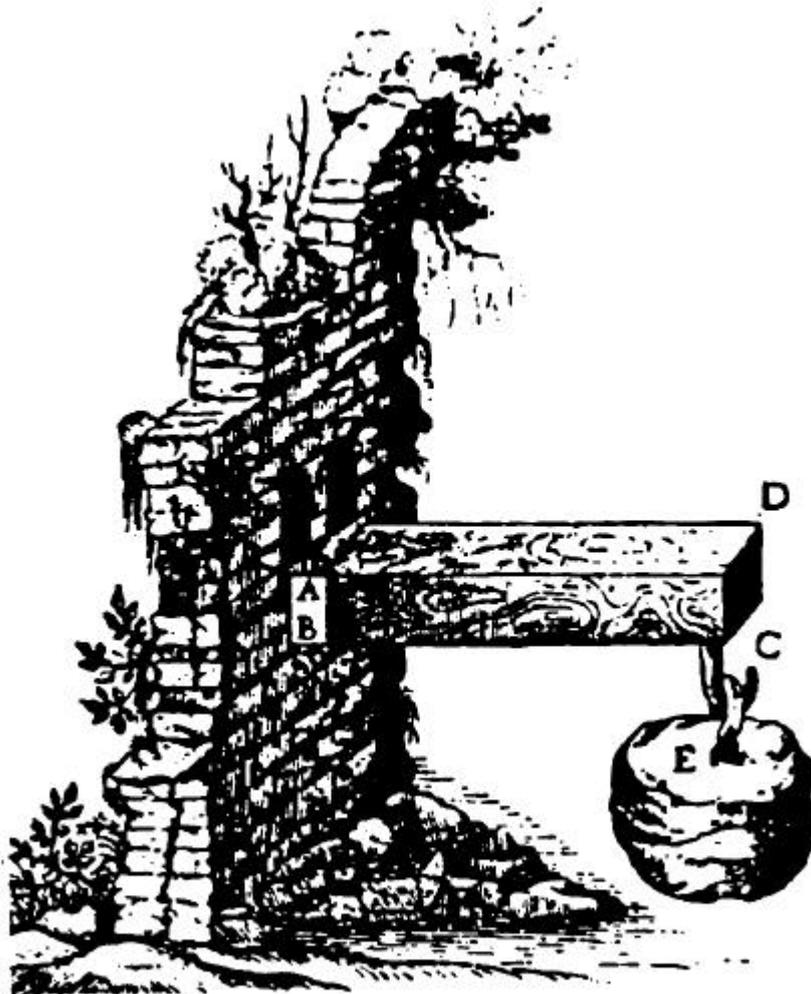


# RESISTANCE DES MATERIAUX

## RESISTANCE DES MATERIAUX



## INTRODUCTION - HYPOTHESES



Gravure montrant l'essai d'une poutre en flexion

# RESISTANCE DES MATERIAUX

(Extrait de « *Discorsi e dimostrazioni matematiche* » de Galilée)

# RESISTANCE DES MATERIAUX

## SOMMAIRE

<b>1. EN QUOI ÇA CONSISTE ? .....</b>	<b>4</b>
<b>2. INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>3. HYPOTHESES .....</b>	<b>4</b>
3.1 LE MATERIAU .....	5
3.1.1 <i>Continuité de la matière.....</i>	5
3.1.2 <i>Homogénéité.....</i>	5
3.1.3 <i>Isotropie.....</i>	5
3.2 LA GEOMETRIE .....	5
3.3 LES FORCES APPLIQUEES.....	7
3.3.1 <i>Plans de symétries.....</i>	7
3.3.2 <i>Points ou zones d'application des forces.....</i>	8
3.3.3 <i>Types de forces extérieures .....</i>	8
3.4 DEFORMATION.....	11
3.4.1 <i>Hypothèse de Navier – Bernouilli .....</i>	11
3.4.2 <i>Hypothèse de Barré de Saint Venant .....</i>	11
<b>4. RESOLUTION.....</b>	<b>12</b>



# RESISTANCE DES MATERIAUX

## 1. En quoi ça consiste ?

Pour effectuer un calcul de RDM, il est nécessaire de connaître les actions mécaniques exercées sur le mécanisme (actions déterminées dans l'étude de dynamique) et les matériaux utilisés.

L'étude de RDM va permettre de définir les sollicitations et les contraintes qui en résultent. A l'aide des caractéristiques des matériaux (propriétés mécaniques), nous allons pouvoir en déduire les déformations du matériau, et dans les cas extrêmes, sa rupture.

## 2. Introduction

La résistance des matériaux n'étudie que des solides de formes simples : les « poutres ». Bien souvent, il est possible de modéliser des solides par une poutre, à la condition que ceux-ci respectent certaines hypothèses. L'objet de ce cours est de présenter les hypothèses de la RDM, préalable indispensable à l'étude.

La résistance des matériaux est l'étude de la résistance et de la déformation des solides (arbres de transmissions, bâtiments, diverses pièces mécaniques...) dans le but de déterminer ou vérifier leurs dimensions afin qu'ils supportent les charges qu'ils subissent, dans des conditions de sécurité satisfaisantes et au meilleur coût (optimisation des formes, des dimensions, des matériaux...). Son domaine d'application étant très large et les situations rencontrées nombreuses et variées, il est nécessaire de mettre en place des hypothèses simplificatrices dans le but de standardiser les cas d'étude.



FIGURE : CHARIOT ELEVATEUR

La photo ci-contre représente un magnifique chariot élévateur d'un domaine viticole d'un village bourguignon (commençant par un C et finissant par un S...), mondialement connu pour ses vins blancs. Ce chariot élévateur est destiné à divers travaux sur l'exploitation, et en fonction de son utilisation, nous nous intéresserons plus particulièrement aux fourches de ce chariot.

## 3. Hypothèses

Dans ce paragraphe, nous allons citer les différentes hypothèses que l'on est en droit de formuler dans le cadre de la Résistance des Matériaux. La figure suivante montre l'application au fourches du chariot élévateur.

# RESISTANCE DES MATERIAUX

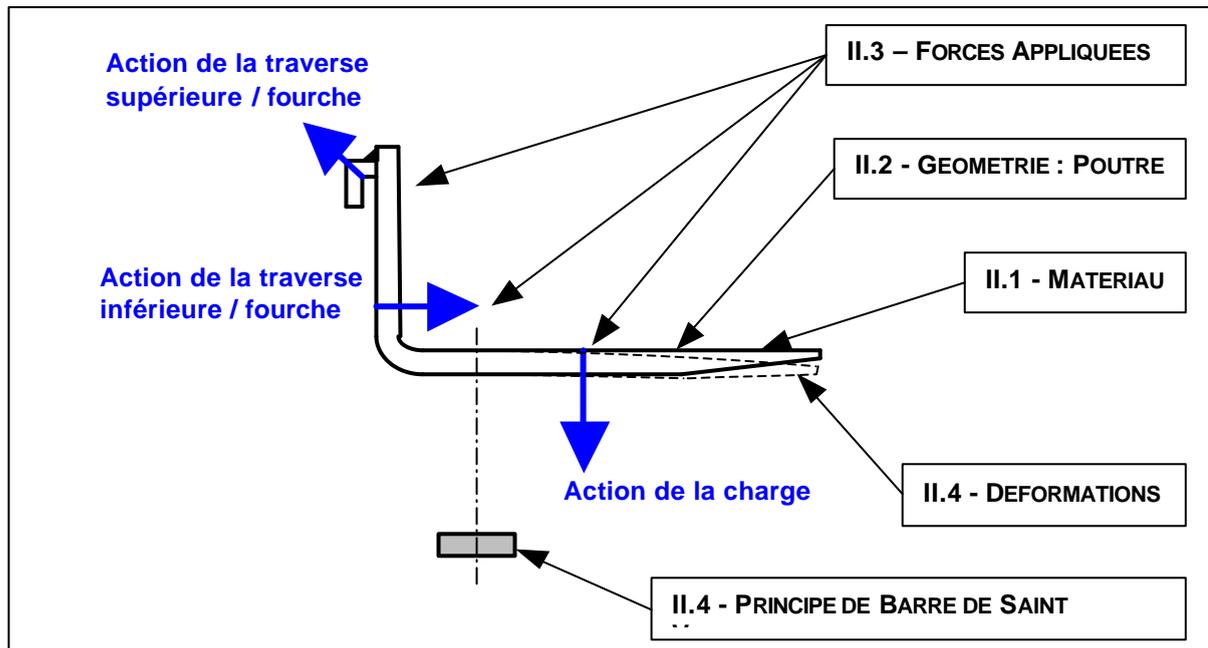


FIGURE : FOURCHE DU MAGNIFIQUE CHARIOT ELEVATEUR

## 3.1 Le matériau

### 3.1.1 Continuité de la matière

Lorsqu'on regarde au microscope la coupe d'une pièce en métal, on voit généralement une structure fibreuse, ou quelquefois une structure granulaire. Toutefois, les distances entre ces fibres ou ces grains sont très petites par rapport aux dimensions des plus petites pièces mécaniques qui sont étudiées. On peut alors raisonnablement considérer le matériau comme continu.

### 3.1.2 Homogénéité

On admet que les matériaux ont les mêmes propriétés mécaniques en tous points. Cela est à peu près vérifié pour la plupart des métaux, mais il faut savoir que cette hypothèse n'est qu'une grossière approximation pour les matériaux tels que le bois ou le béton.

### 3.1.3 Isotropie

On admet que les matériaux étudiés ont, en un même point, les mêmes propriétés mécaniques dans toutes les directions. Cela est à peu près vrai pour les aciers, mais il faut savoir que cette hypothèse est loin de la réalité pour le bois et les matériaux composites par exemple.

## 3.2 La géométrie

Les seuls solides que nous étudierons seront du type poutre (solide idéal du point de vue de la RDM : solide défini par sa ligne moyenne et sa section droite). La poutre est un solide dont la longueur est prépondérante devant les autres dimensions transversales.

# RESISTANCE DES MATERIAUX

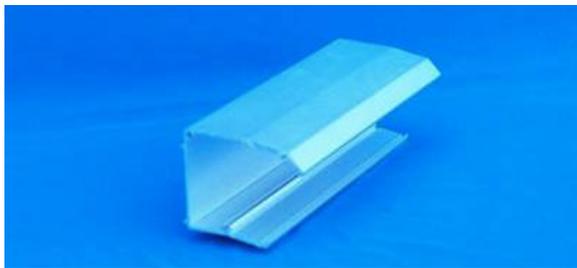
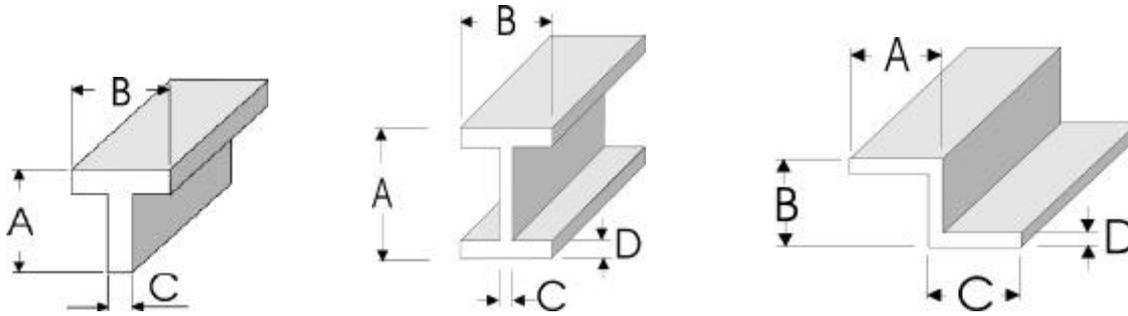


FIGURE : GEOMETRIES DE POUTRES

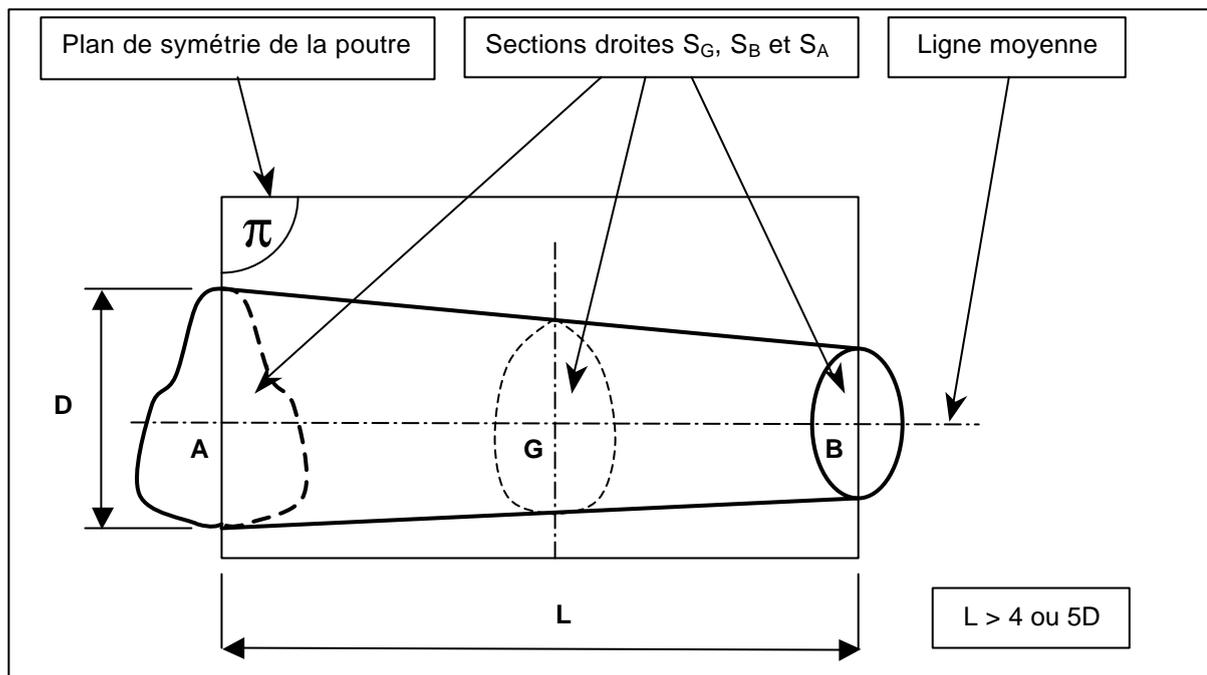


FIGURE : NOTION DE POUTRE

Une poutre est définie par :

❖ sa **ligne moyenne** (ligne droite ou ligne courbe à grand rayon de courbure, sur laquelle se trouve le barycentre G des sections droites). Celle-ci est le plus souvent rectiligne ;

# RESISTANCE DES MATERIAUX

❖ sa **section droite** (section qui engendre la poutre, constante et de centre de surface G). Celle-ci est en principe constante et son centre de surface est sur la ligne moyenne.

Dans le cas de la fourche du chariot élévateur :

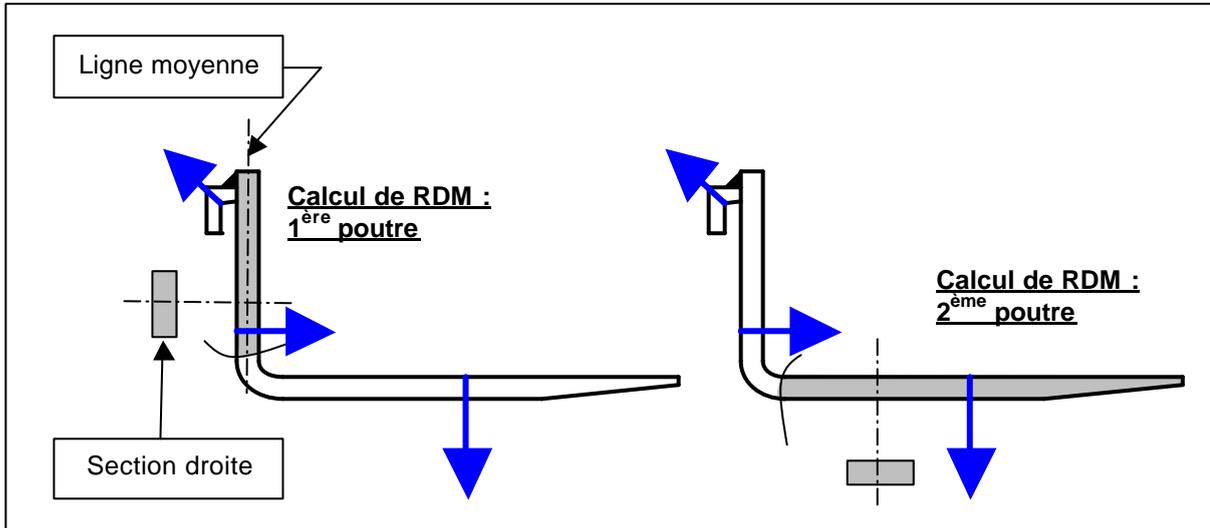


FIGURE : ASSIMILATION A UNE POUTRE

Bien souvent, les poutres étudiées ne remplissent pas ces conditions. Les relations établies en tenant compte de ces hypothèses ne s'appliquent pas parfaitement, d'où la nécessité d'introduire un coefficient de sécurité dans les calculs de dimensionnement.

## 3.3 Les forces appliquées

### 3.3.1 Plans de symétries

Les forces extérieures appliquées à la poutre (P) seront situées soit dans le plan de symétrie ( $P_S$ ), soit symétriquement par rapport au plan de symétrie.

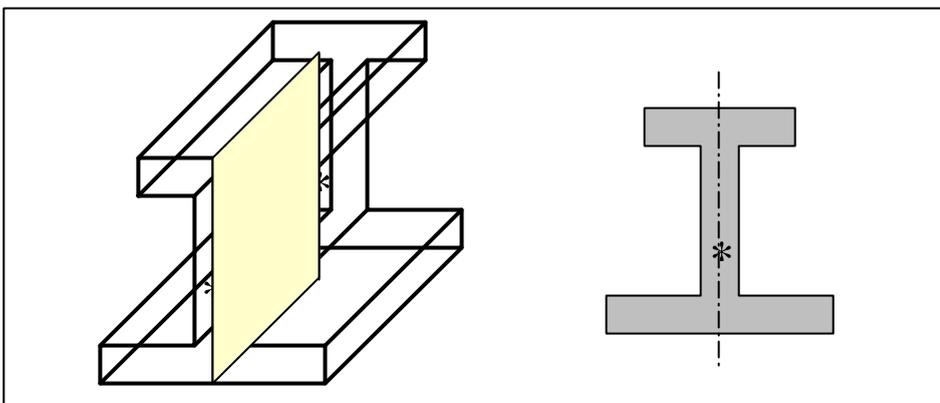


FIGURE : PLANS DE SYMETRIES

# RESISTANCE DES MATERIAUX

## 3.3.2 Points ou zones d'application des forces

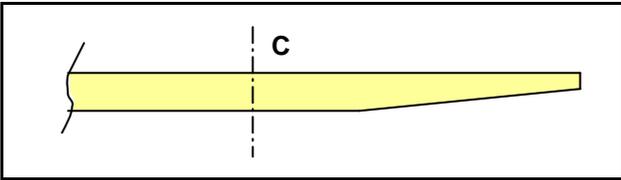
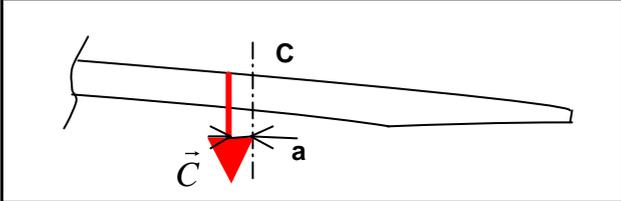
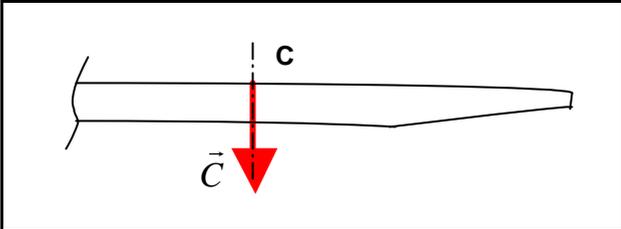
En RDM, il n'est pas possible de remplacer un système de forces par un système équivalent du point de vue de l'équilibre car les effets physiques (déformations, contraintes...) sont différents.

Dans les deux cas, la poutre est en équilibre, mais par contre les déformations sont totalement différentes.

On fait également les approximations suivantes :

- ☞ les contacts de la poutre et du milieu extérieur s'effectuent au niveau de la ligne moyenne ;
- ☞ les supports des forces représentant les actions de contact ne sont pas déplacés après déformation.

Reprenons le cas de la fourche du chariot élévateur (toujours aussi magnifique) :

	<p>Poutre avant déformation</p>
	<p>Poutre après grande déformation</p>
	<p>Poutre après petite déformation (a négligé)</p>

## 3.3.3 Types de forces extérieures

On distingue les actions à distance et les actions de contact.

Actions à distance : poids, magnétisme...

Actions de contact : charges concentrées en un point ou charges réparties.

# RESISTANCE DES MATERIAUX

## 3.3.3.1 Charges concentrées en un point

Dans le cas de la fourche du chariot élévateur :

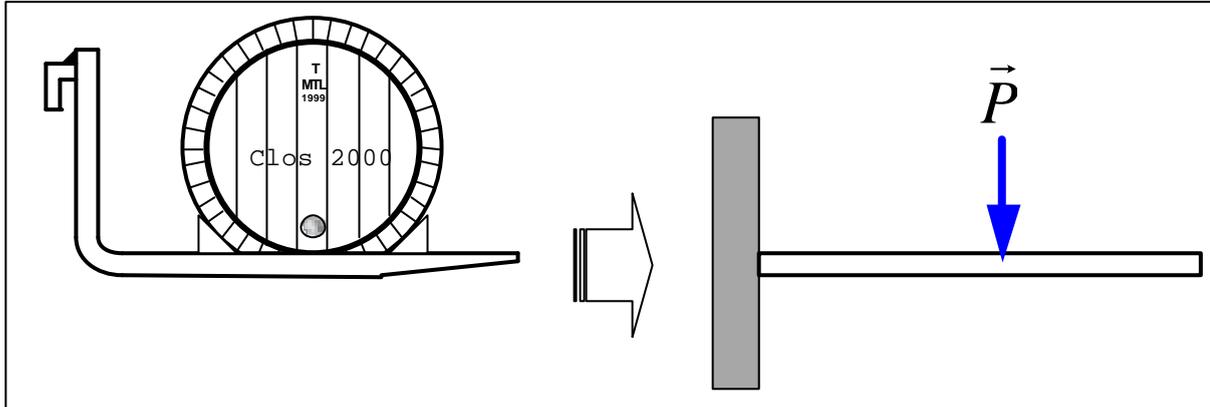


FIGURE : CHARGE CONCENTREE

Exemple : reprenons le cas de la fourche du chariot élévateur.

Données du problème :

- ❖ le chariot transporte un fût de vin de Chablis Grand Cru les Clos 2000 ;
- ❖ le fût contient 228 litres ;

*Remarque : c'est malheureux à dire, mais pour faire le calcul, on assimilera la densité de ce divin breuvage à celle de l'eau...*



La masse totale  $M$  embarquée sur les fourches (il y a 2 fourches) du chariot élévateur est donc :

$$M = 228 \times 1 \approx 228 \text{ kg}$$

Le poids  $P$  s'exerçant sur une fourche est :  $P = \frac{228 \times 10}{2} = 1140 \text{ N}$

L'intensité de la charge concentrée sur une fourche est alors :  $P = 1140 \text{ N}$

## 3.3.3.2 Charge uniformément répartie



# RESISTANCE DES MATERIAUX

Dans le cas de la fourche du chariot élévateur :

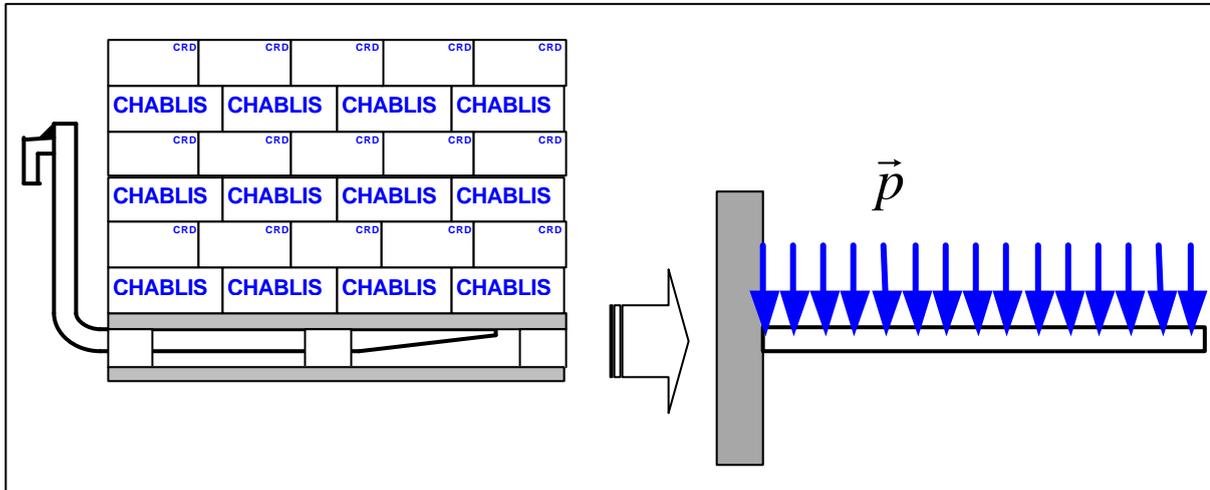


FIGURE : CHARGE REPARTIE

Exemple : reprenons le cas de la fourche du chariot élévateur.

Données du problème :

- ❖ le chariot transporte une palette de cartons de vin de Chablis Grand Cru les Clos 1998 (cartons « export » de 6 bouteilles) ;
- ❖ une bouteille (de 75cl) pèse environ 1.3kg ;
- ❖ la palette en bois « EURO » pèse environ 20kg ;
- ❖ la palette est constituée de 4 rangs de 13 cartons chacun ;
- ❖ le poids des cartons (emballage) est négligé.

Calculer la charge répartie s'exerçant sur une fourche.

*Remarque : la résistance des fourches dépend directement de la géométrie et la section des fourches, déduites du calcul de la charge embarquée. Au prix des bouteilles transportées, il vaut mieux ne pas se tromper dans le calcul...*

La masse totale  $M$  embarquée sur les fourches (il y a 2 fourches) du chariot élévateur est donc :

$$M = [(6 \times 1.3) \times 13] \times 4 + 20 \approx 426 \text{ kg}$$

Le poids  $P$  s'exerçant sur une fourche est :  $P = \frac{426 \times 10}{2} = 2130 \text{ N}$

L'intensité de la charge répartie sur une fourche est alors :  $p = \frac{2130}{1.5} = 1420 \text{ N/m}$

Dans ce cas,  $\vec{p}$  est appelé « densité linéique de force ». C'est par exemple le poids au mètre des profilés du commerce (unité : N/m).



# RESISTANCE DES MATERIAUX

On a :  $\vec{F} = \vec{p} \cdot l$

Exemple : une poutre de longueur totale  $l = 2.5 \text{ m}$  et de poids total  $P = 3750 \text{ N}$  est soumise à une charge répartie de :

$$p = \frac{3750}{2.5} = 1500 \text{ N/m}$$

## 3.4 Déformation

### 3.4.1 Hypothèse de Navier – Bernoulli

Au cours des déformations, les sections droites restent planes et perpendiculaires à la ligne moyenne.

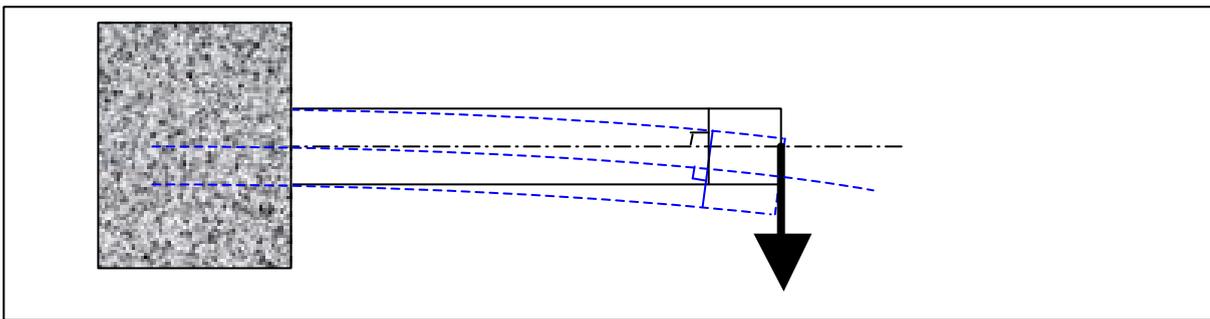


FIGURE : DEFORMEE D'UNE POUTRE

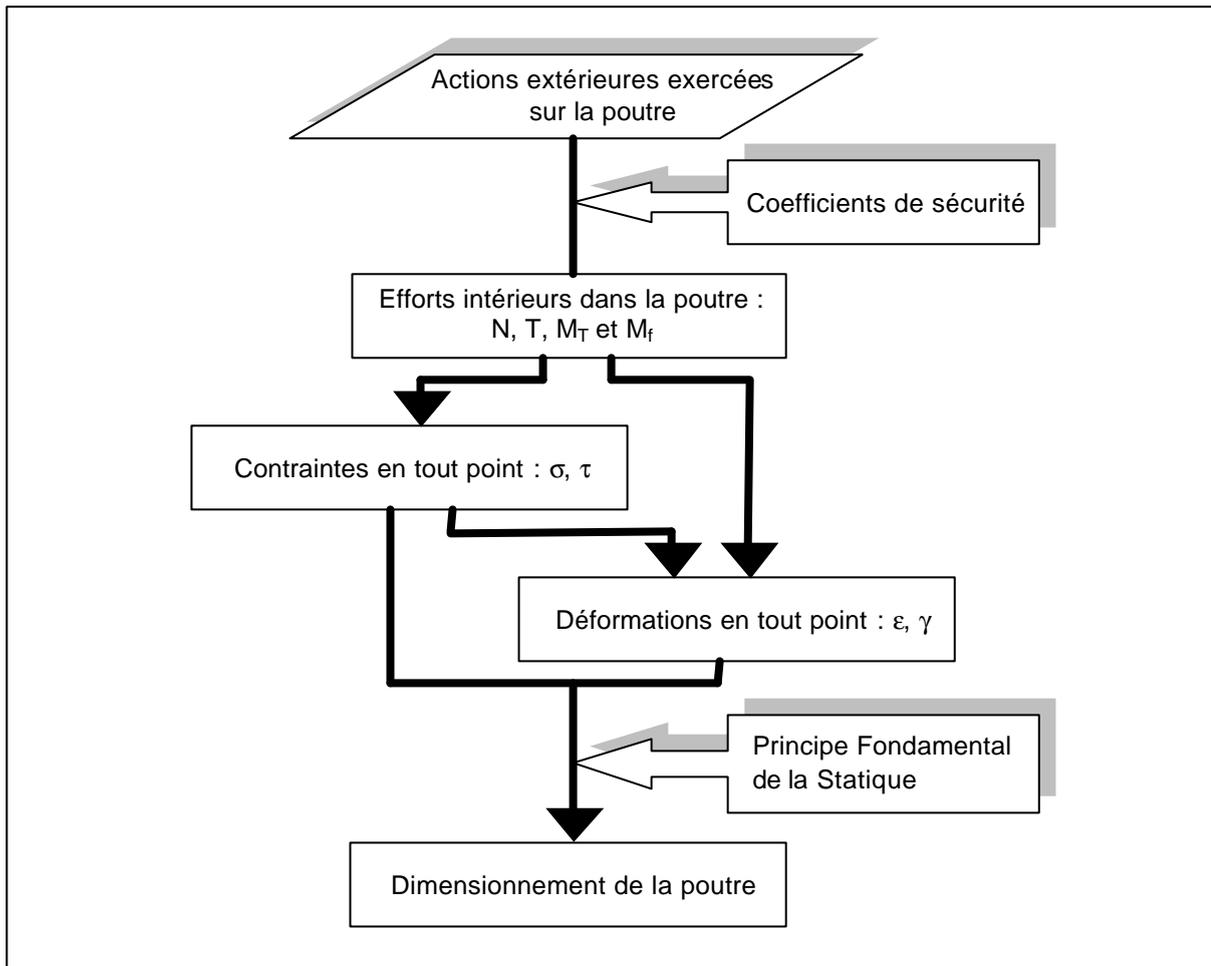
### 3.4.2 Hypothèse de Barré de Saint Venant

Les résultats de la RDM ne s'applique valablement qu'à une distance suffisamment éloignée de la région d'application des forces concentrées. En effet, nous ne pouvons pas, avec les équations de la RDM, calculer les déformations locales autour d'un point d'application d'une force.

# RESISTANCE DES MATERIAUX

## 4. Résolution

Organigramme de résolution d'un problème de RDM :



Voilà, c'est tout pour aujourd'hui...

