

STRUCTURE I- PARTIEL

Année 2022-2023 - Sylvain Ebode - Marc Leyral

NOM :

PRENOM :

N° ETUDIANT :

PARTIE A / 5 POINTS : QUESTIONNAIRE A CHOIX MULTIPLES

1 – Quand on calcule le degré de staticité d'une structure, que représentent les inconnues ? (1point)



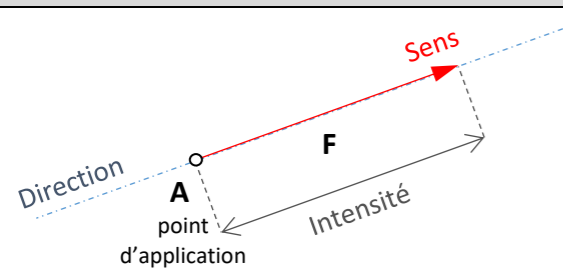
- a. Les degrés de libertés des appuis et liaisons
- b. Les réactions aux appuis et aux liaisons
- c. Les blocages aux appuis et aux liaisons
- d. Le nombre de barres
- e. Le nombre de barres multiplié par 3
- f. L'URSSAF, CRANCRAS et CARBALAS

2 – Cette combinaison de charge... (1 point)

$$1,35*(G + G') + 1,5*Q$$

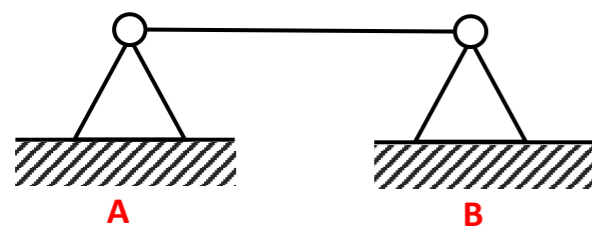
- a. Correspond à un état limite de service
- b. Correspond à un état limite ultime
- c. Peut servir à calculer des déformations
- d. Peut servir à vérifier la résistance d'une structure
- e. Est complètement fausse

3 – À qui doit-on la représentation vectorielle (utilisée par exemple pour représenter les forces) ? (1 point)



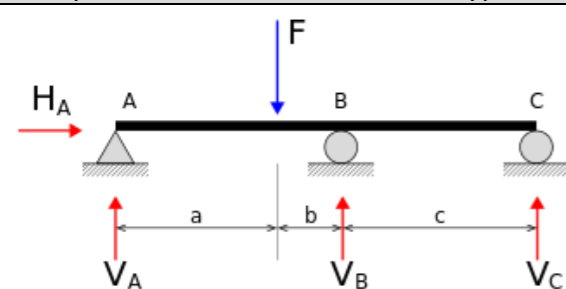
- a. Newton
- b. Simon Stevin
- c. Paul Sandori
- d. Galilée
- e. Mac Lesggy

4 – Que peut-on dire de cette poutre ? (1 point)



- a. Elle est hypostatique
- b. Elle est isostatique
- c. Elle est hyperstatique
- d. En cas de dilatation thermique, elle peut subir des désordres
- e. Elle est en béton armé

5 – Que peut-on dire d'une structure hyperstatique ?



- a. Elle est fragile
- b. Elle a plus d'équations que d'inconnues
- c. Elle est compliquée à calculer à la main
- d. Elle ne tolère pas le jeu dans les assemblages
- e. Elle est redondante et sécuritaire

PARTIE B / 6 POINTS : QUESTIONS DE COURS

1 – Que signifie P.F.S. et quelles équations lui sont associées ? (1 point)

2 – Expliquer ce qu'est le moment d'une force. (1 point)

3 – Décrire précisément ce qu'est le bras de levier du moment d'une force. Faites un schéma. (1 point)

4 – Expliquer ce qu'est le principe de la fermeture du polygone des forces. Donnez un exemple concret que vous résoudrez. (2 points)

5 – Faites le schéma d'une structure correctement contreventée. Expliquez-en le principe. (1 point)

PARTIE C 11 POINTS : UN PETIT PROBLEME

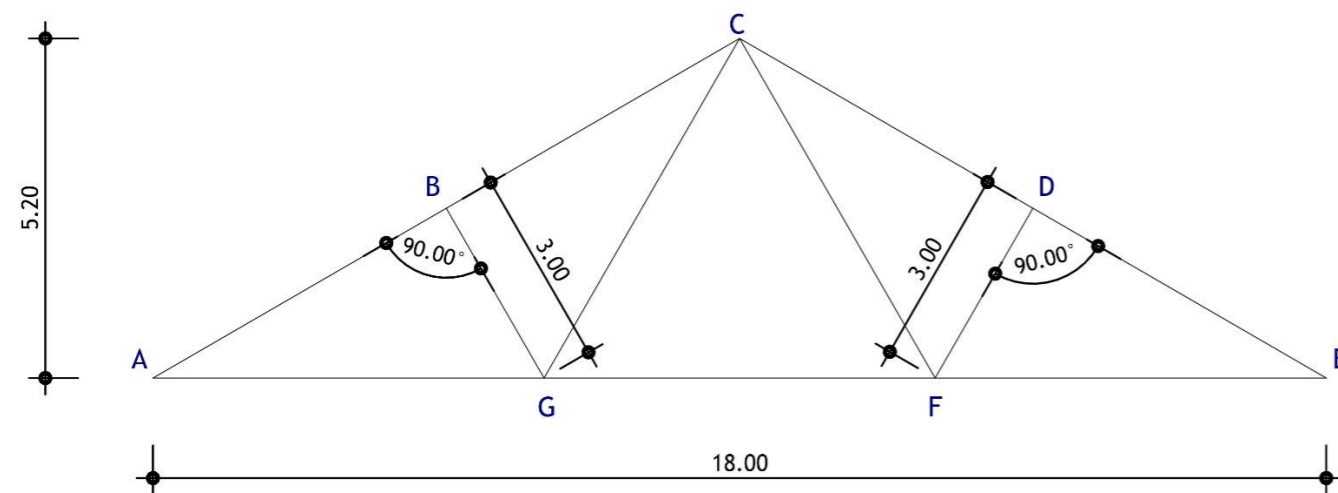
PROBLEME 1 / Grande portée et légèreté (12 POINTS)

Les fermes Polonceau, inventées par l'ingénieur des chemins de fer Camille Polonceau au XIX^{ème} siècle, sont des éléments de charpente de type treillis, permettant de franchir de grandes portées avec beaucoup de légèreté.

Nous allons étudier une de fermes



Vue en élévation d'une ferme Polonceau



Questions :

- 1- Compléter les angles et dimensions de la ferme en justifiant les valeurs, donner les valeurs arrondies à 1 chiffre après la virgule (1 point)
- 2- Les fermes sont espacées de 6m et la verrière au-dessus pèse 50kg/m². Quelle masse totale supporte chaque ferme ? (1 point)
- 3- En s'appuyant sur le schéma (et pas sur la photo), expliquer comment cette masse permanente se répartit sur les nœuds de la partie haute de la ferme (A à E) et donner les valeurs de masse sur chaque nœud (1 point)
- 4- Faire le schéma statique complet et s'assurer qu'il est isostatique en le calculant (1 points)
- 5- Les charges d'exploitation sur la verrière valent 100kg/m². Répartir cette charge sur les nœuds de la partie haute de la ferme (1 point)
- 6- Calculer les charges totales sur chaque nœud de la partie haute des fermes à l'ELU en kg et en Newton (1 point)
- 7- Calculer les réactions d'appui en Newton à l'aide du PFS (1 point)
- 8- A l'aide la méthode de votre choix, calculer à l'ELU les efforts dans toutes les barres et indiquez si elles sont tendues ou comprimées (3 points)
- 9- La contrainte limite d'élasticité de l'acier utilisé vaut 235Mpa, dimensionnez l'entrait en considérant que c'est un tube plein cylindrique (1 point)
- 10- Si pour la même portée, la ferme était moins haute, les efforts dans les barres seraient plus ou moins élevés ? Expliquez (1 point)

STRUCTURE I- PARTIEL

Année 2022-2023 - Sylvain Ebode - Marc Leyral

NOM : _____ PRENOM : _____ N° ETUDIANT : _____

PARTIE A / 5 POINTS : QUESTIONNAIRE A CHOIX MULTIPLES

1 – Quand on calcule le degré de staticité d'une structure, que représentent les inconnues ? (1point)



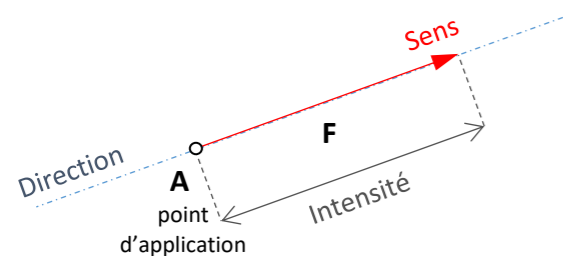
- a. Les degrés de libertés des appuis et liaisons
- b. Les réactions aux appuis et aux liaisons
- c. Les blocages aux appuis et aux liaisons
- d. Le nombre de barres
- e. Le nombre de barres multiplié par 3
- f. L'URSSAF, CRANCRAS et CARBALAS

2 – Cette combinaison de charge... (1 point)

$$1,35*(G + G') + 1,5*Q$$

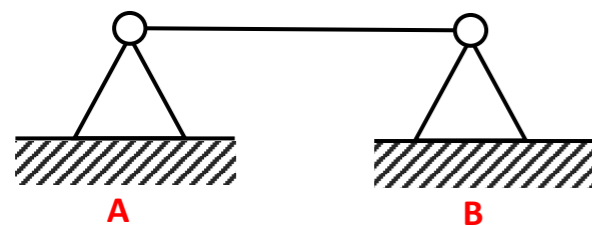
- a. Correspond à un état limite de service
- b. Correspond à un état limite ultime
- c. Peut servir à calculer des déformations
- d. Peut servir à vérifier la résistance d'une structure
- e. Est complètement fausse

3 – À qui doit-on la représentation vectorielle (utilisée par exemple pour représenter les forces) ? (1 point)



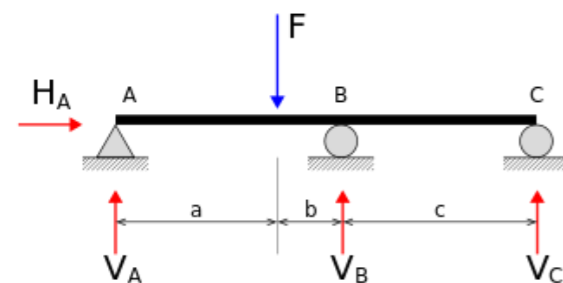
- a. Newton
- b. Simon Stevin
- c. Paul Sanderi
- d. Galilée
- e. Mac Lesggy

4 – Que peut-on dire de cette poutre ? (1 point)



- a. Elle est hypostatique
- b. Elle est isostatique
- c. Elle est hyperstatique
- d. En cas de dilatation thermique, elle peut subir des désordres
- e. Elle est en béton armé

5 – Que peut-on dire d'une structure hyperstatique ?



- a. Elle est fragile
- b. Elle a plus d'équations que d'inconnues
- c. Elle est compliquée à calculer à la main
- d. Elle ne tolère pas le jeu dans les assemblages
- e. Elle est redondante et sécuritaire

PARTIE B / 6 POINTS : QUESTIONS DE COURS

1 – Que signifie P.F.S. et quelles équations lui sont associées ? (1 point)

Principe fondamental de la statique : une structure est en équilibre en translation si et seulement si la somme des forces est nulle (valable aussi en projection sur X et Y) – théorème de la résultante statique – et en équilibre rotationnel si et seulement si la somme des moments en tout point est nulle.

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum MA(F) = 0$$

2 – Expliquer ce qu'est le moment d'une force. (1 point)

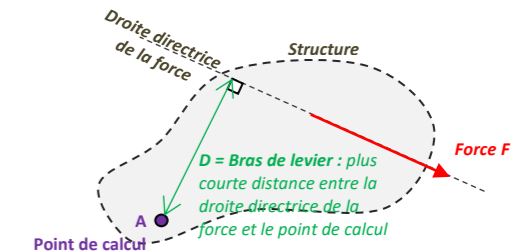
Le moment est une grandeur physique qui quantifie la capacité à **tourner (rotation)**. Elle provoque le **basculement** des structures. La valeur du moment est le **produit d'une force par un bras de levier** (distance séparant la force du point de calcul par projection orthogonale).

$$\text{MOMENT [N.m]} = \text{FORCE [N]} \times \text{DISTANCE [m]}$$

On étudie toujours le moment à partir d'un point particulier que l'on choisit (souvent un point de rotation possible, comme une rotule à un appui ou un pivot).

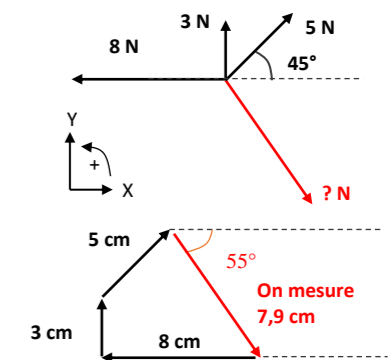
3 – Décrire précisément ce qu'est le bras de levier du moment d'une force. Faites un schéma. (1 point)

Le bras de levier est la distance qui sépare la force du point d'étude du moment. Il s'agit de la **plus courte distance entre la droite d'application de la force et le point considéré**.

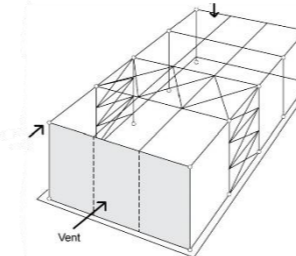


4 – Expliquer ce qu'est le principe de la fermeture du polygone des forces. Donnez un exemple concret que vous résoudrez. (2 points)

La **première loi de Newton** signifie que si un corps est soumis à plusieurs forces dont la **somme des vecteurs est nulle** (en les mettant les uns à la suite des autres, le polygone des forces se referme sur lui-même, la force résultante est donc nulle), alors il gardera sa vitesse initiale. Si celle-ci était nulle, elle le restera. Pour le résoudre graphiquement, on utilisera une simple échelle inhomogène (qui transforme des forces en longueurs et inversement, par exemple 1cm = 100 N)



5 – Faites le schéma d'une structure correctement contreventée. Expliquez-en le principe. (1 point)



Une structure correctement contreventée est capable de résister aux charges latérales (horizontales) – et de limiter les déformations qu'elles peuvent générer. Il est nécessaire de contreventer les trois plans de l'espace (X, Y et Z).

Le contreventement horizontal, le diaphragme, sert essentiellement à distribuer les efforts de l'endroit où ils sont accueillis (la façade par exemple), vers les éléments de contreventement verticaux (la cage d'escalier par exemple). Le contreventement peut être ponctuel par un encastrement à une liaison ou un appui, linéique (une ou plusieurs barres de contreventement) ou surfacique (voile ou un noyau de contreventement, plancher-dalle).

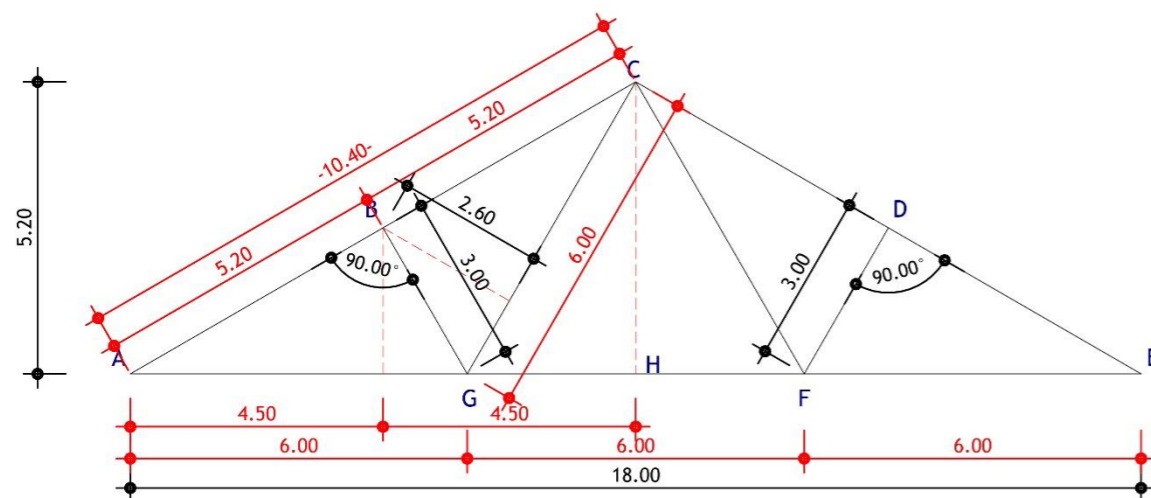
PARTIE C 11 POINTS : UN PETIT PROBLEME

PROBLEME 1 / Grande portée et légèreté (12 POINTS)

Les fermes Polonceau, inventées par l'ingénieur des chemins de fer Camille Polonceau au XIXème siècle, sont des éléments de charpente de type treillis, permettant de franchir de grandes portées avec beaucoup de légèreté. Nous allons étudier une de fermes



Vue en élévation d'une ferme Polonceau

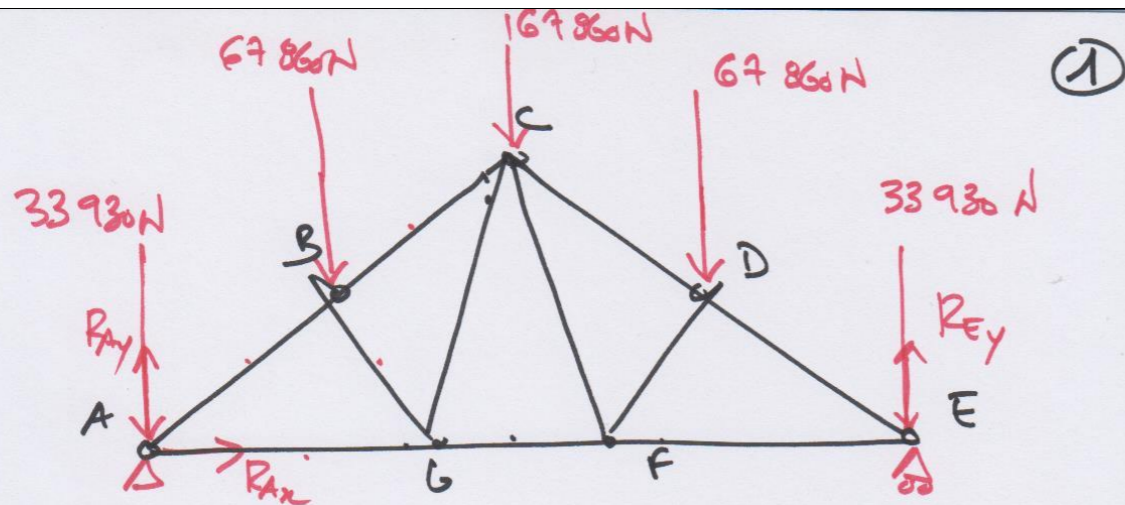


Questions :

- Compléter les angles et dimensions de la ferme en justifiant les valeurs, donner les valeurs arrondies à 1 chiffre après la virgule (1 point)
 - $\tan HAC = CH/AH \rightarrow BAG = 30^\circ = (BCG = FCD = FED)$
 - $BGA = 60^\circ = (BGC = DFC = DFE)$
 - $GCF = CFG = FGC = 60^\circ$
- Les fermes sont espacées de 6m et la verrière au-dessus pèse 50kg/m^2 . Quelle masse totale supporte chaque ferme ? (1 point)
 - $10,40 \times 2 \times 6 \times 50 = 6\,240\text{ kg}$
- Expliquer comment cette masse permanente se répartit sur les nœuds de la partie haute de la ferme (A à E) et donner les valeurs de masse sur chaque nœud (1 point)
 - $6240\text{ kg}/8 = 780\text{ kg}$ sur les points A et E, $780\text{ kg} \times 2 = 1\,560\text{ kg}$ sur les nœuds B, C et D
- Faire le schéma statique complet et s'assurer qu'il est isostatique en le calculant (1 points)
 - Rotule en A, appui simple en E puis deux possibilités :
 - AC et CE sont des barres continues et donc $h = i - n = 27 - 27 = 0$
 - AB, BC, CD et DE sont des barres distinctes, et donc $h = i - n = 33 - 33 = 0$
- Les charges d'exploitation sur la verrière valent 100kg/m^2 . Répartir cette charge sur les nœuds de la partie haute de la ferme (1 point)
 - Les charges d'exploitation valent le double de la masse de la verrière, donc $1\,560\text{ kg}$ sur les points A et E, $3\,120\text{ kg}$ sur les nœuds B, C et D
- Calculer les charges totales sur chaque nœud de la partie haute des fermes à l'ELU en kg et en Newton (1 point)
 - Sur A et E : $780 \times 1,35 + 1\,560 \times 1,5 = 3\,393\text{ kg}, 33\,930\text{ N}$
 - Sur B, C et D : $1\,560 \times 1,35 + 3\,120 \times 1,5 = 6\,786\text{ kg}, 67\,860\text{ N}$
- A l'ELU, calculer les réactions d'appui en Newton à l'aide du PFS (1 point)
 - $R_{AY} = R_{EY} = 13\,572\text{ kg}, 135\,720\text{ N}$
- A l'aide la méthode de votre choix, calculer à l'ELU les efforts dans toutes les barres et indiquez si elles sont tendues ou comprimées (3 points)
 - Cf feuilles de calcul jointes
- La contrainte limite d'élasticité de l'acier utilisé vaut 235Mpa , dimensionnez l'entrait (GH) en considérant que c'est un tube plein cylindrique (1 point)

Les barres les plus sollicitées de l'entrait sont les barres AG et FE, $176\,175\text{ N}$
La section vaut : $176\,175 / 235 = 749,7\text{mm}^2$, soit un tube plein de $30,9\text{mm}$ de diamètre
- Si pour la même portée, la ferme était moins haute, les efforts dans les barres seraient plus ou moins élevés ? Expliquez (1 point)

Si la ferme était moins haute, les efforts dans les barres seraient plus importants car le bras de levier des forces seraient plus petit.



RFS global

$$\sum F_{ix} = 0$$

$$+R_{Ay} + R_{Ey} - (33930 \times 2) - (67860 \times 3) = 0$$

$$R_{Ay} + R_{Ey} = 271440 \text{ N}$$

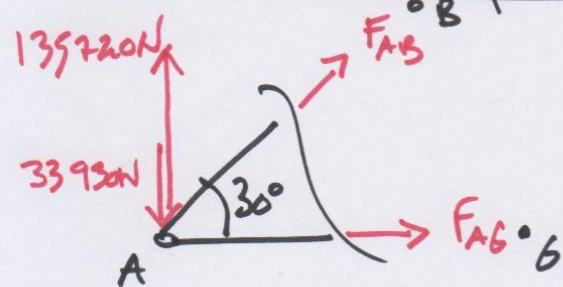
Structure et chargement symétriques

$$\Rightarrow R_{Ay} = R_{Ey} = \frac{271440}{2} = 135720 \text{ N}$$

$$\sum F_{ix} = 0$$

$$\Rightarrow R_{Ax} = 0$$

Méthode des coupures



$$\sum M_B = +33930 \times 6 - 135720 \times 6 - F_{AB} \times 3 = 0$$

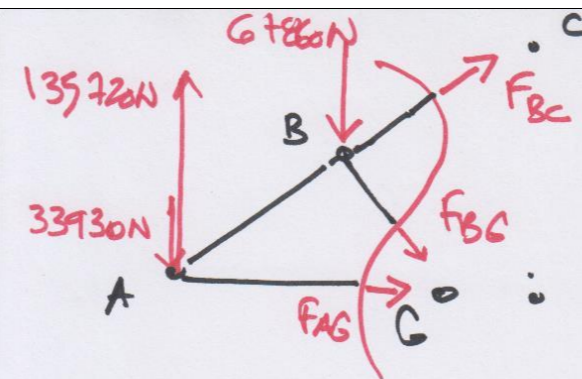
$$\Rightarrow F_{AB} = -203580 \text{ N}$$

en compression

$$\sum M_C = +33930 \times 8 - 135720 \times 8 + F_{AG} \times 5,20 = 0$$

$$\Rightarrow F_{AG} = +176175 \text{ N}$$

en traction



$$\sum M_C = +33930 \times 9 - 135720 \times 9 + 176175 \times 5,2 + F_{BC} \times 4,5 = 0$$

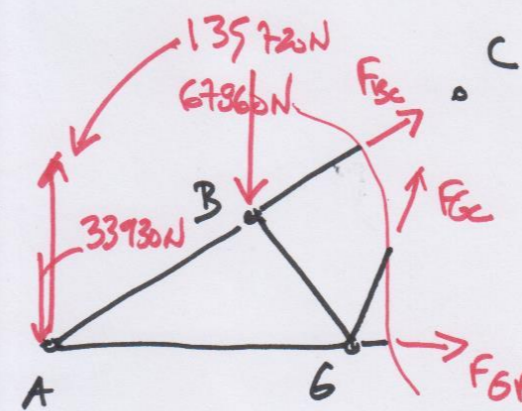
$$\Rightarrow F_{BC} = -58725 \text{ N}$$

en compression

$$\sum M_G = +67860 \times 1,5 - 135720 \times 6 + 33930 \times 6 - F_{BC} \times 3 = 0$$

$$\Rightarrow F_{BC} = -169650 \text{ N}$$

en compression



$$\sum M_C = +33930 \times 9 - 135720 \times 9 + 67860 \times 4,5 + F_{GF} \times 5,20 = 0$$

$$\Rightarrow F_{GF} = 117398 \text{ N}$$

en traction

$$\sum M_B = +33930 \times 4,5 - 135720 \times 4,5 + (F_{GF} \leftarrow) + 117398 \times 2,6 + F_{GC} \times 2,6 = 0$$

$$\Rightarrow F_{GC} = 58777 \text{ N}$$