

Avis de solidité



Diagnostic et évaluation de la capacité portante Structure de charpente bois Résidence universitaire Les Landes – Nantes (44)



Rapport destiné à : CROUS DE NANTES
2 boulevard Guy Mollet
Bp 52213 44322 nantes cedex 3

Auteur : Sebastian FUENTES – 06 07 58 66 96
sebastian.fuentes@socotec.com

Date du rapport : 22/04/2025

N° de dossier : 2504 IDATL 000007

Référence : IDALT/25/010 - SF

SOCOTEC CONSTRUCTION
834 157 513 RCS Versailles
Direction des Solutions Techniques et de l'Innovation
5 place des Frères Montgolfier
CS 20732 - Guyancourt
78182 St-Quentin-en-Yvelines Cedex
Tél. : 01 30 12 83 09 – www.socotec.fr

Table des matières

Introduction.....	3
Description de la charpente	4
Partie 1 : Diagnostic visuel	5
1.1 Méthodologie de diagnostic.....	5
1.2 Résultats de diagnostic.....	5
Partie 2 : Evaluation de la capacité portante	10
2.1 Hypothèses de calcul.....	10
2.2 Cadre normatif.....	10
2.3 Modélisation de la charpente.....	10
2.4 Cas de charges	11
2.5 Combinaisons de charges	13
2.6 Vérification à Eurocode 5	14
Conclusions.....	16

Introduction

Ce rapport présente les résultats du diagnostic et de l'évaluation de la capacité portante de la structure de charpente bois des 8 bâtiments de la résidence universitaire Les Landes situé à Nantes (44).

Les charpentes en étude correspondent à celles des toitures à comble habitable à 4 versants (Figure 1). Le diagnostic a été réalisé le 14/04/2025. Les inspections ont porté uniquement sur les zones accessibles depuis les trappes d'accès aux combles (Figure 2).



Figure 1. Bâtiments diagnostiqués

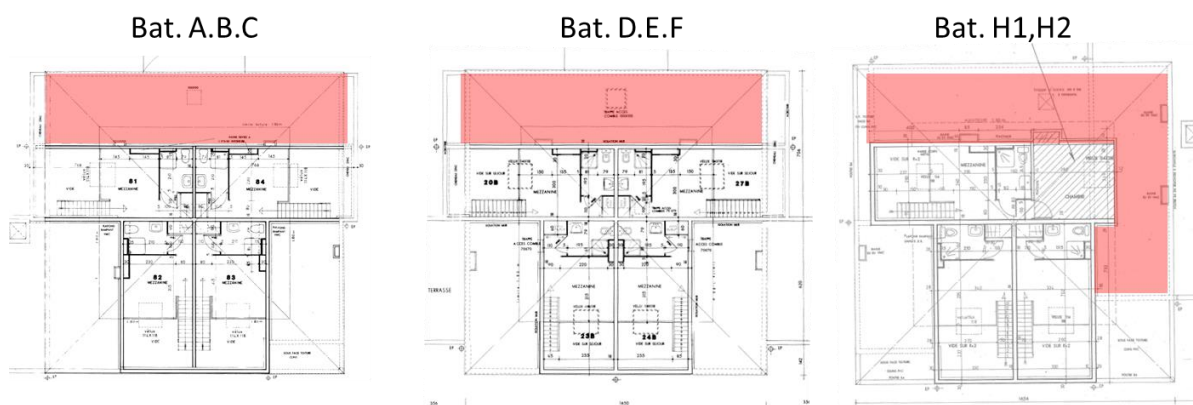


Figure 2. Zones (rouge) accessibles et inspectés

Description de la charpente

La charpente de toiture est composée d'arbalétriers et d'entretoises servant de support aux chevrons et aux liteaux de la couverture en ardoise. D'après les observations réalisées sur site et l'analyse des plans d'architecture, il est supposé que la distribution des éléments porteurs suit le schéma présenté à la Figure 3.

Cette configuration ne correspond pas exactement à l'ensemble des charpentes, mais elle est considérée comme sécuritaire pour l'évaluation de la capacité portante par calcul.

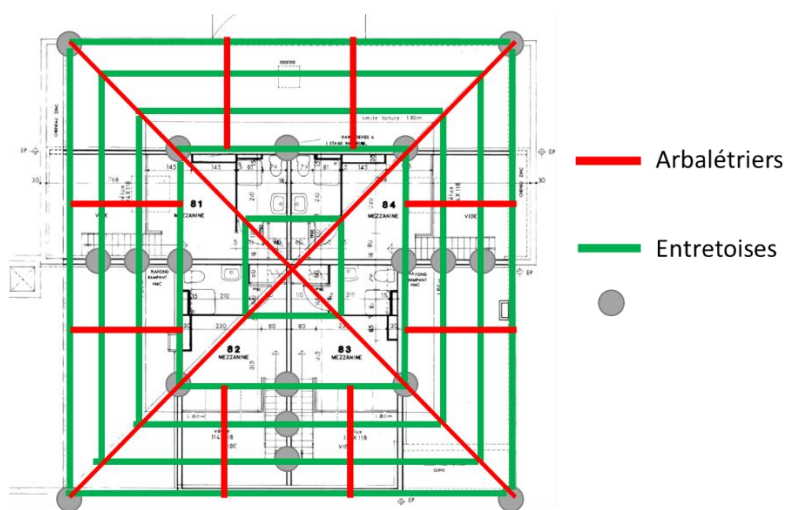


Figure 3. Hypothèse de distribution des de la charpente

Partie 1 : Diagnostic visuel

Cette partie présente le diagnostic visuel réalisé sur site.

1.1 Méthodologie de diagnostic

La méthodologie de diagnostic de l'état de conservation de la charpente repose sur un examen visuel des éléments en bois accessibles depuis les trappes d'accès aux combles des huit bâtiments.

Des mesures des taux d'humidité ont également été réalisées à l'aide d'un humidimètre professionnel adapté au bois.

En complément, un relevé des cotes et des sections a été effectué afin de permettre l'évaluation par calcul de la capacité portante de la charpente (voir partie 2 du présent rapport).

1.2 Résultats de diagnostic

Etat pathologique d'origine biologique

L'analyse de cet état pathologique cherche des indices de présence (active ou ancienne) d'insectes et champignons xylophages pouvant compromettre la tenue mécanique des bois. À ce sujet, les résultats sont les suivants :

- Aucun indice d'attaque d'insectes xylophages (termites, capricornes, vrillettes, etc.),
- Aucun indice d'attaque fongique (champignons lignivores)
- Les combles des 8 bâtiments inspectés sont bien ventilés. L'humidité moyenne du bois mesuré est d'environ 11 % (min 10 %, max 12 %), ce qui confirme que les conditions correspondent à la classe de service et d'emploi 1. Le risque de développement de champignons reste improbable dans l'état actuel, sauf en cas de prise d'humidité locale due à une défaillance de la couverture.



Figure 4. Charpente sans indice de pathologie d'origine biologique

Salubrité

L'analyse de l'état de salubrité vise à repérer tout développement de moisissures pouvant affecter la qualité de l'air et la salubrité des espaces sous combles. À ce sujet, les résultats sont les suivants :

- Aucune trace visible de développement de moisissures sur le bois ou sur les murs.



Figure 5. Taches de mortier de ciment sur le bois, ce n'est pas de la moisissure

Etat mécanique apparente

L'analyse de l'état mécanique apparent vise à repérer la présence de fissures préjudiciables, de ruptures, de déformations excessives ou de désordres dans les assemblages pouvant compromettre la stabilité de la charpente. À ce sujet, les constats sont les suivants :

- L'état général est satisfaisant. Des fentes et petites fissures de dessiccation, ainsi que des poches de résine, sont observées sur certaines pièces. Ces fissures, liées au séchage du bois, sont courantes et n'ont généralement qu'un impact limité sur la tenue mécanique. Elles traduisent toutefois une qualité du bois un peu hétérogène.



Bât. A



Bât. C

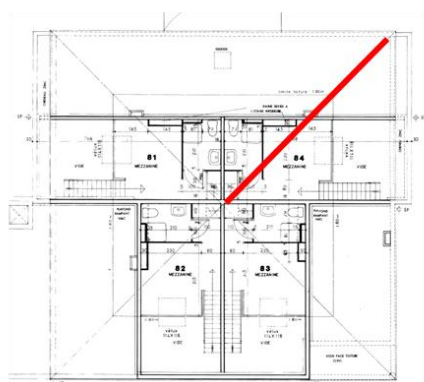
Figure 6. Exemple de fissures de dessiccation sans incidence sur la résistance globale de la charpente



Figure 7. Poches de résine et bois scié présentant une qualité médiocre.

- Une seule section bois (arbalétrier), située dans le bâtiment B, présente un nombre important de fissures de dessiccation. La teinte grisâtre de cette pièce indique une exposition prolongée à l'humidité et aux UV, probablement lors de son stockage (sur chantier ou en usine). Cette exposition pourrait expliquer les nombreuses fissures observées.

Bien qu'aucun signe de faiblesse mécanique critique n'ait été constaté, il est recommandé d'appliquer une mesure préventive, telle qu'une injection de résine ou un renfort par placage.

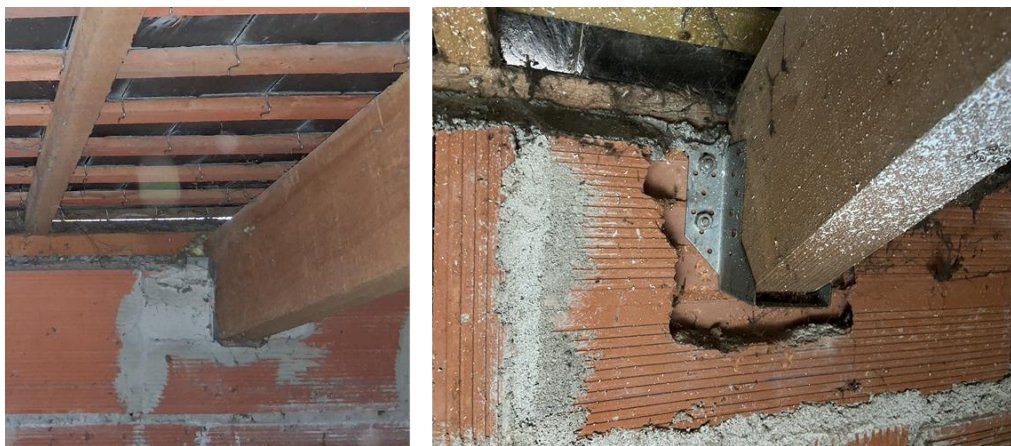


Bât. B.

Figure 8. Arbalétrier bâtiment B avec des nombreuses fissures de dessiccation.

- Aucune autre fissure traversante ou préoccupante n'a été observée sur les pièces principales de la charpente (arbalétriers, pannes, entretoises).

- Les assemblages sont réalisés soit à l'aide de sabots métalliques, soit par pointes lardées. Certains assemblages par sabots métalliques fixés sur la maçonnerie présentent une exécution quelque peu approximative, mais ne montrent pas de signes de faiblesse structurelle



Bât. A - OK

Bât. D, E, F, H1, H2

Figure 9. Assemblages par sabot métallique sur maçonnerie.

- La plupart des assemblages par pointes lardées (bâtiments A, B et C) ne présentent pas de pathologies. Seuls deux assemblages des entretoises sur arbalétrier du bâtiment B présentent une fissuration anormale, due à la dessiccation du bois et à une exécution peu soignée.

Ces anomalies ne sont pas critiques à court terme, mais doivent être reprises lors des futurs travaux d'entretien du bâtiment. Les assemblages peuvent être sécurisés par la mise en place de vis de frettage.



Figure 10. Assemblages par pointes lardées (entretoises sur arbalétriers).

- **Une panne (chevron) du bâtiment E présente une rupture** à réparer rapidement. Cette rupture ne compromet pas nécessairement la stabilité globale de la charpente, mais elle peut altérer l'étanchéité de la toiture et favoriser le développement de moisissures ou de champignons.

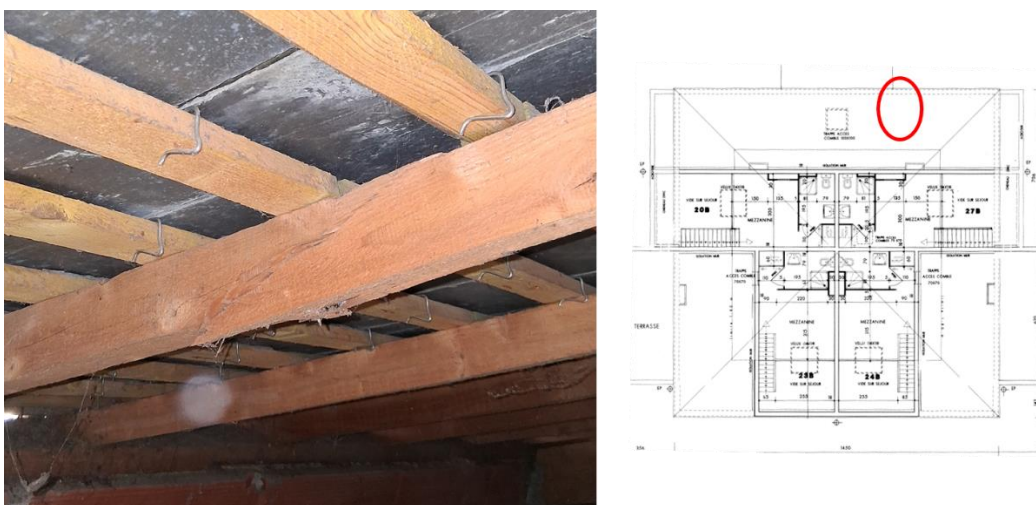


Figure 11. Rupture de chevron bâtiment E

- Aucune déformation préoccupante du au fluage ou surcharge sur la structure.

Autres observations

- Des chutes d'isolant ont été constatées dans les combles des bâtiments E et H1. **Il est nécessaire de rétablir une continuité de l'isolation** afin d'éviter des phénomènes de condensation de vapeur d'eau sur les parois froides, pouvant entraîner à terme des moisissures ou un développement fongique sur la structure bois.



Bât. E

Bât. H1

Figure 12. Chute des isolants, due à l'utilisation d'un matériau non adaptée à une pose collée sur mur.

Partie 2 : Evaluation de la capacité portante

Les paragraphes suivants présentent les hypothèses et la méthodologie de calcul utilisées pour vérifier la solidité de la structure des charpentes bois des bâtiments inspectés et relevés. La vérification est réalisée aux normes Eurocode, ce qui permet aussi de valider la conception aux anciennes normes CB71.

2.1 Hypothèses de calcul

- Les vérifications sont réalisées en situation à froid et en conditions statiques ; les situations d'incendie et de séisme ne sont pas prises en compte.
- Le relevé exhaustif n'a été possible que sur les parties accessibles des combles. Le modèle de calcul repose sur des hypothèses conservatrices valables pour l'ensemble des versants de toiture. Autrement dit, sur la base des observations réalisées sur site et des plans d'architecture, un modèle de charpente « minimale » a été élaboré.
- Matériau : bois massif, épicéa – classe mécanique C24
- Toutes les pièces sont modélisées comme bi-articulées.
- Il est considéré que les murs en maçonnerie assurent un appui aux arbalétriers et entretoises.

2.2 Cadre normatif

- Eurocode 0 – NF EN 1990 : Base de calcul des structures
- Eurocode 1 – NF EN 1991 : Actions sur les Structures
 - NF EN 1991-1-3 : Action générales
 - NF EN 1991-1-3 : Action de la neige
 - NF EN 1991-1-4 : Action du vent
- Eurocode 5 – NF EN 1995 1-1 : Calcul des structures en bois

2.3 Modélisation de la charpente

Bien qu'il existe une légère différence dans la disposition des arbalétriers courts entre les bâtiments A, B, C, H et les bâtiments D, E, F, et que seulement un quart de la toiture ait été accessible pour le relevé, un modèle générique unique, représentatif de l'ensemble des toitures, a été élaboré (Figure 13)

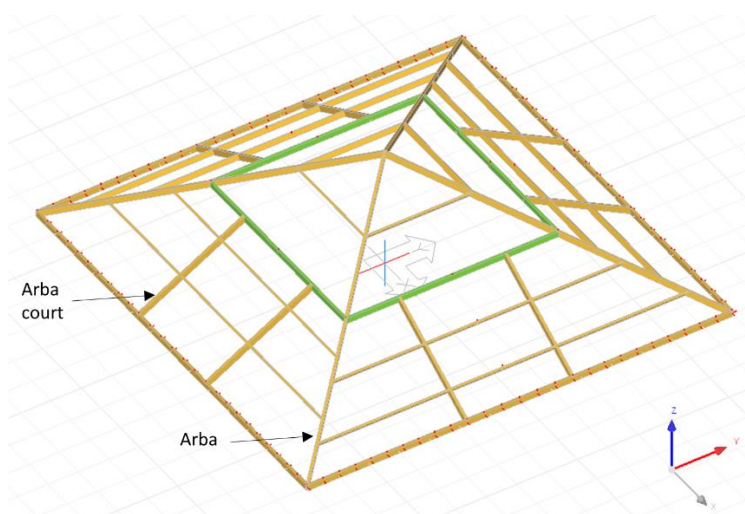


Figure 13. Modèle de calcul de toiture.

2.4 Cas de charges

- **Cas G** : Poids propre
 - Pièces bois calculé automatiquement par le logiciel en fonctions des sections et de la densité du matériaux bois (C24 : 420 kg/m^3).
 - Couverture en ardoise + lambourdes + lattes : 30 DaN/m^2

- **Cas S** : Neige
 - Région de neige : A1
 - Altitude : 20m
 - Neige au sol : 45 DaN/m^2

- **Cas W** : Vent
 - Région de vent : 3
 - Catégorie de terrain : IV (Zone urbaine dense)
 - Hauteur du bâtiment : 13m
 - Pression dynamique de pointe : 530Pa (53 DaN/m^2)

Le détail des charges climatiques est présenté par la suite

Charges de vent

Région		3	?
Catégorie de terrain définissant la rugosité		(IV) Zone urbaine dense	?
Type d'obstacles constituant l'orographie du site		Terrain plat ou de faible pente (Inférieur à 5%)	?
Hauteur de calcul de la pression dynamique du vent Attention : Cette valeur peut être modifiée dans les études du projet en fonction des hauteurs de constructions considérées			13 m

Valeur de la pression dynamique de pointe

☒ Voir rapport détaillé

Vitesse de référence du vent

v_b	26 m/s	$v_b = c_{dir} c_{season} c_{prob} v_{b,0} = 1 \times 1 \times 1 \times 26 = 26 \text{ m/s}$
c_{prob}	1	$c_{prob} = \left(\frac{1 - k \cdot \ln(-\ln(1-p))}{1 - k \cdot \ln(-\ln(0.98))} \right)^n = \left(\frac{1 - 0,15 \cdot \ln(-\ln(1-1/50))}{1 - 0,15 \cdot \ln(-\ln(0.98))} \right)^{0,5} = 1$

Rugosité du terrain : (IV) Zone urbaine dense

$c_r(z)$	0.63	$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0.23 \cdot \ln\left(\frac{15}{1}\right) = 0.63$
k_r	0.23	$k_r = 0.19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0.07} = 0.19 \left(\frac{1}{0.05}\right)^{0.07} = 0.23$
z	15 m	$z = \text{Min}(z_{max}, \text{Max}(z_{user}, z_{min})) = \text{Min}(200, \text{Max}(13, 15)) = 15 \text{ m}$

Orographie du terrain : Terrain plat ou de faible pente (Inférieur à 5%)

$c_o(z)$	1	-
----------	---	---

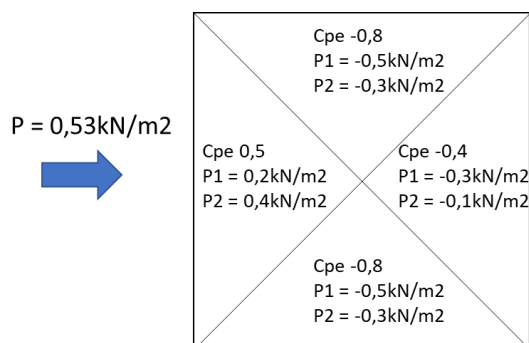
Turbulence du vent

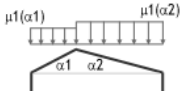
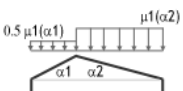
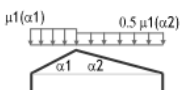
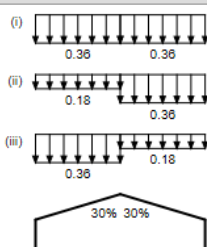
$l_v(z)$	0.32	$l_v(z) = \frac{k_l}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} = \frac{0.85}{1 \cdot \ln(15/1)} = 0.32$
k_l	0.85	$k_l = 1 - 2.10^{-4} (\log_{10}(z_0) + 3)^6 = 1 - 2.10^{-4} (\log_{10}(1) + 3)^6 = 0.85$

Pression dynamique de pointe pour la hauteur de calcul z

$q_p(z)$	0.53 kN/m ²	$q_p(z) = [1 + 7 \cdot l_v(z)] \frac{1}{2} \rho v_m^2 = [1 + 7 \times 0.32] \frac{1}{2} 1.23 \times 16.5^2 = 0.53 \text{ kN/m}^2$
$v_m(z)$	16.5 m/s	$v_m = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b = 0.63 \times 1 \times 26 = 16.5 \text{ m/s}$

Pression de vent sur toiture :



Charges de neige S (Normale), Sa (Accidentelle)		
Valeur caractéristique (s_k) et exceptionnelle (s_{Ad}) de la charge de neige sur le sol pour l'altitude considérée Région de neige : A1 ; Altitude du site : 20m		
s_k	0.45kN/m ²	$s_k = s_{k0} = 0.45kN/m^2$
s_{Ad}	0kN/m ²	$s_{Ad} = C_{est} s_{k0} = 0 \times 0.45 = 0kN/m^2$
Coefficients		
C_e	1	Coefficient d'exposition (Site normal)
C_t	1	Coefficient thermique
Sans dispositifs de retenue de neige		
Cas de neige : S1		
		Versant gauche $S = \mu_1 C_t C_e s_k = 0.8 \times 1 \times 1 \times 0.45 = 0.36kN/m^2$ $\mu_1 = 0.8$ Versant droite $S = \mu_1 C_t C_e s_k = 0.8 \times 1 \times 1 \times 0.45 = 0.36kN/m^2$ $\mu_1 = 0.8$
Cas de neige : S2		
		Versant gauche $S = 0.5 (\mu_1 C_t C_e s_k) = 0.5 \times (0.8 \times 1 \times 1 \times 0.45) = 0.18kN/m^2$ $\mu_1 = 0.8$ Versant droite $S = \mu_1 C_t C_e s_k = 0.8 \times 1 \times 1 \times 0.45 = 0.36kN/m^2$ $\mu_1 = 0.8$
Cas de neige : S3		
		Versant gauche $S = \mu_1 C_t C_e s_k = 0.8 \times 1 \times 1 \times 0.45 = 0.36kN/m^2$ $\mu_1 = 0.8$ Versant droite $S = 0.5 (\mu_1 C_t C_e s_k) = 0.5 \times (0.8 \times 1 \times 1 \times 0.45) = 0.18kN/m^2$ $\mu_1 = 0.8$
Neige "normale" : Situation de projet durable / transitoire (kN/m ²)		
		

2.5 Combinaisons de charges

Les cas de charge considèrent 16 combinaisons de charge ELU. Ces combinaisons sont dérivées des suivantes combinaisons de base :

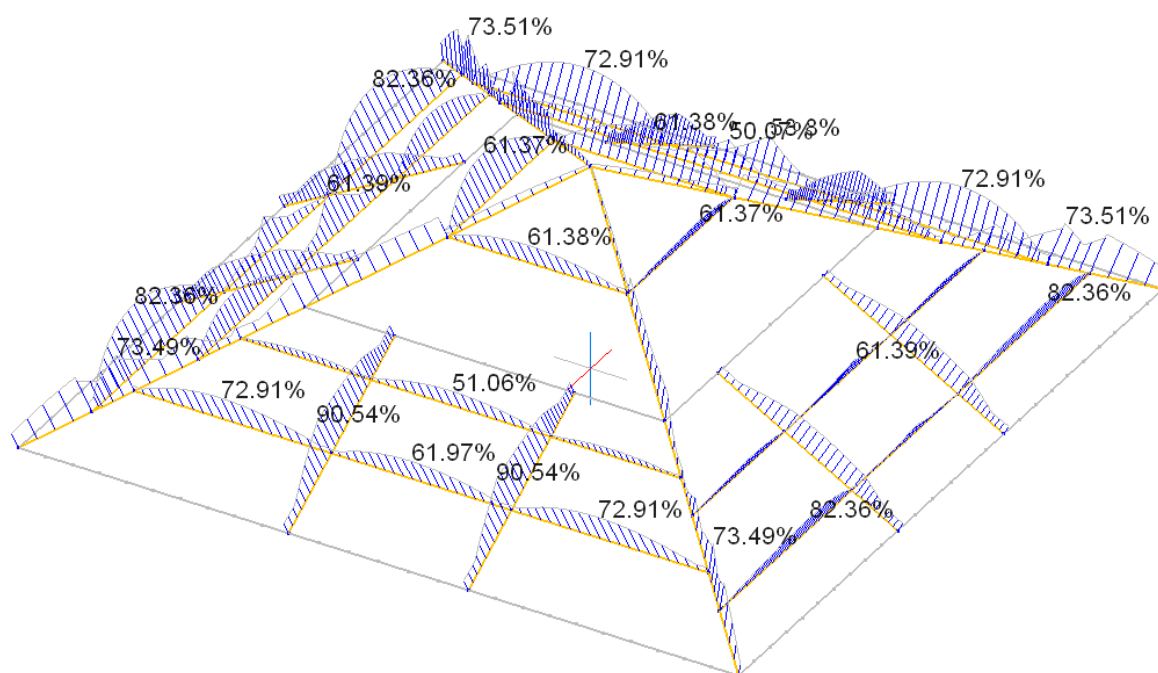
- 1.35G
- 1.35G + 1.5S
- 1.35G + 1.5S+0.9W
- 1.35G + 1.5WS
- 1.35G + 1.5WS+0.75S
- 1.00G
- 1.00G + 1.5S
- 1.00G + 1.5S+0.9W

- 1,00G + 1.5WS
- 1,00G + 1.5WS+0.75S

2.6 Vérification à Eurocode 5

Charpente porteuse

La Figure 14 présente la distribution des taux de travail sur toutes les pièces porteuses de la charpente.



ELU Piece=90.54% (N0 34)

Figure 14. Distribution de taux de travail sur la charpente de toiture.

Les tableaux ci-dessous présentent les taux de travail maximaux de pièces porteuses des charpentes

EC5 : Pièces de bois standard / Groupe : Arbas Long							
Propriétés de la pièce			Résultats ELU (Résistances)				Résultats ELS (Flèches)
Pièce	Section	Matériau	Axial-Flexion	Cisaillement	Flambement	Déversement	Flèches instantanées
10	R7.5x19	C24	58.89%	17.18%	73.49%	60.23%	11.98% (4.26mm)
11	R7.5x19	C24	58.89%	17.18%	73.49%	60.23%	11.98% (4.26mm)
12	R7.5x19	C24	58.89%	17.18%	73.52%	60.21%	16.67% (5.93mm)
13	R7.5x19	C24	58.89%	17.18%	73.52%	60.21%	16.67% (5.93mm)

EC5 : Pièces de bois standard / Groupe : Arbas courts							
Propriétés de la pièce			Résultats ELU (Résistances)				Résultats ELS (Flèches)
Pièce	Section	Matériau	Axial-Flexion	Cisaillement	Flambement	Déversement	Flèches instantanées
29	R7.5x19	C24	47,91%	16,76%	48,71%	11,89%	41,2% (5,54mm)
30	R7.5x19	C24	47,91%	16,76%	48,71%	11,89%	41,2% (5,54mm)
31	R7.5x19	C24	45,46%	18,47%	45,50%	27,81%	69,77% (9,37mm)
32	R7.5x19	C24	45,46%	18,47%	45,50%	27,77%	69,72% (9,37mm)
33	R7.5x20	C24	81,89%	28,72%	67,30%	2,18%	80,6% (10,83mm)
34	R7.5x20	C24	81,89%	28,72%	67,30%	2,18%	80,6% (10,83mm)
59	R7.5x19	C24	45,46%	18,47%	45,50%	27,77%	69,72% (9,37mm)
61	R7.5x19	C24	45,46%	18,47%	45,50%	27,81%	69,77% (9,37mm)

EC5 : Pièces de bois standard / Groupe : Entretoises							
Propriétés de la pièce			Résultats ELU (Résistances)				Résultats ELS (Flèches)
Pièce	Section	Matériau	Axial-Flexion	Cisaillement	Flambement	Déversement	Flèches instantanées
35	R6x16	C24	51,06%	12,84%	-	-	36,26% (4,23mm)
36	R6x16	C24	61,97%	15,60%	-	-	44,41% (5,18mm)
37	R6x16	C24	24,04%	8,32%	-	-	12,57% (1,06mm)
38	R6x16	C24	72,91%	16,76%	-	-	56,92% (7,27mm)
39	R6x16	C24	24,04%	8,32%	-	-	12,57% (1,06mm)
40	R6x16	C24	72,91%	16,76%	-	-	56,92% (7,27mm)
52	R6x16	C24	82,36%	13,65%	-	-	67,42% (9,79mm)
53	R6x16	C24	82,36%	13,65%	-	-	67,42% (9,79mm)
54	R6x16	C24	41,51%	9,78%	-	-	24,27% (2,47mm)
55	R6x16	C24	41,51%	9,78%	-	-	24,27% (2,47mm)
65	R6x16	C24	82,36%	13,65%	-	-	67,42% (9,79mm)
66	R6x16	C24	82,36%	13,65%	-	-	67,42% (9,79mm)
67	R6x16	C24	41,51%	9,78%	-	-	24,27% (2,47mm)
68	R6x16	C24	41,51%	9,78%	-	-	24,27% (2,47mm)
69	R6x16	C24	50,07%	10,43%	-	-	10,85% (1,27mm)
70	R6x16	C24	58,80%	12,41%	-	-	13,04% (1,52mm)
71	R6x16	C24	24,04%	6,84%	-	-	7,05% (0,59mm)
72	R6x16	C24	72,91%	13,70%	-	-	31,9% (4,08mm)
73	R6x16	C24	24,04%	6,84%	-	-	7,05% (0,59mm)
74	R6x16	C24	72,91%	13,70%	-	-	31,9% (4,08mm)
75	R6x16	C24	46,37%	10,26%	-	-	11,78% (1,37mm)
76	R6x16	C24	61,39%	12,51%	-	-	13,47% (1,57mm)
77	R6x16	C24	61,39%	12,51%	-	-	13,47% (1,57mm)
78	R6x16	C24	46,37%	10,26%	-	-	11,78% (1,37mm)
82	R6x16	C24	61,38%	15,40%	-	-	43,83% (5,11mm)
83	R6x16	C24	61,37%	12,58%	-	-	40,94% (4,78mm)
84	R6x16	C24	61,38%	12,58%	-	-	24,56% (2,87mm)
85	R6x16	C24	61,37%	12,58%	-	-	40,94% (4,78mm)

Panne chevron

La Figure 14 présente la distribution des taux de travail les chevrons de couverture.

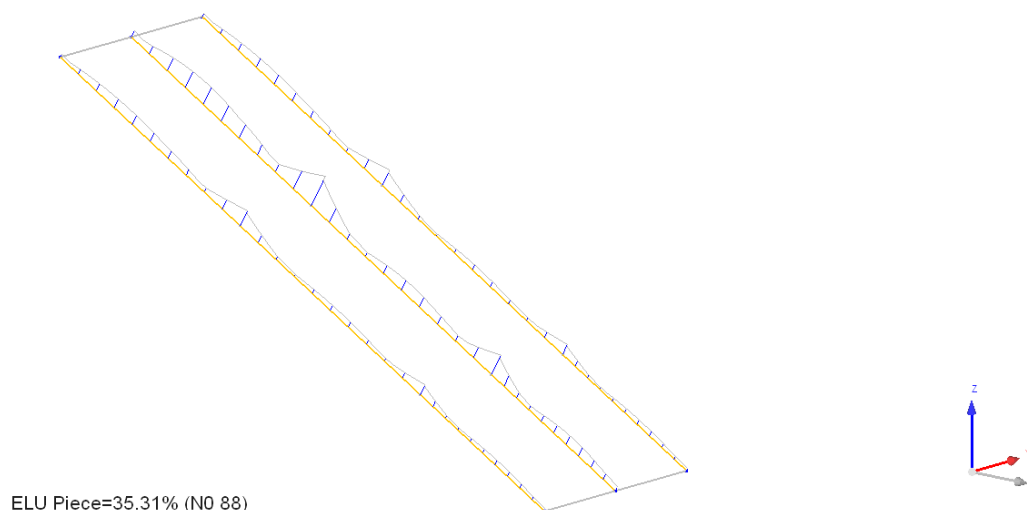


Figure 15. Distribution de taux de travail sur les chevrons de couverture.

Le tableau ci-dessous présentent les taux de travail maximaux des chevrons.

EC5 : Pièces de bois standard / Groupe : Pièces hors groupes typés						
Propriétés de la pièce			Résultats ELU (Résistances)			Résultats ELS (Flèches)
Pièce	Section	Matériau	Axial-Flexion	Cisaillement	Flambement	Flèches instantanées
88	R4x6	C24	30,24%	11,59%	35,31%	10,25% (1,38mm)

Tous les taux de travail sont inférieurs à 100%

Conclusions

Le diagnostic réalisé sur la toiture indique que la charpente bois ne présente, de manière générale, aucun désordre critique visible.

Cependant les actions correctives à traiter rapidement sont :

- **Réparation du chevron cassé dans le bâtiment E**
- **Remise en place de l'isolation des murs sous combles**

Les actions préventives à envisager à moyen terme sont :

- **Réparation des fissures de dessiccation dans le bâtiment B**
- **Renforcement des assemblages fissurés dans le bâtiment B**

Par ailleurs, sur la base des hypothèses retenues et des calculs effectués conformément aux normes Eurocodes, les taux de sollicitation de la charpente restent inférieurs à 100 %, tant en résistance qu'en déformation.

La structure de la charpente est donc correctement dimensionnée et apte à résister aux charges permanentes (poids propre) et aux charges climatiques correspondantes à la situation des bâtiments.

SOCOTEC CONSTRUCTION

834 157 513 RCS Versailles

Direction des Solutions Techniques et de l'Innovation

5 place des Frères Montgolfier

CS 20732 - Guyancourt

78182 St-Quentin-en-Yvelines Cedex

Tél. : 01 30 12 83 09 – www.socotec.fr
S. FUENTES

Sebastian FUENTES
Expert national structures bois