

Centre des Métiers d'Education et de Formation
Casablanca- Settati
Annexe Provinciale de Settati

Cycle de préparation au concours d'agrégation
Sciences Industrielles de l'Ingénieur SII
Ingénierie Mécanique

TRAVAUX PRATIQUES

BANC D'ESSAI DIDACTIQUE (BED 100)

Encadrement des épreuves d'admission du concours externe.
Exploitation pédagogique d'une activité pratique relative à
l'approche spécialisée d'un système pluritechnique

M'hammed EL ALLAMI
m.elallami@gmail.com

Table des matières

Table des matières	1
Chapitre 1 Banc d'essai didactique BED 100	2
1.1 Présentation du banc d'essai didactique BED 100	2
1.2 Partie commande	3
1.3 Logiciel.....	3
1.4 Description de l'interface :	4
1.5 Maquettes	4
TP1 POUTRE ENCASTREE LIBRE EN FLEXION SIMPLE	5
TP2 FLEXION 3 POINTS	8
TP3 FLEXION 4 POINTS	11
TP4 FLEXION CHARGE REPARTIE	14
TP5 POTENCE	17
TP6 PORTIQUE.....	20

Chapitre 1

Banc d'essai didactique BED 100

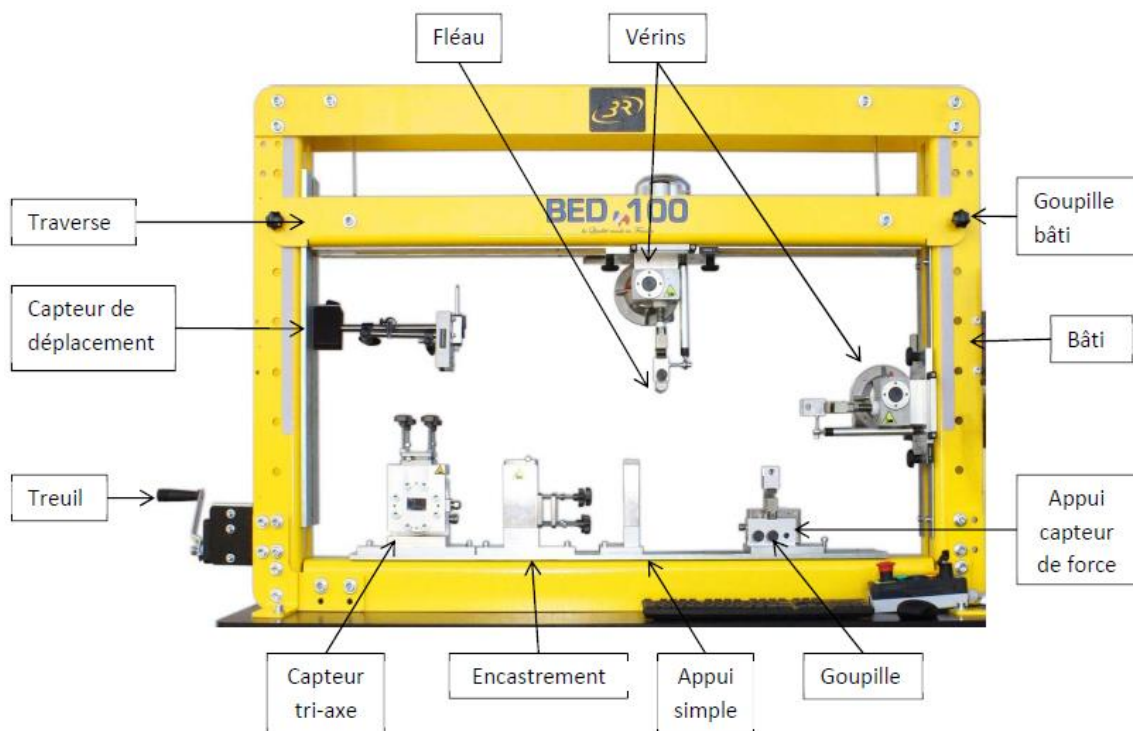
1.1 Présentation du banc d'essai didactique BED 100

Le BED 100 est un système électromécanique permettant de réaliser des essais mécaniques principalement non destructifs, mettant en œuvre les principes de la résistance des matériaux. Ce système électromécanique permet de réaliser à partir d'un vérin électrique plusieurs types d'essais.

Le BED 100 est piloté informatiquement et fourni avec son propre système de pilotage. Toutes les données recueillies sont sauvegardées et facilement exploitables.

Le BED 100 se compose d'un châssis mécano assemblé de type « portique » haute résistance monté sur meuble à roulettes avec portes coulissantes. Le cadre est composé de poutres en acier mécano assemblé (dimensions extérieures du cadre environ : L 1500 mm x h 1050 mm).

Le cadre possède une traverse mobile à hauteur réglable avec blocage à goupilles.



Hauteur de chambre d'essais maxi : **500 mm**

Largeur de chambre d'essais maxi : **1000 mm**

Dimensions : **L 1800mm x P 1020mm x H 1980mm**

Poids net : **360 kg (environ)**

Bruit : **< 75 dB**

Alimentation : **230V + N + T (500 W)**

1.2 Partie commande

Actionneur :

- 1 vérin électrique de capacité 1 kN équipé d'un appui ponctuel amovible (système à goupille) avec capteur de force et de déplacement raccordés par USB
- Le vérin peut être placé à la verticale comme à l'horizontale et est ajustable via des liaisons glissières

Commande :

- Coffret électrique de commande avec dispositif de protection électrique conforme à la réglementation en vigueur.
- Le pilotage s'effectue grâce à un ordinateur et un boîtier de commande relié au coffret électrique

1.3 Logiciel

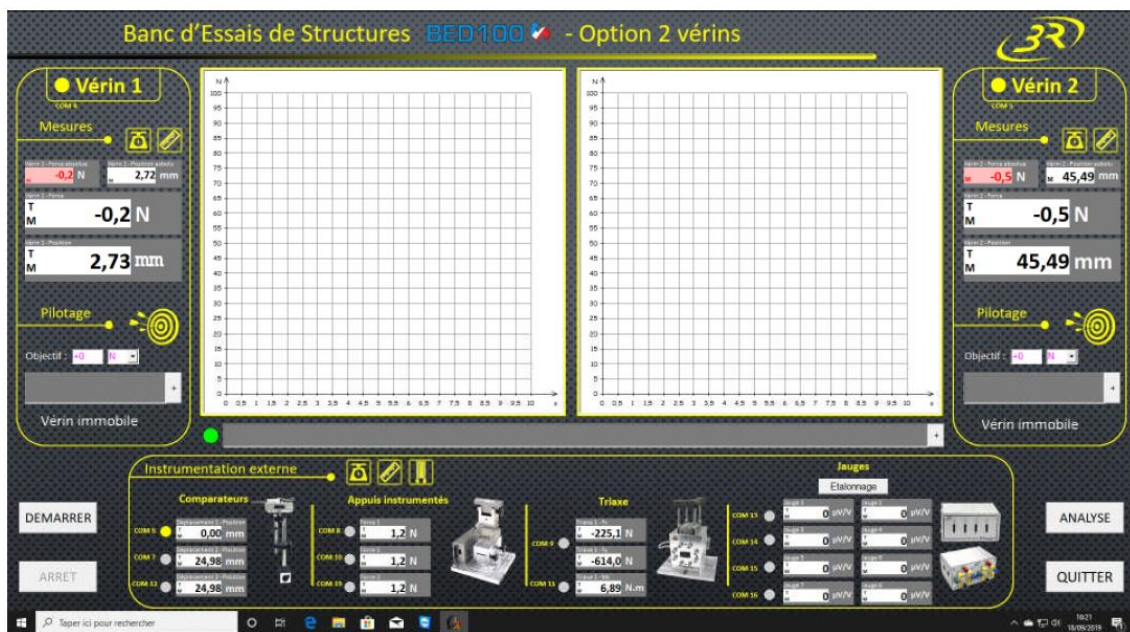
Quant X (Logiciel de pilotage de la machine)

- Tracé des courbes pendant l'essai en temps réel
- Possibilité d'afficher jusqu'à 6 capteurs Asservissement en force/déplacement en boucle fermée (ex : kN / s, mm / s)
- Les résultats d'essais sont stockés sous forme de tableur contenant les conditions, le déroulement et les résultats de l'essai (maxi et courbe des capteurs connectés)

Edition de comptes-rendus d'essai (Macro CoRRRe IV sous Excel[®])

- Importation directe des résultats d'essai
- Personnalisation possible
- Tracé de courbes (force / temps, contrainte déformation,...)
- Analyse automatique

1.4 Description de l'interface :



- La zone à gauche symbolise l'essai, représenté par une image ou un schéma simplifié.
- Une zone graphique en haut à droite permet d'afficher une courbe (Force/Temps, Déformation/Temps ou Force/Déplacement)
- En dessous : un état de l'opération en cours (Mode manuel, approche, maintien de la charge...)
- Une identification du TP en cours
- Trois boutons ENREGISTRE, ARRET, ANALYSE
- Un bouton QUITTER

1.5 Maquettes

- Poutre en acier de 1 mètre « en U »
- Poutre en acier de 1 mètre section rectangulaire creuse
- Poutre cylindrique en aluminium de 0.87 mètre Ø20 plein
- Poutre cylindrique en acier de 1 mètre Ø20 plein
- Poutre en acier de 1 mètre tube Ø20
- Poutre en bois de 1 mètre
- Potence 500 x 200 mm
- Portique 405 x 282.5 mm
- Fil de précontrainte Ø5 longueur 360 mm
- Fil de fer Ø1.5 mm
- OPTION : Treillis
- OPTION : ferme 425x282.5

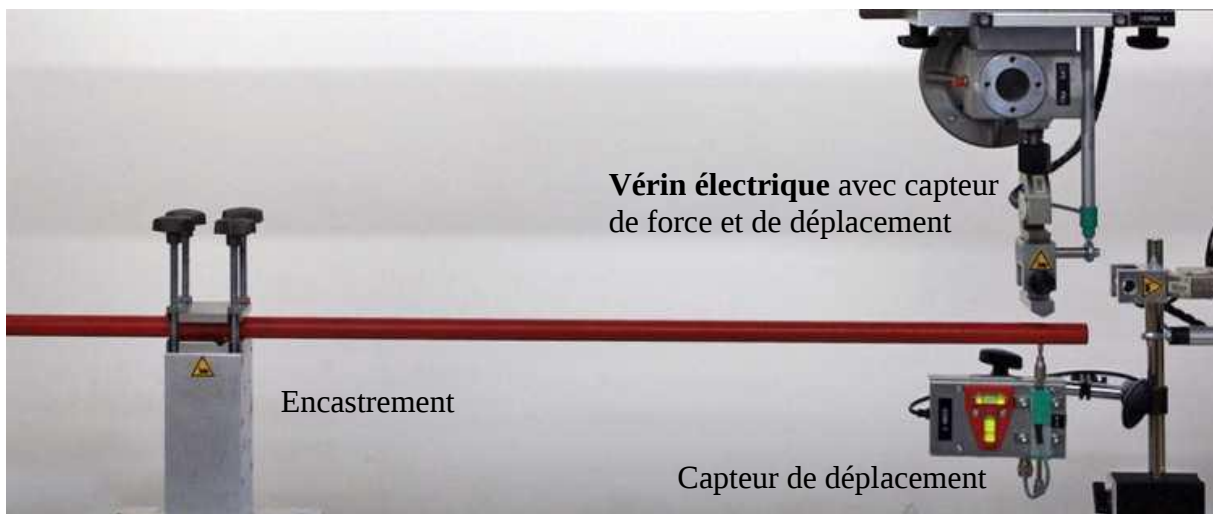
TP1

POUTRE ENCASTREE LIBRE EN FLEXION SIMPLE

OBJECTIFS DU TP

- Visualiser la déformation sous charge d'une poutre encastrée.
- Mesurer la flèche (mm) puis comparer avec la valeur théorique.
- Vérifier l'hypothèse de Barre Saint-Venant : Plus la poutre est longue, plus sera l'écart entre la flèche théorique et mesurée.

MONTAGE



CALCUL THEORIQUE

Connaissant la charge appliquée, le module d'élasticité longitudinal E et les caractéristiques de la section de la poutre :

- Calculer le moment quadratique I_{Gz} de la poutre.
- Déterminer les actions à l'encastrement.
- Déterminer les expressions de T_y et de M_{fz} .
- Tracer les diagrammes de T_y et de M_{fz} .
- Calculer à l'encastrement, la valeur théorique de la contrainte σ .
- Calculer au point de mesure, la flèche théorique v_{TH} .

ACTIVITE PRATIQUE

Réaliser le montage de la poutre en utilisant à chaque fois une poutre différente : Barre acier (1) Barre alu (2) Tube acier (3) et en respectant les directives suivantes :

- Le montage encastrement doit être bien serré sur la table, surtout à l'arrière pour éviter que le dispositif bascule lorsque la poutre est sous charge.
- La poutre doit bien être encastrée en vissant les tiges filetées et les boulons à l'encastrement pour éviter tout rotulage.

- La longueur de la poutre à prendre en compte est celle entre la fin de l'encastrement et le bout de la poutre.
- Il faut faire attention à ce que le capteur soit monté verticalement et sous la charge.
- Lancer l'application 3R QuantX
- Cliquer sur DEMARRER puis entrer les paramètres suivants :

Asservissement :	En Déplacement
Vitesse du vérin :	0.3mm/s
Déplacement limite :	15mm

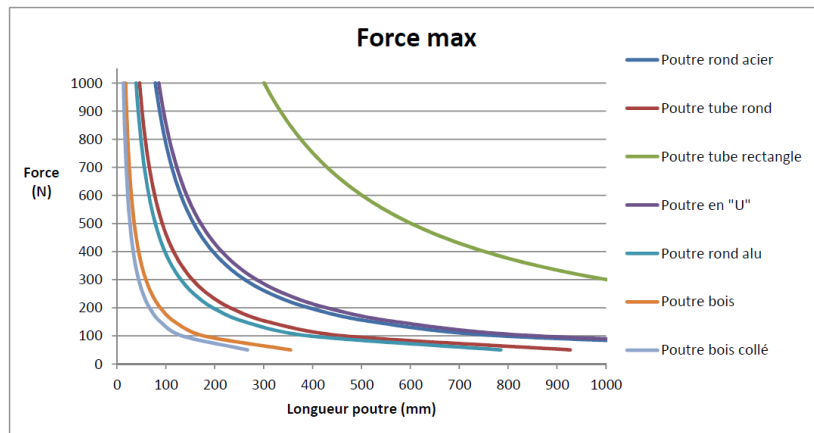
- Exploiter les résultats expérimentaux pour ressortir la valeur de la flèche v_{EX} .

ANALYSE DES RESULTATS

- Créer puis remplir le tableau de résultats ci-dessous :

					Théorie		Mesure	
Poutre	Force (N)	E (MPa)	L (mm)	IGz (mm ⁴)	Contrainte σ (MPa)	Fleche v_{TH} (mm)	Fleche v_{EX} (mm)	Ecart (%)
Barre acier (1)	100	210 000	700	7850				
Barre alu (2)	100	80 000	500	7850				
Tube acier (3)	100	210 000	500	4635				

N.B : Le graphe ci-dessous donne la charge maximale à appliquer sur une poutre en fonction de la distance entre appui choisie.



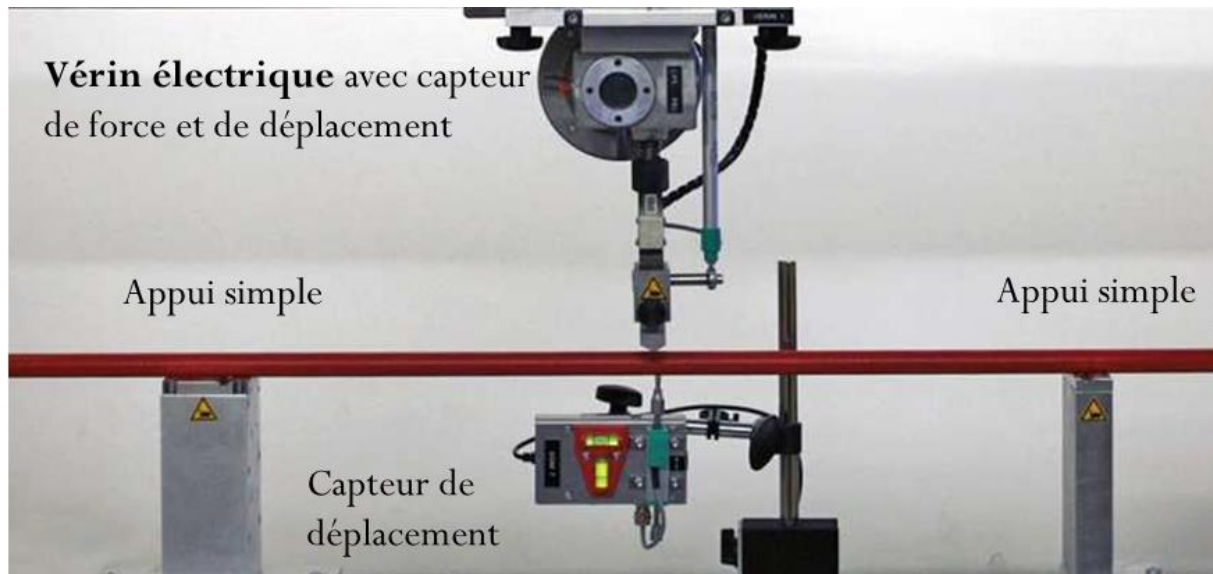
- Comparer les la flèche mesurée v_{EX} et calculée v_{TH} .
- Vérifier l'hypothèse de Barre de Saint-Venant : Plus la poutre est longue, moins il y aura d'écart de flèche entre théorie et mesure.

TP2 FLEXION 3 POINTS

OBJECTIFS DU TP

- Visualiser la déformation sous charge d'une poutre sur deux appuis.
- Mesurer la flèche (mm) puis comparer avec la valeur théorique.

MONTAGE



CALCUL THEORIQUE

Connaissant la charge appliquée, le module d'élasticité longitudinal E et les caractéristiques de la section de la poutre :

- Calculer le moment quadratique I_{Gz} de la poutre.
- Déterminer les actions aux liaisons.
- Déterminer les expressions de T_y et de M_{fz} .
- Tracer les diagrammes de T_y et de M_{fz} .
- Calculer au milieu, la valeur théorique de la contrainte σ .
- Calculer au milieu, la flèche théorique v_{TH} .

ACTIVITE PRATIQUE

Réaliser le montage de la poutre en utilisant à chaque fois une poutre différente : Barre acier (1) Barre alu (2) Tube acier (3) et en respectant les directives suivantes :

- Les poutres cylindriques doivent être positionnées dans les rainures présentes sur les appuis simples pour que la poutre soit bloquée en translation radiale.
- Les poutres rectangulaires doivent être positionnées sur les piges, elles-mêmes dans les rainures des appuis simples.
- Le capteur doit être monté verticalement et sous le point où la charge est appliquée.

- La longueur de la poutre cylindrique à prendre en compte et celle entre les deux appuis simples.
- La longueur de la poutre rectangulaire à prendre en compte et celle entre les deux piges sur les appuis.
- Lancer l'application 3R QuantX
- Cliquer sur DEMARRER puis entrer les paramètres suivants :

Asservissement :	En Déplacement
Vitesse du vérin :	0.2mm/s
Déplacement limite :	20mm

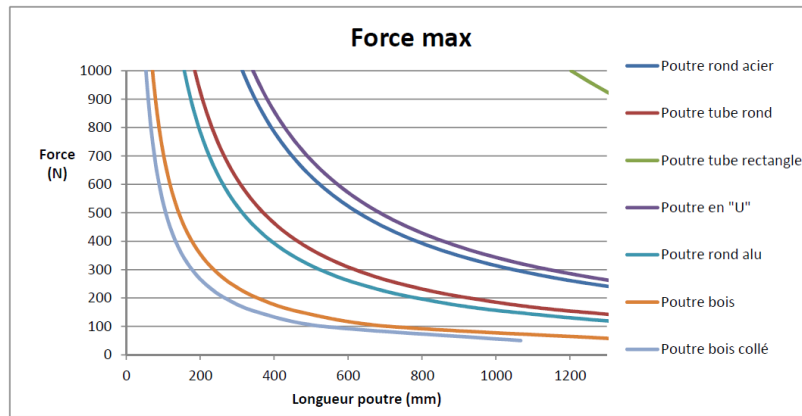
- Exploiter les résultats expérimentaux pour ressortir la valeur de la flèche v_{EX} .

ANALYSE DES RESULTATS

- Créer puis remplir le tableau de résultats ci-dessous :

					Théorie		Mesure	
Poutre	Force (N)	E (MPa)	L (mm)	IGz (mm ⁴)	Contrainte σ (MPa)	Fleche v_{TH} (mm)	Fleche v_{EX} (mm)	Ecart (%)
Barre acier (1)	294	210 000	700	7850				
Barre alu (2)	197	80 000	700	7850				
Tube acier (3)	198	210 000	700	4635				

N.B : Le graphe ci-dessous donne la charge maximale à appliquer sur une poutre en fonction de la distance entre appui choisie.



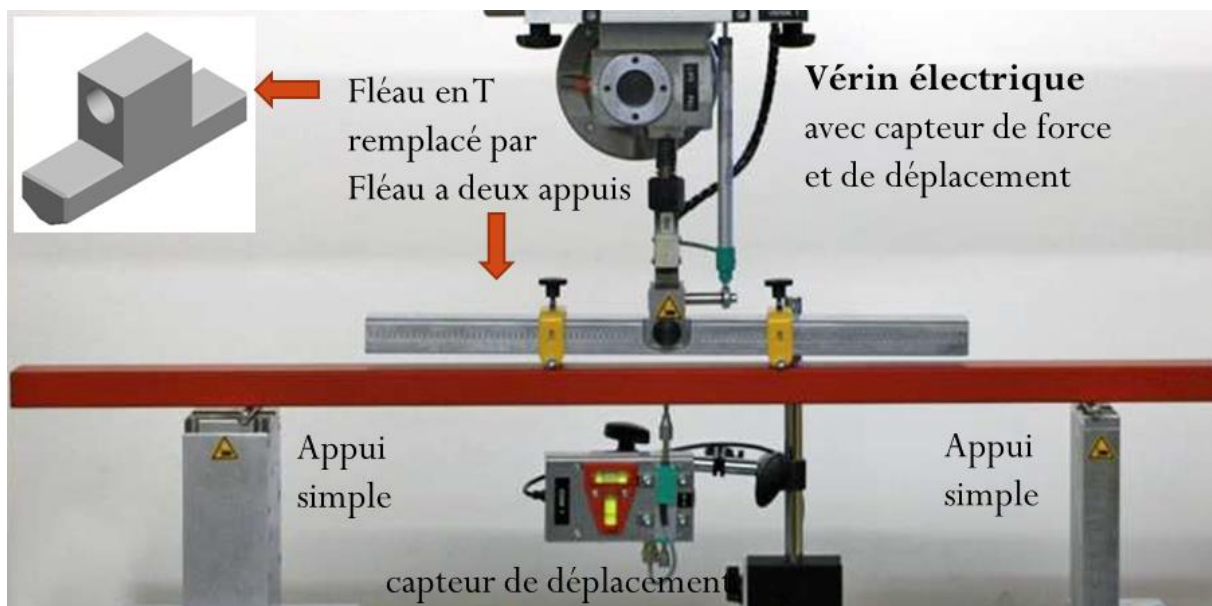
- Comparer les la flèche mesurée v_{EX} et calculée v_{TH} .

TP3 FLEXION 4 POINTS

OBJECTIFS DU TP

- Visualiser la déformation sous deux charges ponctuelles d'une poutre sur deux appuis simples.
- Mesurer la flèche (mm) puis comparer avec la valeur théorique.

MONTAGE



CALCUL THEORIQUE

Connaissant la charge appliquée, le module d'élasticité longitudinal E et les caractéristiques de la section de la poutre :

- Calculer le moment quadratique I_{Gz} de la poutre.
- Déterminer les actions aux liaisons.
- Déterminer les expressions de T_y et de M_{fz} .
- Tracer les diagrammes de T_y et de M_{fz} .
- Calculer au milieu, la valeur théorique de la contrainte σ .
- Calculer au milieu, la flèche théorique v_{TH} .

ACTIVITE PRATIQUE

Réaliser le montage de la poutre en utilisant à chaque fois une poutre différente : Barre acier (1) Barre alu (2) Tube acier (3) et en respectant les directives suivantes :

- Les poutres cylindriques doivent être positionnées dans les rainures présentes sur les appuis simples pour que la poutre soit bloquée en translation radiale.

- Les poutres rectangulaires doivent être positionnées sur les piges, elles-mêmes dans les rainures des appuis simples.
- Le capteur doit être vertical et bien sous le vérin.
- La longueur de la poutre cylindrique à prendre en compte et celle entre les deux appuis simples.
- La longueur de la poutre rectangulaire à prendre en compte et celle entre les deux piges sur les appuis.
- Les distances entre les appuis et les points de charge doivent être égales.
- Lancer l'application 3R QuantX
- Cliquer sur DEMARRER puis entrer les paramètres suivants :

Asservissement :	En Déplacement
Vitesse du vérin :	0.3mm/s
Déplacement limite :	20mm

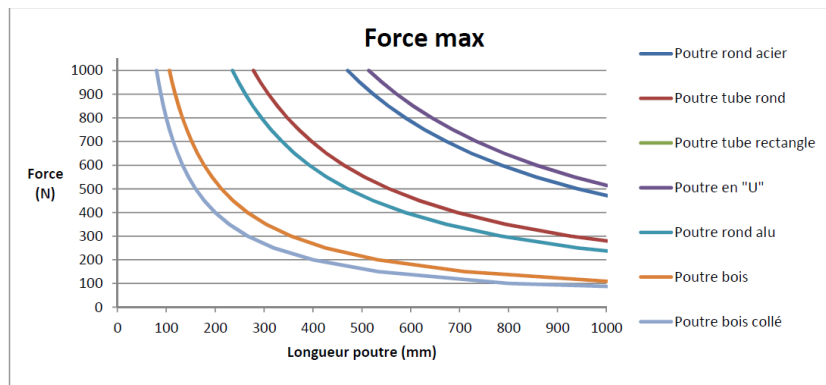
- Exploiter les résultats expérimentaux pour ressortir la valeur de la flèche v_{EX} .

ANALYSE DES RESULTATS

- Créer puis remplir le tableau de résultats ci-dessous :

					Théorie		Mesure	
Poutre	Force (N)	E (MPa)	L (mm)	IGz (mm ⁴)	Contrainte σ (MPa)	Fleche v_{TH} (mm)	Fleche v_{EX} (mm)	Ecart (%)
Barre acier (1)	300	210 000	700	7850				
Barre alu (2)	300	80 000	750	7850				
Tube acier (3)	300	210 000	750	4635				

N.B : Le graphe ci-dessous donne la charge maximale à appliquer sur une poutre en fonction de la distance entre appui choisie.



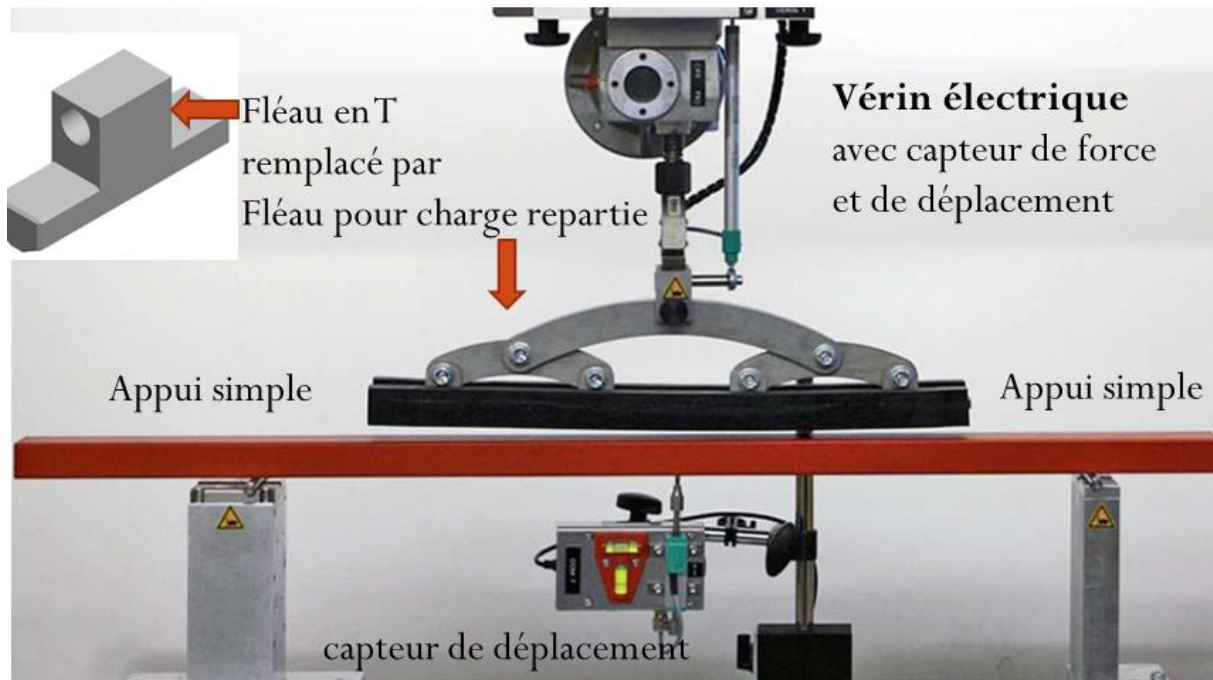
- Comparer les la flèche mesurée v_{EX} et calculée v_{TH} .

TP4 FLEXION CHARGE REPARTIE

OBJECTIFS DU TP

- Visualiser la déformation sous charge répartie d'une poutre sur deux appuis.
- Mesurer la flèche (mm) puis comparer avec la valeur théorique.

MONTAGE



CALCUL THEORIQUE

Connaissant la charge appliquée, le module d'élasticité longitudinal E et les caractéristiques de la section de la poutre :

- Calculer le moment quadratique I_{Gz} de la poutre.
- Déterminer les actions aux liaisons.
- Déterminer les expressions de T_y et de M_{fz} .
- Tracer les diagrammes de T_y et de M_{fz} .
- Calculer au milieu, la valeur théorique de la contrainte σ .
- Calculer au milieu, la flèche théorique v_{TH} .

ACTIVITE PRATIQUE

Réaliser le montage de la poutre en utilisant à chaque fois une poutre différente : Barre acier (1) Barre alu (2) Tube acier (3) et en respectant les directives suivantes :

- Les poutres cylindriques doivent être positionnées dans les rainures présentes sur les appuis simples pour que la poutre soit bloquée en translation radiale.

- Les poutres rectangulaires doivent être positionnées sur les piges, elles-mêmes dans les rainures des appuis simples.
- Le capteur doit être vertical et bien sous le vérin.
- La longueur de la poutre cylindrique à prendre en compte et celle entre les deux appuis simples.
- La longueur de la poutre rectangulaire à prendre en compte et celle entre les deux piges sur les appuis.
- Les distances entre les appuis et les points de charge doivent être égales.
- Lancer l'application 3R QuantX
- Cliquer sur DEMARRER puis entrer les paramètres suivants :

Asservissement :	En Déplacement
Vitesse du vérin :	0.3mm/s
Déplacement limite :	20mm

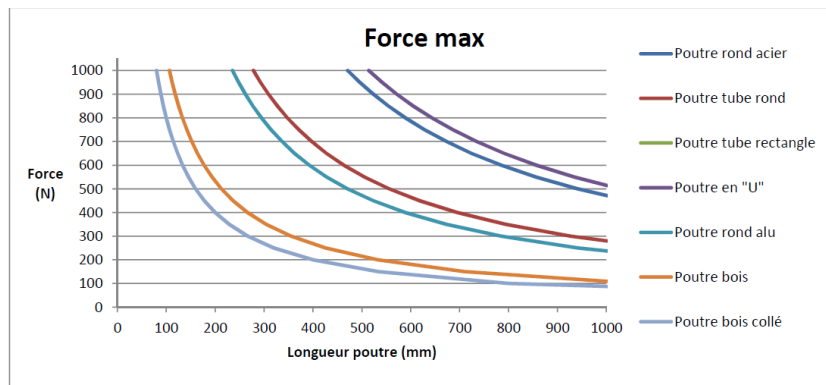
- Exploiter les résultats expérimentaux pour ressortir la valeur de la flèche v_{EX} .

ANALYSE DES RESULTATS

- Créer puis remplir le tableau de résultats ci-dessous :

					Théorie		Mesure	
Poutre	Force (N)	E (MPa)	L (mm)	IGz (mm ⁴)	Contrainte σ (MPa)	Fleche v_{TH} (mm)	Fleche v_{EX} (mm)	Ecart (%)
Barre acier (1)	294	210 000	700	7850				
Barre alu (2)	197	80 000	700	7850				
Tube acier (3)	198	210 000	700	4635				

N.B : Le graphe ci-dessous donne la charge maximale à appliquer sur une poutre en fonction de la distance entre appui choisie.



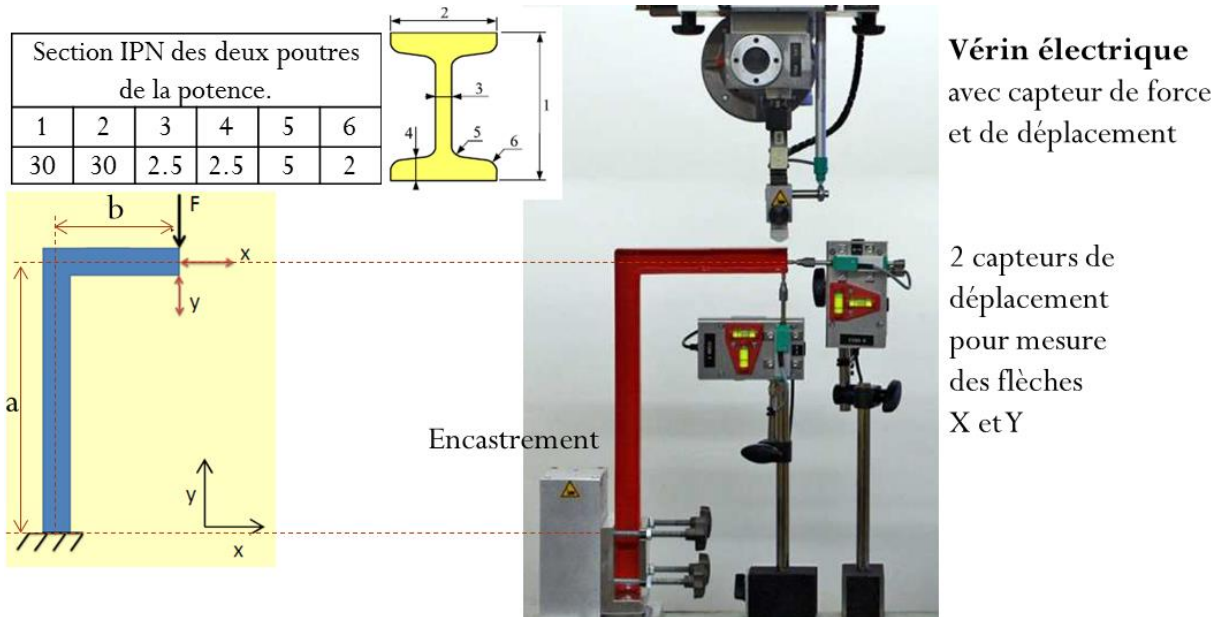
- Comparer les la flèche mesurée v_{EX} et calculée v_{TH} .

TP5 POTENCE

OBJECTIFS DU TP

- Visualiser les déformations sous charge d'une potence encastrée.
- Mesurer la flèche (u et v) puis comparer avec la valeur théorique, RDM6 ossature et EF.

MONTAGE



Matériau : le module d'élasticité longitudinal $E=210000\text{MPa}$

Géométrie : hauteur $a=305\text{mm}$, largeur $b=185\text{mm}$, moment quadratique de la section des deux poutres constitutives de la potence $I_{Gz}=31\,449\text{mm}^4$

Chargement : charge verticale constante $F=800\text{N}$

CALCUL THEORIQUE

- Tracer les diagrammes de N, T et Mf dans la poutre horizontale et verticale de la potence.
- Déterminer les expressions des déplacements (horizontal X et vertical Y) au point de l'application de la charge puis calculer les valeurs numériques.

ANALYSE PAR RDM6 OSSATURE

Dans cette section, on vous propose de réaliser un calcul numérique en utilisant le logiciel RDM6 Ossature.

Il est conseillé de suivre les étapes suivantes :

- Commencer par dessiner la géométrie.
- Définir le matériau, la section, les liaisons entre poutres, les appuis, le chargement, ...
- Lancer le calcul statique.
- Entrer les paramètres si nécessaire.

- Exploiter les résultats du logiciel pour ressortir les diagrammes de N, T et Mf dans la potence.
- Exploiter les résultats du logiciel pour ressortir les valeurs des déplacements (horizontal X et vertical Y) au point de l'application de la charge.

ACTIVITE PRATIQUE

Réaliser le montage de la potence en respectant les directives suivantes :

- Monter la traverse sur le dernier cran en hauteur.
- Pour ce montage, il faut bien faire attention au placement des capteurs. Le vertical bien en dessous de la charge et l'horizontal au milieu de la poutre IPN. Il faut aussi veiller à positionner les capteurs bien à horizontale ou à la verticale et non en biais.
- La distance verticale (a) à prendre en compte est celle entre la fin de l'encastrement et l'axe neutre de la poutre horizontale.
- La distance horizontale (b) à prendre en compte est celle entre l'axe neutre de la poutre verticale et le bout de la poutre (ou la force est exercée).
- Lancer l'application 3R QuantX
- Cliquer sur DEMARRER puis entrer les paramètres suivants :

Force limite conseillée	800N
Asservissement :	En Force
Vitesse du vérin :	30 N/s
Déplacement limite :	10mm

- Exploiter les résultats expérimentaux pour ressortir les valeurs des déplacements (horizontal X et vertical Y) au point de l'application de la charge.

ANALYSE DES RESULTATS

- Créer puis remplir le tableau de résultats ci-dessous :

	Solution EF (Référence)	Théorie de poutres		RDM6 Ossature		Expérience	
		VAL	Ecart %	VAL	Ecart %	VAL	Ecart %
Déplacement vertical (Y)	2						
Déplacement horizontale (X)	1.30						

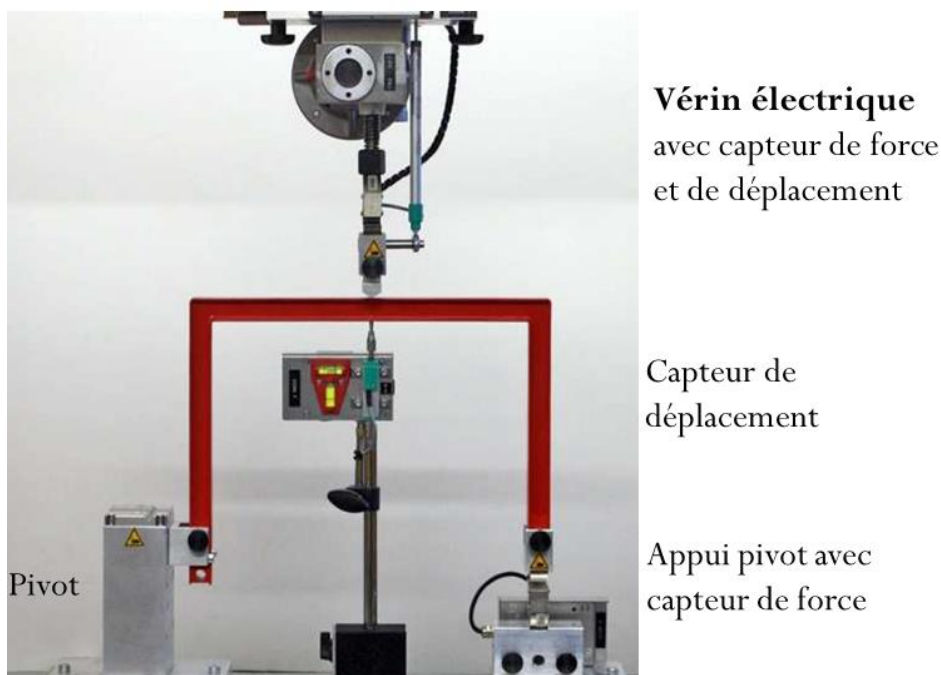
- Comparer les valeurs de la théorie des poutres aux valeurs calculées par éléments finis puis justifier les écarts trouvés.
- Comparer les valeurs calculées par RDM6 Ossature aux valeurs calculées par éléments finis puis justifier les écarts trouvés.
- Comparer les valeurs expérimentales aux valeurs calculées par éléments finis puis justifier les écarts trouvés.

TP6 PORTIQUE

OBJECTIFS DU TP

- Visualiser les déformations sous charge d'un portique.
- Mesurer la flèche Y puis comparer avec les valeurs : théorique, RDM6 ossature et EF.

MONTAGE



Matériau : Aluminium, module d'élasticité longitudinal $E = 68\,000\text{ MPa}$, $\nu = 0.33$

Géométrie : Même section des trois poutres du portique : $S = 18 \times 18$

Chargement : charge verticale constante $F = 800\text{ N}$

CALCUL THEORIQUE

Pour les deux configurations : portique articulé- articulé (1) ou encastéré- encastéré (2) :

- Tracer les diagrammes de N, T et Mf dans les poutres du portique.
- Déterminer l'expression du déplacement vertical Y au point de l'application de la charge puis calculer la valeur numérique.

ANALYSE PAR RDM6 OSSATURE

Dans cette section, on vous propose de réaliser un calcul numérique en utilisant le logiciel RDM6 Ossature.

Il est conseillé de suivre les étapes suivantes :

- Commencer par dessiner la géométrie.
- Définir le matériau, la section, les liaisons entre poutres, les appuis, le chargement, ...

- Lancer le calcul statique.
- Entrer les paramètres si nécessaire.
- Ressortir les diagrammes de N, T et Mf dans le portique.
- Ressortir la valeur du déplacement vertical Y au point de l'application de la charge.

ANALYSE PAR RDM6 ELEMENTS FINIS

Dans cette section, on vous propose de réaliser un calcul numérique par éléments finis du portique en utilisant le logiciel RDM6. Pour cela, il est demandé :

- Tracer le dessin de la géométrie du portique puis appliquer un maillage avec des éléments quadrangles à 8 nœuds Q8. Prendre environ 80 éléments sur la poutre horizontale et 50 éléments sur chacune des poutres verticales.
- Choisir état plan de contraintes puis entrer les paramètres matériels (E et ν), épaisseur, les conditions aux limites et le chargement (F).
- Ressortir la valeur du déplacement vertical Y au point de l'application de la charge puis visualiser la déformée de la structure.

ACTIVITE PRATIQUE

Réaliser le montage du portique en respectant les directives suivantes :

- Monter la traverse sur le dernier cran en hauteur.
- Le capteur vertical doit bien être en dessous de la charge.
- Les distances verticales (a) sont entre l'axe des rotules et l'axe de la poutre horizontale.
- La distance horizontale (b) est entre les axes neutres des poutres verticales.
- Lancer l'application 3R QuantX. Cliquer sur DEMARRER puis entrer les paramètres :

Force limite conseillée	800N
Asservissement	En Force
Vitesse du vérin	30 N/s
Déplacement limite	10mm

- Ressortir la valeur des déplacements vertical Y au point de l'application de la charge.

ANALYSE DES RESULTATS

- Créer puis remplir le tableau de résultats ci-dessous :

	Solution EF (Référence)	Théorie de poutres		RDM6 Ossature		Expérience	
		VAL	Ecart %	VAL	Ecart %	VAL	Ecart %
Déplacement vertical (Y)							

- Comparer les valeurs de la théorie des poutres aux valeurs calculées par éléments finis puis justifier les écarts trouvés.
- Comparer les valeurs calculées par RDM6 Ossature aux valeurs calculées par éléments finis puis justifier les écarts trouvés.
- Comparer les valeurs expérimentales aux valeurs calculées par éléments finis puis justifier les écarts trouvés.