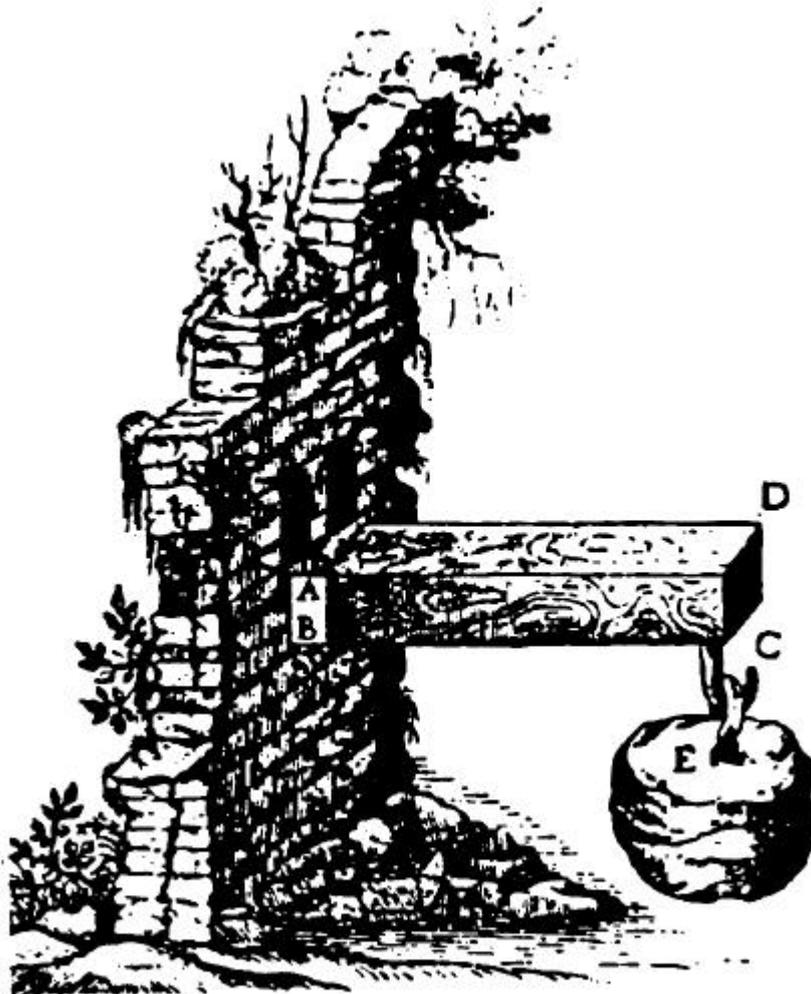


RESISTANCE DES MATERIAUX

RESISTANCE DES MATERIAUX



NOTION DE CONTRAINTE



Gravure montrant l'essai d'une poutre en flexion

RESISTANCE DES MATERIAUX

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

RESISTANCE DES MATERIAUX

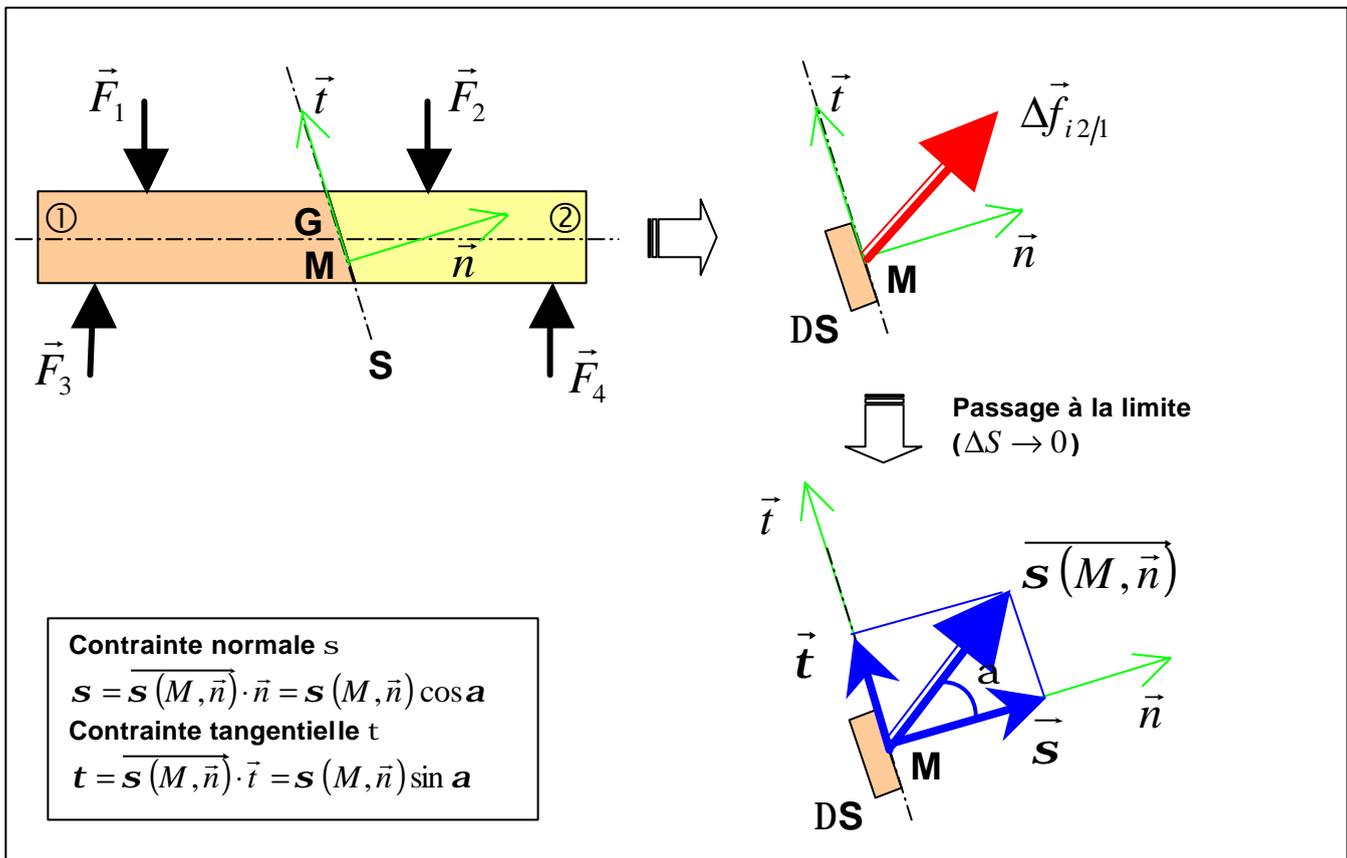
SOMMAIRE

| | |
|---|----------|
| 1. CONTRAINTES | 4 |
| 1.1 NOTION DE CONTRAINTE..... | 4 |
| 1.1.1 <i>A quoi sert le calcul des contraintes ?.....</i> | <i>4</i> |
| 1.1.2 <i>Peut-on observer une contrainte ?.....</i> | <i>5</i> |
| 1.1.3 <i>Quels sont les paramètres qui influencent les contraintes ?.....</i> | <i>5</i> |
| 1.2 CONCENTRATION DE CONTRAINTES..... | 5 |
| 1.3 NOTIONS SUR LES COEFFICIENTS DE SECURITE..... | 6 |



1. Contraintes

1.1 Notion de contrainte



Remarque : $\sum \Delta \vec{f}_{i2/l} = \vec{R}_{2/l} =$ somme des $\Delta \vec{f}_i$ pour toute la coupure

Définition : on appelle contrainte $\overline{\mathbf{s}(M, \vec{n})}$ en M, dans la direction \vec{n} , la limite lorsque ΔS tend vers zéro, du rapport entre l'effort $\Delta \vec{f}_{i2/l}$ et l'aire ΔS entourant le point M.

Autrement dit :
$$\overline{\mathbf{s}(M, \vec{n})} = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{f}_{i2/l}}{\Delta S}$$

Remarque : les projections de $\overline{\mathbf{s}(M, \vec{n})}$ sur les directions \vec{n} et \vec{t} donnent respectivement les contraintes normale σ et tangentielle τ .

1.1.1 A quoi sert le calcul des contraintes ?

Expérimentalement, on a défini pour chaque matériau une contrainte limite admissible au-delà de laquelle la pièce subit des détériorations de ses caractéristiques mécaniques, dimensionnelles, voire une

RESISTANCE DES MATERIAUX

rupture. Le calcul de la résistance des matériaux consiste à vérifier que les contraintes engendrées par les sollicitations extérieures ne dépassent pas la contrainte limite admissible par le matériau. Le calcul des contraintes sert à évaluer la « tension » dans la matière.

1.1.2 Peut-on observer une contrainte ?

Une contrainte est un outil de calcul, on ne peut pas l'observer directement, par contre on peut observer ses effets : étude des déformations, étude de la cassure, photoélasticité. A l'aide de ces trois méthodes, on peut évaluer les contraintes dans un matériau, mais le résultat obtenu est moins précis que celui résultant d'un logiciel de calcul par éléments finis.

1.1.3 Quels sont les paramètres qui influencent les contraintes ?

Nous avons vu dans ce qui précède que la contrainte est le rapport d'une force par une surface. Les paramètres qui influencent directement une contrainte sont donc les sollicitations et la section de la poutre.

1.2 Concentration de contraintes

Une contrainte est un effort par unité de surface qui s'exerce dans le matériau. Une contrainte s'exprime en MPa (Méga-Pascal, $1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$).

Imaginons un solide soumis à une contrainte de 100 MPa : cela revient à dire qu'un effort de 100 N est appliqué sur une surface de 1 mm^2 . La contrainte dépend de la valeur de la charge appliquée et de la section concernée du solide. Pour une même charge, la contrainte sera d'autant plus grande que la section est faible, et inversement.

Le phénomène de concentration de contraintes est mis en évidence ci-après, au travers d'exemples de calcul de contraintes réalisés avec un logiciel de calcul par Eléments Finis (RDM Le Mans).



Dans l'exemple ci-dessus, nous avons une poutre soumise à de la traction. L'échelle de couleurs visualise l'intensité de la contrainte dans le matériau. On remarque que la couleur est uniforme (bleu pour ceux qui ont la couleur...), la contrainte est donc identique en tout point de la poutre.

RESISTANCE DES MATERIAUX



Même essai, avec la même poutre mais percée. Cette fois, on remarque que la contrainte n'est plus régulière, elle est plus importante au niveau du trou. En effet, la section étant plus petite pour le même effort, la contrainte augmente.



La même poutre est maintenant soumise à de la flexion pure. Elle est encastrée à gauche et soumise à un effort ponctuel à son extrémité droite. Nous remarquons alors que la contrainte est plus importante au niveau de l'encastrement et du point d'application de la charge. On note également que la ligne moyenne n'est presque pas chargée par rapport au reste de la poutre.

1.3 Notions sur les coefficients de sécurité

Pour qu'une structure (machine, véhicule, immeuble...) puisse supporter en toute sécurité les charges qui normalement la sollicitent, il suffit qu'elle puisse résister à des charges plus élevées. La capacité à supporter ces charges s'appelle la résistance de la structure. Le coefficient de sécurité s est alors défini par :

$$s = \frac{\text{charges admissibles par la structure}}{\text{charges habituellement exercées}} = \frac{\text{résistance réelle de la structure}}{\text{résistance strictement nécessaire}}$$

(Par exemple, on peut exiger une résistance réelle égale à deux fois la résistance strictement nécessaire).

RESISTANCE DES MATERIAUX

Le choix de la valeur de s dépend de la connaissance (ou non) des phénomènes agissant sur la structure : surcharges éventuelles, chocs, type et degré de précision des charges (statiques, dynamiques, répétées...), phénomènes de fatigue, concentrations de contraintes, connaissance et variation des propriétés du matériau, qualité de la fabrication, effets de l'environnement, lubrification, mode de rupture (progressive ou brutale), conséquences d'une rupture sur l'environnement (dégâts matériels, humains, pollution...).

Un coefficient de sécurité trop faible augmente exagérément les risques de rupture. Un coefficient de sécurité trop élevé a également des effets néfastes : augmentation du poids, du prix de revient... s varie le plus souvent de 1 à 10.

Pour un grand nombre de structures, la sécurité est obtenue si, sous charge, les déformations du matériau restent élastiques. Ceci est réalisé lorsque les contraintes en n'importe quel point de la structure restent inférieures à la limite élastique R_e (ou $R_{e0.2}$) du matériau. S est alors défini par :

$$s = \frac{R_e}{R_p} = \frac{\text{limite élastique du matériau}}{\text{contrainte tolérée dans la structure (résistance pratique)}}$$

Pour des matériaux fragiles, il est souvent préférable d'utiliser la résistance à la rupture R_r :

$$s = \frac{R_r}{R_p} = \frac{\text{limite à la rupture du matériau}}{\text{contrainte tolérée dans la structure}}$$

(La valeur de s est alors plus grande dans ce cas)

| Valeurs indicatives | | | | |
|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------------|---|
| s | Charges exercées sur la structure | Contraintes dans la structure | Comportement du matériau | Observations |
| $1 < s < 2$ | régulières et connues | connues | testé et connu | fonctionnement constant sans à-coups |
| $2 < s < 3$ | régulières et assez connues | assez bien connues | testé et connu moyennement | fonctionnement usuel avec légers chocs et surcharges modérées |
| $3 < s < 4$ | moyennement connues | moyennement connues | non testé | |
| | mal connues ou incertaines | mal connues ou incertaines | connu | |

Voilà, c'est tout pour aujourd'hui...

