

ECOLE
NATIONALE
SUPÉRIEURE
D'ARCHITECTURE
DE
PARIS LA VILLETTE

CYCLE LICENCE S3/S4 – DISCIPLINE STRUCTURE



S1 – C10 : PARTIEL BLANC

Echauffement général avant le saut

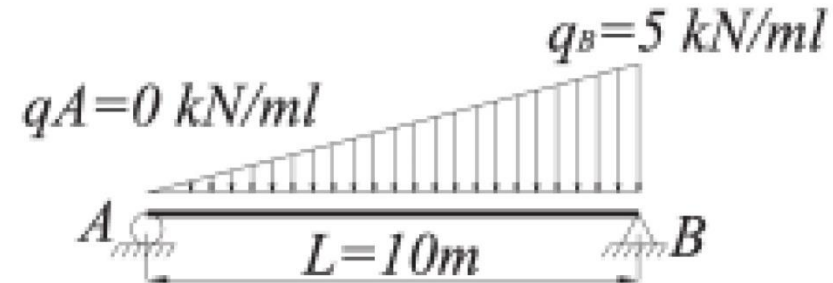
Examen blanc

1. **Concentration maximale**
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. Problème (10 questions – 10 points)



QCM (5 questions – 5 pts)

Question 1 - Déterminer la force ponctuelle équivalente à la force linéique proposée:



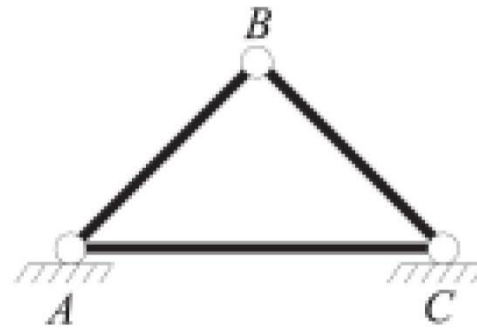
- 1 - force d'intensité de 25 kN, placée au milieu de la poutre
- 2 - force d'intensité de 25 kN, placée au tiers de la poutre à partir de A
- 3 - force d'intensité de 25 kN, placée au tiers de la poutre à partir de B

1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. Problème (10 questions – 10 points)

Force de 25 kN placée au tiers de la poutre à partir de B
(La force ponctuelle est égale à la surface du triangle, soit:
 $(5\text{kN/ml} + 0\text{kN/ml})/2 * 10\text{ml} = 25\text{kN}$
Cette force s'applique au barycentre du triangle, l'intersection des médianes, soit au tiers inférieur

QCM (5 questions – 5 pts)

Question 2 - Définir la staticité de la structure suivante:



- 1 - Isostatique
- 2 - Hypostatique
- 3 - Hyperstatique

- 1. Concentration maximale
- 2. QCM (5 questions – 5 points)
- 3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
- 4. Problème (10 questions – 10 points)

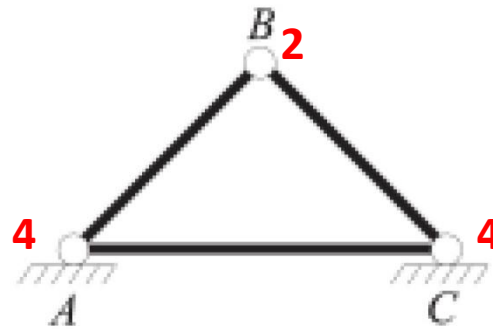
1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. Problème (10 questions – 10 points)

$$i = 4 + 4 + 2 = 10$$

$$n = 3 \text{ barres} * 3 \text{ déplacements} = 9$$

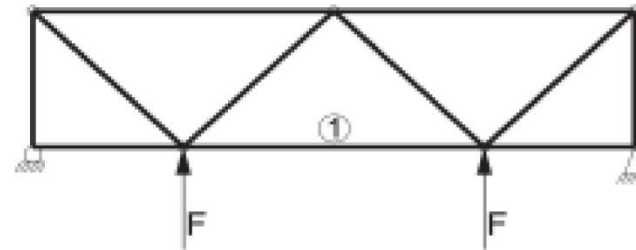
$$i - n = 10 - 9 = 1$$

La structure est hyperstatique de degré 1



QCM (5 questions – 5 pts)

Question 3 - Quel est le type d'effort transitant dans la membrure inférieure 1 de la poutre treillis. nota: $F > 0$.

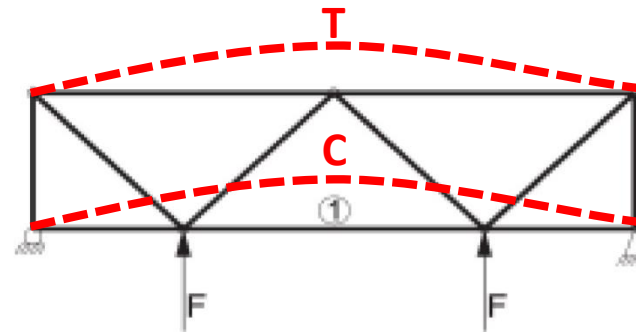


- 1 - Flexion
- 2 - Torsion
- 3 - Traction
- 4 - Compression

- 1. Concentration maximale
- 2. QCM (5 questions – 5 points)
- 3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
- 4. Problème (10 questions – 10 points)

1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. Problème (10 questions – 10 points)

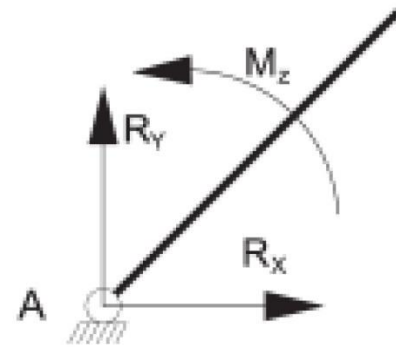
La poutre subit des charges ascendantes F , si celles-ci sont supérieures au poids propre de la poutre, celle-ci se déformera vers le haut, à l'inverse du fonctionnement normal des poutres sur deux appuis, La membrure basse 1 fonctionnera donc en compression,



QCM (5 questions – 5 pts)

1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. Problème (10 questions – 10 points)

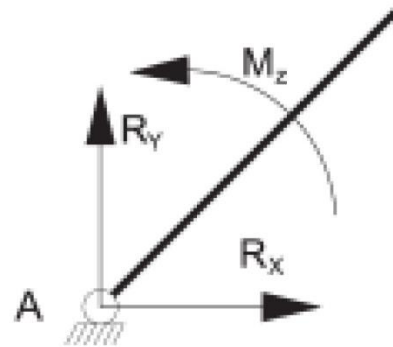
Question 4 - Quelles sont les réactions d'appuis possibles pour l'organe de liaison ci-dessous (une rotule):



- 1 - $\{R_x, R_y, M_z\}$
- 2 - $\{R_x, M_z\}$
- 3 - $\{R_y, R_x\}$
- 4 - $\{M_z\}$

1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. Problème (10 questions – 10 points)

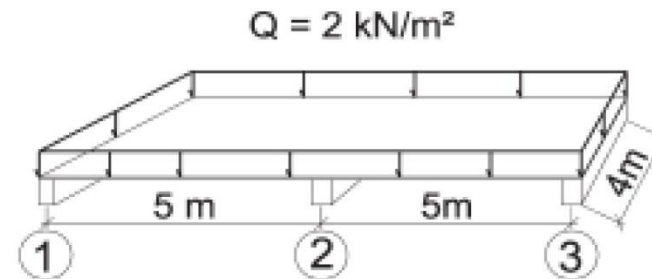
Il s'agit d'une rotule, elle a 1 degré de liberté dans le plan – la rotation, en revanche, elle interdit les translations en x et en y, Par conséquent elle génère deux réactions d'appuis, R_y et R_x



QCM (5 questions – 5 pts)

1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. Problème (10 questions – 10 points)

Question 5 - Quelle est la valeur de la charge linéique appliquée à la poutre 2, liée au chargement réparti Q :



- 1 - 10 kN/ml
- 2 - 8 kN/ml
- 3 - 40 kN/ml
- 4 - 20 kN/ml

1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. Problème (10 questions – 10 points)

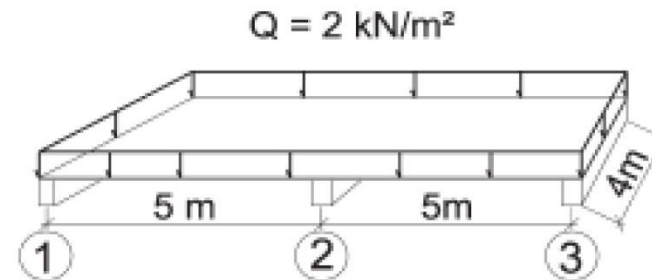
La poutre 2 supporte une surface de:

$$(2,5 + 2,5) * 4 = 20\text{m}^2$$

La charge totale supportée par la poutre est de:

$$20\text{m}^2 \times 2\text{kN/m}^2 = 40\text{kN}$$

La poutre fait 4m de long, ce qui fait: $40\text{kN} / 4\text{m} = 10\text{kN/m}$

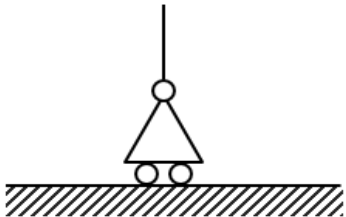
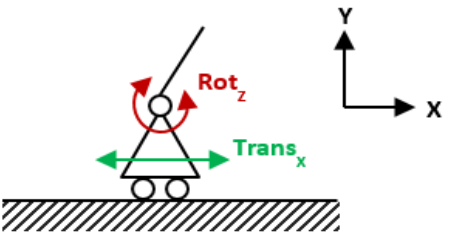
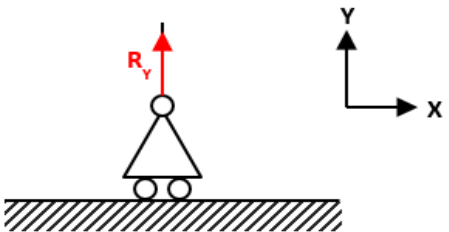
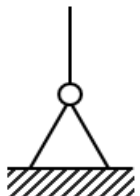
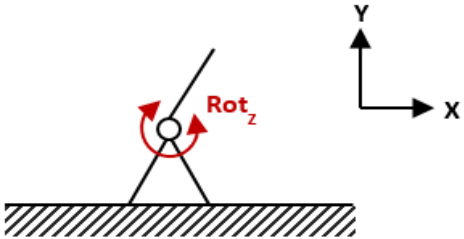
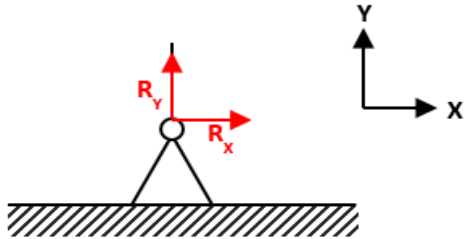
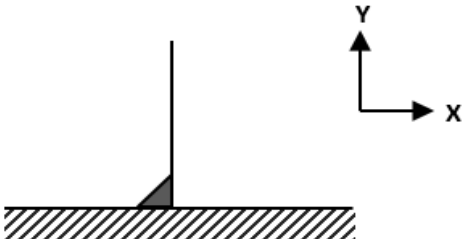
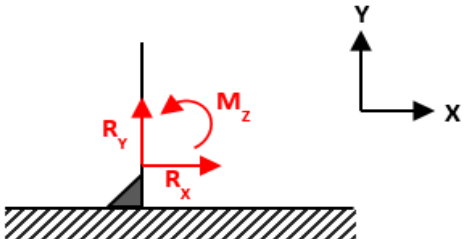


1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. Problème (10 questions – 10 points)

Partie 2 – Questions de cours – 5 pts

Question 1: Décrire qualitativement et mécaniquement les trois principaux organes de liaison dans le plan?

- 1. Concentration maximale
- 2. QCM (5 questions – 5 points)
- 3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
- 4. Problème (10 questions – 10 points)

L'Appui simple ou Appui glissant		
Représentation	DDL : 1 translation + 1 rotation	1 Réaction en force = 1 inconnue
		
Appui		
La Rotule ou Articulation		
Représentation	DDL : 1 rotation	2 Réactions en force = 2 inconnues
		
Appui		
Liaison		
L'Encastrement		
Représentation	DDL : aucun	2 Réactions en force + 1 Réaction en moment = 3 inconnues
		
Appui		
Liaison		

1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. Problème (10 questions – 10 points)

Partie 2 – Questions de cours – 5 pts

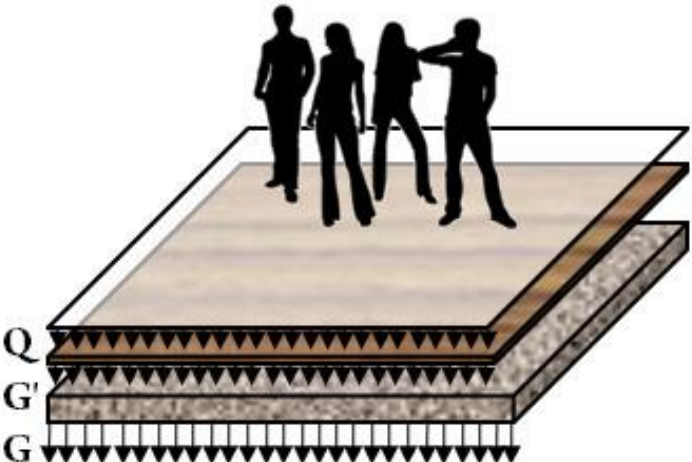
Question 2: Décrire les différentes sollicitations qui agissent sur les édifices?

1. Concentration maximale

2. QCM (5 questions – 5 points)

3. Questions de cours (5 questions – 5 points)

4. Problème (10 questions – 10 points)

CHARGES PERMANENTES	• <u>Structurelles</u> (G) si elles participent à la structure (murs porteurs, poteaux, poutres, dalles, etc.) • <u>Non structurelle</u> (G') si elle ne participe pas à la structure (revêtements, cloisons, etc.)	
CHARGES VARIABLES	• <u>Les charges variables d'exploitation</u> (Q) : poids des usagers, des meubles, etc. • <u>Charges climatiques</u> : vent (W), neige (S)	
AUTRES CHARGES	• <u>Charges accidentelles</u> : séisme, choc de camion, etc.	

1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. Problème (10 questions – 10 points)

Partie 2 – Questions de cours – 5 pts

Question 3: Qu'est-ce que le Principe Fondamental de la statique?

1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. Problème (10 questions – 10 points)

Le Principe Fondamental de la Statique – A SAVOIR PAR CŒUR

Conditions nécessaires et suffisantes à l'équilibre des structures :

1. La structure ne subit pas de glissement : théorème de la résultante statique.

Le **glissement** est le déplacement en **translation** d'une structure. Il est dû à l'action des **forces**.

Pour qu'une structure ne glisse pas, il faut donc que **la somme des vecteurs forces qui s'exercent sur la structure soit nulle**.

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \quad \text{soit en projection} \quad \begin{cases} \sum F_X = 0 \\ \sum F_Y = 0 \end{cases}$$

2. La structure ne subit pas de basculement : théorème du moment statique.

Le **basculement** est dû à une **rotation**. Il est dû aux **moments** qui agissent sur la structure.

Pour éviter le basculement, **il faut donc que la somme des moments qui s'exercent sur la structure, calculés en un même point quelconque de la structure, soit nulle**.

$$\sum M_A(\vec{F}) = 0$$

1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. Problème (10 questions – 10 points)

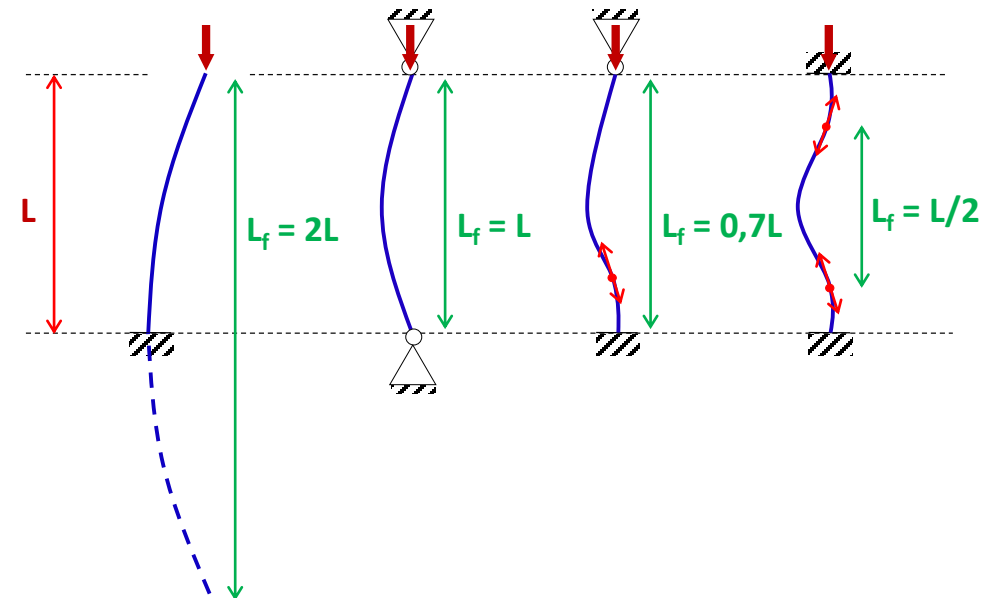
Partie 2 – Questions de cours – 5 pts

Question 4: Définir la charge critique de flambement? Quels sont les paramètres qui permettent de la faire varier?

1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. Problème (10 questions – 10 points)

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l_f^2}$$

- E est le module de Young et ne dépend que du matériau
(« raideur » du matériau : quantifie l'allongement d'un matériau en fonction de la force appliquée)
- I est le moment quadratique (aussi appelé par abus de langage « Inertie ») et ne dépend que de la section de l'élément.
- l_f est la longueur de flambement



1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. Problème (10 questions – 10 points)

Partie 2 – Questions de cours – 5 pts

Question 5: Qu'est ce que le degré de staticité? Quelle est son utilité?

1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. Problème (10 questions – 10 points)

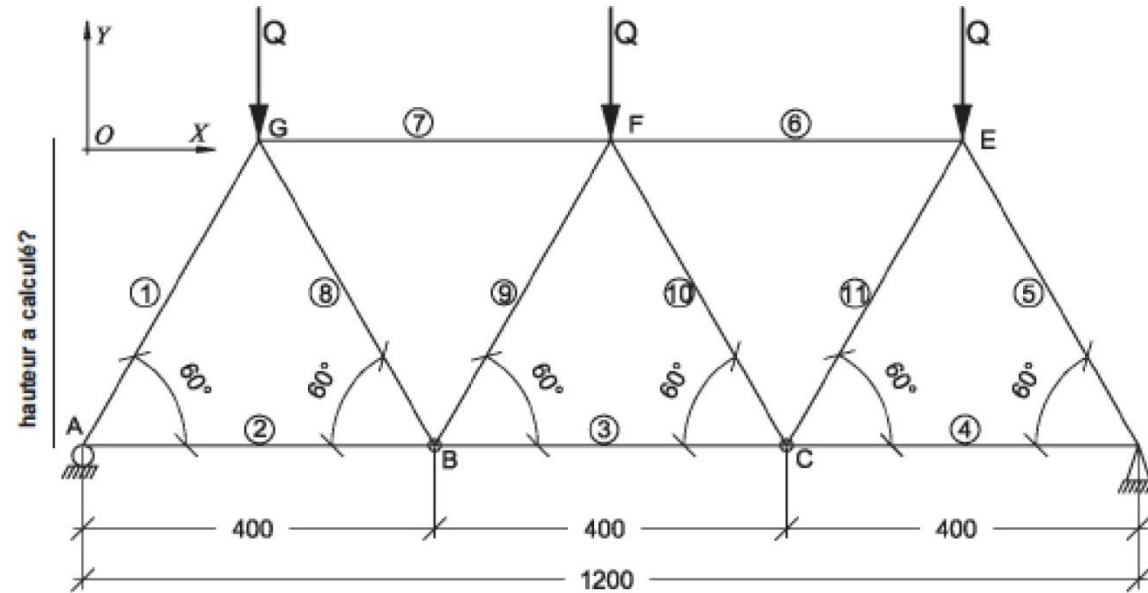
Le degré de staticité permet de savoir:

Si une structure ne tient pas – elle est hypostatique et c'est un mécanisme

Si une structure est tout juste stable – elle est isostatique et est calculable avec le PFS

Si une structure est plus que stable – elle est hyperstatique, a donc des réserves de stabilité et n'est pas calculable simplement,

Problème (10 pts)



$$F_{critique} = \frac{\pi^2 EI}{l_k^2} =$$

TROISIÈME PARTIE: PROBLÈME

Hypothèse: $Q=100$ kN. Les dimensions sont données en cm.

- 1- La structure suivante est une poutre treillis. Qu'est-ce qui caractérise les poutres treillis?
- 2- Déterminer la hauteur de la poutre treillis.
- 3- Déterminer les réactions aux appuis.
- 4- Calculer les valeurs des efforts des barres 1 et 2. Que peut-on dire des efforts des barres 4 et 5? Pourquoi?
- 5- Calculer les valeurs dans les barres 3, 9, 7 par la méthode que vous souhaitez ?
- 6- Calculer l'effort dans la barre 8 par la méthode des nœuds?
- 7- Faire un schéma récapitulatif présentant les efforts dans les barres. Indiquer par un code couleur les barres comprimées et tendues?
- 8- Considérant un acier S235, ie une contrainte admissible limite de 235 Mpa ($=N/mm^2$), déterminer la section d'acier minimum (ie le diamètre minimum du profil) nécessaire pour résister aux efforts de la barre 8. On considère un profil de section circulaire plein.
- 9- Considérant un acier S235, un module de young de 210 GPa ($2.1 \cdot 10^{11} MPa$), déterminer la section d'acier minimum (ie le diamètre minimum du profil) nécessaire pour résister aux efforts de compression de la barre 3. On considère un profil de section circulaire plein.
- 10- Si l'on supprime la barre 3, comment peut-on rétablir l'équilibre de la structure sans ajouter de barre?

$$\begin{cases} \sin(60^\circ) = \frac{\sqrt{3}}{2} \\ \cos(60^\circ) = \frac{1}{2} \end{cases}$$

1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. Problème (10 questions – 10 points)

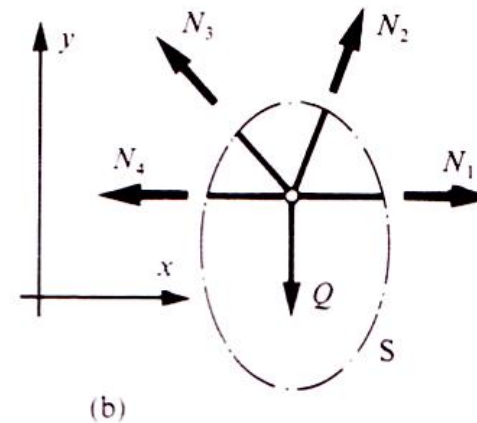
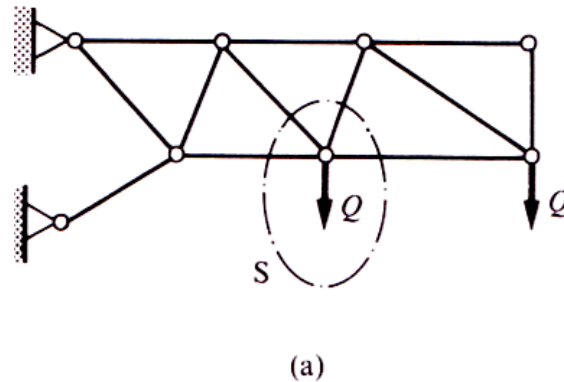
1. Poutres treillis:
 1. Les poutres treillis sont des structures dites reticulées.
 2. Les liaisons entre éléments sont constitués exclusivement de rotules.
 3. Les efforts qui transitent dans les éléments sont des efforts de compression et de traction uniquement
2. La poutre est constituée de triangles équilatéraux
 1. La hauteur h s'écrit: $\sin 60^\circ = h/400$, $h = 346,41$ cm
3. La structure est symétrique, donc les réactions aux appuis sont égales à la sommes des forces agissantes divisée par 2, soit:
 1. $R_A = R_B = 3 * Q / 2 = 150 \text{ kN}$

1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. Problème (10 questions – 10 points)

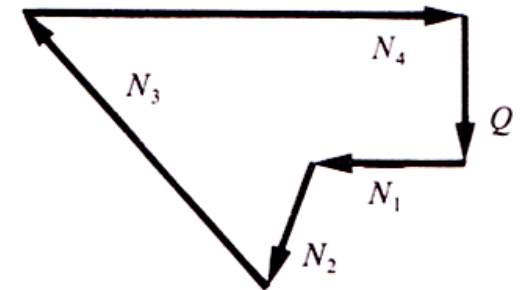
RAPPEL: LA METHODE DES NŒUDS

L'isolement du nœud signifie :

- Couper les barres reliant le nœud considéré
- Indiquer les forces pour chaque barre (connues ou inconnues avec convention de signe orientée vers l'extérieur)
- Appliquer le PFS pour déterminer les efforts dans les barres



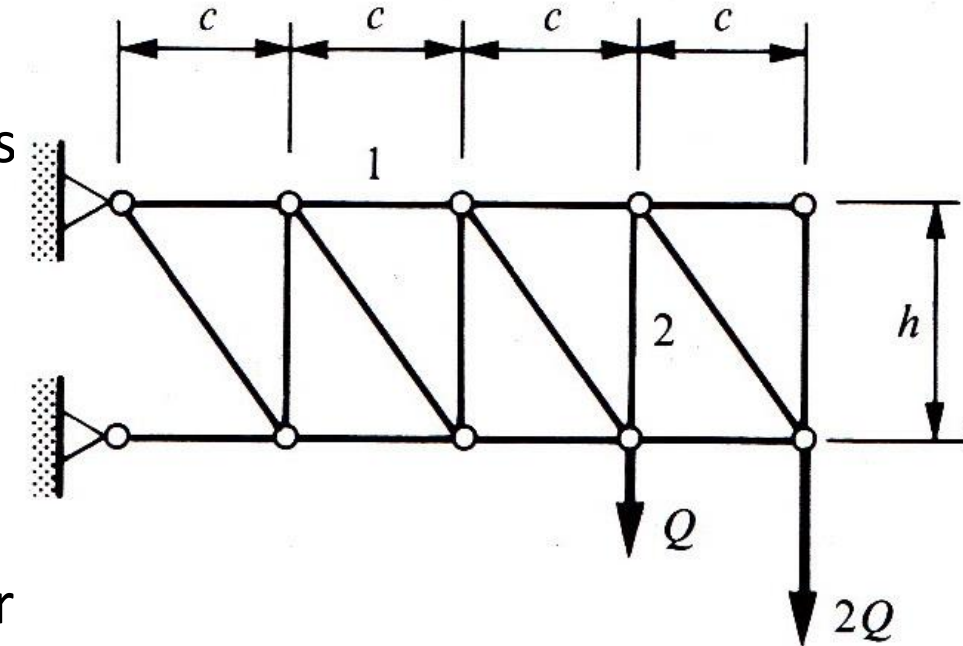
$$\overline{N_1} + \overline{N_2} + \overline{N_3} + \overline{N_4} + \overline{Q} = \vec{0}$$



1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. **Problème (10 questions – 10 points)**

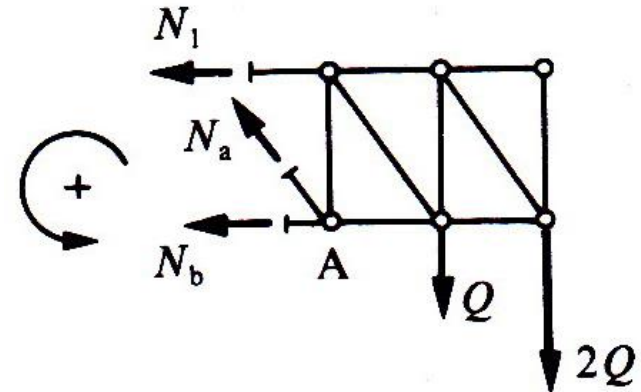
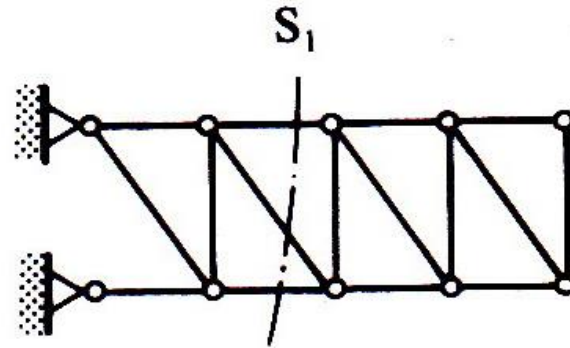
RAPPEL: LA METHODE DES SECTIONS DE RITTER

- Déterminer les réactions d'appuis
- Couper au travers des barres qui nous intéressent
- Isoler la partie présentant les sollicitations du treillis
- Choisir judicieusement un nœud pour le calcul des moments et écrire l'équilibre des moments de la partie isolée ou calculer la somme des forces.



1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. **Problème (10 questions – 10 points)**

- On fait la coupe S1 sur la barre 1
- On isole la partie à droite
- On trace les vecteurs forces des barres coupées conventionnellement vers l'extérieur
- On choisit le nœud A pour écrire l'équilibre des moments :

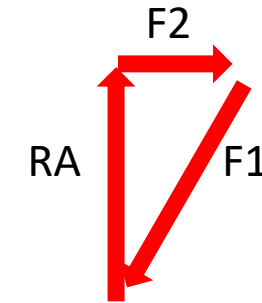
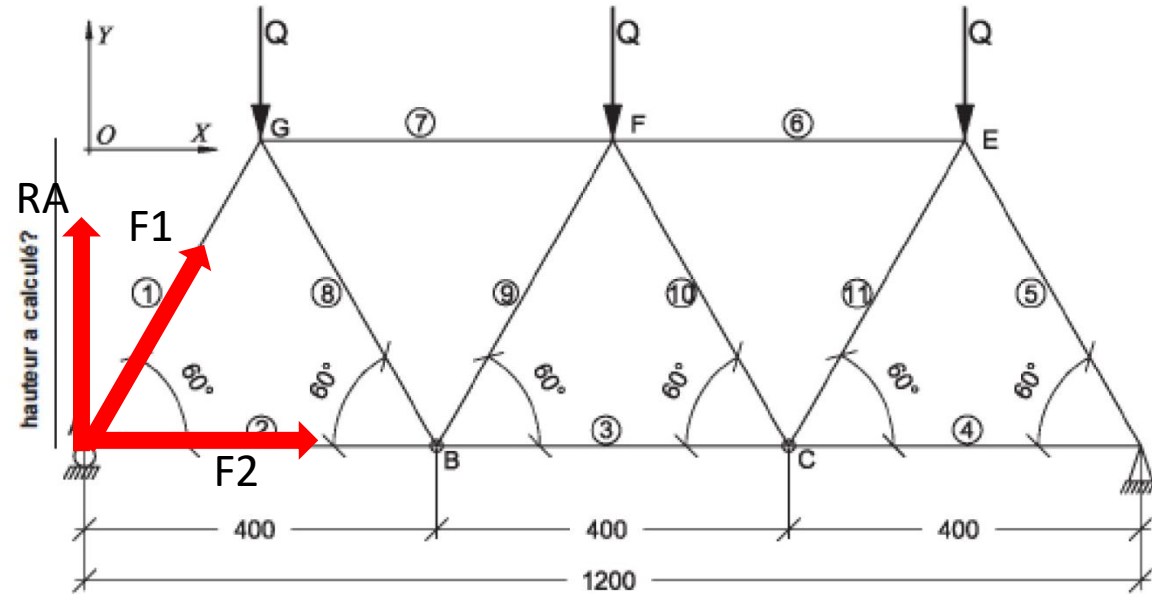


$$N_1 \times h - Q \times c - 2Q \times 2c = 0$$

$$N_1 = \frac{Q \times (4c + c)}{h} = \frac{5Qc}{h}$$

1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. Problème (10 questions – 10 points)

- 4 - Méthode des nœuds au point A:



On a:

$$\cos 30^\circ = RA/F1, \text{ soit } F1 = 150/0,866 = 173,2 \text{ kN}$$

$$\tan 30^\circ = F2/RA, \text{ soit } F2 = 0,577 * 150 = 86,6 \text{ kN}$$

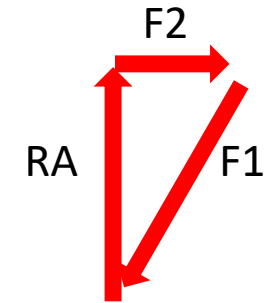
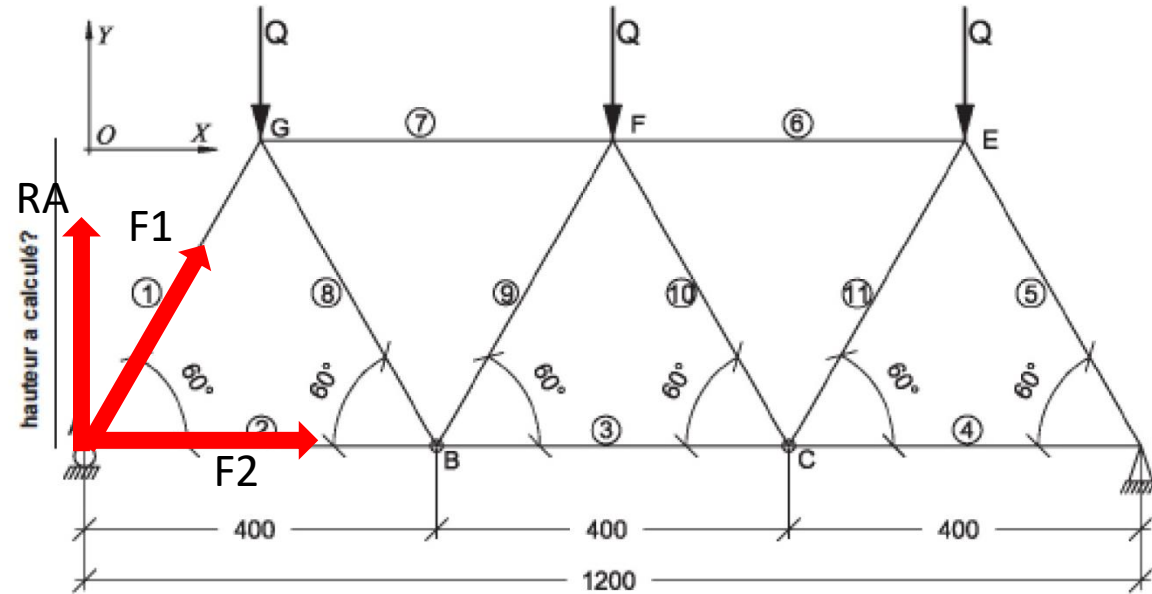
Le schéma de fermeture du polygone donne la nature de la force

F2 même sens que sens conventionnel = traction = + 86,6 kN

F1 sens opposé au sens conventionnel = compression = - 173,2 kN

1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. Problème (10 questions – 10 points)

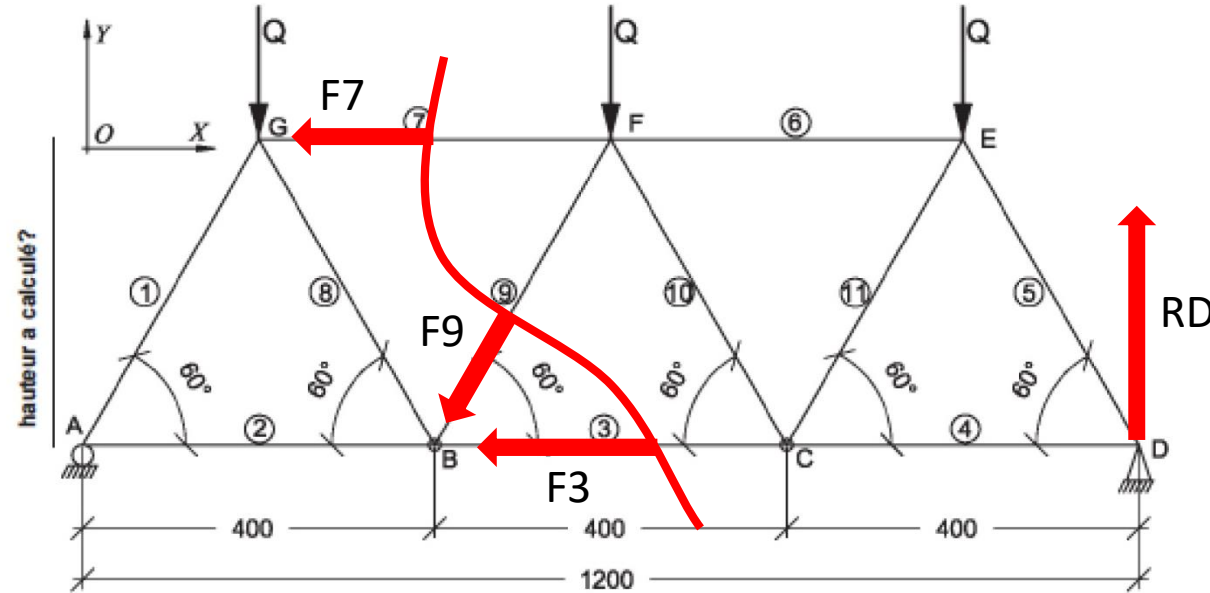
- 4 - Méthode des nœuds au point A:



Les efforts dans les barres 4 et 5 sont identiques, car la poutre et les charges sont identiques.

1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. Problème (10 questions – 10 points)

• 5 - Méthode de Ritter pour 3, 9 et 7:



Attention dans le calcul de F9:
 $-115,47 * 346,41$
 Le moment par rapport à C est bien positif, mais le signe de F7 est négatif

Je fais la somme des moments au point F (élimination de F7 et F9)

$$-F3 * 346,41 + RD(150) * 600 - 100 * 400 = 0$$

$$F3 = 144,33 \text{ kN (traction)}$$

Puis en B («élimination de F9)

$$F7 * 346,41 - 100 * 200 - 100 * 600 + 150 * 800 = 0$$

$$F7 = -115,47 \text{ kN (compression)}$$

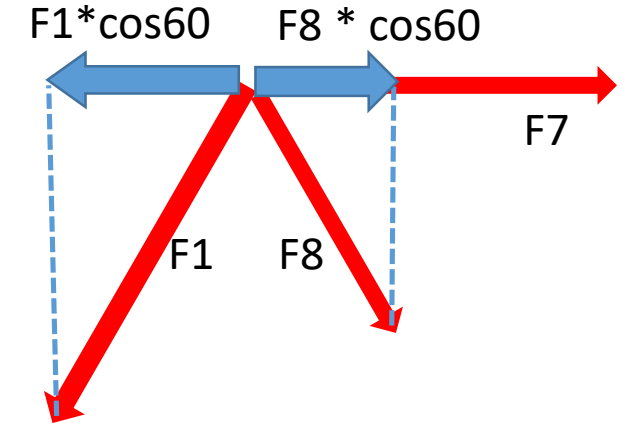
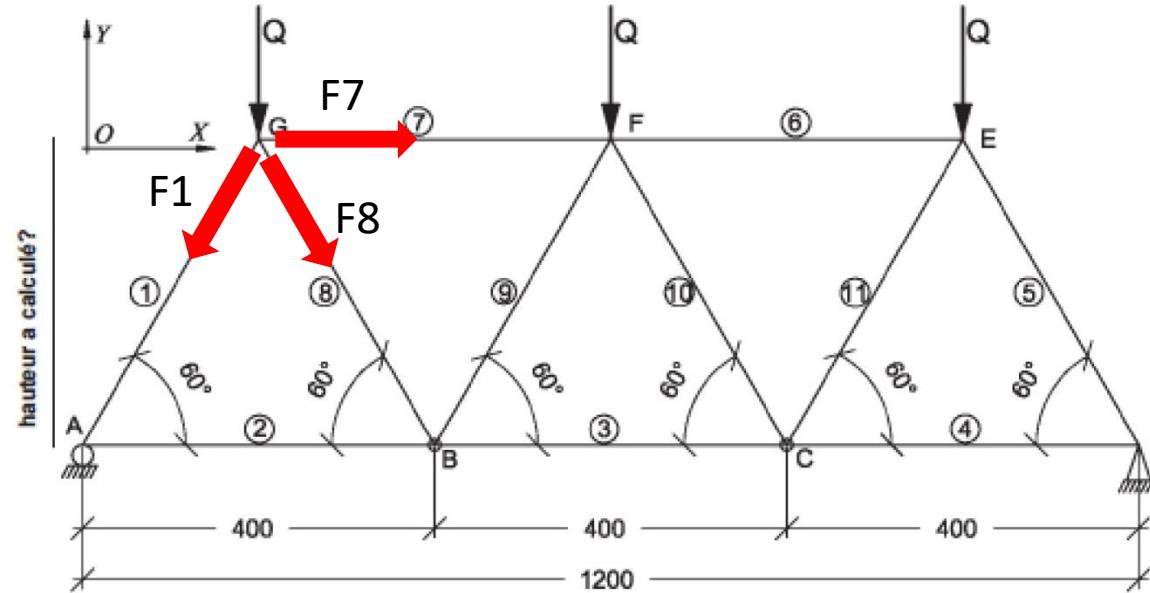
Puis en C (pour avoir une distance facile, la hauteur du triangle)

$$-115,47 * 346,41 + 100 * 200 - 100 * 200 + 150 * 400 + F9 * 346,41 = 0$$

$$F9 = -57,73 \text{ (compression)}$$

1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. **Problème (10 questions – 10 points)**

• 6 - Méthode des nœuds barre 8:



$$F1 = -173,2 \text{ kN}$$

$$F7 = -115,47 \text{ kN}$$

$$Q = 100 \text{ kN}$$

On rabat tout en x, et on a:

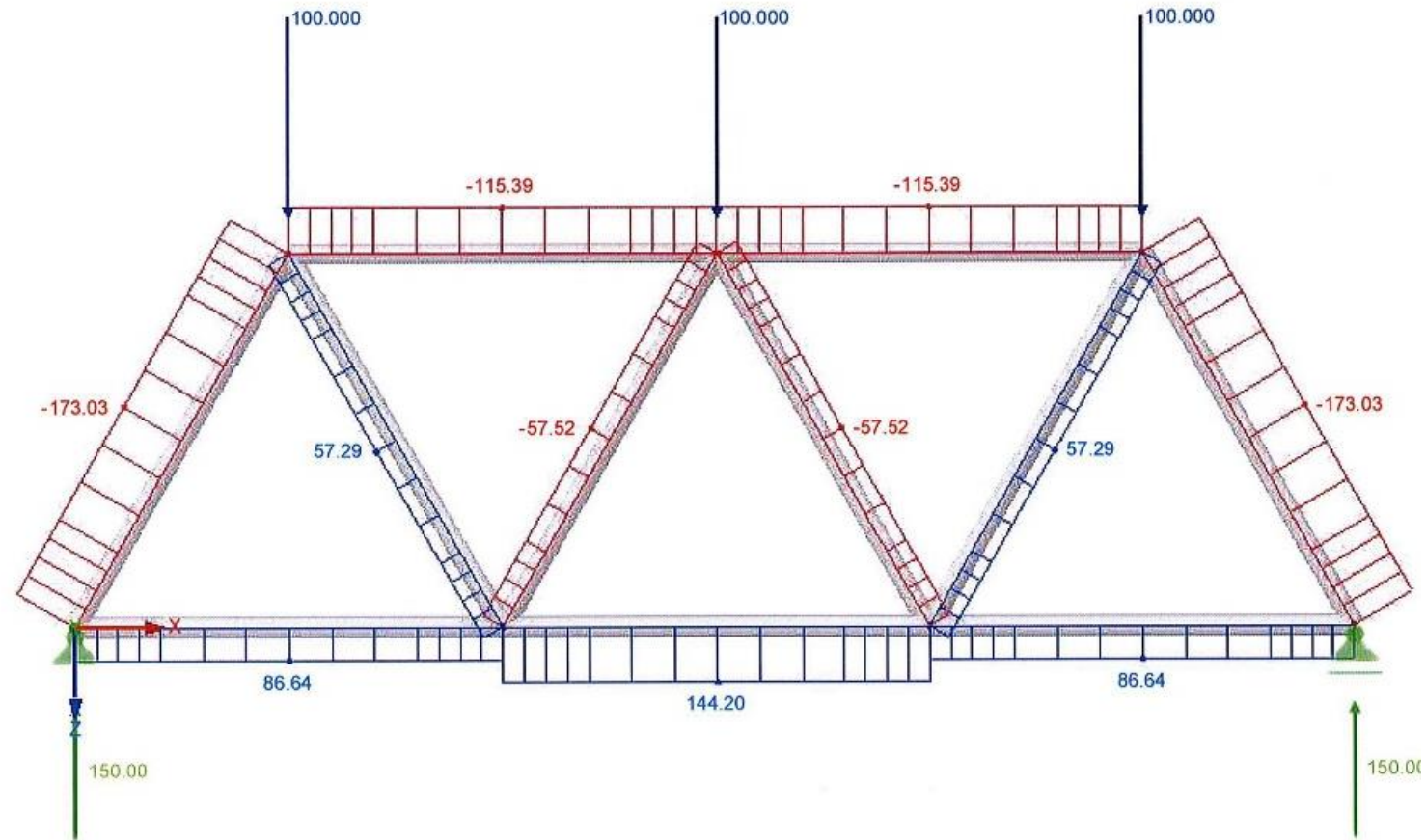
$$-\cos 60^\circ * F1 + \cos 60^\circ * F8 + F7 = 0$$

$$-0,5 * -173,2 + 0,5 * F8 + (-115,47) = 0$$

$$F8 = -57,74 \text{ kN}$$

1. Concentration maximale
2. QCM (5 questions – 5 points)
3. Questions de cours (5 questions – 5 points)
4. Problème (10 questions – 10 points)

7 – Schéma récapitulatif des efforts:



A LA SEMAINE PROCHAINE !!!

