

TP N 1 : Etude de l'effort tranchant

(Licence L1 /Durée 3H)

Objectifs :

- Se familiariser avec l'appareil d'étude de l'effort tranchant dans une poutre (les pièces constitutives, mode d'emploi ...)
- Bien maîtriser les étapes qui mènent à l'élaboration des différents essais
- Savoir exploiter les connaissances théoriques acquises.

Conditions de réalisation :

- Stand d'étude de l'effort tranchant dans une poutre
- Règle
- Des accroches poids

Connaissances acquises :

- Connaissances de base en RDM (sollicitations simples)
- Techniques de mesures

Evaluation :

- Motivation, travail réalisé 50 %.
- Entretien et compte rendu 50%.

Dossier Technique

1 - Introduction

Ce fascicule de TP est une démonstration au montage et à la réalisation d'expériences relatif a la détermination de l'effort tranchant dans une poutre.

2 - Description

La figure 1 est une illustration de l'appareil d'étude de l'effort de cisaillement d'une poutre.

L'appareil est constitué d'une poutre coupée en deux, d'un capteur de force monté sur celui ci permet ainsi de mesurer la force de cisaillement et et un afficheur digital permettant d'indiquer la valeur en provenance du capteur d'effort.

En effet la figure 1 montre la géométrie de la poutre et les positions des accroches poids. Les supports d'accroche poids sont positionnés tous les 20 mm, et possèdent une encoche en leur centre pour placer l'accroche poids.

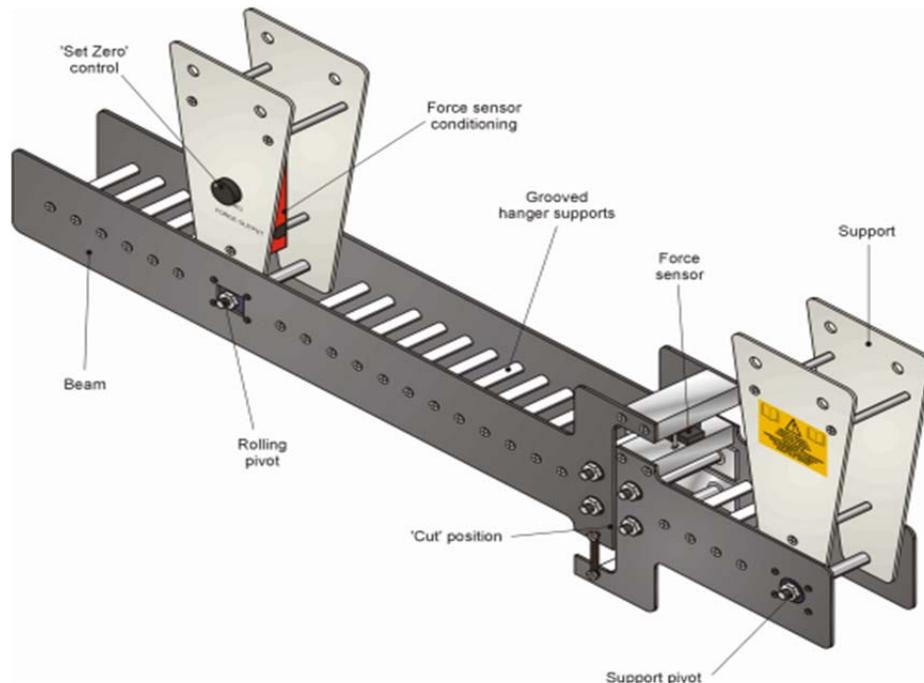


Figure1: Appareil d'étude de l'effort tranchant

3-Montage de l'équipement

Le figure 2 montre l'appareil d'étude de l'effort tranchant monté sur un châssis.

Avant de monter et d'utiliser cet équipement, toujours vérifier les points suivants :

- ✓ Inspecter visuellement toutes les parties (en incluant les câbles électriques) afin de déceler d'éventuels dommages ou dégradations dues à l'usure.
- ✓ Les remplacer si nécessaire.
- ✓ Vérifier que les raccordements électriques sont correctement câblés.
- ✓ Vérifier que tous les composants sont fixés correctement et que les éléments de fixation sont suffisamment serrés.
- ✓ Positionner le châssis de manière stable.
- ✓ Vérifier que celui ci est monté sur un plan de travail stable, rigide, plan et facilement accessible.
- ✓ Ne jamais appliquer de charges excessives sur tout ou partie de l'équipement.

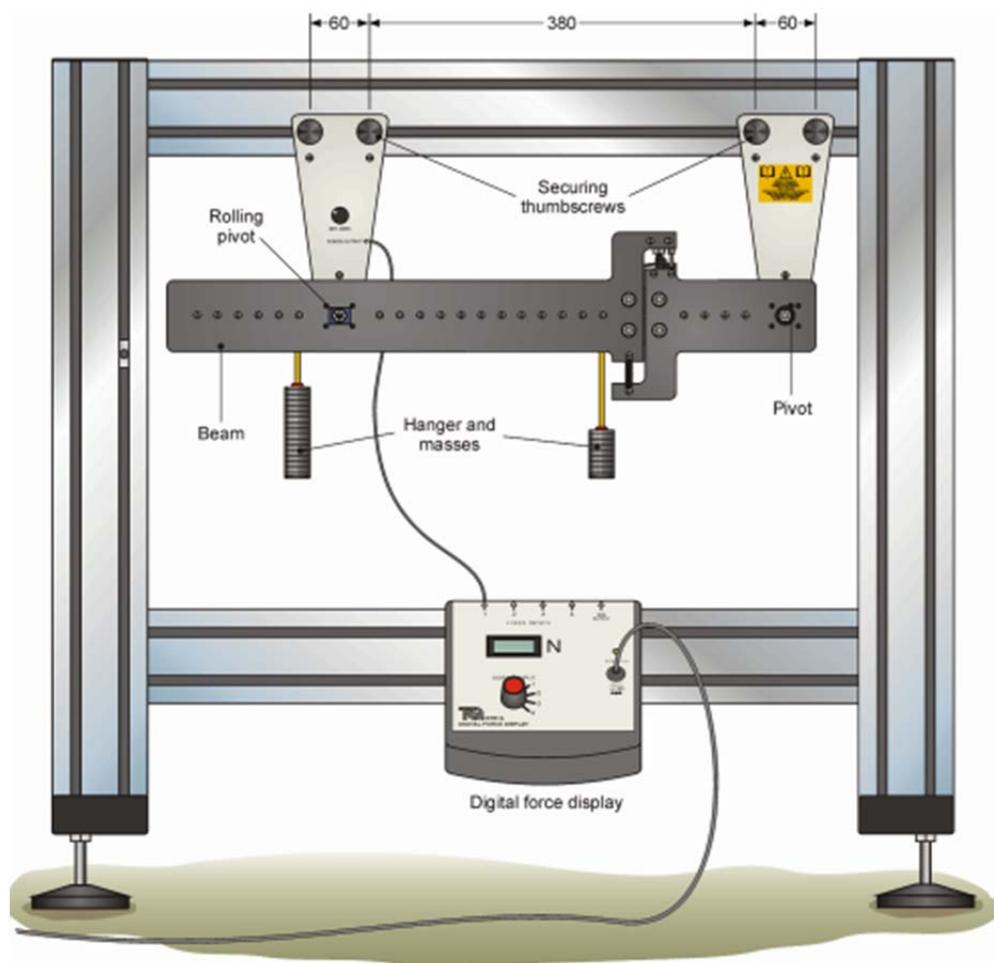


Figure 2 : Appareil d'étude de l'effort tranchant monté sur le châssis

Les étapes 1 à 4 des instructions suivantes ont peut être déjà été mis en place.

- ☒ Placer et assembler le châssis (se référer au manuel fourni avec le châssis) sur un plan de travail. Faire attention à ce que le « cadre » du châssis soit facilement accessible.
- ☒ Il y a quatre écrous de positionnement sur la barre horizontale haute du châssis. Faites les glisser jusqu'à obtenir approximativement la position de la figure 3.
- ☒ Poser la partie droite de la poutre sur la partie inférieure du châssis et fixer le support gauche de la poutre sur la barre horizontale haute du châssis.
- ☒ Positionner le support de manière à ce que les barres intérieures de celui ci viennent en appuis équitablement sur le châssis. Visser deux des vis moletées fournies dans les écrous de positionnement (sur la partie avant du support seulement).
- ☒ Amener le support droit en position et visser les deux autres vis moletées dans les écrous de positionnement.
- ☒ Positionner le support de manière à ce que les barres intérieures de celui ci viennent en appuis équitablement sur le châssis.
- ☒ Positionner le support horizontalement de manière à avoir le pivot roulant au milieu de sa course. Visser les vis moletées.
- ☒ Vérifier que l'afficheur digital d'effort est en position « On ». Connecter le câble mini DIN sur l'entrée « Force Input 1 » de l'afficheur à la prise marquée « Force Output » sur le support gauche de la poutre. Assurez vous que le câble ne touche pas la poutre.
- ☒ Faire le zéro à l'aide du bouton situé sur le support gauche de la poutre. Appuyez délicatement avec le doigt sur le centre de la poutre et relâcher.
- ☒ Refaire le zéro si nécessaire. Répéter la manipulation pour vous assurer que la mesure revient à zéro.

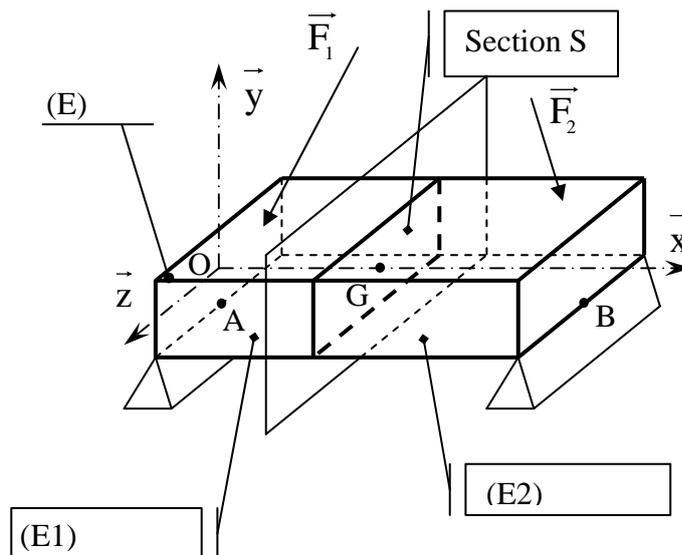
NB : Si la mesure affiche seulement ± 0.1 N. tapoté légèrement sur le châssis (il peut y avoir une légère tension et cela devrait l'éliminer).

Dossier de référence

TORSEUR DES EFFORTS DE COHESION

1. Repérage des sections de coupe

Soit une poutre (E) en équilibre sous l'action de n actions extérieures. On associe à cette poutre un repère $R(O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ dont l'axe x coïncide avec la ligne moyenne de la poutre. Coupons la poutre (E) par un plan (P) orthogonal à sa ligne moyenne, situé à l'abscisse x. On définit ainsi deux portions de poutre (E1) et (E2).



$R_0(O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ repère lié à la poutre

(E)

2. Définition

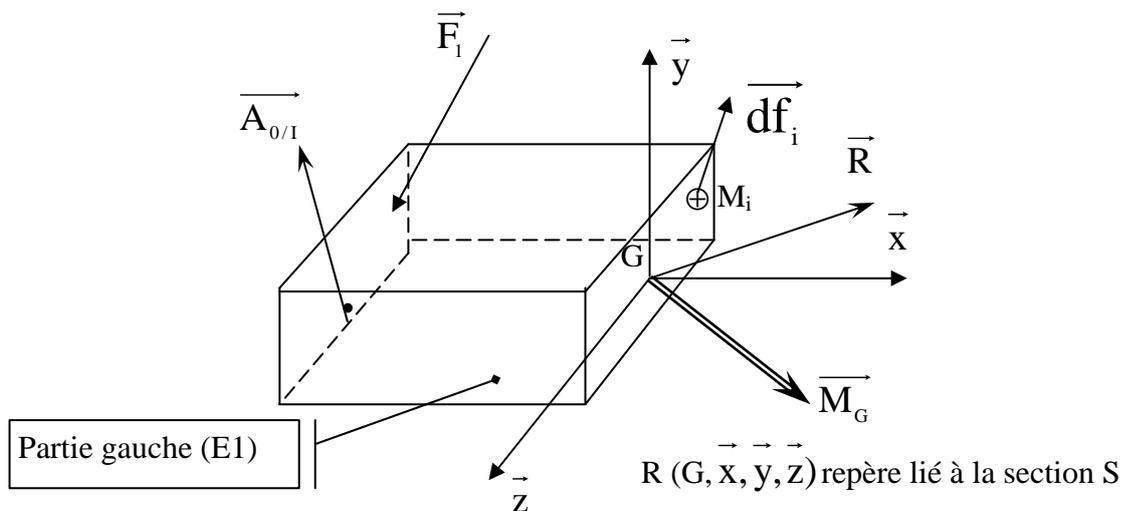
Les actions mécaniques que le tronçon (E2) exerce sur le tronçon (E1) à travers la section droite fictive (S) sont des efforts intérieurs à la poutre (E) qu'on peut les modéliser par un torseur appelé **torseur de cohésion** exprimé en G.

3. Éléments de réduction en G du torseur de cohésion

$$\{\tau_{\text{coh } II/I}\} = \left\{ \begin{array}{c} \vec{R} \\ \vec{M}_G \end{array} \right\}_G \quad \text{avec :}$$

$$\vec{R} = \int_S \vec{df}_i : \text{Résultante des efforts de cohésion } \vec{df}_i \text{ de } (E2) / (E1)$$

$$\vec{M}_G = \int_S \vec{GM}_i \wedge \vec{df}_i : \text{Moment résultant des } \vec{df}_i \text{ par rapport à G.}$$



4. Composantes des efforts de cohésion

Les coordonnées de la résultante des forces de cohésion

\vec{R} et le moment résultant \vec{M}_G s'écrivent dans le repère

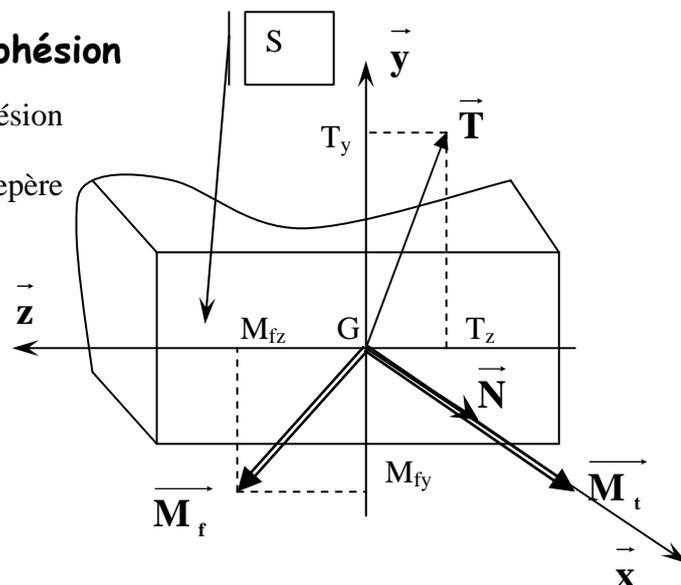
des sollicitations $R(G, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ (fig. ci-contre):

$$\vec{R} = N\vec{x} + T_y\vec{y} + T_z\vec{z}$$

$$\vec{M}_G = M_t\vec{x} + M_{fy}\vec{y} + M_{fz}\vec{z}$$

Le torseur de cohésion sera :

$$\{\tau_{E2/E1}\}_G = \left\{ \begin{array}{cc} N & M_t \\ T_y & M_{fy} \\ T_z & M_{fz} \end{array} \right\}_G$$



N : Projection de l'effort normal \vec{N} sur \vec{G}_x [N]

T_y : Projection de l'effort tranchant \vec{T} sur \vec{G}_y [N]

T_z : Projection de l'effort tranchant \vec{T} sur \vec{G}_z [N]

M_t : Projection du moment de torsion \vec{M}_t sur \vec{G}_x [N.mm]

M_{fy} : Projection du moment de flexion \vec{M}_f sur \vec{G}_y [N.mm]

M_{fz} : Projection du moment de flexion \vec{M}_f sur \vec{G}_z [N.mm]

Remarque :

* En déplaçant le point G tout le long de la ligne moyenne, on arrive à suivre l'évolution des efforts internes dans la poutre

* La RDM vise en particulier à vérifier qu'en aucun point de la poutre les efforts de cohésion ne soient supérieurs aux capacités du matériau.

5. Relation entre le torseur des actions mécaniques extérieures et le torseur de cohésion :

On isole la partie (E1). Le torseur des actions mécaniques extérieures à gauche de la section S appliquée sur (E1) s'écrit en G dans le repère R ($G, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$) :

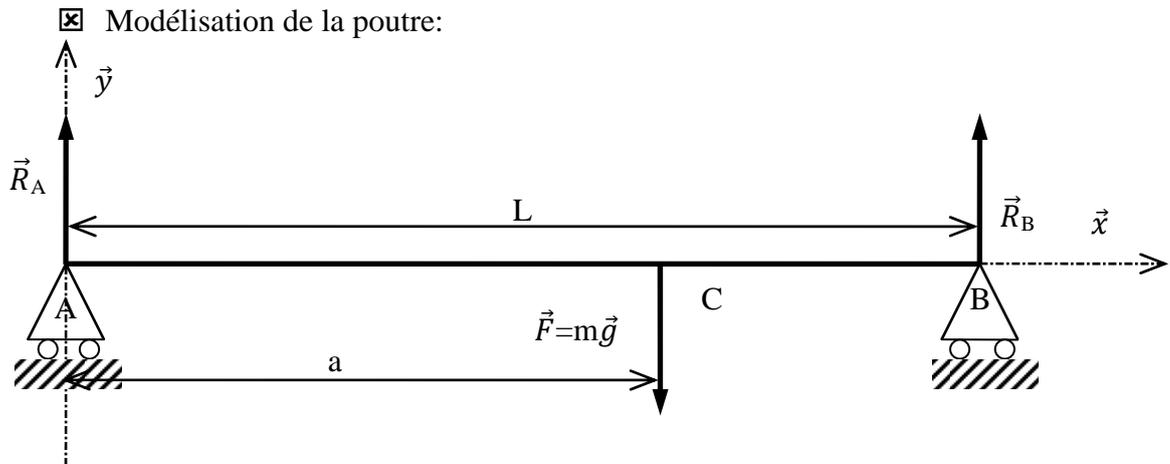
$$\left\{ \begin{array}{l} \tau_{\text{actions extérieures}} \\ \text{à gauche de S} \end{array} \right\}_G = \left\{ \begin{array}{l} \sum \vec{F}_i \\ \sum \vec{M}_G(\vec{F}_i) \end{array} \right\}_G \text{ avec } \left[\begin{array}{l} \sum \vec{F}_i = \vec{A}_{E2/E1} + \vec{F}_1 \Rightarrow \text{forces à gauche de S} \\ \sum \vec{M}_G(\vec{F}_i) = \vec{M}_G(\vec{A}_{E2/E1}) + \vec{M}_G(\vec{F}_1) \Rightarrow \text{moment résultant} \end{array} \right]$$

La partie (E1) est en équilibre, le P.F.S s'écrit en G :

$$\left\{ \begin{array}{l} \tau_{\text{actions extérieures}} \\ \text{à gauche de S} \end{array} \right\}_G + \left\{ \begin{array}{l} \tau_{\text{coh E2/E1}} \end{array} \right\}_G = \{0\}$$

$$\Rightarrow \left[\begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} \tau_{\text{coh E2/E1}} \end{array} \right\}_G = - \left\{ \begin{array}{l} \tau_{\text{actions extérieures}} \\ \text{à gauche de S} \end{array} \right\}_G = + \left\{ \begin{array}{l} \tau_{\text{action extérieures}} \\ \text{à droite de S} \end{array} \right\}_G \\ \left\{ \begin{array}{l} N \quad M_t \\ T_y \quad M_{fy} \\ T_z \quad M_{fz} \end{array} \right\}_G = - \left\{ \begin{array}{l} \sum \vec{F}_i \\ \sum \vec{M}_G(\vec{F}_i) \end{array} \right\}_G \end{array} \right]$$

6. Etude d'un cas :



☒ L'Etude de l'équilibre de la poutre donne :

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \implies \begin{cases} 0 = 0 & (\text{Projection sur l'axe } A, \vec{X}) \\ R_A + R_B - F = 0 & (\text{Projection sur l'axe } A, \vec{Y}) \end{cases}$$

$$\sum \vec{M}_A(\vec{F}_{ext}) = \vec{0} \implies \{LR_B - Fa = 0 \quad (\text{Projection sur l'axe } A, \vec{Z})\}$$

$$\implies R_B = Fa/L \quad \text{et} \quad R_A = F - R_B$$

☒ Calcul de l'effort tranchant :

$$\begin{Bmatrix} N \\ T_y \\ T_z \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} M_t \\ M_{fy} \\ M_{fz} \end{Bmatrix}_G = - \begin{Bmatrix} \sum \vec{F}_i \\ \sum \vec{M}_G(\vec{F}_i) \end{Bmatrix}_G = - \begin{Bmatrix} \vec{R}_A \\ \vec{M}_G(\vec{R}_A) \end{Bmatrix}_G$$

$$\implies T_y = R_A$$

Dossier pédagogique

EXPERIENCE 1 : Variation de l'effort tranchant en fonction du chargement à un point fixe

1-But:

Cette expérience permet d'étudier la variation de l'effort tranchant en fonction de la charge appliquée.

2-Principe de l'expérience :

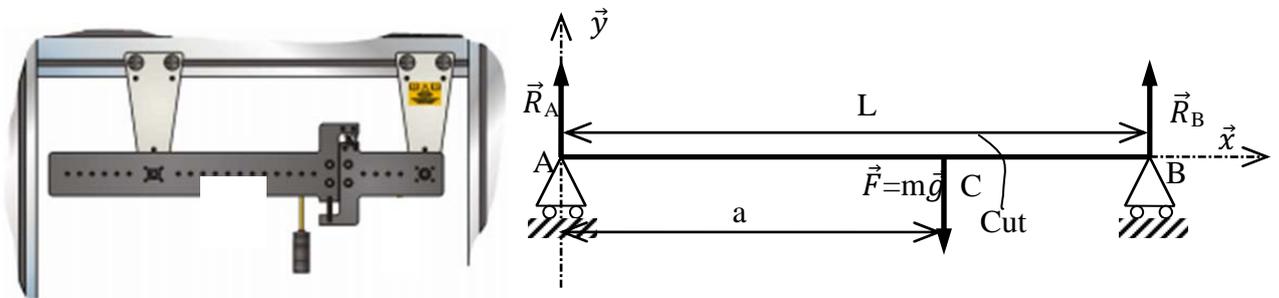


Figure 3 : modélisation de chargement de la poutre

Suivre les instructions suivantes:

- ✚ Vérifier que l'afficheur digital d'efforts affiche zéro sans charge.
- ✚ Placer une accroche poids avec une masse de 100 g à gauche du point de coupure de la poutre et enregistrer la valeur obtenue par l'afficheur digital d'effort.
- ✚ Répéter la procédure en utilisant des masses de 200g . 300g. 400g et 500g.
- ✚ Noter la valeur obtenue sur l'afficheur digital d'effort dans le tableau 2.
- ✚ Noter la valeur obtenue sur l'afficheur digital d'effort dans le tableau 2.

Travail demande:

1. I Remplir le tableau 2
NB: s'appuyer sur le document de référence pour déterminer l'effort tranchant théorique
2. L valeur de la force lu a partir de l'afficheur digital correspond a l'effort tranchant expérimentale
3. Tracer sur le même graphe les courbes théorique et expérimentale de la variation de

l'effort tranchant en fonction de charge.

4. Commenter la forme de la courbe obtenue et conclure.

Le tableau ci dessous vous sera utile pour effectuer rapidement les conversions d'unité de masse en unité de charge.

Masse (grammes)	Charge (Newtons)
100	0.98
200	1.96
300	2.94
400	3.92
500	4.90

Tableau 1 Table de conversion des grammes en. Newtons.

Masse (g)	Charge (N)	Effort de cisaillement, expérimental (N)	Effort de cisaillement, théorique (N)
0			
100			
200			
300			
400			
500			

Tableau 2 Résultats de l'expérience 1

EXPERIENCE 2 : Variation de l'effort tranchant pour différentes conditions de chargement

Cette expérience permet d'étudier la variation de l'effort tranchant varie au point de coupure de la poutre pour différentes conditions de chargement.

Les figures 4, 5 et 6 illustrent la déférente modélisation de chargement de la poutre

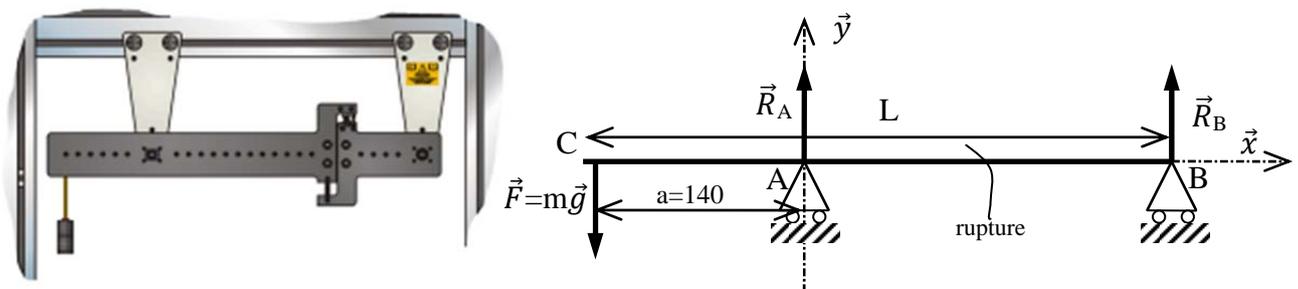


Figure 4 Diagramme de l'effort tranchant

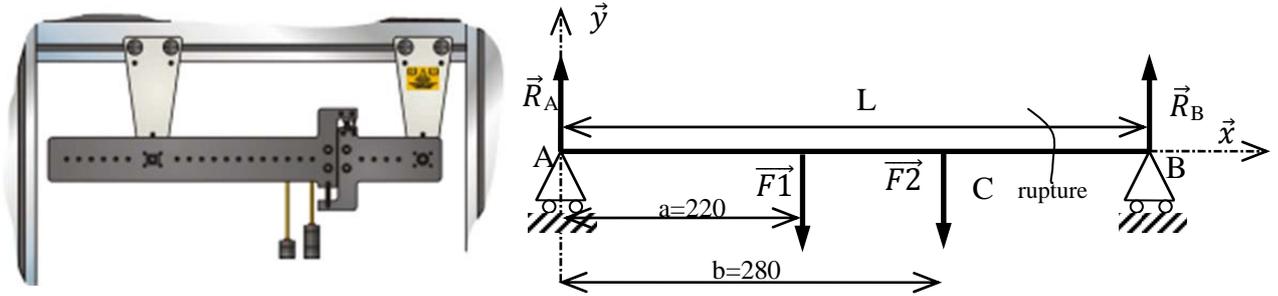


Figure 5 Diagramme de l'effort tranchant

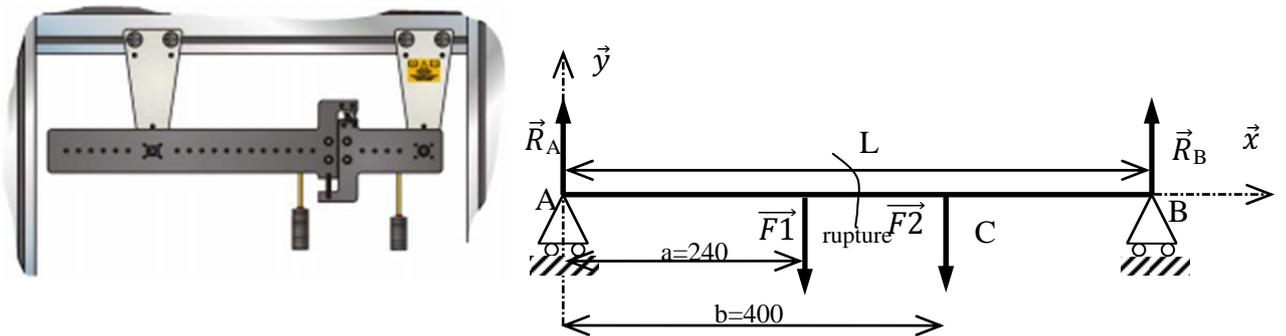


Figure 6 Diagramme de l'effort tranchant

Mode opératoire:

- Vérifier que l'afficheur digital d'effort indique zéro sans charge.
- Charger progressivement la poutre (les valeurs de charges sont indiquées dans le tableau3)
- Enregistrer les résultats obtenus à partir de l'afficheur.
- Refaire la même chose pour deux autres montages

Travail demande:

1. Déterminer les expressions latérales des réactions RA et RB et puis les calculer (pour les trois cas)
2. Déduire l'effort tranchant théorique dans la section coupée pour chaque cas
3. Remplir le tableau 3

NB:

L valeur de la force lu a partir de l'afficheur digital correspond a l'effort tranchant expérimentale.

4. Comparer les valeurs théoriques et expérimentales et conclure.

TP N°1: *Etude de l'effort tranchant*

Figure	F1 (N)	F2 (N)	Effort tranchant expérimental (N)	R _A (N)	R _B (N)	Effort tranchant théorique (N)
4	3.92					
5	1.96	3.92				
6	4.91	3.92				

L'effort tranchant dans la section « couper » est égal à la somme algébrique des forces du torseur situées à gauche ou à droite de cette section.