

## Calcul des fermes

### 1- Introduction :

Les fermes sont les poutres maîtresses d'un comble. Elles sont constituées le plus souvent, par un système triangulé dont la membrure supérieure appelée arbalétrier, est située sous la surface extérieure du comble. Les extrémités de cette membrure sont reliées à la membrure inférieure, appelée entrait, par les goussets de retombée.

Les deux membrures sont réunies par un système à treillis comprenant montants et diagonales. Les fermes prennent appui, soit sur des poteaux, soit sur des murs, et parfois sur des sablières.

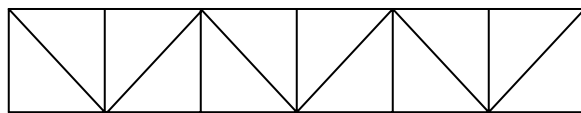
On considère dans le présent chapitre les fermes légères à âme simple destinées à supporter la couverture, dites de toiture.

### 2- Types de fermes de toiture :

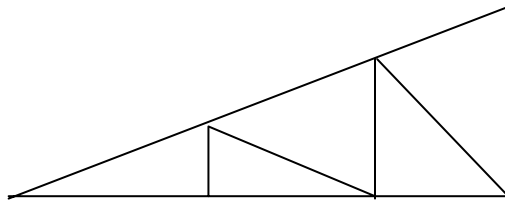
Les fermes de toiture servent à supporter les éléments de la couverture et à encaisser les charges et surcharges exercées sur celles-ci. Le rôle fondamental de la toiture consiste à protéger le local contre les intempéries (neige, vent, pluie, etc.). Dans la plus part des cas les fermes prennent appui sur des poteaux en acier ou en béton armé.

Les fermes les plus courantes sont les suivantes :

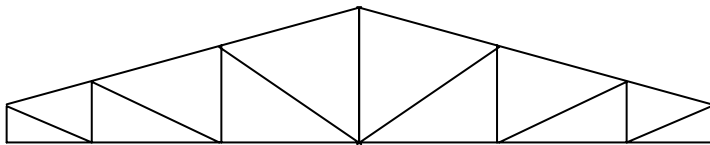
- Fermes à membrures parallèles ou «poutre à treillis »



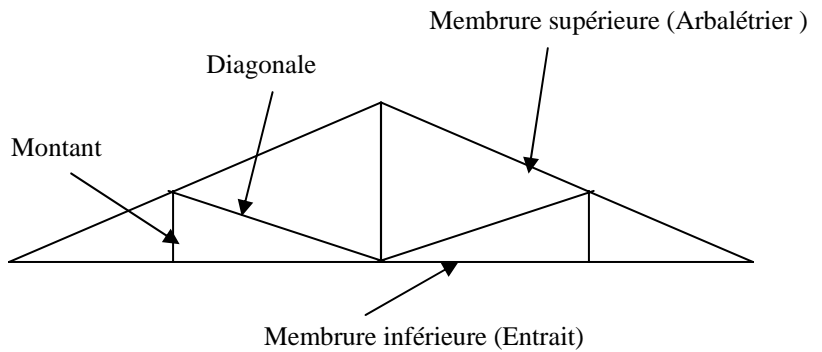
- Fermes à simple versant :



- Fermes trapézoïdales :



- Fermes triangulées :



### 3- Les assemblages dans les fermes :

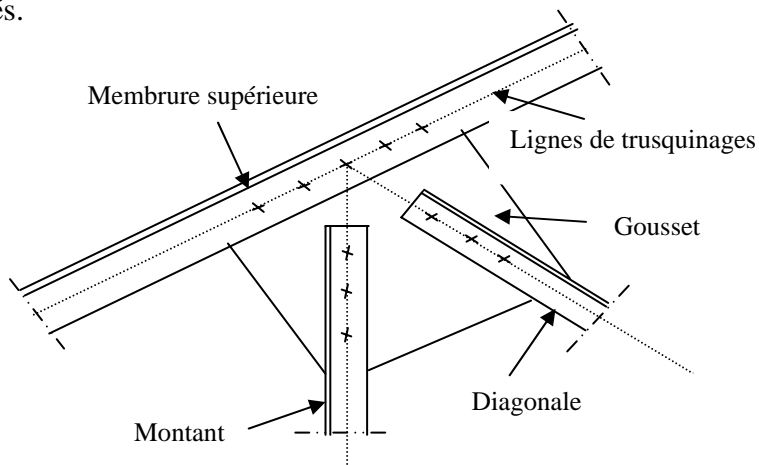
Les fermes sont généralement constituées par des cornières assemblées par des goussets. Les barres de triangulation doivent, autant que possible, concourir à l'axe neutre des profils constitutifs. Il est cependant d'usage courant, dans la construction rivée, de faire concourir les lignes de trusquinages (c'est à dire les lignes des rivées d'attache). Cette méthode facilite le traçage en atelier. On n'a pas les mêmes raisons d'opérer ainsi dans les fermes soudées, où il est préférable de faire concourir les axes neutres. On diminue ainsi les efforts secondaires.

Les barres sont donc reliées entre elles par les extrémités : ces joints de liaison sont appelés nœuds.

#### Remarques :

Généralement les membrures de fermes sont élancées et supportent très mal les charges latérales : pour cette raison, les charges doivent être appliquées aux nœuds seulement et non aux membrures elles-mêmes.

Dans le cas où il existe de charges entre les nœuds des membrures (présence de monorail etc.), les barres travaillent à la flexion composée, et seront réalisées en  $\text{II}$  ou en I afin de renforcer leurs rigidités.



Nœud d'une ferme

#### **4- Détermination des charges et surcharges agissantes sur la ferme :**

##### **a- Charge permanentes :**

La ferme supporte en plus de son poids propre, le poids de la couverture, des accessoires de pose, des pannes et celui des contreventements de toiture.

##### **b- Surcharges climatiques :**

###### **b1- Surcharge du vent :** (perpendiculaire au versant)

La surcharge du vent est généralement perpendiculaire au versant. Elle est déterminée par les règlements en vigueur tels que : NV65 (voir CHI), et RNV99 (voir CH10).

##### **Remarques :**

1. Le vent pouvant tourner autour de la construction, il est possible dans de nombreux cas de se limiter pour les toitures aux seules valeurs maximales des actions sur les versants.
2. Les deux valeurs (versant au vent, versant sous le vent) doivent être envisagées dans les structures (par exemple : fermes triangulées, etc.) pour lesquelles la combinaison d'actions différentes sur les deux versants de la toiture conduirait à des résultats plus défavorables dans certains éléments (treillis de ferme....).

###### **b2- Surcharge de neige :**

La surcharge de neige est donnée par projection horizontale. Elle est calculée par les règlements en vigueur NV65, N84, RNV99.

## 5- Choix de la section à donner aux éléments d'une ferme :

Les barres de fermes sont considérées comme articulées à leurs extrémités et de ce fait elles travaillent soit à la compression simple, soit à la traction.

### 5.1- Barres comprimées :

#### a- barres non élancées :

On assume l'élancement de départ approximatif

- $\lambda = 80 \div 100$  Pour les membrures.
- $\lambda = 80 \div 130$  Pour les barres du treillis.

- 1- Assumer un élancement moyen  $\lambda = 90$
- 2- Déduire la valeur du coefficient de flambement (K) des tableaux.
- 3- Calculer la section nécessaire :
$$A = \frac{K \times N}{\sigma_e}$$
- 4- Faire le choix de la section (à partir des tableaux des profilés) à donner à la barre étudiée.
- 5- Recalculer l'élancement réel de la barre choisie.
- 6- Déduire à nouveau le coefficient de flambement (K).
- 7- Faire la vérification à la sécurité de la barre choisie :

$$K \times \sigma \leq \sigma_e \quad \text{avec} \quad \sigma = \frac{N}{A}$$

#### b- barres élancées :

La section des barres élancées faiblement comprimées est choisie de la manière suivante :

- 1- Calculer la valeur de l'élancement limite ( $\lambda_{lim}$ ) d'après les règlements en vigueur (R.C.M. 66 , D.T.U. etc.)
- 2- Calculer le rayon de giration minimal :
 
$$i_{min} = \frac{l_c}{\lambda_{lim}}$$
- 3- Choisir dans les tableaux des profilés la section nécessaire possédant au moins un tel rayon de giration. ( $i \geq i_{min}$ ).

### 5.2- Barres tendues :

- 1- On calcul la section :  $A = \frac{N}{\sigma_e}$
- 2- On Choisit la section dans le tableau des profilés.
- 3- On calcul l'élancement maximal :  $\lambda_{max} = \frac{l_c}{i_{min}}$
- 4- On vérifie la condition suivante :  $\lambda_{max} \leq \lambda_{lim}$

### Remarques :

#### a- Longueur de flambement des barres comprimées :

##### a.1- Flambement dans le plan de la ferme :

Les barres à treillis (montants et diagonales) :  $l_x = l_c = 0.8l_0$

Les membrures (membrures supérieures et inférieures) :  
 $l_x = l_c = 0.9l_0$

##### a.2- Flambement dans le plan $\perp$ au plan de la ferme :

Pour toute les barres de la ferme :  $l_y = l_c = l_0$

**b- Longueur de flambement des barres tendues :**

Pour toute les barres tendues :  $l_x = l_y = l_0$

Avec  $l_0$  : longueur théorique de la barre (distance entre axe des nœuds)

**c- Elancement limite  $\lambda_{lim}$  des éléments comprimés et tendus :**

Eléments	Barres comprimées	Barres tendues
Membre des fermes : (supérieures et inférieures)	120	400
Montants et diagonales	150	450
Barres de contreventements	200	450

**d- Les plus petites dimensions des cornières utilisées dans la ferme sont :**

- 45×45×5 mm pour les fermes soudées.
- 60×60×5 mm pour les fermes rivées.
- 75×75×5 mm pour les barres de contreventement.

e- Dans les fermes de portées  $l \leq 24m$ , on n'échange pas les sections des membrures.

**f- Poids spécifique approximatifs des éléments de la charpente d'un bâtiment industriel :**

En kg d'acier pour 1.0 m<sup>2</sup> horizontal du bâtiment.

Eléments de charpente	Halle		
	Légère	Moyenne	Lourdes
Ferme	16 à 25	18 à 30	20 à 40
Sablère	0 à 6	4 à 7	8 à 20
Panne	10 à 12	12 à 18	12 à 18
Lanterneau	0 à 10	8 à 12	8 à 12
Contreventement	3 à 4	3 à 5	8 à 15
<b>Total</b>	<b>26 à 40</b>	<b>45 à 70</b>	<b>50 à 80</b>
Poteaux	10 à 18	18 à 40	70 à 120
Pont roulant	0 à 14	14 à 40	50 à 150
Lisses et potelets	0 à 3	5 à 14	12 à 20
<b>Total</b>	<b>35 à 80</b>	<b>75 à 170</b>	<b>200 à 400</b>

**6- Exemple d'application : Calcul d'une ferme de toiture.**

Soit une ferme triangulée de 16 m de portée et de 1.5 m de hauteur, supportant 5 pannes par versant. L'entre axe horizontal des pannes est de 2.0 m

L'entre axe des fermes est de 5.0 m.

Dimensionner les barres de la ferme les plus sollicités en compression et en traction. (membrure supérieure, membrure inférieure, montants, et diagonales).

**1- Détermination des charges et surcharges agissantes sur la ferme :**

**1.1- Charge permanentes :**

Couverture (TN40) + accessoires de pose .....17.0 kg/m<sup>2</sup>  
 Panne (IPE 120).....10.4 kg/ml...=.....5.2 kg/m<sup>2</sup>



Ferme (poids forfaitaire).....	18.0 kg/m <sup>2</sup>
Contreventements.....	4.0 kg/m <sup>2</sup>

### 1.2- Surcharges climatiques :

#### a- Surcharge du vent : (perpendiculaire au versant)

$$V_n = - 30.5 \text{ kg/m}^2$$

$$V_e = 1.75 V_n = - 53.4 \text{ kg/m}^2$$

#### b- Surcharge de neige : (par projection horizontale)

$$N_n = S = 68 \text{ kg/m}^2$$

$$N_e = 5/3 N_n = 113.4 \text{ kg/m}^2$$

### 2- Calcul des efforts revenants aux nœuds :

La surface horizontale d'influence qui revient pour chaque nœud :

$$S = 5 \times 2.0 = 10.0 \text{ m}^2$$

- Effort dû aux charges permanentes :

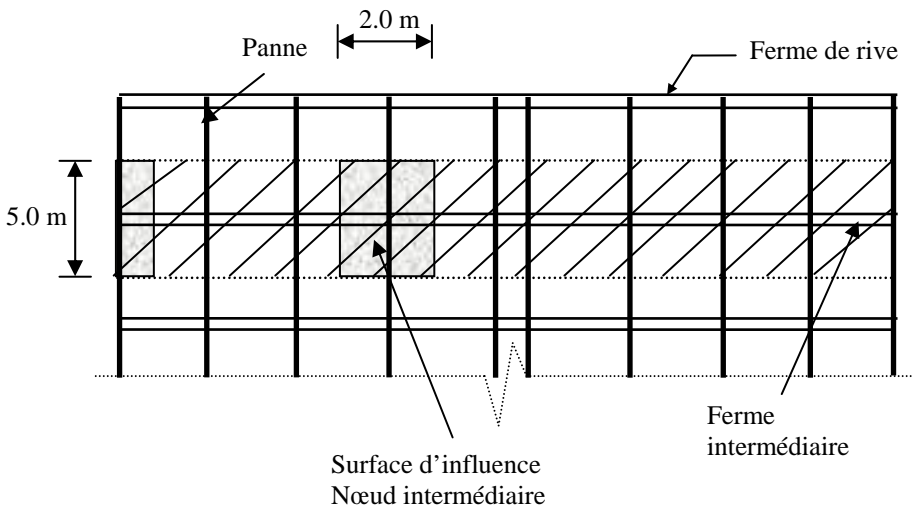
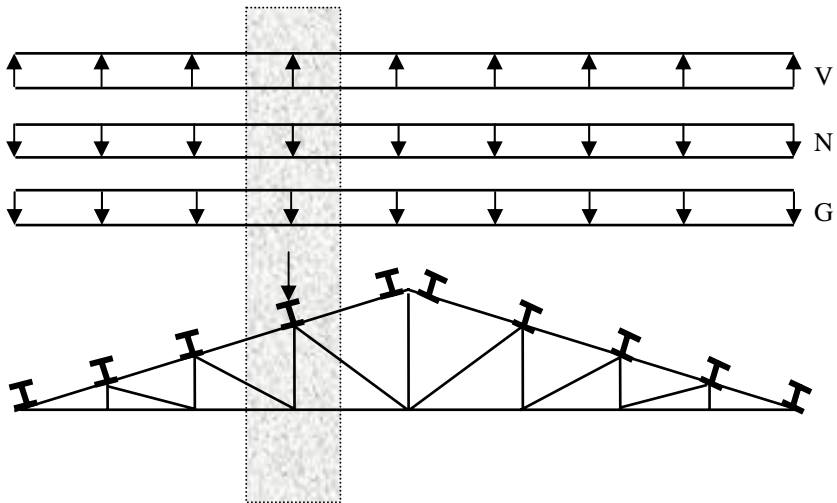
$$P_G = (17+5.2+18+4) \times 10.0 = 442 \text{ kg}$$

- Effort dû aux surcharges de neige :

$$P_{N_n} = -30.5 \times 10.0 = 305 \text{ kg}$$

- Effort dû au vent :

$$P_{V_n} = -30.5 \times 10.0 = 305 \text{ kg}$$



**Remarque :**

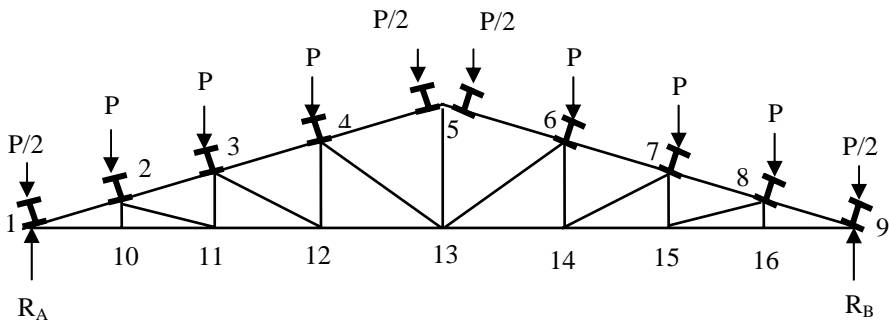
Les efforts dus au vent ascensionnel agissent perpendiculairement aux versants de la toiture. Vu la faible pente de la toiture et par souci de simplification des calculs, on admet que ces efforts sont dirigés verticalement, ce qui conduit à une erreur négligeable ( $< 2\%$ ).

### 3- Détermination des efforts dans les barres :

En calculant une ferme, on admet que toutes les barres sont articulées dans les nœuds. Le procédé le plus facile de détermination des efforts dans les barres d'une ferme est le graphique de « Cremona ». La solution analytique est également possible.

#### 3.1- Détermination des efforts par la méthode des nœuds. Cas d'une charge unitaire $P = 1.0 \text{ kg}$

La ferme peut être considérée comme un ensemble de nœuds articulés et de barres soumises à des efforts axiaux. Comme elle est en équilibre, chaque nœud doit aussi se trouver parfaitement équilibré. Cet équilibre peut être mis en évidence par le schéma du nœud isolé à partir duquel nous pouvons facilement écrire les équations d'équilibre.



$$R_A = R_B = \frac{8P}{2} = 4P$$

$$P = 1\text{kg}$$

$$R_A = R_B = 4\text{kg}$$

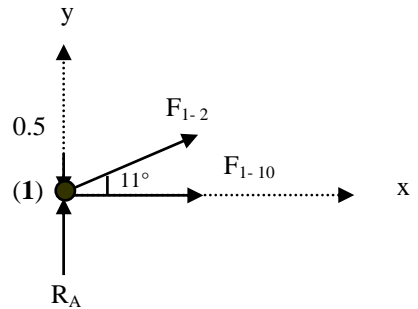
**Nœud 1 :**

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_{1-2} \cdot \cos 11.3 + F_{1-10} = 0$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F_{1-2} \cdot \sin 11.3 - R_A = 0$$

$$F_{1-2} = -17.9 \text{ kg}$$

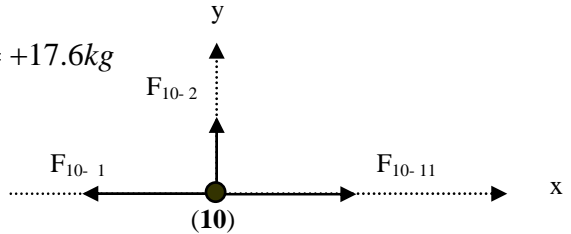
$$F_{1-10} = +17.6 \text{ kg}$$



**Nœud 10 :**

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_{10-11} = F_{10-1} = +17.6 \text{ kg}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F_{10-2} = 0$$



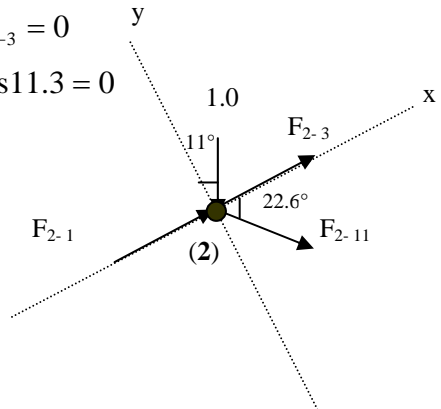
**Nœud 2 :**

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_{2-11} \cdot \cos 22.6 + F_{2-1} + F_{2-3} = 0$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow -F_{2-11} \cdot \sin 22.6 - 1.0 \times \cos 11.3 = 0$$

$$F_{2-11} = -2.6 \text{ kg}$$

$$F_{2-3} = -15.2 \text{ kg}$$



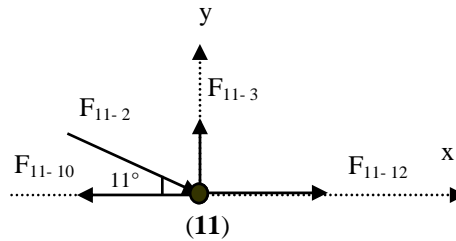
**Nœud 11 :**

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_{11-12} - F_{11-10} + F_{11-2} \cdot \cos 11.3 = 0$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F_{11-3} - F_{11-2} \cdot \sin 11.3 = 0$$

$$F_{11-12} = +15kg$$

$$F_{11-3} = +0.5kg$$



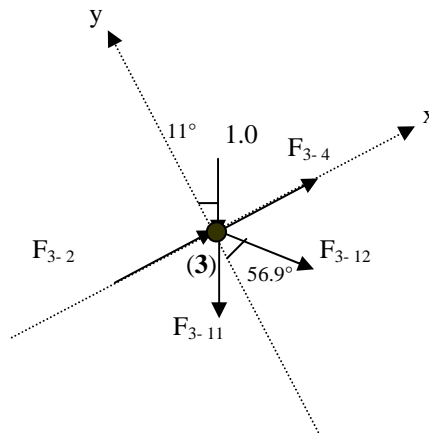
**Nœud 3 :**

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_{3-4} + F_{3-2} = 0$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow -F_{3-12} \cdot \cos 56.9 - F_{3-11} \cdot \cos 11.3 - 1.0 \times \cos 11.3 = 0$$

$$F_{3-4} = -12.8kg$$

$$F_{3-12} = -2.7kg$$



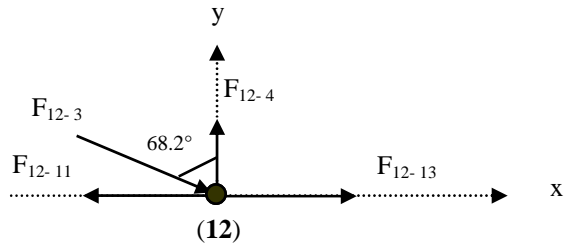
**Nœud 12 :**

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_{12-13} - F_{12-11} + F_{12-3} \cdot \sin 68.2 = 0$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F_{12-14} - F_{12-3} \cdot \cos 68.2 = 0$$

$$F_{12-13} = +12.5 \text{ kg}$$

$$F_{12-14} = +1.0 \text{ kg}$$



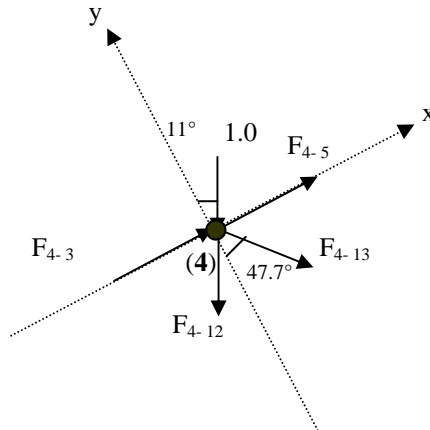
**Nœud 4 :**

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_{4-5} + F_{4-3} = 0$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow -F_{4-13} \cdot \cos 47.7 - 1.0 \times \cos 11.3 - F_{4-12} \cdot \cos 11.3 = 0$$

$$F_{4-5} = -10.3 \text{ kg}$$

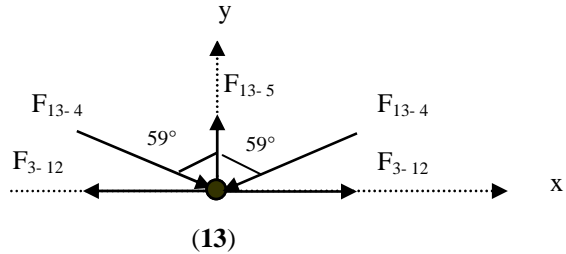
$$F_{4-13} = -2.9 \text{ kg}$$



**Nœud 13 :**

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F_{13-5} - 2 \times F_{13-4} \cdot \cos 59 = 0$$

$$F_{13-5} = +3.0kg$$



**3.1- Tableau récapitulatif :**

			Nature des efforts (en Kg)				
Elément	N° des barres	Effort P = 1.0	G	Nn	Ne	Vn	Ve
			442	680	1133.4	- 305	- 534.0
Membure supérieure	1-2	- 17.9	<b>- 7912</b>	<b>- 12172</b>	<b>- 20288</b>	<b>+ 5460</b>	<b>+ 9559</b>
	2-3	- 15.3	- 6763	- 10404	- 17341	+ 4667	+ 8170
	3-4	- 12.8	- 5658	- 8704	- 14508	+ 3904	+ 6835
	4-5	- 10.3	- 4553	- 7004	- 11674	+ 3142	+ 5500
Membure inférieure	1-10	+ 17.6	<b>+ 7779</b>	<b>+ 11968</b>	<b>+ 19948</b>	<b>- 5368</b>	<b>- 9399</b>
	10-11	+ 17.6	+ 7779	+ 11968	+ 19948	- 5368	- 9399
	11-12	+ 15	+ 6630	+ 10200	+ 17001	- 4575	- 8010
	12-13	+ 12.5	+ 5525	+ 8500	+ 14168	- 3813	- 6675
Diagonales	2-11	- 2.6	- 1149	- 1768	- 2947	+ 793	+ 1389
	3-12	- 2.7	- 1194	- 1836	- 3060	+ 824	+ 1442
	4-13	- 2.9	<b>- 1391</b>	<b>- 1972</b>	<b>- 3287</b>	<b>+ 885</b>	<b>+ 1549</b>
Montants	2-10	0	0	0	0	0	0
	3-11	+ 0.5	+ 221	+ 340	+ 567	- 153	- 267
	4-12	+ 1.0	+ 442	+ 680	+ 1133.4	- 305	- 534
	5-13	+ 3.0	<b>+ 1326</b>	<b>+ 2040</b>	<b>+ 3400</b>	<b>- 915</b>	<b>- 1602</b>

		Les combinaisons les plus défavorables		
Eléments	N° des barres	$4/3 G + 3/2 N_n$	$G + N_e$	$G - V_e$
Membrure supérieure.	1-2	<b>- 28781</b>	- 28200	+ 1647
	2-3	- 24623	- 24104	+ 1407
	3-4	- 20448	- 20166	+ 1177
	4-5	- 16562	- 16227	+ 947
Membrure inférieure	1-10	<b>+ 28298</b>	+ 27727	- 1620
	10-11	+ 28298	+ 27727	- 1620
	11-12	+ 24118	+ 23631	- 1380
	12-13	+ 20098	+ 19693	- 1150
Diagonales	2-11	- 4180	- 4096	- 237
	3-12	- 4342	- 4254	- 248
	4-13	<b>- 4808</b>	- 4678	+ 158
Montants	2-10	0	0	0
	3-11	+ 804	+ 788	- 46
	4-12	+ 1608	+ 1576	- 92
	5-13	<b>+ 4824</b>	+ 4726	- 276

### Remarques :

1. La combinaison la plus défavorable pour toutes les barres est :  
 $4/3 G + 3/2 N_n$
2. On prend : 1 Kg = 1 daN
3. Convention de signe : (+) Tension et (-) Compression

### 4- Dimensionnement des barres :

#### 4.1- Membrure supérieure :

##### Barre 1-2 :

$N = - 28781$  kg (compression)

Longueur  $l_0$  de la barre :  $l_0 = \frac{2.0}{\cos \alpha} = 2.04m$

$l_x = 0.9l_0 = 1.84m$  (Dans le plan de la ferme.)



$l_y = l_0 = 2.04m$  (Dans le plan  $\perp$  au plan de la ferme.)

Elancement limite :  $\lambda_{lim} = 120$

1- Choisir  $\lambda = 90$

2-  $K = 1.651$

$$3- A = \frac{kN}{\sigma_e} = \frac{1.651 \times 28781}{2400} = 19.8cm^2$$

4- Choisir deux cornières à ailes égales **2L70×70×8**

$$A = 21.22 cm^2 \quad \text{et} \quad i_x = 2.13cm$$

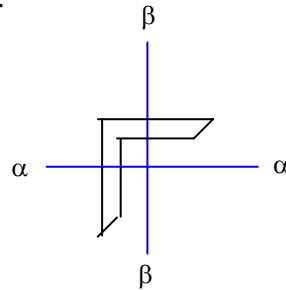
5- Vérification de la barre à la sécurité :

$$k\sigma \leq \sigma_e$$

(01Cornière)

$$I_\alpha = I_\beta$$

$$i_\alpha = i_\beta$$



(02Cornières)

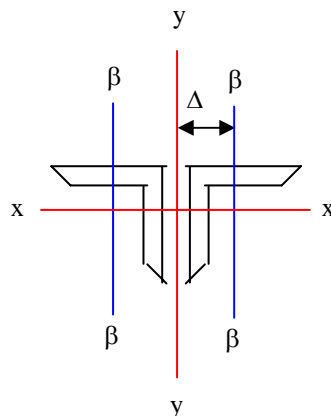
$$I_x = 2I_\alpha$$

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{2I_\alpha}{2A_C}} = i_\alpha$$

$$I_y = 2[I_\beta + A_C \times \Delta^2]$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$$A = 2A_C$$



$$I_x = 2I_\alpha = 2 \times 48.15 = 96.3cm^4$$

$$I_y = 2[48.15 + 10.61(2.02 + 0.5)^2] = 231cm^4$$

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{96.3}{21.22}} = 2.130\text{cm}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{231}{21.22}} = 3.30\text{cm}$$

$$\lambda_x = \frac{l_x}{i_x} = \frac{184}{2.13} = 86.4$$

$$\lambda_y = \frac{l_y}{i_y} = \frac{204}{3.30} = 61.8$$

$$\lambda_{\max} = 86.4 < \lambda_{\lim} = 120 \Rightarrow K = 1.587$$

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{28781}{21.22} = 1356.3\text{kg/cm}^2$$

$$k\sigma = 1.587 \times 1356.3 = 2152.5\text{kg/cm}^2 < \sigma_e \rightarrow O.K$$

#### 4.2- Membrure inférieure :

##### Barre (1-10) :

$N = +28290\text{ kg}$  (Traction)

Longueur  $l_0$  de la barre :  $l_0 = 2.0\text{m}$

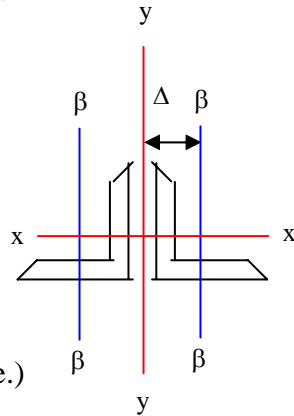
$l_x = 0.9l_0 = 1.8\text{m}$  (dans le plan de la ferme.)

$l_y = l_0 = 2.0\text{m}$

(dans le plan  $\perp$  au plan de la ferme.)

$$\Delta = (6 - 4.26) + 0.5 = 2.24\text{cm}$$

Elongement limite :  $\lambda_{\lim} = 400$



1- Calcul de la section :

$$A = \frac{N}{\sigma_e} = \frac{28290}{2400} = 11.8 \text{ cm}^2$$

2- Choisir la section :

Soit deux cornières à ailes égales **2L60×60×7**

$$A = 2 \times 7.95 = 15.9 \text{ cm}^2$$

$$i_x = 1.82 \text{ cm}$$

$$I_y = 2 \cdot (26.25 + 7.95 \times 2.24^2) = 132.3 \text{ cm}^3$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{132.3}{15.9}} = 2.88 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{l_x}{i_x} = \frac{180}{1.82} = 99$$

$$\lambda_y = \frac{l_y}{i_y} = \frac{204}{2.88} = 71$$

$$\lambda_{\max} = 99 < \lambda_{\text{lim}} = 400$$

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{28290}{15.9} = 1779 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_e \rightarrow O.K$$

### 4.3- Diagonales :

#### Barre (4-13)

N = -4808 kg ( Compression)

Longueur  $l_0$  de la barre :  $l_0=2.3m$

$l_x=0.8l_0=1.84m$  (dans le plan de la ferme.)

$l_y=l_0=2.3m$  (dans le plan  $\perp$  au plan de la ferme.)

Elancement limite :  $\lambda_{lim} = 150$

1- Choisir  $\lambda = 90$

2-  $k = 1.651$

$$3- A = \frac{kN}{\sigma_e} = \frac{1.651 \times 4808}{2400} = 3.31 \text{ cm}^2$$

**Remarque :**

L'effort de compression est faible  $\Rightarrow$  on choisit la section nécessaire en se basant sur l'élancement limite :  $\lambda_{lim} = 150$

$$i_{min} = \frac{l_x}{\lambda_{lim}} = \frac{230}{150} = 1.54 \text{ cm}$$

Soit deux cornières à ailes égales **2L60×60×7**

$$A = 2 \times 7.95 = 15.9 \text{ cm}^2$$

$$i_x = 1.82 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{l_x}{i_x} = \frac{230}{1.82} = 127 < \lambda_{lim}$$

$$k = 2.748 \text{ (Tableau)}$$

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{4808}{15.9} = 303 \text{ kg/cm}^2$$

$$k\sigma = 2.748 \times 303 = 833 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_e \rightarrow O.K$$

**Remarques :**

1. La contrainte de compression de  $833 \text{ kg/cm}^2$  est insignifiante devant la contrainte limite d'élasticité  $\sigma_e = 2400 \text{ kg/cm}^2$ .

2. Le critère de dimensionnement est basé sur l'élancement limite de la barre étant donné que l'effort est faible.
3. La barre est susceptible de flamber uniquement sous l'action de son poids propre.

#### 4.4- Montants :

##### Barre (5-13)

$N = +4824 \text{ kg}$  (Traction)

Longueur  $l_0$  de la barre :  $l_0 = 8.0 \times tg 11 = 1.56m$

$l_x = 0.8l_0 = 1.25m$  (dans le plan de la ferme.)

$l_y = l_0 = 1.56m$  (dans le plan  $\perp$  au plan de la ferme.)

Elancement limite :  $\lambda_{lim} = 450$

1- Calcul de la section :

$$A = \frac{N}{\sigma_e} = \frac{4824}{2400} = 2.1 \text{ cm}^2$$

2- Choisir la section minimale autorisée par le règlement:

Soit deux cornières à ailes égales **2L45×45×5**

$$A = 2 \times 4.27 = 8.54 \text{ cm}^2$$

3- vérifier l'élancement limite :

$$i_x = 1.36 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{l_x}{i_x} = \frac{125}{1.82} = 69 < \lambda_{lim}$$

**Remarques :**

Pour les barres à effort nul (cas de la barre 2-10). Ces membrures ne sont pas sans utilité, même si elles ne sont pas soumises à des efforts lors de mises en charges particulières. En effet, elles peuvent être sollicitées si les conditions de charge changent et sont nécessaires pour maintenir la ferme dans la forme désirée.

**5- Calcul du poids réel de la ferme :**

Lors de calcul des charges nous avons estimé le poids propre de la ferme à  $18 \text{ kg/m}^2$  de la surface horizontale de la construction.  
Soit donc :  $18 \times 5 \times 16 = 1440 \text{ kg}$  par ferme. Nous allons calculer le poids réel de la ferme.

**5.1- Membrane supérieure (arbalétrier) :**

2L70×70×8 à 16.66 kg/ml

Longueur : 16.3 m

$$W_{ms} = 16.3 \times 16.66 = 272 \text{ kg}$$

**5.2- Membrane inférieure (entrait) :**

2L60×60×7 à 12.46 kg/ml

Longueur : 16.0 m

$$W_{mi} = 16 \times 12.46 = 199.5 \text{ kg}$$

**5.3- Montants :**

2L45×45×5 à 6.7 kg/ml

Longueur totale : 6.18 m

$$W_m = 6.18 \times 6.7 = 41.5 \text{ kg}$$

**5.4- Diagonales :**

2L60×60×7 à 12.46 kg/ml

Longueur totale : 13.02 m

$$W_d = 13.02 \times 12.46 = 162.3kg$$

Poids total de la ferme :

$$W = W_{ms} + W_{mi} + W_m + W_d = 272 + 199.5 + 41.5 + 162.3 = 675.3kg$$

A cela nous ajoutons forfaitairement 20% pour tenir compte du poids des goussets, des boulons, des contreventements verticaux entre fermes et de la peinture.

Poids total de la ferme :  $W = 675.3 \times 1.20 = 810.4kg$

Soit  $10.13kg / m^2$

**Remarque :**

La valeur adoptée pour le calcul des charges ( $18.0 \text{ kg/m}^2$ ) est excessive mais acceptable pour des raisons de sécurité.