

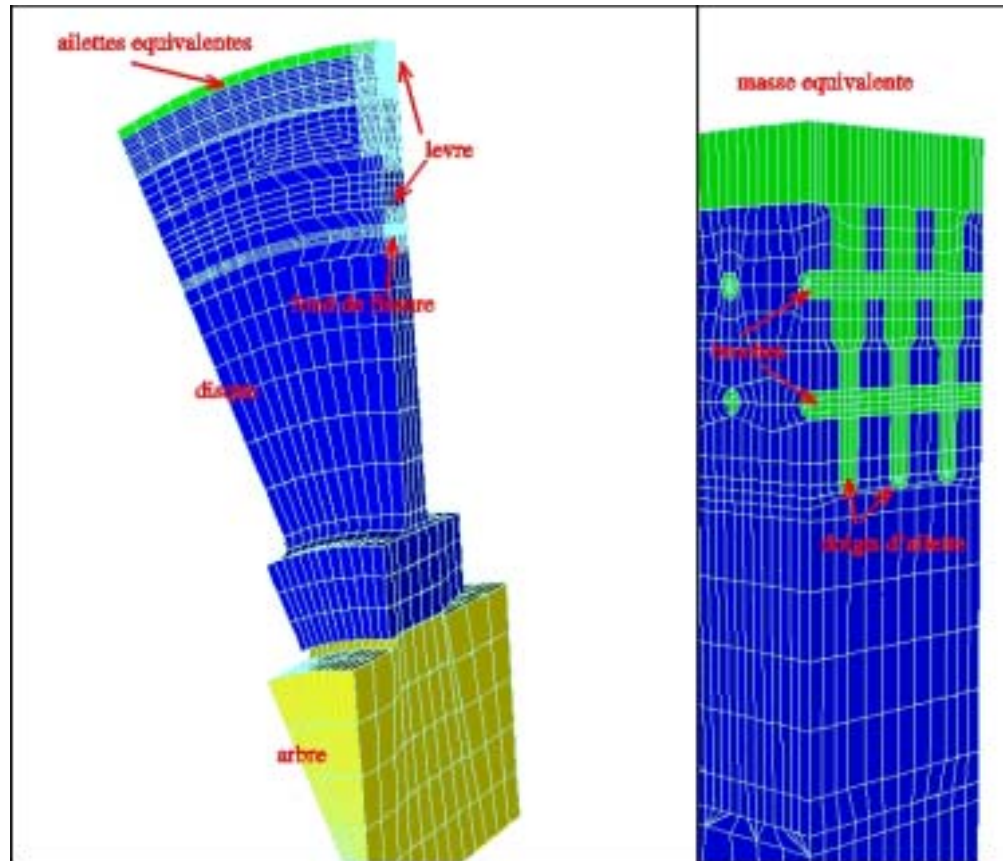
Le problème

- **Fissures de corrosion sous contrainte apparaissant sur de nombreux trous de broches permettant la liaison entre les ailettes et les disques 3/12 des rotors CP0/CP1**
- **Direction de propagation radiale, sauf dans 2 cas, où l'on observe une fourche à une certaine profondeur (phénomène de bifurcation de fissure)**

Géométrie et modélisation (I)

- **Les capacités de calcul ne permettent pas de modéliser un disque entier avec le détail des liaisons disque/ailettes**
 - modélisation 3D d'une portion de disque et conditions de symétrie cyclique appliquées aux bornes
 - les trous de broches ne sont représentés que pour 2 ailettes dans l'étude de nocivité des fissures radiales (on constatera qu'à grande profondeur, les contraintes ne changent pas si les trous sont représentés ou pas)
 - les ailettes sont modélisées par un anneau de matière équivalente qui fournit les mêmes efforts centrifuges que les ailettes entières

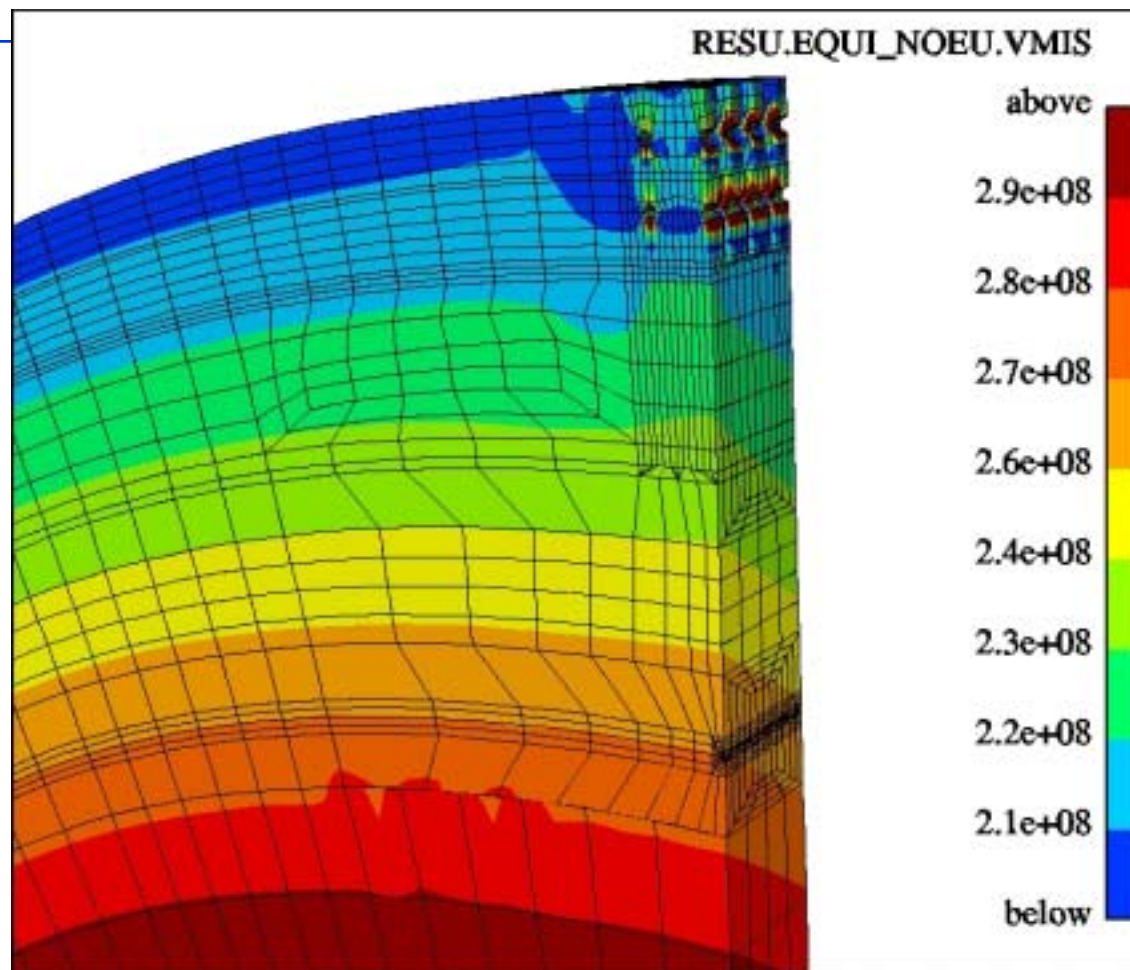
Géométrie et modélisation (II)



Géométrie et modélisation (III)

- **Des modèles 2D sont aussi utilisés pour des calculs simplifiés :**
 - pas de représentation des doigts de broche
 - pas de représentation des changements d'épaisseur de disque
- **Pour les vitesses peu élevées (jusqu'à 122% de la vitesse nominale), le disque est freiné sur l'arbre et dans ce cas, le modèle prend en compte ce serrage (modèle de contact)**
- **On fait une étude paramétrique sur la profondeur de fissure (plusieurs maillages Ideas)**

Influence de la représentation des trous



Chargements

- **Rotation de l'arbre (entre 100% et 150% de la vitesse nominale, qui est de 1500 tr/mn)**
- **Serrage du disque sur l'arbre (pour les vitesses inférieures à 122% de la vitesse nominale)**
- **Conditions de symétrie cyclique sur les bords du modèle**
- **Liaison rigide entre les ailettes (représentées par un anneau équivalent) et le disque**

Démarche pour la nocivité des fissures non bifurquées

- **Evaluation de l'influence de la densité du maillage**
- **Recherche du secteur angulaire optimal représenté dans les modèles**
- **Mise au point d'une méthode de calcul simplifiée**
- **Calcul de la nocivité des fissures (calcul des K_I) pour différentes profondeurs et vitesses de rotation et comparaison avec la ténacité du matériau ($220 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$)**

Influence de la densité de maillage (I)

- **Tests effectués en 2D avec une fissure de profondeur h**
- **On représente des portions de disques de plus en plus grandes de 2 manières :**
 - densité de noeuds équivalente à nos maillages 3D
 - densité de noeuds trois fois plus élevée
- **On compare les K_I en fond de fissure**

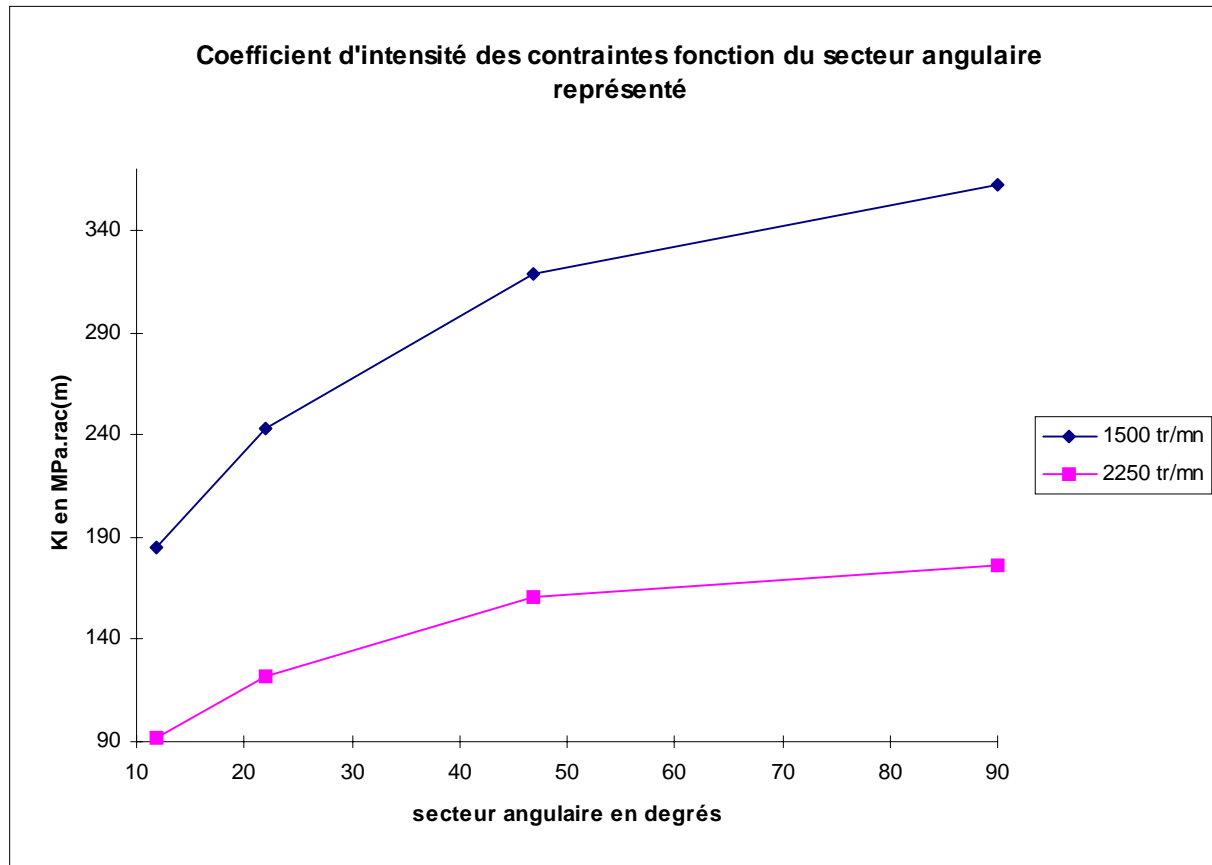
Influence de la densité de maillage (II)

Secteur angulaire représenté	K_I avec densité équivalente au 3D	K_I avec densité élevée
11.92°	184.5	184.5
21.92°	242.5	242.5
46.92°	318.7	318.6
90°	365.5	365.4

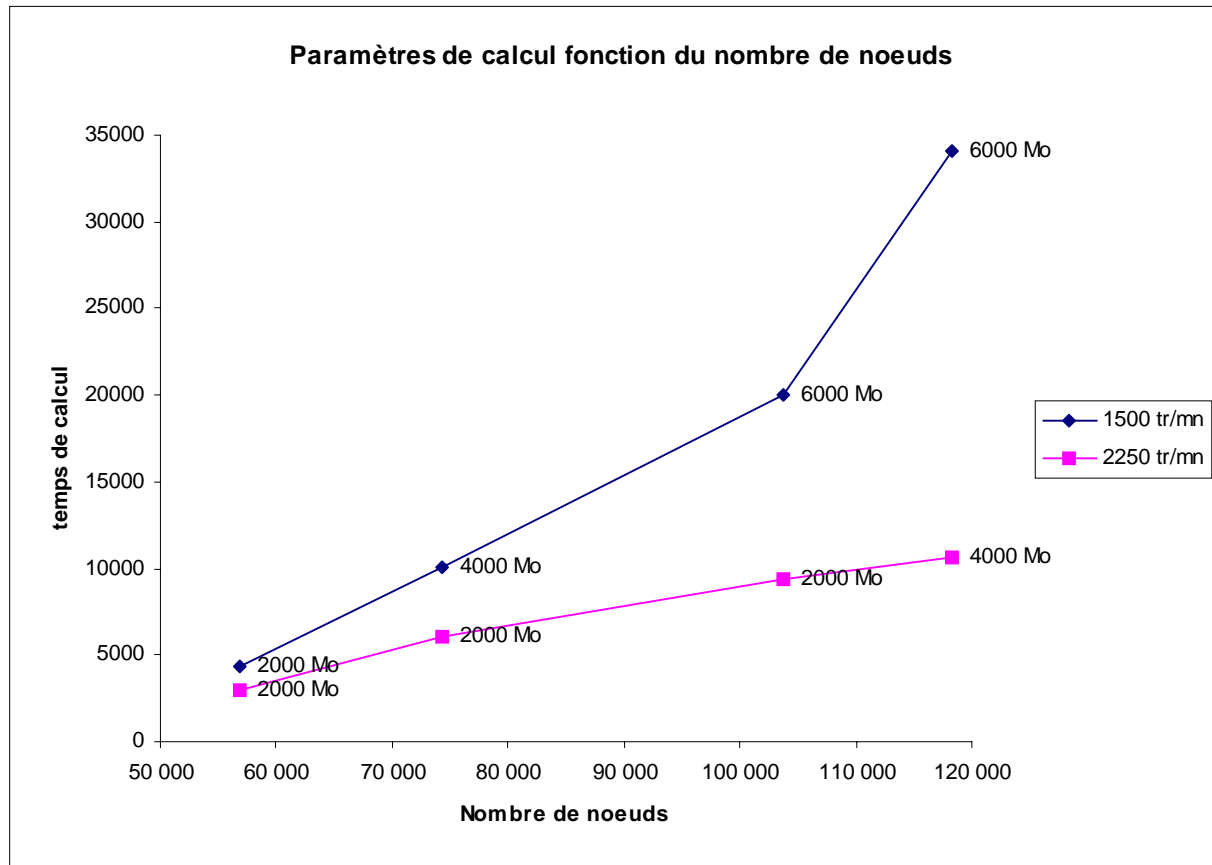
Influence du secteur angulaire représenté (I)

- Notre modèle initial 3D représentait $11,92^\circ$ (soit des fissures tous les $23,84^\circ$).
- Nous pensions que c'était suffisant pour négliger l'interaction entre 2 fissures proches.
- Vérification sur la fissure de plus grande profondeur (h) à 2250 tr/mn (calculs 3D linéaires) et à 1500 tr/mn (calculs 3D non linéaires)

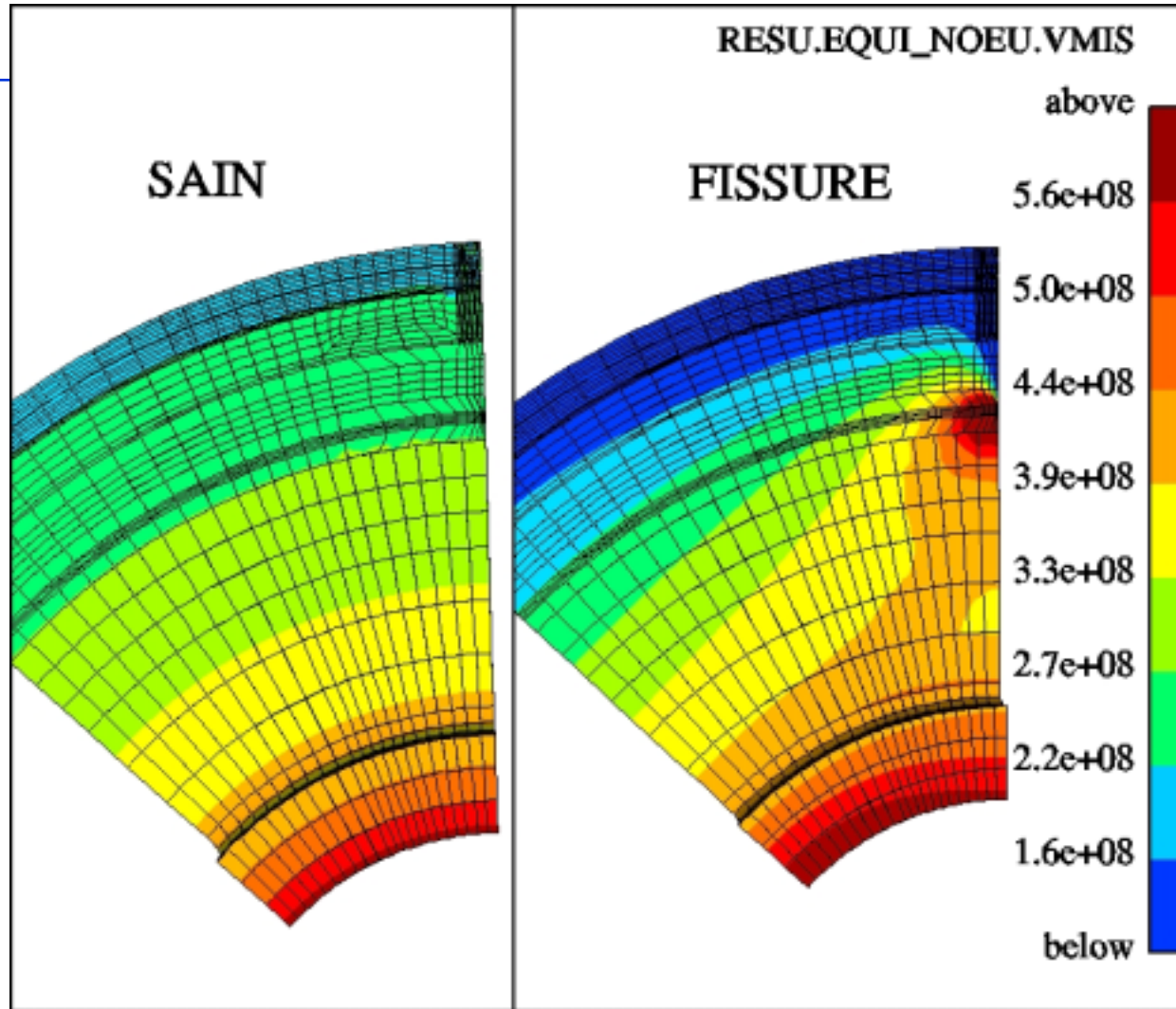
Influence du secteur angulaire représenté (II)



Influence du secteur angulaire représenté (III)



Influence du secteur angulaire représenté (IV)



Stratégie adoptée pour l'étude

- **Lorsqu'on modélise une portion de 90° de disque, les temps de calcul et la mémoire nécessaires sont très élevés en non-linéaire**
- **De plus, même à 90°, les coefficients d'intensité des contraintes ne semblent pas stabilisés**
 - => nécessité de modéliser un demi-disque**
 - => passage à des calculs 2D**

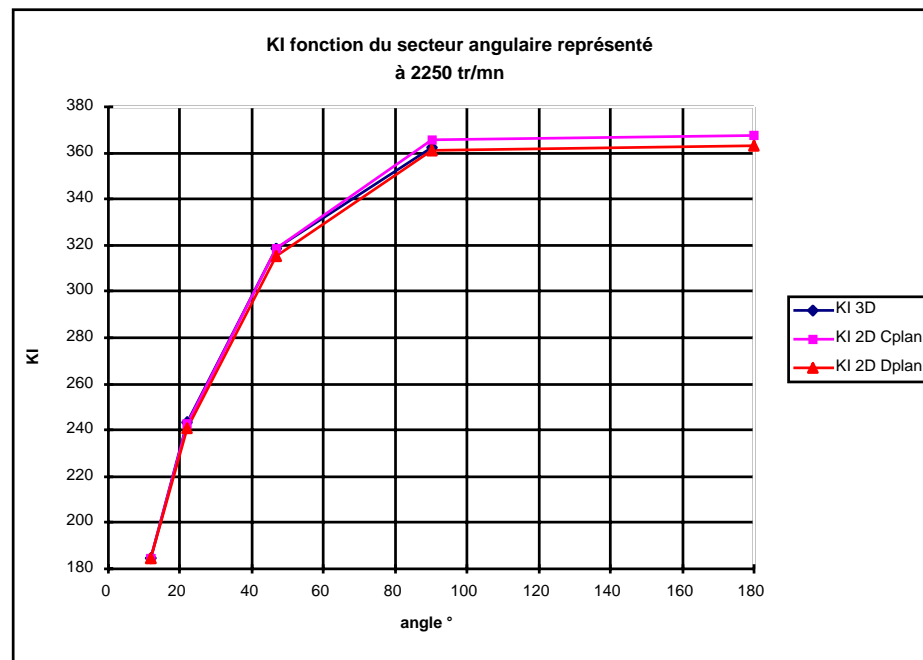
Passage au 2D (I)

- Mise au point de la méthode sur les 2 exemples précédents
- Lorsque l'on fait les calculs de nocivité avec des maillages 2D, les K_i obtenus sont 25% plus élevés qu'en 3D (avec 11,92° représentés)
- => Recalage sur les densités utilisées en 2D pour obtenir le même résultat qu'en 3D :

	3D	Contraintes planes	Déformations planes
$\rho_{\text{disque}} \text{ (kg/m}^3\text{)}$	7800	6021	6241
$\rho_{\text{paillettes}} \text{ (kg/m}^3\text{)}$	30206	23317	24269

Passage au 2D (II)

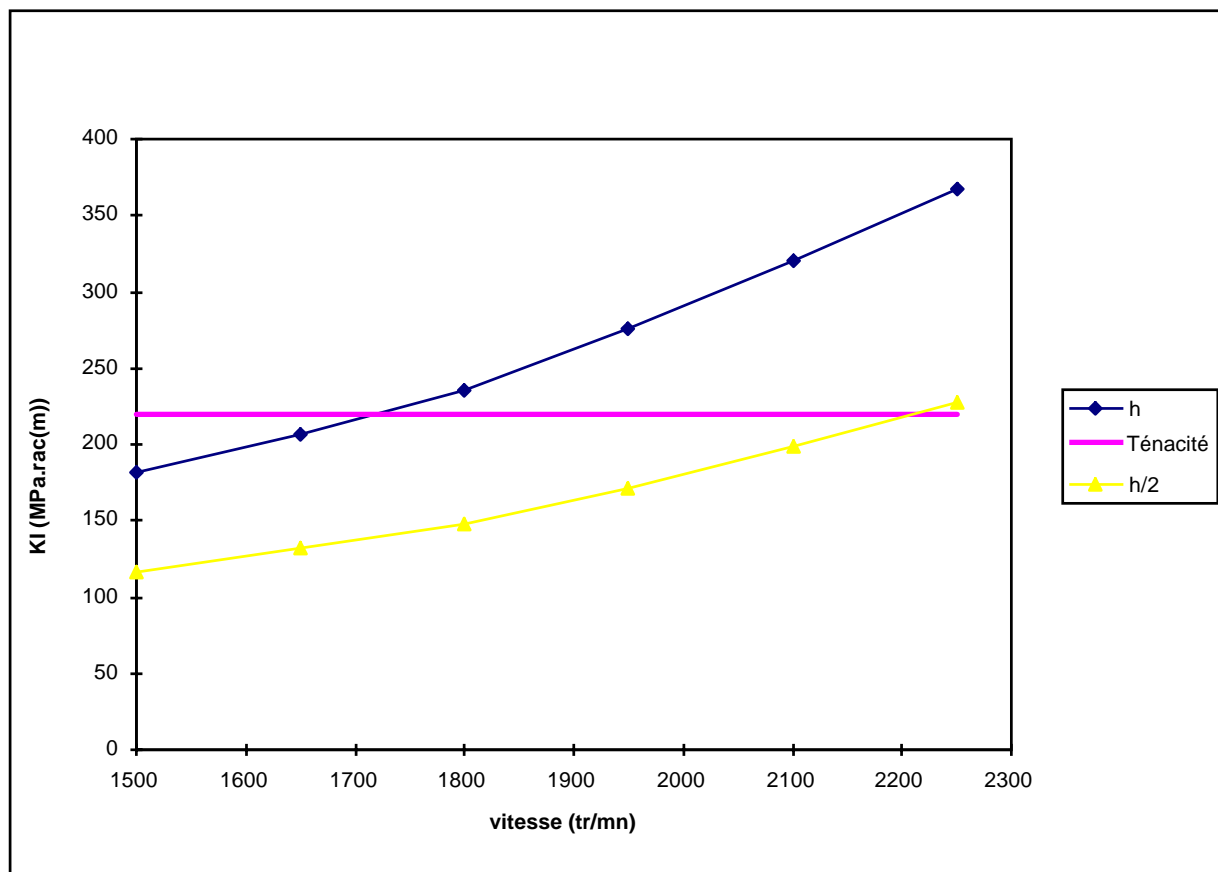
- L'évolution du K_I en fonction du secteur angulaire représenté est similaire en 2D qu'en 3D (les contraintes planes sont plus conservatives, et peut-être plus proches de la réalité (situation de plaque mince)) :



Passage au 2D

- **En non-linéaire, l'erreur est un peu plus forte (2 %)**
- **Ainsi, pour tous les calculs qui suivent, la procédure utilisée est la suivante :**
 - calcul 3D à 11.92° et 21.92°
 - recalage des masses volumiques en contraintes planes sur le résultat 3D à 11.92°
 - calculs 2D contraintes planes avec ces masses volumiques à 21.92° (pour vérification) et à 180° (pour avoir le résultat final)

Résultats



Commentaires

- Ces résultats sont à nuancer par le fait que les disques présentent des fissures sur de nombreux trous de broches, et l'on a vu que des fissures espacées de 45° voyaient leur K_I diminuer d'environ 33% par rapport à la situation isolée, et de 50% si elles sont espacées de 23°

Perspectives

- **Application de la méthode du G maximal sur une fissure bifurquée dont l'angle de bifurcation est paramétrable**
- **Approfondissement de l'étude sur l'influence de fissures proches (notamment 2 fissures bifurquées voisines)**