

NOM : .....  
Prénoms : .....

FORMATION INGÉNIEUR DE  
L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES ARTS ET MÉTIERS,  
SPÉCIALITÉ TRAVAUX PUBLICS  
EN PARTENARIAT AVEC AFITP-PACA

**Session mars 2020**

## **Physique - Mécanique**

Temps conseillé : 1h15

Mentionner votre nom en début de chaque page

Ne pas désagréger le sujet

**Épreuve sans document ni calculatrice**

- Les réponses seront portées sur le présent document, dans les emplacements prévus à cet effet. En cas de besoin, des emplacements supplémentaires ont été prévus à la fin du document.
- Il est conseillé au candidat de prendre connaissance de l'intégralité du document avant de commencer à composer.
- La plupart des questions peuvent être traitées de façon indépendante.
- Le candidat devra préciser les hypothèses qu'il utilise pour la résolution des problèmes.
- La clarté et la propreté ainsi que la concision et la précision des réponses seront prises en compte pour l'évaluation.

NOM : .....

---

On s'intéresse au pont ferroviaire de Mashuihe, qui enjambe la rivière Dasha en Chine. Ce pont est constitué d'une unique pile centrale, séparant deux travées de 116 m chacune. Une photographie de ce pont est donnée en figure 1.



FIGURE 1 – Pont ferroviaire de Mashuihe (crédit : Eric Sakowski / Highest-Bridges.com)

On modélise le tablier de la façon suivante :

- la liaison avec la culée de gauche (notée A) peut être modélisée par une rotule,
- les liaisons avec la pile centrale (notée B) et la culée de droite (notée C) peuvent être modélisées par des liaisons ponctuelles,
- le tablier est assimilé à une poutre élancée de longueur  $2\ell$ .

On note  $\vec{x}$  la direction de la poutre (avec  $x$  croissant de gauche à droite) et  $\vec{y}$  la direction verticale. On considère que le poids propre du tablier peut être modélisé par une densité linéique de charge  $q$ . La figure 2 résume les différents modèles retenus.

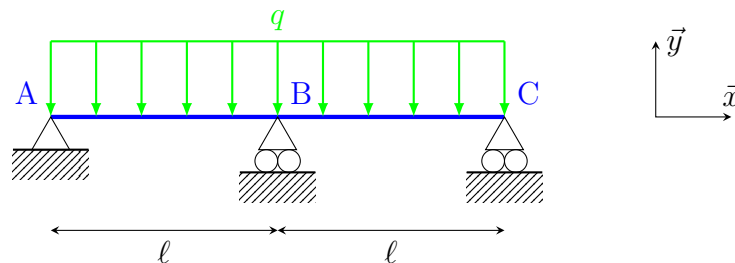


FIGURE 2 – Représentation schématique du problème étudié.

# 1 Géométrie

Pour simplifier l'étude, on suppose que le tablier a une section droite constante, de géométrie rectangulaire creuse de base  $b = 10$  m, de hauteur  $h = 5$  m et d'épaisseur  $e = 0.5$  m, telle qu'illustrée sur la figure 3. Le tablier

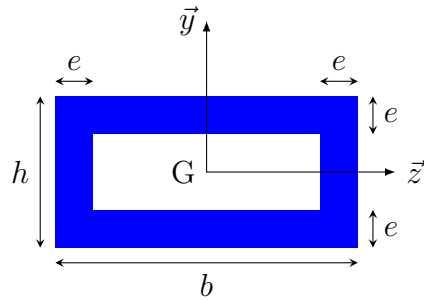


FIGURE 3 – Représentation de la section droite du tablier : G est le centre de gravité de la section tandis que  $\vec{z} = \vec{x} \wedge \vec{y}$ .

est en béton, de masse volumique  $\rho$ . On note  $S$  l'aire de la section droite du tablier.

1. Donner l'expression littérale de  $S$ .

2. Faire l'application numérique.

3. Quelle relation lie  $S$  et  $q$ ?

4. Calculer  $q$  avec  $\rho = 3000 \text{ kg/m}^3$ .

NOM : .....

---

5. Donner l'expression littérale de  $I_{Gz}$ , moment quadratique de la section droite autour de la direction  $\vec{z}$ .

6. Faire l'application numérique.

7. Le problème représenté en figure 2 est-il isostatique ?

8. Sans faire le calcul, donner l'allure de la déformée.

## 2 Poids propre de la poutre

Pour résoudre ce problème, on remplace l'appui B par une force ponctuelle, notée  $R_B$ , tel qu'illustré sur la figure 4.

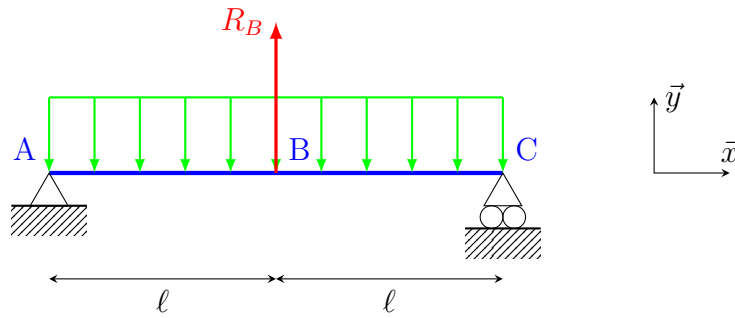


FIGURE 4 – Schéma isostatique équivalent

1. Calculer la réaction des appuis en A et C en fonction de  $R_B$  et  $q$ .

2. Donner l'expression du moment de flexion en  $x$ , noté  $M_z(x)$ , en fonction de  $q$ ,  $R_B$  et  $l$ .

NOM : .....

---

3. Montrer, par la méthode de votre choix, que  $R_B = \frac{5q\ell}{4}$

4. En déduire l'expression des réactions en A et C en fonction de  $R_B$ .

### 3 Prise en compte des charges ponctuelles

On néglige maintenant le poids propre du tablier pour ne prendre en compte que les charges ponctuelles. On considère qu'un véhicule de masse  $m$ , situé au milieu de la travée AB, exerce une force verticale descendante  $F = -F\vec{y}$ . La figure 5 illustre le problème étudié. On admet ici que la réaction en B vaut :

$$R_B = \frac{11F}{16} \quad (1)$$

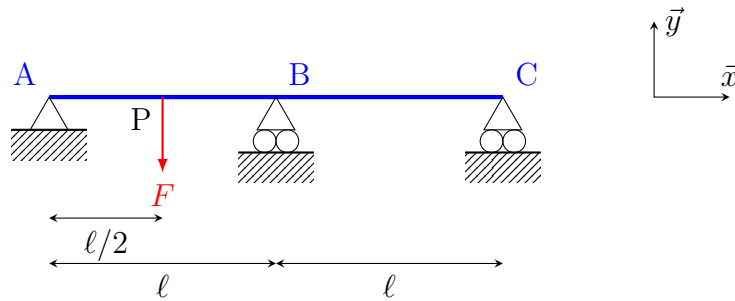


FIGURE 5 – Représentation schématique du problème étudié.

1. Sans faire le calcul, donner l'allure de la déformée.

2. Donner l'expression des réactions en A et B en fonction de  $F$  et  $\ell$ .

NOM : .....

## 4 Poids propre et charges ponctuelles

On prend maintenant en compte la totalité des charges (poids propre et charges ponctuelles), comme illustré sur la figure 6.

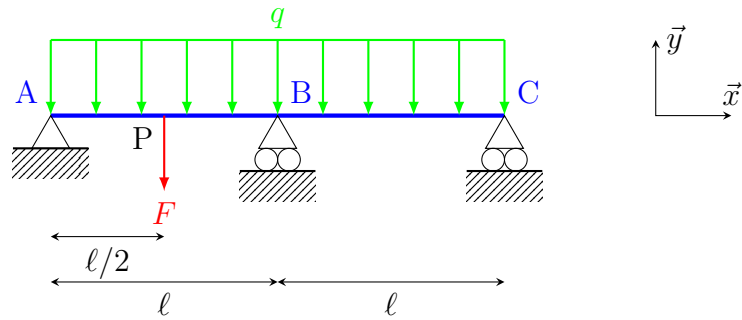


FIGURE 6 – Représentation schématique du problème étudié.

1. D'après les résultats précédents, donner les expressions des réactions en A, B et C en fonction de  $q$ ,  $F$  et  $\ell$ .



NOM : .....

---

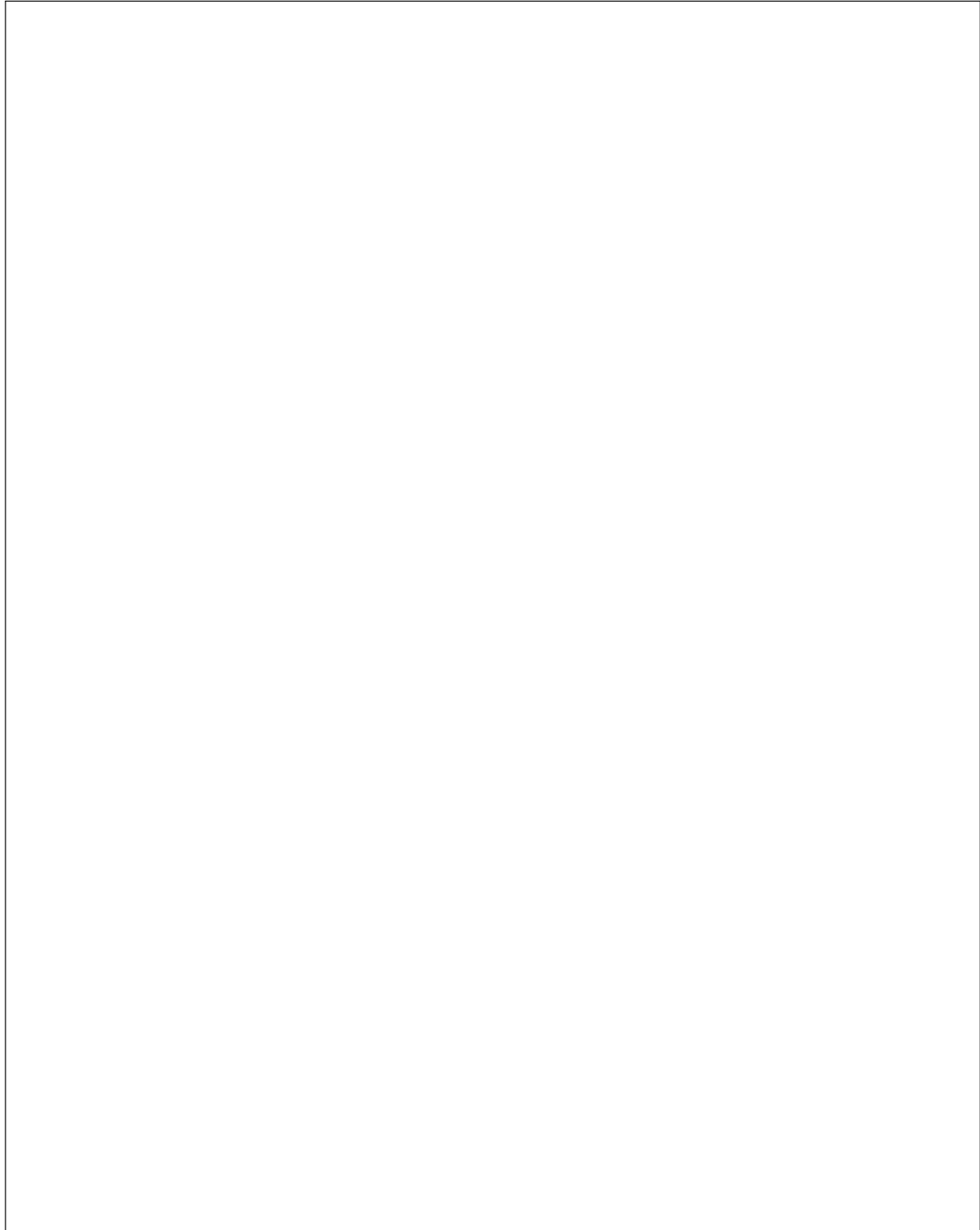
2. Calculer le moment fléchissant  $M_{fz}(x)$ .

3. Donner l'expression de la déformée entre les appuis A et B.

NOM : .....

---

## Compléments de réponse



NOM : .....

---



NOM : .....

---

