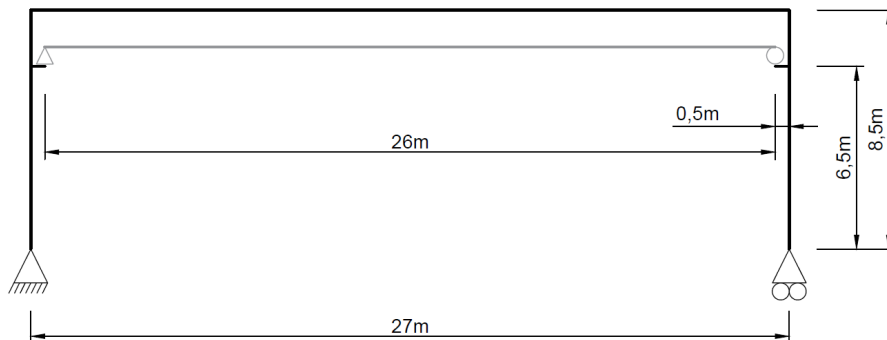


Exercice 2 – Cadre avec pont-roulant

Donnée

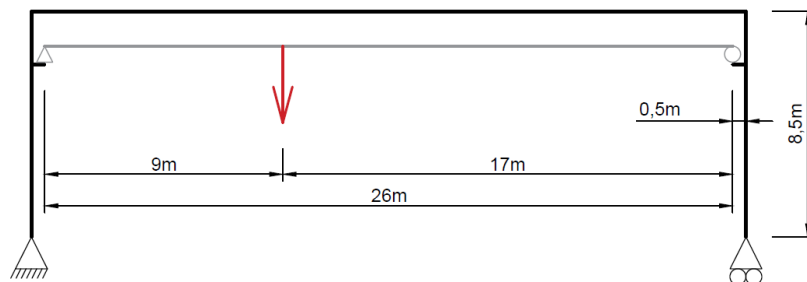
Le système statique ci-après décrit un exemple typique de hall industriel que l'on observe de nos jours. Celui-ci est constitué d'un cadre simple sur lequel viennent s'encaster des corbeaux sur chaque colonne, lesquels supportent les rails de roulement du pont-roulant.

Le système statique principal est alors défini ci-après.

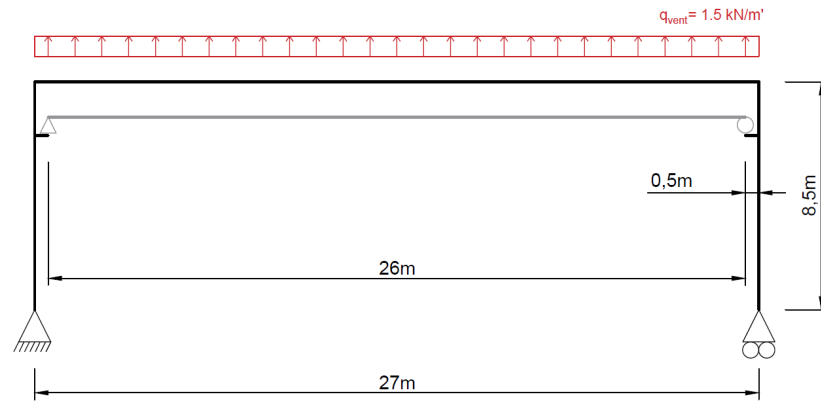


Questions

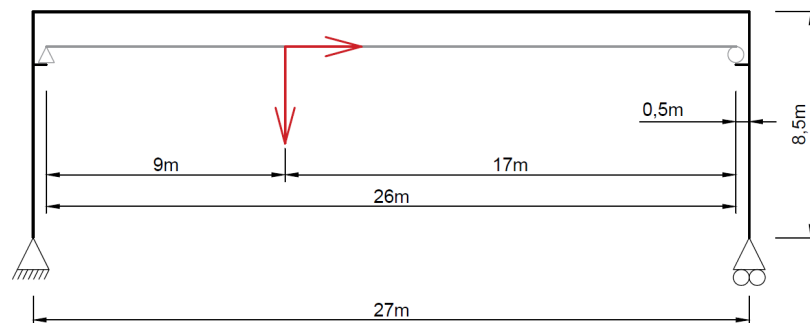
- 1) Démontrer que ce système est isostatique. Que se passe-t-il si l'on supprime le pont roulant?
- 2) Une charge ponctuelle de 4.5 T correspondant à une charge soulevée par le pont roulant est appliquée comme dans le schéma suivant.



- a. Calculer les réactions d'appuis.
 - b. Calculer les efforts dans chaque élément de la structure (M,V et N) et dessiner les diagrammes correspondants.
- 3) Un fort vent crée une charge répartie négative sur toute la structure. Pour cet exercice, on ne considèrera que l'effet sur la toiture, soit une dépression de 1.5 kN/m' comme montré dans le schéma suivant.
 - a. Calculer les réactions d'appuis.
 - b. Calculer les efforts dans chaque élément de la structure (M,V et N) et dessiner les diagrammes correspondants.
 - c. Quelles conclusions peut-on tirer de ces résultats ?



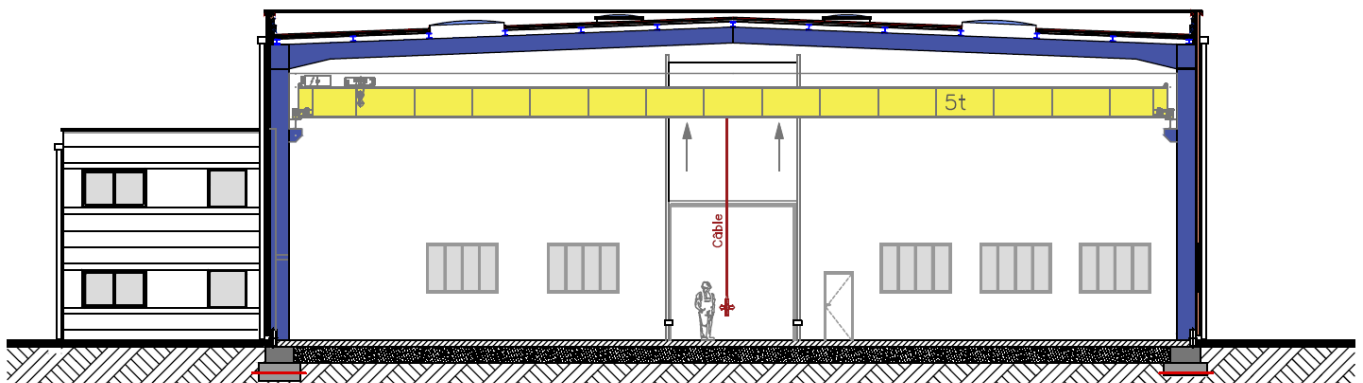
- 4) Suite à une manœuvre avec le pont roulant, un freinage d'urgence de celui-ci est enclenché et engendre une forte décélération. Cette décélération peut être représentée par une charge latérale de 10 kN combinée à la charge verticale de la question 2 (4.5 T).



- Calculer les réactions d'appuis.
- Calculer les efforts dans chaque élément de la structure (M,V et N) et dessiner les diagrammes correspondants.
- Quelles conclusions peut-on tirer de ces résultats ?

Exemple concret

La coupe ci-dessous montre un exemple classique de cadre métallique de halle de fabrication avec pont-roulant. Cette halle est la halle de fabrication de l'entreprise de constructions métallique MJ Sarl en France.



La photo suivante montre la même halle vue de l'intérieur.



Corrigé Exercice 2 – Cadre avec pont-roulant

Questions

- 1) Démontrer que ce système est isostatique. Que se passe-t-il si l'on supprime le pont roulant?

Nombre d'éléments : 2

Nombre d'équations d'équilibre par élément (dans un plan) : 3

→ Nombre d'équations d'équilibre $N = 2 \times 3 = 6$

Nombre de réaction d'appuis : 3

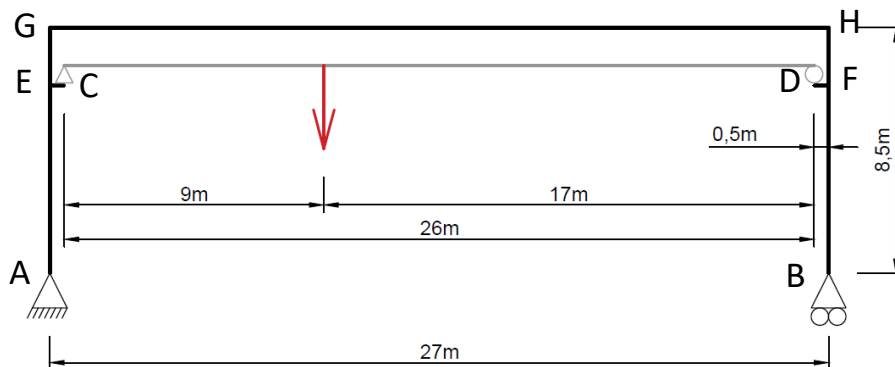
Nombre de réactions aux nœuds : 3

→ Nombre d'inconnues statiques $U = 3 + 3 = 6$

Système à N équations pour U inconnues → $U - N = 6 - 6 = 0$ → système isostatique

Il est possible de tirer rapidement la même conclusion en observant le fait que le pont roulant est une poutre simple dont les réactions d'appuis sont des forces appliquées à un cadre appuyé comme une poutre simple. Ce sont donc deux systèmes isostatiques.

- 2) Une charge ponctuelle de 4.5 T correspondant à une charge soulevée par le pont roulant est appliquée comme dans le schéma suivant.



- a. Calculer les réactions d'appuis.

$$4.5 \text{ T} = 4500 \text{ kg} \rightarrow \text{avec } 1 \text{ kg} = 10 \text{ N} \rightarrow 4500 \text{ kg} = 45000 \text{ N} = 45 \text{ kN}$$

$$\sum F_x = 0 = R_{A,x}$$

$$\sum M_{z,A} = 0 = -(9 + 0.5) * Q_y + 27 * R_{B,y} \rightarrow R_{B,y} = \frac{(9 + 0.5) * Q_y}{27} = 15.8 \text{ kN}$$

$$\sum F_y = 0 = R_{A,y} + R_{B,y} - Q_y \rightarrow R_{A,y} = Q_y - R_{B,y} = 45 - 15.8 = 29.2 \text{ kN}$$

- b. Calculer les efforts dans chaque élément de la structure (M,V et N) et dessiner les diagrammes correspondants.

Pour cette question nous allons procéder au calcul en deux étapes : Dans une première étape nous allons calculer les efforts dans le pont roulant qui agit comme une poutre simple. Les réactions d'appuis du pont roulant seront ensuite introduites sur la structure comme des forces extérieures.

La réaction d'appuis dues au pont roulant sont alors égales à,

$$\sum F_x = 0 = R_{C,x}$$

$$\sum M_{z,C} = 0 = -9 * Q_y + 26 * R_{D,y} \rightarrow R_{D,y} = \frac{9 * Q_y}{26} = 15.6 \text{ kN}$$

$$\sum F_y = 0 = R_{C,y} + R_{D,y} - Q_y \rightarrow R_C = Q_y - R_{D,y} = 45 - 15.6 = 29.4 \text{ kN}$$

Efforts au point C

$$\sum F_{x,C} = 0 = N \rightarrow N = 0 \text{ kN}$$

$$\sum M_{z,C} = 0 = -R_{C,y} * 0 + M \rightarrow M = 0 \text{ kNm}$$

$$\sum F_{y,C} = 0 = R_{C,y} + V \rightarrow V = -R_{C,y} = -29.4 \text{ kN}$$

Efforts à gauche du point d'application de la charge

$$\sum F_{x,Q} = 0 = N \rightarrow N = 0 \text{ kN}$$

$$\sum M_{z,Q} = 0 = -R_{C,y} * 9 + Q_y * 0 + M \rightarrow M = 29.4 * 9 = 265 \text{ kNm}$$

$$\sum F_{y,Q} = 0 = R_{C,y} + V \rightarrow V = -R_{C,y} = -29.4 \text{ kN}$$

Efforts à droite du point d'application de la charge

$$\sum F_{x,Q} = 0 = N \rightarrow N = 0 \text{ kN}$$

$$\sum M_{z,Q} = 0 = -R_{C,y} * 9 + Q_y * 0 + M \rightarrow M = 29.4 * 9 = 265 \text{ kNm}$$

$$\sum F_{y,Q} = 0 = R_{C,y} - Q_y + V \rightarrow V = -R_{C,y} + Q_y = -29.4 + 45 = 15.6 \text{ kN}$$

Efforts au point D

$$\sum F_{x,D} = 0 = N \rightarrow N = 0 \text{ kN}$$

$$\sum M_{z,D} = 0 = -R_{C,y} * 26 + Q_y * 17 + M \rightarrow M = 29.4 * 26 - 45 * 17 = 0 \text{ kNm}$$

$$\sum F_{y,D} = 0 = R_{C,y} + V \rightarrow V = -R_{C,y} = -29.4 \text{ kN}$$

Efforts à droite du point E

$$\sum F_{x,E} = 0 = N \rightarrow N = 0 \text{ kN}$$

$$\sum M_{z,E} = 0 = R_{C,y} * 0.5 - M \rightarrow M = 29.4 * 0.5 = 14.7 \text{ kNm}$$

$$\sum F_{y,E} = 0 = R_{C,y} + V \rightarrow V = -R_{C,y} = -29.4 \text{ kN}$$

Efforts en bas du point E

$$\sum F_{x,E} = 0 = V \rightarrow V = 0 \text{ kN}$$

$$\sum M_{z,E} = 0 = M \rightarrow M = 0 \text{ kNm}$$

$$\sum F_{y,E} = 0 = R_{A,y} + N \rightarrow N = -R_{A,y} = -29.2 \text{ kN}$$

Efforts en haut du point E

$$\sum F_{x,E} = 0 = V \rightarrow V = 0 \text{ kN}$$

$$\sum M_{z,E} = 0 = M - R_{C,y} * 0.5 \rightarrow M = 29.4 * 0.5 = 14.7 \text{ kNm}$$

$$\sum F_{y,E} = 0 = R_{A,y} - R_{C,y} + N \rightarrow N = -R_{A,y} + R_{C,y} = -29.2 + 29.4 = 0.2 \text{ kN}$$

Efforts en bas du point G

$$\sum F_{x,G} = 0 = V \rightarrow V = 0 \text{ kN}$$

$$\sum M_{z,G} = 0 = M - R_{C,y} * 0.5 \rightarrow M = 29.4 * 0.5 = 14.7 \text{ kNm}$$

$$\sum F_{y,G} = 0 = R_{A,y} - R_{C,y} + N \rightarrow N = -R_{A,y} + R_{C,y} = -29.2 + 29.4 = 0.2 \text{ kN}$$

Efforts à droite du point G

$$\sum F_{x,G} = 0 = N \rightarrow N = 0 \text{ kN}$$

$$\sum M_{z,G} = 0 = M - R_{C,y} * 0.5 \rightarrow M = 29.4 * 0.5 = 14.7 \text{ kNm}$$

$$\sum F_{y,G} = 0 = R_{A,y} - R_{C,y} - V \rightarrow V = R_{A,y} - R_{C,y} = 29.2 - 29.4 = -0.2 \text{ kN}$$

Efforts à gauche du point H

$$\sum F_{x,H} = 0 = N \rightarrow N = 0 \text{ kN}$$

$$\sum M_{z,H} = 0 = M - R_{D,y} * 0.5 \rightarrow M = 15.6 * 0.5 = 7.8 \text{ kNm}$$

$$\sum F_{y,H} = 0 = R_{B,y} - R_{D,y} + V \rightarrow V = -R_{B,y} + R_{D,y} = -15.8 + 15.6 = -0.2 \text{ kN}$$

Efforts en bas du point H

$$\sum F_{x,H} = 0 = V \rightarrow V = 0 \text{ kN}$$

$$\sum M_{z,H} = 0 = M + R_{C,y} * 0.5 \rightarrow M = -15.6 * 0.5 = -7.8 \text{ kNm}$$

$$\sum F_{y,H} = 0 = R_{A,y} - R_{C,y} + N \rightarrow N = -R_{A,y} + R_{C,y} = -29.2 + 29.4 = 0.2 \text{ kN}$$

Efforts à gauche du point F

$$\sum F_{x,F} = 0 = N \rightarrow N = 0 \text{ kN}$$

$$\sum M_{z,F} = 0 = R_{D,y} * 0.5 + M \rightarrow M = -15.6 * 0.5 = -7.8 \text{ kNm}$$

$$\sum F_{y,F} = 0 = R_{D,y} - V \rightarrow V = R_{D,y} = 15.6 \text{ kN}$$

Efforts en bas du point F

$$\sum F_{x,F} = 0 = V \rightarrow V = 0 \text{ kN}$$

$$\sum M_{z,F} = 0 = M \rightarrow M = 0 \text{ kNm}$$

$$\sum F_{y,F} = 0 = R_{B,y} + N \rightarrow N = -R_{B,y} = -29.2 \text{ kN}$$

Efforts en haut du point F

$$\sum F_{x,F} = 0 = V \rightarrow V = 0 \text{ kN}$$

$$\sum M_{z,F} = 0 = M + R_{C,y} * 0.5 \rightarrow M = -15.6 * 0.5 = -7.8 \text{ kNm}$$

$$\sum F_{y,F} = 0 = -R_{B,y} + R_{D,y} + N \rightarrow N = R_{B,y} - R_{D,y} = 29.2 - 29.4 = -0.2 \text{ kN}$$

DIAGRAMME DES EFFORTS TRANCHANTS (CADRE)



DIAGRAMME DES EFFORTS NORMAUX (CADRE)



3) Un fort vent créé une charge négative sur la toiture (dépression) de 1.5 kN/m' comme montré dans le schéma suivant.

a. Calculer les réactions d'appuis.



b. Calculer les efforts dans chaque élément de la structure (M,V et N) et dessiner les diagrammes correspondants.

DIAGRAMME DES MOMENTS

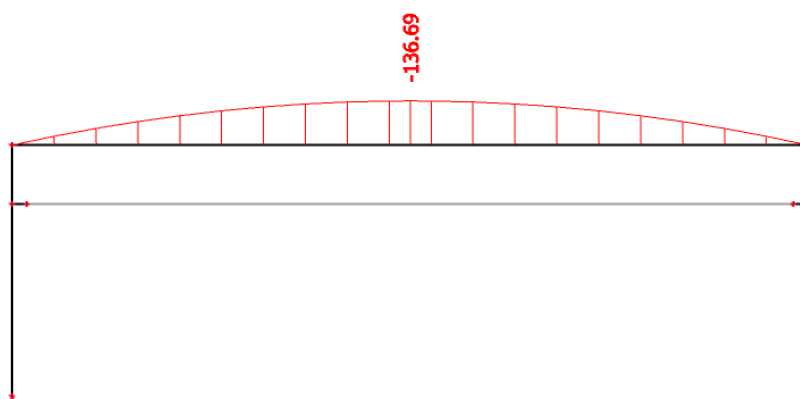


DIAGRAMME DES EFFORTS TRANCHANTS

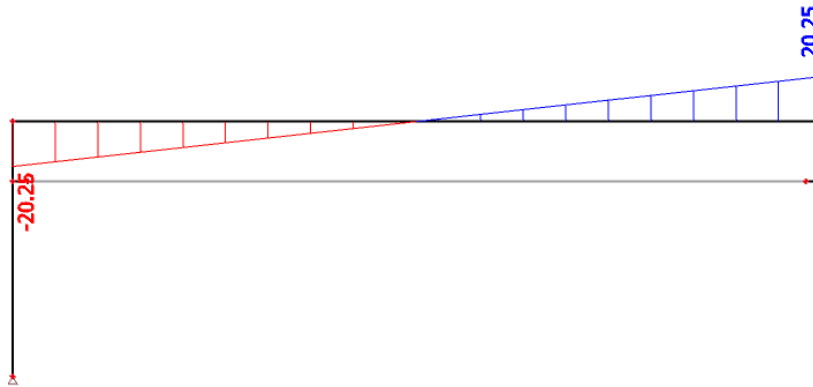


DIAGRAMME DES EFFORTS NORMAUX



c. Quelles conclusions peut-on tirer de ces résultats ?

Les charges de vent peuvent créer des dépressions importantes. Les structures en acier étant généralement légères (en comparaison des structures en béton armé par exemple), celles-ci peuvent être sujettes à des efforts de traction importants qui risqueraient de générer des instabilités globales. Par exemple, dans la réalité, les appuis sont principalement dimensionnés pour reprendre des efforts de compression et non de traction et de telles situations peuvent être critiques et il est important de considérer les efforts de traction engendrés par le vent.

4) Suite à une manœuvre avec le pont roulant, un freinage d'urgence est enclenché et engendre une charge latérale de 10 kN.

a. Calculer les réactions d'appuis.



b. Calculer les efforts dans chaque élément de la structure (M,V et N) et dessiner les diagrammes correspondants.

DIAGRAMME DES MOMENTS (CADRE)

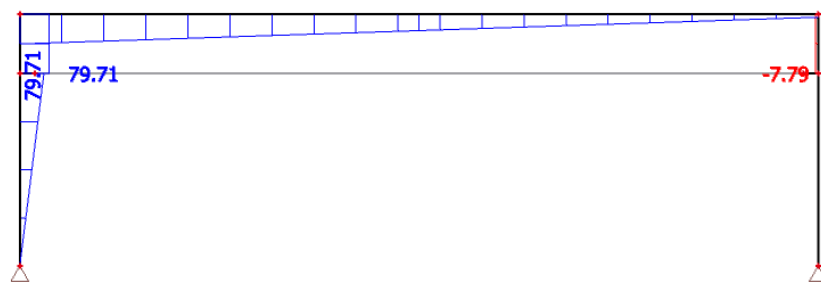


DIAGRAMME DES MOMENTS (PONT ROULANT ET CORBEAUX)

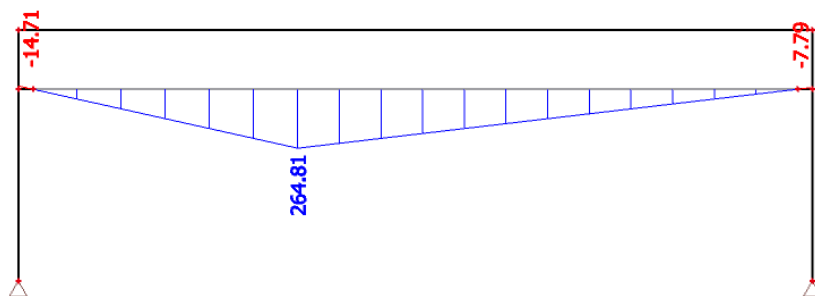


DIAGRAMME DES EFFORTS TRANCHANTS (PONT ROULANT ET CORBEAUX)



DIAGRAMME DES EFFORTS TRANCHANTS (PONT ROULANT ET CORBEAUX)

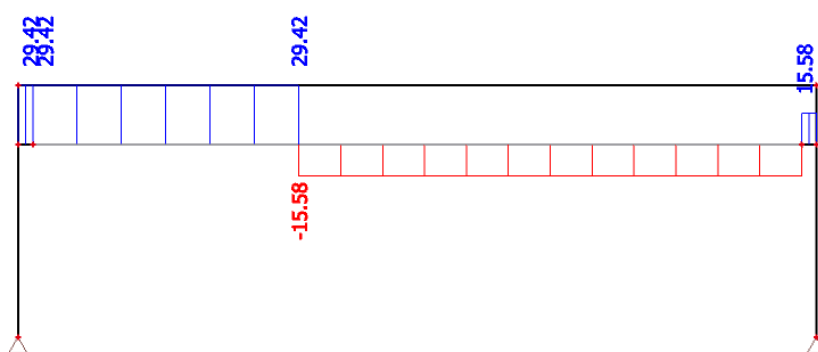


DIAGRAMME DES EFFORTS NORMAUX (PONT ROULANT ET CORBEAUX)

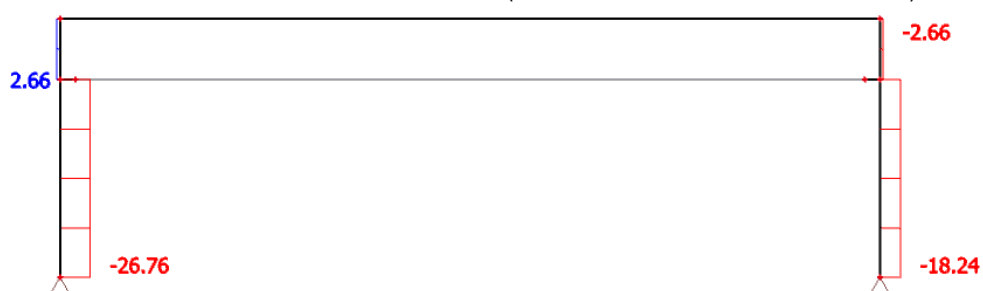
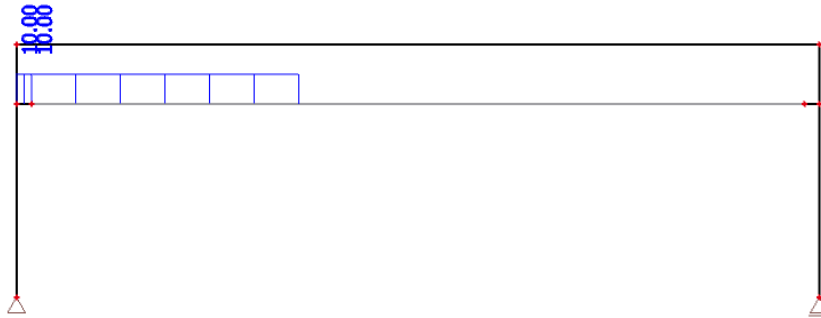


DIAGRAMME DES EFFORTS NORMAUX (PONT ROULANT ET CORBEAUX)



c. Quelles conclusions peut-on tirer de ces résultats ?

Les efforts engendrés par des charges dynamiques peuvent être très importantes. Ici par exemple, la force de freinage du pont roulant engendre des moments beaucoup plus importants dans les angles du cadre et sont donc déterminants pour le dimensionnement de la structure.