

Présentation du logiciel de calcul FRANC 2D

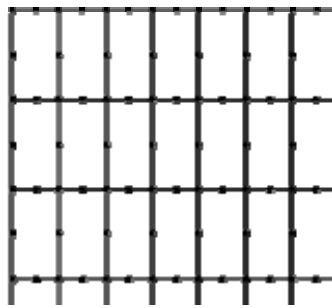
Nous avons utilisé, pour nos calculs, le logiciel de calcul par éléments finis. FRANC 2D/L (Fracture analysis code bi-dimensionnel) développé par le groupe de recherche en mécanique de la rupture (CFG) à l'université Cornell aux états unis d'Amérique sous la direction du professeur A.INGRAFFEA spécialement élaboré en vue de la résolution des problèmes bidimensionnels de la mécanique de la rupture. Ce logiciel a été catalogué par le centre de recherche langley à la NASA [95]. FRANC 2D est un code de calcul utilisant la méthode des éléments finis pour l'analyse des structures dans le domaine de la rupture.

Franc2D/L est l'extension du FRANC 2D, conçu pour l'utilisation du collage des matériaux composites. La lettre L signifiant layer (couches ou plis). Pour son fonctionnement, le logiciel Franc 2D/L nécessite un logiciel appelé Casca. Ce dernier est un générateur de maillage qui permet la création d'un modèle géométrique bien défini et la discrétisation de la structure.

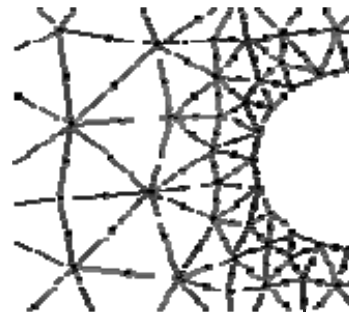
Franc2D/L est un programme très interactif pour la simulation de la propagation des fissures dans des structures en forme de couches. Ce programme rend possible la représentation des couches telles que les pièces assemblées par collage. De plus l'option linéaire bending est valable pour tenir compte de l'excentricité des couches. Chaque pli ou couche est représenté par un maillage séparé et est supposée plane. Mais les calculs en deux dimensions et trois dimensions (plaque avec moment) peuvent être exécutés. Un logiciel intermédiaire nommé CasToFranc est le logiciel permettant d'associer en une structure globale les couches à assembler.

Le logiciel Franc 2D/L permet de modéliser les structures par différents types d'éléments bidimensionnels ; triangulaire à trois (3) nœuds, triangulaire à six (6) nœuds, quadrilatère à quatre (4) nœuds et quadrilatère à huit (8) nœuds (figure 1). Ces éléments se prêtent bien à l'analyse élastique et ont l'avantage que la singularité de la contrainte peut être bien incorporée dans la solution par déplacement des nœuds latéraux vers le point quart de la distance du côté (Henshell and Shaw, 1975). Des éléments interfaciaux sont aussi utilisés pour caractériser les contacts entre les surfaces.

Nous trouvons une variété de type de chargement notamment charge concentrée, charge uniformément et linéairement répartie, chargement dynamique, chargement thermique ...etc. FRANC 2D/L permet aussi de traiter différents types de matériaux. On peut ainsi étudier le comportement en rupture des matériaux élastiques isotropes, élastoplastiques isotropes, élastiques orthotropes et élastoplastiques orthotropes. Il permet aussi de traiter les cas multimatériaux avec interface linéaire et non linéaire.



Les éléments à 8 nœuds



Les éléments à 6 nœuds

Figure 1. Représentation du maillage utilisé en FRANC 2D

Le maillage en tête de fissure utilisé par ce logiciel est très intéressant puisqu'il permet de réduire énormément le temps de calcul. Ainsi une rosette circulaire est créée à la pointe de la fissure pour caractériser sa singularité (voir figure 2). La simulation de la propagation de la fissure peut se faire en mode automatique ou en mode pas à pas. Le calcul du champ de contraintes et de déformations se fait par analyse directe ou itérative en mécanique linéaire de la rupture (comportement élastique) ou par analyse non linéaire pas à pas en comportement élastoplastique (mécanique non linéaire de la rupture).

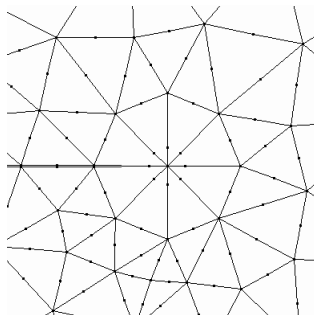


Figure 2. Noyau au niveau de la tête de la fissure

Le poste processeur du logiciel FRANC 2D/L est assez puissant puisqu'il permet de donner beaucoup de résultats. Nous pouvons représenter les champs de contraintes et

déformations sur toute la structure. La fonction zoom permet de localiser le champ de contraintes dans des zones très réduites notamment autour de la tête de la fissure.

Nous pouvons aussi représenter les distributions des contraintes sur des lignes ou sur des cercles virtuels dans la structure. Le calcul du facteur d'intensité de contraintes se fait par les trois méthodes connus : la méthode des déplacements, la méthode de l'intégrale de contour et la méthode du taux de restitution d'énergie. En utilisant les possibilités de propagation automatique de la fissure, nous pouvons avoir directement la variation du facteur d'intensité de contraintes en fonction de la longueur de la fissure. Un calcul de prédiction de la durée de vie en fatigue a été introduit dans le logiciel FRANC 2D, mais il n'est pas assez performant puisqu'il n'utilise que la loi de Paris $\left(\frac{da}{dN} = C(\Delta K)^m \right)$ comme loi de propagation de la fissure.

Enfin nous pouvons conclure que le logiciel FRANC 2D/L a des capacités énormes pour l'étude de la mécanique de la rupture dans le cas bidimensionnel. Le groupe CFG de l'université Cornell a complété le logiciel par l'élaboration d'un autre logiciel à trois dimensions FRANC 3D qui utilise la méthode des éléments de frontières.

L'élément adhésif est traité comme l'élément rivet. Les éléments rivets sont analysés sous forme d'éléments élastiques soumis à des efforts de cisaillement et caractérisés par leur rigidité. Les doivent être introduits uniquement aux nœuds. Lorsqu'un rivet assemble deux surfaces, il doit être introduit au niveau de la couche supérieure, ceci permet de faire une interpolation pour le calcul des déplacements au niveau du rivet et permet d'emmagasinier le maximum d'informations sur la base de données.

L'élément adhésif est similaire à l'élément rivet, sauf que la force de cisaillement est distribuée à tout élément et non confinée au nœud considéré. Il est supposé que la couche de l'adhésif est homogène, élastique et isotrope. On suppose également que l'adhésif se déforme uniquement en cisaillement et cette déformation est uniforme à travers l'épaisseur de l'adhésif. On prend également les hypothèses qu'une partie des contraintes normales agissant dans les couches des substrats se transmet à la couche adhésive sous forme de contraintes de cisaillement.

Dans le code FRANC 2D/L des hypothèses simplificatrices sont faites pour faciliter la compilation des différentes solutions du problème. Ces hypothèses sont :

- Chaque couche est considérée comme une structure bi-dimensionnelle dans un état de contraintes planes.
- Les couches peuvent être assemblées deux à deux par une couche d'adhésif.
- La couche adhésive est homogène, linéaire, élastique et isotrope.
- L'adhésif est sollicité uniquement en cisaillement et la déformation est uniforme à travers son épaisseur.
- Les contraintes de cisaillement dans l'adhésif sont données par la relation ci-après :

$$\tau = \frac{G_a}{e_a}(u_1 - u_2)$$

Où u_1 et u_2 représentent respectivement les déplacements de la plaque et du patch.

τ : Contrainte de cisaillement

G_a : Module de cisaillement de l'adhésif

e_a : Epaisseur de l'adhésif

Les forces dans l'adhésif sont obtenues en utilisant les contraintes tangentielles comme des forces de traction dans les plis. Sachant que les surfaces de tractions sont proportionnelles aux déplacements relatifs des deux couches, la force dans l'adhésif peut être exprimée en termes de tous les déplacements nodaux des couches. Ceci nous donnerait la matrice de rigidité des éléments de l'adhésif.

NB : FRANC 2D utilise les unités anglo-saxonnes.