

# STRUCTURE I - PARTIEL DE RATTRAPAGE

Année 2017-2018 - Sylvain Ebode - Marc Leyral

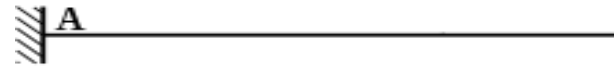
NOM :

PRENOM :

N° ETUDIANT :

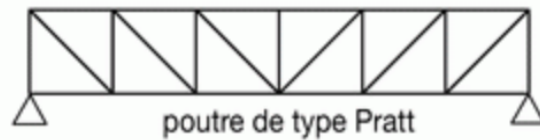
## PARTIE A / 5 POINTS : QUESTIONNAIRE A CHOIX MULTIPLES

1 – Quels sont les mouvements possibles dans le plan au niveau de l'encastrement de cette console (1 point) ?



- a. Traction / compression
- b. Translation verticale
- c. Rotation autour de A
- d. a + b
- e. Aucun mouvement

2 – Dans un usage normal de ce pont, comment fonctionnent les membrures ? (1 point)



- a. Diagonales en traction, montants en compression
- b. Diagonales en compression, montants en traction
- c. Diagonales en traction, montants en traction
- d. Diagonales en compression, montants en compression

3 – Le poids de ce fauteuil en béton est de 20 000 N sur terre. Quel est ce poids sur la lune ? (1 point)  
(Gravité sur terre  $\approx 10,0 \text{ kg.m/s}^2$ , gravité sur la lune  $\approx 1,6 \text{ kg.m/s}^2$ )



- a. Le poids ne varie pas
- b. 3,2KN
- c. 2 000 N
- d. 12 500 N
- e. 3 200 N
- f. 3 200 kg

4 – Que représente cette formule ? (1 point)

$$1*(G + G') + 1*Q + 0,6*W$$

- a. Une combinaison de charges
- b. Une combinaison d'ELU
- c. Une combinaison de PFS
- d. On s'en sert pour vérifier les déformations
- e. Une combinaison d'ELS

5 – Qu'est-ce qui caractérise le flambement en structure ? (1 point)

- a. La dilatation de la matière lorsqu'elle s'échauffe
- b. Un phénomène d'instabilité
- c. Une déformation brutale des éléments comprimés
- d. Une déformation brutale des éléments tendus
- e. La réponse ne se trouve pas dans la liste

## PARTIE B / 5 POINTS : QUESTIONS DE COURS

1 – Qu'est-ce qu'une charge d'exploitation ? Donnez un exemple (1 point)

2 – Comment se déforme une poutre simple bi encastree soumise à son poids propre ? Illustrer (1 point)

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

4 – Quelles sont les caractéristiques principales des poutres treillis (1 point)

5 - Qu'est-ce qu'une poutre en console ? à quels types d'efforts simples est-elle soumise ? Illustrez. (1 point)

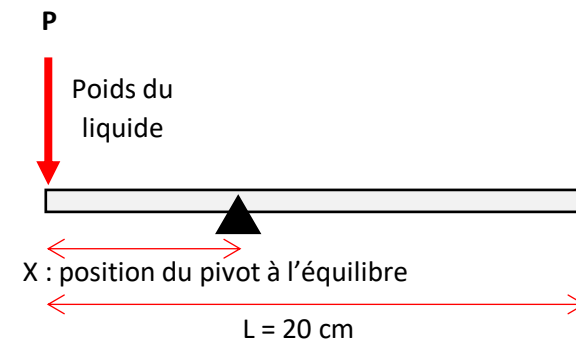
## PARTIE C 12 POINTS : TROIS PETITS PROBLÈMES

### PROBLÈME 1 / LES MOMENTS / LA LOUCHE BALANCE (5 POINTS)

Une louche-balance est une louche graduée qui utilise les moments pour jauger de sa contenance en oz (1 oz  $\approx$  30ml  $\approx$  30g si le contenu est de l'eau). Pour cela elle est dotée d'un pivot amovible, qui peut donc se déplacer le long du manche. À l'équilibre, la position du pivot permet de connaître la quantité de liquide dans la louche grâce à la graduation où il se situe. On considère que la louche pèse 10g/cm.

J'ai retrouvé dans mon garage une vieille louche-balance mais les graduations ont été effacées. Je souhaite les retrouver moi-même pour restaurer ma louche.

On modélise, pour simplifier, le problème par le schéma ci-dessous à droite :



#### QUESTIONS

- La louche est **vide** (1,5 pt) :
  - Faire un schéma
  - Ecrire la relation (« avec des lettres ») du moment de la partie à droite du pivot, calculé au niveau du pivot.
  - Ecrire la relation (« avec des lettres ») du moment de la partie à gauche du pivot, calculé au niveau du pivot.
  - Ecrire la condition qui lie ces moments à l'équilibre.
  - En déduire la position X du pivot.
- Même question avec un oz de liquide (2pt)
- Même question avec deux oz de liquide (juste le résultat) (0,5 pt)
- Même question avec N oz de liquide (juste le résultat), dessinez les graduations des 5 premiers oz sur un schéma à l'échelle  $\frac{1}{2}$ . (1 pt)

### PROBLÈME 2 / LE DIMENSIONNEMENT / LA PLUS HAUTE COLONNE POSSIBLE (2 POINTS)

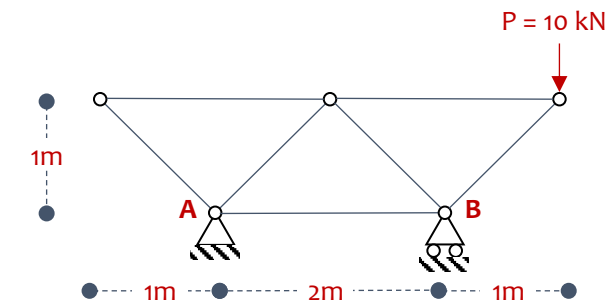
Mario Salvadori a calculé dans son ouvrage « *Comment ça tient ?* » la hauteur maximale que peut avoir une colonne en marbre sous son propre poids (on ne considère pas le flambement dans cet exercice). Sauriez-vous retrouver cette valeur ?

Données : résistance à la compression du marbre :  $\sigma = 100$  MPa, masse volumique:  $\rho = 2700$  kg/m<sup>3</sup>.

Il n'y a pas de questions dans ce problème simple, l'objectif est d'évaluer la capacité de l'étudiant à poser lui-même le problème et d'en déduire les étapes pour parvenir à la solution

### PROBLÈME 3 / POUTRE TREILLIS (5 POINTS)

Voici le schéma statique d'une poutre treillis composée de triangles **isocèles rectangles identiques**.



#### QUESTIONS

- Quels sont les différents angles des triangles composant ces poutres ? justifiez (0,5pts)
- Calculez le degré de staticité de cette poutre (0,5pt)
- À l'aide du PFS, calculez les réactions aux appuis (1pt), puis calculez les efforts internes des 7 barres et indiquez si elles sont en traction ou en compression (2,5pt)
- Peut-on supprimer des barres ? Lesquelles ? (0,5pts)

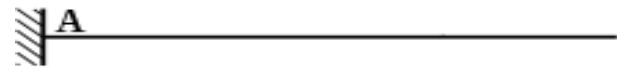
# STRUCTURE I - PARTIEL DE RATTRAPAGE

Année 2017-2018 - Sylvain Ebode - Marc Leyral

NOM : \_\_\_\_\_ PRENOM : \_\_\_\_\_ N° ETUDIANT : \_\_\_\_\_

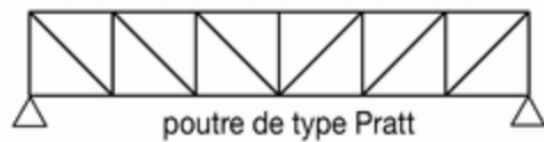
## PARTIE A / 5,5 POINTS : QUESTIONNAIRE A CHOIX MULTIPLES

1 – Quels sont les mouvements possibles dans le plan au niveau de l'encastrement de cette console (1 point) ?



- a. Traction / compression
- b. Translation verticale
- c. Rotation autour de A
- d. a + b
- e. **Aucun mouvement**

2 – Dans un usage normal de ce pont, comment fonctionnent les membrures ? (1 point)



- a. **Diagonales en traction, montants en compression**
- b. Diagonales en compression, montants en traction
- c. Diagonales en traction, montants en traction
- d. Diagonales en compression, montants en compression

3 – Le poids de ce fauteuil en béton est de 20 000 N sur terre. Quel est ce poids sur la lune ? (1 point)  
(Gravité sur terre  $\approx 10,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$ , gravité sur la lune  $\approx 1,6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$ )



- a. Le poids ne varie pas
- b. **3,2 KN**
- c. 2 000 N
- d. 12 500 N
- e. **3 200 N**
- f. 3 200 kg

4 – Que représente cette formule ? (1,5 point)

$$1 \cdot (G + G') + 1 \cdot Q + 0,6 \cdot W$$

- a. **Une combinaison de charges**
- b. Une combinaison d'ELU
- c. Une combinaison de PFS
- d. On s'en sert pour vérifier les déformations
- e. **Une combinaison d'ELS**

5 – Qu'est-ce qui caractérise le flambement en structure ? (1 point)

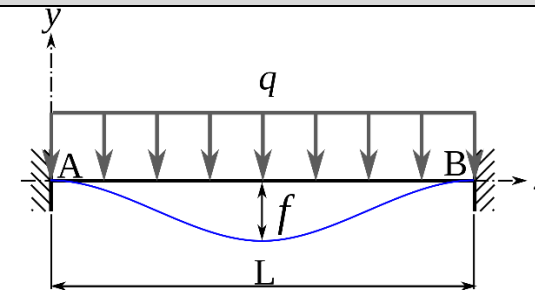
- a. La dilatation de la matière lorsqu'elle s'échauffe
- b. **Un phénomène d'instabilité**
- c. **Une déformation brutale des éléments comprimés**
- d. Une déformation brutale des éléments tendus
- e. La réponse ne se trouve pas dans la liste

## PARTIE B / 5,5 POINTS : QUESTIONS DE COURS

1 – Qu'est-ce qu'une charge d'exploitation ? Donnez un exemple (1 point)

Une charge d'exploitation est une action variable, noté Q, définissant le poids des usagers et du mobilier.  
par exemple, dans les logements :  $Q = 150 \text{ kg/m}^2$

2 – Comment se déforme une poutre simple bi encastree soumise à son poids propre ? Illustrer (1,5 point)



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

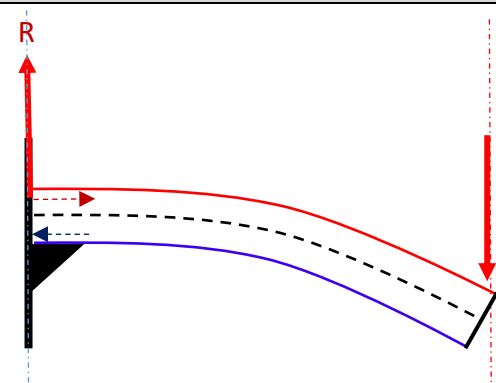
PFS = Principe fondamentale de la statique, permet de s'assurer de l'équilibre statique des structures :

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

4 – Quelles sont les caractéristiques principales des poutres treillis (1 point)

- Structures réticulées = barres articulées
- Que des efforts normaux (compression et traction) si chargement appliqué aux noeuds
- Isostatique si appuis bien choisis
- Triangulées

5 – Qu'est-ce qu'une poutre en console ? à quels types d'efforts simples est-elle soumise ? Illustrez. (1,5 point)



Une poutre en console est une poutre en porte-à-faux : encastree d'un côté et libre de l'autre. Sous chargement vertical vers le bas, elle est mise en flexion et subit de la traction en partie supérieure et de la compression en partie inférieure.

# STRUCTURE I - PARTIEL DE RATTRAPAGE

Année 2017-2018 - Sylvain Ebode - Marc Leyral

NOM :

PRENOM :

N° ETUDIANT :

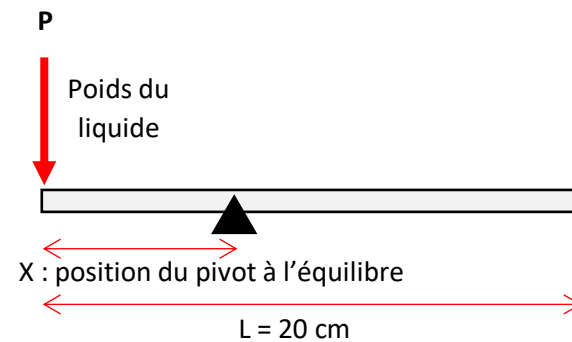
## PARTIE C 12 POINTS : TROIS PETITS PROBLEMES

### PROBLEME 1 / LES MOMENTS / LA LOUCHE BALANCE (5 POINTS)

Une louche-balance est une louche graduée qui utilise les moments pour jauger de sa contenance en oz (1 oz ≈ 30ml ≈ 30g si le contenu est de l'eau). Pour cela elle est dotée d'un pivot amovible, qui peut donc se déplacer le long du manche. A l'équilibre, la position du pivot permet de connaître la quantité de liquide dans la louche grâce à la graduation où il se situe. On considère que la louche pèse 10g/cm.

J'ai retrouvé dans mon garage une vieille louche-balance mais les graduations ont été effacées. Je souhaite les retrouver moi-même pour restaurer ma louche.

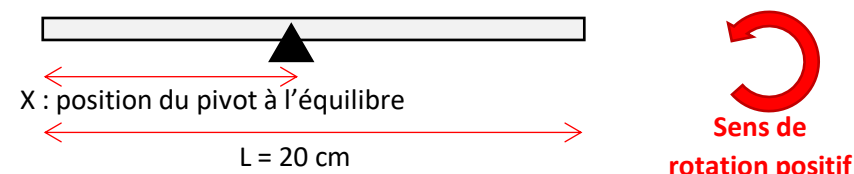
On modélise, pour simplifier, le problème par le schéma ci-dessous à droite :



#### QUESTIONS

1. La louche est vide (1,5 pt) :

- Faire un schéma



- Ecrire la relation (« avec des lettres ») du moment de la partie à droite du pivot, calculé au niveau du pivot.

$$M_{d/P} = -(L - x) * 10 \text{ g/cm} * \frac{(L - x)}{2} = -\frac{(L - x)^2}{2} * 10 \text{ g/cm}$$

- Ecrire la relation (« avec des lettres ») du moment de la partie à gauche du pivot, calculé au niveau du pivot.

$$M_{g/P} = x * 10 \text{ g/cm} * \frac{x}{2} = \frac{x^2}{2} * 10 \text{ g/cm}$$

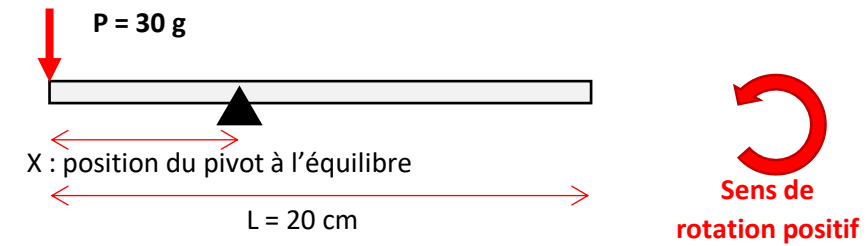
- Ecrire la condition qui lie ces moments à l'équilibre.

$$M_{d/P} + M_{g/P} = 0 \rightarrow \frac{x^2}{2} * 10 \text{ g/cm} - \frac{(L - x)^2}{2} * 10 \text{ g/cm} = 0$$

- En déduire la position X du pivot.

$$L * x - L^2/2 = 0 \rightarrow x = \frac{L}{2} = 10 \text{ cm}$$

2. Même question avec un oz de liquide (2pt)



$$M_{d/P} = -\frac{(L - x)^2}{2} * 10 \text{ g/cm}$$

$$M_{g/P} = \frac{x^2}{2} * 10 \text{ g/cm} + P * x$$

$$M_{d/P} + M_{g/P} = 0 \rightarrow \frac{x^2}{2} * 10 \text{ g/cm} + P * x - \frac{(L - x)^2}{2} * 10 \text{ g/cm} = 0$$

$$L * 10 \text{ g/cm} * x + P * x - \frac{L^2}{2} * 10 \text{ g/cm} = 0$$

$$\rightarrow x = \frac{L^2 * 10 \text{ g/cm}}{2 * (L * 10 \text{ g/cm} + P)} = \frac{20 \text{ cm}^2 * 10 \text{ g/cm}}{2 * (20 \text{ cm} * 10 \text{ g/cm} + 30 \text{ g})} = 8,7 \text{ cm}$$

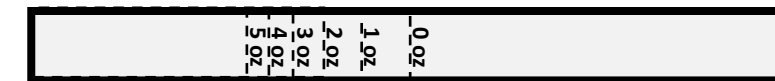
1. Même question avec deux oz de liquide (0,5 pt)

$$\rightarrow x = \frac{L^2 * 10 \text{ g/cm}}{2 * (L * 10 \text{ g/cm} + P)} = \frac{20 \text{ cm}^2 * 10 \text{ g/cm}}{2 * (20 \text{ cm} * 10 \text{ g/cm} + 60 \text{ g})} = 7,7 \text{ cm}$$

2. Même question avec N oz de liquide, dessinez les graduations des 5 premiers oz sur un schéma à l'échelle 1/2. (1 pt)

$$x(3\text{oz}) = \frac{20 \text{ cm}^2 * 10 \text{ g/cm}}{2 * (20 \text{ cm} * 10 \text{ g/cm} + 90 \text{ g})} = 6,9 \text{ cm} \quad x(4\text{oz}) = \frac{20 \text{ cm}^2 * 10 \text{ g/cm}}{2 * (20 \text{ cm} * 10 \text{ g/cm} + 120 \text{ g})} = 6,3 \text{ cm}$$

$$x(5\text{oz}) = \frac{20 \text{ cm}^2 * 10 \text{ g/cm}}{2 * (20 \text{ cm} * 10 \text{ g/cm} + 150 \text{ g})} = 5,7 \text{ cm}$$



### PROBLEME 2 / LE DIMENSIONNEMENT / LA PLUS HAUTE COLONNE POSSIBLE (3 POINTS)

Mario Salvadori a calculé dans son ouvrage « Comment ça tient ? » la hauteur maximale que peut avoir une colonne en marbre sous son propre poids (on ne considère pas le flambement dans cet exercice). Sauriez-vous retrouver cette valeur ? Soit H la hauteur recherchée :

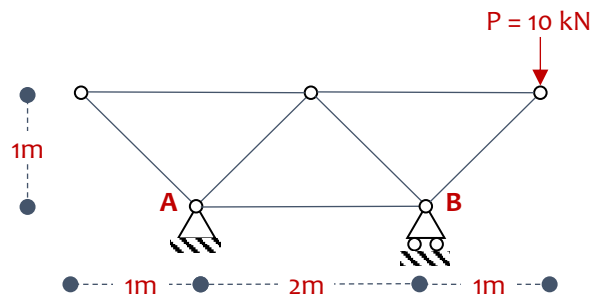
$$\sigma = \frac{N}{S} = 100 \text{ MPa} \quad \text{avec } N = V * \rho = S * H * \rho \quad \text{donc : } H * \rho = 100 \text{ MPa}$$

$$H = \frac{100 \text{ MN}}{0,027 \text{ MN/m}^3} = 3700 \text{ m}$$

Nota : Mario Salvadori a calculé 3 600m.

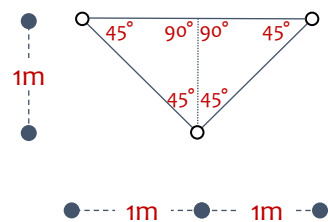
## PROBLEME 3 / POUTRE TREILLIS (5 POINTS)

Voici le schéma statique d'une poutre treillis composée de triangles **isocèles rectangles identiques**.



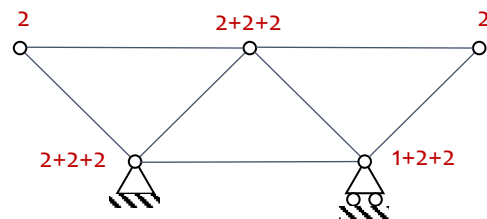
### QUESTIONS

1. Quels sont les différents angles des triangles composant ces poutres ? justifiez (0,5pts)



Les triangles sont définis comme isocèles, ils ont donc deux cotés et deux angles égaux.

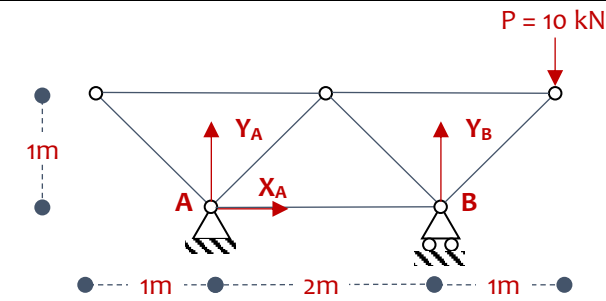
2. Calculez le degré de staticité de cette poutre (0,5pt)



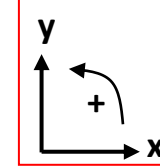
$$H = i - n = 1 + 2 \times 10 - 3 \times 7 = 21 - 21 = 0$$

La poutre est isostatique

3. A l'aide du PFS, calculer les réactions aux appuis (1pt), puis calculer les efforts internes des 7 barres et indiquer si elles sont en traction ou en compression (2,5pt)  
Peut-on supprimer des barres ? Lesquelles ? (0,5pts)



Repère de calcul :



PFS sur les forces en X :

$$X_A = 0$$

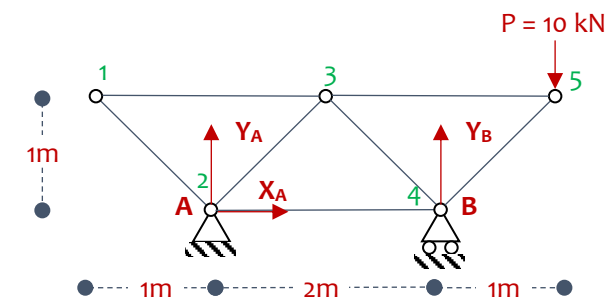
PFS sur les moments en B (sens de rotation positif : antihoraire) :

$$-P \times 1m - Y_A \times 2m = 0 \text{ donc } Y_A = -P/2 = -5 \text{ kN}$$

PFS sur les forces en Y (sens de force en Y positif : vers le haut) :

$$Y_A + Y_B - P = 0$$

$$Y_B = P - Y_A = 10 - (-5) = 15 \text{ kN}$$



Nœud 1 :

- PFS EN Y =  $-F_{12} \sin(45^\circ) = 0 \rightarrow F_{12} = 0 \rightarrow$  barre pouvant être supprimée dans cette configuration de charges

- PFS EN X =  $F_{12} \cos(45^\circ) + F_{13} = 0 \rightarrow F_{13} = 0 \rightarrow$  barre pouvant être supprimée dans cette configuration de charges

Nœud 2 :

- PFS EN Y =  $F_{12} \cos(45^\circ) + F_{23} \cos(45^\circ) + Y_A = 0 \rightarrow F_{23} = -Y_A/\cos(45) = 7,07 \text{ kN} \rightarrow$  traction

- PFS EN X =  $-F_{12} \sin(45^\circ) + F_{23} \sin(45^\circ) + F_{24} + X_A = 0 \rightarrow F_{24} = -F_{23} \sin(45^\circ) = -5 \text{ kN} \rightarrow$  compression

Nœud 3 :

- PFS EN Y =  $-F_{23} \cos(45^\circ) - F_{34} \cos(45^\circ) = 0 \rightarrow F_{34} = -F_{23} = -7,07 \text{ kN} \rightarrow$  compression

- PFS EN X =  $-F_{23} \sin(45^\circ) + F_{34} \sin(45^\circ) + F_{13} + F_{35} = 0 \rightarrow F_{35} = F_{23} \sin(45^\circ) - F_{34} \sin(45^\circ) = 10 \text{ kN} \rightarrow$  traction

Nœud 5 :

- PFS EN Y =  $-F_{45} \sin(45^\circ) - 10 \text{ kN} = 0 \rightarrow F_{45} = -10 \text{ kN}/\sin(45) = 14,14 \text{ kN} \rightarrow$  traction