

LA RESISTANCE DES MATERIAUX GENERALITES

I. Introduction:

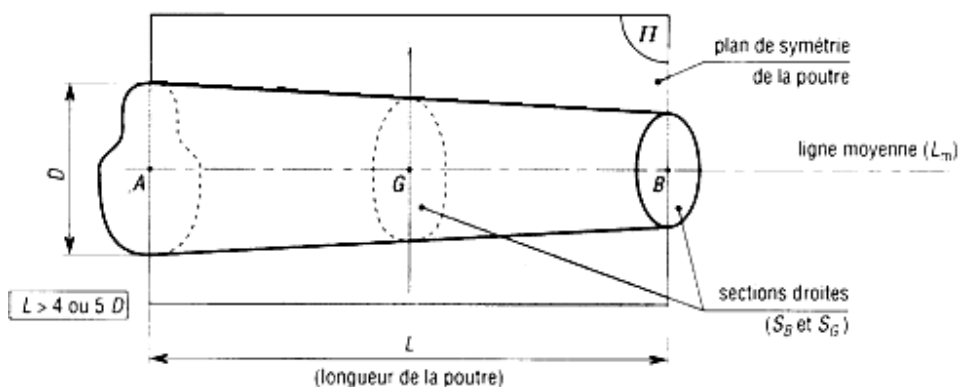
La **résistance des matériaux**, en abrégé RDM, est une discipline particulière de la mécanique des milieux continus permettant le calcul des contraintes et déformations dans les structures (machines, génie mécanique, bâtiment et génie civil).

La RDM permet de ramener l'étude du **comportement global d'une structure** (relation entre *sollicitations* — forces ou couples — et déplacements) à celle du **comportement local** des matériaux *la composant* (relation entre contraintes et déformations). L'objectif est de concevoir la structure suivant des critères de résistance, de déformation admissible et de coût financier acceptable.

Lorsque l'intensité de la contrainte augmente, il y a d'abord **déformation élastique** (le matériau reprend sa forme initiale lorsque la sollicitation disparaît), puis **déformation plastique** (le matériau ne reprend pas sa forme initiale lorsque la sollicitation disparaît, il subsiste une déformation résiduelle), et enfin **rupture** (la sollicitation dépasse la résistance intrinsèque du matériau).

II. Notion de poutre:

On appellera **poutre** toute pièce mécanique sur laquelle des calculs de résistance des matériaux pourront être effectués et qui répond aux critères suivants:



Une poutre est un **solide long** par rapport aux dimensions des sections droites. ($L > 10D$ pour avoir un résultat précis...).

La **Ligne moyenne ou fibre neutre** est le lieu des centres de gravité de toutes les sections droites du solide (A, G, B,...)

La poutre doit comporter un **plan de symétrie longitudinal** noté (π).

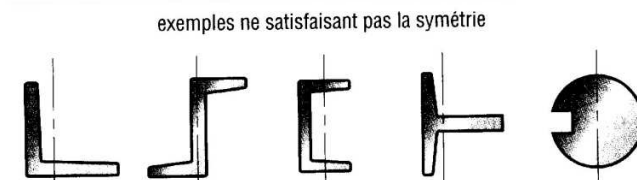
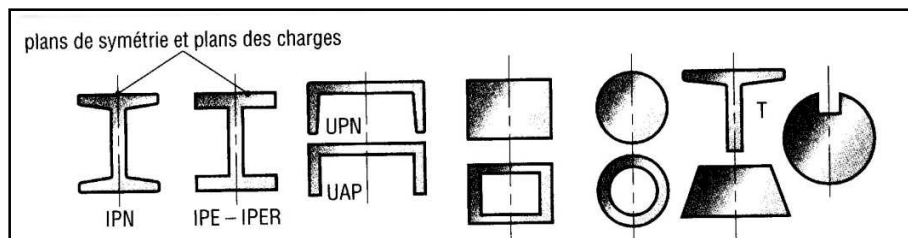
Lorsque la ligne moyenne est une droite, la poutre est dite rectiligne ou droite.

Les sections droites (S) doivent **rester constantes ou ne varier que progressivement** entre A et B (pas de variation brusque de section).

REMARQUE: La fibre neutre est la seule à ne pas subir de variation de longueur après déformation.

Une poutre droite sollicitée uniquement en traction ou en compression est appelée barre.

Exemples de poutres



III. Hypothèses générales

3.1- Hypothèses sur les matériaux:

L'homogénéité : on admet que les matériaux ont les mêmes propriétés mécaniques en tous points (matériaux parfaits sans défauts).

L'Isotropie : on admet que les matériaux ont, en un même point, le même comportement dans toutes les directions (valable uniquement pour les matériaux non fibrés: hypothèse non valable pour le bois par exemple...).

3.2- Hypothèses sur les forces extérieures:

Plan de symétrie : Toutes les forces extérieures sont contenues dans le *plan de symétrie* de la poutre ou alors disposées symétriquement par rapport à ce plan.

Types d'actions mécaniques extérieures: Deux types d'actions mécaniques peuvent s'exercer sur la poutre:

- Charges concentrées : forces ou moments
- Charges réparties.

3.3- Hypothèses sur les déformations:

Hypothèse de Navier et Bernoulli: Les sections planes et perpendiculaires à la ligne moyenne (section droite) avant déformation, restent planes et perpendiculaires à la ligne moyenne après déformations.

Amplitude des déformations: On se place toujours dans le cas de petites déformations (les déformations restent faibles par rapport aux dimensions de la poutre). On peut donc admettre que les forces extérieures conservent une *direction fixe* avant et après déformation.

Sollicitations

Sollicitations élémentaires

Type	Commentaire	Exemple
Traction	Allongement longitudinal, on <i>tire</i> de chaque côté	barre de remorquage
Compression	Raccourcissement, on <i>appuie</i> de chaque côté	poteau supportant un plancher
Cisaillement	Glissement relatif des sections	goujon de fixation
Torsion	Rotation par glissement relatif des sections droites	arbre de transmission d'un moteur
Flexion simple	Fléchissement sans allongement des fibres contenues dans le plan moyen	planche de plongeur
Flexion pure ou circulaire	Fléchissement sans effort tranchant dans certaines zones	partie de poutre entre deux charges concentrées

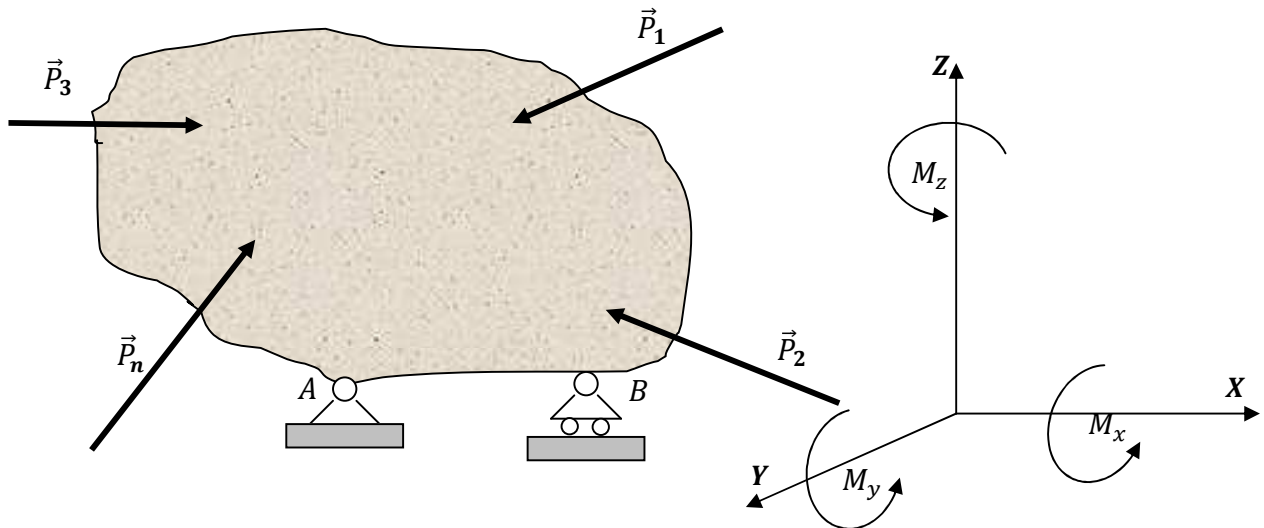
La terminologie employée suivant la grandeur étudiée dépend du point de vue par rapport à la pièce étudiée.

grandeur	point de vue extérieur	point de vue intérieur
mécanique	efforts	contraintes
géométrique	déplacements	déformations

Les efforts (ou chargement) regroupent les forces [N , kN ou MN] et les moments [Nm , kNm ou MNm]. Les déplacements sont l'ensemble des translations [unités de longueur compatibles avec celles utilisées pour les moments] et des rotations [rad].

IV) Premier principe fondamental ou principe d'équilibre:

Soit un solide S soumis à un chargement extérieur quelconque, force à distance ou de contact. Les diverses parties d'une construction sont liées entre elles ou s'appuient sur le sol:



Pour l'étudier, il est nécessaire de connaître les forces extérieures qui le sollicitent.

Ces forces comprennent:

- Les charges directement appliquées $\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3, \dots, \vec{P}_n$ qui sont connues.
- Les réactions aux appuis \vec{R}_1, \vec{R}_2 qui sont inconnues.

Ces réactions font équilibre aux charges directement appliquées.

Cette condition se traduit par les équations générales d'équilibre du corps solide.

A) La résultante générale (ou la somme géométrique) des forces appliquées soit nulle, ceci se traduit par les 3 équations algébriques suivantes:

$$\begin{aligned} - \sum F_{ext/x} &= 0 \\ - \sum F_{ext/y} &= 0 \\ - \sum F_{ext/z} &= 0 \end{aligned}$$

B) Le moment résultant par rapport à un axe quelconque des forces appliquées est nul, ceci se traduit par les 3 équations algébriques suivantes:

$$\begin{aligned} - \sum MF_{ext/x} &= 0 \\ - \sum MF_{ext/y} &= 0 \\ - \sum MF_{ext/z} &= 0 \end{aligned}$$

Ces équations sont suffisantes pour déterminer les réactions aux appuis.

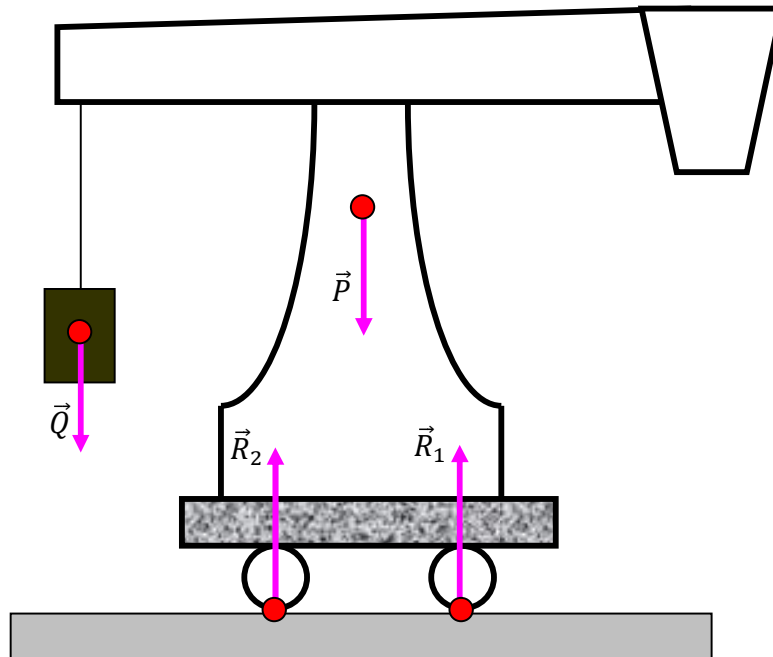
Remarque: Si le nombre d'équations est égal au nombre d'inconnues, la structure est alors appelée **Isostatique**.

Parfois, il est nécessaire pour calculer les réactions aux appuis de tenir compte d'autres considérations que nous verrons par la suite. La structure est alors appelée **Hyperstatique**.

V) Second principe fondamentale ou principe de la coupe:

- **Forces extérieures:** On appelle forces extérieures l'ensemble des forces appliquées à une pièce considérée. Celles-ci sont classées en deux catégories:
 - **Forces volumiques:** réparties dans le volume du corps et appliquées à chacune de ses particules (Forces de pesanteur, forces d'inertie, force d'attraction magnétique,etc.).
 - **Forces superficielle:** appliquées aux éléments de surfaces considérées avec les corps avoisinants. Elles se classent en deux catégories:
 - a) Les forces directement appliquées * Forces actives *
 - b) Les réactions de liaisons formant avec les forces données un système en équilibre.

Exemple:

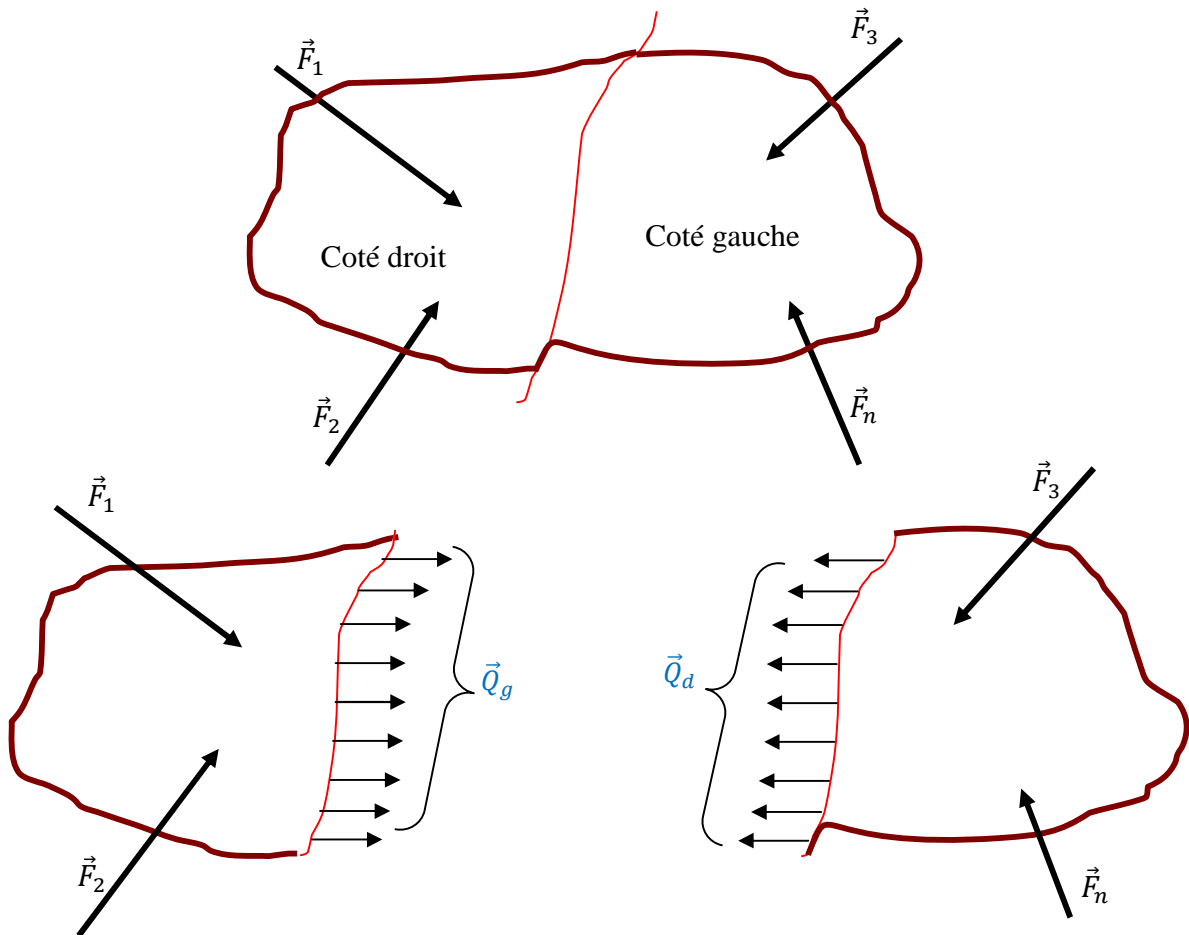


Système de forces extérieures:

- Le poids de la charge Q
- Le poids de la construction
- Les réactions aux appuis

Forces intérieures: Entre les particules avoisinantes de n'importe quel corps existent des forces d'interaction qui tend à maintenir le corps comme un tout entier en s'opposant à tout ce qu'est susceptible de déformer le corps (Se sont les forces intérieures).

Comment arriver à connaître les forces intérieures, alors que la mécanique rationnelle ne fournit que des énoncés sur les forces extérieures et des moments. Il faut Transformer les forces intérieures et moments en forces extérieures et moments. (C'est le **principe de la coupe**)



Principe de la coupe: Dans tout solide en équilibre sous l'action des forces extérieures:

- 1) Les forces intérieures qui s'exercent de part et d'autre de la section idéale quelconque se font équilibre.

$$\vec{Q}_g = \vec{Q}_d$$

- 2) Les forces intérieures évoquées d'un coté de la section font équilibre à toutes les forces extérieures appliquées et les moments depuis la section de coupe jusqu'à l'extrémité opposée du corps considéré.

$$\vec{Q}_g = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

- 3- Elles sont statiquement équivalentes à l'ensemble des forces et des moments extérieurs appliquées du même coté de la section.

$$\vec{Q}_g = \vec{Q}_d = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}_3 + \vec{F}_n$$

VI) Liaisons: On distingue deux types de corps (libre et lié)

Les corps libres peuvent se mouvoir dans toutes les directions, par contre les corps liés ne peuvent se mouvoir que dans les directions définies.

Définition: On appelle liaison toute cause s'opposant ou limitant le déplacement du corps.

- Réaction:** La réaction est la force avec laquelle une liaison agit sur le corps limitant son déplacement. Elle est dirigée dans le sens opposé à celui dans lequel la liaison limite le déplacement du corps.
- Axiome des liaisons:** Tout corps lié peut être considéré comme libre si on substitue aux liaisons leurs réactions.
- Exemples de types de liaisons:**

