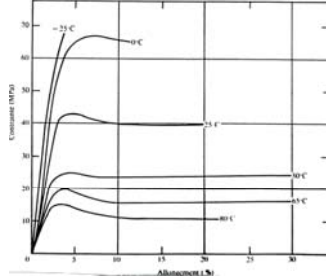


I/ INTRODUCTION

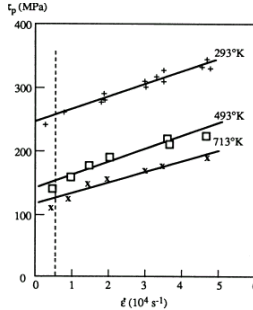
II / LIMITE ELASTIQUE ET PARAMETRES ACTIFS

Parmi les paramètres, on peut citer, la pureté, la taille de grains, la température, le traitement thermique, la vitesse de sollicitation mécanique...

Cet effet de T sur le module d'Young se retrouve au niveau des polymères (ex : PPMA)



Influence de la température sur le module d'Young du PPMA



Limite d'élasticité en cisaillement  $\tau_p$  en fonction de la vitesse, à très grande vitesse ( $\epsilon > 10^4 s^{-1}$ ), dans un acier doux (d'après J.D. Campbell et al.)

III/ CONSOLIDATION ET ECROUISSAGE DES MATERIAUX

III 1/ Rappel sur la déformation élastique et la limite du modèle simplifié de déformation élastique

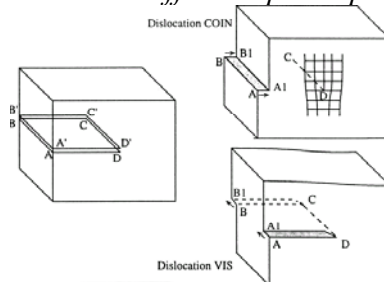
Métal	$\tau_c$ (kg/mm <sup>2</sup> )	$\mu$ (kg/mm <sup>2</sup> )	$\tau_c/\mu$
Mg	0,14 - 5,30	$15 \cdot 10^3$	$0,93 \cdot 10^{-5} - 35 \cdot 10^{-5}$
Al	0,04	$1,77 \cdot 10^3$	$2,3 \cdot 10^{-5}$
Fe	2,8	$8,47 \cdot 10^3$	$33 \cdot 10^{-5}$
Cu	0,02 - 0,10	$4,64 \cdot 10^3$	$0,43 \cdot 10^{-5} - 2,2 \cdot 10^{-5}$
Au	0,05 - 0,13	$2,82 \cdot 10^3$	$1,8 \cdot 10^{-5} - 4,6 \cdot 10^{-5}$

Désaccord important entre les valeurs mesurées du rapport et la valeur théorique de 0,16

III 2/ Approche cristallographique et énergétique du défaut cristallin

III 21/ Rappels sur la notion de dislocations.

La déformation plastique du cristal s'effectue par déplacement d'un 1/2 plan :



Schémas de création d'une dislocation coin et d'une dislocation vis.

### III 2 2/ Caractéristiques et propriétés des dislocations

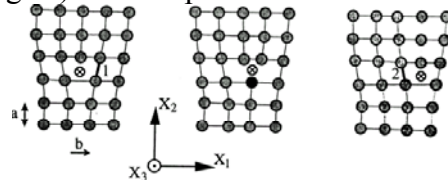
1/ Analyse de la déformation autour d'une dislocation :

2/ Energie de ligne d'une dislocation.

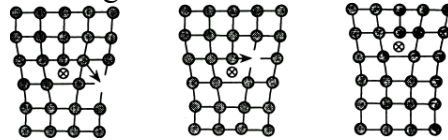
### III 2 3/ Dynamique des dislocations : écoulement plastique

1/ Mouvement des dislocations

\* Il peut s'agir d'un glissement (mouvement facile de la dislocation dans le plan qui contient sa ligne et son vecteur de Burgers) ou d'un processus de montée de la dislocation.



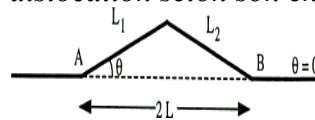
Processus de glissement d'une dislocation coin



Montée d'une dislocation par diffusion de lacunes

Il y a annihilation de dislocations si glissement de 2 dislocations coins de signe contraire

2/ Comportement mécanique de la dislocation selon son énergie et sa tension de ligne



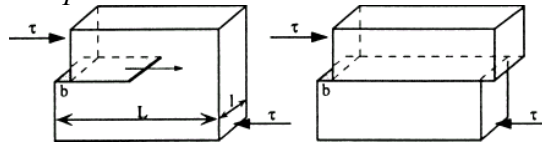
Energie de la dislocation courbe supérieure à celle de la dislocation rectiligne

Energie par unité de longueur de la dislocation :

$$dW/dL = (1/6)\mu b^2 = T$$

T a les dimensions d'une ligne : tension de ligne qui a une direction // à la ligne de dislocation

3/ Force nécessaire pour le déplacement d'une dislocation

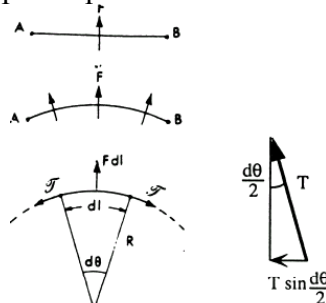


Déplacement d'un bloc de cristal sous l'effet de la contrainte de cisaillement  $\tau$ .

Le travail de la force appliquée  $Fa$  sur le cristal pour déplacer d'une longueur  $b$  la partie supérieure du cristal (de dimension  $L.l$ ) s'écrit :  $W = Fa.b$  (avec  $Fa = \tau S$ )

4/ Courbure du segment de dislocation

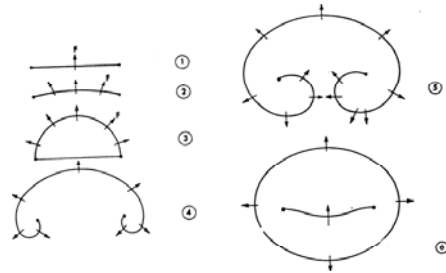
Une dislocation soumise à  $F$  qui provoque sa courbure est équilibrée par sa tension de ligne  $T$



Courbure à l'équilibre d'une ligne de dislocation ancrée en A et B et soumise à une contrainte

5/ Détermination de la limite élastique- génération des dislocations

Lorsque la contrainte croît sur un même segment de dislocation, le rayon de courbure de la dislocation augmente



Principe de multiplication des dislocations

6/ Relation entre la déformation et la quantité de dislocations mobiles

Il existe une relation entre la déformation  $\epsilon$  et la quantité de dislocations (N) mobiles (avec une vitesse v) et  $\rho$  = densité de dislocations mobiles :  $\epsilon(t) = \rho b v t$  ou  $\epsilon = \rho b v$

IV/ ROLE DES PARAMETRES INTERNES SUR L'ECROUISSAGE

IV 1/ Rôle intrinsèque des dislocations

IV 1 1/ Généralités sur l'effet des dislocations sur le durcissement.

IV 1 2/ Durcissement par interactions entre dislocations

IV/ ROLE DES PARAMETRES INTERNES SUR L'ECROUISSAGE

IV 1/ Rôle intrinsèque des dislocations

IV 1 1/ Généralités sur l'effet des dislocations sur le durcissement.

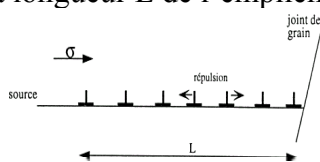
IV 1 2/ Ecrouissage par interactions entre dislocations

IV 1 3/ Adoucissement par réarrangement des dislocations

IV 1 3/ Ecrouissage par interactions dislocations – joints de grains

1/ Mécanismes mis en jeu

Une contrainte peut être reliée à la longueur L de l'empilement de dislocations .



Accumulation des dislocations – coins aux joints de grains

L'analyse est à la base de la loi de Hall-Petch qui prend en compte la taille du grain et rend compte de l'augmentation de la contrainte avec la taille de grains qui diminue sous la forme

$$\sigma = \sigma_m + \frac{k_0}{\sqrt{D}}$$

avec  $\sigma_m$  = caractéristique du monocristal et D = diamètre des grains

2/ Effet du polycristal

IV 1 4/ Analyse macroscopique des effets de réarrangement des dislocations

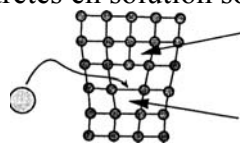
Effet « Portevin-Le Châtelier »

IV 2/ Rôle intrinsèque des autres défauts

IV 2 1/ Condensation des lacunes

IV 2 2/ Cavités créées par irradiation

IV 3/ Rôle intrinsèque des impuretés en solution solide



a = zone en tension, b = zone en compression

Ancre d'une dislocation coin par une impureté

\* Rôle combiné des éléments d'addition et de la température peut aussi conduire à une forte évolution des caractéristiques mécaniques, comme c'est le cas pour différentes nuances d'alliages d'aluminium, d'aciers au carbone

\* Rôle essentiel de certains éléments fragilisants sous l'effet d'une contrainte appliquée (corrosion sous contrainte)

IV 4/ Rôle des précipités

IV 4 1/ Présentation des effets

*Effet du contournement ou non du précipité*

*Effet de la cohérence du précipité*

IV 4 2/ Mécanismes mis en jeu

IV 4 3/ Relation intrinsèque précipitation-contrainte

IV 4 4/ Effet macroscopique : évolution de la forme de la courbe de traction avec la précipitation

IV 5/ Limite d'élasticité d'un alliage industriel : influence de divers facteurs métallurgiques

\* la taille des grains agissant sur la limite élastique, la transition ductile-fragile

\* la teneur en éléments gammagènes augmentant la taille de grains

\* le rôle des traitements thermique, laminage à chaud

V/ ROLE DES PARAMETRES EXTERNES SUR L'ECROUISSAGE

V 1/ Rôle de la température

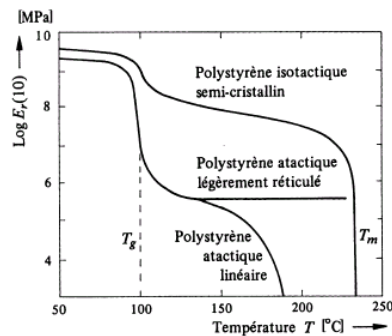
V 1/ Rôle de l'atmosphère

VI/ POLYMERES ORGANIQUES

VI 1/ Cohésion dans les polymères organiques

VI 2/ Influence de la température

Le module d'élasticité de différents types de polymères varie en fonction de la température



Courbe de variation de module d'élasticité ( $E_r(10)$ ) du polystyrène atactique linéaire et réticulé et du polystyrène isotactique semicristallin (Tobolsky, 1960)

VI 2/ Evolution des propriétés mécaniques des polymères

VI 2 1/ Rôle de l'orientation des chaînes

VI 2 2/ Rôle de la cristallisation

VI 2 2/ Rôle de la réticulation.

VI CONCLUSION