EPICU02 - Validation de la commande POST_K_BETA dans le cas d'un défaut elliptique avec un décalage positif

Résumé :

La commande POST_K_BETA calcule dans un premier temps le facteur d'intensité de contraintes élastique aux deux pointes du défaut, à l'aide des contraintes aux nœuds issues de la résolution mécanique Dans un second temps, à partir de ce facteur d'intensité des contraintes élastique et en faisant appel à la méthode dite de la « correction β », la commande POST_K_BETA détermine le facteur d'intensité des contraintes élasto-plastique au niveau de ces deux pointes.

Ce test valide l'estimation du facteur d'intensité des contraintes élastique et du facteur d'intensité des contraintes élasto-plastique aux deux pointes d'un défaut elliptique sous revêtement décalé dans le métal de base.

Ce test est composé d'une modélisation axisymétrique de la zone de cœur de la cuve.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie de la cuve

La géométrie étudiée est celle de la zone de cœur d'une cuve générique du palier 900 MWe dont une portion azimutale de 45° est schématisée sur la Figure 1.1-a.

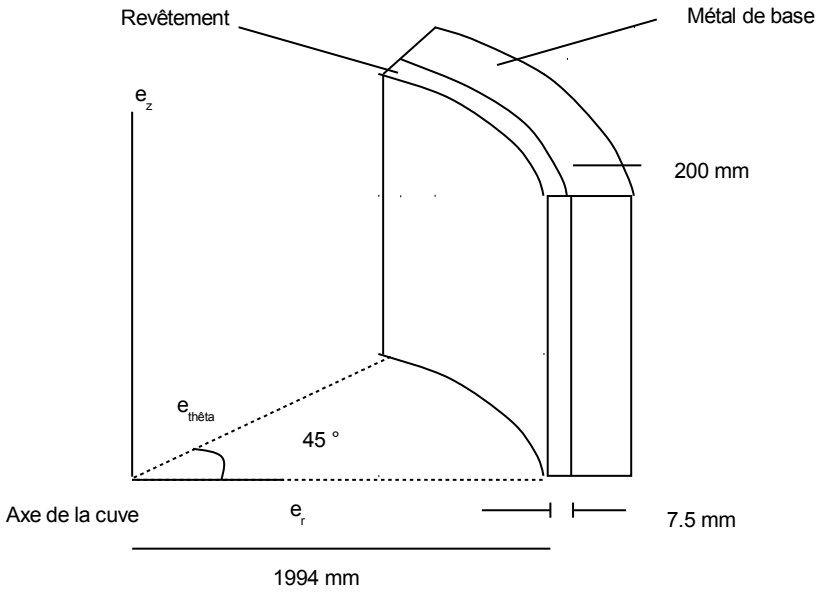


Figure 1.1-a : Vue d'une section de 45° de la zone de cœur d'une cuve générique du palier 900 Mwe

1.2 Caractéristiques du défaut considéré

Dans la méthode $K\beta$, le défaut n'est pas modélisé dans le maillage. Le maillage permet de calculer les contraintes aux nœuds. Un premier post-traitement est d'abord appliqué pour calculer le facteur d'intensité des contraintes élastique aux pointes du défaut à partir des contraintes aux nœuds (la méthode est détaillée dans [R7.02.10]). Un second post-traitement est ensuite appliqué pour calculer le facteur d'intensité des contraintes élasto-plastique à l'aide de la méthode dite de la «correction β» (cf. documentation R7.02.10]).

Pour ce test, le défaut sous revêtement considéré est de forme elliptique,d'orientation longitudinale et il est décalé dans le métal de base. Ses dimensions sont les suivantes (voir figure qui suit) :

- Profondeur : $prof_{\text{def}} = 6\text{mm}$
- Largeur : $2\text{b} = 60\text{mm}$
- Plusieurs décalages dans le métal de base sont considérés :
  - $decalage = 0.0\,mm$
  - $decalage = 2.5\,mm$
  - $decalage = 5.0\,mm$
  - $decalage = 7.5\,mm$
  - $decalage = 10.0\,mm$

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

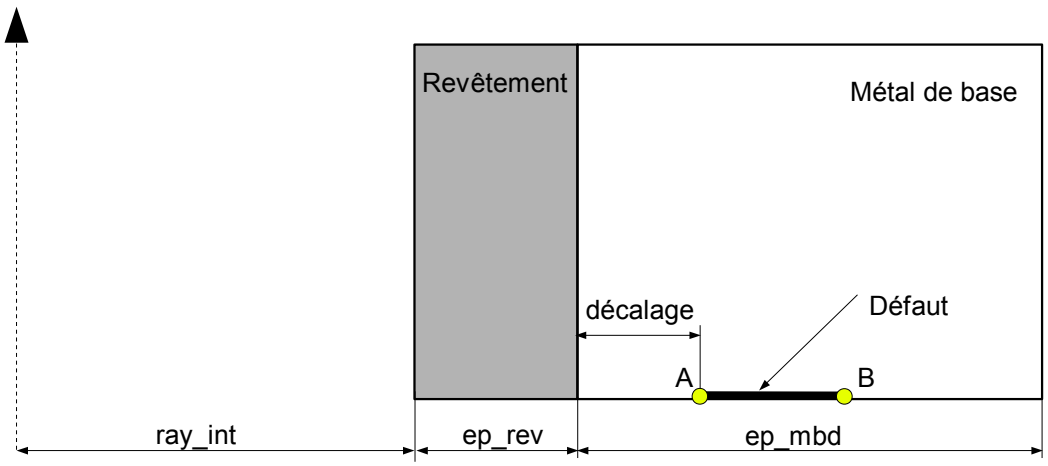


Figure 1.1-b: Position du défaut

1.3 Propriétés de matériaux

Pour le calcul en thermique :

Deux propriétés sont renseignées, il s'agit de :

- LAMBDA : conductivité thermique isotrope fonction de la température, exprimée en $W.m^{-1}.K^{-1}$,
- BETA : enthalpie volumique en fonction de la température, exprimée en $J.m^{-3}$.

Pour le revêtement :

Température ($°C$)	LAMBDA
0	14.7
20	14.7
50	15.2
100	15.8
150	16.7
200	17.2
250	18
300	18.6
350	19.3

Température ($°C$)	BETA
0	0.000000.E+00
50	1.102100.E+08
100	3.013300.E+08
150	5.014300.E+08
200	7.081300.E+08
250	9.188800.E+08
300	1.132910.E+09
350	1.348980.E+09

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

Pour le métal de base :

Température ($°C$)	LAMBDA
0	37.7
20	37.7
50	38.6
100	39.9
150	40.5
200	40.5
250	40.2
300	39.5
350	38.7

Température ($°C$)	BETA
0	0.000000.E+00
50	1.061900.E+08
100	2.903300.E+08
150	4.829100.E+08
200	6.832800.E+08
250	8.921600.E+08
300	1.109440.E+09
350	1.335060.E+09

Pour le calcul en mécanique :

Quatre paramètres sont renseignés, il s'agit de :

- E : module d'Young, exprimé en Pa ,
- $nu=0.3$ coefficient de Poisson,
- ALPHA : coefficient de dilatation thermique isotrope, exprimée en $°C$,
- TEMP_DEF_ALPHA= 20 valeur de la température à laquelle les valeurs du coefficient de dilatation thermique ALPHA ont été déterminées, exprimée en $°C$.
- VALE_REF = 287° Température de référence $T_{Réf}$, pour laquelle la déformation d'origine thermique est nulle , exprimée en $°C$.

Pour le revêtement :

Température ($°C$)	E
0	1.985E+11
20	1.97E+11
50	1.95E+11
100	1.915E+11
150	1.875E+11
200	1.84E+11
250	1.8E+11
300	1.765E+11
350	1.72E+11

Température ($°C$)	ALPHA
0	1.64E-05
20	1.64E-05
50	1.654E-05
100	1.68E-05
150	1.704E-05
200	1.72E-05
250	1.75E-05
300	1.777E-05
350	

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

Pour le métal de base :

Température ($°C$)	E
0	2.05E+11
20	2.04E+11
50	2.03E+11
100	2E+11
150	1.97E+11
200	1.93E+11
250	1.89E+11
300	1.85E+11
350	1.8E+11

Température ($°C$)	ALPHA
0	1.122E-05
20	1.122E-05
50	1.145E-05
100	1.179E-05
150	1.214E-05
200	1.247E-05
250	1.278E-05
300	1.308E-05

1.4 Conditions aux limites et chargements

1.4.1 Étape 1 : calcul thermique non-linéaire

Les conditions limites appliquées au calcul thermique sont résumées sur la Figure 1.3-a et se décomposent comme suit :

- température fluide et coefficient d'échange imposés en paroi interne,
- isolation thermique en paroi externe.

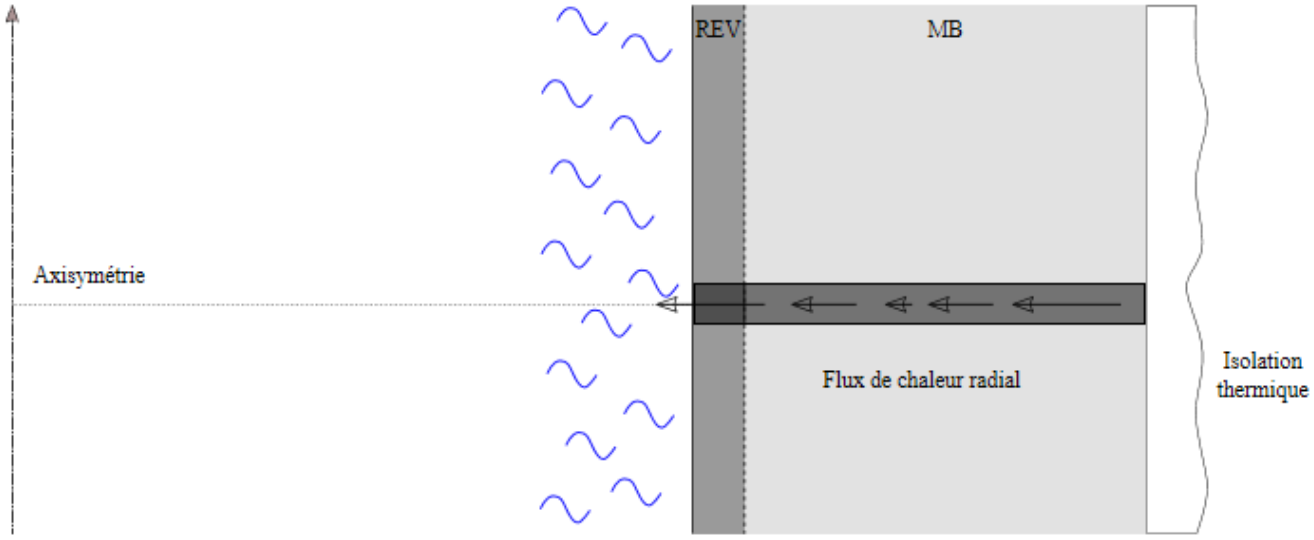


Figure 1.3-a: Problème thermique considéré

1.4.2 Étape 2: calcul mécanique en élasticité linéaire

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

Les conditions limites du problème mécanique sont résumées sur la Figure 1.3-b ci-dessous et se décomposent comme suit :

- pression fluide en paroi interne,
- symétrie selon l'axe Oz sur le segment inférieur,
- effet de fond ainsi que déplacement uniforme selon l'axe Oz sur le segment supérieur.

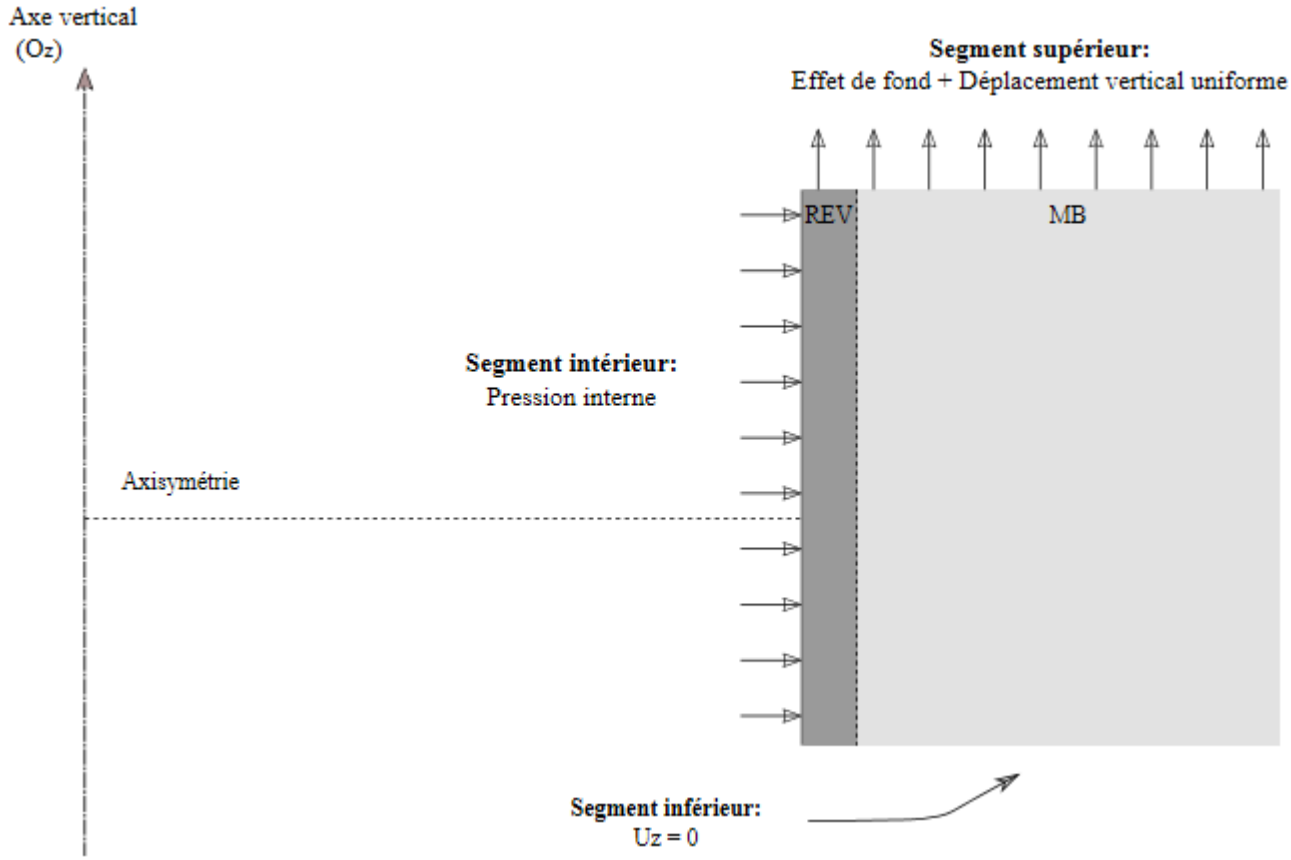


Figure 1.3-b: Problème mécanique considéré

2 Solution de référence

2.1 Grandeurs et résultats de référence

Les grandeurs vérifiées, aux pointes A (coté revêtement) et B (coté métal de base) du défaut sont les suivantes :

- Le facteur d'intensité de contraintes élastique,
- Le facteur d'intensité de contrainte corrigé plastiquement.

Les résultats de référence sont ceux issus de la base de tests du code CUVE1D.

Ces calculs réalisés avec CUVE1D sont détaillés dans la note de validation de ce logiciel :
« CUVE1D Version 2 - Note de validation » H-T26-2007-00833-FR.

2.2 Incertitude sur la solution

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

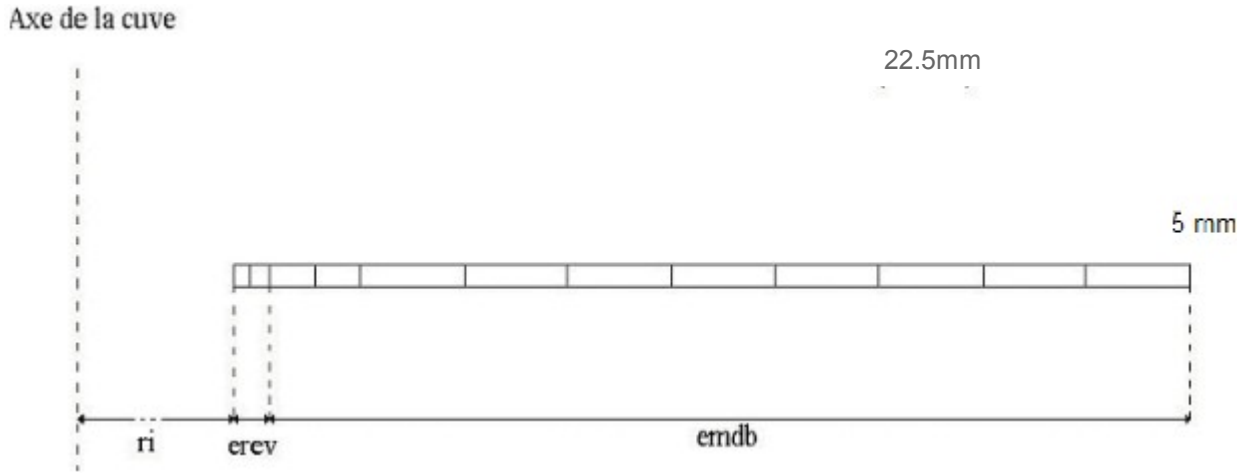
Les incertitudes sur la solution de référence sont estimés à 2% .

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 2D **, axisymétique (SEG3, QUAD8)**



3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 63
Nombre d'éléments : 26 SEG3, 12 QUAD8.

3.3 Grandeurs testées et résultats

Ci-dessous la comparaison des résultats *Aster* par rapport aux résultats de référence issus du code de calcul CUVE1D en version 2.1:

Décalage = 0.mm

Type de valeur	Instant (s)	Type de Référence	Référence (Mpa)	% Tolérance
K1_REV	0	'SOURCE_EXTERNE'	1.5349	0.1
KCP_REV	0	'SOURCE_EXTERNE'	1.8363	0.5
TEMPPF_REV	0	'SOURCE_EXTERNE'	287.0	0.1
K1_MDB	0	'SOURCE_EXTERNE'	1.522	1.0
KCP_MDB	0	'SOURCE_EXTERNE'	2.0203	1.0
TEMPFF_MDB	0	'SOURCE_EXTERNE'	287.0	0.1
K1_REV	210	'SOURCE_EXTERNE'	4.8435	1.5
KCP_REV	210	'SOURCE_EXTERNE'	6.2753	1.5
TEMPPF_REV	210	'SOURCE_EXTERNE'	105.19	1.5
K1_MDB	210	'SOURCE_EXTERNE'	4.4915	1.5
KCP_MDB	210	'SOURCE_EXTERNE'	6.7053	1.5
TEMPFF_MDB	210	'SOURCE_EXTERNE'	105.19	18.0
K1_REV	3871	'SOURCE_EXTERNE'	3.724	0.5
KCP_REV	3871	'SOURCE_EXTERNE'	1.8043	1.0
TEMPPF_REV	3871	'SOURCE_EXTERNE'	84.98	0.5
K1_MDB	3871	'SOURCE_EXTERNE'	3.506	1.0
KCP_MDB	3871	'SOURCE_EXTERNE'	2.5675	1.5
TEMPFF_MDB	3871	'SOURCE_EXTERNE'	84.98	1.6

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

Décalage = 2,5mm

Type de valeur	Instant (s)	Type de Référence	Référence (Mpa)	% Tolérance
K1_REV	0	'SOURCE_EXTERNE'	1.5192	0.1
KCP_REV	0	'SOURCE_EXTERNE'	1.7565	4.0
TEMPPF_REV	0	'SOURCE_EXTERNE'	287.0	0.1
K1_MDB	0	'SOURCE_EXTERNE'	1.5105	0.1
KCP_MDB	0	'SOURCE_EXTERNE'	1.9039	5.5
TEMPFF_MDB	0	'SOURCE_EXTERNE'	287.0	0.1
K1_REV	210	'SOURCE_EXTERNE'	4.5346	1.5
KCP_REV	210	'SOURCE_EXTERNE'	5.8735	1.5
TEMPPF_REV	210	'SOURCE_EXTERNE'	112.4	1.5
K1_MDB	210	'SOURCE_EXTERNE'	4.2037	1.5
KCP_MDB	210	'SOURCE_EXTERNE'	6.2731	1.5
TEMPFF_MDB	210	'SOURCE_EXTERNE'	129.23	1.5
K1_REV	3871	'SOURCE_EXTERNE'	3.531	0.5
KCP_REV	3871	'SOURCE_EXTERNE'	1.693	1.0
TEMPPF_REV	3871	'SOURCE_EXTERNE'	85.44	0.5
K1_MDB	3871	'SOURCE_EXTERNE'	3.531	6.0
KCP_MDB	3871	'SOURCE_EXTERNE'	2.4172	1.0
TEMPFF_MDB	3871	'SOURCE_EXTERNE'	86.54	0.5

Décalage = 5.0mm

Type de valeur	Instant (s)	Type de Référence	Référence (Mpa)	% Tolérance
K1_REV	0	'SOURCE_EXTERNE'	1.5105	0.1
KCP_REV	0	'SOURCE_EXTERNE'	1.7044	6.0
TEMPPF_REV	0	'SOURCE_EXTERNE'	287.0	0.1
K1_MDB	0	'SOURCE_EXTERNE'	1.5028	0.1
KCP_MDB	0	'SOURCE_EXTERNE'	1.8244	9.0
TEMPFF_MDB	0	'SOURCE_EXTERNE'	287.0	0.1
K1_REV	210	'SOURCE_EXTERNE'	4.2543	1.5
KCP_REV	210	'SOURCE_EXTERNE'	5.499	1.0
TEMPPF_REV	210	'SOURCE_EXTERNE'	119.5	1.5
K1_MDB	210	'SOURCE_EXTERNE'	3.9338	1.5
KCP_MDB	210	'SOURCE_EXTERNE'	5.8529	1.5
TEMPFF_MDB	210	'SOURCE_EXTERNE'	136.03	1.5
K1_REV	3871	'SOURCE_EXTERNE'	3.357	0.5
KCP_REV	3871	'SOURCE_EXTERNE'	1.5872	0.2
TEMPPF_REV	3871	'SOURCE_EXTERNE'	85.9	0.5
K1_MDB	3871	'SOURCE_EXTERNE'	3.156	0.5
KCP_MDB	3871	'SOURCE_EXTERNE'	2.2645	0.1
TEMPFF_MDB	3871	'SOURCE_EXTERNE'	86.99	0.5

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

Décalage = 7.5mm

Type de valeur	Instant (s)	Type de Référence	Référence (Mpa)	% Tolérance
K1_REV	0	'SOURCE_EXTERNE'	1.5049	0.1
KCP_REV	0	'SOURCE_EXTERNE'	1.668	8.5
TEMPPF_REV	0	'SOURCE_EXTERNE'	287.0	0.1
K1_MDB	0	'SOURCE_EXTERNE'	1.4972	0.1
KCP_MDB	0	'SOURCE_EXTERNE'	1.7679	12.5
TEMPFF_MDB	0	'SOURCE_EXTERNE'	287.0	0.1
K1_REV	210	'SOURCE_EXTERNE'	3.9887	1.5
KCP_REV	210	'SOURCE_EXTERNE'	5.1214	0.5
TEMPPF_REV	210	'SOURCE_EXTERNE'	126.48	1.5
K1_MDB	210	'SOURCE_EXTERNE'	3.6757	1.5
KCP_MDB	210	'SOURCE_EXTERNE'	5.4159	0.1
TEMPFF_MDB	210	'SOURCE_EXTERNE'	142.69	1.5
K1_REV	3871	'SOURCE_EXTERNE'	3.191	6.0
KCP_REV	3871	'SOURCE_EXTERNE'	1.469	4.0
TEMPPF_REV	3871	'SOURCE_EXTERNE'	86.35	1.0
K1_MDB	3871	'SOURCE_EXTERNE'	2.993	6.0
KCP_MDB	3871	'SOURCE_EXTERNE'	2.0853	3.5
TEMPFF_MDB	3871	'SOURCE_EXTERNE'	87.44	1.0

Décalage = 10,0mm

Type de valeur	Instant (s)	Type de Référence	Référence (Mpa)	% Tolérance
K1_REV	0	'SOURCE_EXTERNE'	1.5007	0.1
KCP_REV	0	'SOURCE_EXTERNE'	1.6411	9.5
TEMPPF_REV	0	'SOURCE_EXTERNE'	287.0	0.1
K1_MDB	0	'SOURCE_EXTERNE'	1.4928	0.1
KCP_MDB	0	'SOURCE_EXTERNE'	1.7258	14.0
TEMPFF_MDB	0	'SOURCE_EXTERNE'	287.0	0.1
K1_REV	210	'SOURCE_EXTERNE'	3.7326	1.5
KCP_REV	210	'SOURCE_EXTERNE'	4.7283	1.0
TEMPPF_REV	210	'SOURCE_EXTERNE'	133.33	1.5
K1_MDB	210	'SOURCE_EXTERNE'	3.4263	1.5
KCP_MDB	210	'SOURCE_EXTERNE'	4.9503	2.0
TEMPFF_MDB	210	'SOURCE_EXTERNE'	149.21	1.5
K1_REV	3871	'SOURCE_EXTERNE'	3.03	0.2
KCP_REV	3871	'SOURCE_EXTERNE'	1.3289	8.0
TEMPPF_REV	3871	'SOURCE_EXTERNE'	86.81	0.5
K1_MDB	3871	'SOURCE_EXTERNE'	2.834	0.5
KCP_MDB	3871	'SOURCE_EXTERNE'	1.8787	8.0
TEMPFF_MDB	3871	'SOURCE_EXTERNE'	87.89	0.5

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

Sur les figures suivantes sont représentées les évolutions du facteur d'intensité de contraintes élastique et du facteur d'intensité des contraintes corrigé plastiquement à la pointe A (REV) et à la pointe B (MDB) du défaut obtenues avec Code_Aster. Ces évolutions sont comparées à la solution de référence.

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

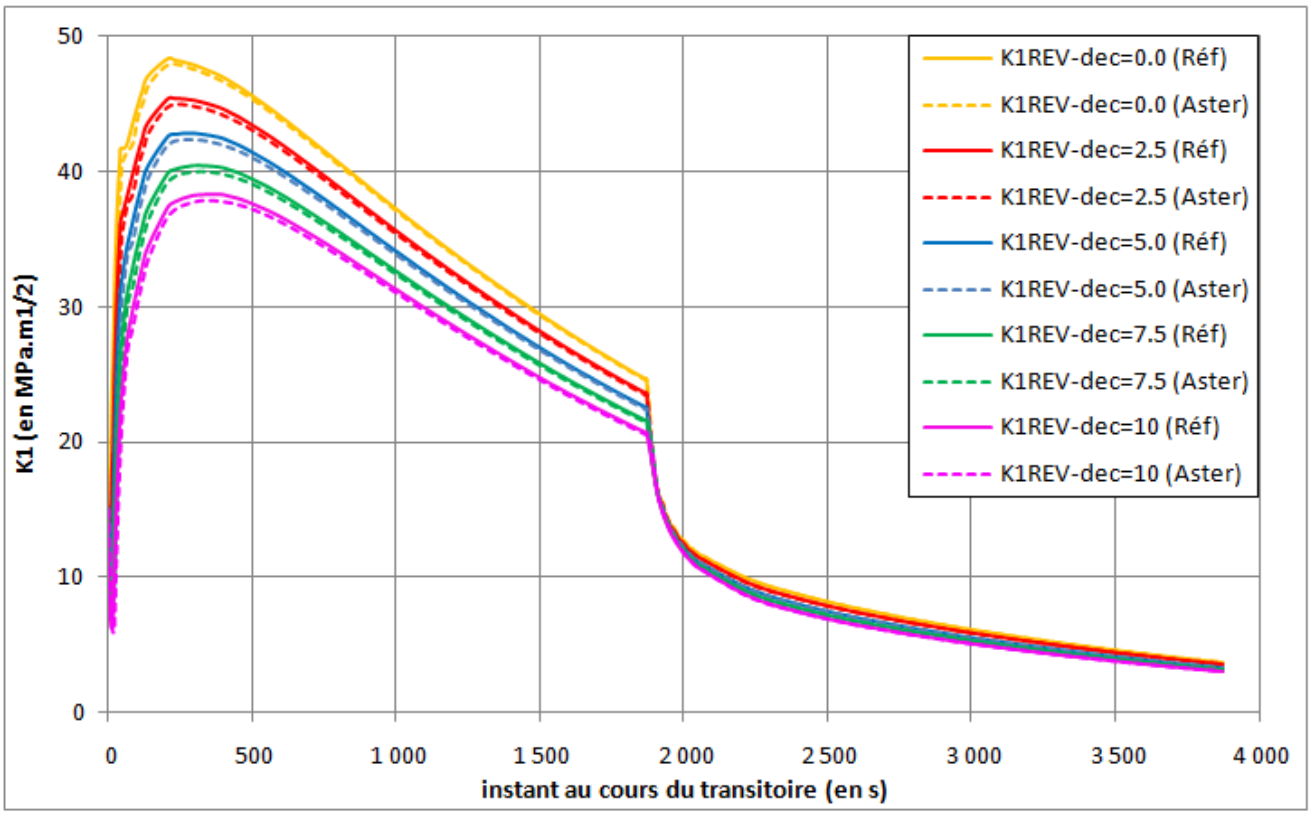


Figure 3.3-a: Facteur d'intensité des contraintes élastique pour la pointe côté revêtement

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

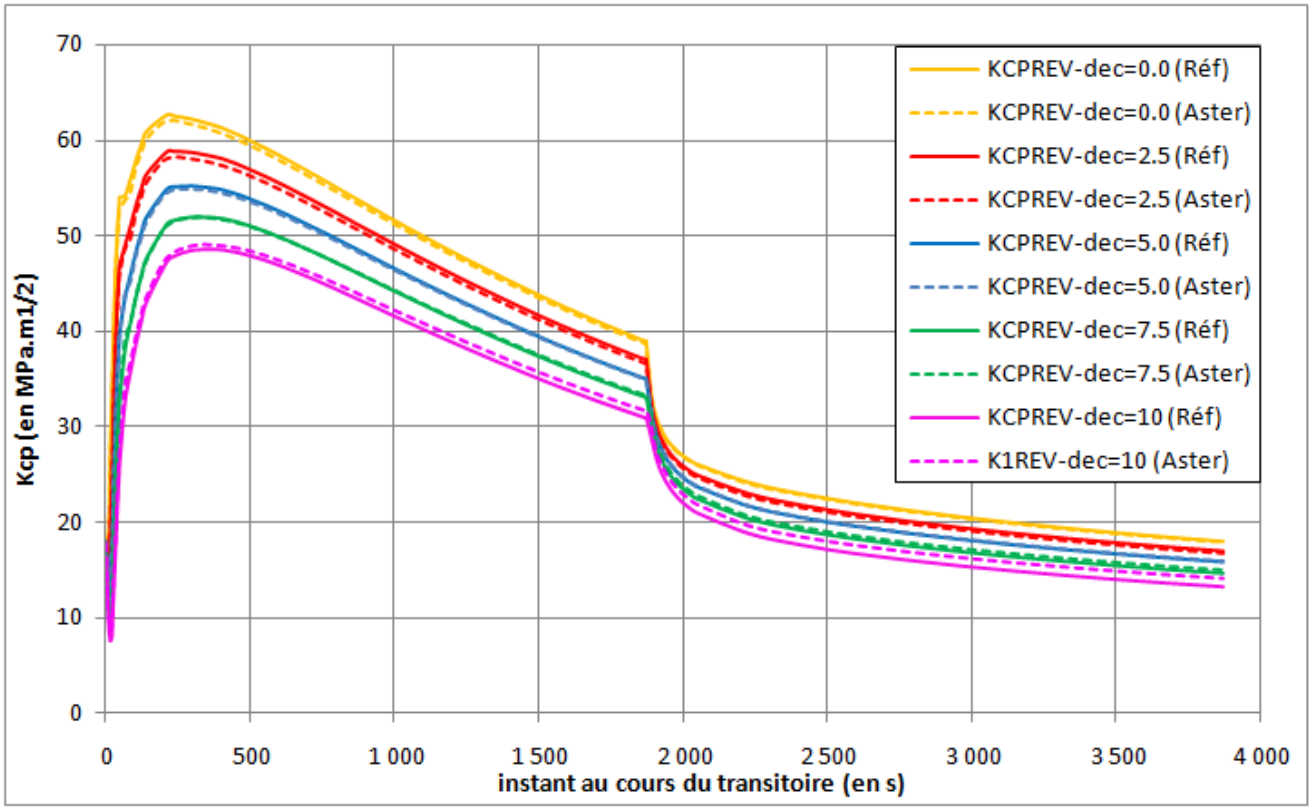


Figure 3.3-b: Facteur d'intensité des contraintes élasto-plastique pour la pointe côté revêtement

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

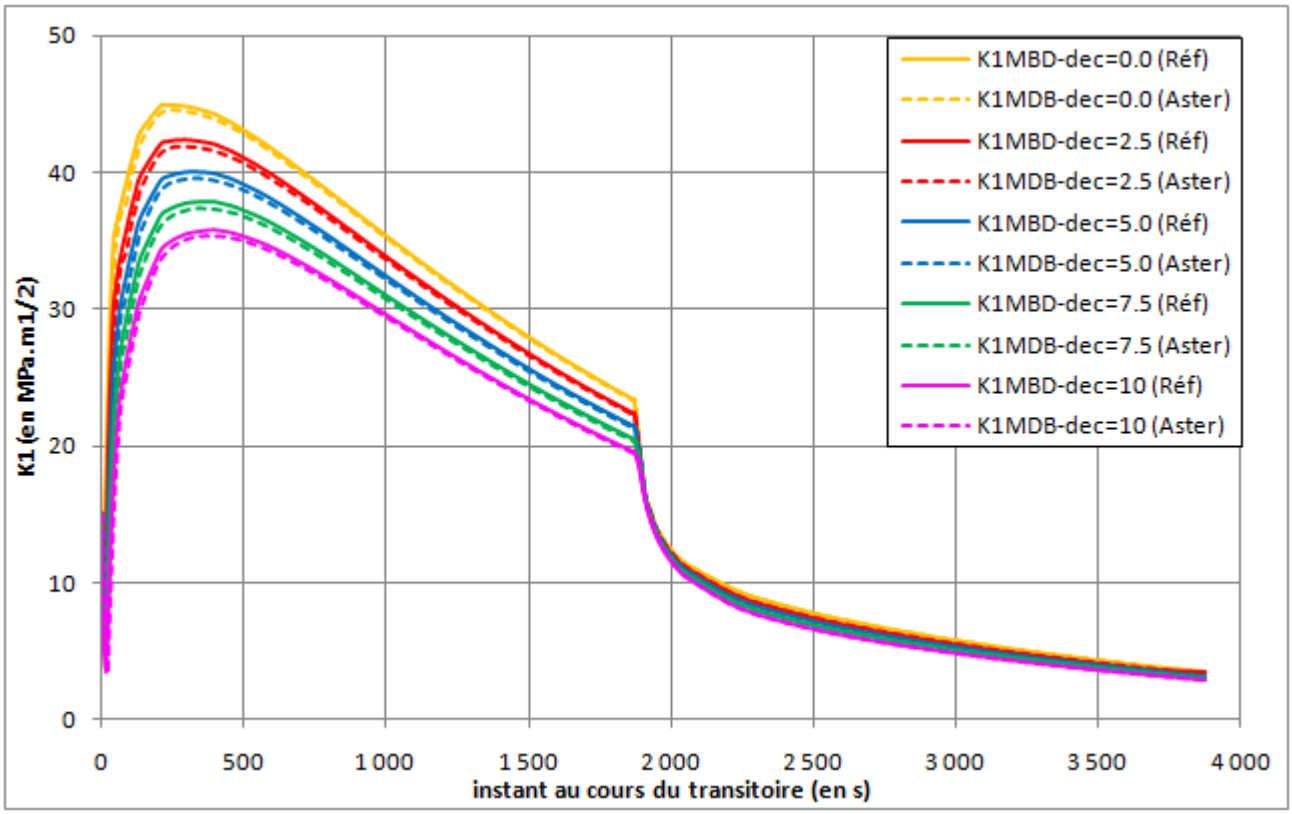


Figure 3.3-c: Facteur d'intensité des contraintes élastique pour la pointe côté métal de base

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

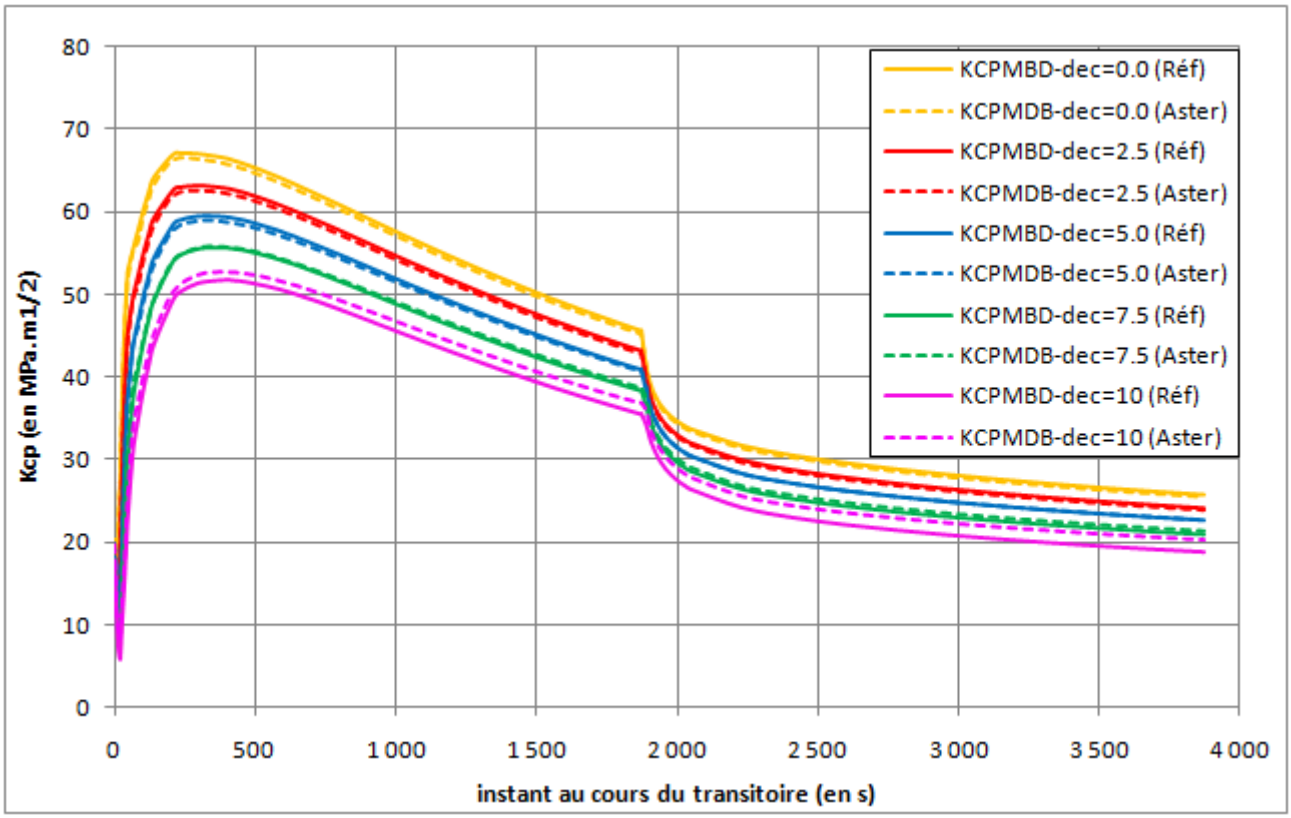


Figure 3.3-d: Facteur d'intensité des contraintes élasto-plastique pour la pointe côté métal de base

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

4 Synthèse des résultats

Ce cas test valide la commande POST_K_BETA dans le cas d'un défaut elliptique décalé dans le métal de base pour la modélisation de type axisymetrique.

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