

DONNÉES CHANTIER

Nom du dossier :	Non renseigné
Référence du dossier :	Non renseigné
Adresse du chantier :	Non renseigné
Catégorie d'exploitation :	A — Habitation, résidentiel ($\psi_0=0.7 \cdot \psi_2=0.3$)
Altitude :	200 m
Zone de neige :	A1
Région de vent :	2
Zone sismique :	Non renseigné

SYNTHÈSE

ÉLÉMENT CALCULÉ

Nom élément :	PERC-02-renfort
Matériau :	GL24h
Section (mm) :	200.0 / 600.0
Configuration :	Poutre sur 2 appuis
Longueur :	860.00 cm
Entraxe / Bande de chargement :	60.00 cm
Coupe en pied :	Appui gauche : h_{ef} 210 mm (entaille de 390 mm) Appui droit : h_{ef} 210 mm (entaille de 390 mm) face opposée à l'appui (extrados) — $k_v = 1,00$ Appui gauche — flexion à bord biais : 73 % ($k_{m,\alpha} = 0,458$) — §6.4.2, contrôle affiché, non bloquant Appui droit — flexion à bord biais : 73 % ($k_{m,\alpha} = 0,458$) — §6.4.2, contrôle affiché, non bloquant

RÉSULTAT GLOBAL

Taux / Critère dimensionnant :	89,1 %
	Critère : Cisaillement
Perçage :	Perçage n° 1 ✓ 45,6 % renfort exigé Perçage n° 2 ✓ 48,2 % renfort exigé Perçage n° 3 ✓ 44,3 % renfort exigé
Conformité :	Poutre conforme sous condition — renfort CP exigé sur le perçage n° 1, n° 2, n° 3

CARACTÉRISTIQUES MATÉRIAUX — GL24H

Classe de service du bâtiment : SC1

CONTRAINTES CARACTÉRISTIQUES

Contrainte de Flexion ($f_{m,k}$) :	240.00 daN/cm ²
Contrainte de Cisaillement / Roulant ($f_{v,k}$ / $f_{r,k}$) :	35.00 daN/cm ²
Compression Axiale ($f_{c,0,k}$) :	240.00 daN/cm ²
Traction Axiale ($f_{t,0,k}$) :	192.00 daN/cm ²
Compression Transversale ($f_{c,90,k}$) :	25.00 daN/cm ²
Traction Transversale ($f_{t,90,k}$) :	5.00 daN/cm ²

MODULES D'ÉLASTICITÉ

Module moyen Axial ($E_{0,mean}$) :	115000.00 daN/cm ²
Module au fractile 5 % ($E_{0,05}$) :	96000.00 daN/cm ²
Module moyen Transversal ($E_{90,mean}$) :	3000.00 daN/cm ²
Module moyen de Cisaillement (G_{mean}) :	6500.00 daN/cm ²

DENSITÉ & GÉOMÉTRIE

Densité Matière (masse moyenne) :	420.00 kg/m ³
Élancement maximum :	180

Volume : 1.032 m³ Poids : 433.44 kg

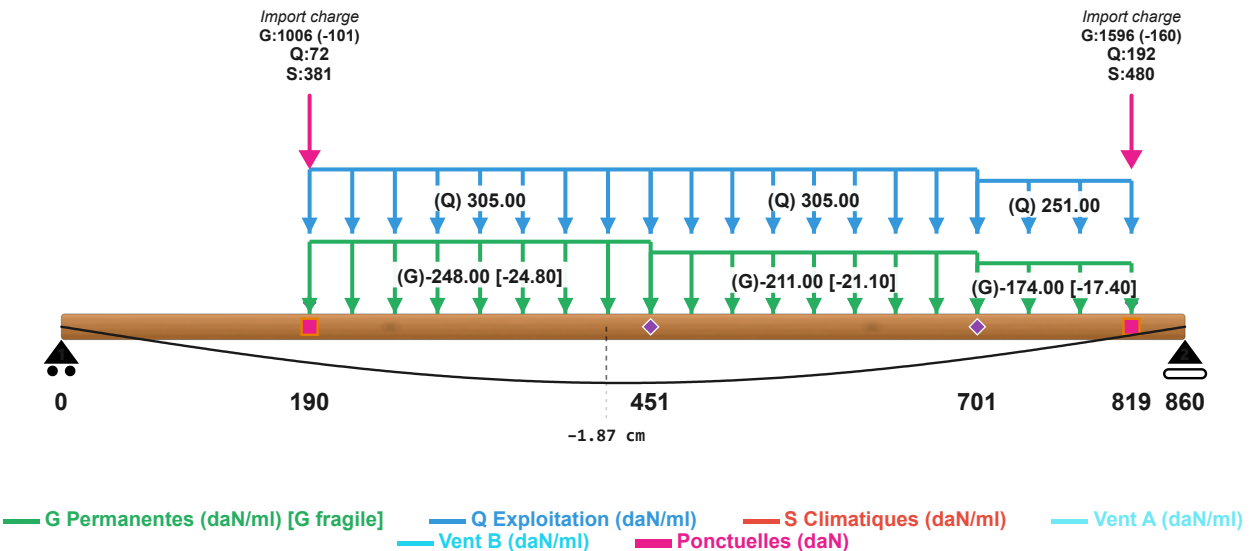
DÉFINITION DES BARRES

Unités : cm

Barres	Epaisseur	Retombée	Longueurs Réelle	Fib Perp	Fib Plan	Devers. H	Devers. B
1-2	20.00	60.00	860.00	860.00	860.00	860.00	860.00

Longueur Poutre 860.0 cm (à l'axe des appuis)

DIAGRAMME DES CHARGES



DÉFINITION DES FLÈCHES

Travée	Flèches limites			Contre-Flèches	
	Wnet,fin	Winst,Q	W2	Wc	Wfin
1/2	L/200	L/300	L/1000 + 5.0 mm	----	----

CHARGES RÉPARTIES LINÉAIRES (DAN/M)

Barres	Entraxe	Perm. Totale	Perm. Fragile	Neige	Expl
1-2	---	-696.3	-63.3	0.0	-861.0 (A)

Perm. Totale inclut les charges fragiles

CHARGES PONCTUELLES (DAN)

Dénomination	Pos X (cm)	Perm. Totale	Perm. Fragile	Neige	Exploitation
Import charge	190.00	-1006.00	-100.60	-381.00	-72.00
Import charge	819.00	-1596.00	-159.60	-480.00	-192.00

FLEXION + COMPRESSION/TRACTION SUR TRAVÉES

Cas ELU 1 : 1.35*Permanente

Travée	Moment (daN.cm)	τ_d calculée (daN/cm ²)	Résistance $f_{m,d}$ (daN/cm ²)	Kmod	γ_M	kh	Taux travail
1/2	-493444	41.12	115.20	0.60	1.25	1.00	35,7 %

Cas ELU 2 : 1.35*Permanente + 1.5*Neige

Travée	Moment (daN.cm)	τ_d calculée (daN/cm ²)	Résistance $f_{m,d}$ (daN/cm ²)	Kmod	γ_M	kh	Taux travail
1/2	-567791	47.32	172.80	0.90	1.25	1.00	27,4 %

Cas ELU 8 : 1.35*Permanente + 1.5*Expl. Plancher

Travée	Moment (daN.cm)	τ_d calculée (daN/cm ²)	Résistance $f_{m,d}$ (daN/cm ²)	Kmod	γ_M	kh	Taux travail
1/2	-881071	73.42	153.60	0.80	1.25	1.00	47,8 %

Cas ELU 15 : 1.35*Permanente + 1.5*Neige + 1.05*Expl. Plancher

Travée	Moment (daN.cm)	τ_d calculée (daN/cm ²)	Résistance $f_{m,d}$ (daN/cm ²)	Kmod	γ_M	kh	Taux travail
1/2	-835614	69.63	172.80	0.90	1.25	1.00	40,3 %

Cas ELU 32 : 1.35*Permanente + 1.5*Expl. Plancher + 0.75*Neige

Travée	Moment (daN.cm)	τ_d calculée (daN/cm ²)	Résistance $f_{m,d}$ (daN/cm ²)	Kmod	γ_M	kh	Taux travail
1/2	-916336	76.36	172.80	0.90	1.25	1.00	44,2 %

CONTRAINTE DE CISAILLEMENT + EFFORTS AUX MOMENTS NULS

Cas ELU 1 : 1.35*Permanente

Travée	Tranchant (daN)	τ_d calculée (daN/cm ²)	Résistance $f_{v,d}$ (daN/cm ²)	Kcr	Kmod	γ_M	Taux Travail
1/2	3686.5	13.17	16.80	1.00	0.60	1.25	78,4 %

Cas ELU 2 : 1.35*Permanente + 1.5*Neige

Travée	Tranchant (daN)	τ_d calculée (daN/cm ²)	Résistance $f_{v,d}$ (daN/cm ²)	Kcr	Kmod	γ_M	Taux Travail
1/2	4498.4	16.07	25.20	1.00	0.90	1.25	63,8 %

Cas ELU 8 : 1.35*Permanente + 1.5*Expl. Plancher

Travée	Tranchant (daN)	τ_d calculée (daN/cm ²)	Résistance $f_{v,d}$ (daN/cm ²)	Kcr	Kmod	γ_M	Taux Travail
1/2	5588.3	19.96	22.40	1.00	0.80	1.25	89,1 %

Cas ELU 15 : 1.35*Permanente + 1.5*Neige + 1.05*Expl. Plancher

Travée	Tranchant (daN)	τ_d calculée (daN/cm ²)	Résistance $f_{v,d}$ (daN/cm ²)	Kcr	Kmod	γ_M	Taux Travail
1/2	5829.7	20.82	25.20	1.00	0.90	1.25	82,6 %

Cas ELU 32 : 1.35*Permanente + 1.5*Expl. Plancher + 0.75*Neige

Travée	Tranchant (daN)	τ_d calculée (daN/cm ²)	Résistance $f_{v,d}$ (daN/cm ²)	Kcr	Kmod	γ_M	Taux Travail
1/2	5994.3	21.41	25.20	1.00	0.90	1.25	85,0 %

FLÈCHES SUR TRAVÉES (CM)

Cas ELS 1 : Permanente + 0.3*Expl. Plancher

Travée	Wnet,fin	Taux Travail	Pos	Winst,Q	Taux Travail	W2	Taux Travail	Wc	Winst,G	Wcreep	kdef
1/2	1.46	33% (L/590)	51%	0.16	5% (L/5526)	0.77	57% (L/1000+5mm)	0.00	0.76	0.55	0.60

Cas ELS 2 : Permanente + Neige

Travée	Wnet,fin	Taux Travail	Pos	Winst,Q	Taux Travail	W2	Taux Travail	Wc	Winst,G	Wcreep	kdef
1/2	1.41	32% (L/611)	51%	0.11	3% (L/8162)	0.72	53% (L/1000+5mm)	0.00	0.76	0.55	0.60

Cas ELS 8 : Permanente + Expl. Plancher

Travée	Wnet,fin	Taux Travail	Pos	Winst,Q	Taux Travail	W2	Taux Travail	Wc	Winst,G	Wcreep	kdef
1/2	1.82	42% (L/472)	51%	0.52	18% (L/1658)	1.14	84% (L/1000+5mm)	0.00	0.76	0.55	0.60

Cas ELS 15 : Permanente + Neige + 0.7*Expl. Plancher

Travée	Wnet,fin	Taux Travail	Pos	Winst,Q	Taux Travail	W2	Taux Travail	Wc	Winst,G	Wcreep	kdef
1/2	1.77	41% (L/486)	51%	0.47	16% (L/1836)	1.09	81% (L/1000+5mm)	0.00	0.76	0.55	0.60

Cas ELS 32 : Permanente + Expl. Plancher + 0.5*Neige

Travée	Wnet,fin	Taux Travail	Pos	Winst,Q	Taux Travail	W2	Taux Travail	Wc	Winst,G	Wcreep	kdef
1/2	1.87	43% (L/459)	51%	0.57	19% (L/1505)	1.19	88% (L/1000+5mm)	0.00	0.76	0.55	0.60

* Wc : Flèche de contre-flèche, Winst,G : Flèche Instantanée sous charges permanentes, Wcreep : Flèche de fluage, Kdef : Facteur de fluage.

RÉACTIONS NON PONDÉRÉES AUX APPUIS *

RÉACTIONS : VERTICALES par type de charge

Appui	Perm. Totale daN	Perm. Fragile daN	Neige daN	Expl. Plancher daN	Lg. Appui (cm)
1	1676.6	146.4	319.7	850.9	5.00
2	2730.7	251.8	541.3	1267.9	7.00

* Réactions d'appuis pour descentes de charges sur la structure porteuse (Bois, Béton...)

Charges Perm. Totale = G + Poids Propre (Gf séparé dans colonne Perm. Fragile)

RÉACTIONS PONDÉRÉES CARACTÉRISTIQUES AUX APPUIS

Unités : Efforts (kN) — $R_k = R_{pondéré} \times \gamma_M / k_{mod}$ avec $\gamma_M=1.30$

Appui	Type d'appuis	Réactions caractéristiques (+)				Réactions caractéristiques (-)			
		Verticale (R_k)	Cas Déf	Horizontale (R_k)	Cas Déf	Verticale (R_k)	Cas Déf	Horizontale (R_k)	Cas Déf
1	Arti	57.52	ELU 8	—	—	—	—	—	—
2	RI Horz	90.81	ELU 8	—	—	—	—	—	—

* Réactions d'appuis caractéristiques à comparer aux valeurs des catalogues fournisseurs.

RÉACTIONS PONDÉRÉES AUX APPUIS

Cas ELU 1 : 1.35*Permanente

Appui	Type d'appuis	Verticale (daN)	Moment (daN.cm)	Rk Vert. (daN)	Lg.Mini (cm)	Réelle (daN/cm²)	Kc,90	Résistance $f_{c,90,d}$ (daN/cm²)	Taux	Lg. Calcul	Kmod	Ym
1	Arti	2263.4	0	4903.9	5.40	20.96	1.75	12.00	100%	5.40	0.60	1.25
2	RI Horz	3686.5	0	7987.4	8.80	20.95	1.75	12.00	100%	8.80	0.60	1.25

Cas ELU 2 : 1.35*Permanente + 1.5*Neige

Appui	Type d'appuis	Verticale (daN)	Moment (daN.cm)	Rk Vert. (daN)	Lg.Mini (cm)	Réelle (daN/cm²)	Kc,90	Résistance $f_{c,90,d}$ (daN/cm²)	Taux	Lg. Calcul	Kmod	Ym
1	Arti	2742.9	0	3962.0	5.00	27.43	1.75	18.00	87%	5.00	0.90	1.25
2	RI Horz	4498.4	0	6497.7	7.20	31.24	1.75	18.00	99%	7.20	0.90	1.25

Cas ELU 8 : 1.35*Permanente + 1.5*Expl. Plancher

Appui	Type d'appuis	Verticale (daN)	Moment (daN.cm)	Rk Vert. (daN)	Lg.Mini (cm)	Réelle (daN/cm²)	Kc,90	Résistance $f_{c,90,d}$ (daN/cm²)	Taux	Lg. Calcul	Kmod	Ym
1	Arti	3539.7	0	5752.0	6.40	27.65	1.75	16.00	99%	6.40	0.80	1.25
2	RI Horz	5588.3	0	9081.0	10.00	27.94	1.75	16.00	100%	10.00	0.80	1.25

Cas ELU 15 : 1.35*Permanente + 1.5*Neige + 1.05*Expl. Plancher

Appui	Type d'appuis	Verticale (daN)	Moment (daN.cm)	Rk Vert. (daN)	Lg. Mini (cm)	Réelle (daN/cm²)	Kc,90	Résistance $f_{c,90,d}$ (daN/cm²)	Taux	Lg. Calcul	Kmod	Ym
1	Arti	3636.3	0	5252.5	5.80	31.35	1.75	18.00	100%	5.80	0.90	1.25
2	RI Horz	5829.7	0	8420.7	9.30	31.34	1.75	18.00	99%	9.30	0.90	1.25

Cas ELU 32 : 1.35*Permanente + 1.5*Expl. Plancher + 0.75*Neige

Appui	Type d'appuis	Verticale (daN)	Moment (daN.cm)	Rk Vert. (daN)	Lg. Mini (cm)	Réelle (daN/cm²)	Kc,90	Résistance $f_{c,90,d}$ (daN/cm²)	Taux	Lg. Calcul	Kmod	Ym
1	Arti	3779.4	0	5459.2	6.00	31.50	1.75	18.00	100%	6.00	0.90	1.25
2	RI Horz	5994.3	0	8658.4	9.60	31.22	1.75	18.00	99%	9.60	0.90	1.25

COUPE EN PIED + RENFORT CP

Coupe en pied : cisaillement d'entaille EC5 §6.5.2 (kv) + compression transversale sur appui
Renfort CP : cisaillement de voile parallèle faces — EN 13986:2004 | EC5 §6.1.7
CP vissés de part et d'autre du pied — longueur d'appui bois $\ell_a = 15$ cm (saisie modale, défaut 15) · §6.1.5 : $\ell_{ef} = \ell_a + 3$ cm, $k_{c,90} \leq 1.75$ (ramené à 1,00 sur un appui dont la hauteur résiduelle ne permet pas la diffusion — valeur retenue indiquée par appui)
 $k_{mod,CP} = \min(k_{mod,GL} ; k_{mod,DOP})$ — EC5 §3.1.3

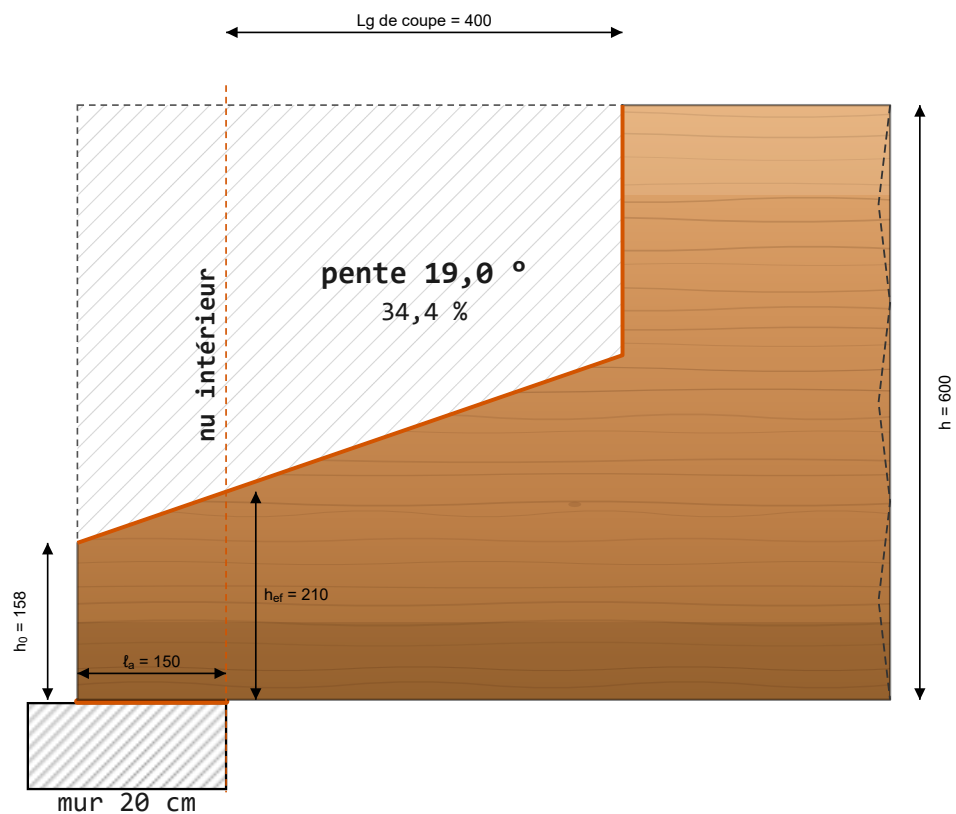
1 Appui 1 — Articulé

INFORMATIF (Lg ≤ 15 cm)

Renfort collé : l'agrément Z-9.1-878 (tab. 1) impose un contreplaqué ≥ 16 mm. Le palier automatique part donc de CP 18.

Lg. appui sans renfort	6.40 cm
Lg. appui bois seul (sans CP)	6.4 cm
Cas ELU dimensionnant	ELU 8 — $k_{mod} = 0.80$
V_{ELU} dimensionnant	3540 daN
Cap. bois seul (ℓ_a 15 cm · ℓ_{ef} 15 · $k_{c,90}$ 1.75)	8400 daN
Surplus à reprendre par CP	0 daN
Solution retenue	Sans renfort CP — bois seul (ℓ_a 15 cm)
Capacité totale	8400 daN
Taux compression ($f_{c,90}$)	42,1 %
Coupe en pied — cisaillement d'entaille EC5 §6.5.2 (ELU 8, k_{mod} 0.80 — bois seul)	
$h \rightarrow h_{ef}(\alpha)$ kv §6.5.2	600 → 210 mm ($\alpha=0.35$) kv=1.000
Renfort CP au droit de l'entaille	bois seul (kv = 1,00)
τ_d vs $kv_{eff} \cdot f_{v,d}$ ($kv_{eff}=1.00$)	12.64 / 22.40 daN/cm² — 56 % entaille à l'extrados : $k_v = 1,00$, le renfort CP n'intervient pas — critère porté par la poutre

DÉTAIL COUPE EN PIED — APPUI 1 (GAUCHE)



$h_{ef} \text{ 210 au nu} \cdot h_0 \text{ 158 à l'about} \cdot \text{bois enlevé 390} \cdot Lg \text{ de coupe 400 mm depuis le nu} \cdot \text{appui 150 mm sur mur 200 mm}$

Note de calcul — appui 1 (toutes les formules et la référence de vis)

1 — Compression transversale du bois · EC5 §6.1.5

ℓ_{ef}	ℓ_a seul — §6.1.5(7) : la coupe passe au-dessus de l'appui, plus de bois pour diffuser → pas de +30 mm	15.0 + 0,0	15.0 cm
$k_{c,90}$	1,75 (lamellé, $\ell \leq 400$ mm)	conditions §6.1.5 remplies	1.75
$f_{c,90,d}$	$k_{mod} \cdot f_{c,90,k} / \gamma_M$	$0.80 \times 25.0 / 1.25$	16.00 daN/cm²
V_{bois}	$k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} \cdot b \cdot \ell_{ef}$	$1.75 \times 16.00 \times 20.0 \times 15.0$	8400 daN

3 — Vérification à $\ell_a = 15$ cm · combinaison ELU 8

V_{Ed}	réaction pondérée du cas dimensionnant	—	3540 daN
V_{Rd}	$V_{bois} + V_{CP}$	8400 + 0	8400 daN
taux	V_{Ed} / V_{Rd}	3540 / 8400	42 %
ℓ_{requis}	ℓ tel que $V_{Rd}(\ell) = V_{Ed}$ (résolu par dichotomie ; $V_{chant} \propto \ell$)	sans CP : 6.40 cm	6.4 cm

4 — Cisaillement au droit de l'entaille · EC5 §6.5.2 (porté par la poutre, pas par le renfort)

α	h_{ef} / h	210 / 600	0.350
k_v	entaille à l'extrados → 1,00	—	1.000
τ_d	$1,5 \cdot V_d / (k_{cr} \cdot b \cdot h_{ef})$	$1,5 \times 3540 / (1.00 \times 20.0 \times 21.0)$	12.64 daN/cm²
$k_v \cdot f_{v,d}$	$k_v \cdot k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$	$1.00 \times 0.80 \times 35.0 / 1.25$	22.40 daN/cm²
taux	$\tau_d / (k_v \cdot f_{v,d})$	—	56 %

4bis — Flexion sur la section réduite (balayage de la zone entaillée · $M(x) = R \cdot (x - \ell_a/2)$, charge répartie négligée)

point critique	x depuis l'about · hauteur à cet endroit	609 mm · h = 368 mm	609 mm
$\sigma_{m,d}$	$M(x) / (b \cdot h(x)^2/6)$ avec $M(x) = R \cdot (x - \ell_a/2)$	$3540 \times 53.4 / (20.0 \times 36.8^2/6)$	41.86 daN/cm²
$f_{m,d}$	$k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$	combinaison ELU 8	153.60 daN/cm²
taux	$\sigma_{m,d} / f_{m,d}$	—	27 %

Taux dimensionnant de la carte

compression transversale — le cisaillement d'entaille est porté par la poutre



42,1 %

(conforme)

$h_{CP}=21.0$ cm (cet appui) | $b_{BLC}=20.0$ cm | $f_{v,voile,k}=59$ daN/cm² | $\gamma_M,CP=1.20$ | $f_{c,90,k}=25.0$ daN/cm² | $\gamma_M,bois=1.25$ | $k_{mod,CP}=\min(k_{mod,GL} ; k_{mod,DOP})$ — EC5 §3.1.3 | Entaille §6.5.2 : $k_n=6,5$ (BLC), $i=0$ (coupe droite), $x=7,5$ cm (réaction au centre des 15 cm)
 Périmètre du renfort : il répond à la COMPRESSION TRANSVERSALE — « quel renfort pour tenir dans ℓ_a ». Il n'intervient pas dans le cisaillement d'entaille : NA.80/NA.83 font travailler le renfort sur $F_{t,90}$ et imposent de vérifier **en plus** la section résiduelle avec V entier, et à l'extrados k_v vaut déjà 1,00.
 Panneau : contreplaqué **EN 636-3 S** (DOP TEBOPIN III, $\rho 580 \pm 10$ % → $\rho_k 522$ kg/m³, $f_{v,voile,k} 5,9$ MPa) — **apte en classe de service 1, 2 et 3** (EN 636 : un panneau 636-1 serait interdit en CS2 et CS3, un 636-2 en CS3). Changer de panneau impose de reprendre ces valeurs.
 t_1 Johansen = n-e (plis serrés par la tête de l'organe — l'ancrage Johansen ne mobilise pas le cisaillement entre plis) : hypothèse à confirmer avec la vis atelier réelle et la DOP du CP.

2

Appui 2 — Rouleau

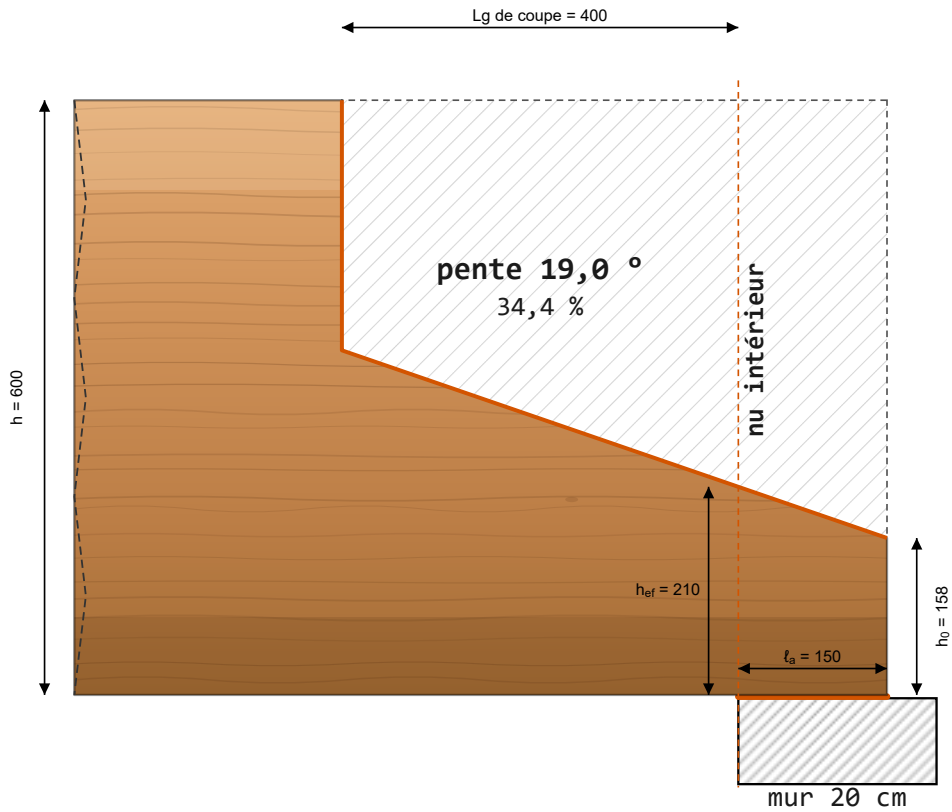
INFORMATIF ($L_g \leq 15$ cm)

Renfort collé : l'agrément Z-9.1-878 (tab. 1) impose un contreplaqué ≥ 16 mm. Le palier automatique part donc de CP 18.

Lg. appui sans renfort	10.00 cm
Lg. appui bois seul (sans CP)	10.0 cm
Cas ELU dimensionnant	ELU 8 — $k_{mod} = 0.80$
V_{ELU} dimensionnant	5588 daN
Cap. bois seul ($\ell_a 15$ cm · $\ell_{ef} 15$ · $k_{c,90} 1.75$)	8400 daN
Surplus à reprendre par CP	0 daN
Solution retenue	Sans renfort CP — bois seul ($\ell_a 15$ cm)

Capacité totale	8400 daN
Taux compression (fc,90)	66,5 %
Coupe en pied — cisaillement d'entaille EC5 §6.5.2 (ELU 8, kmod 0.80 — bois seul)	
$h \rightarrow h_{ef}(\alpha) \mid kv \text{ §6.5.2}$	600 $\rightarrow$ 210 mm ($\alpha=0.35$) $\mid kv=1.000$
Renfort CP au droit de l'entaille	bois seul ($kv = 1,00$)
$T_d \text{ vs } kv_{eff} \cdot f_{v,d} \text{ } (kv_{eff}=1.00)$	19.96 / 22.40 daN/cm ² — 89 % entaille à l'extrados : $k_v = 1,00$, le renfort CP n'intervient pas — critère porté par la poutre

DÉTAIL COUPE EN PIED — APPUI 2 (DROIT)



h_{ef} 210 au nu • h₀ 158 à l'about • bois enlevé 390 • Lg de coupe 400 mm depuis le nu • appui 150 mm sur mur 200 mm

Note de calcul — appui 2 (toutes les formules et la référence de vis)

1 — Compression transversale du bois · EC5 §6.1.5

ℓ_{ef}	ℓ_a seul — §6.1.5(7) : la coupe passe au-dessus de l'appui, plus de bois pour diffuser → pas de +30 mm	15.0 + 0,0	15.0 cm
$k_{c,90}$	1,75 (lamellé, $\ell \leq 400$ mm)	conditions §6.1.5 remplies	1.75
$f_{c,90,d}$	$k_{mod} \cdot f_{c,90,k} / \gamma_M$	$0.80 \times 25.0 / 1.25$	16.00 daN/cm²
V_{bois}	$k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} \cdot b \cdot \ell_{ef}$	$1.75 \times 16.00 \times 20.0 \times 15.0$	8400 daN

3 — Vérification à $\ell_a = 15$ cm · combinaison ELU 8

V_{Ed}	réaction pondérée du cas dimensionnant	—	5588 daN
V_{Rd}	$V_{bois} + V_{CP}$	8400 + 0	8400 daN
taux	V_{Ed} / V_{Rd}	5588 / 8400	67 %
ℓ_{requis}	ℓ tel que $V_{Rd}(\ell) = V_{Ed}$ (résolu par dichotomie ; $V_{chant} \propto \ell$)	sans CP : 10.00 cm	10.0 cm

4 — Cisaillement au droit de l'entaille · EC5 §6.5.2 (porté par la poutre, pas par le renfort)

α	h_{ef} / h	210 / 600	0.350
k_v	entaille à l'extrados → 1,00	—	1.000
τ_d	$1,5 \cdot V_d / (k_{cr} \cdot b \cdot h_{ef})$	$1,5 \times 5588 / (1.00 \times 20.0 \times 21.0)$	19.96 daN/cm²
$k_v \cdot f_{v,d}$	$k_v \cdot k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$	$1.00 \times 0.80 \times 35.0 / 1.25$	22.40 daN/cm²
taux	$\tau_d / (k_v \cdot f_{v,d})$	—	89 %

4bis — Flexion sur la section réduite (balayage de la zone entaillée · $M(x) = R \cdot (x - \ell_a/2)$, charge répartie négligée)

point critique	x depuis l'about · hauteur à cet endroit	609 mm · h = 368 mm	609 mm
$\sigma_{m,d}$	$M(x) / (b \cdot h(x)^2/6)$ avec $M(x) = R \cdot (x - \ell_a/2)$	$5588 \times 53.4 / (20.0 \times 36.8^2/6)$	66.09 daN/cm²
$f_{m,d}$	$k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$	combinaison ELU 8	153.60 daN/cm²
taux	$\sigma_{m,d} / f_{m,d}$	—	43 %

Taux dimensionnant de la carte

compression transversale — le cisaillement d'entaille est porté par la poutre



66,5 %

(conforme)

$h_{CP}=21.0$ cm (cet appui) | $b_{BLC}=20.0$ cm | $f_{v,voile,k}=59$ daN/cm² | $\gamma_M,CP=1.20$ | $f_{c,90,k}=25.0$ daN/cm² | $\gamma_M,bois=1.25$ | $k_{mod,CP}=\min(k_{mod,GL} ; k_{mod,DOP})$ — EC5 §3.1.3 | Entaille §6.5.2 : $k_n=6,5$ (BLC), $i=0$ (coupe droite), $x=7,5$ cm (réaction au centre des 15 cm)
 Périmètre du renfort : il répond à la COMPRESSION TRANSVERSALE — « quel renfort pour tenir dans ℓ_a ». Il n'intervient pas dans le cisaillement d'entaille : NA.80/NA.83 font travailler le renfort sur $F_{t,90}$ et imposent de vérifier **en plus** la section résiduelle avec V entier, et à l'extrados k_v vaut déjà 1,00.
 Panneau : contreplaqué **EN 636-3 S** (DOP TEBOPIN III, ρ 580 ±10 % → ρ_k 522 kg/m³, $f_{v,voile,k}$ 5,9 MPa) — **apte en classe de service 1, 2 et 3** (EN 636 : un panneau 636-1 serait interdit en CS2 et CS3, un 636-2 en CS3). Changer de panneau impose de reprendre ces valeurs.
 t_1 Johansen = n·e (plis serrés par la tête de l'organe — l'ancrage Johansen ne mobilise pas le cisaillement entre plis) : hypothèse à confirmer avec la vis atelier réelle et la DOP du CP.

ANNEXE — méthode, bases du modèle et prescriptions d'atelier

Méthode de sélection du palier : chaque combinaison ELU est vérifiée individuellement avec son propre k_{mod} . Pour chaque cas, on recherche le palier suffisant (Sans CP → 1×15 → 2×15 → ... → 3×18 mm). Le palier le plus élevé sur l'ensemble des cas est retenu — « **Sans CP** » est retenu si le bois seul (ℓ_a) suffit. *Un k_{mod} faible (ex. ELU 1, perm.) abaisse simultanément la capacité du bois et du CP — il peut donc imposer plus de CP qu'un cas à effort plus grand mais k_{mod} plus favorable.*

△ **Bases du modèle — périmètre : entaille à l'extrados uniquement**, donc $k_v = 1,00$ d'office (§6.5.2) : il n'y a pas de $F_{t,90}$ de coin à coudre. **Le renfort CP ne réduit PAS l'effort tranchant** : la section résiduelle se vérifie *en plus*, avec $k_v = 1,0$ et le tranchant **entier** (Manuel du bois lamellé §5). Le rôle du CP est la **compression transversale à l'appui** : contribution = min(voile ; chant), avec $f_{v,voile,k} = 5,9$ MPa et $f_{c,chant,k} = 16$ MPa en 18 mm (19 MPa en 15 mm), valeurs déclarées à la DOP du panneau. **Transfert par les organes** : Johansen §8.2.2 six modes, γ_M 1,30, ρ_k CP = **522 kg/m³** (DOP), effet de corde négligé (conservatif) ; calepinage $a_1 = 10d$ · $a_2 = 5d$ · rives 7d · about 15d, établi pour un **effort perpendiculaire au fil ($\alpha = 90^\circ$)**. **Voie retenue par défaut : COLLÉE**

— le plan de colle transmet l'effort, longueur par cisaillement roulant **0,5 MPa** (DOP). Les vis n'y transmettent RIEN : elles **pressent** pendant la prise, et leur maille relève de la règle de collage sous pression (voir prescriptions ci-dessous), pas des pinces de l'EC5 §8. En voie **vissée seule**, les vis reprennent l'effort par Johansen, en longueur automatique — Ø6 en 60/80/100, Ø5 en 50/60/80/90 — la plus courte de la gamme qui tient $t_1 \geq 6d$, avec le $M_{y,Rk}$ **déclaré par l'agrément technique** du fabricant. **Hypothèse à lever** : les plis empilés sont traités comme monolithiques ($t_1 = n \cdot e$) au sens de Johansen — c'est le seul point du modèle qui n'est pas établi conservatif. **L'arrachement** (effet de corde) est négligé : conservatif.

📄 **Prescriptions d'atelier — collage sous pression par vis** (DIN 1052-10:2012-05 §6.2 — à reporter sur la note d'exécution)

Vis de serrage : Ø5 mm, auto-perceuse, selon agrément technique européen. **FILETAGE PARTIEL** : la **tête** plaque le panneau — une vis à filetage *total ORDINAIRE* ne serre pas, elle visse les deux pièces côte à côte. Ou filetage total à **pas variable** (effet *MagicClose*, gamme HECO-TOPIX-plus, ETA-19/0553), dont le pas produit lui-même la pression de serrage : c'est celui-là que visait l'agrément Z-9.1-878, et le fabricant indique qu'il presse davantage que le partiel. Les deux sont admissibles. Tête large de préférence pour répartir la pression. Partie lisse $\geq$ épaisseur du panneau ; longueur usuelle **60 à 100 mm** selon le renfort.

Maille de serrage : au moins **1 vis par 15 000 mm²** de surface collée, **maille ≤ 97 mm en CP 15 et 112 mm en CP 18** ($a_{max} = 1,8 \cdot \sqrt[4]{(E_{flexion,L} \cdot t^3)}$, agrément Z-9.1-878 §2.2.2 — le « ≤ 150 mm » affiché ici jusqu'en v9.0203 venait d'une lecture sans source écrite), en respectant **3-d des rives** (dont le bord biseauté, qui est une rive libre) et **5-d des abouts** — c'est la seule règle de l'EC5 §8 qui s'applique encore à une vis qui presse : elle n'y dimensionne rien, elle empêche de **fendre**. Chaque couche de panneau est **vissée séparément**. **Pré-perçage non requis** en résineux sous Ø8 ; au-delà, l'agrément restreint les essences.

Colle — l'exigence n'est pas une famille, c'est un **emploi** : la colle doit être **qualifiée pour le collage sous pression par vis** (*Schraubenpressklebung*) au sens de la **DIN 1052-10**. C'est cette mention-là qu'il faut chercher sur l'agrément du produit, pas une classe de résistance.

🚫 **Le polyuréthane monocomposant EN 15425 ne convient PAS à cet emploi** — ce n'est pas une précaution de notre part, c'est écrit : l'agrément DIBt **Z-9.1-765**, qui couvre une des gammes 1K-PUR les plus répandues, déclare l'aptitude au collage sous pression par vis **non démontrée**. Une colle « EN 15425 Type I GP 0,3 » est donc à écarter ici, même parfaitement classée par ailleurs.

✅ **Le seul cadre écrit connu** est l'agrément DIBt **Z-9.1-878** (§1.1), qui exige des colles classées **EN 301 - I - 90 - GF - 1,5 - M** selon DIN EN 301 — donc un **phénoplaste ou aminoplaste bi-composant**, et un joint couvert jusqu'à **1,5 mm** et non 0,3. Produits répondant à cette classification, relevés sur la Klebstoffliste de la MPA Universität Stuttgart (10/02/2026) : **Preferé 4094 + Preferé 5827 (Pliv) · Kauramin Leim 683 + Härter 686 · Preferé 4546 + Preferé 5022**, cette dernière portant la mention explicite du collage de *panneaux dérivés (contreplaqué)* avec de l'épicéa. Ces noms sont cités, pas imposés : vérifier la classification sur la fiche du lot livré.

⚠️ **Statut de l'agrément Z-9.1-878 : expiré le 10/04/2023, SANS document successeur** — confirmé par HECO le 04/08/2026. La raison compte autant que le fait : il n'a pas été renouvelé parce que la vis qu'il vise, la HECO-UNIX-plus, a été **remplacée par la HECO-TOPIX-plus**. Ce n'est donc **pas la technique qui a été retirée**, c'est un agrément qui n'a pas suivi un changement de génération de produit. Ses exigences n'ont pas été invalidées — elles ont cessé d'être portées. Elles restent le seul écrit existant sur le sujet, et elles sont plus sévères que ce qui était retenu ici avant le 04/08 : c'est pourquoi elles sont reprises, avec leur statut affiché.

✅ **Filetage — réponse du fabricant, 04/08/2026**. EC5PE prescrit un **filetage partiel** : c'est la tête qui plaque le panneau. HECO confirme que **cela fonctionne**, et l'apparente contradiction avec l'agrément Z-9.1-878 n'en était pas une : les vis qu'il vise ne sont pas des vis à filetage total ordinaires mais des vis à **filetage total VARIABLE** (effet dit *MagicClose*), dont le pas produit lui-même la pression de serrage. Une vis à filetage total ordinaire, elle, visserait bien les deux pièces l'une à côté de l'autre sans les serrer. À retenir pour l'atelier : le filetage partiel donne, selon le fabricant, une pression de serrage **généralement plus faible** qu'un filetage total variable. Pour la qualité du plan de colle, une vis à pas variable — gamme HECO-TOPIX-plus, ETA-19/0553, qui a remplacé la HECO-UNIX-plus de l'agrément — presse davantage. Les deux sont admissibles ; le pas variable est le meilleur des deux.

L'entreprise doit par ailleurs détenir un **justificatif d'aptitude au collage d'éléments bois porteurs** selon DIN 1052-10, section 5.

Mise en œuvre : presser avant formation de peau ; maintenir la pression pendant toute la prise (le temps de pressage croît fortement avec l'épaisseur de joint) ; pas de mise en charge avant durcissement complet ; humidité du bois ≤ 15 % et écart entre pièces ≤ 4 % ; température > 10 °C ; panneau ≤ 40 mm.

Épaisseur de joint — ⚠️ deux valeurs coexistent et il faut retenir la plus sévère : la clause des *renforts collés* tolère **1,5 mm** avec une colle remplissante, mais la technique du *collage sous pression* par vis impose **$\leq 0,3$ mm** (idéalement $< 0,1$). Comme on emploie les deux, **c'est 0,3 mm qui gouverne** — et le dernier nombre de la désignation de la colle doit le couvrir.

⚠️ **La mousse de polymérisation ne porte pas** — c'est le serrage qui garantit un film de colle et non une mousse. ⚠️ L'entreprise qui colle doit disposer d'un **certificat d'aptitude au collage structurel**.

PERÇAGES

Justification des perçages — DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08, NCI NA.6.7 « Durchbrüche », éq. (NA.63) à (NA.68) et Bild NA.7. Le texte de la norme n'étant pas libre d'accès, les équations et limites appliquées proviennent de deux publications de référence qui le reproduisent et le chiffrent : *Bemessung von BS-Holz-Bauteilen nach EN 1995-1-1* (holzbau handbuch R2/T1/F2, 2015) et le *Manuel du bois lamellé*, vol. 2 ch. 5, UICB / CODIFAB.

Perçage P1 — Ø 125 mm CONFORME SOUS RÉSERVE DU RENFORT

1 · D'où viennent les efforts au droit du trou

Réactions d'appui, poids propre et chaque charge avec son bras de levier — une passe par combinaison, avec son k_{mod}

Principe — on coupe au droit du trou et on écrit l'équilibre du tronçon situé à *gauche* de la coupe : les réactions des appuis **situés à gauche** montent, toutes les charges pondérées situées à gauche descendent.

Le tronçon de gauche est une **convention de calcul, pas une hypothèse sur la position du trou** : un trou près de l'appui de droite se traite de la même façon, le tronçon de gauche contient alors presque toute la poutre. Écrire l'équilibre du tronçon de droite donnerait **exactement les mêmes V et M** — c'est la même coupe vue de l'autre côté. Le tableau ci-dessous nomme les appuis réellement pris en compte.

D'où viennent les réactions R — elles sont celles de la résolution de la poutre *pour cette combinaison*, déjà pondérées ; les charges sont reprises des tableaux de saisie et pondérées par les mêmes coefficients. Rien n'est relu d'un autre calcul.

$V(x) = \Sigma R_{gauche} - \Sigma \text{charges pondérées à gauche de } x$

$M(x) = \Sigma (R_{gauche} \times \text{bras}) - \Sigma (\text{charge pondérée} \times \text{bras jusqu'à } x)$

Une passe par combinaison : seuls les coefficients et le k_{mod} changent, le squelette est le même. Le poids propre en fait partie — il ne figure dans aucun tableau de charges.

Étape 1 — Quelle combinaison gouverne

Combinaison	Coef. G / S / Q	k _{mod}	V au bord gauche	M au bord gauche
ELU 1	1.35 / - / -	0.60	347 daN	4785 daN·m
ELU 2	1.35 / 1.50 / -	0.90	255 daN	5597 daN·m
ELU 8 ← gouverne	1.35 / - / 1.50	0.80	1023 daN	8201 daN·m
ELU 15	1.35 / 1.50 / 1.05	0.90	728 daN	7989 daN·m
ELU 32	1.35 / 0.75 / 1.50	0.90	977 daN	8607 daN·m

Étape 2 — Les charges pondérées et leur part à gauche · ELU 8 (k_{mod} 0.80)

Charge	Pondération	Résultante	Position	Part à gauche	Bras
Poids propre de la pièce	1.35 × 49.44	574 daN	0.00–8.60 m	199 daN	1.49 m
Charge répartie	1.35 × 248.00 + 1.50 × 305.00	2068 daN	1.90–4.51 m	852 daN	0.54 m
Charge répartie	1.35 × 211.00 + 1.50 × 305.00	1856 daN	4.51–7.01 m	0 daN	0.00 m
Charge répartie	1.35 × 174.00 + 1.50 × 251.00	721 daN	7.01–8.19 m	0 daN	0.00 m
Charge ponctuelle	1.35 × 1006.00 + 1.50 × 72.00	1466 daN	1.90 m	1466 daN	1.08 m
Charge ponctuelle	1.35 × 1596.00 + 1.50 × 192.00	2443 daN	8.19 m	0 daN	0.00 m

Étape 3 — Point de départ : les réactions d'appui pondérées (combinaison ELU 8)

R ₁	réaction de la résolution de la poutre, combinaison ELU 8	à gauche de la coupe : compte	3539.7 daN
R ₂	réaction de la résolution de la poutre, combinaison ELU 8	à droite de la coupe : ne compte pas	5588.3 daN
ΣF	toutes les charges pondérées	contrôle : R ₁ + R ₂ doit l'égaliser	9128.0 daN

Étape 4 — Effort tranchant V_d au bord du trou

ΣF _{gauche}	part des charges pondérées à gauche de la coupe	colonne « Part à gauche » du tableau ci-dessus	2516.4 daN
V _d	R ₁ - ΣF _{gauche}	3539.7 - 2516.4	1023.3 daN

soit 3539.7 - 198.6 - 851.7 - 1466.1 = 1023.3 daN

Étape 5 — Moment M_d au bord du trou

M _d	R ₁ · x - Σ(charge × bras)	3539.7 × 2.975 - 2329.2	8201.3 daN·m
----------------	---------------------------------------	-------------------------	--------------

soit 3539.7×2.975 - 198.6×1.49 - 851.7×0.54 - 1466.1×1.08 = 8201.3 daN·m

Auto-contrôle d'équilibre — R1 recalculé par les moments autour de l'appui 2 : 3539.7 daN contre 3539.7 daN par la descente. Écart 0.0000 daN

Efforts lus **au bord** du trou (x = 2975 et 3100 mm depuis l'axe de l'appui 1), jamais à son axe : c'est le bord qui est le plus sollicité. **V et M sont pris chacun au plus défavorable de ses deux bords** (V côté appui, M côté travée) — F_{t,V} et F_{t,M} peuvent donc s'appuyer sur deux bords différents du même trou, et l'étape 5, qui n'imprime que le bord gauche, ne suffit pas à refaire F_{t,M}.

2 · Pourquoi le bois risque de fissurer ici

Traction perpendiculaire au fil — DIN EN 1995-1-1/NA, éq. (NA.63) à (NA.68)

Percer interrompt les fibres. Sous l'effet du tranchant et du moment, le bois se met à **tirer perpendiculairement au fil** de part et d'autre du trou — c'est la direction dans laquelle il est le plus faible (f_{t,90,k} = 0,5 MPa). La fissure part de la rive du trou.

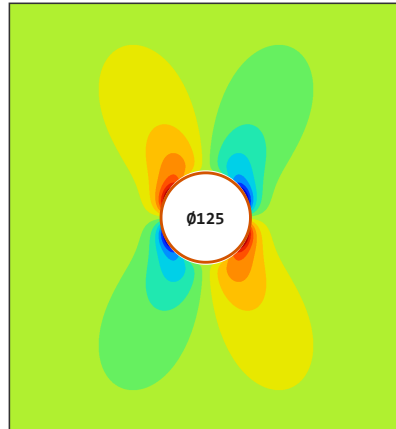
1 — Traction perpendiculaire au fil · DIN EN 1995-1-1/NA			
F _{t,V}	part due au tranchant - (NA.63)	h _d = 0,7 · d admis dans cette équation seulement	111 daN
F _{t,M}	part due au moment - 0,008 · M / h _r	h _r = 238 mm	280 daN
F_{t,90,d}	F_{t,V} + F_{t,M}	ELU 8 · k_{mod} 0.80 · γ_M 1.25	391 daN
R	0,5 · ℓ _{t,90} · b · k _{t,90} · f _{t,90,d}	ℓ _{t,90} 363 mm · k _{t,90} 0.866	1005 daN
taux	F_{t,90,d} / R	391 / 1005	39 %
2 — Les deux autres vérifications au droit du trou			
flexion nette	σ _{m,d} / f _{m,d} sur la section restante	70.0 / 153.6 daN/cm ² · W _{net} 11891 cm ³ · ELU 8	46 %
cisaillement d'angle	indicatif - hors NA	jamais compté dans le verdict	11 %

Le facteur 0,5 de (NA.63) est dans la norme : l'omettre doublerait la résistance annoncée.

DISPERSION DES EFFORTS — PERÇAGE 1

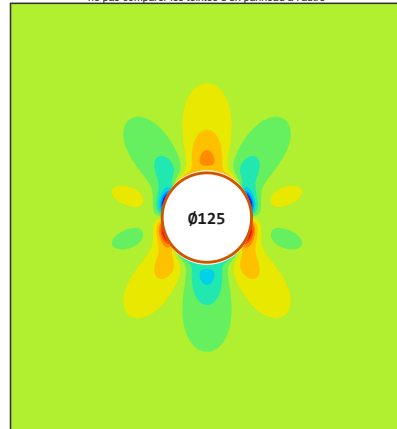
PART DU TRANCHANT

Fig. 5.4 — cas de gauche · $F_{t,V} = 111 \text{ daN}$ · 28 %
Kirsch en cisaillement pur $\tau = 0.13 \text{ MPa}$ · $F_{t,V}$ vient de (NA.63)
échelle propre $\pm 0.33 \text{ MPa}$
ne pas comparer les teintes d'un panneau à l'autre



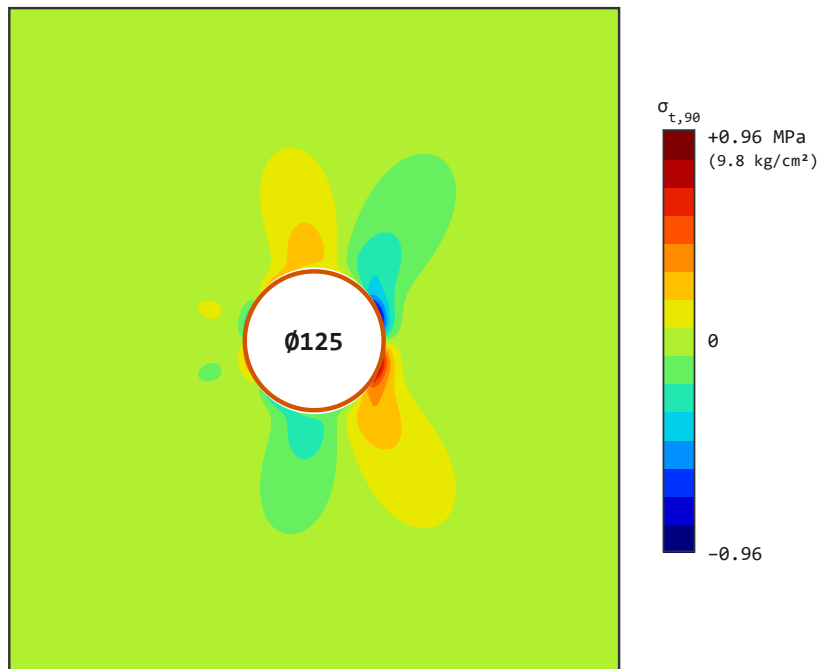
PART DU MOMENT

Fig. 5.4 — cas du milieu · $F_{t,M} = 280 \text{ daN}$ · 72 %
Kirsch sous $\sigma(y) = M/yI$, variable sur la hauteur
 $F_{t,M}$ vient de (NA.63)
échelle propre $\pm 0.66 \text{ MPa}$
ne pas comparer les teintes d'un panneau à l'autre



TOTAL — CE QUE SUBIT LE BOIS

somme des deux, à la même échelle
la seule des trois qui décrit la réalité · porte seule l'échelle



ELU 8 · au droit du trou : $V = 1023 \text{ daN}$ · $M = 8322 \text{ daN}\cdot\text{m}$ · $\sigma_x(\text{centre}) = 0.00 \text{ MPa}$ · $\tau(\text{centre}) = 0.13 \text{ MPa}$

Trois vues du MÊME trou : la traction $\perp$ au fil due au **tranchant** seul, celle due au **moment** seul, et leur **somme** — c'est la somme que subit le bois. Les deux premières sont tracées à leur **échelle propre**, écrite sur chacune : sous une échelle commune, celle des deux qui pèse le moins sortait **uniformément vide** alors qu'elle porte un effort réel. On ne compare donc **pas les teintes** d'un panneau à l'autre — la comparaison se lit en daN et en %. Seul le **total** porte la barre de couleurs. Ici, **c'est moment qui domine** : $F_{t,V} = 111 \text{ daN}$ contre $F_{t,M} = 280 \text{ daN}$ — ces deux valeurs sont celles du calcul (NA.63), elles ne sont pas relevées sur le dessin. Le champ de flexion est pris **variable sur la hauteur** ($\sigma_x(y) = M \cdot y/I$) et non réduit à sa valeur au centre : sur un trou proche de l'axe neutre cette valeur est nulle, alors que le gradient, lui, ne l'est pas. Les deux parts sont des solutions **exactes** du trou circulaire — champ lointain uniforme pour l'une, linéaire pour l'autre — bord du trou libre de contrainte dans les deux cas. Le troisième cas de la Fig. 5.4 — élément chargé axialement — n'est pas tracé : il décrit un tirant ou une membrure comprimée, pas une poutre fléchie. Répartition **qualitative**, solution analytique de Kirsch (trou circulaire, plaque isotrope), V et M signés de la combinaison gouvernante au droit du trou. Le dimensionnement reste NA.63-NA.68 (carte « Vérification des perçages »).

Statut de la géométrie : **admis À CONDITION d'être renforcé**

1 — Géométrie du trou dans la pièce · NCI NA.6.7, Bild NA.7			
Ø	diamètre nominal du perçage	20.8 % de la hauteur (h = 600 mm)	125 mm
h_{ro}	bois restant au-dessus du trou	39.6 % de h	238 mm
h_{ru}	bois restant en dessous du trou	39.6 % de h	238 mm
D_1 — bord gauche	cote d'atelier jusqu'au bord du trou	depuis la fin réelle de coupe, ou le nu s'il n'y a pas de coupe	2500 mm
axe	hauteur de l'axe depuis la sous-face	50.0 % de h	300 mm

Écarts relevés (DIN EN 1995-1-1/NA, Bild NA.7)

- $d/h = 0.208 > 0.15 \rightarrow$ renfort intérieur EXIGÉ par le NA

4 · Le renfort qui reprend tout

Les deux solutions dimensionnées — NCI NA.6.8.4

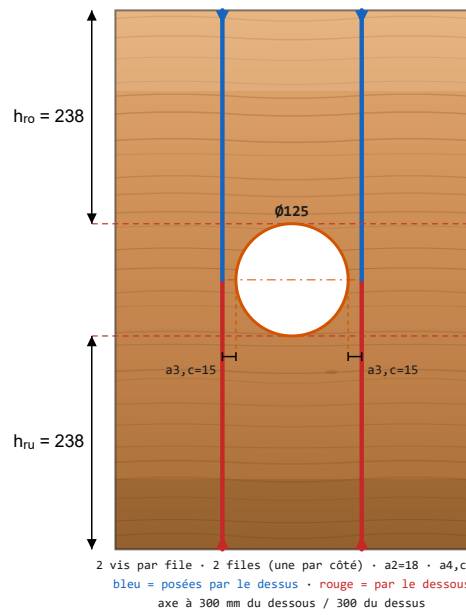
Le renfort reprend l'intégralité de $F_{t,90} = 391$ daN : la traction $\perp$ du bois **n'est plus comptée du tout** (NCI NA.6.8.4). Deux solutions **ALTERNATIVES** — on fait l'une ou l'autre, jamais les deux. Chacune a son schéma ci-dessous.

La moins sollicitée : solution B — plaques collées (40 % contre 98 %). Les deux passent. Le calcul ne départage que la marge : le collage impose des conditions d'atelier — certificat d'aptitude, hygrométrie, température, temps de presse — que le vissage n'a pas.

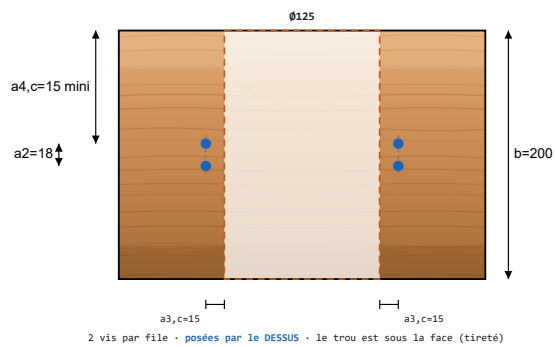
Solution A — vis vissées sur les chants de la poutre (dessus et dessous)

Vis	ASSY plus VG Ø6 × 300 mm	2 de chaque côté du trou · tête fraisée (type H) · entièrement filetée · ETA-11/0190 du 22/01/2026 Longueurs fabriquées Ø6 : 25 à 300 mm (annexe A.9.1.3). Tolérance de longueur ± 4 mm au-delà de 250 : l'annexe A.9.1.4 demande que l'épaisseur de la pièce reste supérieure à la longueur retenue pour que la pointe ne ressorte pas — la longueur proposée ici laisse 20 mm de garde. ⚠ Le code article n'est pas dans l'ETA : un agrément donne les caractéristiques, jamais une référence de commande. À relever sur le catalogue du fournisseur.
Implantation	1 file en travers	une seule file longitudinale est comptée comme active (§5.3.1)
$a_{3,c}$ — du bord du trou	15 mm	$2,5 \cdot d_r \leq a_{3,c} \leq 4 \cdot d_r$ (15–24 mm) — on retient la plus faible : la traction $\perp$ se concentre au bord du trou
a_2 — entre vis	18 mm	$\geq 3 \cdot d_r$
$a_{4,c}$ — aux rives	15 mm	$\geq 2,5 \cdot d_r$ · 2 vis posées sur 10 posables dans la largeur
Ancrage utile ℓ_{ef}	44 mm	le plus petit des deux ancrages de part et d'autre du plan de fissure — c'est lui qui dimensionne (ETA-11/0190 §A.4.2.2). La règle « longueur $\geq 2 \cdot \ell_{ad}$ » du Manuel du bois lamellé §5.3.1 vise les goujons collés, où $\ell_{ad} = h_{ru} + 0,15 \cdot h_d$ est imposé par le TROU et ne dépend pas du goujon. Pour une vis, l'ETA définit ℓ_{ef} comme le plus petit ancrage et demande une pénétration totale $\geq 2 \cdot \ell_{ef}$ — toujours satisfaite par construction. Les deux « 2× » ne portent pas sur la même grandeur.
Capacité par vis $R_{ax,Rd}$	200.5 daN	ETA-11/0190 éq. (2.12) — k_p 1.079
Taux à l'arrachement	97,6 %	traction axiale de la vis : 21 %

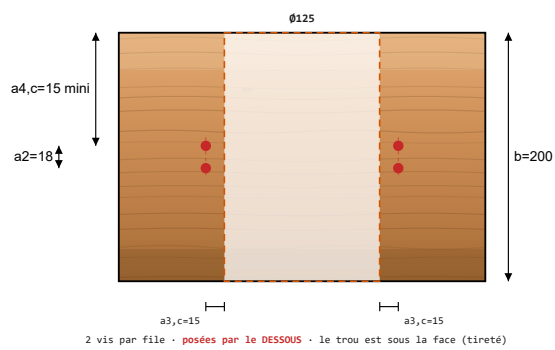
FACE LATÉRALE — PERÇAGE 1



VUE DE DESSUS — PLAN DE PERÇAGE (cotes en mm)



VUE DE DESSOUS — PLAN DE PERÇAGE (cotes en mm)

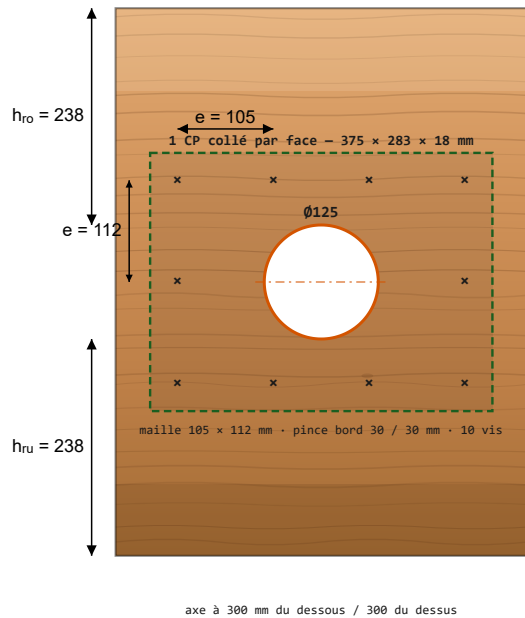


Solution B — plaques de contreplaqué collées sur les deux faces

Plaque	375 x 283 mm, épaisseur 18 mm – renfort collé, donc épaisseur ≥ 16 mm imposée par l'agrément Z-9.1-878 (tab. 1) : le contreplaqué de 15 mm n'est pas proposé sur cette voie, le palier part de CP 18.	une par face · hauteur = Ø125 + 2 × h _{ad} 79 : la plaque couvre le trou et s'ancre de part et d'autre · h ₁ 60 mm est le paramètre du §5.3.2, pas une dimension
Plan de colle	τ 0.199 / 0.500 MPa	39,8 % f _{k,2,k} 0,75 MPa
Traction du panneau	σ _t 0.870 / 6.20 MPa	28,1 % f _{t,k} 9.3 MPa déclaré à la DOP
Déformation du renfort	0.016 → 0.029 mm	allongement sur h _{ad} , instantané puis FINAL — k _{def,CP} = 0.80 (DoP, classe 1) · E _{t,⊥} = 4194 MPa. Affiché, non bloquant : aucune source ne déclare d'ouverture admissible pour ce joint.
Vis de serrage pendant la prise	10 vis	Ø6 à FILETAGE PARTIEL (ASSY ordinaire, pas « plus VG ») — ou filetage total À PAS VARIABLE, qui presse davantage (HECO-TOPIX-plus, ETA-19/0553) · maille 112 mm · longueur : partie lisse ≥ 18 mm (elle doit traverser le panneau) — usuel 60 à 100 mm
Colle	EN 301 I-90-GF-1,5-M	Colle qualifiée pour le collage sous pression par vis (DIN 1052-10). Le PU EN 15425 est écarté pour cet emploi (Z-9.1-765 : aptitude non démontrée). Seul cadre écrit : EN 301 – I – 90 – GF – 1,5 – M (Z-9.1-878 §1.1). Agrément expiré le 10/04/2023, sans successeur — la vis visée a changé de génération, la technique n'a pas été retirée (confirmé par le fabricant le 04/08/2026)

Les vis ne transmettent **rien** : elles **pressent** le temps de la prise. C'est le plan de colle qui travaille.

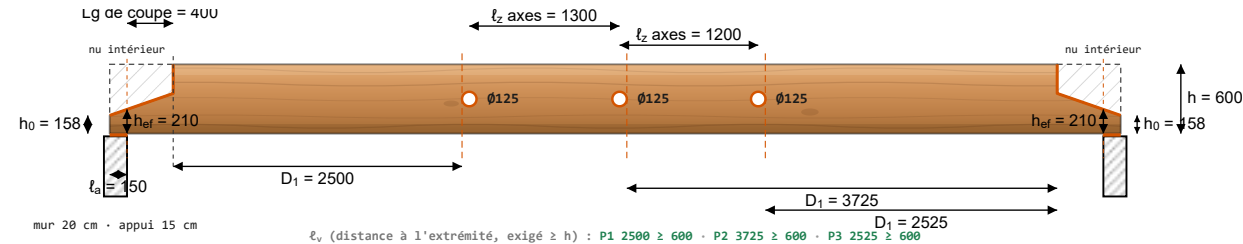
FACE LATÉRALE — PERÇAGE 1



Renfort CP requis (géométrie) — implantation indicative ;
le dimensionnement des deux renforts figure dans la carte
PERÇAGES de la note

5 • Ce qu'il faut percer et visser à l'atelier

Schémas cotés — les mêmes que la modale, jamais un second dessin



À l'atelier : percer au diamètre nominal 125 mm, axe à 300 mm de la sous-face, bord gauche à 2500 mm de la référence de cotation. Ébavurer les arêtes.

Renfort : réaliser UNE SEULE des deux solutions ci-dessous — elles sont équivalentes, chacune reprend la totalité de l'effort. Ne pas cumuler.

Solution A (au choix) : 2 vis ASSY plus VG Ø6 x 300 mm de chaque côté du trou, en **une seule file en travers** : à 15 mm du bord du trou, 18 mm entre vis, 15 mm minimum aux rives.

Solution B (au choix) : plaques 375 x 60 x 18 mm encollées **pleine surface** (pas un cordon), serrées par 10 vis à filetage partiel le temps de la prise.

1 - D'où viennent les efforts au droit du trou

Réactions d'appui, poids propre et chaque charge avec son bras de levier — une passe par combinaison, avec son k_{mod}

Principe — on coupe au droit du trou et on écrit l'équilibre du tronçon situé à gauche de la coupe : les réactions des appuis situés à gauche montent, toutes les charges pondérées situées à gauche descendent.

Le tronçon de gauche est une convention de calcul, pas une hypothèse sur la position du trou : un trou près de l'appui de droite se traite de la même façon, le tronçon de gauche contient alors presque toute la poutre. Écrire l'équilibre du tronçon de droite donnerait exactement les mêmes V et M — c'est la même coupe vue de l'autre côté. Le tableau ci-dessous nomme les appuis réellement pris en compte.

D'où viennent les réactions R — elles sont celles de la résolution de la poutre pour cette combinaison, déjà pondérées ; les charges sont reprises des tableaux de saisie et pondérées par les mêmes coefficients. Rien n'est relu d'un autre calcul.

$$V(x) = \Sigma R_{\text{gauche}} - \Sigma \text{charges pondérées à gauche de } x$$

$$M(x) = \Sigma (R_{\text{gauche}} \times \text{bras}) - \Sigma (\text{charge pondérée} \times \text{bras jusqu'à } x)$$

Une passe par combinaison : seuls les coefficients et le k_{mod} changent, le squelette est le même. Le poids propre en fait partie — il ne figure dans aucun tableau de charges.

Étape 1 — Quelle combinaison gouverne

Combinaison	Coef. G / S / Q	k_{mod}	V au bord gauche	M au bord gauche
ELU 1	1.35 / - / -	0.60	-175 daN	4896 daN·m
ELU 2	1.35 / 1.50 / -	0.90	-267 daN	5589 daN·m
ELU 8 ← gouverne	1.35 / - / 1.50	0.80	-93 daN	8806 daN·m
ELU 15	1.35 / 1.50 / 1.05	0.90	-210 daN	8326 daN·m
ELU 32	1.35 / 0.75 / 1.50	0.90	-139 daN	9152 daN·m

Étape 2 — Les charges pondérées et leur part à gauche · ELU 8 (k_{mod} 0.80)

Charge	Pondération	Résultante	Position	Part à gauche	Bras
Poids propre de la pièce	1.35×49.44	574 daN	0.00–8.60 m	285 daN	2.14 m
Charge répartie	$1.35 \times 248.00 + 1.50 \times 305.00$	2068 daN	1.90–4.51 m	1882 daN	1.19 m
Charge répartie	$1.35 \times 211.00 + 1.50 \times 305.00$	1856 daN	4.51–7.01 m	0 daN	0.00 m
Charge répartie	$1.35 \times 174.00 + 1.50 \times 251.00$	721 daN	7.01–8.19 m	0 daN	0.00 m
Charge ponctuelle	$1.35 \times 1006.00 + 1.50 \times 72.00$	1466 daN	1.90 m	1466 daN	2.38 m
Charge ponctuelle	$1.35 \times 1596.00 + 1.50 \times 192.00$	2443 daN	8.19 m	0 daN	0.00 m

Étape 3 — Point de départ : les réactions d'appui pondérées (combinaison ELU 8)

R_1	réaction de la résolution de la poutre, combinaison ELU 8	à gauche de la coupe : compte	3539.7 daN
R_2	réaction de la résolution de la poutre, combinaison ELU 8	à droite de la coupe : ne compte pas	5588.3 daN
ΣF	toutes les charges pondérées	contrôle : $R_1 + R_2$ doit l'égaliser	9128.0 daN

Étape 4 — Effort tranchant V_d au bord du trou

ΣF_{gauche}	part des charges pondérées à gauche de la coupe	colonne « Part à gauche » du tableau ci-dessus	3633.2 daN
V_d	$R_1 - \Sigma F_{\text{gauche}}$	$3539.7 - 3633.2$	-93.5 daN

$$\text{soit } 3539.7 - 285.3 - 1881.7 - 1466.1 = -93.5 \text{ daN}$$

Étape 5 — Moment M_d au bord du trou

M_d	$R_1 \cdot x - \Sigma (\text{charge} \times \text{bras})$	$3539.7 \times 4.275 - 6326.4$	8805.6 daN·m
$\text{soit } 3539.7 \times 4.275 - 285.3 \times 2.14 - 1881.7 \times 1.19 - 1466.1 \times 2.38 = 8805.6 \text{ daN·m}$			

Auto-contrôle d'équilibre — R_1 recalculé par les moments autour de l'appui 2 : 3539.7 daN contre 3539.7 daN par la descente. Écart 0.0000 daN

Efforts lus au bord du trou ($x = 4275$ et 4400 mm depuis l'axe de l'appui 1), jamais à son axe : c'est le bord qui est le plus sollicité. V et M sont pris chacun au plus défavorable de ses deux bords (V côté appui, M côté travée) — $F_{t,V}$ et $F_{t,M}$ peuvent donc s'appuyer sur deux bords différents du même trou, et l'étape 5, qui n'imprime que le bord gauche, ne suffit pas à refaire $F_{t,M}$.

2 - Pourquoi le bois risque de fissurer ici

Traction perpendiculaire au fil — DIN EN 1995-1-1/NA, éq. (NA.63) à (NA.68)

Percer interrompt les fibres. Sous l'effet du tranchant et du moment, le bois se met à **tirer perpendiculairement au fil** de part et d'autre du trou — c'est la direction dans laquelle il est le plus faible ($f_{t,90,k} = 0,5 \text{ MPa}$). La fissure part de la rive du trou.

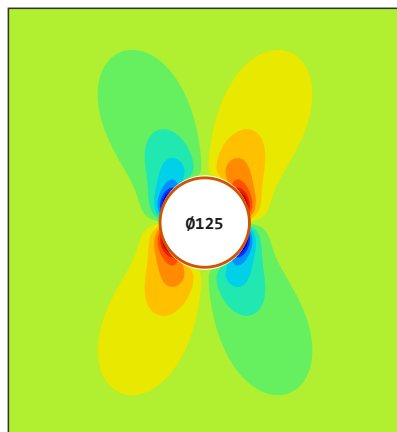
1 — Traction perpendiculaire au fil · DIN EN 1995-1-1/NA			
$F_{t,V}$	part due au tranchant – (NA.63)	$h_d = 0,7 \cdot d$ admis dans cette équation seulement	22 daN
$F_{t,M}$	part due au moment – $0,008 \cdot M / h_r$	$h_r = 238 \text{ mm}$	297 daN
$F_{t,90,d}$	$F_{t,V} + F_{t,M}$	$ELU \ 8 \cdot k_{mod} \ 0.80 \cdot \gamma_M \ 1.25$	318 daN
R	$0,5 \cdot \ell_{t,90} \cdot b \cdot k_{t,90} \cdot f_{t,90,d}$	$\ell_{t,90} \ 363 \text{ mm} \cdot k_{t,90} \ 0.866$	1005 daN
taux	$F_{t,90,d} / R$	$318 / 1005$	32 %
2 — Les deux autres vérifications au droit du trou			
flexion nette	$\sigma_{m,d} / f_{m,d}$ sur la section restante	$74.0 / 153.6 \text{ daN/cm}^2 \cdot W_{net} \ 11891 \text{ cm}^3 \cdot ELU \ 8$	48 %
cisaillement d'angle	indicatif – hors NA	jamais compté dans le verdict	3 %

Le facteur **0,5** de (NA.63) est dans la norme : l'omettre doublerait la résistance annoncée.

DISPERSION DES EFFORTS — PERÇAGE 2

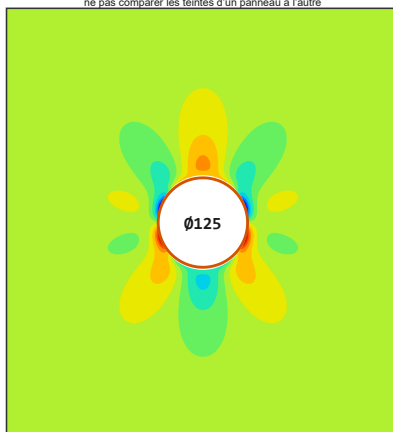
PART DU TRANCHANT

Fig. 5.4 — cas de gauche : $F_{t,V} = 22 \text{ daN} \cdot 7 \%$
Kirsch en cisaillement pur $\tau = -0.03 \text{ MPa}$ $F_{t,V}$ vient de (NA.63)
échelle propre $\pm 0.07 \text{ MPa}$
ne pas comparer les teintes d'un panneau à l'autre



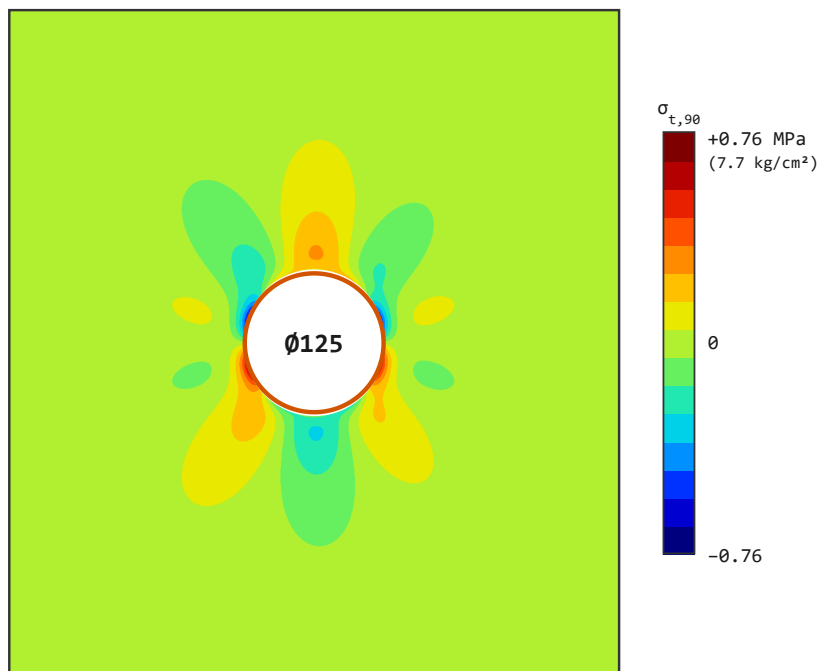
PART DU MOMENT

Fig. 5.4 — cas du milieu : $F_{t,M} = 297 \text{ daN} \cdot 93 \%$
Kirsch sous $\sigma(y) = M \cdot y/I$, variable sur la hauteur
 $F_{t,M}$ vient de (NA.63)
échelle propre $\pm 0.70 \text{ MPa}$
ne pas comparer les teintes d'un panneau à l'autre



TOTAL — CE QUE SUBIT LE BOIS

somme des deux, à la même échelle
la seule des trois qui décrit la réalité : porte seule l'échelle



ELU 8 · au droit du trou : $V = -201 \text{ daN}$ · $M = 8806 \text{ daN} \cdot \text{m}$ · $\sigma_x(\text{centre}) = 0.00 \text{ MPa}$ · $\tau(\text{centre}) = -0.03 \text{ MPa}$

Trois vues du MÊME trou : la traction $\perp$ au fil due au tranchant seul, celle due au moment seul, et leur somme — c'est la somme que subit le bois. Les deux premières sont tracées à leur échelle propre, écrite sur chacune : sous une échelle commune, celle des deux qui pèse le moins sortait uniformément vide alors qu'elle porte un effort réel. On ne compare donc pas les teintes d'un panneau à l'autre — la comparaison se lit en daN et en %. Seul le total porte la barre de couleurs. Ici, c'est moment qui domine : $F_{t,V} = 22 \text{ daN}$ contre $F_{t,M} = 297 \text{ daN}$ — ces deux valeurs sont celles du calcul (NA.63), elles ne sont pas relevées sur le dessin. Le champ de flexion est pris variable sur la hauteur ($\sigma_x(y) = M \cdot y/I$) et non réduit à sa valeur au centre : sur un trou proche de l'axe neutre cette valeur est nulle, alors que le gradient, lui, ne l'est pas. Les deux parts sont des solutions exactes du trou circulaire — champ lointain uniforme pour l'une, linéaire pour l'autre — bord du trou libre de contrainte dans les deux cas. Le troisième cas de la Fig. 5.4 — élément chargé axialement — n'est pas tracé : il décrit un tirant ou une membrure comprimée, pas une poutre fléchie. Répartition qualitative, solution analytique de Kirsch (trou circulaire, plaque isotrope), V et M signés de la combinaison gouvernante au droit du trou. Le dimensionnement reste NA.63-NA.68 (carte « Vérification des perçages »).

Statut de la géométrie : **admis À CONDITION d'être renforcé**

1 — Géométrie du trou dans la pièce · NCI NA.6.7, Bild NA.7			
Ø	diamètre nominal du perçage	20.8 % de la hauteur (h = 600 mm)	125 mm
h _{ro}	bois restant au-dessus du trou	39.6 % de h	238 mm
h _{ru}	bois restant en dessous du trou	39.6 % de h	238 mm
D ₁ — bord DROIT	cote d'atelier jusqu'au bord du trou	depuis la fin de la coupe droite, ou l'axe de l'appui droit	3725 mm
axe	hauteur de l'axe depuis la sous-face	50.0 % de h	300 mm

Écarts relevés (DIN EN 1995-1-1/NA, Bild NA.7)

- d/h = 0.208 > 0,15 → renfort intérieur EXIGÉ par le NA

4 · Le renfort qui reprend tout

Les deux solutions dimensionnées — NCI NA.6.8.4

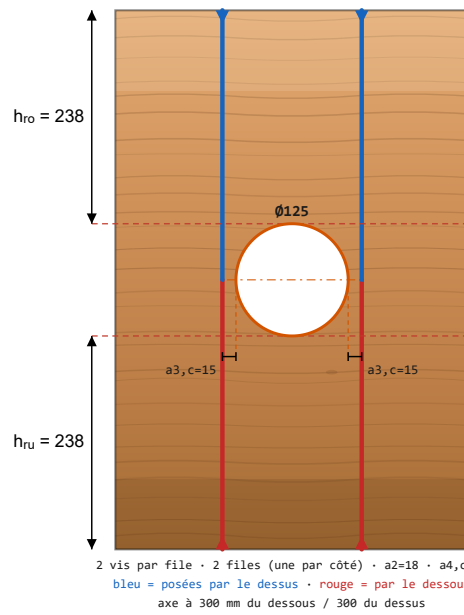
Le renfort reprend l'intégralité de F_{t,90} = 318 daN : la traction ⊥ du bois **n'est plus comptée du tout** (NCI NA.6.8.4). **Deux solutions ALTERNATIVES** — on fait l'une *ou* l'autre, jamais les deux. Chacune a son schéma ci-dessous.

La moins sollicitée : solution B — plaques collées (32 % contre 79 %). Les deux passent. Le calcul ne départage que la marge : le collage impose des conditions d'atelier — certificat d'aptitude, hygrométrie, température, temps de presse — que le vissage n'a pas.

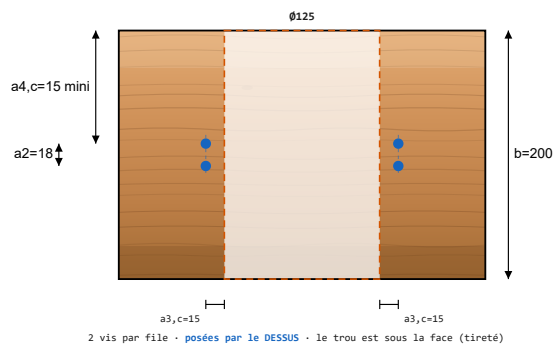
Solution A — vis vissées sur les chants de la poutre (dessus et dessous)

Vis	ASSY plus VG Ø6 × 300 mm	2 de chaque côté du trou · tête fraisée (type H) · entièrement filetée · ETA-11/0190 du 22/01/2026 Longueurs fabriquées Ø6 : 25 à 300 mm (annexe A.9.1.3). Tolérance de longueur ±4 mm au-delà de 250 : l'annexe A.9.1.4 demande que l'épaisseur de la pièce reste supérieure à la longueur retenue pour que la pointe ne ressorte pas — la longueur proposée ici laisse 20 mm de garde. ⚠ Le code article n'est pas dans l'ETA : un agrément donne les caractéristiques, jamais une référence de commande. À relever sur le catalogue du fournisseur.
Implantation	1 file en travers	une seule file longitudinale est comptée comme active (§5.3.1)
a _{3,c} — du bord du trou	15 mm	2,5·d _r ≤ a _{3,c} ≤ 4·d _r (15–24 mm) — on retient la plus faible : la traction ⊥ se concentre au bord du trou
a ₂ — entre vis	18 mm	≥ 3·d _r
a _{4,c} — aux rives	15 mm	≥ 2,5·d _r · 2 vis posées sur 10 posables dans la largeur
Ancrage utile ℓ _{ef}	44 mm	le plus petit des deux ancrages de part et d'autre du plan de fissure — c'est lui qui dimensionne (ETA-11/0190 §A.4.2.2). La règle « longueur ≥ 2·ℓ _{ad} » du Manuel du bois lamellé §5.3.1 vise les goujons collés, où ℓ _{ad} = h _{ru} + 0,15·h _d est imposé par le TROU et ne dépend pas du goujon. Pour une vis, l'ETA définit ℓ _{ef} comme le plus petit ancrage et demande une pénétration totale ≥ 2·ℓ _{ef} — toujours satisfaite par construction. Les deux « 2× » ne portent pas sur la même grandeur.
Capacité par vis R _{ax,Rd}	200.5 daN	ETA-11/0190 éq. (2.12) — k _p 1.079
Taux à l'arrachement	79,4 %	traction axiale de la vis : 17 %

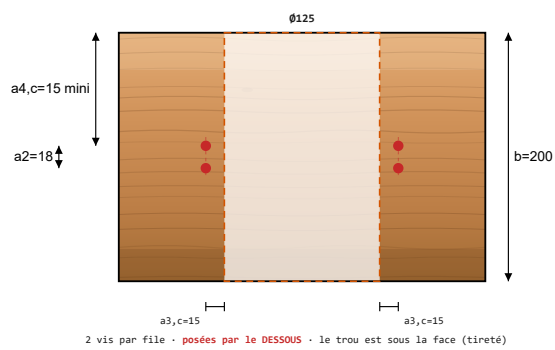
FACE LATÉRALE — PERÇAGE 2



VUE DE DESSUS — PLAN DE PERÇAGE (cotes en mm)



VUE DE DESSOUS — PLAN DE PERÇAGE (cotes en mm)

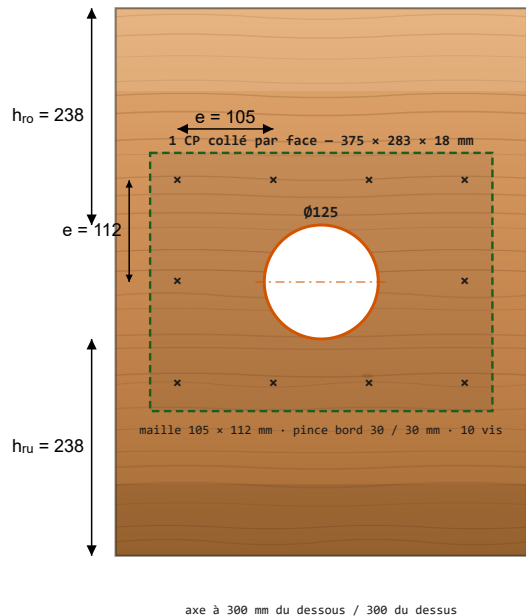


Solution B — plaques de contreplaqué collées sur les deux faces

Plaque	375 × 283 mm, épaisseur 18 mm – renfort collé, donc épaisseur ≥ 16 mm imposée par l'agrément Z-9.1-878 (tab. 1) : le contreplaqué de 15 mm n'est pas proposé sur cette voie, le palier part de CP 18.	une par face · hauteur = Ø125 + 2 × h _{ad} 79 : la plaque couvre le trou et s'ancre de part et d'autre · h ₁ 60 mm est le paramètre du §5.3.2, pas une dimension
Plan de colle	τ 0.162 / 0.500 MPa	32,3 % f _{k,2,k} 0,75 MPa
Traction du panneau	σ _t 0.708 / 6.20 MPa	22,8 % f _{t,k} 9.3 MPa déclaré à la DOP
Déformation du renfort	0.013 → 0.024 mm	allongement sur h _{ad} , instantané puis FINAL — k _{def,CP} = 0.80 (DoP, classe 1) · E _{t,⊥} = 4194 MPa. Affiché, non bloquant : aucune source ne déclare d'ouverture admissible pour ce joint.
Vis de serrage pendant la prise	10 vis	Ø6 à FILETAGE PARTIEL (ASSY ordinaire, pas « plus VG ») — ou filetage total À PAS VARIABLE, qui presse davantage (HECO-TOPIX-plus, ETA-19/0553) · maille 112 mm · longueur : partie lisse ≥ 18 mm (elle doit traverser le panneau) — usuel 60 à 100 mm
Colle	EN 301 I-90-GF-1,5-M	Colle qualifiée pour le collage sous pression par vis (DIN 1052-10). Le PU EN 15425 est écarté pour cet emploi (Z-9.1-765 : aptitude non démontrée). Seul cadre écrit : EN 301 – I – 90 – GF – 1,5 – M (Z-9.1-878 §1.1). Agrément expiré le 10/04/2023, sans successeur — la vis visée a changé de génération, la technique n'a pas été retirée (confirmé par le fabricant le 04/08/2026)

Les vis ne transmettent **rien** : elles **pressent** le temps de la prise. C'est le plan de colle qui travaille.

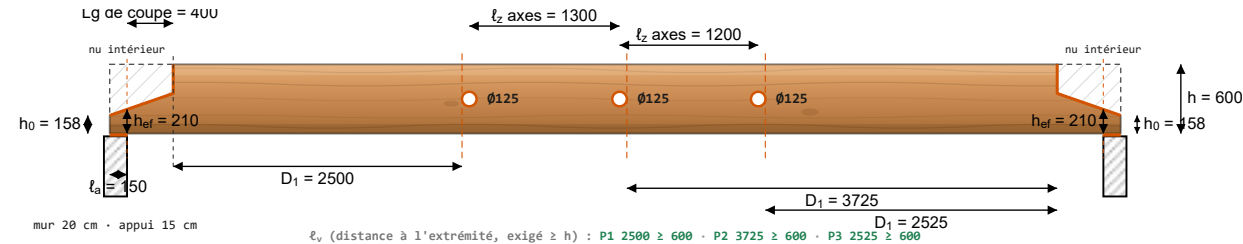
FACE LATÉRALE — PERÇAGE 2



Renfort CP requis (géométrie) — implantation indicative ;
le dimensionnement des deux renforts figure dans la carte
PERÇAGES de la note

5 • Ce qu'il faut percer et visser à l'atelier

Schémas cotés — les mêmes que la modale, jamais un second dessin



À l'atelier : percer au diamètre nominal 125 mm, axe à 300 mm de la sous-face, bord gauche à 3725 mm de la référence de cotation. Ébavurer les arêtes.

Renfort : réaliser UNE SEULE des deux solutions ci-dessous — elles sont équivalentes, chacune reprend la totalité de l'effort. Ne pas cumuler.

Solution A (au choix) : 2 vis ASSY plus VG Ø6 × 300 mm de chaque côté du trou, en **une seule file en travers** : à 15 mm du bord du trou, 18 mm entre vis, 15 mm minimum aux rives.

Solution B (au choix) : plaques 375 × 60 × 18 mm encollées **pleine surface** (pas un cordon), serrées par 10 vis à filetage partiel le temps de la prise.

1 - D'où viennent les efforts au droit du trou

Réactions d'appui, poids propre et chaque charge avec son bras de levier — une passe par combinaison, avec son k_{mod}

Principe — on coupe au droit du trou et on écrit l'équilibre du tronçon situé à gauche de la coupe : les réactions des appuis situés à gauche montent, toutes les charges pondérées situées à gauche descendent.

Le tronçon de gauche est une **convention de calcul, pas une hypothèse sur la position du trou** : un trou près de l'appui de droite se traite de la même façon, le tronçon de gauche contient alors presque toute la poutre. Écrire l'équilibre du tronçon de droite donnerait **exactement les mêmes V et M** — c'est la même coupe vue de l'autre côté. Le tableau ci-dessous nomme les appuis réellement pris en compte.

D'où viennent les réactions R — elles sont celles de la résolution de la poutre pour cette combinaison, déjà pondérées ; les charges sont reprises des tableaux de saisie et pondérées par les mêmes coefficients. Rien n'est relu d'un autre calcul.

$$V(x) = \Sigma R_{\text{gauche}} - \Sigma \text{charges pondérées à gauche de } x$$

$$M(x) = \Sigma (R_{\text{gauche}} \times \text{bras}) - \Sigma (\text{charge pondérée} \times \text{bras jusqu'à } x)$$

Une passe par combinaison : seuls les coefficients et le k_{mod} changent, le squelette est le même. Le poids propre en fait partie — il ne figure dans aucun tableau de charges.

Étape 1 — Quelle combinaison gouverne

Combinaison	Coef. G / S / Q	k_{mod}	V au bord gauche	M au bord gauche
ELU 1	1.35 / - / -	0.60	-609 daN	4420 daN·m
ELU 2	1.35 / 1.50 / -	0.90	-701 daN	5003 daN·m
ELU 8 ← gouverne	1.35 / - / 1.50	0.80	-1076 daN	8098 daN·m
ELU 15	1.35 / 1.50 / 1.05	0.90	-1028 daN	7577 daN·m
ELU 32	1.35 / 0.75 / 1.50	0.90	-1122 daN	8389 daN·m

Étape 2 — Les charges pondérées et leur part à gauche · ELU 8 (k_{mod} 0.80)

Charge	Pondération	Résultante	Position	Part à gauche	Bras
Poids propre de la pièce	1.35×49.44	574 daN	0.00–8.60 m	365 daN	2.74 m
Charge répartie	$1.35 \times 248.00 + 1.50 \times 305.00$	2068 daN	1.90–4.51 m	2068 daN	2.27 m
Charge répartie	$1.35 \times 211.00 + 1.50 \times 305.00$	1856 daN	4.51–7.01 m	716 daN	0.48 m
Charge répartie	$1.35 \times 174.00 + 1.50 \times 251.00$	721 daN	7.01–8.19 m	0 daN	0.00 m
Charge ponctuelle	$1.35 \times 1006.00 + 1.50 \times 72.00$	1466 daN	1.90 m	1466 daN	3.57 m
Charge ponctuelle	$1.35 \times 1596.00 + 1.50 \times 192.00$	2443 daN	8.19 m	0 daN	0.00 m

Étape 3 — Point de départ : les réactions d'appui pondérées (combinaison ELU 8)

R_1	réaction de la résolution de la poutre, combinaison ELU 8	à gauche de la coupe : compte	3539.7 daN
R_2	réaction de la résolution de la poutre, combinaison ELU 8	à droite de la coupe : ne compte pas	5588.3 daN
ΣF	toutes les charges pondérées	contrôle : $R_1 + R_2$ doit l'égaliser	9128.0 daN

Étape 4 — Effort tranchant V_d au bord du trou

ΣF_{gauche}	part des charges pondérées à gauche de la coupe	colonne « Part à gauche » du tableau ci-dessus	4615.8 daN
V_d	$R_1 - \Sigma F_{\text{gauche}}$	$3539.7 - 4615.8$	-1076.1 daN
soit $3539.7 - 365.4 - 2067.9 - 716.4 - 1466.1 = -1076.1$ daN			

Étape 5 — Moment M_d au bord du trou

M_d	$R_1 \cdot x - \Sigma (\text{charge} \times \text{bras})$	$3539.7 \times 5.475 - 11281.5$	8098.2 daN·m
soit $3539.7 \times 5.475 - 365.4 \times 2.74 - 2067.9 \times 2.27 - 716.4 \times 0.48 - 1466.1 \times 3.57 = 8098.2$ daN·m			

Auto-contrôle d'équilibre — R_1 recalculé par les moments autour de l'appui 2 : 3539.7 daN contre 3539.7 daN par la descente. Écart **0.0000 daN**

Efforts lus **au bord** du trou ($x = 5475$ et 5600 mm depuis l'axe de l'appui 1), jamais à son axe : c'est le bord qui est le plus sollicité. **V et M sont pris chacun au plus défavorable de ses deux bords** (V côté appui, M côté travée) — $F_{t,V}$ et $F_{t,M}$ peuvent donc s'appuyer sur deux bords différents du même trou, et l'étape 5, qui n'imprime que le bord gauche, ne suffit pas à refaire $F_{t,M}$.

2 - Pourquoi le bois risque de fissurer ici

Traction perpendiculaire au fil — DIN EN 1995-1-1/NA, éq. (NA.63) à (NA.68)

Percer interrompt les fibres. Sous l'effet du tranchant et du moment, le bois se met à **tirer perpendiculairement au fil** de part et d'autre du trou — c'est la direction dans laquelle il est le plus faible ($f_{t,90,k} = 0,5 \text{ MPa}$). La fissure part de la rive du trou.

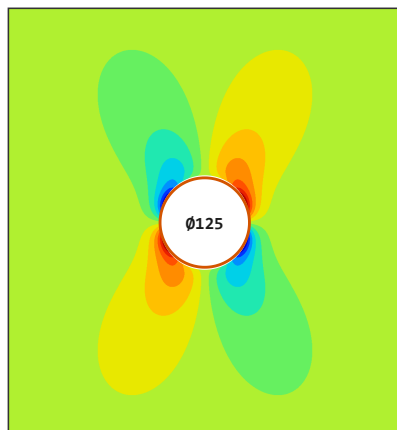
1 — Traction perpendiculaire au fil · DIN EN 1995-1-1/NA			
$F_{t,V}$	part due au tranchant – (NA.63)	$h_d = 0,7 \cdot d$ admis dans cette équation seulement	128 daN
$F_{t,M}$	part due au moment – $0,008 \cdot M / h_r$	$h_r = 238 \text{ mm}$	273 daN
$F_{t,90,d}$	$F_{t,V} + F_{t,M}$	$ELU \ 8 \cdot k_{mod} \ 0.80 \cdot \gamma_M \ 1.25$	401 daN
R	$0,5 \cdot \ell_{t,90} \cdot b \cdot k_{t,90} \cdot f_{t,90,d}$	$\ell_{t,90} \ 363 \text{ mm} \cdot k_{t,90} \ 0.866$	1005 daN
taux	$F_{t,90,d} / R$	$401 / 1005$	40 %
2 — Les deux autres vérifications au droit du trou			
flexion nette	$\sigma_{m,d} / f_{m,d}$ sur la section restante	$68.1 / 153.6 \text{ daN/cm}^2 \cdot W_{net} \ 11891 \text{ cm}^3 \cdot ELU \ 8$	44 %
cisaillement d'angle	indicatif – hors NA	jamais compté dans le verdict	13 %

Le facteur **0,5** de (NA.63) est dans la norme : l'omettre doublerait la résistance annoncée.

DISPERSION DES EFFORTS — PERÇAGE 3

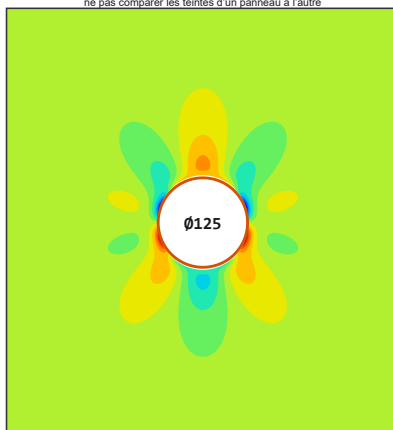
PART DU TRANCHANT

Fig. 5.4 — cas de gauche · $F_{t,V} = 128 \text{ daN} \cdot 32 \%$
Kirsch en cisaillement pur $\tau = -0.15 \text{ MPa}$ · $F_{t,V}$ vient de (NA.63)
échelle propre $\pm 0.38 \text{ MPa}$
ne pas comparer les teintes d'un panneau à l'autre



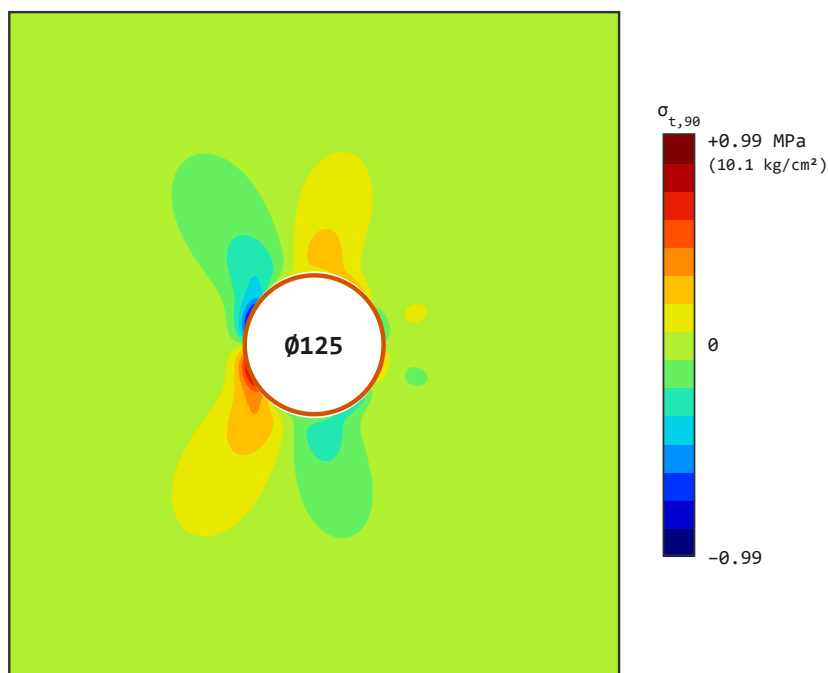
PART DU MOMENT

Fig. 5.4 — cas du milieu · $F_{t,M} = 273 \text{ daN} \cdot 68 \%$
Kirsch sous $\sigma(y) = M/y$, variable sur la hauteur
 $F_{t,M}$ vient de (NA.63)
échelle propre $\pm 0.64 \text{ MPa}$
ne pas comparer les teintes d'un panneau à l'autre



TOTAL — CE QUE SUBIT LE BOIS

somme des deux, à la même échelle
la seule des trois qui décrit la réalité · porte seule l'échelle



ELU 8 · au droit du trou : $V = -1177 \text{ daN}$ · $M = 8098 \text{ daN}\cdot\text{m}$ · $\sigma_x(\text{centre}) = 0.00 \text{ MPa}$ · $\tau(\text{centre}) = -0.15 \text{ MPa}$

Trois vues du MÊME trou : la traction $\perp$ au fil due au tranchant seul, celle due au moment seul, et leur somme — c'est la somme que subit le bois. Les deux premières sont tracées à leur échelle propre, écrite sur chacune : sous une échelle commune, celle des deux qui pèse le moins sortait uniformément vide alors qu'elle porte un effort réel. On ne compare donc pas les teintes d'un panneau à l'autre — la comparaison se lit en daN et en %. Seul le total porte la barre de couleurs. Ici, c'est moment qui domine : $F_{t,V} = 128 \text{ daN}$ contre $F_{t,M} = 273 \text{ daN}$ — ces deux valeurs sont celles du calcul (NA.63), elles ne sont pas relevées sur le dessin. Le champ de flexion est pris variable sur la hauteur ($\sigma_x(y) = M \cdot y/I$) et non réduit à sa valeur au centre : sur un trou proche de l'axe neutre cette valeur est nulle, alors que le gradient, lui, ne l'est pas. Les deux parts sont des solutions exactes du trou circulaire — champ lointain uniforme pour l'une, linéaire pour l'autre — bord du trou libre de contrainte dans les deux cas. Le troisième cas de la Fig. 5.4 — élément chargé axialement — n'est pas tracé : il décrit un tirant ou une membrure comprimée, pas une poutre fléchie. Répartition qualitative, solution analytique de Kirsch (trou circulaire, plaque isotrope), V et M signés de la combinaison gouvernante au droit du trou. Le dimensionnement reste NA.63-NA.68 (carte « Vérification des perçages »).

Statut de la géométrie : **admis À CONDITION d'être renforcé**

1 — Géométrie du trou dans la pièce · NCI NA.6.7, Bild NA.7			
Ø	diamètre nominal du perçage	20.8 % de la hauteur (h = 600 mm)	125 mm
h _{ro}	bois restant au-dessus du trou	39.6 % de h	238 mm
h _{ru}	bois restant en dessous du trou	39.6 % de h	238 mm
D ₁ — bord DROIT	cote d'atelier jusqu'au bord du trou	depuis la fin de la coupe droite, ou l'axe de l'appui droit	2525 mm
axe	hauteur de l'axe depuis la sous-face	50.0 % de h	300 mm

Écarts relevés (DIN EN 1995-1-1/NA, Bild NA.7)

- d/h = 0.208 > 0,15 → renfort intérieur EXIGÉ par le NA

4 · Le renfort qui reprend tout

Les deux solutions dimensionnées — NCI NA.6.8.4

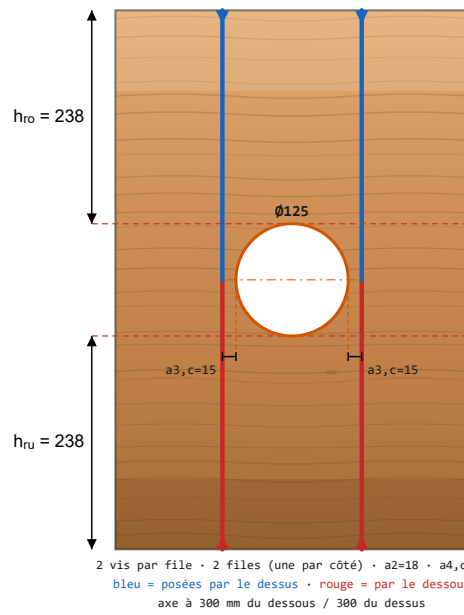
Le renfort reprend l'intégralité de F_{t,90} = 401 daN : la traction ⊥ du bois **n'est plus comptée du tout** (NCI NA.6.8.4). **Deux solutions ALTERNATIVES** — on fait l'une *ou* l'autre, jamais les deux. Chacune a son schéma ci-dessous.

La moins sollicitée : solution B — plaques collées (41 % contre 100 %). Les deux passent. Le calcul ne départage que la marge : le collage impose des conditions d'atelier — certificat d'aptitude, hygrométrie, température, temps de presse — que le vissage n'a pas.

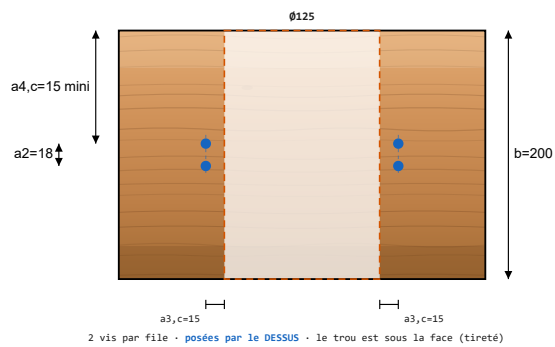
Solution A — vis vissées sur les chants de la poutre (dessus et dessous)

Vis	ASSY plus VG Ø6 × 300 mm	2 de chaque côté du trou · tête fraisée (type H) · entièrement filetée · ETA-11/0190 du 22/01/2026 Longueurs fabriquées Ø6 : 25 à 300 mm (annexe A.9.1.3). Tolérance de longueur ±4 mm au-delà de 250 : l'annexe A.9.1.4 demande que l'épaisseur de la pièce reste supérieure à la longueur retenue pour que la pointe ne ressorte pas — la longueur proposée ici laisse 20 mm de garde. ⚠ Le code article n'est pas dans l'ETA : un agrément donne les caractéristiques, jamais une référence de commande. À relever sur le catalogue du fournisseur.
Implantation	1 file en travers	une seule file longitudinale est comptée comme active (§5.3.1)
a _{3,c} — du bord du trou	15 mm	2,5·d _r ≤ a _{3,c} ≤ 4·d _r (15–24 mm) — on retient la plus faible : la traction ⊥ se concentre au bord du trou
a ₂ — entre vis	18 mm	≥ 3·d _r
a _{4,c} — aux rives	15 mm	≥ 2,5·d _r · 2 vis posées sur 10 posables dans la largeur
Ancrage utile ℓ _{ef}	44 mm	le plus petit des deux ancrages de part et d'autre du plan de fissure — c'est lui qui dimensionne (ETA-11/0190 §A.4.2.2). La règle « longueur ≥ 2·ℓ _{ad} » du Manuel du bois lamellé §5.3.1 vise les goujons collés, où ℓ _{ad} = h _{ru} + 0,15·h _d est imposé par le TROU et ne dépend pas du goujon. Pour une vis, l'ETA définit ℓ _{ef} comme le plus petit ancrage et demande une pénétration totale ≥ 2·ℓ _{ef} — toujours satisfaite par construction. Les deux « 2× » ne portent pas sur la même grandeur.
Capacité par vis R _{ax,Rd}	200.5 daN	ETA-11/0190 éq. (2.12) — k _p 1.079
Taux à l'arrachement	99,9 %	traction axiale de la vis : 22 %

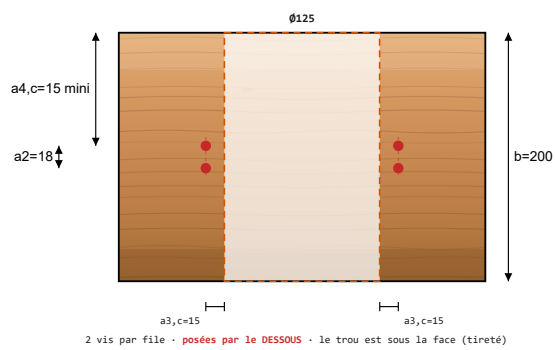
FACE LATÉRALE — PERÇAGE 3



VUE DE DESSUS — PLAN DE PERÇAGE (cotes en mm)



VUE DE DESSOUS — PLAN DE PERÇAGE (cotes en mm)

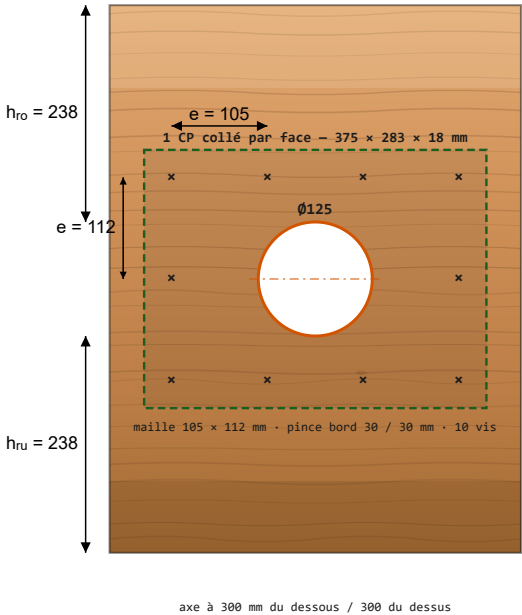


Solution B — plaques de contreplaqué collées sur les deux faces

Plaque	375 × 283 mm, épaisseur 18 mm – renfort collé, donc épaisseur ≥ 16 mm imposée par l'agrément Z-9.1-878 (tab. 1) : le contreplaqué de 15 mm n'est pas proposé sur cette voie, le palier part de CP 18.	une par face · hauteur = Ø125 + 2 × h _{ad} 79 : la plaque couvre le trou et s'ancre de part et d'autre · h ₁ 60 mm est le paramètre du §5.3.2, pas une dimension
Plan de colle	τ 0.203 / 0.500 MPa	 40,7 % $f_{k,2,k}$ 0,75 MPa
Traction du panneau	σ_t 0.890 / 6.20 MPa	 28,7 % $f_{t,k}$ 9.3 MPa déclaré à la DOP
Déformation du renfort	0.017 → 0.030 mm	allongement sur h _{ad} , instantané puis FINAL — $k_{def,CP} = 0.80$ (DoP, classe 1) · E _{t,⊥} = 4194 MPa. Affiché, non bloquant : aucune source ne déclare d'ouverture admissible pour ce joint.
Vis de serrage pendant la prise	10 vis	Ø6 à FILETAGE PARTIEL (ASSY ordinaire, pas « plus VG ») — ou filetage total À PAS VARIABLE, qui presse davantage (HECO-TOPIX-plus, ETA-19/0553) · maille 112 mm · longueur : partie lisse ≥ 18 mm (elle doit traverser le panneau) — usuel 60 à 100 mm
Colle	EN 301 I-90-GF-1,5-M	Colle qualifiée pour le collage sous pression par vis (DIN 1052-10). Le PU EN 15425 est écarté pour cet emploi (Z-9.1-765 : aptitude non démontrée). Seul cadre écrit : EN 301 – I – 90 – GF – 1,5 – M (Z-9.1-878 §1.1). Agrément expiré le 10/04/2023, sans successeur — la vis visée a changé de génération, la technique n'a pas été retirée (confirmé par le fabricant le 04/08/2026)

Les vis ne transmettent **rien** : elles **pressent** le temps de la prise. C'est le plan de colle qui travaille.

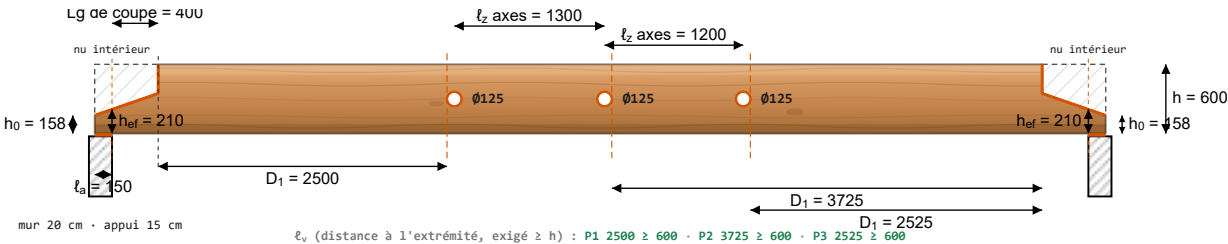
FACE LATÉRALE — PERÇAGE 3



Renfort CP requis (géométrie) — implantation indicative ; le dimensionnement des deux renforts figure dans la carte PERÇAGES de la note

5 • Ce qu'il faut percer et visser à l'atelier

Schémas cotés — les mêmes que la modale, jamais un second dessin



À l'atelier : percer au diamètre nominal 125 mm, axe à 300 mm de la sous-face, bord gauche à 2525 mm de la référence de cotation. Ébavurer les arêtes.

Renfort : réaliser UNE SEULE des deux solutions ci-dessous — elles sont équivalentes, chacune reprend la totalité de l'effort. Ne pas cumuler.

Solution A (au choix) : 2 vis ASSY plus VG Ø6 × 300 mm de chaque côté du trou, en une seule file en travers : à 15 mm du bord du trou, 18 mm entre vis, 15 mm minimum aux rives.

Solution B (au choix) : plaques 375 × 60 × 18 mm encollées pleine surface (pas un cordon), serrées par 10 vis à filetage partiel le temps de la prise.

