

MATRIX | STRUCTURES

Bending Stress



MATRIX

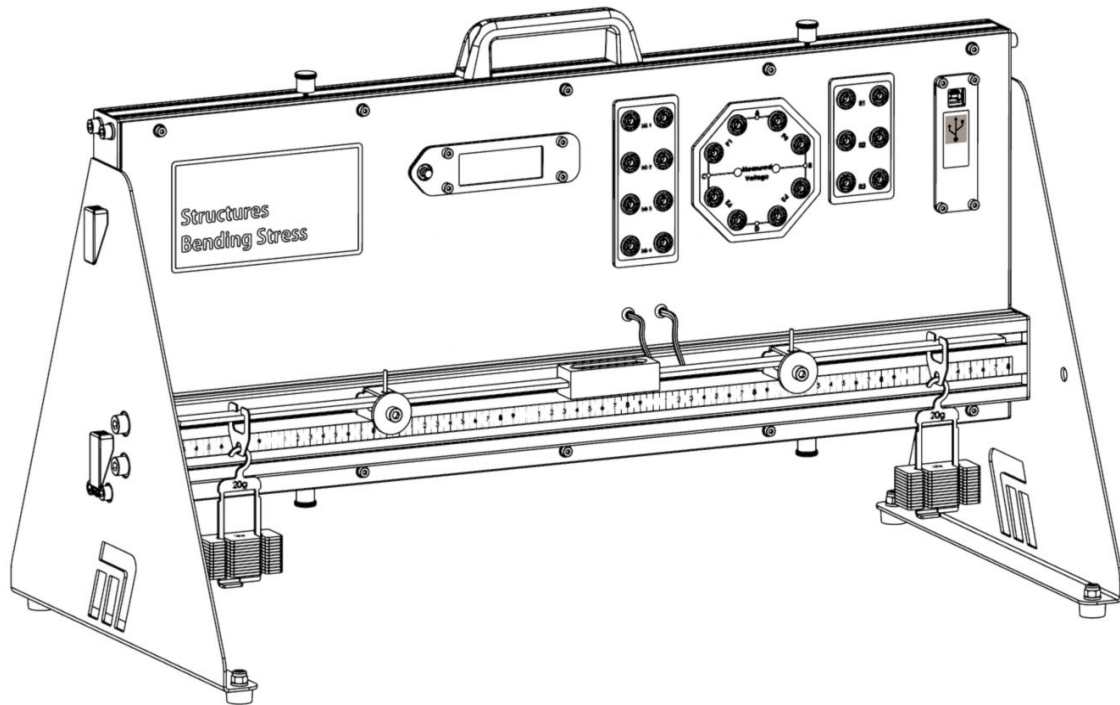
CP1877

www.matrixtsl.com

Copyright © 2021 Matrix Technology Solutions Limited

Contrainte de flexion

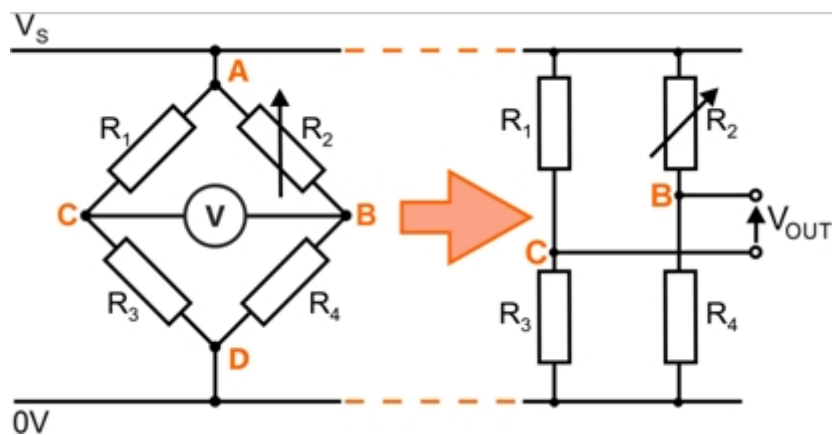
	Introduction	3
Fiche de travail 1 -	Le quart de pont	7
Fiche de travail 2 -	Le demi-pont	9
Fiche de travail 3 -	Le pont complet	11
Fiche de travail 4 -	Prévoir le résultat	13
	Document de l'élève	17
	Notes pour l'instructeur	25



Contexte :

Tout commence par le circuit du pont de Wheatstone. Inventé vers 1840, ce circuit, nommé d'après le physicien anglais Charles Wheatstone, permettait de mesurer une résistance électrique inconnue.

Il se compose de quatre résistances connectées comme deux diviseurs de tension. L'une d'entre elles, disons R_1 , est la résistance inconnue. Deux versions du schéma de circuit sont présentées ci-dessous :



La résistance variable, R_2 , est ajustée jusqu'à ce que le pont soit "équilibré", c'est-à-dire que la tension de sortie V_{OUT} est égal à zéro.

Dans cet état :

la tension en **C** = la tension en **B**

En d'autres termes,
$$\frac{V_{XS}}{R_1 + R_3} \cdot R_3 = \frac{V_{XS}}{R_2 + R_4} \cdot R_4$$

ou
$$\frac{R_3}{R_1 + R_3} = \frac{R_4}{R_2 + R_4}$$

ce qui conduit à la formule :

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$$

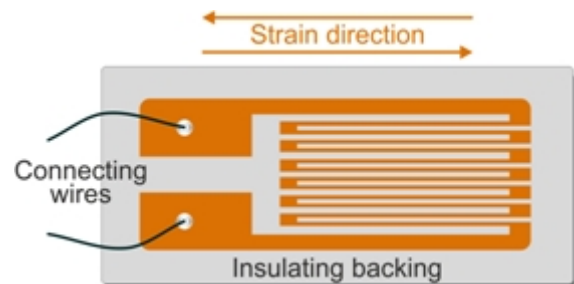
à partir de laquelle la valeur de la résistance inconnue peut être obtenue.

Contexte

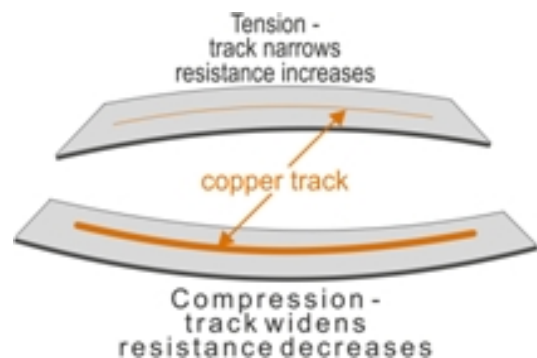
Le circuit peut être modifié en un circuit de pont à jauges de contrainte.

Une jauge de contrainte est un capteur dont la résistance varie lorsqu'il est étiré ou comprimé, c'est-à-dire lorsqu'il subit une déformation. Elle est largement utilisée en ingénierie pour mesurer les forces et les poids, dans les cellules de charge, par exemple.

Une forme de jauge de contrainte est illustrée dans le diagramme ci-contre.

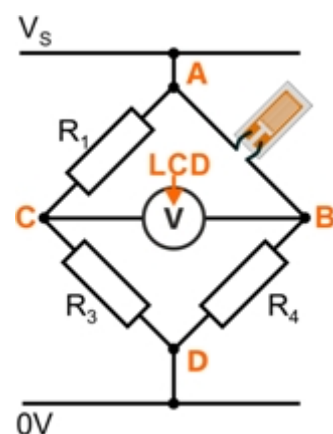


Comme la résistance d'un conducteur dépend de sa longueur et de sa section, la résistance d'une jauge de contrainte change lorsqu'elle est déformée. Cependant, ce changement peut ne représenter que quelques pour cent de sa résistance nominale et un circuit de pont est donc nécessaire pour fournir la précision nécessaire à son contrôle.



La jauge de contrainte remplace l'une des résistances du circuit en pont. La tension de sortie, affichée sur l'écran LCD, est une mesure de la tension qu'elle subit.

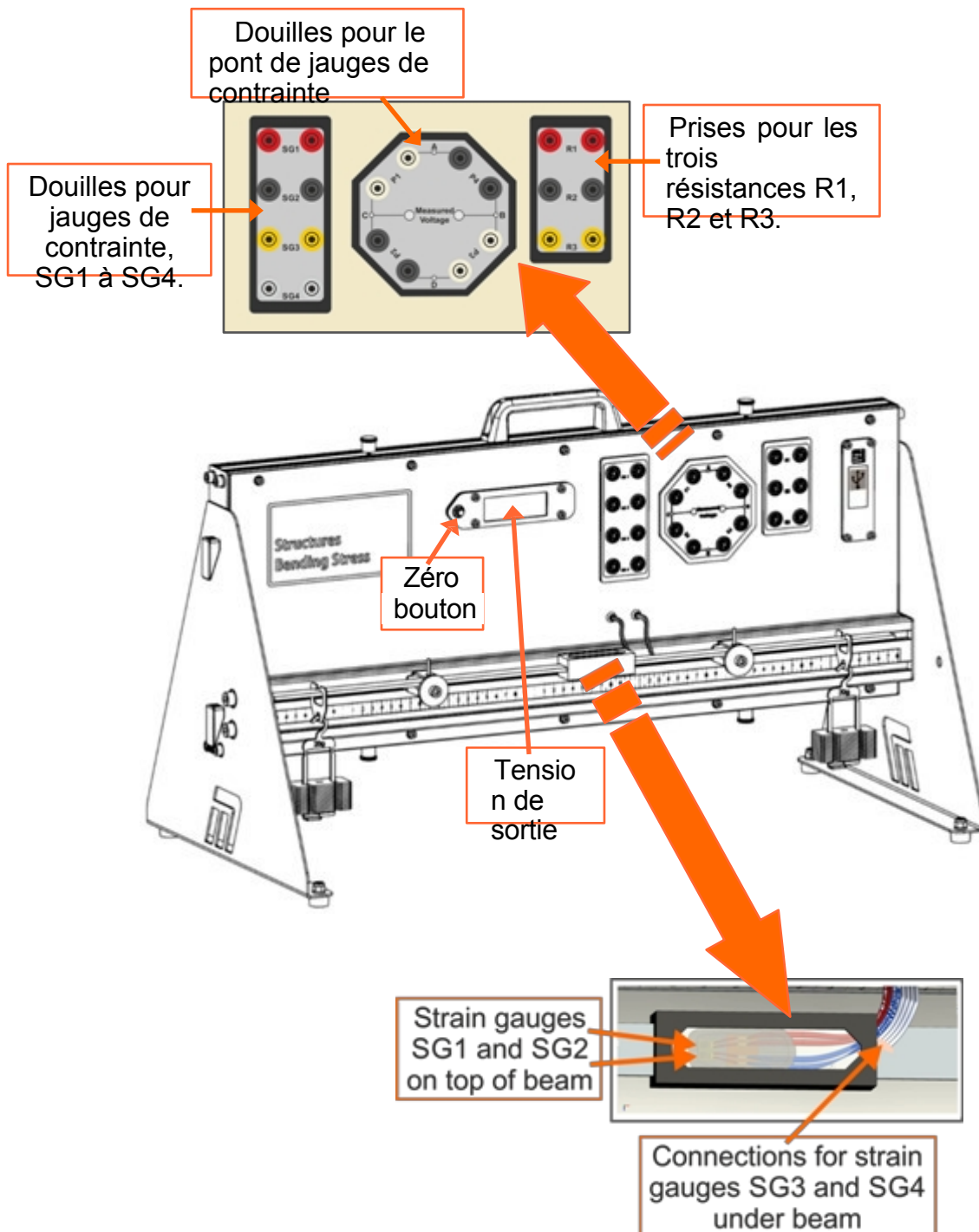
Typiquement, R_4 est choisi pour avoir une valeur égale à la résistance de la jauge de contrainte lorsqu'aucune force n'est appliquée. Les deux autres résistances (R_1 et R_3) sont égales. Par conséquent, le pont sera équilibré lorsque la force appliquée à la jauge de contrainte est nulle.



L'appareil :

consiste en une poutre, soutenue en deux points, avec un bloc de quatre jauges de contrainte en son centre, deux collées sur le dessus de la poutre et deux collées en dessous.

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

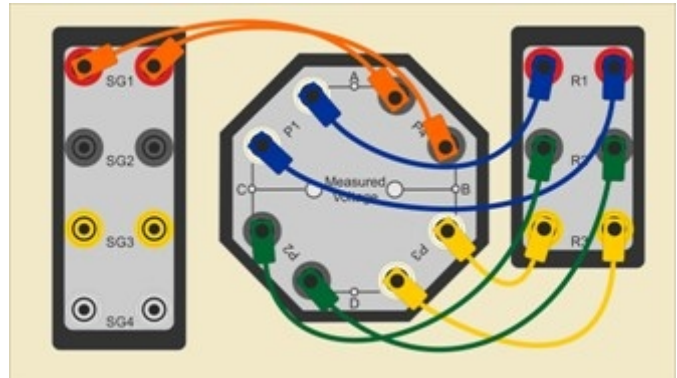


réaliser l'expérience sans le logiciel, vous devrez vous procurer une prise USB correspondant au style de prise local.

Le pont en quart de cercle est le type le plus simple de pont à jauges de contrainte.

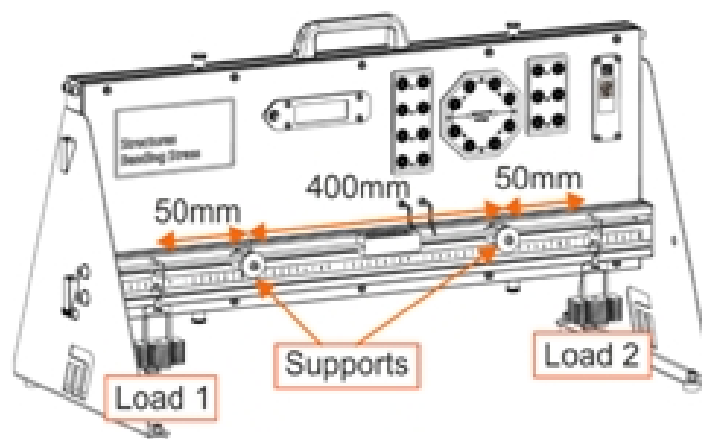
Il s'agit de celui qui figure sur le schéma du circuit au bas de la page 5. L'une des quatre résistances du pont de Wheatstone est remplacée par une jauge de contrainte.

L'image ci-contre montre une façon de mettre en œuvre ceci.



À vous de jouer :

- Effectuer les connexions suivantes :
 - prises à jauges de contrainte **SG1 à P4** ;
 - résistance **R1** aux prises **P1** ;
 - résistance **R2** aux prises **P2** ;
 - résistance **R3** aux prises **P3**.
- Mettez l'équipement sous tension en connectant le port USB situé à l'extrémité droite du panneau à un port PC ou à une source d'alimentation enfichable, à l'aide du câble USB fourni. En cas de connexion via un port PC, les données peuvent être envoyées directement dans un tableur.
- Comme le montre le schéma, les supports sont placés à 400 mm les uns des autres. Placez une plaque de suspension et une suspension de masse vide à 50 mm de chaque support.



- Appuyez sur le bouton de l'écran LCD pour mettre l'appareil à zéro.

Le quart de pont

Cela permet d'éliminer le poids de la poutre et des autres composants dans les calculs ultérieurs.

À vous de jouer

- Ajoutez soigneusement une masse de 20 g à chaque cintre.
- Enregistrez la lecture de l'écran LCD dans la première ligne du tableau de la fiche de l'élève ou sur une feuille de calcul. (L'écran LCD devient vert lorsque la mesure s'est stabilisée).
- Continuer ainsi, en ajoutant des masses de 20 g à chacun des supports de masse et en enregistrant les relevés de l'écran LCD à chaque fois, jusqu'à une charge totale maximale de 400 g (200 g sur chaque support).
- Consignez tous les résultats dans le document de l'élève ou sur une feuille de calcul.
- Remplacer alors la jauge de contrainte **SG1** par la jauge de contrainte **SG2** et répéter la procédure.
- Procédez ensuite de la même manière pour les jauges de contrainte **SG3** et **SG4**.
- Tracez les graphiques de la lecture de l'écran LCD en fonction de la charge **totale** suspendue pour les quatre jauges de contrainte, sur le même ensemble d'axes que celui fourni dans le document de l'élève. Les résultats doivent suggérer une relation linéaire pour chaque graphique.
- Répondez à la question concernant la polarité des relevés de la cellule de charge.

Et alors ?

La configuration en quart de pont, avec une seule jauge de contrainte, fournit des informations utiles sur la déformation, mais elle est limitée à la déformation dans une seule direction.

Les jauges de contrainte sont affectées par les changements de température. Leurs fils de résistance se dilatent ou se contractent. En conséquence, leur résistance change, ce qui affecte la précision des résultats.

Une autre limitation du quart de pont est qu'il ne peut pas fournir de compensation de température.

Défi :

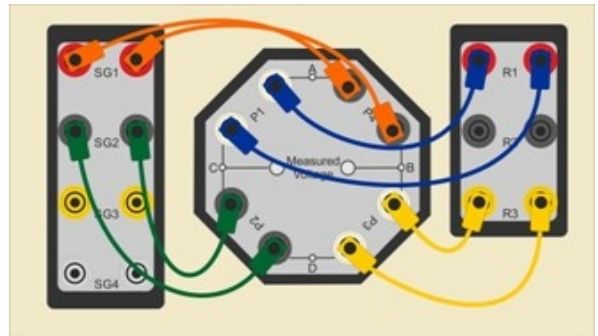
- Examinez ce qui se passe lorsque vous placez la jauge de contrainte **SG1** dans chacune des quatre positions, **P1**, **P2**, **P3** et **P4**, tour à tour, (en conservant les résistances dans les trois autres emplacements du pont).
- Commentez vos résultats dans la fiche de l'élève.

Fiche de travail 2

Le demi-pont

La configuration suivante utilise deux jauges de contrainte connectées comme indiqué dans le réseau en pont.

Dans les applications réelles, cette disposition offre une plus grande sensibilité à la contrainte appliquée et permet une compensation de la température.



À vous de jouer :

- Effectuer les connexions suivantes :
 - prises à jauges de contrainte **SG1** à **P4** ;
 - résistance **R1** aux prises **P1** ;
 - douilles à jauges de contrainte **SG2** à **P2** ;
 - résistance **R3** aux prises **P3**.
- L'enquête reflète celle de la fiche de travail 1.

Après la mise à zéro de l'écran LCD, des masses à fente sont ajoutées aux deux supports de masse, 20 g à la fois jusqu'à un total de 400 g (200 g sur chaque support). Les lectures de l'écran à cristaux liquides qui en résultent sont enregistrées.

- Tracez les graphiques de la lecture de l'écran LCD en fonction de la charge **totale** suspendue pour le demi-pont, sur les axes fournis dans le document de l'élève. Une fois de plus, les résultats devraient indiquer une relation linéaire.

Fiche de travail 2

Le demi-pont

Et alors ?

Le réseau en demi-pont offre une plus grande sensibilité aux contraintes de flexion. Les deux jauges de contrainte changent toutes deux de résistance, ce qui double la tension de sortie. (Vous pouvez le constater en comparant les gradients des graphiques pour le quart de pont et le demi-pont).

Le réseau en demi-pont permet également de compenser les variations de température. Les deux jauges de contrainte sont soumises aux mêmes variations de température et se dilatent ou se contractent de la même manière. Lorsqu'elles sont placées de part et d'autre du réseau de ponts, ces variations s'annulent.

Le fait de placer les jauges de contrainte parallèlement l'une à l'autre permet de mesurer la contrainte longitudinale mais pas la charge axiale. Pour ce faire, une jauge de contrainte est placée à angle droit par rapport à l'autre.

Défi :

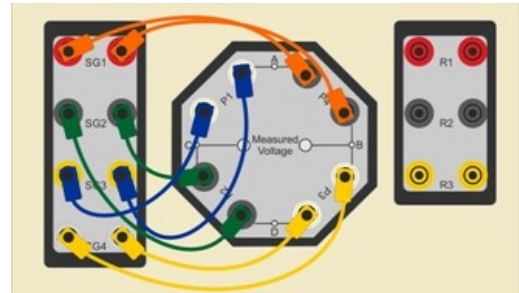
- Étudier l'effet du placement des jauges de contrainte **SG1** et **SG2** à d'autres endroits du réseau de ponts.
- Commentez vos résultats dans la fiche de l'élève.

Fiche de travail 3

Le pont complet

La configuration suivante utilise les quatre jauges de contrainte (et aucune résistance) connectées comme indiqué dans ce que l'on appelle un réseau en pont complet.

Son avantage est une sensibilité accrue.



À vous de jouer :

- Effectuer les connexions suivantes :
 - prises pour jauges de contrainte **SG1** à **P4** ;
 - jauges de contrainte **SG3** aux prises **P1** ;
 - douilles à jauges de contrainte **SG2** à **P2** ;
 - jauges de contrainte **SG4** à prises **P3**.
- Là encore, la procédure est la même que celle de la fiche 1.

Après la mise à zéro de l'écran LCD, des masses à fente sont ajoutées aux deux supports de masse, 20 g à la fois jusqu'à un total de 400 g (200 g sur chaque support). Les lectures de l'écran à cristaux liquides qui en résultent sont enregistrées.
- Tracez les graphiques de la lecture de l'écran LCD en fonction de la charge **totale** suspendue pour le pont complet, sur les axes fournis dans le document de l'élève.

Là encore, les résultats devraient indiquer une relation linéaire.

Fiche de travail 3

Le pont complet

Et alors ?

Le pont complet a un signal de sortie encore plus élevé, doublant la sensibilité du demi-pont.

Les quatre jauges de contrainte sont soumises aux mêmes variations de température et l'effet de la température sur la tension de sortie du pont est encore réduit.

L'inconvénient du réseau de pont complet peut être sa taille. Dans certaines situations, il n'est pas possible de fixer quatre jauges de contrainte à l'endroit approprié de la structure.

Défi :

- Examinez les graphiques des fiches de travail 1, 2 et 3 pour les performances du quart de pont, du demi-pont et du pont complet.

Estimez les gradients pour chacun d'entre eux et complétez le tableau de la fiche de l'élève avec vos résultats.

- Ces résultats permettent de comparer les sensibilités des trois types de réseaux de ponts. Commentez votre comparaison dans la fiche de l'élève.

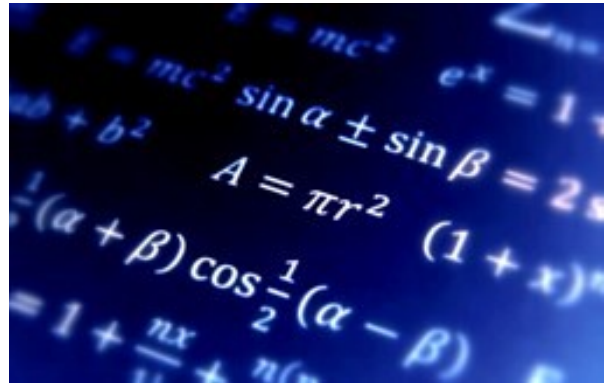
Fiche de travail 4

Prévoir le résultat

La mesure des effets de la contrainte de flexion sur un équipement pratique peut être directe, réelle et immédiate.

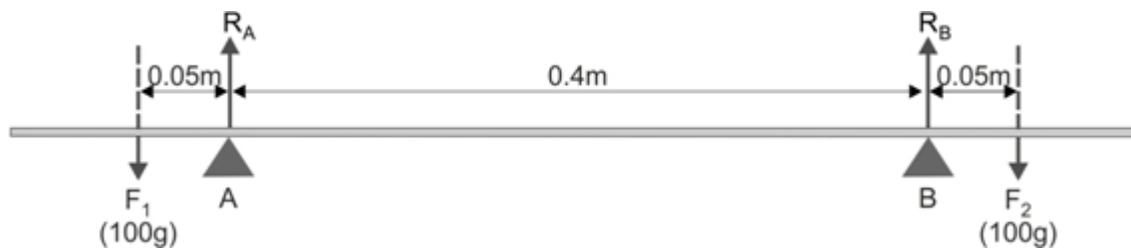
Cependant, il est rassurant de pouvoir confirmer les résultats par la théorie.

Il s'agit d'appliquer les concepts et les formules standard de l'ingénierie mécanique.



Les seules forces agissant sur la poutre sont les réactions R_A et R_B sur les appuis et les deux poids F_1 et F_2 sur les suspensions de masse.

Voici le diagramme de corps libre du système lorsque la charge totale sur la poutre est de 200g.



En utilisant $F = m \times g$

où F = force de gravité sur un corps, m = sa masse (= 0,1kg)

g = intensité du champ gravitationnel (= $9,8 \text{ N.kg}^{-1}$)

$$F_1 = F_2 = 0,1 \times 9,8 = 0,98 \text{ N}$$

Le système est en équilibre.

Les conditions suivantes doivent donc s'appliquer :

1. la somme des forces verticales est nulle ;
2. la somme des forces horizontales est nulle (mais ici il n'y a pas de forces horizontales) ;
3. la somme des moments des forces autour d'un point quelconque est nulle.

Fiche de travail 4

Prévoir le résultat

La **condition 1** nous donne l'équation suivante

$$R_A + R_B = F_1 + F_2 = 0,98 + 0,98 = 1,96N$$

Application de la **condition 3** :

Prendre des moments de soutien **A** :

$$F_2 \times 0,45 = (F_1 \times 0,05) + (R_B \times 0,4)$$
$$0,98 \times 0,45 = (0,98 \times 0,05) + (R_B \times 0,4)$$

$$R_B = 0,98N$$

À partir de la condition 1 : $R_A = 1,96 - R_B = 0,98N$

Ensuite, nous calculons les **moments de flexion** M_A et M_B aux appuis **A** et

B. A l'appui **A**: $M_A + F_1 \times 0,05 = 0$

$$M_A = -0,98 \times 0,05 = -0,049Nm$$

Comme la poutre est en équilibre, il s'y oppose un moment de flexion égal au niveau de l'appui **B**.

D'où : $M_B = +0,049Nm$

La **dévi**ation maximale de la poutre, δ_{max} , est donnée par la formule :

$$\delta_{max} = \frac{M \times L^2}{8 \times E \times I}$$

où **M** = moment de flexion (= 0,049Nm)

L = distance entre les supports (= 0,4 m)

E = Module d'Young (= 73GPa)

I = deuxième moment d'inertie de la poutre (= 6,914 x 10 m)⁻¹¹⁴

$$\delta_{max} = \frac{0,049 \times 0,4^2}{8 \times 73 \times 10^9 \times 6.914 \times 10^{-11}}$$
$$= 0,19 \text{ mm}$$

Fiche de travail 4

Prévoir le résultat

En utilisant ensuite la formule de la **contrainte**, σ :

$$\sigma = \frac{M \times y}{I} \quad \text{où } y = \text{distance de l'axe neutre} = 0,00185\text{m}$$

Dans ce cas, y est égal à la moitié de la hauteur de la poutre, soit 3,7 mm.

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{0,049 \times 0,00185}{6,914 \times 10^{-11}} \\ &= 1,31\text{MPa} \end{aligned}$$

D'après la définition du module d'Young, la **déformation en traction** $\epsilon = \frac{\sigma}{E}$ = $1,31 \times 10^6$

$$= \frac{1,31 \times 10^6}{73 \times 10^9} = 1,8 \times 10^{-5}$$

Par définition, le **facteur de jauge**, **GF**, est le rapport de la variation relative de la résistance électrique

à la contrainte mécanique,

c'est-à-dire

$$GF = \frac{\Delta R / R}{\epsilon}$$

Les jauges de contrainte utilisées dans cet appareil ont un facteur de jauge de 2,03 et une résistance de 350 Ω . Par conséquent, la **variation de la résistance**, ΔR , attendue de la contrainte appliquée σ est :

$$\Delta R = \epsilon \times R \times GF = 1,8 \times 10^{-5} \times 350 \times 2,03 = 0,013\Omega$$

Fiche de travail 4

Prévoir le résultat

Lorsqu'elle est soumise à cette contrainte, la jauge de contrainte présente alors une résistance,

$$R_{SG} = (350 + 0,013) = 350,013\Omega.$$

R_{SG} , de

Il est en série avec une résistance de 350Ω , R , et ensemble ils partagent l'alimentation

de 5V. Sans contrainte, $V_{OUT} = 2,5V$

Lorsque la contrainte de flexion est appliquée, la tension de sortie passe à

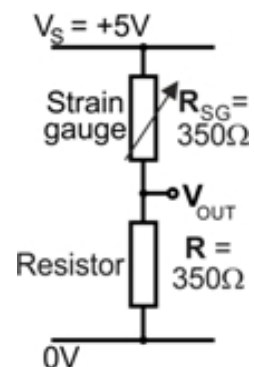
$$V'_{OUT} = V_S \times R / (R + R_{SG}) = 5 \times 350 / (350 + 350.013) \\ = 2.49995V$$

La **variation de la tension de sortie**, ΔV , causée par la contrainte de flexion est donnée par la formule suivante

$$\Delta V = (2,5 - 2,49995) = 0,00005V = 0,05mV$$

Défi :

- Répétez ces étapes pour des charges totales de 80g et 320g pour obtenir le résultat suivant le changement théorique de la lecture de l'écran LCD pour ces charges.
- Complétez le tableau de la fiche de l'élève avec vos résultats.
- Comparez ces résultats avec ceux obtenus expérimentalement dans la fiche de travail 1.
- Commentez cette comparaison et l'importance des erreurs de lecture dans la fiche de l'élève.



Document de l'élève

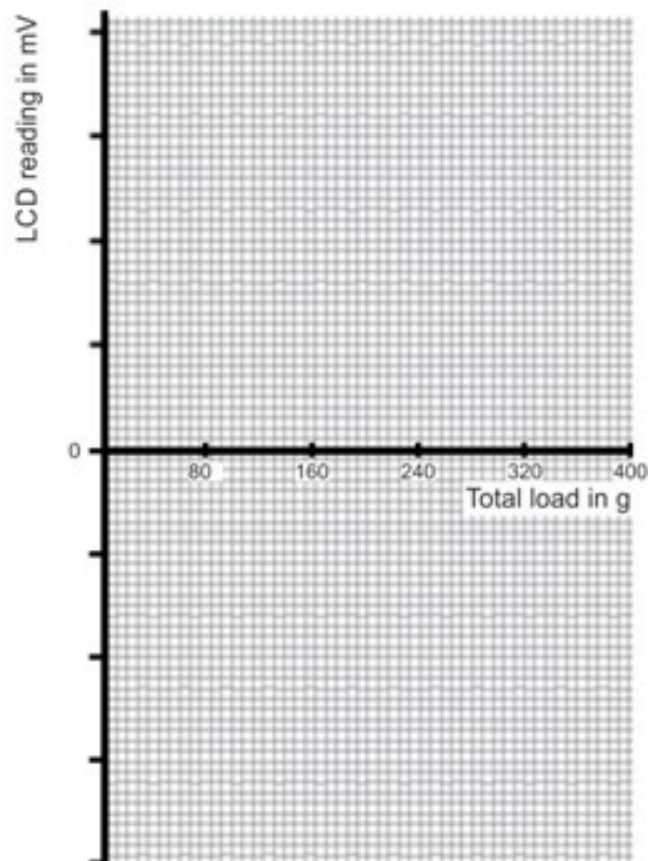
Document de l'élève

Fiche de travail 1 - Le quart de pont

Masse totale en g	Lecture de l'écran LCD en mV			
	SG1	SG2	SG3	SG4
40				
80				
120				
160				
200				
240				
280				
320				
360				
400				

Lecture de l'écran LCD par rapport au graphique de la charge totale :

Reprenez vos résultats pour les quatre jauges de contrainte sur le même ensemble d'axes. Choisissez une échelle appropriée pour l'axe "Lecture LCD".



Document de l'élève

Feuille de travail 1

Pourquoi la polarité de la lecture de l'écran LCD change-t-elle pour certaines jauges de contrainte ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Défi :

Que se passe-t-il lorsque vous connectez la jauge de contrainte **SG1** à chacune des quatre positions autour du réseau de ponts ?

Commentez vos résultats.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

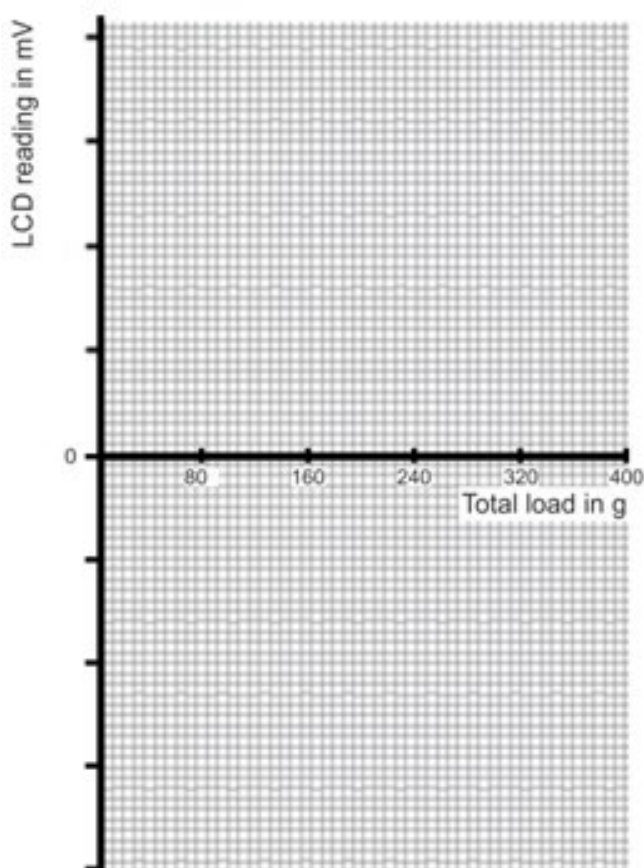
Document de l'élève

Fiche de travail 2 - Le demi-pont

Masse totale en g	Lecture de l'écran LCD en mV
40	
80	
120	
160	
200	
240	
280	
320	
360	
400	

Lecture de l'écran LCD par rapport au graphique de la charge totale :

Représentez vos résultats pour le demi-pont sur les axes ci-dessous. Choisissez une échelle appropriée pour l'axe "Lecture LCD".



Document de l'élève

Feuille d'activité 2 Défi

:

- Que se passe-t-il si vous connectez les jauges de contrainte **SG1** et **SG2** dans d'autres positions ?
le réseau de passerelles ?

Commentez vos résultats.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

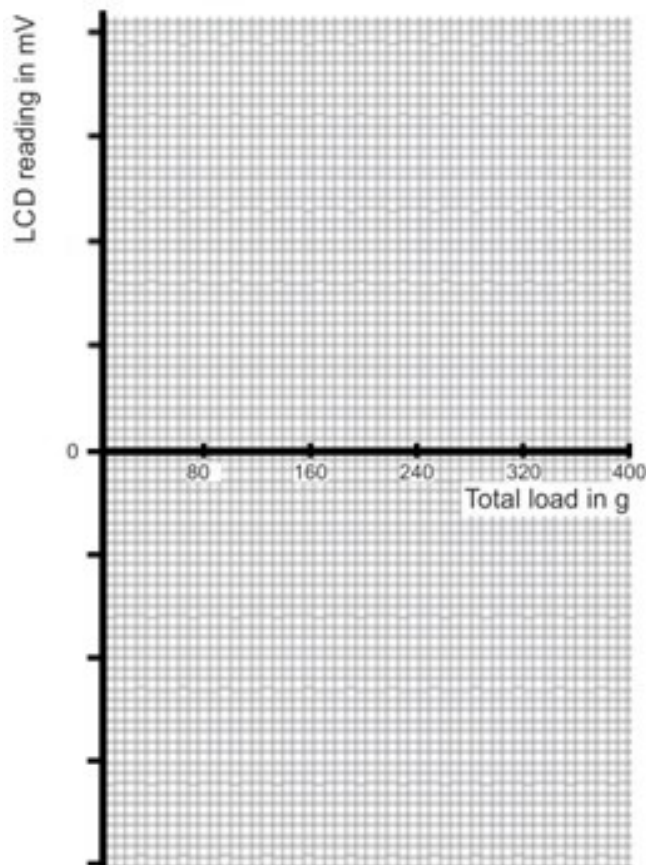
Document de l'élève

Fiche de travail 3 - Le pont complet

Masse totale en g	Lecture de l'écran LCD en mV
40	
80	
120	
160	
200	
240	
280	
320	
360	
400	

Lecture de l'écran LCD par rapport au graphique de la charge totale :

Représentez vos résultats pour le pont complet sur les axes ci-dessous. Choisissez une échelle appropriée pour l'axe "Lecture LCD".



Document de l'élève

Feuille de travail 3

Défi :

Estimez les gradients des graphiques obtenus dans les feuilles de travail 1, 2 et 3.

Réseau	Gradient de la lecture de l'écran LCD par rapport au graphique de charge en $mV g^{-1}$
Quart de pont	
Demi-pont	
Pont complet	

Utilisez ces gradients pour comparer les sensibilités des trois réseaux.

Commentez vos résultats.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Fiche de travail 4 - Prévoir le résultat

Défi :

Valeurs calculées de la variation de la lecture de l'écran LCD produite par trois valeurs de charge :

Masse totale en g	Modification de la lecture de l'écran LCD en mV
80	
200	
320	

Utilisez ces gradients pour comparer les valeurs théoriques et mesurées pour ces charges. Commentez vos résultats.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Notes pour le Instructeur

A propos de ce cours

Introduction

Le module "Structures - Contrainte de flexion" initie les étudiants à l'utilisation de trois types de ponts à jauges de contrainte pour examiner les résultats 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 contraintes de flexion 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. à eux. 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 n'ont pas pour but de remplacer ces connaissances ou toute autre connaissance sous-jacente que vous choisirez d'enseigner.

Pour les experts en la matière, les "Notes pour les instructeurs" 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 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 :

- Dessinez le schéma de circuit d'un pont de Wheatstone ;
- dériver la formule reliant les résistances trouvées dans le pont de Wheatstone ;
- expliquer ce que l'on entend par un pont "équilibré" ;
- décrire la structure d'un type de jauge de contrainte résistive ;
- expliquer les changements de résistance qui se produisent lorsqu'une telle jauge de contrainte est soumise à une contrainte de flexion ;
- Dessinez le diagramme de circuit pour les types de ponts à jauges de contrainte suivants :
 - quart de pont ;
 - demi-pont ;
 - pont complet.
- connecter des jauges de contrainte et des résistances pour créer ces types de ponts de jauges de contrainte ;
- Citez deux avantages du réseau en demi-ponts et en ponts complets par rapport au réseau en quart de pont ;
- expliquer la nécessité de "mettre à zéro" l'écran LCD avant d'effectuer des relevés ;
- expliquer pourquoi certaines lectures de la tension de sortie sont positives alors que d'autres sont négatives ;
- dessinez un diagramme de corps libre pour représenter les forces agissant sur la poutre dans cet appareil ;
- Indiquer trois conséquences de l'équilibre de la poutre ;
- calculer le moment d'une force autour d'un point de l'appareil ;
- utiliser les conditions d'équilibre et le principe des moments pour obtenir les valeurs des moments de flexion aux deux supports de la poutre ;
- utiliser les formules suivantes pour obtenir une estimation théorique de la sortie du quart de pont :

$$\delta_{\max} = \frac{M \times L^2}{E \times I}$$

$$\sigma = \frac{M \times y}{I}$$

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E}$$

$$\Delta R = \epsilon \times R \times GF$$

Notes pour l'instructeur

Feuille de travail	Notes
<p>Introduction</p> <p>Calendrier 15 - 20 minutes</p>	<p>Concepts concernés : Pont de Wheatstone diviseur de tension jauges de contrainte facteurs affectant la résistance d'un conducteur</p> <p>L'introduction commence par le pont de Wheatstone. Les étudiants ayant une connaissance limitée de la théorie électrique peuvent avoir besoin d'aide pour comprendre le réseau du pont. Le fait de le considérer comme deux diviseurs de tension peut être utile à cet égard. L'idée d'un pont équilibré peut nécessiter des explications supplémentaires. Les élèves doivent comprendre que la tension de sortie du pont est affichée sur l'écran LCD.</p> <p>L'instructeur peut développer les facteurs affectant la résistance d'un conducteur (longueur, surface de la section transversale en particulier) en introduisant le fonctionnement des jauges de contrainte. Certains étudiants peuvent avoir besoin d'exemples numériques pour illustrer le fonctionnement du pont de jauges de contrainte.</p> <p>Une vue d'ensemble de la disposition de l'appareil peut réduire le nombre d'erreurs de connexion ultérieures.</p>
<p>1</p> <p>Le trimestre pont</p> <p>Calendrier 30 - 45 minutes</p>	<p>Concepts concernés : quart de la résistance du pont et de la température masse poids champ gravitationnel</p> <p>Le premier obstacle est le câblage correct du réseau de ponts. Si cela n'a pas été fait auparavant, l'instructeur doit indiquer la position des jauges de contrainte sur la poutre, car les étudiants ont besoin de cette information pour trouver la réponse à la question posée sur la polarité de la mesure et pour donner un sens aux résultats du défi.</p> <p>L'éternel problème est la distinction entre masse et poids. Les instructeurs doivent insister sur le fait que ces termes ne sont pas interchangeables.</p> <p>Les instructeurs peuvent souhaiter vérifier que les étudiants comprennent la signification de la charge totale.</p>
<p>2</p> <p>La moitié pont</p> <p>Calendrier 30 - 45 minutes</p>	<p>Concepts concernés : demi-ponts sensibilité charge longitudinale vs charge axiale</p> <p>Les instructeurs doivent vérifier le câblage du pont pour s'assurer que les jauges de contrainte sont connectées à différents bras du pont.</p> <p>Les élèves ne reçoivent pas d'instructions étape par étape pour cette enquête, mais on leur dit simplement qu'elle "reflète celle de la feuille de travail 1". On s'attend à ce qu'ils soient d'un niveau tel qu'ils puissent le faire.</p> <p>La question de la direction de la charge est soulevée dans le résumé et peut nécessiter un renforcement de la part de l'instructeur.</p>

Notes pour l'instructeur

Feuille de travail	Notes								
<p>3 Le pont complet</p> <p>Calendrier 40 - 60 minutes</p>	<p>Concepts concernés : pont complet</p> <p>La tâche de câblage est en fait plus simple pour ce circuit. La position des jauges de contrainte n'a pas d'importance !</p> <p>Comme dans la fiche de travail 2, les élèves ne reçoivent pas d'instructions étape par étape, mais doivent simplement Il est dit que c'est la même chose que dans la feuille de travail 1.</p> <p>Le défi consiste à comparer les sensibilités des trois types de circuits de pont à jauges de contrainte. Cet exercice peut faire l'objet d'une présentation collective à la classe.</p>								
<p>4 Prévoir le résultat</p> <p>Calendrier 40 - 60 minutes</p>	<p>Concepts concernés :</p> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Diagramme du corps libre équilibre</td> <td style="width: 50%;">moment d'une force</td> </tr> <tr> <td>module de Young</td> <td>deuxième moment d'inertie</td> </tr> <tr> <td>contrainte de traction</td> <td>déformation de traction</td> </tr> <tr> <td>facteur de jauge de contrainte</td> <td>formule du diviseur de tension</td> </tr> </table> <p>Le processus de dérivation des valeurs théoriques de la tension de sortie comporte un certain nombre d'étapes et est complexe. On ne s'attend pas à ce que les étudiants s'en souviennent de mémoire, mais ils devraient être capables de le suivre dans les notes.</p> <p>Les étapes sont indiquées en caractères gras et les résultats sont encadrés en rouge.</p> <p>Le défi consiste à calculer la tension de sortie théorique pour deux autres valeurs de charge. Si les élèves ont utilisé une feuille de calcul, il est utile de leur demander de calculer les sorties théoriques pour toutes les valeurs de charge.</p>	Diagramme du corps libre équilibre	moment d'une force	module de Young	deuxième moment d'inertie	contrainte de traction	déformation de traction	facteur de jauge de contrainte	formule du diviseur de tension
Diagramme du corps libre équilibre	moment d'une force								
module de Young	deuxième moment d'inertie								
contrainte de traction	déformation de traction								
facteur de jauge de contrainte	formule du diviseur de tension								