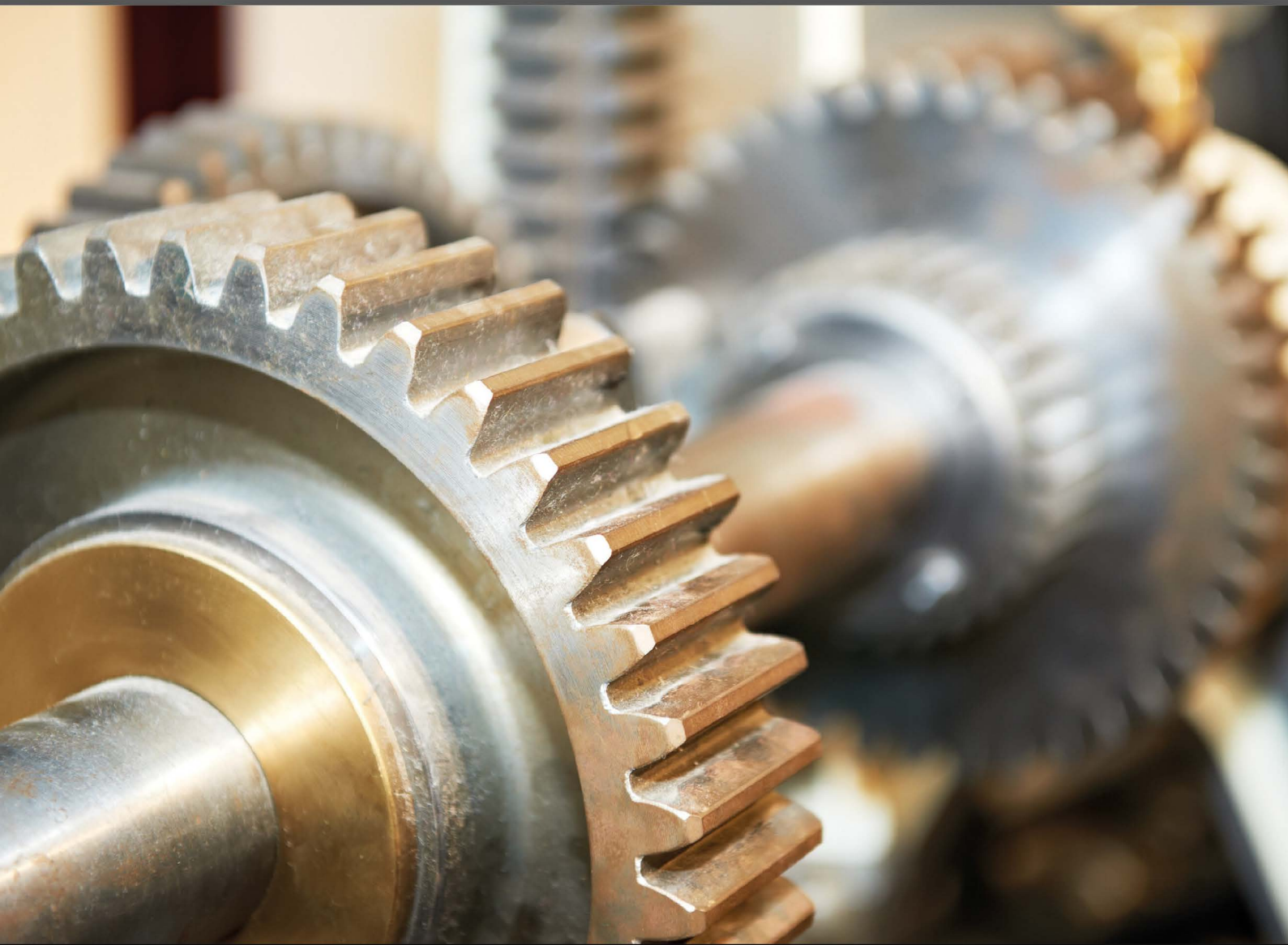


matrix | STRUCTURES

Torsion of Rods



matrix

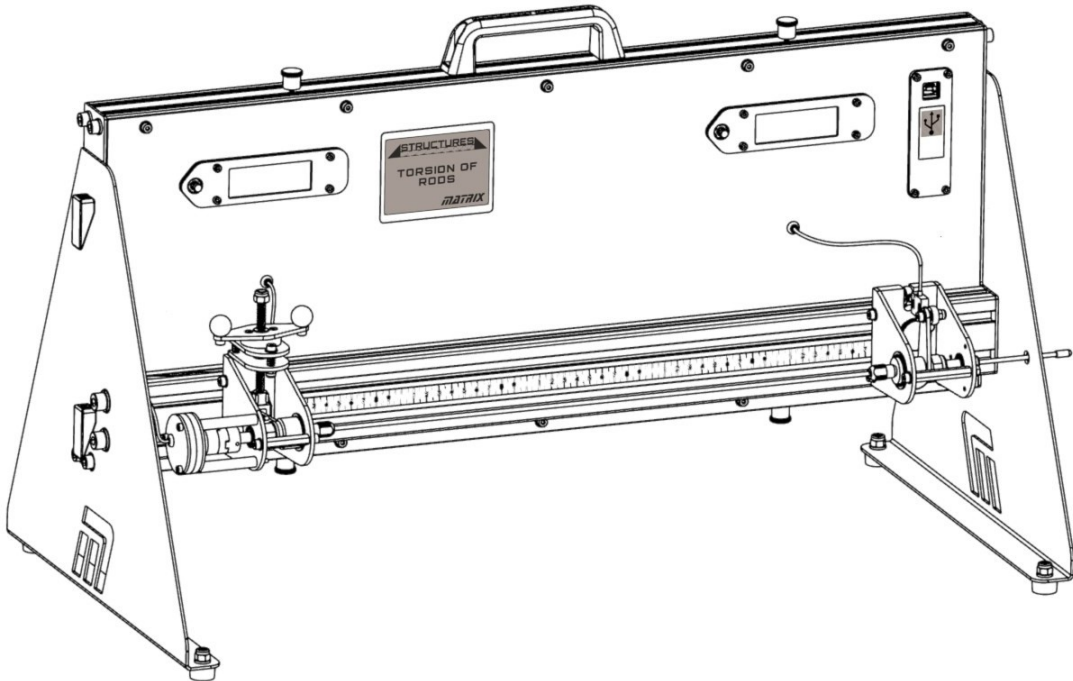
CP8231

www.matrixtsl.com

Copyright © 2021 Matrix Technology Solutions Limited

Torsion des tiges

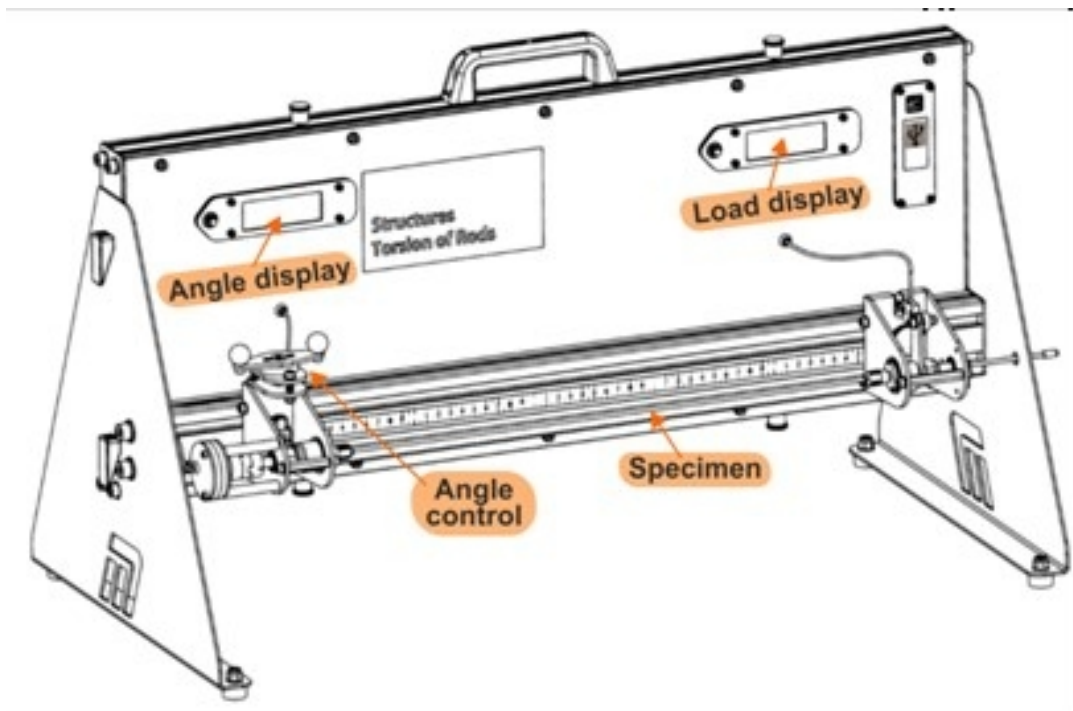
Introduction	4
Fiche de travail 1 - Couple et diamètre	5
Fiche de travail 2 - Couple et longueur	8
Fiche de travail 3 - Couple et matériau	10
Fiche de l'élève	11
Notes pour l'instructeur	20



Introduction :

L'équipement permet à l'utilisateur de mesurer la torsion résultant de la torsion d'une extrémité d'une tige métallique.

Les recherches détaillées dans ce module examinent l'effet de la modification du **diamètre** de la tige, de la modification du **métal à partir** duquel elle est fabriquée et de la modification de sa **longueur**.



En tournant la poignée de contrôle de l'angle, on abaisse la barre filetée et on fait tourner la pince de serrage qui retient l'extrémité gauche de la tige. Un tour complet abaisse la barre de 1 mm, ce qui entraîne une rotation de l'extrémité de la tige d'environ $1,6^\circ$.

Cela fait également tourner la broche d'un potentiomètre fixé sur le support d'extrémité. Le signal de ce potentiomètre détermine l'angle affiché sur l'écran LCD de gauche.

La force transmise à l'autre extrémité de l'échantillon est détectée par une cellule de charge située dans le support de droite. Le signal du capteur est converti en force, affichée sur l'écran LCD de droite.

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.

Fiche de travail 1

Couple et diamètre

De nombreuses applications techniques utilisent des arbres pour transférer l'énergie, via le couple, d'une partie du système à une autre. L'une de ces applications est l'arbre de transmission d'un véhicule.



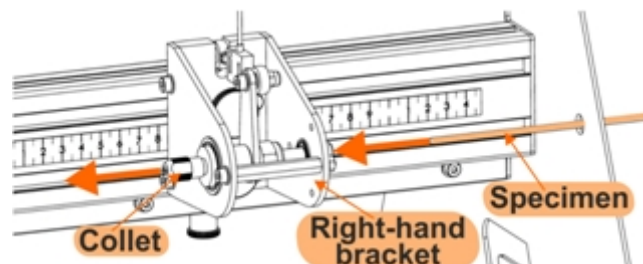
Il est important que cet arbre ne subisse aucune déformation lorsqu'un couple est appliqué. Une propriété intéressante ici est le *second moment polaire de l'aire* (également appelé *moment polaire d'inertie*), qui dépend de la manière dont la masse de l'objet est répartie par rapport à l'aire de l'objet.

à un axe particulier. Plus cet axe est grand, plus l'arbre est rigide. Il est donc logique de penser que le diamètre d'une tige aura une incidence sur sa rigidité.

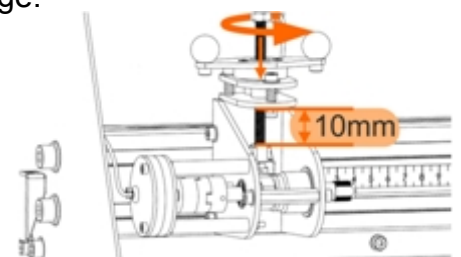
La première étude recherche une telle connexion. Elle compare le comportement de deux tiges du même matériau, de même longueur mais de diamètres différents.

À vous de jouer :

- Choisissez la plus petite des deux tiges de laiton et mesurez son diamètre à l'aide d'un pied à coulisse.
- Notez la mesure dans la fiche de l'élève.



- Trouvez les deux pinces de serrage qui correspondent au diamètre de la tige.
- Glissez la tige dans le trou de la plaque d'extrémité de l'équipement.
- Placez les pinces de serrage (et les mandrins) sur la tige, en les orientant dans des directions opposées. Fixez la pince de serrage droite sur la tige. La main est lâche.
- Tourner la poignée de contrôle de l'angle jusqu'à ce que le haut de la chape se trouve à environ 10 mm en dessous des plaques de précharge, comme indiqué dans le diagramme.



En se rapprochant, on risque d'avoir trop de frictions, ce qui empêcherait d'obtenir des résultats précis !

C'est la position de départ pour les trois expériences.

Fiche de travail 1

Couple et diamètre

À vous de jouer

- Maintenant, serrez complètement les pinces de serrage - celle du support de gauche en premier. Lors du serrage de celui de l'équerre de droite, maintenir la jauge de contrainte pour s'opposer à la force, afin de protéger la cellule de charge.

Ne laissez pas l'écran LCD afficher une charge supérieure à 4000 g environ, sous peine d'endommager l'appareil !

- Tournez la poignée de contrôle de l'angle d'un tour dans le sens inverse des aiguilles d'une montre pour éliminer tout jeu.
- Mettez les deux écrans LCD à zéro en appuyant sur les boutons-poussoirs situés à côté de l'écran LCD.
- Mesurer la distance entre les pinces de serrage, c'est-à-dire la longueur L sur laquelle se produit la torsion.
- Notez cette distance dans la fiche de l'élève.
- Tournez la poignée de contrôle de l'angle par incréments d'un demi-tour jusqu'à ce que l'angle affiché sur l'écran LCD atteigne environ 20° .

L'écran LCD devient vert lorsque la mesure s'est stabilisée.

Ne pas tordre la tige au-delà de 20° , car cela pourrait entraîner une déformation plastique de la tige, qui resterait déformée de manière permanente.

- Pour chaque incrément, enregistrez l'angle de torsion et les relevés du capteur de force, soit directement dans le tableau du document de l'élève, soit via le port USB directement dans une feuille de calcul.

(La charge affichée sur l'écran LCD est exprimée en grammes. Elle doit être convertie en force correspondante en newtons. L'angle de torsion θ est indiqué en degrés sur l'écran LCD de gauche. Il doit être converti en radians.

Des indications sur les deux conversions sont données dans le document de l'élève.)

Fiche de travail 1

Couple et diamètre

À vous de jouer

- Répétez l'expérience avec la tige de plus grand diamètre du même matériau.
- Le document de l'élève montre comment calculer le couple appliqué, **T**, pour chaque force appliquée et le second moment polaire de l'aire, **J**, pour chaque tige.
- Complétez toutes les colonnes du tableau.
- Tracez les graphiques de (**T x L**) en fonction de (**J x θ**) pour les deux tiges sur le même graphique, en utilisant les axes fournis dans le document de l'élève. Ajoutez des étiquettes indiquant les échelles choisies.

Défi :

Dans le document de l'élève, utilisez la relation

$$\theta = \frac{\mathbf{T} \times \mathbf{L}}{\mathbf{J} \times \mathbf{G}} \quad \text{où} \quad \mathbf{G} = \text{module de rigidité}$$

pour expliquer pourquoi le graphique de (**T x L**) en fonction de (**J x θ**) doit être linéaire.

Et alors ?

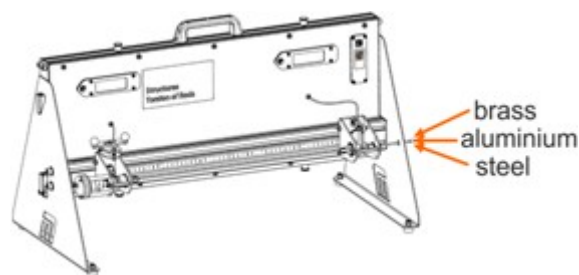
Il n'y a qu'une faible variation de diamètre entre les deux tiges. Cependant, cela a un effet important sur l'angle de torsion provoqué par un couple donné.

En effet, l'angle de torsion dépend directement (inversement) du second moment polaire de l'aire. Celui-ci dépend toutefois de la puissance 4th du diamètre de la tige. Par conséquent, une petite variation du diamètre entraîne une grande différence dans l'angle de torsion.

Les propriétés des métaux dépendent du comportement des électrons qui les composent. Les électrons sont repoussés par d'autres électrons situés à proximité et attirés par les particules chargées positivement dans le noyau des atomes. Leurs propriétés macroscopiques, telles que la dureté, la ductilité et la résistance au cisaillement, dépendent du nombre et de la répartition des électrons en leur sein



Cette expérience compare les effets de trois matériaux différents sur les angles de torsion produits par différents couples.



À vous de jouer :

- Sélectionnez les trois tiges, en laiton, en aluminium et en acier, qui ont le même diamètre.
- Mesurez le diamètre de chacun d'eux à l'aide d'un pied à coulisse.
- Notez la mesure dans la fiche de l'élève.
- Dans le document de l'élève, calculez le second moment polaire de l'aire, J , pour chaque tige.
- Pour chaque matériau :
 - Insérer la tige dans l'appareil "Torsion de tiges" et mesurer la distance, L , entre les pinces de serrage. Notez-la dans la fiche de l'élève.
 - Utilisez la même procédure que dans la fiche de travail 1 pour mesurer le couple nécessaire pour produire des angles de torsion allant de 0° à 20° .
 - Enregistrez vos mesures soit directement dans le tableau du document de l'élève, soit via le port USB directement dans une feuille de calcul.
 - Complétez toutes les colonnes du tableau.
 - Tracez les graphiques linéaires de $(T \times L)$ en fonction de $(J \times \theta)$ pour les trois matériaux sur les mêmes axes, dans la fiche de l'élève, en ajoutant les échelles appropriées.

Fiche de travail 2

Couple et matériau

À vous de jouer

- La formule pour l'angle de torsion θ peut être réarrangée pour donner :

$$\text{module de rigidité } G = \frac{T \times L}{J \times \theta}$$

Mesurez les gradients des graphiques.

Ces valeurs donnent des estimations du module de rigidité des matériaux. Inscrivez les valeurs dans le tableau de la fiche de l'élève.

Et alors ?

Le module de rigidité détermine dans quelle mesure un matériau résiste à la rotation par torsion. Plus le module de rigidité est élevé, plus le matériau est rigide.

Il s'agit d'une information utile lors de la conception d'un système tel que l'arbre d'entraînement d'une voiture. Le choix du matériau le moins dense, capable de supporter le couple prévu sans déformation, peut contribuer à réduire la consommation de carburant.

Fiche de travail 3

Couple et longueur

Il est plus facile de tordre un élastique long qu'un élastique court !

Plus précisément, le même couple produit un angle de torsion plus important dans un élastique long que dans un élastique court.

En est-il de même pour nos tiges métalliques ? L'enquête suivante tente de répondre à cette question.



À vous de jouer :

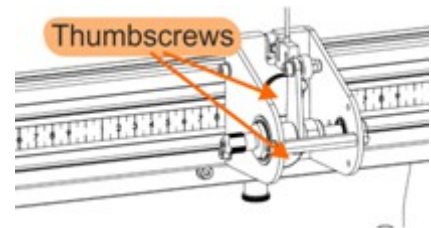
Les constantes :

Cette expérience utilise une **charge fixe** tout au long de l'expérience et le **même matériau**, la tige de laiton de plus petit diamètre.

Les variables :

Il fait varier la **longueur de** la tige exposée au couple.

Pour ce faire, desserrez les vis à oreilles de l'étrier de droite et faites-le glisser le long de la poutre jusqu'à la position voulue. La règle fixée à la poutre peut être utilisée pour mesurer la distance entre les pinces de serrage, comme précédemment.



- Positionner le support de droite de manière à ce que la distance entre les pinces de serrage soit de 100 mm (0,1 m). Insérer et serrer la tige.
- Ajuster l'angle de torsion jusqu'à ce que la lecture du couple soit de 200g ($T = 0,08\text{N.m}$).
- Notez l'angle de torsion dans la fiche de l'élève.
- Augmentez maintenant la distance entre les pinces à 150 mm (0,15 m) et réglez à nouveau l'angle de torsion jusqu'à ce que le couple relevé soit de 200 g ($T = 0,08\text{N.m}$).
- Enregistrez le nouvel angle de torsion.
- Continuer ainsi en augmentant la longueur de la tige par pas de 50 mm jusqu'à ce que la longueur L soit de 450 mm (0,45 m). A chaque fois, trouver l'angle de torsion correspondant à un couple de 200g ($T = 0,08\text{N.m}$).
- En utilisant les axes fournis, tracez un graphique de l'angle de torsion θ en

fonction de la longueur de la tige, L . **Et alors ?**

Le graphique montre que l'angle de torsion est directement proportionnel à la longueur, c'est-à-dire que plus la longueur augmente, plus l'angle de torsion augmente.

Document de l'élève

Document de l'élève

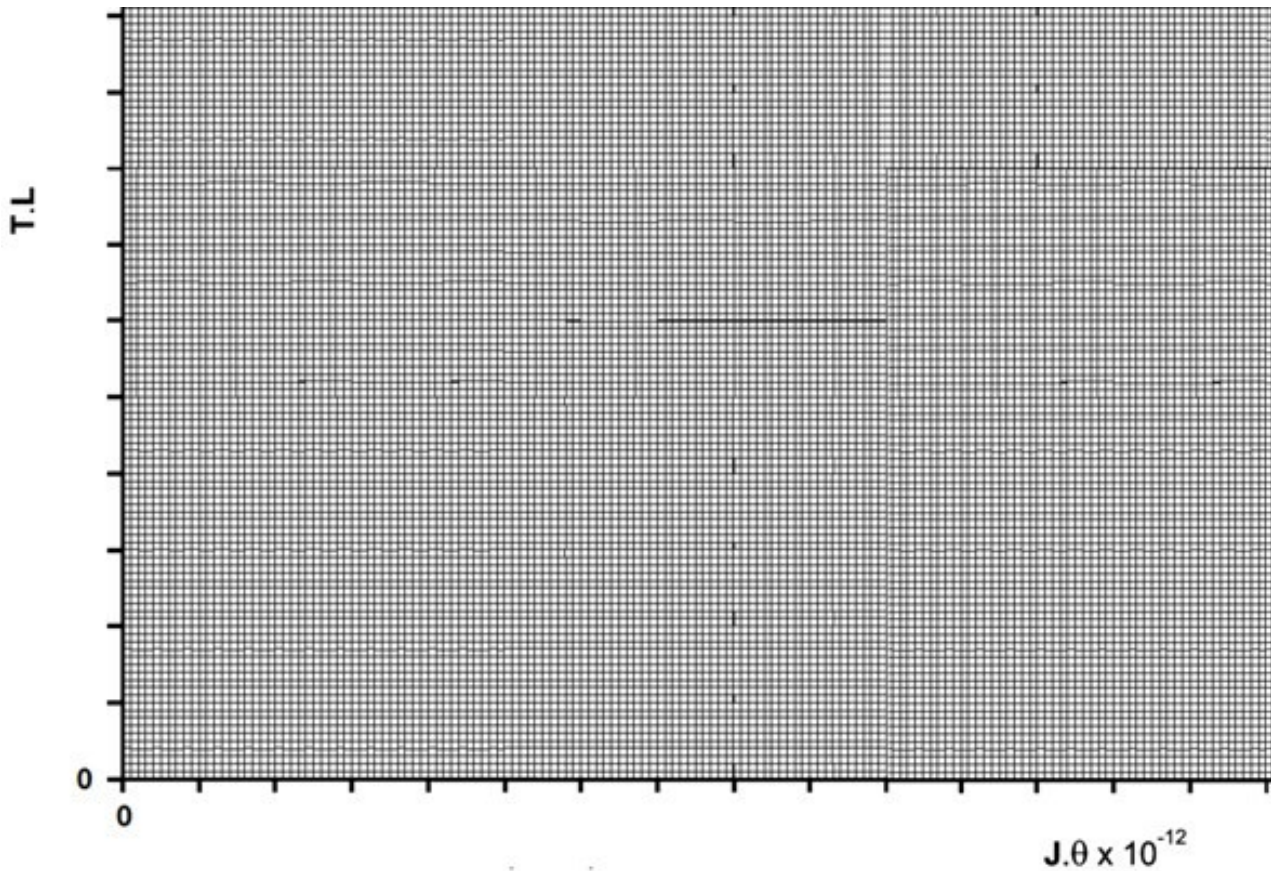
Feuille de travail 1

Graphique de (T x L) en fonction de (J x θ) :

Utilisez les axes fournis ci-dessous.

Représentez vos mesures par de petites croix.

Tracez une ligne droite distincte pour chaque tige.



Document de l'élève

Feuille de travail 2

Graphique de (T x L) en fonction de (J x θ) :

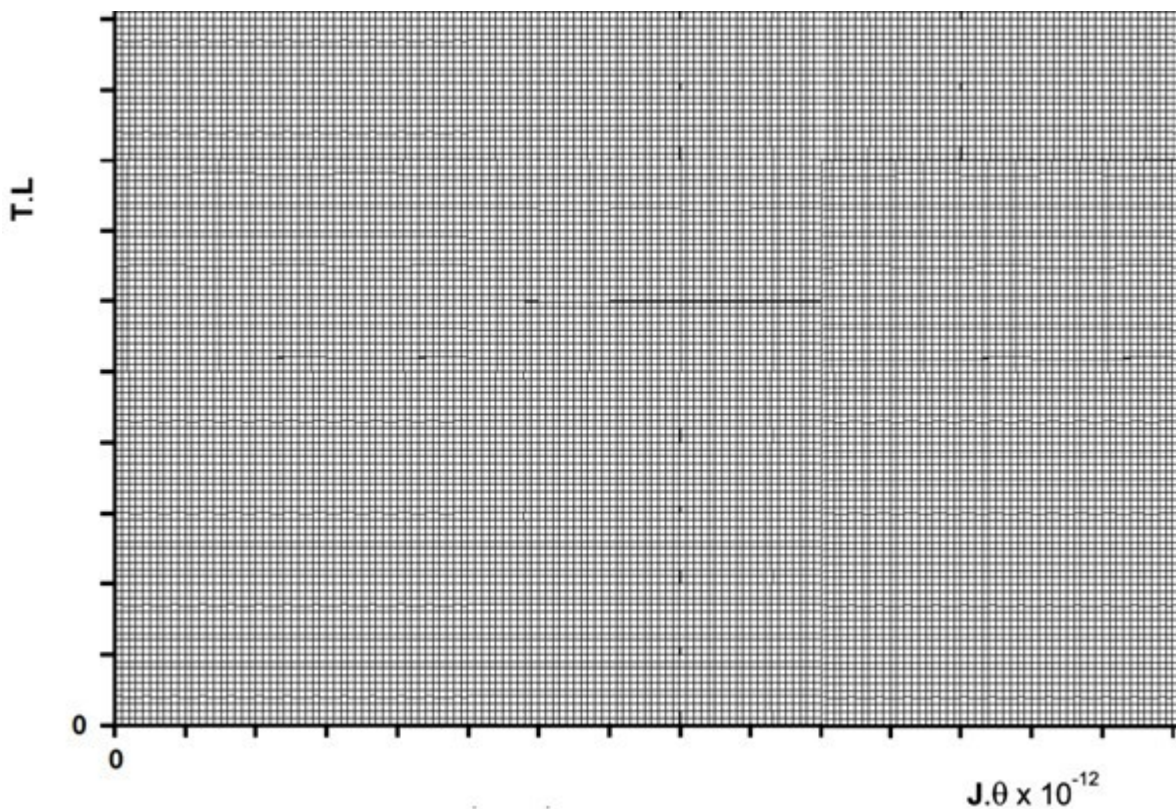
Utilisez les axes fournis ci-dessous.

Faites apparaître vos mesures sous forme de petites croix.

Tracez une ligne droite distincte pour chaque matériau.

Mesurez les gradients des graphiques.

Ils donnent des estimations du module de rigidité des matériaux.



Valeurs résultantes du module de rigidité :

Matériau	Module de rigidité en Pa x 10 ⁹
Laiton	
Aluminium	
Acier	

Document de l'élève

Fiche de travail 3 - Couple et longueur

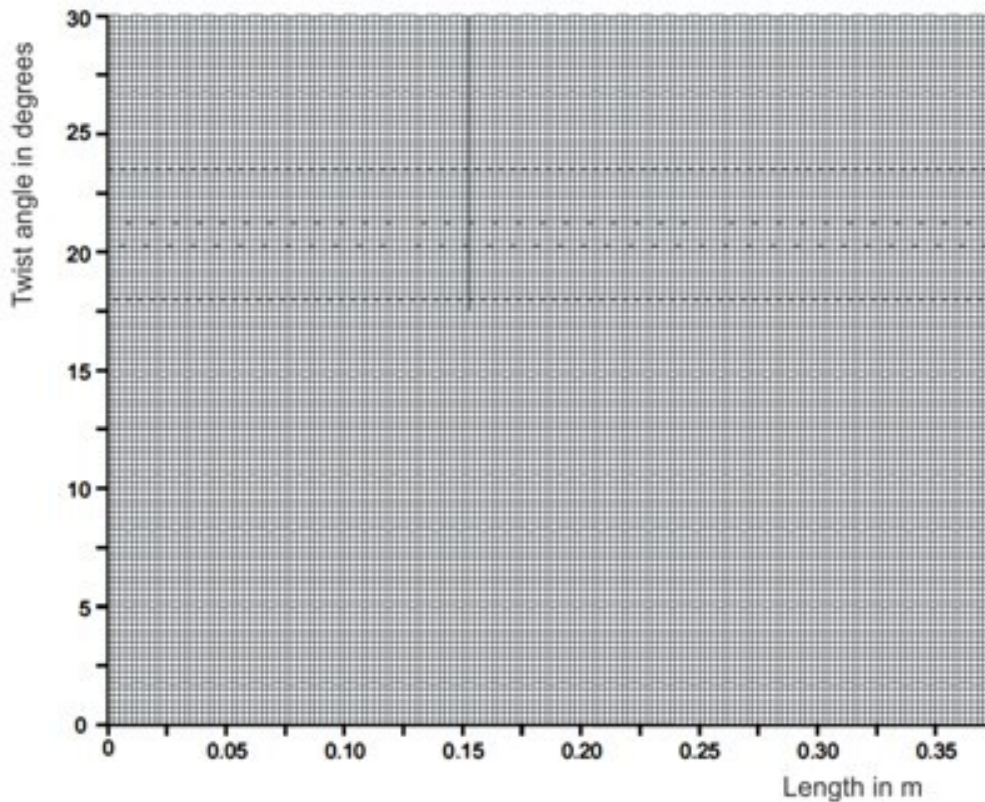
Longueur de la tige L en mm	Lecture du couple en g	Angle de torsion en °
100	200	0
150	200	
200	200	
250	200	
300	200	
350	200	
400	200	
450	200	

Graphique de θ en fonction de L :

Utilisez les axes fournis ci-dessous.

Faites apparaître vos mesures sous forme de petites croix.

Tracez une ligne droite en utilisant vos mesures comme guide.



Notes pour le Instructeur

A propos de ce cours

Introduction

Dans le cadre du module "Structures - Torsion des tiges", les élèves étudient les effets de torsion des forces sur une variété d'échantillons par le biais d'une série d'études pratiques.

Le kit peut être assemblé et utilisé par les élèves avec un minimum de supervision pour compléter une série de fiches de travail axées sur un certain nombre de sujets liés aux cours BTEC National et Higher National.

Objectif

Le cours apprend aux étudiants à étudier les relations entre le couple et la déformation qui en résulte, ainsi que les facteurs qui influent sur ces relations pour une variété de tiges métalliques.

Connaissances préalables

On attend des étudiants qu'ils aient suivi un cours d'introduction aux sciences, leur permettant de faire des observations scientifiques, de les enregistrer et de les analyser. 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.

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. Il appartient à l'enseignant de s'assurer que la compréhension de l'élève progresse au même rythme que les fiches de travail. Une façon de le faire est de "signer" chaque feuille de travail au fur et à mesure que l'élève la remplit et, ce faisant, de avoir un bref entretien pour évaluer la compréhension par l'élève des idées impliquées dans les exercices qu'il 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 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 faudra environ deux à quatre heures aux élèves pour compléter 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 :

- expliquer la signification des termes "*couple*" et "*torsion*" et faire la distinction entre eux ;
- indiquer les unités SI de :
 - couple,
 - le second moment polaire de l'aire,
 - le module de rigidité.
- mettre à zéro un capteur de pesage ;
- convertir une lecture de cellule de charge en grammes en une force en newtons ;
- calculer le poids d'une masse donnée en utilisant l'intensité du champ gravitationnel local ;
- utiliser des pieds à coulisse pour mesurer le diamètre d'une tige métallique ;
- convertir les angles mesurés en degrés en radians ;
- calculer le couple exercé par une force donnée à une distance donnée d'un axe de rotation ;
- calculer le second moment polaire de l'aire d'un bâton de diamètre donné ;
- calculer l'angle de torsion théorique d'une tige, compte tenu du couple, de la polaire et du second moment de l'aire, la longueur et le module de rigidité du matériau ;
- expliquer pourquoi une modification du diamètre de la tige a un effet aussi important sur l'angle de torsion produit par un couple donné ;
- reconnaître qu'une équation de la forme " $y = m \cdot x + c$ " produit une ligne droite lorsque la valeur " y " est égale à " y ".
est représentée en fonction de la variable " x " ;
- calculer la pente d'une droite afin de déterminer le module de rigidité d'un échantillon ;
- décrire la relation entre la longueur d'une tige et l'angle de torsion produit par un couple donné.

Notes pour l'instructeur

Feuille de travail	Notes
<p>1 Couple et diamètre</p> <p>Calendrier 40 - 60 minutes</p>	<p>Concepts concernés :</p> <p>couple torsion degrés radiansload cell</p> <p>module de rigidité deuxième moment polaire de l'aire équation</p> <p>pour une ligne droite</p> <p>L'instructeur peut être amené à expliquer le rôle du capteur dans cet équipement. Conçu pour mesurer la masse de la charge qu'il porte, il mesure ici une force. (Il faudra peut-être rappeler à certains élèves la différence entre la masse et le poids, ainsi que l'utilisation de l'intensité du champ gravitationnel). Même dans ce cas, l'histoire ne s'arrête pas là, car la mesure cible est le couple appliqué à la tige. Pour le calculer, il faut tenir compte de la longueur du bras reliant la cellule à la tige.</p> <p>Les instructeurs peuvent être amenés à montrer l'utilisation d'un pied à coulisse pour mesurer le diamètre des tiges. Il est important que les pinces de serrage soient bien ajustées aux tiges pour éviter tout glissement.</p> <p>Certains étudiants préféreront utiliser le transfert de données via le port USB plutôt que d'enregistrer manuellement les mesures.</p> <p>La dépendance de l'angle de torsion par rapport à la quatrième puissance du diamètre peut nécessiter une certaine amplification.</p> <p>Le défi requiert la compréhension de l'équation d'une ligne droite et la capacité à manipuler des formules. Pour certains, le défi peut être trop grand, mais c'est le résultat final qui compte, pas le processus pour l'obtenir. Pour certains, l'idée</p>
<p>2 Couple et matériau</p> <p>Calendrier 40 - 60 minutes</p>	<p>Cet exercice est le reflet de celui de la fiche 1, sauf que, cette fois, les tiges sont faites de matériaux différents.</p> <p>En fonction de leur expérience mathématique antérieure, certains élèves peuvent ne pas être satisfaits de la jonglerie algébrique de la formule de l'angle de torsion. Un soutien peut s'avérer nécessaire.</p> <p>Les valeurs typiques du module de rigidité en GPa sont les suivantes : laiton 38acier 80 aluminium 26.</p>
<p>3 Couple et longueur</p> <p>Calendrier 30 - 50 minutes</p>	<p>Il s'agit à nouveau des mêmes concepts que dans la feuille de travail 1. Cette fois, la longueur du est modifiée pour voir quel effet elle a sur la torsion.</p> <p>La feuille de travail commence par un résumé de ce qui est maintenu constant et de ce qui est modifié. L'instructeur peut souhaiter développer l'idée d'un test équitable à l'aide de ce résumé.</p> <p>Le succès de cette expérience dépend en partie de l'attention portée au serrage des pinces de serrage à chaque changement de longueur.</p> <p>La charge utilisée peut varier d'un groupe à l'autre et les résultats peuvent être comparés ultérieurement.</p> <p>En fonction de leur expérience mathématique antérieure, certains élèves peuvent avoir besoin d'aide pour comprendre la notion de "directement proportionnel".</p>