

Module ; Charpente métallique II Formules autorisées

Cours I ; Assemblage poutre-poteaux

Classe de qualité	4-6	4-8	5-6	5-8	6-8	8-8	10-9
f_y (dan/cm ²)	2400	3200	3000	4000	4800	6400	9000
f_{ub} (dan/cm ²)	4000	4000	5000	5000	6000	8000	10.000

Diamètres et sections résistantes

Diamètre du boulon d(mm)	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Section de la tige lisse A(mm ²)	50.2	78.5	113	154	201	254	314	380	452	572.6	706.9
Section résistante A _S (mm ²)	36.6	58.0	84.3	115	157	192	245	303	353	459	561

Repere	Appellation	F _{ub} (MPa)	F _{yb} (MPa)
HR1	HR 10-9	1000	900
HR2	HR8-8	800	640

Assemblage sollicité au cisaillement pur $V^* \leq F_{S,Rd} = \frac{K_S \cdot m \cdot \mu \cdot F_P}{\gamma_{MS}}$ où $V^* = \frac{V}{nb}$

$$F_P = 0.7 A_S \cdot f_{ub}$$

$K_S = 1$; pour les perçages normalisés, $K_S = 0.85$; pour les perçages surdimensionnés

et $K_S = 0.7$ Pour les perçages oblongs, nombre de plan de glissement

$\gamma_{MS}=1.25$ perçages normalisés et $\gamma_{MS}=1.4$ Perçages oblongs et μ ; donné

Assemblage sollicité à un effort de traction : $N^* \leq F_P = 0.7 A_S \cdot f_{ub}$ avec $N^* = \frac{N}{nb}$

Assemblage sollicité par un effort incliné ; $V^* \leq F_{S,Rd} = \frac{K_S \cdot m \cdot \mu}{\gamma_{MS}} (F_P - 0.8N^*)$

Assemblage sollicité par un moment fléchissant, un effort tranchant et effort normal ;

Effet de N ; $N_N^* = \frac{N}{nb}$,

Effet de V ; $V_V^* = \frac{V}{nb}$,

Effet de M ; $N_M^* = F_1 = \frac{M \cdot d_1}{2 \sum d_i^2}$

$$\text{Vérification } V^* \leq F_{S,Rd} = \frac{K_S \cdot m \cdot \mu}{\gamma_{MS}} (F_P - 0.8N^*), \quad N^* = N_M^* + N_N^*$$

Couvre joint ;

1) **Couvre joint de l'âme ; Effet de N ;** $V_{Na}^* = \frac{N_{ame}}{nb_{ame}}$ avec $N_{ame} = \frac{N \cdot A_{ame}}{A}$

Effet de v ; $V_{Va}^* = \frac{V}{nb_{ame}}$ et Moment de Torsion ; $V_{Mt}^* = F_1 = \frac{V \cdot e \cdot d_1}{\sum d_i^2}$

cisaillement total $V_a^* = \sqrt{(V_{Na}^* + V_{Mt}^* \cos \varphi)^2 + (V_{Va}^* + V_{Mt}^* \sin \varphi)^2}$

Couvre joint semelle ;

Effet de N ; $V_N^* = \frac{N_{semelle}}{nb_{semelle}}$ avec $N_{semelle} = \frac{N - N_{ame}}{2}$

Effet de M ; $V_M^* = \frac{M}{nb_s \cdot h}$ enfin $V_S^* = V_N^* + V_M^*$

Vérification ; pour l'âme $V_a^* \leq F_{S,Rd} = \frac{K_S \cdot m \cdot \mu}{\gamma_{MS}} F_P$ et pour semelle $V_s^* \leq F_{S,Rd} = \frac{K_S \cdot m \cdot \mu}{\gamma_{MS}} F_P$

Cours II ; Planchers mixtes $n = \frac{E_a}{E_{cm}}$, Pour la plupart des bâtiments (sauf ceux destinées au stockage) $n'' = 2n$ avec $E_a = 2.1 \cdot 10^6 \text{ dan/cm}^2$

$f_{c28} = f_{ck}(\text{MPa})$	20	25	30	35	40
$E_{cm}(\text{dan/cm}^2)$	2.9×10^5	3.05×10^5	3.2×10^5	3.35×10^5	3.5×10^5

Longueur de la dalle pratique b_{eff}

$b_{eff} = b_{e1} + b_{e2}$ avec $b_{ei} = \min\left(\frac{L}{8}, b_i\right)$

$F_a = A_a \frac{f_y}{\gamma_a}$ et $F_c = 0.85 \cdot h_c \cdot b_{eff} \cdot f_{cd}$ avec $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$

$$\gamma_c = 1.5, \gamma_a = 1.1$$

Cas 1 ; axe neutre passe par la table $F_c > F_a$

Calcul de l'axe neutre

$$X = \frac{F_a}{\left(\frac{0.85 \cdot b_{eff} \cdot f_{ck}}{\gamma_c}\right)} \leq h_c \rightarrow M_{pl,rd} = F_a \left(\frac{h_a}{2} + h_p + h_c - \frac{X}{2}\right)$$

2^{ème} Cas ; axe neutre passe par La semelle en acier

$F_c < F_a$ et $F_a - F_c \leq 2b_f \cdot t_f \cdot \frac{f_y}{\gamma_a} \rightarrow$ l'axe neutre $X = \frac{(F_a - F_c)}{2b_f \cdot \frac{f_y}{\gamma_a}} + (h_p + h_c)$

Le moment plastique ; $M_{pl,rd} = F_a \left(\frac{h_a}{2} + h_p + \frac{h_c}{2}\right) - \frac{1}{2}(F_a - F_c)(X + h_p)$

3^{eme} cas ; $F_c < F_a$ et $F_a - F_c > 2b_f \cdot t_f \cdot \frac{f_y}{\gamma_a}$

L'axe neutre $X = \left(\frac{h_a}{2} + h_p + h_c - X_W \right)$ et $X_W = \frac{F_c}{2t_w \cdot \left(\frac{f_y}{\gamma_a} \right)}$

le moment $M_{pl,rd} = M_{a,pl} + F_c \left(\frac{h_a}{2} + h_p + \frac{h_c}{2} \right) - \frac{1}{2} F_c X_W$ $M_{a,pl} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$

Effort Tranchant ; $V_{sd} \leq \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$

Calcul de la flèche ; $A_h = A_a + \frac{h_c \cdot b_{eff}}{n} \rightarrow m = A_a \left(\frac{h_a}{2} + h_p + h_c \right) + \frac{b_{eff} \cdot h_c^2}{2 \cdot n} \rightarrow X = \frac{m}{A_h}$

$I_{sup} = I_a + A_a \left(\frac{h_a}{2} + h_p + h_c \right)^2 + \frac{b_{eff} \cdot h_c^3}{3 \cdot n} \rightarrow I_h = I_{sup} - A_h \cdot X^2$

Cours III ; Base des poteaux

Calcul d'une base articulée

$$A_p = \max \begin{cases} \frac{1}{h \cdot b} \left[\frac{N_{sd}}{f_{cd}} \right]^2 \\ \frac{N_{sd}}{f_{cd}} \end{cases}, \text{ si } \begin{cases} A_p < 0.95 \cdot h \cdot b \rightarrow b_p \geq (b + 2t_f) \text{ et } h_p \geq (h + 2t_f) \\ \text{projection courte} \\ A_p \geq 0.95 \cdot h \cdot b \rightarrow b_p \geq (b + 2c) \text{ et } h_p \geq (h + 2c) \\ \text{projection étendue} \end{cases}$$

$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$, $f_j = \frac{2/3 \cdot \alpha \cdot f_{ck}}{\gamma_c}$, $\gamma_c = 1.15$, $\alpha = 1.5$

Largeur d'appui supplémentaire C ; $c = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AD}}{2A}$,

	Projection courte	Projection étendue
A	2	2
B	- (b - t _w + h)	(2.b - t _w + h)
D	$\left[\frac{N_{sd}}{2f_j} \right] - (2 \cdot b \cdot t_f + 4t_f^2 + 0.5h \cdot t_w - t_f \cdot t_w)$	$-\left[\frac{N_{sd}}{2f_j} \right] + (b \cdot t_f + 0.5h \cdot t_w - t_f \cdot t_w)$

Si $c > t_w/2$ recalculer $A=2$, $B = b + h$, $D = \left[\frac{b \cdot h}{2} \right] - \left[\frac{N_{sd}}{2 \cdot f_j} \right]$

Epaisseur de la plaque $t_p \geq \frac{c}{\sqrt{f_y/3 \cdot f_j \cdot \gamma_{M0}}}$, $\gamma_{M0} = 1.1$

Boulon d'ancrage $F_{t,rd} \leq F_{t,rd}$, $F_{t,rd} = N^* = \frac{N_{sd}}{n \cdot b}$, $F_{t,rd} = \frac{0.9 f_{ub} A_s}{\gamma_{Mb}}$, $\gamma_{Mb} = 1.25$

$$(\pi \cdot \phi \cdot L_b \cdot f_{bd}) = \frac{0.9 f_{ub} A_s}{\gamma_{Mb}}, \text{ encrage par crochet ; } L_a = 0.6 L_b, \quad r = 3\phi$$

f_{ck} (MPa)	20	25	30	35	40
f_{bd} (MPa)	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5

Calcul de la butée ; $V_{sd} \leq d_{eff} \cdot b \cdot f_{cd}$, $d_{eff} \geq 60mm$,

$$d_b = d_{eff} + e_1 \leq \min(0.8d_f; 1.5h_b), \quad d_f; \text{ profondeur de la fondation}$$

Vérification de la résistance au cisaillement ; $V_{sd} \leq \frac{f_y \cdot A_{vz}}{\gamma_{M0} \sqrt{3}}$, $\gamma_{M0} = 1.1$

Vérification de la résistance à la traction de la semelle de la butée

$$N_{sed} \leq \frac{A_{f,b} f_y}{\gamma_{M0}}, \quad A_{f,b} = b \cdot t_f, \quad N_{sed} = V_{sd} \left(\frac{d_{eff}}{3} + e_1 \right) \left(\frac{1}{h_b - t_{fb}} + \frac{1}{h} \right)$$

Vérification de la soudure

$$a \cdot (h - 2t_f) \geq \frac{\sqrt{3} \beta_w \cdot \gamma_{MW} \cdot V_{sd}}{2 \cdot f_u} \quad \text{ame}$$

$$a \cdot (2 \cdot b - t_w) \geq \frac{\sqrt{2} \beta_w \cdot \gamma_{MW} \cdot N_{sed}}{f_u} \quad \text{Semelles}$$

Calcul des bases encastées

$$F_{c,sd} = \frac{|M|}{h - t_f} - \frac{N}{2} \quad \text{compression maximale}, \quad F_{t,sd} = \frac{|M|}{h - t_f} + \frac{N}{2} \quad \text{traction maximale}$$

Dimension en plan (h_p , b_p) ; $N_{c,sd} = 2 \cdot F_{c,sd}$

$$\Rightarrow b_p \geq (b + 2c) \text{ et } h_p \geq (h + 2c)$$

$$\text{Largeur d'appui supplémentaire } C ; c = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AD}}{2A}, \quad A=2, \quad B = b + t_f, \quad D = \left[\frac{b \cdot t_f}{2} \right] - \left[\frac{N_{c,sd}}{2 \cdot f_j} \right]$$

Boulons d'ancrage ; même que pour les bases articulées sauf ;

$$N_{t,sd} \leq F_{t,Rd} \text{ et } N_{t,sd} = \frac{F_{t,sd}}{nb / \text{coté}},$$