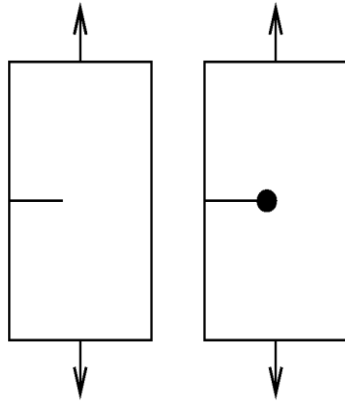


Les fractures

Bien que les objets soient conçus pour ne pas casser du tout, la façon dont ils cassent peut avoir des conséquences dramatiques. Par exemple, un verre se casse en mille morceaux peu coupants ou en quelques fragments tranchants selon la nature du verre qui le compose ou encore, une fissure qui se propage dans la carlingue d'un avion aboutit soit au détachement d'un bout de celle-ci, ou à la séparation de l'avion en deux. Néanmoins, la propagation de la fracture ne fut que peu étudiée jusque relativement récemment : c'est un phénomène horriblement complexe du point de vue d'un physicien et les mécaniciens préféraient concevoir des structures qui ne se cassent pas. Toutefois au cours de la seconde guerre mondiale, la rupture en deux, sans raison apparente, de nombreux libertyships souleva un regain d'intérêt pour l'étude de la propagation de la fracture.



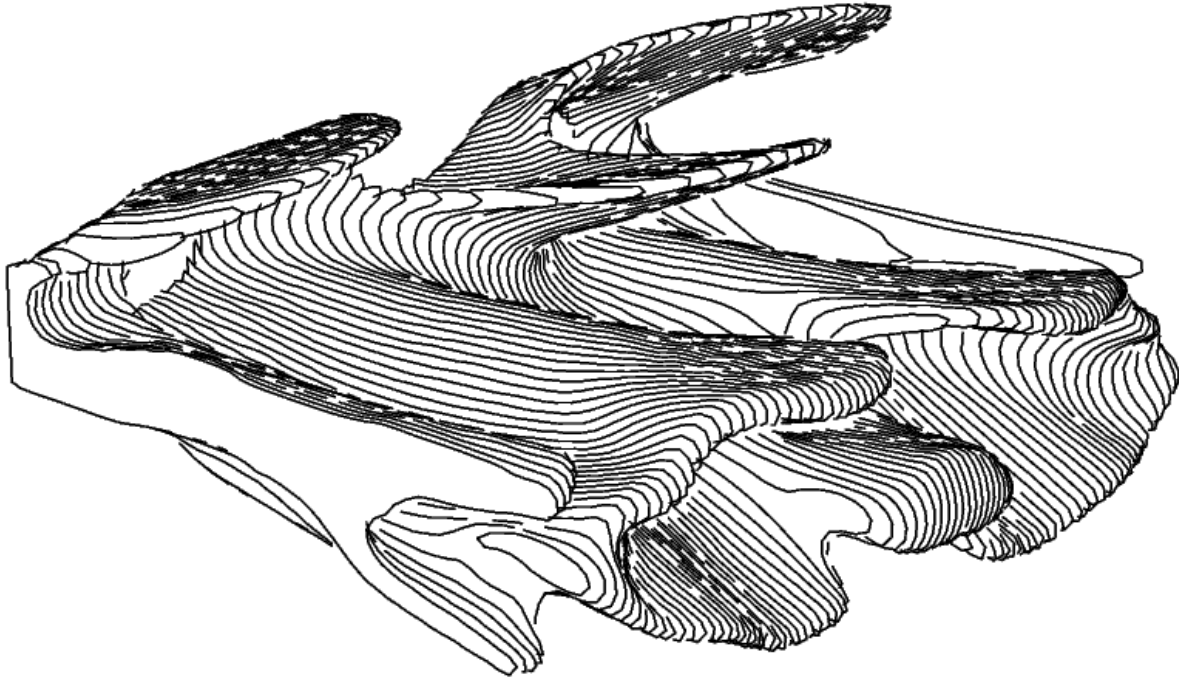
D'un point de vue physique, la propagation d'une fracture correspond à la rupture des liens qui font que le solide est solide (liaisons inter-atomiques). Lors de ce processus, de nombreux mécanismes complexes entrent en jeu (plasticité : la matière se déforme de façon permanente comme un sac plastique que l'on étire), ruptures de liaisons entre atomes, dissipation thermique.... L'ensemble de ces phénomènes se produit dans une zone de taille micrométrique (nanométrique) située en pointe de fissure (la *process zone*) du fait de la concentration des déformations dans cette zone.



Pour se convaincre de l'effet de pointe, on peut essayer de déchirer une feuille de papier intacte en tirant dessus puis essayer de déchirer la même feuille de papier dans laquelle on aura découpé une encoche. On peut aussi "émousser" la fissure en arrondissant la pointe. La fissure initiale est le segment sur la figure de gauche et le segment et le disque sur la figure de droite.

La différence de taille entre la process zone et l'objet en train de rompre fait qu'il est a priori impossible de décrire en même temps les deux phénomènes. Toutes les tentatives pour décrire la propagation de fracture reposent sur l'abandon d'un des aspects du problème. Les descriptions plus anciennes considèrent que la process zone n'est qu'un point, ce qui a pour mérite de rendre le problème plus facile à décrire : d'un côté on est confronté à un *simple* problème de calcul des contraintes qui permettra de calculer la déformation à la pointe de la fracture, de l'autre on utilise une loi d'avancée de la fracture qui relie les contraintes à la pointe de la fissure à l'avancée de celle-ci. Parmi les défauts d'une telle approche il y a d'une part la nécessité de postuler une loi d'avancée de la fracture a priori et d'autre part le choix de ne pas décrire la process zone et donc de se limiter à la propagation d'une fissure unique. Dans ce modèle, la naissance de nouvelles fissures dans la région où les déformations sont les plus importantes, ne peut venir que d'une nouvelle loi de propagation.

D'autres approches plus récentes considèrent que la process zone est une ligne d'étendue finie ou un volume de taille faible où le solide se rompt. Dans ce cas, on postule une loi d'évolution des propriétés mécaniques du matériau en fonction des déformations : pour faire simple, au-delà d'une déformation seuil, le matériau commence à casser et devient de plus en plus mou. Ici aussi, on ne recherche pas une description détaillée des mécanismes aboutissant à la rupture du solide. L'avantage d'un tel modèle est que comme la région où le solide se rompt n'est pas limitée à un point, on peut y observer spontanément la séparation d'une fissure en deux. Cependant, dans ce cas, la fracture n'a plus une épaisseur nulle et que donc la géométrie du problème est légèrement modifiée : la pointe de la fracture n'est plus si pointue que ça. Un autre intérêt de cette approche est de permettre de décrire facilement la propagation de fissures dans des milieux tridimensionnels. C'est cette approche qui est utilisée au laboratoire dans le but de mieux comprendre, à l'aide de simulations numériques, la propagation de fractures tridimensionnelles. On a ainsi pu observer la formation de structures désordonnées lors de la propagation d'un front de fissure rapide.



Surface de fracture: la fracture se propage de gauche à droite. On voit l'épaisseur de la surface de fracture, et les multiples plans de fissure. Le désordre est apparu en partant d'une fracture plane et droite dans un milieu sans défaut.

Hervé Henry

