

1) PREAMBULE

L'étude de la résistance des matériaux (RDM) sert à modéliser la déformation des pièces en fonction de la façon dont elles sont sollicitées.

On cherchera à déterminer, pour une pièce donnée soumise à une ou plusieurs sollicitations :

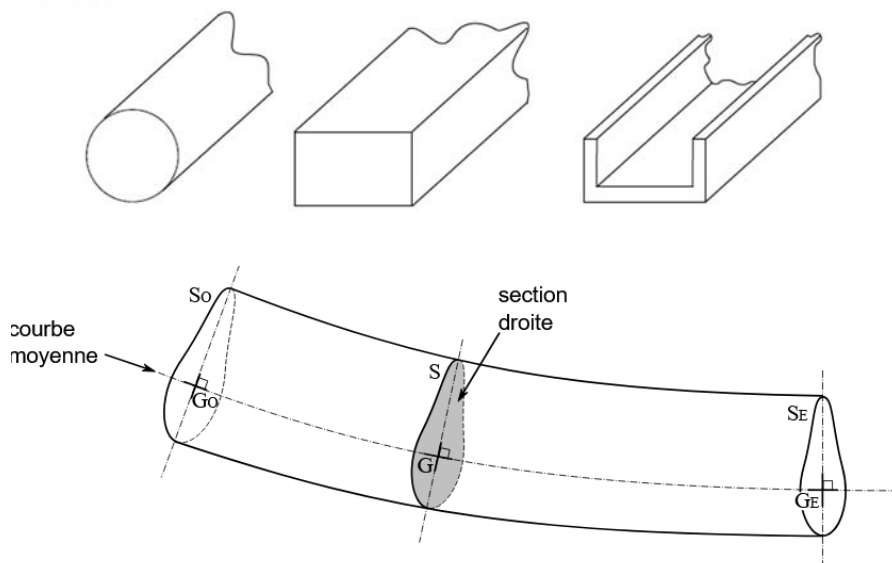
- ✓
- ✓
- ✓

2) Modèle et hypothèses

La RDM utilise un modèle tout à fait particulier, et ne s'applique donc pas à tous les cas :

Le modèle poutre : Une poutre, d'un point de vue mécanique, est une pièce dont la section ne varie pas ou très peu le long de sa direction principale. Une poutre est en règle générale un profilé dont la section droite est de faible dimension par rapport à la longueur.

Exemples :



Le matériau : Pour utiliser les formules de RDM, le matériau sera considéré comme :

- ✓ (le matériau reprend sa forme initiale après un cycle chargement déchargement),
- ✓ (les contraintes sont proportionnelles aux déformations),
- ✓ (le matériau est de même nature dans toute sa masse : ex : pas du gruyère),
- ✓ (les propriétés du matériau sont identiques dans toutes les directions : acier, plastique, bois)

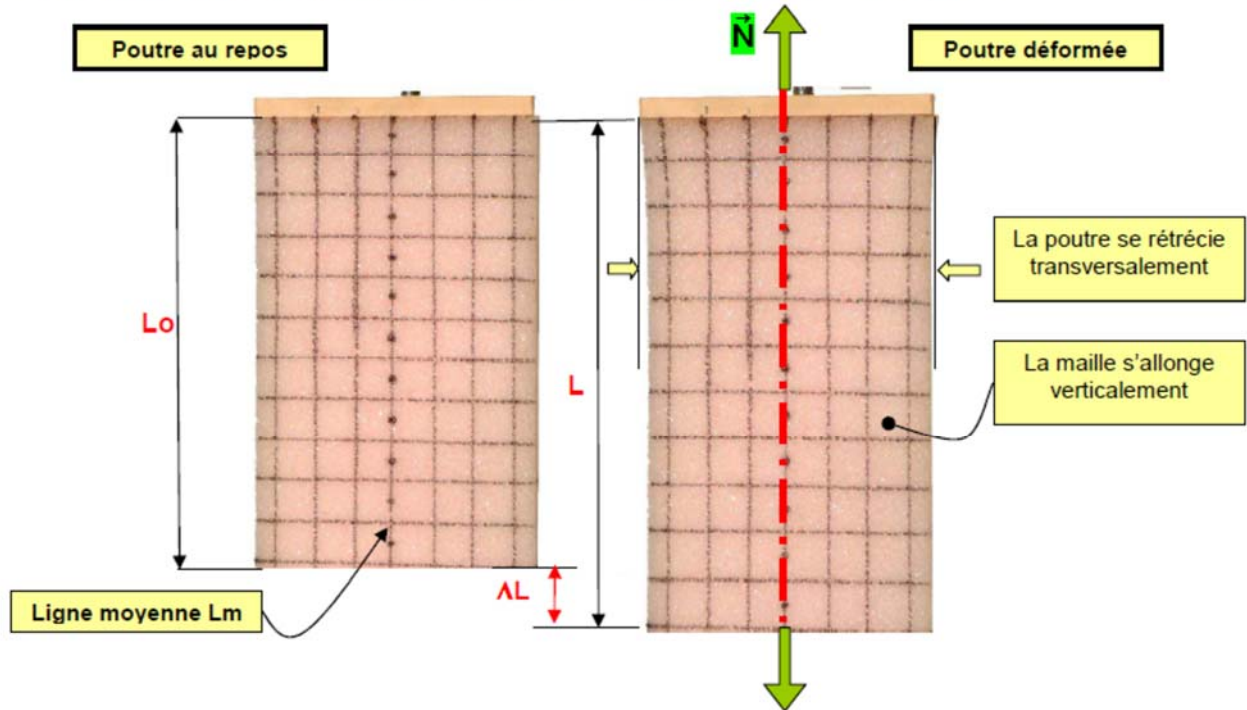
Remarque : si le modèle poutre n'est pas compatible avec la forme réelle de la pièce, il est nécessaire de passer par des calculs par éléments finis (Simulation sous SolidWorks par exemple)

3) LES DIFFERENTES SOLLICITATIONS

Traction

Une poutre est sollicitée en traction lorsque les actions aux extrémités se réduisent à deux forces égales et opposées, portées par la ligne moyenne L_m .

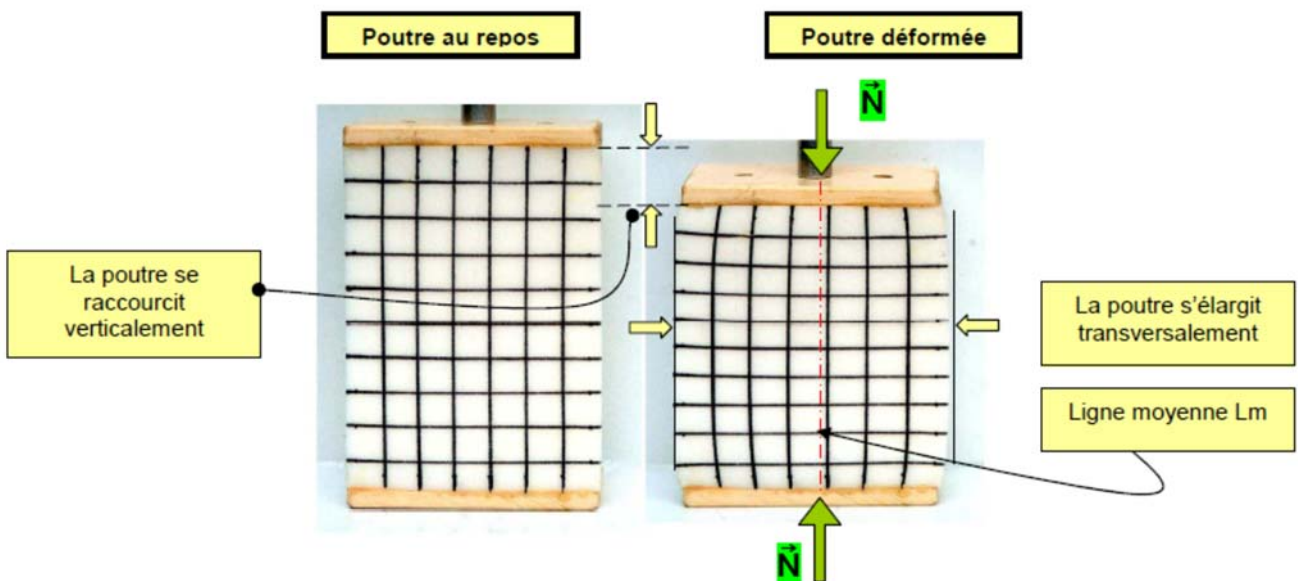
L'effort qui sollicite la poutre est appelé *effort normal*, il est noté N . Quelle que soit la section considérée de la poutre, il s'exerce toujours N au barycentre G de la section. Cet effort a tendance à étirer la poutre.



Compression

Une poutre est sollicitée à la **compression** lorsque les actions aux extrémités se réduisent à deux forces égales et opposées, portées par la ligne moyenne L_m .

L'effort qui sollicite la poutre est appelé *effort normal*, il est noté N . Quelle que soit la section considérée de la poutre, il s'exerce toujours au barycentre G de la section. Cet effort a tendance à **raccourcir** la poutre.



La **contrainte normale (σ)** représente la densité surfacique des efforts à travers une section donnée :

	<ul style="list-style-type: none"> - σ : contrainte normale (Mpa ou N/mm²) - N : effort normal (Newton (N)) - S : surface (mm²)
--	--

La **déformation (ε)** est l'allongement relatif d'un élément par rapport à sa longueur initiale

	<ul style="list-style-type: none"> - ε : déformation (sans unité) - L_0 : longueur initiale de la poutre (mm) - L_f : longueur de la poutre après déformation (mm)
--	--

Loi de Hooke de comportement élastique, dans la zone élastique seulement :

	<ul style="list-style-type: none"> - σ : contrainte normale (Mpa ou N/mm²) - E : module d'Young ou d'élasticité longitudinale du matériau (Mpa ou Gpa). Exemple : $E_{\text{acier}} = 200 \text{ GPa}$ - ε : déformation (sans unité)
--	---

Condition de résistance

La contrainte maximale dans la poutre σ_{max} doit rester inférieure à la limite élastique du matériau « Re » divisée par la coefficient de sécurité « cs »

	<ul style="list-style-type: none"> - Re : limite élastique (Mpa) - Cs : coefficient de sécurité : <ul style="list-style-type: none"> o Entre 1.5 et 10 en construction mécanique o Supérieur à 10 en génie civil
--	---

Remarque : si la condition de résistance n'est pas vérifiée, l'élément peut se déformer de façon permanente, voire se rompre si la limite de rupture R_r est atteinte

limite élastique de certains matériaux	Coefficient de sécurité	
<p>carburés métalliques $E = 55\,000 \text{ daN.mm}^{-2}$ tungstène $E = 42\,000 \text{ daN.mm}^{-2}$ aciers 17 000 à 28 000 daN.mm^{-2} aciers de construction 20 000 à 22 000 cuivre 12 600 daN.mm^{-2} titane 10 500 daN.mm^{-2} bronze 10 000 à 12 000 daN.mm^{-2} fonte 10 000 daN.mm^{-2} laiton 9 200 daN.mm^{-2} zinc 8 000 daN.mm^{-2} alliage d'aluminium 7 000 à 7 500 daN.mm^{-2} verre 7 000 à 7 500 daN.mm^{-2} magnésium 4 500 daN.mm^{-2} étain 4 000 daN.mm^{-2} béton 2 000 daN.mm^{-2} bois 1 000 à 3 000 daN.mm^{-2} cuir 25 daN.mm^{-2} caoutchouc 0,75 daN.mm^{-2} élastomère 0,3 daN.mm^{-2}</p>	Coefficient de sécurité (s)	Conditions générale de calculs (sauf réglementation particulière)
	1,5 à 2	Cas exceptionnels de grande légèreté. Hypothèse de charges surévaluées.
	2 à 3	Construction où l'on cherche la légèreté (aviation). Hypothèse de calcul la plus défavorable (charpente avec vent ou neige, engrenages avec une seule dent en prise...).
	3 à 4	Bonne construction, calculs soignés, haubans fixes.
	4 à 5	Construction courante (légers efforts dynamiques non pris en compte. Treuils.)
	5 à 8	Calculs sommaires, efforts difficiles à évaluer (cas de chocs, mouvements alternatifs, appareils de levage, manutention).
	8 à 10	Matériaux non homogènes. Chocs, élingue de levage.
	10 à 15	Chocs très importants, très mal connus (presse). Ascenseurs.


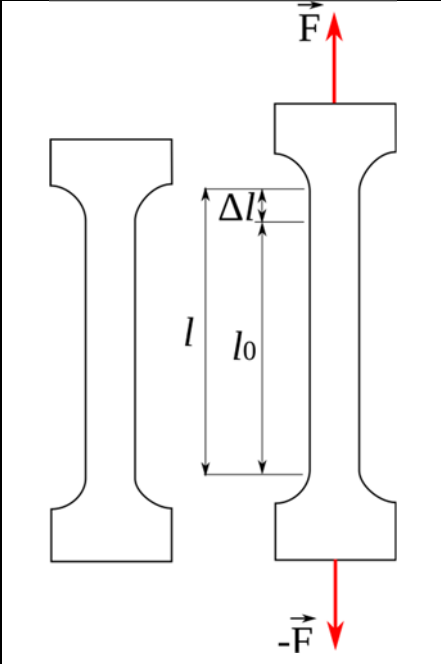
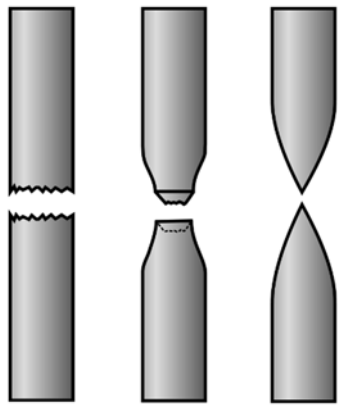
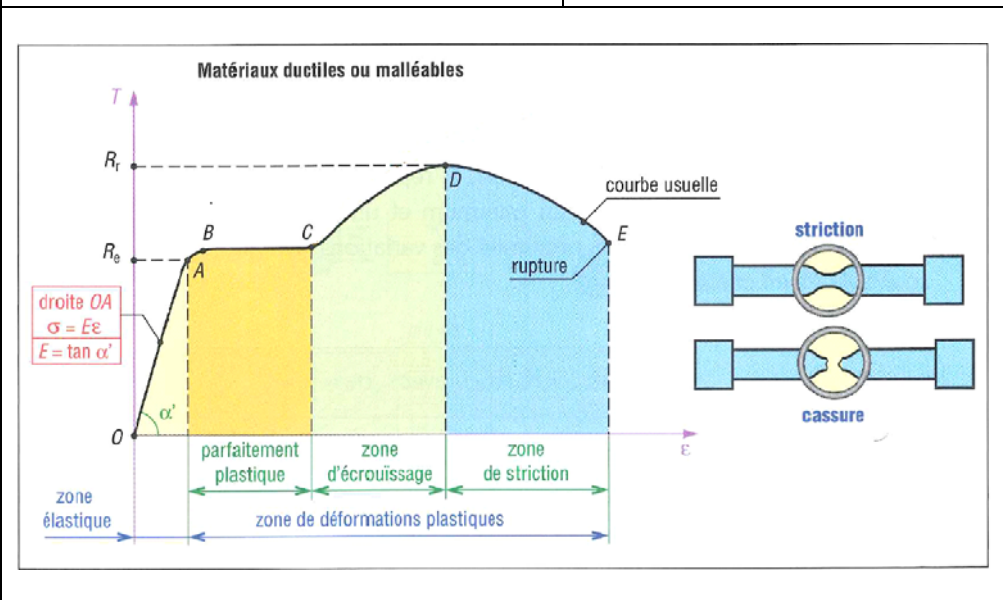
$$1 \text{ daN.mm}^{-2} = 10 \text{ Mpa}$$

Essai de traction

Essai permettant de définir les caractéristiques suivantes des matériaux

Grandeur	Nom	Qualité(s), Propriétés	Comportement
E , GPa	Module de Young	Rigidité-Souplesse : rigide si E est élevé, souple si E est faible.	Élasticité
R_e MPa	Limite d'élasticité	Dureté : dur si R_e est élevé, mou si R_e est faible.	Élasto-plasticité
R_m MPa	Résistance (contrainte à la rupture)	Résistance : résistant si R_m est élevé.	Élasto-plasticité
ε	Allongement (déformation, allongement relatif à rupture)	Ductilité, malléabilité, fragilité : <ul style="list-style-type: none"> - fragile si ε est faible ; - ductile, malléable si ε est élevé 	Élasto-plasticité

Méthode

		 <p>(a) fragile, (b) ductile et (c) complètement ductile.</p>
 <p>Matériaux ductiles ou malléables</p> <p>droite OA $\sigma = E\varepsilon$ $E = \tan \alpha'$</p> <p>zone élastique</p> <p>zone de déformations plastiques</p> <p>parfaitement plastique</p> <p>zone d'écrouissage</p> <p>zone de striction</p> <p>rupture</p> <p>courbe usuelle</p> <p>striction</p> <p>cassure</p>		<p>Ecrouissage : durcissement du matériau (métal) sous l'effet de sa déformation plastique.</p> <p>Striction : la déformation plastique se localise dans une petite portion de l'éprouvette et n'est plus homogène, c'est la striction on aboutit à la rupture en D.</p>