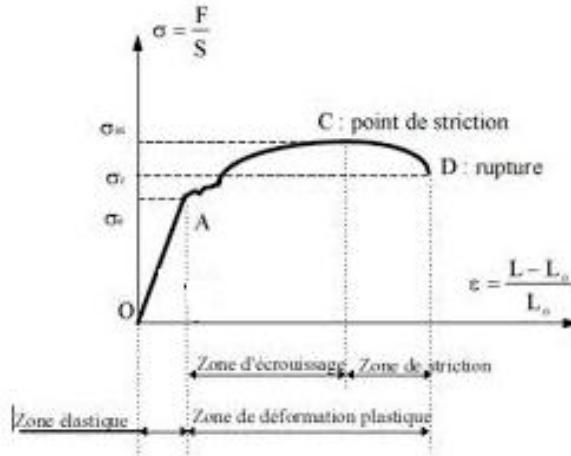


Chapitre 3. Déformation plastique

1/ Déformation élastique et plastique

Soit un matériau cylindrique de longueur l_0 et de section S . S'il est soumis à une force F normale à sa section, on définit :

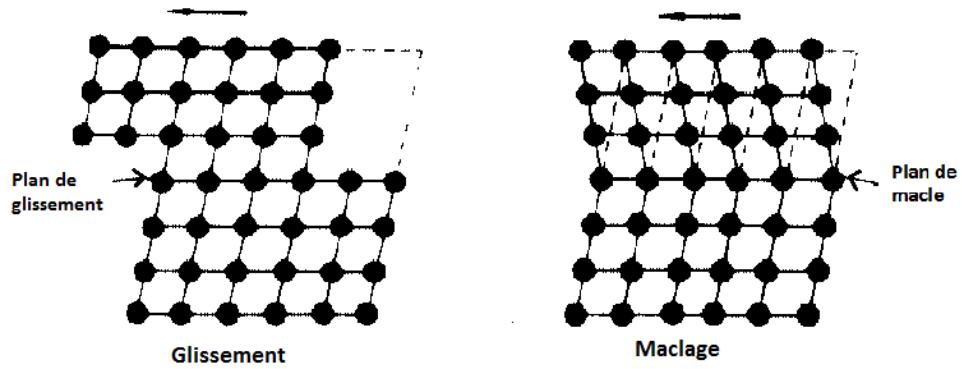
- La contrainte $\sigma = \frac{F}{S}$ ($\frac{N}{m^2} = Pa$) ;
- La déformation $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l-l_0}{l_0}$, l : longueur après application de la contrainte.



La déformation élastique ($\sigma \leq \sigma_e = \text{limite élastique}$) est une déformation temporaire qui, après sa suppression, les matériaux regagnent leurs dimensions originales. Elle est caractérisée par :

- Elle est réversible ; la courbe contrainte-déformation reprend le même chemin après élimination de la contrainte.
- La courbe contrainte-déformation est linéaire et suit la loi de Hooke : $\sigma = E\varepsilon$, E : module d'Young.
- La déformation est en général très faible (inférieure à 1%).

Au-delà de la limite élastique, la déformation devient plastique : le matériau reste déformé et ne revient pas à ses dimensions originales. En plus de l'essai de traction, toutes les opérations de mise en forme comme l'estampage, le pressage, le filage, le roulage, le forgeage, l'étirage et l'extrusion provoquent la déformation plastique des métaux. Les opérations d'usinage concernent aussi cette déformation. A l'échelle atomique, la déformation plastique est causée par le glissement, le maclage ou par la combinaison de ces deux derniers.

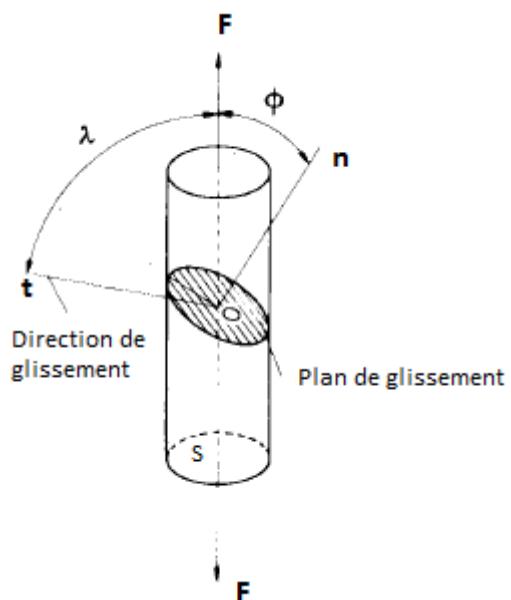


2/ Déformation par glissement

Le glissement dans le cristal se produit le long de systèmes de glissement constitués de plans de glissement et de direction de glissement. Ces systèmes sont notés $(hkl) <uvw>$.

Les plans de glissement sont ceux de forte densité atomique et de larges distances inter-plans. Si le cristal est soumis à une contrainte supérieure à σ_e , les plans cristallographiques glissent les uns sur les autres donnant une déformation permanente. Si cette opération est répétée de plus en plus, la rupture peut être provoquée. Le glissement est plus facile dans les structures de fortes compacités comme le CC et le CFC en comparaison avec le CS.

Soit un cristal soumis à une force F faisant un angle φ avec la normale au plan de glissement et un angle λ avec la direction de glissement. Cette force est scindée en deux composantes selon la direction de glissement: une force de cisaillement $F_c = F \cos\lambda$ tangente au plan et une autre de traction $F_n = F \sin\lambda$ normale au plan.



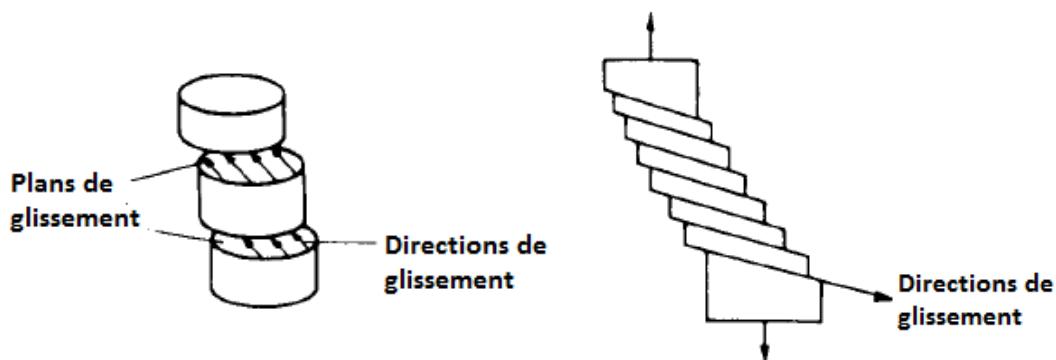
La contrainte de cisaillement appliquée sur le plan de glissement de surface $S/\cos\varphi$ est alors :

$$\sigma_c = \frac{F_c}{S/\cos\varphi} = \frac{F}{S} \cos\varphi \cos\lambda = \sigma \cos\varphi \cos\lambda \quad \text{Loi de Schmid}$$

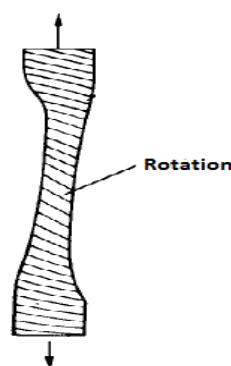
$\cos\varphi \cos\lambda$: Facteur de Schmid

σ_c est appelée contrainte de cisaillement résolu, c'est la contrainte nécessaire pour provoquer le glissement selon un système de glissement défini par les angles φ et λ .

Il est à noter que le glissement ne pourra pas avoir lieu si la contrainte appliquée est perpendiculaire à la direction ou au plan de glissement (λ ou $\varphi = \pi/2$). La figure ci-dessous illustre ceci selon un système de glissement.



Si l'échantillon est serré au niveau de ses deux extrémités sur l'appareil de l'essai de traction, la déformation est accompagnée d'une rotation de l'éprouvette sous l'effet simultané de la traction et du glissement.



Pour amorcer le glissement d'atomes selon un système de glissement, il faut atteindre une valeur seuil ou critique de la contrainte appliquée σ_c . Il a été montré expérimentalement que cette valeur critique est nettement inférieure à la valeur théorique calculée pour différents métaux. Cette différence est associée à la

présence de dislocations dans le matériau qui rend le glissement plus facile. Les cristaux presque parfaits "sans défauts" présentent donc une forte résistance à la déformation.

3/ Déformation par maclage

La déformation par maclage est obtenue lorsqu'un grand nombre d'atomes glissent d'une fraction de la distance interatomique sous l'effet de la contrainte appliquée. Ce phénomène est observé dans les structures CFC et HC. Les plans de maclage ne sont pas nécessairement les mêmes plans de glissement.

$$CC' = 1/3 \text{ de } a ; EE' = 2/3 \text{ de } a ; GG' = a.$$

