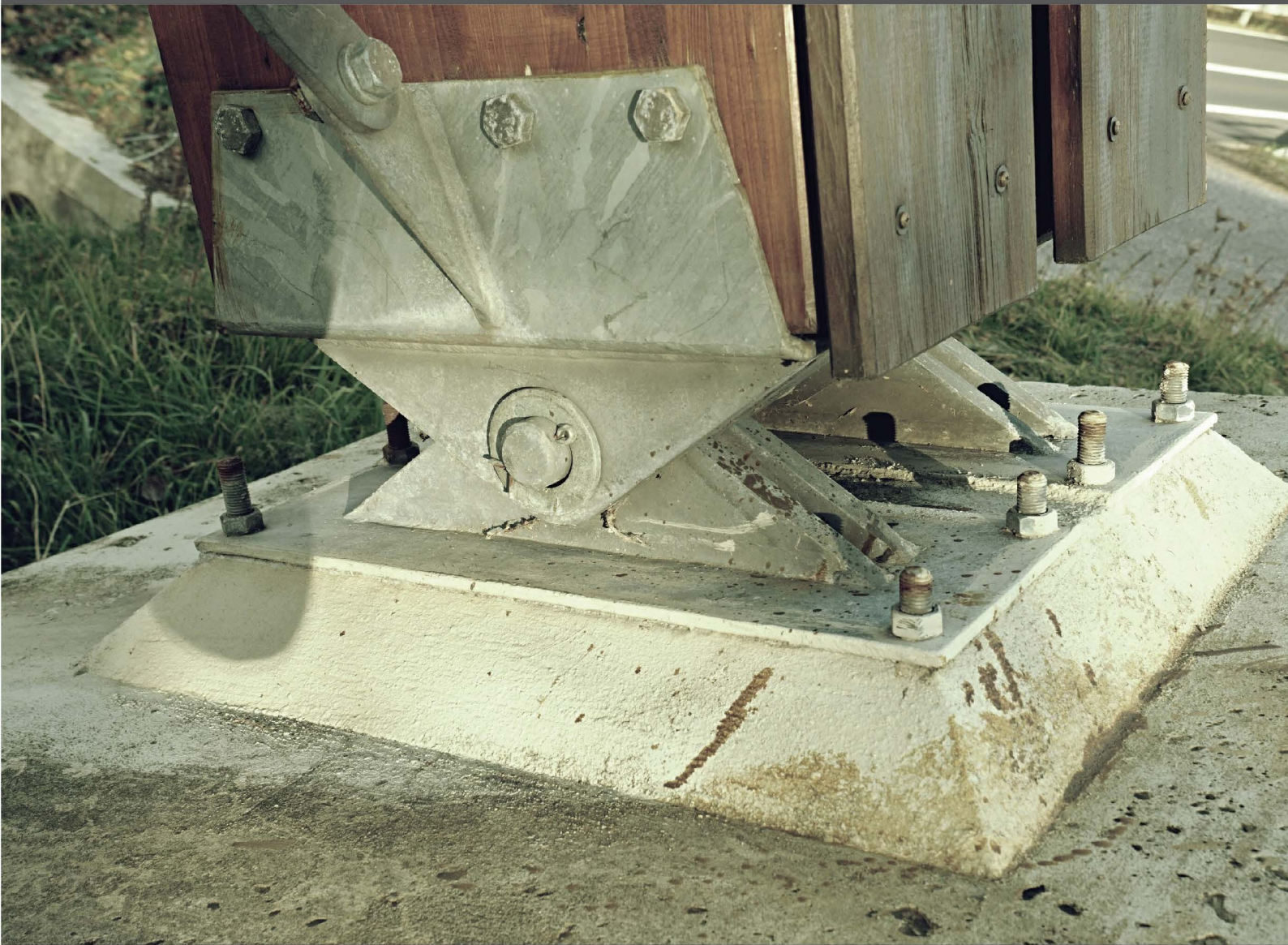


MATRIX | STRUCTURES

Shear Force



MATRIX

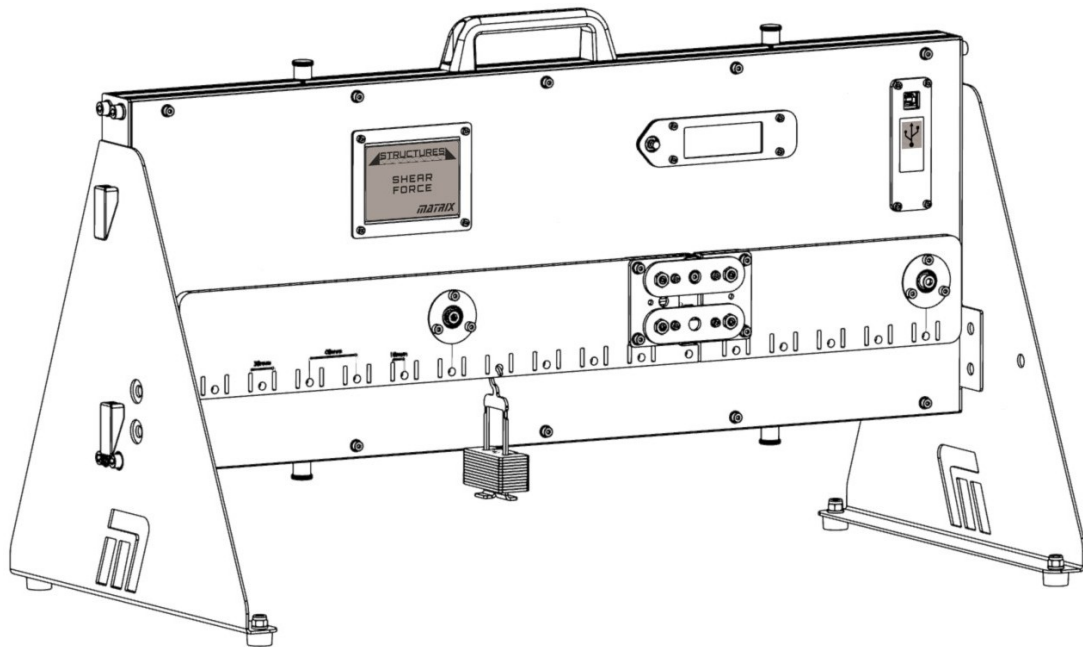
CP4708

www.matrixtsl.com

Copyright © 2021 Matrix Technology Solutions Limited

Force de cisaillement

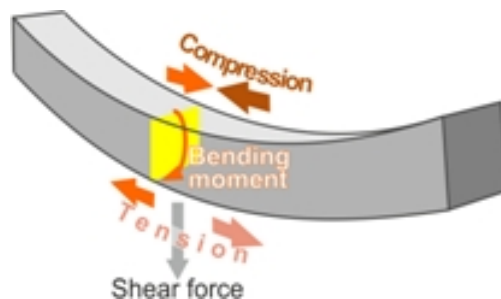
Fiche de travail 1 -	Modification de la charge	7
Fiche de travail 2 -	Déplacement de la charge	9
Fiche de travail 3 -	Charges multiples	11
Fiche de travail 4 -	Charge uniformément répartie	12
Document de l'élève		14



Contexte :

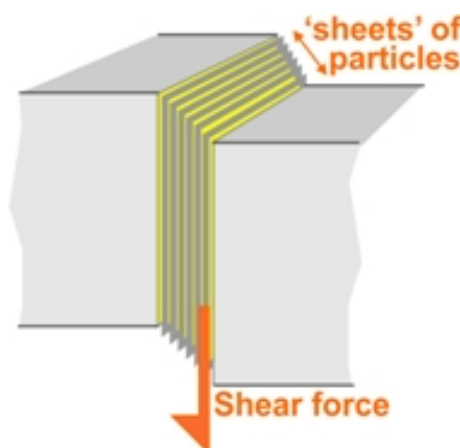
Lorsqu'une force agit sur une structure telle qu'une poutre, elle peut la faire plier ou même la fissurer.

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**.

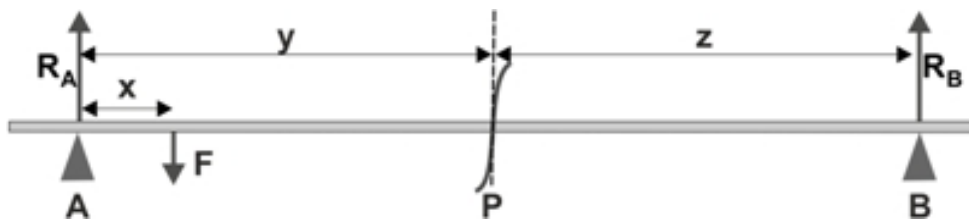
Lorsque cette force de cisaillement est suffisamment importante, elle peut faire glisser les feuilles de particules du faisceau les unes sur les autres. C'est un peu comme l'effet d'une poussée latérale sur la carte supérieure d'un jeu de cartes. Le paquet se déforme à mesure que chaque carte glisse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

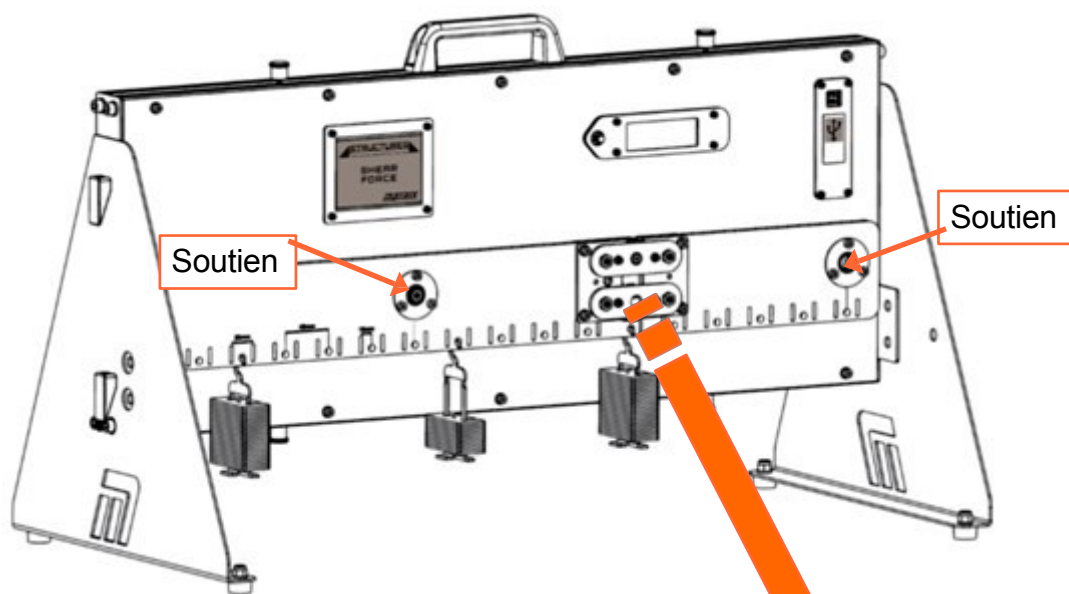
L'appareil :

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.

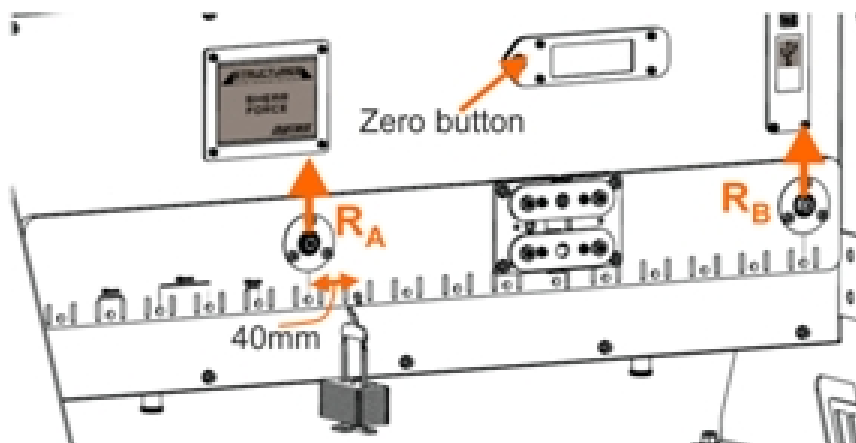
L'ingénieur structurel doit être en mesure de prévoir les effets de différentes charges sur la structure.

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.

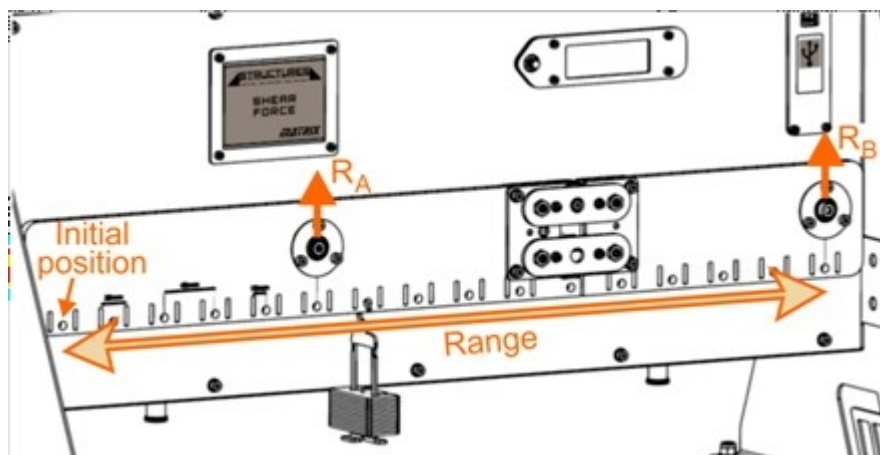
L'ingénieur concepteur doit être en mesure de prédire quelle sera cette contrainte maximale.

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.

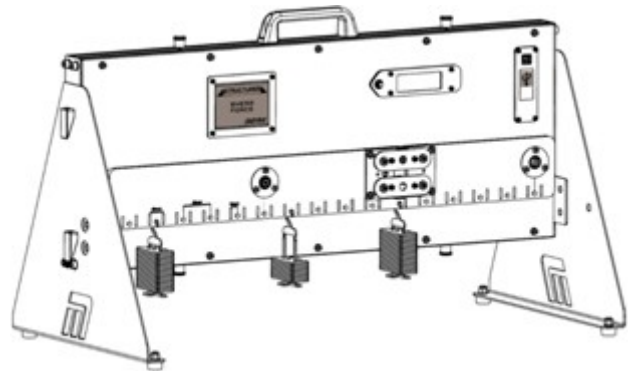
Cependant, le principe de superposition des forces stipule que l'effet global de plusieurs charges est simplement la somme de leurs effets individuels.

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.
- Appliquez 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

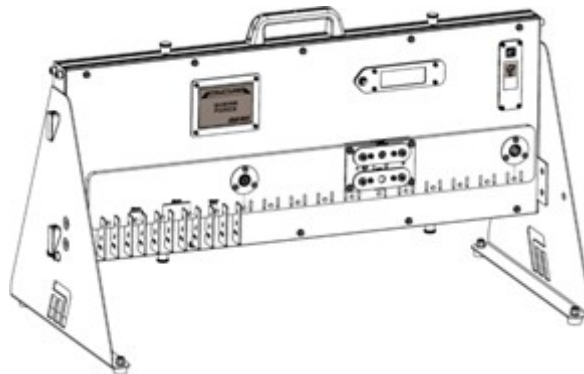
Jusqu'à présent, nous n'avons considéré que les charges ponctuelles, dont les effets sont concentrés en des points spécifiques de la structure. Très souvent, les charges réelles sont réparties, c'est-à-dire qu'elles s'étendent sur une région.

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

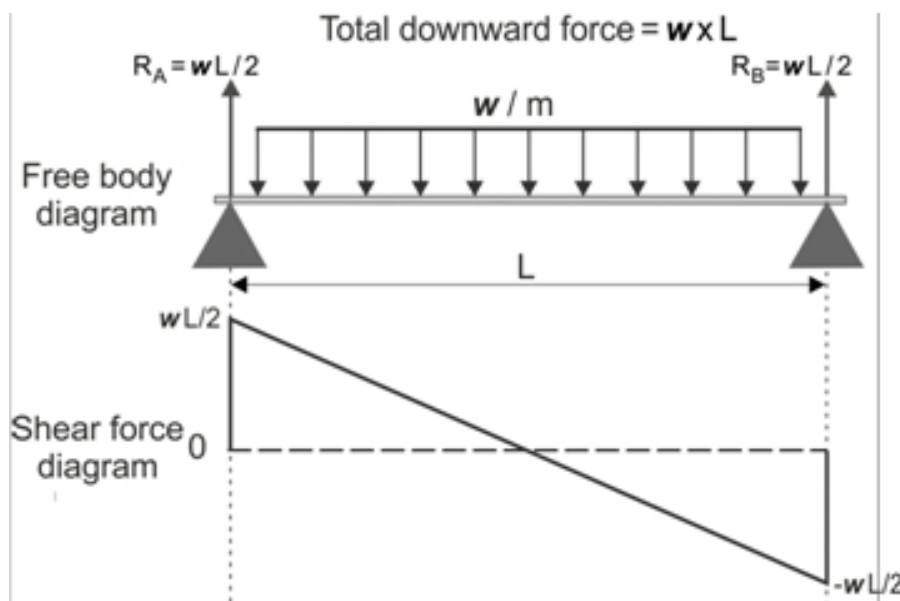
Et alors ?

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** ?

.....

.....

.....

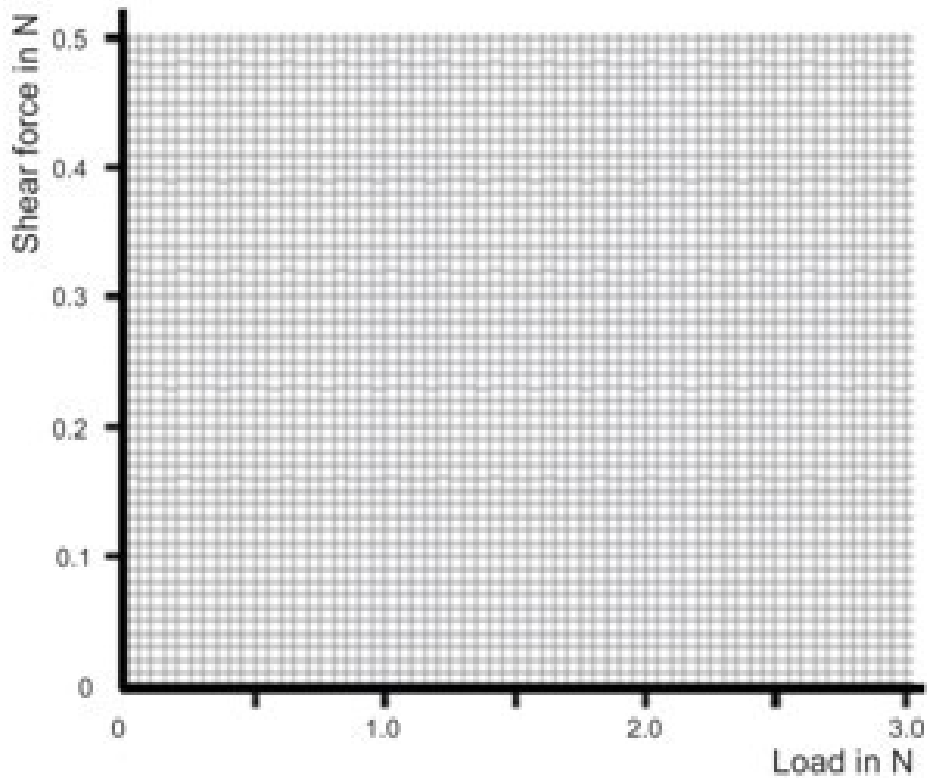
.....

Feuille de travail 1

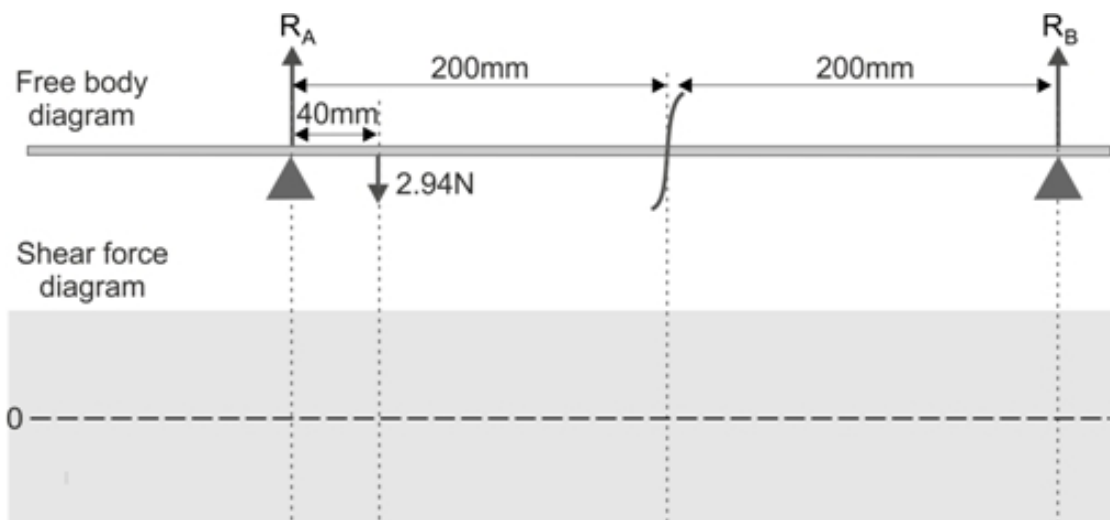
Graphiques de la force de cisaillement en fonction de la charge suspendue pour les valeurs mesurées et calculées :

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).



Document de l'élève

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

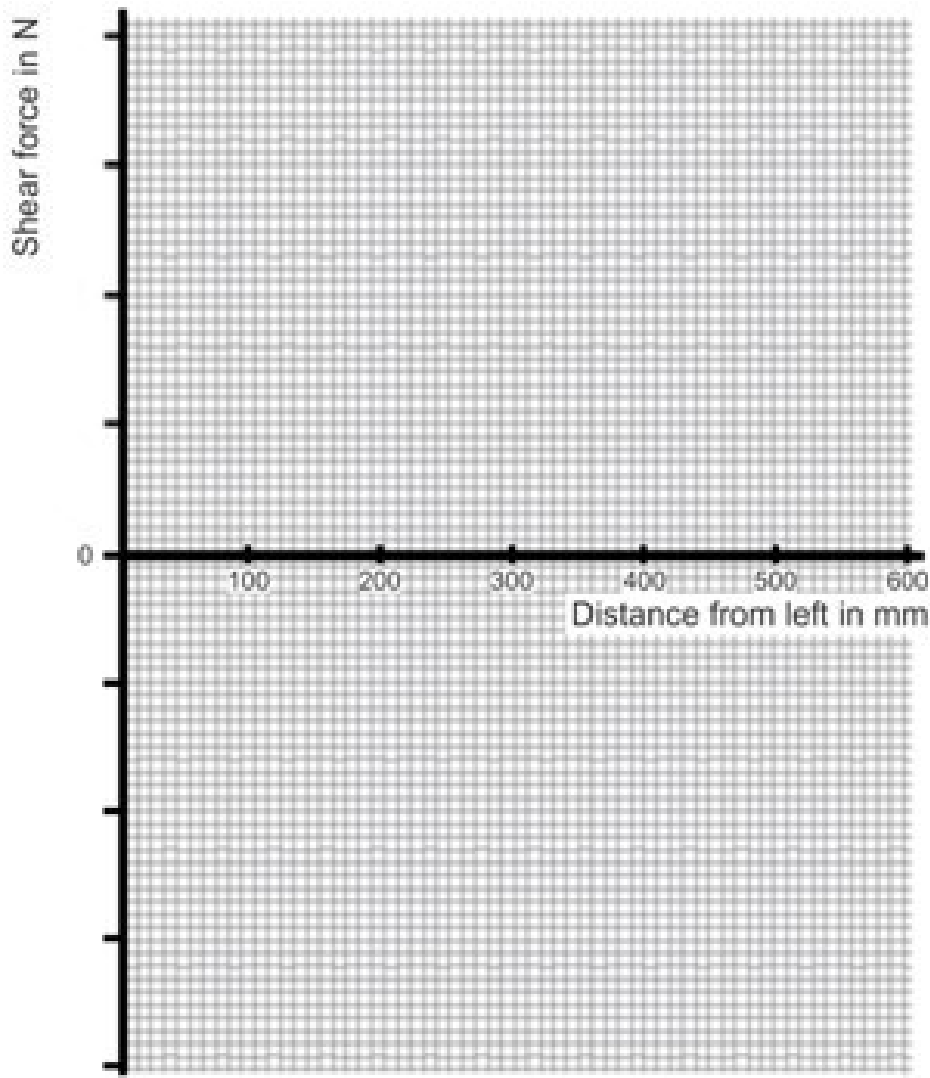
Feuille de travail 2

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 :

