

CHAPITRE V PREDIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS

V-1 Introduction

Les présentes règles ont pour but de codifier les méthodes de calcul applicables à l'étude des projets de constructions en acier.

L'application de ces règles conduit pour les différents éléments des constructions à un degré de sécurité sensiblement homogène pour les différents modes de sollicitations et les différents types de constructions.

Les éléments secondaires sont destinés à reprendre la sollicitation, comme les vent par exemple, et à assurer la stabilité basée sur la RDM et les règles **CM 97**.

V-2 Pré-dimensionnement des éléments

V-2-1 Les solives

Les solives Sont des poutrelles en IPE qui travaillent a flexion simple leur écartement (la distance entre une solive et l'autre) est pratiquement déterminé par la règle empirique de pré dimensionnement.

On opte pour une distance de $L=1,40\text{m}$ come entraxe

V-2-1-1 Pré-dimensionnement des solives du plancher terrasse

Longueur des solives..... $L=4,00\text{m}$

L'entraxe des solives..... $L=1,40\text{m}$

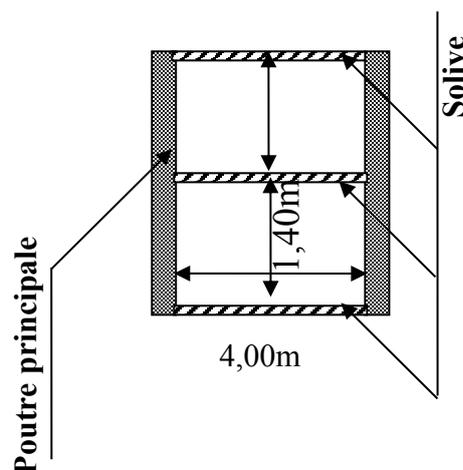


Figure V-1 : Espacement entre les poutres et solives (entraxe)

Chargement	Charge linéique sur la solive
<p>Charges permanentes «G» : Poids propre du plancher : $q_{tr} = 528 \text{ daN/m}^2$</p>	$q_{ter} = 528 \times 1,4 = 739,2 \text{ daN /ml}$
G=739,2daN/ml	
<p>Surcharges : Charge d'exploitation $Q=100 \text{ daN /m}^2$ charge de neige $N_0=20,8 \text{ daN /m}^2$</p>	$Q = (100+20.8) \times 1,4 = 169,12 \text{ daN /ml}$
Q+N₀=169,12 daN/ml	

Combinaison des charges

Charge pondérée : $\frac{4}{3}G + \frac{3}{2}(Q + N_0)$	Charge non pondérée : $G+Q+ N_0$
q_U= 1239,28 daN/ml	q_S= 908,32 daN/ml

• **Condition de résistance**

$$M_{sd} \leq M_{c.Rd}$$

$$M_{sd} \leq M_{c.Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{Mo}} \quad \Rightarrow \quad W_{c.Rd}^{nec} \geq \frac{M_{sd} \times \gamma_{Mo}}{f_y}$$

Avec : Profilé de classe 1..... ($M_{c.Rd} = M_{pl.Rd}$)

M_{sd} : le moment appliqué.

$M_{c.rd}$: la résistance de calcul de la section transversale à la flexion

$\gamma_{Mo} = 1,1$

$f_y = 235 \text{ Mpa}$.

Calcul du moment appliqué :

$$M_{max} = M_{sd} = \frac{q_u \times L^2}{8}$$

$$M_{max} = \frac{1239,28 \times 4^2}{8} = 2478,56 \text{ daN.m}$$

$$W_{c.Rd}^{nec} \geq \frac{2478,56 \times 10^3 \times 1,1}{235 \times 10^2} = 116,01 \text{ cm}^3$$

$W_{nec} \geq 116,01 \text{ cm}^3 \Rightarrow$ On choisit IPE 160

DÉSIGNATION Abrégée	Poids	Section	Dimension			Caractéristique					
	P Kg/m	A cm ²	h mm	b mm	e mm	I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _{ely} cm ³	W _{ply} cm ³	i _x cm	i _y Cm
IPE160	15,8	23,9	160	82	5	869	68,3	109	124	6,58	1,84

Tableau V-1 : Caractéristiques du profilé IPE160

- **Vérification**

- Vérification à la résistance

On ajoute le poids propre de profilé au calcul de la vérification
IPE 160 $\Rightarrow g_p = 15,8$ KN/m.

$$q_u = q_u + 1,35 \cdot g_p$$

$$q_u = 1239,28 + 1,35 \times 15,8$$

$$q_u = 1260,61 \text{ daN/m.}$$

$$\text{Le moment appliqué : } M_{\max} = M_{sd} = \frac{q_u \times L^2}{8} = \frac{1260,61 \times 4^2}{8} = 2521,22 \text{ daN.m}$$

$$M_{c.Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{123,9 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^5}{1,1} = 2646,95 \text{ daN.m} > M_{sd} = 2521,22 \text{ daN.m}$$

La condition de la résistance est vérifiée.

- Vérification de la condition du cisaillement

$$V_{sd} \leq V_{pl.Rd} = A_v \frac{f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{Mo}}$$

Avec :

A_v : l'aire de cisaillement

$$A_v = A - 2 \cdot B \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$$

$$A_v = 2010 - 2 \cdot 82 \cdot 7,4 + (5 + 2 \cdot 9) \cdot 7,4$$

$$A_v = 966,6 \text{ mm}^2.$$

$$V_{pl.Rd} = 966,6 \times \frac{235 \times 10^{-1} / \sqrt{3}}{1,1} = 11922,33 \text{ daN}$$

Calcul de l'effort tranchant V_{sd}

La réaction :

$$V_{sd}^{\max} = \frac{q_u \times l}{2} = \frac{1260,61 \times 4}{2} = 2521,22 \text{ daN}$$

$$V_{sd}^{\max} = 2521,22 \text{ daN} < V_{pl.Rd} = 11922,33 \text{ daN}$$

La condition du cisaillement est vérifiée.

Il est à noter que le moment résistant M_R dépend aussi des efforts appliqués, alors il faut voir la condition suivant :

$$V_{sd} \leq 0,5 \cdot V_{pl.Rd}$$

$V_{sd}^{max} = 2521,22 \text{ DaN} < 0,5 \times V_{pl.Rd} = 5961,16 \text{ daN} \Rightarrow$ Pas d'interaction entre l'effort tranchant et le moment fléchissant.

Donc il n'est pas nécessaire de réduire la résistance à la flexion.

➤ Vérification de la condition de la flèche :

$$f_{\max} < \bar{f} = \frac{L}{250}$$

$$f_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{(q_{ser})^* \times L^4}{E.I}$$

Avec :

$$q_{ser} = q_{ser} + g_p = 908,32 + 15,8 = 924,12 \text{ daN/m.}$$

$$L = 4,0 \text{ m.}$$

$$E = 2,1 \cdot 10^4 \text{ daN/mm}^2.$$

$$I_y = 869,3 \text{ cm}^4.$$

La valeur de la flèche maximale est :

$$f_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{924,12 \times 10^{-3} \times (4000)^4}{2,1 \times 10^4 \times 869,3 \times 10^4} = 16,87 \text{ mm}$$

La valeur de la flèche admissible est :

$$\bar{f} = \frac{L}{250} = \frac{4000}{250} = 16 \text{ mm}$$

$$f_{\max} = 16,87 \text{ mm} > \bar{f} = 16 \text{ mm} \quad \text{La flèche n'est pas Vérifiée}$$

On choisit IPE 180 et refaire les calculs pour vérifier la flèche :

$$(q_{ser})^* = q_{ser} + g_p = 908,32 + 18,8 = 927,12 \text{ daN/m.}$$

$$I_y = 1317 \text{ cm}^4.$$

$$f_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{927,12 \times 10^{-3} \times (4000)^4}{2,1 \times 10^4 \times 1317 \times 10^4} = 11,17 \text{ mm}$$

$$f_{\max} = 11,17 \text{ mm} < \bar{f} = 16 \text{ mm} \quad \text{La flèche est Vérifiée}$$

DÉSIGNATION Abrégée	Poids	Section	Dimension			Caractéristique					
	P Kg/m	A cm ²	h mm	b mm	e mm	I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _{ely} cm ³	W _{ply} cm ³	i _x cm	i _y Cm
IPE180	18,8	23,9	180	91	5,3	1317	101	146	166	7,42	2,05

Tableau V-2 : Caractéristiques du profilé IPE180

➤ Vérification au déversement :

Il faut vérifier que : $M_{sd} \leq M_{b,Rd}$

Avec :

M_{sd} : le moment appliqué $\Rightarrow M_{sd} = 2521,22 \text{ daN.m}$

$M_{b,Rd}$: la résistance de calcul d'un élément non maintenu latéralement au déversement, elle être prise égale à :

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot \beta_w \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

Avec :

$\beta_w = 1$ Classe 1.

$W_{pl} = 166,4 \text{ cm}^3$.

$$\chi_{LT} = 1 / \left(\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2} \right) \leq 1 \dots\dots\dots$$

$$\text{Où : } \phi_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$\alpha_{LT} : \Rightarrow \alpha_{LT} = 0,21$ pour un profilé laminé.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\beta_w \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / M_{cr}} = [\lambda_{LT} / \lambda_1] \sqrt{\beta_w}$$

M_{cr} : Moment critique élastique de déversement donné par la formule suivante :

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{(KL)^2} \left\{ \left[\left(\frac{K}{K_w} \right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(KL)^2 \cdot GI_t}{\pi^2 \cdot EI_z} + (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j)^2 \right]^{0,5} - (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j) \right\}$$

Avec : $z_g = z_a - z_s = 0$.

$z_j = 0$ section doublement symétrique.

$K = 1$; $K_w = 1$ $C_1 = 1,132$.

$I_z = 100,9 \text{ cm}^4$; $I_w = 7,46 \cdot 10^3 \text{ cm}^6$; $I_t = 4,79 \text{ cm}^4$; $G = 8076,92 \text{ daN/mm}^2$.

Application numérique :

$$M_{cr} = 1,132 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 100,9 \cdot 10^4}{(1.4000)^2} \left[\left(\frac{1}{1} \right)^2 \frac{7,46 \cdot 10^9}{100,9 \cdot 10^4} + \frac{(1.4000)^2 \cdot 8076,92 \cdot 4,79 \cdot 10^4}{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 100,9 \cdot 10^4} \right]^{0,5}$$

$$\Rightarrow M_{cr} = 2,844 \cdot 10^2 \text{ daN.m.}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{1.166,4 \cdot 10^3 \cdot 235 / 2,844 \cdot 10^7} = 1,172$$

$\Rightarrow \bar{\lambda}_{LT} = 1,172 > 0,4 \Rightarrow$ Il faut vérifier le déversement.

$$\phi_{LT} = 0,5 \left[1 + 0,21 \cdot (1,172 - 0,2) + 1,172^2 \right] = 1,289 \dots\dots\dots \phi_{LT} = 1.289$$

$$\chi_{LT} = 1 / \left(1,289 + \sqrt{1,289^2 - 1,172^2} \right) = 0,548 \dots\dots\dots \chi_{LT} = 0,548$$

$$M_{b,Rd} = \frac{0,548 \cdot 1.166,4 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^3}{1,1} = 19,48 \text{ KN.m} = 1948 \text{ daN.m}$$

$$M_{b,Rd} = 1948 \text{ daN.m} < M_{sd} = 2521,22 \text{ daN.m}$$

La condition de déversement n'est pas vérifiée.

Donc il faut changer le profilé \Rightarrow on prend IPE 200.

DÉSIGNATION Abrégée	Poids	Section	Dimension			Caractéristique					
	P Kg/m	A cm ²	h mm	b mm	e mm	I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _{ely} cm ³	W _{ply} cm ³	i _x cm	i _y Cm
IPE200	22,4	28,5	200	100	5,6	1943	142	194	220,6	8,26	2,24

Tableau V-3 : Caractéristiques du profilé IPE200

Pour IPE 200 on trouve :

- $W_{ply} = 220,6 \text{ cm}^3$

- $g_p = 22,4 \text{ daN/m}$

- $M_{sd} = 2521,22 \text{ daN.m}$

- $I_z = 142 \text{ cm}^4$; $I_w = 13,01 \cdot 10^3 \text{ cm}^6$; $I_t = 6,98 \text{ cm}^4$; $G = 8076,92 \text{ daN/mm}^2$.

$$\Rightarrow M_{cr} = 4,15 \cdot 10^6 \text{ daN.mm} \Rightarrow \bar{\lambda}_{LT} = 1,117 \Rightarrow \phi_{LT} = 1,22 \Rightarrow \chi_{LT} = 0,581$$

$$\Rightarrow M_{b,Rd} = 27,38 \text{ KN.m} = 2738 \text{ daN.m} > M_{sd} = 2521,22 \text{ daN.m}$$

La condition de déversement est vérifiée.

➤ Vérification au voilement :

Dans le cas d'une poutre de classe 1 et 2 de nuance est supérieur à 235 N/mm^2 dans ce cas-là il n'y a pas lieu de vérifier le voilement de l'âme des poutres non raidies, car $d/t_w \leq 69.\varepsilon$

Classification du profilé : $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 1$

➤ Classification de la semelle

$$\frac{c}{t_f} = \frac{(b-t_w)/2}{t_f} = \frac{(100-5,6)/2}{8,5} = 5,55 < 10.\varepsilon \Rightarrow \text{La semelle est de classe 1}$$

➤ Classification de l'âme

$$\frac{d}{t_w} = \frac{159}{5,6} = 28,39 < 72.\varepsilon \Rightarrow \text{L'âme est de classe 1.}$$

On a le profilé IPE 200 est de classe 1

La poutre est non raidie

$$\left. \begin{array}{l} \frac{d}{t_w} = 28,39 < 69.\varepsilon = 69 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{Il n'y a pas lieu de vérifier le voilement de l'âme de la poutre}$$

Conclusion :

Le profilé IPE 200 vérifie tous les conditions de résistance, rigidité, déversement et voilement, donc on opte pour la solive de terrasse un IPE 200.

V-2-1-2-Pré-dimensionnement des solives de l'étage courant

Longueur des solives.....L=4,00m

L'entraxe des solives.....L=1,40m

Chargement	Charge linéaire
Charges permanentes «G» : Poids propre du plancher : $q = 411 \text{ daN /m}^2$	$q = 411 \times 1,4 = 575,4 \text{ daN /ml}$
G=575,4 daN/ml	
Surcharge : Charge d'exploitation $Q=250 \text{ daN /m}^2$	$Q = 250 \times 1,4 = 350 \text{ daN /ml}$
Q=350 daN /ml	

Combinaison des charges

Charge pondérée : $\frac{4}{3}G + \frac{3}{2}Q$	Charge non pondérée : G+Q
$q_u = 1292,2 \text{ daN /ml}$	$q_s = 925,4 \text{ daN /ml}$

Avec les mêmes étapes de vérification on résulte les valeurs suivant :

- **Condition de la résistance :** $M_{sd} = 2584,4 \text{ daN.m}$; $W_{nec} \geq 120,97 \text{ cm}^3 \Rightarrow$

On choisit IPE 160 ($W_{pl} = 123,9 \text{ cm}^3$)

- **Vérification :**

➤ Vérification à la résistance :

On ajoute le poids propre de profilé au calcul de la vérification

IPE 160 $\Rightarrow g_p = 15,8 \text{ daN/m}$.

$q_u = 1313,53 \text{ daN/m}$

$M_{sd} = 2627,06 \text{ daN.m}$

$M_{crd} = 2646,95 \text{ daN.m}$

$M_{sd} < M_{crd}$ (La condition de la résistance est vérifiée)

➤ Vérification de la condition du cisaillement :

$A_v = 966,6 \text{ mm}^2$

$V_{pl.Rd} = 11922,33 \text{ daN}$

$V_{sd} = 2627,06 \text{ daN}$ ($V_{sd} < V_{pl.Rd}$) La condition du cisaillement est vérifiée.

Il est à noter que le moment résistant M_R dépend aussi des efforts appliqués, alors il faut voir la condition suivant :

$V_{sd} \leq 0,5 \cdot V_{pl.Rd} \Rightarrow V_{sd} = 2627,06 \text{ daN} \leq 0,5 \cdot V_{pl.Rd} = 5961,16 \text{ daN} \Rightarrow$ Pas d'interaction entre l'effort tranchant et le moment fléchissant.

Donc il n'est pas nécessaire de réduire la résistance à la flexion.

➤ Vérification de la condition de la flèche :

$$f_{\max} < \bar{f} = \frac{L}{200}$$

$$q_{\text{ser}} = q_{\text{ser}} + g_p = 941,2 \text{ daN/m}$$

$$L = 4,0 \text{ m.}$$

$$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2.$$

$$I_y = 869,3 \text{ cm}^4$$

$$f_{\max} = 17,18 \text{ mm}$$

La valeur de la flèche admissible est :

$$= 16 \text{ mm} < f_{\max} \text{ La flèche n'est pas Vérifiée}$$

On choisit IPE 180 ($W_{pl} = 166,4 \text{ cm}^3$)

$$f_{\max} = 8,70 \text{ mm} < \text{ La flèche est Vérifiée}$$

➤ Vérification au déversement :

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{1.166,4 \cdot 10^3 \cdot 235 / 2,844 \cdot 10^7} = 1,172$$

$\Rightarrow \bar{\lambda}_{LT} = 1,172 > 0,4 \Rightarrow$ Il faut vérifier le déversement.

$$\phi_{LT} = 0,5 \left[1 + 0,21 \cdot (1,172 - 0,2) + 1,172^2 \right] = 1,289 \dots \phi_{LT} = 1,289$$

$$\chi_{LT} = 1 / \left(1,289 + \sqrt{1,289^2 - 1,172^2} \right) = 0,548 \dots \chi_{LT} = 0,548$$

$$M_{b.Rd} = \frac{0,548 \cdot 1.166,4 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^3}{1,1} = 19,48 \text{ KN.m} = 1948 \text{ daN.m}$$

$M_{b.Rd} = 1948 \text{ daN.m} < M_{sd} = 2627,06 \text{ daN.m} \Rightarrow$ La condition de déversement n'est pas vérifiée.

Donc il faut changer le profilé \Rightarrow on prend IPE 200.

Pour IPE 200 on trouve :

$$- W_{ply} = 220,6 \text{ cm}^3$$

$$- g_p = 22,4 \text{ daN/m}$$

$$- M_{sd} = 2627,06 \text{ daN.m}$$

$$- I_Z = 142 \text{ cm}^4; I_W = 13,01 \cdot 10^3 \text{ cm}^6; I_t = 6,98 \text{ cm}^4; G = 8076,92 \text{ daN/mm}^2.$$

$$\Rightarrow M_{cr} = 4,15 \cdot 10^6 \text{ daN.mm} \Rightarrow \bar{\lambda}_{LT} = 1,117 \Rightarrow \phi_{LT} = 1,22 \Rightarrow \chi_{LT} = 0,581$$

$$\Rightarrow M_{b,Rd} = 27,38 \text{ KN.m} = 2738 \text{ daN.m} > M_{sd} = 2627,06 \text{ daN.m}$$

La condition de déversement est vérifiée.

➤ Vérification au voilement :

Dans le cas d'une poutre de classe 1 et 2 de nuance est supérieur à 235 N/mm² dans ce cas-là il n'y a pas lieu de vérifier le voilement de l'âme des poutres non raidies, car $d/t_w \leq 69.\varepsilon$

$$\text{Classification du profilé : } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 1$$

➤ Classification de la semelle

$$\frac{c}{t_f} = \frac{(b-t_w)/2}{t_f} = \frac{(100-5,6)/2}{8,5} = 5,55 < 10.\varepsilon \Rightarrow \text{La semelle est de classe 1}$$

➤ Classification de l'âme

$$\frac{d}{t_w} = \frac{159}{5,6} = 28,39 < 72.\varepsilon \Rightarrow \text{L'âme est de classe 1.}$$

On a le profilé IPE 200 est de classe 1

La poutre est non raidie

$$\frac{d}{t_w} = 28,39 < 69.\varepsilon = 69$$

Il n'y a pas lieu de vérifier le voilement de l'âme de la poutre

Conclusion :

Le profilé IPE 200 vérifie tous les conditions de résistance, rigidité, déversement et voilement, donc on opte pour la solive de l'étage courant un IPE 200.

V-2-2 Les poutres

Les poutres sont des éléments qui travaillent essentiellement à la flexion, sous l'action des efforts transmis par les solives. Pour être dans un cas montage plus pratique on suppose que les solives soient articulées aux poutres, tant en respectant la condition de flèches ainsi que nous sommes limités par la hauteur des sous-plafond.

Longueur des poutres.....L=20,00m

L'entraxe des poutres.....L=4,00m

V-2-2-1 La poutre principale de plancher terrasse

Chargement	Charge linéique sur la poutre
<p>Charges permanentes «G» : Poids propre du plancher : $q_{tr} = 528 \text{ daN / m}^2$ $q_{sol} = (22,4 / 1.4) = 16 \text{ daN / m}^2$</p>	$q_{ter} = 528 \times 4 = 2112 \text{ daN/ml}$ $q_{sol} = 16 \times 4 = 64 \text{ daN / ml}$
G=2176DaN/ml	
<p>Surcharges : charged'exploitation $Q=100$ daN / m^2 charge de neige $N_0=20,8 \text{ daN / m}^2$</p>	$Q = (100+20,8) \times 4,00 = 483,2 \text{ daN / ml}$
Q+N₀=483,2 daN /ml	

Combinaison des charges

Charge pondérée : $\frac{4}{3}G + \frac{3}{2}(Q + N_0)$	Charge non pondérée : $G+Q+ N_0$
q_u= 3626,13 daN/ml	q_s= 2659,2 daN/ml

Calcul du moment appliqué :

$q_u = 3626,13 \text{ daN/m.}$

$M_{sd} = \frac{3626,13 \times 20^2}{8} = 181306,5 \text{ daN.m}$

..... **Condition de la résistance :**

$M_{sd} \leq M_{c,Rd} \dots\dots\dots (M_{c,Rd} = M_{pl,Rd})$

$\gamma_{Mo} = 1,1.$

$f_y = 235 \text{ Mpa.}$

$W_{c,Rd}^{nec} \geq \frac{181306,5 \times 10^3 \times 1,1}{235 \times 10^2} = 8486,68 \text{ cm}^3$

$W_{nec} \geq 8486,68 \text{ cm}^3 \Rightarrow$ on choisit HEA 800

DÉSIGNATION Abrégée	Poids	Section	Dimension			Caractéristique					
	P Kg/m	A cm ²	h mm	b mm	e mm	I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _{ply} cm ³	W _{ely} cm ³	i _x cm	i _y Cm
HEA800	224	285,5	790	300	15	303400	12640	8699	7682	32,58	6,56

Tableau V-4 : Caractéristiques du profilé HEA800

- **Vérification**

➤ Vérification à la résistance :

On ajoute le poids propre de profilé au calcul de la vérification

HEA 800 $\Rightarrow g_p = 224 \text{ daN/m}$.

$$(q_u) = q_u + 1,35 \cdot g_p$$

$$(q_u) = 3626,13 + 1,35 \times 224$$

$$(q_u) = 3928,53 \text{ daN/m}$$

$$\text{Le moment appliqué : } M_{\max} = M_{sd} = \frac{q_u \times L^2}{8} = \frac{3928,53 \times 20^2}{8} = 196426,5 \text{ daN.m}$$

$$M_{c.Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M_0}} = \frac{8699 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^5}{1,1} = 185842,27 \text{ DaN.m} < M_{sd} = 196426,5 \text{ daN.m}$$

La condition de la résistance n'est pas vérifiée.

Donc il faut changer le profilé \Rightarrow on prend HEA 900

DÉSIGNATION Abrégée	Poids	Section	Dimension			Caractéristique					
	P Kg/m	A cm ²	h mm	b mm	e mm	I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _{ely} cm ³	W _{ply} cm ³	i _x cm	i _y Cm
HEA900	252	320,5	890	300	16	422100	13550	9485	10810	36,29	6,50

Tableau V-5 : Caractéristiques du profilé HEA900

$$q_u = 3966,33 \text{ daN/m}$$

$$M_{sd} = 198316,5 \text{ daN.m}$$

$$M_{c.Rd} = 230940,90 \text{ daN.m} \Rightarrow M_{c.Rd} > M_{sd}$$

La condition de la résistance est vérifiée.

➤ Vérification de la condition de cisaillement :

$$V_{sd} \leq V_{pl.Rd} = A_V \frac{f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{Mo}}$$

Avec :

A_V : l'aire de cisaillement

$$A_V = A - 2.b.t_f + (t_w + 2.r).t_f$$

$$A_V = 32050 - 2.300.30 + (16 + 2.30).30$$

$$A_V = 16330 \text{ mm}^2.$$

$$V_{pl.Rd} = 16330 \times \frac{235 \times 10^{-1} / \sqrt{3}}{1,1} = 201419,13 \text{ daN}$$

Calcul de l'effort tranchant V_{sd}

La réaction : $V_{sd}^{\max} = \frac{q_u \times l}{2}$

$$V_{sd}^{\max} = 39663,3 \text{ daN}$$

$$V_{sd}^{\max} = 39663,3 \text{ daN} < V_{pl.Rd} = 201419,13 \text{ daN} \Rightarrow \text{la condition du cisaillement est vérifiée.}$$

Il est à noter que le moment résistant M_R dépend aussi des efforts appliqués, alors il faut voir la condition suivant :

$$V_{Sd} \leq 0,5.V_{pl.Rd}$$

$$V_{sd}^{\max} = 39663,3 \text{ daN} < 0,5 \times V_{pl.Rd} = 100709,56 \text{ daN} \Rightarrow \text{Pas d'interaction entre l'effort tranchant et le moment fléchissant.}$$

Donc il n'est pas nécessaire de réduire la résistance à la flexion.

➤ Vérification de la condition de la flèche :

$$f_{\max} < \bar{f} = \frac{L}{250}$$

$$q_{ser} = q_{ser} + g_p = 2659,20 + 252 = 2911,2 \text{ daN /ml}$$

$$f_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{q_{ser} \times L^4}{E.I}$$

$$f_{\max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{2911,2 \times 10^{-3} \times (20000)^4}{2,1 \cdot 10^4 \times 422100 \cdot 10^4} = 68,42 \text{ mm}$$

La valeur de la flèche admissible est :

$$\bar{f} = \frac{L}{250} = \frac{20000}{250} = 80 \text{ mm}$$

$$f_{\max} = 68,42 \text{ mm} < \bar{f} = 80 \text{ mm} \quad \text{La flèche est Vérifiée}$$

➤ Vérification au déversement :

Il faut vérifier que : $M_{sd} \leq M_{b.Rd}$

$$\Rightarrow M_{sd} = 198316,5 \text{ daN.m}$$

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot \beta_w \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

Avec :

$$\beta_w = 1 \dots \dots \dots \text{Classe 1.}$$

$$W_{pl} = 10810 \text{ cm}^3.$$

$$\chi_{LT} = 1 / \left(\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2} \right) \leq 1$$

$$\text{Où : } \phi_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

α_{LT} : Facteur d'imperfection. Profilé laminé $\Rightarrow \alpha_{LT} = 0,21$.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\beta_w \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / M_{cr}} = [\lambda_{LT} / \lambda_1] \sqrt{\beta_w}$$

M_{cr} : Moment critique élastique de déversement donné par la formule suivante :

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{(KL)^2} \left\{ \left[\left(\frac{K}{K_w} \right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(KL)^2 \cdot GI_t}{\pi^2 \cdot EI_z} + (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j)^2 \right]^{0,5} - (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j) \right\}$$

Avec :

$$z_g = z_a - z_s = 0.$$

$$z_j = 0 \dots \dots \dots \text{section doublement symétrique.}$$

$$K = 1; K_w = 1 \dots \dots \dots C_1 = 1,132.$$

$$I_z = 13550 \cdot 10^4 \text{ mm}^4; I_w = 24960 \cdot 10^9 \text{ mm}^6; I_t = 736,8 \cdot 10^4 \text{ mm}^4; G = 8076,92 \text{ daN/mm}^2.$$

Application numérique :

$$M_{cr} = 1,132 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 13550 \cdot 10^4}{(1.20000)^2} \left[\left(\frac{1}{1} \right)^2 \frac{24960 \cdot 10^9}{13550 \cdot 10^4} + \frac{(1.20000)^2 \cdot 8076,92 \cdot 736,8 \cdot 10^4}{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 13550 \cdot 10^4} \right]^{0,5}$$

$$\Rightarrow M_{cr} = 80732135,16 \text{ daN.mm} = 80732,13 \text{ daN.m}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{1 \cdot 10810 \cdot 10^3 \cdot 235 / 80732135,16} = 1,773$$

$\Rightarrow \bar{\lambda}_{LT} = 1,773 > 0,4 \Rightarrow$ Il faut vérifier le déversement.

$$\phi_{LT} = 0,5 \left[1 + 0,21 \cdot (1,773 - 0,2) + 1,773^2 \right] = 2,23 \dots \dots \dots \phi_{LT} = 2,23$$

$$\chi_{LT} = 1 / \left(2,23 + \sqrt{2,23^2 - 1,773^2} \right) = 0,27 \dots \dots \dots \chi_{LT} = 0,27$$

$$M_{b,Rd} = \frac{0,27 \cdot 1 \cdot 10810 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^5}{1,1} = 62354,04 \text{ daN.m}$$

$$M_{b,Rd} = 62354,04 \text{ daN.m} \geq M_{sd} = 971,75 \text{ daN.m}$$

La condition de déversement est vérifiée.

➤ Vérification au voilement :

Dans le cas d'une poutre de classe 1 et 2 de nuance est supérieur à 235 N/mm² dans ce cas-là il n'y a pas lieu de vérifier le voilement de l'âme des poutres non raidies, car $d/t_w \leq 69 \cdot \epsilon$

$$\text{Classification du profilé : } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 1$$

➤ Classification de la semelle

$$\frac{c}{t_f} = \frac{(b-t_w)/2}{t_f} = \frac{(300-16)/2}{30} = 4,73 < 10.\varepsilon \Rightarrow \text{La semelle est de classe 1}$$

➤ Classification de l'âme

$$\frac{d}{t_w} = \frac{770}{16} = 48,125 < 72.\varepsilon \Rightarrow \text{L'âme est de classe 1.}$$

On a le profilé HEA 900 est de classe 1

$$\left. \begin{array}{l} \text{La poutre est non raidie} \\ \frac{d}{t_w} = 48,125 < 69.\varepsilon = 69 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{Il n'y a pas lieu de vérifier le voilement de l'âme de la poutre}$$

Conclusion :

Le profilé HEA 900 vérifie tous les conditions de résistance, rigidité, déversement et voilement, donc on opte pour la poutre principale de la terrasse un HEA 900.

V-2-2-2 La poutre de rive de plancher terrasse

Chargement	Charge linéique sur la poutre
<p>Charges permanentes «G» : Poids propre du plancher : $q_{tr} = 528 \text{ daN / m}^2$ $q_{sol} = (22,4 / 1,4) = 16 \text{ daN / m}^2$</p>	$q_{ter} = 528 \times 2 = 1056 \text{ daN/ml}$ $q_{sol} = 16 \times 2 = 32 \text{ daN / ml}$
G=1088 daN/ml	
<p>Surcharges : Charge d'exploitation $Q = 100 \text{ daN / m}^2$ charge de neige $N_0 = 20,8 \text{ daN / m}^2$</p>	$Q = (100 + 20,8) \times 2,00 = 241,6 \text{ daN / ml}$
Q+N₀=241,6 daN/ml	

Combinaison des charges

Charge pondérée : $\frac{4}{3}G + \frac{3}{2}(Q + N_0)$	Charge non pondérée : $G + Q + N_0$
$q_u = 1813,06 \text{ daN/ml}$	$q_s = 1329,6 \text{ daN/ml}$

Calcul du moment appliqué :

$$q_u = 1813,06 \text{ daN/m.}$$

$$M_{sd} = \frac{1813,06 \times 20^2}{8} = 90653 \text{ daN.m}$$

• **Condition de la résistance :**

$$M_{sd} \leq M_{c,Rd}$$

$$\gamma_{Mo} = 1,1.$$

$$f_y = 235 \text{ Mpa.}$$

$$W_{c,Rd}^{nec} \geq \frac{90653 \times 10^3 \times 1,1}{235 \times 10^2} = 4243,33 \text{ cm}^3$$

$W_{nec} \geq 4243,33 \text{ cm}^3 \Rightarrow$ on choisit HEA 550

DÉSIGNATION Abrégée	Poids	Section	Dimension			Caractéristique					
	P Kg/m	A cm ²	h mm	b mm	e mm	I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _{ely} cm ³	W _{ply} cm ³	i _x cm	i _y Cm
HEA550	166	211,8	540	300	12,5	111900	10820	4146	4622	22,99	7,15

Tableau V-6 : Caractéristiques du profilé HEA550

• **Vérification**

➤ *Vérification à la résistance :*

On ajoute le poids propre de profilé au calcul de la vérification

HEA 550 \Rightarrow $g_p = 166 \text{ daN/m.}$

$$(q_u) = q_u + 1,35.g_p$$

$$(q_u) = 1813,06 + 1,35 \times 166$$

$$(q_u) = 2037,16 \text{ daN/m.}$$

Le moment appliqué : $M_{max} = M_{sd} = \frac{q_u \times L^2}{8} = \frac{2037,16 \times 20^2}{8} = 101858 \text{ daN.m}$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{4622 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^5}{1,1} = 98742,72 \text{ daN.m} < M_{sd} = 101858 \text{ daN.m}$$

La condition de la résistance n'est pas vérifiée.

Donc il faut changer le profilé \Rightarrow on prend HEA 600

DÉSIGNATION Abrégée	Poids	Section	Dimension			Caractéristique					
	P Kg/m	A cm ²	h mm	b mm	e mm	I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _{ely} cm ³	W _{ply} cm ³	i _x cm	i _y Cm
HEA600	178	226,5	590	300	13	141200	11270	4787	5350	24,97	7,05

Tableau V-7 : Caractéristiques du profilé HEA600

$$q_u = 2053,36 \text{ daN/m}$$

$$M_{sd} = 102668 \text{ daN.m}$$

$$M_{crd} = 114295,45 \text{ daN.m} \Rightarrow M_{c.Rd} > M_{max}$$

La condition de la résistance est vérifiée.

➤ Vérification de la condition de cisaillement :

$$V_{sd} \leq V_{pl.Rd} = A_V \frac{f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{Mo}}$$

Avec :

A_V : l'aire de cisaillement

$$A_V = A - 2.b.t_f + (t_w + 2.r).t_f$$

$$A_V = 22650 - 2.300.25 + (13 + 2.27).25$$

$$A_V = 5975 \text{ mm}^2.$$

$$V_{pl.Rd} = 16330 \times \frac{235 \times 10^{-1} / \sqrt{3}}{1.1} = 73697,44 \text{ daN}$$

Calcul de l'effort tranchant V_{sd}

$$\text{La réaction : } V_{sd}^{max} = \frac{q_u \times l}{2}$$

$$V_{sd}^{max} = 20533,6 \text{ daN}$$

$$V_{sd}^{max} = 20533,6 \text{ daN} < V_{pl.Rd} = 73697,44 \text{ daN}$$

La condition du cisaillement est vérifiée.

Il est à noter que le moment résistant M_R dépend aussi des efforts appliqués, alors il faut voir la condition suivant :

$$V_{sd} \leq 0,5 \cdot V_{pl.Rd}$$

$$V_{sd}^{max} = 20533,6 \text{ daN} < 0,5 \times V_{pl.Rd} = 36848,72 \text{ daN} \Rightarrow \text{Pas d'interaction entre l'effort tranchant et le moment fléchissant.}$$

Donc il n'est pas nécessaire de réduire la résistance à la flexion.

➤ Vérification de la condition de la flèche :

$$f_{max} < \bar{f} = \frac{L}{250}$$

$$q_{ser} = q_{ser} + g_p = 1329,60 + 178 = 1507,6 \text{ daN/ml}$$

$$f_{max} = \frac{5}{384} \times \frac{q_{ser} \times L^4}{E.I}$$

$$f_{\max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1507,6 \times 10^{-3} \times (20000)^4}{2,1 \cdot 10^4 \times 141200 \cdot 10^4} = 105,92 \text{ mm}$$

La valeur de la flèche admissible est :

$$\bar{f} = \frac{L}{250} = \frac{20000}{250} = 80 \text{ mm}$$

$$f_{\max} = 105,92 \text{ mm} > \bar{f} = 80 \text{ mm} \quad \text{La flèche n'est pas Vérifiée}$$

Donc il faut changer le profilé \Rightarrow on prend HEA 700

DÉSIGNATION Abrégée	Poids	Section	Dimension			Caractéristique					
	P Kg/m	A cm ²	h mm	b mm	e mm	I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _{ely} cm ³	W _{ply} cm ³	i _x cm	i _y Cm
HEA700	204	260,5	690	300	14,5	215300	12180	6241	7032	28,75	6,84

Tableau V-8 : Caractéristiques du profilé HEA700

$$q_{\text{ser}} = 1533,6 \text{ daN /m}$$

$$f_{\max} = 70,66 \text{ mm}$$

$$f_{\max} = 70,66 \text{ mm} < \bar{f} = 80 \text{ mm} \quad \text{La flèche est Vérifiée}$$

➤ Vérification au déversement :

Il faut vérifier que : $M_{sd} \leq M_{b,Rd}$

$$\Rightarrow M_{sd} = 503,07 \text{ daN.m}$$

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot \beta_w \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

Avec :

$$\beta_w = 1 \dots \dots \dots \text{Classe 1.}$$

$$W_{pl} = 7032 \text{ cm}^3.$$

$$\chi_{LT} = 1 / \left(\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2} \right) \leq 1$$

$$\text{Où : } \phi_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

α_{LT} : Facteur d'imperfection. Profilé laminé $\Rightarrow \alpha_{LT} = 0,21$.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\beta_w \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / M_{cr}} = [\lambda_{LT} / \lambda_1] \sqrt{\beta_w}$$

M_{cr} : Moment critique élastique de déversement donné par la formule suivante :

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{(KL)^2} \left\{ \left[\left(\frac{K}{K_w} \right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(KL)^2 \cdot GI_t}{\pi^2 \cdot EI_z} + (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j)^2 \right]^{0,5} - (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j) \right\}$$

Avec :

$$z_g = z_a - z_s = 0.$$

$$z_j = 0 \dots\dots\dots \text{section doublement symétrique.}$$

$$K = 1; K_w = 1 \dots\dots\dots C_1 = 1,132.$$

$$I_z = 12180 \cdot 10^4 \text{ mm}^4; I_w = 13350 \cdot 10^9 \text{ mm}^6; I_t = 513,9 \cdot 10^4 \text{ mm}^4; G = 8076,92 \text{ daN/mm}^2.$$

Application numérique :

$$M_{cr} = 1,132 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 12180 \cdot 10^4}{(1.20000)^2} \left[\left(\frac{1}{1} \right)^2 \frac{13350 \cdot 10^9}{12180 \cdot 10^4} + \frac{(1.20000)^2 \cdot 8076,92 \cdot 513,9 \cdot 10^4}{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 12180 \cdot 10^4} \right]^{0,5}$$

$$\Rightarrow M_{cr} = 62516136,03 \text{ daN.mm} = 62516,13 \text{ daN.m}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{1.7032 \cdot 10^3 \cdot 235 / 62516136,3} = 1,625$$

$\Rightarrow \bar{\lambda}_{LT} = 5,14 > 0,4 \Rightarrow$ Il faut vérifier le déversement.

$$\phi_{LT} = 0,5 \left[1 + 0,21 \cdot (1,625 - 0,2) + 1,625^2 \right] = 1,969 \dots\dots\dots \phi_{LT} = 1,969$$

$$\chi_{LT} = 1 / \left(1,969 + \sqrt{1,969^2 - 1,625^2} \right) = 0,32 \dots\dots\dots \chi_{LT} = 0,36$$

$$M_{b.Rd} = \frac{0,32 \cdot 1.7032 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^5}{1,1} = 48073,3 \text{ daN.m}$$

$$M_{b.Rd} = 48073,3 \text{ daN.m} > M_{sd} = 503,07 \text{ daN.m.}$$

La condition de déversement est vérifiée.

➤ Vérification au voilement :

Dans le cas d'une poutre de classe 1 et 2 de nuance est supérieur à 235 N/mm² dans ce cas-là il n'y a pas lieu de vérifier le voilement de l'âme des poutres non raidies, car $d/t_w \leq 69 \cdot \epsilon$

Classification du profilé : $\epsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 1$

➤ Classification de la semelle

$$\frac{c}{t_f} = \frac{(b - t_w) / 2}{t_f} = \frac{(300 - 14,5) / 2}{27} = 5,28 < 10 \cdot \epsilon \Rightarrow \text{La semelle est de classe 1}$$

➤ Classification de l'âme

$$\frac{d}{t_w} = \frac{582}{14,5} = 40,13 < 72 \cdot \epsilon \Rightarrow \text{L'âme est de classe 1.}$$

On a le profilé HEA 900 est de classe 1

La poutre est non raidie $\left. \begin{array}{l} \frac{d}{t_w} = 40,13 < 69 \cdot \epsilon = 69 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{Il n'y a pas lieu de vérifier le voilement de l'âme de la poutre}$

Conclusion :

Le profilé HEA 700 vérifie tous les conditions de résistance, rigidité, déversement et voilement, donc on opte pour la poutre principale de la terrasse un HEA 700.

V-2-2-3 La poutre principale de plancher étage courant

Chargement	Charge linéique sur la poutre
Charges permanentes «G» : Poids propre du plancher : $q_{tr} = 411 \text{ daN/m}^2$ $q_{sol} = (22,4 / 1,4) = 16 \text{ daN /m}^2$	$q_{ter} = 411 \times 4 = 1644 \text{ daN/ml}$ $q_{sol} = 16 \times 4 = 64 \text{ daN /ml}$
G=1708daN/ml	
Surcharges : Charge d'exploitation $Q = 250 \text{ daN/m}^2$	$Q = 250 \times 4,00 = 1000 \text{ daN/ml}$
Q =1000 daN/ml	

Combinaison des charges

Charge pondérée : $\frac{4}{3}G + \frac{3}{2}Q$	Charge non pondérée : G+Q
$q_u = 3777,33 \text{ daN/ml}$	$q_s = 2708 \text{ daN/ml}$

Calcul du moment appliqué :

$$q_u = 3777,33 \text{ daN/m.}$$

$$M_{sd} = \frac{3777,88 \times 20^2}{8} = 188866,5 \text{ daN.m}$$

-**Condition de la résistance :**

$$M_{sd} \leq M_{c,Rd}$$

$$\gamma_{Mo} = 1,1.$$

$$f_y = 235 \text{ Mpa.}$$

$$W_{c,Rd}^{nec} \geq \frac{188866,5 \times 10^3 \times 1,1}{235 \times 10^2} = 8841,84 \text{ cm}^3$$

$$W_{nec} \geq 8921,37 \text{ cm}^3 \Rightarrow \text{on choisit HEA 900 (} W_{pl} = 10810 \text{ cm}^3 \text{)}$$

- Vérification :**

➤ Vérification à la résistance :

On ajoute le poids propre de profilé au calcul de la vérification

HEA 900 $\Rightarrow g_p = 252 \text{ daN/m}$.

$$(q_u) = q_u + 1,35 \cdot g_p$$

$$(q_u) = 3777,33 + 1,35 \times 252$$

$$(q_u) = 4117,53 \text{ daN/m}$$

$$\text{Le moment appliqué : } M_{\max} = M_{sd} = \frac{q_u \times L^2}{8} = \frac{4117,53 \times 20^2}{8} = 205876,5 \text{ daN.m}$$

$$M_{c.Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{10810 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^5}{1.1} = 230940,90 \text{ daN.m} > M_{sd} = 205876,5 \text{ daN.m}$$

La condition de la résistance est vérifiée.

➤ Vérification de la condition de cisaillement :

$$V_{sd} \leq V_{pl.Rd} = A_v \frac{f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{Mo}}$$

Avec :

A_v : l'aire de cisaillement

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$$

$$A_v = 32050 - 2 \cdot 300 \cdot 30 + (16 + 2 \cdot 30) \cdot 30$$

$$A_v = 16330 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl.Rd} = 16330 \times \frac{235 \times 10^{-1} / \sqrt{3}}{1.1} = 201419,13 \text{ daN}$$

Calcul de l'effort tranchant V_{sd}

$$\text{La réaction : } V_{sd}^{\max} = \frac{q_u \times l}{2}$$

$$V_{sd}^{\max} = 41175,3 \text{ daN}$$

$$V_{sd}^{\max} = 41175,3 \text{ daN} < V_{pl.Rd} = 201419,13 \text{ daN}$$

La condition du cisaillement est vérifiée.

Il est à noter que le moment résistant M_R dépend aussi des efforts appliqués, alors il faut voir la condition suivant :

$$V_{sd} \leq 0,5 \cdot V_{pl.Rd}$$

$$V_{sd}^{\max} = 41175,3 \text{ daN} < 0,5 \times V_{pl.Rd} = 100709,56 \text{ daN} \quad \Rightarrow \quad \text{Pas d'interaction entre l'effort tranchant et le moment fléchissant.}$$

Donc il n'est pas nécessaire de réduire la résistance à la flexion.

➤ Vérification de la condition de la flèche :

$$f_{\max} < \bar{f} = \frac{L}{250}$$

$$q_{\text{ser}} = q_{\text{ser}} + g_p = + 252 = 2960 \text{ daN /ml}$$

$$f_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{q_{\text{ser}} \times L^4}{EI}$$

$$f_{\max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{2960 \times 10^{-3} \times (20000)^4}{2,1 \cdot 10^4 \times 422100 \cdot 10^4} = 69,56 \text{ mm}$$

La valeur de la flèche admissible est :

$$\bar{f} = \frac{L}{250} = \frac{20000}{250} = 80 \text{ mm}$$

$$f_{\max} = 69,56 \text{ mm} < \bar{f} = 80 \text{ mm} \quad \text{La flèche est Vérifiée}$$

➤ Vérification au déversement :

Il faut vérifier que : $M_{\text{sd}} \leq M_{\text{b.Rd}}$

$$\Rightarrow M_{\text{sd}} = 1008,79 \text{ daN/m}$$

$$M_{\text{b.Rd}} = \frac{\chi_{LT} \cdot \beta_w \cdot W_{\text{pl.y}} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

Avec :

$$\beta_w = 1 \dots \dots \dots \text{Classe 1.}$$

$$W_{\text{pl}} = 10810 \text{ cm}^3.$$

$$\chi_{LT} = 1 / \left(\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2} \right) \leq 1$$

$$\text{Où : } \phi_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

α_{LT} : Facteur d'imperfection. Profilé laminé $\Rightarrow \alpha_{LT} = 0,21$.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\beta_w \cdot W_{\text{pl.y}} \cdot f_y / M_{\text{cr}}} = [\lambda_{LT} / \lambda_1] \sqrt{\beta_w}$$

M_{cr} : Moment critique élastique de déversement donné par la formule suivante :

$$M_{\text{cr}} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot EI_Z}{(KL)^2} \left\{ \left[\left(\frac{K}{K_W} \right)^2 \frac{I_W}{I_Z} + \frac{(KL)^2 \cdot GI_t}{\pi^2 \cdot EI_Z} + (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j)^2 \right]^{0,5} - (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j) \right\}$$

Avec :

$$z_g = z_a - z_s = 0.$$

$$z_j = 0 \dots \dots \dots \text{section doublement symétrique.}$$

$$K = 1; K_W = 1 \dots \dots \dots C_1 = 1,132.$$

$$I_Z = 13550 \cdot 10^4 \text{ mm}^4; I_W = 24960 \cdot 10^9 \text{ mm}^6; I_t = 736,8 \cdot 10^4 \text{ mm}^4; G = 8076,92 \text{ daN/mm}^2.$$

Application numérique :

$$M_{cr} = 1,132 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 13550 \cdot 10^4}{(1.20000)^2} \left[\left(\frac{1}{1} \right)^2 \frac{24960 \cdot 10^9}{13550 \cdot 10^4} + \frac{(1.20000)^2 \cdot 8076,92 \cdot 736,8 \cdot 10^4}{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 13550 \cdot 10^4} \right]^{0,5}$$

$$\Rightarrow M_{cr} = 80732135,16 \text{ daN}\cdot\text{mm} = 80732,13 \text{ daN}\cdot\text{m}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{1.10810 \cdot 10^3 \cdot 235 / 80732135,16} = 1,773$$

$\Rightarrow \bar{\lambda}_{LT} = 1,773 > 0,4 \Rightarrow$ Il faut vérifier le déversement.

$$\phi_{LT} = 0,5 \left[1 + 0,21 \cdot (1,773 - 0,2) + 1,773^2 \right] = 2,23 \dots \dots \dots \phi_{LT} = 2,23$$

$$\chi_{LT} = 1 / \left(2,23 + \sqrt{2,23^2 - 1,773^2} \right) = 0,27 \dots \dots \dots \chi_{LT} = 0,27$$

$$M_{b,Rd} = \frac{0,27 \cdot 1.10810 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^5}{1,1} = 62354,04 \text{ daN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd} = 62354,04 \text{ daN}\cdot\text{m} > M_{sd} = 1008,79 \text{ daN}\cdot\text{m}$$

La condition de déversement est vérifiée.

➤ Vérification au voilement :

Dans le cas d'une poutre de classe 1 et 2 de nuance est supérieur à 235 N/mm² dans ce cas-là il n'y a pas lieu de vérifier le voilement de l'âme des poutres non raidies, car $d/t_w \leq 69 \cdot \varepsilon$

$$\text{Classification du profilé : } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 1$$

➤ Classification de la semelle

$$\frac{c}{t_f} = \frac{(b - t_w) / 2}{t_f} = \frac{(300 - 16) / 2}{30} = 4,73 < 10 \cdot \varepsilon \Rightarrow \text{La semelle est de classe 1}$$

➤ Classification de l'âme

$$\frac{d}{t_w} = \frac{770}{16} = 48,125 < 72 \cdot \varepsilon \Rightarrow \text{L'âme est de classe 1.}$$

On a le profilé HEA 900 est de classe 1

$$\left. \begin{array}{l} \text{La poutre est non raidie} \\ \frac{d}{t_w} = 48,125 < 69 \cdot \varepsilon = 69 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{Il n'y a pas lieu de vérifier le voilement de l'âme de la poutre}$$

Conclusion :

Le profilé HEA 900 vérifie tous les conditions de résistance, rigidité, déversement et voilement, donc on opte pour la poutre principale de l'étage courant un HEA 900.

V-2-2-4 La poutre de rive de plancher étage courant

Chargement	Charge linéique sur la poutre
<p>Charges permanentes «G» : Poids propre du plancher : $q_{tr} = 411 \text{ daN/m}^2$ $q_{sol} = (22,4 / 1,4) = 16 \text{ daN /m}^2$</p>	$q_{ter} = 411 \times 2 = 822 \text{ daN/ml}$ $q_{sol} = 16 \times 2 = 32 \text{ daN /ml}$
G=854daN/ml	
<p>Surcharges : Charge d'exploitation $Q=250\text{daN/m}^2$</p>	$Q= 250 \times 2,00 = 500 \text{ daN/ml}$
Q =500 daN/ml	

Combinaison des charges

Charge pondérée : $\frac{4}{3}G + \frac{3}{2}Q$	Charge non pondérée : G+Q
$q_u = 1888,66 \text{ daN/ml}$	$q_s = 1354 \text{ daN/ml}$

Calcul du moment appliqué :

$$q_u = 1888,66 \text{ daN/m.}$$

$$M_{sd} = \frac{1888,66 \times 20^2}{8} = 94433 \text{ daN.m}$$

•.....Condition de la résistance :

$$M_{sd} \leq M_{c,Rd}$$

$$\gamma_{Mo} = 1,1.$$

$$f_y = 235 \text{ Mpa.}$$

$$W_{c,Rd}^{nec} \geq \frac{94433 \times 10^3 \times 1,1}{235 \times 10^2} = 4420,26 \text{ cm}^3$$

$$W_{nec} \geq 4420,26 \text{ cm}^3 \Rightarrow \text{on choisit HEA 550 } (W_{pl} = 4622 \text{ cm}^3)$$

• **Vérification :**

➤ Vérification à la résistance :

On ajoute le poids propre de profilé au calcul de la vérification

HEA 550 $\Rightarrow g_p = 166 \text{ daN/m}$.

$$(q_u) = q_u + 1,35 \cdot g_p$$

$$(q_u) = 1888,66 + 1,35 \times 166$$

$$(q_u) = 2112,76 \text{ daN/m}$$

$$\text{Le moment appliqué : } M_{\max} = M_{sd} = \frac{q_u \times L^2}{8} = \frac{2112,76 \times 20^2}{8} = 105638 \text{ daN.m}$$

$$M_{c.Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{4622 \times 10^{-6} \times 235 \times 10^5}{1.1} = 98742,72 \text{ daN.m} < M_{sd} = 105638 \text{ daN.m}$$

La condition de la résistance n'est pas vérifiée.

Donc il faut changer le profilé \Rightarrow on prend HEA 600 ($W_{ply}=5350\text{cm}^3$)

$$q_u = 2128,96 \text{ daN/m}$$

$$M_{sd} = 106448 \text{ daN.m}$$

$$M_{c.Rd} = 114295,45 \text{ daN.m} \Rightarrow M_{c.Rd} > M_{\max}$$

La condition de la résistance est vérifiée.

➤ Vérification de la condition de cisaillement :

$$V_{sd} \leq V_{pl.Rd} = A_v \frac{f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{Mo}}$$

Avec :

A_v : l'aire de cisaillement

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$$

$$A_v = 22650 - 2 \cdot 300 \cdot 25 + (13 + 2 \cdot 27) \cdot 25$$

$$A_v = 5975 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl.Rd} = 16330 \times \frac{235 \times 10^{-1} / \sqrt{3}}{1.1} = 73697,44 \text{ daN}$$

Calcul de l'effort tranchant V_{sd}

$$\text{La réaction : } V_{sd}^{\max} = \frac{q_u \times l}{2}$$

$$V_{sd}^{\max} = 21289,6 \text{ daN}$$

$$V_{sd}^{\max} = 21289,6 \text{ daN} < V_{pl.Rd} = 73697,44 \text{ daN}$$

La condition du cisaillement est vérifiée.

Il est à noter que le moment résistant M_R dépend aussi des efforts appliqués, alors il faut voir la condition suivant :

$$V_{sd} \leq 0,5 \cdot V_{pl.Rd}$$

$V_{sd}^{max} = 21289,6 \text{ daN} < 0,5 \times V_{pl.Rd} = 36848,72 \text{ daN} \Rightarrow$ Pas d'interaction entre l'effort tranchant et le moment fléchissant.

Donc il n'est pas nécessaire de réduire la résistance à la flexion.

➤ Vérification de la condition de la flèche :

$$f_{max} < \bar{f} = \frac{L}{250}$$

$$q_{ser} = q_{ser} + g_p = 1354 + 178 = 1532 \text{ daN /ml}$$

$$f_{max} = \frac{5}{384} \times \frac{q_{ser} \times L^4}{E.I}$$

$$f_{max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1532 \times 10^{-3} \times (20000)^4}{2,1 \cdot 10^4 \times 141200 \cdot 10^4} = 107,63 \text{ mm}$$

La valeur de la flèche admissible est :

$$\bar{f} = \frac{L}{250} = \frac{20000}{250} = 80 \text{ mm}$$

$$f_{max} = 107,63 \text{ mm} > \bar{f} = 80 \text{ mm} \quad \text{La flèche n'est pas Vérifiée}$$

HEA 700 (G= 204 kg/m ; $I_y=215300 \text{ cm}^4$)

$$q_{ser} = 1558 \text{ daN /m}$$

$$f_{max} = 71,78 \text{ mm}$$

$$f_{max} = 71,78 \text{ mm} < \bar{f} = 80 \text{ mm} \quad \text{La flèche est Vérifiée}$$

➤ Vérification au déversement :

Il faut vérifier que : $M_{sd} \leq M_{b.Rd}$

$$\Rightarrow M_{sd} = 521,6 \text{ daN/m}$$

$$M_{b.Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot \beta_w \cdot W_{pl.y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

Avec :

$$\beta_w = 1 \dots \dots \dots \text{Classe 1.}$$

$$W_{pl} = 7032 \text{ cm}^3.$$

$$\chi_{LT} = 1 / \left(\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2} \right) \leq 1$$

$$\text{Où : } \phi_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

α_{LT} : Facteur d'imperfection. Profilé laminé $\Rightarrow \alpha_{LT} = 0,21$.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\beta_w \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / M_{cr}} = [\lambda_{LT} / \lambda_1] \sqrt{\beta_w}$$

M_{cr} : Moment critique élastique de déversement donné par la formule suivante :

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{(KL)^2} \left\{ \left[\left(\frac{K}{K_w} \right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(KL)^2 \cdot GI_t}{\pi^2 \cdot EI_z} + (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j)^2 \right]^{0,5} - (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j) \right\}$$

Avec :

$$z_g = z_a - z_s = 0.$$

$z_j = 0 \dots \dots \dots$ section doublement symétrique.

$$K = 1; K_w = 1 \dots \dots \dots C_1 = 1,132.$$

$$I_z = 12180 \cdot 10^4 \text{ mm}^4; I_w = 13350 \cdot 10^9 \text{ mm}^6; I_t = 513,9 \cdot 10^4 \text{ mm}^4; G = 8076,92 \text{ daN/mm}^2.$$

Application numérique :

$$M_{cr} = 1,132 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 12180 \cdot 10^4}{(1.20000)^2} \left[\left(\frac{1}{1} \right)^2 \frac{13350 \cdot 10^9}{12180 \cdot 10^4} + \frac{(1.20000)^2 \cdot 8076,92 \cdot 513,9 \cdot 10^4}{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 12180 \cdot 10^4} \right]^{0,5}$$

$$\Rightarrow M_{cr} = 62516136,13 \text{ daN.mm} = 62516,13 \text{ daN.m}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{1.7032 \cdot 10^3 \cdot 235 / 62516136,13} = 1,625$$

$\Rightarrow \bar{\lambda}_{LT} = 5,14 > 0,4 \Rightarrow$ Il faut vérifier le déversement.

$$\phi_{LT} = 0,5 \left[1 + 0,21 \cdot (1,625 - 0,2) + 1,625^2 \right] = 1,969 \dots \dots \dots \phi_{LT} = 1,969$$

$$\chi_{LT} = 1 / \left(1,969 + \sqrt{1,969^2 - 1,625^2} \right) = 0,32 \dots \dots \dots \chi_{LT} = 0,36$$

$$M_{b,Rd} = \frac{0,32 \cdot 1.7032 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^5}{1,1} = 48073,3 \text{ daN.m}$$

$$M_{b,Rd} = 48073,3 \text{ daN.m} > M_{sd} = 521,6 \text{ daN.m.}$$

La condition de déversement est vérifiée.

➤ Vérification au voilement :

Dans le cas d'une poutre de classe 1 et 2 de nuance est supérieur à 235 N/mm² dans ce cas-là il n'y a pas lieu de vérifier le voilement de l'âme des poutres non raidies, car $d/t_w \leq 69 \cdot \varepsilon$

$$\text{Classification du profilé : } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 1$$

➤ Classification de la semelle

$$\frac{c}{t_f} = \frac{(b-t_w)/2}{t_f} = \frac{(300-14,5)/2}{27} = 5,28 < 10.\varepsilon \Rightarrow \text{La semelle est de classe 1}$$

➤ Classification de l'âme

$$\frac{d}{t_w} = \frac{582}{14,5} = 40,13 < 72.\varepsilon \Rightarrow \text{L'âme est de classe 1.}$$

On a le profilé HEA 900 est de classe 1

La poutre est non raidie

$$\left. \begin{array}{l} \frac{d}{t_w} = 40,13 < 69.\varepsilon = 69 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{Il n'y a pas lieu de vérifier le voilement de l'âme de la poutre}$$

Conclusion :

Le profilé HEA 700 vérifier tous les conditions de résistance, rigidité, déversement et voilement, donc on opte pour la poutre principale de la terrasse un HEA 700.

V-2-3 les poteaux

Définition :

Les poteaux sont des éléments verticaux qui transmettent aux fondations tout les efforts extérieurs qui sont appliquée aux bâtiments.

-Efforts verticaux provenant des charges permanentes, de la neige et des surcharges d'exploitation.

- Efforts horizontaux provenant du vent ou du séisme.

- Moments fléchissant résultant des efforts indiqués ci-dessus.

Le type de profilé qui convient le mieux pour les poteaux est le **H** soit **HEA** ou bien **HEB** ces deux derniers présentes une inertie transversale plus grande ainsi que la largeur des ailes qui facilite l'attache « poutre-solive ».

Remarque : puisque dans notre cas il n'existe pas un poteau central, alors on prend le poteau intermédiaire comme le plus sollicité.

Descente de charge :

On calcul la sollicitation à l'ELU

$$N_{sd} = 1,35 \times G_T + 1,5 \times Q_T$$

Poteau intermédiaire :

La surface reprise par le poteau intermédiaire : $S = 4 \times 10 = 40 \text{ m}^2$

..... Calcul les sollicitations au niveau du RDC :

$$G_T = G_{(\text{plancher terrasse})} + 4 \times G_{(\text{plancher courant})} + G_{(\text{plancher technique})} + G_{(\text{acrotère})} + 4 \times G_{(\text{mur ext})} + 5 \times G_{(\text{poutre principale})} + 5_{(\text{solive IPE 200})}$$

$$Q_T = Q_{(\text{plancher terrasse})} + 4 \times Q_{(\text{plancher courant})} + Q_{(\text{plancher technique})}$$

Ou :

$$G_{(\text{plancher terrasse})} = 528,13 \text{ daN /m}^2$$

$$G_{(\text{plancher courant})} = 411 \text{ daN /m}^2$$

$$G_{(\text{plancher technique})} = 55 \text{ daN /m}^2$$

$$G_{(\text{acrotère})} = 130 \text{ daN /ml}$$

$$G_{(\text{habillage ext})} = 37,5 \text{ daN /m}^2$$

$$G_{\text{HEA900}} = 252 \text{ daN/m}$$

$$G_{\text{IPE200}} = 22,4 \text{ daN/m}$$

$$Q_{(\text{plancher terrasse})} = 120,8 \text{ daN/m}^2$$

$$Q_{(\text{plancher courant})} = 250 \text{ daN/m}^2$$

$$Q_{(\text{plancher technique})} = 100 \text{ daN/m}^2$$

Pondération des charges :

$$G_{(\text{plancher terrasse})} = 528,13 \times 40 = 21125,2 \text{ daN}$$

$$G_{(\text{plancher courant})} = 411 \times 40 = 16440 \text{ daN}$$

$$G_{(\text{plancher technique})} = 55 \times 40 = 2200 \text{ daN}$$

$$G_{(\text{acrotère})} = 130 \times 4 = 520 \text{ daN}$$

$$G_{(\text{habillage ext})} = 37,5 \times [(4 \times 3,37) + (2,67 \times 10)] = 1506,75 \text{ daN}$$

$$G_{\text{HEA900}} = 252 \times 10 = 2520 \text{ daN}$$

$$G_{\text{IPE200}} = 16 \times 40 = 640 \text{ daN}$$

$$Q_{\text{(plancher terrasse)}} = 120,8 \times 40 = 4832 \text{ daN}$$

$$Q_{\text{(plancher courant)}} = 250 \times 40 = 10000 \text{ daN}$$

$$Q_{\text{(plancher technique)}} = 100 \times 40 = 4000 \text{ daN}$$

$G_T = 111432,2 \text{ daN}$
$Q_T = 48832 \text{ daN}$
$N_{sd} = 223681,47 \text{ daN}$

= Calcul les sollicitations au niveau du 2^{ème} étage :

$$G_T = G_{\text{(plancher terrasse)}} + 2 \times G_{\text{(plancher courant)}} + G_{\text{(acrotère)}} + 2 \times G_{\text{(mur ext)}} + 3 \times G_{\text{(poutre principale)}} + 3 \text{ (solive IPE 200)}$$

$$Q_T = Q_{\text{(plancher terrasse)}} + 2 \times Q_{\text{(plancher courant)}} + Q_{\text{(plancher technique)}}$$

$G_T = 69218,7 \text{ daN}$
$Q_T = 28832 \text{ daN}$
$N_{sd} = 136693,24 \text{ daN}$

Poteau rive :

La surface reprise par le poteau de rive : $S = 2 \times 10 = 20 \text{ m}^2$

Calcul les sollicitations au niveau du RDC

$$G_T = G_{\text{(plancher terrasse)}} + 4 \times G_{\text{(plancher courant)}} + G_{\text{(plancher technique)}} + G_{\text{(acrotère)}} + 4 \times G_{\text{(mur ext)}} + 5 \times G_{\text{(poutre de rive)}} + 5 \text{ (solive IPE 200)}$$

$$Q_T = Q_{\text{(plancher terrasse)}} + 4 \times Q_{\text{(plancher courant)}} + Q_{\text{(plancher technique)}}$$

Pondération des charges :

$$G_{\text{(plancher terrasse)}} = 528,13 \times 20 = 10562,6 \text{ daN}$$

$$G_{\text{(plancher courant)}} = 411 \times 20 = 8220 \text{ daN}$$

$$G_{\text{(plancher technique)}} = 55 \times 20 = 1100 \text{ daN}$$

$$G_{\text{(acrotère)}} = 130 \times (10 + 2) = 1560 \text{ daN}$$

$$G_{\text{(habillage ext)}} = 37,5 \times [(2 \times 3,37) + (2,67 \times 10)] = 1254 \text{ daN}$$

$$G_{\text{HEA700}} = 204 \times 10 = 2040 \text{ daN}$$

$$G_{\text{IPE200}} = 16 \times 20 = 320 \text{ daN}$$

$$Q_{\text{(plancher terrasse)}} = 120,8 \times 20 = 2416 \text{ daN}$$

$$Q_{\text{(plancher courant)}} = 250 \times 20 = 5000 \text{ daN}$$

$$Q_{\text{(plancher technique)}} = 100 \times 20 = 2000 \text{ daN}$$

G_T = 69218,6 daN
Q_T = 24416 daN
N_{sd} = 130069,11 daN

..... Calcul des sollicitations au niveau du 2^{ème} étage :

$$G_T = G_{\text{(plancher terrasse)}} + 2 \times G_{\text{(plancher courant)}} + G_{\text{(acrotère)}} + G_{\text{(mur exterieur)}} + 3 \times G_{\text{(poutre de rive)}} + 3_{\text{(solive IPE 200)}}$$

$$Q_T = Q_{\text{(plancher terrasse)}} + 2 \times Q_{\text{(plancher courant)}} + Q_{\text{(plancher technique)}}$$

G_T = 39250,6 daN
Q_T = 14416 daN
N_{sd} = 74612,31 daN

Pré-dimensionnement des poteaux :

Les poteaux sont des éléments sollicités en compression axiale, la valeur de calcul N_{sd} de l'effort de compression dans chaque section transversale doit satisfaire à la condition suivante :

$$N_{sd} \leq N_{c.Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{Mo}}$$

Section de classe 1

$$\Rightarrow A_{nec} \geq \frac{N_{sd} \cdot \gamma_{Mo}}{f_y}$$

Avec :

Profilé de classe 1..... $N_{c.Rd} = N_{plRd}$

N_{sd} : Effort de compression.

$$f_y = 235 \text{ N/mm}^2 = 23,5 \text{ daN/mm}^2.$$

$$\gamma_{Mo} = 1,1.$$

Niveau	Type de poteau	N _{sd} (daN)	A _{nec} (mm ²)	Profilé choisi	A _{Choisi} (mm ²)
RDC	Poteau intermédiaire	223681,47	10470,19	HEA 300	11250
	Poteau de rive	136693,24	6398,4	HEA 220	6430
2 ^{em}	Poteau intermédiaire	130069,11	6088,34	HEA 220	6430
	Poteau de	74612,31	3492,49	HEA	3880

	rive			160	
--	------	--	--	-----	--

Pour tenir compte de l'effet du séisme on fait une majoration, on multiplier A_{nec} par 1,5.

Niveau	Type de poteau	N_{sd} (daN)	A_{nec} (mm ²)	Profilé choisi	A_{choisi} (mm ²)
RDC	Poteau intermédiaire	223681,47	15705,28	HEA 400	15900
	Poteau de rive	136693,24	9597,6	HEA 280	9730
2 ^{em}	Poteau intermédiaire	130069,11	9132,51	HEA 280	9730
	Poteau de rive	74612,31	5238,73	HEA 200	5380

Remarque : les vérifications des poteaux sera fait par logiciel ETABS ET ROBOT.

V-2-4 Pré-dimensionnement des escaliers

V-2-4-1 Introduction :

Les escaliers sont constitués en charpente métallique :

L'ossature des escaliers est entièrement métallique chaque volée est composée de deux limons les poutres des poutres laminées en UAP sur les quelles viennent reposer des tôles par l'intermédiaire de cornières, sur la tôle on met un recouvrement de carrelage qui s'appuie sur une couche de mortier.

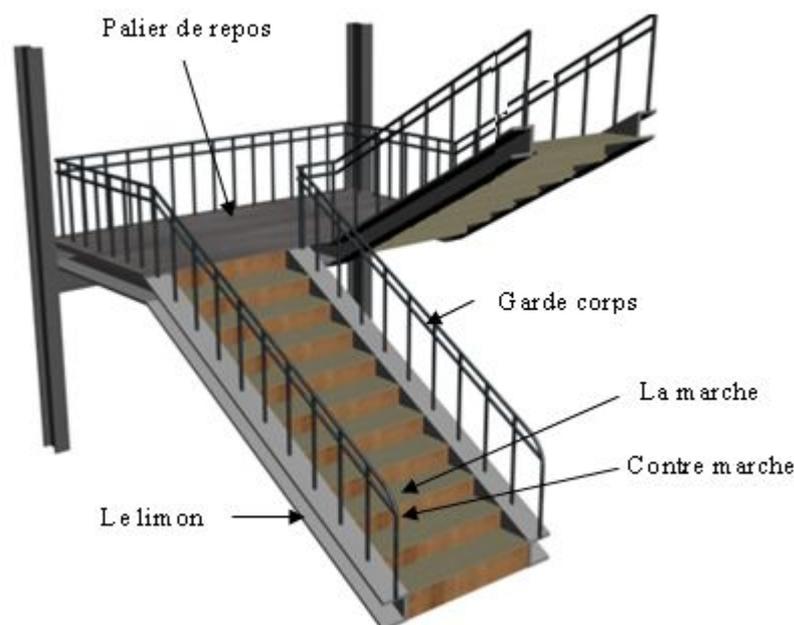


Figure V-2 : Présentation en plan de l'escalier

- Un palier : est un espace plat qui marque un étage après une série de marche, dont la fonction est de permettre un moment de repos pendant la montée.
- Une volée : est une partie droite ou courbé d'escalier comprise entre deux paliers successifs.
- un limon : élément incliné supportant les marches et les contre marches.
- Garde-corps : il est utilisé pour assurer la sécurité.

V-2-4-2 Dimensionnement de l'escalier

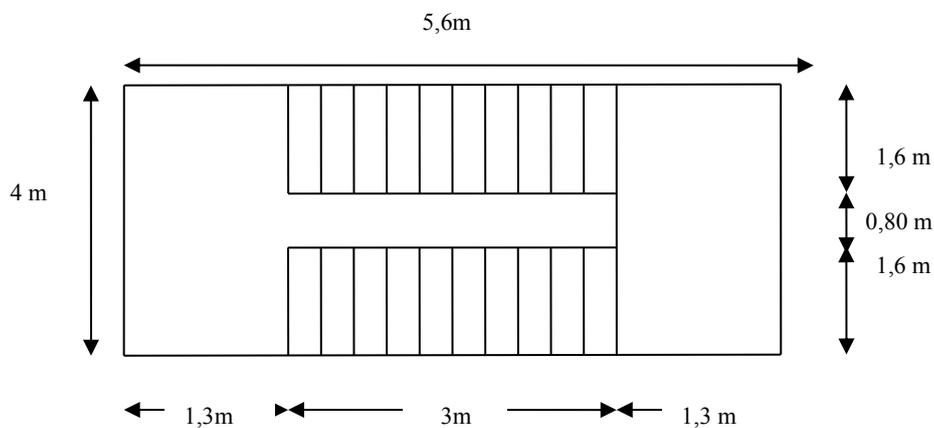


Figure V-3: Dimensionnement de l'escalier

-Les escaliers sont constitués en charpente métallique :

- **h=17 cm** : hauteur de marche.
- **g=30 cm** : largeur de marche
- **a=1,06 m** : longueur de marche.
- **H=3,74 m** : hauteur de l'étage.

Pour le dimensionnement des marches (g : giron) et contre marche (h) , on utilise la formule de BLONDEL

$$59\text{cm} \leq (g+2h) \leq 66\text{cm}$$

h: varie de 14cm à 20cm.

g : varie de 22cm à 30cm.

Le nombre de contre marche :

$$n = 3,74 / 2 / 0,17 = 11 \text{ contre marche.}$$

$$n' = n - 1 \rightarrow n = 20 - 1 \rightarrow n = 10 \text{ nombre de marches.}$$

Pour $h = 17\text{cm}$ on a 10 marches par volée

- **Vérification la formule de BLONDEL**

$$\text{On a: } 59\text{cm} \leq (30 + 2h) \leq 66\text{cm}$$

$$59\text{cm} \leq (30 + 2 \cdot 17) \leq 66\text{cm}$$

$$59\text{cm} \leq 64 \leq 66\text{cm} \quad \text{CV}$$

La longueur de la ligne de volée:

$$L = g(n-1) = 30(11-1)$$

$$L = 300 \text{ cm} = 3 \text{ m.}$$

L'inclinaison de volé :

$$\text{tg}\alpha = \frac{187}{300} \Rightarrow \alpha = 31,93 \approx 30.$$

La longueur de limon:

$$L = 187 / \sin\alpha \rightarrow L = 353\text{cm.}$$

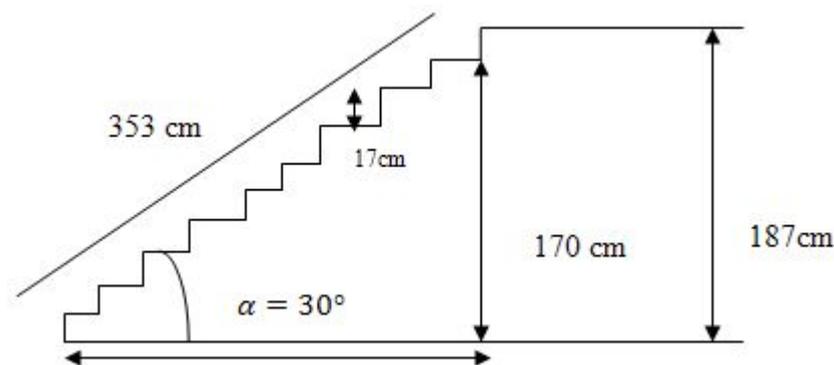


Figure V4 : Dimensions d'escalier

V-2-4-3 Dimensionnement des éléments porteurs :

V-2-4-3-a Calculs des marches :

Les marches sont fabriquées par des tôles striées rigidifiées par des cornières.

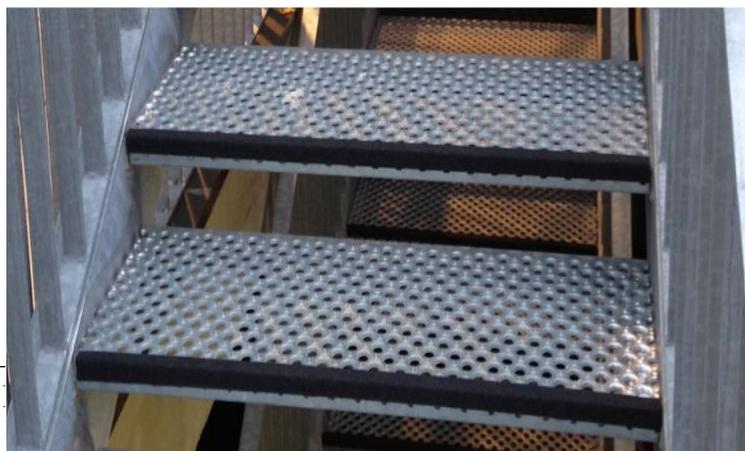
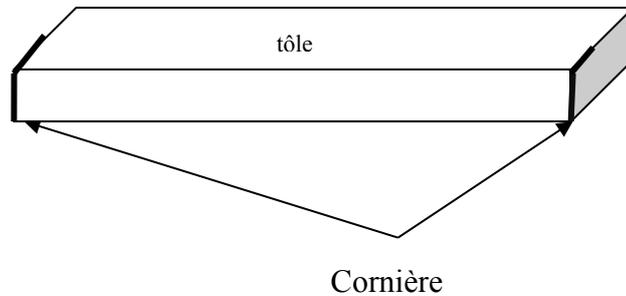
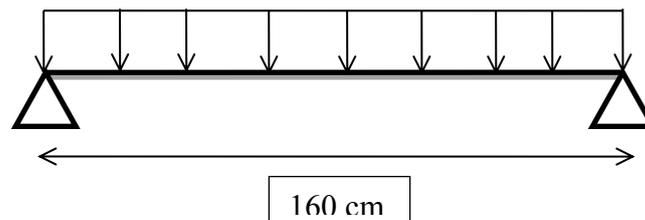


Figure V-5 : Model d'une marche métallique

- Cornière de marche :

**Figure V-6 : Les constituants de marche**

On modélise la marche comme une poutre simplement appuyée



Les Cornières de marche sont sollicitées par :

Tôle striée45 daN/m²

Mortier de pose40 daN/m²

Revêtement.....40 daN/m²

$G=125 \text{ daN/m}^2$

$Q= 250\text{daN/m}^2$

Chaque cornière reprend la moitié de charge, (ceci signifie que chaque marche compte 2 cornières).

- Combinaison des charges :

*on néglige le poids propre de cornière.

ELS	ELU
-----	-----

$= g$ $= (125+250)$ $=56,25$	
------------------------------------	--

➤ Condition de la flèche :

On prend une cornière : L 40

$$\left\{ \begin{array}{l} G=2,42 \text{ dN/m} \\ I=4,47 \text{ cm}^4 \\ W_{PL}=1,55 \text{ cm}^3 \end{array} \right.$$

• **Vérification :**

Après notre pré dimensionnement on a opté une cornière **L** avec un poids propre **G=2,42 daN/m**, donc pour la vérification il faut ajouter leur poids dans les calculs :

$$=56,25+2,42=58,67$$

➤ Vérification de la condition de flèche :

La flèche est vérifiée.

➤ Vérification de la classe :

L40

H=40

t=4

h/t

s235

. Donc cornière **classe 3**.

Classe 3.

Moment résistance élastique:=

➤ Vérification de la condition de la résistance:

M_{SD} =Moment sollicitant en générale.

M_{crd} = Moment résistance élastique.

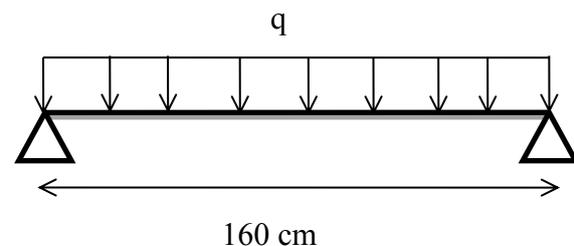
Il faut vérifiée la condition suivante

Après la négligence du poids propre de cornière

On ajoute le poids propre de cornière $g=2,09$ au calcul de résistance.

+ (1,3584,83 daN/m.

Le moment applique :



La condition de résistance est vérifiée.

Donc on adopte une double cornière L 40 pour les marches.

V-2-4-3-b Etude limon :

• **Evaluation des charges :**

✓ **Charge permanente :**

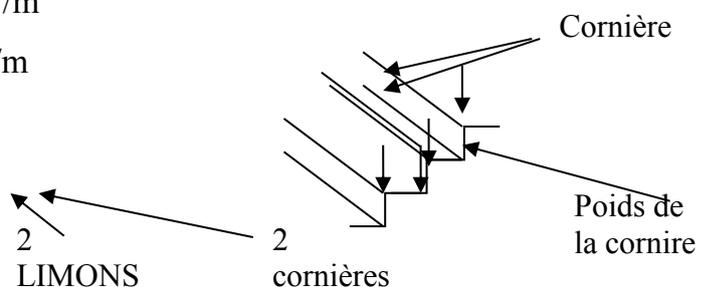
Tôle..... (451,6)=36 daN/m

Mortier de pose (40=32 daN/m

Revêtement..... (40=32 daN/m

Garde-corps.....60daN/m

Les cornières.=3,8 daN/m



L'application de la charge concentrée des cornières sur le limon est similaire à une charge répartie (charge appliquée tous les 30cm)

$G=163,80 \text{ daN/ml}$

$Q=250=200 \text{ daN/ml}$

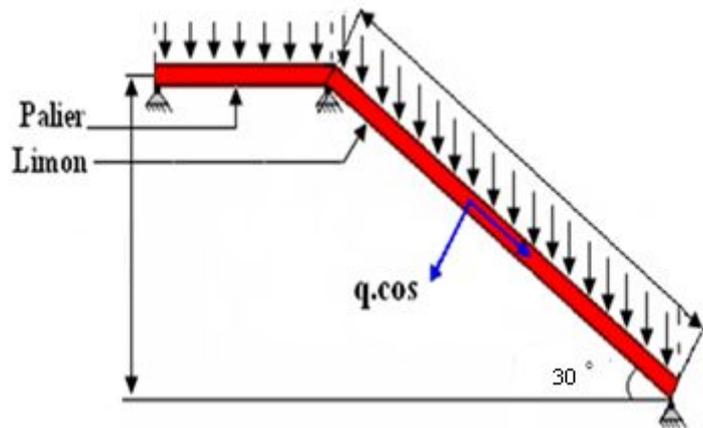


Figure V-7 : La distribution des charges sur un limon

• **Combinaison des charges :**

*on néglige le poids propre d'UPN.

ELU	ELS
Volée	Volée
$=1,35G+1.5Q$	$=G+Q$
$=1,35 \times 521,13$	$=163,80+200 =363,80$
$=703,52$	$=315,06$
$=260,57$	$=181,90$

Pour simplifier le calcul on prend la charge répartie sur la long de la poutre :

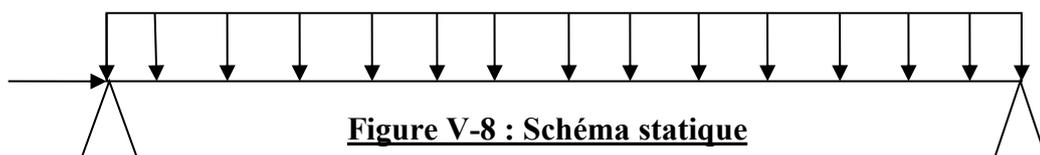


Figure V-8 : Schéma statique

- **Vérification :**

- Vérification de la condition de flèche:

On choisit **UPN120** avec :

Après notre pré dimensionnement on a opté un UPN120 avec un poids propre $g_p=13,4$ daN/m ; donc pour la vérification il faut ajouter leur poids dans les calculs :

UPN120 vérifier la flèche.

- Vérification de la classe :

c/t_f

$c=b=55$

$t_f=9$

$s=235$

Donc UPN120 **classe 1**.

Moment résistance plastique =

- Vérification de la condition de résistance :

Il faut vérifiée la condition suivante

M_{SD} = Moment sollicitant en générale.

= Moment résistance élastique.

Après la négligence du poids propre $=451,31$ daN/m

Donc on ajoute le poids propre de UPN120 $g=13,4$ daN/m.au pour vérifie la résistance.

Le moment appliqué :

La condition de résistance est vérifiée.

➤ Vérification de résistance à la compression :

Effort normal sollicitant.

: Valeur de calcul de la résistance de la section transversale à la compression ;

Il faut vérifier que :

=

=

La condition de la résistance à la compression est vérifiée.

V-2-4-3-c Etude de la poutre palière :

✓ **Charges appliquées sur la poutre :**

$$G = 125 \times 2,15 = 268,75 \text{ daN /m}$$

$$Q = 250 \times 2,15 = 537,5 \text{ daN /m}$$

$$\text{ELU} : 1,35 G + 1,5 Q = 1169,06 \text{ daN /m}$$

$$\text{ELS} : G + Q = 806,25 \text{ daN /m}$$

• **Vérification**

➤ Vérification de la condition de flèche:

On prend HEA140 $I_y=1033,10^4 \text{ mm}^4$

DÉSIGNATION Abrégée	Poids	Section	Dimension			Caractéristique					
	P Kg/m	A cm ²	h mm	b mm	e mm	I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _{ely} cm ³	W _{ply} cm ³	i _x cm	i _y Cm
HEA140	24,7	31,4	133	140	5,5	1033	389,3	155,4	173,5	5,73	3,52

Tableau V-9 : Caractéristiques du profilé HEA140

➤ Vérification de la flèche :

$$q_{\text{ser}} = 806,25 + g_p = 806,25 + 24,7 = 830,95 \text{ daN/m}$$

(C.V)

➤ Vérification de la condition de la résistance:

M_{SD} = Moment sollicitant en générale.

M_{crd} = Moment résistance élastique.

Il faut vérifiée la condition suivante

Après la négligence du poids propre de cornière

On ajoute le poids propre de cornière : $P=24,7$ au calcule de résistance.

+ (1,351202,41 daN/m.

Le moment applique :

La condition de résistance est vérifiée.

➤ **Alors on prend HEA220 pour la poutre palière.**

Remarque : L'accès au RDC et au 1^{er} étage se réalise par le biais des escaliers implantés à l'extérieur du bâtiment. Ces derniers sont préalablement conçus en métal conformément aux recommandations et normes techniques.



Figure V- 9 : modèle d'un escalier préfabriqué



Figure V- 10 : modèle d'escalier de secours