



## TP5-PRINCIPE DE SUPERPOSITION SUR POUTRE ISOSTATIQUE

---

### SUJET

#### 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.



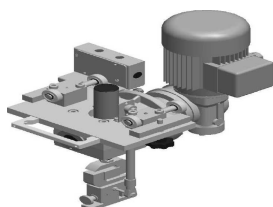
### OBJECTIFS DU TP

Étudier différents cas de chargement pour un même système mécanique et comprendre le principe de superposition sur poutre isostatique.

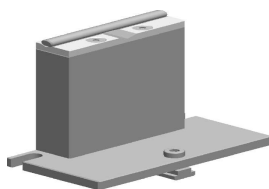
### PROCEDURE EXPERIMENTALE

#### **Matériel nécessaire :**

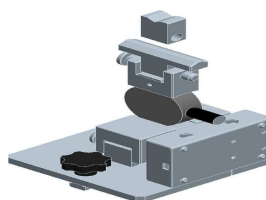
- Banc d'essai didactique BED 100 avec ordinateur et périphériques
- Vérin électrique
- Appui simple
- Appui simple instrumenté avec fléau en Té (utilisé pour la mesure d'action de liaison)
- Appui flexion 1 point (embout du vérin)
- Appui flexion 2 points (embout du vérin)
- Poutre métallique de section rectangulaire
- Réglé ou mètre



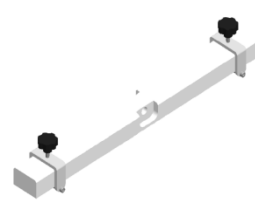
Vérin électrique



Appui simple



Appui simple instrumenté



Appui flexion 2 points

#### **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 : fichier « Statique\Poutre ».
- Le banc est prêt à être utilisé.



### Préparation du banc d'essai :

- Pour une poutre de 1 m de long : installer les appuis simples de part et d'autre du repère 0 du banc : l'appui simple instrumenté à gauche et l'appui sans capteur à droite. Ils doivent être positionnés à 45 cm de l'origine 0 chacun : un orifice dans le socle de l'appui permet de visualiser cette distance.
- **Présence obligatoire du professeur : Réglage de la traverse mobile (si nécessaire)**  
À l'aide de la manivelle (située sur le côté gauche du banc d'essai), enrouler le fil jusqu'à ce que la traverse soit suspendue et qu'elle ne repose plus sur les goupilles.  
Retirer les deux goupilles « bêta » puis les grandes goupilles. Descendre la traverse en actionnant la manivelle, mettre les grandes goupilles puis les goupilles « bêta » au niveau des réservations de bonne hauteur. De nouveau, tendre le fil en tournant la manivelle.
- Pour appliquer **une** force ponctuelle unique : installer l'appui flexion 1 point (embout) sur le vérin. Pour appliquer **deux** forces ponctuelles : installer l'appui flexion 2 points sur le vérin ; déplacer les embouts à égales distances, de manière à respecter le schéma mécanique voulu. Positionner le vérin au niveau du repère zéro de la traverse.
- Installer la poutre sur les deux appuis en la centrant par rapport à l'origine 0 ; son milieu doit être aligné avec l'embout du vérin. Pour plus de précision, ne pas hésiter à repérer le centre de la poutre avec un marqueur.
- **Présence obligatoire du professeur : Positionnement du vérin (si nécessaire)**  
Passer la machine en mode manuel en tournant la clé du boîtier de commande vers « MAIN ». Positionner le vérin à environ 1 mm de la poutre : appuyer sur la touche F6 pour descendre (et F5 pour remonter) tout en maintenant le bouton « MARCHE » du boîtier de commande.

Remarque : l'application 3R QuantX doit avoir déjà été lancée pour pouvoir manipuler le vérin ; le maintien du bouton « MARCHE » du boîtier de commande constitue une sécurité lors des manipulations.

### Réalisation des mesures :

Les mesures ne peuvent se faire qu'une fois les éléments installés et l'application 3R QuantX lancée.

- Passer la machine en mode automatique en tournant la clé sur la boîte de commande vers « AUTO ».
- Dans la fenêtre de l'application, cliquer sur le bouton « Enregistrer ».
- Remplir le formulaire avec les informations suivantes :
  - o *Référence de l'essai* : « TP\_Superposition-Nom de l'élève »
  - o *Asservissement* : sélectionner l'étiquette « Force » (l'intitulé doit apparaître en bleu)



- *Vitesse d'essai* : + 10 N/s
- *Force limite d'essai* : Selon l'essai à effectuer : 50 N, 100 N ou 200 N
- *Déplacement limite d'essai* : 20 mm
- Cliquer sur le bouton « Départ »
- Lors de l'essai, la descente du vérin se fait automatiquement, jusqu'à ce que l'effort imposé atteigne la force limite d'essai (arrêt automatique) ; il faut cependant maintenir le bouton « MARCHE » du boîtier de commande pour autoriser l'opération.
- Une fois le vérin arrêté, relever la mesure de l'action de liaison affichée à l'écran.
- Fermer la fenêtre sans enregistrer les résultats.

### 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)

### DEROULEMENT DU TP

Le banc d'essai à utiliser consiste en un système électromécanique piloté informatiquement pour la réalisation d'essais mécaniques non destructifs. Il permet de mettre en œuvre les principes de la résistance des matériaux. Les conditions hypothétiques de l'analyse théorique sont reproduites et les efforts et les déplacements sont facilement mesurables.

Nous étudierons le comportement mécanique d'une poutre métallique sur 2 appuis, soumise à des chargements différents.

1. Une poutre de longueur  $L = 1\text{ m}$  sur rotule et appui simple soumise en son milieu de travée à :

(a) Une charge verticale  $\|\vec{F}_1\| = 50\text{ N}$

(b) Une charge verticale  $\|\vec{F}_2\| = 100\text{ N}$

(c) Une charge verticale  $\|\vec{F}_3\| = 200\text{ N}$

2. Une poutre de longueur  $L = 1\text{ m}$  sur rotule et appui simple soumise à :

(a) Une charge verticale  $\|\vec{P}_1\| = 200\text{ N}$  en son milieu de travée

(b) Une charge verticale  $\|\vec{P}_1\| = 200\text{ N}$  sur un point localisé à une distance  $\frac{L}{3}$  du point A

(c) Une charge verticale  $\|\vec{P}_1\| = 200\text{ N}$  sur un point localisé à une distance  $\frac{L}{4}$  du point A



3. Une poutre de longueur  $L = 1\text{ m}$  sur rotule et appui simple soumise à :

(a) Une charge verticale  $\|\overrightarrow{P_2}\| = 200\text{ N}$  sur un point localisé à une distance  $\frac{L}{3}$  du point A

(b) Une charge verticale  $\|\overrightarrow{P_2}\| = 200\text{ N}$  sur un point localisé à une distance  $\frac{2L}{3}$  du point A

(c) Deux charges verticales :  $\|\overrightarrow{P_2}\| = 200\text{ N}$  sur un point localisé à une distance  $\frac{L}{3}$  du point A  
et  $\|\overrightarrow{P_2}\| = 200\text{ N}$  sur un point localisé à une distance  $\frac{2L}{3}$  du point A

## 1. Influence de l'intensité d'une force

### Etude préparatoire :

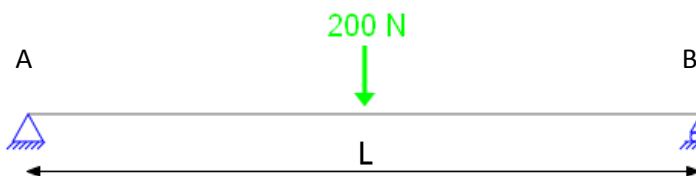
Soient les schémas mécaniques suivants :



Problème mécanique n°1



Problème mécanique n°2



Problème mécanique n°3

**Q.1.** En isolant la poutre, résoudre le problème mécanique n°1 en respectant ces étapes :

- Déterminer à partir des liaisons les expressions littérales des réactions d'appui : rotule au point A et appui simple au point B.
- Appliquer le Principe Fondamental de la Statique au point A, et déterminer la valeur des composantes de ces réactions d'appui.

**Q.2.** Faire de même pour le problème mécanique n°2.



**Q.3.** Faire de même pour le problème mécanique n°3.

**Q.4.** A partir des résultats trouvés, quelle relation entre  $Y_{A1}$ ,  $Y_{A2}$  et  $Y_{A3}$  peut-on donner ?

Sachant que  $\|\vec{F}_2\| = 2 \cdot \|\vec{F}_1\|$  et que  $\|\vec{F}_3\| = 2 \cdot \|\vec{F}_2\|$ , en déduire l'évolution de la réaction d'appui au point A quand l'intensité de la force  $\|\vec{F}\|$  augmente.

### Procédure expérimentale :

*Pour réaliser les manipulations ci-dessous, suivre les instructions de la procédure expérimentale générale, décrite au début de ce TP.*

Mettre sous tension le banc d'essai et le matériel informatique.

Lancer l'application 3R QuantX.

Installer le banc d'essai ; si nécessaire, régler la hauteur de la traverse mobile pour ne pas avoir à déployer le vérin dans sa totalité.

Installer l'appui flexion 1 point s'il n'est pas déjà en place.

Réaliser les mesures pour les trois problèmes mécaniques, et compléter le tableau suivant :

		$\ \vec{F}_1\  = 50 \text{ N}$	$\ \vec{F}_2\  = 100 \text{ N}$	$\ \vec{F}_3\  = 200 \text{ N}$
$Y_{A1}$	Valeur théorique			
	Valeur mesurée			

### Analyse de résultats :

Pour les trois cas de chargement considérés, vous devez :

**Q.5.** Comparer les valeurs théoriques aux valeurs mesurées.

Calculer l'écart relatif pour chaque valeur :  $\varepsilon = \frac{|\text{Valeur théorique} - \text{Valeur réelle}|}{\text{Valeur théorique}} \times 100$

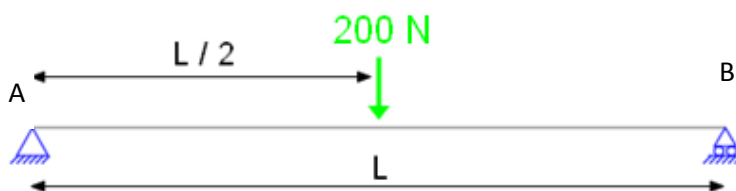
Quelles sont les raisons qui peuvent expliquer cet écart ?

**Q.6.** Valider ou infirmer les relations trouvées à la question **Q.4**.

## 2. Influence du point d'application

### Etude préparatoire :

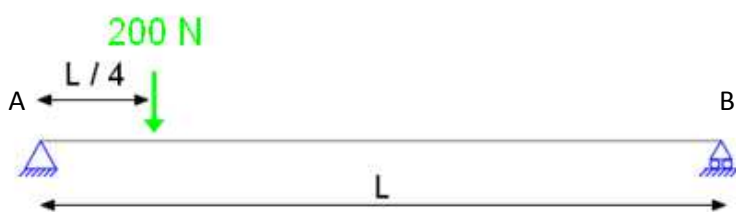
Soient les schémas mécaniques suivants :



Problème mécanique n°4



Problème mécanique n°5



Problème mécanique n°6

Le problème mécanique n°4 correspond au problème mécanique n°3 : reprendre les valeurs calculées et mesurées de la partie 1.

**Q.1.** En isolant la poutre, résoudre le problème mécanique n°5 en respectant ces étapes :

- Déterminer à partir des liaisons les expressions littérales des réactions d'appui : rotule au point A et appui simple au point B.
- Appliquer le Principe Fondamental de la Statique au point A, et déterminer la valeur des composantes de ces réactions d'appui.





**Q.2.** Faire de même pour le problème mécanique n°6.

**Q.3.** A partir des résultats trouvés, quelle relation entre  $Y_{A_1}$ ,  $Y_{A_2}$  et  $Y_{A_3}$  peut-on donner ?

En déduire l'évolution de la réaction d'appui au point A quand la force  $\|\vec{F}\|$  est positionnée de plus en plus près d'un appui.

### Procédure expérimentale :

*Pour réaliser les manipulations ci-dessous, suivre les instructions de la procédure expérimentale générale, décrite au début de ce TP.*

Lancer l'application 3R QuantX.

Réaliser les mesures pour les problèmes mécaniques n°5 et n°6, et compléter le tableau suivant :

		Problème 1	Problème 2	Problème 3
$Y_{A_1}$	Valeur théorique			
	Valeur mesurée			

### Analyse de résultats :

Pour les trois cas de chargement considérés, vous devez :

**Q.4.** Comparer les valeurs théoriques aux valeurs mesurées.

Calculer l'écart relatif pour chaque valeur :  $\varepsilon = \frac{|Valeur\ théorique - Valeur\ réelle|}{Valeur\ théorique} \times 100$

Quelles sont les raisons qui peuvent expliquer cet écart ?

**Q.5.** Valider ou infirmer les relations trouvées à la question **Q.3**.

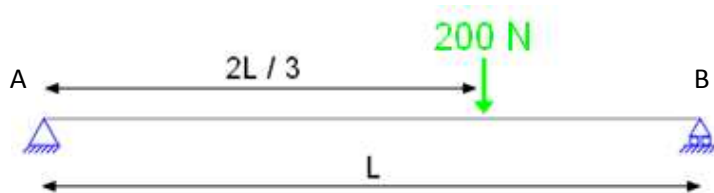
## 3. PRINCIPE DE SUPERPOSITION

### Etude préparatoire :

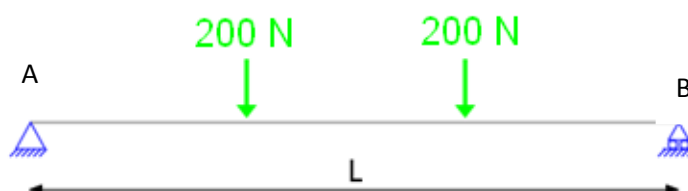
Soient les schémas mécaniques suivants :



Problème mécanique n°7



Problème mécanique n°8



Problème mécanique n°9

Le problème mécanique n°7 correspond au problème mécanique n°5 : reprendre les valeurs calculées et mesurées de la partie 2.

**Q.1.** Dans le problème n°7, la force appliquée est située à  $\frac{L}{3}$  du point A alors que dans le problème n°8, la force appliquée est située à  $\frac{L}{3}$  du point B. Le problème n°8 est donc une symétrie du problème n°7.

En n'utilisant que le principe de la symétrie, déterminer les réactions d'appuis du problème 8.



**Q.2.** En remarquant que le chargement du problème 3 correspond à une superposition des chargements des problèmes 1 et 2, déterminer les réactions d'appuis du problème 3.

Remarque : Le principe de superposition consiste à décomposer un problème complexe en sous-problèmes simples, à les résoudre indépendamment : les solutions du problème complexe correspondent à la somme des solutions des sous-problèmes.

### Procédure expérimentale :

Pour réaliser les manipulations ci-dessous, suivre les instructions de la procédure expérimentale générale, décrite au début de ce TP.

Lancer l'application 3R QuantX.

Réaliser la mesure pour le problème mécanique n°8.

Installer l'appui flexion 2 points.

Réaliser la mesure pour le problème mécanique 9.

Remarque : l'effort du vérin étant divisé par 2 avec l'appui flexion 2 points, la force limite d'essai à préciser dans l'application 3R QuantX est le double de l'intensité réellement voulue, soit **400 N**.

Compléter le tableau suivant :

		$\ F_1'\  = 200\text{ N}$	$\ F_2'\  = 200\text{ N}$	$\ F_3'\  = 200\text{ N}$
$F_{A1}$	Valeur théorique			
	Valeur mesurée			

### Analyse de résultats :

Pour les trois cas de chargement considérés, vous devez :

**Q.3.** Comparer les valeurs théoriques aux valeurs mesurées.

Calculer l'écart relatif pour chaque valeur :  $e = \frac{|Valeur\ théorique - Valeur\ réelle|}{Valeur\ théorique} \times 100$

Quelles sont les raisons qui peuvent expliquer cet écart ?

**Q.4.** Valider ou infirmer les relations trouvées à la question **Q.2**.