

INTRODUCTION à la RDM



1. Définition

La Résistance des Matériaux est l'étude de la résistance et de la déformation des solides (bâtiments, fusées, avion...). Elle constitue l'outil indispensable à l'ingénieur-constructeur pour concevoir et réaliser des ouvrages économiques qui ne risquent ni de se rompre ni de se déformer excessivement sous les actions qui leur sont appliquées (charges ou déformations imposées).

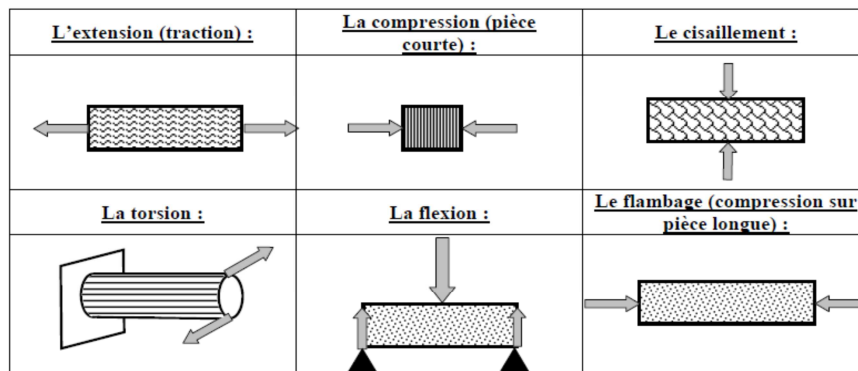
2. But de la résistance des matériaux

Elle a pour objet l'étude de la stabilité et de la résistance des constructions. Cela permet donc de :

1. Déterminer les dimensions fonctionnelles de la pièce.
2. Choisir le matériau constituant la pièce.
3. Vérifier la résistance à la "casse" de la pièce : (Dépassement de la limite à la résistance élastique du matériau).
4. Vérifier la résistance à la "déformation" de la pièce.
5. Optimiser le coût de la pièce par changement des formes, des dimensions, des matériaux, ...

2. Les différentes sollicitations simples

Une poutre peut être soumise à plusieurs sollicitations qui dépendent de la nature et de la direction des actions mécaniques.



3. Organisation Et Instructions

Les travaux pratiques de la RDM sont répartis sur 03 séances de 03 h qui sont :

1. TRACTION	2. FLEXION	3. TORSION	4. FLAMBEMENT	5. PORTIQUE
--------------------	-------------------	-------------------	----------------------	--------------------

- Chaque TP donne lieu à un rapport écrit noté respectant les consignes suivantes :

<p>- Compte-rendu :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Titre du TP - Numéro de TP - Noms de l'étudiant - Date - Sommaire. 	<p>Plan :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Présentation du TP (avec l'objectif) - Rappel théorique - Dispositif expérimental (dessin ou schéma du matériel utilisé, éprouvettes...) - Regroupement des résultats sous forme de tableaux - Interprétation de tous les résultats - Conclusions... - Rapport concis, rédigé avec soin et clarté. - Présentation soignée. - Absence de fautes d'orthographe, de grammaire.
---	---

- Les rapports du TP seront remis au plus tard **03 semaines** après la séance.
- La note de Travaux Pratiques est la moyenne des rapports écrits plus l'Assiduité, le sérieux de l'étudiant(e) la présence ainsi que la préparation.

TP 1 LA TRACTION de L'ACIER



Les constructions en béton armé (BA) doivent résister sans risque de rupture, de détérioration ou d'usure prématurée. En conséquence, les propriétés mécaniques des aciers employés doivent être connues avec précision.

1. Introduction

Parmi tous les essais mécaniques, l'essai de traction est certainement l'essai le plus fondamental. Il sert à déterminer les principales caractéristiques mécaniques telles que le module d'élasticité, le coefficient de Poisson, la limite d'élasticité, la résistance à la rupture, l'allongement après rupture.

- Son exécution est facile et les résultats obtenus servent à dimensionner toutes sortes de pièces.

2. But de l'essai

- Connaître le fonctionnement d'une machine de traction;
- Déterminer les caractéristiques de résistance du matériau testé.
- Mettre en évidence la relation de comportement élastique en traction
- Mettre en évidence les domaines élastique et plastique de la loi de comportement d'un acier.
- Exploiter la courbe de traction et interpréter les résultats.

3. Partie théorique

L'essai de traction d'un acier s'effectue par l'enregistrement graphique de l'allongement (ΔL) d'une éprouvette en fonction de la charge F .

Cet essai de traction donne plusieurs valeurs importantes :

- Le module de Young E ou module d'élasticité longitudinale ;
- La limite élastique σ_e qui sert à caractériser un domaine conventionnel de réversibilité ;
- La limite à la rupture σ_r ;
- La déformation ε suivant l'axe x .

Limite élastique σ_e

$$\sigma_e = \frac{F_e}{S_0} \text{ avec } \sigma_e \text{ en MPa, } F_e \text{ en N, } S_0 \text{ en mm}^2, S_0 : \text{Section de l'éprouvette.}$$

Limite de rupture σ_r

$$\sigma_r = \frac{F_r}{S_0} \text{ avec } \sigma_r \text{ en MPa, } F_r \text{ en N, } S_0 \text{ en mm}^2.$$

La déformation :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \text{ Avec } \Delta L : \text{allongement total de la poutre;}$$

L_0 : longueur initiale de l'éprouvette.

Condition de résistance σ_{pe} :

Pour des raisons de sécurité (limiter l'étude dans la zone élastique : pour que la pièce reste fonctionnelle malgré sa déformation), la contrainte normale de la pièce (σ) doit rester inférieure à la résistance pratique de l'extension σ_{pe} . Avec $\sigma_{pe} = \sigma_e / F_s$

Où σ_{pe} = contrainte admissible

Condition de résistance pratique à l'extension : ($\sigma \leq \sigma_{pe}$)

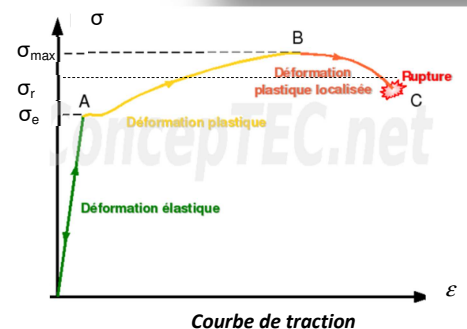
F_s = Coefficient de sécurité ($2 \leq F_s \leq 10$).

4. Matériels utilisés

- Machine d'essai de traction manuelle, éprouvettes acier,
- Compateur pour mesurer les allongements,
- règle,
- Pied à coulisse.

5. Mode opératoire

- Les essais se feront sur une machine de traction manuelle,
- Les essais sont effectués sur 01 éprouvette en Acier soumise à un effort de traction F jusqu'à la rupture.



Courbe de traction

- Mesurez au pied à coulisse le diamètre de l'éprouvette.
- Placez l'éprouvette dans le mors de la traverse mobile et mesurez sa longueur initiale.
- Dans le dispositif expérimental, l'une des extrémités de la poutre est fixe et l'effort est exercé sur l'autre extrémité.
- La lecture de la force exercée se fait directement sur le manomètre associé à la machine.
- La lecture des allongements se fait directement sur le comparateur associé à la machine.
- Commencer l'essai de traction en notant les allongements à chaque augmentation de la force (tableau 1)

F(KN)	0	2	4	6	F_{max}
ΔL (mm)									

6. Travail demandé

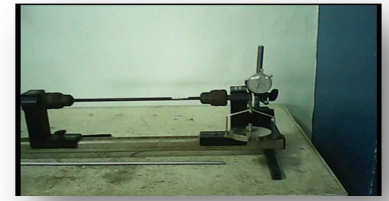
1. Tracer la courbe $\sigma = f(\epsilon)$ (feuille millimétrée).
2. Déterminer les caractéristiques du matériau : module d'élasticité, limite élastique, contrainte maximale...
3. Comparer vos résultats avec les caractéristiques théoriques
4. commenter les écarts.
5. Quel est le phénomène visible qui se passe avant la rupture de l'éprouvette?
6. À l'aide de vos connaissances et lectures, donner le plus d'indications et précisions possibles concernant le comportement des aciers en traction (et compression) :
 - A. Interprétation des diagrammes contraintes / déformations.
 - B. Zone élastique.
 - C. Zone élasto-plastique.
 - D. Zone plastique.
7. Quel est d'après vous le comportement d'une barre d'acier soumise à de la compression ?
8. Quels sont les rôles principaux de l'acier et du béton armé ?
9. À quoi servent les armatures transversales dans une poutre ?
10. Pourquoi y a-t-il des armatures longitudinales dans un poteau qui ne travaille qu'en compression ?
11. À quoi servent les armatures transversales dans un poteau ?

TP2 LA TORSION



1. Introduction

- L'analyse des éléments des structures de génie civil soumis à la torsion est moins fréquente car l'existence du moment de torsion entraîne que les forces extérieures doivent obligatoirement appartenir à un plan perpendiculaire à celui de l'élément, et cela n'est pris en compte que lors de l'analyse des structures en 3 dimensions, comme par exemple l'installation de tuyauterie d'un système de refroidissement d'une centrale nucléaire.

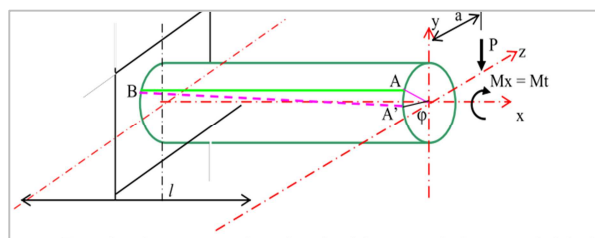


2. But de l'essai :

- Comprendre la Torsion;
- Déterminer expérimentalement l'angle de torsion.
- Comparer les résultats expérimentaux à ceux théoriques.
- Étudier l'influence de la longueur, de la section des barres et leurs matériaux sur l'angle de torsion.

3. Partie théorique

- Les déplacements des sections d'une poutre en torsion sont caractérisés par la rotation des sections droites autour de l'axe neutre (x). L'angle de rotation est appelée **Angle de Torsion ρ** .
- La poutre schématisée est à section circulaire encastrée à extrémité et chargée à l'autre par une force P tel que $P = m \cdot g$, (m : la masse appliquée = 1kg et g : la pesanteur = 10 m/s^2). Cette force développe un **moment de torsion** appelé M_t ($M_t = M_x = P \cdot a$, a étant le bras e levier (Voir schéma ci-dessous).



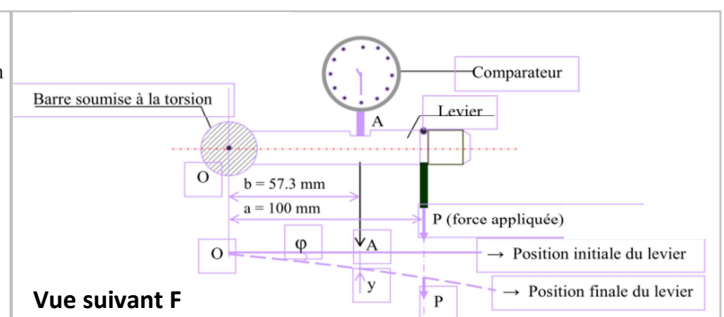
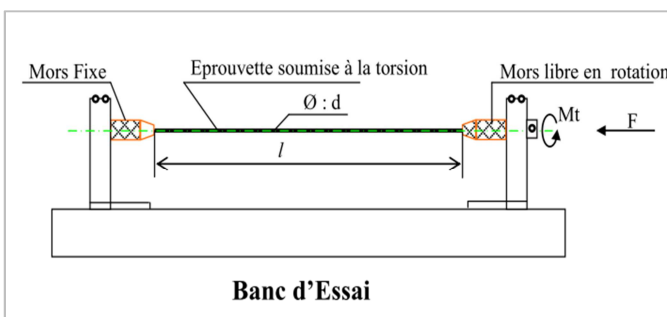
- Relation moment de torsion M_t et angle de torsion ρ**
- On se propose de mesurer expérimentalement cet angle de torsion (ρ), et de le déterminer théoriquement puis faire une identification entre les deux résultats ($\rho_{th} = \rho_{exp}$) puis extraire la valeur de (G) tel que :

$$\hat{\varphi} = \frac{M_t \cdot l}{G \cdot I_p} \Rightarrow \varphi^\circ = \frac{180}{\pi} \frac{M_t \cdot l}{G \cdot I_p}$$

- G : Module de cisaillement (appelé aussi module d'élasticité transversal).
- E: module d'Young (appelé aussi module d'élasticité longitudinal).
- L= longueur de la poutre.
- I_p = moment d'inertie polaire avec $I_p = \frac{\pi \cdot d^4}{32}$ [mm^4]

4. Matériels utilisés

- Banc d'essai de Torsion.
- Différents types d'éprouvettes.
- Comparateur pour mesurer les déplacements.
- Règle.
- Pied à coulisse.



- Sous l'effet de la force (P) le levier tourne autour de point (O) et imprime en (A) un déplacement curviligne assimilé au déplacement rectiligne vertical (y) mesuré par le comparateur tel que :

$$\hat{\varphi} \cong \text{tg} \hat{\varphi} = \frac{y}{b}$$

5. Mode opératoire

- Les essais se feront sur un banc de torsion,
- Les essais sont effectués sur :
 - 04 éprouvettes (Acier, cuivre, bronze, aluminium).
 - 04 éprouvettes de diamètres différents.
 - 04 éprouvettes de longueurs différentes.
- Placez l'éprouvette dans le banc.
- Placez la masse dans la position indiquée.
- La lecture du déplacement (y) se fait directement sur le comparateur associé au banc.
- Remplissez les tableaux comme suit ; sachant que $\rho = y/b$.

Diamètres (mm)	Y [mm]	ρ [°]

Longueurs (mm)	Y [mm]	ρ [°]

Matière	Y [mm]	ρ [°]	G_{pratique} [N/mm ²]	$G_{\text{théorique}}$ [N/mm ²]
Al				26950
Cu				48000
Acier				80850
Bronze				38500

6. Travail demandé

- Tracer les courbes : $\rho=f(G_p)$, $\rho=f(G_{th})$, $\rho=f(d)$ et $\rho=f(l)$.
- Comparer vos résultats expérimentaux avec ceux théoriques.
- commenter les écarts.
- Vérifier la Condition de résistance du matériau.
- Conclusion sur la résistance des différents matériaux.

TP3 LA FLEXION

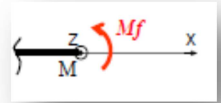


1. Introduction

Les efforts qui s'exercent sur une section droite ont tendance à faire tourner la section autour de l'axe z.

Dans une section droite : le moment de flexion $M_f \neq 0$

Tous les autres éléments de réduction sont nuls



2. But de l'essai :

- Comprendre le phénomène de Flexion;
- Déterminer expérimentalement la flèche maximale pour différents types de poutres.
- Déduire le module d'élasticité E.
- Comparer les résultats expérimentaux à ceux théoriques.
- Étudier l'influence de la longueur, la largeur, l'épaisseur des barres et leurs matériaux sur la flèche maximale.

3. Partie théorique

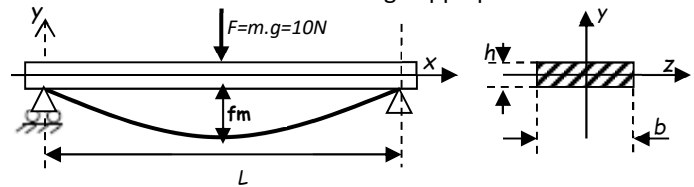
L'essai de flexion s'effectue par l'enregistrement de la flèche maximale en fonction d'une charge appliquée F.

$$f_m = \frac{F.l^3}{48.E.I_z} \quad \text{Avec} \quad I_z = \frac{b.h^3}{12}$$

L : distance mesurée entre les appuis

F : force appliquée au centre la poutre

f_m : flèche maximale



4. Matériels utilisés

- Banc d'essai de Flexion (c'est celui de torsion)
- 04 Éprouvettes rectangulaire (acier, Bronze, Cuivre, Aluminium) de même sections et longueurs.
- 05 Éprouvettes rectangulaire en Aluminium de différentes **largeurs**.
- 04 Éprouvettes rectangulaire en Aluminium de différentes **Hauteurs**.
- 04 Éprouvettes rectangulaire en Aluminium de différentes **longueurs**.
- Comparateur pour mesurer le déplacement
- Règle

5. Mode opératoire

1. Placez l'éprouvette dans le banc
2. Placez la masse dans la position indiquée.
3. La lecture de la flèche se fait directement sur le comparateur associé au banc.

6. Travail demandé

1. Remplissez les tableaux suite à vos manipulations;

Matériau	f_m [mm]	E_p [N/mm ²]	E_{th} [N/mm ²]	$1/E_{th}$ [N/mm ²]
Aluminium			70000	
Cuivre			125000	
Acier			210000	
Bronze			80000	

Largeur b [mm]	10 [mm]	15 [mm]	20 [mm]	25 [mm]	30 [mm]
1/b					
f_m [mm]					

Épaisseur h [mm]	4 [mm]	5 [mm]	6 [mm]	8 [mm]
$1/h^3$				
f_m [mm]				

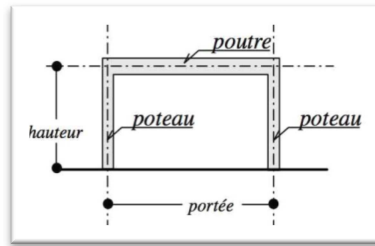
Longueur L [mm]	20 [cm]	30 [cm]	40 [cm]	50 [cm]
f_m [mm]				

2. Tracez les courbes $f_m = f(1/E_{th})$, $f_m = f(1/b)$, $f_m = f(1/h^3)$, $f_m = f(L)$.
3. Déterminer théoriquement E.
4. Prenez une barre d'aluminium et chargez-la avec une masse de 2Kg et posez là suivant les deux côtés, mesurez f_m pour les deux cas. Commentez.
5. Comparer vos résultats avec les calculs théoriques.
6. Commentez et interprétez vos résultats.

TP N°4 LES PORTIQUES ISOSTATIQUES ET HYPERSTATIQUES



La présente fiche s'intéresse à l'étude de portiques. De nombreux exemples de portiques en béton armé ou précontraint témoignent des larges possibilités du béton pour répondre à ce principe structurel. Un Portique est un élément de construction rigide, composé de deux poteaux et d'une poutre en bois, en acier ou en béton armé, et destiné à supporter une charge au-dessus de la portée de la poutre. Sa fonction structurelle est de porter les charges qui s'appliquent sur lui en les déviant vers ses fondations.



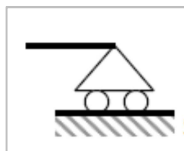
1 But du TP

1. Faire les montages de portiques ; un isostatique et l'autre hyperstatique.
2. Différencier entre les différents types d'appuis qui existent.
3. Déterminer les déplacements horizontaux et verticaux pour les deux cas.
4. Comparer les résultats trouvés pour les deux cas de figure.

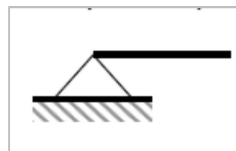
2 Partie théorique

• Les différents types d'appuis (ou liaisons)

- Un système matériel est au contact d'autres solides (le sol, un massif de fondations, des piles de pont, etc.) par l'intermédiaire de liaisons.
- Les appuis sont des obstacles, empêchant ou limitant la liberté de mouvement du système matériel en ces endroits.
- Tout mouvement entravé par la liaison entraîne l'apparition d'une réaction d'appui (ou action de liaison) dans la direction du mouvement bloqué.



Appui simple



Appui double



Encastrement

3 Isostatisme, Hyperstatisme

- Considérons une structure plane, soumise à un chargement extérieur. Cette structure a des appuis qui ont au total r composantes de réactions à déterminer.
- La structure étant plane, on dispose de 3 équations pour écrire l'équilibre global de la structure et donc déterminer les réactions d'appuis.
- Notons $n = r - 3$.
- Si $n = 0$ alors la structure est dite **isostatique**, l'écriture des équations de la statique suffit seule à déterminer les réactions d'appuis.
- Si $n > 0$, la structure est dite **hyperstatique** d'ordre n ; l'écriture des équations d'équilibre ne suffit pas seule à déterminer les réactions d'appuis. Il faudra écrire d'autres équations.
- Si $n < 0$, la structure est un mécanisme, elle n'est pas stable.

4 Matériels utilisés :

1. Portique d'essai.
2. 3 types de liaisons (appui double, appui simple, encastrement).
3. Jeux de poids pour la mise en charge avec les poulies.
4. Comparateurs.

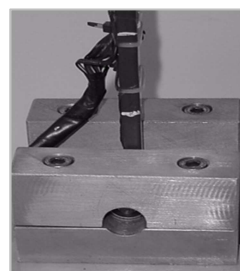


Fig. 1 : Liaison double

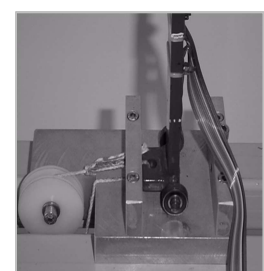


Fig. 2 : Liaison appui simple

5 Partie expérimentale

5.1 Étude du portique ISOSTATIQUE :

1. Mettre en place un portique isostatique.
2. Effectuez la mise à zéro du comparateur.
3. Deux types de chargements différents ont été testés, et pouvant être modélisés par des forces concentrées :
 - Un effort horizontal appliqué à l'extrémité gauche de la barre transversale (schématisé sur la Figure 1),
 - Un effort vertical appliqué au centre de la barre transversale (schématisé sur la Figure 2).
4. Appliquez une charge Verticale de **20 N**.
5. Appliquez une charge horizontale de **20 N** (modélisation de l'action d'une charge de vent).

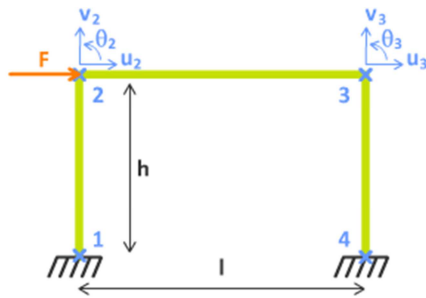


Figure 1 : Cas de chargement 1

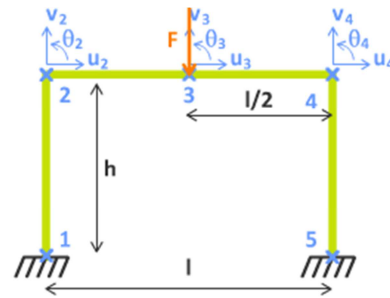


Figure 2 : Cas de chargement 2

6. Mesurez le déplacement horizontal au niveau de l'appui simple à l'aide du comparateur.
7. Déterminez expérimentalement la charge de vent qui provoque le basculement du portique. Pour cela appliquer une charge horizontale de **15 N** au sommet du poteau lié à l'articulation puis augmenter progressivement cette charge jusqu'à obtenir le basculement du portique.
8. Proposer une solution pour éviter le basculement du portique sous l'effet du vent.

5.2 Étude du portique HYPERSTATIQUE

1. mettez en place un portique avec 2 appuis (de votre choix) afin d'obtenir un système hyperstatique.
2. Quel est son degré d'hyperstaticité ?
3. Reprendre les étapes 2 à 7 du portique isostatique.

6 Conclusion

1. Quels sont les avantages et les inconvénients d'une structure hyperstatique ?
2. Quelle est la différence entre les deux cas de portiques ?
3. Calculez les déplacements aux points 2 et 3 ?
4. Comparer entre les résultats théoriques (que vous chercheriez vous-même) et ceux expérimentaux,
5. À quoi servent les appuis ?