Université du Québec à Trois-Rivières

le GÉNIE humain

ÉLÉMENTS DE MACHINES
SOLUTIONS DES PROBLÈMES DU CHAPITRE 5

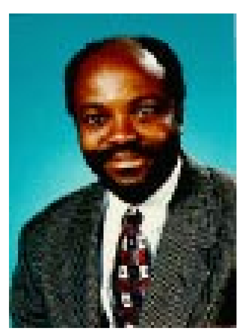
Les problèmes sont tirés de la deuxième édition du livre *Éléments de Machines*. Les auteurs sont des professeurs de l'École Polytechnique de Montréal: Gilbert DROUIN, Michel GOU, Pierre THIRY, Robert VINET. Ce livre est publié aux Éditions de l'École Polytechnique de Montréal.

Ce document est public. Il vise les étudiants qui auront à utiliser ce livre durant leurs études en génie ou dans toutes autres disciplines. Il résout les problèmes du chapitre concernant la fatigue, c'est-à-dire le chapitre 5.

Ce document a été créé par Martin VÉZINA dans le cadre de son projet de fin d'études. Cet étudiant était finissant de la promotion 1997-1998 de génie mécanique de la faculté d'ingénierie de l'École d'Ingénierie de Trois-Rivières.

Le professeur superviseur était Demagna KOFFI. M.Koffi est professeur depuis 1986 au département de génie mécanique de l'École d'Ingénierie de Trois-Rivières.

Trois-Rivières génie mécanique ÉCOLE D'INGÉNIERIE

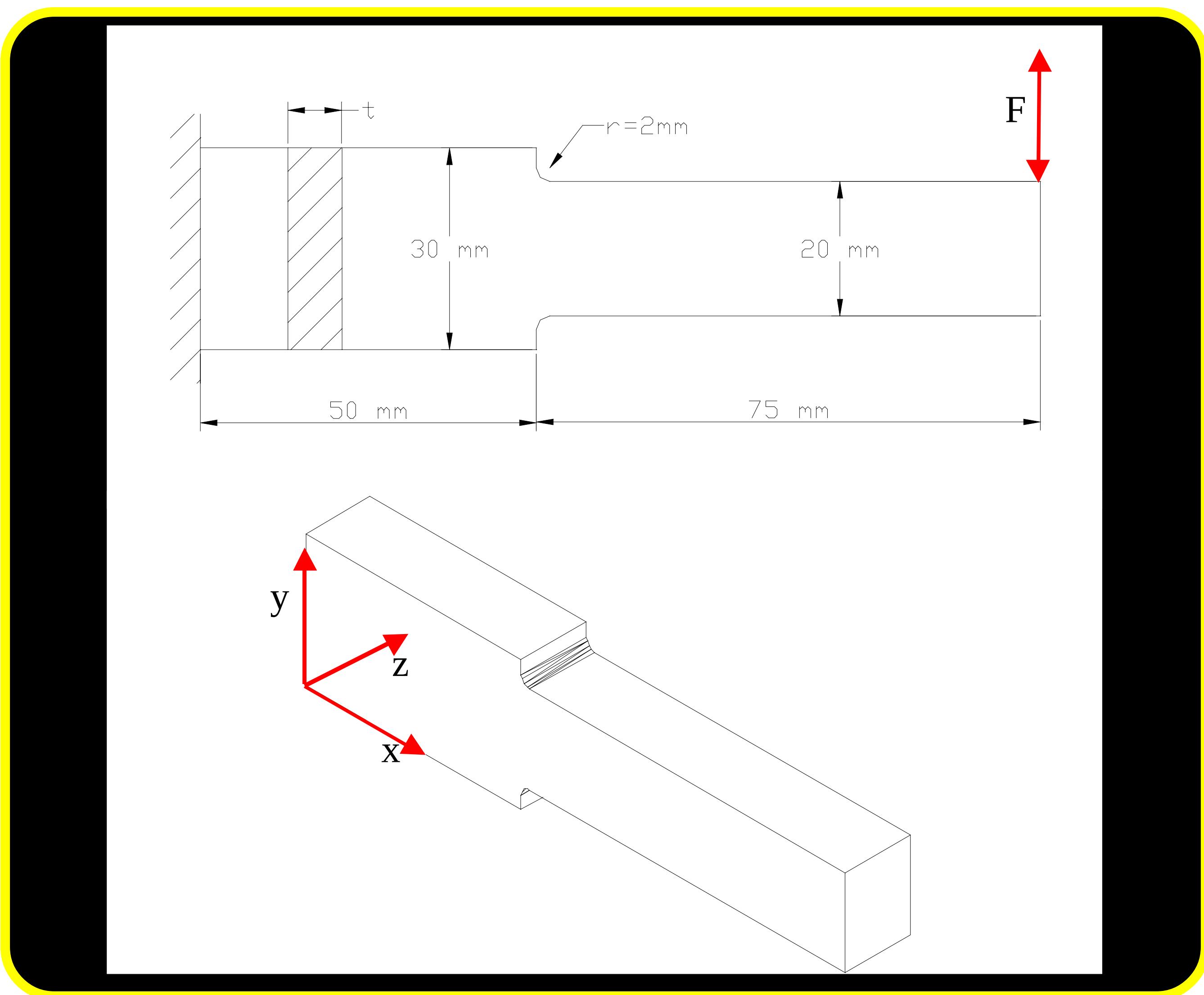


Demagna Koffi Ph.D

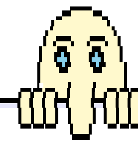
NUMÉRO 1

DESCRIPTION DU PROBLÈME

Une pièce faite d’acier UNS G 10150 étiré à froid est soumise à l’action alternée d’une force F de 500 N, ce qui engendre des contraintes alternées complètement renversées. Pour un facteur de sécurité égal à 2 et une fiabilité de 95%, évaluer l’épaisseur nécessaire pour que la durée de vie de cette pièce soit infinie.



NUMÉRO 1 (SUITE...)



DONNÉES DU PROBLÈME

Acier = UNS G10150 (EF)

F_{max} = 500 N

F_{min} = -500 N

FS = 2

Fiabilité = 95%

$N = \infty$

l_1 = 0.075 m

r = 0.002 m

d = 0.020 m

D = 0.030 m

DONNÉES COMPLÉMENTAIRES

S_{ut} = 390×10^6 Pa

S_y = 320×10^6 Pa

S'_e = $0.5S_{ut}$ = 195×10^6 Pa

r/d = 0.1

D/d = 1.5

q = 0.74

K_a = 0.86

K_b = 0.85

K_c = 0.868

K_d = 1

K_e = 1/[0.74(1.85-1)+1] = 0.614

K_f = 1

K_t = 1.85

$S_e = K_aK_bK_cK_dK_eK_fS'_e$

$S_e = (0.86)(0.85)(0.868)(0.614)(195 \times 10^6) = 75.97 \times 10^6$ Pa

CALCULS DES CONTRAINTES

$$F_m = (F_{max} + F_{min}) / 2 = (500 - 500) / 2 = 0$$

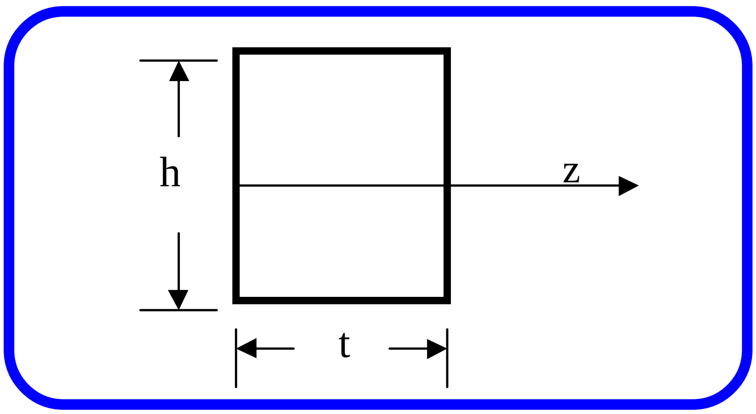
$$F_a = (F_{max} - F_{min}) / 2 = (500 + 500) / 2 = 500 \text{ N}$$

NUMÉRO 1 (SUITE...)

CONTRAINTES DE FLEXION

$$\sigma_y = \tau_{xy} = 0$$

$$\sigma_x = \frac{M\,c}{I} = \frac{F\,l_1\,c}{I}$$



$$I_z = \frac{t\,h^3}{12}$$

$$c = \frac{h}{2}$$

$$\sigma_x = \frac{F_y\,l_1\,h}{2} * \frac{12}{t\,h^3} = \frac{6F_y\,l_1}{t\,h^2}$$

Contraintes alternées complètement renversées

$$\sigma_a = \frac{6\,F_a\,l_1}{t\,h^2}$$

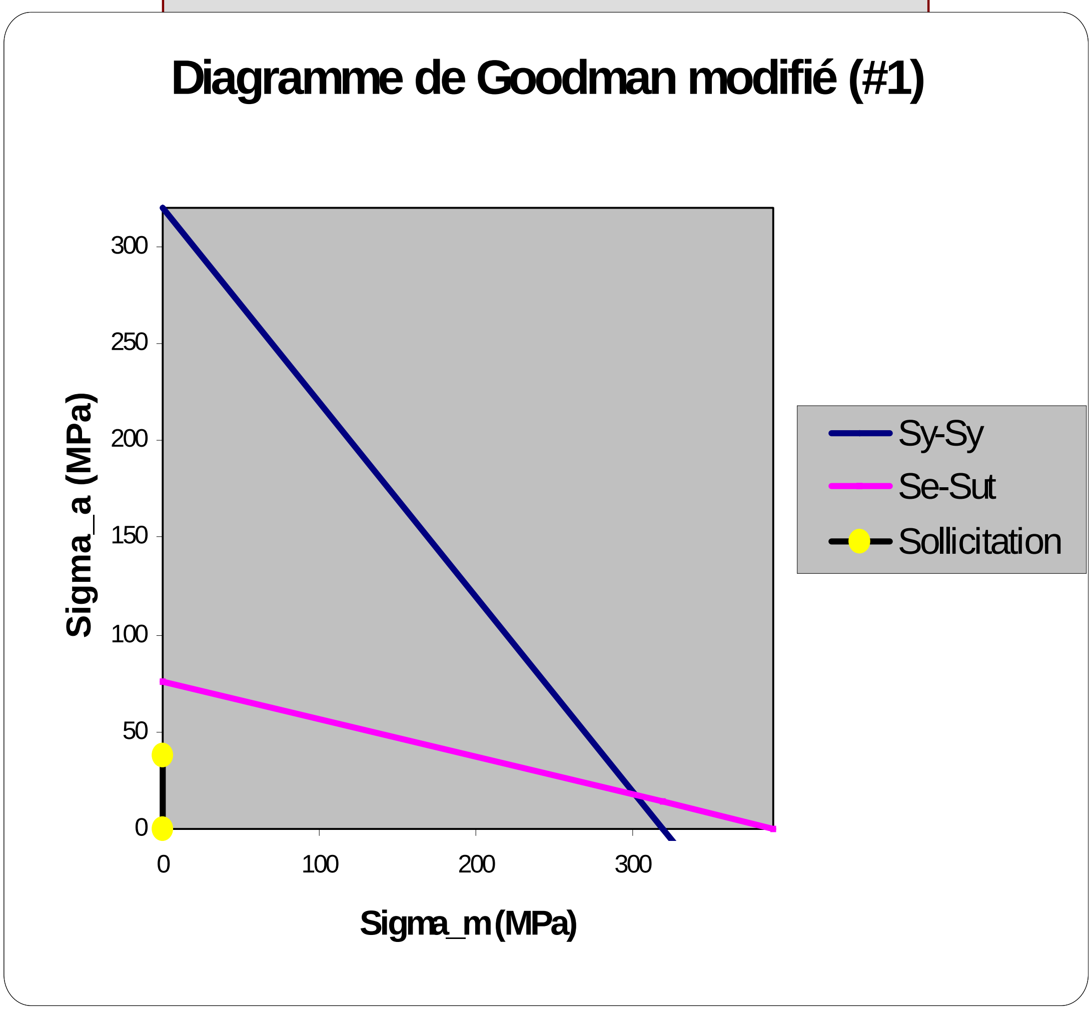
NUMÉRO 1 (SUITE...)

RÉSISTANCE À LA FATIGUE

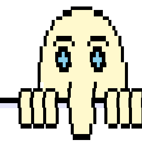
$$FS = \frac{S_e}{\sigma_a}$$

$$t = \frac{6\ F\ l_1\ FS}{h^2\ S_e}$$

$t \cong 0.0148$ m $\cong 14.8$ mm



NUMÉRO 1 (SUITE...)



VÉRIFICATION À L'ENCASTREMENT

$K_a = 0.86$ $\qquad$ $l_t = l_1 + l_2 = 0.125$ m

$K_b = 0.85$ $\qquad$ $h = 0.030$ m

$K_c = 0.868$

$K_d = 1$

$K_e = 1$

$K_f = 1$

$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S'_e$

$S_e = (0.86)(0.85)(0.868)(195 \text{ X } 10^6) = 123.73 \text{ X } 10^6$ Pa

$$t = \frac{6\,F\,l_t\;FS}{h^2\;S_e} \leq 0.0148\;\text{mm}$$

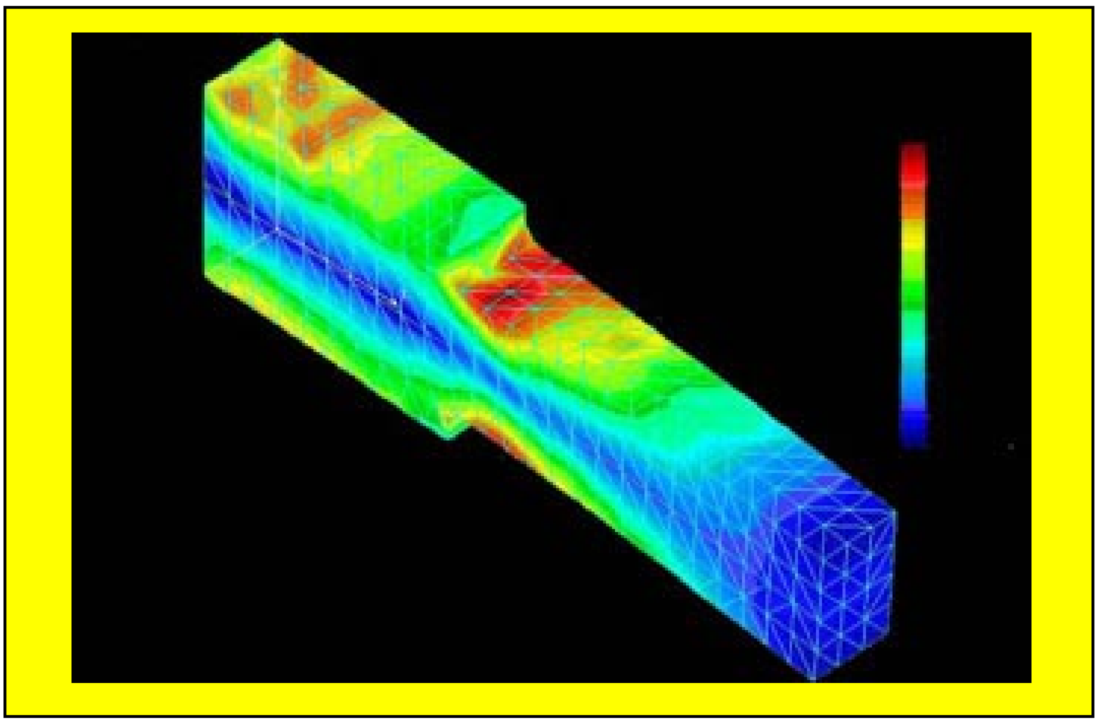
$$t = 0.0067\;\text{mm} \qquad \textit{OK!}$$

Avec la même épaisseur (t = 14.8 mm), quelle serait la longueur critique de la première partie?

$$l_2 = \frac{t\,h^2\,S_e}{6\,F\,FS} - l_1 \cong 200\,\text{mm}$$

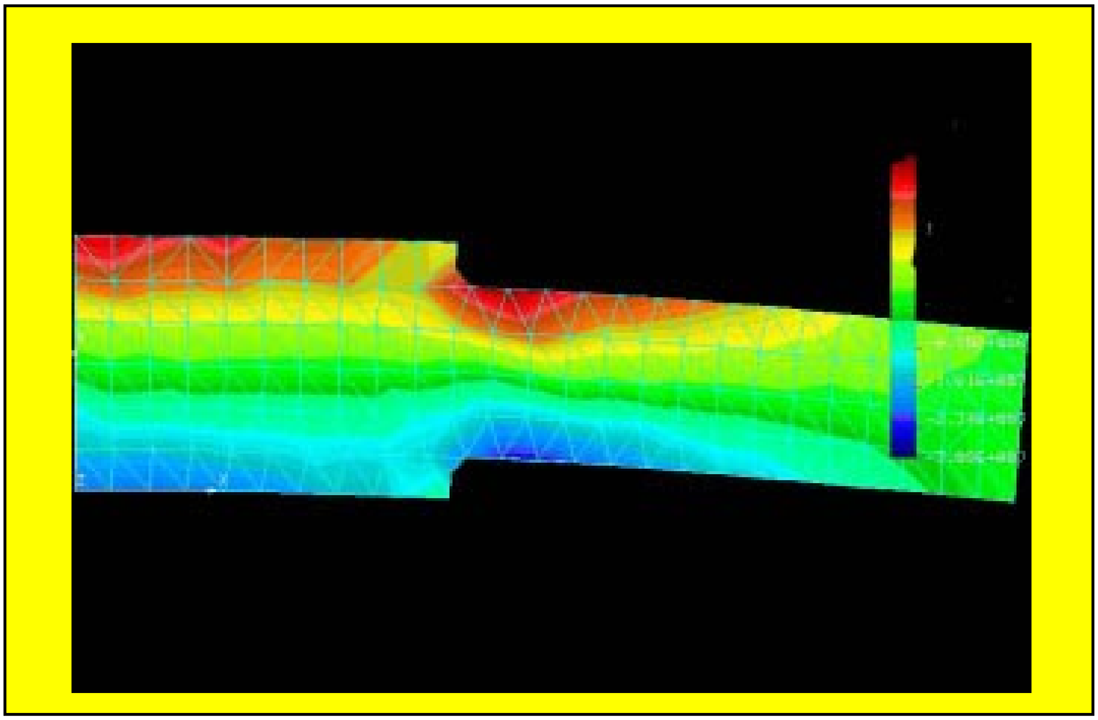
NUMÉRO 1 (SUITE...)

VISUALISATION DES CONCENTRATIONS DE CONTRAINTES À L'AIDE DES ÉLÉMENTS FINIS



Note: Le facteur d'agrandissement des déformations = 100

NUMÉRO 1 (SUITE...)

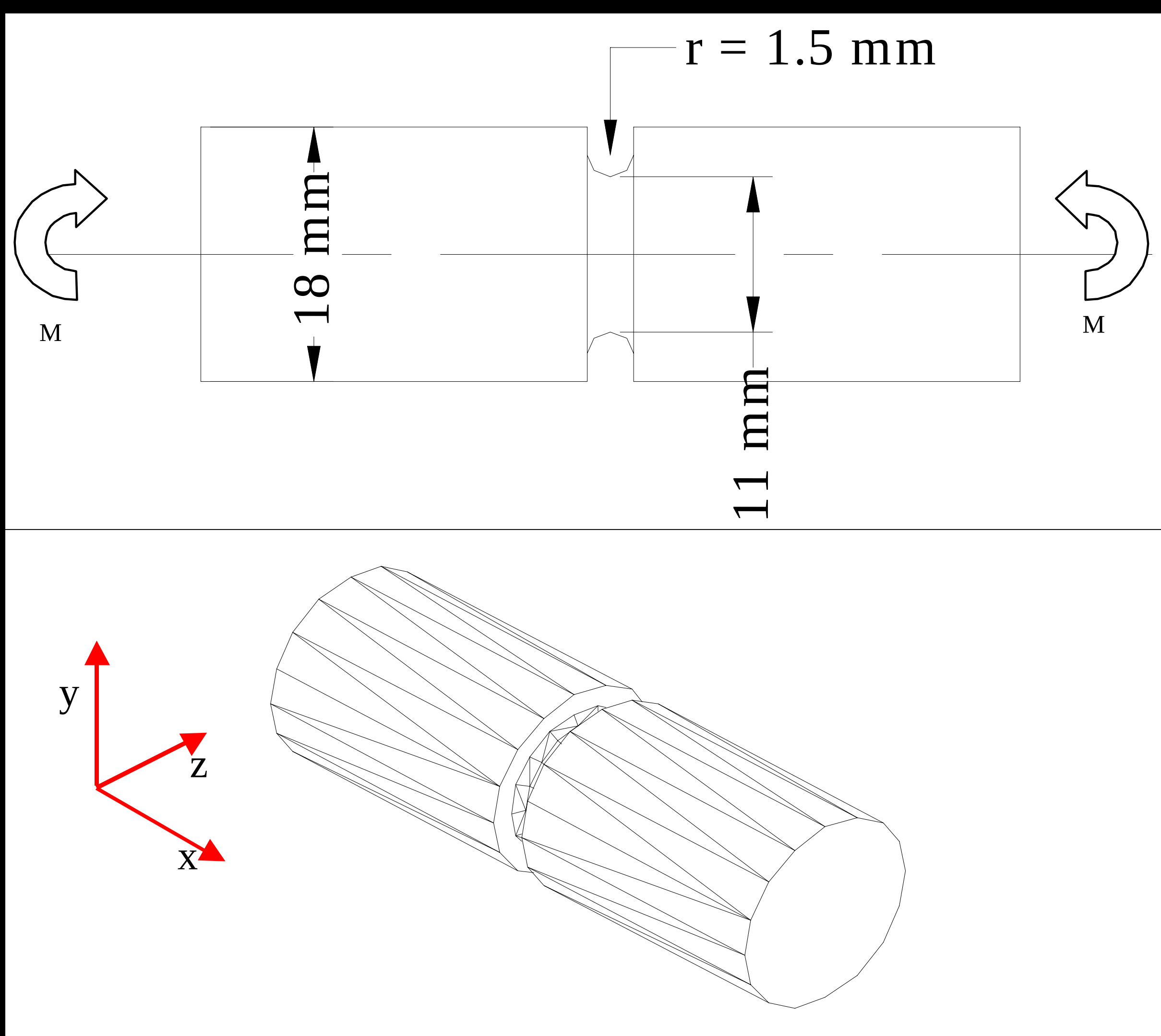


Note: Le facteur d’agrandissement des déformations = 100

NUMÉRO 2

DESCRIPTION DU PROBLÈME

Un arbre est fait d'acier UNS G 92550 laminé à chaud et poli. Il tourne et il est soumis à l'action d'un moment fléchissant constant. Pour un facteur de sécurité égal à 2 et une durée de vie de 100 000 cycles, déterminer la valeur du moment maximal qu'on peut appliquer.



NUMÉRO 2 (SUITE...)

DONNÉES DU PROBLÈME

Acier = UNS G92550 (LC)

Poli

M = constant

FS = 2

M_{max} = ?

N = 100 000 cycles

r = 0.0015 m

d = 0.011 m

D = 0.018 m

DONNÉES COMPLÉMENTAIRES

$S_{ut} = 790 \text{ X } 10^6$ Pa

$S_y = 540 \text{ X } 10^6$ Pa

$S'_e = 0.5S_{ut} = 395 \text{ X } 10^6$ Pa

r/d= 0.14

D/d= 1.64

q= 0.81

$K_a = 1$

$K_b = 0.85$

$K_c = 1$

$K_d = 1$

$K_e = 1/[0.81(1.84-1)+1] = 0.595$

$K_f = 1$

$K_t = 1.84$

$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S'_e$

$S_e = (0.85)(0.595)(395 \text{ X } 10^6) = 199.77 \text{ X } 10^6$ Pa

$$S_f = 0.9\,S_{ut}\left(\frac{S_e}{0.9\,S_{ut}}\right)^{\frac{\log(N)-3}{3}}$$

$$S_f = 305 \text{ X } 10^6 \text{Pa}$$

NUMÉRO 2 (SUITE...)

CALCULS DES CONTRAINTES

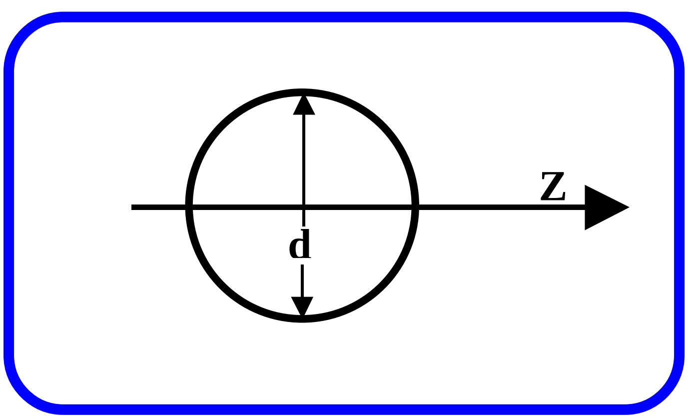
Arbre en rotation avec un moment fléchissant constant

contraintes complètement renversées

CONTRAINTES DE FLEXION

$$\sigma_y = \tau_{xy} = 0$$

$$\sigma_x = \frac{M\ c}{I}$$

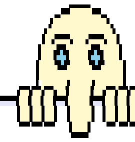


$$I_z = \frac{\pi d^4}{64} \qquad J_Z = \frac{\pi d^4}{32}$$

$$c = \frac{d}{2}$$

$$\sigma_x = \frac{Md}{2} * \frac{64}{\pi d^4} = \frac{32M}{\pi d^3}$$

NUMÉRO 2 (SUITE...)



Contraintes alternées complètement renversées

$$\sigma_a = \frac{32\ M}{\pi\ d^3}$$

RÉSISTANCE À LA FATIGUE

$$FS = \frac{S_f}{\sigma_a}$$

$$M_{max} = \frac{S_f\ \pi\ d^3}{32\ FS}$$

$$\mathbf{M_{max} \cong 19.9\ N \bullet m}$$

FACTEUR DE SÉCURITÉ DANS LA PARTIE PLEINE

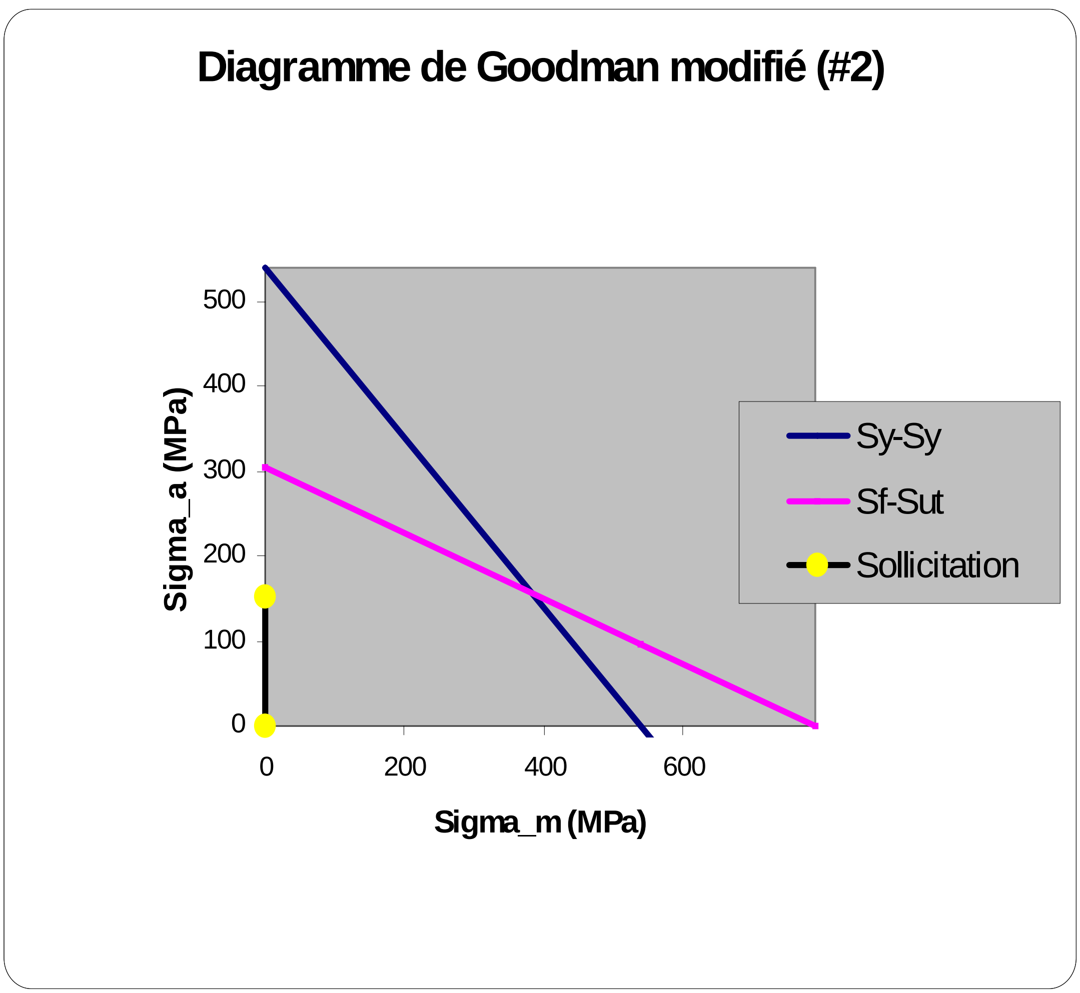
$K_a = 1$	$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S'_e$
$K_b = 0.85$	$S_e = (0.85)(395 \times 10^6) = 335.75 \times 10^6$ Pa
$K_c = 1$	$S_f = 431.16 \times 10^6$ Pa
$K_d = 1$	
$K_e = 1$	
$K_f = 1$	

NUMÉRO 2 (SUITE...)

$$FS = \frac{S_f}{\sigma_a}$$

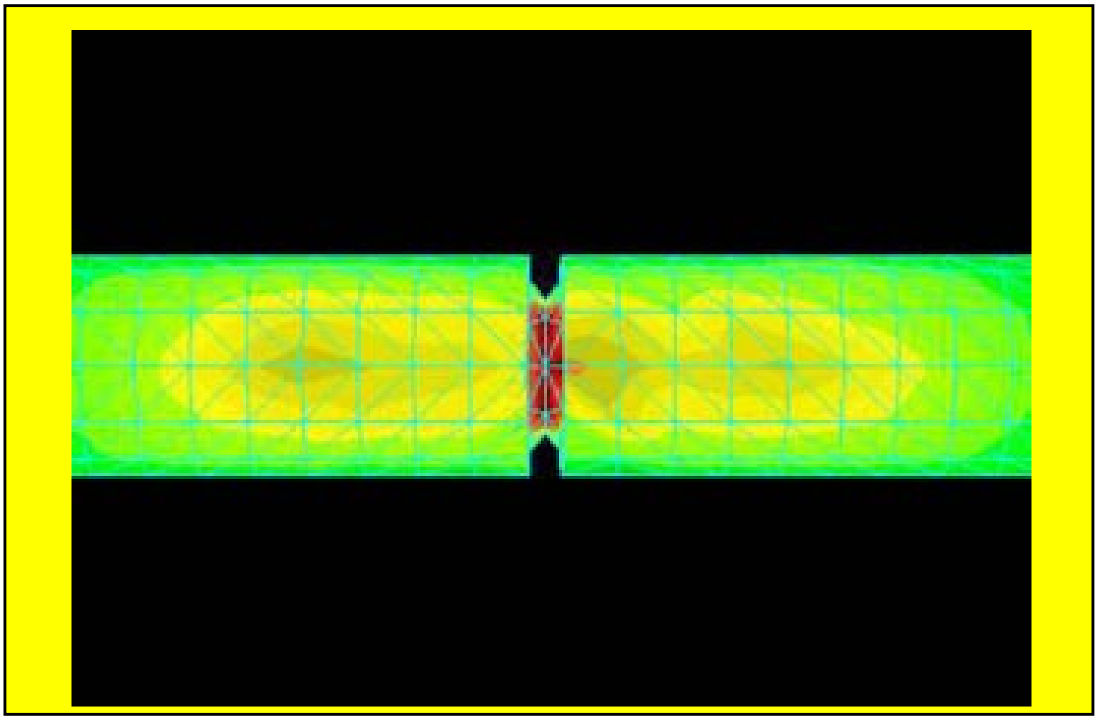
$$FS = \frac{S_f \ \pi \ d^3}{32 \ M} \cong 12$$

OK!!



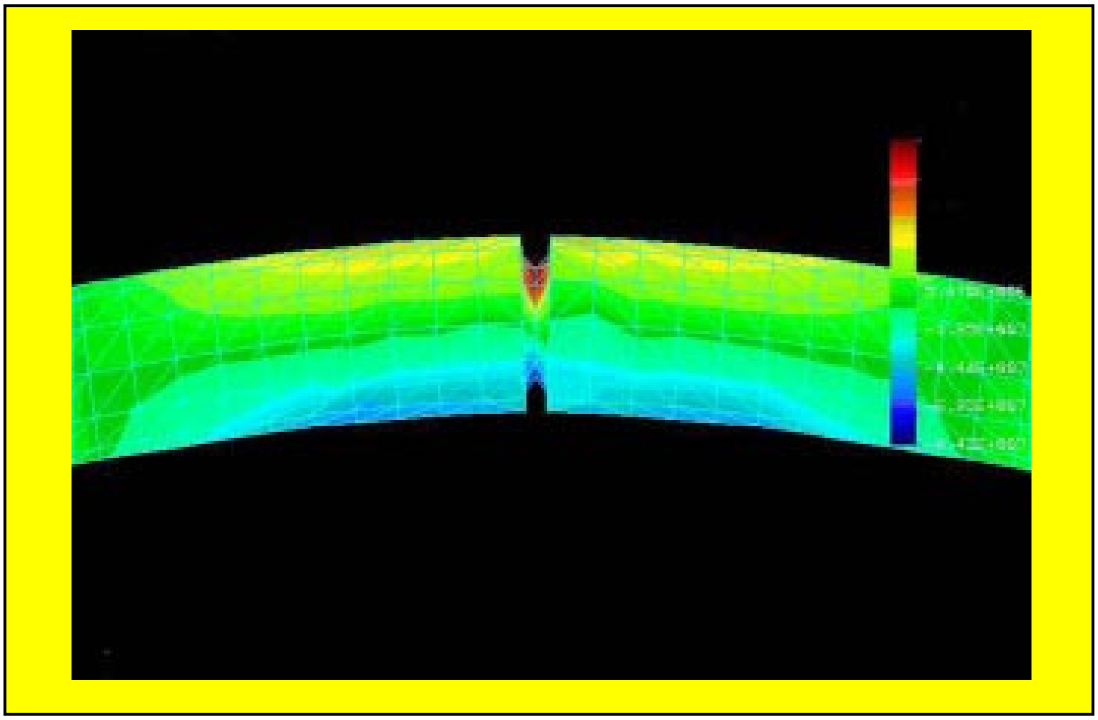
NUMÉRO 2 (SUITE...)

VISUALISATION DES CONCENTRATIONS DE CONTRAINTES À L'AIDE DES ÉLÉMENTS FINIS



Note: Le facteur d'agrandissement des déformations = 100

NUMÉRO 2 (SUITE...)

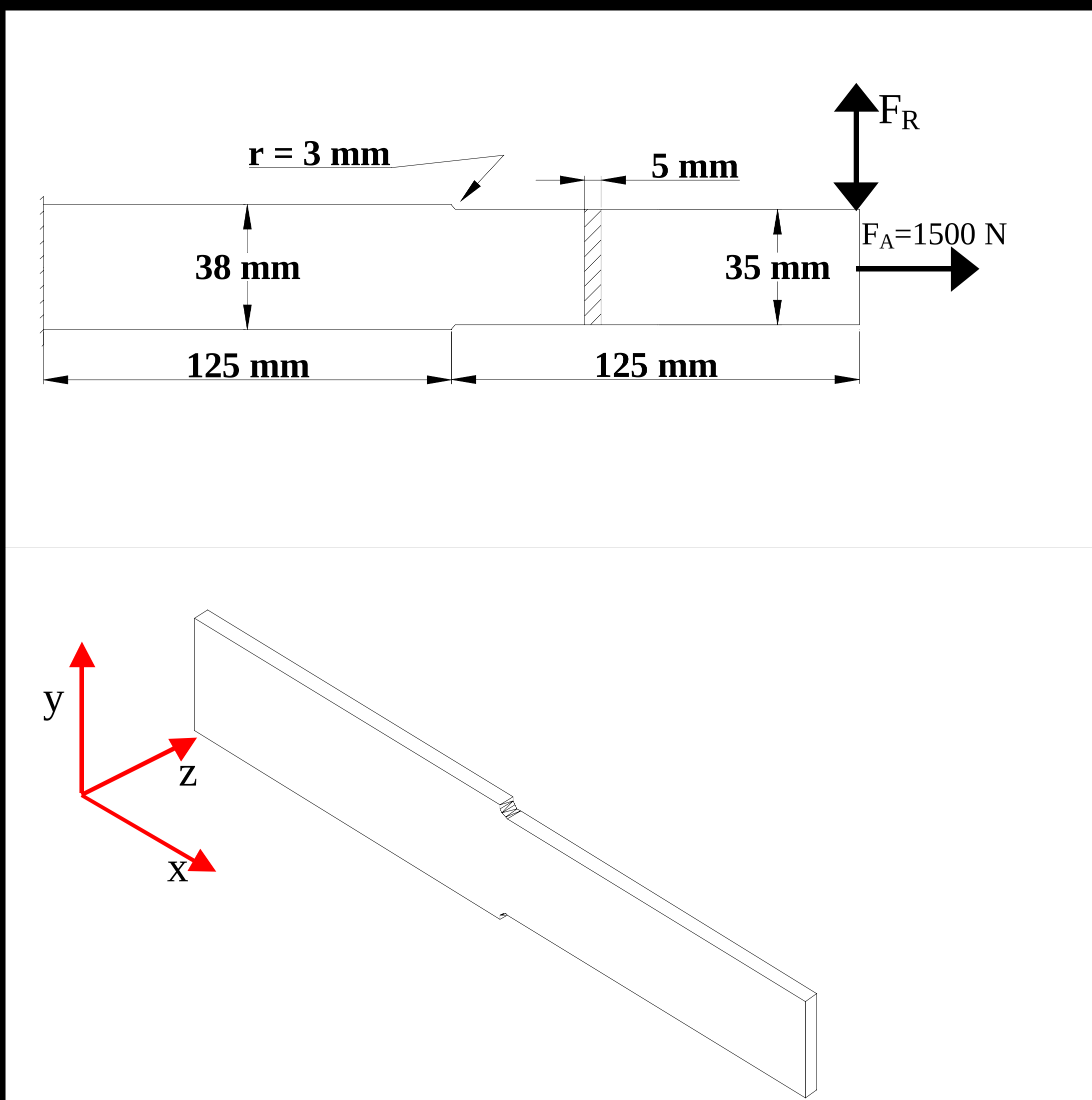


Note: Le facteur d’agrandissement des déformations = 100

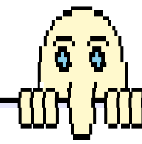
NUMÉRO 3

DESCRIPTION DU PROBLÈME

Une plaque usinée faite d'acier UNS G10450 laminé à chaud est soumise à l'action d'une force variable complètement renversée Fr et d'une force constante Fa. Pour un facteur de sécurité égal à 2 et pour une durée de vie de 50 000 cycles, déterminer la valeur maximale de la force Fr qu'on peut appliquer.



NUMÉRO 3 (SUITE...)



DONNÉES DU PROBLÈME

Acier = UNS G10450 (LC)
Usiné
Fa = 1500 N
FS = 2
Fr = ?

N = 50 000 cycles
t = 0.005 m
r = 0.003 m
d = 0.035 m
D = 0.038 m
l_1 = 0.125 m

DONNÉES COMPLÉMENTAIRES

S_{ut} = 570 X 10^6 Pa
S_y = 310 X 10^6 Pa
S'_e = $0.5S_{ut}$ = 285 X 10^6 Pa
r/d = 0.09
D/d = 1.09
q = 0.82
K_t = 1.64

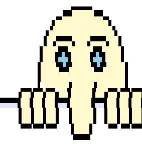
K_a = 0.775
K_b = 0.85
K_c = 1
K_d = 1
K_e = 1/[0.82(1.66-1)+1] = 0.649
K_f = 1
K_{tf} = 1.66

$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S'_e$
S_e = (0.775)(0.85)(0.649)(285 X 10^6) = 121.8 X 10^6 Pa

$$S_f = 0.9\,S_{ut}\left(\frac{S_e}{0.9\,S_{ut}}\right)^{\frac{\log(N)-3}{3}}$$

$$S_f = 227.2\,\mathrm{X}\,10^6\,\mathrm{Pa}$$

NUMÉRO 3 (SUITE...)



CALCULS DES CONTRAINTES

CONTRAINTES DE FLEXION ET DE TENSION

$$\sigma_y = \tau_{xy} = 0$$

$$\sigma_{xf} = \frac{M\,c}{I} = \frac{F\,l_1\,c}{I} = \frac{6\,F\,l_1}{t\,d^2}$$

$$\sigma_{xt} = \frac{F}{d\,t}$$

Dans notre cas:

$$\sigma_a = \frac{6\,F_R\,l_1}{t\,d^2}$$

$$\sigma_m = \frac{F_A}{d\,t}$$

RÉSISTANCE À LA FATIGUE

$$FS = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{S_f} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}} \quad \text{ou} \quad FS = \frac{S_y}{\sigma_a + \sigma_m}$$

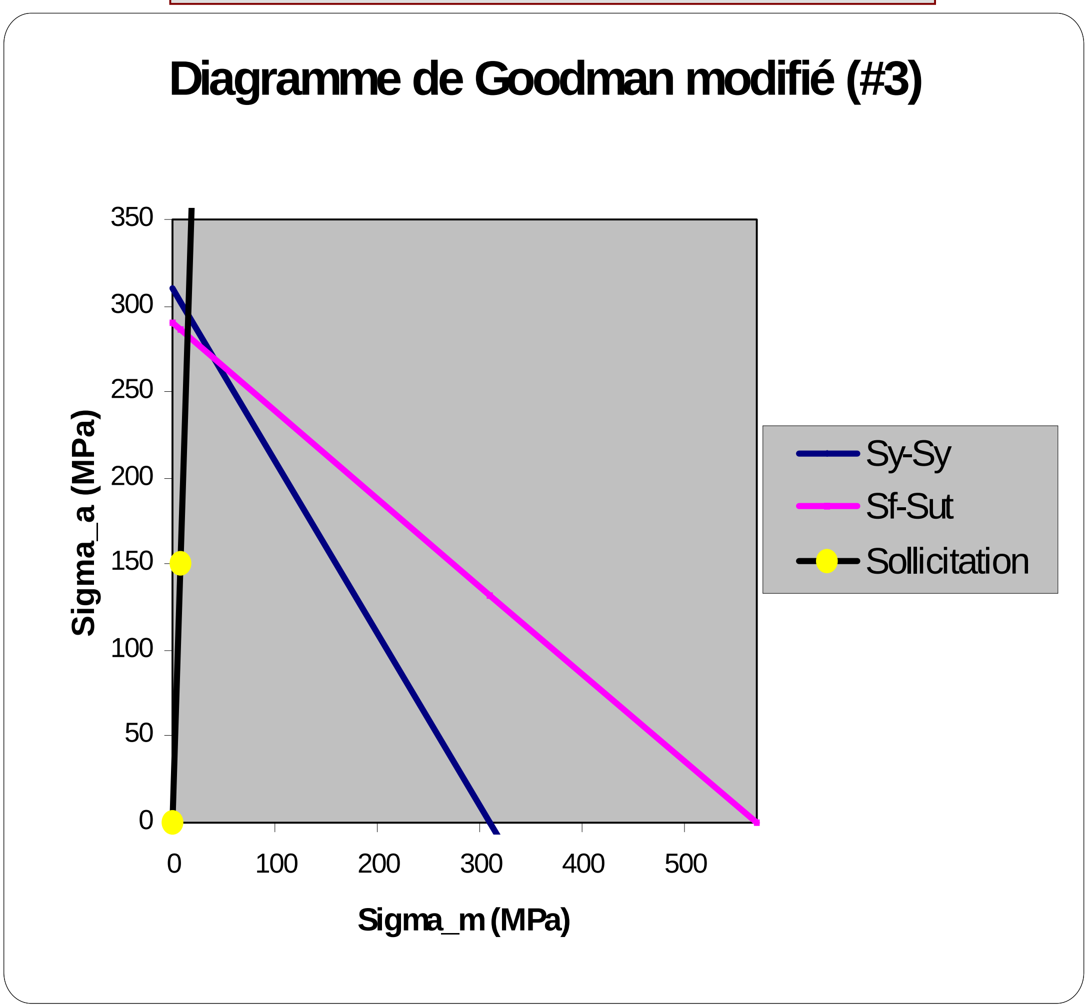
NUMÉRO 3 (SUITE...)

$$F_R = \left(\frac{1}{FS} - \frac{F_A}{t\ d\ S_{ut}} \right) \frac{t\ d^2 S_f}{6\ l_1} = \pm\ 900 \quad \text{N}$$

ou

$$F_R = \left(\frac{S_y}{FS} - \frac{F_A}{t\ d} \right) \frac{t\ d^2}{6\ l_1} = \pm\ 1196 \quad \text{N}$$

$$\boxed{F_{R\ max} \cong 900\ \text{N}}$$



NUMÉRO 3 (SUITE...)

VÉRIFICATION À L'ENCASTREMENT

$K_a =$ 0.775 — $l_1 =$ 0.125 m

$K_b =$ 0.85 — $l_2 =$ 0.125 m

$K_c =$ 1 — $l_t = l_1 + l_2 =$ 0.250 m

$K_d =$ 1 — $d =$ 0.038 m

$K_e =$ 1 — $F_R =$ 900 N

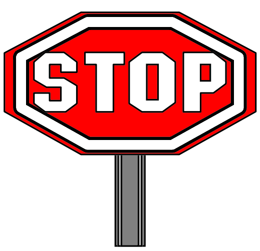
$K_f =$ 1 — $F_A =$ 1500 N

$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S'_e$

$S_e = (0.775)(0.85)(285 \text{ X } 10^6) = 187.74 \text{ X } 10^6$ Pa

$S_f = 290.33 \text{ X } 10^6$ Pa

$$FS = \frac{1}{\dfrac{\sigma_a}{S_f} + \dfrac{\sigma_m}{S_{ut}}} = \frac{1}{\dfrac{6 F_R\, l_t}{t\, d^2\, S_f} + \dfrac{F_A}{t\, d\, S_{ut}}} = 1.52$$



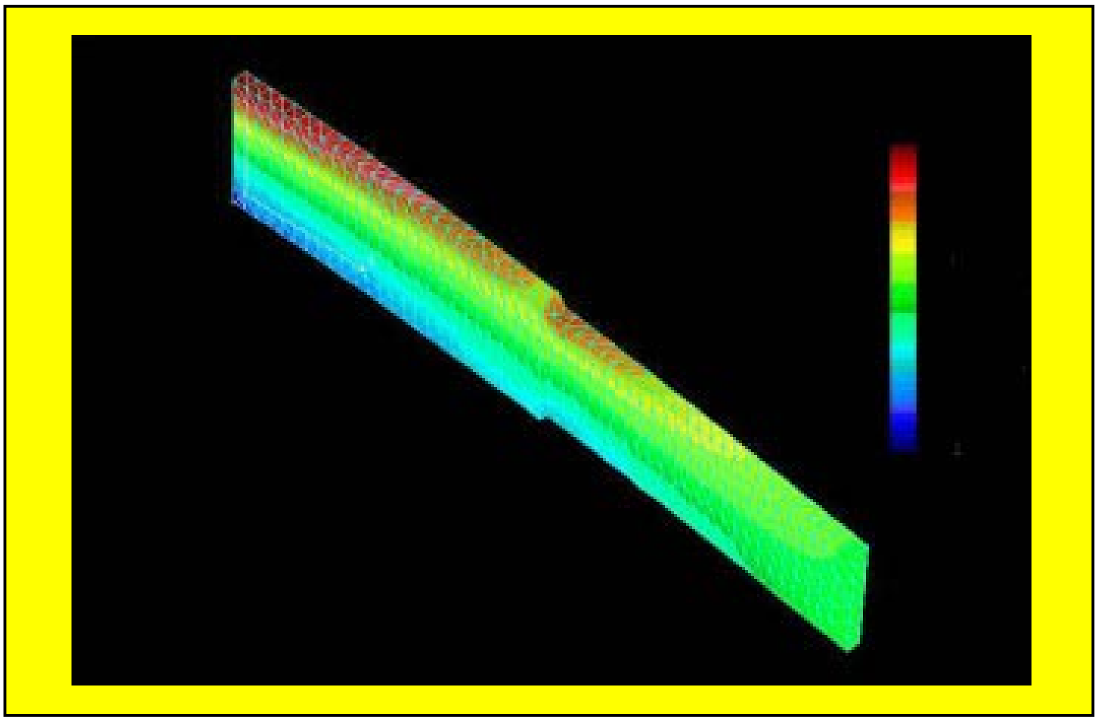
Le FS est inférieur à celui demandé: il faut donc recalculer la force maximale admissible!

$$F_R = \left(\frac{1}{FS} - \frac{F_A}{t\ d\ S_{ut}} \right) \frac{t\ d^2 S_f}{6\ l_t} = \pm\ 679 \ \ \text{N}$$

$$\mathbf{F_{R\,max} \cong 679\ N}$$

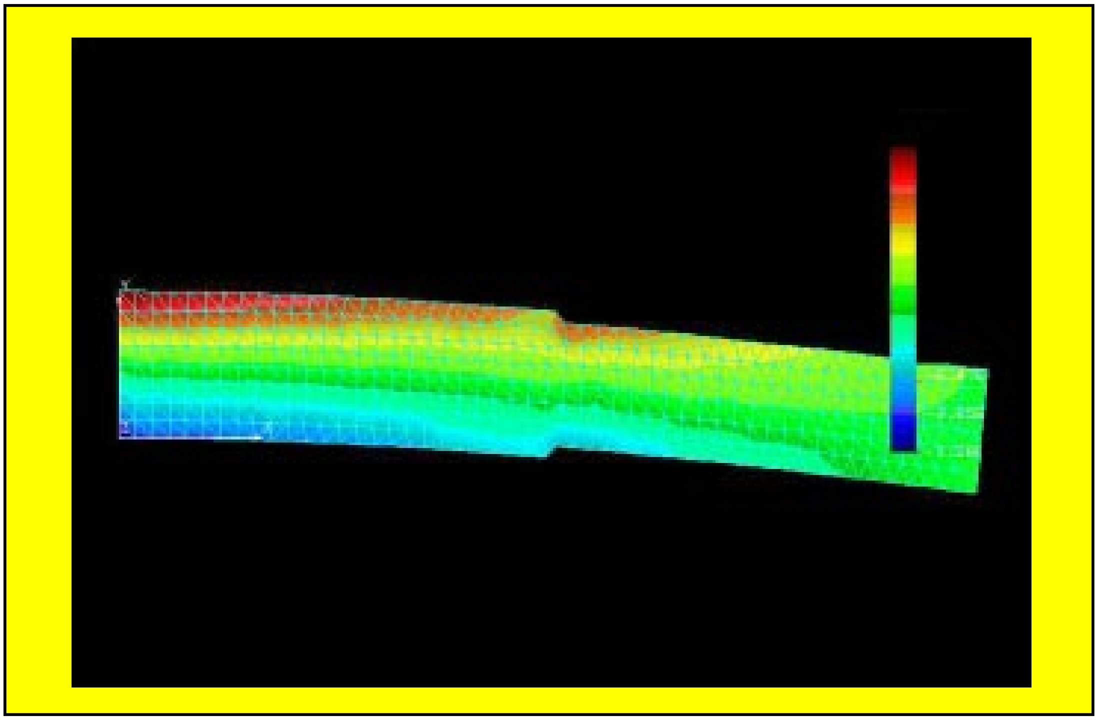
NUMÉRO 3 (SUITE...)

VISUALISATION DES CONCENTRATIONS DE CONTRAINTES À L'AIDE DES ÉLÉMENTS FINIS



Note: Le facteur d'agrandissement des déformations = 25

NUMÉRO 3 (SUITE...)



Note: Le facteur d’agrandissement des déformations = 25

NUMÉRO 4

DESCRIPTION DU PROBLÈME

L'analyse d'un réservoir sous pression a permis de déterminer, dans la zone la plus sollicitée, les valeurs suivantes des contraintes:

$$\sigma_x \text{ varie de 0 à 50 MPa}$$

$$\sigma_y \text{ varie de -10 à 35 MPa.}$$

Le réservoir, fait d'acier UNS G 10100 laminé à chaud, a des parois épaisses de 25 mm. La température d'utilisation est de 300 degrés celcius et le facteur théorique de concentration de contraintes est égal à 1.8, pour un rayon d'entaille de 6mm. Pour un facteur de sécurité égal à 1.5, déterminer la durée de vie de ce réservoir.

DONNÉES DU PROBLÈME

Acier = UNS G10100 (LC)
$t = 0.025$ m
$T^\circ = 300^\circ$ C
FS = 1.5
$K_t = 1.8$
$r = 0.006$ m
N = ?

$\sigma_{x\ min} = 0$
$\sigma_{x\ max} = 50 \text{ X } 10^6$ Pa
$\sigma_{y\ min} = -10 \text{ X } 10^6$ Pa
$\sigma_{ymax} = 35 \text{ X } 10^6$ Pa

DONNÉES COMPLÉMENTAIRES

$S_{ut} = 320 \text{ X } 10^6$ Pa
$S_y = 180 \text{ X } 10^6$ Pa
$S'_e = 0.5S_{ut} = 160 \text{ X } 10^6$ Pa
$q = 0.75$

$K_a = 0.75$
$K_b = 0.85$
$K_c = 1$
$K_d = 344/(273 + 300)$
$K_e = 1/[0.75(1.8-1)+1] = 0.625$
$K_f = 1$

$S_e = K_aK_bK_cK_dK_eK_fS'_e$
$S_e = (0.75)(0.85)(0.6)(0.625)(160 \text{ X } 10^6) = 38.25 \text{ X } 10^6$ Pa

NUMÉRO 4 (SUITE...)

CALCULS DES CONTRAINTES

Contraintes combinées variables

$$\sigma_{xm} = (\sigma_{xmax} + \sigma_{xmin})/2$$

$$\sigma_{xa} = (\sigma_{xmax} - \sigma_{xmin})/2$$

$$\sigma_{ym} = (\sigma_{ymax} + \sigma_{ymin})/2$$

$$\sigma_{ya} = (\sigma_{ymax} - \sigma_{ymin})/2$$

$$\tau_{xym} = \tau_{xya} = 0$$

$$\sigma_{m} = \sqrt{\sigma_{xm}^{2} - \sigma_{xm}\sigma_{ym} + \sigma_{ym}^{2} + 3\tau_{xym}^{2}}$$

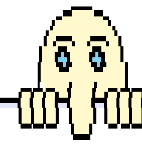
$$\sigma_{a} = \sqrt{\sigma_{xa}^{2} - \sigma_{xa}\sigma_{ya} + \sigma_{ya}^{2} + 3\tau_{xya}^{2}}$$

Ici, il est plus facile de travailler directement avec les valeurs numériques:

$$\sigma_{m} = 21.65 \text{ X } 10^{6} \text{ Pa}$$

$$\sigma_{a} = 23.85 \text{ X } 10^{6} \text{ Pa}$$

NUMÉRO 4 (SUITE...)



RÉSISTANCE À LA FATIGUE

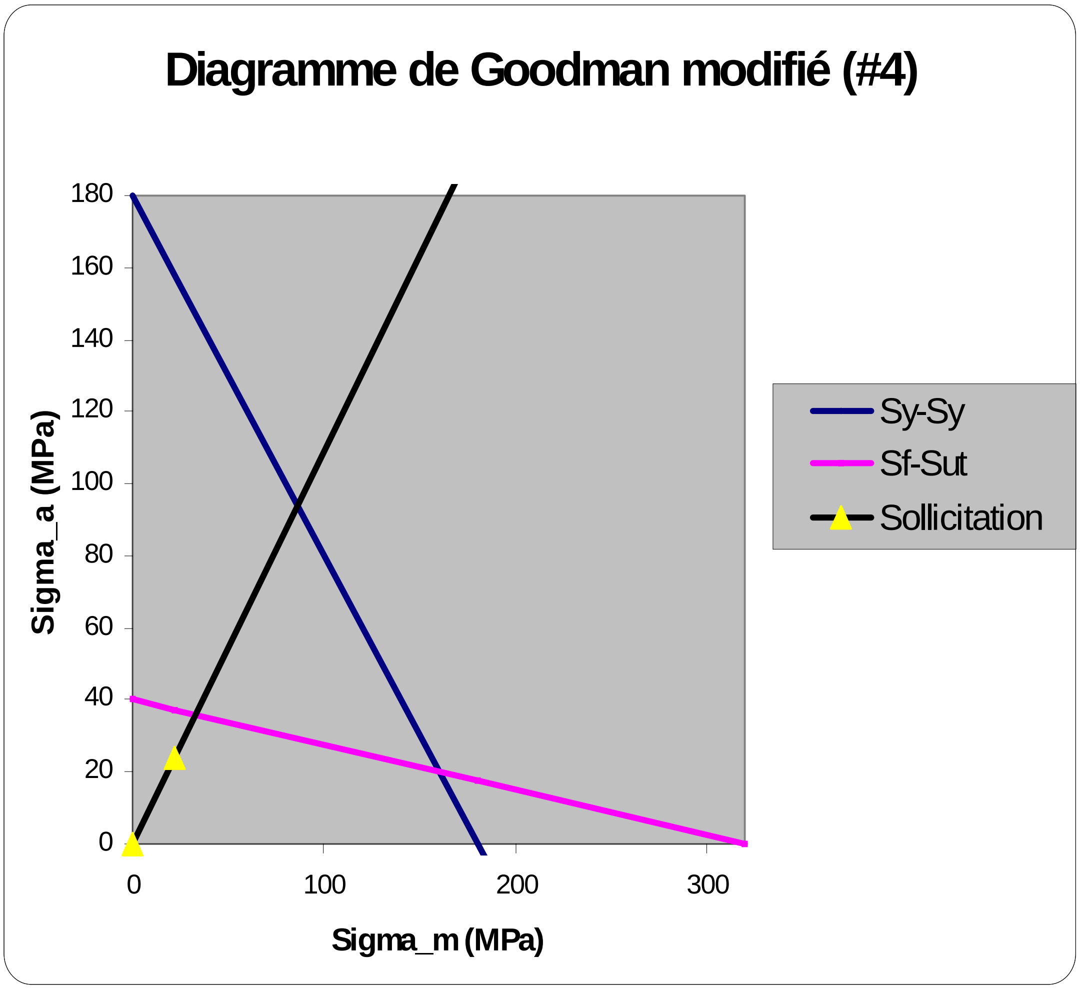
$$FS = \frac{1}{\dfrac{\sigma_a}{S_f} + \dfrac{\sigma_m}{S_{ut}}}$$

$$S_f = \frac{\sigma_a}{\dfrac{1}{FS} - \dfrac{\sigma_m}{S_{ut}}} = 39.82 \ \text{X}\ 10^6 \ \text{Pa}$$

$$N = 1000 \left(\frac{S_f}{0.9 \ S_{ut}} \right)^{\dfrac{3}{Log\ (S_e / 0.9\ S_{ut})}}$$

N ≅ 871 917 cycles

NUMÉRO 4 (SUITE...)



NUMÉRO 5

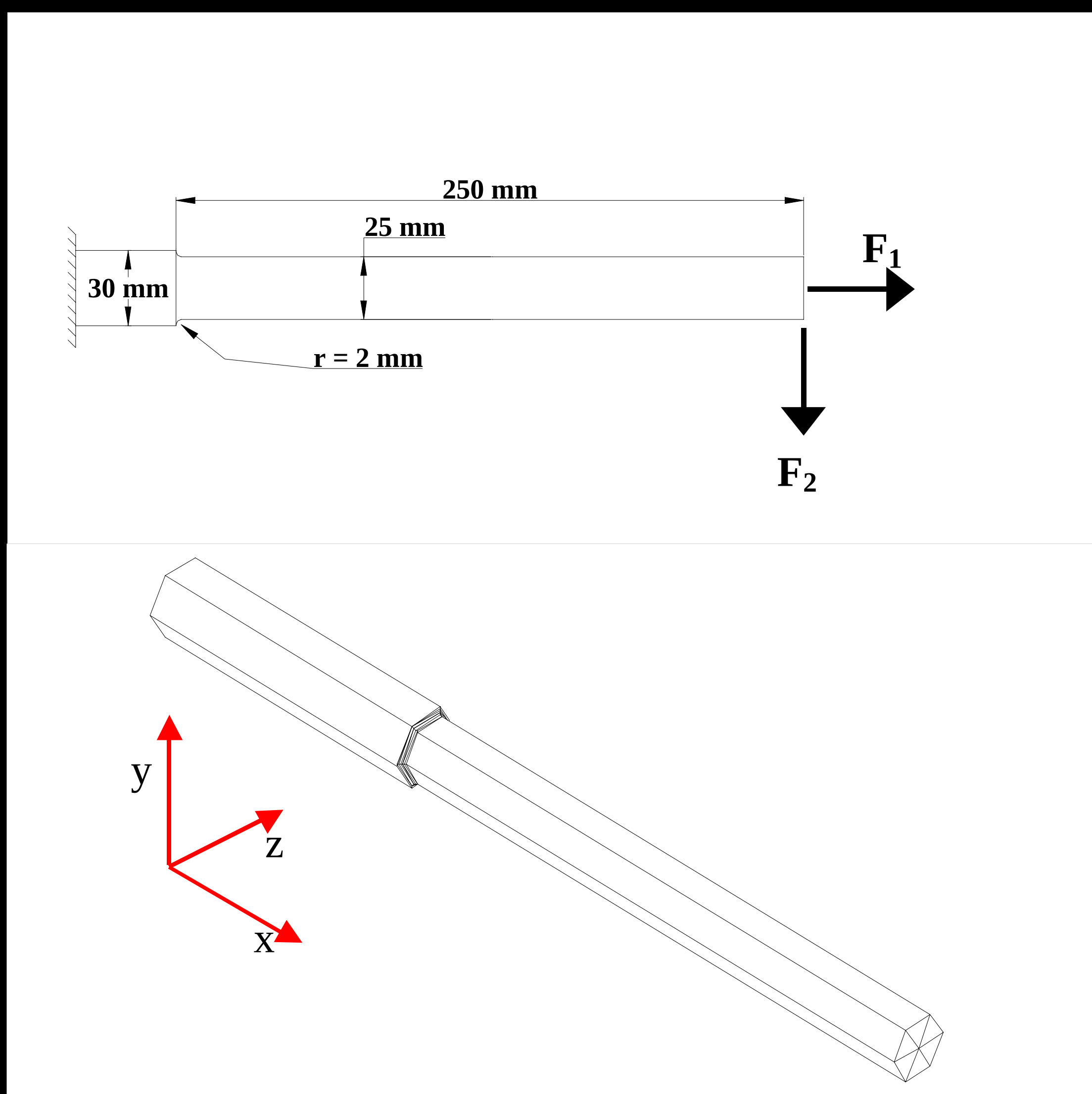
DESCRIPTION DU PROBLÈME

Un barreau circulaire usiné est fait d’acier UNS G 31400 laminé à chaud. Il est soumis aux sollicitations suivantes:

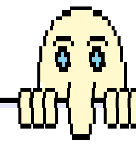
F_1 = 40 kN

F_2 = variable de 0 à 500 N.

Pour un facteur de sécurité égal à 2, déterminer la durée de vie de cette pièce en calculant les contraintes à l’épaulement.



NUMÉRO 5 (SUITE...)



DONNÉES DU PROBLÈME

Acier = UNS G 31400 (LC)

Usiné

$F_1 = 40\ 000$ N

FS = 2

N = ?

$F_{2min} = 0$

$F_{2max} = 500$N

r = 0.002 m

d = 0.025 m

D = 0.030 m

l = 0.250 m

DONNÉES COMPLÉMENTAIRES

$S_{ut} = 660 \text{ X } 10^6$ Pa

$S_y = 440 \text{ X } 10^6$ Pa

$S'_e = 0.5S_{ut} = 330 \text{ X } 10^6$ Pa

r/d= 0.08

D/d= 1.2

q= 0.81

$K_t = 1.75$

$K_a = 0.725$

$K_b = 0.85$

$K_c = 1$

$K_d = 1$

$K_e = 1/[0.81(1.75-1)+1] = 0.622$

$K_f = 1$

$K_{tf} < 1.75$

$S_e = K_aK_bK_cK_dK_eK_fS'_e$

$S_e = (0.725)(0.85)(0.622)(330 \text{ X } 10^6) = 126.49 \text{ X } 10^6$ Pa

CALCULS DES CONTRAINTES

CONTRAINTES DE FLEXION ET DE TENSION

$$\sigma_y = \tau_{xy} = 0$$

$$\sigma_{xf} = \frac{Mc}{I} = \frac{Flc}{I} = \frac{32Fl}{\pi d^3}$$

NUMÉRO 5 (SUITE...)

$$\sigma_{xt} = \frac{4\,\mathrm{F}}{\pi\,\mathrm{d}^2}$$

$$\sigma_{xt\,\max} = \sigma_{xt\,\min} = \frac{4\,\mathrm{F}_1}{\pi\,\mathrm{d}^2}$$

$$\sigma_{xf\,\min} = \frac{32\,\mathrm{F}_{2\min}\,\mathrm{l}}{\pi\,\mathrm{d}^3}$$

$$\sigma_{xf\,\max} = \frac{32\,\mathrm{F}_{2\max}\,\mathrm{l}}{\pi\,\mathrm{d}^3}$$

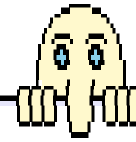
$$\sigma_{x\min} = \sigma_{xt\,\min} + \sigma_{xf\,\min}$$

$$\sigma_{x\max} = \sigma_{xt\,\max} + \sigma_{xf\,\max}$$

$$\sigma_{\mathrm{m}} = (\sigma_{x\max} + \sigma_{x\min})/2 = 122.23\mathrm{X}10^6\ \mathrm{Pa}$$

$$\sigma_{\mathrm{a}} = (\sigma_{x\max} - \sigma_{x\min})/2 = 40.74\mathrm{X}10^6\ \mathrm{Pa}$$

NUMÉRO 5 (SUITE...)



RÉSISTANCE À LA FATIGUE

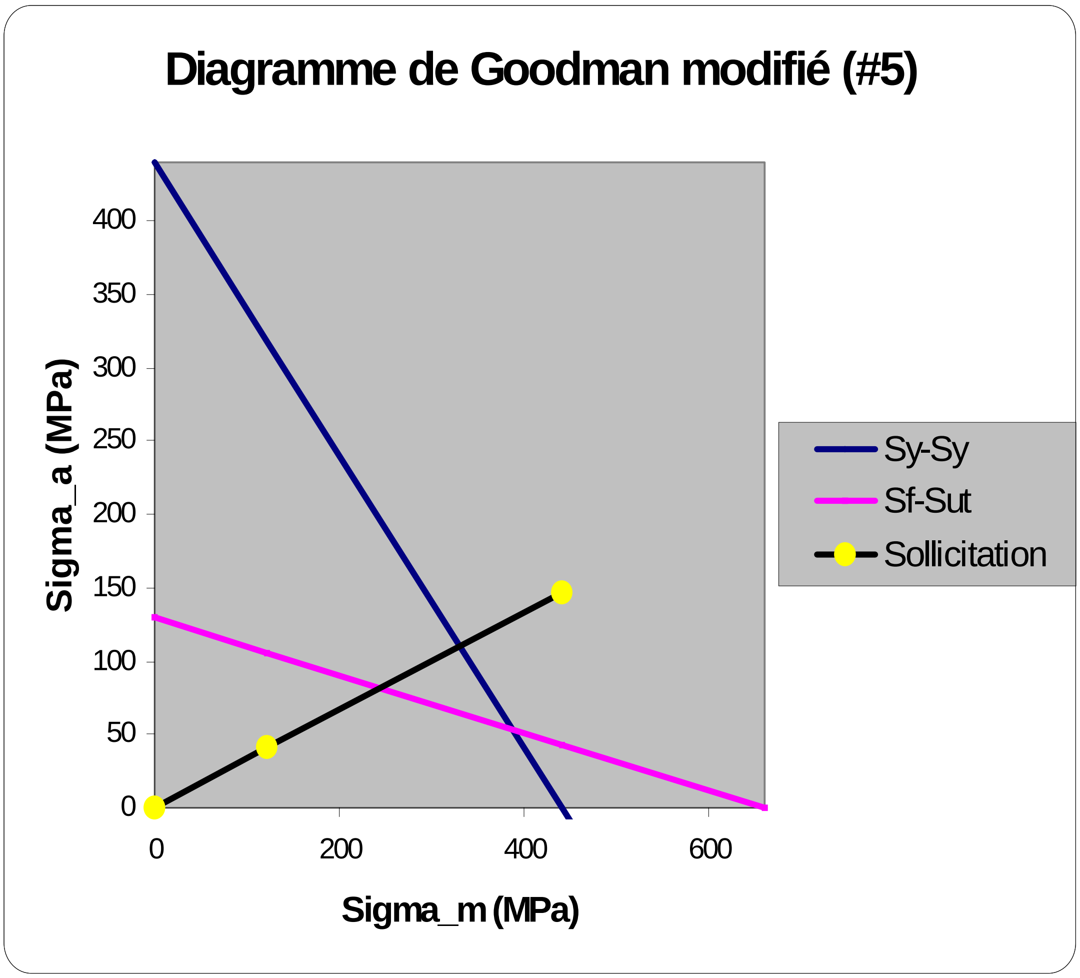
$$FS = \frac{1}{\dfrac{\sigma_a}{S_f} + \dfrac{\sigma_m}{S_{ut}}}$$

$$S_f = \frac{\sigma_a}{\dfrac{1}{FS} - \dfrac{\sigma_m}{S_{ut}}} = 129.43 \ \text{X}\ 10^6 \ \text{Pa}$$

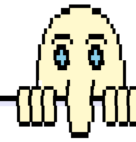
$$N = 1000 \left(\frac{S_f}{0.9\ S_{ut}} \right)^{\dfrac{3}{Log\ (S_e / 0.9\ S_{ut})}}$$

$$\boxed{\mathbf{N \cong 902\ 627\ cycles}}$$

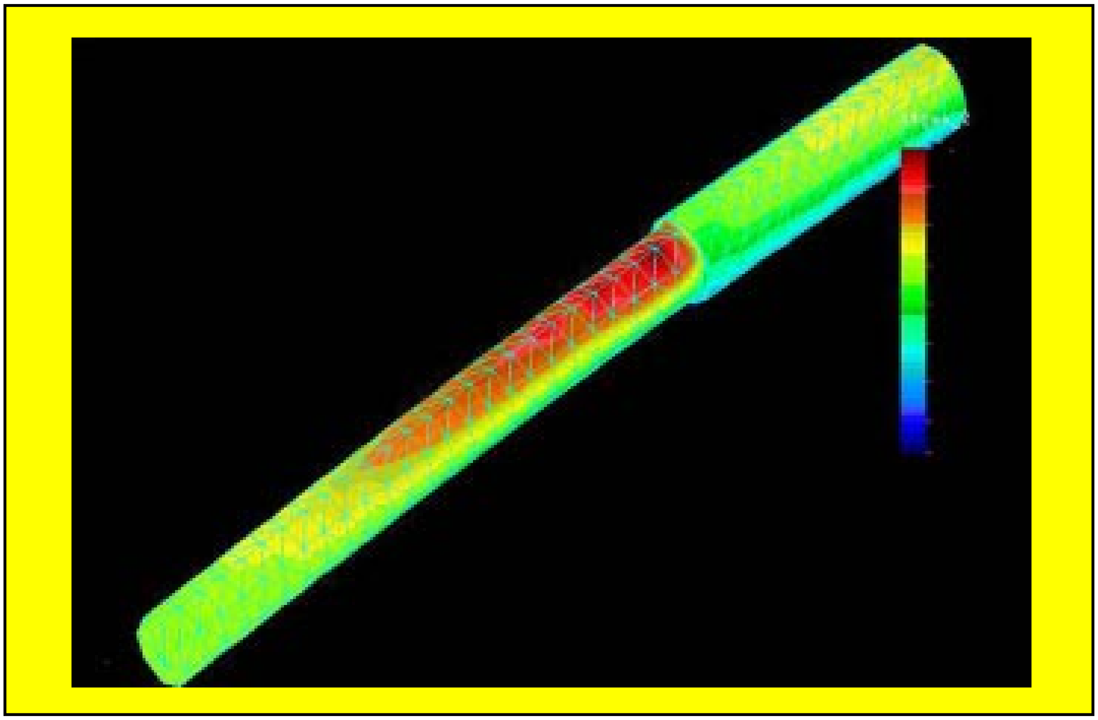
NUMÉRO 5 (SUITE...)



NUMÉRO 5 (SUITE...)

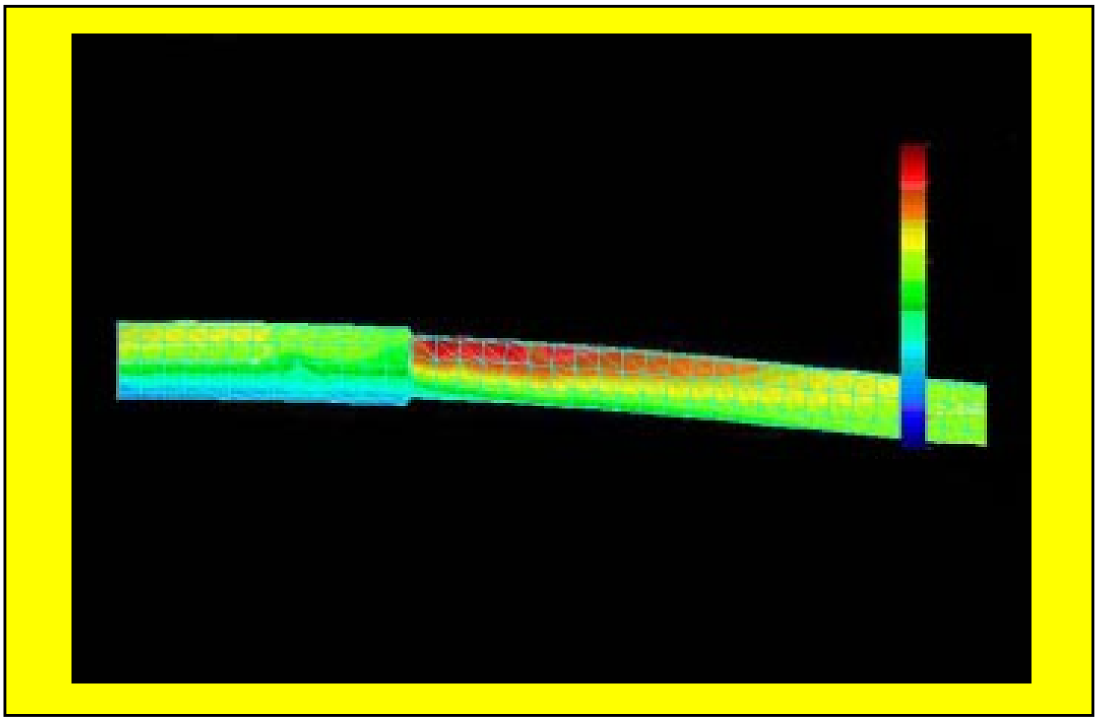


VISUALISATION DES CONCENTRATIONS DE CONTRAINTES À L'AIDE DES ÉLÉMENTS FINIS



Note: Le facteur d'agrandissement des déformations = 25

NUMÉRO 5 (SUITE...)



Note: Le facteur d'agrandissement des déformations = 25

NUMÉRO 6

DESCRIPTION DU PROBLÈME

Un arbre usiné de 75 mm de diamètre, fait d'acier UNS G 41300 laminé à chaud, est soumis aux contraintes suivantes:

$$\sigma_x \text{ varie de } -80 \text{ à } 80 \text{ MPa;}$$

$$\sigma_y = 0;$$

$$\tau_{xy} \text{ varie de } 10 \text{ à } 20 \text{ MPa.}$$

Pour un facteur théorique de concentration de contraintes K_t égal à 2.8 et un indice de sensibilité aux entailles q de 0.7, déterminer la valeur du facteur de sécurité pour que la durée de vie de cet arbre soit infinie.

DONNÉES DU PROBLÈME

Acier = UNS G41300 (LC) usiné

$d = 0.075$ m

$K_t = 2.8$

$q = 0.7$

$N = \infty$

FS = ?

$\sigma_{x\ min} = -80 \text{ X } 10^6$ Pa

$\sigma_{x\ max} = 80 \text{ X } 10^6$ Pa

$\sigma_{y\ min} = \sigma_{ymax} = 0$

$\pi_{xymin} = 10 \text{ X } 10^6$ Pa

$\pi_{xymax} = 20 \text{ X } 10^6$ Pa

DONNÉES COMPLÉMENTAIRES

$S_{ut} = 620 \text{ X } 10^6$ Pa

$S_y = 410 \text{ X } 10^6$ Pa

$S'_e = 0.5S_{ut} = 310 \text{ X } 10^6$ Pa

$q = 0.7$

$K_a = 0.75$

$K_b = 0.75$

$K_c = 1$

$K_d = 1$

$K_e = 1/[0.7(2.8-1)+1] = 0.442$

$K_f = 1$

$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S'_e$

$S_e = (0.75)(0.75)(0.442)(310 \text{ X } 10^6) = 77.07 \text{ X } 10^6$ Pa

NUMÉRO 6 (SUITE...)

CALCULS DES CONTRAINTES

Contraintes combinées variables

$$\sigma_{xm} = (\sigma_{xmax} + \sigma_{xmin})/2$$

$$\sigma_{xa} = (\sigma_{xmax} - \sigma_{xmin})/2$$

$$\tau_{xym} = (\tau_{xymax} + \tau_{xymin})/2$$

$$\tau_{xya} = (\tau_{xymax} - \tau_{xymin})/2$$

$$\sigma_{ym} = \sigma_{ya} = 0$$

$$\sigma_{m} = \sqrt{\sigma_{xm}^{2} - \sigma_{xm}\sigma_{ym} + \sigma_{ym}^{2} + 3\tau_{xym}^{2}}$$

$$\sigma_{a} = \sqrt{\sigma_{xa}^{2} - \sigma_{xa}\sigma_{ya} + \sigma_{ya}^{2} + 3\tau_{xya}^{2}}$$

Ici, il est plus facile de travailler directement avec les valeurs numériques:

$$\sigma_m = 25.98 \text{ X } 10^6 \text{ Pa}$$

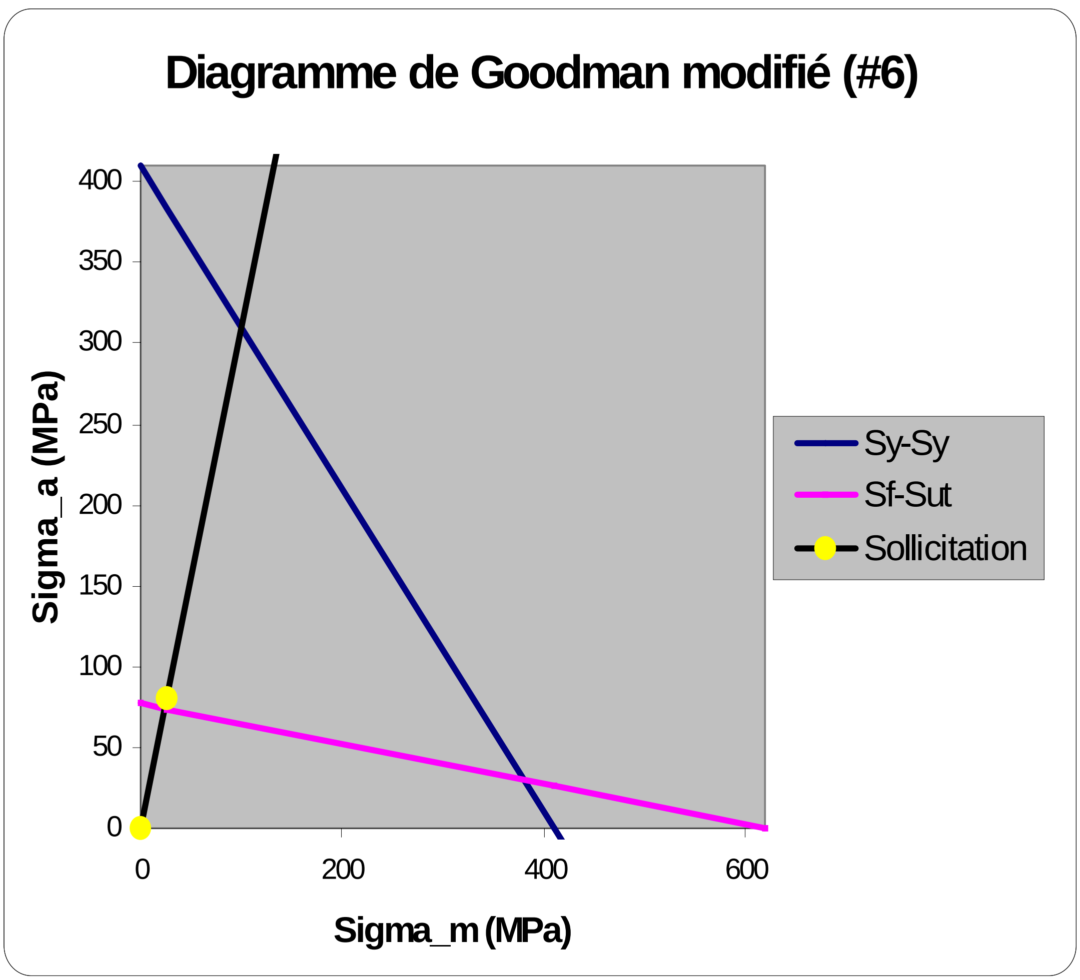
$$\sigma_a = 80.47 \text{ X } 10^6 \text{ Pa}$$

NUMÉRO 6 (SUITE...)

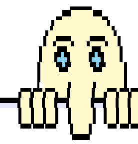
RÉSISTANCE À LA FATIGUE

$$FS = \frac{1}{\dfrac{\sigma_a}{S_f} + \dfrac{\sigma_m}{S_{ut}}}$$

FS ≅ 0.92



NUMÉRO 6 (SUITE...)



CALCULS DU NOMBRE DE CYCLES AVEC FS = 1

$$S_f = \frac{\sigma_a}{\dfrac{1}{FS} - \dfrac{\sigma_m}{S_{ut}}} = 83.99 \ \mathrm{X}\ 10^6 \ \mathrm{Pa}$$

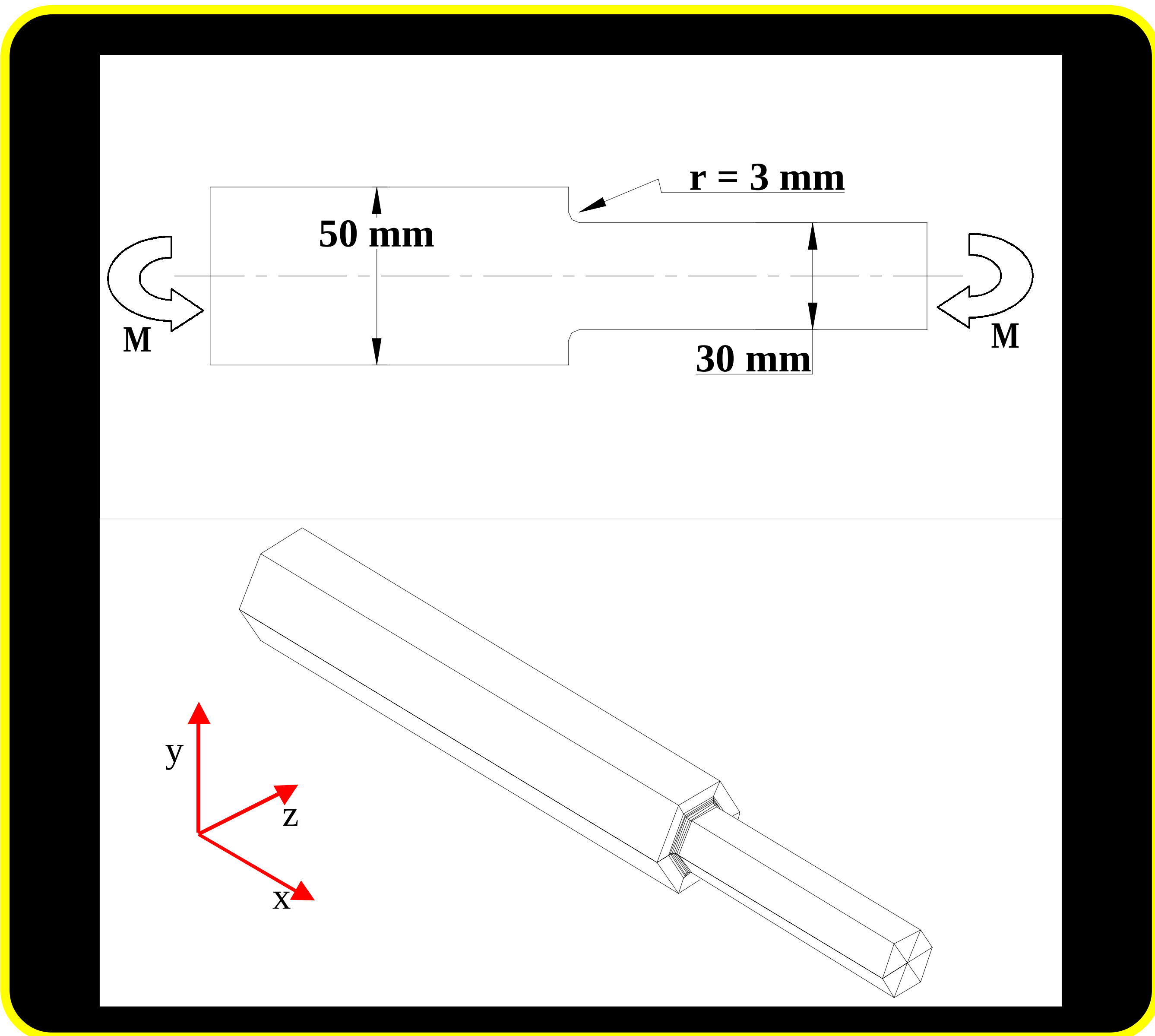
$$N = 1000 \left(\frac{S_f}{0.9\ S_{ut}} \right)^{\frac{3}{Log\ (S_e / 0.9\ S_{ut})}}$$

$$N = 741\ 014 \ \text{cycles}$$

NUMÉRO 7

DESCRIPTION DU PROBLÈME

Une pièce tournée faite d’acier UNS G 10500 laminé à chaud est soumise à une contrainte de flexion complètement renversée de 200 MPa. Pour une température d’utilisation de 100° C, une fiabilité de 95 % et un facteur de sécurité égal à 2, déterminer la durée de vie de cette pièce.



NUMÉRO 7 (SUITE...)

DONNÉES DU PROBLÈME

Acier = UNS G 10500 (LC)
Usinée
Fiabilité = 95 %
FS = 2
N = ?

$\sigma_{max} = |\sigma_{min}| = 200 \text{ X } 10^6 \text{ Pa}$
$T^\circ = 100^\circ C$
r = 0.003 m
d = 0.030 m
D = 0.050 m

DONNÉES COMPLÉMENTAIRES

$S_{ut} = 620 \text{ X } 10^6 \text{ Pa}$
$S_y = 340 \text{ X } 10^6 \text{ Pa}$
$S'_e = 0.5S_{ut} = 310 \text{ X } 10^6 \text{ Pa}$
r/d = 0.1
D/d = 1.7
q = 0.835
$K_t = 1.7$

$K_a = 0.75$
$K_b = 0.85$
$K_c = 0.868$
$K_d = 344/(273 + 100) = 0.922$
$K_e = 1/[0.835(1.7-1)+1] = 0.631$
$K_f = 1$

$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S'_e$
$S_e = (0.75)(0.85)(0.868)(0.922)(0.631)(310 \text{ X } 10^6) = 99.80 \text{ X } 10^6 \text{ Pa}$

CALCULS DES CONTRAINTES

Contraintes alternées complètement renversées

$$\sigma_a = 200 \text{ X } 10^6 \text{ Pa}$$

$$\sigma_m = 0$$

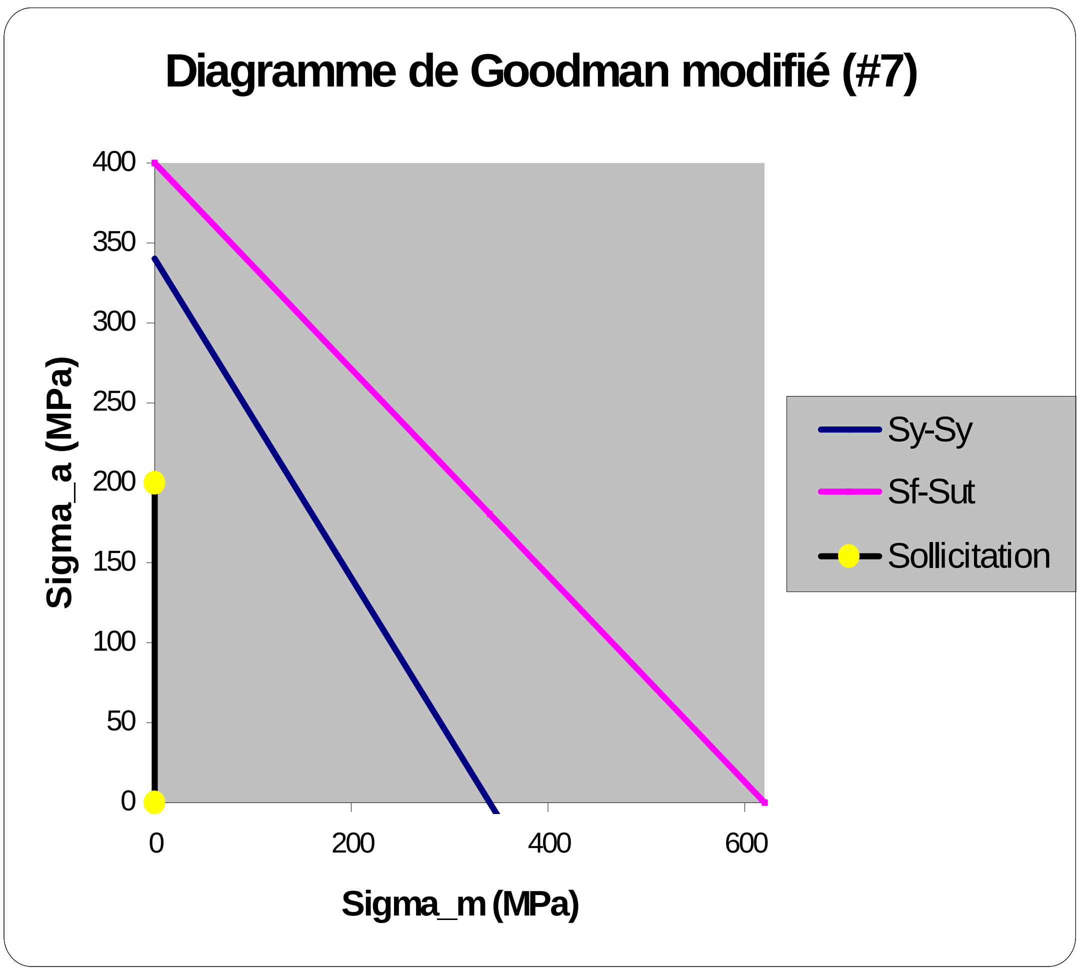
NUMÉRO 7 (SUITE...)

RÉSISTANCE À LA FATIGUE

$$S_f = FS\ \sigma_a = 400 \ \mathrm{X}\ 10^6 \ \mathrm{Pa}$$

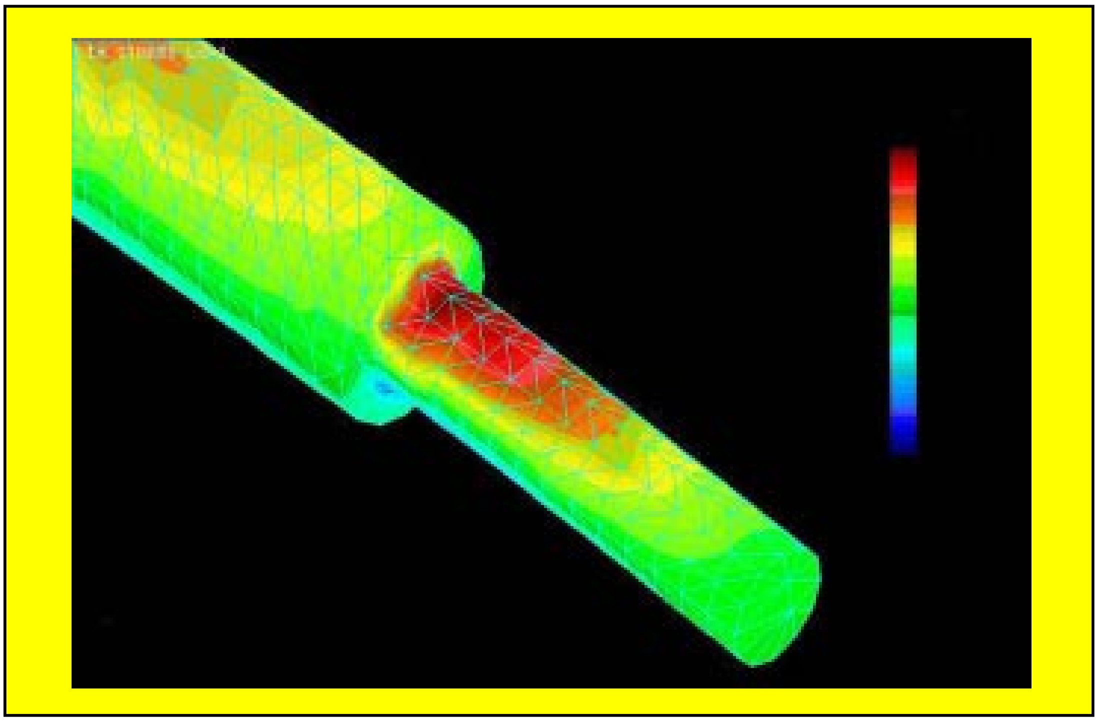
$$N = 1000 \left(\frac{S_f}{0.9\ S_{ut}} \right)^{\frac{3}{Log\ (S_e / 0.9\ S_{ut})}}$$

N ≅ 3803 cycles



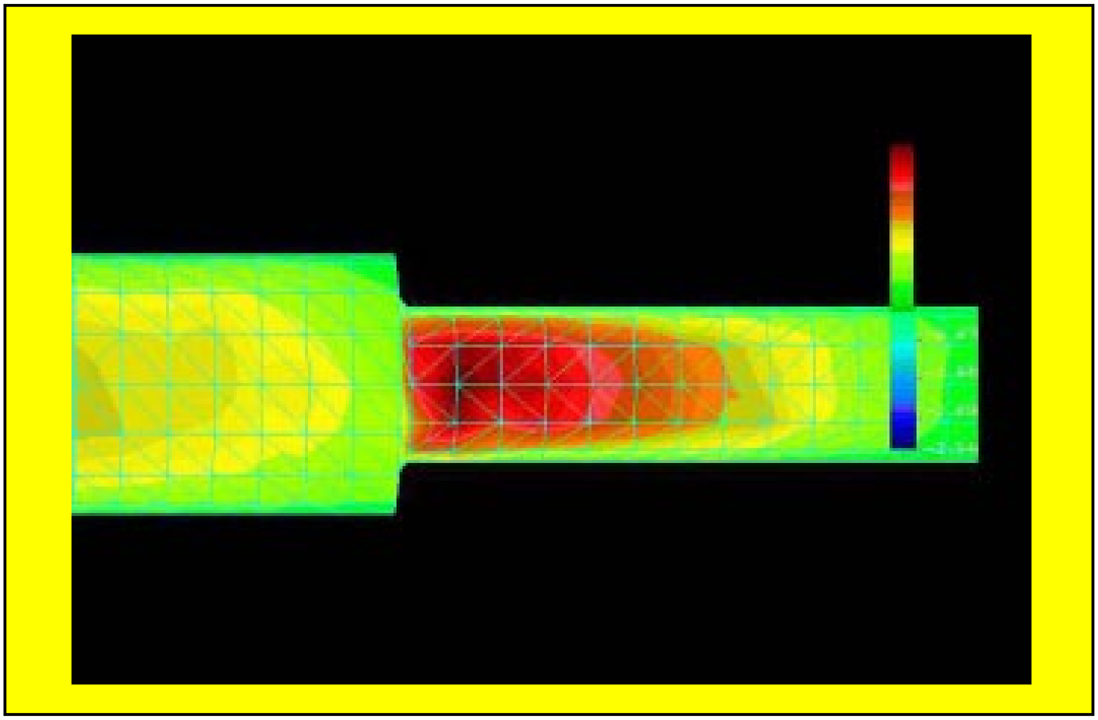
NUMÉRO 7 (SUITE...)

VISUALISATION DES CONCENTRATIONS DE CONTRAINTES À L'AIDE DES ÉLÉMENTS FINIS



Note: Le facteur d'agrandissement des déformations = ???

NUMÉRO 7 (SUITE...)

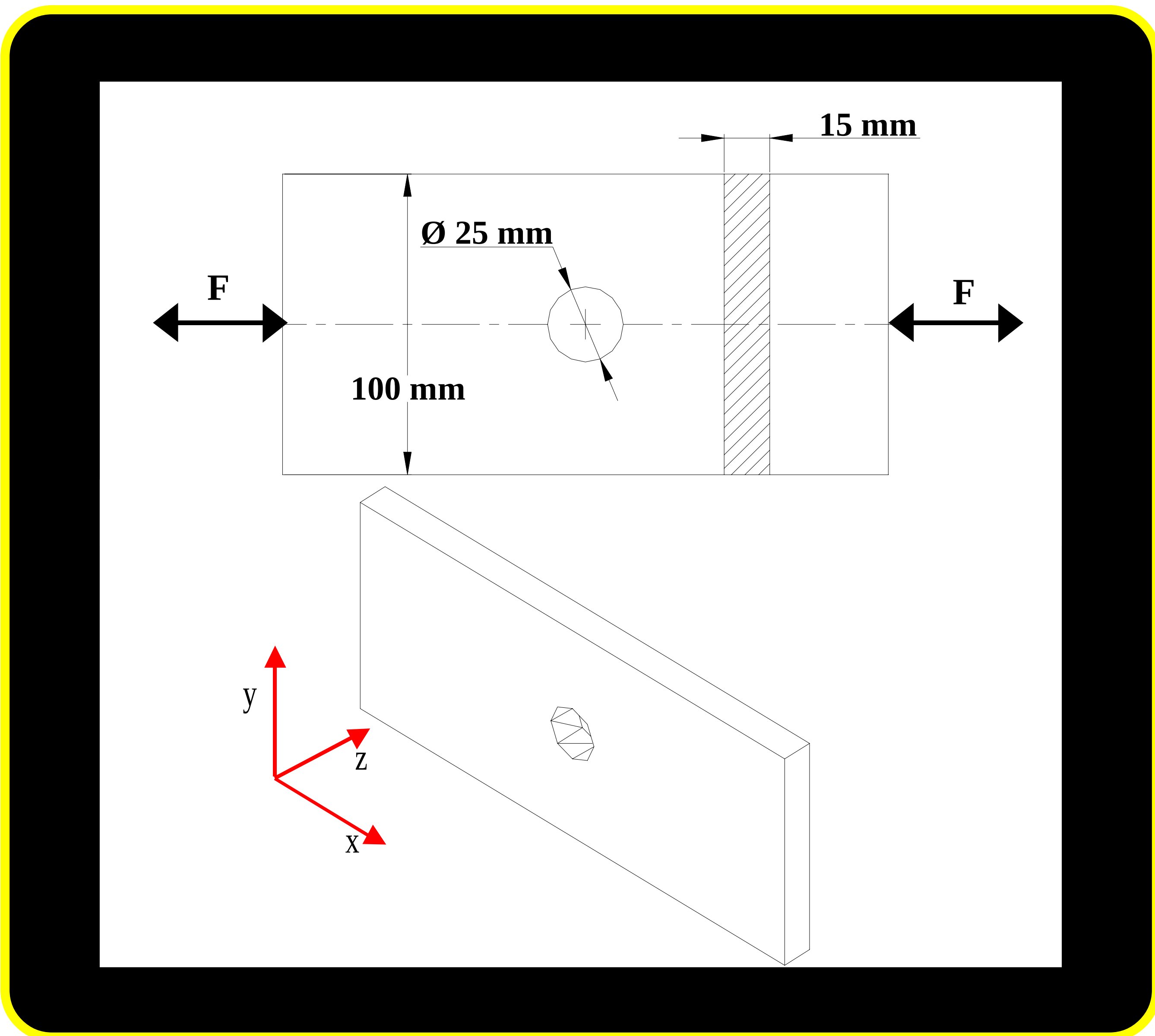


Note: Le facteur d'agrandissement des déformations = ???

NUMÉRO 8

DESCRIPTION DU PROBLÈME

Une pièce meulée est soumise à un programme d’essais caractérisé par l’action d’une force axiale variant de 15 kN en tension à 75 kN en compression. Pour assurer une durée de vie infinie à la pièce, et pour un facteur de sécurité égal à 2, choisir un acier ordinaire au carbone.



NUMÉRO 8 (SUITE...)

DONNÉES DU PROBLÈME

Meulée

F_{min} = -75 000 N

F_{max} = 15 00 N

FS = 2

N = ∞

Acier = ? S_{ut} = ?

d = 0.025 m

w = 0.100 m

t = 0.015 m

DONNÉES COMPLÉMENTAIRES

$S'_e = 0.5S_{ut}$

d/w = 0.25

q = 1

K_t = 2.44

K_a = 0.89

K_b = 0.85

K_c = 1

K_d = 1

K_e = 1/2.44 = 0.41

K_f = 1

$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S'_e$

$S_e = (0.89)(0.85)(0.41)(0.5S_{ut}) = 0.155S_{ut}$

CALCULS DES CONTRAINTES

CONTRAINTES DE TENSION/COMPRESSION

$$\sigma_y = \tau_{xy} = 0$$

$$\sigma_x = \frac{F}{(w-d)t}$$

NUMÉRO 8 (SUITE...)

$$\sigma_{min} = \frac{F_{min}}{(w - d)\, t}$$

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max}}{(w - d)\, t}$$

$$\sigma_m = (\sigma_{max} + \sigma_{min})/2 = -26.67 \text{ X } 10^6 \text{ Pa}$$

$$\sigma_a = (\sigma_{max} - \sigma_{min})/2 = 40 \text{ X } 10^6 \text{ Pa}$$

σ_m est négatif: il faut utiliser des équations différentes.

RÉSISTANCE À LA FATIGUE

$$FS = \frac{S_e}{\sigma_a} \quad \text{(fatigue)}$$

ou

$$FS = \frac{S_y}{\sigma_a - \sigma_m} \quad \text{(statique)}$$

$$S_{ut} = \frac{FS\ \sigma_a}{0.155} = 516.13 \text{ X } 10^6 \text{ Pa}$$

NUMÉRO 8 (SUITE...)

UNS G 10350 (EF)

L'acier UNS G 10350 (EF) répond aux critères en fatigue

$$S_{ut} = 550 \ \text{MPa}$$

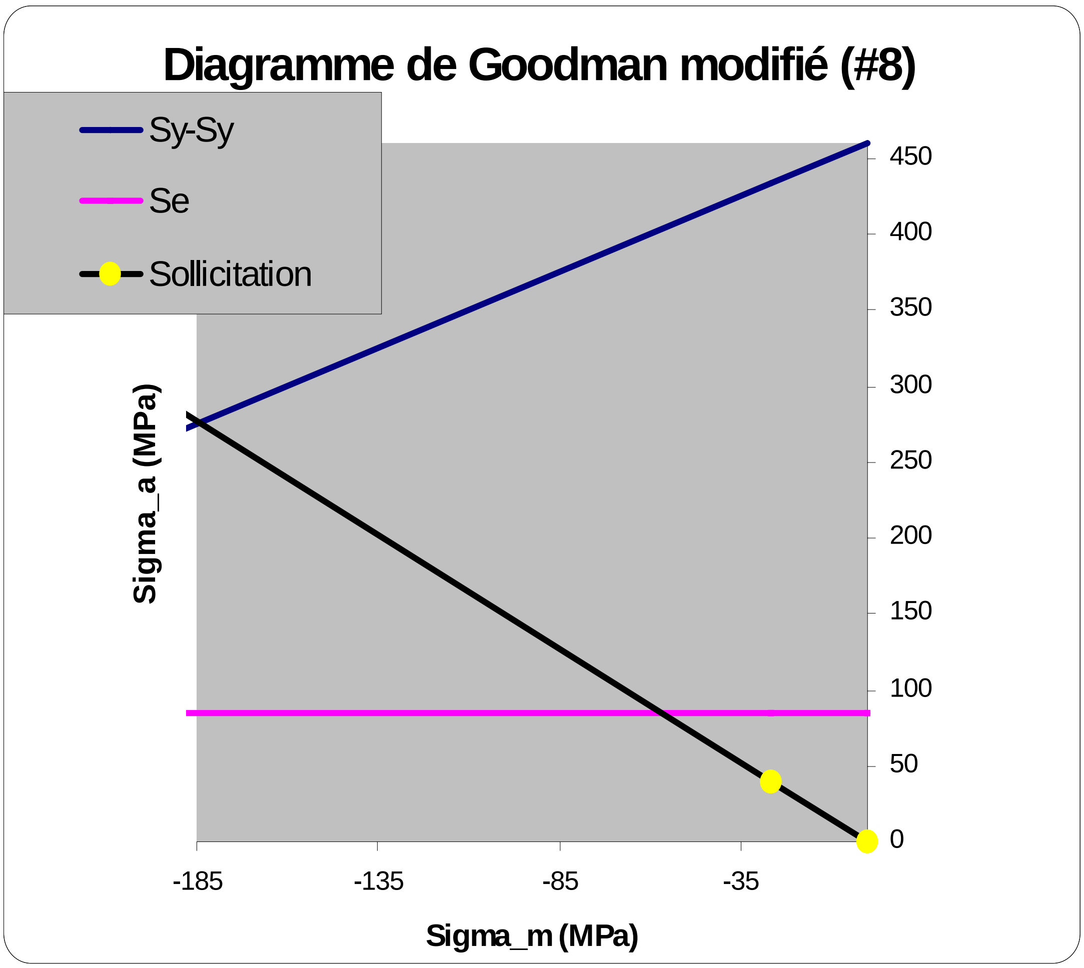
$$S_{y} = 460 \ \text{MPa}$$

VÉRIFICATION EN STATIQUE ET CALCUL DU NOUVEAU FS

$$FS = \frac{S_y}{\sigma_a - \sigma_m} = 6.9 \ \text{OK!}$$

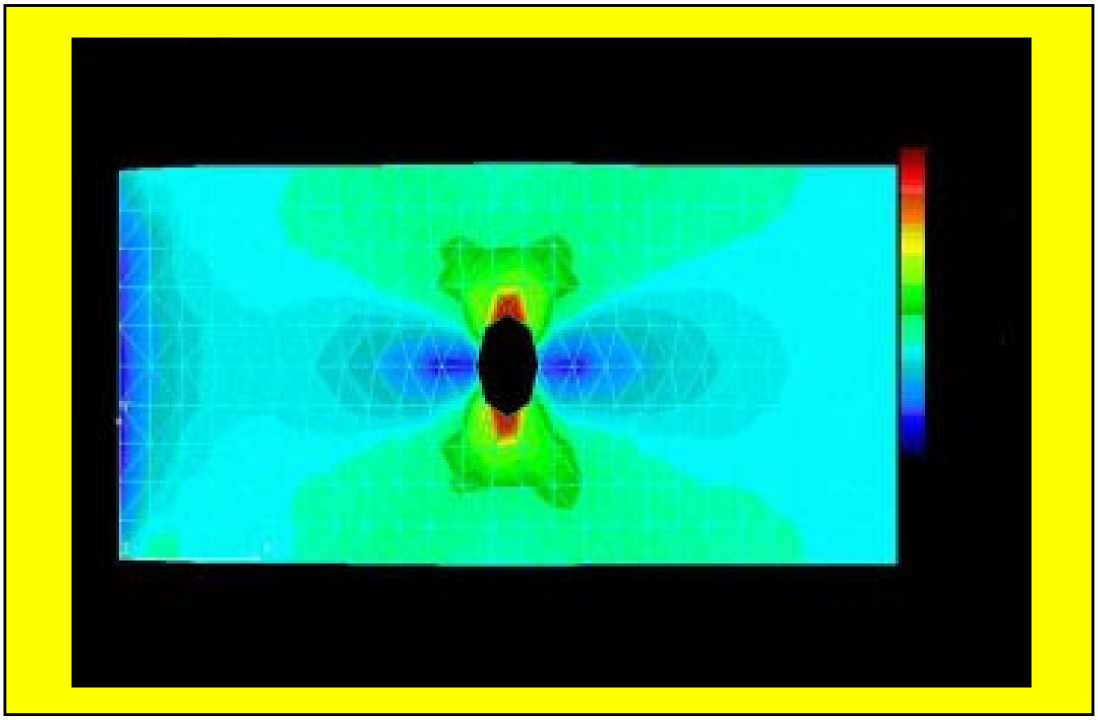
$$FS_{\text{réel}} = \frac{S_e}{\sigma_a} = \frac{0.155\, S_{ut}}{\sigma_a} = 2.13$$

NUMÉRO 8 (SUITE...)



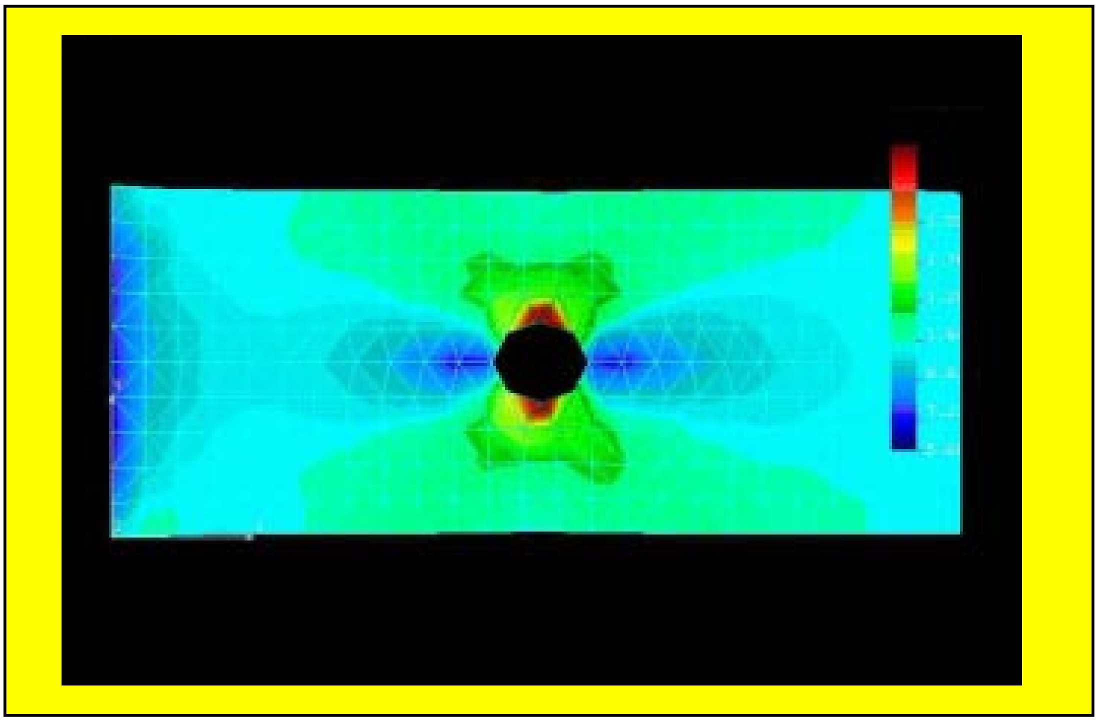
NUMÉRO 8 (SUITE...)

VISUALISATION DES CONCENTRATIONS DE CONTRAINTES À L'AIDE DES ÉLÉMENTS FINIS



Note: Le facteur d'agrandissement des déformations = 400

NUMÉRO 8 (SUITE...)

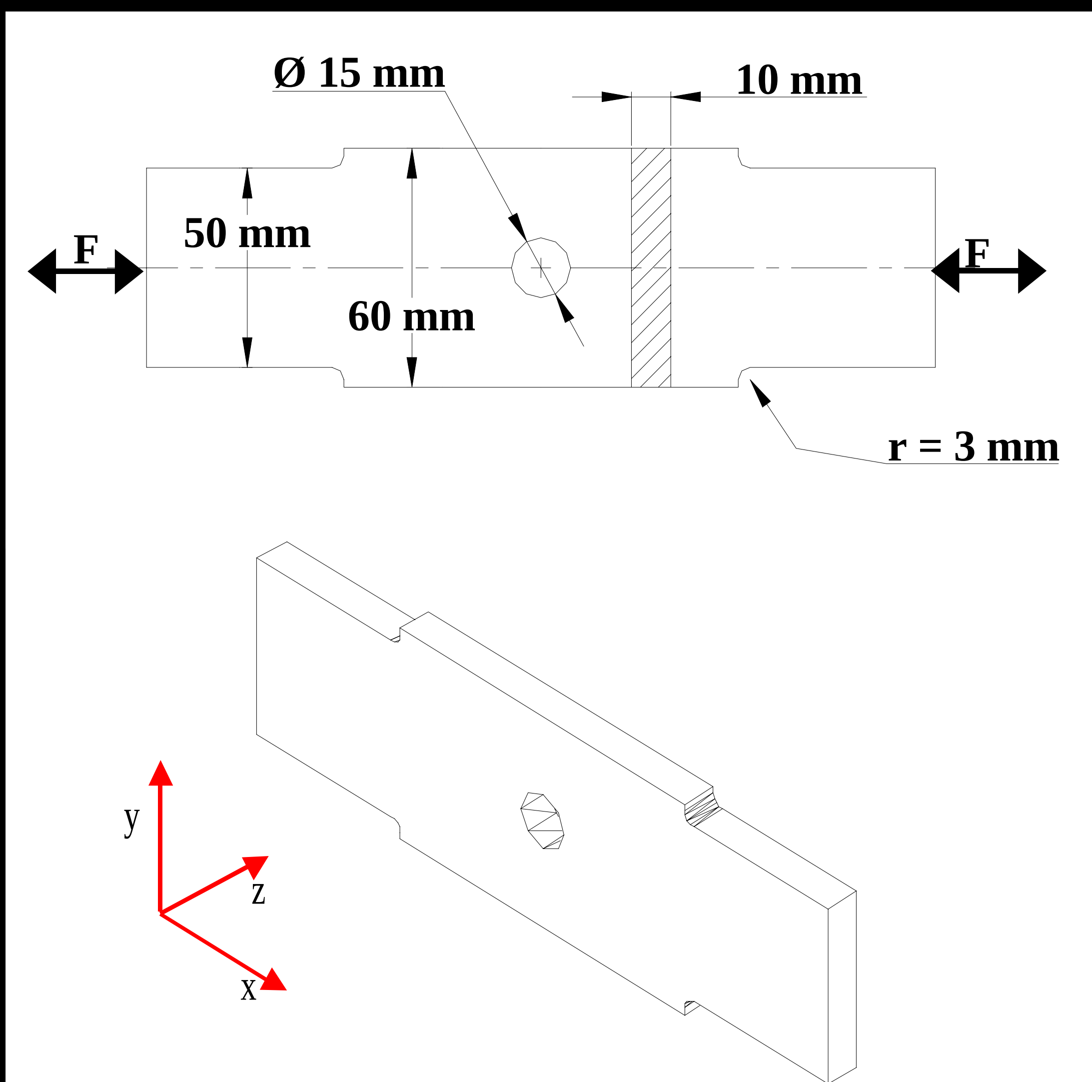


Note: Le facteur d’agrandissement des déformations = 2000

NUMÉRO 9

DESCRIPTION DU PROBLÈME

Une pièce meulée faite d'acier UNS G 10500 laminé à chaud est soumise à une charge axiale complètement renversée de 50 kN. Pour un facteur de sécurité égal à 2 et pour une fiabilité de 99%, déterminer la durée de vie de cette pièce.



NUMÉRO 9 (SUITE...)

DONNÉES DU PROBLÈME

Acier = UNS G 10500 (LC)
Meulée
F_{min} = -50 000 N
F_{max} = 50 000 N
FS = 2
Fiabilité = 99%
N = ?

r = 0.003 m
d = 0.05 m
D = 0.06 m
t = 0.01 m
w = 0.06 m
d_{trou} = 0.015 m

DONNÉES COMPLÉMENTAIRES

$S_{ut} = 620 \text{ X } 10^6$ Pa
$S_y = 340 \text{ X } 10^6$ Pa
$S'_e = 0.5S_{ut} = 310 \text{ X } 10^6$ Pa

r/d = 0.06
D/d = 1.2
d_{trou}/w = 0.25

TROU		ÉPAULEMENT	
$K_a =$	0.89	$K_a =$	0.89
$K_b =$	0.85	$K_b =$	0.85
$K_c =$	0.814	$K_c =$	0.814
$K_d =$	1	$K_d =$	1
$K_e =$	1/2.44 = 0.41	$K_e =$	1/[0.835(2-1)+1] = 0.545
$K_f =$	1	$K_f =$	1
$K_t =$	2.44	$K_t =$	2
$q =$	1	$q =$	0.835

$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S'_e$
S_e (trou) = $(0.89)(0.85)(0.814)(0.41)(310 \text{ X } 10^6) = 78.27 \text{ X } 10^6$ Pa
S_e (épaulement) = $(0.89)(0.85)(0.814)(0.545)(310 \text{ X } 10^6) = 104.04 \text{ X } 10^6$ Pa

NUMÉRO 9 (SUITE...)

CALCULS DES CONTRAINTES

CONTRAINTES DE TENSION/COMPRESSION

$$\sigma_y = \tau_{xy} = 0$$

$$\sigma_x(trou) = \frac{F}{(w - d)\ t}$$

$$\sigma_x(\acute{e}paulement) = \frac{F}{d\ t}$$

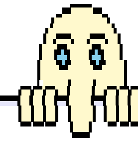
Contraintes alternées complètement renversées

$$\sigma_m = 0$$

$$\sigma_a(\mathrm{trou}) = \frac{F_{max}}{(w - d)\ t}$$

$$\sigma_a(\mathrm{\acute{e}paulement}) = \frac{F_{max}}{d\ t}$$

NUMÉRO 9 (SUITE...)



RÉSISTANCE À LA FATIGUE

$$S_f = FS\,\sigma_a$$

$$S_f\,(\text{trou}) = FS\,\frac{F_{max}}{(w - d)\,t}$$

$$S_f\,(\text{épaulement}) = FS\,\frac{F_{max}}{d\,t}$$

$$N(\text{trou}) = 1000\left(\frac{S_f}{0.9\,S_{ut}}\right)^{\frac{3}{Log\,(S_e/0.9\,S_{ut})}}$$

$$N(\text{trou}) = 25\,478\ \text{cycles}$$

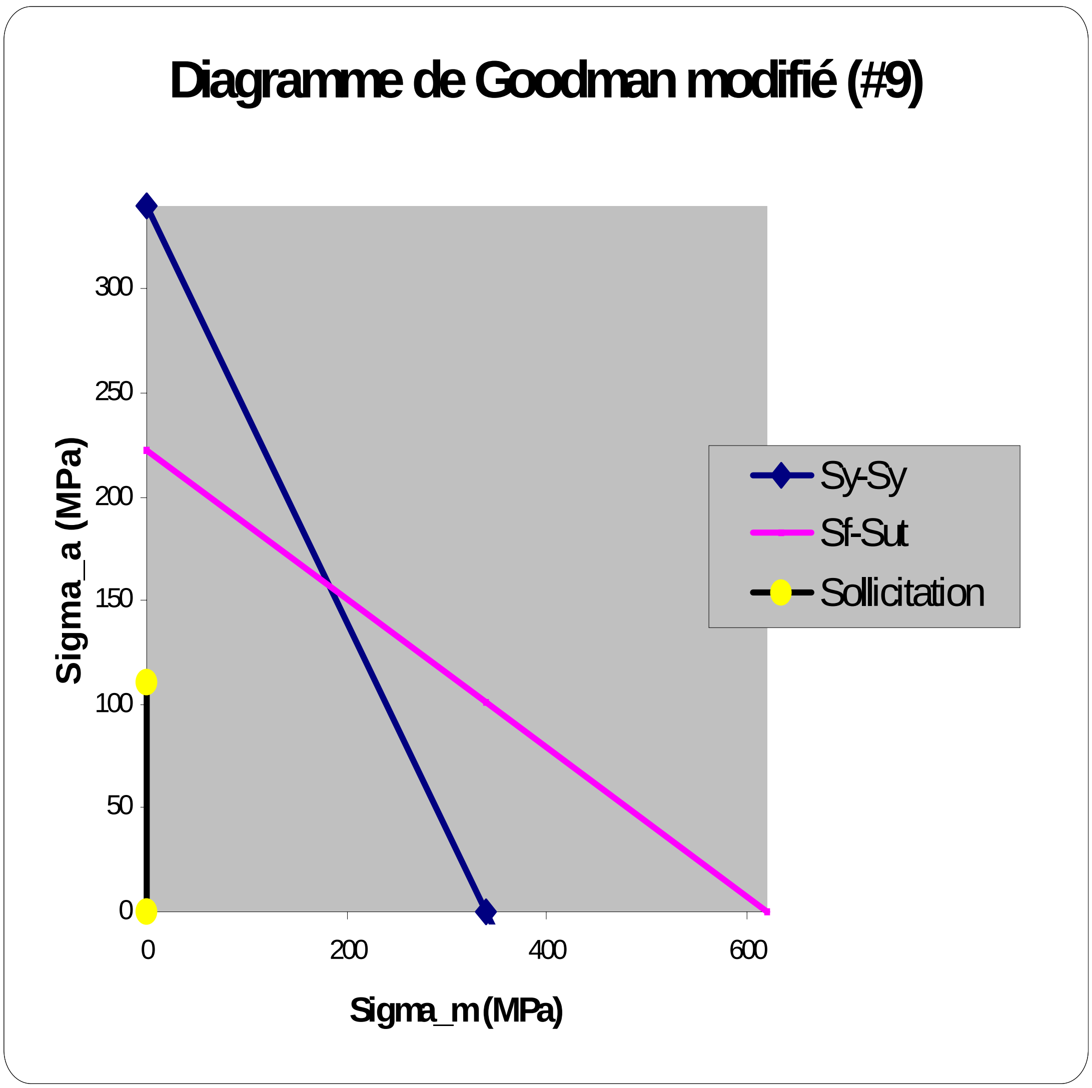
$$N(\text{épaulement}) = 1000\left(\frac{S_f}{0.9\,S_{ut}}\right)^{\frac{3}{Log\,(S_e/0.9\,S_{ut})}}$$

$$N(\text{épaulement}) = 68\,021\ \text{cycles}$$

NUMÉRO 9 (SUITE...)

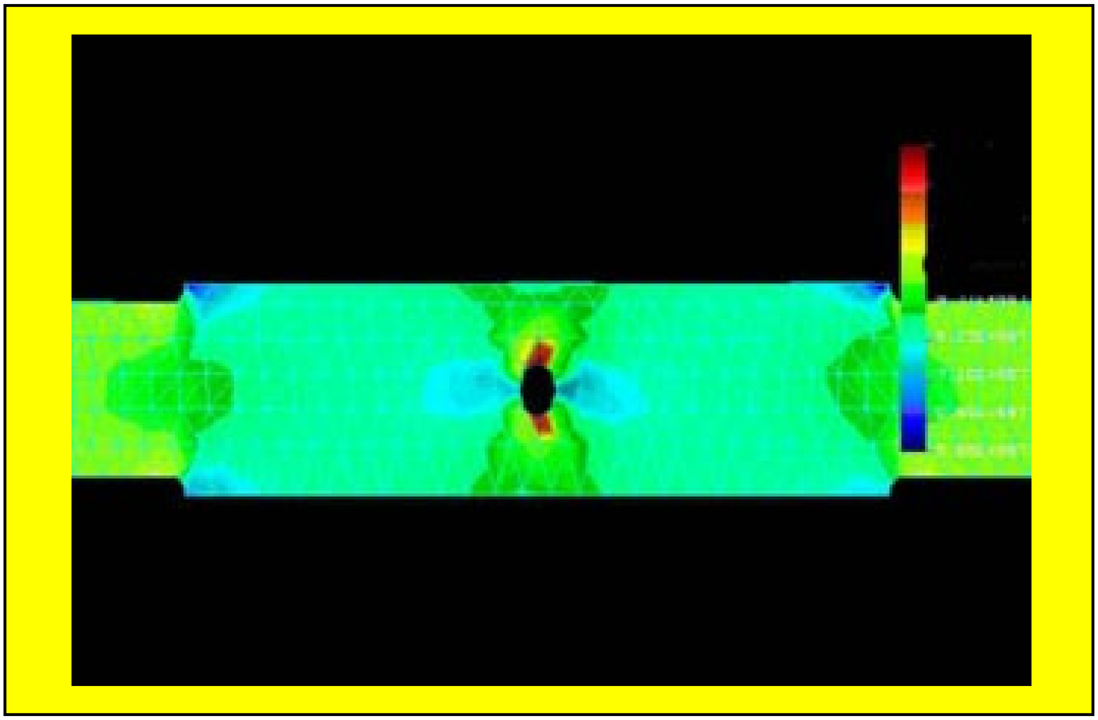
N ≅ 25 478 cycles

C'est le trou qui engendre les plus grandes concentrations de contraintes!



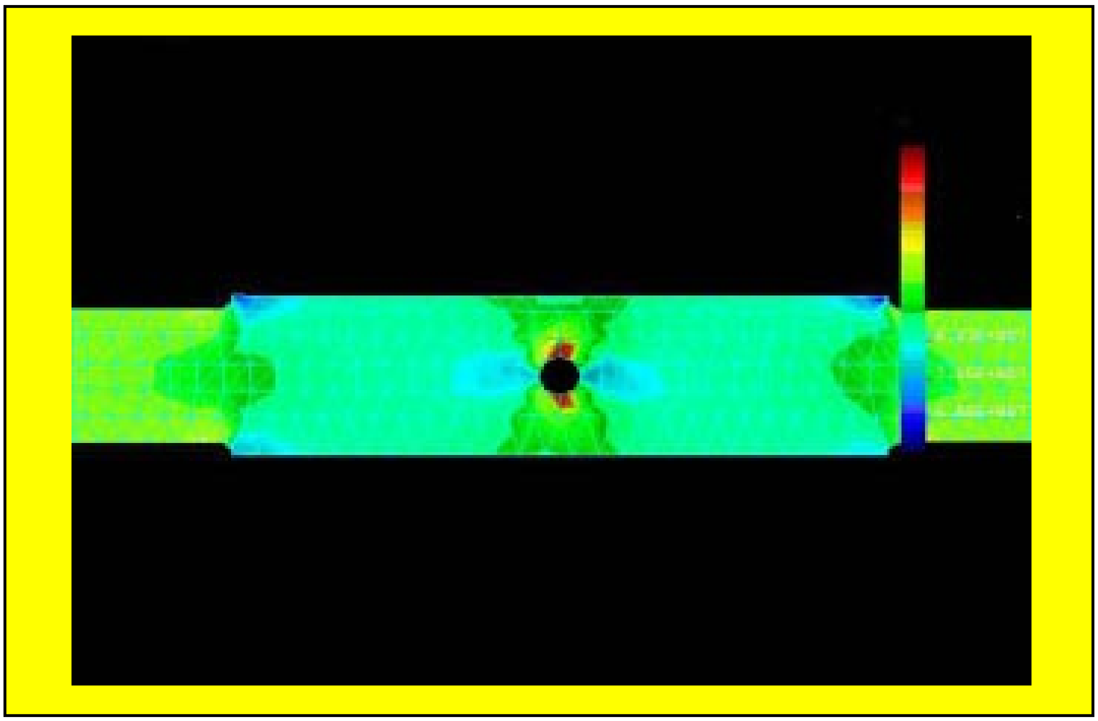
NUMÉRO 9 (SUITE...)

VISUALISATION DES CONCENTRATIONS DE CONTRAINTES À L'AIDE DES ÉLÉMENTS FINIS



Note: Le facteur d'agrandissement des déformations = 200

NUMÉRO 9 (SUITE...)

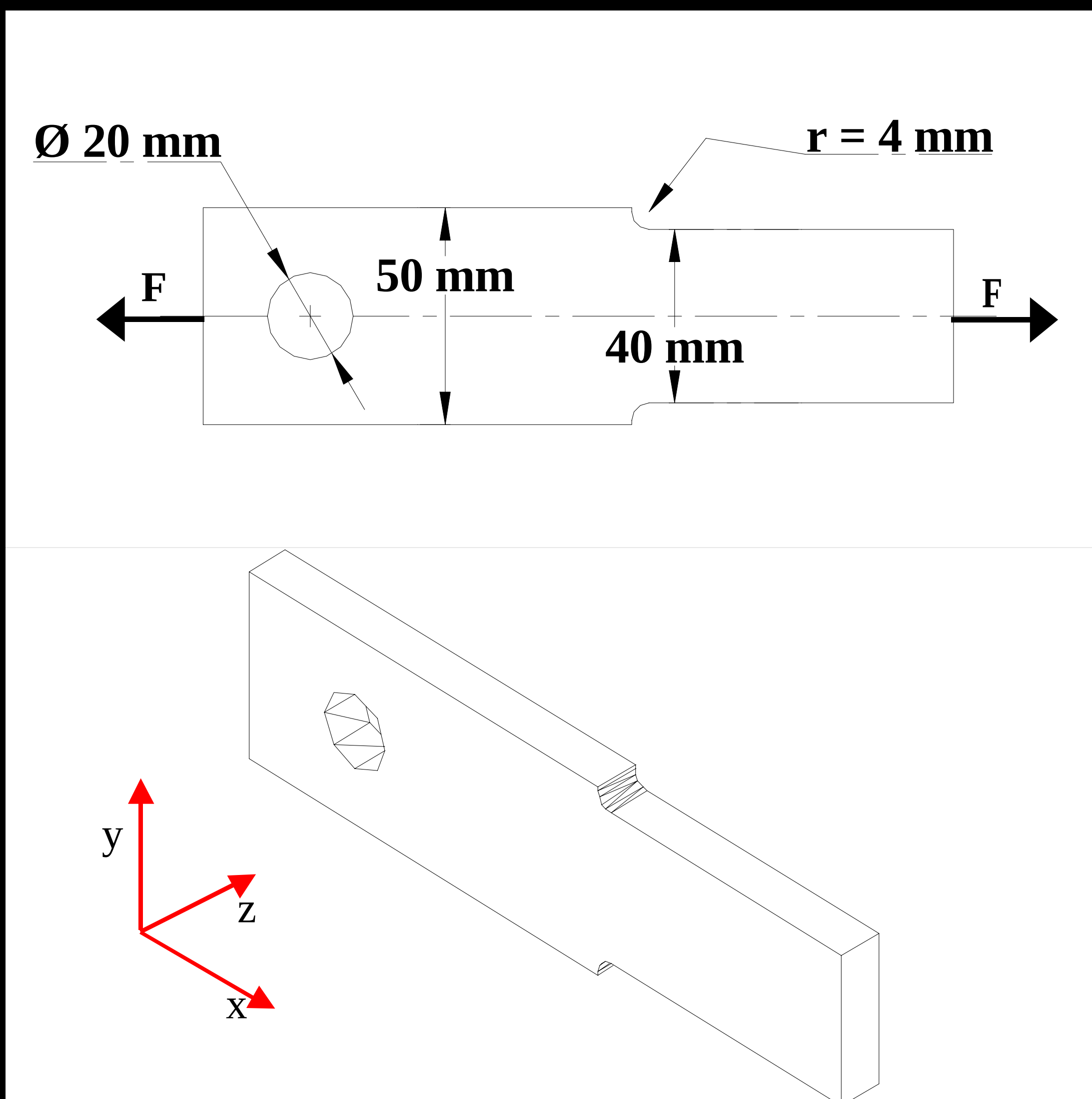


Note: Le facteur d’agrandissement des déformations = 200

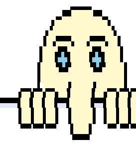
NUMÉRO 10

DESCRIPTION DU PROBLÈME

Une pièce usinée de 12 mm d'épaisseur faite d'acier UNS G 10100 étiré à froid est soumise à une force axiale de traction variant de 10 à 50 kN. Pour une fiabilité de 95%, déterminer la valeur du facteur de sécurité pour que la durée de vie de cette pièce soit infinie.



NUMÉRO 10 (SUITE...)



DONNÉES DU PROBLÈME

Acier = UNS G 10100 (EF)
Usinée
F_{min} = 10 000 N
F_{max} = 50 000 N
N = ∞
Fiabilité = 95%
FS = ?

r = 0.004 m
d = 0.04 m
D = 0.05 m
t = 0.012 m
w = 0.05 m
d_{trou} = 0.02 m

DONNÉES COMPLÉMENTAIRES

S_{ut} = 370 X 10^6 Pa
S_y = 300 X 10^6 Pa
S'_e = $0.5S_{ut}$ = 185 X 10^6 Pa

r/d = 0.1
D/d = 1.25
d_{trou}/w = 0.4

TROU

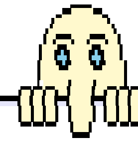
K_a = 0.9
K_b = 0.85
K_c = 0.868
K_d = 1
K_e = 1/2.27 = 0.441
K_f = 1
K_t = 2.27
q = 1

ÉPAULEMENT

K_a = 0.9
K_b = 0.85
K_c = 0.868
K_d = 1
K_e = 1/[0.78(1.85-1)+1] = 0.601
K_f = 1
K_t = 1.85
q = 0.78

$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S'_e$
S_e (trou) = (0.9)(0.85)(0.868)(0.441)(185 X 10^6) = 54.17 X 10^6 Pa
S_e (épaulement) = (0.9)(0.85)(0.868)(0.601)(185 X 10^6) = 73.83 X 10^6 Pa

NUMÉRO 10 (SUITE...)



CALCULS DES CONTRAINTES

CONTRAINTES DE TENSION

$$\sigma_y = \tau_{xy} = 0$$

$$\sigma_x(trou) = \frac{F}{(w - d)\, t}$$

$$\sigma_x(épaulement) = \frac{F}{d\, t}$$

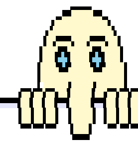
$$\sigma_{\min}(\mathrm{trou}) = \frac{F_{\min}}{(w - d)\, t}$$

$$\sigma_{\max}(\mathrm{trou}) = \frac{F_{\max}}{(w - d)\, t}$$

$$\sigma_{\min}(\text{épaulement}) = \frac{F_{\min}}{d\, t}$$

$$\sigma_{\max}(\text{épaulement}) = \frac{F_{\max}}{d\, t}$$

NUMÉRO 10 (SUITE...)



$$\sigma_m = (\sigma_{max} + \sigma_{min})/2$$

$$\sigma_a = (\sigma_{max} - \sigma_{min})/2$$

$$\sigma_m(\text{trou}) = \frac{(F_{max} + F_{min})}{2\,(w - d)\,t}$$

$$\sigma_a(\text{trou}) = \frac{(F_{max} - F_{min})}{2\,(w - d)\,t}$$

$$\sigma_m(\text{épaulement}) = \frac{(F_{max} + F_{min})}{2\,d\,t}$$

$$\sigma_a(\text{épaulement}) = \frac{(F_{max} - F_{min})}{2\,d\,t}$$

RÉSISTANCE À LA FATIGUE

$$FS(\text{trou}) = \frac{1}{\dfrac{(F_{max} - F_{min})}{2\,S_e\,(w - d)\,t} + \dfrac{(F_{max} + F_{min})}{2\,S_{ut}\,(w - d)\,t}}$$

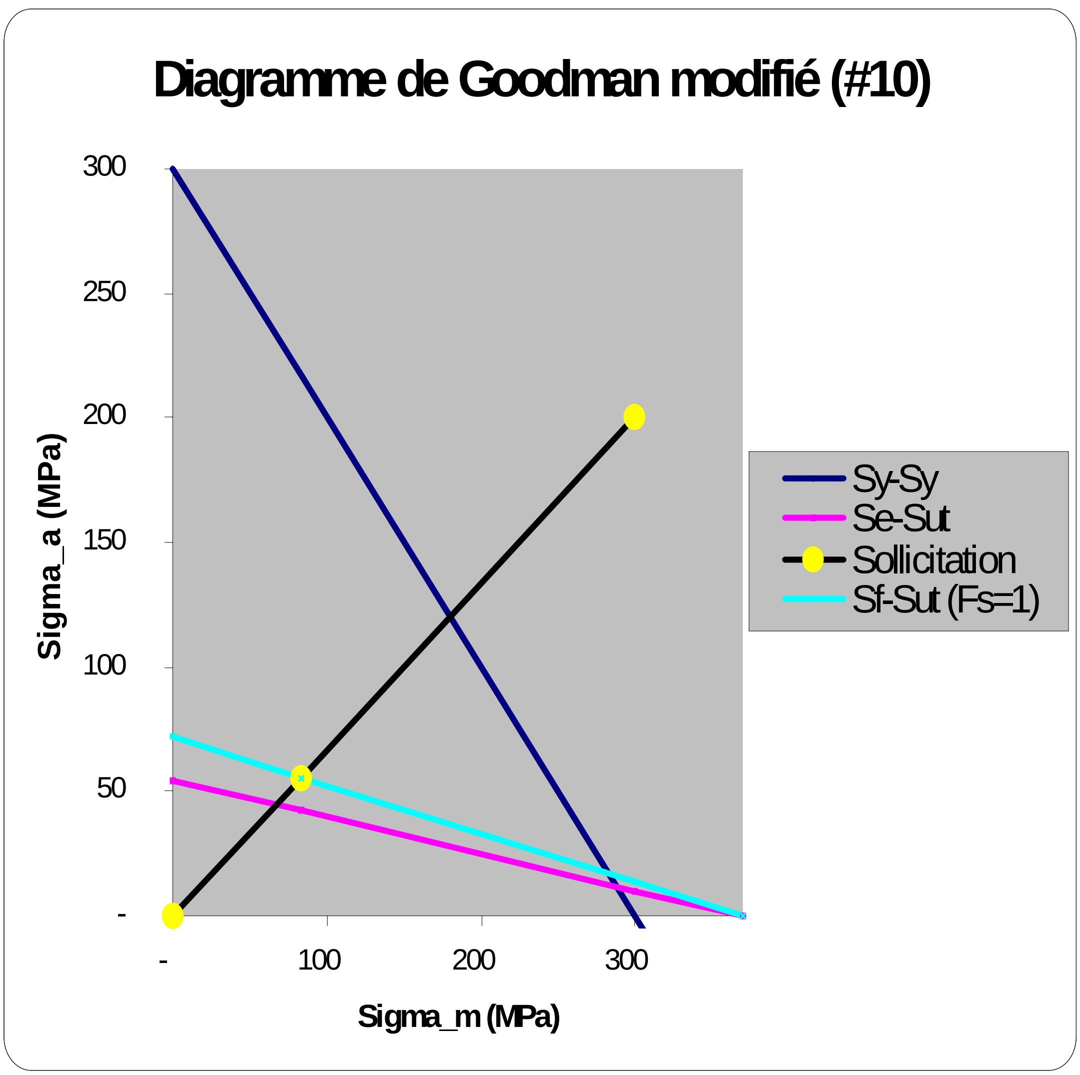
$$FS(\text{épaulement}) = \frac{1}{\dfrac{(F_{max} - F_{min})}{2\,S_e\,d\,t} + \dfrac{(F_{max} + F_{min})}{2\,S_{ut}\,d\,t}}$$

NUMÉRO 10 (SUITE...)

$$FS(\text{trou}) = 0.80$$

$$FS(\text{épaulement}) = 1.44$$

FS ≅ 0.80



NUMÉRO 10 (SUITE...)

CALCULS DU NOMBRE DE CYCLES AVEC FS = 1 (TROU)

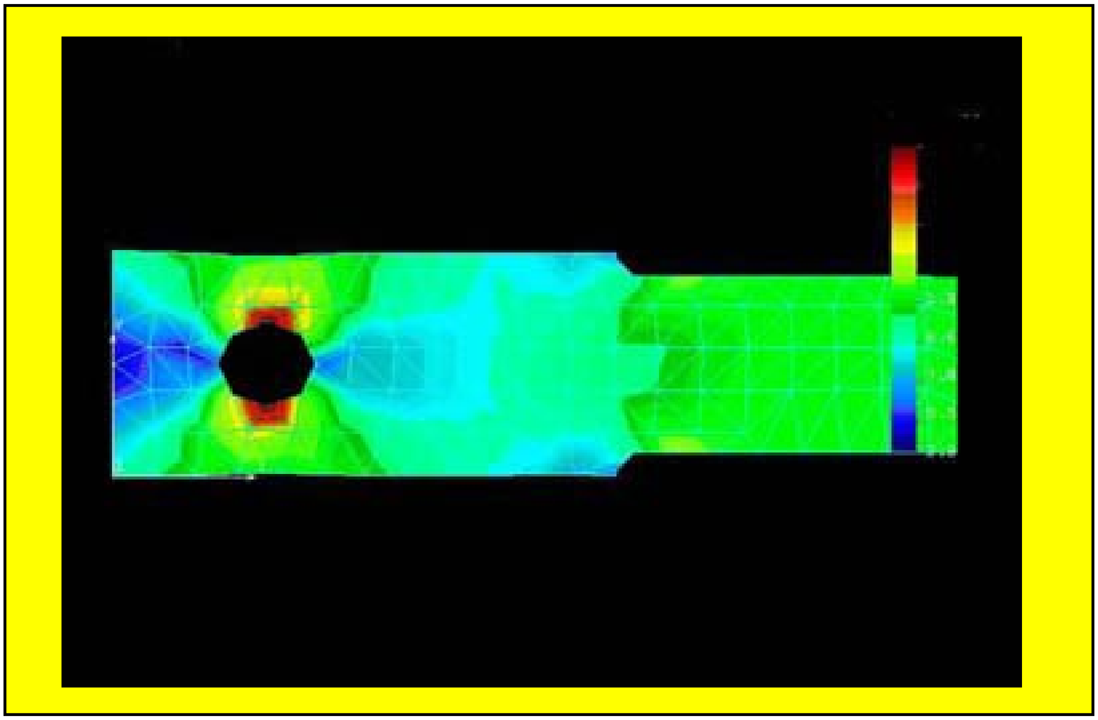
$$S_f = \frac{\sigma_a}{\dfrac{1}{FS} - \dfrac{\sigma_m}{S_{ut}}} = 71.71 \ \mathrm{X}\ 10^6 \ \mathrm{Pa}$$

$$N = 1000 \left(\frac{S_f}{0.9\ S_{ut}} \right)^{\frac{3}{Log\ (S_e / 0.9\ S_{ut})}}$$

$$N = 344\ 047 \ \text{cycles}$$

NUMÉRO 10 (SUITE...)

VISUALISATION DES CONCENTRATIONS DE CONTRAINTES À L'AIDE DES ÉLÉMENTS FINIS

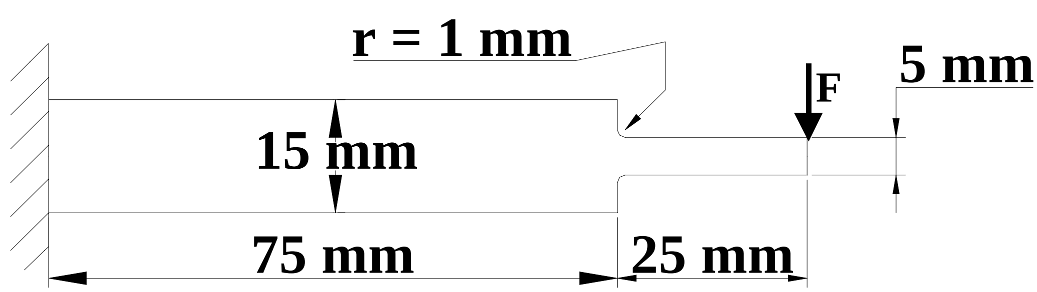


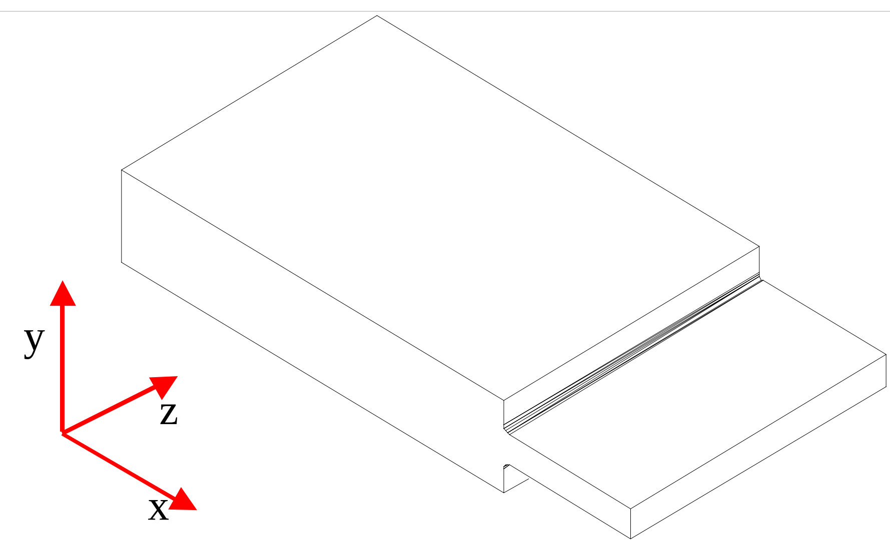
Note: Le facteur d'agrandissement des déformations = 200

NUMÉRO 11

DESCRIPTION DU PROBLÈME

Une pièce usinée de 50 mm de large faite d'acier UNS G 10350 laminé à chaud est encastrée à une extrémité; son autre extrémité est soumise à une force verticale variant de 50 à 100 kN. Pour une température d'utilisation de 150 degrés celcius et une fiabilité de 99%, déterminer la valeur du facteur de sécurité pour que la durée de vie de cette pièce soit de 200 000 cycles.





NUMÉRO 11 (SUITE...)

Les forces en présence semblent trop élevées pour que la pièce les supporte!!

VÉRIFICATION EN STATIQUE

$$\sigma_y = \tau_{xy} = 0$$

$$\sigma_x = \frac{6Fl}{td^2}$$

$$FS = \frac{S_y}{\sigma_x} = \frac{S_y\, td^2}{6Fl}$$

À l'encastrement :

$S_y = 270 \text{ X } 10^6 \text{ Pa}$

$t = 0.05 \text{ m}$

$d = 0.015 \text{ m}$

$F = 50\,000 \text{ N}$

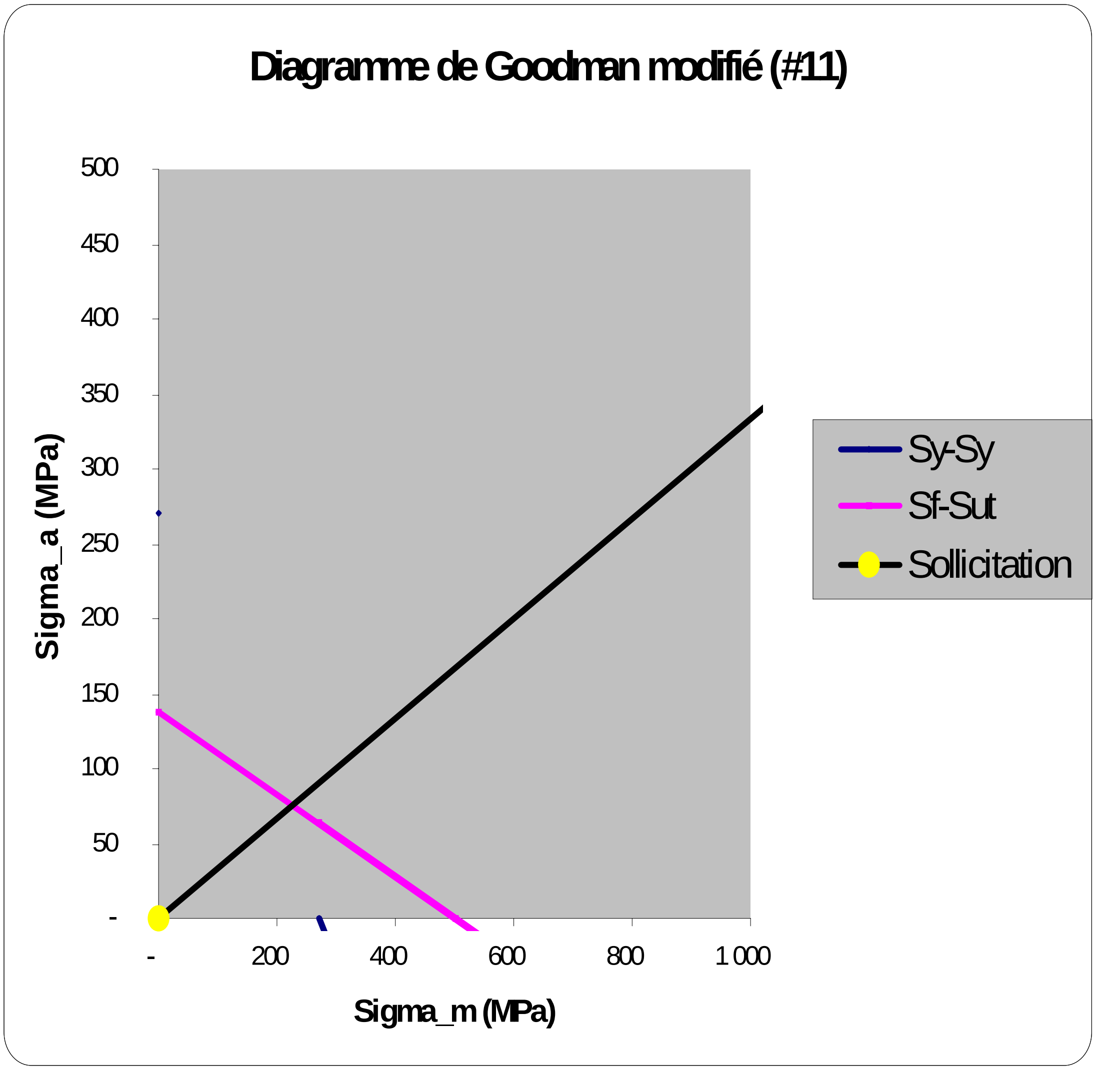
$l = 0.125 \text{ m}$

$$\boxed{\mathbf{FS \cong 0.081}}$$

Conclusion: les forces sont trop élevées

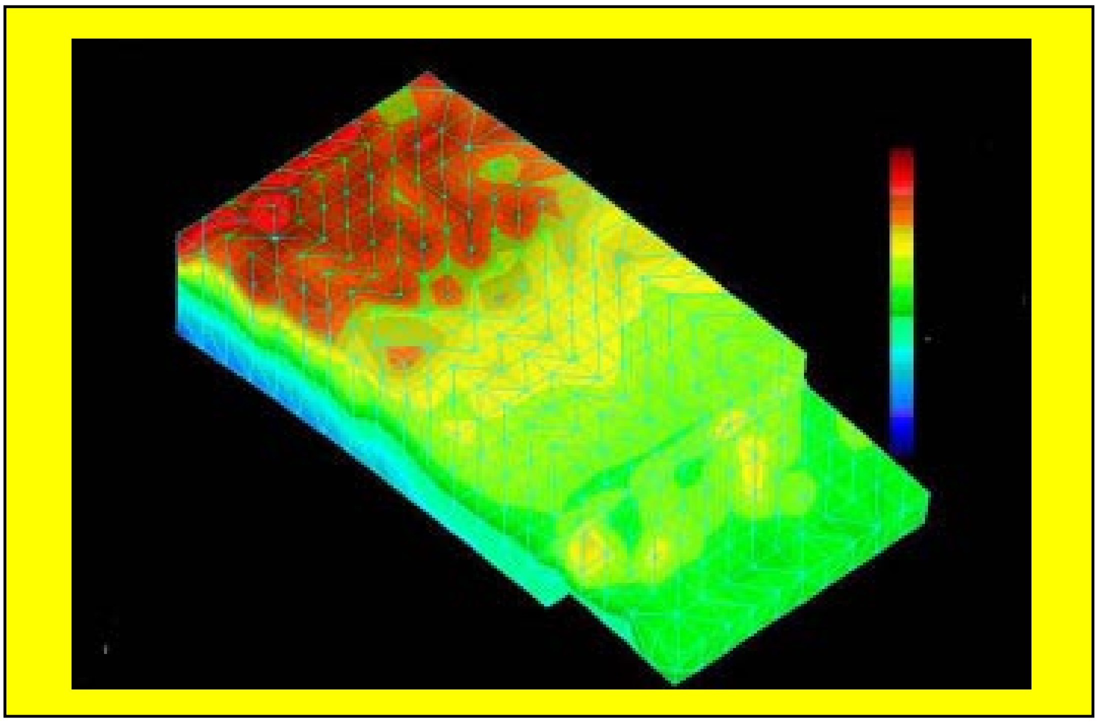
Voir les résultats sur le graphique et les images

NUMÉRO 11 (SUITE...)



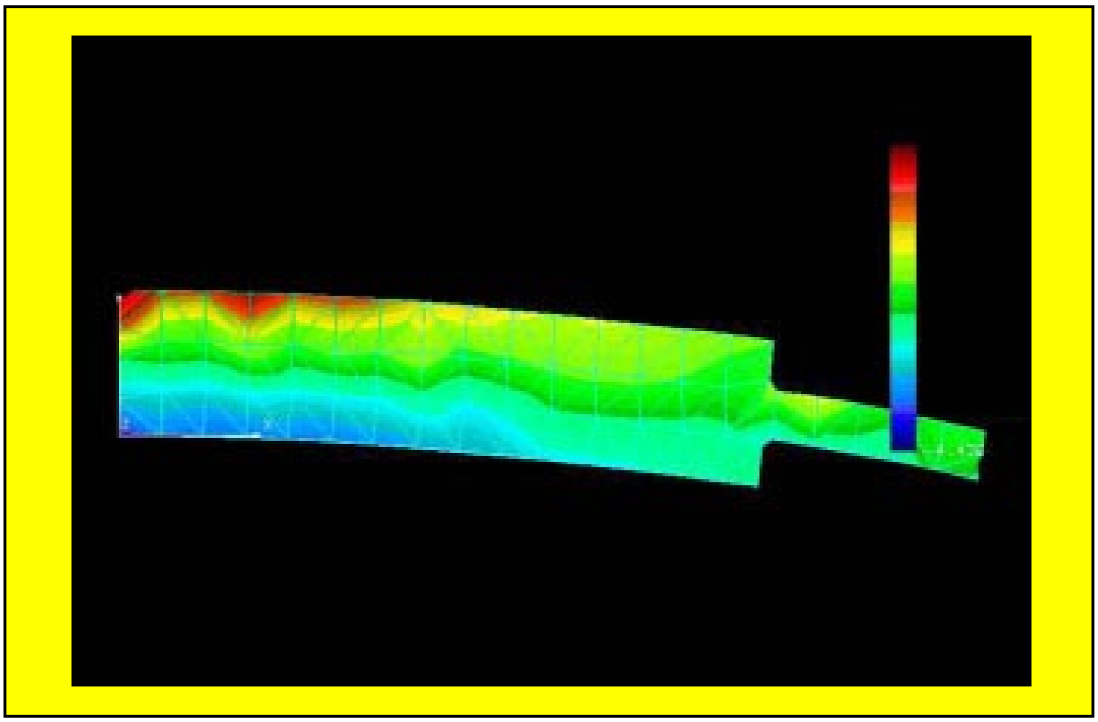
NUMÉRO 11 (SUITE...)

VISUALISATION DES CONCENTRATIONS DE CONTRAINTES À L'AIDE DES ÉLÉMENTS FINIS



Note: Le facteur d'agrandissement des déformations = 1

NUMÉRO 11 (SUITE...)



Note: Le facteur d’agrandissement des déformations = 1

NUMÉRO 12

DESCRIPTION DU PROBLÈME

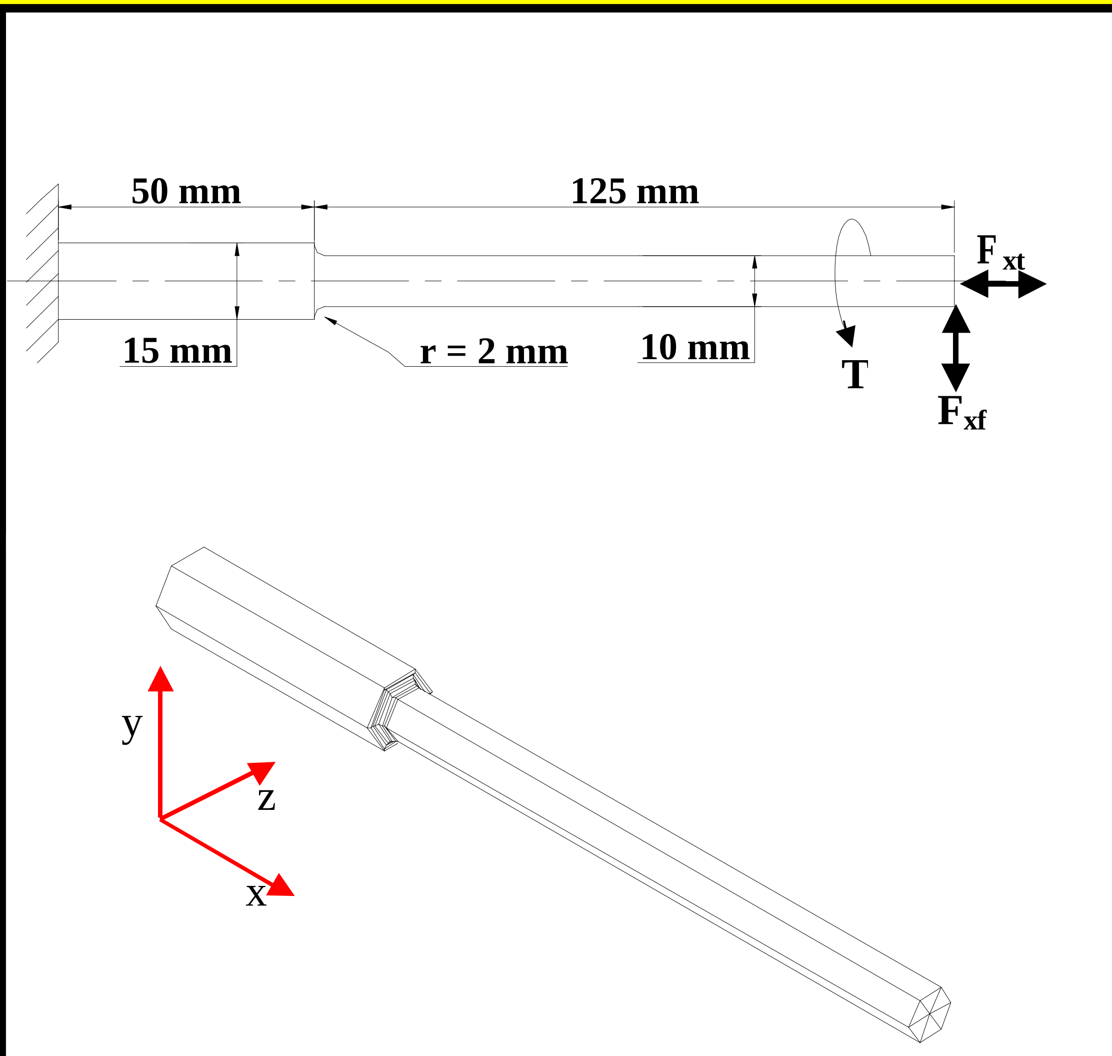
Un arbre usiné fait d'acier UNS G 10400 étiré à froid est soumis à un état de contraintes complexes non complètement renversées engendré par les chargements suivants:

F axiale varie de 500 (compression) à 2500 N (tension);

F cisaillement varie de 25 (vers le haut) à 100 N (vers le bas);

T = 10 N*m (torsion).

Pour une fiabilité de 95%, déterminer la valeur du facteur de sécurité pour que la durée de vie de cet arbre soit de 200 000 cycles.



NUMÉRO 12 (SUITE...)

DONNÉES DU PROBLÈME

Acier = UNS G 10400 (EF)
Usiné
$F_{xt\ min}$ = -500 N
$F_{xt\ max}$ = 2500 N
$F_{xf\ haut}$ = 25 N
$F_{xf\ bas}$ = 100 N
N = 200 000 cycles
FS = ?

T = 10 N*m
l = 0.125 m
r = 0.002 m
d = 0.010 m
D = 0.015 m
Fiabilité = 95%

DONNÉES COMPLÉMENTAIRES

S_{ut} = 590×10^6 Pa
S_y = 490×10^6 Pa
S'_e = $0.5S_{ut} = 295 \times 10^6$ Pa
r/d= 0.2
D/d= 1.5
q= 0.79
K_{tt} = 1.55

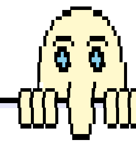
K_a = 0.75
K_b = 0.85
K_c = 0.868
K_d = 1
K_e = 1/[0.79(1.55-1)+1] = 0.697
K_f = 1
$K_{tf} < 1.55$
$K_{ts} < 1.55$

$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S'_e$
$S_e = (0.75)(0.85)(0.868)(0.697)(295 \times 10^6) = 113.78 \times 10^6$ Pa

$$S_f = 0.9\,S_{ut}\left(\frac{S_e}{0.9\,S_{ut}}\right)^{\frac{\log(N)-3}{3}}$$

$$S_f = 162.9 \times 10^6 \mathrm{Pa}$$

NUMÉRO 12 (SUITE...)



CALCULS DES CONTRAINTES

$$\sigma_{y} = 0$$

$$\sigma_{xt} = \frac{4\,F}{\pi\,d^{2}}$$

$$\sigma_{xf} = \frac{M\,c}{I} = \frac{F\,l\,c}{I} = \frac{32\,F\,l}{\pi\,d^{3}}$$

$$\tau_{xy} = \frac{T\,c}{J} = \frac{16\,T}{\pi\,d^{3}} = 50.93 \text{ X } 10^{6} \text{ Pa}$$

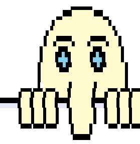
$$\sigma_{xt\ min} = \frac{4\,F_{xt\ min}}{\pi\,d^{2}} = -6.37 \text{ X } 10^{6} \text{ Pa}$$

$$\sigma_{xt\ max} = \frac{4\,F_{xt\ max}}{\pi\,d^{2}} = 31.83 \text{ X } 10^{6} \text{ Pa}$$

$$\sigma_{xf\ haut} = \frac{32\,F_{xf\ haut}\,l}{\pi\,d^{3}} = 31.83 \text{ X } 10^{6} \text{ Pa}$$

$$\sigma_{xf\ bas} = \frac{32\,F_{xf\ bas}\,l}{\pi\,d^{3}} = 127.32 \text{ X } 10^{6} \text{ Pa}$$

NUMÉRO 12 (SUITE...)



Détermination du point de sollicitations maximales en tenant compte de la contribution des forces axiale et de cisaillement et des différentes combinaisons possibles.

Point supérieur de l'épaulement:

1- Compression - Compression

$$\sigma_{xt\,min} - \sigma_{xf\,haut} = -38.2 X 10^{6}\ Pa$$

2- Compression - Tension

$$\sigma_{xt\,min} + \sigma_{xf\,bas} = 120.96 X 10^{6}\ Pa$$

3- Tension - Compression

$$\sigma_{xtmax} - \sigma_{xfhaut} = 0$$

4- Tension - Tension

$$\sigma_{xt\,max} + \sigma_{xf\,bas} = 159.15 X 10^{6}\ Pa$$

Point inférieur de l'épaulement:

1- Compression - Compression

$$\sigma_{xt\,min} - \sigma_{xf\,bas} = -133.69 X 10^{6}\ Pa$$

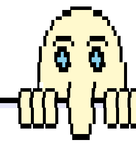
2- Compression - Tension

$$\sigma_{xt\,min} + \sigma_{xf\,haut} = 25.46 X 10^{6}\ Pa$$

3- Tension - Compression

$$\sigma_{xt\,max} - \sigma_{xf\,bas} = -95.49 X 10^{6}\ Pa$$

NUMÉRO 12 (SUITE...)



4- Tension - Tension

$$\sigma_{xt\,max} + \sigma_{xf\,haut} = 63.66X10^{6}\ \text{Pa}$$

L'endroit à considérer se situe au point supérieur de l'épaulement
puisque la contrainte moyenne sera positive.

$$\sigma_{x\,min} = -38.2\,X10^{6}\ \text{Pa}$$

$$\sigma_{x\,max} = 159.15\,X10^{6}\ \text{Pa}$$

$$\sigma_{xm} = (\sigma_{xmax} + \sigma_{xmin})/2$$

$$\sigma_{xa} = (\sigma_{xmax} - \sigma_{xmin})/2$$

$$\tau_{xym} = 50.93X10^{6}\ \text{Pa}$$

$$\tau_{xya} = \sigma_{ym} = \sigma_{ya} = 0$$

$$\sigma_{m} = \sqrt{\sigma_{xm}^{2} - \sigma_{xm}\sigma_{ym} + \sigma_{ym}^{2} + 3\tau_{xym}^{2}}$$

$$\sigma_{a} = \sqrt{\sigma_{xa}^{2} - \sigma_{xa}\sigma_{ya} + \sigma_{ya}^{2} + 3\tau_{xya}^{2}}$$

$$\sigma_{m} = 106.95X10^{6}\ \text{Pa}$$

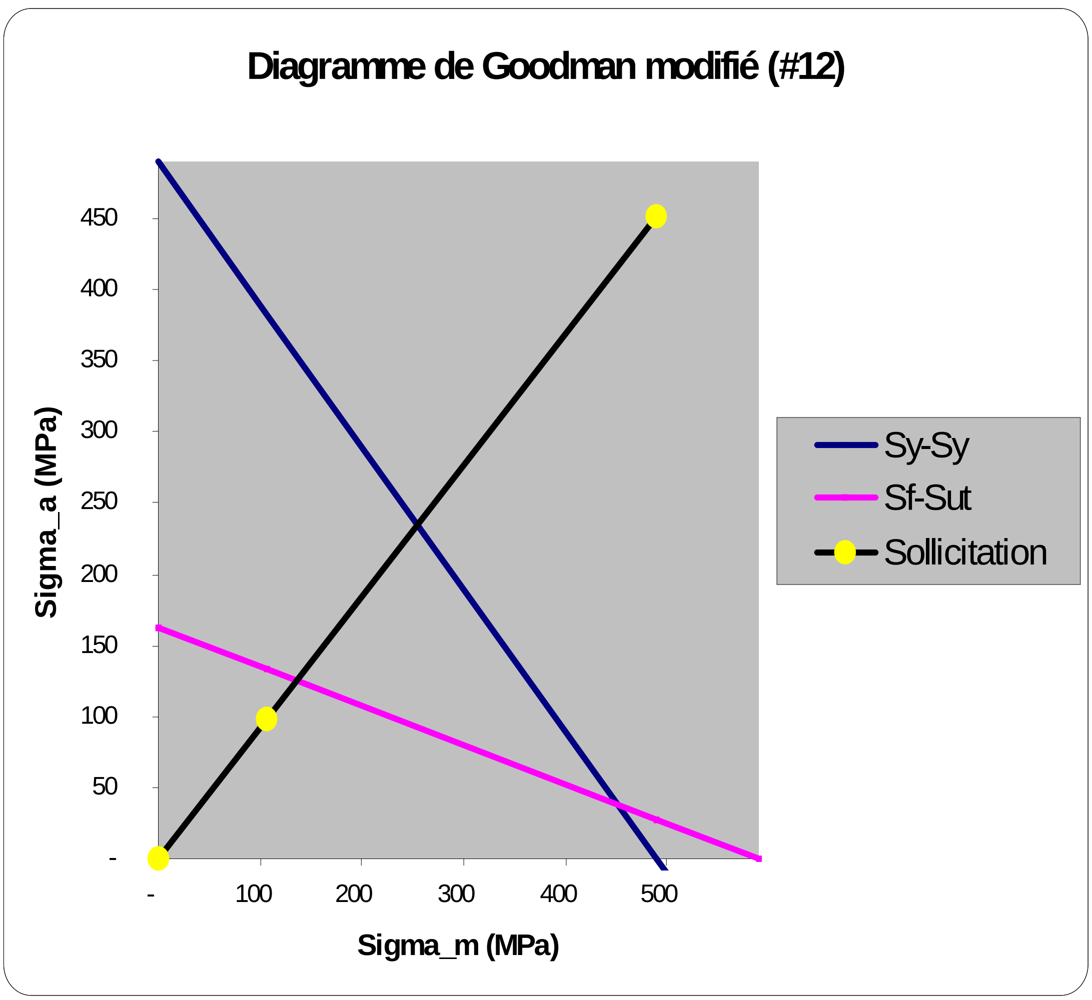
$$\sigma_{a} = 98.68X10^{6}\ \text{Pa}$$

NUMÉRO 12 (SUITE...)

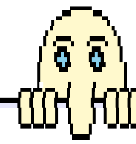
RÉSISTANCE À LA FATIGUE

$$FS = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{S_f} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}}$$

FS ≅ 1.27



NUMÉRO 12 (SUITE...)



VÉRIFICATION À L’ENCASTREMENT

FS ≅ 3.92 OK !

RÉSULTATS DE TOUS LES CAS POSSIBLES À L’ÉPAULEMENT À L’AIDE D’EXCEL

Point supérieur de l’épaulement:

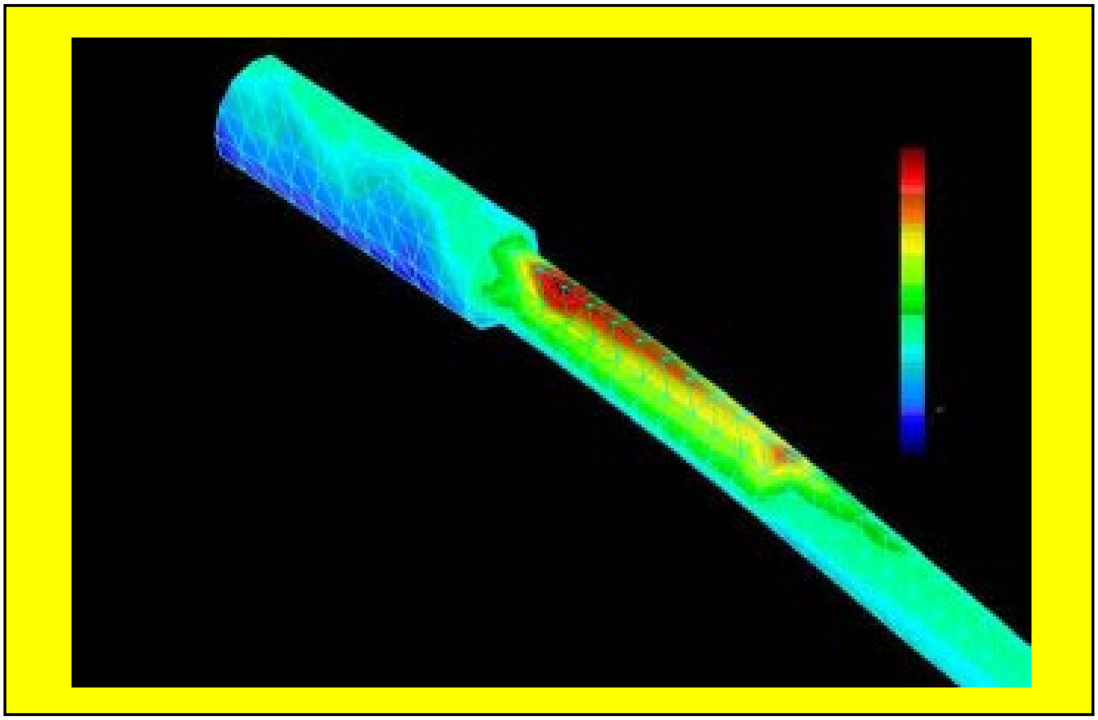
1-2 FS = 1.53
1-3 FS = 3.70
1-4 FS = 1.27
2-3 FS = 1.81
2-4 FS = 2.51
3-4 FS = 1.45

Point inférieur de l’épaulement:

1-2 FS = 1.51
1-3 FS = 2.76
1-4 FS = 1.30
2-3 FS = 1.88
2-4 FS = 3.51
3-4 FS = 1.56

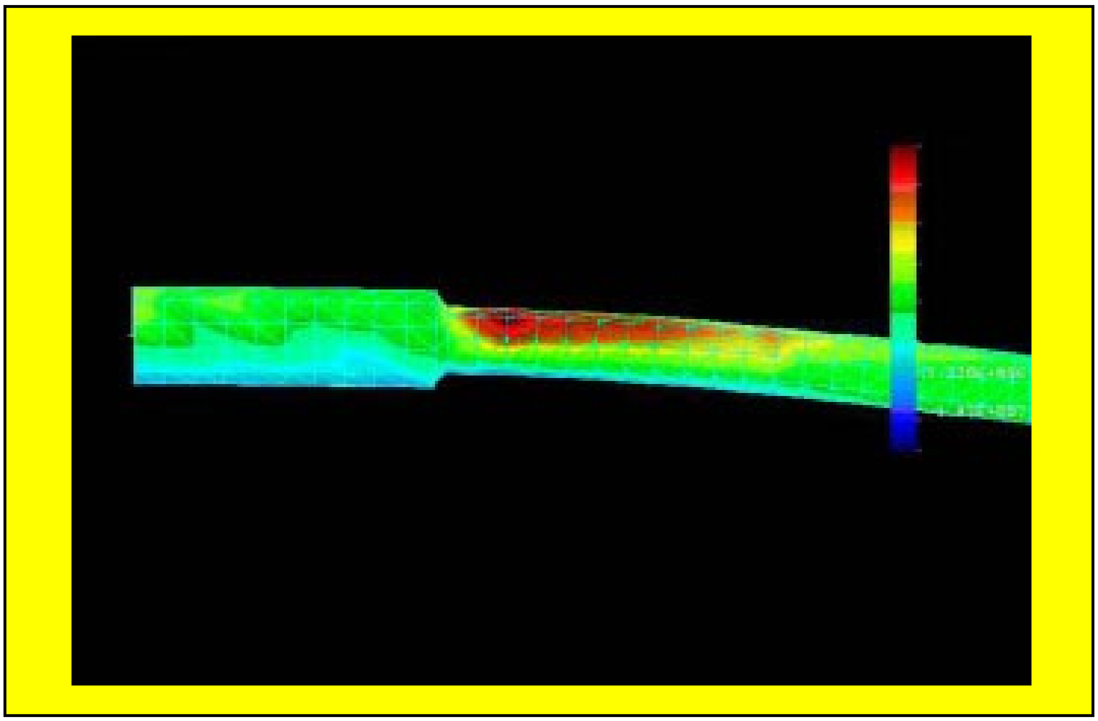
NUMÉRO 12 (SUITE...)

VISUALISATION DES CONCENTRATIONS DE CONTRAINTES À L'AIDE DES ÉLÉMENTS FINIS



Note: Le facteur d'agrandissement des déformations = 25

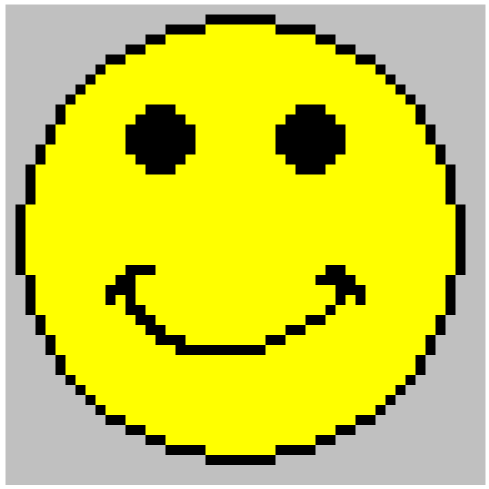
NUMÉRO 12 (SUITE...)



Note: Le facteur d’agrandissement des déformations = 25

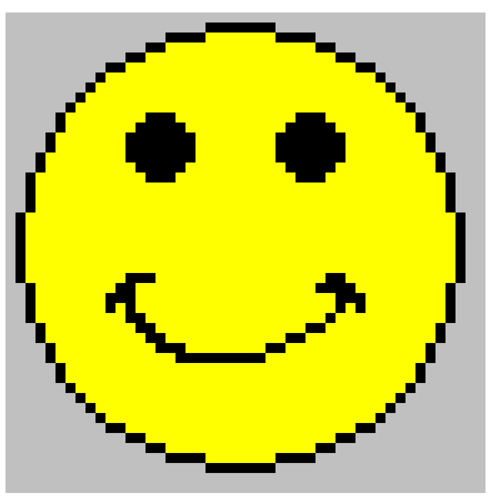
NUMÉRO 13

À FAIRE EN DEVOIR!



NUMÉRO 14

À FAIRE EN DEVOIR!



NUMÉRO 15

DESCRIPTION DU PROBLÈME

À sa section critique, une pièce (S_u = 690 MPa; S_e = 140 MPa, tous facteurs inclus) est soumise au programme d'essais suivant:

Condition	**σ_i (MPa)**	n_i **(cycles)**
1	-350 à 350	30 000
2	-275 à 275	--------------

Évaluer la durée de vie de cette pièce pour la condition 2, en utilisant:
a) la loi de Miner;
b) la méthode de Manson Modifié.

ÉVALUATION DE LA DURÉE DE VIE

$$N_i = 1000\left(\frac{\sigma_i}{0.9\,S_{ut}}\right)^{\frac{3}{Log\left(S_e/0.9\,S_{ut}\right)}}$$

$$N_1 = 14\,280\ \text{cycles}$$

La pièce durera seulement 14 280 cycles. Elle ne passera pas la première étape.

NUMÉRO 16

DESCRIPTION DU PROBLÈME

Une pièce d'acier (S_u = 555 MPa; S_e = 75 MPa, tous facteurs inclus) est soumise au programme d'essais suivant:

Condition	σ_i (MPa)	n_i (cycles)
1	-150 à 150	30 000
2	-100 à 100	100 000
3	-200 à 200	--------------

Évaluer la durée de vie de cette pièce pour la condition 3, en utilisant:

a) la loi de Miner;

b) la méthode de Manson Modifié.

ÉVALUATION DE LA DURÉE DE VIE

$$N_i = 1000 \left(\frac{\sigma_i}{0.9\, S_{ut}} \right)^{\frac{3}{Log\,(S_e / 0.9\, S_{ut})}}$$

N_1 = 80 041 cycles

N_2 = 350 619 cycles

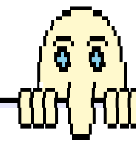
N_3 = 28 064 cycles

$$\text{a)}\ \sum_{i=1}^{3} \frac{n_i}{N_i} = \frac{30\,000}{80\,041} + \frac{100\,000}{350\,619} + \frac{n_3}{28\,064} = 1$$

$$n_3 = \left(1 - \frac{n_1}{N_1} - \frac{n_2}{N_2} \right) N_3$$

Miner = 9541 cycles

NUMÉRO 16 (SUITE...)



b) $N_1 - n_1 = 50\,041$

$$\log(N_2') = \left[\frac{\log(\sigma_2/0.9\,S_u)\log(N_1 - n_1/1000)}{\log(\sigma_1/0.9\,S_u)}\right] + 3$$

$$N_2' = 187\,106$$

$$N_2' - n_2 = 87\,106$$

$$\log(N_3') = \left[\frac{\log(\sigma_3/0.9\,S_u)\log(N_2 - n_2/1000)}{\log(\sigma_2/0.9\,S_u)}\right] + 3$$

Manson = 12 705 cycles

NUMÉRO 17

DESCRIPTION DU PROBLÈME

Une pièce polie faite d'acier UNS G 10350 laminé à chaud est soumise au programme d'essais suivant:

Condition	σ_i (MPa)	n_i (cycles)
1	-150 à 150	25 000
2	-175 à 175	55 000
3	-100 à 100	--------------

Pour un facteur théorique de concentration de contraintes K_t égal à 2.5, un rayon d'entaille de 3 mm et une fiabilité de 95%, évaluer la durée de vie de cette pièce pour la condition 3.

DONNÉES DU PROBLÈME

Acier = UNS G 10350 (LC)

Polie

Fiabilité = 95%

$K_t = 2.5$

$r = 0.003$ m

DONNÉES COMPLÉMENTAIRES

$S_{ut} = 500 \times 10^6$ Pa

$S'_e = 0.5S_{ut} = 250 \times 10^6$ Pa

$q = 0.8$

$K_a = 1$

$K_b = 1$

$K_c = 0.868$

$K_d = 1$

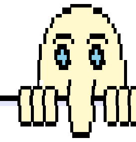
$K_e = 1/[0.8(2.5-1)+1] = 0.455$

$K_f = 1$

$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S'_e$

$S_e = (0.868)(0.455)(250 \times 10^6) = 98.735 \times 10^6$ Pa

NUMÉRO 17 (SUITE...)



$$N_i = 1000\left(\frac{\sigma_i}{0.9\,S_{ut}}\right)^{\frac{3}{Log\,(S_e/0.9\,S_{ut})}}$$

$$N_1 = 148\,893$$

$$N_1 - n_1 = 123\,893$$

$$\log(N_2') = \left[\frac{\log(\sigma_2/0.9\,S_u)\log(N_1 - n_1/1000)}{\log(\sigma_1/0.9\,S_u)}\right] + 3$$

$$N_2' = 63\,003$$

$$N_2' - n_2 = 8\,003$$

$$\log(N_3') = \left[\frac{\log(\sigma_3/0.9\,S_u)\log(N_2 - n_2/1000)}{\log(\sigma_2/0.9\,S_u)}\right] + 3$$

Manson = 27 744 cycles

NUMÉRO 18

DESCRIPTION DU PROBLÈME

À sa section critique, une pièce (S_u = 690 MPa; S_e = 140 MPa, tous facteurs inclus) est soumise durant 100 000 cycles à une contrainte complètement renversée de 120 MPa. Déterminer la valeur de la contrainte qu'il faut appliquer durant 50 000 cycles pour qu'il y ait rupture.

LA CONTRAINTE ?

Condition	σ_i (MPa)	n_i (cycles)
1	-120 à 120	100 000
2	-? à ?	50 000

$$N_i = 1000 \left(\frac{\sigma_i}{0.9\ S_{ut}} \right)^{\frac{3}{Log\ (S_e / 0.9\ S_{ut})}}$$

$$N_1 = 2\ 043\ 785$$

$$\sum_{i=1}^{2} \frac{n_i}{N_i} = \frac{100\ 000}{2\ 043\ 785} + \frac{50\ 000}{N_2} = 1$$

$$N_2 = \frac{n_2\ N_1}{N_1 - n_1} = 52\ 572$$

$$\sigma_2 = 0.9\ S_u \left(\frac{S_e}{0.9\ S_u} \right)^{\frac{\log\ (N_2) - 3}{3}}$$

Miner = 264 MPa