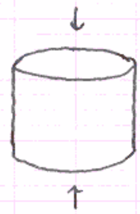
$\frac{l-l_0}{l_0} = \frac{l}{l_0} - 1$

$\varepsilon_v = \ln\left(\frac{l}{l_0}\right)$

T.D Mise en forme

* On applique une def de 1000 % (plast)



r_0 connu, que est r.

$\varepsilon_z = -10$

$\varepsilon_r = -\nu \varepsilon_z = 5 = \frac{r - r_0}{r_0}$ faux (faut utiliser def vraie)

$\frac{l-l_0}{l_0} = -10$

$l < l_0$

def plastique $\Rightarrow \Delta V = 0$

$\pi r^2 l = \pi r_0^2 l_0$

$r = r_0 \sqrt{\frac{l_0}{l}} = r_0 \sqrt{\frac{1}{1+\varepsilon_0}}$

$\varepsilon_{plas} = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{l}{l_0} - 1$

(XII) * Allongement : $A\% = 100\,(\varepsilon_R + \alpha / L_0)$ $\qquad \alpha = \beta \sqrt{S_0}$

$$A\% = 100\left(\varepsilon_R + \beta \frac{\sqrt{S_0}}{L_0}\right)$$

on trace $A = f(1/L_0) = 100\,\varepsilon_R + \frac{\beta \sqrt{1}}{L_0} 100$ (L_0 en cm)

la régression donne $\beta = 0,36$ et $\varepsilon_R = 21,61\%$

si $S_0 = 2\ cm^2$, $A\% = 26,81\%$
$L_0 = 10\ cm$

(XI) * Eprouvette tractionnée $\Rightarrow \Delta L = \frac{F}{K}$ $\qquad K$: rigidité.
Machine dure, sans extensomètre.

La déformation lue fait intervenir $\Delta L_{ep} + \Delta L_{machine}$.

a) ε_p : déformation plastique celle de l'éprouvette.

$$\Delta L_m = \frac{F}{K_m} \qquad \Delta L_E = \frac{F}{K_E} = \frac{\sigma_c L_0}{E} = \frac{F L_0}{E S_0}$$

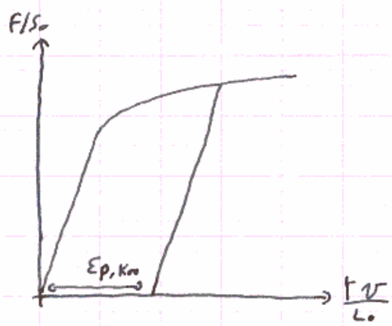
$$\text{soit } K_E = E\frac{S_0}{L_0}$$

$$\Delta L_p = \varepsilon_{c,p} L_0$$

$$\Delta L_{total} = \underbrace{\Delta L_m}_{\text{machine}} + \underbrace{\Delta L_E + \Delta L_p}_{\text{éprouvette}} = vt$$

donc $\frac{F}{K} + \frac{\sigma_c}{E} L_0 + \varepsilon_{c,p} L_0 = vt$

d'où la déformation plastique : $\varepsilon_{c,p} = \underbrace{\frac{vt}{L_0} - \frac{\sigma_c}{E}}_{\text{déf plastique si bâti }\infty\text{t rigide.}} - \frac{F}{K L_0}$



Importance de la correction :

$L_0 = 25$ mm $\qquad d_0/L_0 = 1/5{,}65$

à l'instant choisi, $\sigma_c = 400$ MPa

$v = 25.10^{-3}$ mm s^{-1}

$\frac{vt}{L_0} = 0{,}25 \qquad \frac{\sigma_c}{E} \simeq 2.10^{-3}$ si $E = 200$ GPa

$\frac{F}{L_0} = \sigma_c \frac{S_0}{L_0} = \sigma_c \frac{\pi d_0^2}{4 L_0^2} L_0$

$\frac{F}{L_0} = 246.10^3\ N.m^{-1}$

$\frac{F}{K L_0} = 7{,}45.10^{-3} \quad (K: 3300$

Influence sur la vitesse de déformation conventionelle.

$$\dot{\varepsilon}_c = \dot{\varepsilon}_p + \dot{\varepsilon}_E = \frac{\dot{\sigma}_c}{E} + \dot{\varepsilon}_p \Rightarrow \dot{\varepsilon}_c = \frac{v}{L_0} - \frac{\dot{F}}{KL_0}$$

$$\dot{\varepsilon}_c = \frac{\frac{v}{L_0}\frac{K}{K_E} + \dot{\varepsilon}_p}{\frac{K}{K_E} + 1}$$

acier doux $\Rightarrow$ pas de plast au début :

$$(\dot{\varepsilon}_c)_0 = \frac{v}{L_0}\left[1 + \frac{S_0 E}{K L_0}\right]^{-1}$$

au début du palier : $\dot{\sigma} = 0$ $\quad \dot{\varepsilon}_c = \dot{\varepsilon}_p + \frac{\dot{\sigma}}{E}$

$$\Rightarrow \dot{\varepsilon}_c = \dot{\varepsilon}_p = \frac{v}{L_0}$$

(I)* 1/ Mq $\varepsilon'_v = \rho b V$ $\quad$ une dislocation $\Rightarrow \varepsilon = b$

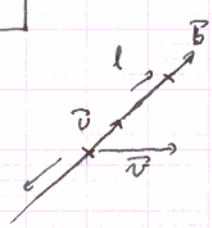
ρ dislocation $\Rightarrow \varepsilon = \rho b$ par unité de S

pendant un temps t, $\quad \varepsilon = b$ qd la dislo a parcouru L_0

$\varepsilon = b \frac{L}{L_0}$ $\quad L = vt$

$\varepsilon = b \frac{vt}{\cancel{L_0}} \rho$ pour ρ.

$\varepsilon = b v \rho$



pendant dt : $dL = v\,dt$

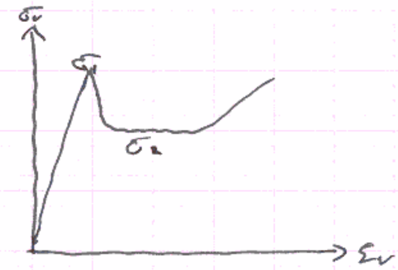
cisaillt unitaire : $\frac{b}{l}$

$$d\varepsilon_v = \frac{b}{l} \rho \, l \, dL$$

2) Existence du crochet de traction :

on a $V = A \sigma^n$

$\dot{\varepsilon}_v = \rho b V$



essai bien mené $\Rightarrow \dot{\varepsilon}$ = cste

si $\varepsilon \nearrow$, $\rho \nearrow$.

dans le domaine élastique, la densité de dislocation ρ_1 est faible, donc leur vitesse V_1 est élevée.

au plateau : $\rho_2 \gg \rho_1$

$V_2 \ll V_1$

or $V = A (\sigma)^n$ donc $V_2 < V_1 \Rightarrow \sigma_2 \ll \sigma_1$

3) Importance du crochet

σ_u → limite supérieure

σ_i → limite inférieure.

$\dot{\varepsilon}$ = cste $\Rightarrow A \rho_1 \sigma_u^n b = A \rho_2 \sigma_i^n A$

$$\boxed{\frac{\sigma_u}{\sigma_i} = \left(\frac{\rho_i}{\rho_u}\right)^{1/n}}$$

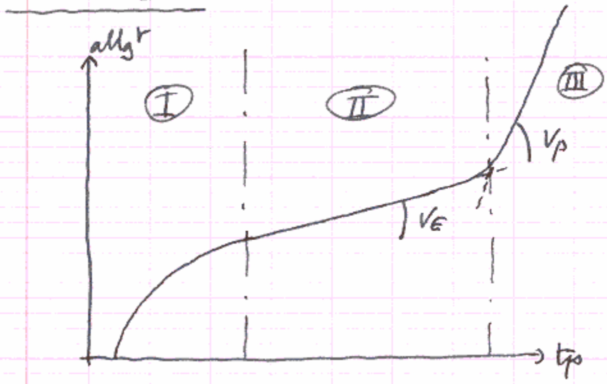
$\rho_i = \rho_u$ matériau écroui $\Rightarrow \sigma_u \sim \sigma_i$

→ pas de crochet de traction.

→ on déforme par transl de φ.

il n'y a pas non plus de palier si n est élevé (en pratique, des valeurs de 100 à 300).

Problème XIII :



∃ palier de traction.

1/ Mise en place de l'éprouvette, par exemple

Il s'agit d'un essai sans extensomètre (sinon la mise en place ne se voit pas).

II Déformation élastique de l'éprouvette et de la machine.

III Déformation plastique de l'éprouvette seule (σ cst ⇒ machine cesse de se déformer).

2/ Calcul de H et K ie v_E et v_p.

v est la vitesse de déplac^t de la traverse mobile.

Domaine II

$$\dot{\varepsilon} = v = \dot{\varepsilon}_E + \dot{\varepsilon}_m \qquad \dot{\varepsilon}_m = \frac{\dot{F}}{K}$$

$$v_E = v - \frac{\dot{F}}{K} = v\left(\frac{K}{K+K_e}\right) \qquad K_e = \frac{S_0 E}{L_0}$$

Domaine III : palier de traction : F = cste → la machine ne se déforme pas.

$$v = v_p$$

$$H = \frac{v_p}{v_E} = \frac{K + \frac{S_0 E}{l_0}}{K} = 1 + \frac{S_0 E}{K l_0}$$

avec $K \in [200 \text{ kg/mm}, 3300]$ on a $\frac{S_0 E}{K l_0} \in [15 ; 71]$

on peut négliger 1 ie $H \# \frac{S_0 E}{K l_0}$

Travailler avec 1 acier doux (def plast).

H grand $\Rightarrow$ $\frac{S_0}{l_0}$ grand

* Soit un matériau présentant la loi de consolidation $\sigma_v = K \varepsilon_v^{\,m}$

calculer σ_R

$$\left(\frac{d\sigma_v}{d\varepsilon_v}\right)_{st} = \sigma_v \quad \Rightarrow \quad \varepsilon_{v,st} = m$$

$$\sigma_R = K m^m$$

$\Rightarrow$ σ_R étant une valeur conventionnelle

on a

$$\sigma_R = K m^m \exp(-m) \quad \text{car } \sigma_c = \frac{\sigma_v}{1+\varepsilon_c}$$

$$\sigma_R = K \left(\frac{m}{e}\right)^m$$

<u>Problème II :</u>

1/ K_m et K_e sont les rigidités de, respectivt, la machine et l'éprouv

valeur apparente : $E_A = \frac{F}{S_0 L_T}$ à relier à $E_R = \frac{F}{S_0 L_E}$

$$\Delta L_T = \Delta l_m + \Delta L_{ep}$$

$$\frac{F}{S_0 E_A} = \frac{F}{K_m} + \frac{F}{S_0 E_R} \qquad \frac{1}{E_R} = \frac{1}{E_A} - \frac{S_0}{K_m}$$ Faux

ou $E_R = \frac{E_A \cancel{K_m}}{\cancel{K_m} - S_0 E_A}$ $\quad E_A \left(\frac{K_e + K_m}{K_m}\right)$

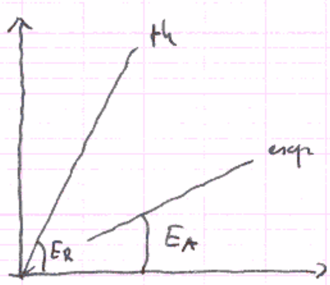
2/ si $\frac{S_0}{L_0}$ très faible (fil), $E_A \# E_R$

3/ $E_A = 2805$ MPa. ($K_m = 700..$)

et $\frac{E_A}{E_R} = 1,4.10^{-2}$

avec $K = 3300$, $\frac{E_A}{E_R} = 6,3.10^{-2}$

4/ Essai sur matériau connu (E_R)



rigide ⇒ proche courbe th.

* Essai de traction $\rightarrow \sigma_v$ (MPa) $= 400 + 1,4.10^3 \, \varepsilon_v^{0,2}$

$$(\text{forme } \sigma_v = \sigma_0 + K \varepsilon_v^{0,2})$$

. calculer ε_R allgt homogène pour un rond de 1 m de long.

hypothèses : on ne peut utiliser cette loi que si T, v et d ne changent pas.

$$\left(\frac{d\sigma_v}{d\varepsilon_v}\right)_{\varepsilon_R} = (\sigma_v)_R \Rightarrow 0,2 . 1,4.10^3 \, \varepsilon_v^{0,2-1} = 400 + 1,4.10^{-3} \varepsilon_v^{0,2}$$

$$\varepsilon_v = 0,14$$

T.D : fluage.

---

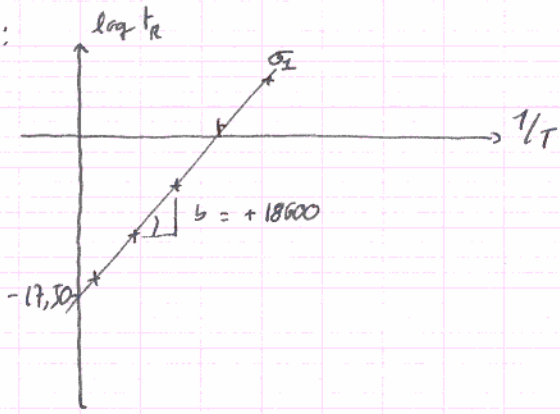
* On réalise un essai de fluage sur un alliage, à σ_1, à différentes T.
Les paramètres LM et OSD restent applicables au temps à la rupture t_R.

. Quelle hypothèse permet cette affirmation ?

il faut pouvoir écrire $\dot{\varepsilon} = B \exp\left(\frac{\Delta H}{RT}\right)$, ie se placer en fluage secondaire.

On suppose donc que la rupture a lieu dans le domaine de fluage secondaire. (domaines I et III négligés).

L.M :
ou O.S.D



. Calculer le tps à la rupture à 920 K sous σ_2 ; sachant que sous σ_2, à 980 K, $t_R = 10^3$ h

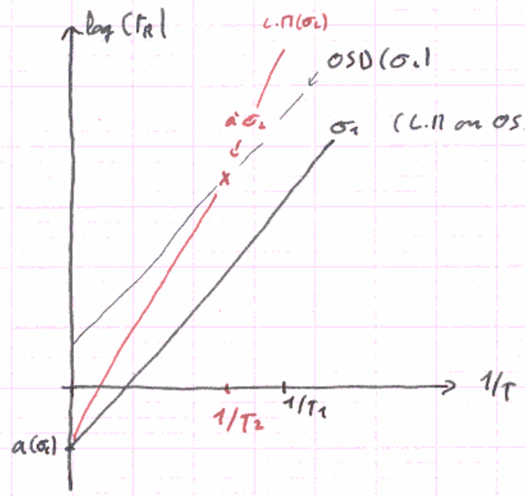
L.M, $b = T_2 \ln t_{R_2} - a = ..$ $t_{R_1} = \exp\left(\frac{b}{T_1}\right) = 21,77.10^3$ h

O.S.D (σ_2) : $\log\left(t_{R\,\sigma_2}^{T_2}\right) - \frac{b}{T_2} = \log\left(t_{R\,\sigma_2}^{T_1}\right) - \frac{b}{T_1}$ $t_{R_1} = 17,29.10^3$ h

les 2 méthodes conduisent à 1 écart de 25% ⇒ pour utiliser des méth d'extrapolation, il faut faire des essais sous plusieurs contraintes.

. Déduire d'une représentation schématique des droites $(\lg t_R, 1/T)$ la plus élevée des contraintes (σ_1 ou σ_2)

à σ_2 , t_R (L.M) > t_R (O.S.D)



supposons $\sigma_1 > \sigma_2$

$\Rightarrow$ $t_{R1} < t_{R2}$

et à T_1, on voit que cela suppose $t_R(T_1, \sigma_2, L.M) > t_R(T_1, \sigma_2, OSD)$

ceci est vrai, donc on a bien $\sigma_1 > \sigma_2$

I- 1) Démontrer que la vitesse de déformation vraie ε'_V est reliée à la vitesse V de déplacement des dislocations par l'expression:

$$\varepsilon'_V = \rho . b.V$$

m^{-2} m , $m.s^{-1}$

2) Interpréter l'existence d'un crochet de traction à partir de cette équation et de la relation entre la contrainte appliquée et la vitesse de déplacement des dislocations:

$$V = A.\sigma^n$$

3) On qualifie l'importance du crochet de traction par la valeur du rapport σ_u/σ_l, où σ_u et σ_l représentent respectivement les limites d'élasticité supérieure et inférieure. Exprimer ce rapport en fonction des paramètres rencontrés, et en déduire les caractères des matériaux favorables à l'élimination du crochet de traction.

*****

XII- L'allongement à la rupture "A%" d'éprouvettes de traction prismatiques en acier est relié à la valeur initiale de leur longueur utile " L_0" conformément au tableau suivant:

L_0 (cm)	2	4	6	10	12	14
A%	40,0	30,6	27,5	25,7	25	24,3

On précise que les éprouvettes ont 2 cm de largeur sur 0,5 cm d'épaisseur avant déformation.

a) Quelle est la valeur de l'allongement uniformément réparti ε_R dans ces éprouvettes?

b) Calculer l'allongement à la rupture du même matériau tractionné au moyen d'une éprouvette prismatique de 2 cm de largeur, 1 cm d'épaisseur et 10 cm de longueur utile avant déformation.

II- Une pièce s'allonge élastiquement de ΔL sous l'action d'une force de traction F:

$$\Delta L = F/K$$

avec K: rigidité de la pièce.

On allonge élastiquement une éprouvette de traction sans utiliser d'extensomètre.

Poser:

- K_e et K_m , rigidités respectives de l'éprouvette et de la machine de traction,
- L_0 et S_0 respectivement longueur utile et section droite de l'éprouvette de traction avant essai.

On demande:

1) d'établir l'expression qui relie les valeurs apparente E_A et réelle E_R du module de Young du matériau.

2) de se baser sur ce résultat pour proposer une géométrie d'éprouvette nécessaire à l'estimation précise du module de Young à partir d'un essai de traction sans extensométre.

3) de calculer le module de Young apparent du matériau dont le module de Young réel vaut 2.10^5 MPa sachant que $L_0 = 25$ mm, $S_0 = 61{,}51$ mm^2, $K_m = 700$ kgf.mm^{-1} et que le module de Poisson vaut 0,29.

4) d'en déduire une méthode d'appréciation rapide de l'importance de la déformation de la machine devant la déformation de l'éprouvette.

XI- L'allongement élastique Δ L vérifie la relation:

$$\Delta L = F/K$$

avec: •F: force appliquée et K: rigidité de la pièce.

On considère un essai de traction effectué au moyen d'une machine dure et sans extensomètre.

a) Utiliser les symboles usuels du cours et exprimer ε_p déformation plastique réelle de l'éprouvette en fonction de la rigidité K de la machine.

b) Chiffrer l'importance de la correction d'allongement due à la rigidité de la machine. On suppose pour ce faire que:

1) l'éprouvette de traction de forme cylindriqye est en acier et que ses dimensions vérifient les normes AFNOR ($L_0 / d_0 = 5,65$) avec $L_0 = 25$ mm.

2) la contrainte appliquée à l'instant de la correction, soit après 250 secondes d'essai, vaut 400 MPa,

3) la vitesse de déplacement de la traverse mobile est de 25.10^{-3} mm.s^{-1}.

On précise par ailleurs que la rigidité d'une machine de traction dure est comprise entre 700 et 3300 kgf/mm.

c) Préciser l'influence de la rigidité de l'appareillage sur la vitesse de déformation conventionnelle.

Que peut-on en déduire pour la vitesse de déformation élastique d'une éprouvette de traction en acier doux?

XIII- La figure 1 représente l'allongement de la partie utile d'une éprouvette de traction en fonction du temps.

Poser:

- L_0 et S_0 , respectivement longueur utile et section droite de l'éprouvette de traction;
- E : module de Young du matériau,
- K : rigidité de la machine de traction,
- v_E et v_p , vitesse de déformation de l'éprouvette respectivement dans le domaine élastique et sur le palier de traction,
- v: vitesse de déplacement de la traverse mobile,
- F: force appliquée à l'instant "t",
- $H= v_p / v_E$.

1) Justifier la forme de la courbe 1.

2) Etablir une relation simple entre H et K à partir des expressions de v_E et v_p.

3) En déduire les paramètres d'un essai de traction adapté à une mesure précise et aisée de la rigidité de la machine.

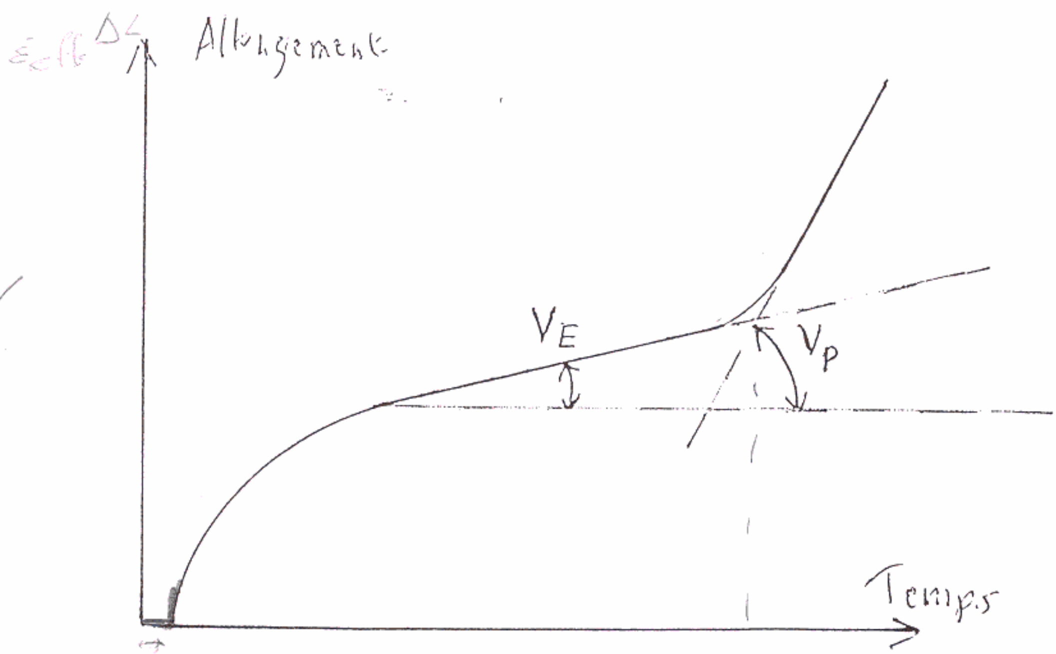


Figure 1