



# **MATRIX** | STRUCTURES

## Pin Jointed Frameworks



**MATRIX**

CP8026

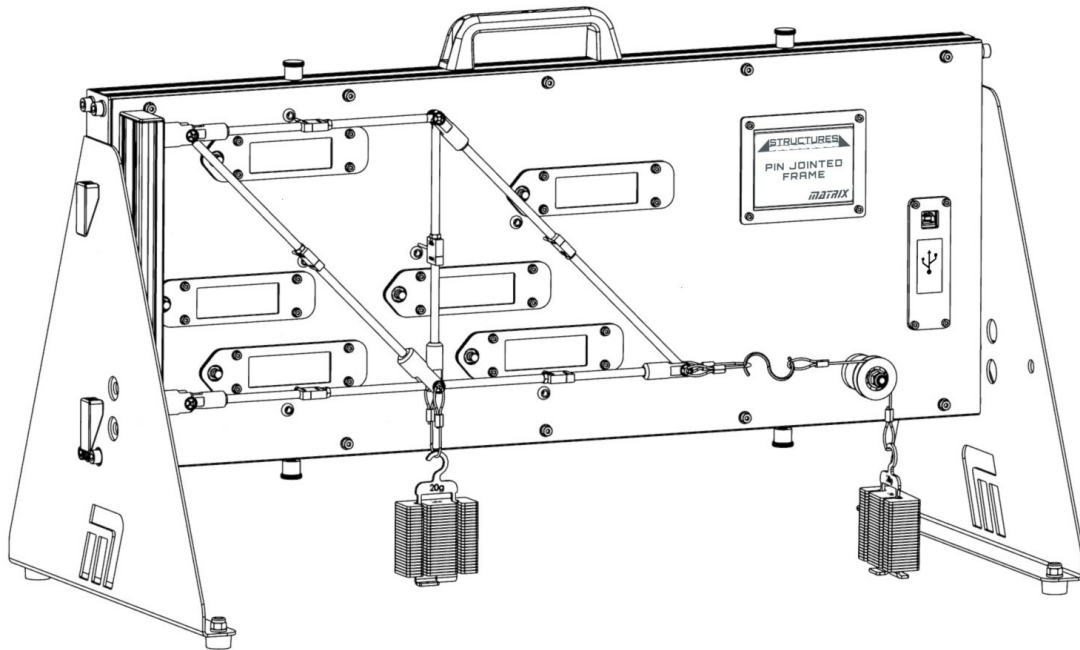
[www.matrixtsl.com](http://www.matrixtsl.com)

Copyright © 2021 Matrix Technology Solutions Limited

## Cadre articulé

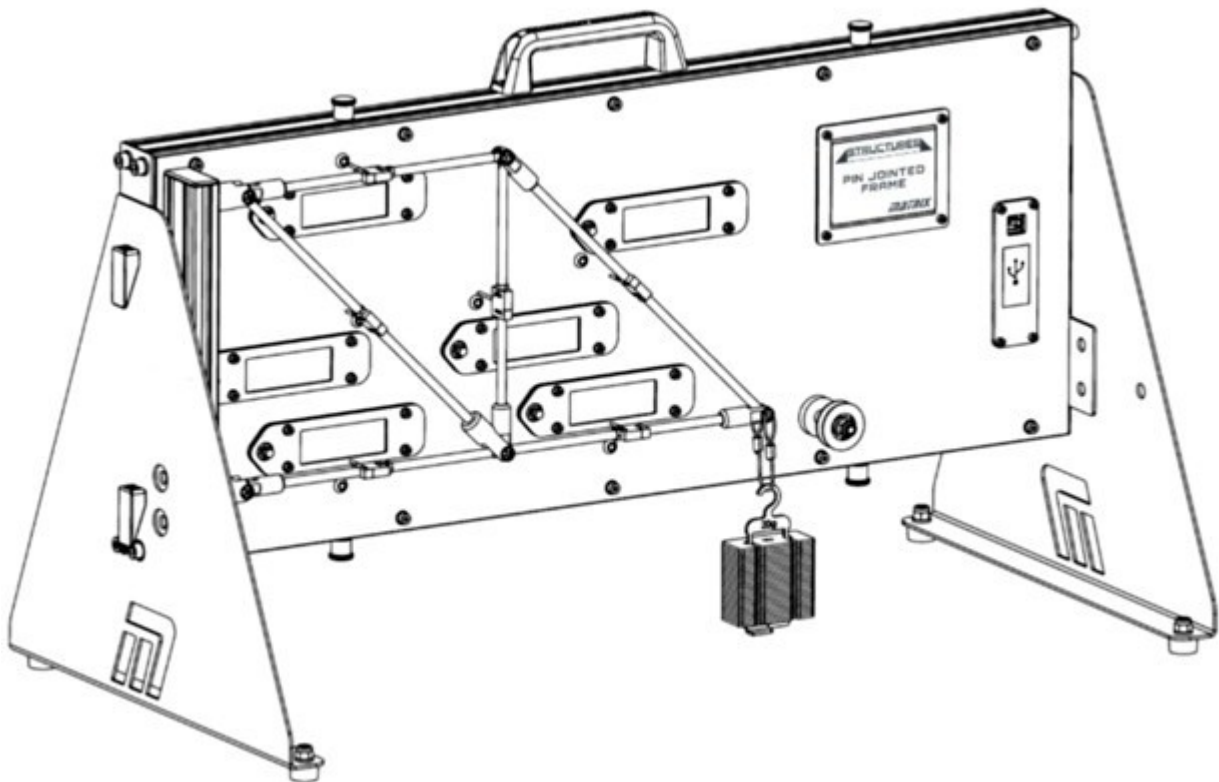
Introduction	7
Fiche de travail - Vérifier le chargement	6
Enquête A - Charge appliquée à l'articulation <b>P</b>	7
Calcul des forces - méthode des joints	8
Calcul des forces - méthode des sections	11
Enquête B - Charge appliquée à l'articulation <b>R</b>	13
Enquête C - Charges multiples	14
Résumé	15
Document de l'élève	16
Notes pour l'instructeur	21

# Introduction



Ces études examinent la répartition des charges dans un cadre structural composé de six éléments reliés par des goupilles.

Une articulation à broche peut résister à des forces verticales et horizontales, mais pas à un moment. Elle n'a qu'un seul degré de liberté, permettant la rotation autour d'un seul axe mais pas de mouvement de translation.



L'armature est fixée à l'extrémité gauche à une poutre en aluminium simulant un mur de réaction. Chaque élément en acier inoxydable est équipé en son milieu d'une cellule de charge reliée à un écran LCD. Ces écrans mesurent la force de tension/compression à l'intérieur de chaque élément. Une valeur négative sur la cellule de charge indique une force de tension dans l'élément.

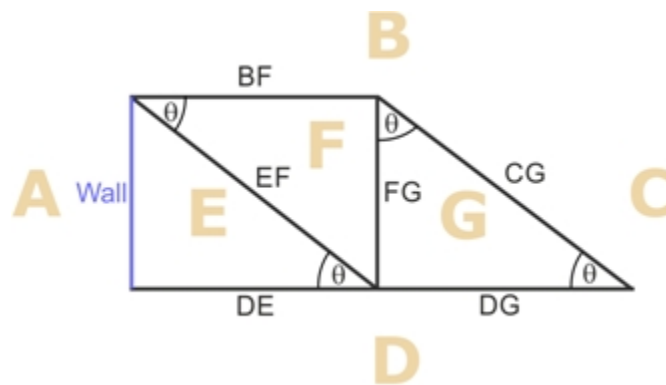
Dans ce module, il est utilisé pour permettre à l'étudiant de vérifier les forces calculées à partir de la théorie par rapport aux valeurs mesurées.

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.

La notation de Bow, une convention d'étiquetage, est utilisée pour étiqueter les diagrammes de corps libres.

Les espaces autour des membres sont étiquetés de **A** à **G**. Les membres, et les forces qu'ils contiennent, ont des étiquettes qui indiquent les espaces qu'ils séparent.

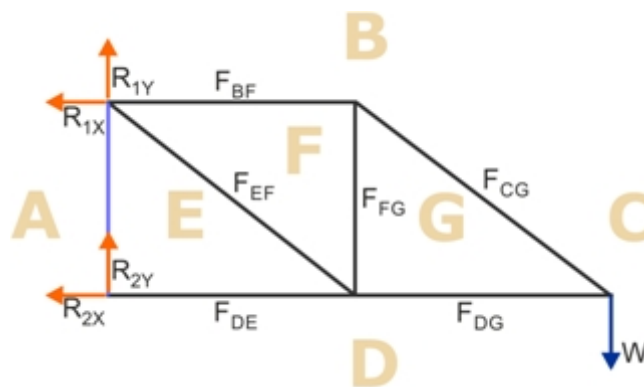
Le premier diagramme montre l'étiquetage des six membres, en utilisant cette convention.



Le deuxième diagramme identifie les forces agissant à l'intérieur de

ces membres. Il montre également les forces extérieures :

- charge ajoutée **W** ;
- les forces de réaction **R<sub>1</sub>** et **R<sub>2</sub>** générées au niveau du mur de réaction. Elles sont représentées en composantes horizontale et verticale, par exemple **R<sub>1X</sub>** et **R<sub>1Y</sub>** .



# Fiche de travail

## Vérifiez le chargement !

L'ingénieur qui conçoit une structure doit analyser la charge de chaque élément de la structure sur toute la gamme des charges attendues.



Certains membres seront en compression tandis que d'autres seront en tension. Certains sont des éléments à force nulle, sans aucune force interne, utilisés pour accroître la stabilité et la rigidité de la structure.

Les matériaux ont des propriétés différentes. Certains sont plus performants en compression, d'autres en tension. Cette analyse permet de sélectionner les matériaux appropriés et de déterminer les dimensions adéquates.

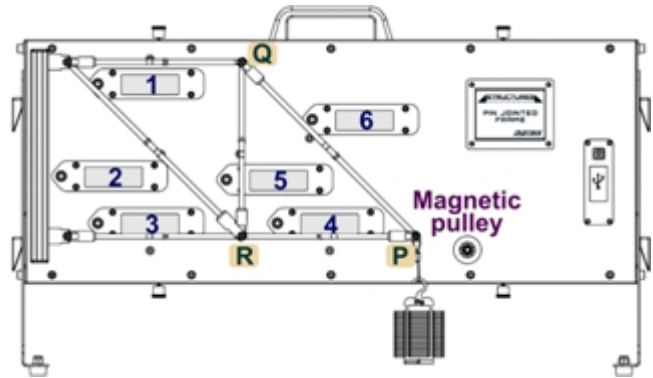
Les expériences de ce module permettent de comparer les valeurs calculées des forces dans les poutres et les colonnes avec les valeurs mesurées. L'objectif est de valider les techniques utilisées dans les calculs.

# Enquête A

## Charge appliquée à l'articulation P

### Dans chaque enquête :

- Assurez-vous que l'appareil est de niveau.
- Le diagramme numérote chacun des six écrans LCD pour vous permettre d'enregistrer leurs relevés dans le document de l'élève.
- Avant de commencer, appuyez sur le bouton de l'écran LCD pour mettre à zéro les cellules de charge. L'écran devient vert lorsque c'est fait. Cela permet d'éliminer le poids du cadre des lectures ultérieures.
- Les relevés peuvent être effectués manuellement ou par transfert de données via le port USB directement vers un tableur.
- Les affichages indiquent les charges en grammes. Pour obtenir la charge en tant que force, en newtons :
  - diviser la valeur relevée par 1000 pour la convertir en kilogrammes ;
  - multipliez le résultat par 9,81, l'intensité du champ gravitationnel.



La charge est maintenant exprimée sous la forme d'une force.

### Enquête A A vous

#### de jouer :

- Comme le montre le schéma de la page précédente, suspendez un cintre vide à l'articulation **P** sur le cadre, à l'aide d'une boucle de ficelle. Le cintre vide a une masse de 20g.
- Prenez le relevé de chaque cellule de charge et convertissez-le en force à l'intérieur de l'élément, comme décrit ci-dessus. Inscrivez cette valeur dans le tableau figurant dans le document de l'élève. Le tableau identifie l'élément du cadre correspondant à chaque cellule de charge.
- Augmentez la charge en ajoutant une masse de 40 g à la suspente de masse et enregistrez les nouvelles lectures.
- Continuer ainsi jusqu'à ce que le cintre porte un total de 300 g.
- Mesurez ensuite l'angle  $\theta$  entre les éléments du cadre au niveau de l'articulation **P**, ainsi que les longueurs  $X$  et  $Y$  des éléments  $DG$  et  $FG$ .
- Notez-les dans la fiche de l'élève pour les utiliser dans les calculs ultérieurs.
- Calculez les forces dans chaque élément, en utilisant l'une des méthodes décrites dans les pages suivantes.
- Inscrivez vos résultats dans le deuxième tableau de la fiche de l'élève.

## 1. Méthode des joints

### Calcul des forces

Il existe deux approches pour trouver les valeurs théoriques des forces dans les éléments :

- la méthode des sections ;
- la méthode des joints.

Les deux reposent sur les mêmes principes physiques de base : l'équilibre d'un corps :

1. la force horizontale totale est nulle ;
2. la force verticale totale est nulle ;
3. la somme des moments des forces autour d'un point quelconque est nulle.

### Méthode des joints :

Il s'agit d'examiner les forces agissant sur une articulation particulière.

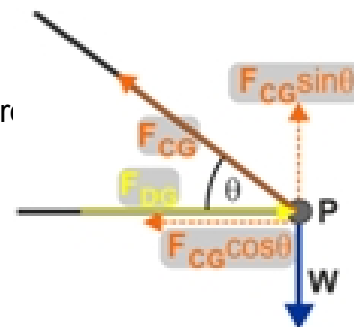
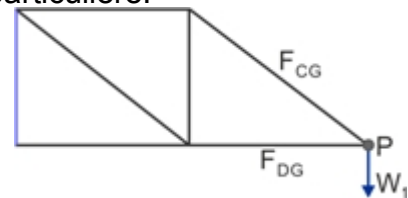
Par exemple, concentrez-vous tout d'abord sur les forces agissant sur l'articulation marquée **P**.

Le deuxième diagramme part du principe que :

- La force  $F_{CG}$  est une force de tension ;
- la force  $F_{DG}$  comprime l'articulation P.

Ces hypothèses ne sont pas significatives, car les calculs serviront à identifier les vraies directions en ajoutant un signe "+" ou "-".

Le diagramme montre également la force  $F_{CG}$  décomposée en composantes horizontale et verticale.



### L'analyse

1. **Somme des forces verticales = 0 :**

$$F_{CG} \sin \theta - W = 0$$

$$F_{CG} = W / \sin \theta$$

2. **Somme des forces horizontales = 0 :**

$$F_{DG} - F_{CG} \cos \theta = 0$$

$$\text{Donc } F_{DG} = F_{CG} \cos \theta$$

3. **La somme des moments des forces est nulle :**

Aucune équation utile ne sera obtenue en prenant les moments autour du point **P** car  $F_{CG}$  et  $F_{DG}$ , passent par ce point et n'exercent donc aucun moment sur lui.

Connaissant la charge **W** et l'angle  $\theta$ , les deux forces  $F_{CG}$  et  $F_{DG}$  peuvent être déterminées.

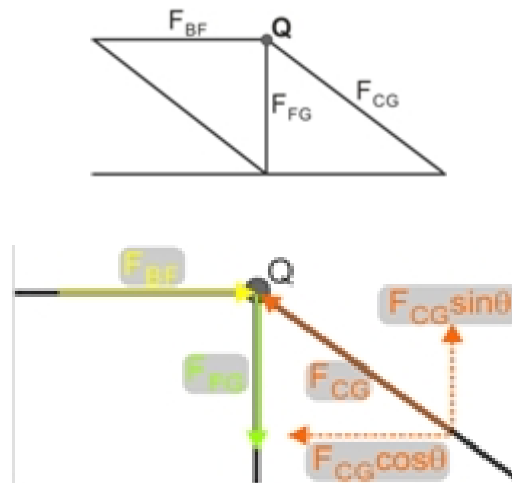


# Calcul des forces :

## 1. Méthode des joints

### Joint Q :

Examinez ensuite les forces agissant sur l'articulation **Q**.



La force  $F_{CG}$  est à nouveau décomposée en composantes horizontale et verticale.

### L'analyse

1. **Somme des forces verticales = 0 :**

$$F_{CG} \sin \theta - F_{FG} = 0$$
$$F_{FG} = F_{CG} \sin \theta$$

2. **Somme des forces horizontales = 0 :**

$$F_{BF} - F_{CG} \cos \theta = 0$$
$$F_{BF} = F_{CG} \cos \theta$$

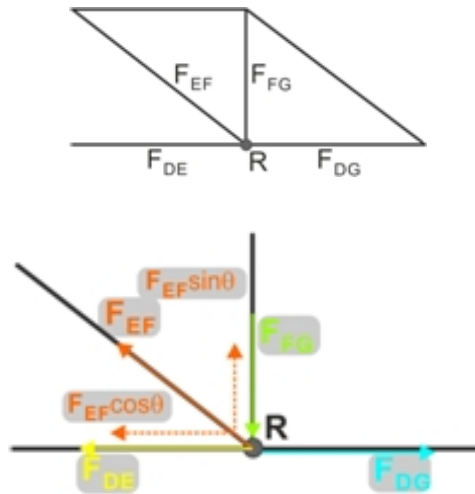
3. **la somme des moments des forces est nulle :**

Une fois de plus, comme les trois forces passent par le point **Q**, aucune équation utile ne résulte de la prise des moments autour du point **Q**.

Connaissant la force  $F_{CG}$  et l'angle  $\theta$ , les deux forces  $F_{FG}$  et  $F_{BF}$  peuvent être trouvées.

## 1. Méthode des joints

Joint R :



Cette fois, la force  $F_{EF}$  est décomposée en composantes horizontale et verticale.

### L'analyse

1. Somme des forces verticales = 0 :

$$F_{EF} \sin \theta - F_{FG} = 0$$
$$F_{EF} = F_{FG} / \sin \theta$$

2. Somme des forces horizontales = 0 :

$$F_{DG} - F_{EF} \cos \theta - F_{DE} = 0$$
$$F_{DE} = F_{DG} - F_{EF} \cos \theta$$

3. La somme des moments des forces est nulle :

Là encore, toutes les forces passent par le point **R** et aucune équation utile ne résulte de la prise en compte des moments autour du point **R**.

Connaissant les forces  $F_{FG}$  et  $F_{DG}$  et l'angle  $\theta$ , les deux forces  $F_{EF}$  et  $F_{DE}$  peuvent être trouvées.

### Résumé

En analysant les situations aux articulations **P**, **Q** et **R**, les six forces ont été calculées.

Remarquez qu'à chaque articulation, l'analyse ne donne que deux équations, puisqu'il était inutile de prendre les moments. Par conséquent, l'analyse de chaque articulation a fonctionné parce qu'il n'y avait que deux forces inconnues impliquées à chaque fois.

**Cette méthode n'est pas appropriée lorsque plus de deux forces inconnues agissent sur l'articulation.**

# Calcul des forces :

## 2. Méthode des sections

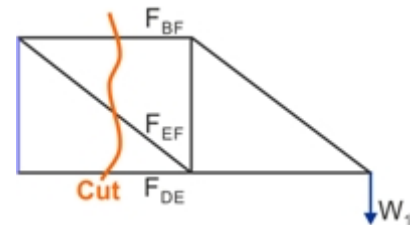
### Méthode des sections :

Cette approche examine les forces agissant sur une section particulière de la structure. Une coupure dans la structure crée cette section. Comme l'ensemble de la structure, la section est en équilibre, et il en va de même pour cette section :

- la somme des forces verticales est nulle ;
- la somme des forces horizontales est nulle
- et la somme des moments des forces autour de tout point est nulle.

Cette fois, chacun de ces aspects générera une équation utile, ce qui signifie que nous pouvons faire face à **trois** forces inconnues dans la section que nous

choisissons. Une coupe théorique ne peut passer que par 3 membres inconnus.



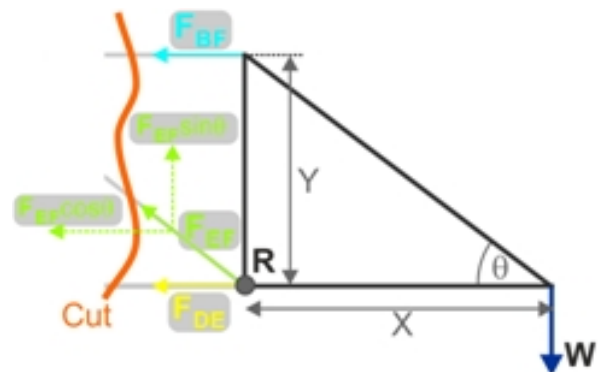
Par exemple, regardez la section créée en coupant à travers les membres **BF**, **EF** et **DE**, comme indiqué ci-contre.

Cela nous permettra de déterminer les forces **F<sub>BF</sub>**, **F<sub>EF</sub>** et **F<sub>DE</sub>**.

Étape 1 - Dessiner le diagramme du corps libre pour la section :

Toutes les forces ont été mises en tension, mais là encore, les mathématiques permettront de déterminer si c'est vrai ou non.

La force **F<sub>EF</sub>** est décomposée en ses composantes horizontale et verticale.



Étape 2 - appliquer les critères d'équilibre :

Si l'on considère les forces verticales :  $F_{EF} \sin \theta$   
 $- W = 0$  et **donc**  $F_{EF} = W / \sin \theta$

En prenant les moments autour du joint **R**  $(F_{BF} \cdot Y) - (W \cdot X) = 0$  et **donc**  $F_{BF} = W \cdot X / Y$

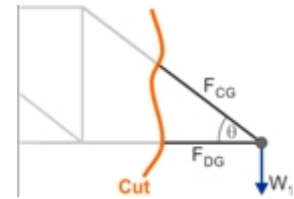
Si l'on considère les forces horizontales :  $- F_{DE} - F_{BF} - F_{EF} \cos \theta = 0$  et **donc**  $F_{DE} = - F_{BF} - F_{EF} \cos \theta$

La connaissance de **W**,  $\theta$  et des longueurs **X** et **Y** permet de calculer les trois forces.

## Calcul des forces : 2. Méthode des sections

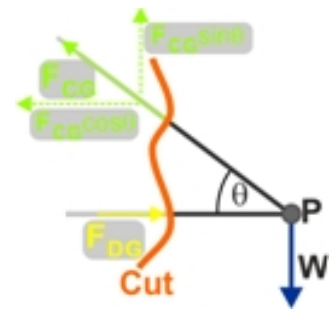
Examinez ensuite la section créée par le découpage des membres **CG** et **DG**.

Cela nous permet de déterminer les forces  $F_{CG}$  et  $F_{DG}$ .



Étape 1 - Dessiner le diagramme de corps libre de la section :

La force  $F_{CG}$  est décomposée en ses composantes horizontale et verticale.



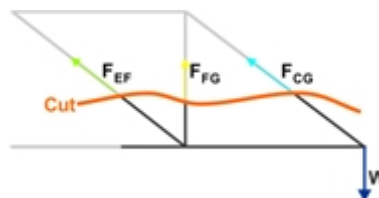
Étape 2 - appliquer les critères d'équilibre :

Si l'on considère les forces verticales :  $F_{CG} \sin \theta$   
 $- W = 0$  et **donc**  $F_{CG} = W / \sin \theta$

Si l'on considère les forces horizontales :  $F_{DG} - F_{CG} \cos \theta = 0$  et **donc**  $F_{DG} = F_{CG} \cos \theta$

Une troisième équation n'est pas nécessaire puisqu'il n'y a que deux forces inconnues. Connaissant  $W$  et  $\theta$ , ces forces peuvent être déterminées.

Il ne reste donc qu'une seule force inconnue,  $F_{FG}$ , que l'on peut obtenir en utilisant la méthode des articulations, en regardant l'articulation **Q** ou **R**, ou en appliquant une autre coupe comme indiqué ci-dessous :



Bien que cela montre qu'il y a trois forces en jeu, deux d'entre elles,  $F_{EF}$  et  $F_{CG}$ , sont déjà connues. La force restante,  $F_{FG}$ , peut être déterminée en examinant les forces verticales.

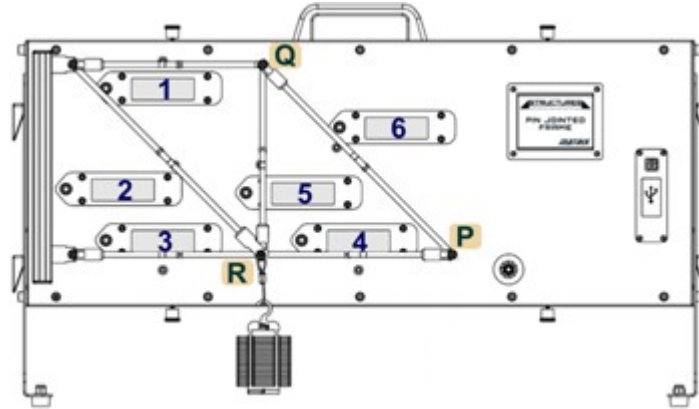
### Résumé

La méthode des sections génère un maximum de **trois** équations et ne peut donc pas être utilisée pour une coupe impliquant plus de **trois** forces inconnues.

# Enquête B

## Charge appliquée à l'articulation R

### Enquête B



### À vous de jouer :

- Déplacer la suspension de la masse de l'articulation **P** à l'articulation **R** sur le cadre.
- Le cintre étant vide (c'est-à-dire d'une masse de 20 g), prenez la lecture de chaque cellule de charge et convertissez-la en force équivalente.  
Inscrivez-le dans le tableau de la fiche de l'élève.
- Comme précédemment, augmentez la charge par paliers de 40g jusqu'à ce que la masse totale de la charge soit de 300g,  
en enregistrant à chaque fois les relevés des cellules de charge en tant que forces.

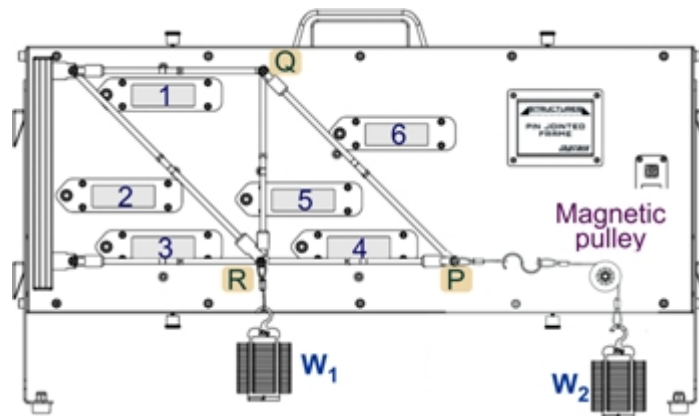
### Défi :

- Utiliser la méthode d'analyse des articulations donnée aux pages 8 à 10 pour obtenir les équations des forces dans les six éléments du cadre avec la charge à l'articulation **R**.
- Donnez votre analyse dans l'espace prévu à cet effet dans le document de l'élève.
- Calculez donc les forces dans chaque élément.  
(Indice : vous constaterez qu'il y a des membres à force zéro).
- Inscrivez vos résultats dans le deuxième tableau de la fiche de l'élève.

# Enquête C

## Charges multiples

### Enquête C



#### À vous de jouer :

- Avec une suspension de masse toujours attachée à l'articulation **R**, ajoutez-en une deuxième à l'articulation **P**, mais en utilisant la poulie magnétique pour appliquer la charge à un angle, comme indiqué ci-dessus.
- Le tableau du document de l'élève propose des valeurs pour  $W_1$  et  $W_2$  et l'angle  $\theta$  auquel  $W_2$  est appliqué.

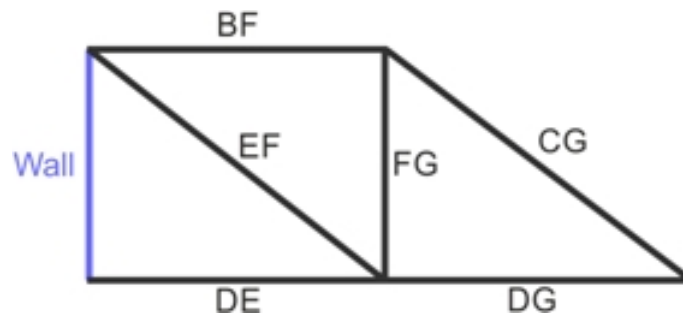
Chargez les suspensions de masse avec les valeurs de poids choisies et déplacez la poulie magnétique pour régler l'angle désiré.

- À chaque fois, prenez le relevé de chaque cellule de charge et convertissez-le en force équivalente. Inscrivez-le dans le tableau de la fiche de l'élève.

#### Défi :

- En utilisant l'une des méthodes décrites précédemment, dessinez des diagrammes de corps libres et utilisez-les pour obtenir les équations des forces dans les six éléments du cadre lorsqu'il est chargé de cette manière.
- Présentez vos diagrammes et votre analyse dans l'espace prévu à cet effet dans le document de l'élève.
- Calculez donc les forces dans chaque élément.
- Inscrivez vos résultats dans le deuxième tableau de la fiche de l'élève.

Et alors ?



- Les structures triangulées de ce type sont souvent utilisées dans les structures telles que les ponts et les supports de toit. Leur analyse et leur conception peuvent être grandement simplifiées en traitant les joints comme des joints à broches.
- La position et la taille des forces externes, telles que les charges et les forces de réaction, déterminent le schéma de chargement d'une structure. Une analyse comme celle présentée ici permet d'optimiser les signes de déviation et d'identifier les éléments structurels à force nulle.
- L'optimisation topologique est la technique mathématique utilisée pour affiner la conception d'une structure dans des conditions limites spécifiées. Le cadre articulé ci-dessus pourrait être utilisé dans ce type d'analyse pour réduire le nombre d'éléments de la poutre en fonction des conditions de chargement.
- Le mode de chargement peut avoir un effet important sur la force à l'intérieur d'un élément structurel. L'angle sous lequel une charge est appliquée peut déterminer si un élément est en tension ou en compression. Cela peut alors influencer le choix du matériau pour cet élément. Par exemple, le bois est 30 % plus résistant en compression qu'en tension.

# Document de l'élève



## Enquête A - Charge appliquée à l'articulation P

Masse de la charge en g	Poids W de la charge en N	Force mesurée, en N, dans l'élément :					
		FBF	FEF	FDE	FDG	FFG	FCG
		Cellule de charge 1 en N	Cellule de charge 2 en N	Cellule de charge 3 en N	Cellule de charge 4 en N	Cellule de charge 5 en N	Cellule de charge 6 en N
0	0	0	0	0	0	0	0
20	0.20						
60	0.59						
100	0.98						
140	1.37						
180	1.77						
220	2.16						
260	2.55						
300	2.94						

Angle  $\theta$  entre les éléments du cadre au niveau de l'articulation P = .....

Longueur de l'élément DG, X = .....

Longueur de l'élément FG, Y = .....

Masse de la charge en g	Poids W de la charge en N	Force calculée, en N, dans l'élément :					
		FBF	FEF	FDE	FDG	FFG	FCG
		Cellule de charge 1 en N	Cellule de charge 2 en N	Cellule de charge 3 en N	Cellule de charge 4 en N	Cellule de charge 5 en N	Cellule de charge 6 en N
0	0	0	0	0	0	0	0
20	0.20						
60	0.59						
100	0.98						
140	1.37						
180	1.77						
220	2.16						
260	2.55						
300	2.94						



## Enquête B - Charge appliquée à l'articulation R

Masse de la charge en g	Poids W de la charge en N	Force calculée, en N, dans l'élément :					
		FBF	FEF	FDE	FDG	FFG	FCG
0	0	0	0	0	0	0	0
20	0.20						
60	0.59						
100	0.98						
140	1.37						
180	1.77						
220	2.16						
260	2.55						
300	2.94						

## Enquête C - Charges multiples

Masse de la charge 1 en g	Poids W1 de la charge 1 en N	Masse de la charge 2 en g	Poids W2 de la charge 2 en N	Chargement 2 angle $\theta'$	Force mesurée, en N, dans l'élément :					
					FBF	FEF	FDE	FDG	FFG	FCG
					Cellule de charge 1 en N	Cellule de charge 2 en N	Cellule de charge 3 en N	Cellule de charge 4 en N	Cellule de charge 5 en N	Cellule de charge 6 en N
100	0.98	300	2.94	90						
100	0.98	300	2.94	45						
300	2.94	100	0.98	90						
300	2.94	100	0.98	45						

Masse de la charge 1 en g	Poids W1 de la charge 1 en N	Masse de la charge 2 en g	Poids W2 de la charge 2 en N	Chargement 2 angle $\theta'$	Force calculée, en N, dans l'élément :					
					FBF	FEF	FDE	FDG	FFG	FCG
100	0.98	300	2.94	90						
100	0.98	300	2.94	45						
300	2.94	100	0.98	90						
300	2.94	100	0.98	45						



# Notes pour le Instructeur

## A propos de ce cours

### Introduction

Le module "Structures - Châssis articulés" initie les étudiants aux techniques d'analyse de la charge des éléments d'une structure à ossature.

À l'aide du kit, les élèves effectuent une série de tâches autour de sujets abordés dans les cours BTEC Higher National et équivalents. Au départ, les élèves reçoivent tous les détails de l'enquête. Par la suite, cet "échafaudage" est réduit, ce qui encourage les élèves à appliquer et à étendre leurs connaissances à de nouvelles situations.

### Objectif

Le cours enseigne aux étudiants les relations entre les charges appliquées et les forces de traction et de compression qui en résultent dans les éléments d'une structure.

### 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 faudra environ trois 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 :

- décrire la signification du terme "pin joint" ;
- utiliser la notation de Bow pour identifier les éléments d'un cadre ;
- expliquer ce que signifie l'expression "membre à force nulle" ;
- mettre à zéro un capteur de pesage ;
- convertir une lecture de cellule de charge en grammes en une force en newtons ;
- Étant donné les données relatives aux forces agissant sur les éléments, dessinez et interprétez un diagramme des corps libres pour le cadre ;
- décomposer une force en composantes perpendiculaires ;
- affirmer que, pour un corps en équilibre, la force totale et le moment total autour d'un point quelconque sont nuls ;
- calculer le moment d'une force donnée autour d'un point donné ;
- appliquer la méthode des joints pour calculer les forces dans les éléments d'un cadre ;
- appliquer la méthode des sections pour calculer les forces dans les éléments d'un cadre ;
- indiquer les limites de chaque méthode en ce qui concerne le nombre de forces inconnues qui peuvent être prises en compte.  
déterminés.

# Notes pour l'instructeur

Feuille de travail	Notes
<p>Introduction</p> <p>Calendrier 15 - 20 minutes</p>	<p>Concepts concernés :</p> <p>cellule de charge articulation en épingle Notation de Bow résolution des forces</p> <p>L'introduction donne une vue d'ensemble de l'équipement. Elle décrit ensuite la notation de Bow et l'applique au cadre articulé. La discussion comprend une référence aux composantes des forces de réaction.</p> <p>Si les élèves n'ont pas rencontré cette idée auparavant, l'instructeur peut souhaiter développer les détails donnés avec des exemples supplémentaires.</p>
<p>Vérifiez le chargement !</p> <p>Calendrier 10 - 15 minutes</p>	<p>Concepts concernés :</p> <p>tension                      compression élément à force nulle</p> <p>L'objectif est ici d'expliquer l'importance du calcul des forces dans les éléments d'une charpente. L'une des conséquences est la capacité à sélectionner les matériaux et les dimensions appropriés pour les éléments.</p>
<p>A Charge appliquée à l'articulation P</p> <p>Calendrier 20 - 35 minutes</p>	<p>Concepts concernés (facultatif) :</p> <p>masse                      poids champ gravitationnel</p> <p>Comme c'est la première fois que les élèves utilisent cet équipement, certains d'entre eux peuvent avoir besoin d'être guidés. En particulier, l'instructeur doit vérifier que les lectures sont enregistrées au bon endroit dans le tableau de la fiche de l'élève.</p> <p>En fonction de leurs capacités mathématiques et de leur expérience, certains peuvent avoir besoin d'aide pour convertir la valeur du peson en grammes en une force en newtons.</p> <p>La discussion peut s'étendre aux concepts de masse, de poids et d'intensité du champ gravitationnel.</p>
<p>Calculer les forces :</p> <p>1 Méthode des joints</p> <p>Calendrier 20 - 30 minutes</p>	<p>Cette section commence par des idées importantes sur les conséquences de l'équilibre. Si les élèves ne les comprennent pas, ils ne suivront pas l'explication de la méthode des articulations !</p> <p>Si les étudiants ne sont pas familiarisés avec les diagrammes de corps libres, l'instructeur devra les aider en travaillant sur un certain nombre d'exemples.</p> <p>Il n'est peut-être pas évident que nos décisions initiales concernant les directions d'action des forces (tension ou compression) ne sont pas significatives, car les mathématiques nous indiqueront où nous sommes trompés. Certains auront besoin de conseils supplémentaires.</p>



# Notes pour l'instructeur

Feuille de travail	Notes
<p>Calcul des forces :</p> <p>2 Méthode des sections</p> <p>Calendrier 20 - 30 minutes</p>	<p>Le succès de cette méthode dépend de la décision prise quant à l'endroit où la coupe doit être effectuée. D'autres exemples peuvent aider les élèves à faire les bons choix.</p> <p>L'instructeur peut avoir besoin de passer du temps à donner des exemples pour illustrer les notions de base. l'idée qu'il ne peut y avoir plus de trois forces inconnues dans la coupe.</p>
<p>B</p> <p>Charge appliquée à l'articulation R</p> <p>Calendrier 20 - 35 minutes</p>	<p>Les élèves répètent l'expérience précédente en plaçant la charge dans une position différente sur le cadre. Par conséquent, les équations utilisées précédemment ne s'appliquent pas.</p> <p>Les techniques dont ils ont besoin sont celles qu'ils ont pratiquées dans les études précédentes, mais ils vont maintenant rencontrer des éléments de force nulle. L'instructeur devra peut-être passer du temps à convaincre certains d'entre eux que, même si la force à l'intérieur d'eux est nulle, ces éléments constituent toujours une partie importante du cadre. Ce pourrait être un bon sujet pour un exercice de recherche et une présentation par les élèves les plus doués.</p> <p>Les étudiants reviennent sur la méthode des articulations, en utilisant les diagrammes de corps libres fournis dans le document de l'étudiant, pour générer des équations pour la nouvelle situation et les utiliser ensuite pour calculer les valeurs théoriques des forces dans les membres. Il s'agit là d'un bon test pour savoir s'ils ont bien compris la méthode des articulations. Certains auront certainement besoin de l'aide du professeur.</p>
<p>C</p> <p>Charge multiples</p> <p>Calendrier 20 - 35 minutes</p>	<p>Les étudiants ajoutent maintenant une deuxième charge au cadre et mesurent les forces résultantes dans les éléments. Une fois de plus, les équations précédentes ne sont plus valables.</p> <p>Cette fois, les élèves créent leurs propres diagrammes du corps libre et les analysent pour produire les équations nécessaires pour calculer les tailles et les directions des forces membres.</p> <p>Les instructions suggèrent plusieurs jeux de poids et de directions appliquées. L'instructeur peut choisir de les répartir entre les groupes d'élèves et de compléter le nombre de jeux. Les résultats de toutes les activités peuvent être communiqués à la classe par le biais de présentations des élèves.</p>