



matrix | STRUCTURES

Deux et trois arcs épinglés



matrix

CP4922

www.matrixtsl.com

Copyright 2024 Matrix Technology Solutions Limited

	Introduction	3
Fiche de travail 1	Effet de la position de la charge ponctuelle sur l'arc à deux broches arc à trois broches	6
Feuille de travail 2	Effet de l'UDL arc à deux broches arc à trois broches	9
Feuille de travail 3	Effet de la moitié de l'UDL arc à deux broches arc à trois broches	10
	Fiche de l'élève	15



Les arches sont utilisées pour soutenir les ponts depuis des siècles. Le pont de Zhaozhou, illustré ci-dessus, date de 605 après Jésus-Christ.

Elles offrent un certain nombre d'avantages pour la construction de ponts. Par , pour la même quantité matériaux, il peut avoir une plus grande portée et supporter plus de poids qu'un pont à poutres plates.



Les ponts en arc sont construits soit en arc fixe, soit en arc à deux épingles (articulé), soit en arc à trois épingles. arc (à charnière).

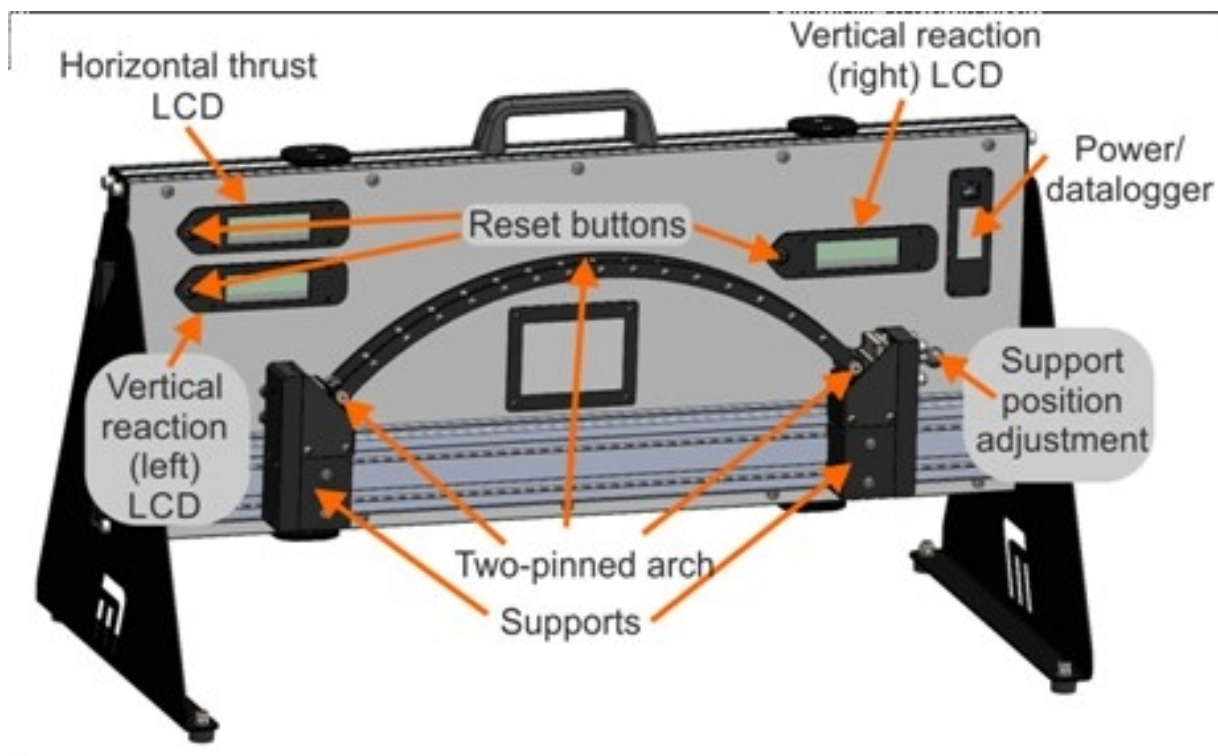
- L'arc fixe est le plus souvent utilisé pour des travées relativement courtes, généralement construites en béton.
- L'arc à deux épingles est utilisé pour franchir des travées plus longues et permet à la structure de bouger plus librement.
- L'arc à trois chevilles est généralement doté d'un pivot supplémentaire placé en son centre, ce qui lui confère une plus grande liberté de mouvement pour compenser, par exemple, les effets des changements de température.

Arche à deux et trois épingles

Ce module examine les facteurs affectant la conception des arcs. Ces arcs soutiennent un large éventail d'objets, des tabliers de pont aux ouvertures dans les murs, en passant par les bancs publics. Leur principal avantage structurel par rapport à une poutre droite est qu'elles peuvent supporter des charges beaucoup plus importantes.

Le kit permet aux étudiants d'appliquer une variété de charges à un arc circulaire à deux chevilles et à un arc circulaire à trois chevilles, afin d'explorer les forces résultantes dans les supports. Par exemple, ils peuvent déplacer une charge concentrée sur la portée de l'arc ou appliquer des types 'UDL' et mesurer les forces résultantes, ce qui permet de comparer les valeurs théoriques et expérimentales. Bien qu'il n'y paraisse pas, le déplacement de la charge d'un échelon à l'autre augmente le déplacement horizontal de la charge de 25 mm à chaque fois.

Le schéma suivant identifie les principaux composants de l'appareil.



Deux cellules de charge, reliées à des écrans LCD, mesurent la force de réaction verticale, V_L , et la poussée horizontale, H , produites à l'extrémité gauche du kit. À l'extrémité droite, un dispositif similaire affiche la force de réaction verticale, V_R . (Comme l'arche est en équilibre, une poussée horizontale égale mais opposée est appliquée à l'arche à cette extrémité).

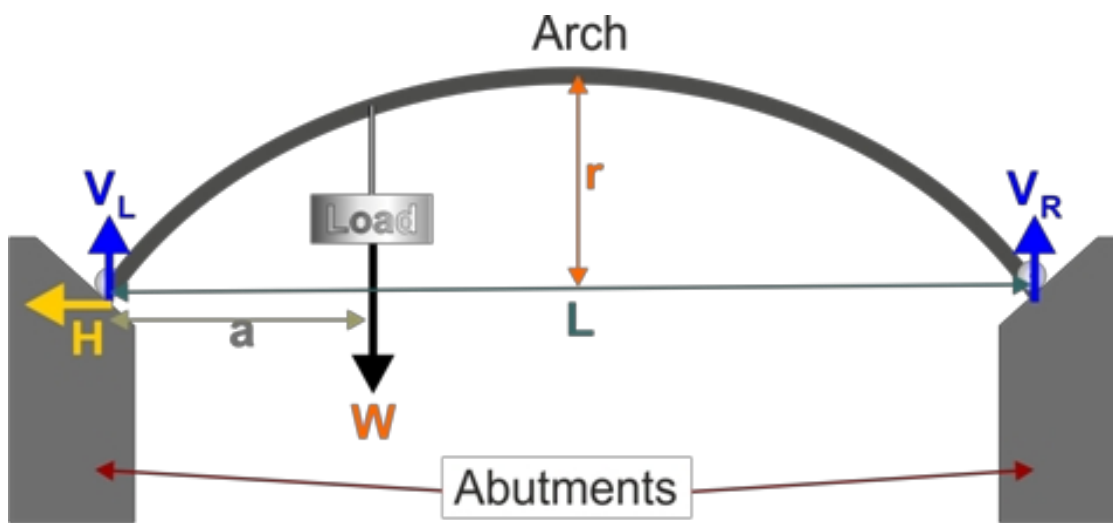
La position horizontale du support droit peut être modifiée à l'aide de la vis de réglage située dans le support d'extrémité.

Arche à deux et trois épingles

Prendre des mesures :

En interne, les cellules de charge sont contrôlées par un logiciel qui comprend une fonction de sensibilité. Si la sensibilité est réglée trop bas les relevés fluctueront en raison du bruit électrique dans le système. Si elle est trop élevée, les cellules de charge deviennent insensibles aux variations de la charge.

Le réglage de la sensibilité est donc un compromis. L'augmentation de la charge d'une petite quantité peut ne pas produire de changement dans la lecture de l'écran LCD si elle est plus petite que le "pas" de sensibilité. Pour remédier à ce problème, appuyez légèrement sur le haut de l'arceau jusqu'à ce que la lecture de l'écran LCD change. Lorsque vous relâchez la pression, l'écran affiche la nouvelle valeur réelle de la charge.



Clé des symboles :

- a** = distance horizontale entre l'axe gauche et le point de suspension, en mm
- H** = poussée horizontale mesurée à l'appui gauche en g
- V_L**= force de réaction verticale mesurée au support gauche en g **V_R**= force de réaction verticale mesurée au support droit en g **W**= charge appliquée
- L** = portée de l'arc= 400mm
- r** = hauteur de l'arc= 85mm

Fiche de travail 1

Effet de la position de la charge ponctuelle

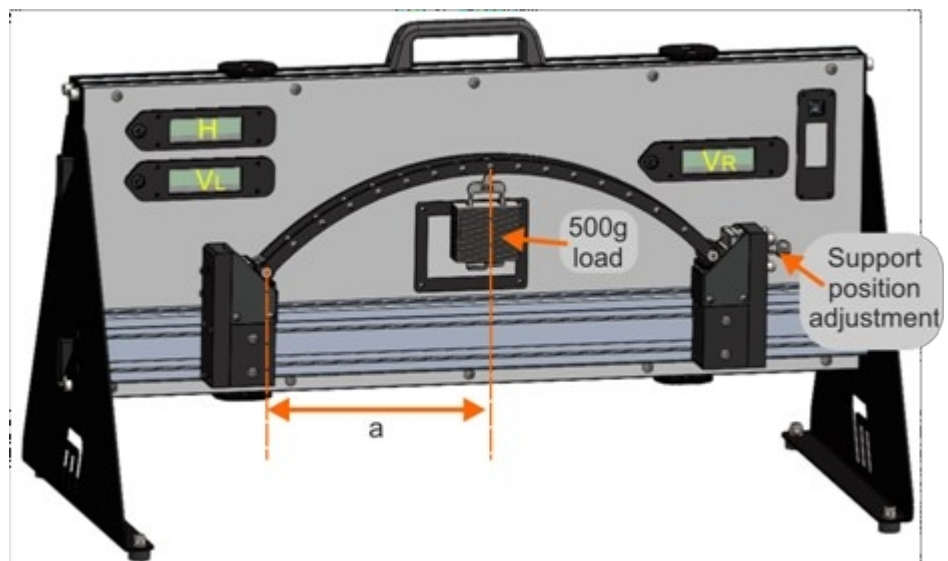
Arche à deux et trois épingles



Dans la conception des ponts, les forces générées par un véhicule changent au fur et à mesure qu'il se déplace.

La conception doit garantir que les éléments et les supports utilisés dans le pont peuvent y faire face.

A. Arc à deux broches épingles a vous de jouer:



- Installer l'équipement comme indiqué sur le schéma, l'arceau étant en contact avec le support de gauche.
- Tournez le réglage de la position du support pour déplacer le support droit vers l'intérieur jusqu'à ce qu'il touche l'autre extrémité de l'arceau. (À ce stade, la lecture de l'un des écrans LCD changera).
- Appuyez sur le bouton de remise à zéro de chaque écran LCD pour initialiser les relevés.
- Suspendre une charge de 500 g au deuxième échelon de l'arceau (distance $a= 50$ mm).
- N'oubliez pas de toucher légèrement la couronne de l'arc pour vous assurer que les cellules de charge enregistrent la valeur de l'arc se charger correctement.
- Observer les valeurs des relevés V_L , V_R et H .
- Notez ces mesures dans le tableau 1 du document de l'élève.
- Retirez la charge et réinitialisez les écrans LCD.
- Suspendez maintenant la charge de 500 g au troisième échelon de l'arceau (distance $a= 75$ mm).
- Répéter la procédure.
- Répétez cette procédure pour les autres distances indiquées dans le tableau 1.

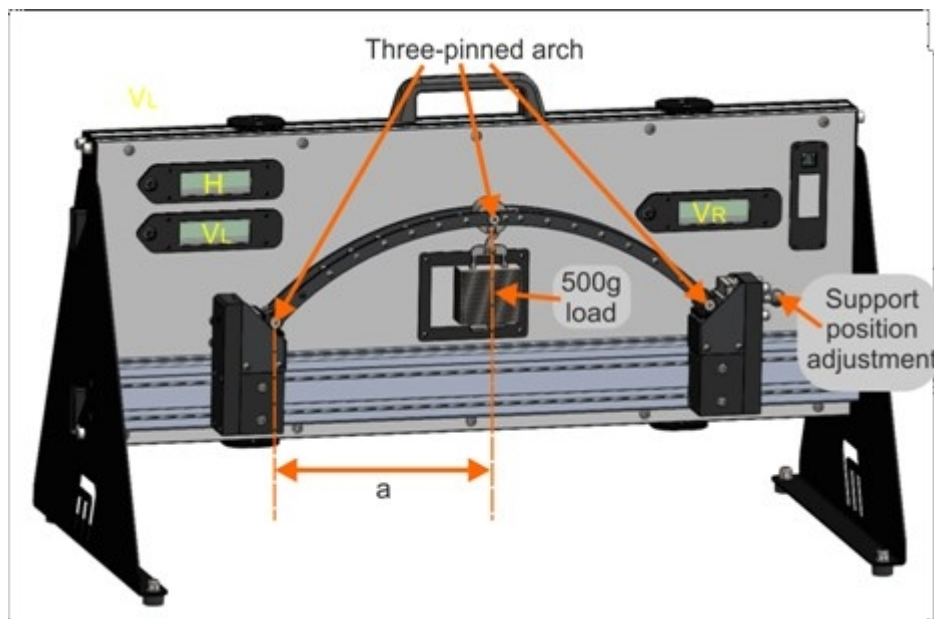
Fiche de travail 1

Effet de la position de la charge ponctuelle

Et alors ?

- À l'aide des axes fournis dans le document de l'élève, utilisez vos résultats pour tracer des graphiques .. :
 - la réaction verticale, V_L , à l'extrémité gauche de l'arc, en fonction de la distance a ;
 - la réaction verticale, V_R , à l'extrémité droite de l'arc, en fonction de la distance a ;
 - poussée horizontale H en fonction de la distance a .
- Tracez des courbes douces à travers vos points d'expérimentation.
- Utilisez les formules données dans le document de l'élève pour calculer les valeurs théoriques de V_L , V_R et $V_{(R)}$. H pour les valeurs de la distance a utilisées dans l'expérience et les ajouter au tableau des résultats.
- Inscrivez ces valeurs sur le graphique et tracez des lignes droites qui les traversent.

B. Arche à trois épingles A vous de jouer :



- Remplacer l'arc à deux chevilles par l'arc à trois chevilles, comme indiqué sur le schéma, en conservant le support de droite dans la même position.
- Appuyez sur le bouton de remise à zéro de chaque écran LCD pour initialiser les relevés.
- Répéter la même procédure que dans la partie A, en déplaçant la charge dans les positions indiquées dans le tableau 2.
- Observer les valeurs des relevés V_L , V_R et H .
- Inscrivez ces mesures dans le tableau 2 du document de l'élève.

Fiche de travail 1

Effet de la position de la charge ponctuelle

Et alors ?

- Comme précédemment :
 - utiliser les axes fournis dans le document de l'élève pour tracer des graphiques de :
 - la réaction verticale, V_L , à l'extrémité gauche de l'arc, en fonction de la distance a ;
 - la réaction verticale, V_R , à l'extrémité droite de l'arc, en fonction de la distance a ;
 - poussée horizontale H en fonction de la distance a .
 - Tracez des courbes douces à travers vos points d'expérimentation.
 - calculer les valeurs théoriques de V_L , V_R et H pour les valeurs de la distance a utilisées dans l'expérience et les ajouter au tableau des résultats.
 - reportez ces valeurs sur le graphique et tracez des lignes droites qui les traversent.

Défi :

- Pour les parties A et B, comparez les courbes théoriques et expérimentales et commentez la comparaison dans le document de l'élève.

Feuille de travail 2

Effet de l'UDL

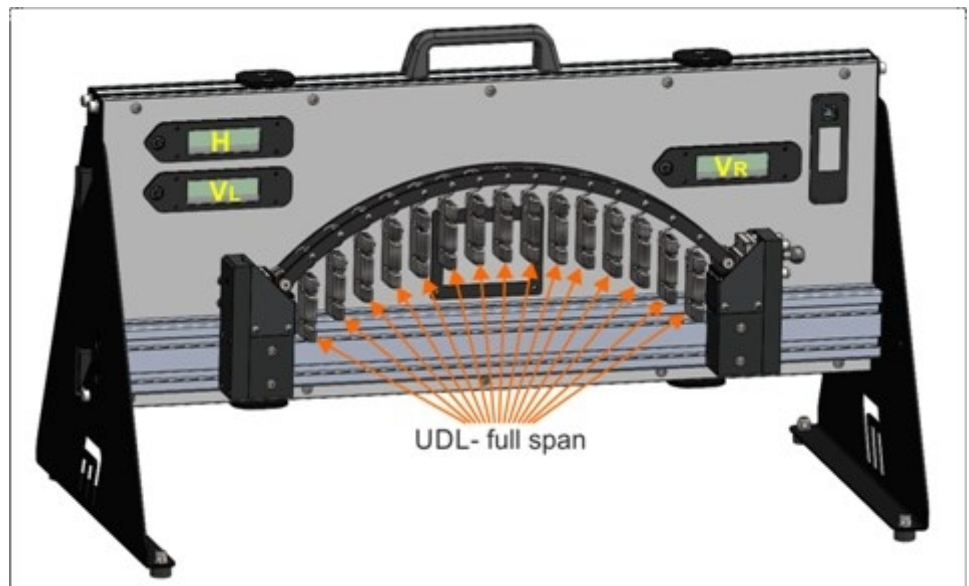
Arche à deux et trois épingles



La feuille de travail 1 a examiné les effets d'une charge ponctuelle, c'est-à-dire concentrée à un endroit particulier.

Une charge répartie est étalée sur toute la longueur de l'arc. En réalité, la plupart des charges sont réparties, exemple les forces dues à la pression de l'eau sur le barrage représenté sur la photographie. Dans le cas d'une charge uniformément répartie (UDL), la force par unité de longueur sur la structure est la même en tout point.

A. Arche à deux épingles A vous de jouer :



- Installez le matériel comme indiqué, avec l'arc touchant le support de gauche.
- Tournez le réglage de la position du support pour déplacer le support droit vers l'intérieur jusqu'à ce qu'il touche l'autre extrémité de l'arc, ce qui est indiqué par un changement de lecture sur l'un des écrans LCD.
- Appuyez sur le bouton de remise à zéro de chaque écran LCD pour initialiser les relevés.
- Suspendez quinze charges de 20 g à l'aide de crochets en S, afin de représenter une charge uniformément répartie.
- N'oubliez pas de toucher doucement la couronne de l'arcade pour surmonter le problème de sensibilité.
- Comme précédemment, observez les valeurs V_L , V_R et H et inscrivez-les dans la première ligne du tableau 3 de la fiche de l'élève.
- Ajoutez une charge supplémentaire de 20 g à chacun des crochets en S pour obtenir une charge totale de 600 g.
- Notez les valeurs de V_L , V_R et H dans la deuxième ligne du tableau 3.
- Continuez ainsi jusqu'à ce que chaque crochet en S porte 100 g, soit une charge totale de 1500 g.

Feuille de travail 2

Effet de l'UDL

Arche à deux et trois épingles

Et alors ?

- Complétez la deuxième colonne du tableau 3 de la fiche de l'élève en calculant la charge par unité de longueur, w , pour chaque UDL étudiée.
- Utilisez vos résultats pour tracer des graphiques montrant comment V_L , V_R et H varient en fonction de w (sur les mêmes axes).
- On peut montrer que les forces de réaction verticales V_L et V_R sont données par :

$$V_L = V_R = (w \times L) / 2$$

et la poussée horizontale H par

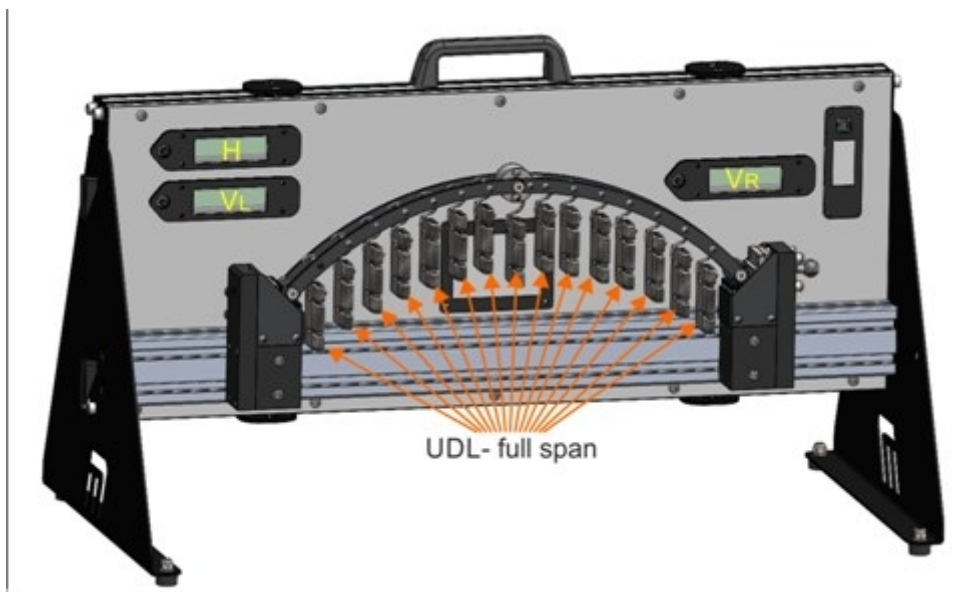
$$H = \frac{w \times L^2}{8r}$$

$8r$

Ceux-ci prévoient que les graphiques de V_L , V_R et H en fonction de w devraient être linéaires.

- Utilisez-les pour calculer les valeurs théoriques de V_L , V_R et H et ajoutez-les au tableau 3.
- Placez-les sur le graphique et tracez des lignes droites qui les traversent.

B. Arche à trois épingles A vous de jouer :



- Remplacer l'arc à deux épingles par l'arc à trois épingles, en gardant le support de droite dans la même position.
- Appuyez sur le bouton de remise à zéro de chaque écran LCD pour initialiser les relevés.
- Répétez la même procédure que dans la partie A, en suspendant quinze charges de 20g, pour représenter un UDL et en enregistrant les valeurs résultantes de V_L , V_R et H dans le tableau 4 de la fiche de l'élève.
- Comme précédemment, augmentez progressivement les charges suspendues jusqu'à ce que chaque crochet en S porte 100 g. Enregistrez les valeurs résultantes de V_L , V_R et H dans le tableau.

Feuille de travail 2

Effet de l'UDL

Et alors ?

- Complétez la deuxième colonne du tableau 4 de la fiche de l'élève en calculant la charge par unité de longueur, w , pour chaque UDL.
- Utilisez vos résultats pour tracer des graphiques montrant comment V_L , V_R et H varient en fonction de w (sur les mêmes axes).
- Comme précédemment, les forces de réaction verticales V_L et V_R sont données par :

$$V_L = V_R = (w \times L) / 2$$

et la poussée horizontale, H , par :

$$H = \frac{w \times L^2}{8r}$$

- Utilisez-les pour calculer les valeurs théoriques de V_L , V_R et H et ajoutez-les au tableau 4.
- Placez-les sur le graphique et tracez des lignes droites qui les traversent.

Défi :

1. Comme l'arche est en équilibre statique, toutes les forces verticales s'annulent, toutes les forces horizontales s'annulent et le moment total de toutes les forces autour de n'importe quel point du pont est nul.

Dans le document de l'élève, montrez comment ces informations conduisent à la formule pour V_L , V_R et H .

2. Déterminez si le poids de l'arche elle-même ou celui des crochets en S est important. Commentez cette question dans la fiche de l'élève.

Feuille de travail 3

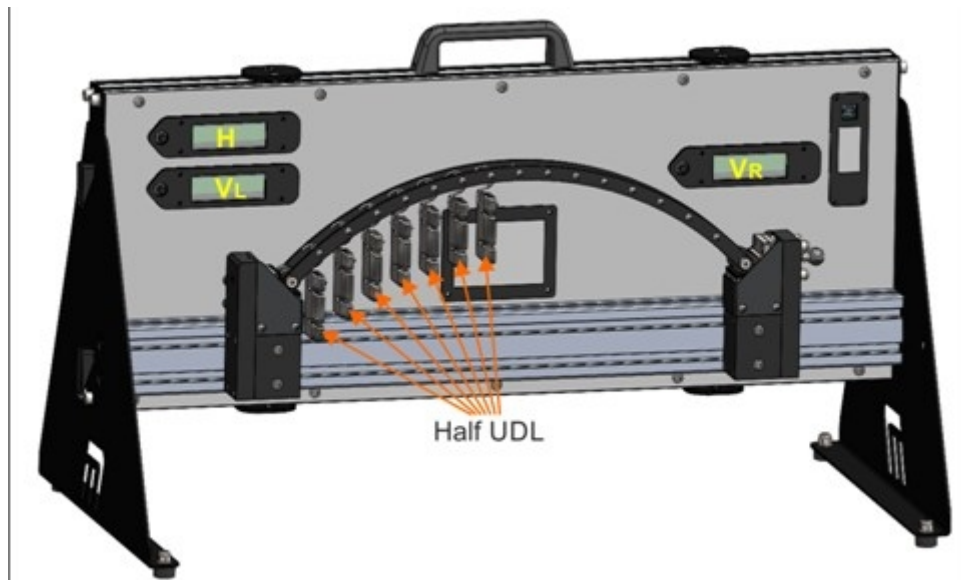
Effet de la moitié de l'UDL

Arche à deux et trois épingles



Les charges supportées par les ponts en arc ne sont pas nécessairement statiques. Il ne s'agit pas non plus de charges ponctuelles. Parfois, ils sont distribués mais n'agissent que sur une partie de la structure. Cette activité examine une charge de ce type, connue sous le nom de demi-UDL.

A. Arche à deux épingles A vous de jouer :



- Mettre en place le matériel, en plaçant l'arc à deux broches comme précédemment.
- Appuyez sur le bouton de remise à zéro de chaque écran LCD pour initialiser les relevés.
- Ajoutez sept charges de 20 g à partir de crochets en S, comme indiqué, ce qui représente une demi-longueur d'onde.
- Touchez doucement la couronne de l'arcade pour surmonter le problème de sensibilité.
- Relever les valeurs de V_L , V_R et H et les inscrire à la première ligne du tableau 5 dans le manuel de l'élève. Document à distribuer.
- Ajoutez une charge supplémentaire de 20 g à chacun des crochets en S, ce qui donne une charge totale de 280 g.
- Noter les valeurs de V_L , V_R et H dans la deuxième ligne du tableau 5.
- Continuer ainsi jusqu'à ce que chaque crochet en S porte 100 g, soit une charge totale de 700 g.

Feuille de travail 3

Effet de la moitié de l'UDL

Et alors ?

- Complétez la deuxième colonne du tableau 5 en calculant la charge par unité de longueur, w , pour chaque demi-longueur étudiée. Dans ce cas, $w = \text{charge} / 200$.
- Pour la demi-lune, les forces de réaction verticales V_L et V_R sont données par :

$$V_L = \frac{3 (w \times L)}{8} \quad \text{et} \quad V_R = \frac{w \times L}{8}$$

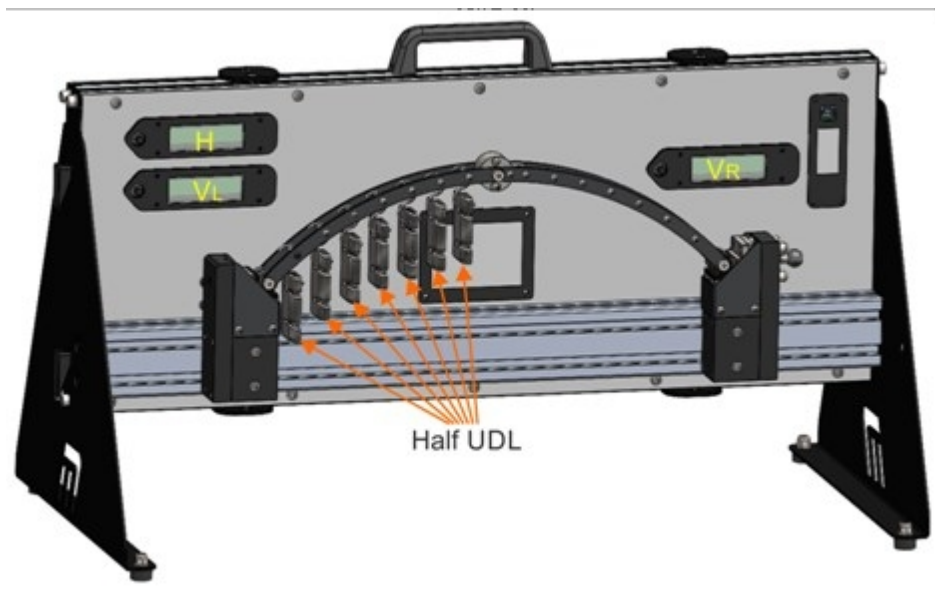
et la poussée horizontale, H , par :
$$H = \frac{w \times L^2}{16r}$$

Une fois de plus, ils prévoient des graphiques linéaires de V_L , V_R et H en fonction de w .

Sur les mêmes axes, tracez trois graphiques montrant comment V_L , V_R et H varient en fonction de w en utilisant vos mesures et tracez des lignes droites passant par les points expérimentaux.

- Utilisez les formules pour calculer les valeurs théoriques de V_L , V_R et H . Ajoutez-les au tableau 5.
- Placez-les sur le graphique et tracez des lignes droites qui les traversent.

B. Arche à trois épingles A vous de jouer:



- Remplacer l'arc à deux épingles par l'arc à trois épingles, en gardant le support de droite dans la même position.
- Appuyez sur le bouton de remise à zéro de chaque écran LCD pour initialiser les relevés.
- Répétez la même procédure que dans la partie A, en suspendant sept charges de 20g, comme une demi-LDU et en enregistrant les valeurs résultantes de V_L , V_R et H dans le tableau 6 de la fiche de l'élève.
- Comme précédemment, augmentez progressivement les charges suspendues jusqu'à ce que chaque crochet en S porte 100 g. Enregistrez les valeurs résultantes de V_L , V_R et H dans le tableau.

Feuille de travail 3

Effet de la moitié de l'UDL

Et alors ?

- Complétez la deuxième colonne du tableau 6 en calculant la charge par unité de longueur, w , pour chaque demi-longueur étudiée. Dans ce cas, $w = \text{charge} / 200$.
- Sur les mêmes axes, tracez trois graphiques montrant comment V_L , V_R et H varient en fonction de w en utilisant vos mesures et tracez des lignes droites passant par les points expérimentaux.
- Utilisez les formules données à la page précédente pour calculer les valeurs théoriques de V_L , V_R et H et les ajouter au tableau 6.
- Placez-les sur le graphique et tracez des lignes droites qui les traversent.

Défi :

Comparez la performance des arcs à deux et trois chevilles lorsqu'ils supportent des charges ponctuelles et des UDL, en utilisant :

- les résultats obtenus à partir des trois feuilles de travail ;
- des recherches sur l'internet et ailleurs.

Inscrivez les résultats de votre comparaison dans la fiche de l'élève.

Document de l'élève

Arche à deux et trois épingles

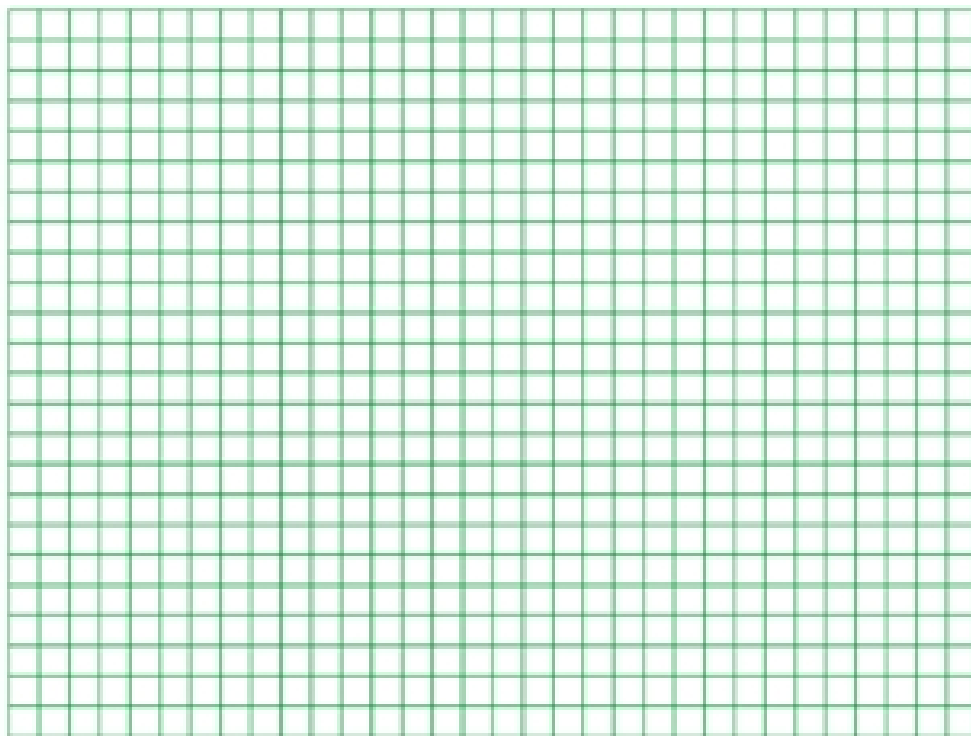
Feuille de travail 1 - Effet de la position de la charge ponctuelle

A. Arc à deux broches

Tableau 1

a mm	Expérimental			Calculé		
	H g	V _L g	V _R g	H g	V _L g	V _R g
50						
75						
100						
125						
150						
175						
200						
225						
250						
275						
300						
326						
350						

Reaction force in g



Distance a in mm

Arche à deux et trois épingles

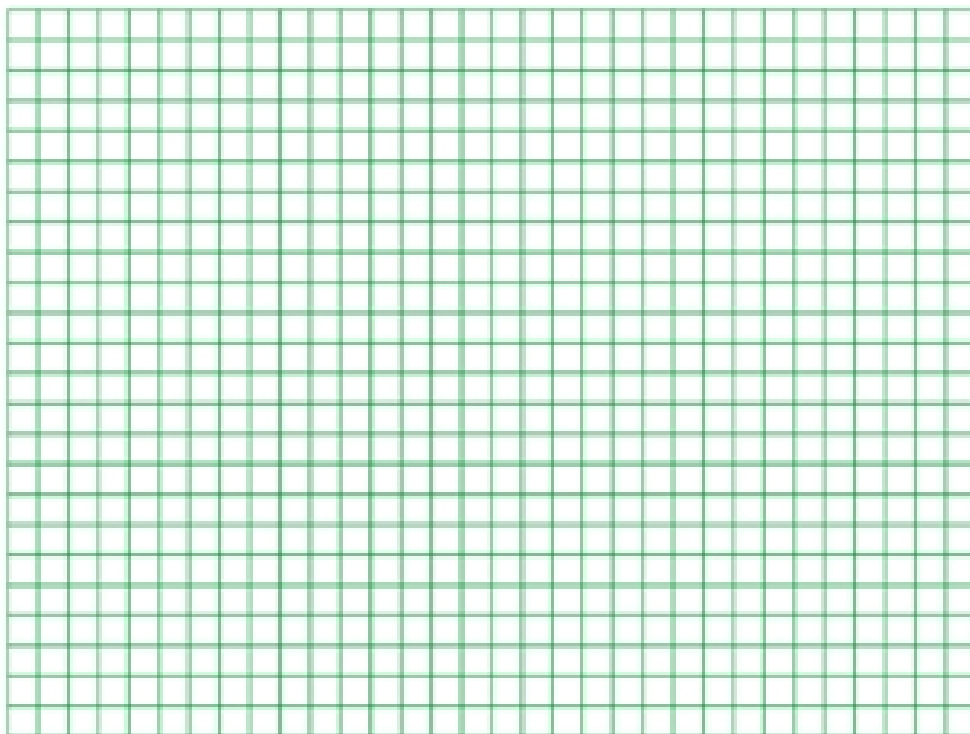
Feuille de travail 1 - Effet de la position de la charge ponctuelle

B. Arche à trois épingles

Tableau 2

a mm	Expérimental			Calculé		
	H g	V _L g	V _R g	H g	V _L g	V _R g
50						
75						
100						
125						
150						
175						
200						
225						
250						
275						
300						
326						
350						

Reaction force in g



Distance a in mm

Arche à deux et trois épingles

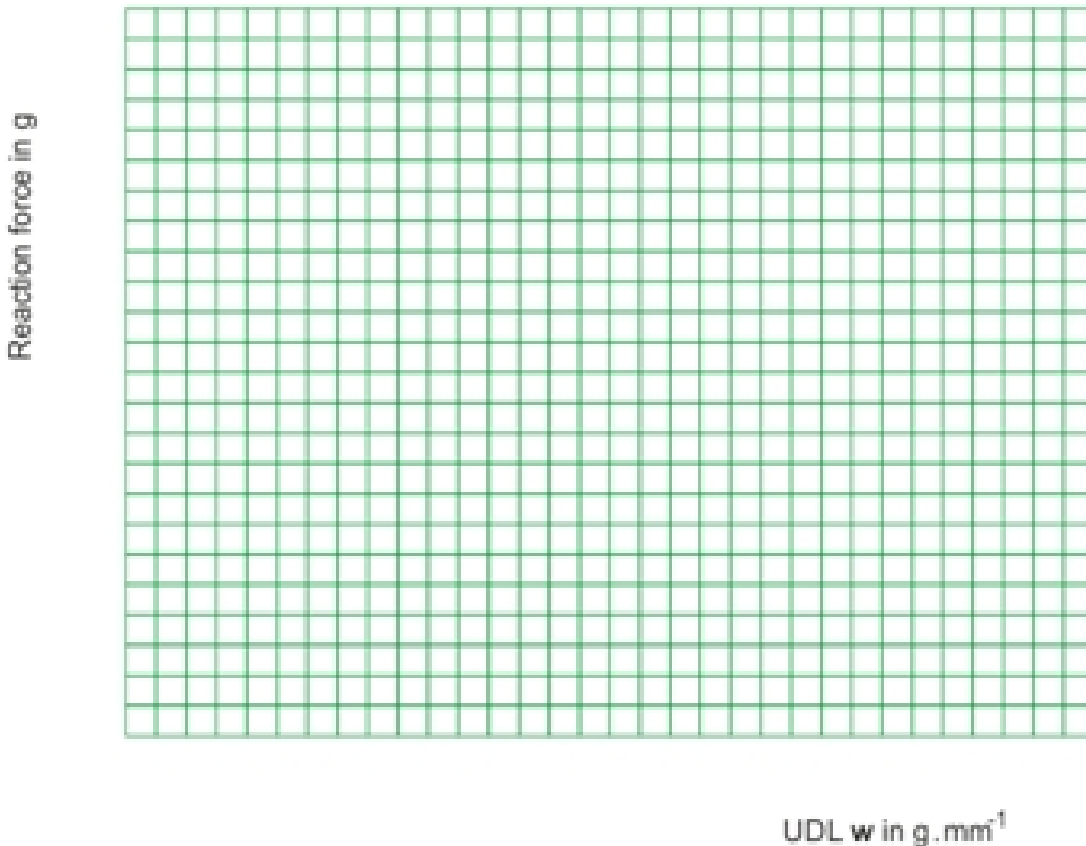
Feuille de travail 2 - Effet de l'UDL

A. Arc à deux broches

Tableau 3

Total charg e g	w g. mm ⁻¹	Expérimental			Calculé		
		H g	V _L g	V _R g	H g	V _L g	V _R g

Graphiques de V_L, V_R et H vs w :



Arche à deux et trois épingles

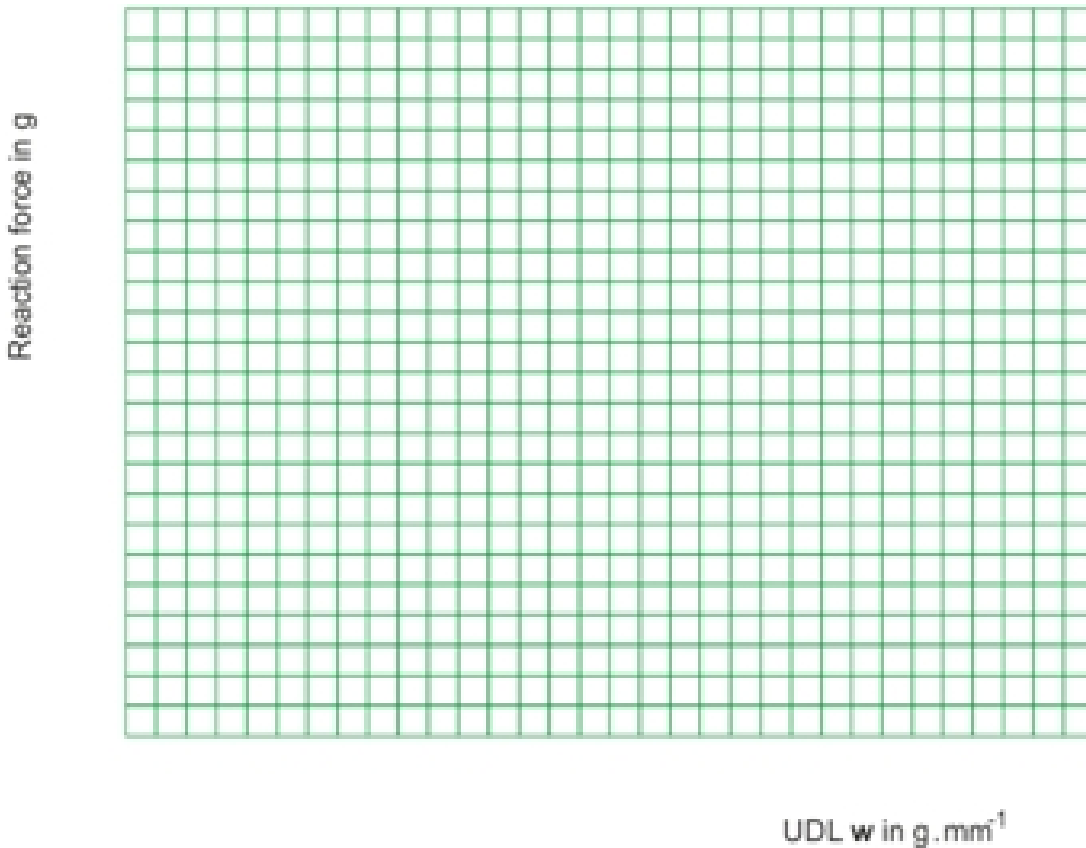
Feuille de travail 2 - Effet de l'UDL

B. Arche à trois épingles

Tableau 4

Total charg e g	w g. mm ⁻¹	Expérimental			Calculé		
		H g	V _L g	V _R g	H g	V _L g	V _R g

Graphiques de V_L, V_R et H vs w :



Arche à deux et trois épingles

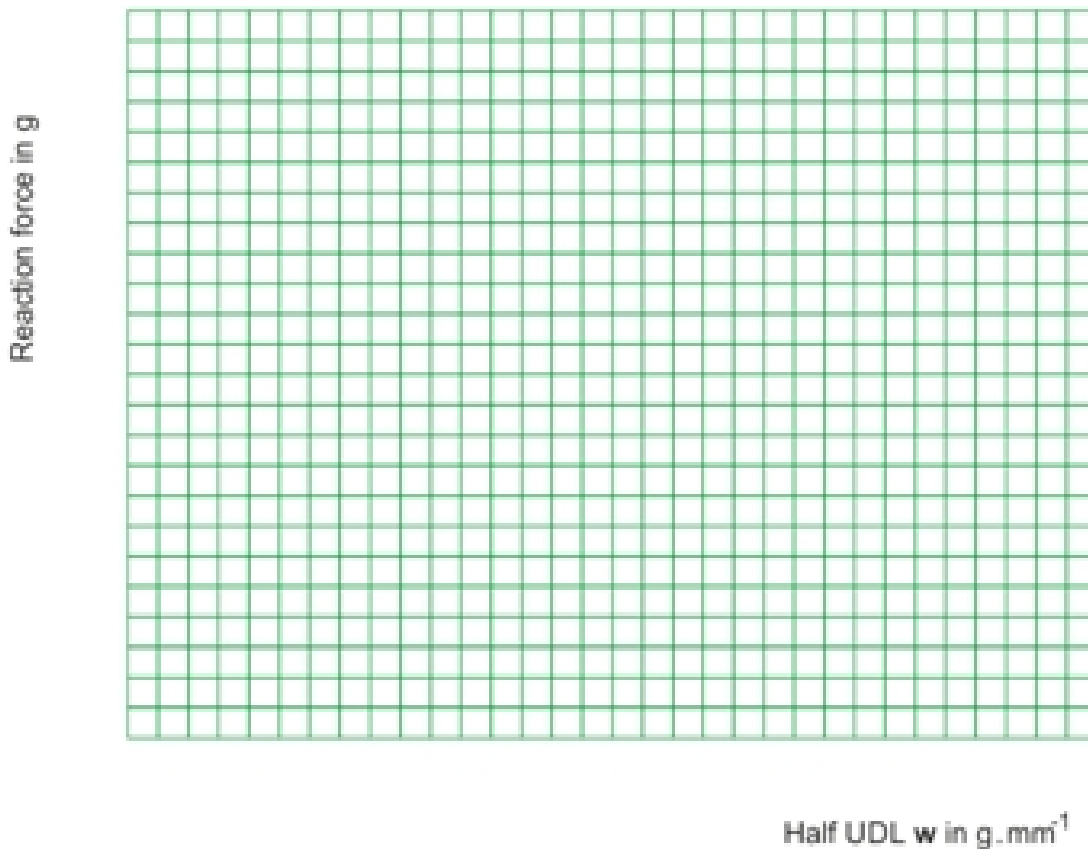
Feuille de travail 3 - Effet de la moitié de l'UDL

A. Arc à deux broches

Tableau 5

Total charge e g	w g. mm ⁻¹	Expérimental			Calculé		
		H g	V _L g	V _R g	H g	V _L g	V _R g

Graphiques de V_L, V_R et H vs w :



Arche à deux et trois épingles

Feuille de travail 3 - Effet de la moitié de l'UDL

B. Arche à trois épingles

Tableau 6

Total charge e g	w g. mm ⁻¹	Expérimental			Calculé		
		H g	V _L g	V _R g	H g	V _L g	V _R g

Graphiques de V_L, V_R et H vs w :

