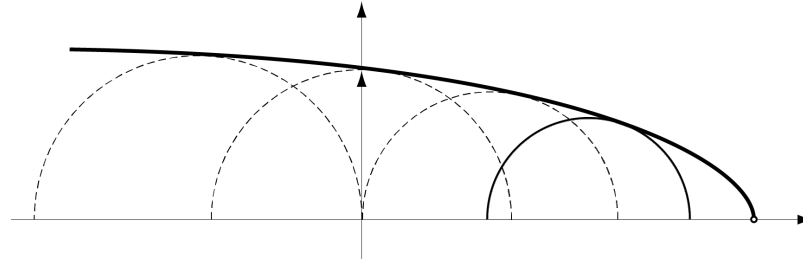


Mécanique des structures



Chapitre 15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Dr. Alain Preneloup
SGM BA3 2024-2025

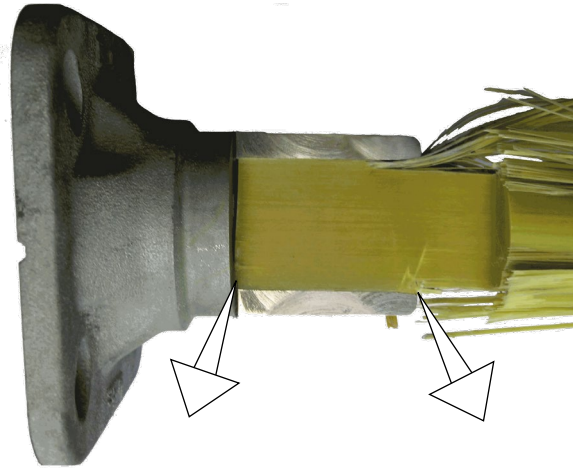
EPFL



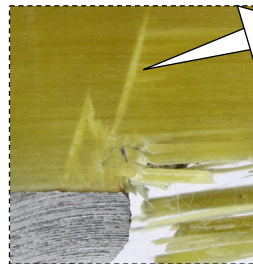
Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Exemples

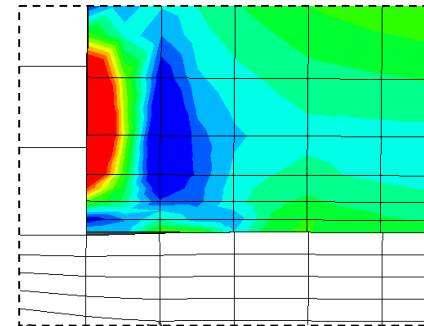
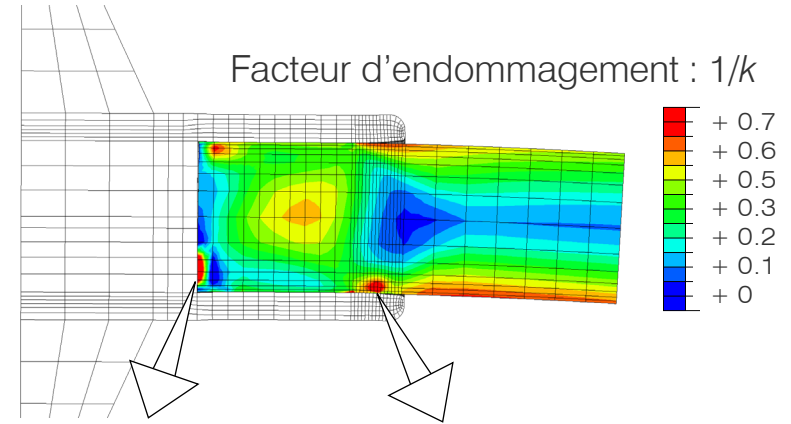
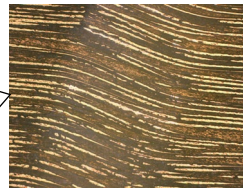
$$1/\kappa(\boldsymbol{\sigma}) = \frac{2\boldsymbol{\sigma}^T \mathbf{F} \boldsymbol{\sigma}}{-\mathbf{f}^T \boldsymbol{\sigma} + \sqrt{(\mathbf{f}^T \boldsymbol{\sigma})^2 + 4\boldsymbol{\sigma}^T \mathbf{F} \boldsymbol{\sigma}}} < 1$$



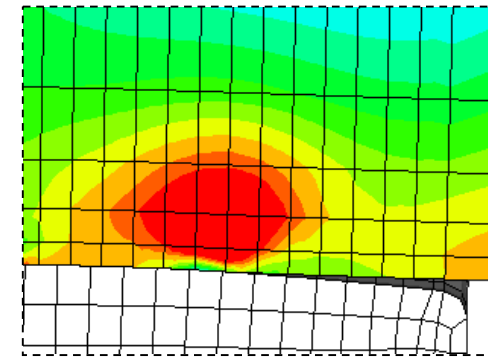
fissures transverses



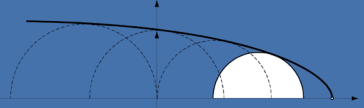
micro-flambage



face arrière



point de contact

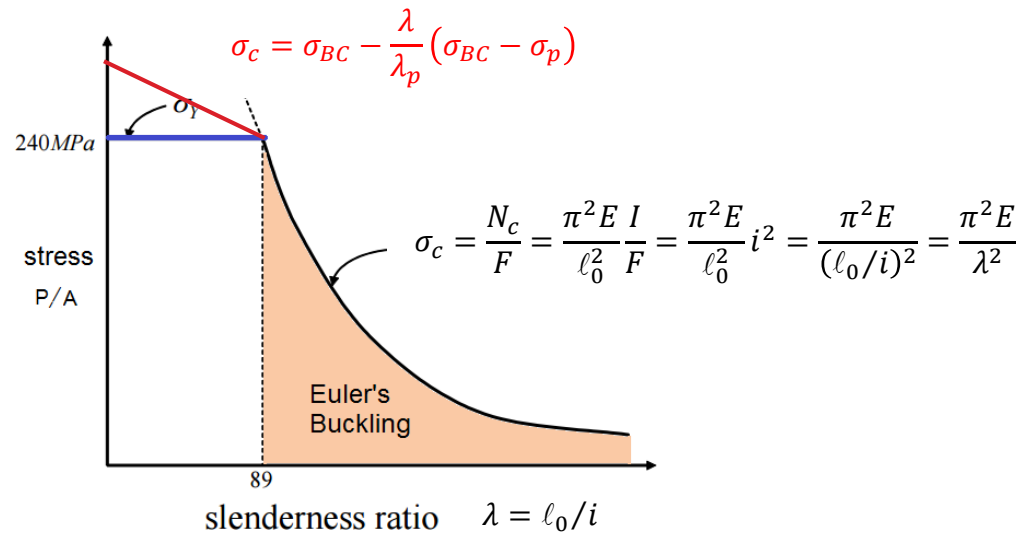


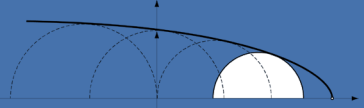
Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Introduction

Un des objectifs de la mécanique des structures est d'évaluer un critère fiables qui détermine quand une structure pourrait être défaillante.

Au chapitre 12, nous avons introduit la notion de flambage qui correspond à un effondrement de la structure apparaissant pour des contraintes inférieures à la limite élastique (yield point).





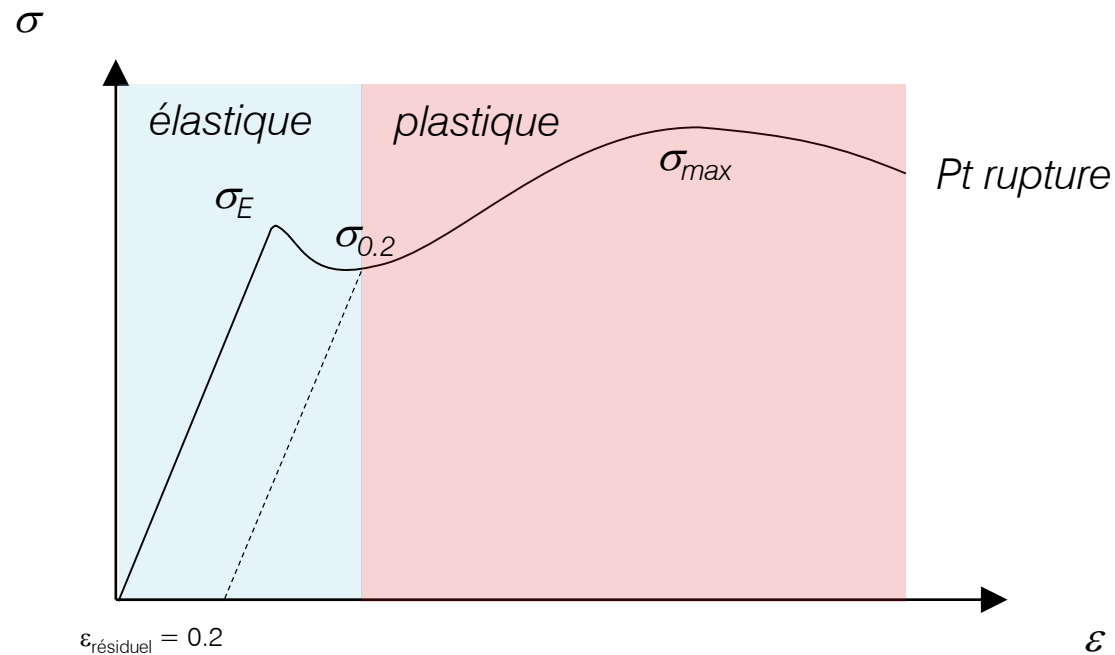
Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

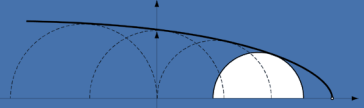
Introduction

Dans le cadre de ce cours nous avons considéré des déformation dans le domaine linéaire élastique. Il est donc naturel de prendre comme critère de défaillance, ou de rupture, la limite élastique.

On définit le facteur de sécurité comme étant le rapport entre contrainte limite élastique et la contrainte maximum prévue.

- $$n = \frac{\sigma_E}{\sigma_{max}}$$

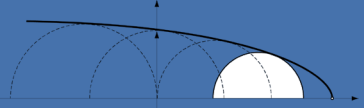




Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Introduction

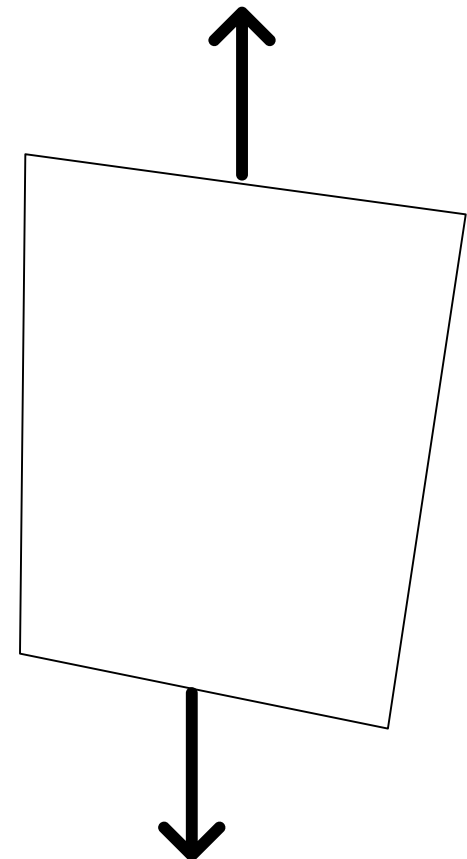
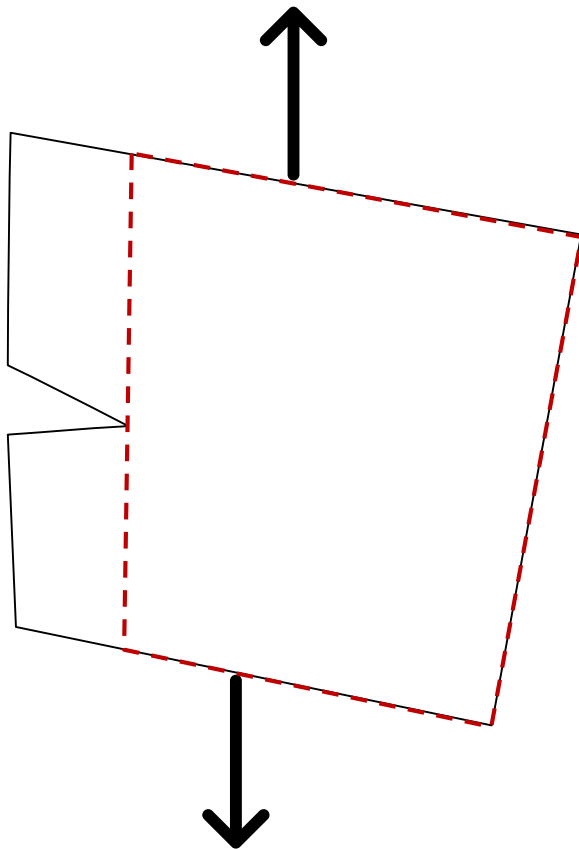
- Les critères de rupture, tel que **von Mises**, permettent d'identifier les zones et les **amplitudes** pour lesquels l'intégrité de la structure n'est plus garantie.
- Les logiciels d'éléments fini permettent une localisation et une évaluation relativement efficace des zones à risque.
- L'**interprétation des résultats numériques** est primordiale pour en comprendre les raisons et proposer une optimisation/renforcement efficace de la structure.
- La **résistance à la fracture** d'un matériau élastique fragile dépend de la force des liaisons intermoléculaires
- Dans la théorie la résistance à la fracture devrait être de l'ordre de $10^{-1} \times \text{Energie liaison}$
- Dans la pratique la résistance à la fracture est plutôt de l'ordre de 10^{-2} à $10^{-4} \times \text{Energie liaison}$
- Pourquoi?

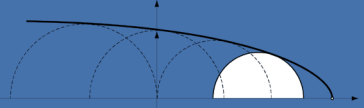


Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Introduction

- La résistance à la fracture est fortement déterminée par les défauts dans le matériau (dislocations dans le cristal, microfissures, impuretés) qui mènent à la concentration de contrainte.
- C'est aussi le domaine de la mécanique de la rupture (fracture mechanics)





Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

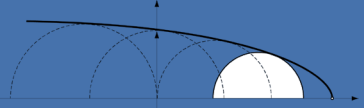
Notions générales

Après avoir déterminé le champ des contraintes dans une pièce, l'*ingénieur* doit encore calculer la *sécurité* de cette pièce, compte tenu de la résistance limite du matériau utilisé.

La notion de sécurité n'est pas aisée à définir car cette *résistance limite dépend* non seulement de l'*intensité des contraintes*, mais encore de leur *variation dans le temps* (contraintes statiques ou cycliques, chocs, ...), ainsi que de la *température* et du temps (fluage). Voir d'autre facteur.

Nous appellerons rupture aussi bien la rupture effective d'un matériau fragile que le dépassement de la limite élastique d'un matériau ductile.



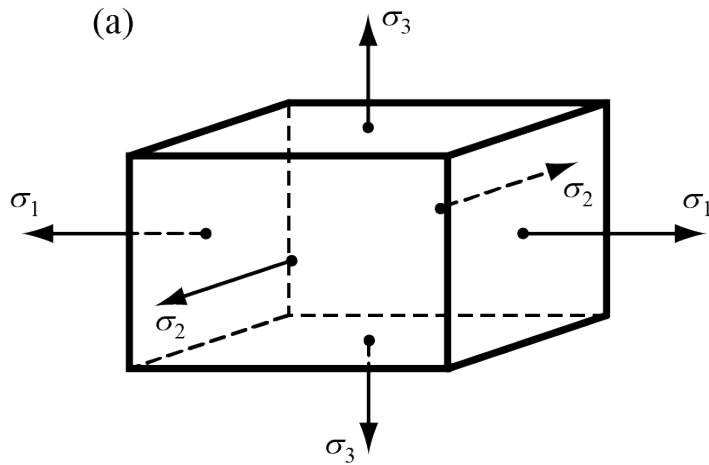


Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Notions générales

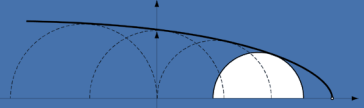
Considérons un élément de matière soumis aux contraintes principales σ_1 , σ_2 et σ_3 .

On appelle *état limite de contrainte* toute combinaison $(\sigma_1 , \sigma_2 , \sigma_3)$ provoquant le dépassement de la limite élastique dans l'élément



La physique du solide est incapable de prévoir exactement quand une combinaison des contraintes devient un état limite

Ceci n'est possible que pour certains cristaux parfaits et quelques combinaisons très particulières des contraintes. Il faudrait une infinité d'essais pour déterminer les combinaison et l'intensité des contraintes jusqu'à la rupture.

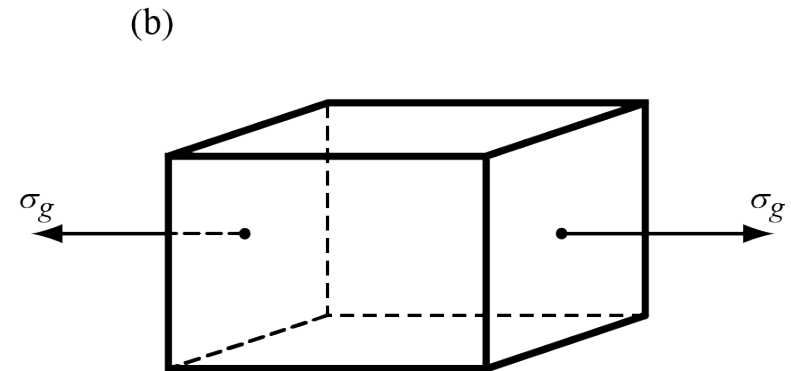
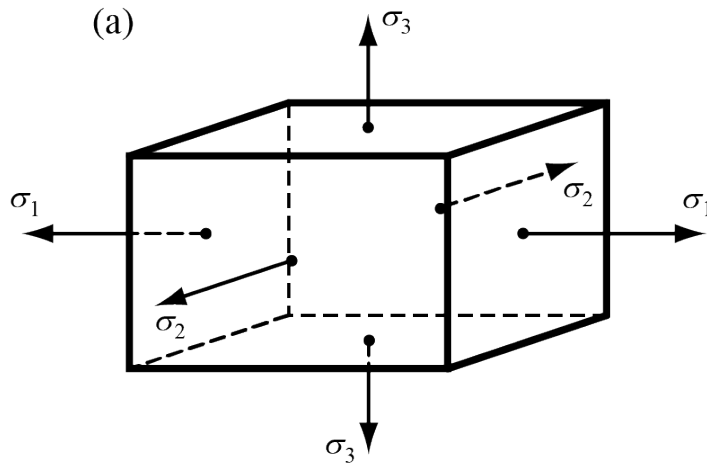


Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Notions générales

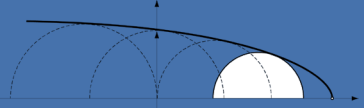
Considérons un élément de matière soumis aux contraintes principales σ_1 , σ_2 et σ_3 .

On appelle *état limite de contrainte* toute combinaison $(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)$ provoquant le dépassement de la limite élastique dans l'élément



A partir d'un état non limite $(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)$, opérons une homothétie du tenseur des contraintes en multipliant chaque contrainte par un nombre n . La plus petite valeur de n pour laquelle $(n \sigma_1, n \sigma_2, n \sigma_3)$ est un état limite est appelée *coefficient de sécurité*.

Cet état de contrainte présente un coefficient de sécurité caractérisé par la *contrainte de comparaison* ou la *contrainte équivalente* de traction simple σ_g

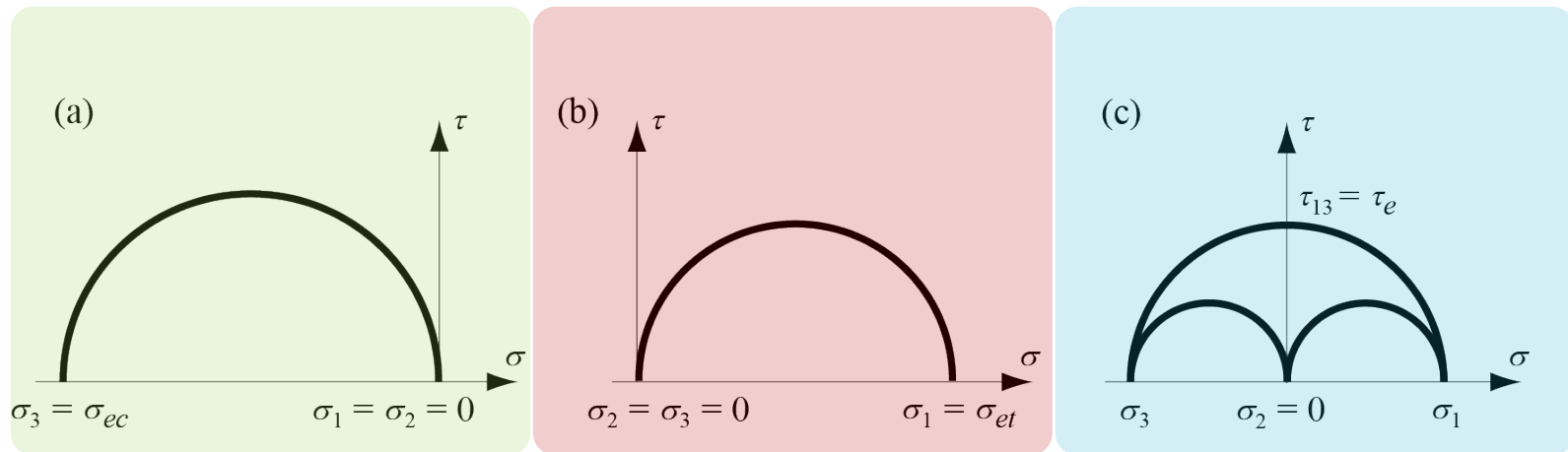


Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

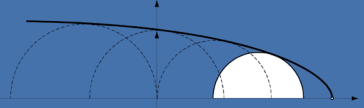
Notions générales

Les théories de la rupture, basées sur certains *critères de rupture* de l'équilibre élastique, ont pour but de permettre la prévision d'un état limite sur la base d'un petit nombre d'essais ou même d'un seul.

Rappelons que les essais classiques des matériaux sont la traction, la compression et la torsion



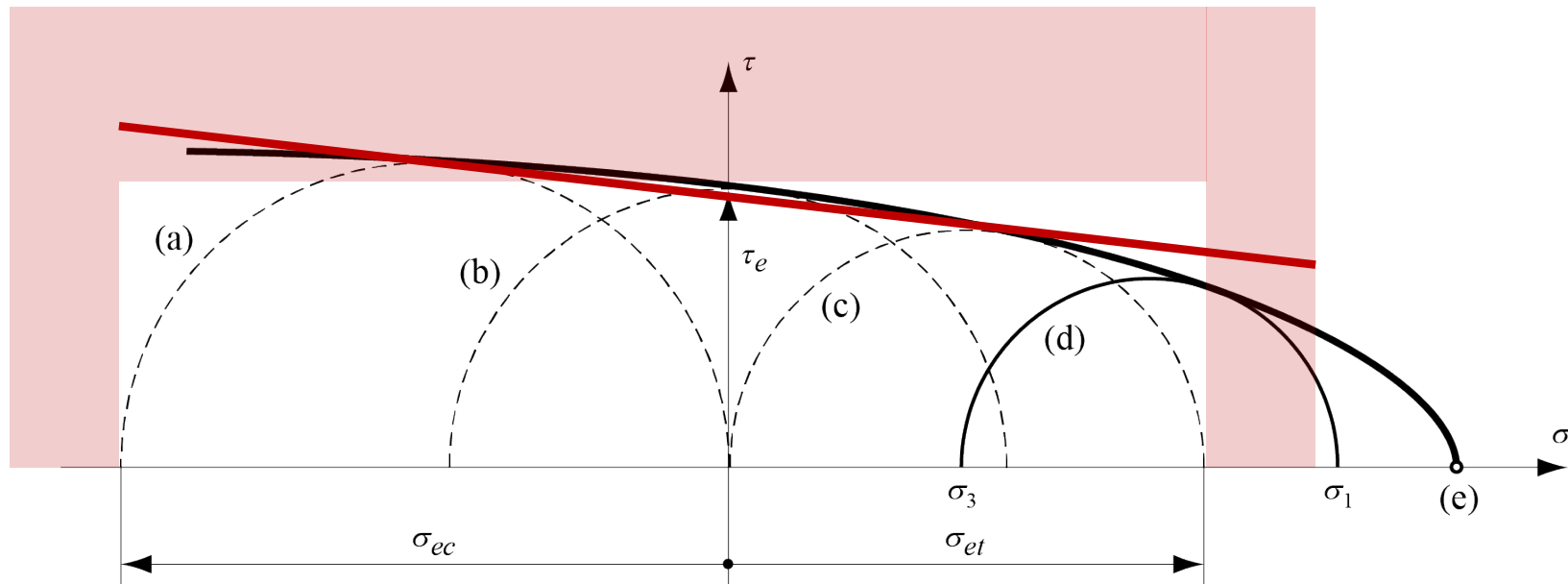
Les critères – ou hypothèses – de rupture de l'équilibre élastique sont nombreux et nous ne mentionnerons ci-après que les trois les plus connus : critères de Mohr-Coulomb, Tresca et finalement von Mises.

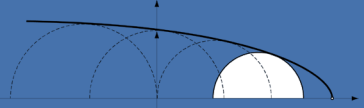


Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Critère de Mohr-Coulomb

Critère de Mohr-Coulomb : La rupture de l'équilibre élastique se produit quand le plus grand des cercles de Mohr, de diamètre $(\sigma_1 - \sigma_3)$, devient tangent à une courbe du plan (σ, τ) , appelée courbe intrinsèque; et caractérisant le comportement du matériau.



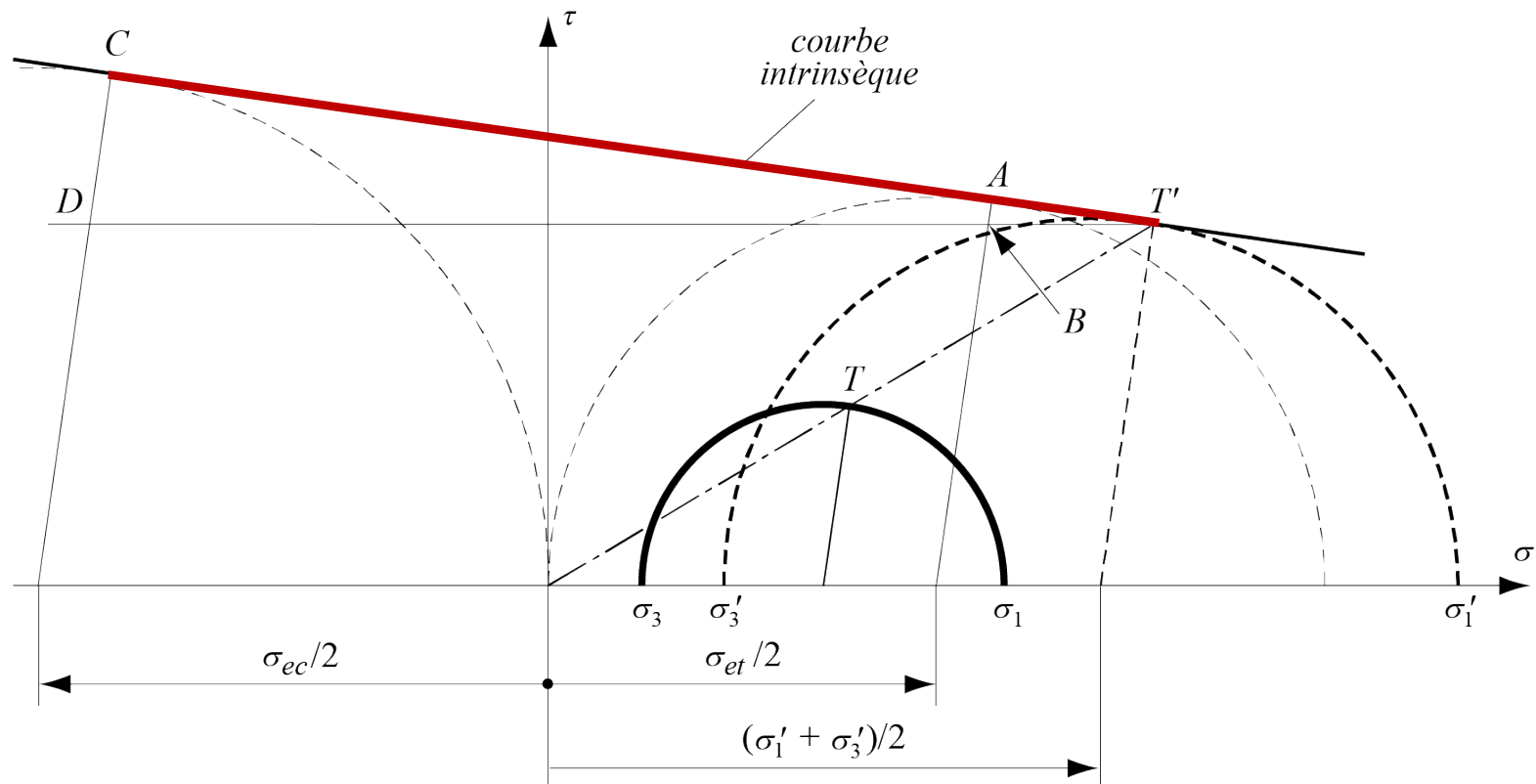


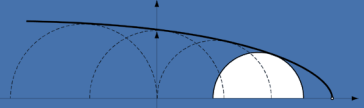
Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Critère de Mohr-Coulomb

Dans sa partie centrale – constituant la portion la plus utile de la courbe –, elle peut être remplacée sans erreur appréciable par une droite tangente aux cercles correspondant à la traction simple et à la compression simple.

- $\sigma'_1 = n\sigma_1$
- $\sigma'_3 = n\sigma_3$





Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

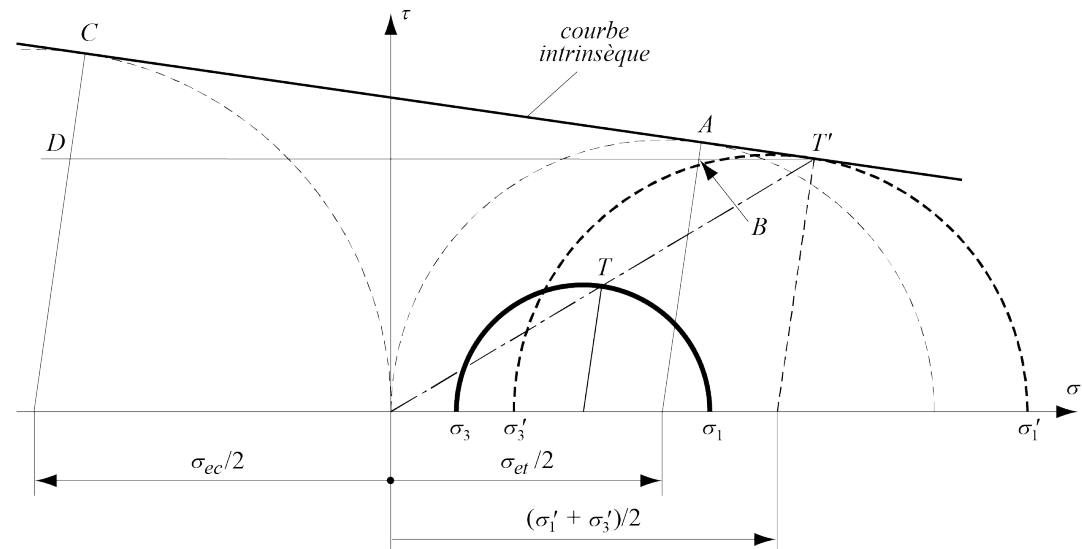
Critère de Mohr-Coulomb

Par le théorème de Thalès

- $\frac{AB}{CD} = \frac{BT'}{DT'}$

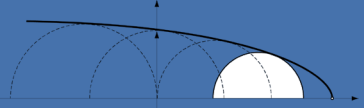
Avec

- $AB = \frac{1}{2}\sigma_{et} - \frac{1}{2}(\sigma'_1 - \sigma'_3)$
- $CD = \frac{1}{2}\sigma_{ec} - \frac{1}{2}(\sigma'_1 - \sigma'_3)$
- $BT' = \frac{1}{2}(\sigma'_1 + \sigma'_3) - \frac{1}{2}\sigma_{et}$
- $DT' = \frac{1}{2}(\sigma'_1 + \sigma'_3) + \frac{1}{2}\sigma_{ec}$



On trouve

- $\sigma_{et}\sigma_{ec} = \sigma_{ec}\sigma'_1 - \sigma_{et}\sigma'_3 = n(\sigma_{ec}\sigma_1 - \sigma_{et}\sigma_3)$



Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

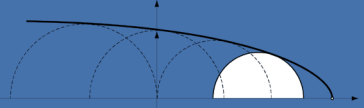
Critère de Mohr-Coulomb

Il s'ensuit que le coefficient de sécurité; n selon le critère de Mohr-Coulomb a pour valeur

- $$n = \frac{\sigma_{et} \sigma_{ec}}{\sigma_{ec} \sigma_1 - \sigma_{et} \sigma_3} = \frac{\sigma_{et}}{\sigma_1 - \frac{\sigma_{et}}{\sigma_{ec}} \sigma_3} = \frac{\sigma_{et}}{\sigma_1 - \alpha \sigma_3}$$

où le facteur α dénote le rapport entre les limites élastiques à la traction σ_{et} et à la compression σ_{ec} , tandis que la **contrainte de comparaison** σ_g de l'état de contrainte considéré est donnée par l'expression

- $$\sigma_g = \frac{\sigma_{et}}{n} = \sigma_1 - \frac{\sigma_{et}}{\sigma_{ec}} \sigma_3 = \sigma_1 - \alpha \sigma_3$$

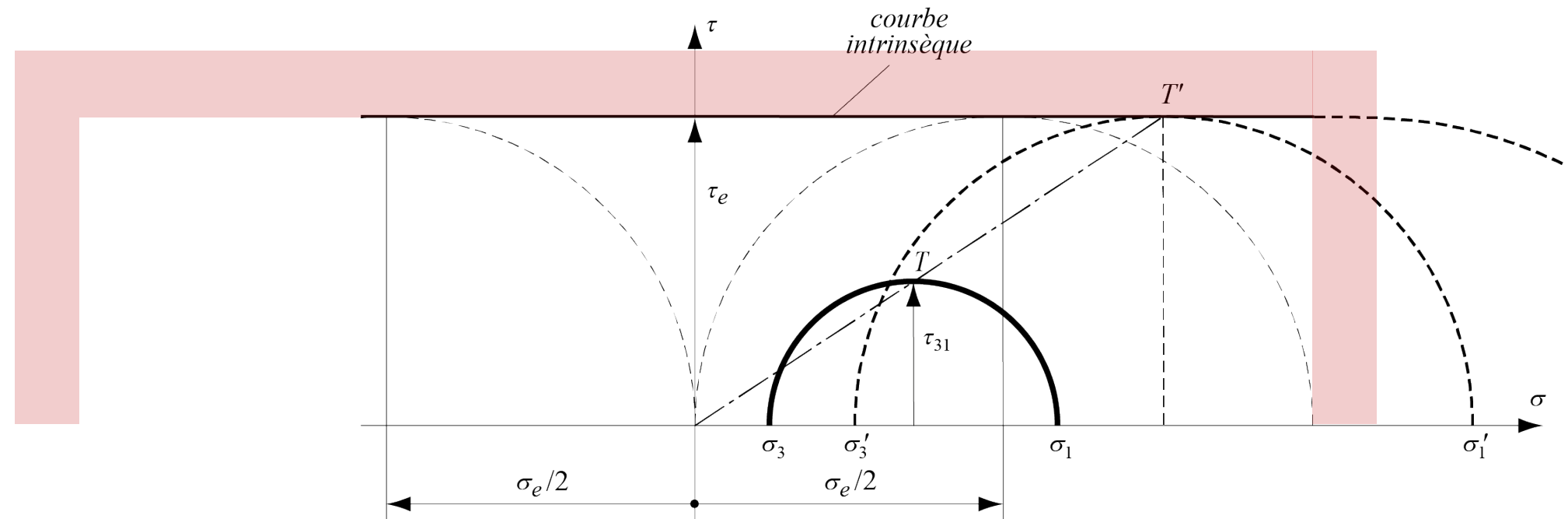


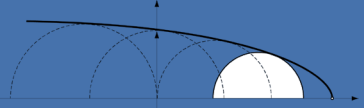
Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Critère de Tresca

Le critère de Tresca, nommé aussi critère du plus grand cisaillement; ou critère de la contrainte tangentielle maxima, admet que la rupture survient dès que la plus grande contrainte de cisaillement $\tau_{13} = (\sigma_1 - \sigma_3)/2$ dépasse la valeur limite déterminée par l'essai de torsion.

Constituant un cas particulier de la théorie de Mohr, il convient bien pour les matériaux ductiles, mais non pour les matériaux fragiles.





Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

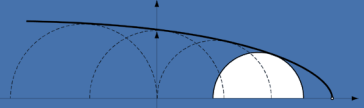
Critère de Tresca

Pour les matériaux ductiles, comme la plupart des aciers et des alliages d'aluminium, les contraintes élastiques de traction et de compression sont pratiquement égales

- $\sigma_{et} = \sigma_{ec} = \sigma_e$

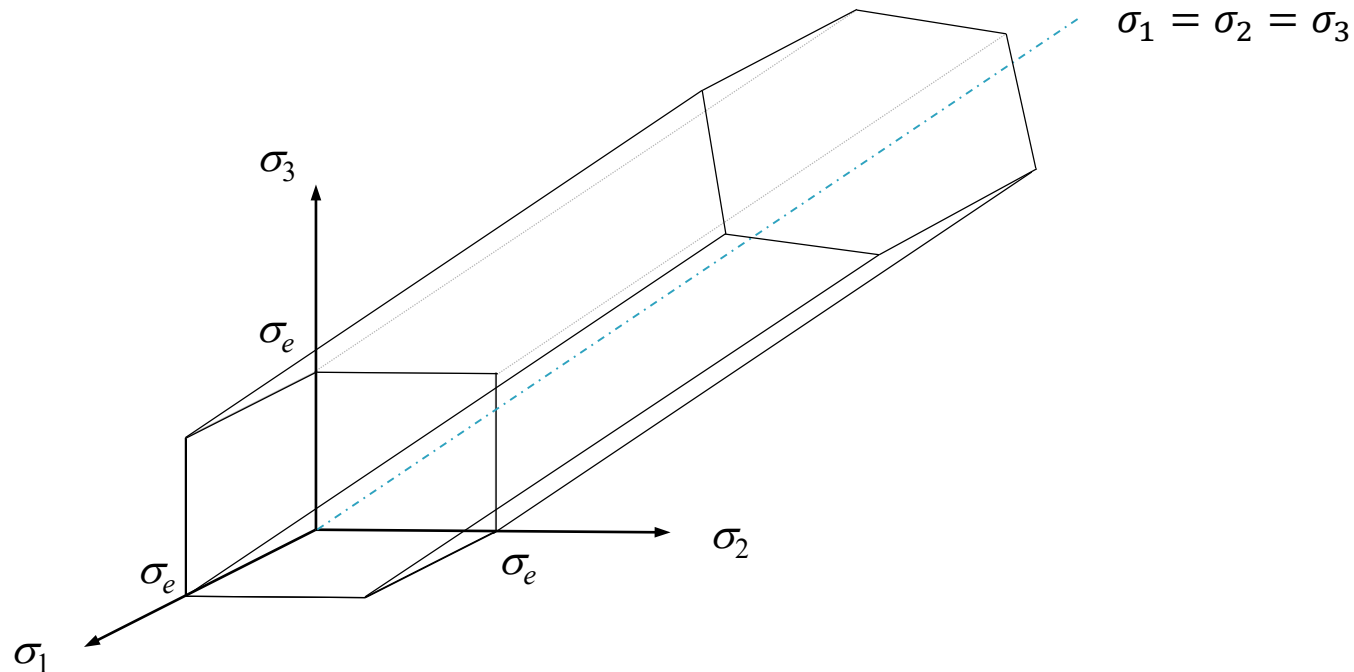
Comme dans ce cas le rapport α entre les limites élastiques à la traction σ_{et} et à la compression σ_{ec} est égal à l'unité, on trouve aisément, le coefficient de sécurité et la contrainte de comparaison valables pour le critère de la contrainte de cisaillement maximale

- $n = \frac{\sigma_e}{\sigma_1 - \sigma_3}$ ou $n = \frac{\tau_e}{\tau_{31}}$
- $\sigma_g = \sigma_1 - \sigma_3$ ou $\sigma_g = 2\tau_{31}$

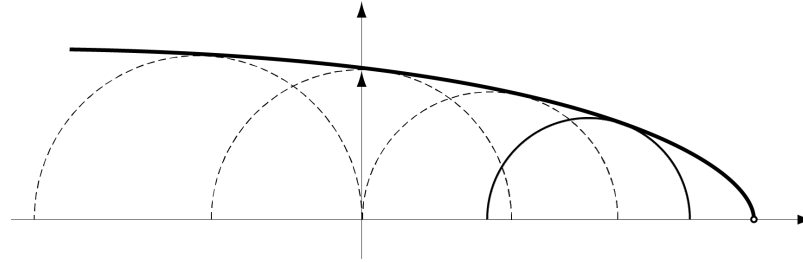


Limites (hypothèses) :

- L'action de la contrainte de cisaillement maximale est prépondérante dans le phénomène de rupture de l'équilibre élastique
- La contrainte principale σ_2 ne joue aucun rôle
- Le matériau pourrait supporté une contrainte de traction infinie dans le cas ou $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = p_0$



Mécanique des structures

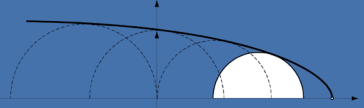


Chapitre 15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Dr. Alain Preneloup
SGM BA3 2024-2025

EPFL





Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Exemple

Supposons un matériau (ductile) dont la résistance à la traction est connue $\sigma_B = 270$ MPa. Les contraintes dans la zone la plus sollicitée de la pièce ont été évaluées ainsi :

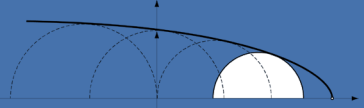
- $\Gamma_\sigma = \begin{bmatrix} 200 & 50 & 0 \\ 50 & -100 & 0 \\ 0 & 0 & 200 \end{bmatrix} \text{ MPa}$

L'approche la plus simple consisterait à évaluer la contrainte principale maximale et la comparer à la contrainte critique donnée. Ces dernières peuvent par exemple être obtenue en posant que le déterminant de la matrice suivante est nul :

- $$\begin{vmatrix} \sigma_x - \sigma_k & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y - \sigma_k & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z - \sigma_k \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 200 - \sigma_k & 50 & 0 \\ 50 & -100 - \sigma_k & 0 \\ 0 & 0 & 200 - \sigma_k \end{vmatrix} = 0$$

- $$(200 - \sigma_k)(-100 - \sigma_k)(200 - \sigma_k) - 50^2(200 - \sigma_k) = 0$$

- $$\begin{cases} \sigma_1 = 208 \\ \sigma_2 = 200 \\ \sigma_3 = -108 \end{cases}$$

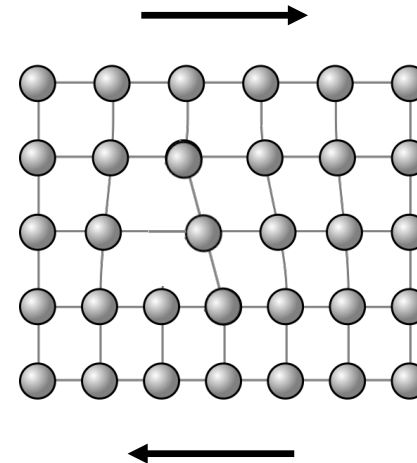
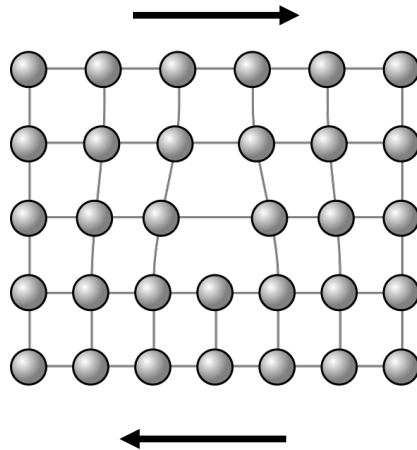


Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

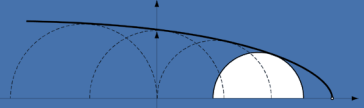
Exemple

Puisqu'aucune de ces contraintes n'atteint la valeur critique $\sigma_B = 270$ MPa on est porté à croire que l'écoulement ne se produit pas, ce qui est inexacte.

Mécanisme d'écoulement (plastification) des matériaux ductiles est due au cisaillement et au mouvement relatif des plans d'atomes due à la présence de dislocation.



C'est cette caractéristique qu'on retient parmi les critères destinés à prédire le début de l'écoulement dans un matériau ductile



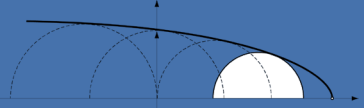
Connaissant les contraintes principales :

- $$\begin{cases} \sigma_1 = 208 \\ \sigma_2 = -108 \\ \sigma_3 = 200 \end{cases}$$

On peut alors calculer la contrainte équivalente de Tresca (critère du plus grand cisaillement).

- $$\sigma_g = \sigma_1 - \sigma_3 = 208 + 108 = 316 \text{ MPa} > 270 \text{ MPa}$$

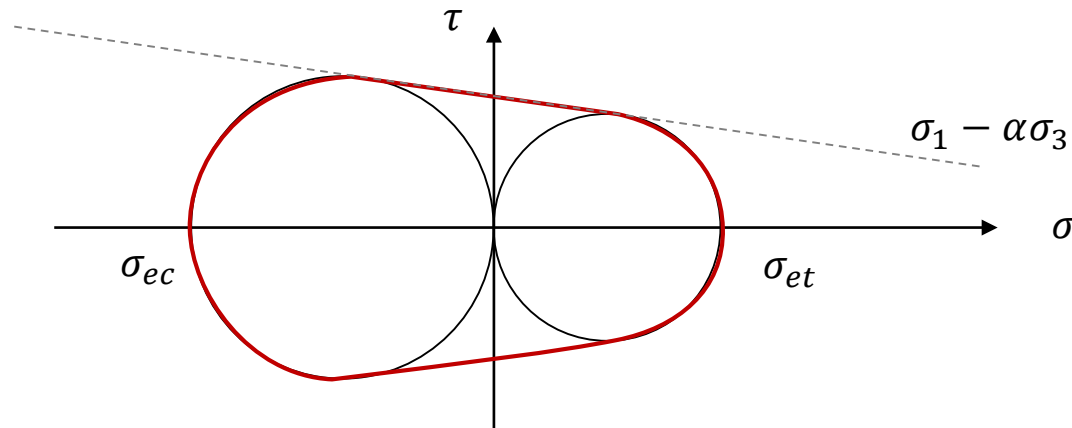
Dans le cas d'un matériau **fragile**, c'est à Griffith que l'on doit l'explication de leur faible résistance à la traction. Les matériaux réels renfermant un **grand nombre de microfissures qui donnent lieu à des concentrations de contrainte élevées**. Ces dernières s'ouvrent et s'allongent sous l'effet d'un champ de contrainte de traction. La rupture finale se produit lorsque les fissures s'agrandissent au point de devenir instable (inversement la compression entraîne la fermeture des microfissures).



Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

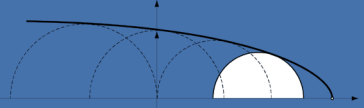
Exemple

Le critère de Mohr prend donc mieux en compte ce comportement. La rupture apparaît dès lors que l'on ne se trouve plus à l'intérieur de l'enveloppe formée des deux cercles de Mohr limites et des tangentes à ces cercle



Connaissant les contraintes principales :

- $$\begin{cases} \sigma_1 = 208 \\ \sigma_2 = -108 \\ \sigma_3 = 200 \end{cases}$$
- $$\sigma_g = \sigma_1 - \alpha\sigma_3 = \sigma_1 - \frac{270}{2\sigma_B}\sigma_3 = 208 + \frac{1}{2}108 = 262 < 270 \text{ MPa}$$



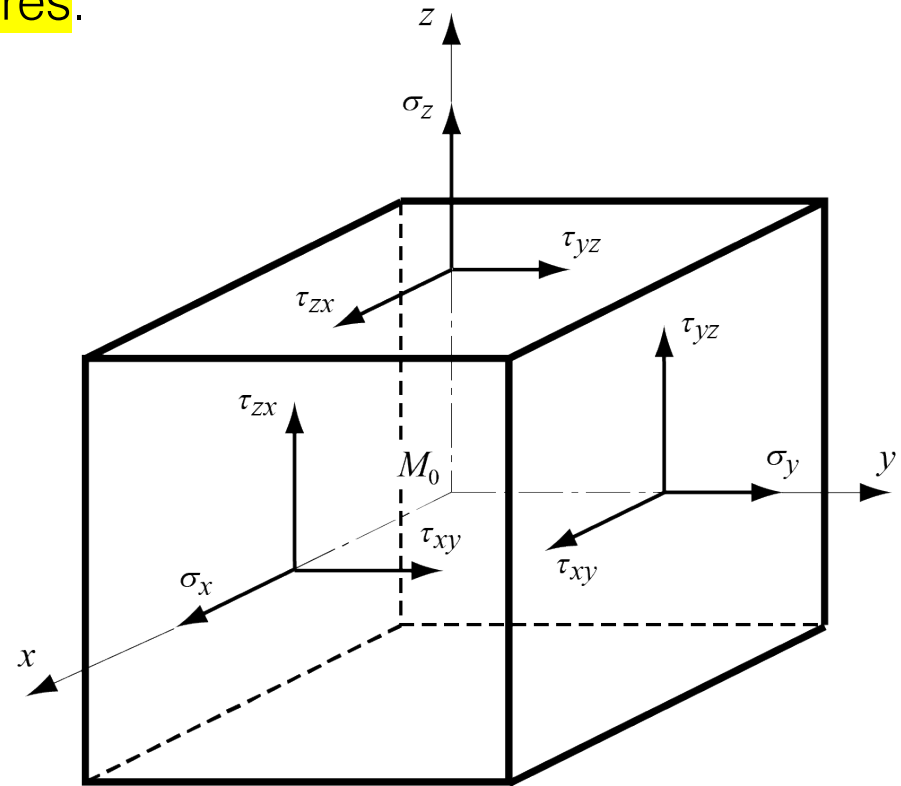
Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

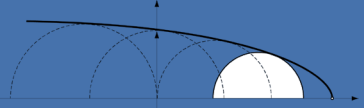
Critère de von Mises

Initialement proposé par Maxwell et examiné par la suite par Huber, von Mises et Hencky notamment, le critère dit de von Mises; ou critère du plus grand travail de distorsion; suppose que la rupture est due à la part de l'énergie de déformation provoquée par les seules déformations angulaires.

Le critère de von Mises peut ainsi s'énoncer comme suit : *L'énergie fournie pour augmenter ou diminuer le volume initial ne joue aucun rôle dans la rupture de l'équilibre élastique, seule l'énergie fournie pour déformer le volume entrant en ligne de compte.*

Calculons maintenant la densité d'énergie de déformation dans un cube de côté unité centré en M_0 afin d'y isoler la contrepartie due à la distorsion.





Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Critère de von Mises

Comme nous l'avons vu au chapitre 3, il est facile de montrer que la densité d'énergie ne dépend que de l'état final de déformation.

En généralisant l'expression de la densité d'énergie de déformation aux trois dimensions, on peut écrire la densité d'énergie pour un état de contrainte de type tridimensionnel sous la forme suivante

- $$u = \frac{1}{2} (\sigma_x \varepsilon_x + \sigma_y \varepsilon_y + \sigma_z \varepsilon_z + \tau_{xy} \gamma_{xy} + \tau_{yz} \gamma_{yz} + \tau_{zx} \gamma_{zx})$$

Rappelons que les allongements relatifs et les angles de glissement sont donnés par

- $$\varepsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \mu(\sigma_y + \sigma_z)]$$

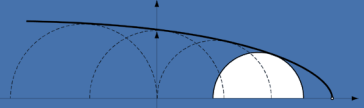
$$\gamma_{xy} = \frac{1}{G} \tau_{xy}$$

- $$\varepsilon_y = \frac{1}{E} [\sigma_y - \mu(\sigma_z + \sigma_x)]$$

$$\gamma_{yz} = \frac{1}{G} \tau_{yz}$$

- $$\varepsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \mu(\sigma_x + \sigma_y)]$$

$$\gamma_{zx} = \frac{1}{G} \tau_{zx}$$



Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

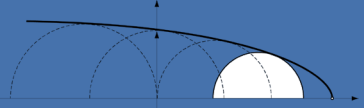
Critère de von Mises

En introduisant les allongements relatifs et les angles de glissement dans l'expression de la densité d'énergie on a :

- $$u = \frac{1}{2E} \left(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 + 2\mu(\sigma_x\sigma_y + \sigma_y\sigma_z + \sigma_z\sigma_x) \right) + \frac{1}{2G} (\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)$$

Si les contraintes principales sont connues, la densité d'énergie prend la forme simplifiée ci-après

- $$u = \frac{1}{2E} [\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + 2\mu(\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_3\sigma_1)]$$



Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Critère de von Mises

En vertu de l'énoncé du critère de von Mises, l'état de contrainte peut être considéré comme la superposition d'une pression hydrostatique p et de contraintes σ'_x , σ'_y et σ'_z provoquant seulement la distorsion

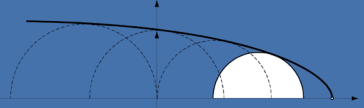
- $$\sigma_x = p + \sigma'_x \qquad \sigma_y = p + \sigma'_y \qquad \sigma_z = p + \sigma'_z$$

Les contraintes σ'_x , σ'_y et σ'_z n'entraînant aucun changement de volume, leur somme est nécessairement nulle. On trouve donc, en additionnant ces relations

- $$p = \frac{1}{3}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)$$

La densité d'énergie de déformation correspondant à la variation de volume est égale au travail des trois contraintes p agissant selon les trois axes M_0x , M_0y et M_0z

- $$\begin{aligned} u_p &= 3 \left(\frac{1}{2} \varepsilon_p p \right) = 3 \left(\frac{1}{2} \frac{1}{E} (1 - 2\mu) p p \right) = \frac{3}{2E} (1 - 2\mu) p^2 \\ &= \frac{1}{6E} (1 - 2\mu) (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)^2 \end{aligned}$$



Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Critère de von Mises

Pour aboutir finalement à la **densité d'énergie de distorsion** cherchée, il suffit de soustraire de la densité d'énergie totale u , la densité d'énergie correspondant à la seule variation de volume u_d

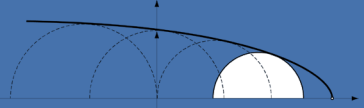
- $u_d = u - u_p$

Avec

- $u = \frac{1}{2E} (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 + 2\mu(\sigma_x\sigma_y + \sigma_y\sigma_z + \sigma_z\sigma_x)) + \frac{1}{2G} (\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)$
- $u_p = \frac{1}{6E} (1 - 2\mu)(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)^2$

On trouve

- $u_d = \frac{1+\mu}{6E} [(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2] + \frac{1}{2G} (\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)$



Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Critère de von Mises

Pour aboutir finalement à la densité d'énergie de distorsion cherchée, il suffit de soustraire de la densité d'énergie totale u , la densité d'énergie correspondant à la seule variation de volume u_d

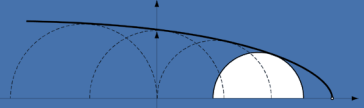
- $$u_d = u - u_p$$
$$= \frac{1+\mu}{6E} \left[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 \right] + \frac{1}{2G} (\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)$$

En remplaçant le module de glissement $G = \frac{E}{2(1+\mu)}$

- $$u_d = \frac{1+\mu}{6E} \left[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2) \right]$$

Si les contraintes principales sont connues l'expression se simplifie comme suit

- $$u_d = \frac{1+\mu}{6E} \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 \right]$$



Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Critère de von Mises

Dans l'essai de traction simple, la contrainte de comparaison σ_g est égale à σ_1 et les deux autres contraintes principales σ_2 et σ_3 sont nulles. La relation précédente devient alors

- $$u_d = \frac{1+\mu}{3E} \sigma_1^2 = \frac{1+\mu}{3E} \sigma_g^2$$

La contrainte de comparaison de l'état de contrainte considéré se détermine finalement par égalisation des relations précédentes

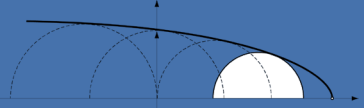
- $$\frac{1+\mu}{3E} \sigma_g^2 = \frac{1+\mu}{6E} \left[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 \right] + \frac{1}{2G} (\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)$$

Et donc

- $$\sigma_g = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}$$

- $$\sigma_g = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}$$

- $$\sigma_g = \sqrt{2} \sqrt{(\tau_{12}^2 + \tau_{23}^2 + \tau_{31}^2)} \quad \text{car par exemple } \tau_{12} = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2)$$



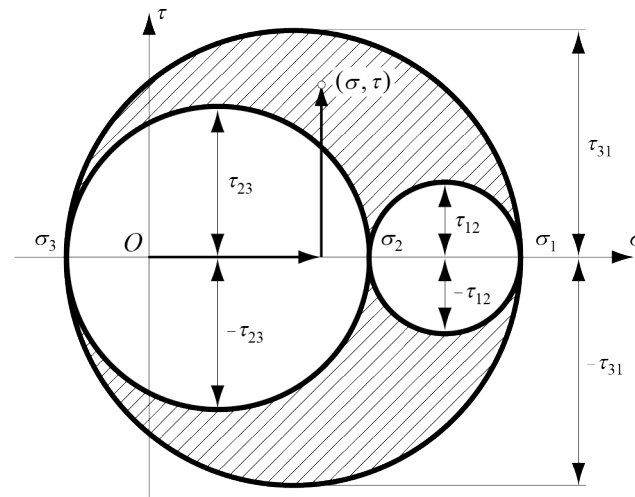
Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Critère de von Mises

Contraint équivalente

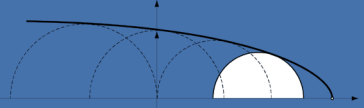
- $$\sigma_g = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}$$

Cercle de Mohr pour exprimer les contraintes de cisaillement max



D'où par exemple pour τ_{13}

- $$\tau_{13} = \pm \frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_3)$$
- $$\sigma_g = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{4(\tau_{12}^2 + \tau_{23}^2 + \tau_{31}^2)} = \sqrt{2} \sqrt{(\tau_{12}^2 + \tau_{23}^2 + \tau_{31}^2)}$$

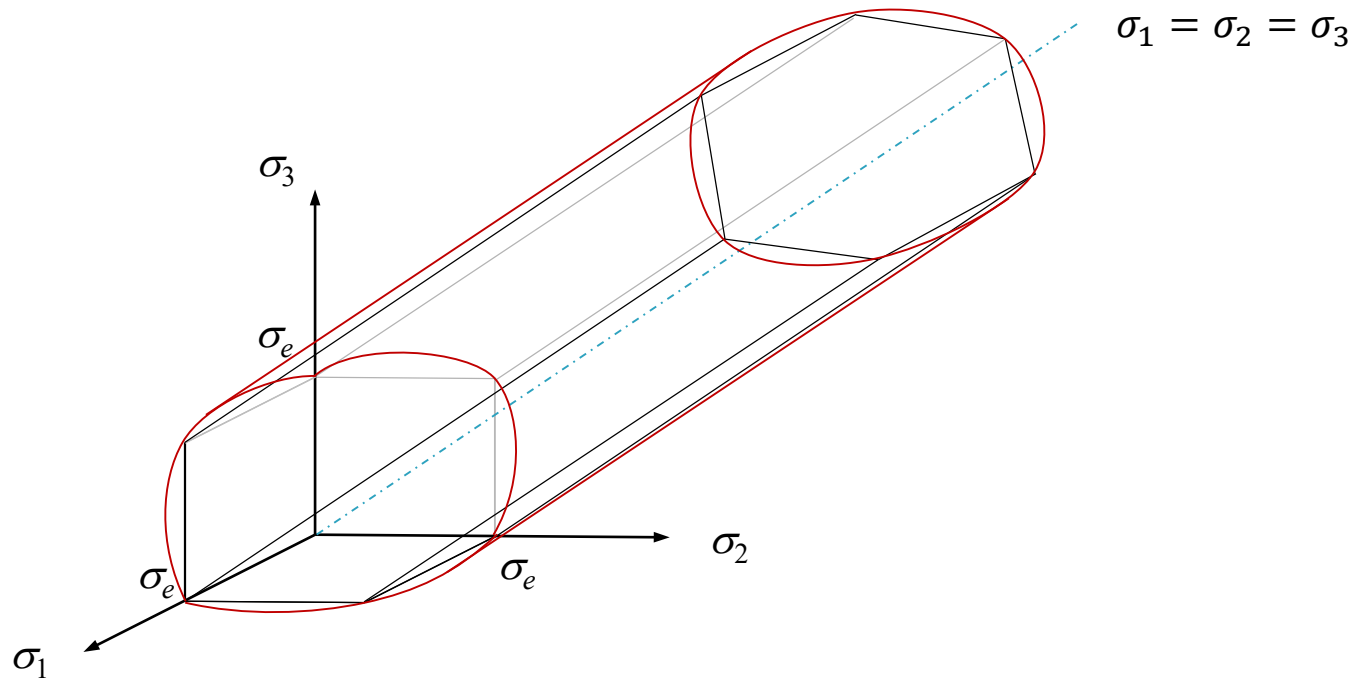


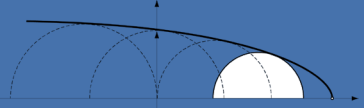
Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Critère de von Mises

Contraint équivalente

- $$\sigma_g = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}$$





Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Problème 15.1 et 15.2

La force de contact d'un engrenage, réduite à l'axe neutre de l'arbre porteur, donne lieu à une force répartie verticale q et un moment de torsion M_t . Pour l'arbre, calculer au moyen du critère de Tresca et von Mises le coefficient de sécurité n aux points A et B de la section C .

Données numériques

$$q = 400 \text{ kN/m}$$

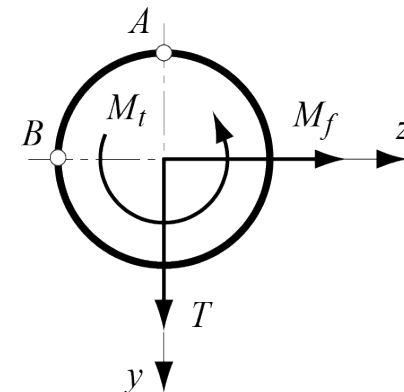
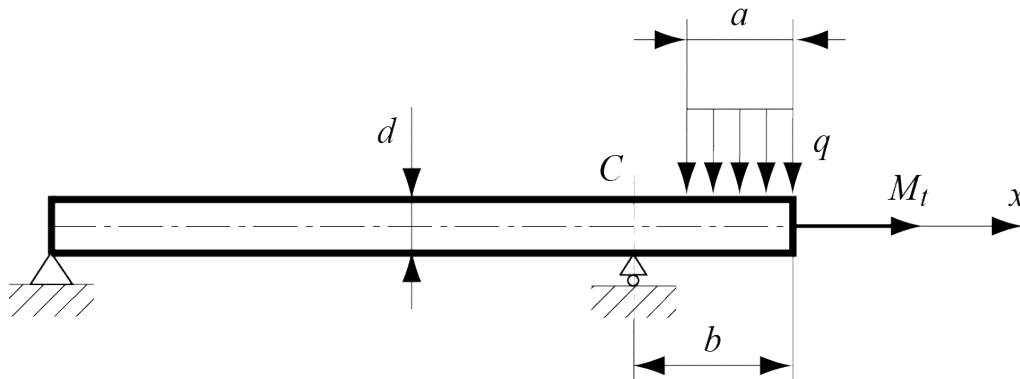
$$M_t = 80 \text{ Nm}$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

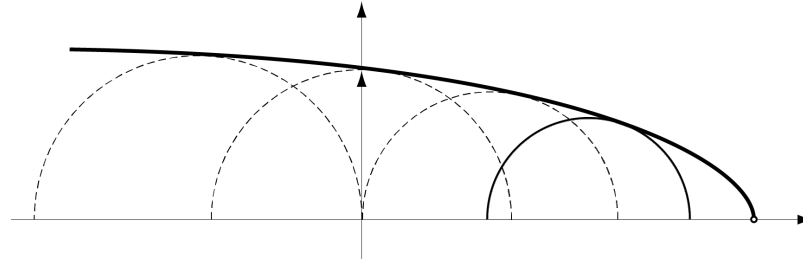
$$a = 20 \text{ mm}$$

$$b = 30 \text{ mm}$$

$$\sigma_e = 280 \text{ MPa}$$



Mécanique des structures

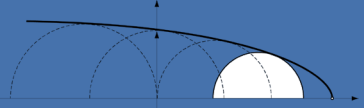


Chapitre 15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Dr. Alain Preneloup
SGM BA3 2024-2025

EPFL





Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Problème 15.1 et 15.2

La force de contact d'un engrenage, réduite à l'axe neutre de l'arbre porteur, donne lieu à une force répartie verticale q et un moment de torsion M_t . Pour l'arbre, calculer au moyen du critère de Tresca et von Mises le coefficient de sécurité n aux points A et B de la section C .

Données numériques

$$q = 400 \text{ kN/m}$$

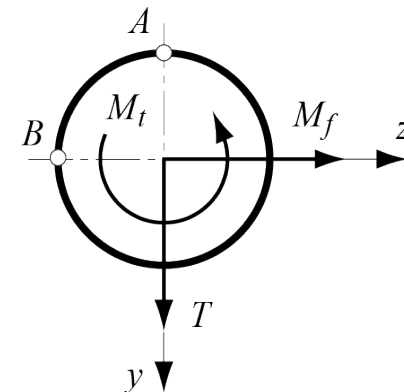
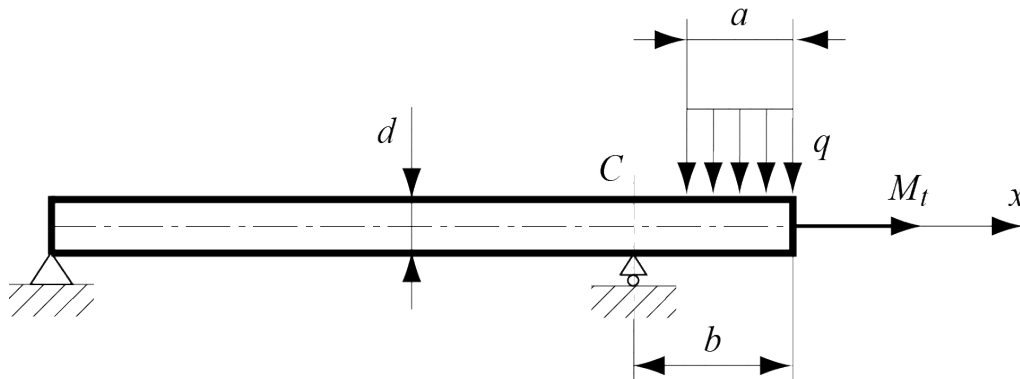
$$M_t = 80 \text{ Nm}$$

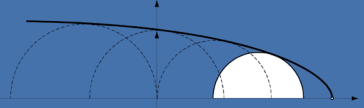
$$d = 20 \text{ mm}$$

$$a = 20 \text{ mm}$$

$$b = 30 \text{ mm}$$

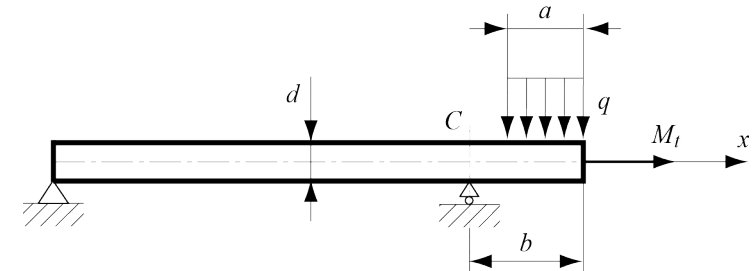
$$\sigma_e = 280 \text{ MPa}$$

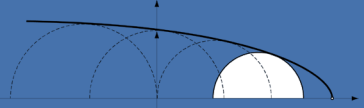




Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

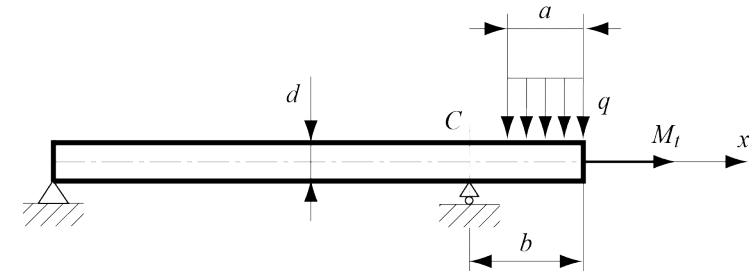
Problème 15.1 et 15.2

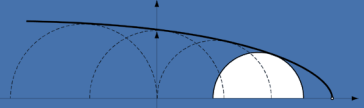




Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

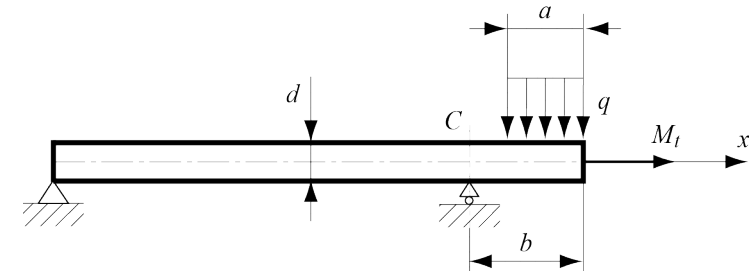
Problème 15.1 et 15.2

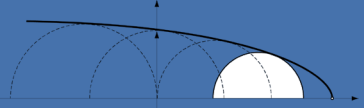




Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Problème 15.1 et 15.2





Ch15 : Critères de rupture de l'équilibre élastique

Problème 15.1 et 15.2

