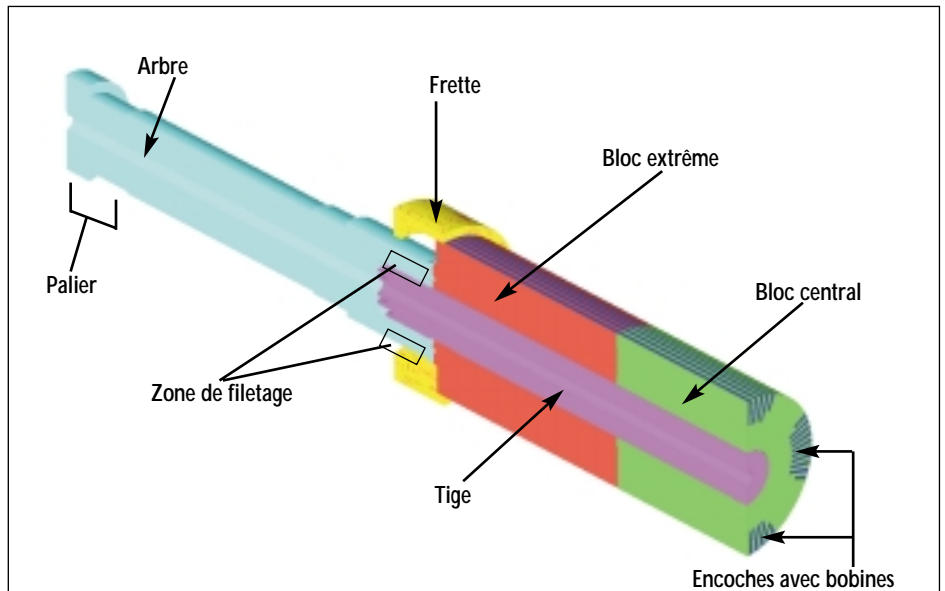


# Tenue mécanique des rotors d'alternateurs polyblocs CP2 en présence de défauts amorcés par fretting-fatigue

Le rotor de l'alternateur de la centrale nucléaire de St-Laurent-des-Eaux tranche B1 est du type « polyblocs » : il est constitué de 3 blocs maintenus ensemble par une tige centrale précontrainte (traction dans la tige et compression dans les blocs). Lors de son débobinage en 1994, une poudre rouge prélevée en fond d'encoches à la jonction entre blocs a été analysée par le Groupement des Laboratoires d'EDF Production Transport comme étant de la poudre de fretting.

Le fretting est un phénomène de dégradation de surface dû à des micro-glissements entre surfaces en contact, qui peuvent générer des fissures en surface de l'ordre du millimètre. Le risque que ces fissures se propagent ensuite par le phénomène de fatigue dépend de la structure et de ses chargements. Le chargement cyclique que subit le rotor résulte de l'effet combiné du poids propre flèche de 3 mm environ pour 200



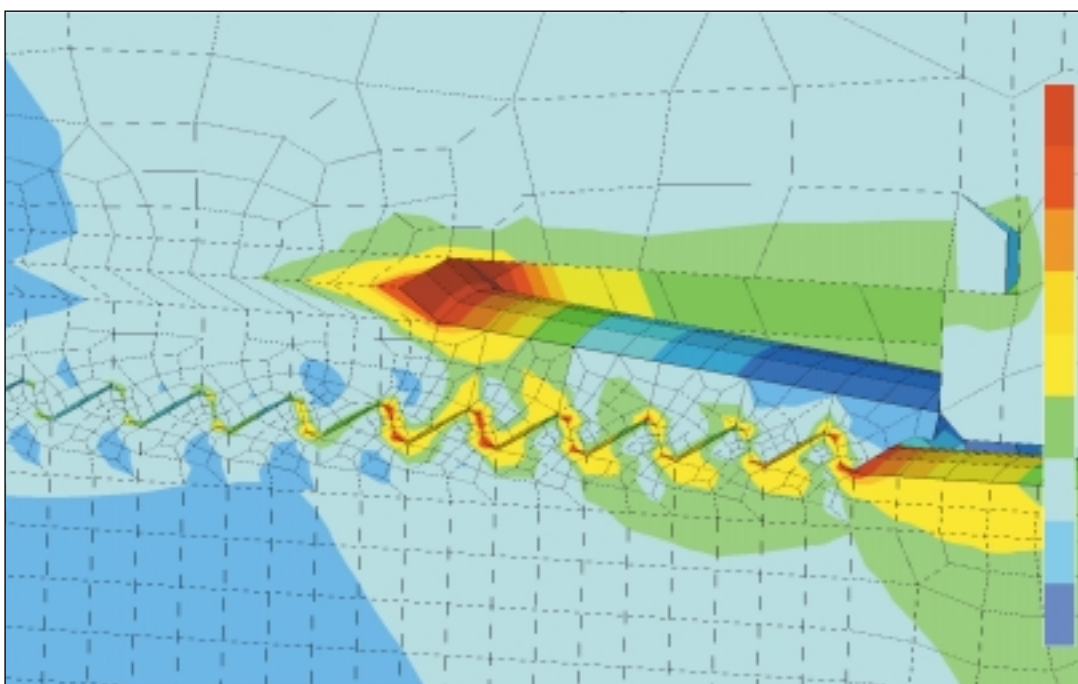
1 Quart de rotor polyblocs

tonnes) et de la rotation du rotor à 1500 tr/mn. Cette étude a pour but de démontrer la tenue mécanique du rotor en présence de un défaut amorcé par fretting. Une première analyse mécanique a permis d'identifier la zone du filetage de la tige

comme étant celle la plus critique vis-à-vis de l'apparition du fretting.

Nous avons d'abord fait deux calculs des contraintes à l'intérieur du rotor avec un modèle d'ensemble de 35 000 nœuds représentant un quart de rotor (1) : le premier ne modélise pas le contact entre filets (continuité de matière entre tige et arbre), le deuxième le modélise à l'aide des fonctionnalités de contact unilatéral sans frottement du Code\_Aster ; la réalité observée se situe entre les deux. Nous constatons que le premier filet est très chargé dans les deux cas, résultat classique, mais que les cinquième et sixième le sont aussi dans le premier cas (2), à cause la singularité géométrique se trouvant à proximité, côté arbre.

Nous vérifierons, en calculant le rapport force tangentielle sur



2 Isocontraintes de Von Mises dans la zone des filets (cas sans contact)

lant le rapport force tangentielle sur

# Tenue mécanique des rotors d'alternateurs polyblocs CP2 en présence de défauts amorcés par fretting-fatigue

force normale dans le premier cas que tous les filets sont susceptibles de glisser entre eux et d'être le siège de fretting.

Nous avons alors étudié le comportement de fissures axisymétriques sur un modèle local, car le modèle d'ensemble était déjà très volumineux sans fissure. Ce modèle de 11 500 nœuds représente trois dents, celle fissurée étant celle du milieu, sur un secteur angulaire de 20° (3). On extrait les déplacements du modèle d'ensemble, qu'on impose aux frontières du modèle local, ceci pour différentes longueurs et orientations de fissures.

De nombreux calculs préliminaires nous ont permis de valider cette technique. Nous avons notamment remarqué qu'entre forces et déplacements,

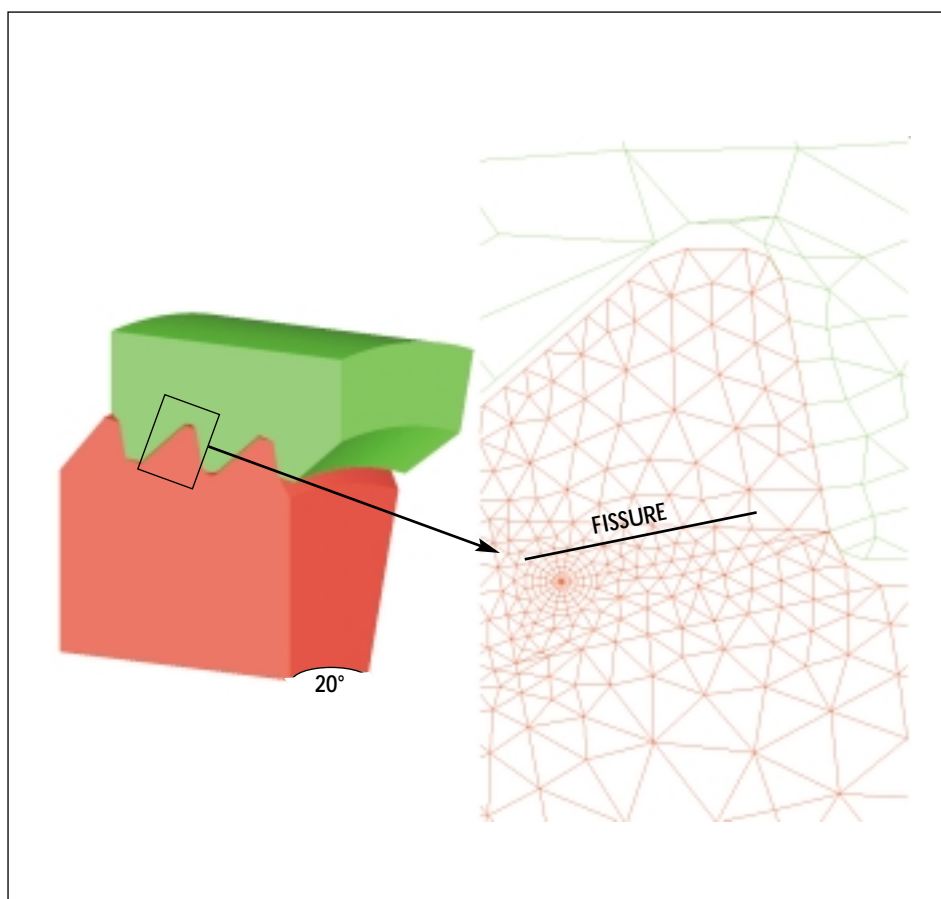
seule l'imposition des déplacements donne des résultats corrects. De plus, nous n'étudions aucune fissure de moins de 6 mm de profondeur, car ces zones peu profondes sont plastifiées, et nos calculs élastiques sont faux (en effet, nous avons un effet « poinçon » : les contraintes au bord du contact deviennent infinies quand on raffine le maillage).

Seuls les filets les plus chargés sont étudiés (le 1 et le 6). Un demi-cycle est représenté par 6 points correspondant à 6 positions angulaires (4). En tout, cela fait 216 calculs. À chaque fois, on calcule le taux de restitution d'énergie  $G$  et les facteurs d'intensité des contraintes  $K^I$  et  $K^{II}$  (5), ce qui nous permet de déterminer le  $\Delta K^I$  sur un cycle. On estime alors la longueur critique qui permet d'atteindre la

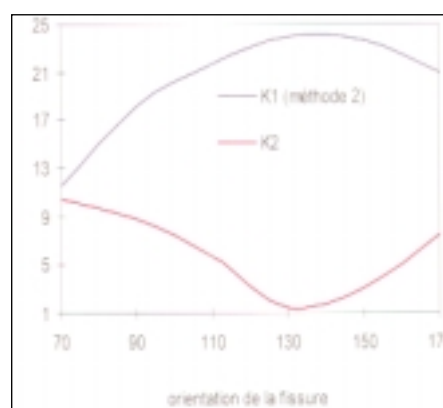
valeur critique  $\Delta K^{IC}$  du matériau, à partir de laquelle une fissure se propage en fatigue.

Enfin on évalue le conservatisme introduit par l'axisymétrie de la fissure par rapport à une fissure elliptique plus représentative d'une fissure de fretting, sur le cas le plus nocif trouvé précédemment : le  $\Delta K^I$  diminue de 25%.

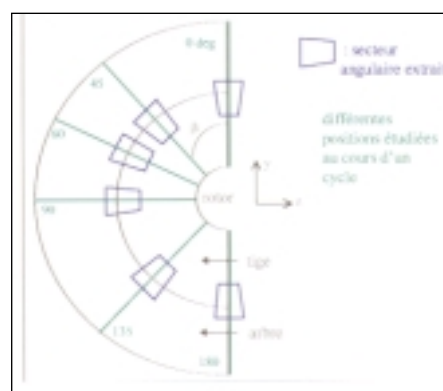
Cette étude a permis d'évaluer les risques d'endommagement par fatigue des rotors polyblocs des alternateurs de ce palier technique, et avec de grandes marges soumis au fretting dans la zone des filets. n



3 Modèle local de fissure axisymétrique



4 Les 6 "instants" de calcul au cours d'un demi-cycle, petite taille



5 Exemple d'évolution de  $K^I$  et  $K^2$  suivant l'orientation de la fissure, petite taille