

1-Traction Simple

Une poutre (ou une pièce) est sollicitée à la traction si elle est soumise à deux forces axiales directement opposées, appliquées aux surfaces des sections extrêmes et qui tendent à l'allonger.

Les sollicitations en traction compression sont souvent rencontrée (structures en treillis, rivet, câble, bielle,...)

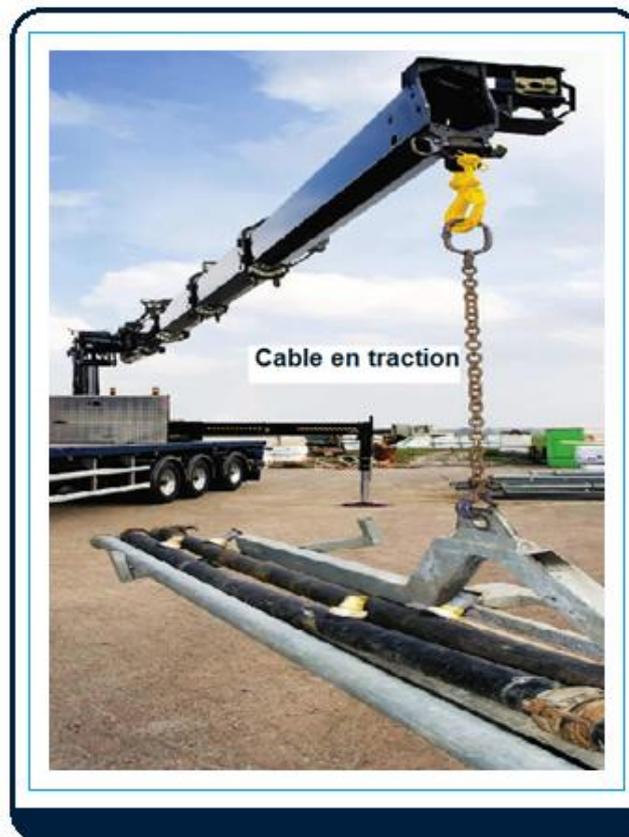
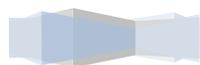


Figure 2.1



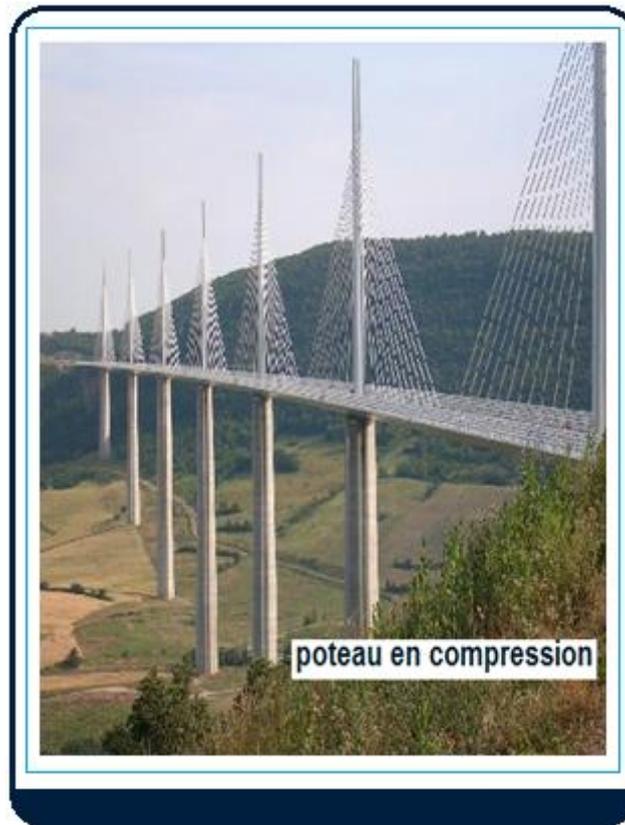


Figure 2.2

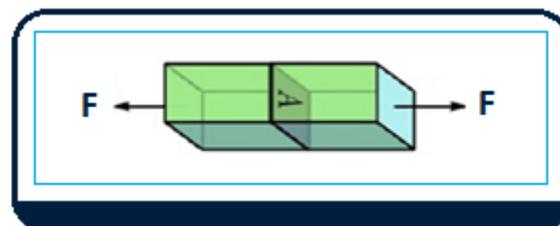
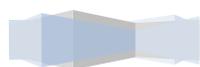


Figure 2.3

Les éléments de réduction en G du torseur des efforts de cohésion s'expriment par :

On sait que :

$$[\tau]_G = \begin{bmatrix} R \\ M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N & M_t \\ T_y & M_{fy} \\ T_z & M_{fz} \end{bmatrix}$$



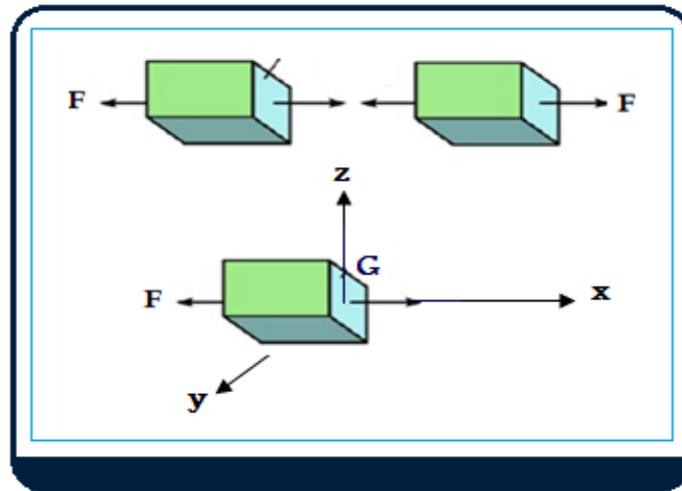


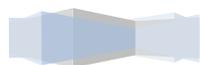
Figure 2.4

Dans le cas de la sollicitation en traction, le tenseur des efforts de cohésion s'explique selon :

$$[\tau]_G = \begin{bmatrix} R \\ M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

2-Effort normal N

La composante **N** de la résultante **F** représente la somme des projections de toutes les forces intérieures agissant suivant la normale de la section (ou suivant l'axe longitudinal).



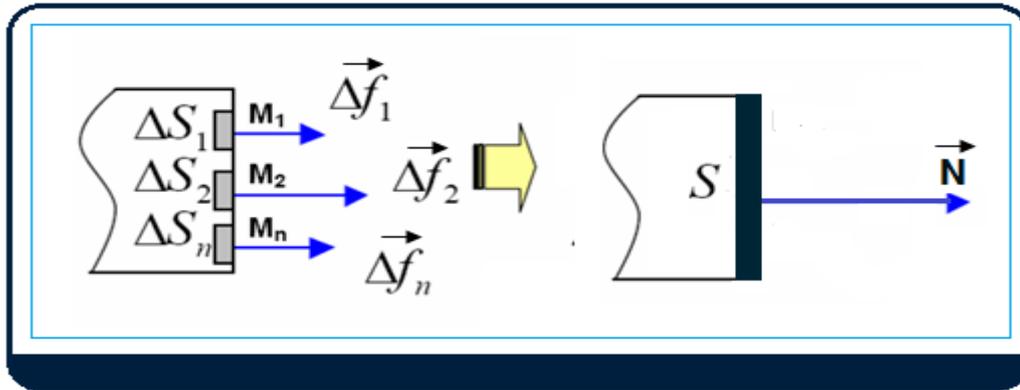


Figure 2.5

L'effort normal provoque une déformation longitudinale de l'élément. N est considéré positif s'il s'agit d'une traction et négatif dans le cas contraire :

$N > 0$: traction

$N < 0$: compression

Cet effort normal correspond à l'ensemble des actions agissant à l'intérieur de la pièce en fonction de sa surface :

$$N = \Delta f_1 + \Delta f_2 + \dots + \Delta f_n = \sum \Delta f_i$$

(S) étant divisée en n éléments de surface tels que:

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \dots + \Delta S_n$$

Chaque élément de surface supporte un effort de traction ΔF_i et nous avons:

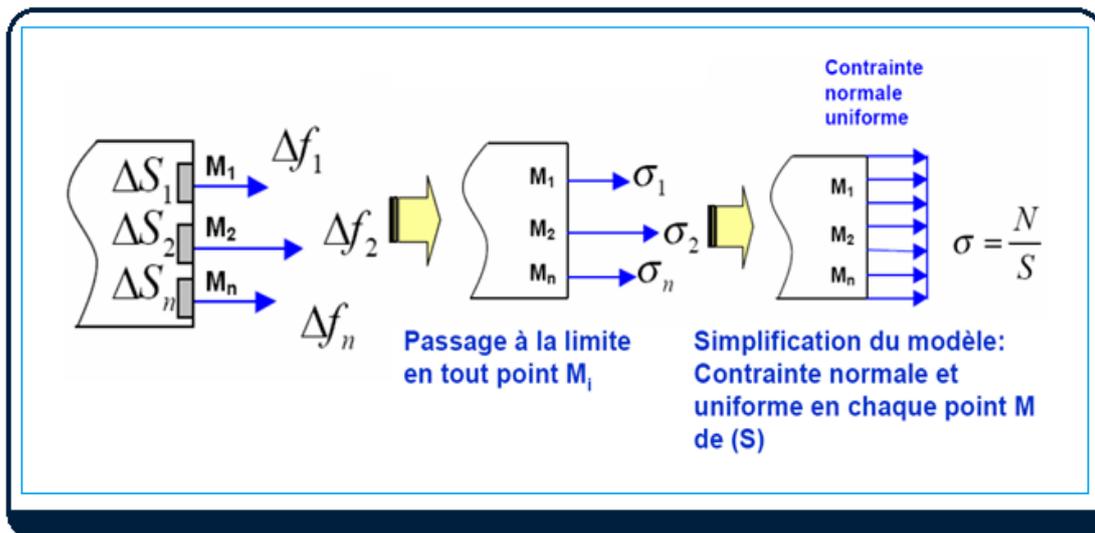


Figure 2.6

3- Contrainte normale de traction σ

La somme des forces de cohésion appliquées à (S) est égale à l'effort normal N.

La contrainte dans la pièce est appelée **contrainte de traction**. Elle est donnée par :

$$\sigma = \frac{N}{S}$$

σ : contrainte normale de traction [N/mm²] ou [MPa]

N : effort normal [N]

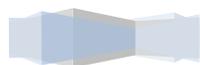
S : section initiale de l'éprouvette [mm²]

4- Essai de traction

Cet essai destructif, pratiqué à température ambiante 20°C, consiste à imposer une déformation croissante à vitesse constante et à mesurer l'effort nécessaire pour imposer cette déformation.



Figure 2.7



Des éprouvettes du matériau concerné, en forme de barreau cylindrique ou parallélépipédique, comportant une partie centrale calibrée, raccordée à chaque extrémité à deux têtes de section plus importante, sont fixées dans une machine.

Concernant le type du matériau choisi, il existe deux catégories de comportement à la traction, comportement **ductile** et comportement **fragile**.

Un matériau ductile peut s'étirer sans se rompre généralement les métaux sont des matériaux ductiles, le matériau fragile a un comportement brutale à la rupture comme les matériaux céramiques (figure).

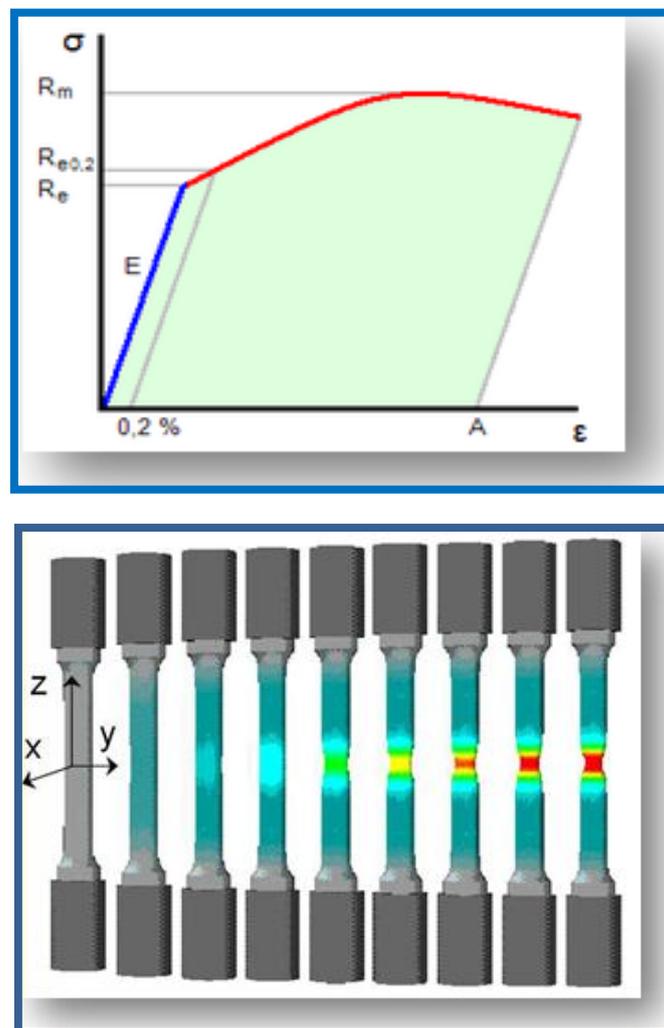
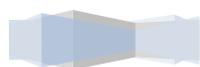


Figure 2.8



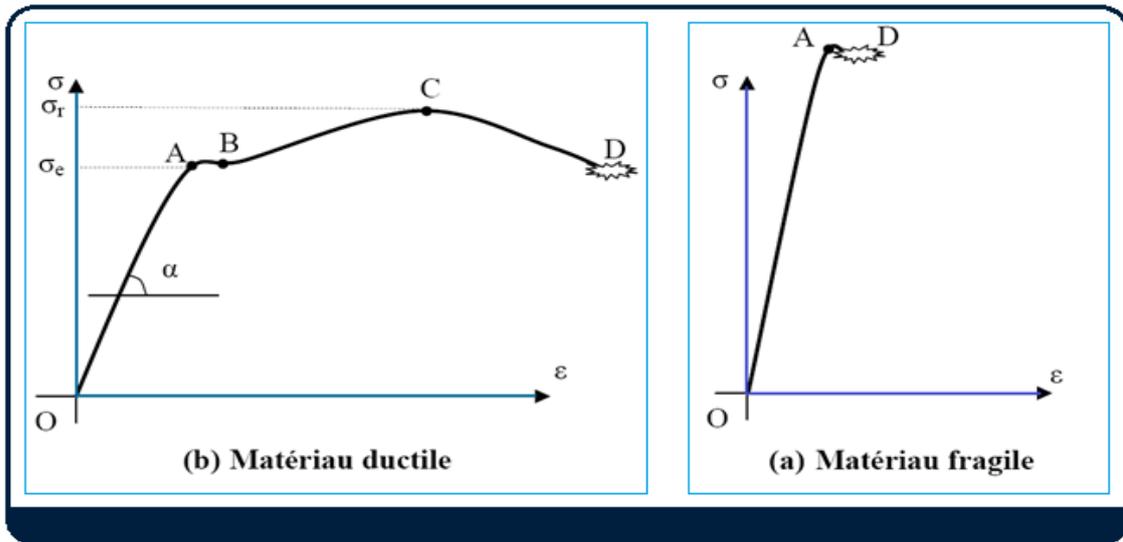


Figure 2.9

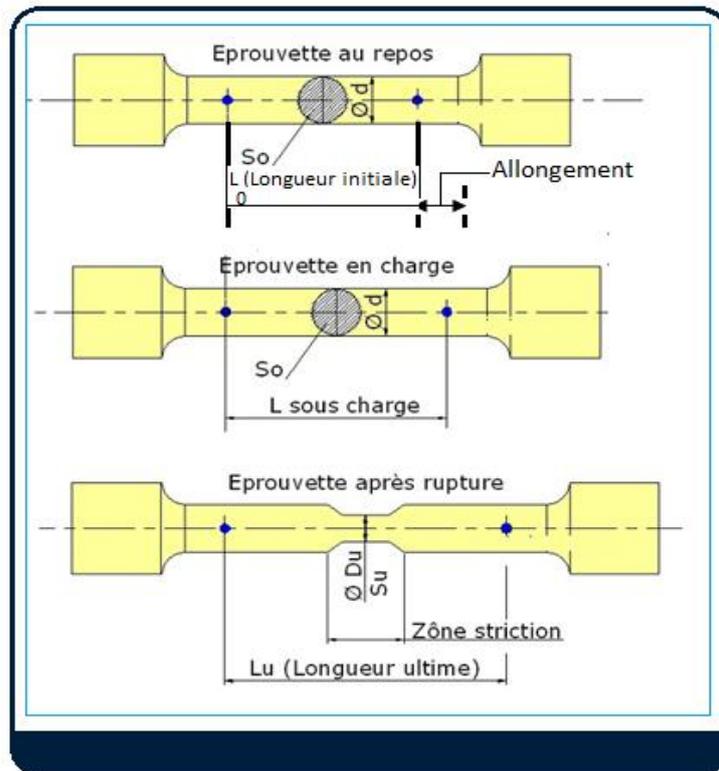
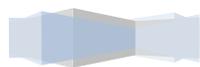


Figure 2.10

- L_0 : Longueur initiale entre repères
- L_u : Longueur ultime entre repères (après rupture)
- S : Section initiale, c'est l'aire de la section droite de l'éprouvette avant la rupture.



- S_u : Section ultime, c'est l'aire de la section minimale après la rupture de l'éprouvette.

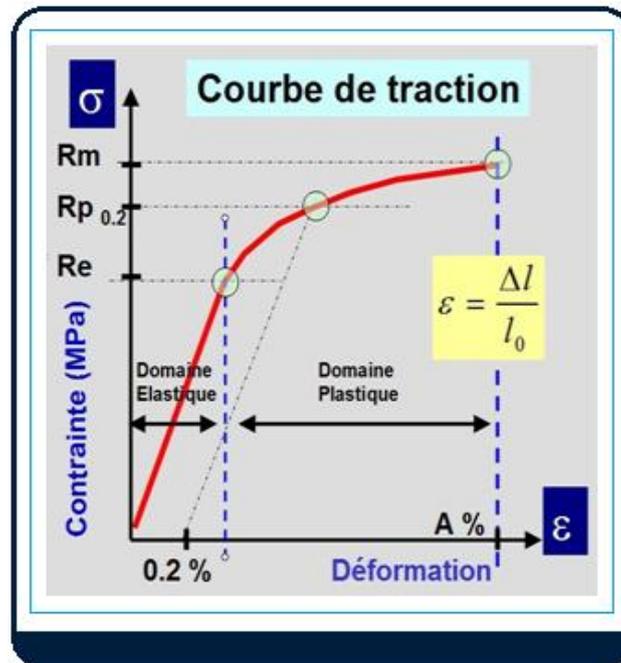


Figure 2.11

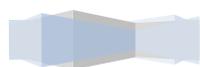
La courbe de traction représente l'évolution de la contrainte $\sigma = F/S_0$ en fonction de l'allongement unitaire $\epsilon = \Delta L/L$. Elle doit être connue par cœur. On constate :

Zone **OA** : domaine des déformations élastiques ou réversibles (zone parfois linéaire) si l'on cesse la charge, l'éprouvette retrouve ses dimensions initiales

Zone **AB** : la déformation n'est plus complètement réversible. La déformation est plastique (ou permanente) homogène ; appelée aussi déformation plastique répartie. Les allongements s croissent plus vite que les charges. L'allongement a lieu avec une diminution régulière de la section tout au long de l'éprouvette.

Zone **BC** : 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 C. les allongements croissent avec une diminution de la charge.

L'exploitation d'une courbe de traction nous permet d'obtenir les valeurs suivantes des caractéristiques mécaniques d'un matériau :



- **Résistance à la limite élastique : Re** (Mpa = N/mm²)
- **Résistance à la traction : Rm** (Mpa = N/mm²)
- **Allongement en % après rupture : A%**=100*(Lu-Lo)/Lo. (Lu=longueur reconstituée après rupture)
- **Coefficient de striction en % après rupture : Z%**=100*(Su-So)/So
- **Module de Young E** (module d'élasticité longitudinal) (Mpa = N/mm²)

5- Loi de Hooke - Relation entre la contrainte tangentielle et la déformation

L'application d'une force provoque initialement une **déformation élastique** de l'éprouvette. Cela se traduit sur le diagramme par une droite car la déformation est proportionnelle, pour un métal, à la contrainte (loi de HOOKE).

5.1- Loi de Hooke

C'est une loi de comportement des solides soumis à une déformation élastique de faible amplitude. Elle a été énoncée par Robert Hooke. Pour un matériau donné le module de Young se définit donc par :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

E [MPa] ou [N/mm²] : **module de Young** ou module d'élasticité, une caractéristique du **matériau** ; c'est l'équivalent en mécanique des milieux continus de la raideur d'un ressort.

NB : $\boxed{tg \alpha = E = \frac{\sigma}{\varepsilon}}$

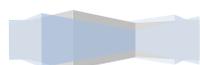
5.2- Allongement ΔL

On sait que l'allongement $\Delta L = L - L_0$

D'après la loi de Hooke, on a :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots (1)$$

et on sait que :



$$\sigma = \frac{N}{S} \dots(2)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \dots(3)$$

De (2), (3) dans (1) donne :

$$\Delta L = \frac{NL}{ES}$$

ΔL :allongement [mm]

N :effort normal [N]

E :module d'Young [N/mm²]

S :section droite [mm²]

5.3- Condition de résistance

La contrainte appliquée sur le matériau doit impérativement rester inférieure à la limite pratique à l'extension du matériau, R_{pe} . Cette limite pratique prend en compte, pour des raisons de sécurité bien compréhensibles, différents aléas inhérents aux matériaux et sollicitations appliquées, via un coefficient de sécurité s :

$$\sigma \leq R_{pe}$$

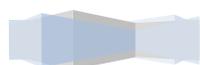
σ : contrainte appliquée [N/mm²]

R_{pe} : limite pratique à l'extension du matériau [N/mm²]

Avec:

$$R_{pe} = \frac{R_e}{s}$$

R_e : limite élastique du matériau [N/mm²]



s : coefficient de sécurité

5.4- Condition de rigidité

Pour des raisons fonctionnelles, il est parfois important de limiter l'allongement. Il doit rester inférieur à une valeur ΔL_m .

D'où la condition de rigidité d'une pièce en traction :

$$\Delta L \leq \Delta L_m$$

5.5- Concentration de contrainte

La concentration de contrainte est un phénomène survenant lorsque la section d'une pièce varie de manière brutale : [trou](#) (perçage), [rainure](#), [épaulement](#), gorge, fond de [fissure](#), ...

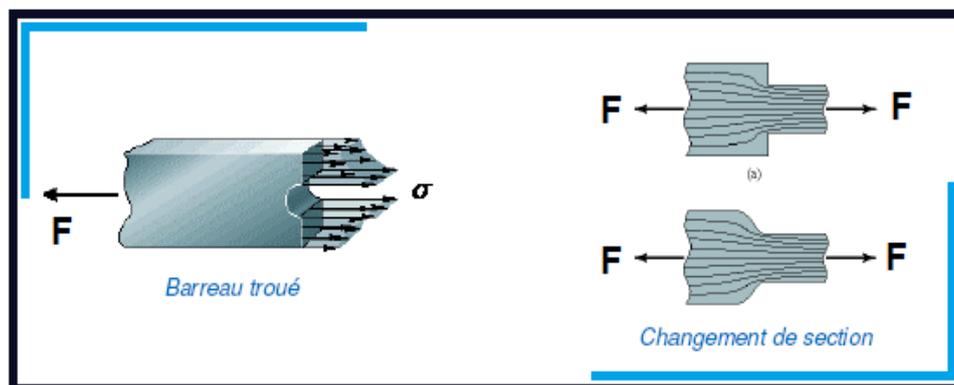
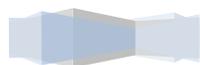


Figure 2.12

Des méthodes analytiques ou expérimentales permettent de déterminer la valeur maximale de la contrainte (σ_{\max}) due à un changement de section.

La contrainte maximum est supérieure à la contrainte uniforme (contrainte théorique ou nominale calculée que nous appellerons σ en traction). On dit qu'il y a concentration de contraintes :



$$\sigma_{\max} = k_t \sigma$$

σ : facteur théorique de concentration de contrainte

Avec : $\sigma = \frac{N}{S}$

Exemples de la détermination de k_t

a-Plaques percée d'un seul trou

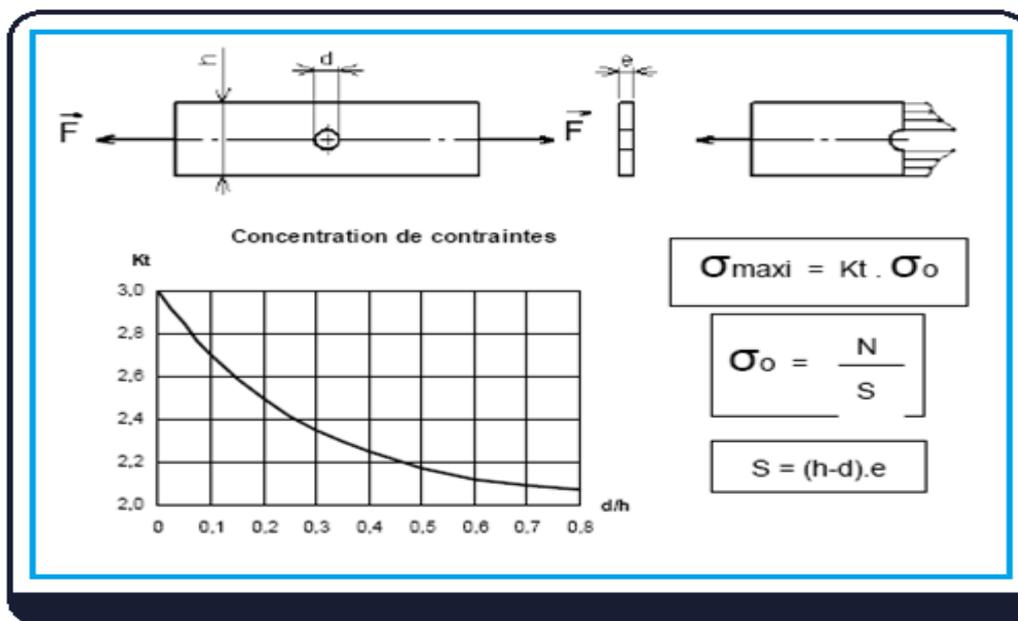
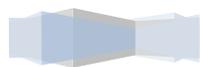


Figure 2.13

b- Arbre avec épaulement



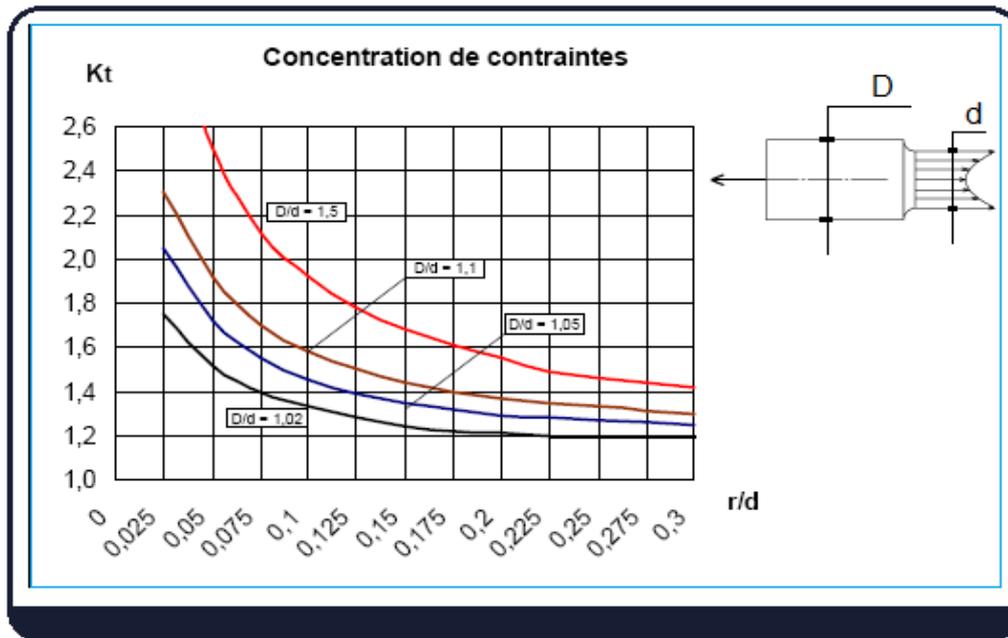


Figure 2.14

