



**ROCKWOOL®**  
F I R E S A F E I N S U L A T I O N

## CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES

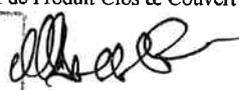
Toiture Chaude en cuivre

# TECU®

Le présent Cahier des Clauses Techniques Edition du 28 novembre 2008, comportant au format 21 x 29,7 –imprimées recto seulement - une page première de couverture et trente cinq pages de texte, tableaux et figures, rédigé par KME France S.A.S., a été examiné par QUALICONSULT dans le cadre de la mission " Avis sur procédé " 071 92 08 00018 MS en date du 21 mai 2008 constituant Enquête de Technique Nouvelle. Dans son rapport rendant compte de celle-ci, QUALICONSULT a formulé, le 1<sup>er</sup> décembre 2008, un Avis de Principe - au stade de la conception - portant le numéro 50 712 004 121 MS. Le cachet de QUALICONSULT et le paraphe du Chef de Produit Clos & Couvert qui a émis et rédigé ce rapport, certifient l'examen de chaque page de ce document qui ne peut être communiqué qu'avec l'intégralité de l'Avis de Principe précité.

Le Chef de Produit Clos & Couvert



  
Marc SASSOT

**KME France SAS**  
11 bis, rue de l'Hôtel de Ville  
92411 COURBEVOIE Cedex  
France

Tél : +33 (0) 1 47 89 68 68  
Fax : +33 (0) 1 46 67 86 84

**Rockwool France**  
111 rue du Château des Rentiers  
75013 PARIS  
France

Tél : +33 (0) 1 40 77 83 28  
Fax : +33 (0) 1 40 77 80 44

Edition du 28/11/2008

## Sommaire

1. Généralités.....	3
1.1 Définition.....	3
1.2 Principe.....	4
2. Description des éléments et matériaux.....	6
2.1 Eléments Porteurs.....	6
2.2 Pare Vapeur.....	6
2.3 Isolation thermique.....	7
2.4 Système de fixation.....	11
2.5 Ecran d'interposition.....	14
2.6 Cuivre TECU®.....	14
3. Fabrication et contrôle.....	14
4. Mise en œuvre.....	15
4.1 Pente de la couverture.....	15
4.2 Calepinage des fixations.....	15
4.3 Pose du complexe de toiture.....	18
4.3.1. Approvisionnement et circulation en toiture.....	18
4.3.2. Pose du support.....	18
4.3.3. Pose du pare vapeur.....	20
4.3.4. Pose de l'isolant.....	21
4.3.5. Pose de l'écran d'interposition.....	21
4.3.6 Pose de la couverture cuivre.....	22
4.4 Disposition spécifiques aux toitures courbes.....	22
5. Traitement des points singuliers.....	25
6. Organisation de la mise en œuvre.....	35
7. Assistance technique.....	35
8. Qualification des entreprises de pose.....	35
9. Résultats expérimentaux, certifications, validations.....	36



## 1. Généralités

### 1.1 Définition

Le système de Toiture Chaude TECU® permet la réalisation d'une couverture en cuivre :

- en construction neuve sur éléments porteurs béton, tôles d'acier nervurées et bois,
- en réfection totale d'une toiture (dépose du support existant en bois ou en tôles d'acier nervurées).

Il est destiné aux toitures :

- pente minimale de 5 % (2.86°) et maximale 173% (60°)
- de forme plane ou courbe
- situées sur des locaux de faible, moyenne hygrométrie
- en climat de plaine (altitude < 900 m)
- en région de vent Zone 1, 2, 3 ou 4 et en site protégé, normal ou exposé

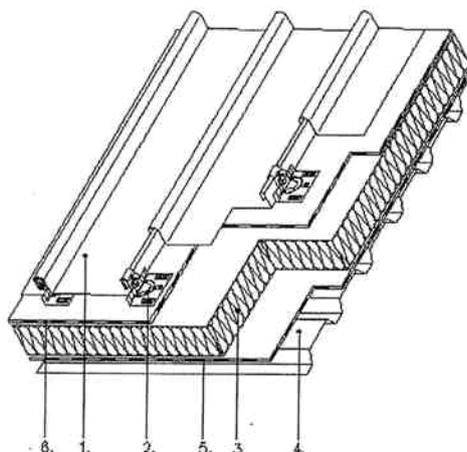
*Le présent cahier des clauses techniques précise, complète et modifie les référentiels cités en fonction des caractéristiques du système et de ses produits complémentaires.*



## 1.2 Principe

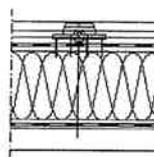
Le système de Toiture Chaude TECU® est un complexe de toiture chaude à fixations traversantes composé :

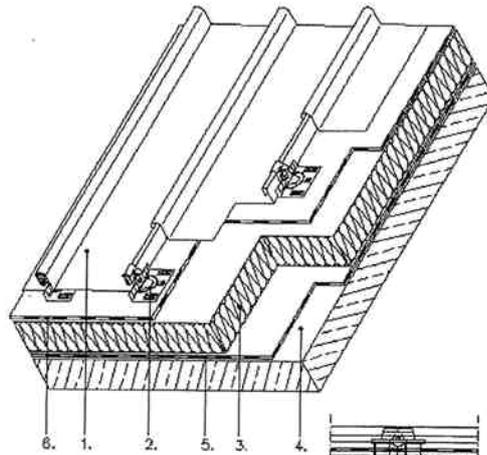
- d'un support de type bac acier nervuré (Fig. n°1), béton (Fig. n°2) ou bois (Fig. n°3) recouvert d'une couche pare vapeur,
- d'un isolant en laine minérale de type DD (Dual Density) de ROCKWOOL France et recouvert d'un écran d'interposition,
- d'un système de fixation comportant des pattes-plaquettes, éventuellement associées à des buses plastiques. Ces pattes-plaquettes sont fixes ou coulissantes,
- d'une couverture en cuivre TECU® pose joint debout.



1. Cuivre TECU
2. Patte de fixation
3. Isolation
4. Bac acier
5. Pare-vapeur
6. Ecran d'interposition

Fig. n°1





- 1. Cuivre TECU
- 2. Patte de fixation
- 3. Isolation
- 4. Support béton
- 5. Pare-vapeur
- 6. Ecran d'interposition

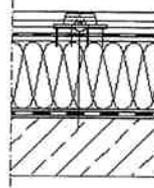
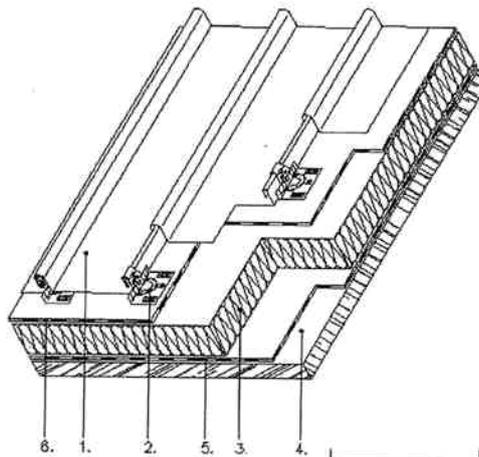


Fig.n°2



- 1. Cuivre TECU
- 2. Patte de fixation
- 3. Isolation
- 4. Support bois
- 5. Pare-vapeur
- 6. Ecran d'interposition

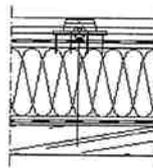


Fig. n°3



## 2. Descriptions des éléments et matériaux

### 2.1. Eléments porteurs (non fournis par KME)

#### Eléments porteurs en tôles d'acier nervurés

Les éléments porteurs en tôles d'acier nervurées, sont conformes à la norme NF P 84-206 (DTU 43.3) « Mise en œuvre des toitures en tôles d'acier nervurées avec revêtement d'étanchéité ».

#### Eléments porteurs et supports en maçonnerie

Les éléments porteurs et support en maçonnerie sont conformes aux normes :

NF P 10-203 (DTU 20.12) « Gros œuvre en maçonnerie des toitures destinées à recevoir un revêtement d'étanchéité » à l'exception des formes de pente en béton lourd ou léger, des voiles précontraints, des voiles minces préfabriqués, des corps creux avec ou sans chape de répartition, des planchers à chauffage intégré, des plancher comportant des distributions électriques noyées.

NF P 84-205 (DTU 43.2) « Etanchéité des toitures avec éléments porteurs en maçonnerie de pente supérieure à 5% »

Exclusion : Les supports en béton cellulaires ne sont pas visés.

#### Eléments porteurs en bois et dérivés du bois

Les éléments porteurs traditionnels en bois et panneaux dérivés du bois sont conformes à la norme NF P 84-207 (DTU 43.4) « Toiture en éléments porteurs en bois ou panneaux dérivés du bois avec revêtement d'étanchéité », ou à un Avis Technique favorable pour l'emploi en couverture à partir de 5%.

Le support doit présenter une épaisseur minimale de 15 mm dans le cas de contreplaqué ou de bois massif et de 18 mm dans le cas de panneaux de particules et OSB.

Les panneaux OSB doivent être conforme à la norme EN 300.

### 2.2. Pare vapeur (non fournis par KME)

La description du pare vapeur permet de définir les caractéristiques minimales à respecter.

Les fabricants de pare vapeur pourront proposer des procédés techniquement équivalents ou supérieurs bénéficiant des validations nécessaires.



### Support bac acier nervuré plein

En faible hygrométrie :

Ecran conforme à la norme NF P 84.314 (cf. 7.1.1.2.2.) en voile de verre 60g/m<sup>2</sup> sur une feuille d'aluminium d'épaisseur 0,04 mm

En moyenne hygrométrie :

Feuille d'aluminium bitumé conforme à la norme NF P 84.310

### Support bac acier nervuré perforé

Il faut adopter les spécifications prévues pour les bâtiments de moyenne à forte hygrométrie intermittente.

### Support béton (cf. DTU 43.2 § 4.3.2.2.)

En faible et moyenne hygrométrie :

Une couche d'EIF (Enduit d'Imprégnation à Froid)

Une chape bitume armé BA 40 TV soudée conforme à la norme NF P 84.303.

### Support bois et panneaux dérivé du bois (cf. DTU 43.4 § 5.2 – Faible et moyenne hygrométrie)

Un feutre bitumé 36 S CF ou VV-HR conforme à la norme NF P 84-302 ou NF P 84-313

## 2.3. Isolation thermique

Les isolants admis sont des panneaux isolants en laine minérale rigide de la société ROCKWOOL France titulaires d'un DTA ou d'une ETN par un Contrôleur Technique Agréé, en cours de validité, en tant que panneau isolant non porteur, support d'étanchéité de toiture.

Les caractéristiques des produits retenus et connus à la parution du présent document sont :

Sur support acier ou bois : HARDROCK 2 NU

- isolant nu
- Contrainte à 10 % de compression (selon NF EN 826)  $\geq 50$  kPa
- Tassement sous charge répartie (selon UEAtc) : classe B
- Dual Density : couche supérieure du panneau sur-densifiée
- Densité globale du panneau : 135 kg / m<sup>3</sup> à 150 kg / m<sup>3</sup>
- Résistance en charge ponctuelle (selon NF EN 12430) :  $\geq 500$  N (sous un disque de 50 cm<sup>2</sup>)
- Protection incendie : Euroclasse A1 (incombustible)



Sur support béton : ROCKUP C NU

- isolant nu
- Contrainte à 10 % de compression (selon NF EN 826)  $\geq 70$  kPa
- Tassement sous charge répartie (selon UEA<sub>tc</sub>) : classe C
- Dual Density : couche supérieure du panneau sur-densifiée
- Densité globale du panneau : 145 kg / m<sup>3</sup> à 185 kg / m<sup>3</sup>
- Protection incendie : Euroclasse A1 (incombustible)

Pour la réalisation de coyaux, il est possible d'avoir recours à des isolants de section triangulaire ou trapézoïdale sous DTA ou ETN par un Contrôleur Technique Agréé. Une découpe est alors réalisée chez un transformateur pour la constitution de panneaux à pente intégrée.

### Etudes Thermiques :

Le certificat ACERMI fait état de ses performances thermiques (il appartiendra à l'utilisateur de se référer à celui de l'année en cours).

Les tableaux suivants donnent, en fonction de l'épaisseur d'isolant, la résistance thermique utile  $R_{\text{isolant}}$  à prendre en compte lors du calcul des coefficients de déperdition thermique.

Sur support acier ou bois :

Ep (mm)	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160
R(m <sup>2</sup> K/W)	1.25	1.35	1.5	1.6	1.75	1.85	2.00	2.1	2.25	2.35	2.5	2.6	2.75	2.85	3.00	3.10	3.25	3.35	3.5	3.6	3.75	3.85	4

Sur support béton :

Ep (mm)	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
R(m <sup>2</sup> K/W)	1.75	1.90	2.05	2.15	2.30	2.40	2.55	2.65	2.80	2.90	3.05	3.20	3.30

D'une manière générale, la résistance thermique de la toiture terrasse est définie aux CCTP du lot « couverture » par la maîtrise d'œuvre en fonction d'études thermiques spécifiques conformes à la réglementation thermique en vigueur.



Calcul du coefficient de déperdition de la paroi  $U_p$

$$U_p = U_c + (\sum X_1 \times A_1 + \sum X_2 \times A_2 + \sum X_3 \times A_3) / A_0$$

Avec

$U_c$  Coefficient de déperdition courant de la paroi

$$U_c = 1 / (\sum R + R_{se} + R_{si})$$

$R_{se} + R_{si} = 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  (pour les toitures terrasses selon les règles TH-U)

$$\sum R = R_{support} + R_{couverture} + R_{isolant}$$

$R = e / \lambda$  ( $e$  épaisseur en m et  $\lambda$  conductivité thermique en  $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ )

$\sum X_i$  ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ) = ponts thermiques engendrés par les fixations = (nombre de fixations/ $\text{m}^2$ )  $\times$

$X_{vis}$  avec  $X_{vis}$  ( $\text{W}/\text{K}$ ) dépendant des fixations choisies

$A_1$  = surface de la partie courantes ( $\text{m}^2$ )

$A_2$  = surface des zones de rives ( $\text{m}^2$ )

$A_3$  = surface des angles ( $\text{m}^2$ )

$A_0$  = surface totale de la toiture ( $\text{m}^2$ )

Pour indication :

$\lambda_{acier}$  :  $50 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

$\lambda_{cuivre}$  :  $380 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

-pour une fixation de 4,8mm :  $X_{vis 4,8} = 0.006 \text{ W/K}$

-pour une fixation de 6,3mm :  $X_{vis 6,3} = 0.008 \text{ W/K}$

La valeur  $U_p$  sera donc principalement dépendante de l'épaisseur d'isolant, du calepinage et du choix des fixations. Se rapprocher de l'assistance technique KME pour un calcul conforme à votre ouvrage.

En particulier, pour les locaux neufs concernés par la RT 2005, le minimum réglementaire est donné par :  $U_p < U_{gf}$   $U$  en  $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$

Avec  $U_{gf}$  :

	$U_{gf}$	$U_{ref}$
<b>Support TAN/béton :</b>	0.34	0.27
<b>Support bois :</b>	0.28	0.20

$U_{gf}$  : Coefficient de performance de déperdition de la paroi

$U_{ref}$  : Coefficient moyen de performance de déperdition de la paroi



Exemple de calcul thermique :

Sur Tôle acier nervuré de 0,75 mm, couverture cuivre de 0.6mm, largeur de feuille de 670mm, système de fixation classique, vis de 4,8mm de diamètre, bâtiment de 10 mètres de haut, 1000 m<sup>2</sup>, zone 2 exposition normale, zone de rives : 140m<sup>2</sup>, zones d'angles (non considérées dans cet exemple)

Objectif :  $U_p < 0,34$

$$U_c = 1 / (\sum R + R_{se} + R_{si}) = 1 / ((0,00075/50) + (0,0006/380) + R_{isolant} + 0,14) = 1 / (0,1400307 + R_{isolant})$$

$$(\sum X_1 \times A_1 + \sum X_2 \times A_2 + \sum X_3 \times A_3) / A_0 = ((3,4 \times 0,006) \times 860 + (4,96 \times 0,006) \times 140) / 1000 = 0,0217$$

Donc

$R_{isolant} > 3$  (correspondant à épaisseur 125mm)

S'il est utilisé un système de fixation avec rupture des ponts thermiques, alors  $\sum X_i = 0$  donc  $R_{isolant} > 2,80$  (correspondant à une épaisseur de 115mm)







#### 2.4.2.3. Buse pour rupture de pont thermique (Fig. n° 7)

Les buses type TELESKOP de chez SFS et manufacturées par la société SM Systeme sont en polypropylène de hauteur à définir en fonction de l'épaisseur de l'isolant.

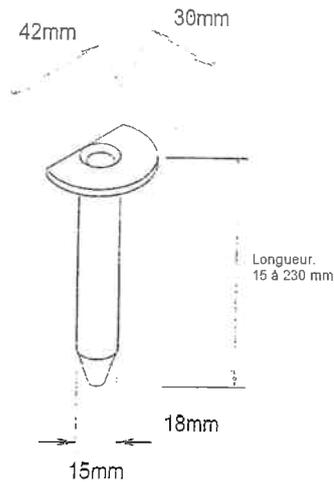


Fig. n°7

#### 2.4.3. Vis de fixation

Support bac acier non perforé :

Vis autoperceuse en acier cimenté -  $\varnothing$  4.8 mm  
type IT2-C- 4,8 x L de la société SFS Intec  
(Pk = 154,7 daN pour support 75/100 mm)

Support bac acier perforé: Vis autoperceuse en acier cimenté -  $\varnothing$  6.3 mm  
type IF2 - 6,7 x L de la société SFS Intec  
(Pk = 264 daN pour support 75/100 mm)

Support béton : Vis béton conforme au cahier du CSTB 3229 de charge limite de service minimale 90 daN

Support bois:

Vis autoperceuse en acier cimenté -  $\varnothing$  4.8 mm  
type IT2-C- 4,8 x L de la société SFS Intec  
(Pk = 393,90 daN pour support bois 23 mm)

#### 2.5. Ecran d'interposition (non fournis par KME)



Il s'agit d'un écran synthétique souple d'interposition respirant (par exemple Delta Vent N, Tyvek VP'X ....).

La perméance minimale de l'écran d'interposition doit correspondre à un  $S_d < 0,09$  m.

## 2.6. Cuivre TECU®

Les feuilles et longues feuilles de cuivre TECU® sont conformes à la norme NF P 34-215-1 (DTU 40.45) « Couverture par éléments métalliques en feuilles et longues feuilles en cuivre »

Le cuivre TECU® est du type Cu-DHP désoxydé au phosphore conforme à la norme européenne NF EN 1172 « cuivre et alliage de cuivre – Tôles et bandes pour le bâtiment » définissant les produits en cuivre utilisés dans le secteur de la couverture.

L'état métallurgique de livraison des feuilles de cuivre TECU® est l'état R 240 défini par la norme NF EN 1173.

- Largeur : 500 mm, 600 mm ou 670 mm
- Epaisseur : 0.6 mm ou 0.7 mm

Les finitions possibles :

- TECU® Classic
- TECU® Oxid
- TECU® Patina
- TECU® Zinn

## 3. Fabrication et contrôles

### 3.1 Fabrication du cuivre TECU®

Le cuivre TECU® est fabriqué conformément à la norme EN 1172 à l'usine de KME à Osnabrück (Allemagne) certifiée ISO 9001.

### 3.2. Fabrication des pattes et des vis de fixation

Les pattes de fixation et les buses sont fabriquées par :

La société Maury NZ – Za La Plaisse – 73370 Le Bourget du Lac - France

La société SM –Système dans les usines de :  
SM-Befestigungssysteme – GmbH D – 71634 Ludwigsburg - Allemagne,  
Ladislav Peca, CZ – 73601 Havirov - Okrajova - Rép. Tchèque,  
Et Bjarnes System AB, S – 15138 Södertälje, Hansavägen -Suède

Les vis de fixation sont fabriquées par la société SFS Intec dans l'usine SFS Intec CH – 9435 Heerbrugg, certifiées ISO 9001.



### 3.3 Fabrication de l'isolation thermique

Les isolants thermiques en laine de roche de la société Rockwool sont fabriqués dans les usines de :

- Rockwool France SAS, 63700 Saint Eloy les Mines, France
- Rockwool Peninsular SA, 31380 Caparros, Espagne
- Rockwool Lapinus Productie BV, 6045 JG Roermond, Pays-Bas
- Rockwool Mineralwoll GmbH&Co. OHG, 45966 Gladbeck, Allemagne

L'autocontrôle est réalisé conformément à la norme EN 13162, et fait l'objet d'un suivi dans le cadre de la certification ACERMI, Keymark et du marquage CE.

L'autocontrôle porte notamment sur les points suivants :

a) sur chaîne de fabrication en continu :

- poids, aspect

b) sur produits finis :

- à raison d'un panneau / heure : densité, équerrage, épaisseur, largeur et longueur

- à raison d'un panneau toutes les 2 heures : perte au feu

- à raison d'un panneau / 4 heures / épaisseur : compression à 10 %, traction perpendiculaire

- mensuellement : conductivité thermique, absorption d'eau.

La production applique un plan de qualité interne.

Les contrôles des usines (cf. § 3.1) sont suivis par Rockwool France SAS.

## **4. Mise en œuvre**

### 4.1. Pente de la couverture

La pente de la couverture doit être conforme aux prescriptions du DTU 40.45, c'est à dire au moins égale à 5% (2.86°). La pente maximale est de 173 % (60°).

Les panneaux isolants utilisés sont plats, sauf dans le cas particulier de réalisation de coyaux (Ressauts ou noues encaissées) pour lesquels des panneaux isolants pentés peuvent être utilisés (cf. article 2.3)

### 4.2 Calepinage des fixations

L'espacement des pattes de fixation est fonction de la valeur de résistance admissible au vent du système.

L'entraxe maximal entre pattes est 50 cm.

Les tableaux suivants et la Fig. n°8 permettent de déterminer les entraxes maximum autorisés des fixations.



Hypothèse de calcul :

R<sub>adm</sub> = 48 daN par fixation pour les feuilles de 500 mm

R<sub>adm</sub> = 51 daN par fixation pour les feuilles de 670 mm

Coefficient de sécurité par rapport au vent extrême : 1,65

Les résistances à l'arrachement des fixations définies au § 2.43

Entraxe maximum des fixations (cm) :

Pour les feuilles ou longues feuilles de 500 mm :

sur béton (hauteur de bâtiment inférieure à 20 m pour certaines zones)

sur bac acier, bois (hauteur de bâtiment inférieure à 40 m)

de forme plane ou courbe

bâtiment fermé

Zones (1)	1		2		3		4	
Site	normal	exposé	Normal	exposé	Normal	exposé (4)	Normal (4)	exposé (4)
Partie Courante	50	50	50	50	50	33	33	33
Rive (2)	33	33	33	25	25	25	25	16,5
Egout (3)	25	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	15

(1) : Les zones de vent et sites considérés sont ceux définis par le modificatif n°2 (décembre 99) aux règles NV 65

(2) : La zone de rive s'étend sur une distance correspondant au 1/10 de la hauteur du bâtiment et au maximum au 1/10 de la petite largeur du bâtiment (selon NV 65)

(3) : La définition de la zone d'égout est conforme à la description du DTU 40.45 (resserrement des 3 premières pattes). La largeur d'égout s'étend sur toute la largeur du rampant et comprend les angles de la couverture

(4) : Limité aux bâtiments de hauteur inférieure à 20 m, pour supports béton

Pour les feuilles et longues feuilles de 600 et 670 mm :

sur béton (hauteur de bâtiment inférieure à 20 m)

sur bac acier, bois et béton (hauteur de bâtiment inférieure à 40 m)

de forme plane ou courbe

bâtiment fermé

Zones (1)	1		2		3		4	
Site	normal	exposé	Normal	Exposé	Normal	exposé	Normal	exposé
Partie Courante	50	33	50	33	33	-	-	-
Rive (2)	33	25	25	22	22	-	-	-
Egout (3)	25	16,5	16,5	16,5	16,5	-	-	-

(1): Les zones de vent et sites considérés sont ceux définis par le modificatif n°2 (décembre 99) aux règles NV 65

(2): La zone de rive s'étend sur une distance correspondant au 1/10 de la hauteur du bâtiment et au maximum au 1/10 de la petite largeur du bâtiment (selon NV 65)

(3): La définition de la zone d'égout est conforme à la description du DTU 40.45 (resserrement des 3 premières pattes). La largeur d'égout s'étend sur toute la largeur du rampant et comprend les angles de la couverture



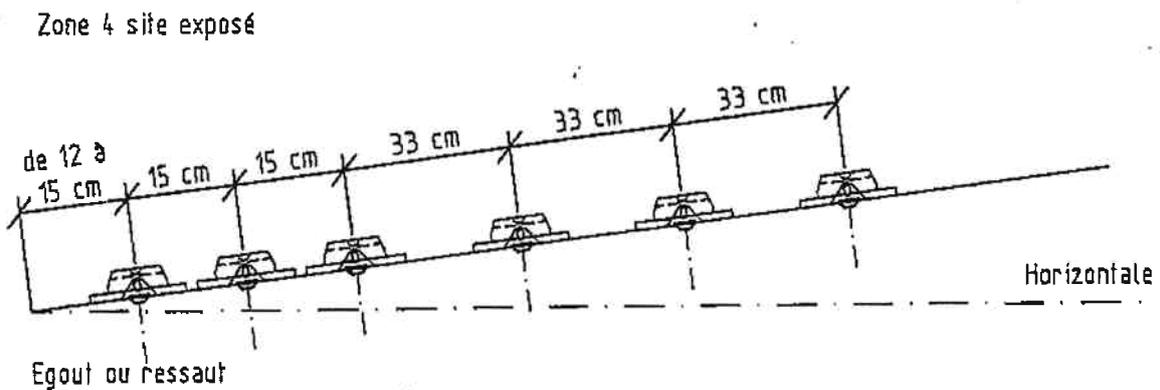
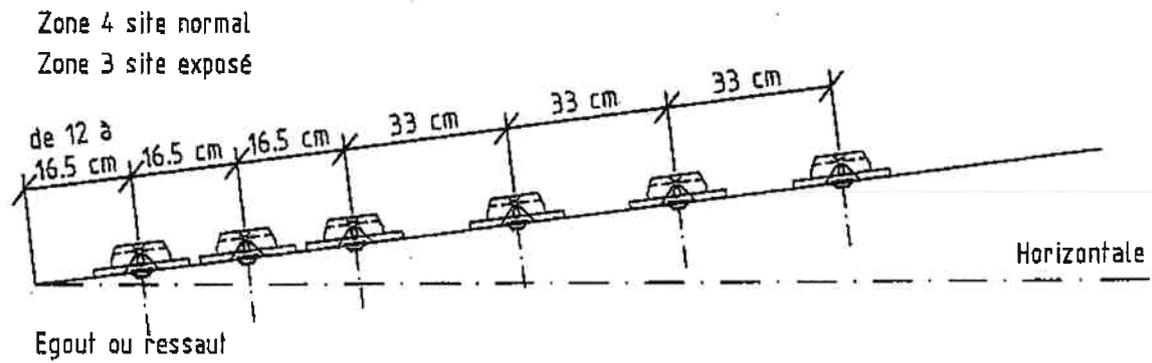
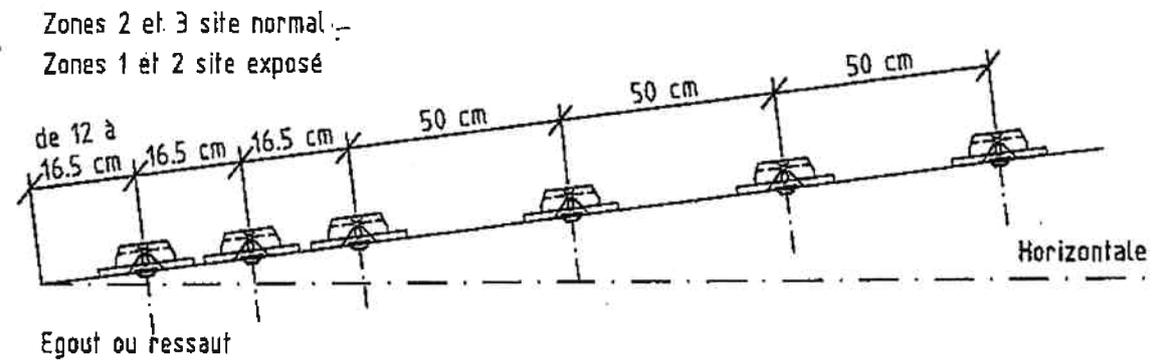
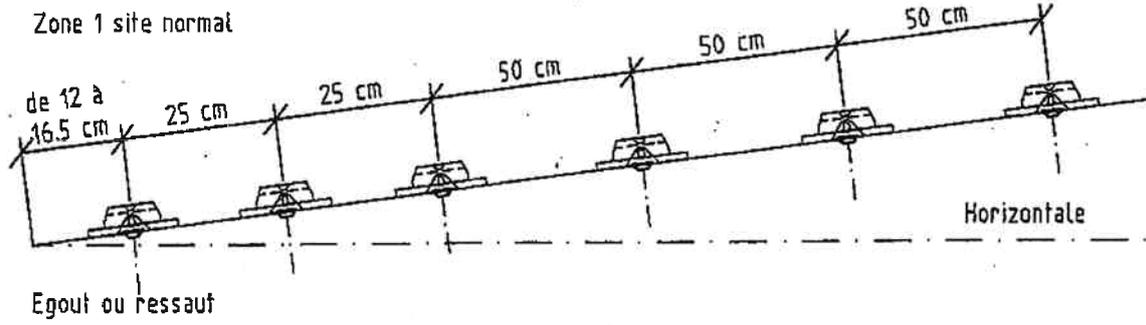


Fig. n° 8

Le positionnement des pattes fixes est fonction de la pente conformément aux prescriptions du DTU 40.45 (Fig. n° 9).

Exemple de réalisation de la zone de points fixes en rive de la couverture:

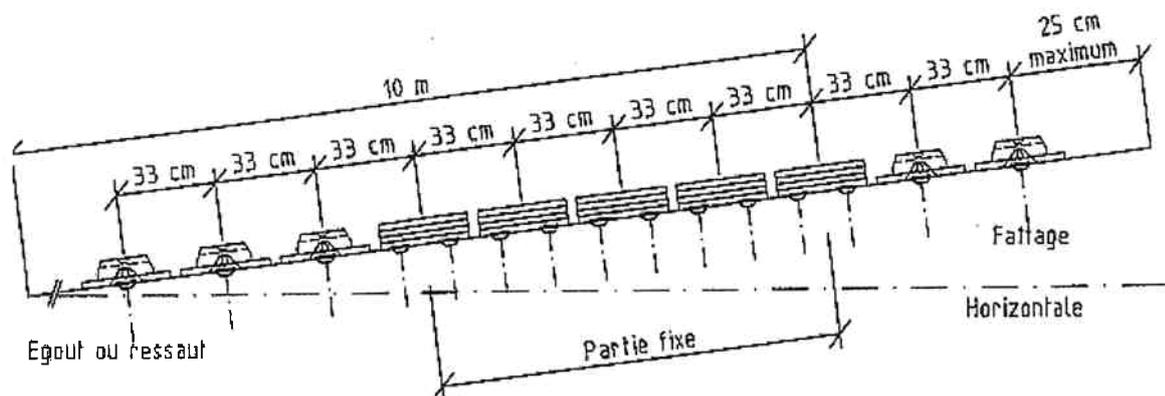


Fig. n° 9

#### 4.3 Pose du complexe de toiture

##### 4.3.1. Approvisionnement et circulation en toiture

L'approvisionnement des matériaux sur la couverture doit faire l'objet de précautions, en particulier en ce qui concerne les surcharges admissibles. La manutention et le stockage sur les bacs acier ne se font qu'après fixation et couturage de ces derniers.

La manutention et le stockage sur la couche d'isolant des bobines de cuivre et autres matériaux de couverture ne peuvent être envisagés qu'avec un platelage de protection. L'épaisseur des planches doit tenir compte du poids des éléments stockés sur la toiture et la dimension du platelage doit être suffisante pour couvrir la zone de stockage.

La circulation en toiture des personnes, particulièrement dans les zones les plus sollicitées (les accès par ex.) ne se fera que par le biais de la mise en œuvre de moyens de protection adaptés (chemin de circulation de 50 cm avec des planches d'épaisseur de 22 mm par exemple).

##### 4.3.2. Pose du support

Les éléments porteurs et les supports sont conformes aux prescriptions des DTU ou Avis Techniques les concernant. Ils doivent être stables et présenter une surface propre, libre de corps étranger et sans souillure (huile, plâtre, hydrocarbure, etc.).

Dans le cas des bâtiments de hauteurs > 20 m, la structure et l'élément porteur doivent être dimensionnés pour, entre autres, résister aux actions du vent.



### Elément porteur en tôles d'acier nervurées

La mise en œuvre des éléments en tôles d'acier nervuré est conforme aux spécifications de la norme NF P 84-206 (DTU 43.3) « Mise en œuvre des toitures en tôles d'acier nervurées avec revêtement d'étanchéité ».

Privilégier la pose des nervures parallèlement à l'égout afin de limiter les risques de faire coïncider les lignes de fixation des pattes à joint debout avec les vallées des bacs acier.

Dans le cas contraire, et après étude du calepinage du support et de la couverture cuivre, on doit repérer les joints debout susceptibles de coïncider avec les nervures du bac acier. On dispose au droit de ces nervures un feuillard en acier galvanisé Z 275 d'épaisseur 1 mm. La pose de ce feuillard se fera avant la pose du pare vapeur. La largeur du feuillard permet de recouvrir les nervures du bac acier en offrant une zone d'ancrage sur ses deux bords longitudinaux. Il est fixé par des vis autotaraudeuses (4,2x25 mm) positionnées face à face tous les 20 cm.

Pour le dimensionnement des bacs acier, on doit tenir compte du poids propre de l'isolant et de la couverture en cuivre, soit pour l'isolant 1,5 kg / m<sup>2</sup> par cm d'isolant et pour le cuivre 7,3 kg / m<sup>2</sup> (feuille de largeur 500 mm d'épaisseur 0,7mm).

### Elément porteur en béton

La mise en œuvre de l'élément porteur est conforme aux prescriptions de la norme NF P 10-203 (DTU 20.12) « Gros œuvre en maçonnerie des toitures destinées à recevoir un revêtement d'étanchéité »

Dans le cas de pente supérieure à 5%, la mise en œuvre du support de couverture est conforme aux prescriptions de la norme NF P 84-205 (DTU 43.2) « Etanchéité des toitures avec éléments porteurs en maçonnerie de pente supérieure à 5% »

### Elément porteur en bois ou panneaux dérivés du bois

La mise en œuvre du support de couverture est conforme à la description de la norme NF P 84-207 (DTU 43.4) « Toiture en éléments porteurs en bois ou panneaux dérivés du bois avec revêtement d'étanchéité », ou à un Avis Technique favorable pour l'emploi en couverture à partir de 5%.

Le désaffleurement sans charge entre deux éléments voisins ne doit pas être supérieur à 2 mm.



#### 4.3.3. Pose du pare vapeur

L'écran pare vapeur ne peut être considéré comme un revêtement d'étanchéité, ni comme une mise hors d'eau provisoire. Il ne doit pas être mise en œuvre par temps de pluie.

Sa pose se fait à l'avancement des travaux et doit précéder immédiatement la mise en œuvre des panneaux isolants.

#### Elément porteur en tôles d'acier nervurées

En faible hygrométrie :

L'écran pare vapeur est déroulé sur les bacs acier et avec pontage des joints par bandes rapportées collées.

(la face aluminium du pare vapeur est disposée en face supérieure et les recouvrements entre lés sont de 10 cm)

L'écran est raccordé aux ouvrages particuliers (périphérie, émergences, pénétrations diverses).

En moyenne hygrométrie :

La feuille est soudée ou collée sur les plages des tôles d'acier nervurées. Les recouvrements de 0,10 m sont liaisonnés par soudage ou collage.

#### Elément porteur en béton (cf. DTU 43.2 § 4.3.2.2.)

En faible et moyenne hygrométrie :

Une couche d'EIF (Enduit d'Imprégnation à Froid)

Une feuille bitume armé BA 40 TV conforme à la norme NF P 84.303.

La feuille est soudée ou collée sur le support béton.

Le recouvrement des lés doit être au moins égal à 0,06 m (liaisonné par collage ou soudage).

#### Elément porteur en bois ou panneaux dérivés du bois

Un feutre bitumé 36 S CF ou VV-HR conforme à la norme NF P 84-302 ou NF P 84-313 posé avec des recouvrements de 0.10 m mini et fixé au support par des clous à large tête, à raison d'une fixation tous les 0,10 m en bordure des feuilles et d'une fixation tous les 0,33 m en quinconce sur toute la surface.



#### 4.3.4. Pose de l'isolant thermique

La mise en œuvre des panneaux d'isolation est conforme à leur DTA ou d'une ETN par un Contrôleur Technique Agréé, en cours de validité, en tant que panneau isolant non porteur, support d'étanchéité de toiture.

Ils pourront être collés ou fixés mécaniquement selon les préconisations des DTA ou des NF DTU.

La surface de l'isolant après la pose ne doit pas avoir des désafleurements supérieurs à 5 mm entre panneaux.

Les dispositions spécifiques pour les toitures courbes sont précisées dans les DTA ou l'ETN visée par un Contrôleur Technique Agréé des produits.

#### Précaution de mise en œuvre :

Les emballages sont ouverts à proximité du lieu de pose et les panneaux sont rapidement posés et recouverts.

Aucun panneau ne doit être utilisé s'il est humidifié dans son épaisseur.

Ils doivent être posés sur une surface sèche.

En fin de journée avec ou sans intempéries prévisibles, ou en cas d'arrêt inopiné en cours de travaux pour cause d'intempéries, l'ouvrage est mis hors d'eau de la manière suivante:

- le pare -vapeur est remonté sur la tranche de l'isolant thermique (les panneaux n'ont pas besoin d'être alignées)
- l'écran d'interposition est collé ou fixé à l'élément porteur (sur 15cm minimum)

A la reprise des travaux, l'écran d'interposition est découpé. La continuité du pare vapeur est assuré par un recouvrement minimal de 10 cm.

Cette protection permet d'éviter les infiltrations d'eau entre la couverture déjà posée et la membrane d'interposition.

Lors de la pose, il faut s'assurer que l'isolant n'est et ne sera pas mouillé.

#### 4.3.5. Pose de l'écran d'interposition

On disposera sur l'isolant un écran d'interposition respirant posé en lés parallèles ou perpendiculaires à l'égout avec un recouvrement de 0.20 m. Temporairement, dans l'attente de la pose de la couverture cuivre, l'écran sera maintenu par des pattes de fixations ancrées à intervalle régulier (prévoir environ une patte par m<sup>2</sup>) dans la couche isolante au travers de l'écran.

Les pattes doivent être ensuite enlevées et utilisées pour la fixation de la couverture.



#### 4.3.6. Pose de la couverture cuivre

La mise en œuvre de la couverture en cuivre TECU® est conforme au DTU 40.45 (référence AFNOR DTU P 34-215) « Couverture par éléments métalliques en feuilles et longues feuilles en cuivre ».

La largeur des feuilles et longues feuilles peut être de :

- 500 mm (travée d'axe à axe de 430 mm)
- 600 mm (travée d'axe à axe de 530 mm)
- 670 mm (travée d'axe à axe de 600 mm)

Les pattes et les buses sont disposées à l'avancement de la pose des bacs de couverture.

La patte est agrafée sur le relief latéral du bac cuivre et ancrée dans l'isolant. Elle est ensuite sertie en même temps que le joint.

Dans le cas de pattes de fixations avec rupture de pont thermique, la buse est enfoncée dans l'isolant et ensuite fixée par une vis décrit au chapitre 2.4.3.

#### 4.4. Dispositions spécifiques aux toitures courbes

##### 4.4.1. Support

###### Support bac acier

Dans le cas de toiture courbe, le support en bacs acier doit être prévu de façon à limiter la facétisation de la courbure. Pour ce faire, conformément aux spécifications du DTU 43.3 (art. D.2.2.3), l'entreprise titulaire du lot concerné doit procéder à une étude d'exécution du support en liaison avec le fournisseur de bacs acier, afin de limiter la facétisation de la courbure.

Les bacs aciers sont posés avec nervures parallèles à l'égout.

###### Support béton

L'état de surface du support béton conforme au DTU 20.12.



## Support bois

Le rayon de courbure des éléments porteurs en bois massif (frises, planches, lames) ne doit pas être inférieur à 25 fois l'épaisseur de ces éléments (cf. DTU 43.4 § 4.2.1.4).

Le rayon de courbure des panneaux est indiqué dans le tableau ci-dessous (cf. DTU 43.4 § 4.2.2.4.)

Rayon de cintrage admissible (cm)

Épaisseur du panneau (mm)	NATURE DU PANNEAU				
	Contreplaqué okoumé et bois tropicaux tendres	Contreplaqué ozipo sipo et bois tropicaux durs	Contreplaqué pin maritime		Panneaux de particules
			sens		
	sens longitudinal et transversal identique	sens longitudinal et transversal identique	longitudinal	transversal	
10	200	240	250	200	
12	240	290	300	240	
15	300	360	375	300	
18/19	380	460	475	380	900
22	-	-	-	-	1 100
25	-	-	-	-	1 300
30	-	-	-	-	1 500

Dans tous les cas, le mode de fixation des éléments est identique à celui décrit au paragraphe 4.3.2.

### 4.4.2. Isolant Thermique

Les dimensions et la pose des panneaux isolant doivent être adaptées au rayon de courbure de la toiture.

Les DTA ou l' ETN visée par un Contrôleur Technique Agréé de ces isolants, définissent le type de mise en œuvre (Réduction de la largeur des panneaux, pose en deux lits ou saignées sur la face inférieure des panneaux).

Sur support acier ou bois :

L'isolant sera fixé mécaniquement. Il doit être découpé ou présenter des saignées. La largeur maximale des bandes ou saignées ainsi créées ne doit pas dépasser la valeur :  $L \leq \sqrt{(R/50)}$  avec un minimum de 4 fixations par panneau. Leur nombre respectera au minimum le nombre de fixations au m<sup>2</sup> correspondant à l'application des normes NF P 84-206 (DTU 43.3) et NF P 84-207 (DTU 43.4).

Sur support béton :

Les dimensions des panneaux et leur pose seront conformes au DTU 43.1

$L \leq \sqrt{(R/100)}$  pour une fixation par collage

$L \leq \sqrt{(R/50)}$  pour une fixation mécanique

On peut également réaliser une pose en deux lits d'épaisseur équivalente à joints décalés.



#### 4.4.3 Couverture cuivre TECU®

D'une façon générale, les couvertures cintrées nécessitent un cintrage des bacs cuivre TECU® en atelier avant la pose, lorsque le rayon de courbure est inférieur à 12 m. Au-delà de 12 m, les bacs se positionnent naturellement sans cintrage préalable.

Dans le cas de toiture courbe convexe avec franchissement de faîtage en continu, la couverture cuivre TECU® peut être disposée dans des zones de pente inférieure à 5% :

- Cette zone doit être située au sommet du rampant avec une dimension maximale de 10m sans jonction transversale du type agrafure, double agrafure ou ressaut.
- Il est possible d'utiliser des longues feuilles (ou feuilles reconstituées par soudure TIG) jusqu'à 20 m pour autant que l'axe de la zone des pattes fixes disposées au point central ne soit pas à plus de 10 m de chaque extrémité de la bande (Fig. n° 10).

Longues feuilles ou longues feuilles reconstituées maximum 20 m

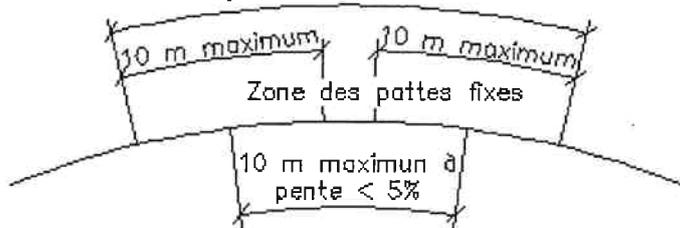


Fig. n° 10



## 5. Traitement des points singuliers

Pour alléger et faciliter la lecture du Cahier des Clauses Techniques, seules les finitions sur support bac acier nervuré sont présentées.

### 5.1. Egout (Fig. n° 11)

Les panneaux d'isolation sont maintenus soit par une costière (avec cornière inversée), par un profil en U ou par un profil en Z suivant la configuration de l'égout.

Cet élément est en acier galvanisé avec une épaisseur minimale de 1.5 mm.

Il est fixé au support sous le pare vapeur.

Il forme une butée basse pour les panneaux d'isolation et sert d'élément raidisseur pour la tenue et la fixation de la bande d'égout, de la gouttière, de la bande de rive, etc.

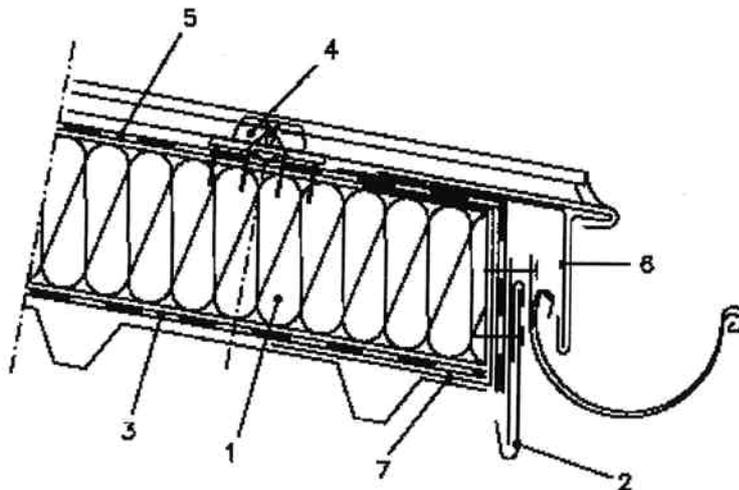
Les vis de fixation sont en acier inoxydables autoperceuses à tête plates.

Le pare vapeur est relevé le long de cet élément.

Dans le cas où les bacs aciers seraient posés avec les nervures dans le sens du rampant, un closoir d'obturation des nervures sera disposé à l'égout.

La pente minimale en égout pour les toitures courbes est de 5 %.

L'écran souple d'interposition est rabattu sur les profils en acier galvanisé.



### Egout

1. Isolant
2. Bande de Rive
3. Pare-Vapeur
4. Patte coulissant Fixation unique
5. Ecran d'interposition
6. Bande d'égout en Cuivre
7. Profil U acier galva

Fig. n° 11



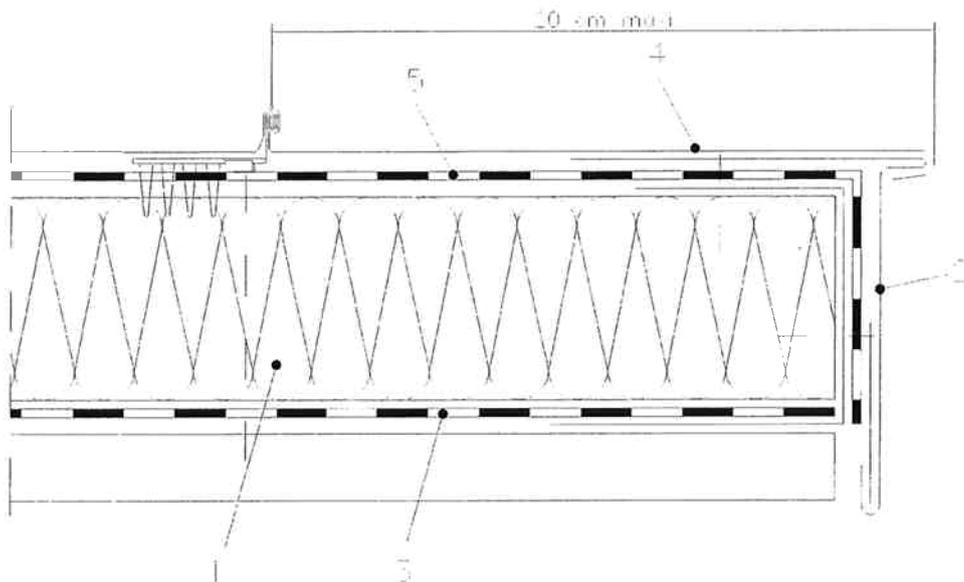
## 5.2. Rives latérales (Fig. n° 12)

Les rives sont réalisées de la même façon que les égouts, en ne dépassant pas 20 cm entre le premier joint debout et la rive.

On appliquera les mêmes exigences que pour l'égout quant au calfeutrement du pare vapeur et des abouts de nervures.

L'écran souple d'interposition est rabattu sur les profils en acier galvanisé.

Il est possible de réaliser une rive à tasseau, pour les bâtiments de hauteur < 20 m. Dans ce cas, le tasseau est fixé sur le profil en U (ou la cornière, profil en Z) en acier galvanisé.



### Rive droite

- 1 Isolant
- 2 Bande de Rive
- 3 Pare Vapeur
- 4 Couverture en cuivre
- 5 Ecran d'Interposition

Fig. n° 12

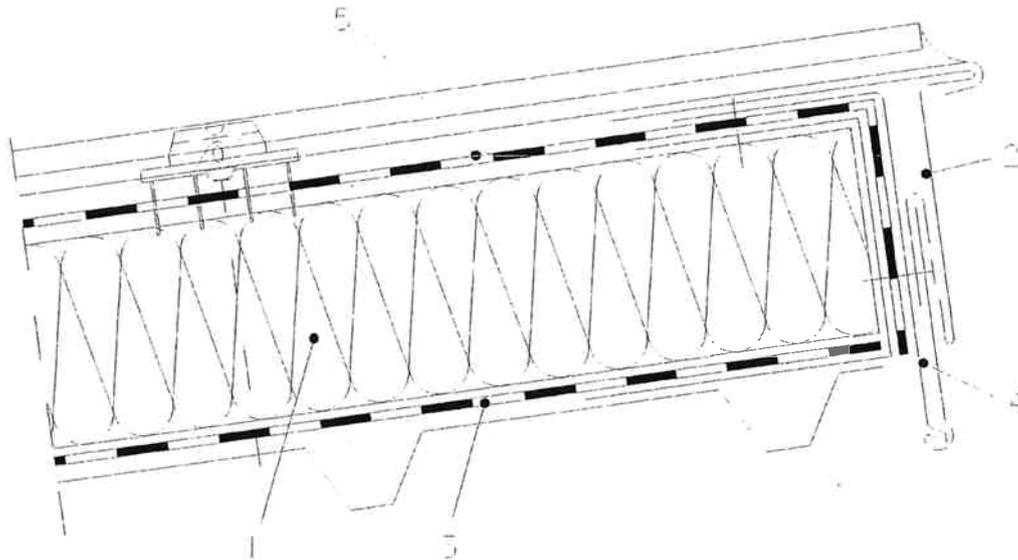


### 5.3. Faîtage

#### 5.3.1. Faîtage monopente (Fig. n° 13)

Le faîtage monopente est traité à la même manière d'une rive de tête (voir égout, art. 5.1).

La pente minimale au faîtage est de 5% .



#### Rive droite

- 1 Isolant
- 2 Bande de Rive
- 3 Pare Vapeur
- 4 Couverture en cuivre
- 5 Ecran d'Interposition

Fig. n° 13



### 5.3.2. Faîtage adossé (Fig. n° 14)

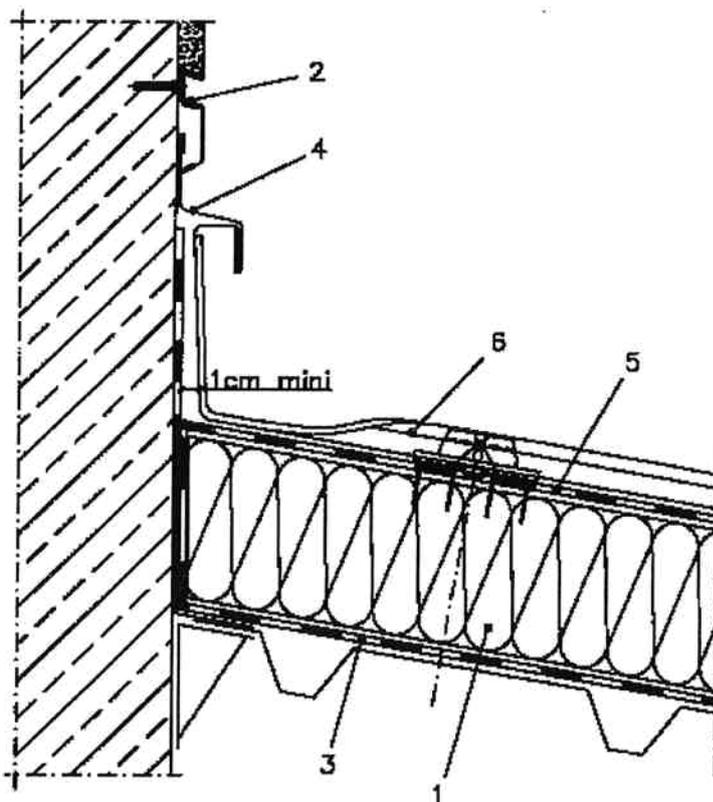
Avant la mise en œuvre des panneaux d'isolation, une équerre en acier galvanisé est fixée sur l'élément porteur afin de désolidariser le complexe de la maçonnerie verticale.

L'écran souple d'interposition est relevé entre la maçonnerie et le cuivre.

Le relevé d'étanchéité à une hauteur minimale de 150 mm.

Le relevé d'étanchéité est assuré par une bande solin cuivre ou par un profil cuivre en applique avec joint mastic (cf. DTU 40.45 § 6.1.)

La pente minimale au faîtage est de 5%.



#### Faîtage adossé

1. Isolant
2. Bande de Solin
3. Pare-Vapeur
4. Main d'arrêt
5. Ecran d'interposition
6. Couverture cuivre
7. Costière en acier galva

Fig. n° 14



## 5.4. Jonctions transversales

### 5.4.1. Ressauts (Fig. n° 15)

Le ressaut est réalisé soit par décalage de la charpente, soit par un coyau qui peut être réalisé à l'aide de panneaux isolants en forme de pente.

Dans ce cas on fixe sur la première couche d'isolant un profil en U ou Z en acier galvanisé de hauteur équivalente à celle du relief et fixé au support. Ce profil permet de bloquer l'isolant et de fixer les bandes d'agrafe.

Les panneaux en forme de pente sont disposés sur la première couche d'isolant.

Dans cette zone, on tient compte de la hauteur de ressaut pour déterminer la longueur des vis pour la fixation des pattes à joint debout.

#### Ressaut

1. Couverture culvra
2. Isolant forme de pente
3. Pare-vapeur
4. Isolant
5. Ecran d'interposition
6. Profil Z acier galva

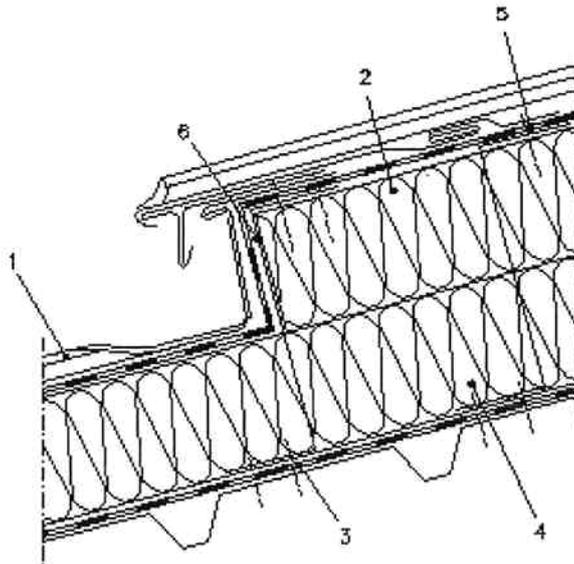


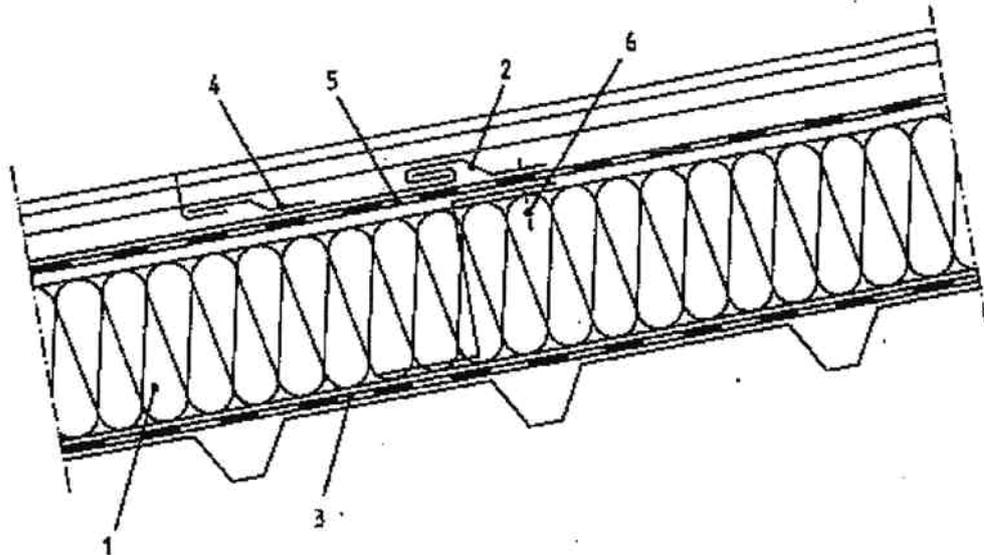
Fig. n° 15



#### 5.4.2. Agrafures (Fig. n° 16)

Seules les doubles agrafures sont autorisées.

Les têtes de feuille sont fixées par des pattes de fixation traditionnelles de type pattes à feuilles en cuivre. La fixation est réalisée à l'aide de 2 vis auto-perceuse-taraudeuse à tête plate en inox dans un profilé en Z fixé lui-même au support.



#### Double agrafure

1. Isolant
2. Patte à Feuille
3. Pare-Vapeur
4. Bande d'agrafure
5. Ecran d'interposition
6. Profil Z

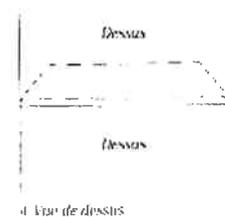
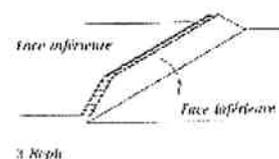
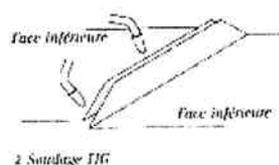
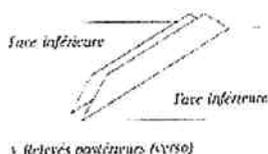
Fig. n° 16



### 5.4.3. Jonctions transversales soudées (Cas du TECU® Patina par exemple)

Le principe consiste à reconstituer en atelier, une longue feuille par assemblage et soudage au TIG des feuilles en cuivre TECU® Patina.

L'entreprise doit respecter le cahier de prescription établi par KME.



En outre, la fabrication doit être réalisée en atelier auprès de sociétés spécialisées justifiant d'une expérience dans le profilage du cuivre ainsi que du soudage au TIG.

Les longues feuilles ainsi reconstituées peuvent être considérées comme des travées continues. La pente minimale de la toiture est 5 %.



## 5.5. Noues

Deux cas peuvent se présenter :

### Noues plates à agrafure

Pente de noue  $\geq 20\%$  et de longueur de rampant  $\leq 8$  m.

La bande de noue est fixée par des pattes de fixation traditionnelles de type pattes à feuilles en cuivre. La fixation est réalisée à l'aide de 2 vis autoperceuse-taraudeuse à tête plate en inox dans un profilé en Z fixé lui-même au support.

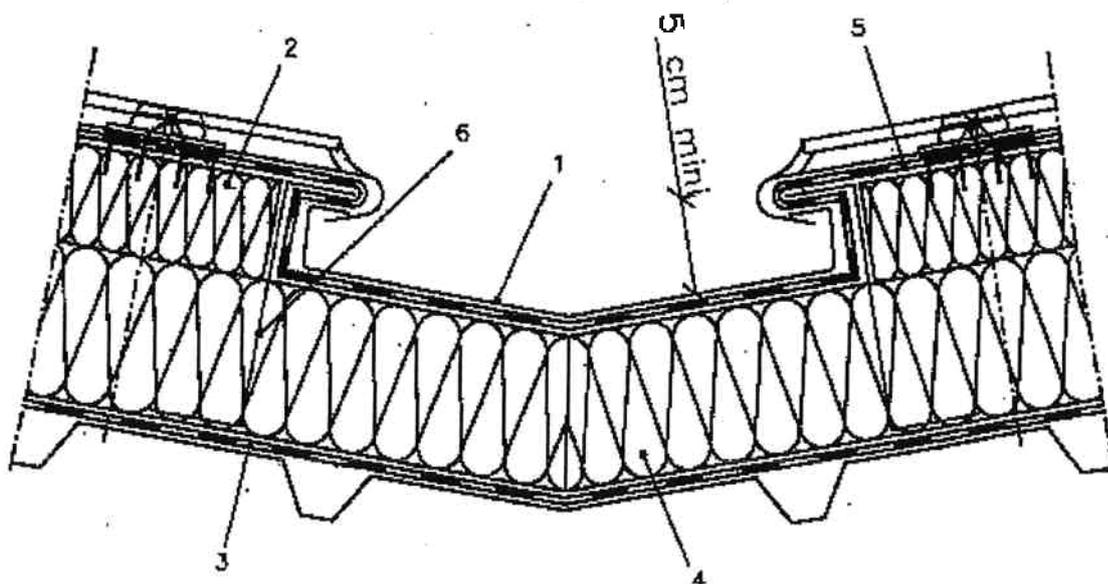
La fonction avec les bandes de couverture s'effectue par double agrafure.

### Noues encaissées (Fig. n° 17)

Pente de noue  $< 20\%$  ou de longueur de rampant  $> 8$  m.

La noue doit être encaissée sur une hauteur minimale de 50 mm.

Cet encaissement peut être réalisé soit par un décalage du bac acier, soit par réalisation de coyaux créés par des panneaux isolant de section triangulaire ou trapézoïdale.



### Noue encaissée

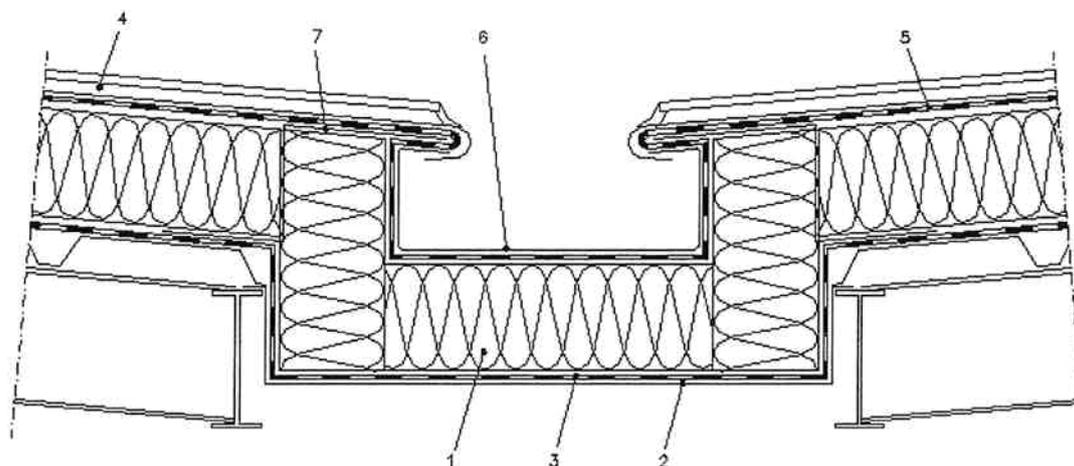
1. Bande de Noue
2. Isolant forme de Pente
3. Pare-Vapeur
4. Isolant
5. Ecran d'interposition
6. Profil Z

Fig. n° 17



### 5.6. Chéneaux encaissés (Fig. n° 18)

Le chéneau encaissé est réalisé comme une noue encaissée, la profondeur étant de 10 cm.



#### Chéneau

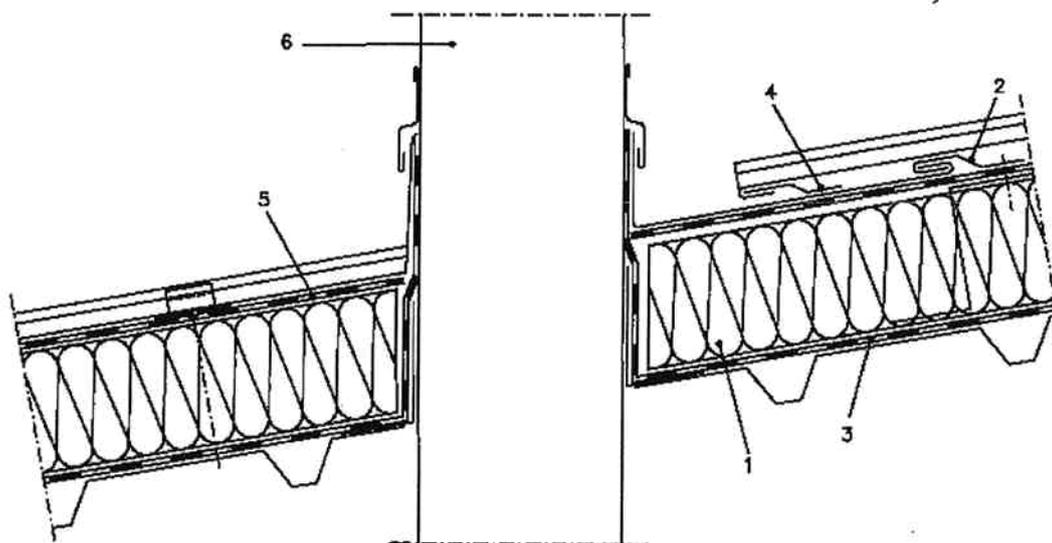
1. Isolant
2. Chéneau en Acier Galvanisé
3. Pare-Vapeur
4. Couverture cuivre
5. Ecran d'Interposition
6. chéneau en cuivre
7. profil Z

Fig. n° 18



### 5.7. Sorties de toiture (Fig. n° 19)

Les pénétrations discontinues sont traitées de façon à limiter les risques de transfert de vapeur d'eau et de ponts thermiques. Ainsi, le pare vapeur est relevé et ponté sur le pourtour de la pénétration et le calfeutrement thermique périphérique réalisé avec soin. La finition de la couverture cuivre s'effectue conformément au DTU 40.45.



#### Sortie de toiture

1. Isolant
2. Patte a Feuilles en Cuivre
3. Pare-Vapeur
4. Bande d'agrafe en Cuivre
5. Ecran d'interposition
6. Sortie de Toiture

Fig. n° 19



## 6. Organisation de la mise en œuvre

Une attention particulière doit être apportée à la qualité de la pose du support de couverture et en particulier dans le cas de toitures courbes (limitation des désafleurements et de la facétisation).

Le platelage support doit faire l'objet d'une réception contradictoire entre le charpentier et le couvreur.

Afin de limiter la durée entre pose de l'isolant et pose de la couverture en cuivre, la mise en œuvre sera préférentiellement organisée par tranche de 200 m<sup>2</sup> environ, comprenant la pose de l'isolant, de l'écran et de la couverture TECU<sup>®</sup>

## 7. Assistance technique

Une assistance technique d'aide à l'étude ou lors du démarrage du chantier est apportée par la société KME aux entreprises qui en feront la demande.

Cette assistance ne peut être assimilée ni à la réception des supports ni à un contrôle des mises en œuvre.

## 8. Qualification des entreprises de pose

La mise en œuvre d'une toiture chaude en cuivre TECU<sup>®</sup> relève de la compétence des entreprises de couverture qualifiées (QUALIBAT- Couverture en métaux – 3152 et 3153) et avisées des particularités du système.



## 9. Résultats expérimentaux, certifications et validations

### **Essai UEAtc « tenue au vent » concernant la couverture chaude en cuivre TECU**

CSTB n°TO04-001

Date : 12/01/2004

Elément porteur en tôles d'acier nervurées

Pare vapeur

Isolation thermique laine de roche Rockwool

Ecran d'interposition

Pattes de fixation traversantes espacées de 440 mm

Couverture en cuivre, épaisseur 0,6 mm, à joint debout, largeur 500 mm (entraxe 430mm) et 670 mm (entraxe 600mm).

### **Atex de type cas A**

Toiture chaude en cuivre TECU

CSTB - numéro de référence 1228

Date : 17/02/2004

### **Atex de type cas B**

Opération : Salle de sport de Notre Dame de Gravenchon

Couverture chaude sur bac acier porteur avec isolation en laine de roche haute densité et enveloppe en cuivre à joint debout.

CSTB - numéro de référence 1506

Demandeur : Société Raimond – Zi Beau Soleil – F 44450 Saint-Julien de Concelles

Date : 19/04/2007

