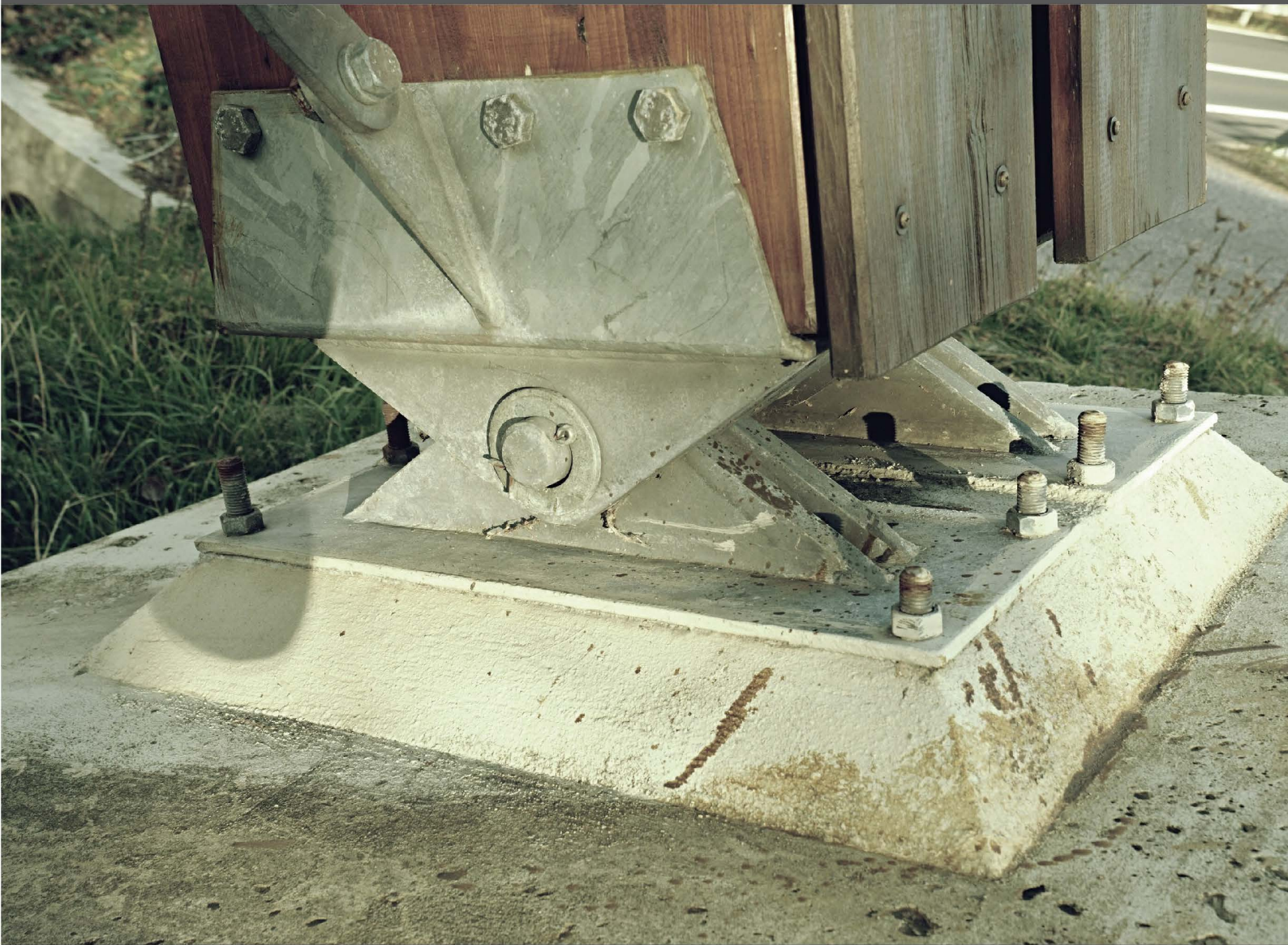


MATRIX | STRUCTURES

Shear Force



MATRIX

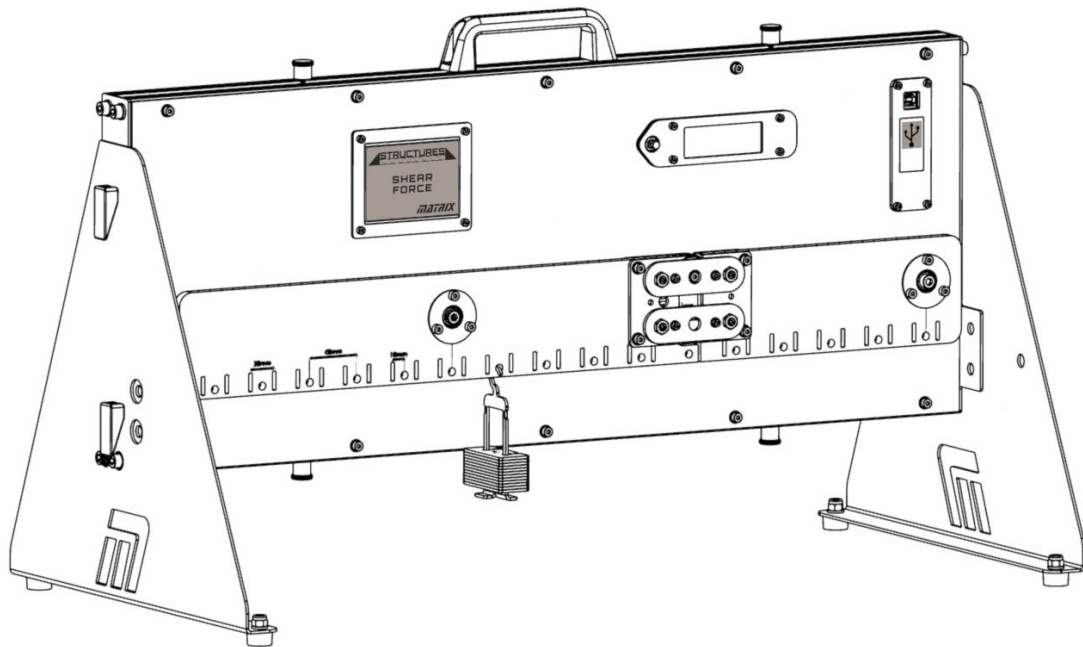
CP4708

www.matrixtsl.com

Copyright © 2021 Matrix Technology Solutions Limited

Force de cisaillement

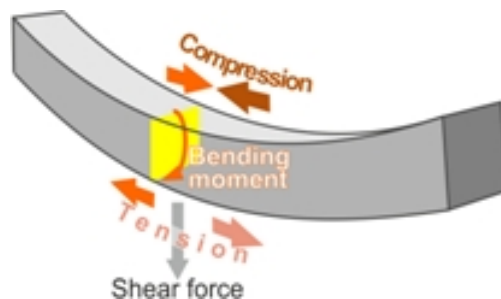
Fiche de travail 1 -	Modification de la charge	7
Fiche de travail 2 -	Déplacement de la charge	9
Fiche de travail 3 -	Charges multiples	11
Fiche de travail 4 -	Charge uniformément répartie	12
Document de l'élève		14
Notes pour l'instructeur		23



Contexte :

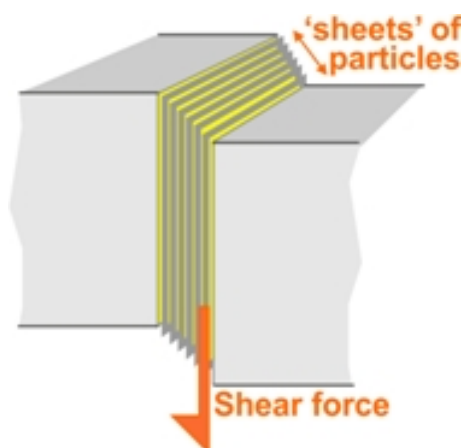
Lorsqu'une force agit sur une structure telle qu'une poutre, elle peut la faire plier ou même la fissurer.

Les particules qui composent la poutre sont attirées les unes par les autres - c'est pourquoi la poutre est un objet rigide. Sous l'action d'une force extérieure agissant vers le bas, elles se rapprochent les unes des autres près de la surface supérieure et s'éloignent les unes des autres près du bord inférieur.



A l'intérieur, ces forces, vues sur une coupe transversale de la poutre, peuvent être considérées comme une combinaison d'une force résultante et d'un couple résultant. Le couple interne résultant est appelé **moment de flexion**. La force interne résultante est appelée **force de cisaillement**.

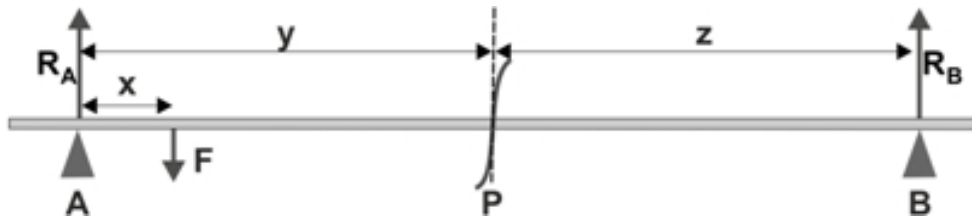
Lorsque cette force de cisaillement est suffisamment importante, elle peut faire glisser les feuilles de particules du faisceau les unes sur les autres. C'est un peu comme l'effet d'une poussée latérale sur la carte supérieure d'un jeu de cartes. Le paquet se déforme à mesure que chaque carte glisse sur celle qui se trouve en dessous.



Contexte

Le diagramme ci-dessous montre les forces **externes** agissant sur une poutre de poids négligeable, reposant sur des supports simples, **A** et **B**, avec une charge ponctuelle **F** agissant sur elle. Les supports exercent des forces de réaction **R_A** et **R_B**. En examinant ces forces, on constate que la poutre est en équilibre :

$$R_A + R_B = F$$



Une coupe imaginaire est faite au point **P**. La section étiquetée **AP** est en équilibre et les forces qui agissent sur elle doivent donc s'annuler.

Ces forces sont la force de réaction **R_A** au niveau du support **A**, la force **F** et la force de cisaillement **V**. La force de cisaillement est interne. Une force de cisaillement interne égale et opposée, agissant juste après la tranche **P**, l'annule.



L'équation ci-dessus montre que la force **F** est plus grande que la réaction **R_A**. Par conséquent, la force de cisaillement **V** doit agir verticalement vers le haut pour maintenir la section **AP** en équilibre.

Puisque cette section est en équilibre :

$$R_A + V = F$$

La force **F** est connue. La force de réaction **R_A** peut être calculée en appliquant le principe de moments sur le soutien **B**.

La force de cisaillement **V** peut donc être calculée.

(On peut aussi considérer le segment **PB**, qui est également en équilibre :

$$V = R_B$$

La force de réaction **R_B** peut être calculée en appliquant le principe des moments autour du support **A**.)

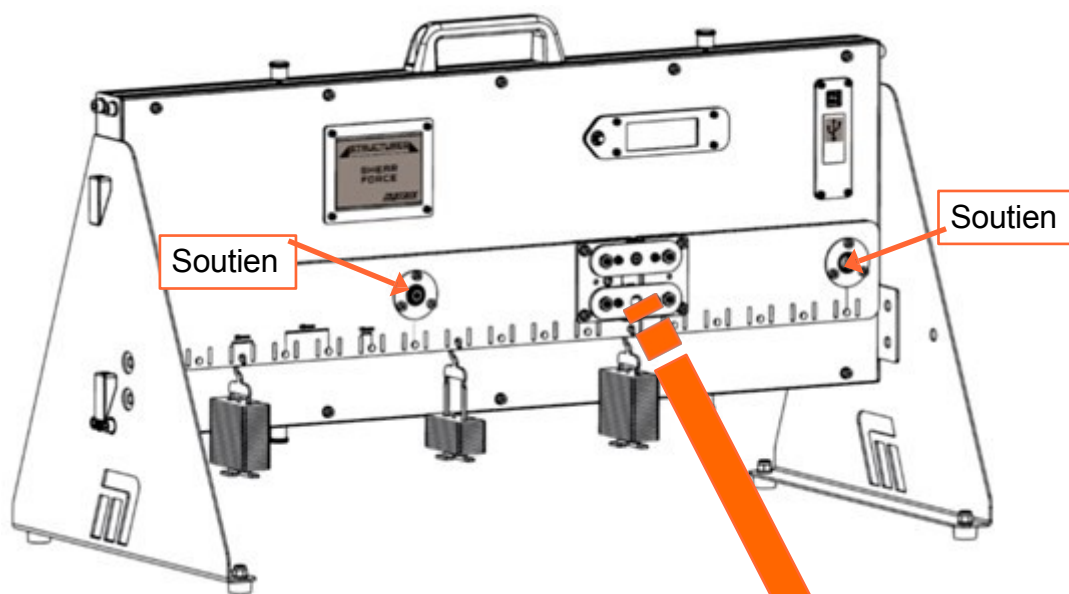
L'appareil :

L'appareil "Structures - Force de cisaillement" nous permet d'étudier cette force de cisaillement interne. Il se compose d'une poutre, soutenue en deux points, divisée en deux sections reliées par un pivot.

Une cellule de charge, qui traverse l'espace entre les sections, mesure la force entre les deux sections. Cette mesure permet de calculer la force de cisaillement au niveau de cette tranche.

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.

Détail de l'assemblage de la cellule de charge :



Ces deux barres font partie du système de liaison qui garantit que les deux sections de la poutre se déplacent parallèlement l'une à l'autre, reflétant ainsi l'effet de la force de cisaillement.

Fiche de travail 1

Modification de la charge

La conception d'une structure détermine les charges qu'elle peut supporter. Il peut être dangereux de dépasser la charge maximale.

Pour un pont comme celui de la photo, le point le plus faible se situe généralement au centre de la travée.

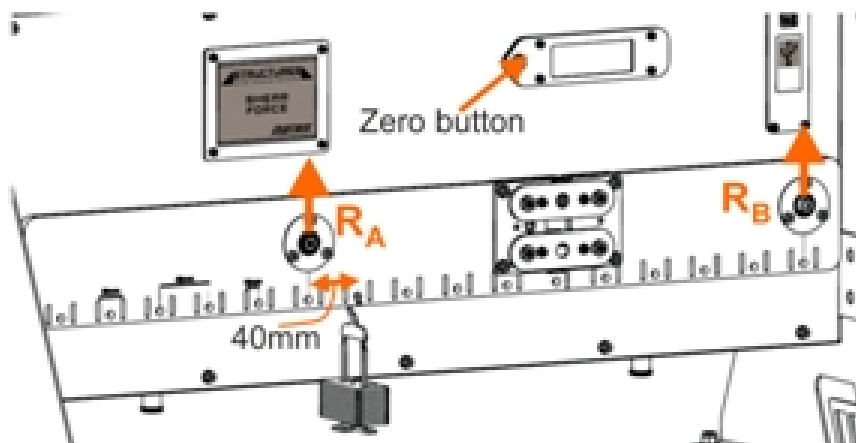
L'ingénieur structurel doit être en mesure de prévoir les effets de différentes charges sur la structure.

Cette expérience explore l'effet de la modification de la charge sur une poutre sur la force de cisaillement résultante.



À vous de jouer :

- Assurez-vous que l'appareil est de niveau.
- Appuyez sur le bouton de l'écran LCD pour mettre l'appareil à zéro. Cela permet d'éliminer le poids de la poutre et de la cellule de charge dans les calculs ultérieurs.
- Placer un cintre vide à 40 mm (un trou) du support gauche, comme suit illustré dans le diagramme ci-dessous.
- Enregistrez la charge mesurée par la cellule de charge, soit dans une feuille de calcul, soit dans le tableau de la fiche de l'élève.
- Augmenter la masse sur le cintre par paliers de 40g, jusqu'à un maximum de 300g et enregistrer la charge mesurée à chaque fois.



Fiche de travail 1

Modification de la charge

À vous de jouer

- Utilisez les formules données dans le document de l'élève pour déterminer :
 - la force de réaction R_B ;
 - les valeurs mesurées et calculées de la force de cisaillement, V .
- Utilisez les axes fournis pour tracer les graphiques de la force de cisaillement mesurée en fonction de la charge suspendue et de la force de cisaillement calculée en fonction de la charge suspendue.
- Dans le document de l'élève, répondez à la question sur la façon d'obtenir la valeur de la réaction force R_A .

Et alors ?

La force de cisaillement calculée et la force de cisaillement mesurée expérimentalement produisent des traces très similaires sur les graphiques, ce qui montre que les équations utilisées pour obtenir la valeur calculée sont robustes et peuvent être utilisées pour prédire le comportement de la poutre.

Défi :

- Utilisez le diagramme de corps libre fourni dans le manuel de l'étudiant pour compléter le diagramme de force de cisaillement pour ce montage lorsque la charge appliquée est à son maximum (2,94 N).

Fiche de travail 2

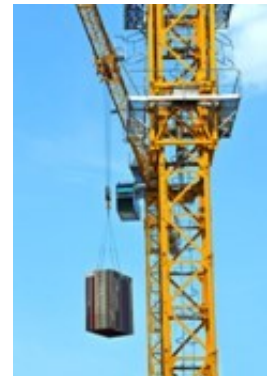
Déplacement de la charge

Le rôle d'une grue, comme la grue à tour ci-contre, est de déplacer de lourdes charges d'un endroit à un autre.

Au fur et à mesure que la charge se déplace, les contraintes qu'elle exerce sur la structure de la grue changent. La grue doit être conçue pour résister à la contrainte maximale.

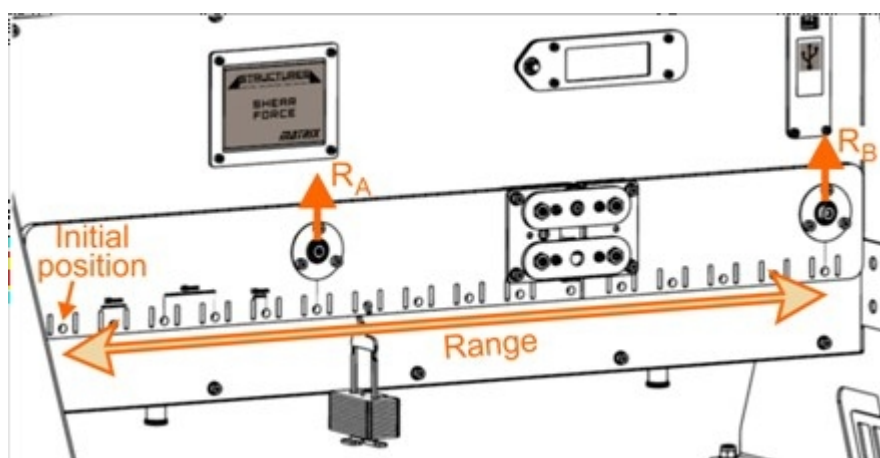
L'ingénieur concepteur doit être en mesure de prédire quelle sera cette contrainte maximale.

Cette expérience explore l'effet du déplacement d'une charge fixe le long de la poutre sur la force de cisaillement résultante.



À vous de jouer :

- Assurez-vous que l'appareil est de niveau.
- Appuyez sur le bouton de l'écran LCD pour mettre l'équipement à zéro et éliminer le poids de la poutre et du capteur.
- L'expérience utilise une charge fixe de 300g (2,94N). Placez initialement une masse de 300g à l'extrémité gauche de la poutre, comme indiqué dans le diagramme ci-dessous.
- Enregistrez la charge mesurée par la cellule de charge soit dans une feuille de calcul, soit dans le tableau de l'annexe.
Document de l'élève.
- Déplacez le cintre de masse de 300 g jusqu'au trou suivant sur la droite (c'est-à-dire à 40 mm de la position initiale) et enregistrez la nouvelle lecture du capteur de charge.



Fiche de travail 2

Déplacement de la charge

A vous de jouer.....

- Continuez ainsi, en déplaçant la charge de 300 g le long de la poutre, trou par trou, et en enregistrant les relevés du capteur de charge.
- Utilisez ces relevés pour calculer les forces de réaction aux supports **A** et **B** pour chaque position. Déterminez donc les valeurs mesurées et calculées de la force de cisaillement.
- Tracer les graphiques de la force de cisaillement mesurée en fonction de la distance et de la force de cisaillement calculée en fonction de la distance.

Des axes appropriés sont fournis dans le document de l'élève.

Choisissez une échelle appropriée pour l'axe vertical et ajoutez des étiquettes appropriées pour indiquer votre choix.

Et alors ?

La force de cisaillement produite par la charge dépend de l'endroit exact où la charge est appliquée.

Lorsque la charge se trouve directement sous un support, il n'y a pas de force de cisaillement au niveau de la tranche du capteur.

Lorsque la charge atteint la tranche, la force de cisaillement change de signe. Le capteur est d'abord en tension, puis soudainement en compression lorsque la charge passe.

Défi :

- Confirmez ces résultats en répétant le processus avec une charge différente. Pour simplifier l'enquête, déplacez la nouvelle charge par étapes de 80 mm (deux trous).

Comme dans la première partie, enregistrez les résultats soit dans une feuille de calcul, soit dans le tableau figurant dans le document de l'élève.

Fiche de travail 3

Charges multiples

Les deux premières études ont porté sur l'effet d'une charge unique sur la poutre.

Dans la réalité, les structures doivent résister à de nombreuses charges simultanément.

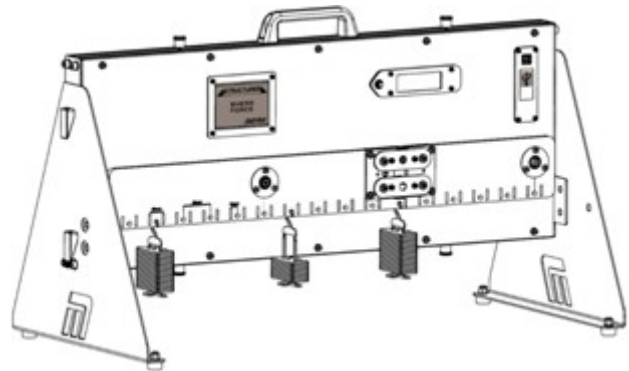
Cependant, le principe de superposition des forces stipule que l'effet global de plusieurs charges est simplement la somme de leurs effets individuels.

En d'autres termes, l'approche utilisée dans les études précédentes, pour une charge unique, est également valable ici.



Schéma :

Étudier l'effet global sur la force de cisaillement de trois charges différentes placées à trois endroits différents de la poutre.



À vous de jouer :

Défi :

- Placez trois charges différentes dans des positions différentes sur la poutre.
- Enregistrez leurs poids, leurs positions et la lecture du capteur de charge qui en résulte.
- Calculer la force de cisaillement résultante au niveau de la tranche en utilisant la force mesurée par le capteur de charge.
- Dans le document de l'élève, dessinez le diagramme de corps libre de ce système.
- Appliquer le principe des moments pour calculer les forces de réaction générées par les supports.
- Calculez la force de cisaillement théorique au niveau de la tranche en utilisant l'une de ces forces de réaction.
- Vérifiez cette valeur en la calculant à nouveau, en utilisant l'autre force de réaction.
- À l'aide des tableaux figurant dans le document de l'élève ou d'une feuille de calcul, enregistrez les résultats et vos calculs.
- Répétez le même processus pour trois dispositions de chargement différentes.

Fiche de travail 3

Charges multiples

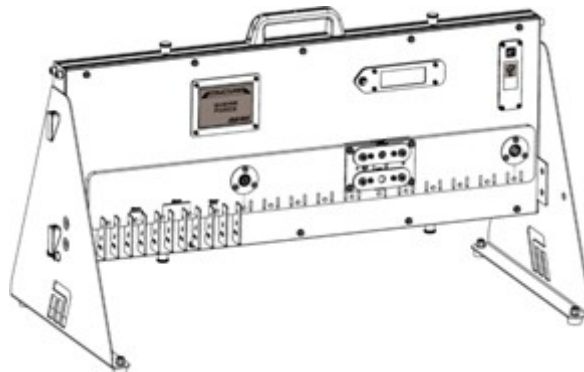
Jusqu'à présent, nous n'avons considéré que les charges ponctuelles, dont les effets sont concentrés en des points spécifiques de la structure. Très souvent, les charges réelles sont réparties, c'est-à-dire qu'elles s'étendent sur une région.

Une charge uniformément répartie (UDL) est une charge qui est répartie de telle sorte que chaque unité de longueur de la structure est chargée de la même manière.



Schéma :

L'objectif est d'étudier l'effet sur la force de cisaillement d'une charge uniformément répartie située à l'extrémité gauche de la poutre.



À vous de jouer :

Défi :

- Créez une charge uniformément répartie en plaçant onze masses de 20 g dans des trous adjacents à l'extrémité gauche de la poutre, comme indiqué dans le diagramme, créant ainsi une charge de 2,16 N.
- Enregistrez le relevé du capteur de charge qui en résulte.
- Calculer la force de cisaillement au niveau de la tranche à l'aide de la force mesurée par le capteur de charge.
- Dans le document de l'élève, dessinez le diagramme de corps libre de ce système.
- Utilisez le principe des moments pour calculer les forces de réaction générées par les supports.
- Calculer donc la force de cisaillement théorique au niveau de la tranche.
- Vérifiez cette valeur en la calculant à nouveau, en utilisant l'autre force de réaction.
- À l'aide des tableaux figurant dans le document de l'élève ou d'une feuille de calcul, enregistrez les résultats et vos calculs.

Fiche de travail 4

Charge uniformément répartie

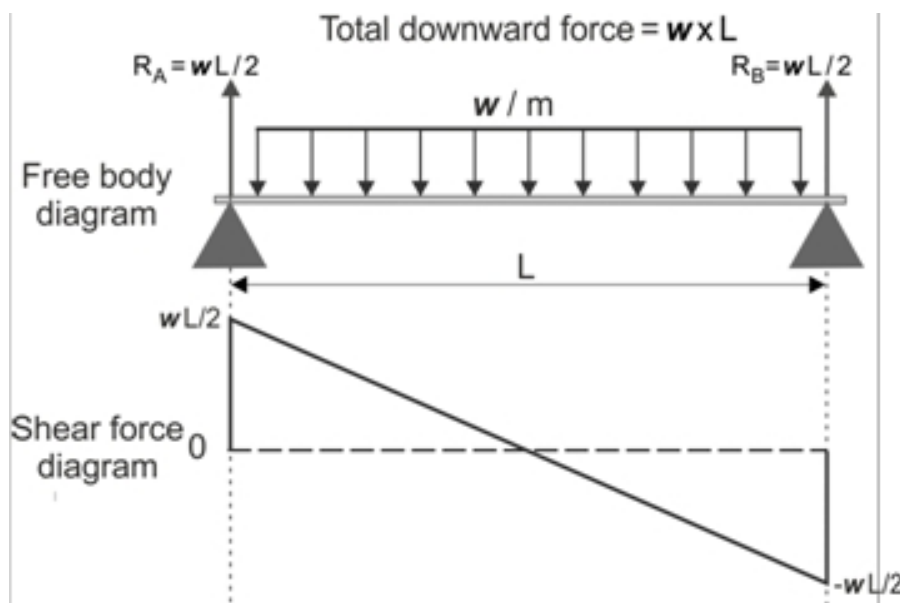
Et alors ?

La dernière enquête a porté sur les charges en trois points.

Imaginez un grand nombre de charges ponctuelles placées les unes à côté des autres : il s'agit d'une charge répartie.

Le fait qu'il s'agisse d'une charge répartie n'affecte pas les forces de réaction résultantes au niveau des appuis, mais affecte les forces de cisaillement produites.

Le diagramme montre l'effet d'une charge uniformément répartie sur la force de cisaillement résultante. L'une des conséquences est que les charges uniformément réparties sont moins susceptibles de provoquer la flexion ou la rupture d'une structure que les charges ponctuelles.



Document de l'élève

Feuille de travail 1 - Modification de la charge

Masse m de la charge en g	Poids F de la charge en N	Force de réaction R_B en N	Calculé force de cisaillement V en N	Cellule de charge c in g de lecture	Lecture de la cellule de charge L en N	Force de cisaillement mesurée V en N
20						
60						
100						
140						
180						
220						
260						
300						

Complétez le tableau à l'aide des formules suivantes :

Poids = masse x force du champ gravitationnel,
 où force du champ gravitationnel = $9,81\text{N.kg}^{-1}$.
 (Attention, toutes les masses doivent être exprimées en kg).

D'où : $F = m / 1000 \times 9,81$ et $L = c / 1000 \times 9,81$

Application du principe des moments aux forces **externes** exerçant des moments sur le support **A** :

$$R_B \times 0,4 = F \times 0,04 \Rightarrow R_B = (F \times 0,04) / 0,4$$

En regardant le segment **PB**, qui est en équilibre :

$$V = R_B$$

Comment utiliseriez-vous les résultats ci-dessus pour obtenir les valeurs de la force de réaction R_A au niveau du support **A** ?

.....

.....

.....

.....

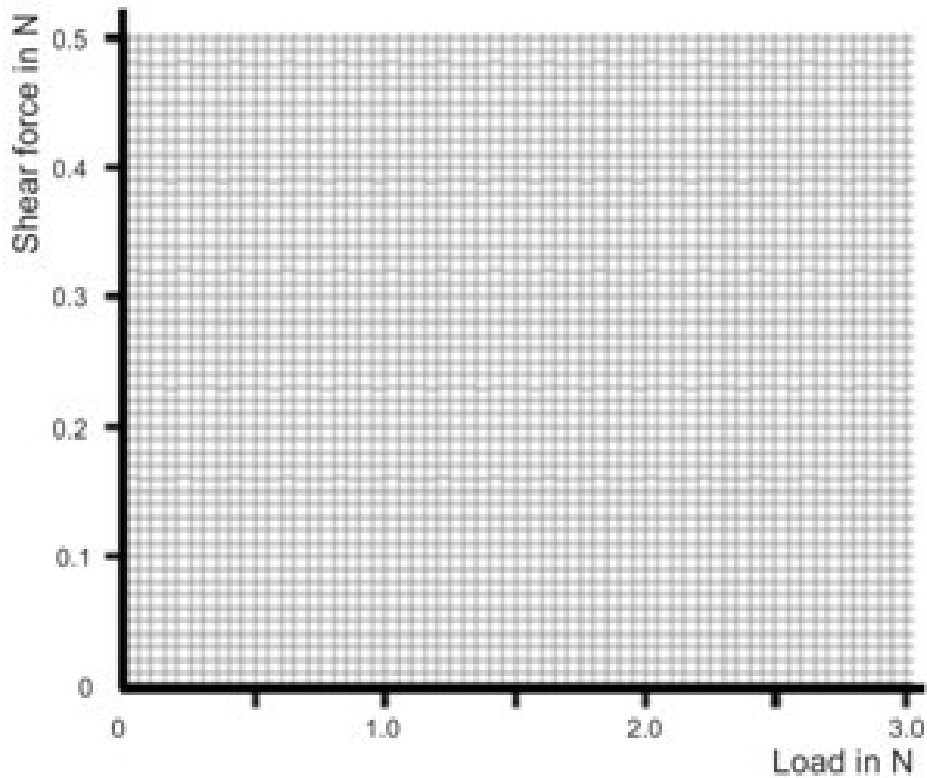
Document de l'élève

Feuille de travail 1

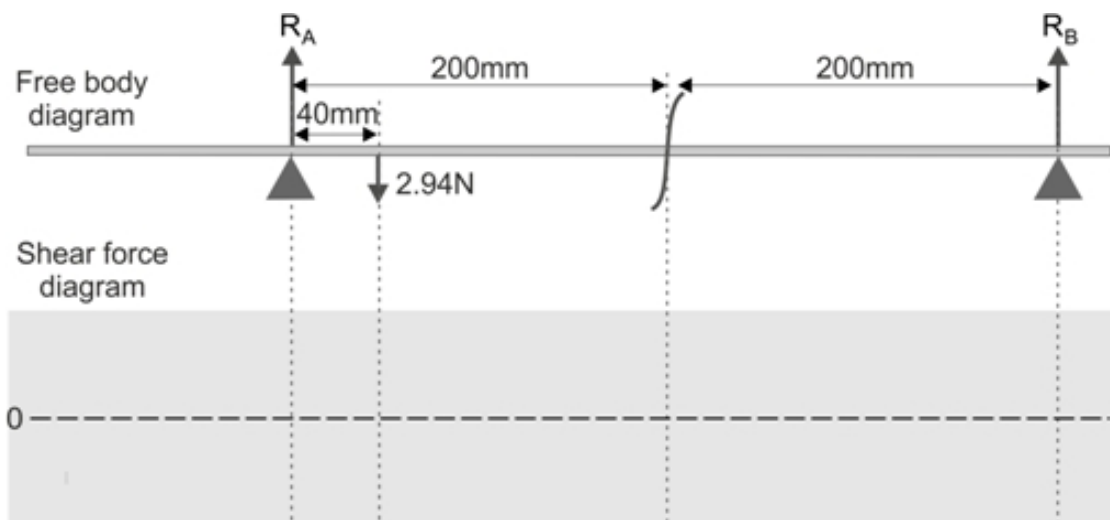
Graphiques de la force de cisaillement en fonction de la charge suspendue pour les valeurs mesurées et calculées :

Faites apparaître vos mesures sous forme de petites croix.

Utilisez des couleurs différentes pour les deux traces afin de pouvoir les distinguer facilement.



Chal- lence :
Diagramme de corps libre pour une charge appliquée de 2,94 N (charge maximale).



Feuille de travail 2 - Déplacer la charge

1. Charge = 300g :

Distance x de gauche à m	Cellule de charge c in g de lecture	Cellule de charge lecture de L dans N	Réaction force R_A en N	Réaction force R_B en N	Mesuré force de cisaillement V en N	Calculé force de cisaillement V en N
0						
0.04						
0.08						
0.12						
0.16						
0.20						
0.24						
0.28						
0.32						
0.36						
0.40						
0.44						
0.48						
0.52						
0.56						
0.60						

Défi :

2. Charge = :

Distance x de gauche à m	Cellule de charge c in g de lecture	Cellule de charge lecture de L dans N	Réaction force R_A en N	Réaction force R_B en N	Mesuré force de cisaillement V en N	Calculé force de cisaillement V en N
0						
0.08						
0.16						
0.24						
0.32						
0.40						
0.48						
0.56						
0.60						

Document de l'élève

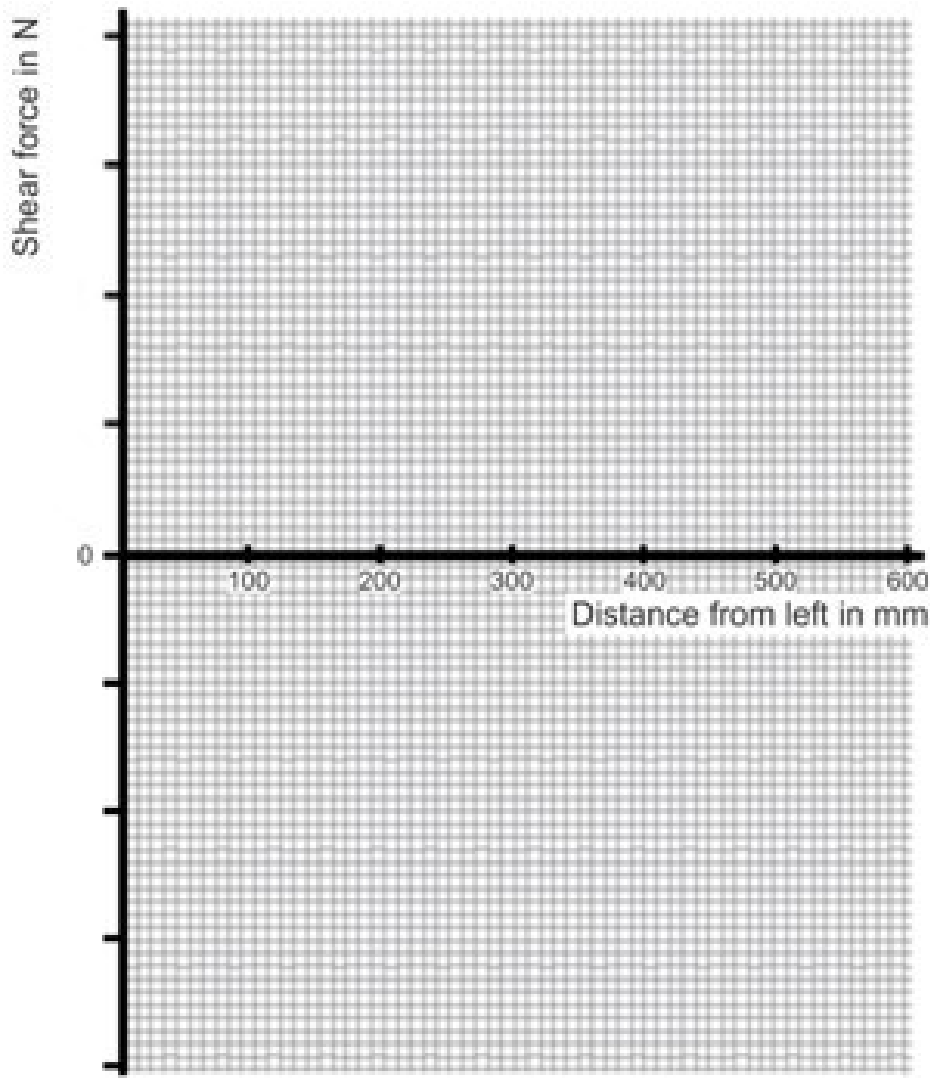
Feuille de travail 2

Pour une charge de 300 g, tracez les graphiques de la force de cisaillement **mesurée** en fonction de la distance x et de la force de cisaillement **calculée** en fonction de la distance x sur les mêmes axes.

Graphique de la force de cisaillement en fonction de la distance le long de la poutre :

Faites apparaître vos mesures sous forme de petites croix.

Utilisez des couleurs différentes pour les deux traces afin de pouvoir les distinguer facilement.



Document de l'élève

Feuille de travail 3 - Charges multiples

Utilisez l'espace suivant pour dessiner les tableaux de vos résultats si vous le souhaitez.

Schéma du corps libre de l'arrangement :

Document de l'élève

Feuille de travail 4 - Charge uniformément répartie

Utilisez l'espace suivant pour dessiner les tableaux de vos résultats si vous le souhaitez.

Schéma du corps libre de l'arrangement :

Feuille de travail 4 - Charge uniformément répartie

- Montrez tous vos calculs et décrivez ce qu'ils montrent
- Donnez les valeurs mesurées et théoriques de la force de cisaillement au niveau de la tranche.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Notes pour le Instructeur

A propos de ce cours

Introduction

Le module "Structures - Effort de cisaillement" introduit les étudiants au concept d'effort de cisaillement, qui résulte de l'application d'une charge à une poutre.

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. Au départ, ces fiches de travail fournissent tous les détails des recherches. Par la suite, cet "échafaudage" est réduit, encourageant les élèves à démontrer leurs connaissances et leur compréhension dans de nouvelles situations.

Objectif

Le cours enseigne aux étudiants les relations entre les charges appliquées et les forces de cisaillement qui en résultent.

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. Une certaine capacité mathématique est requise - capacité à prendre des mesures sur une balance analogique, capacité à comprendre la transposition des formules, capacité à utiliser une calculatrice pour effectuer des calculs et capacité à tracer un graphique.

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.

Le document de l'élève est un enregistrement des mesures prises dans chaque feuille de travail et des questions relatives à l'évaluation de la qualité de l'eau et de l'air. Les élèves n'ont pas besoin d'une copie permanente des feuilles de travail, mais ils ont besoin de leur propre copie du document 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 progresse au même rythme que les fiches de travail. Une façon de procéder consiste à "signer" chaque feuille de travail au fur et à mesure que l'élève la remplit et, ce faisant, à avoir une brève discussion afin d'évaluer la compréhension par l'élève des idées impliquées dans les exercices qu'elle contient.

Nous sommes conscients qu'en tant que praticien d'une discipline, c'est vous qui déterminez comment et ce que les élèves apprennent. Les fiches de travail ne sont pas destinées à remplacer ces connaissances ou toute autre connaissance sous-jacente que vous choisissez d'enseigner.

Pour les experts en la matière, les "Notes pour les instructeurs" sont fournies simplement pour révéler la pensée 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 éclairer et guider.

Le temps :

Il faut compter entre trois et cinq heures pour remplir les feuilles de travail. Une durée similaire sera nécessaire pour soutenir l'apprentissage qui en découle.

Objectifs d'apprentissage

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

- décrire comment les forces de compression et de traction dans une poutre chargée donnent lieu à une force de cisaillement ;
- calculer le moment d'une force donnée autour d'un point spécifié ;
- appliquer le principe des moments à une poutre en équilibre ;
- utiliser les données relatives aux forces agissant sur une poutre en équilibre et à leurs positions pour calculer la force de cisaillement générée à une tranche particulière de la poutre ;
- décrire la fonction d'une cellule de charge ;
- mettre à zéro un capteur de pesage ;
- utiliser une cellule de charge pour obtenir une valeur mesurée de la force de cisaillement ;
- à partir de données concernant les forces agissant sur une poutre et leurs positions, dessinez :
 - un diagramme de corps libre ;
 - et un diagramme de force de cisaillement pour représenter l'arrangement ;
- étudier comment la force de cisaillement produite par une charge ponctuelle varie en fonction du point où la charge est appliquée. est appliquée en se déplaçant le long de la poutre ;
- concevoir une expérience pour étudier le principe de superposition des forces sur une poutre soumise à plusieurs forces simultanées ;
- appliquer le principe de superposition des forces pour obtenir l'effet global de plusieurs forces ponctuelles agissant simultanément sur une poutre ;
- faire la distinction entre une charge ponctuelle et une charge uniformément répartie ;
- concevoir une expérience pour étudier l'effet d'une charge uniformément répartie sur la force de cisaillement résultante dans une poutre.

Feuille de travail	Notes
<p>Introduction</p> <p>Calendrier 15 - 20 minutes</p>	<p>Concepts concernés :</p> <p>force de compression force de traction force de cisaillement moment moment de flexion couple cellule de charge d'équilibre</p> <p>L'introduction vise à montrer comment le processus de flexion d'une poutre peut être décrit comme le résultat d'un moment de flexion et d'une force de cisaillement. L'instructeur peut choisir de développer davantage les idées exposées ici.</p> <p>En particulier, en fonction de l'expérience antérieure des étudiants, il peut être jugé avantageux d'explorer les implications de "l'équilibre" pour un corps soumis à un système de forces et de moments. Il est important qu'ils comprennent les formules données à la page 5.</p>
<p>1</p> <p>Modification de la charge</p> <p>Calendrier 30 - 45 minutes</p>	<p>Concepts concernés :</p> <p>masse poids champ gravitationnel force corps libre diagramme de la force de cisaillement</p> <p>Comme c'est la première fois que les élèves utilisent ce matériel, certains auront peut-être besoin d'être guidés.</p> <p>En fonction de leurs compétences et de leur expérience en mathématiques, les élèves peuvent avoir besoin d'aide pour comprendre l'argument donné dans le document de l'élève, qui conduit à une formule pour la valeur théorique de la force de cisaillement.</p> <p>Les mesures sont utilisées pour tracer des graphiques qui devraient justifier la validité des formules utilisées pour calculer la valeur théorique de la force de cisaillement.</p> <p>Lorsque les étudiants ne sont pas familiarisés avec la procédure de dessin des diagrammes de corps libres et de forces de cisaillement, l'instructeur doit les aider par un certain nombre d'exercices avant qu'ils ne s'attaquent à ce défi.</p>
<p>2</p> <p>Déplacement de la charge</p> <p>Calendrier 30 - 45 minutes</p>	<p>Il n'y a pas de nouveaux concepts.</p> <p>Les techniques utilisées ici reflètent celles de l'enquête précédente. Auparavant, une charge variable était appliquée à un endroit fixe. Ici, une charge constante est déplacée à différents endroits. Les étudiants doivent être conscients de cette comparaison afin de les aider dans la conception des recherches ultérieures.</p> <p>Les mesures sont traitées de la même manière que précédemment.</p>

Feuille de travail	Notes
<p>3 Charges multiples</p> <p>Calendrier 40 - 60 minutes</p>	<p>Il n'y a pas de nouveaux concepts.</p> <p>Les élèves conçoivent leur propre étude sur l'effet de charges multiples sur la force de cisaillement produite. Une discussion initiale sur les facteurs à prendre en compte lors de la conception de l'étude pourrait aider à distinguer ce qui est pertinent de ce qui ne l'est pas.</p> <p>L'instructeur peut attribuer différentes charges et positions de charge à différents groupes. Ceux-ci pourraient ensuite partager leurs résultats et être invités à justifier leur approche auprès des autres groupes dans le cadre d'une discussion en classe.</p> <p>Les techniques qu'ils requièrent sont celles pratiquées dans les enquêtes précédentes.</p>
<p>4 Charge uniformément répartie</p> <p>Calendrier 40 - 60 minutes</p>	<p>Concepts concernés : charge uniformément répartie</p> <p>En fonction de l'expérience des étudiants, une discussion initiale peut être nécessaire pour comparer les charges ponctuelles et les charges réparties, avec des exemples de chacune d'entre elles. L'instructeur peut donner un aperçu des différents types de charges réparties afin d'éviter l'idée fausse que toutes les charges réparties sont uniformément réparties.</p> <p>Une fois de plus, les élèves conçoivent leur propre étude, cette fois-ci sur l'effet d'une charge uniformément répartie sur la force de cisaillement. Les résultats peuvent être partagés par le biais de présentations de groupe.</p> <p>En guise de prolongement, les élèves pourraient explorer les effets d'autres formes de répartition de la charge.</p> <p>Dans la section "Et alors ?", les diagrammes montrent la relation entre l'UDL et la force de cisaillement résultante. Il se peut que les étudiants ne s'en rendent pas compte immédiatement sans l'aide de l'instructeur.</p>