

Chap. 1. Généralités sur la rupture des matériaux

Définition

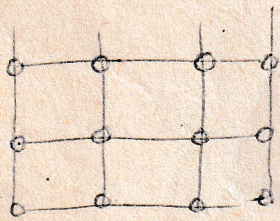
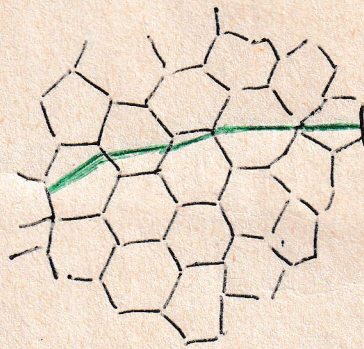
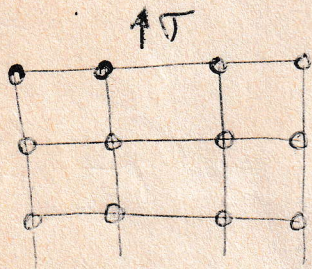
La rupture est la séparation d'un corps en deux ou plusieurs parties disjointes. Elle est la conséquence de la propagation de microfissures qui sont soit pré-existantes, soit produites par les contraintes au cours du chargement.

2. Mécanismes de rupture

Comment peut-on envisager la création de vides à l'échelle atomique ?

2.1. Clivage :

Ce mode de rupture intervient par allongement pur de liaisons atomiques. Il est intuitif que les clivages se produisent de préférence le long des plans atomiques les plus denses.



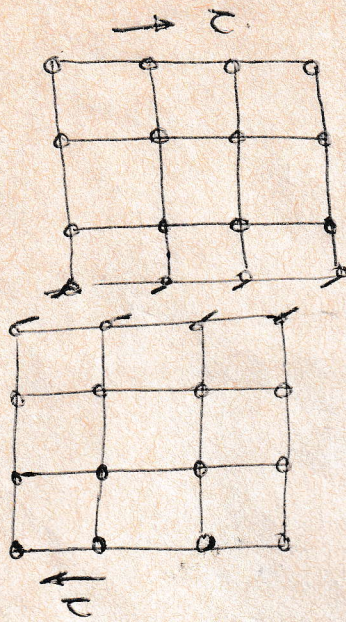
Rq : Un grain = désorientation du réseau
Ou c'est selon desordre = variation des distances interatomiques

À l'échelle des grains, un clivage suit des plans cristallographiques déterminés. Le franchissement des grains s'accompagne de changements d'orientation de ces plans et de la création de marches sur la surface de clivage pour rattraper les désorientations.

À l'échelle macroscopique, le plan moyen de propagation est perpendiculaire à la direction de l'effort de traction. Ce mode de rupture est appelé mode I (ou mode d'ouverture).

2.2. Cisaillement

Ce mode de rupture interviert par cisaillement des liaisons atomiques.



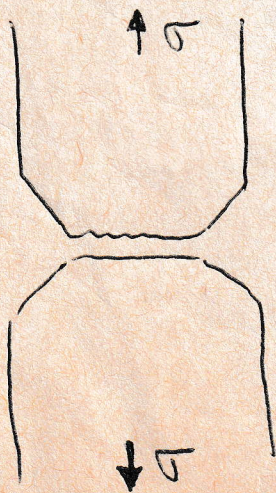
(a)



(b)

Schema de fracture (fig b) : le cisaillement a lieu suivant un seul plan ou selon plusieurs plans - Ces plans sont ceux qui sont les plus sollicités par les tensions.

En général les matériaux contiennent des inclusions (~~particules~~ ~~venant perturber l'ordre~~) qui se rompent par clivage avant la matrice ou qui provoquent des déchirures à leur interface. Les fissures ainsi formées s'agrandissent par déformation plastique et deviennent des cauités. Ces dernières se rejoignent par rupture des ponticules () qui subsistent selon un processus de striction locale. La surface rompue présente alors un aspect caractéristique de cupules (organes écailleux enveloppant les joints ou les arêtes), qui correspondent à chacune des cauités précédentes.



2.3. La rupture intergranulaire

Si les joints de grains sont plus fragiles que le grain lui-même, la rupture suit ces joints. Ce type de rupture peut se produire soit par clivage, soit à partir d'inclusions agrégées aux joints et formations de cupules.

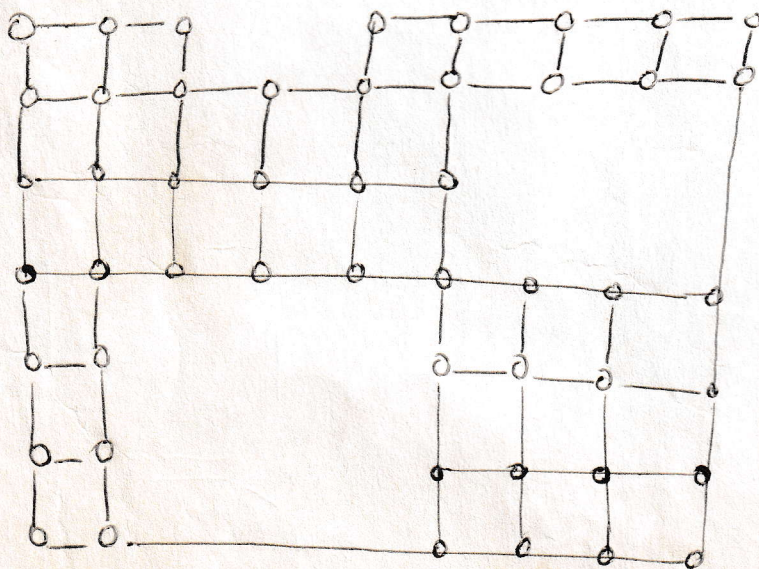
2.4. Rupture mixte

Il est fréquent d'observer une formation mixte. Elle peut par exemple se faire par clivage dans certains grains et par cisaillement dans d'autres, ou bien encore se propager en partie dans les grains et en partie dans les joints.

2.5 Conclusion

L'endommagement dans le volume résulte de l'action des contraintes. Elles peuvent être des clivages ou par glissement de petites cavités le plus généralement au niveau des inclusions. Sous l'effet de la déformation plastique, ces cavités grandissent et finissent par se rejoindre : c'est la rupture à facies ductile caractérisée par des cupules visibles sur les fractographies. Il arrive que l'endommagement soit localisé dans les joints de grains, provoquant des ruptures intergranulaires qui s'apparentent soit au clivage, soit à la rupture à facies ductile. Les divers types d'endommagement peuvent se produire dès que la σ dépasse un niveau critique, mais ils peuvent aussi survenir sous une charge constante au bout d'un certain temps (fluage).

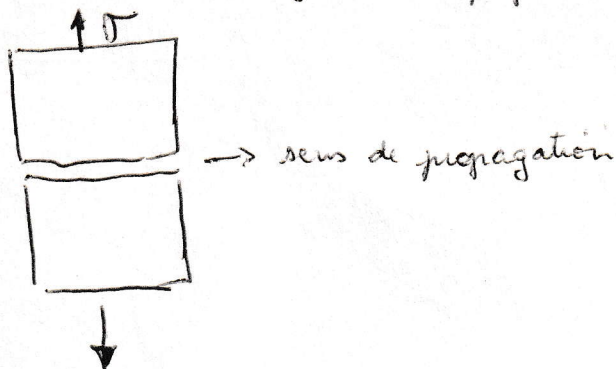
Ré: On peut voir une rupture à l'échelle atomique par condensation de lacune



3. Matériaux fragiles

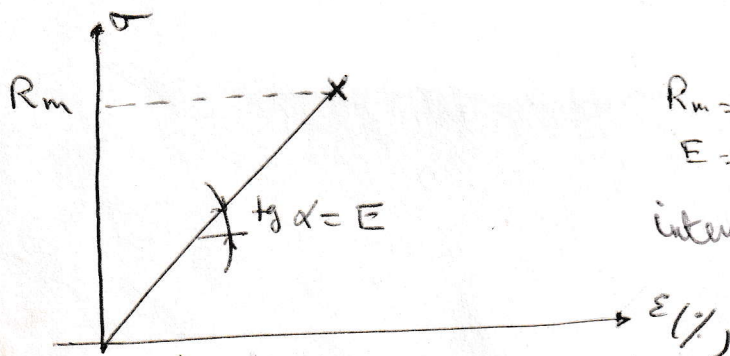
Lorsque la rupture se produit avant bute de déformation plastique, elle est appelée rupture fragile.

La cassure est alors produite par l'écartement normal des deux lèvres d'une fissure sans glissement relatif. Elle est perpendiculaire à la plus grande traction.



→ Pour les métaux, la faces de rupture est brillant, formé de facettes dirigées suivant des plans réticulaires ou suivant les joints de grains (cassure cristalline dite à grains).

→ Un matériau entièrement fragile (par ex. le verre) a une courbe de traction se limitant à une droite d'équation $\sigma = E \cdot \epsilon$ (Loi de Hooke)



R_m = résistance à la rupture
 E = module de Young.
intensité des liaisons

→ A tout instant de l'essai de traction et jusqu'à la rupture, il y a proportionnalité entre la déformation ϵ et la contrainte σ .

→ La constante de proportionnalité est le module de Young E qui caractérise même la rigidité du matériau et caractérise l'intensité des liaisons existants entre les atomes ou molécules de ce matériau.

→ le comportement du matériau est entièrement élastique durant tout l'essai de traction jusqu'au moment où soudainement la rupture se produit.

Le matériau fragile se rompt sans présenter de signes avant-coureurs. D'autre part la rupture n'absorbe pratiquement pas d'énergie. Toute la déformation élastique accumulée dans le matériau se relâche subitement provoquant une onde de choc qui à son tour peut causer d'autres ruptures (les pièces fragiles se rompent en plusieurs morceaux et "volent en éclats").

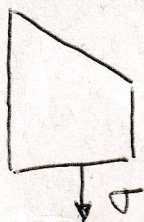
N.B Pour l'ingénieur un matériau ayant un comportement fragile est un matériau potentiellement dangereux car la rupture se produit brutalement après une très faible déformation plastique et sans qu'il y ait des signes précurseurs d'une telle rupture.

Exemples typiques de matériaux fragiles : Verre - fonte - béton en traction.

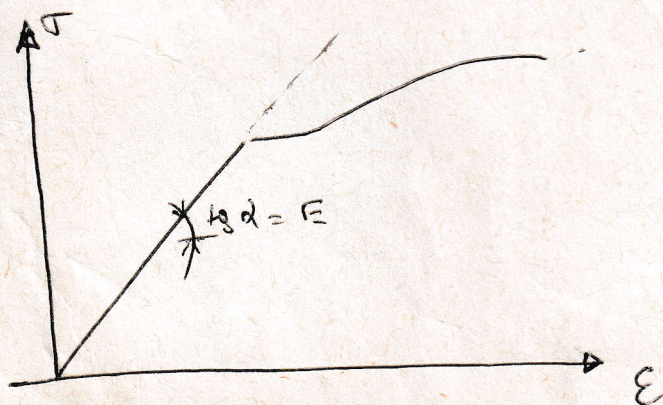
4. Facies ductiles

La rupture peut se produire après déformation plastique plus ou moins importante rupture ductile

La rupture se fait par glissement ou du moins fait suite à un glissement. Une partie de la surface de séparation est lisse, mate. Elle fait avec la plus grande traction un angle compris entre 45° et 55° pour les métaux (rupture dite à 45°). Plus généralement elle est oblique sur la plus grande traction.



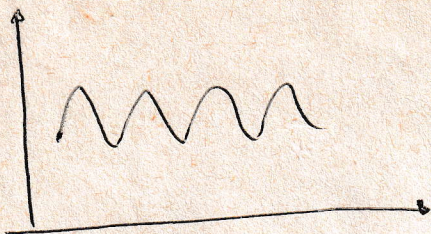
Dans ce cas, la courbe de traction a la forme suivante :



L'énergie nécessaire pour produire la rupture appelée résilience est beaucoup plus élevée dans le cas ductile.

I.S. Un matériau ductile contient de la même façon qu'un matériau fragile des défauts internes superficiels produisant des concentrations de contraintes. Sous un chargement statique ces concentrations de σ sont atténuées par les ϵ plastiques qu'elles produisent, l'écoulement plastique "émouline" les discontinuités et diminue les concentrations de contraintes.

5. Faciès des surfaces de rupture en fatigue

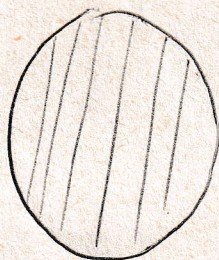
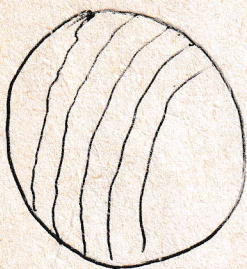


fatigue : sollicitation répétée dans le temps.

Une pièce rompue par fatigue (en service ou en laboratoire) présente un aspect caractéristique ; celui-ci permet d'identifier la rupture (comme c'est dû à la fatigue) et apporte parfois de précieux renseignements quand à l'histoire de la rupture.

Macroscopiquement la rupture a un aspect fragile.

Faciès caractéristique formé de stries parallèles. Stries sinusoïdales ou rectilignes.



- L'aspect microscopique permet d'expliquer plusieurs phénomènes.
- Corrélation entre le faciès de rupture et les paramètres macroscopiques.
- 1 strie correspond à 1 petit nombre de cycles, d'où corrélation avec la durée de vie ou le nombre de cycles à la rupture.
- De façon générale plus l'amplitude de contrainte maximale est grande, plus les stries sont écartées.

