

# BASES THÉORIQUES DE LA MÉCANIQUE DE LA RUPTURE

JEAN-JACQUES MARIGO

## RÉSUMÉ DU COURS DONNÉ À AUSOIS EN JANVIER 2019

Cette courte leçon sera consacrée à rappeler ou à mettre l'accent sur les principaux aspects théoriques de la mécanique de la rupture fragile. Le plan du cours sera le suivant:

- (1) *Hypothèses de base de la rupture fragile.* Comme dans ce cadre le comportement des matériaux est supposé purement élastique et que la pointe des fissures est un point anguleux, on commence par l'étude des singularités élastiques aux points anguleux. On applique ensuite les résultats relatifs aux calculs de singularités au cas des fissures en milieu isotrope. Cela fait apparaître trois modes singuliers dits modes d'ouverture, de glissement et de déchirure auxquels sont attachés trois coefficients (un par mode) appelés facteurs d'intensité des contraintes qui sont des quantités globales. On donne quelques exemples de valeur des facteurs d'intensité des contraintes dans des cas de géométrie et de chargement simples.
- (2) *Présentation du modèle de Griffith.* En se plaçant dans le cadre de l'élasticité linéaire quasi-statique, on introduit les grandeurs énergétiques fondamentales que sont l'énergie potentielle et le taux de restitution d'énergie potentielle. Le taux de restitution d'énergie potentielle représente la variation d'énergie potentielle de la structure sous chargement donné due à une propagation virtuelle de la fissure, quantité *globale* dont la définition et le calcul exigent une attention particulière du fait de l'inévitable présence de singularités en fond de fissure. Ensuite, on évoque une méthode de calcul numérique du taux de restitution d'énergie potentielle et on établit le lien entre cette quantité et les facteurs d'intensité de contraintes grâce à la formule d'Irwin.

On introduit ensuite l'autre grandeur énergétique de la théorie de Griffith qui est l'énergie de fissuration. En adoptant l'hypothèse de Griffith cela conduit à la définition d'une densité surfacique d'énergie de fissuration caractéristique des matériaux fragiles. Cette grandeur est reliée à la ténacité via la formule d'Irwin.

Cette partie s'achève par la formulation de la loi d'évolution des fissures en suivant l'idée de Griffith et qui consiste en les trois items suivants:

- (i) Une condition d'irréversibilité;
- (ii) Un principe de stabilité;
- (iii) Un bilan d'énergie.

On insistera sur l'intérêt de cette vision moderne de la mécanique de la rupture fragile dont la structure variationnelle permet d'obtenir des résultats théoriques, de développer des méthodes numériques efficaces et de se généraliser à d'autres modèles de comportement ou de rupture.

- (3) *Analyse critique du modèle de Griffith.* On montre sur quelques exemples comment on peut effectivement calculer la charge de démarrage de la fissuration puis l'évolution de la fissuration avec le chargement. Ces exemples mettent en évidence des propriétés génériques et les limites du modèle de Griffith que nous discuterons comme
  - (i) Comportement durcissant versus comportement adoucissant ou snap backs;
  - (ii) La question de la nucléation des fissures;
  - (iii) Les effets d'échelle;
  - (iv) La question du trajet des fissures;
  - (v) La question des chargements cycliques.
- (4) *Comment corriger les défauts du modèle de Griffith.* Le cours s'achèvera enfin par l'examen de pistes possibles pour corriger les défauts du modèle de Griffith. On montrera en particulier comment la modification de l'énergie de surface et l'introduction de forces cohésives permet de remédier à la plupart des défauts.