



## TP10-Etude d'une poutre treillis

### CORRIGE

#### PRECAUTIONS D'UTILISATION

Avant de commencer, voici quelques consignes à respecter :

- Ne pas monter ou s'asseoir sur le meuble.
- Ne pas introduire d'objet à travers les grilles et trous des moteurs ainsi que ceux du boîtier électrique.
- Ne jamais démonter le treuil pour un autre motif qu'une opération de maintenance.
- Ne jamais utiliser le treuil avec un câble complètement déroulé. Toujours garder un minimum de 2 tours de câble sur le tambour.
- Ne pas retirer les goupilles de la traverse mobile lorsque le câble du treuil n'est pas complètement tendu.
- Le coffret électrique ne doit être ouvert que par des personnes habilitées. Les opérations de maintenance et de contrôles doivent également être effectuées par des personnes habilitées.
- Ne pas déplacer les vérins trop brusquement aux extrémités de la traverse mobile ou poutre verticale : cela pourrait endommager le boîtier du conditionneur qui viendrait alors en butée contre une vis.
- Les supports magnétiques des capteurs de déplacement ne doivent être aimantés que sur les règles inférieures et latérales gauches, en aucun cas sur les fines platines où coulisent les vérins.
- Un seul opérateur doit piloter le BED 100. Il doit s'assurer de la sécurité des autres personnes présentes autour du banc avant de le mettre en mouvement. Une distance de 1 mètre par rapport au banc permet d'assurer la sécurité des observateurs, sans nuire à l'observation des phénomènes.



### INTRODUCTION

Un **treillis**, ou **système triangulé**, est un assemblage de barres verticales, horizontales et diagonales formant des triangles, de sorte que chaque barre subisse un effort acceptable, et que la déformation de l'ensemble soit modéré.

Cette structure est devenue courante en construction à partir de la révolution industrielle, pour des ponts, avions... En effet, un tel assemblage allie résistance, rigidité et légèreté, et permet d'utiliser des éléments normalisés (barres) ; par ailleurs, le treillis peut éventuellement être préassemblé.

Lorsqu'un treillis est soumis à un effort, certaines parties de l'assemblage sont mises en compression et d'autres parties en tension. Par exemple, dans le cas d'un pont, les poutres supérieures sont comprimées, les poutres inférieures sont tendues, et les pièces en diagonale évitent le vrillage des poutres principales.

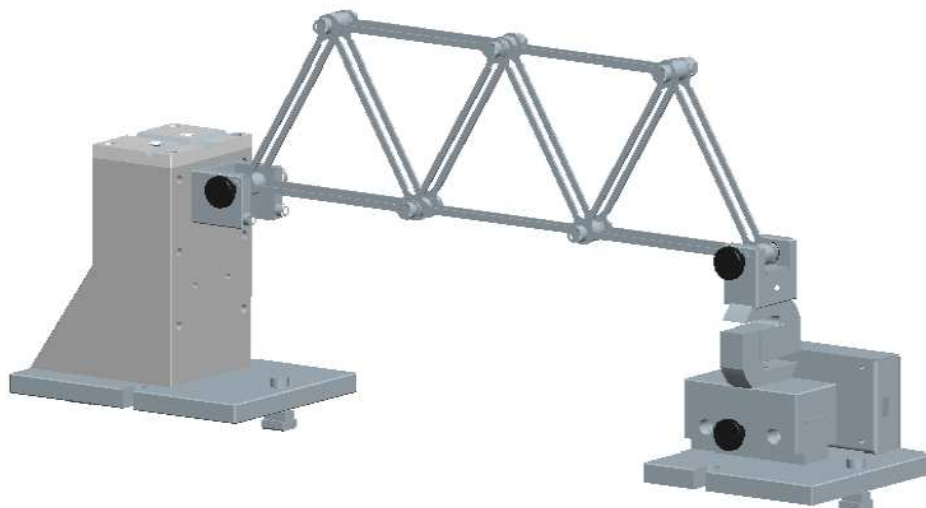
Les axes des barres concourent en *nœuds* ; ce sont les points d'assemblage des barres. D'un point de vue mécanique, les nœuds sont modélisés par des articulations parfaites.



Source : Wikipedia

### OBJECTIFS DU TP

Nous allons étudier une poutre treillis soumise à une charge ponctuelle. L'objectif de ce TP est de comparer les flèches d'une poutre treillis et d'une poutre cylindrique de section supérieure. De plus, nous observerons les efforts intérieurs dans chaque barre afin de savoir si chacune d'entre elles subit un effort de compression ou de traction.



## **PROCEDURE EXPERIMENTALE**

### **Matériel nécessaire :**

- Banc d'essai didactique BED 100 avec ordinateur et périphériques
- Poutre treillis
- Barre métallique pleine diamètre 20 mm
- Capteur de déplacement
- Règle ou mètre, pied à coulisse.

### **Mise sous tension du banc d'essai et du matériel informatique :**

- Placer le sectionneur à l'arrière du coffret électrique en position (I)
- Appuyer sur le bouton vert de la façade avant du coffret électrique.
- Allumer seulement ensuite le PC et l'écran.

### **Préparation du matériel informatique :**

- Lancer l'application 3R QuantX correspondant au TP :
  - o fichier « Statique\poutre » pour l'essai sur la barre en aluminium
  - o fichier « deux vérins » pour l'essai sur la poutre treillis
- Le banc est prêt à être utilisé.

## Déroulement de l'essai sur la barre en aluminium (Présence du professeur obligatoire !)



- Mettre en place des appuis simples
- Respecter un entre axe de 45 cm
- Mettre le vérin en contact avec la barre (utiliser les touches MARCHE + F5 ou F6)
- Entrer les valeurs suivantes pour l'essai :
  - o  $F = 50N$
  - o Vitesse =  $1m.s^{-1}$
  - o Limite de déplacement : 3 mm
- Lancer l'essai

## Déroulement de l'essai sur la poutre treillis (Présence du professeur obligatoire !)



- Mettre en place les treillis à l'aide des rotules.
- Veillez à appliquer la force du vérin 1 sur le nœud central de la membrure supérieure et (si besoin) le vérin 2, horizontalement contre la membrure supérieure.



- Mettre les vérin en contact avec la barre (utiliser les touches MARCHE + F5,F6,F7 ou F8)
- Entrer les valeurs suivantes pour l'essai :
  - o  $F = 50N$
  - o Vitesse =  $1m.s^{-1}$
  - o Limite de déplacement : 3 mm
- Lancer l'essai

### Mise hors service du banc d'essai :

- Eteindre le PC et l'écran.
- Appuyer sur le bouton vert de la façade avant du coffret électrique.
- Placer le sectionneur à l'arrière du coffret électrique en position (O).

## Première partie : Comparatif poutre treillis / poutre cylindrique :

### Etude préparatoire :

Nous souhaitons comparer la flèche sur les deux systèmes suivants :

Système 1 : Poutre treillis



Système 2 : Poutre Alu sur deux appuis (L=45cm)



**Q.1.** Vérifiez la stabilité du système n°1.

Pour information, dans le cas d'une poutre treillis soutenue par une articulation et un appui simple, le système est stable si l'équation  $b = 2n - 3$  est vérifiée.

Avec : b : nombre de barres

n : nombre de nœuds

**Correction :**  $b=11$  et  $n=7$   $2n-3 = 2*7-3 = 11$  Le système 1 est stable

**Q.2.** Calculez les réactions d'appuis ( $X_A$ ,  $Y_A$  et  $Y_B$ ), en fonction de la force F, sur les deux systèmes en appliquant le Principe Fondamental de la Statique.

**Correction :**  $X_A = 0 \text{ N}$   $Y_A = F/2$   $Y_B = F/2$

**Q.3.** Calculez les sections des deux systèmes à mi travée.

**Correction :** Système 1 : 3 barres de chacune 2 barres de 2mm par 5mm. Soit :  $S_1 = 60 \text{ mm}^2$   
Système 2 : diamètre 20 mm :  $S_2 = 314 \text{ mm}^2$

**Q.4.** On considère une force F de 50N appliquée sur la barre en aluminium. (Système 2)



Calculez la flèche théorique à mi travée sur le système n°2. Vous pourrez pour cela utiliser la formule

suivante : 
$$f = \frac{F.L^3}{48 E.I}$$

Avec : F : force en N

L : longueur entre appuis

E : Module de Young

$E_{\text{ALU}} = 70\,000 \text{ MPa}$

I : Moment quadratique

$$I_{\text{Cylindre}} = \frac{\pi.D^4}{64}$$

Correction :  $f_{\text{théorique}} = \frac{50 \times 450^3}{48 \times 70\,000 \times 7854} = 0.17 \text{ mm}$

### Procédure expérimentale :

**Q.5.** Mesurez expérimentalement la flèche, sous une force de 50 N, pour chacun des deux systèmes vus précédemment.

Pour réaliser cette manipulation, référez-vous descriptif « procédure expérimentale » au début du sujet.

	Système 1	Système 2
déplacement vertical en L/2	0,22 mm	0.39 mm



**Q.6.** En comparant la flèche de chaque système et sans perdre de vue leur section, expliquer l'avantage d'utiliser une poutre treillis.

**Correction :**

On observe que, bien que la section de la barre en aluminium ait une section plus importante, sa flèche est plus élevée. La poutre treillis permet, de reprendre des efforts plus importants et de réduire la flèche.

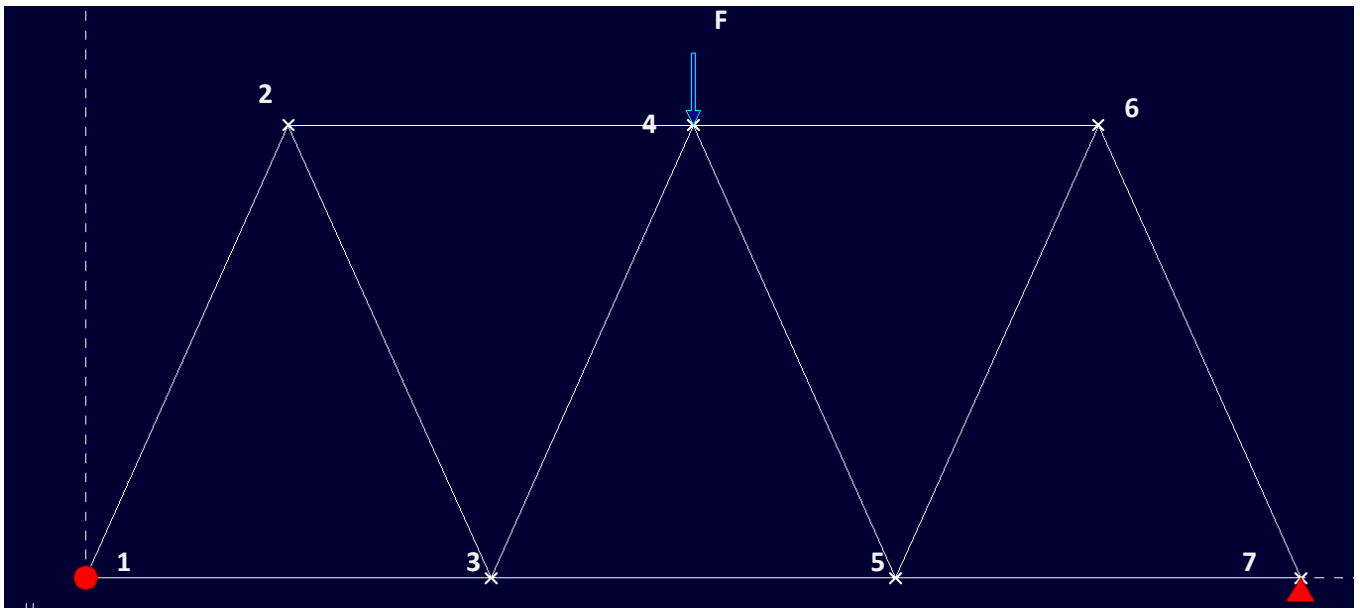
Cependant, nous pouvons voir que la flèche réelle est deux fois plus élevée que la flèche théorique.

Ceci s'explique par le fait que le déplacement mesuré par la machine prend en compte le tassement au niveau des appuis. Par conséquent, la flèche réelle est moins élevée que le déplacement mesuré expérimentalement.



## Deuxième partie : Efforts dans les barres de la poutre treillis :

L'objectif de cette seconde partie est de déterminer de quelle manière sont sollicitées les barres de la poutre treillis.



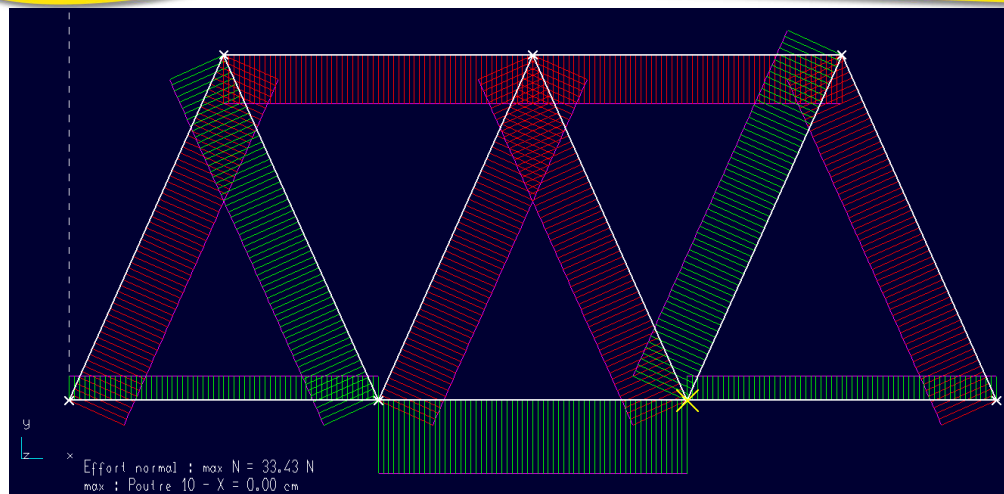
**Q.7.** Imaginons que l'on coupe la barre 3-5. Les nœuds 3 et 5 vont-ils avoir tendance à se rapprocher ou s'éloigner ?

En déduire si cette barre est tendue ou comprimée.

**Correction :** Si l'on « coupe » la barre 3-5, les nœuds 3 et 5 vont s'éloigner, ce qui signifie que cette barre est soumise à un effort de traction.

**Q.8.** Répéter la question précédente pour toutes les barres du système.

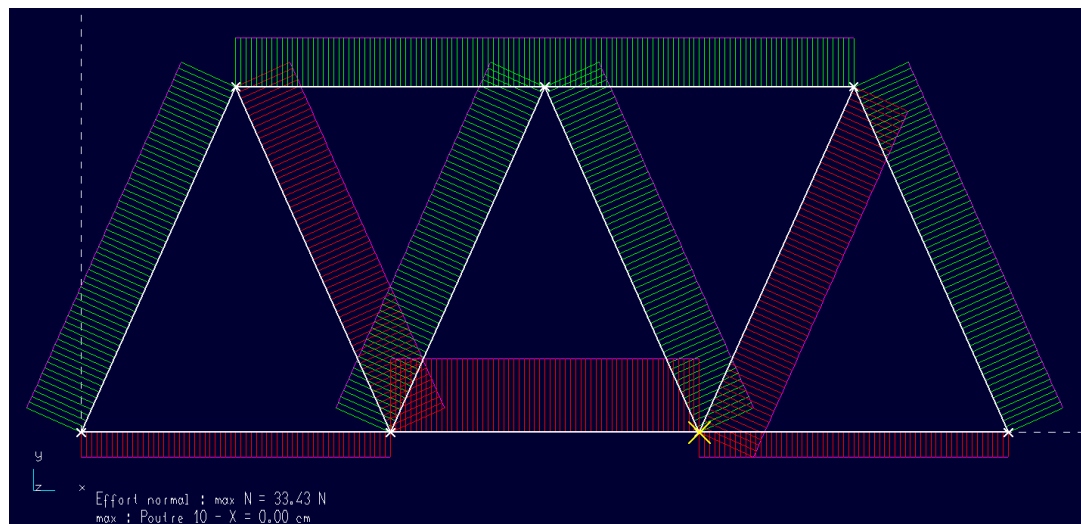
**Correction :** Sur le diagramme suivant, en rouge, les barres comprimées et en vert, les barres tendues.



**On décide maintenant d'appliquer la force F dans l'autre direction (vers le haut):**

**Q.9.** Réalisez la même analyse que précédemment, et montrez quelles barres sont comprimées et quelles barres sont tendues.

**Correction :** Sur le diagramme suivant, en rouge, les barres comprimées et en vert, les barres tendues.



**Q.10.** En comparant les sollicitations des barres dans le système avec force vers le haut et force vers le bas, quelle conclusion pouvez-vous faire ?

**Correction :** On observe qu'en inversant la force, toutes les barres qui étaient comprimées se retrouvent tendues et inversement.