SSNV114 - Calcul de facteur de marge avec un défaut DSR en 3D

Résumé :

L'objectif de ce test est de valider la macro-commande POST_FM de calcul de facteur de marge dans le cas d'une cuve contenant un défaut de type DSR , en modélisation 3D .

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

On considère un cylindre creux de rayon extérieur $R_{ext}=2.4245\,m$, de rayon intérieur $R_{int}=2.197\,m$, de hauteur $h=2\,m$, avec un revêtement intérieur d'épaisseur $e=7.5\,mm$.

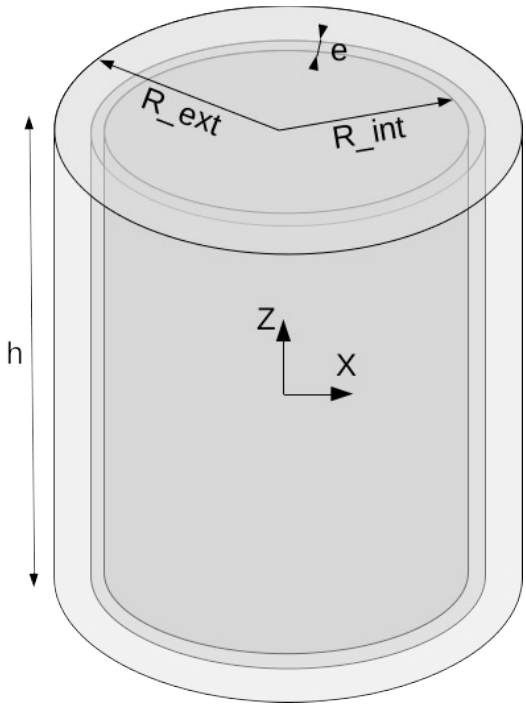


Figure 1.1-1: Cylindre creux représentant la cuve.

Une fissure verticale à fond semi-elliptique de profondeur $p=5\,mm$ et de hauteur $H=12.5\,mm$ est introduite dans la géométrie. Le centre de l'ellipse A se trouve à l'interface avec le revêtement. Le point B est situé sur le front de fissure le plus profond dans le métal de base de la cuve. Le point A est à mi-hauteur de la cuve et situé à $3.5\,mm$ du bord intérieur.

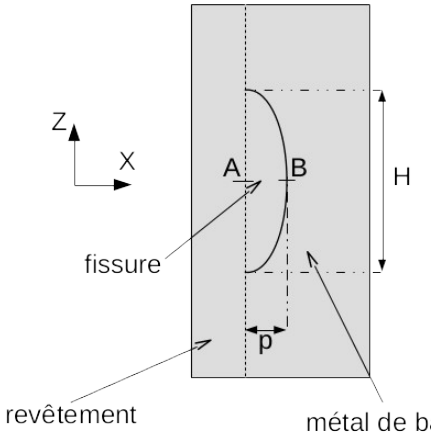


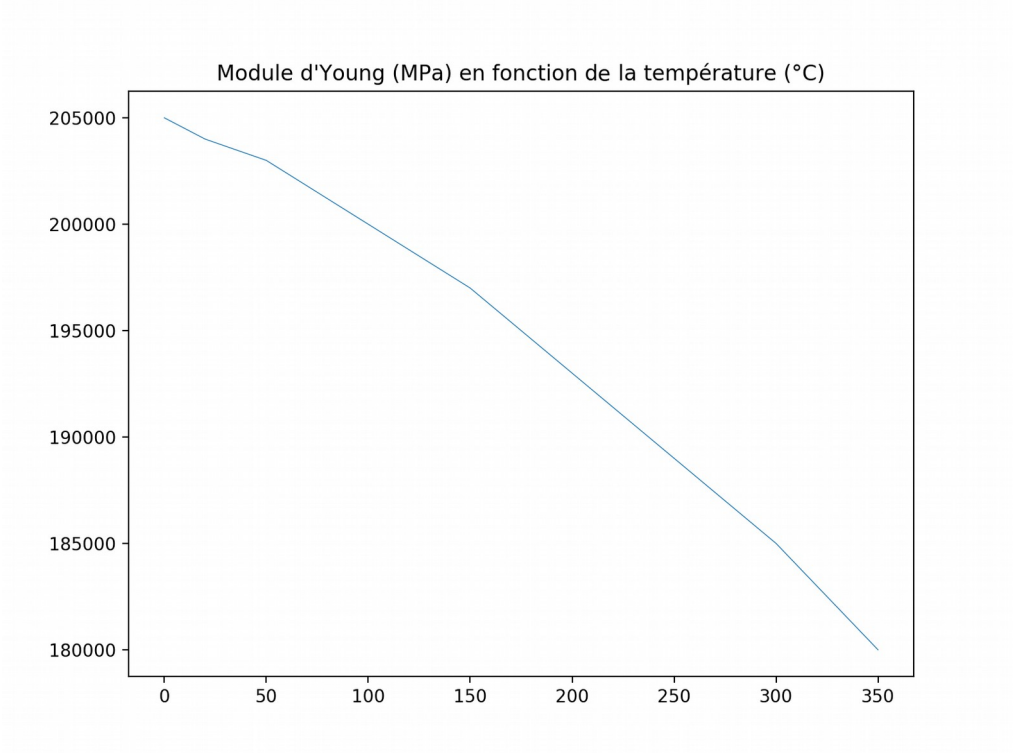
Figure 1.1-2: Vue en coupe de la cuve, avec fissure verticale semi-elliptique.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

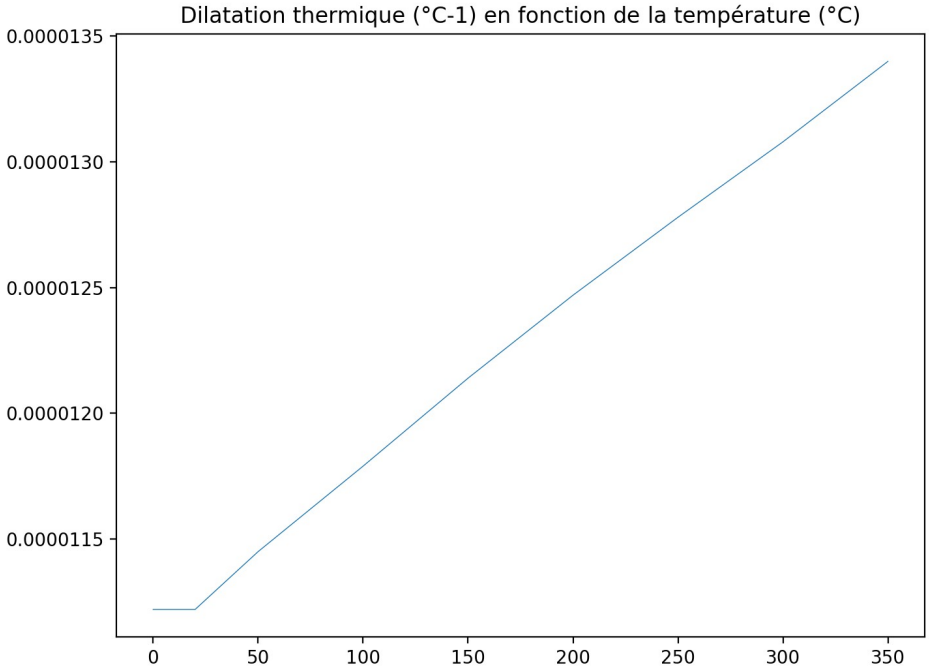
1.2 Propriétés du matériau

Le matériau est élastique non linéaire donné par des courbes de traction dépendant de la température.

- Coefficient de Poisson $\nu = 0.3$
- Module d'Young

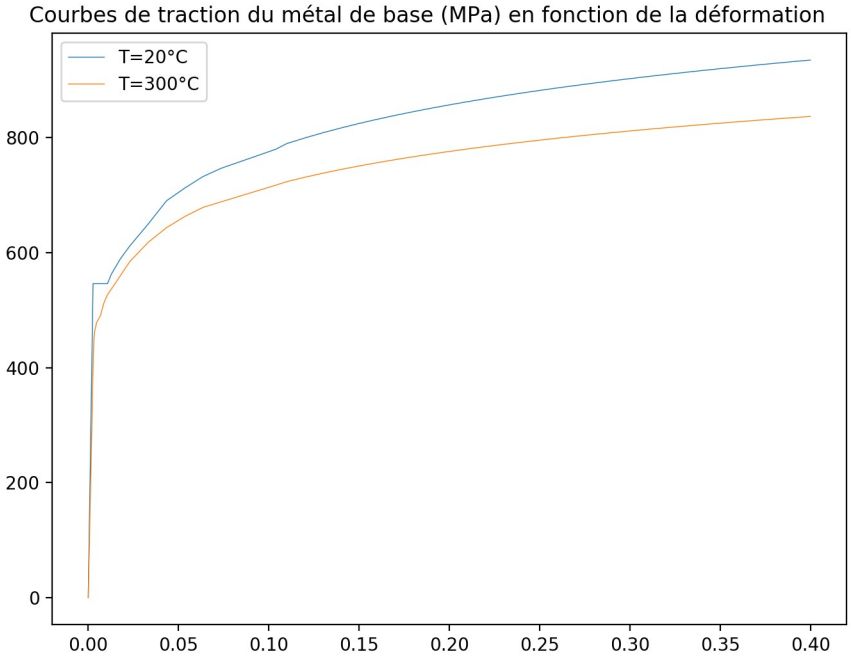


- coefficient de dilatation thermique

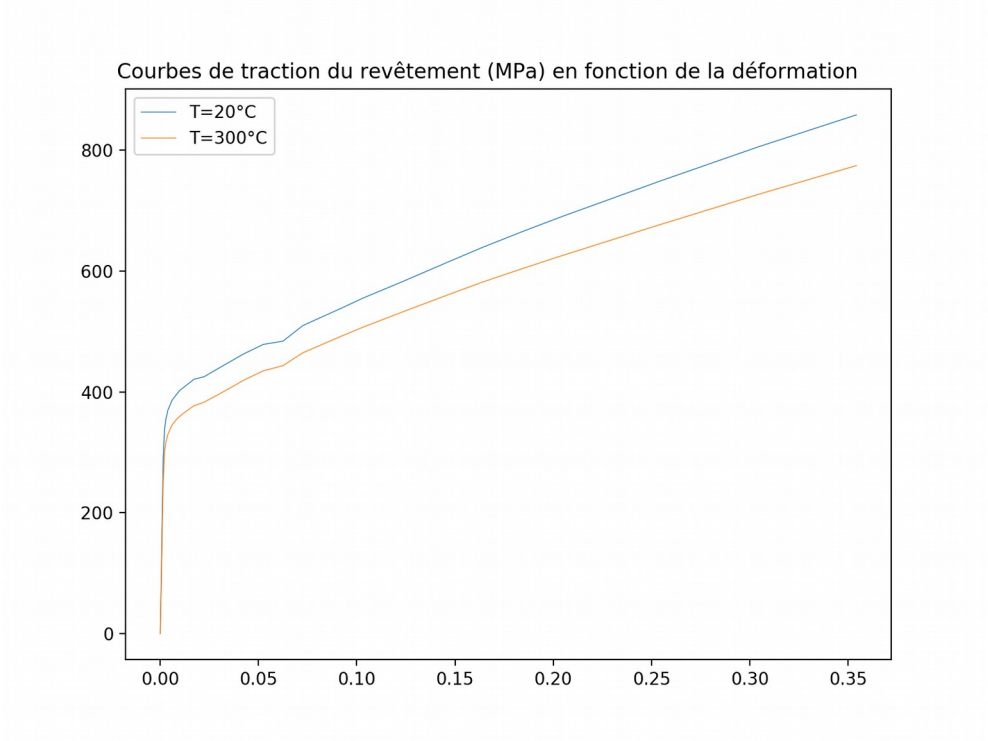


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

- courbes de traction du métal de base

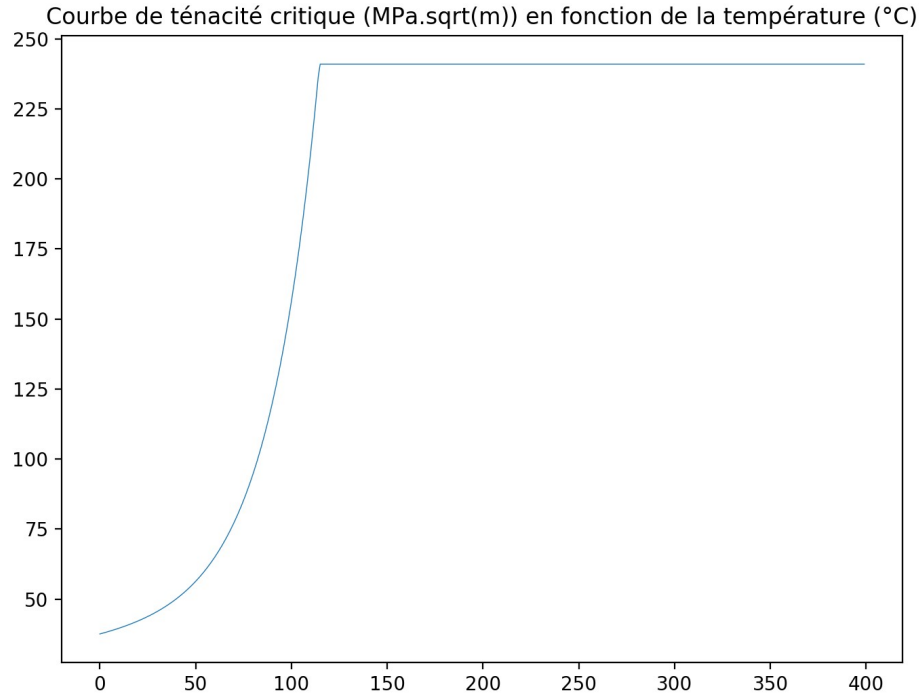


- courbes de traction du revêtement



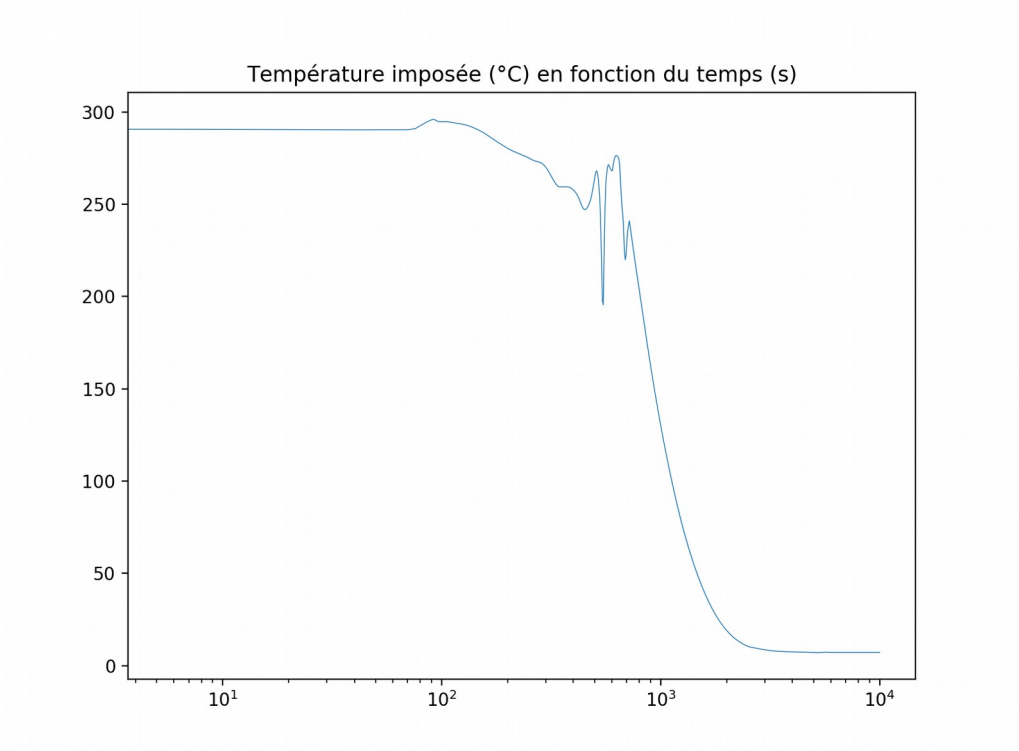
La ténacité K_{IC} est donnée sous la forme d'une courbe dépendant de la température, sous le mot clé facteur `RUPT_FM` de la commande `DEFI_MATERIAU`, pour le métal de base.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)



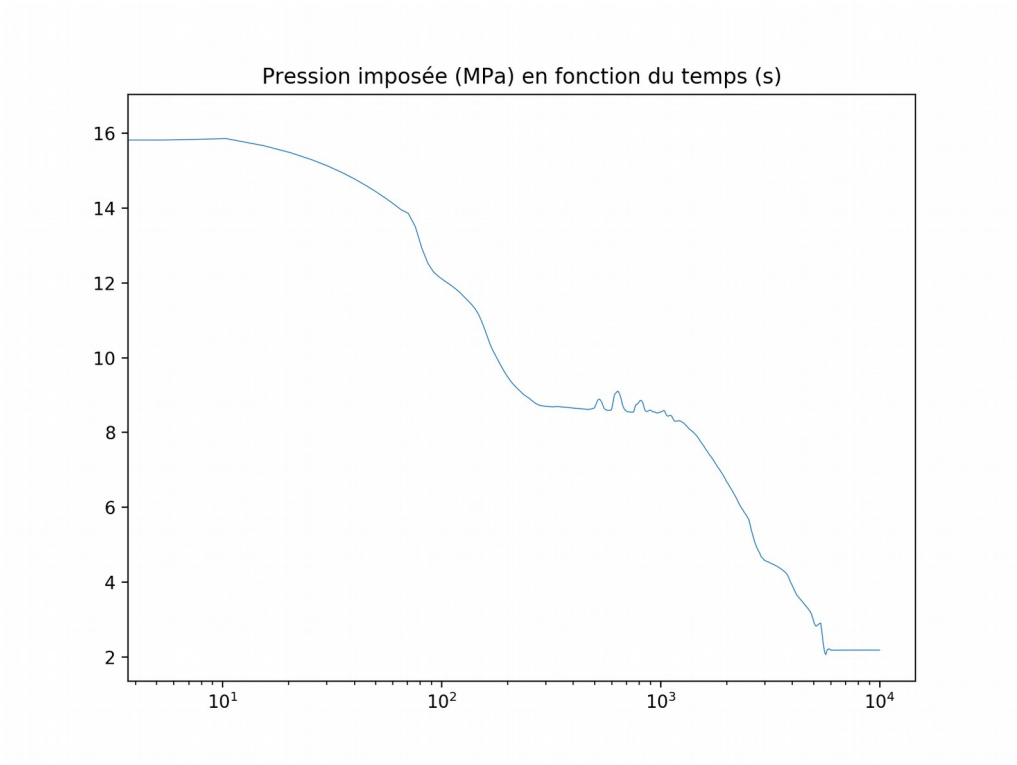
1.3 Conditions aux limites et chargements

Un champ de température est obtenu par un calcul thermique. Le profil de température est imposé à l'intérieur de la cuve.



Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

On applique un profil de pression à l'intérieur de la cuve.



La modélisation s'appuie sur 1/16^e de cuve où des conditions aux limites de symétrie sont appliquées.

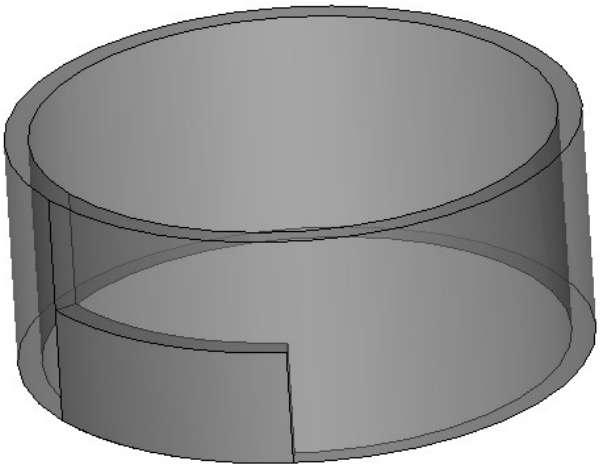


Figure 1.3-1: Zone de la cuve (en opaque) utilisée pour le calcul .

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

L'approche consiste à chaîner les calculs suivants :

- les paramètres de calcul mécanique étant dépendant de la température, un calcul thermique permet de déterminer la variable de commande $TEMP$,
- un calcul mécanique en élasticité linéaire,
- un calcul mécanique élastique non linéaire,
- calcul du taux de restitution d 'énergie G_{ELAS} à partir du résultat mécanique linéaire, en fond de fissure B ,
- calcul du taux de restitution d 'énergie G_{PLAS} à partir du résultat mécanique non-linéaire, en fond de fissure B .

Puis les facteurs de marge sont obtenus par post-traitement via python utilisateur des résultats de calcul des taux de restitution d'énergie G_{ELAS} et G_{PLAS} , et de la température $TEMP$ au point B .

On retient les grandeurs suivantes :

1. $KELAS$: facteur d'intensité des contraintes élastique,
2. $KPLAS$: facteur d'intensité des contraintes plastique,
3. FM_ASN : facteur de marge réglementaire

Ces résultats sont fournis et la validation est de type « AUTRE_ASTER ».

2.2 Grandeurs et résultats de référence

On teste les sorties de l'opérateur POST_FM, à savoir les grandeurs suivantes en fond de fissure :

1. $TEMP$: température en fond de fissure,
2. KIC : ténacité en fond de fissure,
3. $KELAS$: facteur d'intensité des contraintes élastique,
4. $KPLAS$: facteur d'intensité des contraintes plastique,
5. KCP : facteur d'intensité des contraintes corrigé,
6. FM_ASN : facteur de marge réglementaire.

2.3 Références bibliographiques

[1] 6125-2111-2017-03764-EN : "Synthesis of sensitivity analyses for 3D numerical simulations of underclad defects", Sébastien MEUNIER.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

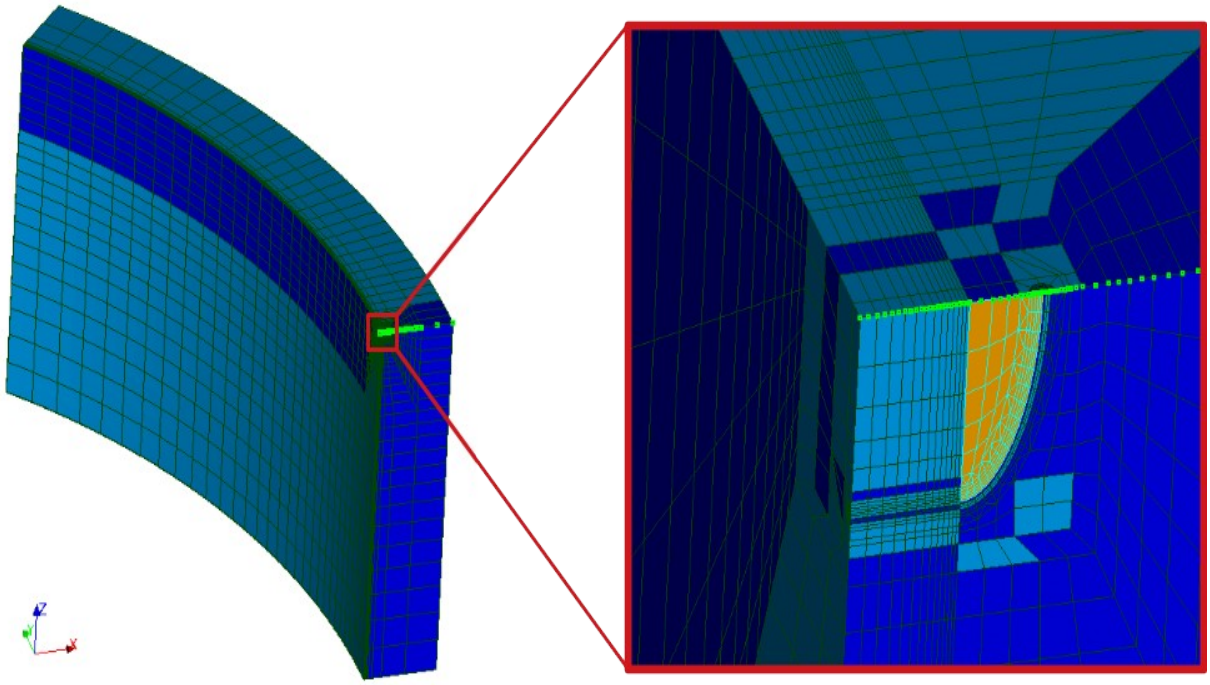
3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation 3D.

3.2 Caractéristiques du maillage

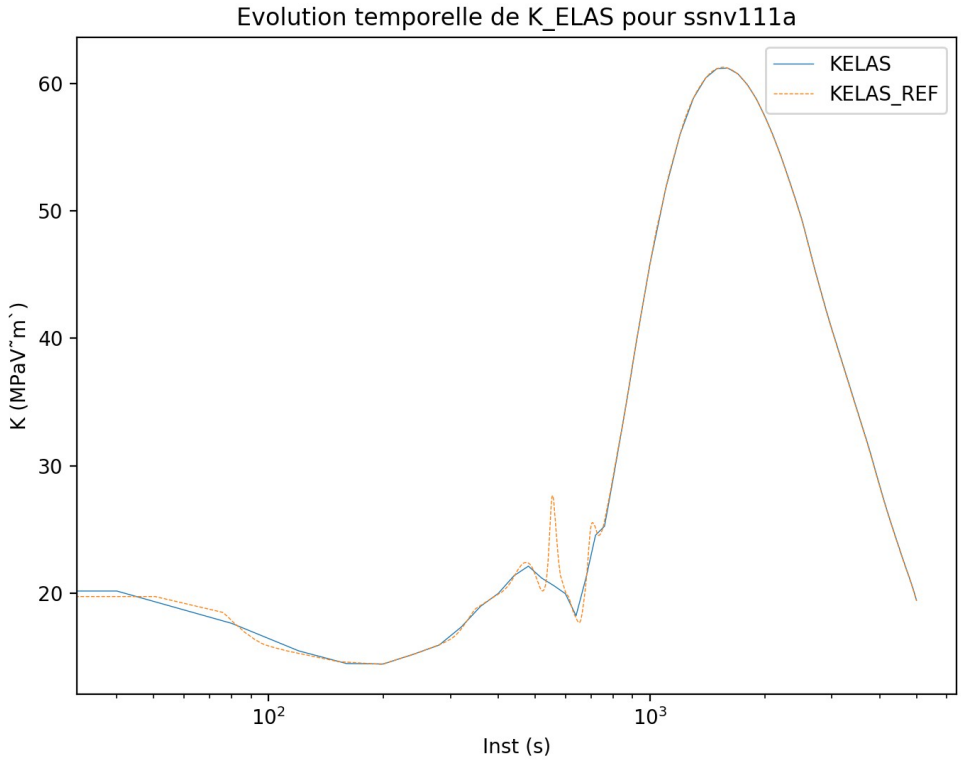
Le maillage contient 16717 éléments de type HEXA20 et 544 éléments de type PENTA15. Le maillage est raffiné au niveau de la fissure et autour du fond de fissure.

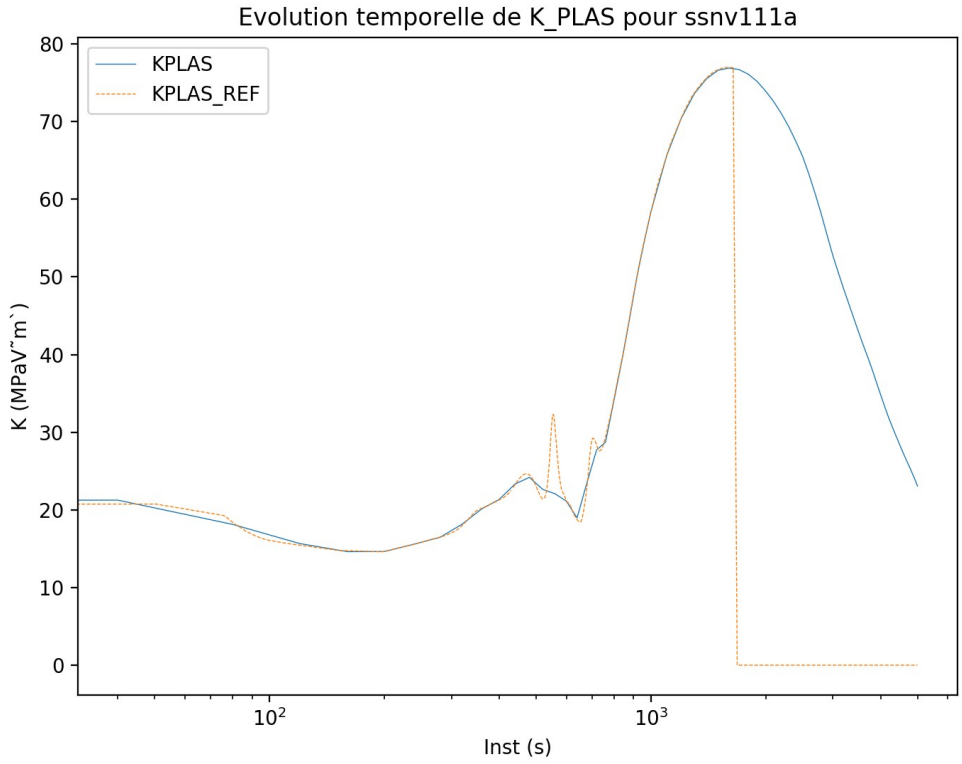


3.3 Grandeurs testées et résultats

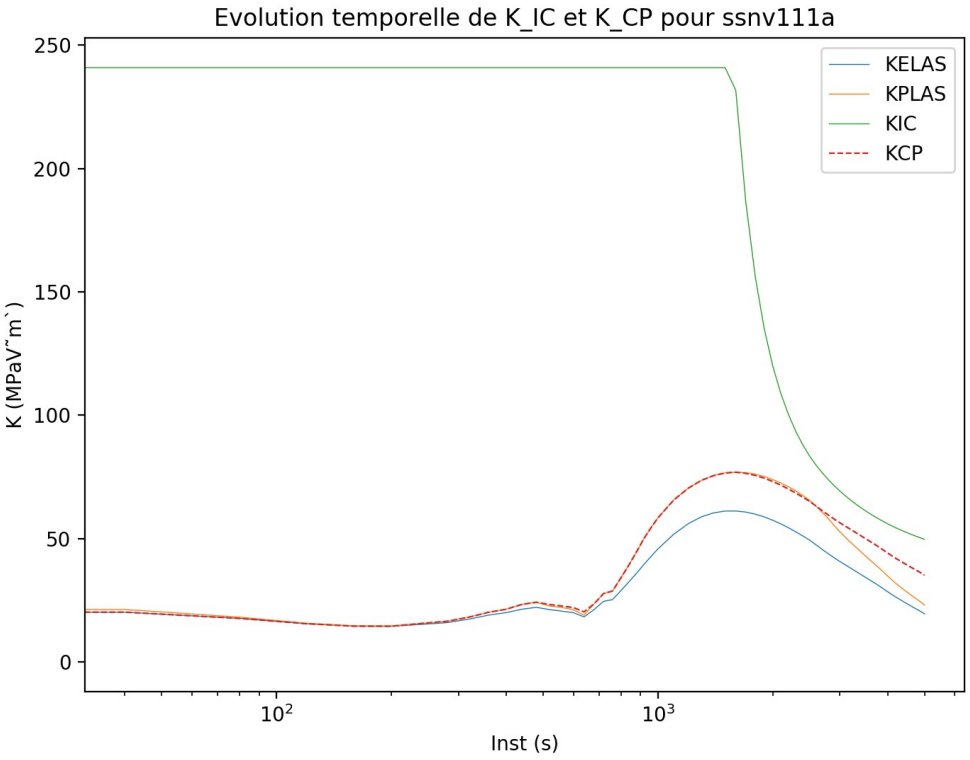
Les courbes suivantes montrent l'évolution temporelle des grandeurs observées en sortie de l'opérateur POST_FM, ainsi que les valeurs de référence.

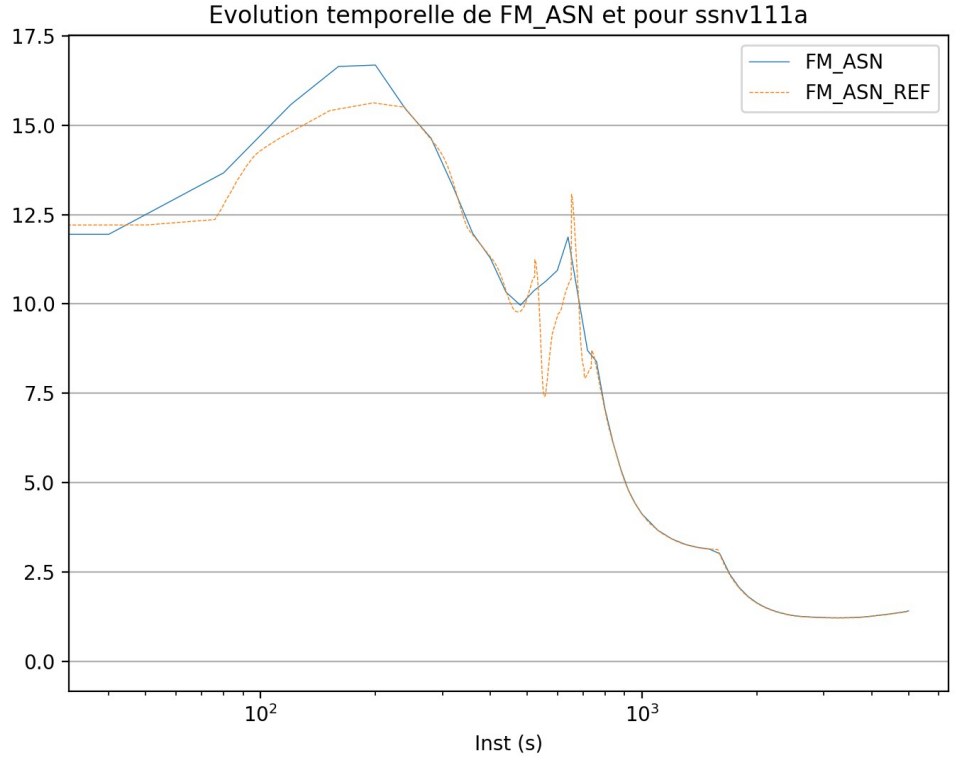
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)





Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)





On teste la table de sortie de l'opérateur POST_FM. Cette table est obtenue au point B .

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Précision
MIN - $TEMP$	'NON_REGRESSION'	39.078589	1e-06
MIN - KIC	'NON_REGRESSION'	49692271.	1e-06
MAX - $KELAS$	'AUTRE_ASTER'	61254800.	0.2 %
MAX - $KPLAS$	'AUTRE_ASTER'	76976200.	0.2 %
MAX - KCP	'NON_REGRESSION'	76885457.	1e-06
MIN - FM_ASN	'AUTRE_ASTER'	1.21557	0.5 %
$INST=3300$ - FM_ASN	'NON_REGRESSION'	1.2208980	1e-06

3.4 Remarques

Le maillage étant en m , les dimensions sont données en m et les pressions en Pa . L'unité de la ténacité et des facteurs d'intensité des contraintes s'exprime en $Pa\sqrt{m}$. Il faut diviser ces valeurs par 10^6 pour les convertir dans l'unité plus utilisée classiquement : le $MPa\sqrt{m}$.

On est bien dans le cas d'un défaut de type D S R , défini par la condition $max(KPLAS)>max(KELAS)$.

Le calcul de la référence étant plus raffiné au niveau des pas de temps, on ne capte pas ici les irrégularités des conditions de pression et températures imposées. Cependant ces irrégularités ne causent que des minima ou maxima locaux, ce qui ne modifie pas les résultats des minima ou maxima obtenus sur KCP et FM_ASN .

Notons que dans ce cas, le facteur de marge réglementaire FM_ASN est supérieur à 1, ce qui signifie que la tenue mécanique serait satisfaite dans ce cadre.

Le test informatique zzzz125 b est construit à partir des données d'entrée de cette modélisation.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Synthèse des résultats

Ce test permet bien de valider les calculs de facteur de marge via l'opérateur POST_FM dans le cadre d'un défaut de type DSR en 3D.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)