

MATRIX | STRUCTURES

Reactions of a Simply Supported Beam



MATRIX

CP3604

www.matrixtsl.com

Copyright © 2021 Matrix Technology Solutions Limited

Introduction	3
Enquête A - Poids unique appliqué au centre	5
Enquête B - Poids unique décalé par rapport au centre	6
Enquête C - Poids unique se déplaçant sur la poutre	7
Enquête D - Deux poids	8
Enquête E - Charge uniformément répartie au centre	9
Enquête F - Charge uniformément répartie décalée par rapport au centre	10
Fiche de l'élève	11
Notes pour l'instructeur	17

Introduction

Les poutres sont un élément essentiel des structures modernes. Elles supportent des charges et franchissent des espaces - dans les ponts, les cadres de porte, les toits, les échafaudages, etc.

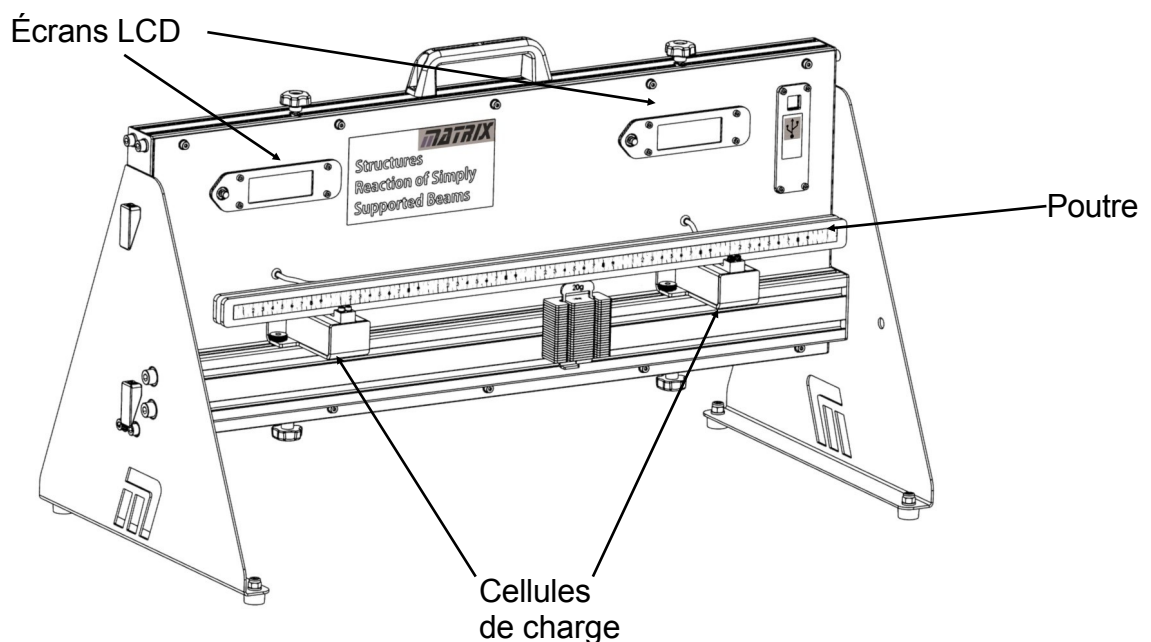
Leurs charges sont portées par des supports, tels que les piliers qui soutiennent un pont, qui exercent des forces de réaction opposées.



L'appareil :

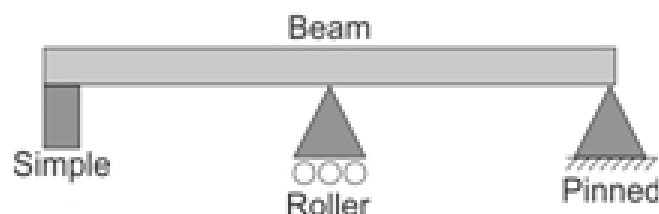
Il utilise deux cellules de charge pour convertir les forces qui agissent sur elles en signaux électriques. Ceux-ci sont traités pour indiquer l'importance de ces forces.

La poutre repose au centre sur des supports reliés aux cellules de charge. Les deux encoches sous la poutre y contribuent. Les piquets reliant les deux côtés de la poutre sont espacés de 50 mm. Les supports des cellules de charge sont espacés de 400 mm.



Les symboles :

Une poutre en appui simple est représentée par les symboles illustrés dans le diagramme suivant :



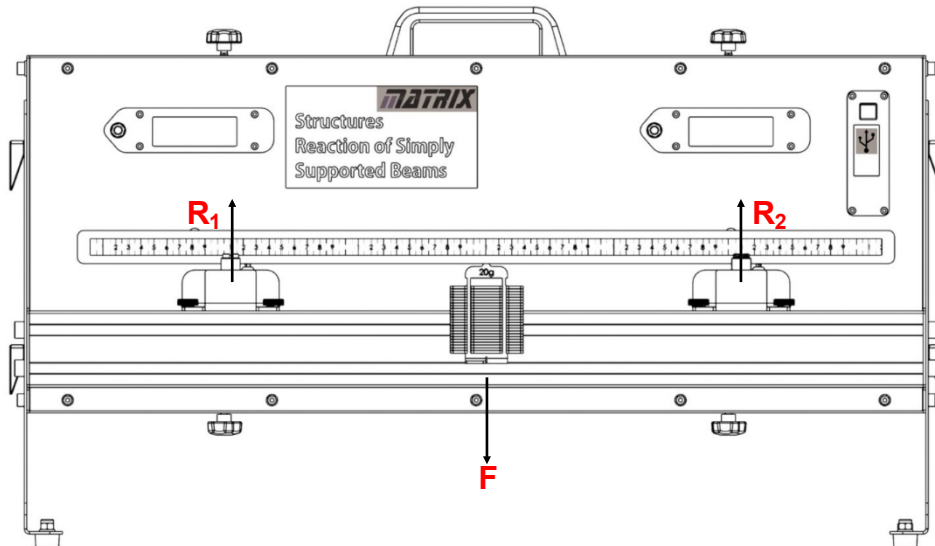
Introduction

L'appareil est conçu pour fonctionner avec une alimentation de 5 V. Cela signifie qu'un câble USB branché sur un ordinateur ou une prise suffit. Cela signifie qu'un câble USB branché sur un ordinateur ou une prise de courant suffit. Le logiciel d'acquisition de données ne fonctionne que par l'intermédiaire de l'ordinateur. Il est donc recommandé de brancher le câble USB sur l'ordinateur qui exécute le logiciel. Toutefois, si vous souhaitez réaliser l'expérience sans le logiciel, vous devrez vous procurer une prise USB correspondant au style de prise local.

Enquête A

Poids unique appliqué au centre

À vous de jouer :



- Placer la poutre sur les supports du capteur de charge comme indiqué sur le schéma.
- Appuyez sur le bouton "zéro" de chaque écran LCD pour supprimer le poids de la poutre des relevés.
- Placez une masse de 100 g au centre de la poutre, à mi-chemin entre les supports.
- Enregistrez les forces R_1 et R_2 , affichées sur les écrans LCD, dans le tableau 1 du document de l'élève.
- Augmentez la charge sur la poutre en ajoutant 100 g supplémentaires au cintre.
- Enregistrez à nouveau les relevés du capteur de charge.
- Continuer ainsi jusqu'à une masse totale de 500 g et compléter le tableau 1.

Et alors ?

La poutre étant en équilibre :

- les supports de la cellule de charge fournissent des forces ascendantes qui équilibrent le poids sur la poutre ;
- les moments des forces dans le sens des aiguilles d'une montre sont équilibrés par les moments dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. En d'autres termes :
- les deux forces de réaction s'additionnent toujours pour former la charge totale F , c'est-à-dire $F = R_1 + R_2$
- puisque la charge est placée à une distance égale, D , des supports, la mise en équation des moments dans le sens des aiguilles d'une montre et dans le sens inverse des aiguilles d'une montre autour du centre de la poutre :

$$R_1 \times D = R_2 \times D$$

et donc

$$R_1 = R_2$$

La charge elle-même n'a pas de moment (effet de rotation) autour du centre de la poutre.

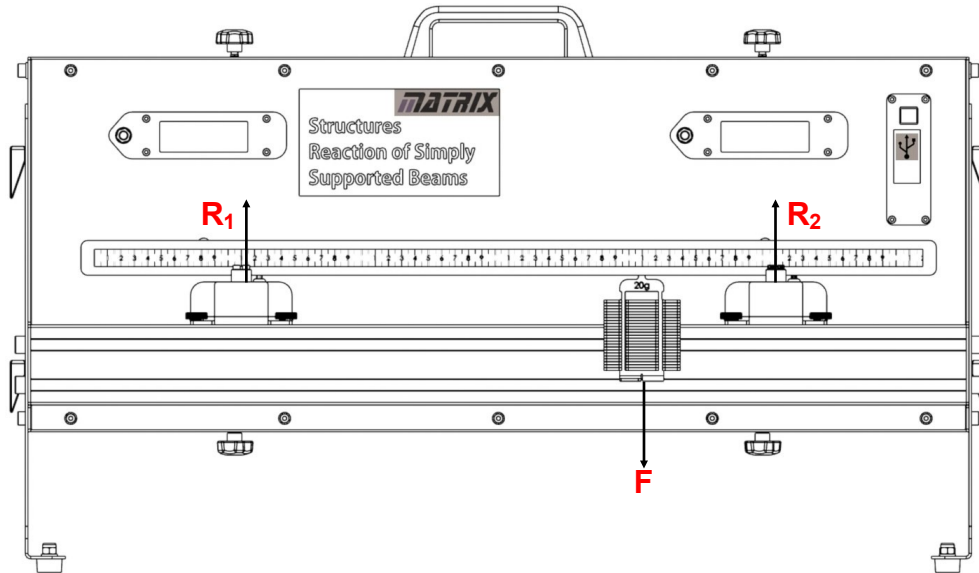
Défi !

Dessinez le diagramme des corps libres de cette installation.

Enquête B

Poids unique décalé par rapport au centre

À vous de jouer :



- Centrer la poutre sur les supports de la cellule de charge comme précédemment.
- Appuyez sur les boutons "zéro" pour éliminer le poids de la poutre des relevés.
- Ajouter la masse de 100g suspendue à la deuxième cheville en partant du support de droite. (c'est-à-dire 100 mm du support de droite et 300 mm du support de gauche).
- Enregistrez les forces R_1 et R_2 , affichées sur les écrans LCD dans le tableau 2 du document de l'élève.
- Augmentez la charge sur la poutre en ajoutant 100 g supplémentaires au cintre.
- Enregistrez à nouveau les relevés du capteur de charge.
- Continuer ainsi jusqu'à une masse totale de 500 g.
- Compléter le tableau 2.

Et alors ?

Une fois de plus, la poutre est en équilibre et donc :

- les forces verticales s'annulent ;
- les moments dans le sens des aiguilles d'une montre et dans le sens inverse s'annulent.

D'où :
$$F = R_1 + R_2$$

et de mettre en équation les moments autour de la position de la charge :

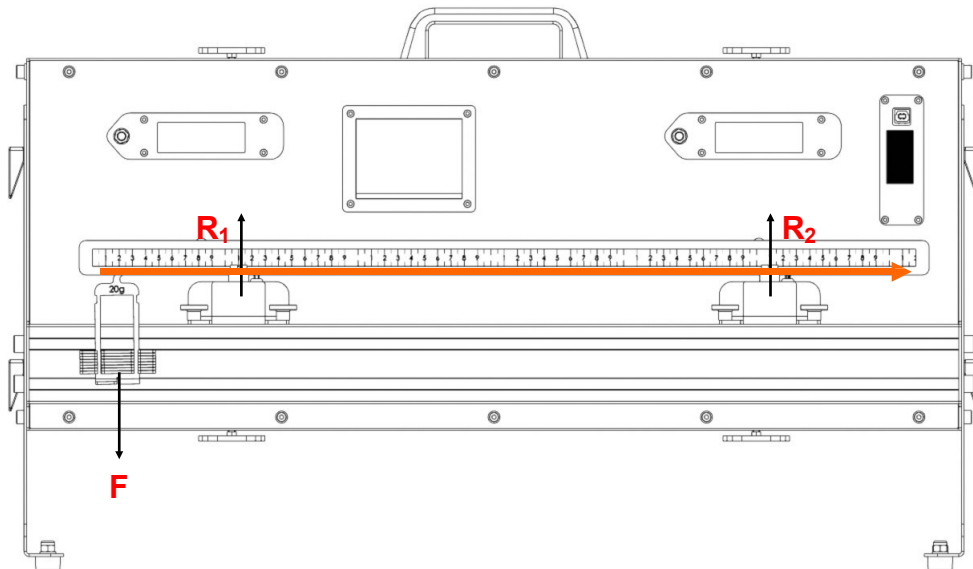
$$R_2 \times 100 = R_1 \times 300$$

$$R_2 = 3 \times R_1 .$$

Enquête C

Poids unique se déplaçant sur la poutre

À vous de jouer :



- Centrer la poutre sur les supports de la cellule de charge comme précédemment.
- Appuyez sur les boutons "zéro" pour éliminer le poids de la poutre des relevés.
- Ajouter l'accroche de la masse de 100g sur la position la plus à gauche
- Enregistrez les forces R_1 et R_2 , affichées sur les écrans LCD dans le tableau 3 du document de l'élève.
- Déplacer le cintre d'une position vers la droite
- Enregistrez à nouveau les relevés du capteur de charge.
- Continuer ainsi jusqu'à la poutre.
- Compléter le tableau 3

Et alors ?

Une fois de plus, la poutre est en équilibre et donc :

- les forces verticales s'annulent ;
- les moments dans le sens des aiguilles d'une montre et dans le sens inverse s'annulent.

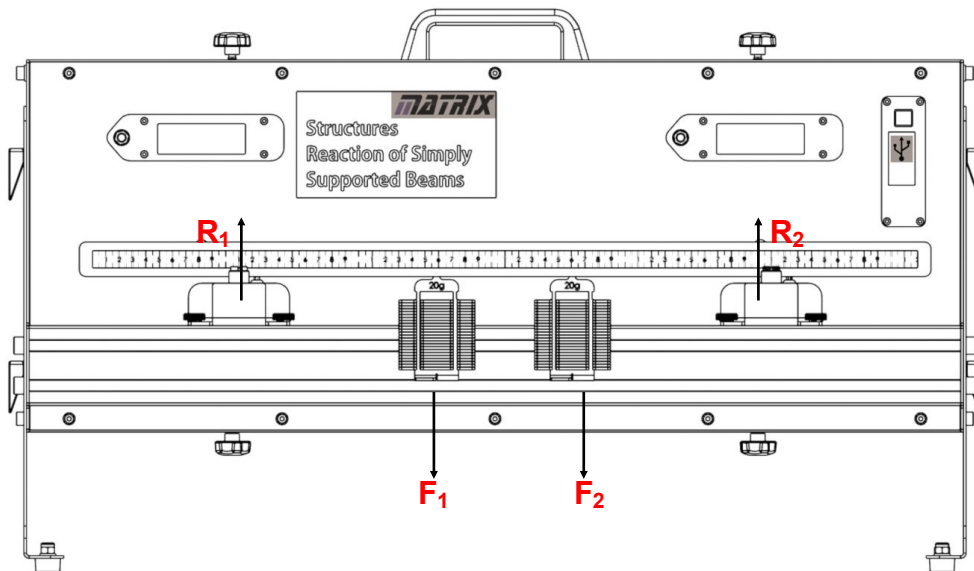
D'où : $F = R_1 + R_2$

Le transfert des forces de réaction négatives et positives est illustré lorsque le poids se déplace à l'intérieur et à l'extérieur des supports.

Enquête D

Deux poids

À vous de jouer :



- Centrer la poutre sur les supports de la cellule de charge comme précédemment.
- Appuyez sur les boutons "zéro" pour éliminer le poids de la poutre des relevés.
- Ajouter une masse de 100 g sur la deuxième cheville à partir du support de droite. (c'est-à-dire à 100 mm du support de droite) et un deuxième crochet sur la troisième cheville à partir du support de gauche (c'est-à-dire à 250 mm du support de droite).
- Comme précédemment, enregistrez les forces R_1 et R_2 , dans le tableau 4 du document de l'élève.
- Augmenter la charge sur la poutre de 100g à la fois jusqu'à un maximum de 500g.
- Enregistrez à nouveau tous les relevés des cellules de charge et complétez le tableau 4.

Et alors ?

Une fois de plus, la poutre est en équilibre et donc :

- les forces verticales s'annulent ;
- les moments dans le sens des aiguilles d'une montre

et dans le sens inverse s'annulent. D'où : $F_1 + F_2 =$

$$R_1 + R_2$$

Prendre des instants sur le support de la cellule de charge de droite :

$$R_1 \times 400 = F_1 \times 250 + F_2 \times 100$$

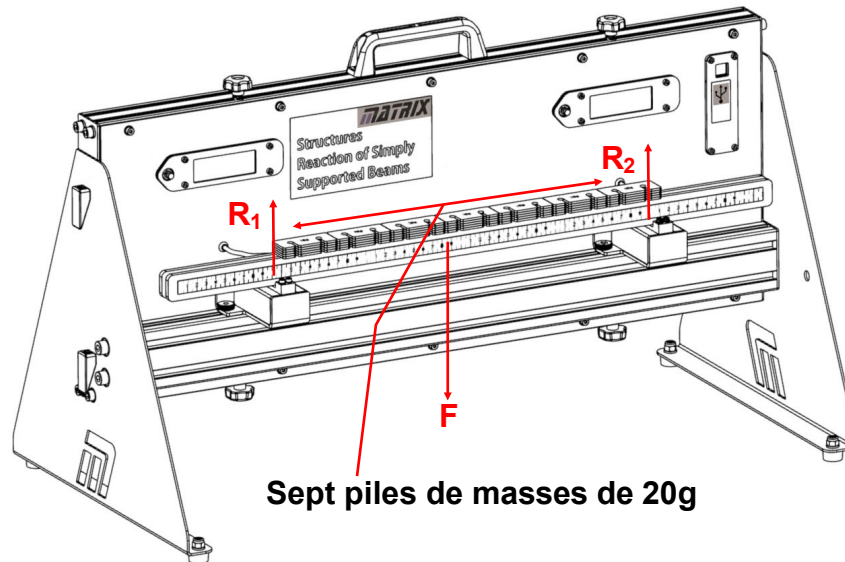
Défis !

- Dessinez le diagramme des corps libres pour cet arrangement.
- Testez ces équations pour une autre paire de forces F_1 et F_2 et pour ces deux forces placées à des distances différentes. Notez vos résultats dans les tableaux 5 et 6.
- Que se passe-t-il lorsque vous positionnez les suspensions en dehors des supports ?

Enquête E

Charge uniformément répartie au centre

À vous de jouer :



- Centrer la poutre sur les supports de la cellule de charge comme précédemment.
- Appuyez sur les boutons "zéro" pour éliminer le poids de la poutre des relevés.
- Répartissez sept masses individuelles de 20 g sur une ligne le long de la poutre entre les deux supports. Cela crée une charge uniformément répartie (UDL).
- Comme précédemment, enregistrez les forces R_1 et R_2 , dans le tableau 6 du document de l'élève.
- Ajoutez sept autres masses de 20 g pour obtenir sept piles de 40 g chacune.
- Enregistrez à nouveau les relevés du capteur de charge.
- Répétez ce processus jusqu'à ce que chaque pile contienne cinq masses et ait une masse de 100g. La charge totale est maintenant de 700g.
- Compléter le tableau 7.

Et alors ?

Jusqu'à présent, le poids de la poutre a été négligé (en mettant à zéro les cellules de charge avant d'ajouter le poids). Lorsque le poids de la poutre doit être pris en compte, il peut être représenté de la manière suivante.

La charge uniformément distribuée est répartie uniformément sur la poutre et peut être représentée par

une charge ponctuelle située en son centre, en l'occurrence au centre de la poutre.

Par conséquent, les forces de réaction sont égales, comme dans la première configuration, et donc $R_1 = R_2$

En prenant les moments autour de l'appui droit : $R_1 = F \times 200$

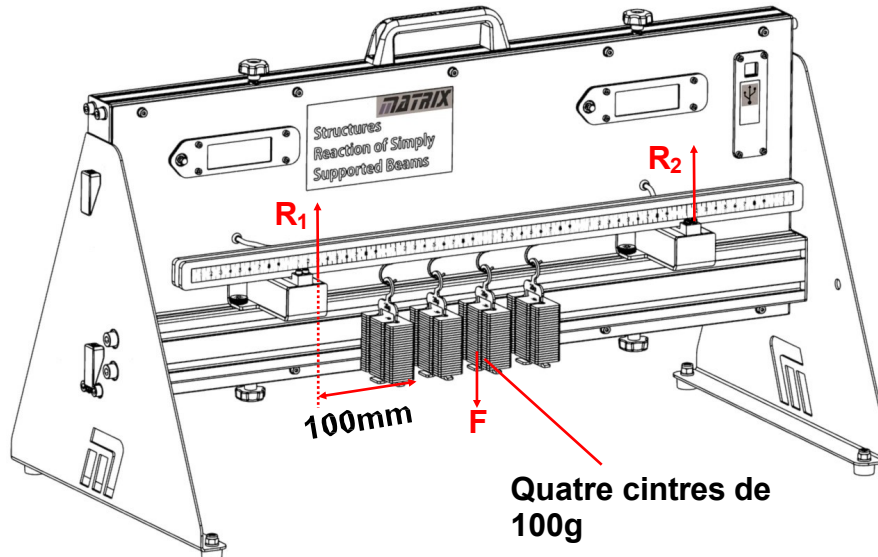
car le centre de la poutre est à 200 mm de l'appui.

Défi !

- Dessinez le diagramme des corps libres pour cet arrangement.

Charge uniformément répartie décalée par rapport au centre

À vous de jouer :



- Centrer la poutre sur les supports de la cellule de charge comme précédemment.
- Placez quatre crochets en "S" sur des chevilles consécutives, en commençant à 100 mm du support gauche.
- Appuyez sur les boutons "zéro" pour éliminer le poids de la poutre et des crochets.
- Ajoutez à chaque crochet en "S" des suspensions en masse d'un poids total de 100 g.
- Enregistrez les relevés du capteur de force pour R_1 et R_2 dans le tableau 8 de la fiche de l'élève.
- Ajoutez des masses de 100 g à chaque cintre et notez les forces résultantes R_1 et R_2 dans le tableau.
- Répétez ce processus jusqu'à ce que chaque cintre ait une masse de 500 g et complétez le tableau 8.

Et alors ?

Cette étude montre ce qui se passe lorsque les forces de l'UDL agissent comme une charge ponctuelle, au centre de la charge uniformément répartie, mais pas au centre de la poutre.

En prenant les moments autour du support de gauche : $R_2 \times 400 = F \times (100 + 75)$ car la LUD s'étend sur 150 mm et agit comme une charge ponctuelle située en son centre.

Prendre des instants sur le support de droite : $R_1 \times 400 = F \times 225$ car l'UDL agit comme une charge ponctuelle située à 225 mm du support de droite.

Défis !

- Dessinez le diagramme des corps libres pour cet arrangement.
- Modifiez l'arrangement en combinant des éléments provenant d'arrangements précédents. Dessinez le diagramme des corps libres pour l'arrangement modifié.
- Utilisez-le pour calculer les valeurs attendues des forces de réaction.
- Comparez ces résultats avec les valeurs mesurées sur les écrans LCD et commentez la comparaison.

Document de l'élève

Document de l'élève

A. Poids unique appliqué au centre
Tableau 1 :

A. Charge ponctuelle au centre				
Charge (g)	Charge F (N)	R ₁ (N)	R ₂ (N)	R + R ₁₂ (N)
100	1			
200	2			
300	3			
400	4			
500	5			

Défi !

Diagramme de corps libre pour la configuration **A** :

B. Poids unique décalé par rapport au centre
Tableau 2 :

B. Charge ponctuelle à 100 mm du support droit				
Charge (g)	Charge F (N)	R ₁ (N)	R ₂ (N)	R + R ₁₂ (N)
100	1			
200	2			
300	3			
400	4			
500	5			

C. Poids unique se déplaçant sur la poutre Tableau 3 :

C. Charge ponctuelle se déplaçant sur la poutre				
Position	Distance par rapport à gauche (mm)	R ₁ (N)	R ₂ (N)	R + R ₁₂ (N)
1	-100			
2	-50			
3	0			
4	50			
5	100			
6	150			
7	200			
8	250			
9	300			
10	350			
11	400			
12	450			
13	500			

D. Deux poids

Tableau 4 :

D. Charges ponctuelles à 100 mm et 250 mm du support droit						
Chargement 1 (g)	Chargement 2 (g)	Charge F_1 (N)	Charge F_2 (N)	R_1 (N)	R_2 (N)	$R + R_{12}$ (N)
100	100	1	1			
200	200	2	2			
300	300	3	3			
400	400	4	4			
500	500	5	5			

Défi !

Diagramme de corps libre pour la configuration **D** :

Tableau 4 :

D. Charges ponctuelles à 100 mm et 250 mm du support droit						
Chargement 1 (g)	Chargement 2 (g)	Charge F_1 (N)	Charge F_2 (N)	R_1 (N)	R_2 (N)	$R + R_{12}$ (N)

Tableau 5 :

D. Charges ponctuelles à mm et mm du support droit						
Chargement 1 (g)	Chargement 2 (g)	Charge F_1 (N)	Charge F_2 (N)	R_1 (N)	R_2 (N)	$R + R_{12}$ (N)

Lorsque vous positionnez les suspensions à l'extérieur des supports :

.....

.....

.....

.....

Document de l'élève

E. Charge uniformément répartie au centre
Tableau 7 :

E. L'UDL au centre				
Charge totale (g)	Charge totale F (N)	R ₁ (N)	R ₂ (N)	R + R ₁₂ (N)
140	1.4			
280	2.8			
420	4.2			
560	5.6			
700	7.0			

Défi !

Diagramme de corps libre pour la configuration **E** :

F. Charge uniformément répartie décalée par rapport au centre
Tableau 8 :

F. UDL décentrée										
Chargement ¹ (g)	Chargement ² (g)	Chargement ³ (g)	Chargement ⁴ (g)	Chargement ¹ (N)	Chargement ² (N)	Chargement ³ (N)	Chargement ⁴ (N)	R ₁ (N)	R ₂ (N)	R + R ₁₂ (N)
100	100	100	100	1	1	1	1			
200	200	200	200	2	2	2	2			
300	300	300	300	3	3	3	3			
400	400	400	400	4	4	4	4			
500	500	500	500	5	5	5	5			

Document de l'élève

Défis !

Diagramme de corps libre pour la configuration **E** :

Diagramme de corps libre pour la configuration modifiée :

Calculs pour déterminer R_1 et R_2 :

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Commenter la comparaison avec les valeurs mesurées :

.....
.....
.....

Notes pour le Instructeur

A propos de ce cours

Introduction

Ce module permet aux étudiants d'étudier les effets des forces générées dans des structures de poutres simples à travers une séquence structurée d'investigations pratiques.

À l'aide du kit, les élèves remplissent une série de fiches de travail portant sur un certain nombre de sujets abordés dans les cours BTEC Higher National et équivalents.

Objectif

Le cours enseigne aux étudiants les relations entre et les effets des forces apparaissant dans les structures de poutres simples et leurs supports.

Connaissances préalables

Les étudiants sont censés avoir suivi un cours d'introduction aux sciences, leur permettant de prendre, d'enregistrer et d'analyser des observations scientifiques et d'apprécier les erreurs qui leur sont inhérentes.

Des compétences en mathématiques sont requises.

Utiliser ce cours :

Les feuilles de travail et le document de l'élève doivent être imprimés ou photocopiés, de préférence en couleur, pour l'usage des élèves.

Chaque feuille de travail comprend

- une introduction au sujet étudié ;
- des instructions étape par étape pour l'enquête qui suit.

La fiche de l'élève est un enregistrement des mesures prises dans chaque feuille de travail et des questions qui s'y rapportent. Les élèves n'ont pas besoin d'une copie permanente des fiches de travail, mais ils ont besoin de leur propre copie de la fiche de l'élève.

Ce format encourage l'auto-apprentissage, les étudiants travaillant à un rythme adapté à leurs capacités. C'est à l'instructeur de s'assurer que la compréhension de l'élève suit le rythme de progression des fiches de travail. Une façon de le faire est de "signer" chaque fiche de travail au fur et à mesure que l'étudiant la remplit, et de discuter brièvement avec lui pour évaluer sa compréhension des idées impliquées dans les exercices qu'elle contient.

Nous sommes conscients qu'en tant que praticien d'une matière, c'est à vous qu'il revient de déterminer comment et ce que les élèves apprennent. Les feuilles de travail ne sont pas destinées à remplacer ce savoir ou tout autre savoir sous-jacent que vous choisissez d'enseigner. Pour les experts en la matière, les "Notes pour l'instructeur" sont fournies simplement pour révéler le raisonnement qui sous-tend l'approche adoptée.

Pour le personnel dont les connaissances de base ne se situent pas dans le domaine couvert par le cours, ces notes peuvent à la fois apporter des éclaircissements et des conseils.

Le temps :

Il faudra aux élèves entre trois et cinq heures pour remplir les feuilles de travail. On s'attend à ce qu'une durée similaire soit nécessaire pour soutenir l'apprentissage qui en résulte.

Objectifs d'apprentissage

A l'issue de ce cours, l'étudiant sera capable de :

- décrire trois applications impliquant l'utilisation de poutres ;
- énoncer la fonction d'une cellule de charge ;
- dessiner les symboles des supports simples, des supports à rouleaux et des supports à broches ;
- calculer le moment d'une force donnée par rapport à un point situé à une distance connue de la force ;
- expliquer ce que signifie le terme "*équilibre*" en termes de forces agissant sur un objet et de leurs moments ;
- calculer les forces de réaction pour une poutre simple de poids connu en équilibre sur deux supports ;
- dessiner un diagramme de corps libre pour un corps soumis à un certain nombre de forces coplanaires ;
- expliquer ce que signifie le terme "*charge uniformément répartie*" (UDL) ;
- calculer les forces de réaction pour une charge uniformément répartie en équilibre sur deux supports ;
- comparer les valeurs calculées et mesurées des forces de réaction et expliquer les différences éventuelles en termes d'erreurs systématiques.

Notes pour l'instructeur

Feuille de travail	Notes
<p>Introduction</p> <p>Calendrier 10 - 20 minutes</p>	<p>Concepts concernés : cellule de charge affichage LCD support simple support à rouleaux support à broches force de réaction</p> <p>Les instructeurs doivent proposer un guide rapide de l'équipement, en indiquant les cellules de charge, leurs boutons de réinitialisation et les écrans LCD correspondants.</p> <p>En fonction de l'expérience antérieure des élèves, l'instructeur peut être amené à décrire la différence entre les différents types de support en termes de forces de réaction qu'ils peuvent offrir.</p>
<p>A</p> <p>Poids unique appliqué au centre</p> <p>Calendrier 20 - 30 minutes</p>	<p>Concepts concernés : équilibre moment d'une force diagramme de corps libre</p> <p>C'est à ce stade qu'il convient de faire la distinction entre les diagrammes de corps libre (FBD) et les diagrammes d'espace.</p> <p>L'instructeur peut mener une discussion en classe sur la raison pour laquelle le poids de la poutre non chargée est éliminé au début de l'enquête.</p> <p>Il se peut que certains étudiants aient besoin d'effectuer les calculs décrits dans la section "Et alors ? Ces calculs sont essentiels pour le reste du module.</p>
<p>B</p> <p>Poids unique décalé par rapport au centre</p> <p>Timing 20 - 30 minutes</p>	<p>Cette section suit la même procédure et utilise les mêmes arguments que la section précédente, mais pour une charge ponctuelle qui est déplacée du centre de la poutre.</p>
<p>C</p> <p>Deux poids</p> <p>Calendrier 20 - 30 minutes</p>	<p>La procédure et les arguments sont les mêmes, mais pour une poutre qui supporte deux charges.</p> <p>Les élèves effectuent ensuite leurs propres variations en utilisant différentes charges à différentes distances. Les groupes les plus rapides et les plus compétents peuvent être encouragés à étudier l'effet de trois charges ou plus.</p> <p>Une discussion en classe pourrait porter sur l'effet du placement des poids à l'extérieur des supports.</p>
<p>D Décalage de l'UDL par rapport au centre</p> <p>Calendrier 20 - 30 minutes</p>	<p>Concepts concernés : charge uniformément répartie</p> <p>L'objectif est de montrer que l'UDL a le même effet qu'une charge ponctuelle au centre.</p> <p>Ce résultat montre comment gérer un faisceau dont le poids ne peut être ignoré.</p>
<p>E</p> <p>L'UDL au centre</p> <p>Calendrier 20 - 30 minutes</p>	<p>Concepts concernés : erreurs systématiques et aléatoires</p> <p>Les élèves étudient l'effet d'un UDL décentré. Une partie du plan consiste à calculer les forces de réaction attendues et à comparer les résultats avec les valeurs mesurées. On espère que les résultats seront comparables, mais cela permet de discuter de l'effet des erreurs sur les relevés, qu'elles soient systématiques ou aléatoires.</p>