

# Chapitre 1

## Introduction et Généralités

### 1.1. Introduction

La RDM est une science qui traite les méthodes permettant le calcul de la résistance, la rigidité et la stabilité d'un ouvrage ou mécanisme (construction).

La résistance d'une construction ou de l'un de ses éléments est sa capacité de s'opposer à l'action destructrice des charges auxquelles elle est soumise.

La rigidité est la capacité à l'action déformatrice des charges.

La stabilité d'un ouvrage ou d'un corps solide est sa capacité de conserver une forme initiale donnée, correspondant à l'état d'équilibre élastique.

La vérification des critères ci-dessus d'une structure quelconque nécessite :

- Un choix judicieux de la matière (ou des matières constituant la structure)
- Donner aux éléments de la structure les forces et les dimensions adéquates.

### 1.2. Hypothèses de la RDM

Elle se base sur un ensemble d'hypothèses dont les principales sont :

- 1- La matière d'un corps est de **structure continue** : on suppose que le matériau remplit entièrement le volume qu'il occupe. (la théorie atomistique de la matière n'est pas prise en considération).
- 2- Les matériaux des corps étudiés en RDM sont **homogènes** et **isotropes** :  
On admet que les propriétés des matériaux sont identiques dans tous les points et en tout point et le restent dans toutes les directions.
- 3- Tous les corps sont supposés élastiques (après déformation l'élément revient à son état initial)
- 4- La loi de Hooke qui établit une relation directement proportionnelle entre les déformations et les sollicitations reste valable pour la majorité des matériaux (on parle de la linéarité du matériau).
- 5- Les déformations d'un corps sont petites par comparaison avec ses dimensions.
- 6- Le résultat de l'action d'un système de charge sur un corps est égal à la somme des actions de ces mêmes charges appliquées séparément dans un ordre quelconque (principe de superposition)
- 7- Les sections droites planes avant déformation restent droites et planes après déformation (principe de Bernoulli).

### 1.3. Classification des solides

Les solides étudiés en RDM peuvent être :

- Des barres ou poutres : tout corps dont l'une des dimension (la longueur) est beaucoup plus importante que les autres dimensions .Elles peuvent être droite ou courbés leurs sections droites peuvent avoir plusieurs formes : prismatique, curviligne à grand rayon de courbure (voir figure 1.1)

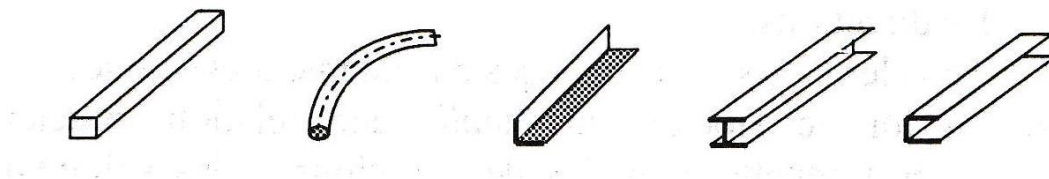


Figure 1.1 : Différents types de poutres

- Des plaques : tout corps délimités par deux surfaces planes séparées par une distance faible par rapport aux autres dimensions. (figure 1.2)

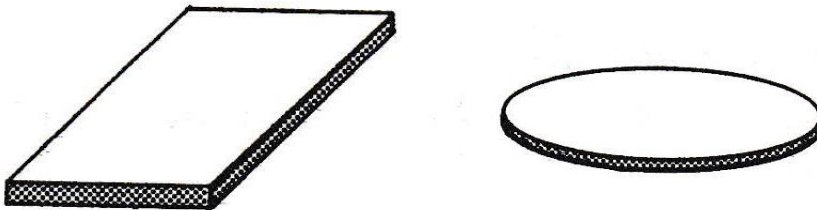


Figure 1.2 : plaques prismatique et circulaire

- Une enveloppe : Tout corps délimité par deux surfaces curvilignes séparées par une distance faible par rapport aux autres dimensions on trouve les enveloppe à paroi mince ou épaisse (coquille, réservoir, citernes...) (figure 1.3)

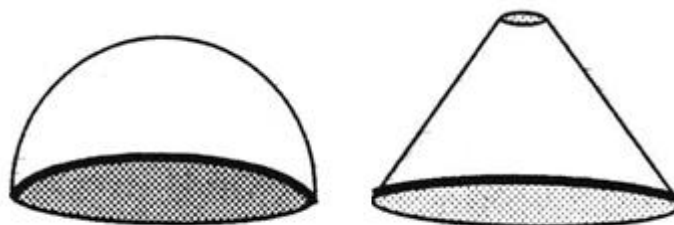


Figure 1.3 : Enveloppes sphérique et conique

- Corps massif : Tout corps dont les dimensions sont du même ordre.

## 1.4. Action mécanique, Force

### 1.4.1. Action mécanique

On appelle action mécanique toute cause susceptible de maintenir un corps au repos, de créer ou de modifier un mouvement ou encore de créer une déformation.

### 1.4.2. Force

On appelle force, l'action mécanique qui s'exerce entre deux particules élémentaires, pas forcément en contact. Une force est toujours appliquée en un point, elle est modélisable par l'ensemble d'un point et d'un vecteur (glisseur):  $(\vec{P}, \vec{F})$ . L'intensité de  $|\vec{F}|$ , en Newtons (N).

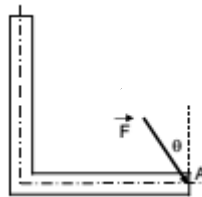


Figure 1.4 :schematisation d'une force

### 1.4.3. Résultante de forces

Il est toujours possible de remplacer un système de forces  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots$  par une force unique qui a les mêmes effets. Elle s'appelle résultante et s'exprime

Mathématiquement par:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \dots$$

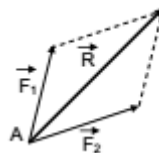


Figure 1.5:Résultante de deux forces

### Exemple

La résultante  $\vec{R}$  est obtenue en grandeur et direction en formant le

Polygone de deux forces. La résultante  $\vec{R}$  des forces  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots$  est représentée sur la figure 1.6

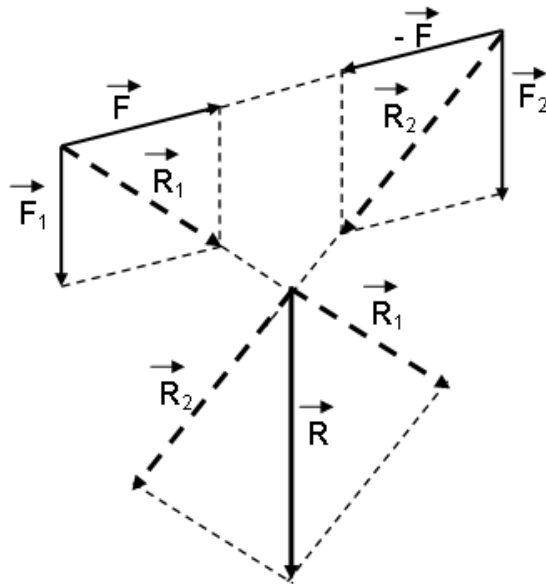
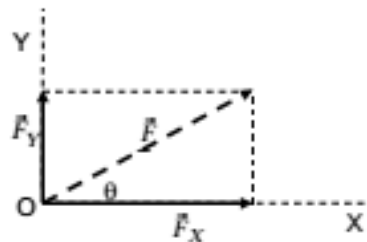


Figure1.6: Résultante de plusieurs forces

#### 1.4.4. Composantes d'une force

Dans la plus part des problèmes, il est avantageux de décomposer une force  $\vec{F}$  en deux composantes  $F_X$  et  $F_Y$  suivant deux axes perpendiculaires entre eux (Fig. 1.4). A partir de la figure 1.4, il est évident que

$$F_X = F \cdot \cos\theta ; \quad F_Y = F \cdot \sin\theta$$



$$\theta = \text{Arctg}(F_Y / F_X)$$

$$F = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2}$$

Figure1.7:composantes d'une force

#### 1.5. Notion de Moment

En plus de la possibilité de provoquer un mouvement de translation, une force peut aussi faire tourner un corps rigide autour d'un axe non parallèle à sa ligne d'action et ne l'interceptant pas. Cette possibilité de faire tourner un corps rigide est identique à l'action d'un moment de cette force par rapport à un axe donné.

### 1.5.1. Moment d'une force par rapport à un axe

Le moment de  $\vec{F}$  par rapport à l'axe  $OO'$  (Figure 1.5) est proportionnel à l'intensité de cette force ainsi qu'à la distance ( $d$ ) qui sépare l'axe de la ligne d'action de cette force. Le moment est défini comme suit:

$$M = F \times d$$

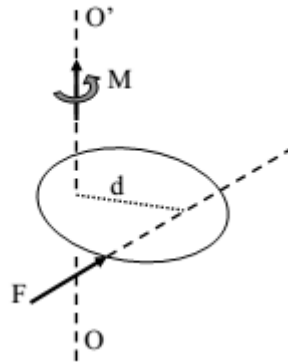
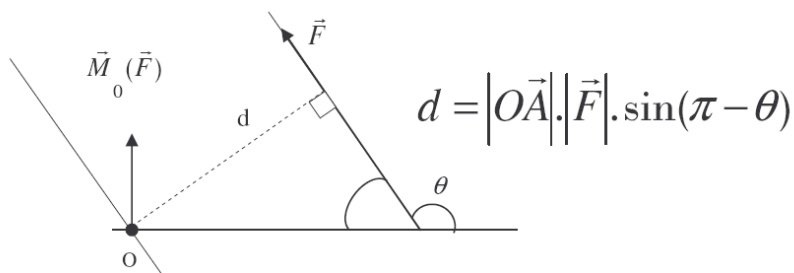


Figure 1.8: Moment d'une force par rapport à un axe

### 1.5.2 Moment par rapport au point

l'expérience montre que sous l'action d'une force, un solide peut effectuer, outre un déplacement de translation, une rotation autour d'un point l'effet de rotation produit par une force est caractérisé par son moment.

Soit une force  $\vec{F}$  appliquée en A, le moment de  $\vec{F}$  par rapport à un point o est égal



$$M_o(\vec{F}) = O\vec{A} \wedge \vec{F}$$

$$|M_o(\vec{F})| = |O\vec{A}| \cdot |\vec{F}| \cdot \sin(\theta)$$

$$|M_o(\vec{F})| = F \cdot d$$

### 1.5.3 Notion de torseur

Comme nous l'avons vu ci-dessus, la définition complète d'un effort (force) fait intervenir deux vecteurs :

- une force  $\vec{R}$  appelée résultante,
- un moment  $\vec{M}(\vec{R}) / O$  en un point O quelconque, appelé moment.

Ces deux vecteurs, appelés **éléments de réduction**, peuvent être regroupés en une seule écriture dans un nouvel outil mathématique appelé « Torseur ».

On note  $\{\tau\}$  un torseur quelconque et  $\{\tau\}_O$  ses éléments de réduction au point O.

Ainsi, le torseur est un système de vecteurs glissants; ensemble d'un vecteur  $\vec{R}$  et d'un couple de moment  $\vec{C}$  (noté  $\vec{M}$ ) dirigé suivant la ligne d'action de  $\vec{R}$  (le support de  $\vec{R}$  est l'axe central du torseur, et le rapport  $M/R$  son pas).

### ➤ **Éléments de réduction du torseur en un point A**

On appelle éléments de réduction du torseur en A:

$\vec{M}$ : Moment en A du torseur

$\vec{R}$ : Résultante du torseur (indépendante de A)

- Si un solide (S) subit un ensemble de n forces  $i \vec{F}_i$  appliquées aux points  $P_i$ , notées  $(P_i, F_i)$  de la part du milieu extérieur, cette action mécanique est modélisable par le torseur suivant:

$$\{F(ext \rightarrow S)\}_A = \left\{ \begin{array}{l} \vec{R}(ext \rightarrow S) = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i \\ \vec{M}_A(ext \rightarrow S) = \sum_{i=1}^n A\vec{P}_i \wedge \vec{F}_i \end{array} \right\}$$

### **Notations**

Dans une base directe  $(O, i, j, k)$ , on écrit:

$$\vec{R}(ext \rightarrow S) = X\vec{i} + Y\vec{j} + Z\vec{k}$$

$$\vec{M}_A(ext \rightarrow S) = L_A\vec{i} + M_A\vec{j} + N_A\vec{k}$$

Alors

$$\{F(ext \rightarrow S)\}_A = \left\{ \begin{array}{ll} X & L_0 \\ Y & M_0 \\ Z & N_0 \end{array} \right\}_{(0,\vec{i},\vec{j},\vec{k})_A}$$

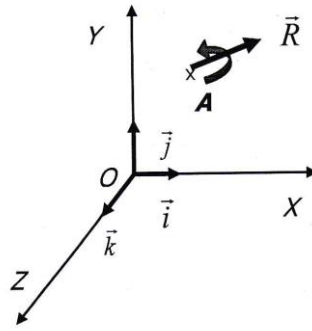


Figure 1.9: Base directe

#### 1.5.4 .Quelques propriétés des torseurs

- La somme de deux torseurs est un torseur et ses éléments de réduction sont la somme des éléments de réduction des torseurs constituant la somme:

$$\{\vec{r}\} = \{\vec{r}_1\} + \{\vec{r}_2\}$$

Alors

$$\{\vec{r}\}_o = \{\vec{r}_1\}_o + \{\vec{r}_2\}_o$$

- On appellera et on notera torseur nul :

$$\{\vec{0}\}$$

Alors

$$\{\vec{0}\}_o = \left| \begin{array}{l} \vec{R} = \vec{0} \\ \vec{M}(\vec{R})_o = \vec{0} \end{array} \right.$$

- Deux torseurs sont égaux si et seulement si ils ont le même élément de réduction.

$$\{\vec{r}_1\} = \{\vec{r}_2\}$$

Alors

$$\left| \begin{array}{l} \vec{R}_1 = \vec{R}_2 \\ \vec{M}(\vec{R}_1)_o = \vec{M}(\vec{R}_2)_o \end{array} \right.$$

- On appelle **couple** , un torseur dont la résultante est nulle et dont le moment résultant est indépendant du point de calcul.

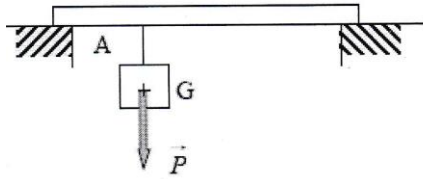
- **Torseurs et forces**

D'après ce qui vient d'être formulé on peut associer un torseur à une force et son point d'application, ou à un ensemble de forces et leurs points d'application.

Exemple 1

Exprimer les torseurs du poids P par rapport aux points GetA

Poutre.



Solution :

On a :

$$\{\vec{P}\}_G = \begin{pmatrix} \vec{P} \\ \vec{0} \end{pmatrix} \quad \text{Torseur du poids } \vec{P} \text{ par rapport au point G}$$

$$\{\vec{P}\}_A = \begin{pmatrix} \vec{P} \\ \vec{AG} \wedge \vec{P} = \vec{M}_{\vec{P}/A} \end{pmatrix} : \text{Torseur du poids par rapport au point A}$$

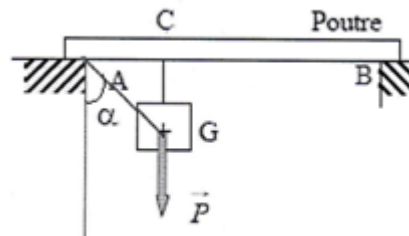
$$\|\vec{AG} \wedge \vec{P}\| = \|\vec{AG}\| \|\vec{P}\| \sin(\vec{AG}, \vec{P})$$

or

$$\|\vec{AG}\| \sin(\vec{AG}, \vec{P}) = \|\vec{AG}\| \sin(\alpha) = |AC|$$

Donc

$$\|\vec{AG} \wedge \vec{P}\| = |AC| \cdot |P|$$



## 1.6 Classification des actions mécaniques et réactions d'appui

Les actions mécaniques peuvent être des charges extérieures, des réactions d'appuis ou des forces intérieures ou de cohésion.

### 1.6.1 .les charges extérieures

#### Définition :

Les charges extérieures sont les forces d'interaction entre un corps et les corps qui lui sont en contact Classification des charges extérieures

Elles sont classées d'après :

- La nature de distribution

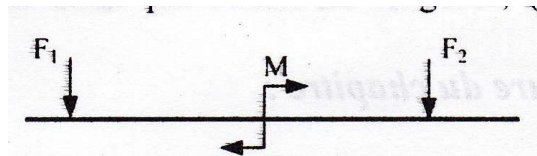
Les charges extérieures appliquées sur un ouvrage ou sur l'un de ses éléments sont des forces ou des moments de forces. Elles peuvent être réparties ou concentrées.



### a – les charges concentrées

Une charge concentrée est une charge appliquée en un seul point , dans une direction bien définie.

Elle peut être une force et s'exprime par le Newton, ses multiples ou ses sous multiples ,ou un moment et s'exprime par le produit de l'unité de force par l'unité de longueur (N.m) par exemple .



### b- les charges réparties

Une charge répartie est une charge dont l'influence touche plusieurs points d'un corps Elle peut être répartie sur :

- Une ligne et portera le nom de « charge linéaire »
- Une surface et portera le nom de « charge surfacique »
- Un volume et portera le nom de « charge volumique ou massique »

#### • Charges linéaires :

Ces charges peuvent être de répartition uniforme ou non.

Si la répartition est uniforme (fig 1.10) ;la charge est dite :

« charge linéaire uniformément répartie »



Figure 1.10: charges réparties a et b

Si la répartition est non uniforme (fig1.10) ,la charge est dite :« charge linéaire à répartition variable ».

- Les charge linéaires s'expriment par l'unité de mesure des forces rapportée à l'unité de mesure des longueurs (N/m,KN/m....).
- La résultante d'une charge linéaire est numériquement égale à l'aire de son diagramme. Le centre de gravité de ce dernier est le point d'application de la résultante. (fig1.11)

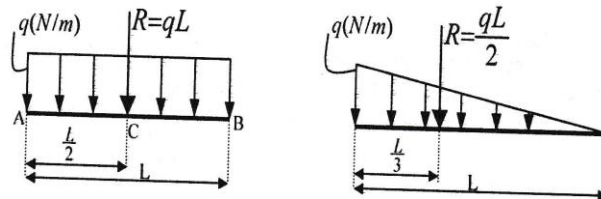


Figure 1.11: résultante de la charge répartie

- **Charge surfaciques :**

Ce sont des charges réparties sur une surface .exemple : pression des vents ou des liquides sur un mur.

- Les charge surfaciques s'expriment par l'unité de mesure des forces rapportée à l'unité de mesure des surfaces ( $N/m^2$ ....)
- La résultante d'une charge surfacique est , numériquement ,égalete au produit de la charge surfacique par l'aire de la surface de répartition.(fig1.12)

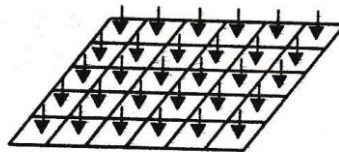


Figure 1.12 : charges surfaciques

- **Charges volumiques (massiques)**

Ce sont des charges agissant sur l'ensemble des points d'un corps.

Exemple :(le poids propre des corps).

- Les charges volumiques s'expriment par l'unité de mesure des forces rapportée à l'unité de mesure des volumes ( $N/m^3$ , $KN/m^3$ ....)
- La résultante d'une charge volumique est, numériquement ,égale au produit du volume de répartition par la charge volumique.

- **D'après la nature d'application dans le temps :**

Selon leur nature d'application dans le temps, les charges extérieures se divisent en charges statiques et charges dynamiques.

- a- Charges statiques :

Une charge est dite statique si elle ne change pas d'intensité ,de point d'application et de direction dans le temps. Exemple : poids propre des corps.

#### b- Charges dynamiques

Ce sont des charges qui varient de façon importante dans le temps

Exemple : les charges instantanées, les charges de chocs, seisme...

### 1.6.2. Condition d'équilibre d'un corps

En plus ,des déformations quelles peuvent causer au corps sur lequel elles agissent, les charges extérieures peuvent également le mouvement du corps, par translation et/ou rotation.

Pour qu'un corps soit en équilibre, il faut qu'il ne fasse aucun de ces mouvements

X et Y par exemple par les équations :

$$\Sigma F_X = 0, \quad \Sigma F_Y = 0, \quad \Sigma M = 0$$

Où :

$\Sigma F_X$  : somme algébrique des projections, suivant l'axe des X de toutes les forces agissant sur le corps.

$\Sigma F_Y$  : somme algébrique des projections, suivant l'axe des Y de toutes les forces agissant sur le corps.

$\Sigma M$  : somme algébrique des moments de toutes les forces agissant sur le corps par rapport à n'importe quel point de ce dernier.

### 1.6.3. Liaison du corps solide et leurs réactions

Nous appellerons liaison tout ce qui limite les déplacements d'un corps donné dans l'espace.

On les appelle aussi appuis, ils se divisent en trois types :

#### a-Appui simple

Parmi les trois mouvements possibles, dans le plan (2 translation + 1 rotation), l'appui simple ne peut bloquer que le mouvement de translation qui est perpendiculaire à son plan d'appui

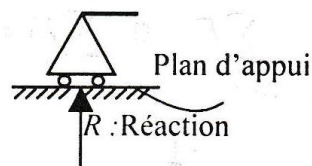


Figure 1.13 : Appui simple

#### b- Appui double

L'appui double admet la rotation et empêche les mouvements de translation, perpendiculaire et parallèle à son plan d'appui. Il est représenté schématiquement par la figure 1.14. Sa réaction peut être décomposée en deux composantes ( $R_V$  et  $R_H$ ).

$R_V$  : est perpendiculaire au plan d'appui

$R_H$ : est parallèle au plan d'appui.

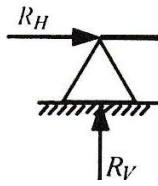


Figure1.14 : Appui double

**c- Encastrement**

Les trois mouvements possibles dans le plan sont bloqués par ce type d'appui.

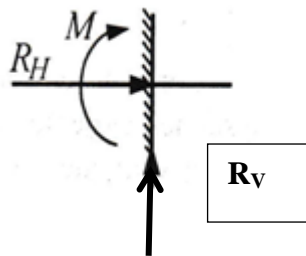
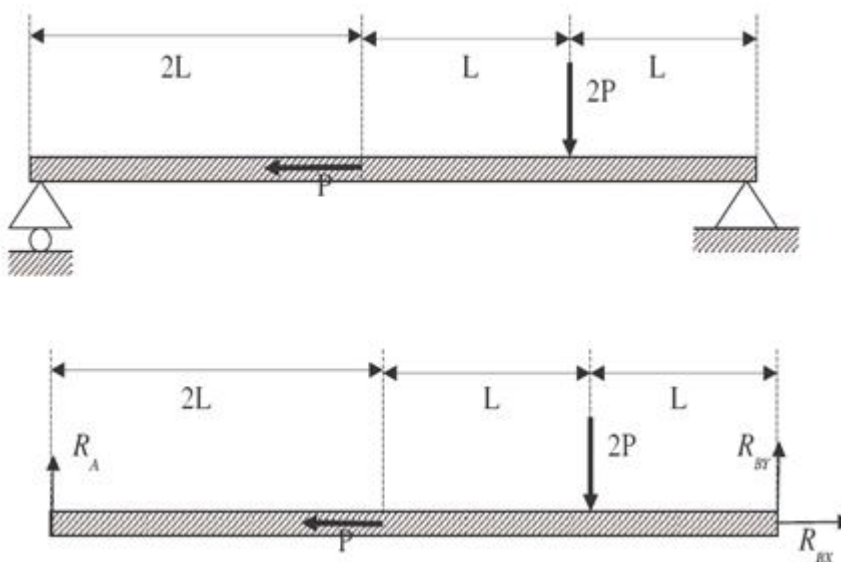


Figure 1.15 : Encastrement

**Application:**

Etudier l'équilibre de cette poutre et calculer les réactions aux appuis.



Conditions d'équilibre

$$\sum F_x = 0 \dots \dots (1)$$

$$\sum F_y = 0 \dots \dots (2)$$

$$\sum F_z = 0 \dots \dots (3)$$

L'équation (1) donne :  $-P + R_{Bx} = 0 \rightarrow R_{Bx} = P$

L'équation(2) donne :  $R_A - 2P + R_{By} = 0 \dots \dots \dots (2')$

L'équation(3) donne :  $\sum M(F)/z = 0 \rightarrow -R_A(4L) + 2P(L) = 0$  Alors  $R_A = \frac{P}{2}$

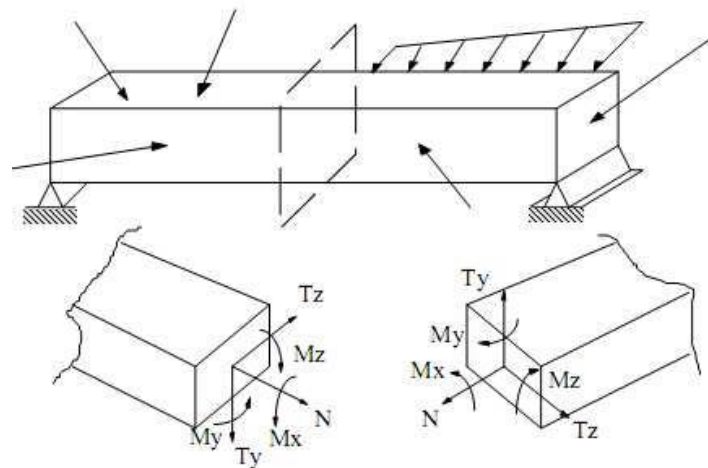
(2') donne ;  $R_{By} = 3\frac{P}{2}$

## 1.7. Notions sur les forces internes et contraintes

### 1.7.1. Efforts internes.

On appelle forces extérieures ou charges les forces appliquées connues sur une structure donnée. Suivant le cas, ces charges peuvent être réparties avec une densité donnée de volume (poids propre d'une structure) ou concentrées en un certain nombre de points. Dans cette catégorie de forces extérieures figurent aussi les réactions d'appuis. Sous l'effet de ces charges, les forces entre les particules d'un corps (élément) en équilibre varient. En Résistance des Matériaux, on appelle souvent cette variation des forces efforts internes. Afin de faciliter l'étude des efforts exercés sur chaque particule matérielle on considère une section transversale d'un élément soumis à une sollicitation. Tout comme n'importe quel système de forces, les efforts intérieurs répartis sur toute la section peuvent être rapportés à un point (par exemple le centre de gravité de la section), et de ce fait on distingue le vecteur force

$F (N, Q_z, Q_y)$  et le vecteur moment  $M (M_x, M_y, M_z)$  résultant des forces internes dans la section. Il convient d'adopter les dénominations suivantes pour les forces et moments agissant dans une section.



### 1.7.2 Méthode des sections

Pour déterminer les forces internes qui apparaissent dans un élément soumis à une sollicitation, on se sert, en résistance des matériaux, de la méthode des sections.

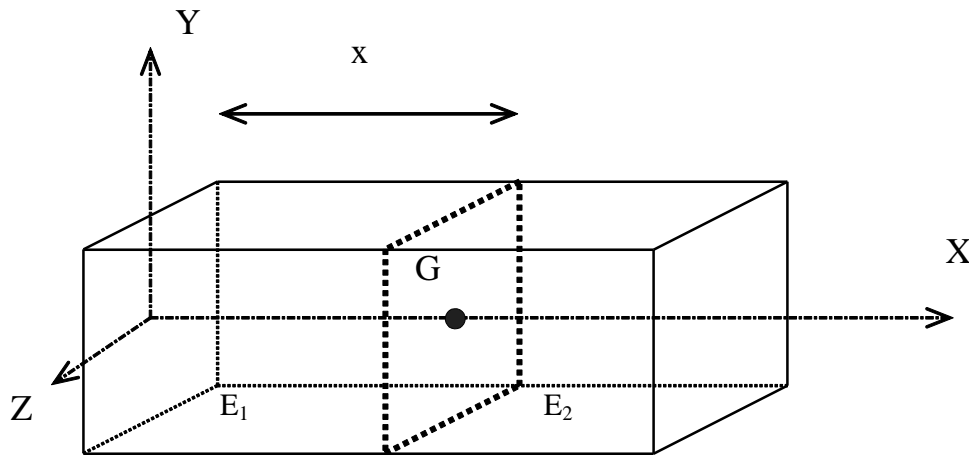
Cette méthode est basée sur le fait que si un élément est en équilibre, sous l'action des forces extérieures, alors n'importe quelle partie de cet élément sous l'action des forces qui lui sont appliquées, est équilibré par un système de forces internes agissant dans la section. On

considère l'élément AB plan, soumis à l'action d'un système de forces extérieures. Pour calculer les efforts et moments dans n'importe quelle section, on coupe à l'endroit voulu l'élément AB en deux parties. Les valeurs numériques des efforts  $N$ ,  $Q$  et  $M$  sont égaux aux sommes algébriques des projections et des moments des forces extérieures agissant sur une des parties (gauche ou droite) de l'élément sectionné, généralement sur celle où les projections et moments se calculent plus facilement.

### 1.7.3. Torseur des efforts de cohésion

#### Définition

Soit une poutre (E) en équilibre sous l'action de n actions extérieures. On associe à cette poutre un repère R (x,y,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).



(E) étant en équilibre, on peut écrire :  $\{\bar{E} \rightarrow E\} = \{0\}$

(E1) étant en équilibre, on peut écrire :  $\{\bar{E} \rightarrow E1\} + \{E2 \rightarrow E1\} = \{0\}$

(E2) étant en équilibre, on peut écrire :  $\{\bar{E} \rightarrow E2\} + \{E1 \rightarrow E2\} = \{0\}$

On en déduit :

$$\boxed{\{E2 \rightarrow E1\} = -\{\bar{E} \rightarrow E1\} = \{\bar{E} \rightarrow E2\}} \quad (1.1)$$

$\{E2 \rightarrow E1\}$  Est le torseur qui traduit l'action de contact de (E2) sur (E1).

Cette action est due aux efforts de cohésion qui permettent à la poutre de ne pas se "disloquer" sous l'effet d'actions extérieures.

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

On note :

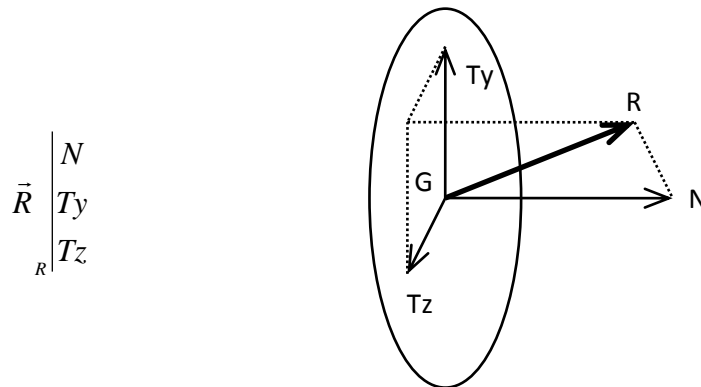
$$\boxed{\{Cohésion\} = \{\bar{E} \rightarrow E2\} = -\{\bar{E} \rightarrow E1\}} \quad (1.2)$$

## 1.8. Composantes du torseur de cohésion

Dans le torseur de cohésion, on peut faire apparaître la résultante et le moment qui dépendent de la position de la section (x).

$$\{Cohésion\} = \begin{cases} \vec{R}(x) \\ \vec{M}_G(x) \end{cases}$$

### 1.8.1 La résultante



- N : effort normal, projection de R sur la normale extérieure (x).
- Ty et Tz : efforts tranchants, projections de R sur le plan de section droite

### 1.8.2. Le moment résultant

De la même manière, on retrouve pour les moments, 3 composantes :

- $M_T$  : moment de torsion, projection du moment sur la normale extérieure.
- $M_{fy}$  et  $M_{fz}$  : moments de flexion, projection du moment sur le plan de section droite.

$$\text{Soit : } \vec{M}_G \begin{cases} M_t \\ M_{fy} \\ M_{fz} \end{cases}$$

Toutes ces composantes N, Ty, Tz,  $M_T$ ,  $M_{fy}$  et  $M_{fz}$  dépendent de la position de la section droite (x).

On peut donc représenter leurs évolutions à l'aide de diagrammes.

### 1.8.3. Les sollicitations

Suivant les éléments de réduction non-nuls du torseur de cohésion (N, Ty, Tz,  $M_T$ ,  $M_{fy}$  et  $M_{fz}$ ) on peut alors identifier le type de sollicitation que subit la poutre, à savoir :

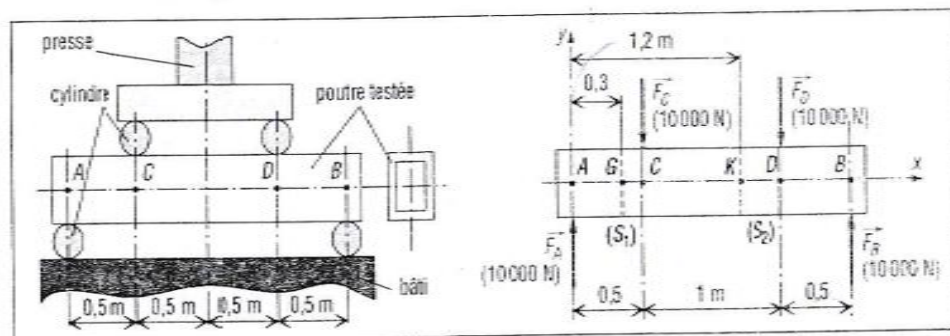
Composantes		Sollicitation
N	> 0	Extension (traction)
	< 0	Compression
Ty		Cisaillement
Tz		
Mt		Torsion
Mfy		Flexion
Mfz		

Lorsque l'on a une seule de ces sollicitations on parle de *sollicitation simple*, sinon on a un problème de *sollicitations composées*.

### Applications

#### Exercice N°1

Le dispositif de mise en charge (presse hydraulique) exerce une poussée de 2000daN (2tonnes) qui se répartissent en C et D sur la poutre à tester. Le bâti support maintient l'ensemble en A et B la symétrie des charges entraîne l'égalité des actions en A, B C et D.



a) Efforts intérieurs à droite de G à 0,3 m de A

Isolons le tronçon AG, une seule action à gauche de 1000 daN :

$$\{T_{cohesion}\}_G = \begin{Bmatrix} N & M_t \\ T_y & M_{fy} \\ T_z & M_{fz} \end{Bmatrix}_G = \{\vec{F}\}_G = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 1000 & 0 \\ 0 & -1000 \times 0,3 \end{Bmatrix}_G$$

D'où

$$\left\{ \begin{array}{ll} N = 0 & M_t = 0 \\ T_y = 1000 \text{ daN} & M_{fy} \\ T_z = 0 & M_{fz} = -300 \text{ daN.m} \end{array} \right\}_G$$

C'est un cas de flexion simple.



b) Efforts intérieurs dans la section droite K à 1,2 m de A.

Isolons AK, 2 actions à gauche :

$$\{T_{cohesion}\}_K = \begin{Bmatrix} N & M_t \\ T_y & M_{fy} \\ T_z & M_{fz} \end{Bmatrix}_K = \{\vec{F}\}_C + \{\vec{F}\}_D = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 1000 & 0 \\ 0 & -1000 \times 1,2 \end{Bmatrix}_K + \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -1000 & 0 \\ 0 & 1000 \times 0,7 \end{Bmatrix}_K$$

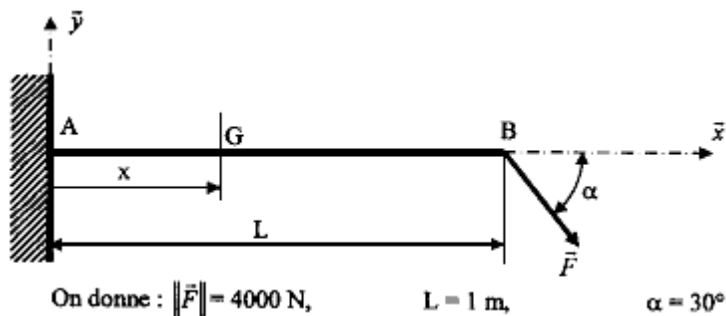
$$= \begin{Bmatrix} N = 0 & M_t = 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & -500 daN.m \end{Bmatrix}_K$$

C'est un cas de flexion pure

### Exercice N°2

Soit la poutre encastrée en A et supportant un effort incliné F

1. Calculer la réaction de l'encastrement A (RA et MA)
2. Déterminer le torseur des efforts cohésion.
3. Tracer les diagrammes des efforts de cohésion.
4. A quelle sollicitation est soumise la poutre.



### Exercice N°3

Une planche de plongeur (poids négligé) supporte les poids indiqués en A, B et C.

Déterminer les efforts intérieurs en G à 1,2 m de A et en K à 3,5 m de A. Indiquer le type des sollicitations dans chaque cas.

