

N° projet - Projet - Note de calcul

Élément :

- Annexe : ANxx
- Date : 03/10/2022
- Ingénieur : Anthony PARISOT

1. Paramètres

• Vérifications

• Chargement

	Index	Nom	Action	Type	Charge (daN ou daN/m)	Position (mm)	Axe
0	0	Poids propre	Permanente G	Linéique	-50	0/4000	Z
1	2	Neige normale Sn		Linéique	-200	0/4000	Z

• Appuis

	Index	Type d'appuis	Position (mm)	Largeur d'appuis (mm)
0	1	Rotule	0	40
1	2	Rotule	4000	40

• Dalle

$code_{INSEE} = 73215$ $alt = 1200$ (m) $type_{element} = \text{Élémentstructuraux}$
 $longueur = 4.00$ m $disposition = \text{Latérale}$ $classe_{service} = 1$
 $humidite_{initiale} = 12$ (pourcent) $humidite_{finale} = 12$ (pourcent) $recouvrement = -40$ (mm)
 $entraxe_{connecteurs} = 200$ (mm)

• Planche basse

$b_{planche_{basse}} = 77.00$ mm $h_{planche_{basse}} = 360.00$ mm $classe_{bois_{planche_{basse}}} = \text{C24}$

	fm0k	ft0k	ft90k	fc0k	fc90k	fvk	E0mean	E005	E90mean	Gmoy	rhok	rhomean
C24	24	14.5	0.4	21	2.5	4	11000	7400	370	690	350	420

- **Planche haute**

$$b_{\text{planche}_{\text{intermediaire}}} = 83.00 \text{ mm} \quad h_{\text{planche}_{\text{intermediaire}}} = 120.00 \text{ mm} \quad \text{classe}_{\text{bois}_{\text{planche}_{\text{intermediaire}}}} = \text{C24}$$

	fm0k	ft0k	ft90k	fc0k	fc90k	fvk	E0mean	E005	E90mean	Gmoy	rhok	rhomean
C24	24	14.5	0.4	21	2.5	4	11000	7400	370	690	350	420

- **Connecteurs**

$$\begin{aligned} d &= 6.00 \text{ mm} & d1 &= 3.90 \text{ mm} & ds &= 4.30 \text{ mm} \\ dh &= 12.00 \text{ mm} & l &= 200.00 \text{ mm} & \rho_a &= 350.00 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \\ f_{\text{head}} &= 10.50 \text{ MPa} & f_{\text{tensk}} &= 11.30 \text{ kN} & f_{ax_k} &= 11.70 \text{ MPa} \\ MyRk &= 9.49 \text{ N} \cdot \text{m} & \alpha1 &= 90 \text{ (}^\circ\text{)} & \alpha2 &= 90 \text{ (}^\circ\text{)} \end{aligned}$$

```
c:\Users\utilisateur\Documents\Project_code\Eurocode\catalog\eurocode\EC0_Combinaison.py:580: SettingWithCopyWarning:
A value is trying to be set on a copy of a slice from a DataFrame

See the caveats in the documentation: https://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/user_guide/indexing.html#returning-a-view-versus-a-copy
self.df_W_inst_Q.iloc[index,0] = name_combi
1512.0
```

3. Combinaisons d'action

	Combinaison
0	ELS_C G
1	ELS_C G + Sn
2	ELS_QP G
3	ELS_QP G + 0.2Sn
4	ELU_STR 1.35G
5	ELU_STR 1.35G + 1.5Sn
6	ELU_STR G
7	ELU_STR Sn
8	W_inst Sn
9	W_net_fin ELS_C G & ELS_QP G
10	W_net_fin ELS_C G + Sn & ELS_QP G + 0.2Sn

4. Assemblage

- **Kser par vis et par plan de cisaillement**

$$K_{ser} = (\rho_{mean})^{1.5} \cdot \frac{d}{23} = (420.00)^{1.5} \cdot \frac{4.29}{23} = 1605.47 \text{ (N/mm)}$$

- **Kser assemblage**

$$k_{ser_{ass}} = K_{ser} \cdot n_{file} \cdot n \cdot n_{Cis} \cdot k_{type} = 1.605 \text{ MN/m} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1 = 3.211 \text{ MN/m}$$

- **Kser final tenant compte du fluage**

Fh,1,k :

$$f_{hk} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 4.29) \cdot 350 = 27.47 \text{ (MPa)}$$

Fh,2,k :

$$f_{hk} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot 4.29) \cdot 350 = 27.47 \text{ (MPa)}$$

$$n_{ef} = 1$$

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{f_{h2k}}{f_{h1k}} \\ &= \frac{27.47}{27.47} \\ &= 1.00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}g &= f_{h1k} \cdot t_1 \cdot \text{diam} \\ &= 27.47 \cdot 34.00 \cdot 4.29 \\ &= 4006.59 \text{ (N)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}h &= 0.5 \cdot f_{h2k} \cdot t_2 \cdot \text{diam} \\ &= 0.5 \cdot 27.47 \cdot 77.00 \cdot 4.29 \\ &= 4536.88 \text{ (N)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}j &= 1.05 \cdot \frac{g}{2 + \beta} \cdot \left(\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{yRk}}{f_{h1k} \cdot (t_1)^2 \cdot \text{diam}}} - \beta \right) \\ &= 1.05 \cdot \frac{4006.59}{2 + 1.00} \cdot \left(\sqrt{2 \cdot 1.00 \cdot (1 + 1.00) + \frac{4 \cdot 1.00 \cdot (2 + 1.00) \cdot 9494.00}{27.47 \cdot (34.00)^2 \cdot 4.29}} - 1.00 \right) \\ &= 1681.60 \text{ (N)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k &= 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{yRk} \cdot f_{h1k} \cdot \text{diam}} \\ &= 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1.00}{1 + 1.00}} \cdot \sqrt{2 \cdot 9494.00 \cdot 27.47 \cdot 4.29} \\ &= 1720.23 \text{ (N)}\end{aligned}$$

$$F_{vRk_{johansen}} = \min(g, h, j, k) = \min(4.01 \text{ kN}, 4.54 \text{ kN}, 1.68 \text{ kN}, 1.72 \text{ kN}) = 1.68 \text{ kN}$$

$$\text{mode}_{rupture} = J$$

$$F_{axRk_{reel}} = \min\left(\frac{F_{axRk}}{4}, \text{coflimit} \cdot F_{vRk_{johansen}}\right) = \min\left(\frac{1512.00}{4}, 1 \cdot 1.68 \text{ kN}\right) = 378.00$$

$$F_{vRk} = F_{vRk_{johansen}} + F_{axRk_{reel}} = 1.68 \text{ kN} + 378.00 = 2.06 \text{ kN}$$

$$F_{vRk_{ass}} = F_{vRk} \cdot n_{file} \cdot n_{ef} \cdot n_{cisaillement} = 2.06 \text{ kN} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 4.12 \text{ kN}$$

5. Rigidité efficace de la poutre assemblée mécaniquement

- **Gamma, facteur de glissement des connecteurs**

$$\gamma_i = \left(1 + (\pi)^2 \cdot E_{mean_{fin}} \cdot A \cdot \frac{\text{entraxe}}{K_{ser_{fin}} \cdot (l_0)^2} \right)^{(-1)} = \left(1 + (3.14)^2 \cdot 11000.00 \cdot 9960.00 \cdot \frac{200.00}{3210.95 \cdot (4000.00)^2} \right)^{(-1)} = 0.19$$

$$\gamma_2 = 1$$

- **Distance de l'axe de la pièce par rapport à l'axe neutre de l'assemblage**

	Planche	Distance à l'axe neutre
0	Planche haute	2.581 mm
1	Planche intermédiaire/basse	-37.419 mm

- Rigidité efficace en flexion**

EI eff 2:

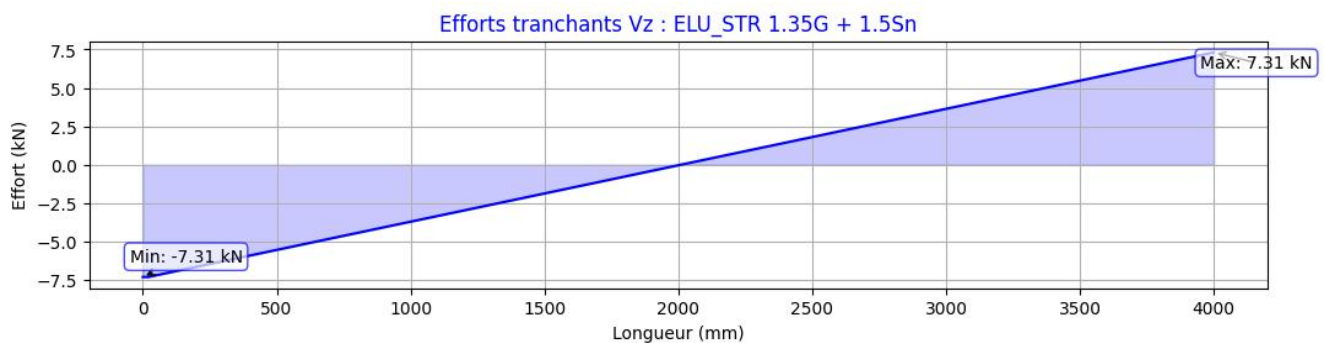
$$\begin{aligned}
 EI_{effi} &= E_{mean_{fin}} \cdot inertie + \gamma_i \cdot E_{mean_{fin}} \cdot aire \cdot (distance_{ai})^2 \\
 &= 11.0 \text{ GPa} \cdot 299376000.0 \text{ mm}^4 + 1 \cdot 11.0 \text{ GPa} \cdot 27720.0 \text{ mm}^2 \cdot (2.6 \text{ mm})^2 \\
 &= 3.3 \text{ MN} \cdot \text{m}^2
 \end{aligned}$$

EI eff 3:

$$\begin{aligned}
 EI_{effi} &= E_{mean_{fin}} \cdot inertie + \gamma_i \cdot E_{mean_{fin}} \cdot aire \cdot (distance_{ai})^2 \\
 &= 11.0 \text{ GPa} \cdot 11952000.0 \text{ mm}^4 + 0.2 \cdot 11.0 \text{ GPa} \cdot 9960.0 \text{ mm}^2 \cdot (-37.4 \text{ mm})^2 \\
 &= 160.9 \text{ kN} \cdot \text{m}^2 \\
 EI_{eff_{global}} &= 3.456 \text{ MN} \cdot \text{m}^2 \text{ (Somme des EI efficace)}
 \end{aligned}$$

6. Cisaillement

- Diagramme des efforts tranchants Vz**



- Contrainte de cisaillement maximale dans l'élément 2 selon Annexe B.4 de l'EN 1995**

$$\begin{aligned}
 \tau_2 &= V_z \cdot \frac{\gamma_3 \cdot E_{mean_{fin3}} \cdot aire_3 \cdot a_3 + 0.5 \cdot E_{mean_{fin2}} \cdot b_2 \cdot (h)^2}{b_2 \cdot K_{cr} \cdot EI_{eff}} \\
 &= 7.313 \text{ kN} \cdot \frac{0.192 \cdot 11.000 \text{ GPa} \cdot 9960.000 \text{ mm}^2 \cdot -37.419 \text{ mm} + 0.5 \cdot 11.000 \text{ GPa} \cdot 77.000 \text{ mm} \cdot (182.581 \text{ mm})^2}{77.000 \text{ mm} \cdot 0.670 \cdot 3.456 \text{ MN} \cdot \text{m}^2} \\
 &= 546.783 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

- Capacité résistante en cisaillement de l'élément 2**

$$f_{vd} = \frac{f_{vk} \cdot K_{mod}}{\gamma_M} = \frac{4.00 \text{ MPa} \cdot 0.80}{1.30} = 2.46 \text{ MPa}$$

- Taux de travail en cisaillement maximal dans l'élément 2**

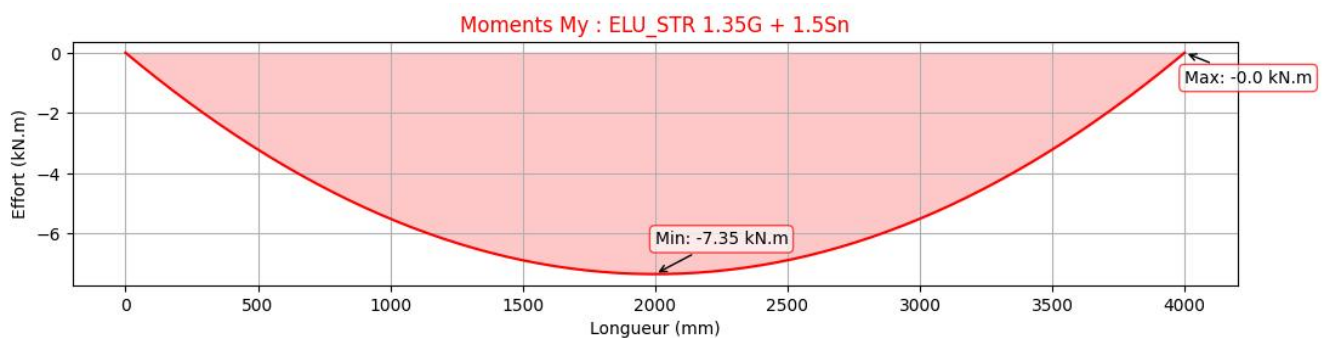
$$\text{taux}_{613} = \frac{\tau_d}{f_{v_d}} = \frac{546.783 \text{ kPa}}{2.462 \text{ MPa}} = 0.222$$

$$\text{taux}_{660} = \frac{\tau_d}{K_v \cdot f_{v_d}} = \frac{546.783 \text{ kPa}}{1 \cdot 2.462 \text{ MPa}} = 0.222$$

7. Flexion selon l'axe y

7.1. Flexion dans la planche haute selon l'axe y

- Diagramme du moment My**



- Contrainte de flexion le long de l'axe y selon Annexe B.3 de l'EN 1995**

$$\begin{aligned} \sigma_{m_i} &= 0.5 \cdot M_y \cdot E_{mean_{fin}} \cdot \frac{h_i}{EI_{eff}} \\ &= 0.5 \cdot 7.35 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot 11.00 \text{ GPa} \cdot \frac{360.00 \text{ mm}}{3.46 \text{ MN} \cdot \text{m}^2} \\ &= 4.21 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Résistance de calcul en flexion élément 2**

$$f_{m0_d} = k_{sys} \cdot f_{m0_k} \cdot \frac{K_{mod}}{\gamma_M} = 1.10 \cdot 24.00 \text{ MPa} \cdot \frac{0.80}{1.30} = 16.25 \text{ MPa}$$

- Taux de travail en flexion élément 2**

$$\begin{aligned} \sigma_i &= M_{f_z} \cdot \gamma_i \cdot E_{mean_{fin}} \cdot \frac{\text{distance}_{ai}}{EI_{eff}} \\ &= 7.35 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot 1 \cdot 11.00 \text{ GPa} \cdot \frac{2.58 \text{ mm}}{3.46 \text{ MN} \cdot \text{m}^2} \\ &= 60.38 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$K_h = \min(K_{h_y}, K_{h_z}) = \min(1, 1.143) = 1$$

$$\text{taux}_{61} = \frac{\sigma_{t0_d}}{K_h \cdot f_{t0_d}} = \frac{60.376 \text{ kPa}}{1 \cdot 8.923 \text{ MPa}} = 0.007 \text{ (equ6.1)}$$

$$\text{taux}_{611} = \frac{\sigma_{myd}}{f_{md} \cdot K_{hy}} + K_m \cdot \frac{\sigma_{mzd}}{f_{md} \cdot K_{hz}} = \frac{4.211 \text{ MPa}}{16.246 \text{ MPa} \cdot 1} + 0.700 \cdot \frac{0.000 \text{ Pa}}{16.246 \text{ MPa} \cdot 1.143} = 0.259 \text{ (equ6.11)}$$

$$\text{taux}_{612} = K_m \cdot \frac{\sigma_{myd}}{f_{md} \cdot K_{hy}} + \frac{\sigma_{mzd}}{f_{md} \cdot K_{hz}} = 0.700 \cdot \frac{4.211 \text{ MPa}}{16.246 \text{ MPa} \cdot 1} + \frac{0.000 \text{ Pa}}{16.246 \text{ MPa} \cdot 1.143} = 0.181 \text{ (equ6.12)}$$

$$\text{taux}_{633y} = \frac{\sigma_{myd}}{f_{md} \cdot K_{hy} \cdot K_{crit}} = \frac{4.211 \text{ MPa}}{16.246 \text{ MPa} \cdot 1 \cdot 0.777} = 0.334 \text{ (equ6.33)}$$

$$\text{taux}_{633z} = \frac{\sigma_{mzd}}{f_{md} \cdot K_{hz} \cdot K_{crit}} = \frac{0.000 \text{ Pa}}{16.246 \text{ MPa} \cdot 1.143 \cdot 0.777} = 0.000 \text{ (equ6.33)}$$

$$\text{taux}_{617} = \text{taux}_{611} + \text{taux}_{61} = 0.259 + 0.007 = 0.266 \text{ (equ6.17)}$$

$$\text{taux}_{618} = \text{taux}_{612} + \text{taux}_{61} = 0.181 + 0.007 = 0.188 \text{ (equ6.18)}$$

7.2. Flexion dans la planche intermédiaire selon l'axe y

- **Contrainte de flexion le long de l'axe y selon Annexe B.3 de l'EN 1995**

$$\begin{aligned} \sigma_{m_i} &= 0.5 \cdot M_y \cdot E_{mean_{fin}} \cdot \frac{h_i}{EI_{eff}} \\ &= 0.5 \cdot 7.35 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot 11.00 \text{ GPa} \cdot \frac{120.00 \text{ mm}}{3.46 \text{ MN} \cdot \text{m}^2} \\ &= 1.40 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- **Résistance de calcul en flexion**

```
-----
KeyError                                Traceback (most recent call last)
Cell In[41], line 1
----> 1 fmd = dict_combi[combi]["flexion"].f_m_d(action, "Fondamentales")
      2 display(Latex(fmd[0]))

KeyError: 'flexion'
```

- **Taux de travail en flexion**

8. Flèche instantanée (Q)

9. Flèche nette finale

9. Tableau récapitulatif des efforts internes

11. Contrainte de compression parallèle au fil selon Annexe B.3 de l'EN 1995

13. Charge à reprendre par organe d'assemblage selon Annexe B.5 de l'EN 1995

- **Taux de travail connecteur**