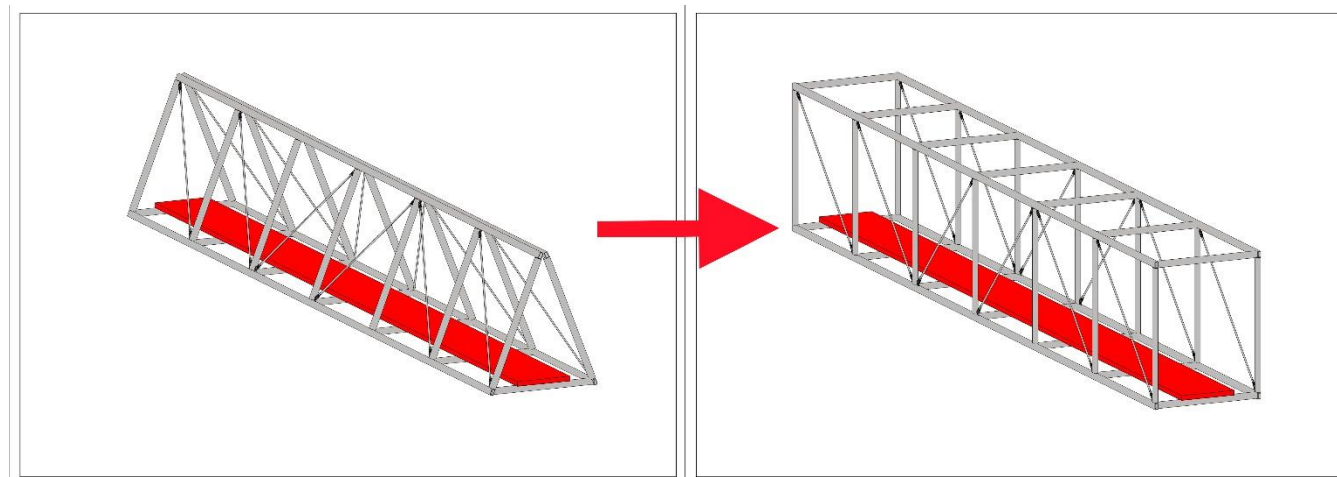


PARTIE C 12 POINTS : PROBLEME – UNE PASSERELLE EN BOIS (Os, Danemark) – Architectes : Selberg Arkitektkontor As, Yngve Aartun, Knut Selberg, Ingénieur : NordConsult As



Photos de la passerelle réelle



Schémas Simplifiés

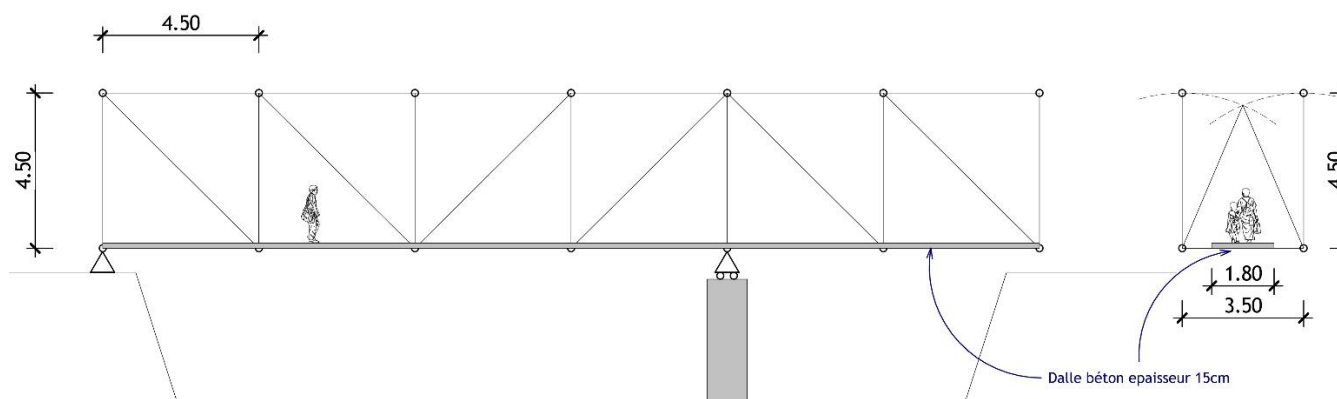


Schéma des poutres en élévation et en coupe

Il s'agit d'une passerelle en bois et acier, composée de deux poutres treillis inclinées supportant une dalle béton par l'intermédiaire de solives reportant les charges sur les nœuds des poutres. Ce choix structurel a permis la mise en place d'une couverture légère en clins de bois donnant à la passerelle son aspect très particulier.

Le but du problème est d'étudier l'ossature principale de cette passerelle en faisant quelques hypothèses simplificatrices afin de parvenir à un pré-dimensionnement des différents éléments

HYPOTHESES SIMPLIFICATRICES

- On va raccourcir la passerelle afin que les calculs soient plus courts (voir schéma statique en élévation)
- On ne va pas prendre en compte les charges liées à la couverture, mais uniquement celles liées au tablier de la passerelle
- On va considérer que les poutres treillis sont verticales (voir schéma axonométrique)
- On va simplifier le schéma statique
- On ne va pas prendre en compte le poids propre ni les charges climatiques

FORMULAIRE :

- Force critique d'Euler : $F = \pi^2 EI / l_f^2$
- Contrainte : $\sigma = F / S$
- Section d'un tube plein de rayon : $S = \pi r^2$
- Moment quadratique d'un disque de diamètre D : $I = \pi D^4 / 64$
- Moment quadratique d'une section rectangulaire de côtés b et h : $I = bh^3 / 12$

QUELQUES DONNEES

- **Acier S235 :**
 - Limite d'élasticité : $\sigma_s = 235 \text{ MPa}$
 - Module de Young : $E = 210\,000 \text{ MPa}$ ($1 \text{ MPa} = 1 \text{ MN/m}^2 = 1 \text{ N/mm}^2$)
- **Bois résineux :**
 - Limite d'élasticité en compression : $\sigma_s = 21 \text{ MPa}$
 - Limite d'élasticité en traction : $\sigma_s = 14 \text{ MPa}$
 - Module de Young : $E = 11\,000 \text{ MPa}$ ($1 \text{ MPa} = 1 \text{ MN/m}^2 = 1 \text{ N/mm}^2$)
- **Masse volumique du béton : 2500 kg/m^3**
- **Surcharge d'exploitation sur passerelle béton : 150 kg/m^2**

QUESTIONS

1. Calculer le degré de staticité d'une poutre (1 pt)
2. Définir les charges appliquées aux nœuds de cette poutre à l'ELU? (1 pt)
3. En utilisant le PFS, déterminer les réactions d'appui ? (1 pt)
4. Numéroter chaque barre et chaque nœud, puis calculer les efforts par la méthode de votre choix dans toutes les barres du treillis. (4 pts)
5. Dimensionner la barre la plus tendue en tube plein acier rond S235 (1pt)
6. Dimensionner la barre la plus comprimée en tube plein bois carré (2pts)
7. Les calculs ont été faits en prenant comme hypothèse que les poutres étaient redressées. Si on les incline comme sur les photos pour réaliser la passerelle, les efforts dans les barres sont-ils plus ou moins importants ? justifier en équilibrant un nœud bas dans la vue en coupe. (2 pts)

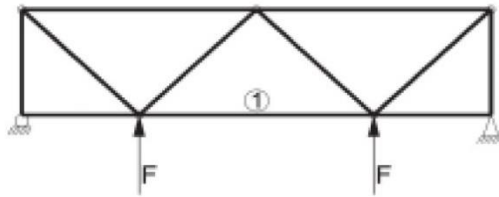
STRUCTURE I- PARTIEL

Année 2016-2017 - Sylvain Ebode - Marc Leyral

NOM : PRENOM : N° ETUDIANT :

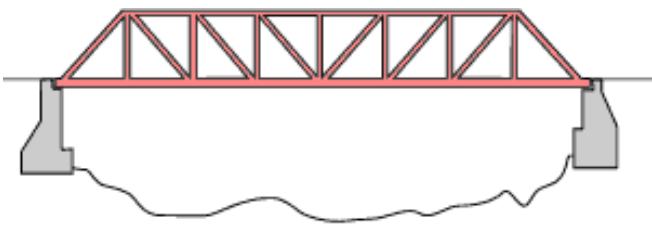
PARTIE A 5 POINTS : QUESTIONNAIRE A CHOIX MULTIPLES

1 – Quel est le type d'effort dans les membrures supérieures de cette poutre treillis ? (1point)



- a. ~~Pression~~
- b. ~~Compression~~
- c. ~~Attraction~~
- d. ~~Flexion~~
- e. La réponse n'est pas dans les choix proposés, voici ma proposition : **Traction**

2 – Dans un usage normal de ce pont, à quel type d'effort sont soumises les diagonales ? (1 point)



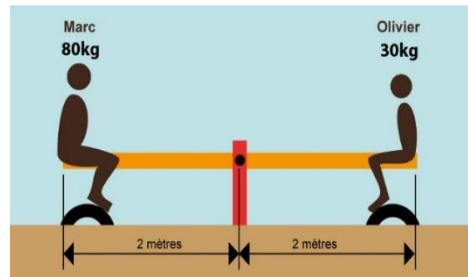
- a. ~~Pression~~
- b. ~~Compression~~ (accepté pour les diagonales aux extrémités)
- c. ~~Torsion~~
- d. ~~Flexion~~
- e. La réponse n'est pas dans les choix proposés, voici ma proposition : **Traction**

3 – Quelles sont les réactions d'appuis possibles pour cet organe de liaison – un encastrement ? (1 point)



- a. **$\{R_x, R_y, M_z\}$**
- b. ~~$\{M_z\}$~~
- c. ~~$\{R_x, R_y\}$~~
- d. ~~$\{R_x, M_z\}$~~
- e. La réponse n'est pas dans les choix proposés, voici ma proposition :

4 – A quelle distance Marc doit-il se trouver de l'axe pour que la balançoire soit équilibrée ? (1 point)



- a. ~~1m~~
- b. ~~0,5m~~
- c. **75cm** (30/80 x 2 m)
- d. ~~0,375m~~
- e. La réponse n'est pas dans les choix proposés, voici ma proposition :

5 – La masse à vide d'un airbus A320 est de 37 230Kg. Quelle est cette masse sur la lune ? 1 point (gravité sur terre = 9,8kg.m/s², gravité sur la lune = 1,6kg.m/s²)



- a. **37,23 T**
- b. ~~59 568 N~~
- c. ~~59 568 Mpa~~
- d. ~~364 854 N~~
- e. La réponse n'est pas dans les choix proposés, voici ma proposition :

PARTIE B 5 POINTS : QUESTIONS DE COURS

1 - Qu'est-ce que le PFS ? A quoi sert-il ? (1 point)

PFS = Principe fondamentale de la statique, permet de s'assurer de l'équilibre statique des structures :

- Equilibre en translation par le théorème de la résultante statique $\sum \vec{F} = 0$
- Equilibre en rotation par le théorème du moment statique $\sum M_A = 0$

2 - Quelles sont les principales classes de charge ? A quels coefficients de sécurité sont-elles associées ? (1 point)

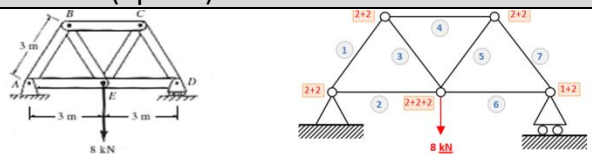
Charges permanentes : structurelle (G), ex. poteaux, poutres, dalles, etc. ; ou non structurelle (G') ex. cloisons, revêtements, étanchéité, isolation, bardage.
Charges variables : d'exploitation (Q) ou climatique – vent (W), Neige (S)
Accidentelle : séismes, chocs de véhicules, etc.
ELS : $1.(G+G') + 1Q$
ELU : $1,35.(G+G') + 1,5.Q$

3 - Quelles sont les caractéristiques principales des poutres treillis ? (1 points)

Systèmes réticulés (liaisons rotules), généralement isostatiques.
Lorsque les charges sont mises sur les nœuds, les barres ne fonctionnent qu'en traction ou compression.

4 - Qu'est-ce que le degré de staticité d'une structure ? Illustrez (1point)

$H = i(\text{nombre d'inconnues}) - n(\text{nombre d'équation})$.
Inconnues : 1 par appui simple, 2 par rotules, 3 par encastrement
Equation : 3 x nombre de barres (3 équations au PFS)



i est le nombre d'inconnues statiques :
• 1 appui simple = 1 x 1 inconnue
• 10 rotules = 10 x 2 inconnues
• 0 encastrement = 0 x 3 inconnues
i = 21 inconnues

n est le nombre d'équations :
• 7 barres x 3 équations par barre
n = 21 équations

Degré de staticité : $h = i - n = 21 - 21 = 0$: isostatique

5 - Qu'est-ce que le flambement d'un élément ? Illustrez (1 point)

Instabilité de l'équilibre l'élément comprimé, qui passe subitement à un équilibre en flexion lorsque la charge de compression dépasse la charge critique d'Euler.

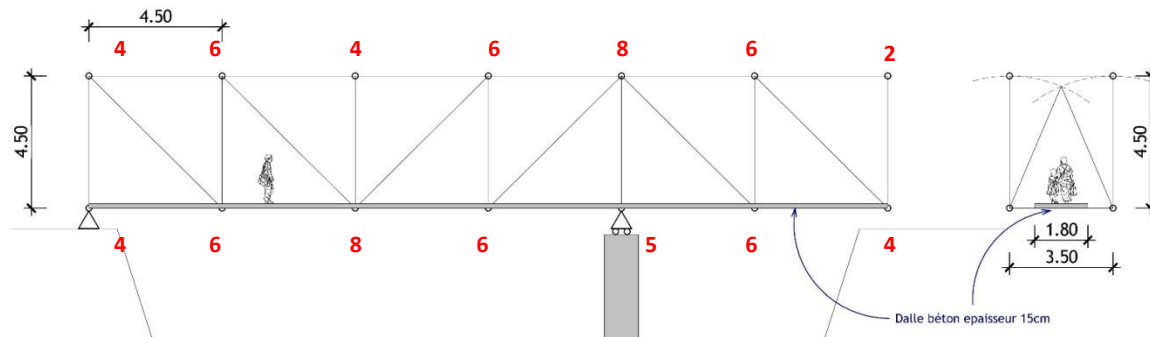


une règle en plastique La canne de Charlot

PARTIE C 12 POINTS : PROBLEME – UNE PASSERELLE EN BOIS (Os, Danemark) – Architectes : Selberg Arkitektkontor As, Yngve Aartun, Knut Selberg, Ingénieur : NordConsult As

QUESTIONS

1. Calculer le degré de staticité d'une poutre (1 pt)



Inconnues : 75

Equation : $3 \times 25 = 75$

$H = i - n = 75 - 75 = 0$: isostatique

2. Définir les charges appliquées aux nœuds de cette poutre à l'ELU? (1 pt)

Nœuds courants :

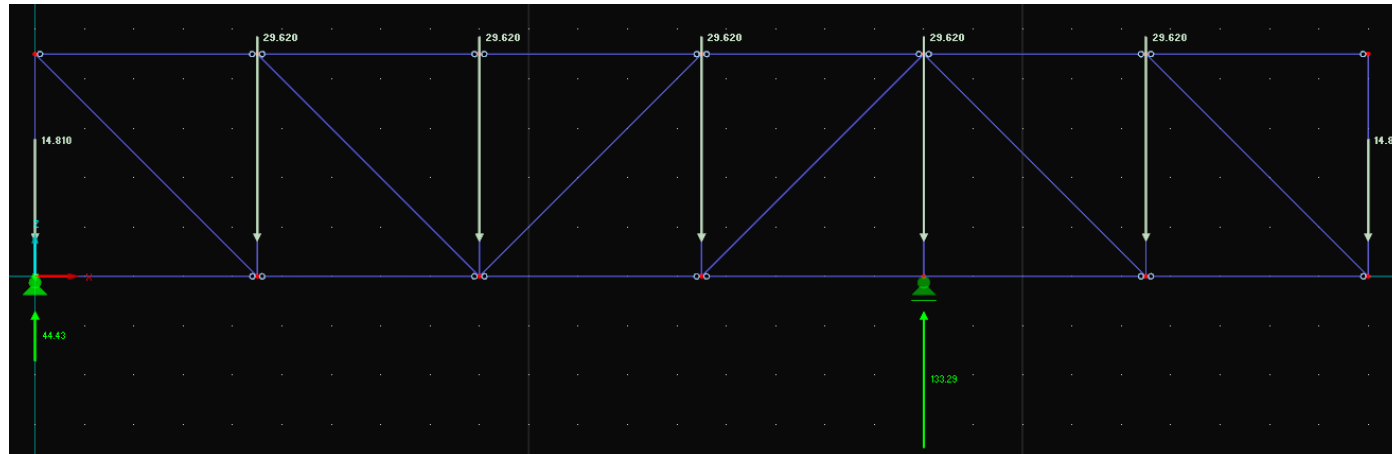
$G = (1,80 \text{ m})/2 \times 4,50 \times 0,15 \text{ m} \times 2\,500 \text{ kg/m}^3 = 1518,75 \text{ kg}$

$Q = (1,80 \text{ m})/2 \times 4,50 \times 150 \text{ kg/m}^2 = 607,5 \text{ kg}$

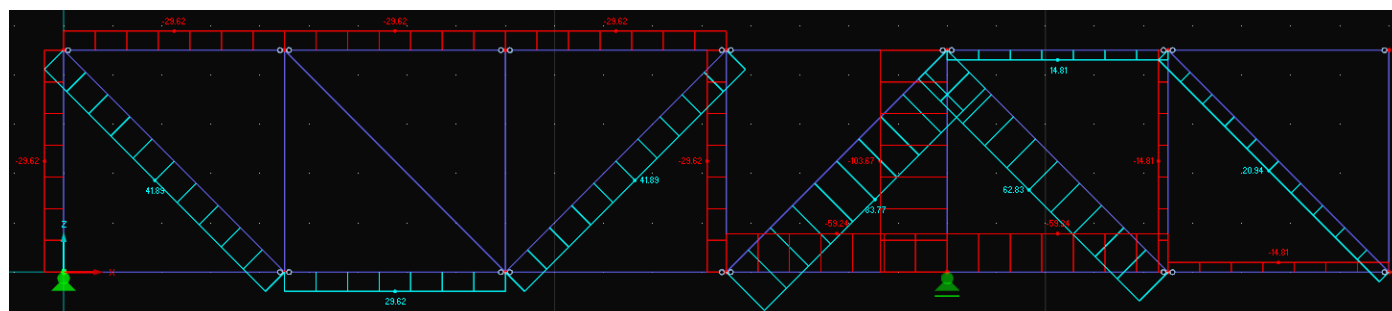
A l'ELU : $1,35.G + 1,5.Q = 2962 \text{ kg}$

Sur un nœud d'extrémité, seule une bande de $4,5/2 = 2,25\text{m}$ est reprise dans le sens longitudinal, donc la charge vaut 1481 kg.

3. En utilisant le PFS, déterminer les réactions d'appui ? (1 pt)



4. Numéroter chaque barre et chaque nœud, puis calculer les efforts par la méthode de votre choix dans toutes les barres du treillis. (4 pts)



5. Dimensionner la barre la plus tendue en tube plein acier rond S235 (1pt)

Barre plus tendue : $T = 83,77 \text{ kN} = 83\,770 \text{ N}$

$$\sigma = \frac{T}{S} = \frac{T}{\pi \cdot r^2} \leq \sigma_y = 235 \text{ MPa} \quad \text{donc : } r = \sqrt{\frac{T}{\pi \cdot \sigma_y}} = \sqrt{\frac{83\,770}{\pi \cdot 235}} = 11 \text{ mm}$$

6. Dimensionner la barre la plus comprimée en tube plein bois carré (2pts)

Barre plus comprimée : $C = 59,24 \text{ kN} = 59\,240 \text{ N}$

Section nécessaire :

$$\sigma = \frac{C}{S} = \frac{C}{a^2} \leq \sigma_s = 21 \text{ MPa} \quad \text{donc : } a \geq \sqrt{\frac{C}{\sigma_s}} = \sqrt{\frac{59\,240}{21}} = 54 \text{ mm}$$

Inertie nécessaire (flambement) :

$$F \leq F_c = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_f^2} \quad \text{donc : } I \geq \frac{F \cdot l_f^2}{\pi^2 \cdot E} = \frac{59\,240 \cdot (1 \cdot 4500)^2}{\pi^2 \cdot 11\,000} = 11\,060\,839 \text{ mm}^4$$

$$I = \frac{a \cdot a^3}{12} = \frac{a^4}{12} \quad \text{donc : } a \geq \sqrt[4]{12 \cdot 11\,060\,839 \text{ mm}^4} = 108 \text{ mm}$$

Le côté de la section doit donc faire au minimum 108 mm

7. Les calculs ont été faits en prenant comme hypothèse que les poutres étaient redressées. Si on les incline comme sur les photos pour réaliser la passerelle, les efforts dans les barres sont-ils plus ou moins importants ? justifier en équilibrant un nœud bas dans la vue en coupe. (2 pts)

Il y a trois forces au nœud :

- La charge F du tablier
- La tension dans la barre t
- La force dans le tablier qui empêche l'écartement des poutres

On s'intéresse à t , selon le PFS en Y : $t \cdot \cos(\alpha) = F$ avec α l'angle du montant avec la verticale.

Donc $t = F / \cos(\alpha)$ comme $\cos(\alpha) < 1$, alors nécessairement, $t > F \rightarrow$ les efforts augmentent.

