

# Rupture, Endommagement et Fatigue

L'analyse des causes de la ruine d'un ouvrage ou d'un composant mécanique doit tenir compte de la nature même des dégradations constatées et du degré de finesse recherché.

*Code\_Aster*, en offrant une large gamme de modélisations et d'outils d'analyse, des plus éprouvés aux plus exploratoires, couvre les problématiques de l'endommagement, de la rupture, de la fatigue et des charges limites.

Pour les dégradations mécaniques sous sollicitations répétées on parle de "fatigue". Dans le cas contraire il s'agit de "rupture" ou "d'endommagement". La mécanique de la rupture s'appuie sur des critères globaux pour statuer sur la propagation d'une fissure existante, alors que la mécanique de l'endommagement intervient au niveau des matériaux afin de déceler l'amorçage et le développement de zones endommagées.

## Evolution de fissures

Le classique taux de restitution d'énergie  $G$ , paramètre clé en mécanique de la rupture, permet de conclure quant à la propagation ou non d'une fissure. Les opérateurs *Aster* `CALC_G_XX` le calculent pour diverses situations : 2D, 3D, matériau dépendant de la température, forces de surface ou de volume, pression sur les lèvres.... Et ce, en élasticité comme en élasto-plasticité, pourvu que le chargement demeure monotone et radial. Les autres critères usuels en élasticité que sont les facteurs d'intensité de contraintes sont accessibles en 2D et dans certaines configurations 3D *via* `CALC_G_THETA` ou `POST_K1_K2_K3`. Pour dépasser ces limites, `POST_ELEM` propose deux nouveaux paramètres : `GTP` (G-total plastique) dédié aux situations ductiles et `GP` (G-plastique) réservé à la rupture fragile en présence de plasticité. Ce dernier critère est une extension à la plasticité de la formulation de Francfort-Marigo (`RUPT_FRAG`) qui, basée sur la théorie de Griffith, décrit l'apparition et la propagation de fissures dans un matériau élastique. Par ailleurs une approche s'appuyant sur des éléments de joint basés sur une loi d'interface de type Barenblatt (prise en compte d'une interaction résiduelle entre les lèvres de la fissure) permet de modéliser l'évolution de fissures bidimensionnelles dans une direction donnée, en statique comme en dynamique.

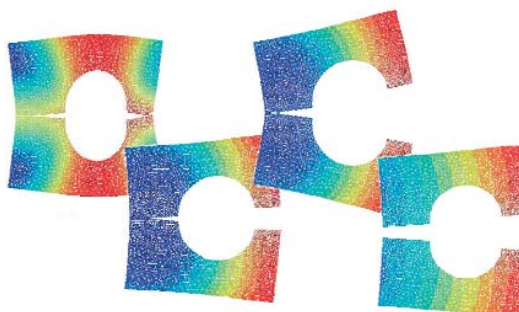
## Endommagement de structures

La fissuration suivant une loi d'interface n'est qu'un mode de dégradation, la mécanique de l'endommagement en permet une modélisation plus fine en se situant à l'échelle du point matériel. Si on se cantonne à l'étude *stricto sensu* de l'amorçage, l'opérateur `POST_ELEM` en fournit une probabilité grâce au modèle de `WEIBULL`. Par contre, si on souhaite modéliser l'ensemble de la réponse de la structure, de l'amorçage jusqu'à la ruine, il est indispensable de recourir à des lois de comportement couplant à l'échelle du point matériel l'évolution de l'endommagement et des contraintes : par exemple, `BETON_DOUBLE_DP`, `ENDO_ISOT_BETON` ou `MAZARS` pour le béton, `ROUSSELIER` pour l'acier. Cependant, si elles autorisent des modélisations plus fines, ces lois se heurtent à deux difficultés : l'instabilité de la réponse globale de la structure et la localisation des déformations. Pour les surmonter *Code\_Aster* apporte des réponses novatrices: un pilotage du chargement spécifique permet de suivre les instabilités (phénomènes de snap-back/through) et des comportements à formulation non locale évitent une dépendance pathologique au maillage.

## Domage par fatigue

La plupart des ruptures de composants industriels en fonctionnement normal sont dues à la fatigue. Son caractère larvé n'a d'égal que sa nocivité, d'où l'importance de l'évaluation de ce type de phénomène dès la phase de conception. Suivant le type de fatigue (à grands nombres de cycles, oligocyclique...), de sollicitations (déterministe, aléatoire, périodique, multiaxiales...), de données d'entrées disponibles (composante ou tenseur des contraintes...) et de résultats souhaités (champ en un point, critère...), *Code\_Aster* propose la méthode adaptée (opérateur `XX_FATIGUE`...). Du classique `WOHLER` au critère de Dang Van Papadopoulos, en passant par la "méthode maison" de `TAHERI`, le spectre des combinaisons traitées est large.

Eléments joints pour modéliser l'évolution d'une fissure dans une plaque trouée.



→ L'anisotropie induite par l'endommagement dans le béton...

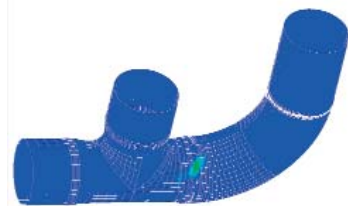


... est prise en compte dans la loi `ENDO_ORTH_BETON`. Cette dernière permet en outre de rendre compte du caractère unilatéral du comportement du béton (dissymétrie traction/compression, effet de refermeture des fissures). La version non locale de cette loi est disponible, *via* la méthode de régularisation des déformations `GRAD_EPSI`.

→ La modélisation de la liaison acier-béton...



... s'effectue en 2D à partir d'éléments de joints s'appuyant sur une loi de comportement `JOINT_BA` décrivant la dégradation et la rupture de la liaison acier béton.



Coude de circuit RRA : calcul de dommage par le critère de Dang Van et faïençage thermique.

→ Critère d'amorçage en fatigue

Afin de répondre au problème posé par la fatigue thermique, des critères multiaxiaux d'amorçage en fatigue à grand nombre de cycles ont été développés. L'idée consiste à chercher la direction normale pour laquelle, soit la demi-amplitude de cisaillement, soit le dommage est maximal. Avec ces critères, des chargements périodiques ou non périodiques peuvent être analysés.