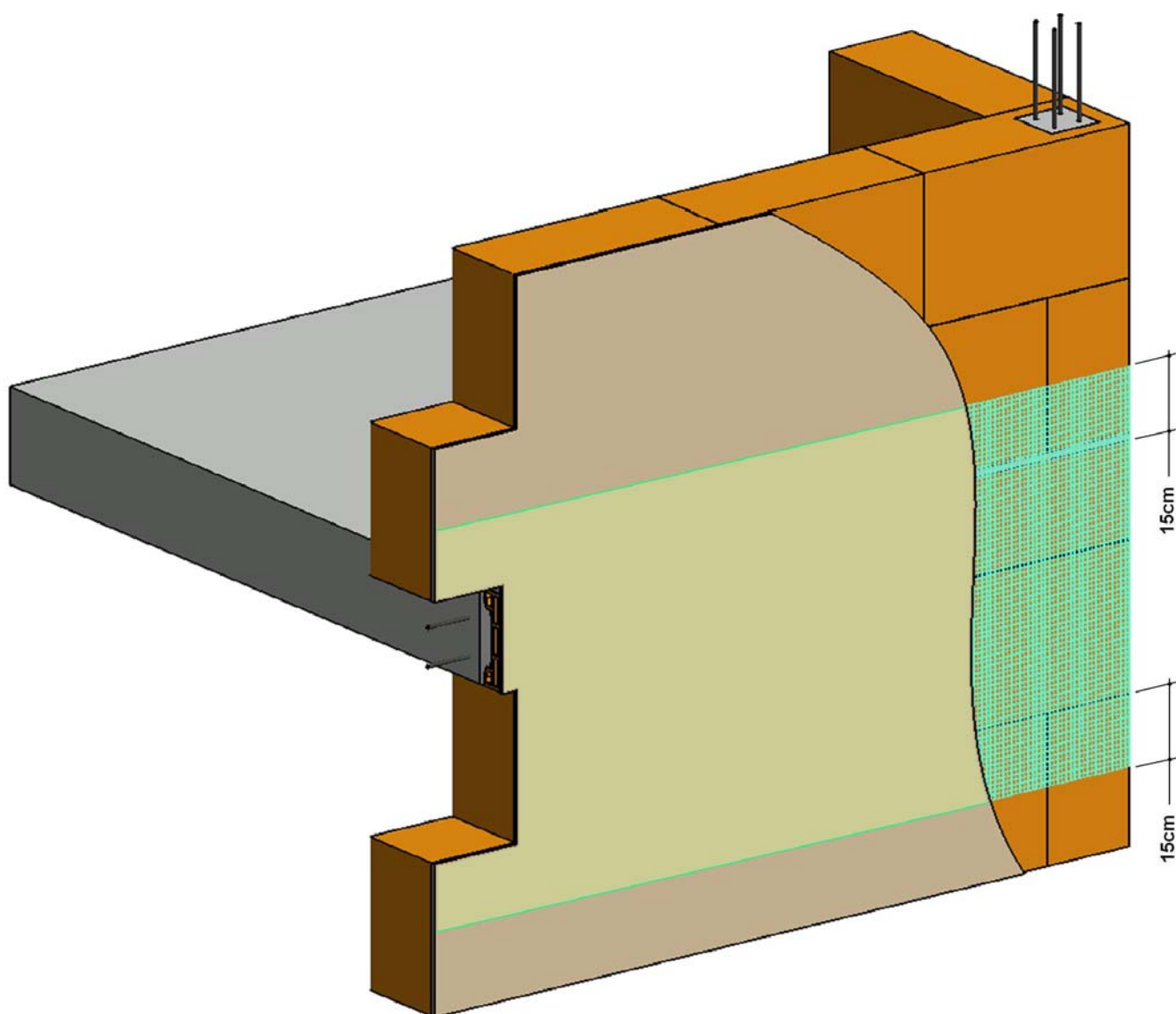


Figure N°4 : positionnement de la trame avant pose de l'enduit

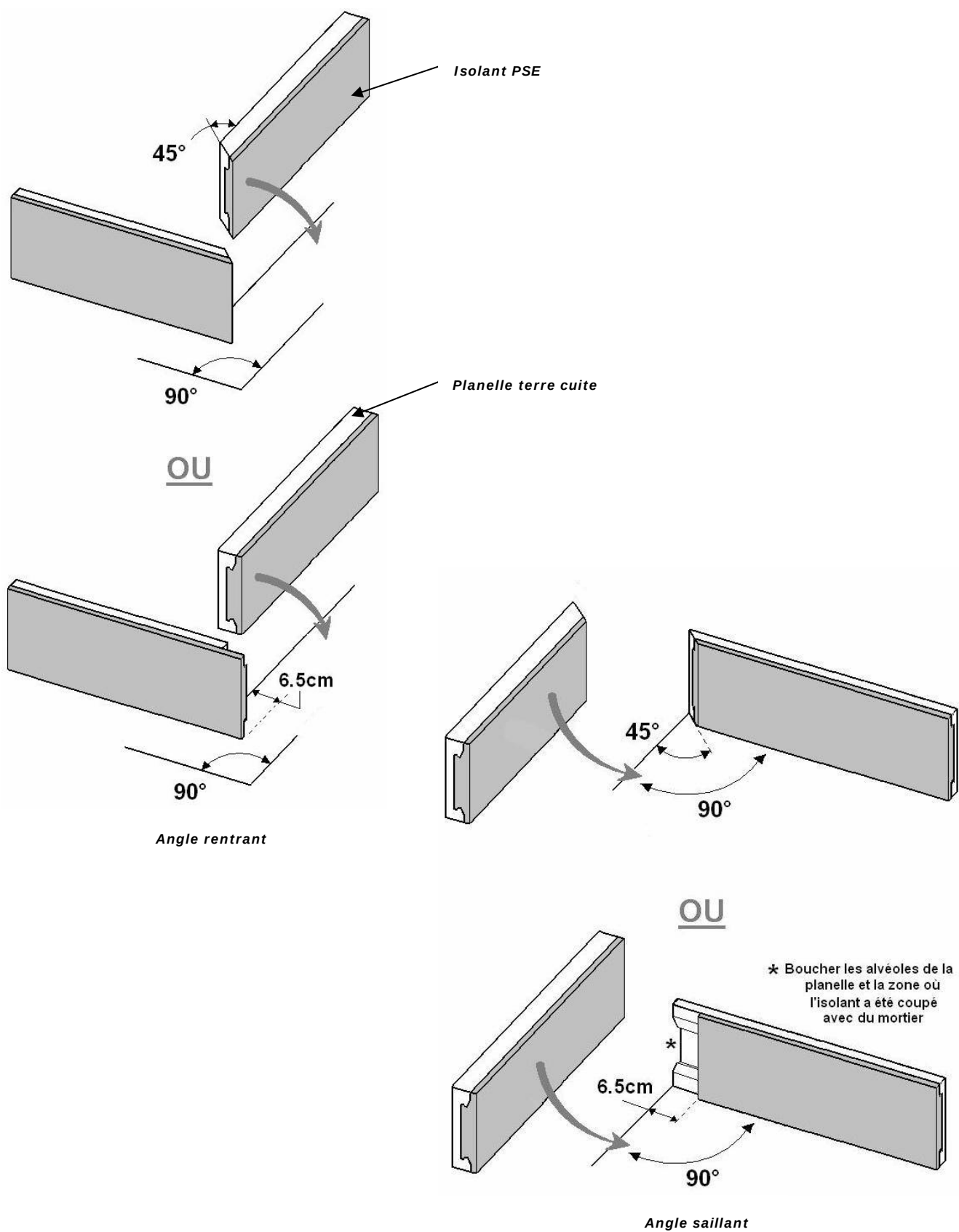


Figure N°5 : détail de la découpe en angle de 90°

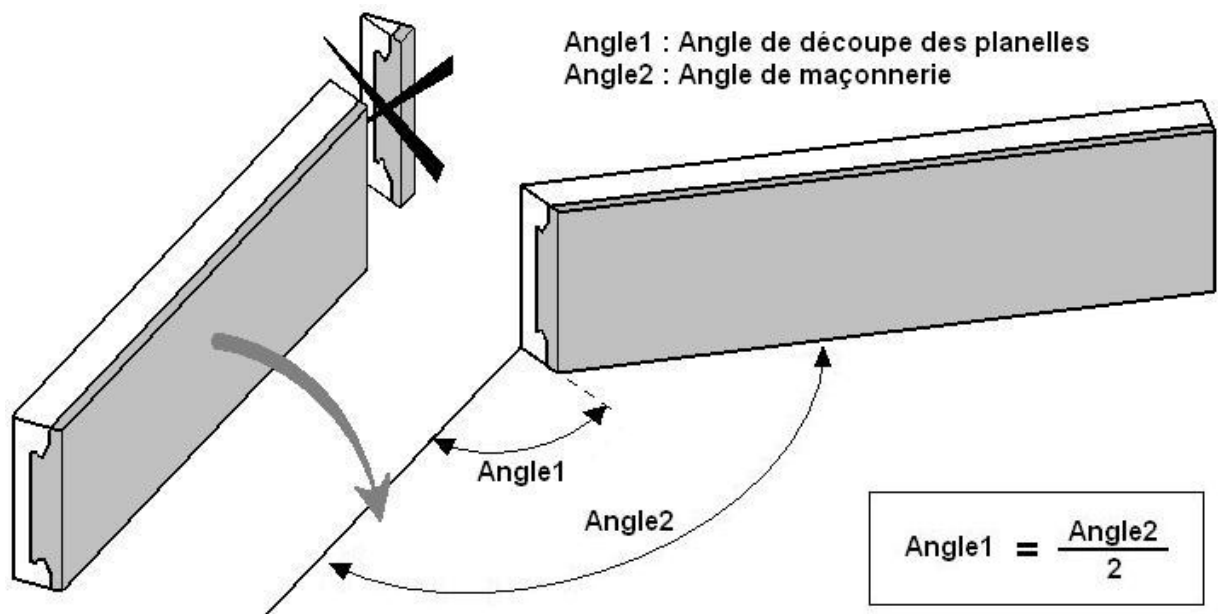


Figure N°6: détail de la découpe en angle différente de 90°