

Affaire n°

2545

TU NANTES

RENOVATION DU THEATRE UNIVERSITAIRE

NC-01 - NOTE DE CALCULS BARDAGE

PRINCIPE DE JUSTIFICATION BARDAGE DE REEMPLOI

Maître d'Ouvrage :

NANTES Université

1 Quai de Tourneville – BP13522

44035 NANTES Cedex 01

Architecte :

LOOM

24 Grande Rue

44240 SUCE SUR ERDRE

Indice	Date	Auteur	Modifications
0	22/12/2025	N.R.	Première diffusion

SOMMAIRE

A – OBJET DE LA NOTE	2
B – DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE UTILISÉS	2
C – HYPOTHESES DE CALCULS	2
C.1 – Matériaux.....	2
C.2 – Charges Permanentes	3
C.3 – SOLICITATION SISMIQUE.....	3
C.4 – SOLICITATION CLIMATIQUE.....	4
D – JUSTIFICATION	5
E – CONCLUSION	7

A – OBJET DE LA NOTE

Les travaux du théâtre universitaire concernent le remaniement du hall d'accueil et l'amélioration des performances énergétique.

Cette note a pour but la vérification des fixations du bardage de réemploi.

B – DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE UTILISÉS

- Eurocodes
- DTU 45.4

C – HYPOTHESES DE CALCULS

C.1 – MATERIAUX

• Béton : Fc28 = sans information sur plans DOE existant nous prenons en hypothèses 25 MPa

• Aciers HA : Fe E500, $f_{yk} = 500$ MPa

• Aciers doux ϕ : Fe E240, $f_{yk} = 240$ MPa

• Aluminium :

— module d'élasticité	$E = 70\,000 \text{ N/mm}^2$;
— module de cisaillement	$G = 27\,000 \text{ N/mm}^2$;
— coefficient de Poisson	$\nu = 0,3$;
— coefficient de dilatation thermique linéaire	$\alpha = 23 \times 10^{-6} \text{ par } ^\circ\text{C}$;
— masse unitaire	$\rho = 2\,700 \text{ kg/m}^3$

• Bois : C18

• TRESPA :

Propriétés physiques				
Résistance au choc d'une bille de grand diamètre	EN 438-2 : 21	Diamètre de l'empreinte - $6 \leq t$ mm d'une hauteur de chute de 1,8 m	mm	≤ 10
Résistance aux chocs	ASTM D5420-04	Auteur moyenne de défaillance	ft	1.0466
		Energie moyenne de défaillance	J	11,3
Stabilité dimensionnelle à température élevée	EN 438-2 : 17	Variation dimensionnelle cumulée	Longitudinal %	$\leq 0,25$
			Transversal %	$\leq 0,25$
Résistance en ambiance humide	EN 438-2 : 15	Accroissement de masse	%	≤ 3
		Aspect	Classe	≥ 4
	ASTM D2247-02 ASTM D2842-06	Résistance à l'eau	Classe	Pas de changement
		Absorption d'eau	%	0,5
Module d'élasticité	EN ISO 178	Contrainte	MPa	≥ 9000
				Curved Elements : ≥ 8000
Résistance à la flexion	EN ISO 178	Contrainte	MPa	≥ 1305000
				≥ 120
Résistance à la traction	ASTM D790-07	Contrainte	psi	≥ 17500
				≥ 70
Densité	EN ISO 1183 ASTM D638-08	Contrainte	MPa	≥ 10150
				psi
Densité	EN ISO 1183 ASTM D792-08	Densité	g/cm ³	$\geq 1,35$
				g/cm ³
Résistance des fixations	ISO 13894-1	Résistance à l'arrachement	N	$6 \text{ mm} : \geq 2000$
				$8 \text{ mm} : \geq 3000$
				$\geq 10 \text{ mm} : \geq 4000$
				$0.2362 \text{ in} : \geq 2000$
				$0.3150 \text{ in} : \geq 3000$
				$\geq 0.3937 \text{ in} : \geq 4000$

C.2 – CHARGES PERMANENTES

Bardeaux Tôle Aluminium 340 x 220 x 6 mm = 1,2 kg

Avec 21 bardeaux par m² = 25,2 kg/m²

Bardeaux Trespa 340 x 220 x 6 mm = 0,61 kg

Avec 21 bardeaux par m² = 12,8 kg/m²

Tasseautage support bardeaux 2 x 50 x 45 mm = 13,5 kg/m²

Tasseautage de ventilation = 4 kg/m²

Isolation = 10 kg/m²

Chevrons support tasseautage = 5kg/m²

La charge maximale sera sur les zones de bardage en 100% bardeau d'aluminium soit 57,7kg/m².

C.3 – SOLICITATION SISMIQUE

Zone 3 : $a_{gr} = 1.1 \text{ m/s}^2$

Bâtiment catégorie III : $\gamma_I = 1.2$

Sol classe A : $S = 1$

L'article 4.3.5, de l'EC8 partie indique :

(1)P Les éléments non structuraux (éléments accessoires) des bâtiments (par exemple, garde-corps, antennes, éléments mécaniques secondaires et équipements, murs rideaux, cloisons, clôtures) qui peuvent, en cas de rupture, exposer les personnes à des risques ou affecter la structure principale du bâtiment ou l'exploitation des installations présentant des risques particuliers, doivent être vérifiés — ainsi que leurs supports — en vue de résister à l'action sismique de calcul.

L'effet de l'action sismique engendrera une force horizontale égale :

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

$W_a = 57,7 \text{ kg/m}^2$ (bardage compris isolant tasseautage et chevronnage)

$\gamma_a = 1$

$q_a = 2$

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot [3 (1 + z/H) / (1 + (1 - T_a/T_1)^2) - 0,5]$$

$$\alpha = \frac{a_{g,A}}{g}$$

$$\alpha = 1,1 \times 1,2 / 9,81 = 0,135$$

$$z = H \text{ donc } = 1$$

$$T_a = T_1 \text{ donc } = 1$$

$$S_a = 5,5 \times \alpha \times S = 5,5 \times 0,135 \times 1 = 0,743$$

Donc $F_a = 0,743 \times 57,7 \times 1 / 2 = 21,5 \text{ daN/m}^2$

C.4 – SOLLICITATION CLIMATIQUE

Selon l'EC1 partie 1-4 et l'implantation du projet, on arrive à déterminer une pression dynamique de pointe :

- $q(9\text{m}) = 55,8 \text{ daN/m}^2$ (Pression minimal)
- $q(19,5\text{m}) = 76,6 \text{ daN/m}^2$ (Pression maximal)

Le coefficient de pression extérieur à retenir est égale à 1,4. Celui-ci sera le plus défavorable pour le calcul du bardage et des attaches.

Tableau 7.1 — Valeurs recommandées des coefficients de pression extérieure pour les murs verticaux des bâtiments à plan rectangulaire

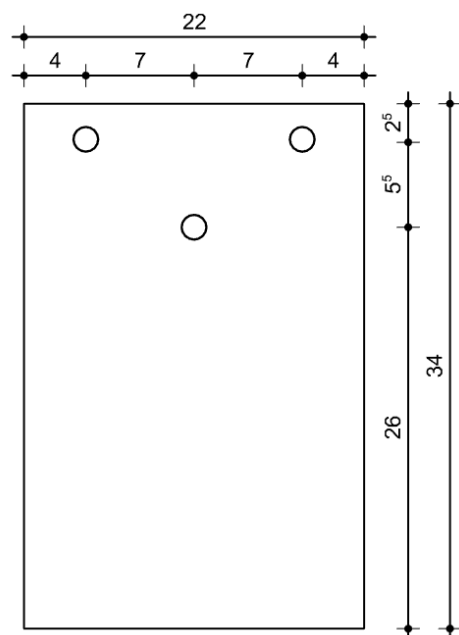
Zone	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	- 1,2	- 1,4	- 0,8	- 1,1	- 0,5		+ 0,8	+ 1,0	- 0,7	
1	- 1,2	- 1,4	- 0,8	- 1,1	- 0,5		+ 0,8	+ 1,0	- 0,5	
$\leq 0,25$	- 1,2	- 1,4	- 0,8	- 1,1	- 0,5		+ 0,7	+ 1,0	- 0,3	

Cela donne une pression sur les surface extérieur égale à :

$$w_e = 76,6 \times 1,4 = 107,3 \text{ daN/m}^2$$

Cet effort ne prend pas en compte le coefficient c_{scd} considéré égale à 1.

D – JUSTIFICATION



Les bardeaux, peu importe qu'ils soient en aluminium (neuf issu d'un excédent de chantier) ou en Trespa (réemploi de déconstruction), seront fixés en 3 point telle que le schéma ci-contre (cotation en centimètre). Le pré-perçage sera obligatoirement d'un diamètre supérieur à la vis.

La visserie utilisée devra être en aluminium pour éviter la corrosion des bardeaux alu. Nous allons considérer des vis alu de 5mm avec un pré-perçage de 6mm.

Selon les documents techniques de l'entreprise TRESPA, les distances au bord de perçage devront être à minimum 20mm et à maximum 10 x épaisseur du panneau soit pour 6mm = 60 mm de distance.

Pour les bardeaux alu et selon l'EC9-1-1, les distances au bord doivent être comprise entre 7,2mm et 64mm. L'entraxe entre les percements devront être compris maximum entre 13,2 mm et 200 mm.

Les résistances ultimes à la traction f_u ne sont pas fourni par ARTICONNEX. Par défaut, nous allons prendre en compte la valeur la plus défavorable définit par l'Eurocode 9 Q soit 100 MPa.

	H16 H26	≤ 4 3	175 160	195	1 3			0,32 0,35	0,59	B	43 24
3103	H14 H24	≤ 25 12,5	120 110	140	2 4	44	90	0,37 0,40	0,64	B	31 20
	H16 H26	≤ 4	145 135	160	1 2			0,30 0,33	0,56	B	48 28
	O/H111	≤ 50	35	100	15	35	100	1	1	B	5
5005/5005A	H12 H22/H32	$\leq 12,5$	95 80	125	2 4	44	100	0,46 0,55	0,80	B	18 11
	H14 H24/H34	$\leq 12,5$	120 110	145	2 3			0,37 0,40	0,69	B	25 17
5052	H12 H22/H32	≤ 40	160 130	210	4 5	80	170	0,50 0,62	0,81	B	17 10
	H14 H24/H34	≤ 25	180 150	230	3 4			0,44 0,53	0,74	B	19 11

D.1 – ARRACHEMENT DES VIS

Selon cette configuration de fixation, l'effort maximal de traction sera lors de l'action vent. L'effort maximale que subira 1vis sera de 21,2 daN à l'ELS. En pondérant cet effort par 1,5, on arrive à 31,8daN.

Selon l'EC9-1-4, article 8.3.3.2 :

$$F_{o,Rd} = 0,95 f_{u,sup} \sqrt{t_{sup}^3 \cdot d} / \gamma_{M3}$$

— $t_{sup} > 6 \text{ mm}$ et $f_{u,sup} > 250 \text{ N/mm}^2$ pour l'aluminium

$d = 5 \text{ mm}$

$$\gamma_{M3} = 1,25$$

$$F_{o,Rd} = 0,95 \times 250 \times \sqrt{(6^3 \times 5)} / 1,25 = 6981 \text{ N} > 698,1 \text{ daN}$$

Les vis de 5mm pourront reprendre l'effort.

D.2 – ARRACHEMENT DE LA TOLE

Selon l'EC9-1-4, article 8.3.3.1 :

$$F_{p,Rd} = 6,1 \alpha_L \alpha_E \alpha_M t f_u \sqrt{d_w / 22} / \gamma_{M3}$$

$$\gamma_{M3} = 1,25$$

$$\alpha_E = 1$$

$$\alpha_M = 0,8$$

$$\alpha_L = 1$$

$$t = 6 \text{ mm}$$

$$d = 5 \text{ mm}$$

$$f_u = 100 \text{ MPa}$$

$$F_{p,Rd} = 6,1 \times 1 \times 1 \times 0,8 \times 6 \times 100 \times \sqrt{5 / 22} / 1,25 = 1248,5 \text{ N} > 124,8 \text{ daN}$$

La condition est respectée car inférieur à 31,8daN.

D.3 – CISAILLEMENT DES VIS

L'effort maximal de cisaillement sera sous action sismique. L'effort maximale que subira 1vis sera de 2,5 daN à l'ELS. En pondérant cet effort par 1.5, on arrive à 3,8daN.

Selon l'EC9-1-4, article 8.3.1.3

$$F_{v,Rd} = 380 A_s / \gamma_{M3}$$

Cette formule est adaptée pour des vis en acier ou en acier inoxydable. Au lieu de 380 MPa, nous allons considérer une contrainte à 100MPa.

En considérant la vis de 5 mm :

$$F_{v,Rd} = 100 \times (\pi \times 5^2 / 4) / 1,25 = 1570,8 \text{ N soit } 157,1 \text{ daN}$$

Le cisaillement des vis est justifié.

D.4 – ARRACHEMENT EN BLOC

Selon l'EC9-1-1, article 8.5.2.2

$$V_{eff,1,Rd} = f_u A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) f_o A_{nv} / \gamma_{M1}$$

$$f_u = 100 \text{ Mpa}$$

$$A_{nt} = A_{nv} = 5 \times 6 = 30 \text{ mm}^2$$

$$\gamma_{M1} = 1,10$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$f_o = 30 \text{ Mpa}$$

$$V_{eff,1,Rd} = 100 \times 30 / 1,25 + (1 / \sqrt{3}) \times 30 \times 30 / 1,1 = 2400 + 472,38 = 2872,4 \text{ N soit } 287,2 \text{ daN}$$

Le bardeau est donc justifié car inférieur 3,8 daN.

E – CONCLUSION

L'Eurocode 9 n'est pas prévu pour des justifications de visserie aluminium. Nous avons adapté les calculs pour déterminer les comportements et les efforts que subiront ces habillages de façades. Cette note devra être validée par le BC avant diffusion aux entreprises.

Cette note de calcul n'est pas destinée au dimensionnement d'exécution. L'entreprise adjudicataire des travaux devra réaliser les modélisations, calculs et plans définitifs.

La proposition de vis trouvée chez le fournisseur Visexpress.com peut être variantée sous réserve d'emploi de vis alu ou de justification de la corrosion par électrolyte.

Lien vers le modèle de vis :

www.vis-express.fr/vis-florale/24629-952008-vis-florale-tete-ronde-large-pozi-2-5x45-aluminium-ra9010-blanc-pur.html#/21-conditionnement-1_piece