

Programme EUROPLEXUS

Version de Production 2020.0

Rapport de vérification et validation

Principe de vérification/validation de la Version de Production	2
Dates de référence	2
Méthode d'analyse des résultats des tests de validation	2
Indication de gravité pour les non-conformités dans les résultats des tests de qualification	3
Remarque sur l'exécution et la présentation des tests	3
Tests de validation du code EUROPLEXUS	4
Récapitulatif du passage des tests	4
Détails de l'exécution de chaque test	5
Exécution parallèle MPI des tests de validation	71
Ajustement des jeux de données pour l'exécution parallèle	71
Récapitulatif du passage des tests pour 4 processus MPI	71
Traçabilité	72

Principe de vérification/validation de la Version de Production

La Version de Production du programme EUROPLEXUS (EPX dans la suite du texte) est construite sur la base de la Version de Développement du programme, élaborée selon un processus continu dans le cadre du Consortium EUROPLEXUS, impliquant les copropriétaires du code, le Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA) et le Centre Commun de Recherche de la Commission Européenne (CCR), et les Partenaires Majeurs disposant d'un accès complet au code source, à savoir Électricité de France (EDF), l'Office Nationale d'Études et Recherches Aérospatiales (ONERA) et SAFRAN. Ce document présente d'abord la validation de la version séquentielle du programme. Les résultats des tests effectués avec la version parallèle à mémoire distribuée sont reportés à la fin du document.

Tout comme la Version de Développement, la vérification principale de la Version de Production est assurée à l'aide d'une série de tests élémentaires de non-régression (**1503 tests**), fournis avec la Version et dont l'exécution sans erreur est impérative et ne fait pas l'objet du présent document.

La vérification étendue et la validation de la Version de Production sont assurées de manière systématique à partir de tests spécifiques, dits *de validation*, également disponibles sur la forge Tuleap servant de support à la Version de Développement. Le présent rapport est consacré à l'analyse de l'exécution de ces tests et peut être éventuellement accompagné de rapports de validation supplémentaires spécifiques à un ou plusieurs domaines d'application de la version, fondés sur des tests, confidentiels ou non, proposés par les industriels concernés.

Les tests mettent en œuvre les fonctionnalités du programme en calcul de structure, en dynamique des fluides et en interaction fluide-structure dans des configurations physiques représentatives de son utilisation industrielle.

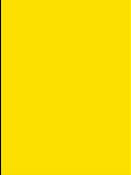
Dates de référence

Date de stabilisation de la Version de Production 2020.0	Version de Développement du 15 octobre 2019
Précédente Version de Production	Version de Production 2019.0, construite le 15 octobre 2018

Méthode d'analyse des résultats des tests de validation

Sauf mention particulière, chaque test est instrumenté à l'aide de la procédure interne d'EPX nommée QUALIFICATION. Elle permet de confronter la valeur pour une ou plusieurs variable(s) donnée(s) du modèle, nodale(s) ou élémentaire(s), obtenue(s) en cours ou à la fin de simulation, à une valeur de référence moyennant une tolérance. Ces valeurs peuvent venir d'une référence analytique, expérimentale, ou d'une exécution passée du programme. Le périmètre de validation est spécifié dans la description accompagnant chaque jeu de données.

Indication de gravité pour les non-conformités dans les résultats des tests de qualification

Indice de gravité	Code couleur	Signification
0		Toutes les valeurs testées dans la procédure QUALIFICATION sont conformes à la référence compte tenu de la tolérance fournie.
1		Des valeurs testées diffèrent de la référence avec un écart supérieur à la tolérance. L'analyse détaillée du test montre un déroulement correct du calcul et suggère une correction justifiée des valeurs de référence ou de la tolérance associée. Les nouvelles valeurs remplaceront les anciennes dans les jeux de données concernés à l'issue de la présente campagne de validation.
2		Des valeurs testées diffèrent de la référence avec un écart supérieur à la tolérance. L'analyse détaillée du test montre un déroulement erroné du calcul.
3		Le calcul ne va pas à son terme en raison d'une erreur d'exécution.

Remarque sur l'exécution et la présentation des tests

1. Certains tests relativement anciens peuvent demander des modifications acceptables de paramètres d'environnement du calcul avant de s'exécuter correctement, pour prendre en compte des chemins erronés vers les fichiers de maillage ou de sortie, des mots-clés devenus obsolètes ou des valeurs de dimensionnement insuffisantes (cf. Manuel Utilisateur). Ces modifications sont signalées le cas échéant, mais ne constituent pas des cas de dysfonctionnement significatif du programme.
2. Pour certains tests, des illustrations des résultats de la simulation sont fournies. Leur objectif est purement qualitatif.

Tests de validation du code EUROPLEXUS

Récapitulatif du passage des tests

Nom du test	Nb valeurs de qualif.	Nb valeurs OK	Nb valeurs no OK	Indice (après interprétation)
<i>vl_cea_auto_contact</i>	3	3	0	0
<i>vl_cea_coude_elsa</i>	5	5	0	0
<i>vl_cea_coude_pression</i>	6	6	0	0
<i>vl_cea_dadc_arrachement</i>	5	5	0	0
<i>vl_cea_dadc_poutre</i>	N/A	N/A	N/A	0
<i>vl_cea_debcrit</i>	25	25	0	0
<i>vl_cea_exh2_cellules</i>	2	2	0	0
<i>vl_cea_jwls_2d</i>	10	10	0	0
<i>vl_cea_mara2</i>	16	16	0	0
<i>vl_cea_phi2as_treillis</i>	3	3	0	0
<i>vl_cea_plaq_perf</i>	6	6	0	0
<i>vl_cea_reac_nah2</i>	12	12	0	0
<i>vl_cea_rur3_air</i>	2	2	0	0
<i>vl_cea_sph_plaque</i>	1	1	0	0
<i>vl_cea_tchoc_123d</i>	68	68	0	0
<i>vl_cea_te_dissym</i>	26	26	0	0
<i>vl_cea_tubm_grfs</i>	7	7	0	0
<i>vl_cea_visco</i>	2	2	0	0
<i>vl_edf_dalle_ponti_desm</i>	4	4	0	0
<i>vl_edf_eldi_feshell</i>	6	6	0	0
<i>vl_edf_impact_2bars</i>	4	4	0	0
<i>vl_jrc_cavi51</i>	2	2	0	0
<i>vl_jrc_cont01</i>	2	2	0	0
<i>vl_jrc_cont02</i>	1	1	0	0
<i>vl_jrc_honeycomb</i>	1	1	0	0
<i>vl_jrc_hopbarur</i>	6	6	0	0
<i>vl_jrc_inde10</i>	1	1	0	0
<i>vl_jrc_inde13</i>	N/A	N/A	N/A	0
<i>vl_jrc_reac05</i>	2	2	0	0
<i>vl_jrc_stea05</i>	2	2	0	0
<i>vl_jrc_towe02</i>	2	2	0	0
<i>vl_jrc_woco2d</i>	8	8	0	0
<i>vl_jrc_woco3d</i>	8	8	0	0

Détails de l'exécution de chaque test

VL_CEA_AUTO_CONTACT

Description

Titre :

Écrasement d'un cylindre sous impact avec auto-contact

Problème :

On cherche à analyser le comportement d'un cylindre en acier soumis à l'impact d'une masse tombant en chute libre. Les déformations sont telles que des plis se forment avec auto-contact des parois.

Des essais ont été réalisés au laboratoire CEA/DEN/DANS/DM2S/SEMT/DYN à cet effet.

Géométrie :

Le cylindre est droit, d'une hauteur de 200 mm et de 11.43 mm de diamètre. Son épaisseur est de 3.05 mm. Il est posé sur un massif indéformable et subit l'impact d'une masse de 300 Kg tombant en chute libre d'une hauteur de 7.35 m.

Maillage :

Il y a 42 éléments sur une circonférence et 33 éléments sur une génératrice, soit en tout 1386 éléments de type coque.

Le projectile est modélisé par un point matériel PMAT.

On propose deux modèles, l'un utilisant des éléments de coque massifs SHB8 (*vl_cea_contact_auto.epx*), l'autre des éléments coques quadrangulaires Q4GS (*vl_cea_contact_auto_shell.epx*).

Matériaux :

Le cylindre est en acier inox avec un comportement de type Von Mises isotrope VMIS ISOT. La limite élastique est de 250 MPa.

Conditions aux limites :

Les déplacements verticaux sont bloqués à la base du cylindre et pilotés par le déplacement du projectile en partie haute (directive IMPACT). Les faces internes et externes du cylindre sont susceptibles d'entrer en contact avec glissement (directive GLISSEMENT). Le traitement de l'auto-contact du cylindre modélisé avec des éléments quadrangulaires utilise la directive LINK DECO et l'option GLIS PENA SELF (auto-contact par pénalité pour éléments sans épaisseur).

Chargement :

Le système est au repos à l'instant initial et le projectile animé d'une vitesse initiale de 12 m/s juste avant l'impact.

Calcul :

Le calcul se poursuit jusqu'à 18 millisecondes.

Résultats :

A l'arrêt du calcul, on observe l'écrasement du cylindre et la vitesse de rebond du projectile.

Dans le cas avec éléments quadrangulaires, on observe un écrasement globalement identique du cylindre comparé au cas avec éléments volumiques SHB8, sauf au niveau du contact avec l'impacteur.

La surface de contact est un disque avec les éléments volumiques et un cercle avec les éléments surfaciques. Le contact bloque la rotation selon l'axe ortho-radial dans le premier cas, pas dans le second.

Commentaires :

- 1- L'exécution est 4 fois plus rapide pour le modèle avec éléments quadrangulaires.
- 2- La comparaison calcul-essai est favorable au calcul avec SHB8.

3- Le calcul avec coques quadrangulaires et auto-contact par pénalité est plus sensible aux perturbations numériques que le calcul avec coques SHB8.

Référence :

Les essais et les calculs sont décrits dans des rapports CEA, disponibles sur demande auprès du laboratoire CEA/DEN/DANS/DM2S/SEMT/DYN.

Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

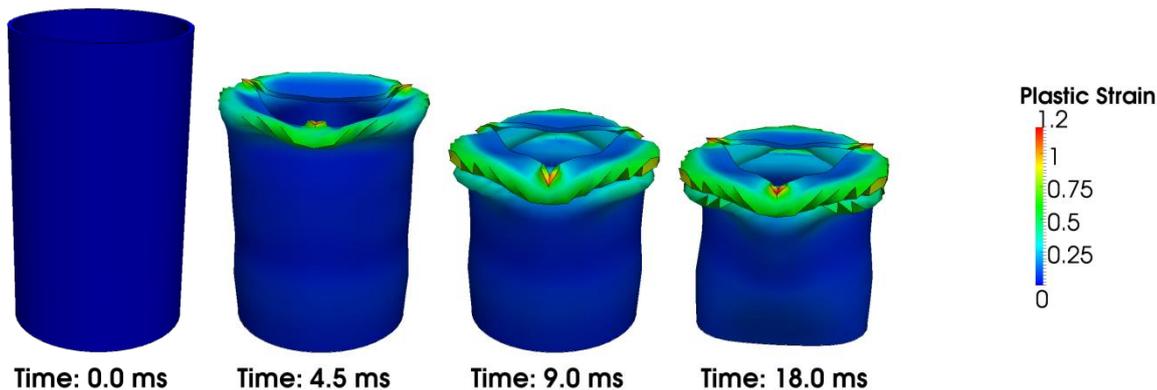
Qualifications :

OK : 2/2 pour le cas *vl_cea_auto_contact.epx*

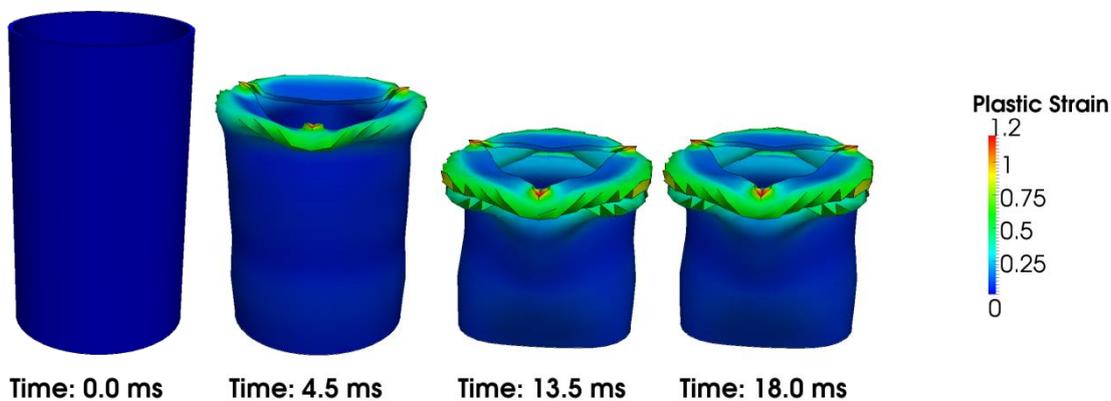
OK : 1/1 pour le cas *vl_cea_auto_contact_shell.epx*

Illustrations

Cas *vl_cea_auto_contact.epx* :



Cas *vl_cea_auto_contact_shell.epx* :



VL_CEA_COUDE_ELSA

Description

Titre :

Ouverture d'un coude sous l'action d'une force

Problème :

On cherche à vérifier le bon comportement des coudes modélisés en 1D au moyen d'éléments filaires TUYA. On considère ici un coude à 90° rempli de liquide et encastré à une extrémité. Sur l'autre, une force transverse est appliquée.

Maillage :

Le maillage est 1D filaire et ALE. La géométrie est imposée par le dispositif expérimental ELSA. Il y a 51 éléments de type TUYA et 2 éléments CLTU aux extrémités.

Matériaux :

Le matériau constituant la paroi est de type Von Mises isotrope VMIS ISOT, mais la structure reste élastique. Le fluide interne est un liquide peu compressible (matériau FLUI). Une pression est appliquée à l'encastrement (IMPE PIMP) et une condition de fond fermé est appliquée à l'autre extrémité (IMPE FOND).

Conditions aux limites :

A l'instant initial, l'ensemble est au repos et à la pression atmosphérique.

Chargement :

Une pression de 1 bar est maintenue sur le fluide à côté de l'encastrement et une force de 10 kN est appliquée à l'autre extrémité dans le plan du coude.

Calcul :

Un amortissement de relaxation est ajouté afin d'atteindre rapidement la solution statique. Le calcul se poursuit sur un temps de l'ordre de 3 périodes du mode le plus bas, soit 150 ms.

Résultats :

A l'arrêt du calcul, les résultats sont comparés avec la solution de référence donnée par CAST3M.

Référence :

EUROPLEXUS – Fiche de qualification "CIR_COUDE", M. Lepareux, rapport CEA DMT/SEMT/DYN/RT/2001-008/A.

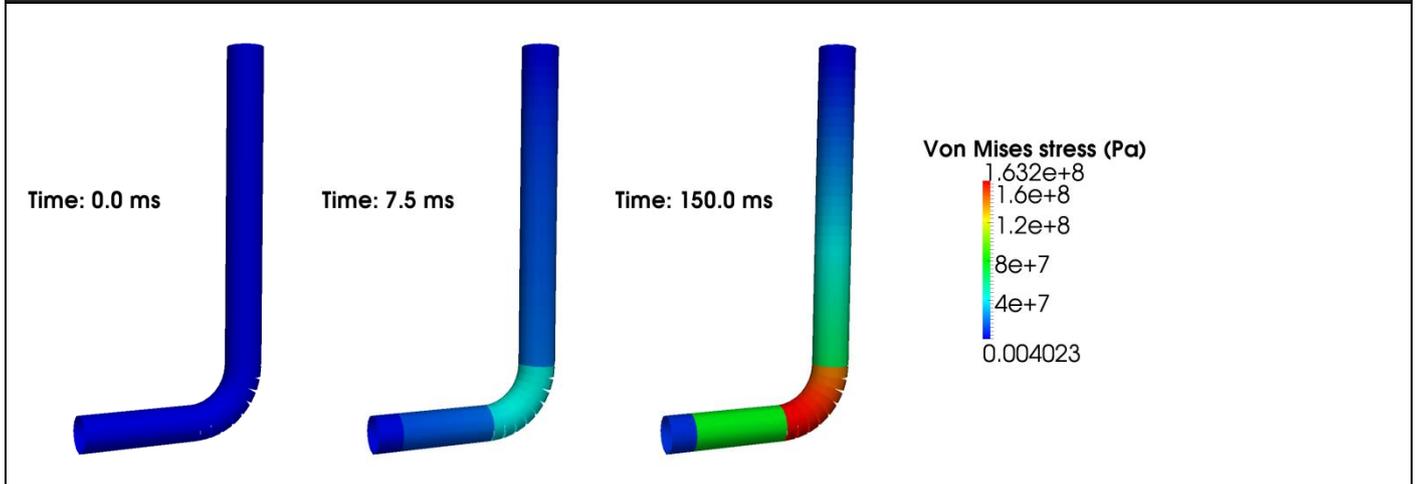
Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

Qualifications :

OK : 5/5

Illustrations



VL_CEA_COUDE_PRESSION

Description

Titre :

Ouverture d'un coude sous pression interne

Problème :

On cherche à vérifier le bon comportement du couplage fluide-structure dans le cas des tuyauteries. On considère ici un coude à 90° rempli de liquide encastré à une extrémité, libre et avec un fond fermé à l'autre.

Maillage :

Le maillage est 1D filaire et ALE. Le coude a un rayon de 4 m et la tuyauterie a une section circulaire de 80 cm de diamètre externe pour une épaisseur de 4 cm Il y a 32 éléments de type TUYA et 2 éléments CLTU aux extrémités.

Matériaux :

Le matériau constituant la paroi est de type élastique linéaire LINE. Le fluide interne est un liquide peu compressible (matériau FLUI). Une pression est appliquée à l'encastrement (IMPE PIMP) et une condition de fond fermé est appliquée à l'autre extrémité (IMPE FOND).

Conditions aux limites :

A l'instant initial, l'ensemble est au repos et à la pression atmosphérique.

Chargement :

Une pression de 80 bars est appliquée à l'instant initial sur le fluide du côté de l'encastrement.

Calcul :

Un amortissement de relaxation est ajouté afin d'atteindre rapidement la solution statique. Le calcul se poursuit sur un temps de l'ordre de 3 périodes du mode le plus bas, soit 200 ms.

Résultats :

A l'arrêt du calcul, les résultats sont comparés avec la solution analytique et la solution par CAST3M.

Référence :

EUROPLEXUS – Fiche de qualification "CIR_COUDE", M. Lepareux, rapport CEA DMT/SEMT/DYN/RT/2001-008/A.

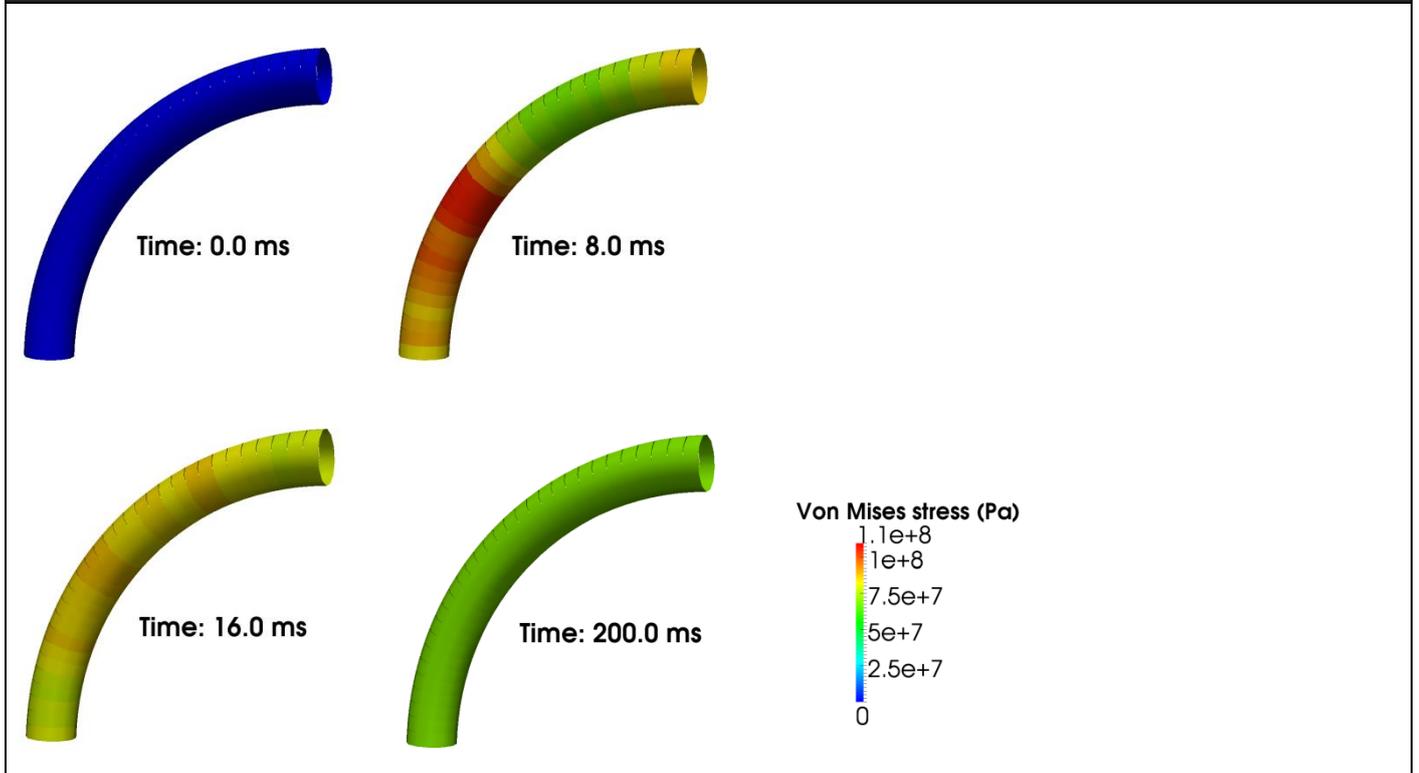
Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

Qualifications :

OK : 6/6

Illustrations



VL_CEA_DADC_ARRACHEMENT

Description

Titre :

Test de modélisation d'un essai d'arrachement

Problème :

L'objet de ce test est de représenter simplement le comportement d'une liaison entre l'acier et le béton au cours d'un arrachement.

Maillage :

Le béton est représenté par une éprouvette cubique de 25cm de côté et est maillé en 3D. Deux volumes de matière sont retirés au centre afin d'avoir la longueur d'ancrage voulue. L'acier longitudinal a un diamètre de 12mm ; il est modélisé par des éléments 1D.

Matériaux : Le béton est représenté à l'aide du modèle DADC.

Chargement et conditions aux limites :

Un déplacement U suivant la direction Z est imposé sur le nœud de l'extrémité de l'acier, avec une vitesse de chargement de 0,25m/s. Les nœuds de la face gauche de l'éprouvette sont bloqués suivant la direction z afin de s'opposer à l'effort produit par le déplacement de l'acier.

Calcul :

Le calcul est conduit jusqu'à 0,022s.

Résultats :

A l'arrêt du calcul, les résultats sont comparés avec des valeurs de non-régression.

Référence :

Ce cas est décrit et commenté dans la thèse d'Armand Leroux, Modèle multiaxial d'endommagement anisotrope: Gestion numérique de la rupture et application à la ruine des structures en béton armé sous impacts, pp152-158.

Exécution

Le cas test est composé de deux jeux de données, vl_cea_dadc_arrachement.epx et vl_cea_dadc_arrachement_post.epx , pour séparer le calcul du post-traitement.

Modifications du jeu de données :

vl_cea_dadc_arrachement.epx : le calcul étant très long (plus de 40 heures en séquentiel), le jeu de données a été modifié en multipliant par un facteur 10 la vitesse de chargement du nœud de l'extrémité de la barre en acier. On obtient alors, en fin de calcul, le même déplacement qu'auparavant mais pour un temps final de 22 ms, ce qui réduit le temps de calcul d'un facteur 10.

vl_cea_dadc_arrachement.epx : les valeurs de référence des qualifications 1, 2, 3 et 5 ont été modifiées pour prendre en compte les modifications apportées au jeu de données, à savoir :

La valeur de référence de la qualification 1 est passée de 0.22 à 0.022 s (temps final)

La valeur de référence de la qualification 2 est passée de 511.1 à 568.0 J (travail des forces internes)

La valeur de référence de la qualification 3 est passée de 511.1 à 568.0 J (travail des forces externes)

La valeur de référence de la qualification 5 est passée de $9.710 \cdot 10^4$ à $10.744 \cdot 10^4$ N (force extérieure)

Remarques :

Après l'examen des évolutions de la force, on observe une augmentation de la valeur finale de près de 10% qui est due à la prise en compte de l'influence de la vitesse de déformation qui tend à rigidifier la structure (la vitesse de chargement étant 10

fois plus importante). Les allures des différentes courbes sont globalement très proches et présentent peu voire pas d'oscillations parasites, contrairement à ce qui était observé dans les calculs précédents.

Qualifications :

OK : 5/5

Illustrations

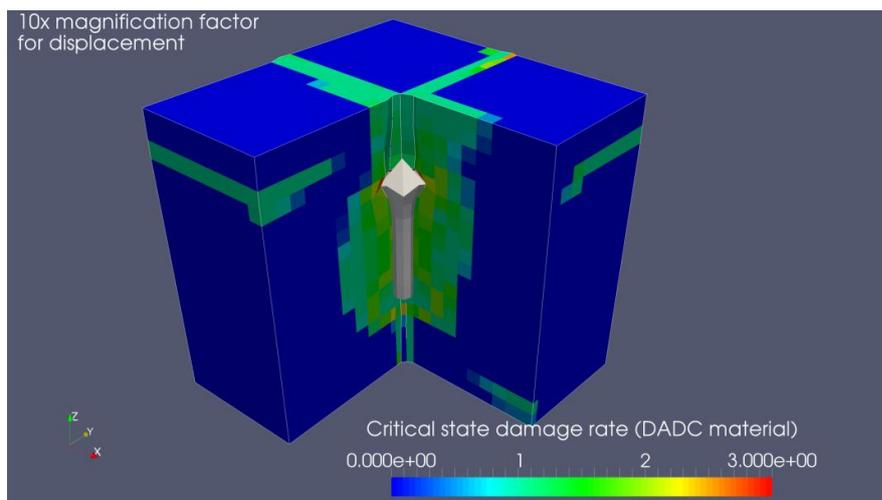


Figure 1 : t=11.4ms

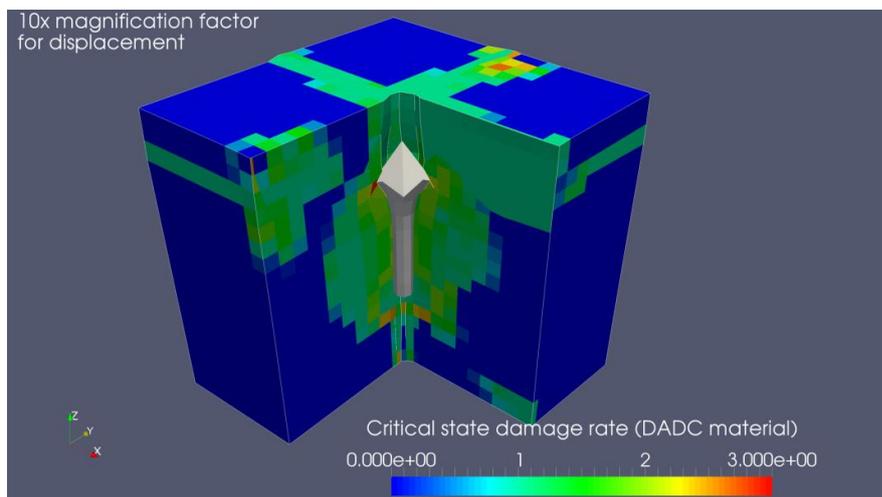


Figure 2 : t=17ms

Visualisation du champ d'endommagement dans le béton à deux instants de la simulation (somme des endommagements dans les trois directions principales). Interprétation du test à trouver dans la thèse précédemment citée.

VL_CEA_DADC_POUTRE**Description***Titre :*

Impact sur la poutre P2-130

Problème :

Ce test modélise l'endommagement anisotrope d'une poutre en béton armé.

Maillage :

Le maillage de la poutre est composé de 26496 éléments hexaédriques. Les différentes armatures sont modélisées par des éléments 1D. Le projectile est modélisé par un solide indéformable de 311kg.

Matériaux :

Le béton est représenté avec le matériau DPDC. L'impacteur est élastique linéaire et le tampon en nid d'abeille est représenté avec le matériau orthotrope de type BOIS.

Conditions aux limites :

Le projectile a une vitesse initiale de 5,425m/s, suivant la direction Y. Il impacte un cube de nid d'abeille.

Les nœuds de la poutre se trouvant sur les faces supérieure, face où repose le nid d'abeille, et inférieure, sont bloqués au niveau des appuis.

Calcul :

Le calcul modélise un transitoire de 35ms.

Résultats :

Les valeurs de qualification sont manquantes dans cette version du test pour l'analyse automatique du test. La validation est alors obtenue par comparaison avec les résultats obtenus dans la référence ci-dessous.

Référence :

Ce cas est décrit et commenté dans la thèse Armand Leroux, Modèle multiaxial d'endommagement anisotrope: Gestion numérique de la rupture et application à la ruine des structures en béton armé sous impacts, pp 140-152.

Exécution

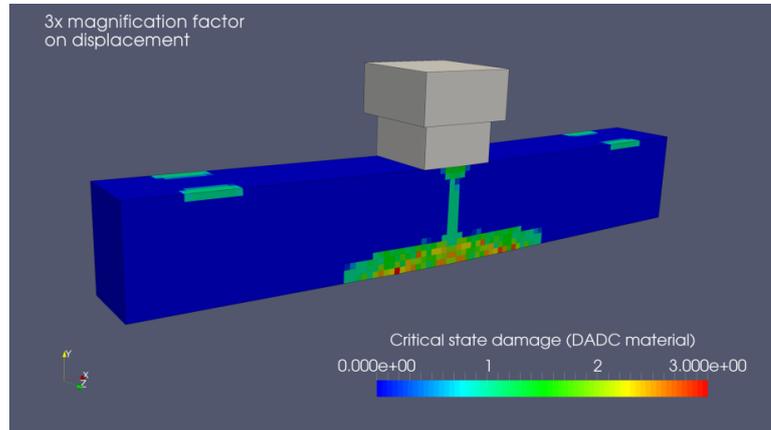
Le cas test est composé de deux jeux de données, vl_cea_dadc_poutre.epx et vl_cea_dadc_poutre_post.epx , pour séparer le calcul du post-traitement.

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

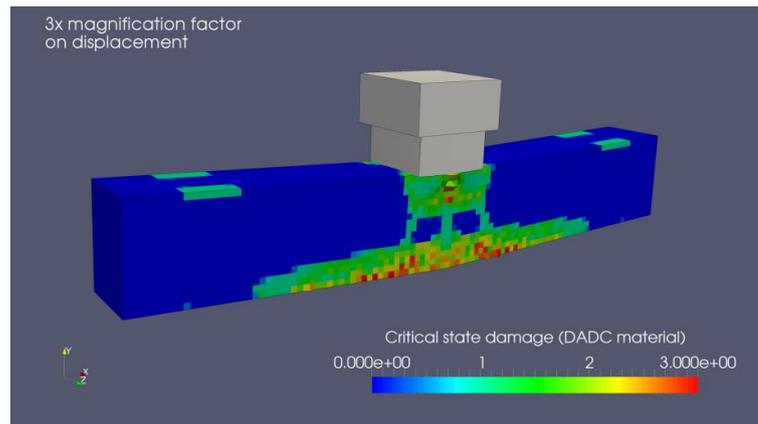
Qualifications :

Qualification manquante. Solution correcte par comparaison avec les résultats de la thèse de référence.

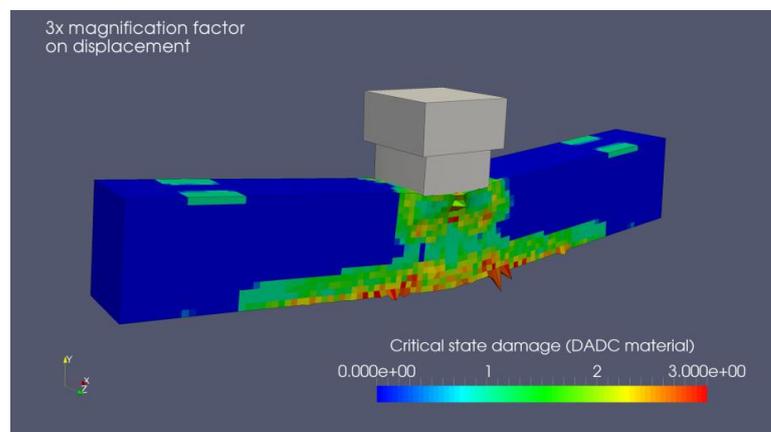
Illustrations



t=2ms



t=4ms



t=8ms

VL_CEA_DEBCRIT

Description

Titre :

Tests de débit critique

Problème :

On cherche à vérifier le bon comportement des différents modèles de débit critique en gaz, liquide et eau diphasique.

Maillage :

Le maillage est 1D filaire et eulérien pour les 3 jeux de données (*vl_cea_debcrit.epx* pour le modèle avec eau diphasique, *vl_cea_debcrit_flu* pour le modèle avec liquide et *vl_cea_debcrit_gaz.epx* pour le modèle avec gaz).

Un réservoir de taille variable se vide à travers un tube de 1.5 m de longueur. Il y a 60 éléments de type TUBE et un élément CL1D en sortie pour appliquer le modèle de débit critique choisi.

Matériaux :

Le fluide est suivant le cas : un gaz parfait, un liquide peu compressible ou de l'eau en équilibre avec sa vapeur.

Conditions aux limites :

A l'instant initial, on ouvre une brèche de taille variable à la sortie.

Chargement :

Le système est au repos à l'instant initial et en équilibre.

Calcul :

Le calcul se poursuit jusqu'à atteindre un régime permanent.

Résultats :

A l'arrêt du calcul, les résultats sont comparés avec des résultats théoriques.

Référence :

Programme PLEXUS – Les modèles de débit critique, M. Lepareux, rapport CEA DRN/DMT 97.029.

Plexus – Fiche de qualification des modèles de débit critique "CIR-DCRI", G. Marchaud, M. Lepareux, rapport CEA/DRN/DMT/SEMT/DYN/RT/99.013/A.

Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données :

Le jeu de données initial *vl_cea_debcrit.epx* présentait 8 tests enchainés par l'option SUITE. Pour rendre ce calcul disponible à la version parallèle, il a été divisé en 8 cas tests séparés et appelés : *vl_cea_debcrit_0n.epx* avec $n = 1 \dots 8$.

Pour les mêmes raisons, le jeu de données *vl_cea_debcrit_gaz.epx* a été divisé en 4 cas tests séparés et appelés : *vl_cea_debcrit_gaz_0n.epx* avec $n = 1 \dots 4$.

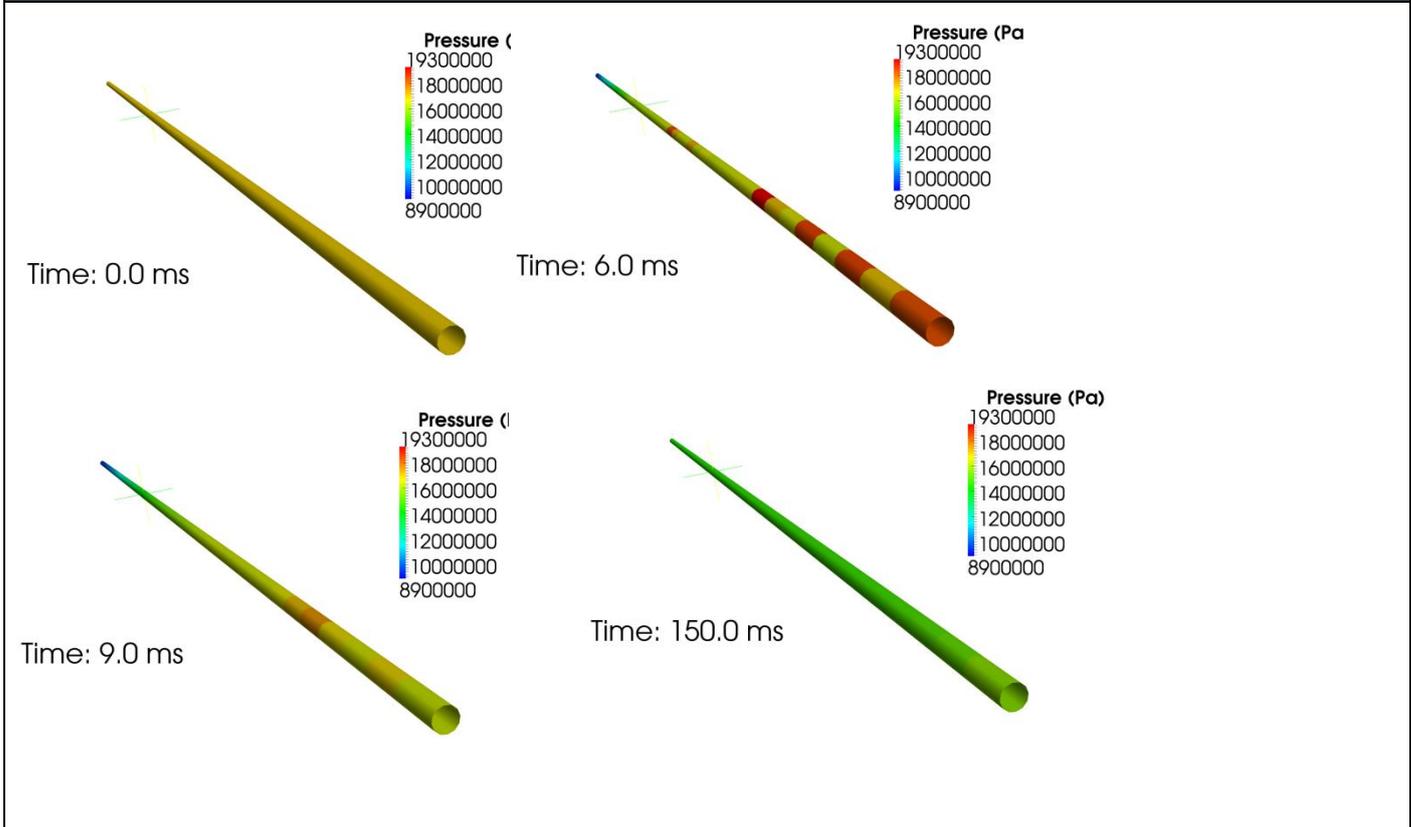
Qualifications :

OK : 19/19 pour les cas *vl_cea_debcrit_0n.epx*

OK : 1/1 pour le cas *vl_cea_debcrit_flu.epx*

OK : 5/5 pour les cas *vl_cea_debcrit_gaz_0n.epx*

Illustrations



VL_CEA_EXH2_CELLULES

Description

Titre :

Détonation H2 dans un tube avec 3 diaphragmes

Problème :

On cherche à suivre la progression d'une onde de choc dans un tube suite à la détonation d'un mélange d'air et d'hydrogène en présence de vapeur d'eau. Le tube supposé rigide est divisé en 4 compartiments carrés communiquant par des diaphragmes de section croissante.

Géométrie :

Le tube a 20 m de long et 5 m de côté. Les diaphragmes ont des ouvertures successives de 1.25 m, 2.50 m et 3.75 m et une épaisseur de 10 cm.

Maillage :

Le maillage est 2D plan. Il y a 16480 éléments CVL1 pour modéliser le mélange gazeux.

Matériaux :

Le matériau est de type EXVL sous 1 bar et 362.6 Kelvin avec une concentration de 26.7 % en H2 et 2.9 % en vapeur d'eau. L'ignition est faite dans un angle du premier compartiment où la température est portée à 3000 K.

Conditions aux limites :

Les bords du tube sont fixes.

Chargement :

Le mélange est au repos à l'instant initial.

Calcul :

Le calcul se poursuit jusqu'à 40 millisecondes.

Résultats :

A l'arrêt du calcul, on observe la pression au fond du tube et dans l'angle où a lieu l'ignition.

Références :

Ce calcul est un simple test de faisabilité.

Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

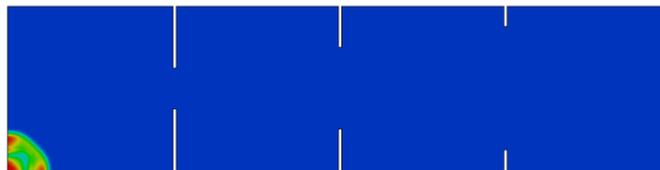
Remarque :

Des oscillations et des déséquilibres sont observés localement et de manière transitoire dans le champ de pression, ce qui correspond à un phénomène connu et accepté dans le programme, dit de *damier*, lié à la formulation des éléments.

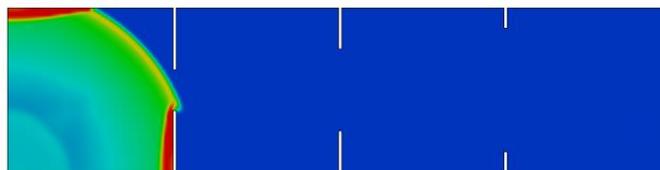
Qualifications :

OK : 2/2

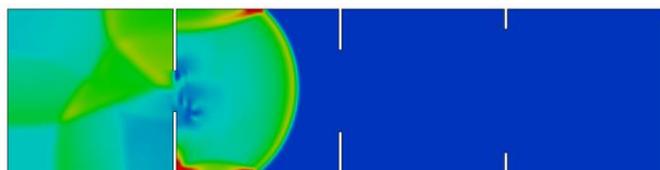
Illustrations



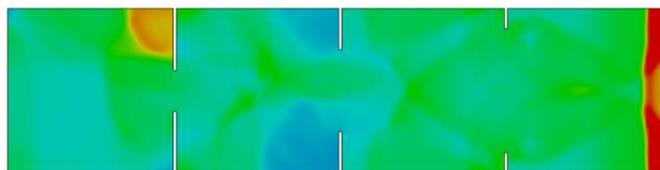
Time: 0.4 ms



Time: 3.2 ms

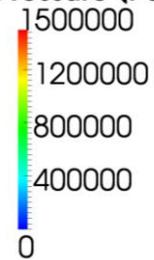


Time: 5.6 ms



Time: 13.2 ms

Pressure (Pa)



VL_CEA_JWLS_2D

Description*Titre :*

Caisson rigide avec une charge de TNT au centre (modele JWLS)

Problème :

On cherche à suivre l'explosion d'une charge de TNT dans un caisson rigide, en tenant compte de la propagation de la réaction dans la charge. On s'intéresse également aux réflexions de l'onde de choc sur les parois.

Géométrie :

Le caisson fait 156 cm de haut et 193 cm de diamètre. L'explosif est au centre et a la forme d'un cylindre de 284 mm de haut et 71 mm de diamètre. Le caisson est rempli d'air aux conditions normales. A l'instant initial, la détonation est initiée au milieu de la partie supérieure du TNT.

Maillage :

Le maillage est 2D axisymétrique. Il y a 9100 éléments CAR1 dont 400 pour le TNT. Le maillage reste fixe (calcul eulérien).

Matériaux :

L'explosif est du TNT dont les paramètres JWL sont $A=3.738$, $B=0.03747$, $R1=4.15$, $R2=0.90$, $\omega=0.35$ et $E0=0.0600$. Les pressions sont en 10^6 bars (cas de A, B, E0), les autres paramètres sont adimensionnels. La densité du TNT est 1.630 g/cm^3 . Pour la vitesse de détonation, on prend celle de Chapman-Jouguet (6930 m/s).

Attention : E0 est une énergie par unité de volume et a bien les dimensions d'une pression.

Pour l'air : la masse volumique est de 1.3 kg/m^3 .

Conditions aux limites :

Les parois sont fixes. On utilise la liaison FSR.

Chargement :

Le système est au repos à l'instant initial, quand le TNT est mis à feu dans sa partie supérieure.

Calcul :

Le calcul se poursuit jusqu'à 1.8 millisecondes, quand le TNT a disparu et que l'onde de choc s'est réfléchi à la paroi. Il faut noter que le pas de temps a été limité avec $DTMAX = 2.E-7$ et $KFLUX = 0.05$, en raison de la violence des phénomènes.

Résultats :

A l'arrêt du calcul, seule une analyse qualitative des résultats est proposée pour des raisons de confidentialité (voir ci-dessous) et les valeurs de référence sont des valeurs de non-régression.

Références :

La référence est confidentielle. Les données de l'explosif utilisé ont été remplacées par celles du TNT tirées de "JWL equation of state coefficients for high explosives" de E. Lee, M. Finger, W. Collins du Lawrence Livermore Laboratory (janv 1973).

Modification :

- 29 septembre 2009 :

Les résultats sont différents pour la pression suite à la modification du calcul de l'amortissement quadratique et plus particulièrement du terme d'amortissement dans la direction circonférentielle en axisymétrique qui n'avait pas lieu d'être calculé (pas de choc dans cette direction).

Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

Remarque :

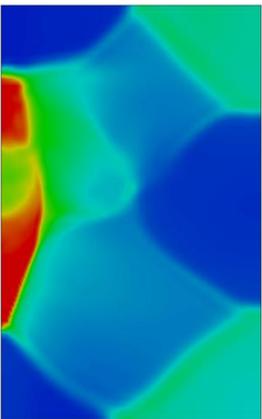
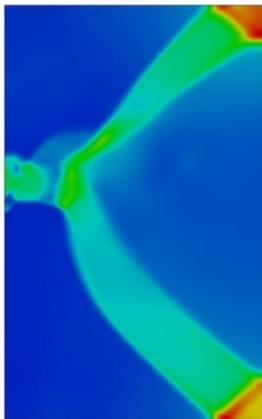
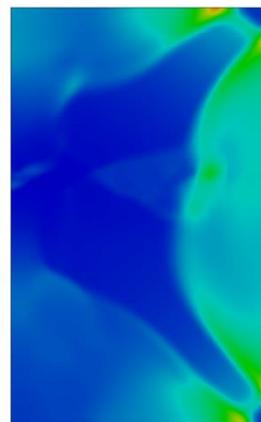
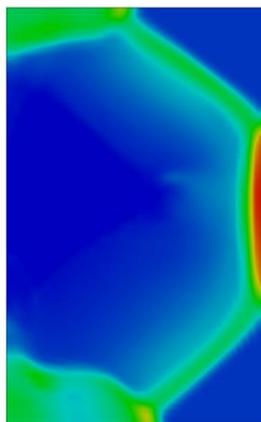
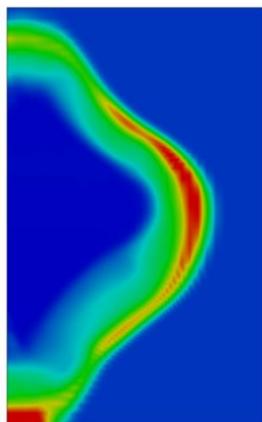
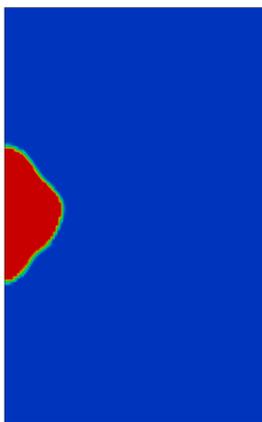
L'exécution des fichiers de post-traitement *vl_cea_jwls_2d_rend_p.epx* et *vl_cea_jwls_2d_rend_v.epx* est ignorée, car ils sont destinés à une version d'EPX utilisant la visualisation OpenGL interne, ce qui n'est pas le cas de la version concernée par ce document. Ils n'apportent aucune information de qualification supplémentaire.

Qualifications :

OK : 10/10

Illustrations

Pression dans le fluide au cours du temps



VL_CEA_MARA2

Description

Titre :

Essai MARA-2 : Simulation d'un Accident de Confinement (ADC)

Problème :

La maquette MARA est la reproduction d'un réacteur rapide à l'échelle 1/30. La cuve est partiellement remplie d'eau, surmontée par un ciel de gaz. A l'instant initial, une explosion se produit au centre de la cuve. On cherche à déterminer les déformations de la cuve et l'impulsion sur le couvercle due à l'impact du liquide.

Géométrie :

La maquette a la forme d'un caisson cylindrique de 70 cm de diamètre et de 55 cm de hauteur. Le couvercle est supposé parfaitement rigide. La virole est une coque mince. L'explosif est au centre.

Maillage :

Le maillage est 2D axisymétrique. Il y a 4455 éléments CAR1, 52 éléments TRIA pour l'eau et l'air, et 100 éléments COQU pour la cuve. Le calcul est fait en ALE, et commence avec une bulle de faible rayon à haute pression.

Matériaux :

L'explosif a été calibré pour reproduire au mieux l'accident envisagé. Les 3 zones (l'eau, l'air, la bulle) sont modélisées avec le matériau ADCR, où seules diffèrent les concentrations initiales des constituants et la pression totale. Le matériau pour la cuve est de type VMIS DYNA (Von Mises avec écrouissage dynamique), pour tenir compte des effets de la vitesse de déformation.

Conditions aux limites :

On utilise la liaison FSA pour assurer l'interaction fluide-structure.

Chargement :

Le système est au repos à l'instant initial, mais hors d'équilibre.

Calcul :

Le calcul se poursuit jusqu'à 25 ms, quand l'onde de choc s'est réfléchi sur les parois.

Résultats :

A l'arrêt du calcul, les résultats sont comparés avec les mesures relevées dans l'essai.

Référence :

EUROPLEXUS - Fiche de qualification : Essai MARA-2, P. Galon, rapport CEA DEN/SEMT/DYN/RT/02-008/A.

Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

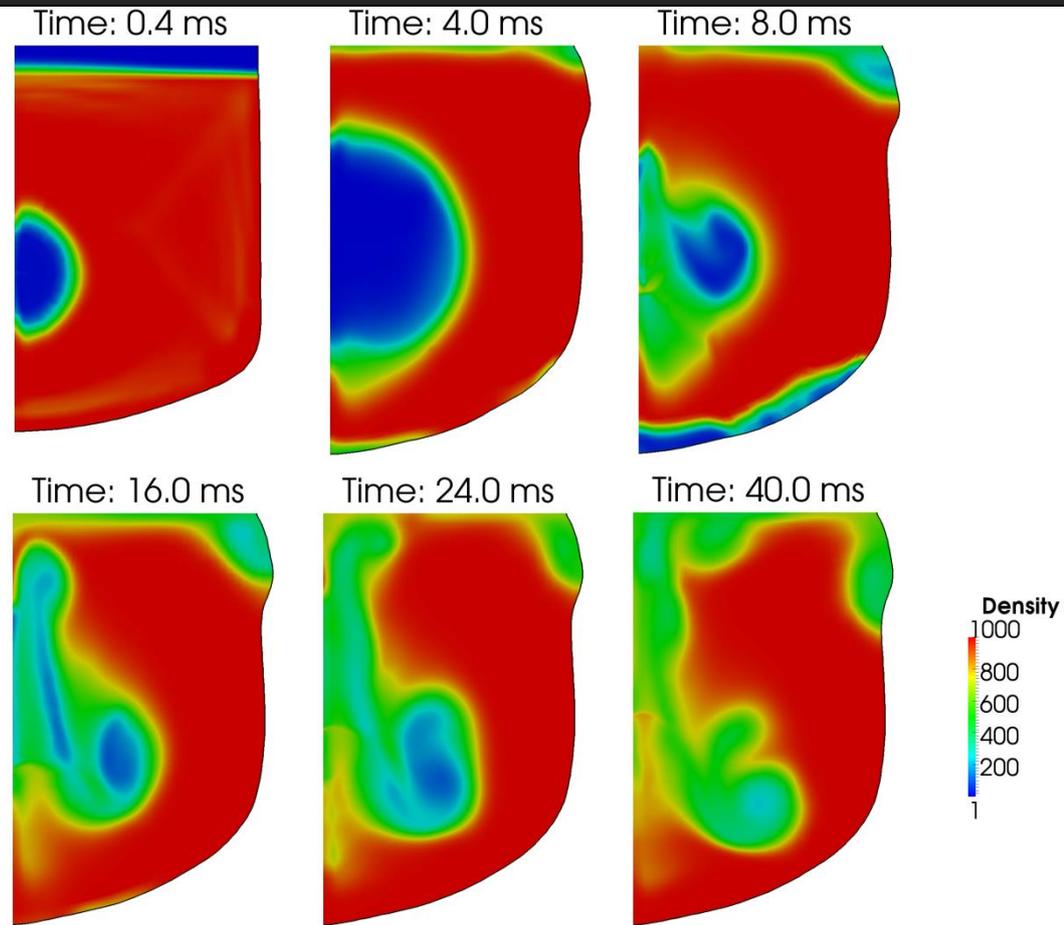
Le cas test est divisé en deux jeux de données vl_cea_mara2_calcul.epx et vl_cea_mara2_post.epx pour séparer le calcul du post-traitement.

Remarques :

L'exécution des fichiers de post-traitement vl_cea_mara2_rend_p.epx et vl_cea_mara2_rend_v.epx est ignorée, car ils sont destinés à une version d'EPX utilisant la visualisation OpenGL interne, ce qui n'est pas le cas de la version concernée par ce document. Ils n'apportent aucune information de qualification supplémentaire.

Qualifications :

OK : 16/16

Illustrations

VL_CEA_PHI2AS_TREILLIS

Description

Titre :

Test 1 PHI2AS : Treillis impacté par une masse

Problème :

Un treillis composé de poutres à section carrée est impacté par une masse ponctuelle. On cherche l'instant et la valeur de la flèche maximale ainsi que l'instant et la vitesse du rebond du projectile.

Géométrie :

Le treillis a la forme d'un "H" où la barre horizontale est prolongée d'une longueur égale à gauche et à droite. Tous les segments ont la même longueur $L=90$ mm. Le côté de la section carrée des poutres est de 6 mm. L'ensemble est dans le plan xOy . Le point O est au centre du treillis et les points B et C de part et d'autre de O. Le projectile de 3 kg arrive en O suivant Oz à la vitesse de 10 m/s. Les extrémités du treillis sont encastées. La pesanteur est négligée.

Maillage :

On ne maillie que la moitié du treillis en éléments de poutres POUT. Le projectile est représenté par un point matériel PMAT. Il y a 72 points et 70 éléments POUT.

Matériaux :

Le matériau du treillis est élastoplastique : $\rho = 7800$ kg/m³, $E = 2E11$ Pa, $\nu = 0.3$, limite élastique 3.2E8 Pa, $H = 1.3465E8$ Pa (écrouissage constant).

Conditions aux limites :

Blocages aux extrémités du treillis et conditions de symétrie.

Chargement :

Le système est au repos à l'instant initial.

Calcul :

Le calcul se poursuit jusqu'à 10 millisecondes.

Résultats :

A l'arrêt du calcul, les résultats sont en bon accord avec ceux obtenus par d'autres codes dans le cadre du *benchmark* IPSI.

Références :

Forum IPSI pour la Formation et l'Information en Analyse de Structures (Phi2AS) : Codes explicites pour les collisions et chocs structuraux, Volume XIX - numéro 1 et 1bis (mars 1995).

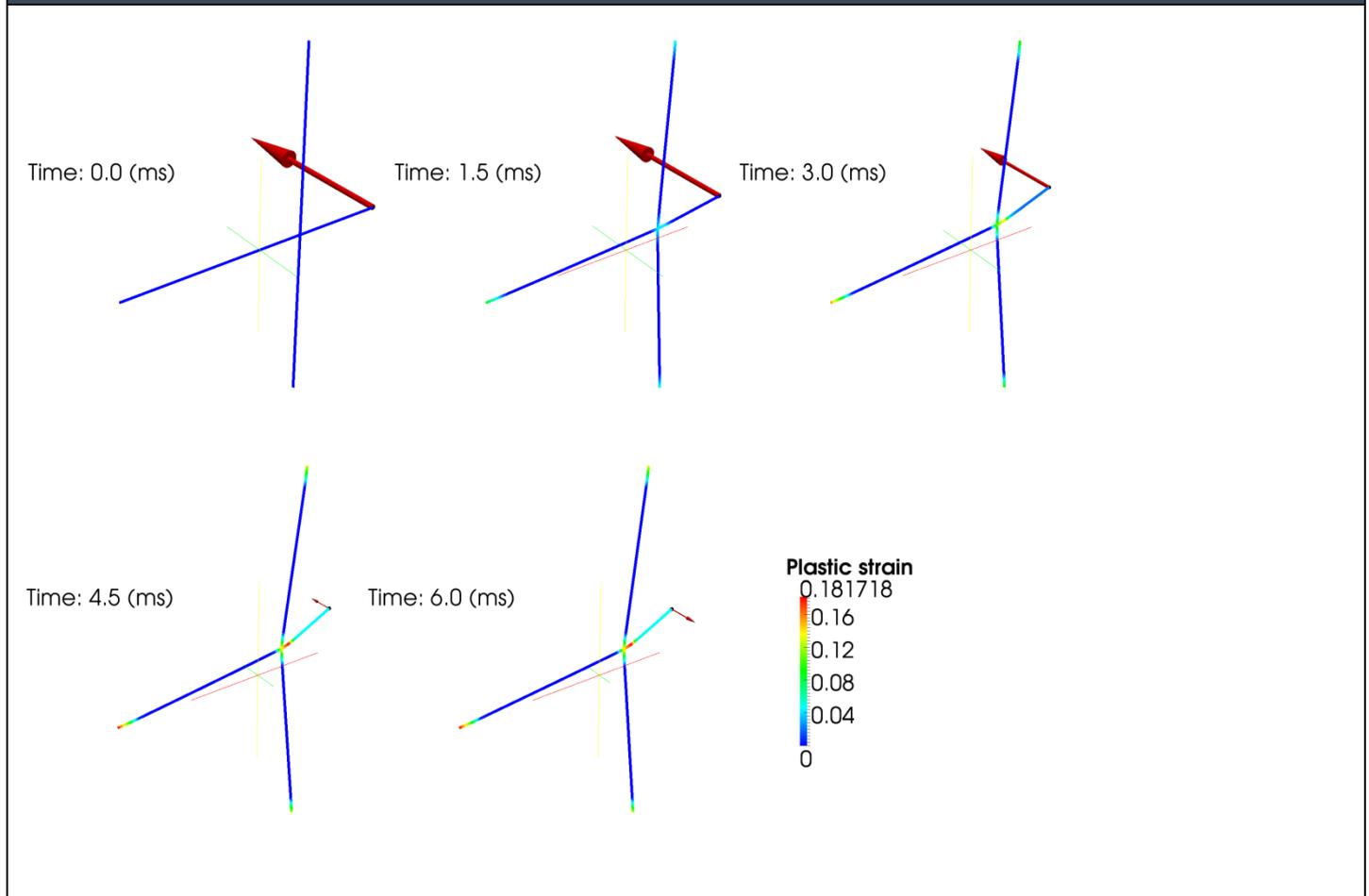
Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

Qualifications :

OK : 3/3

Illustrations



VL_CEA_PLAQ_PERF

Description*Titre :*

Tuyau en écoulement avec une plaque perforée déformable

Problème :

On cherche à vérifier le bon comportement du couplage fluide-structure pour une plaque perforée traversée par un écoulement. La plaque perforée est encastrée dans une portion de tuyauterie, elle aussi déformable, et entraîne une perte de charge de part et d'autre.

Géométrie :

La plaque est au milieu d'une tuyauterie de 80 cm de long et 40 cm de diamètre. La plaque et les parois de la tuyauterie ont 5 mm d'épaisseur. Afin de faire des comparaisons, une deuxième plaque identique à la plaque centrale est placée à côté de la tuyauterie et est soumise à la même différence de pression.

Maillage :

Le maillage est 3D et ALE. Les structures sont des coques minces. On ne maille qu'un quart de la tuyauterie. Il y a 4998 éléments CUBE pour le fluide (5915 nœuds) et 770 éléments Q4GR (848 nœuds) pour les coques. Des éléments de conditions aux limites CL3D sont placés aux extrémités du domaine fluide.

Matériaux :

Le fluide est de l'eau initialement sous 1 bar, les parois et les plaques sont en acier avec un comportement linéaire. Une pression est imposée à l'entrée suivant une rampe qui passe de 1 bar à 3.4 bars en 3 ms. Des conditions absorbantes sont placées en sortie du fluide. L'impédance de la plaque est de 0.5 (voir le Manuel Utilisateur) introduite via un modèle GRFS (GRille avec iFS).

Un amortissement de relaxation est ajouté sur les 2 plaques pour converger plus rapidement sur la solution en régime permanent.

Conditions aux limites :

En plus des conditions de symétrie, le couplage fluide-structure sur les parois et au niveau de la plaque centrale est pris en compte. La plaque témoin est encastrée.

Chargement :

Le système est au repos à l'instant initial, et en équilibre.

La plaque témoin est soumise à une rampe de pression de 0.8 bar, solution du problème.

Calcul :

Le calcul se poursuit jusqu'à 100 ms.

Résultats :

A l'arrêt du calcul, on retrouve bien la solution analytique.

Pour plus de précision on compare avec un calcul CASTEM en grands déplacements (voir *.dgibi dans l'archive vl_cea_plaq_perf.zip fournie).

Références :

Solution : $V(\text{fluide}) = (P - P_{\text{pref}}) / (\rho * c * (1 + \alpha)) = 1.066667 \text{ m/s}$

donc : $DP(\text{plaque}) = \alpha * \rho * c * V = 0.8 \text{ bar}$

et : $Dx(\text{centre}) = 0.96077 \text{ mm}$ (petites déformations)

En fait un peu moins pour la plaque isolée (grandes déformations) et un peu plus pour la plaque centrale (encastrement imparfait).

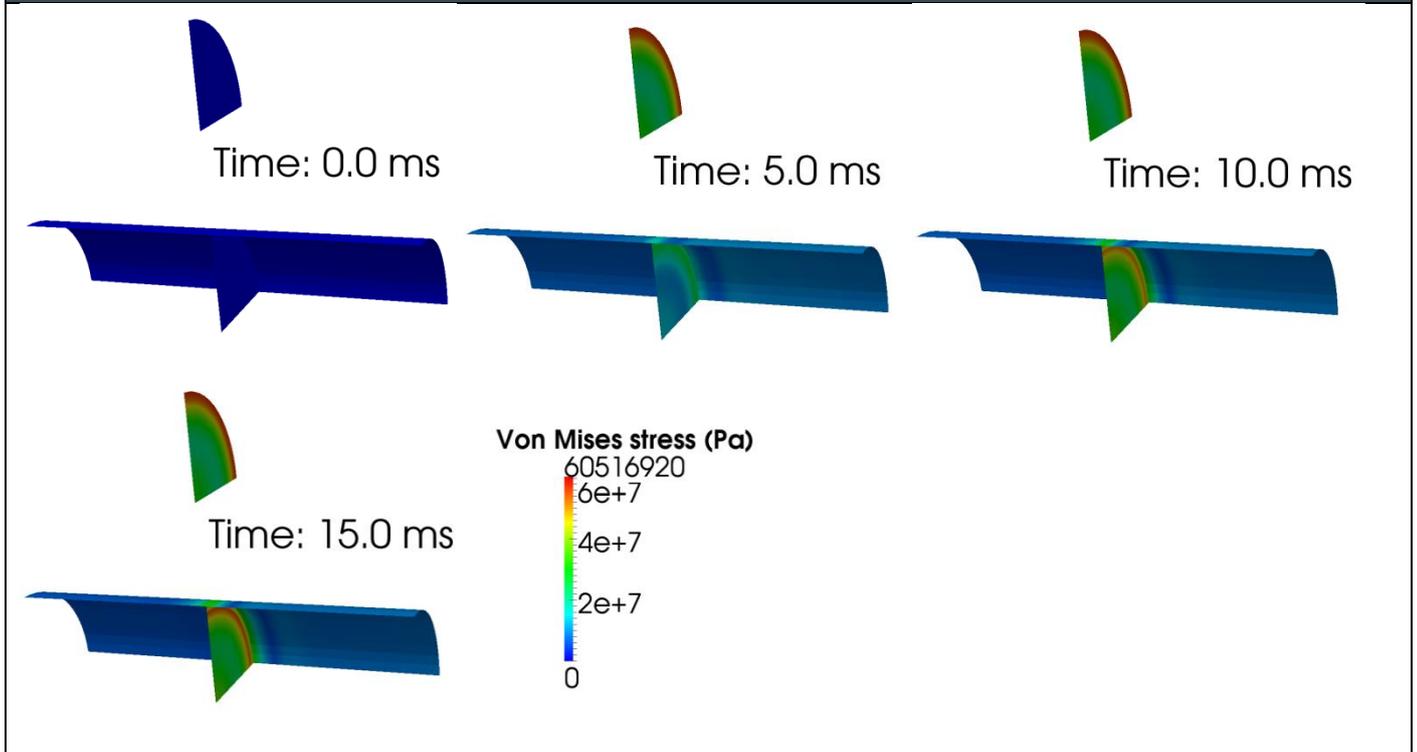
Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

Qualifications :

OK : 6/6

Illustrations



VL_CEA_REAC_NAH2

Description

Titre :

Réaction sodium-eau dans une tuyauterie

Problème :

Il s'agit d'analyser des essais réalisés en 1968-69 à Cadarache et qui ont permis de qualifier les modèles utilisés dans les codes. Une brèche est créée sur une tuyauterie d'eau sous pression et de l'eau est injectée dans une tuyauterie concentrique remplie de sodium. Quatre essais sont modélisés, numérotés de SR1 à SR4.

Géométrie :

L'installation comporte 2 tubes concentriques. Le sodium circule dans le tube externe et l'eau dans le tube interne. Ces circuits sont alimentés par des réservoirs pressurisés. A l'instant initial, le tube interne est sectionné et une réaction sodium-eau se produit.

Maillage :

Le maillage est filaire. Il est le même pour les 4 cas. Il y a 1386 éléments TUBE pour les 2 circuits.

Matériaux :

Les propriétés thermodynamiques de l'eau sont calculées au moyen des tables internes au code. Le modèle retenu est du type homogène équilibré (matériau EAU). Le sodium est modélisé au moyen du matériau RSEA. Un modèle de débit critique est utilisé pour l'injection d'eau, et des membranes de sécurité limitent la pression du circuit de sodium. Le circuit d'eau est alimenté par un réservoir sous pression.

Conditions aux limites :

Les parois sont supposées rigides, le calcul est eulérien.

Chargement :

Le système est au repos à l'instant initial, quand commence l'injection d'eau.

Calcul :

Le calcul se poursuit jusqu'à 100 ms, quand un régime stationnaire apparaît.

Résultats :

A l'arrêt du calcul, les résultats de référence sont conformes aux essais.

Références :

EUROPLEXUS - Compléments de validation du modèle de réaction sodium-eau, M. Lepareux, F. Bliard, rapport CEA DEN/DANS/DM2S/SEMT/DYN/RT/01-029/A.

Exécution

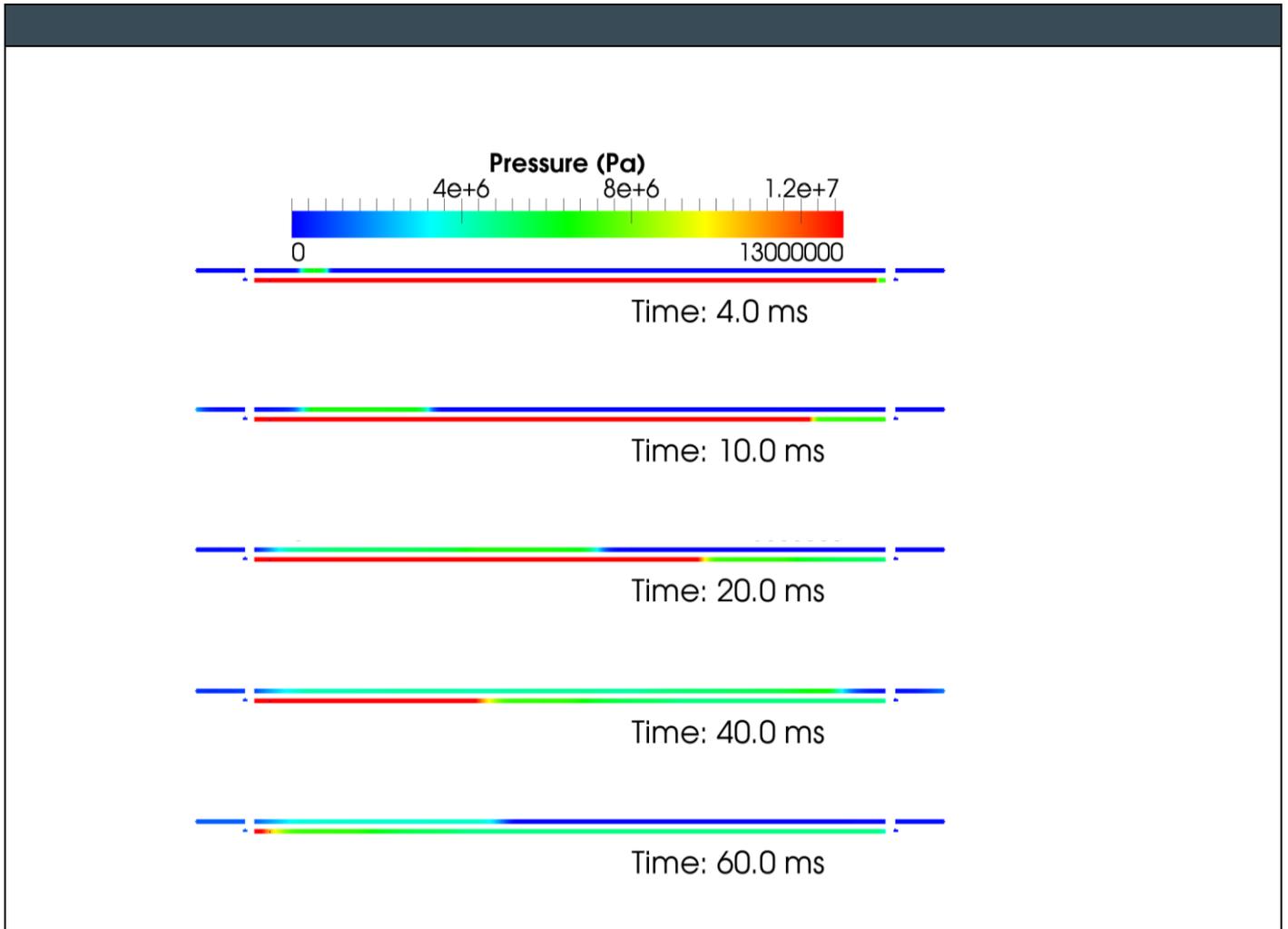
Modifications du jeu de données : aucune.

Remarque :

Le déroulement du calcul présente de nombreux messages ATTENTION pour des non-convergences dans les itérations internes du matériau EAU. C'est une situation habituelle avec ce matériau qui ne détériore pas les résultats.

Qualifications :

OK : 12/12



VL_CEA_RUR3_AIR

Description

Titre :

Essais RUR-3 : Tuyauterie impactée par un dièdre de 60°

Problème :

Une tuyauterie en acier inox posée sur un plan horizontal est impactée par une masse formant un dièdre de 60° tombant en chute libre. On cherche à déterminer l'écrasement du tuyau et la force d'impact. Ces essais ont été réalisés au CEA/CESTA en 1985.

Géométrie :

La tuyauterie a une longueur de 700 mm, un diamètre externe de 139.7 mm et une épaisseur de 2 mm. Elle est ouverte aux 2 extrémités et maintenue sur le massif par des pions verticaux.

Pour l'essai 3-1 une masse de 30 kg tombe de 3 m.

Pour l'essai 3-3 une masse de 60 kg tombe de 2.25 m.

Maillage :

On ne maillie que le quart du tuyau en éléments triangulaires DKT3. Deux points matériels PMAT permettent de modéliser le massif rigide et la masse tombante. Deux jeux de données sont proposés : *vl_cea_rur31_air.epx* pour l'essai 3-1 et *vl_cea_rur33_air.epx* pour l'essai 3-3.

Matériaux :

Le matériau du tuyau est élastoplastique : $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$, $E = 179E9 \text{ Pa}$, $\nu = 0.3$, limite élastique = $174E6 \text{ Pa}$. La courbe de traction a été déterminée par des essais spécifiques.

Conditions aux limites :

En plus des conditions de symétrie, le point matériel représentant le massif est bloqué.

Chargement :

Le système est au repos à l'instant initial.

Calcul :

Le calcul se poursuit jusqu'à 30 ms pour l'essai RUR 3-1 et 40 ms pour l'essai RUR 3-3.

Résultats :

A l'arrêt du calcul, les résultats de référence sont conformes aux essais.

Références :

Programme PLEXUS - Calcul d'écrasement d'une tuyauterie R.U.R. en air, M. Lepareux, J.L. Lieutenant, rapport CEA DEDR/DEMT 86.458.

Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

Remarque :

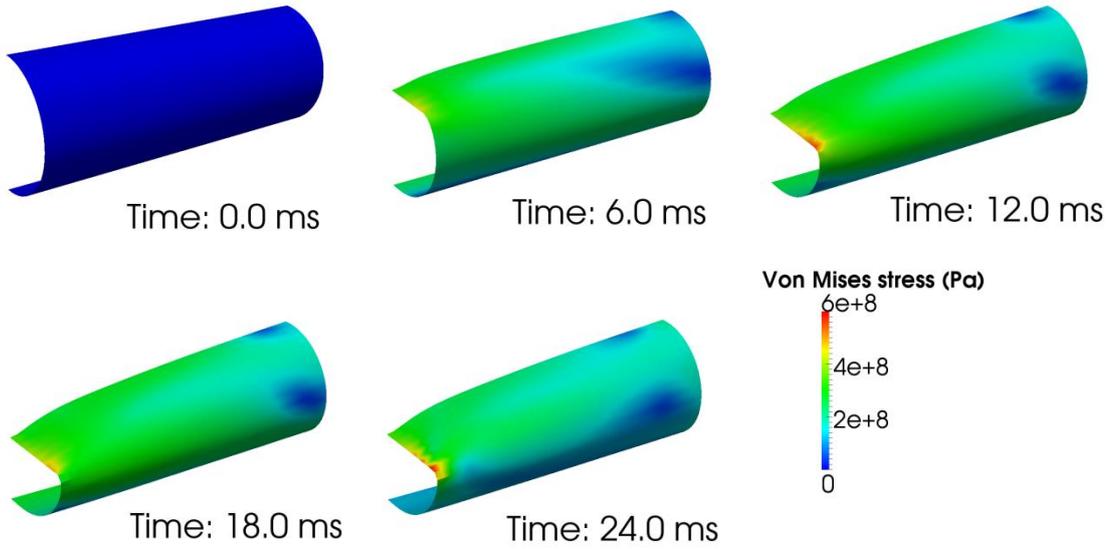
Un message ATTENTION est obtenu concernant des degrés de liberté faisant l'objet de plusieurs liaisons sans activation de l'option de calcul couplé LAGC. Cela ne perturbe pas la solution.

Qualifications :

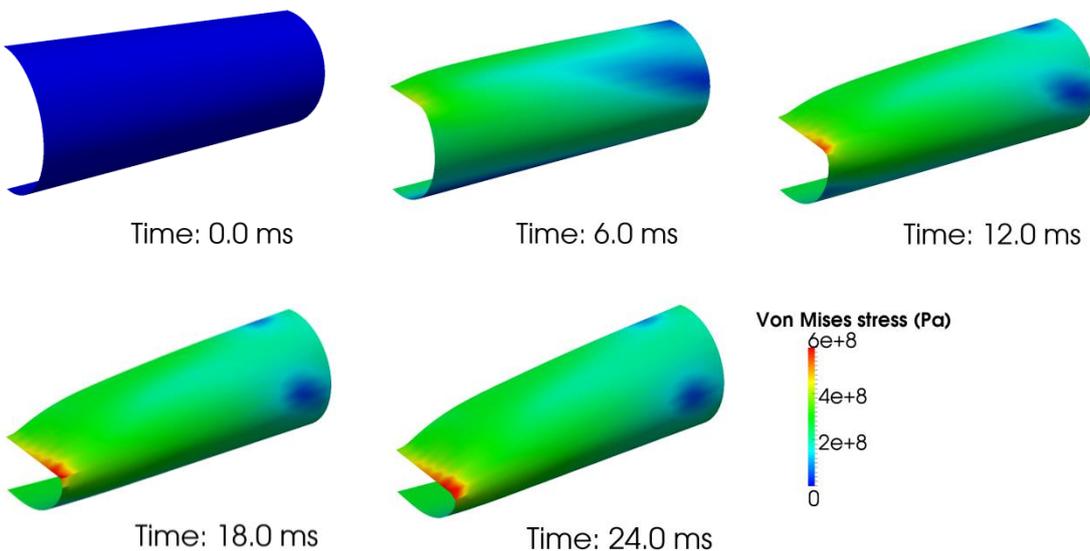
OK : 1/1 pour le cas *vl_cea_rur31_air.epx* - **OK : 1/1** pour le cas *vl_cea_rur33_air.epx*

Illustrations

Cas vl_cea_rur31_air.epx :



Cas vl_cea_rur33_air.epx :



VL_CEA_SPH_PLAQUE

Description

Titre :

Impact d'un paquet d'eau sur une plaque carrée

Problème :

On cherche à analyser le comportement d'une plaque carrée en acier soumise à l'impact d'un paquet d'eau arrivant à grande vitesse sous un angle de 45 degrés. L'eau est modélisée au moyen de billes selon la méthode SPH.

Géométrie :

La plaque est un carré de 467 mm de côté et de 15 mm d'épaisseur. Le paquet d'eau est initialement contenu dans un prisme de base carrée de 14 cm de côté et de 40 cm de long. Il arrive sous une incidence de 45 degrés à la vitesse de 226 m/s.

Maillage :

Il y a 1369 éléments Q4GR pour modéliser la plaque et 10368 éléments de type BILLE pour l'eau. Les billes ont un diamètre de 1 cm.

Matériaux :

La plaque est en acier avec un comportement de type Von Mises isotrope VMIS ISOT. La limite élastique est de 570 MPa.

Conditions aux limites :

Les bords de la plaque sont encastres.

Chargement :

La plaque est au repos à l'instant initial et toutes les billes ont une vitesse de 226 m/s.

Calcul :

Le calcul se poursuit jusqu'à 5 ms.

Résultats :

A l'arrêt du calcul, on observe la dispersion des billes et la déformation résiduelle de la plaque.

Références :

Ce calcul est un simple test de faisabilité.

Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

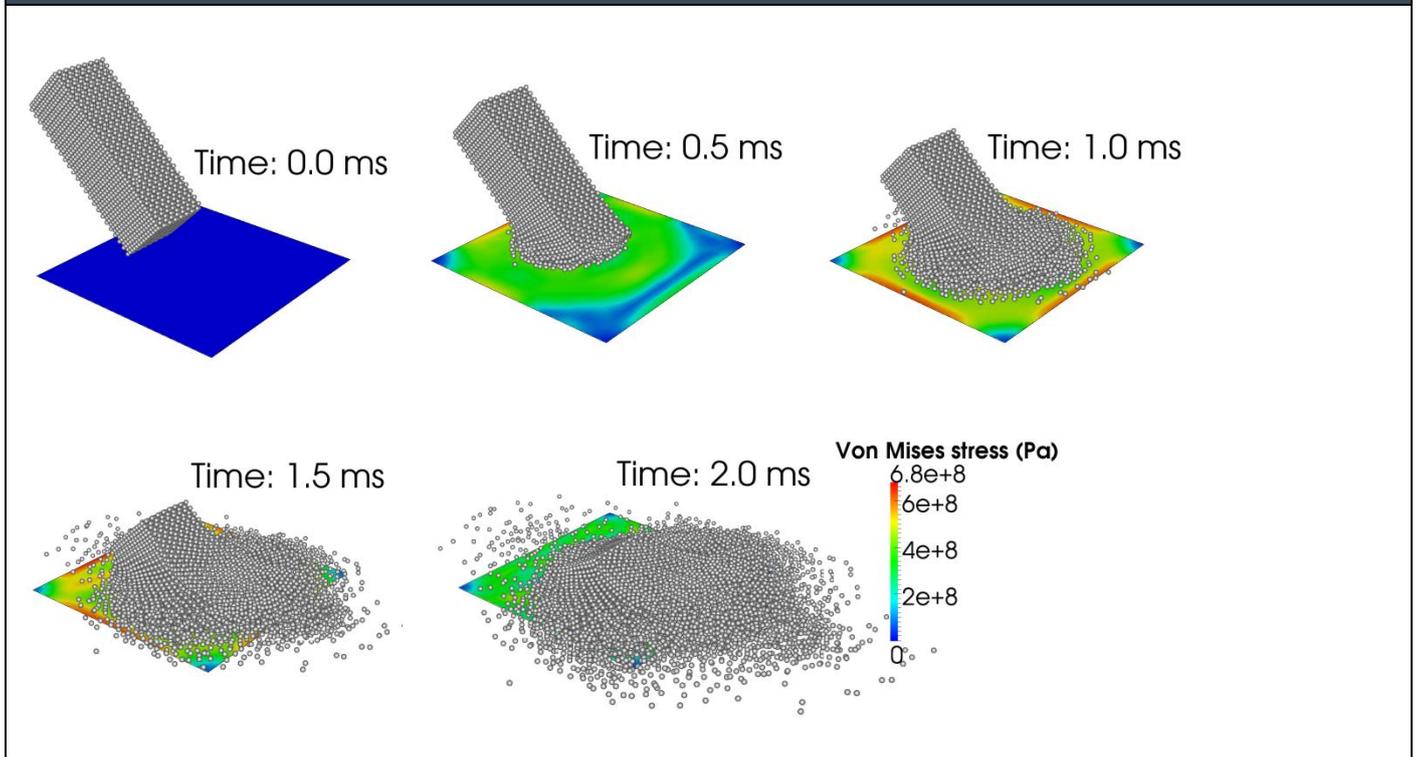
Remarque :

L'exécution du fichier de post-traitement `vl_cea_sph_plaque_rend.epx` est ignorée, car il est destiné à une version d'EPX utilisant la visualisation OpenGL interne, ce qui n'est pas le cas de la version concernée par ce document. Il n'apporte aucune information de qualification supplémentaire.

Qualifications :

OK : 1/1

Illustrations



VL_CEA_TCHOC_123D**Description***Titre :*

Tube à choc en gaz parfait (1D, 2D, 3D) et en gaz de Van der Waals (1D)

Problème:

On cherche à vérifier le bon comportement des éléments 1D filaires (TUBE), pour un gaz parfait et un gaz de Van der Waals (1D), ainsi que pour les éléments 2D (CAR1, TRIA) et 3D (CUBE, PRIS). De plus, en 2D, on vérifie également les éléments de type volumes finis VFCC (Q4VF et T3VF).

On considère un tube à choc de 1 m de long séparé en 2 zones égales, contenant de l'air ou de l'argon. Une zone est à la pression normale (BP) et l'autre à haute pression (HP). Les 2 zones sont à la même température. A l'instant initial, la cloison séparant les 2 zones disparaît.

Maillage :

Le tube à choc est maillé avec 400 éléments de type TUBE (1D). En 2D, il y a 600 éléments égaux (1200 pour les triangles) et 2 couches en hauteur. En 3D, il y a 400 éléments égaux (800 pour les prismes) et 1 seule couche. Cinq jeux de données sont proposés : *vl_cea_tchoc_1d_01.epx*, *vl_cea_tchoc_1d_02.epx*, *vl_cea_tchoc_2d_01.epx*, *vl_cea_tchoc_2d_02.epx* et *vl_cea_tchoc_3d.epx*.

Matériaux :

Le gaz est de l'air ou de l'argon, les deux compartiments sont à la même température proche des conditions normales. Le gaz à haute pression est à 10 bars et celui à basse pression à 1 bar.

Conditions aux limites :

Les parois sont fixes.

Chargement :

Le système est au repos à l'instant initial, mais hors d'équilibre.

Calcul :

Le calcul se poursuit jusqu'à 0.9 ms, avant que l'onde de choc n'atteigne l'extrémité du tube.

Résultats :

A l'arrêt du calcul, les résultats de référence sont corrects, et proches de la solution analytique pour le cas en gaz parfait.

Cette solution analytique est calculée avec CAST3M (voir *vl_cea_tchoc_1d.dgibi* dans l'archive *vl_cea_tchoc_123d.zip* fournie) en même temps que les points des courbes théoriques de référence.

Références :

Europlexus - Fiche de qualification CIR_TCHOC_GP, M. Lepareux, rapport CEA DMT/SEMT/DYN/RT/2000-029/A.

Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : les éléments de type CVL1 et TVL1 sont remplacés par les éléments Q4VF et T3VF (nouvelle formulation pour les volumes finis de type VFCC) dans le jeu de données *vl_cea_tchoc_2d_02.epx*

Qualifications :

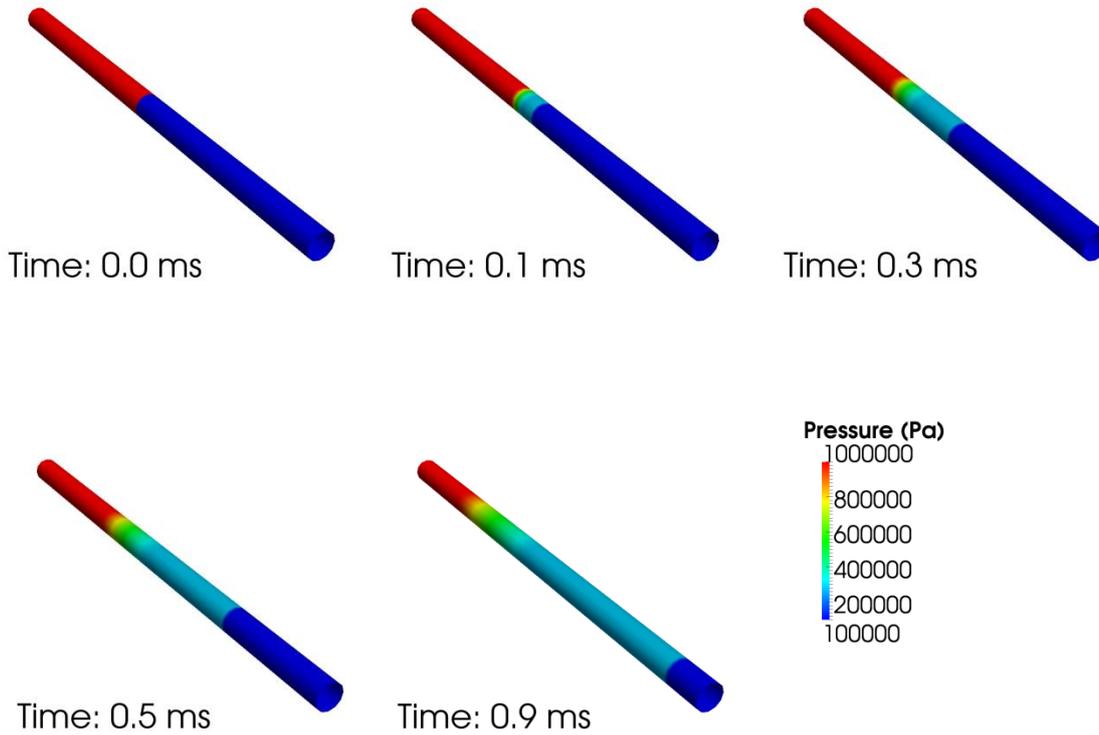
OK : 9/9 pour le cas *vl_cea_tchoc_1d_01.epx* - **OK : 9/9** pour le cas *vl_cea_tchoc_1d_02.epx*

OK : 18/18 pour le cas *vl_cea_tchoc_2d_01.epx* - **OK : 14/14** pour le cas *vl_cea_tchoc_2d_02.epx*

OK : 18/18 pour le cas *vl_cea_tchoc_3d.epx*

Illustrations

Cas vl_cea_tchoc_1d.epx :



VL_CEA_TE_DISSYM

Description

Titre :

Réactions sur les branches d'un TE dissymétrique sous pression interne.

Problème :

On cherche à vérifier le bon comportement des bifurcations 1D en liaison avec les éléments de tuyauteries filaires. On considère ici un "T" à angle droit dans le plan xOy, encastré aux 3 extrémités, rempli de liquide sous pression.

On observe le déplacement du T et les réactions aux encastremets.

Maillage :

Les 3 branches sont droites et ont une longueur de 5 m. La branche 1 suivant Ox a un diamètre externe de 457 mm, la branche 2 suivant Ox a un diamètre externe de 508 mm et la branche 3 suivant Oy a un diamètre externe de 457 mm. Les épaisseurs des tuyauteries sont identiques (7 mm). Les branches se rejoignent en un TE maillé par un élément BIFU. Le maillage comprend 50 éléments TUYA par branche.

Matériaux :

La paroi est en acier avec un comportement élastique. Le fluide interne est de l'eau initialement sous 1 bar. Une pression imposée de 40 bars est appliquée au fluide interne.

Conditions aux limites :

L'extrémité des branches 1 et 2 est bloquée (structure et fluide). L'extrémité de la branche 3 est bloquée pour la structure uniquement.

Chargement :

La pression interne passe de 0 à 40 bars à l'instant initial puis reste constante. Afin d'atteindre la solution statique, un amortissement de relaxation a été ajouté (OPTI AMOR QUASI STATIQUE 14.2 0.9).

Calcul :

On s'intéresse à l'évolution du système pendant les 150 premières ms. Pour cela, on trace les déplacements du TE ainsi que les forces et moments aux 3 extrémités bloquées.

Deux calculs sont réalisés :

- a/ sans prendre en compte le poids propre (pas de pesanteur),
- b/ avec le poids propre.

Résultats :

Les résultats sont comparés avec ceux de CAST3M dans la même configuration. Les deux codes donnent des résultats pratiquement identiques, aux différences de modélisation près.

Référence :

Europlexus - Fiche de qualification "cir_te_dissym", M. Lepareux, rapport CEA SEMT/DYN/RT/2001-010/A.

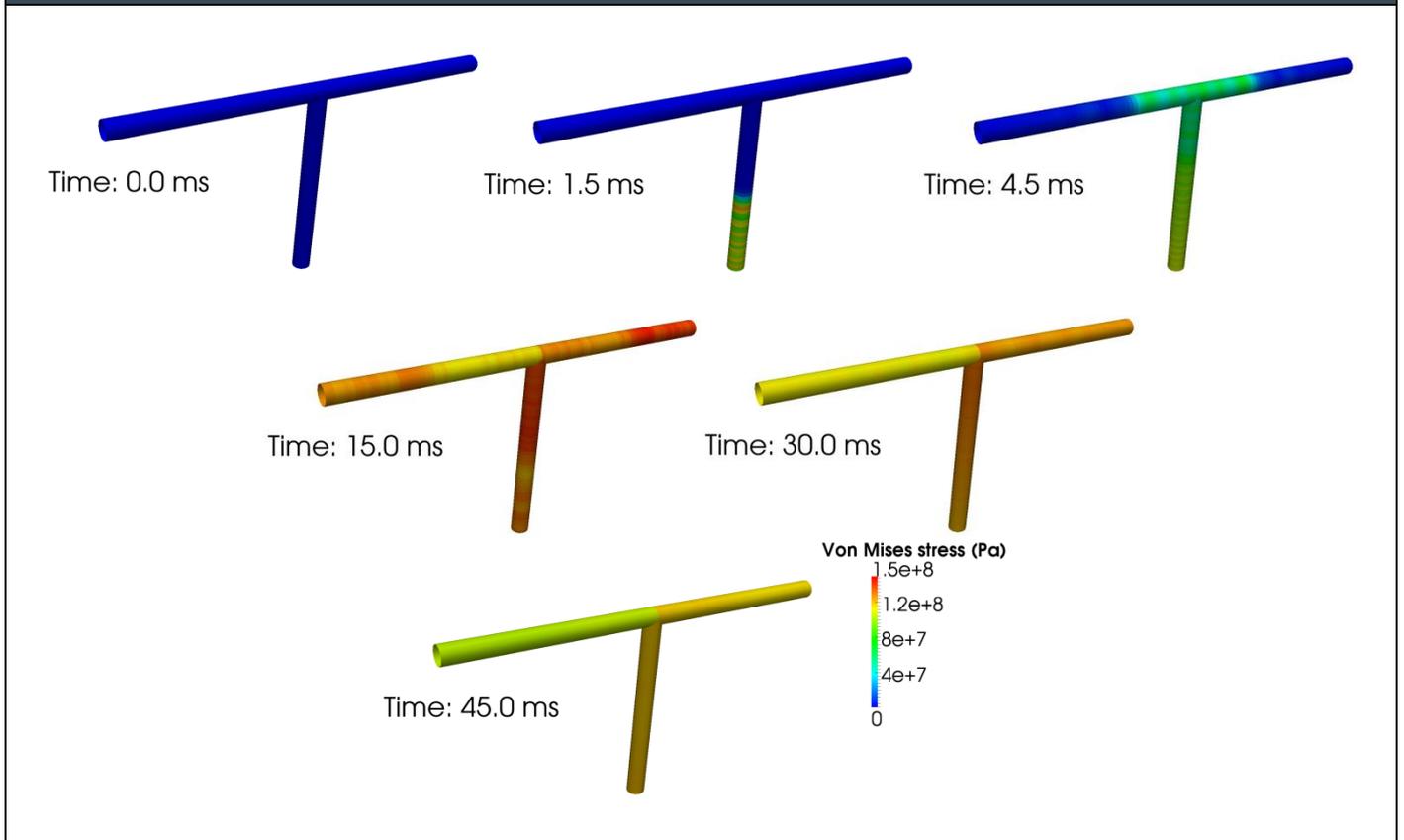
Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

Qualifications :

OK : 26/26

Illustrations



VL_CEA_TUBM_GRFS

Description*Titre :*

Raccord Filaire-Massif avec une plaque perforée déformable

Problème :

On cherche à vérifier le bon comportement des raccords de maillage en filaire (1D) et massif (3D) ainsi que du couplage fluide structure pour une plaque perforée traversée par un écoulement. La comparaison est faite avec un cas filaire pur, un cas filaire avec un raccord BIFU et un cas mixte filaire massif avec 2 raccords TUBM.

Géométrie :

Le tube est droit et composé de 3 segments de 50 cm. Le diamètre est de 15.97 cm pour avoir une section de 0.02 m². La plaque est au milieu de la section centrale. Elle a 2 mm d'épaisseur et est encastrée sur sa circonférence. Le taux de perçage est tel que le coefficient d'impédance est $\alpha=0.06$ (voir le Manuel Utilisateur).

Maillage :

Il y a 3 maillages différents pour un seul calcul :

a/ tout est filaire avec 21 éléments de type TUBE,

b/ tout est filaire et la section centrale est raccordée avec 2 BIFU,

c/ la section centrale est en 3D, dont on ne maille que le quart, et est raccordée avec 2 TUBM aux 2 autres sections qui restent filaires.

La plaque est modélisée avec un élément CL1D (matériau IMPE GRIL) dans les 2 premiers cas et avec un ensemble de coques DKT3 et d'éléments CL3D (matériau IMPE GRFS) dans le dernier cas. Il y a 4116 éléments CUBE pour le fluide (4901 nœuds) pour le 3D.

Les parois sont fixes et non représentées. Le calcul est ALE. Des éléments de conditions aux limites CL1D sont placés aux extrémités dans les 3 cas.

Matériaux :

Le fluide est de l'eau initialement sous 10 bars, la plaque est en acier avec un comportement linéaire. La pression de 10 bars est maintenue à l'entrée, et un diaphragme est placé à la sortie, qui s'ouvre sur la pression externe de 1 bar en 10 ms. Le diaphragme a un coefficient de perte de charge $K=100$.

Conditions aux limites :

En plus des conditions de symétrie, il y a un couplage fluide structure sur la plaque centrale.

Chargement :

Le système est au repos à l'instant initial, et en équilibre.

Calcul :

Le calcul se poursuit jusqu'à 200 ms.

Résultats :

A l'arrêt du calcul, la solution de référence reproduit bien la solution analytique pour les 3 configurations. On compare également avec un calcul CAST3M (voir *.dgibi dans l'archive vl_cea_tubm_grfs.zip fournie).

Référence :

La solution est donnée dans *.lst, et les formules dans *.dgibi (cf. archive vl_cea_tubm_grfs.zip).

Exécution

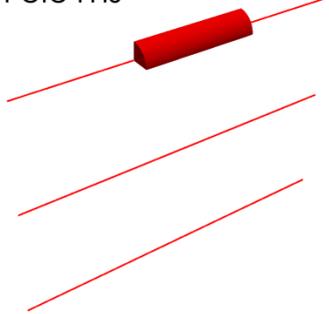
Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

Qualifications :

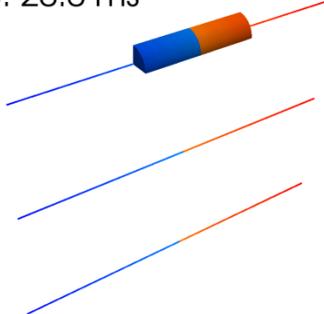
OK : 7/7

Illustrations

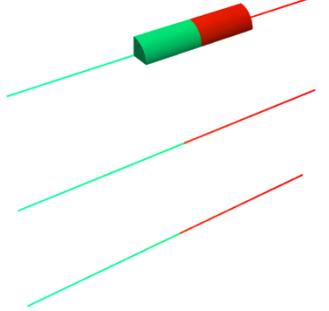
Time: 0.0 ms



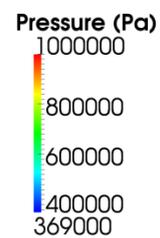
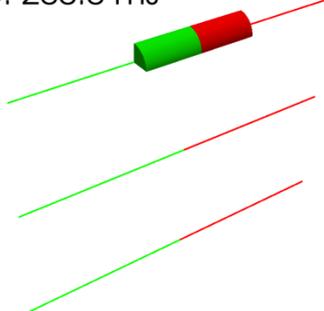
Time: 20.0 ms



Time: 40.0 ms



Time: 200.0 ms



VL_CEA_VISCO

Description

Titre :

Écoulement laminaire d'un liquide entre 2 plans parallèles

Problème :

On cherche à vérifier le bon comportement de la viscosité pour un liquide. Pour cela on impose un gradient de pression dans un tube formé par deux plans parallèles.

Maillage :

Le maillage est 2D plan et eulérien. Le tube a 10 mm de long et 8 mm de hauteur. On ne maille qu'un demi-tube avec 6 éléments dans une demi-hauteur. Il y a 112 nœuds et 90 éléments CAR1, ainsi que 12 éléments CL2D pour les conditions aux limites.

Matériau :

Le fluide est de l'eau sous 1 bar. A l'entrée, la pression imposée est de 1.1 bar appliquée en 1 ms selon une rampe, et reste à 1 bar en sortie. La viscosité a été fortement augmentée pour atteindre rapidement un régime permanent : $\mu = 0.4$ (eau : $\mu = 1E-3$).

Conditions aux limites :

Les vitesses sont bloquées à la paroi et les conditions de symétrie sont appliquées sur l'axe.

Chargement :

Le système est au repos à l'instant initial, et en équilibre.

Calcul :

Le calcul se poursuit jusqu'à 150 ms.

Résultats :

A l'arrêt du calcul, la solution de référence présente un profil parabolique pour les vitesses, et les résultats sont en bon accord avec la solution analytique.

Référence :

Solution : $V(\text{axe}) = -0.5 * (h^2/\mu) * (dP/dX)$.

Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

Remarque :

L'exécution du fichier de post-traitement `vl_cea_visco_rend_v.epx` est ignorée, car il est destiné à une version d'EPX utilisant la visualisation OpenGL interne, ce qui n'est pas le cas de la version testée.

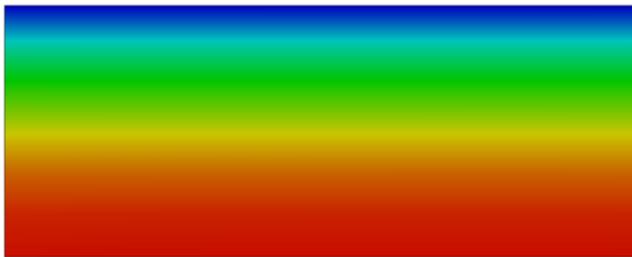
Qualifications :

OK : 2/2

Illustrations

Champs de vitesse stationnaire atteint :

Time: 150.0 ms



Velocity (m/s)



VL_EDF_DALLE_PONTI_DESM

Description*Title:*

Reinforced concrete plate under blast loading

Problem:

A reinforced concrete circular plate (radius is 1m and thickness is 0.1m) is subjected to blast loading. A high and fast pressure is applied to the upper face (the peak is 0.32MPa). The symmetry of the problem enables us to model one quarter of the plate only. The maximum of displacement arises at $t=9.3\text{ms}$, and till the end time at $t=30\text{ms}$ one can observe oscillations and damping.

Mesh:

The model is 3D and uses 4320 CUB8 finite elements for concrete and 712 BR3D finite elements for metallic bars.

Materials:

For concrete, a nonlinear material DESM is used with the following elastic parameters: $\rho=2300\text{ kg/m}^3$, $E=3.1\text{E}10\text{ Pa}$, $\nu=0.2$. For reinforcement, a nonlinear material VMIS ISOT is used with the following elastic parameter: $\rho=7800\text{ kg/m}^3$, $E=2.0777\text{E}11\text{ Pa}$, $\nu=0.3$ and the initial yield stress is $450.0\text{E}6\text{ Pa}$.

Boundary conditions:

One line of nodes is blocked along the z axis on the upper face and on the bottom face of the plate. Besides, axisymmetric constraint is imposed on two lateral faces by blocking degrees of freedom along x and y axis.

Initial conditions:

Nil.

Loading:

The blast loading consists in applying a pressure on the upper face of the plate.

Calculation:

The calculation is performed up to 30 ms.

Results:

Displacement, velocity and acceleration of the center of the plate on the bottom face are recorded as non-regression results at an intermediate time and final time.

References:

Comportement au souffle des structures en béton armé. Analyse expérimentale et modélisation, C. Pontirolli, thèse de doctorat, 1995.

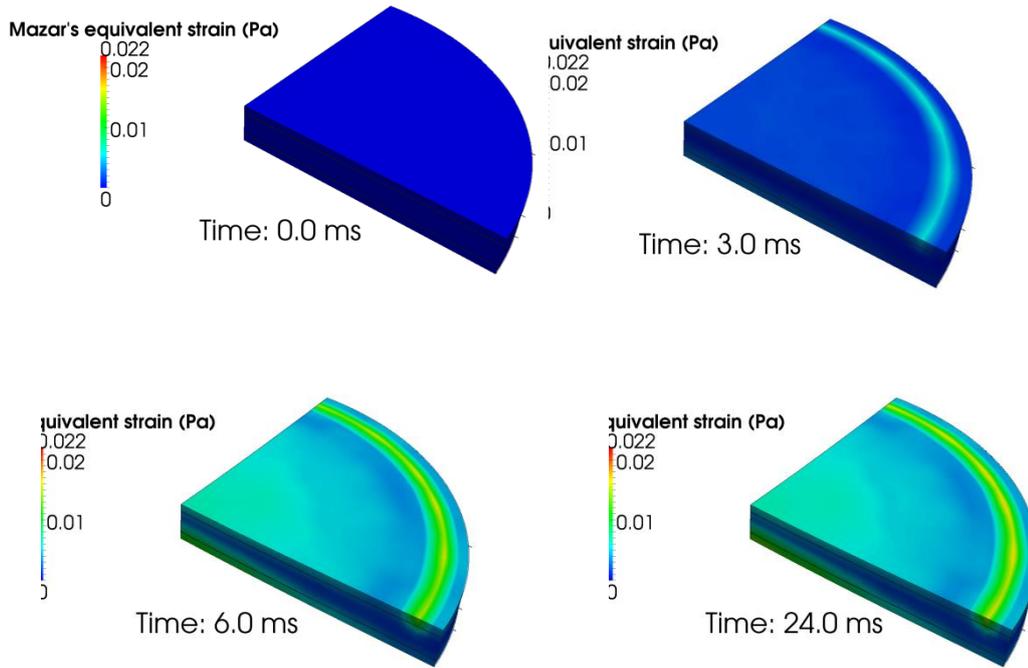
Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

Qualifications :

OK : 4/4

Illustrations



VL_EDF_ELDI_FESHELL

Description

Titre:

Impact d'une barre sur une plaque encastrée sur son pourtour

Problème :

On considère l'impact normal d'un projectile modélisé avec les éléments discrets (ELDI) sur une plaque carrée modélisée avec les éléments finis coque (Q4GS). Le projectile a la forme d'une barre rectiligne uniforme de longueur 0,5 m et de section carrée de 0,25 m de côté. La cible est constituée d'une plaque métallique carrée de 1 m de côté et d'une épaisseur de 0,2 m.

Maillage :

La plaque est maillée en coques avec 1600 éléments quadrangulaires. Le projectile est discrétisé avec 2856 éléments discrets.

Matériaux :

Le comportement des matériaux est élastique linéaire. On utilise le matériau BL3S pour le projectile et le matériau LINE pour la cible.

Conditions aux limites :

La plaque est encastrée sur son pourtour. Le contact est modélisé via la méthode PINBALL.

Conditions initiales :

Jeu initial: 0,03 m.

Vitesse initiale du projectile: -20 m/s.

Résultats :

On compare les déplacements des différents points avec des valeurs d'un autre calcul EUROPLEXUS où le projectile est modélisé avec les éléments finis volumiques CUB8 et le traitement du contact par la méthode GLIS.

Références :

Modélisation du contact via la méthode PINBALL entre éléments discrets et éléments finis, J. Rousseau, 4e rapport d'avancement de thèse, 01/12/2008.

Exécution

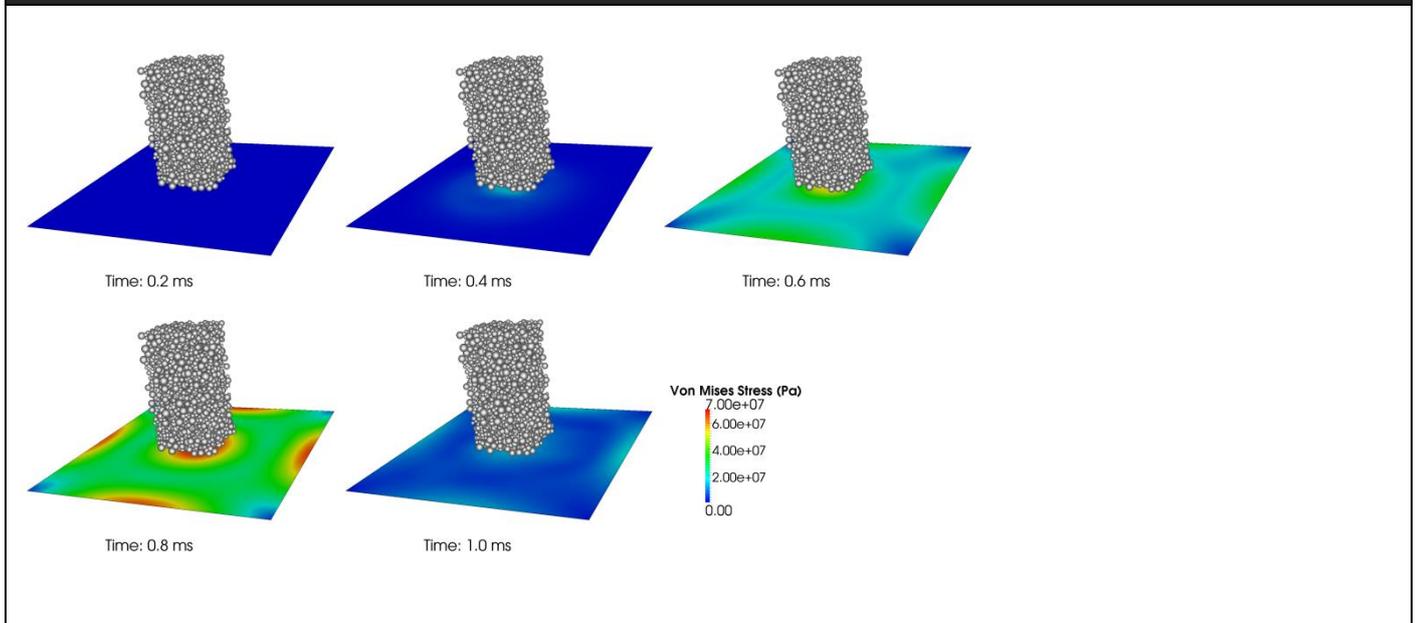
Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

Qualifications :

OK :6/6

Les valeurs de qualifications portent sur le déplacement selon X de trois nœuds référencés AC, AHC et BC, à deux instants de simulation différents, avec des tolérances respectives différentes.

Illustrations



VL_EDF_IMPACT_2BARS

Description

Title:

Axial impact of two identical bars

Problem:

Two identical bars (geometry and material) of square cross section $2 \times 2 \text{ cm}^2$ and 1 m length move one to another with the same initial velocity $V_0 = 1 \text{ m/s}$ then collide. After a phase of contact, considered as elastic and whose duration depends on the length of the two bars and the speed of sound, the bars separate and move away in opposite directions with the velocity V_0 .

Mesh :

The model is 3D and uses 100 CUB8 finite elements (50 for each bar).

Materials :

For both bars, a linear elastic material is used with the following parameters: $E = 2 \cdot E_{11} \text{ Pa}$, $\nu = 0$ (no Poisson effect for elastic wave propagation in the bars), $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$.

Boundary Conditions:

Initially the bars are free of constraints. Contact is modeled by using GLIS directive.

Initial Conditions:

Initial gap: $1 \text{E-}4 \text{ m}$.

Initial velocity: -1 m/s for the bar 1 and 1 m/s for the bar 2.

Loading:

Nil.

Calculation:

The calculation is performed up to 0.6 ms.

Results:

Displacements are compared with an analytical solution at an intermediate time and final time.

References:

Vibrations des structures. Ecole d'été d'analyse numérique, R.J.Gibert, CEA-EDF-INRIA, EYROLLES, 1988.

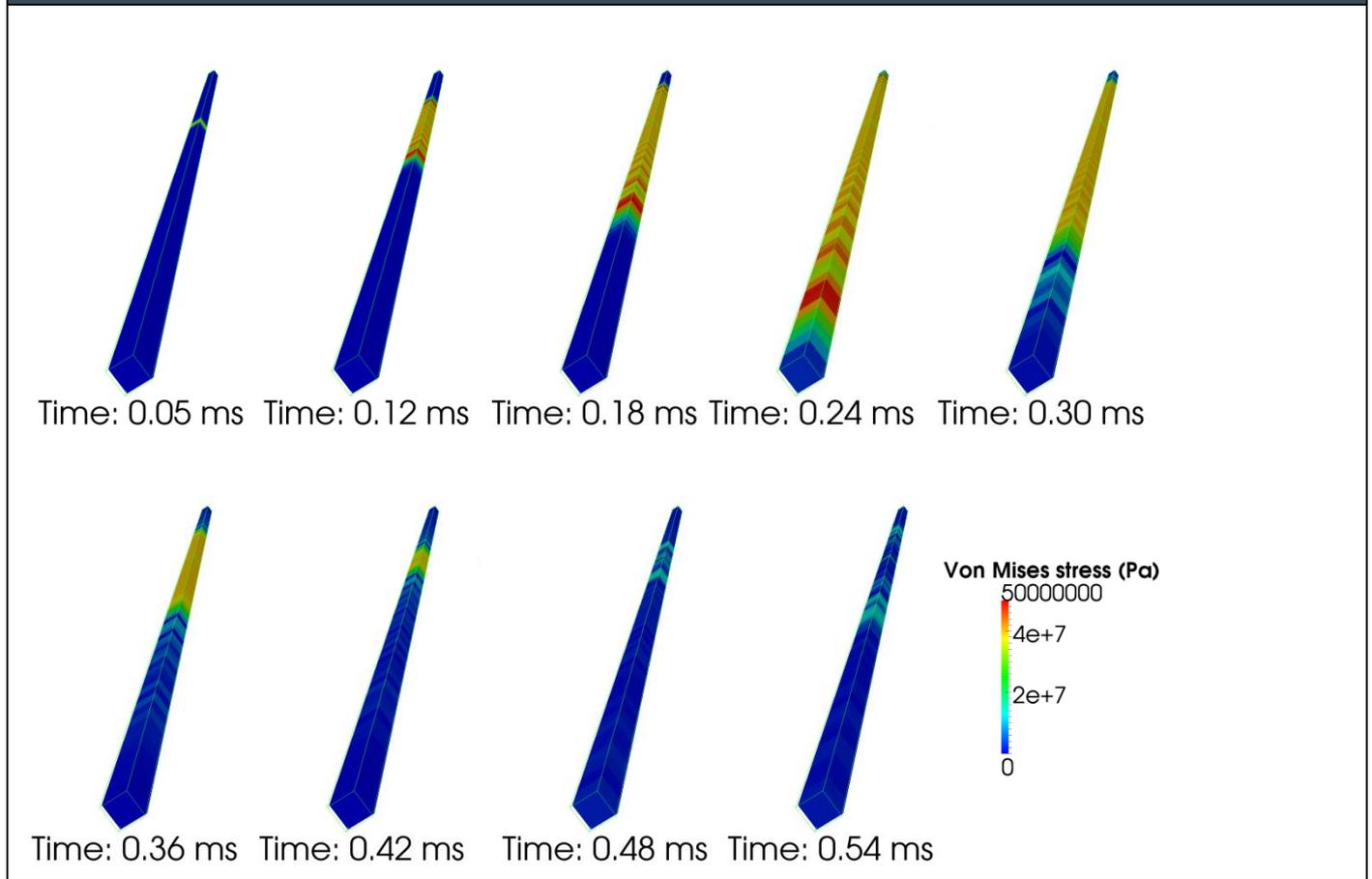
Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

Qualifications :

OK : 4/4

Illustrations



VL_JRC_CAVI51

Description*Title:*

Cavi51: steam explosion in a 3D cavity.

Problem:

This problem was suggested by ISMES (I) in the mid-nineties as a check of the code capability to model an extremely violent phenomenon, the steam explosion caused by sudden drop of hot corium material (following an HCDA) into a pool of liquid water situated in a cavity between the primary reactor vessel (supposed to be imperforated!) and the rigid cylindrical walls. The problem is 3D because of a lateral corridor that opens in the cavity and puts it in communication with an external room. All walls are considered rigid, but the deformations (plasticity) of the primary vessel must be modeled.

Mesh:

The model is 3D and uses 7664 elements FL38 for the fluid and 3072 shell elements COQI for the vessel. The calculation is ALE and starts with a hot and high-pressure steam bubble at the center of the liquid pool.

Materials:

Because of the huge distortions and the thinness of the cavity the only way to simulate this test is by means of the multi-phase multi-component fluid material model (FLMP). This consists of three components: the liquid water (WT0 model) for the pool, a perfect gas for the air and another perfect gas, initially at high pressure and temperature, for the steam bubble. The structure uses the VM23 elasto-plastic material.

Boundary Conditions:

The vessel is entirely blocked along the top circle. The fluid-structure interaction is automatically modeled by the FSA directive along the fluid-vessel interface, and by FSR along the external surface of the fluid (the cavity walls are supposed rigid).

Loading:

The system is initially at rest, but not in equilibrium.

Calculation:

The calculation is performed up to 50 ms. At the final time, the vessel has undergone large plastifications at the bottom and also near the top (water-hammer effect), and the liquid water has invaded both the cavity and the external room.

Results:

Although no comparison with experiments can be done on this problem, the reference results appear physically correct.

Post-treatment :

Several animations of the computed results from this calculation are available on the EUROPLEXUS Consortium Web site.

References:

Generalization of the Finite Element Model for Compressible Fluids in PLEXIS-3C to Multi-Phase Flows, F. Casadei, Technical Note N. I.97.33, March 1997 (available on the EUROPLEXUS Consortium Web site).

Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

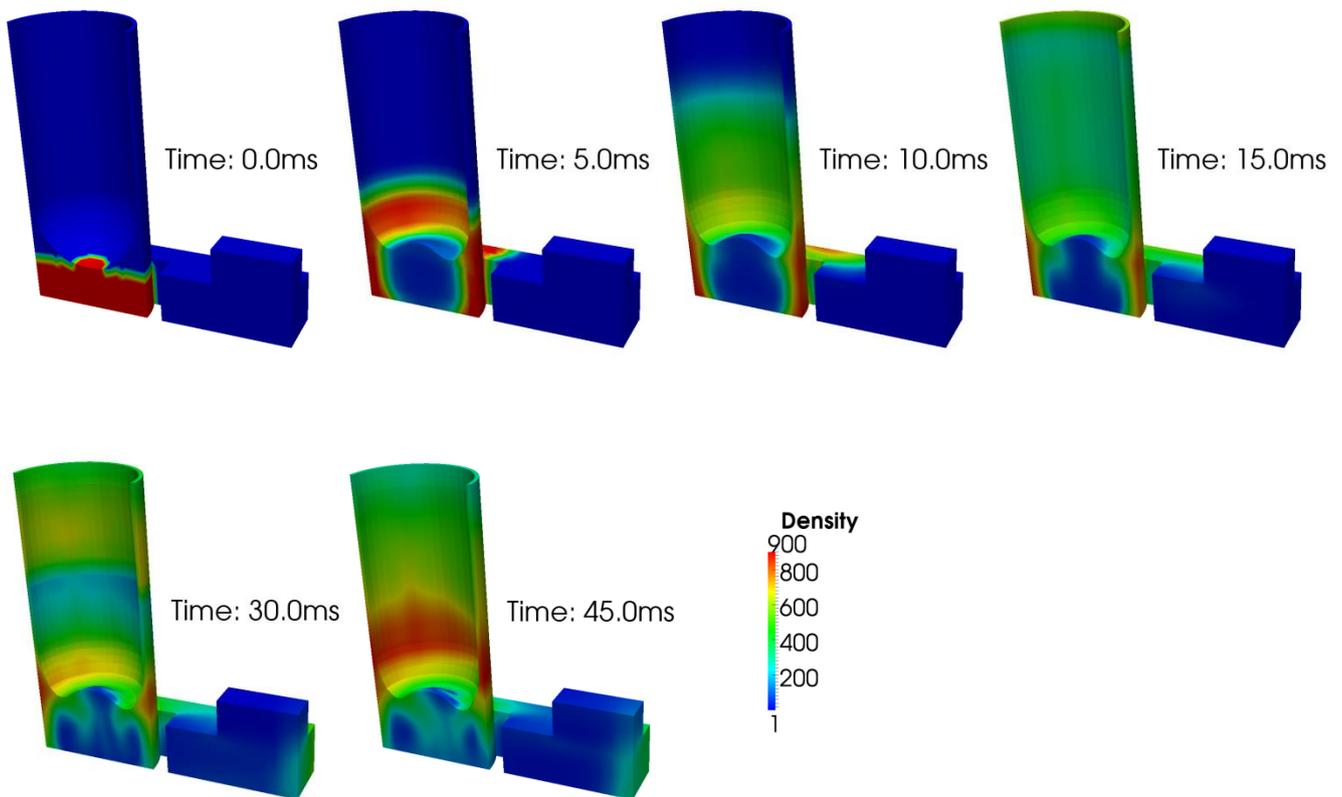
Remarque :

L'exécution des fichiers de post-traitement *vl_jrc_cavi51_press.epx*, *vl_jrc_cavi51_stru.epx*, *vl_jrc_cavi51_strub.epx*, *vl_jrc_cavi51_struc.epx*, *vl_jrc_cavi51_velo.epx*, *vl_jrc_cavi51_water.epx* et *vl_jrc_cavi51_water_surf.epx* est ignorée, car ils sont destinés à une version d'EPX utilisant la visualisation OpenGL interne, ce qui n'est pas le cas de la version concernée par ce document. Ils n'apportent aucune information de qualification supplémentaire.

Qualifications :

OK : 2/2

Illustrations



VL_JRC_CONT01

Description*Title:*

Cont01: Hypothetical Core Disruptive Accident (HCDA) in a Liquid-Metal Cooled Fast Breeder Reactor (LMFBR).

Problem:

This is the well-known CONT problem, a benchmark used from the 1970s to validate nuclear safety codes. Following an HCDA, a corium bubble at high pressure and temperature is formed in the core region of a LMFBR. The bubble expands and pushes the liquid sodium pool upwards. The inner shield is deformed and the liquid sodium level raises, compressing the inert cover gas. Towards the end of the transient, a water-hammer effect against the reactor roof (assumed rigid here) causes plastic deformation of the upper part of the primary vessel. Finally, the bubble starts to collapse and instabilities appear on its surface. The calculation is ALE and uses the LAGC parameter for the roof impact.

Mesh:

The model is 2D axisymmetric and uses 267 FLU1 quadrilateral/triangular specialized fluid elements (recently replaced by FL24/FL23) for the fluid domain, and 33 conical shell elements ED41 for the structures.

Materials:

The vessel and shield are made of two different steels, modeled by the VM23 elasto-plastic material. The corium bubble, liquid sodium and cover gas are represented by three different FLUT materials. These may not mix up with one another, so all fluid/fluid interfaces are treated as Lagrangian in this simulation.

Boundary Conditions:

The reactor roof is rigid, while the primary vessel is clamped at the upper part and the inner shield is clamped at its bottom. Fluid-structure interaction is imposed by the (now obsolete) FSS ALE and LAGR directives. Lagrangian sliding takes part in the upper part of the interface between liquid sodium and primary vessel. The slug impact against the roof is modeled by the IMPA directive.

Loading:

The system is initially at rest, but not in equilibrium since the pressure in the corium bubble is very high.

Calculation:

The calculation is performed up to 250 ms. At the final time, the inner shield and the primary vessel have both undergone some plastifications.

Results:

These results have been found in good agreement both with our computer codes and with experiments.

Post-treatment:

Several animations of the computed results from this calculation are available on the EUROPLEXUS Consortium Web site.

References:

- 1) Comparison of Different LMFBR Primary Containment Codes Applied to a Benchmark Problem, A. Benuzzi, Nuclear Engineering and Design, Vol. 100, pp. 239-249, 1987.
- 2) Use of PLEXUS as a LMFBR primary containment code for the CONT benchmark problem, F. Casadei, A. Daneri, G. Toselli, 10th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology, Anaheim, U.S.A., August 14-18, 1989.
- 3) Further Development and Validation of Multi-Phase Multi-Component Compressible Fluid Models in PLEXIS-3C, F. Casadei, Technical Note N. I.99.28, February 1999.

These documents are available on the EUROPLEXUS Consortium Web site.

Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

Remarque :

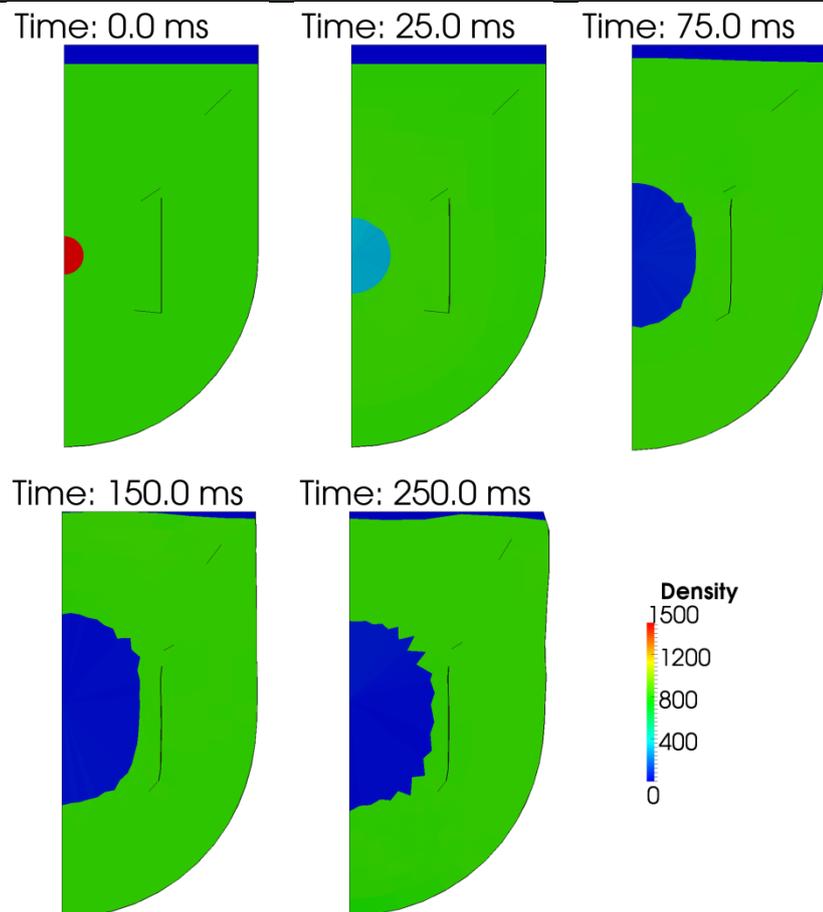
L'exécution des fichiers de post-traitement *vl_jrc_cont01_mate.epx*, *vl_jrc_cont01_press.epx*, *vl_jrc_cont01_stru.epx*, *vl_jrc_cont01_struv.epx* et *vl_jrc_cont01_velo.epx* est ignorée, car ils sont destinés à une version d'EPX utilisant la visualisation OpenGL interne, ce qui n'est pas le cas de la version concernée par ce document. Ils n'apportent aucune information de qualification supplémentaire.

Plusieurs messages ATTENTION sont obtenus concernant une possible incompatibilité entre certains éléments. Cela n'affecte pas les résultats.

Qualifications :

OK : 2/2

Illustrations



VL_JRC_CONT02

Description

Title:

Cont02: Hypothetical Core Disruptive Accident (HCDA) in a Liquid-Metal Cooled Fast Breeder Reactor (LMFBR). Version with multi-phase multi-component fluid material.

Problem:

This is the well-known CONT problem, a benchmark used from the 1970s to validate nuclear safety codes. Following an HCDA, a corium bubble at high pressure and temperature is formed in the core region of a LMFBR. The bubble expands and pushes the liquid sodium pool upwards. The inner shield is deformed and the liquid sodium level raises, compressing the inert cover gas. Towards the end of the transient, a water-hammer effect against the reactor roof (assumed rigid here) causes plastic deformation of the upper part of the primary vessel. Finally, the bubble starts to collapse and instabilities appear on its surface. The calculation is ALE and uses the FLMP multi-phase multi-component fluid material to represent the entire fluid domain. In this way, Lagrangian fluid-fluid interfaces are avoided.

Mesh:

The model is 2D axisymmetric and uses 230 FL24 and FL23 quadrilateral/triangular specialized fluid elements (recently replaced by FL24/FL23) for the fluid domain, and 33 conical shell elements ED01 for the structures.

Materials:

The vessel and shield are made of two different steels, modeled by the VM23 elasto-plastic material. The corium bubble, liquid sodium and cover gas are represented by three different FLUT materials, which may mix up with one another (FLMP material model).

Boundary Conditions:

The reactor roof is rigid, while the primary vessel is clamped at the upper part and the inner shield is clamped at its bottom. Fluid-structure interaction is imposed by the FSA directive. Due to the absence of fluid-fluid interfaces, all FS interactions are of the ALE type so the FSA directive is sufficient.

Loading:

The system is initially at rest, but not in equilibrium since the pressure in the corium bubble is very high.

Calculation:

The calculation is performed up to 250 ms. At the final time, the inner shield and the primary vessel have both undergone some plastifications.

Results:

These results have been found in good agreement both with our computer codes and with experiments.

Post-treatment:

Several animations of the computed results from this calculation are available on the EUROPLEXUS Consortium Web site.

References:

- 1) Comparison of Different LMFBR Primary Containment Codes Applied to a Benchmark Problem, A. Benuzzi, Nuclear Engineering and Design, Vol. 100, pp. 239-249, 1987.
- 2) Use of PLEXUS as a LMFBR primary containment code for the CONT benchmark problem, F. Casadei, A. Daneri, G. Toselli, 10th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology, Anaheim, U.S.A., August 14-18, 1989.
- 3) Further Development and Validation of Multi-Phase Multi-Component Compressible Fluid Models in PLEXIS-3C, F. Casadei, Technical Note N. I.99.28, February 1999.

These documents are available on the EUROPLEXUS Consortium Web site.

Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

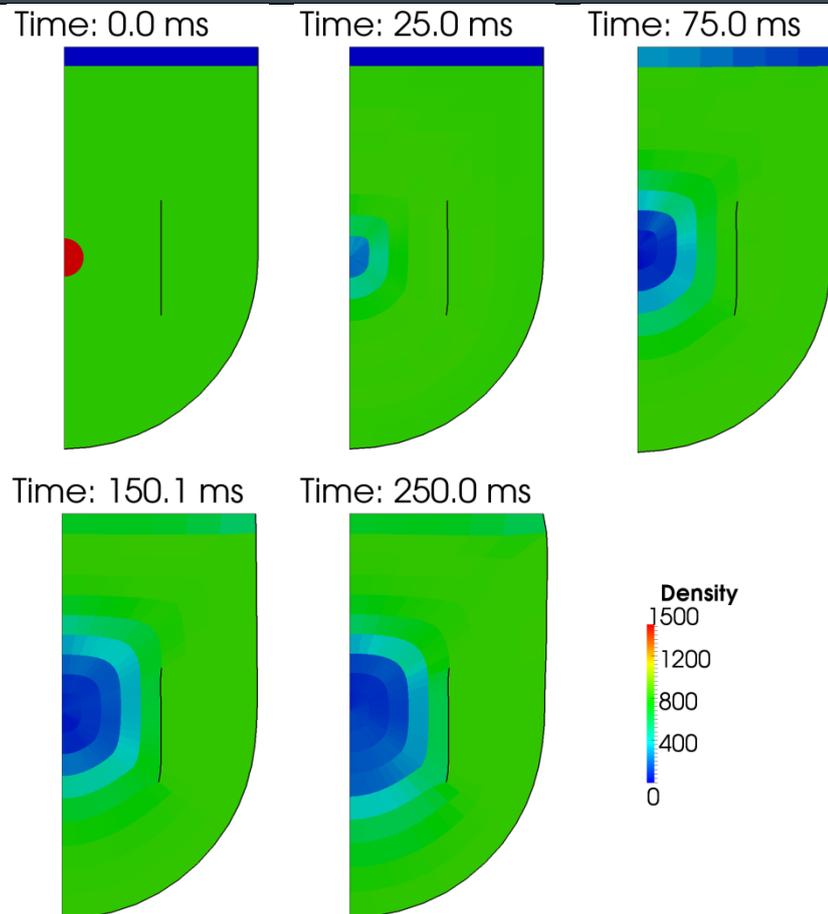
Remarque :

L'exécution des fichiers de post-traitement *vl_jrc_cont02_mate.epx*, *vl_jrc_cont02_press.epx*, *vl_jrc_cont02_stru.epx*, *vl_jrc_cont02_struv.epx* et *vl_jrc_cont02_velo.epx* est ignorée, car ils sont destinés à une version d'EPX utilisant la visualisation OpenGL interne, ce qui n'est pas le cas de la version concernée par ce document. Ils n'apportent aucune information de qualification supplémentaire.

Qualifications :

OK : 1/1

Illustrations



VL_JRC_HONEYCOMB

Description

Title:

Honeycomb: 4-point bending of honeycomb structure for train carriages.

Problem:

This problem has been taken from the paper listed below in the references and reproduces an experiment of 4-point bending of an extruded aluminum panel used in railway carriages. Loading is very slow (nominally static) in the experiment. In the numerical simulation, we use a somewhat faster imposed displacement for efficiency of the explicit calculation, but still in relatively slow regime.

Mesh:

The model is 3D and uses 3712 elements Q4GS for the structure. A localized "defect" is introduced near the center of the panel (see mesh generation file) to induce the right startup of the dynamic buckling mode.

Materials:

An elasto-plastic VM23 material is used to simulate the aluminum. A failure criterion is introduced.

Boundary Conditions:

The panel is held fixed along two lines, and an imposed displacement is applied along other two lines (4-point bending). This induces some localized buckling of the panel.

Loading:

The applied "load" is rather an applied displacement. The resulting reaction force (as computed by the code) is monitored and compared with the experimentally measured value.

Calculation:

The calculation is performed up to 100 ms. At the final time, the panel has undergone large motions and some localized buckling in its central part.

Results:

Despite the use of a rather coarse mesh (much coarser than the meshes used in the calculations contained in the cited paper), reference results compare well with the experiment (see cited paper) both as concerns the buckling mode and the measured force. The experimental load curves are given in Figure 10 of the mentioned paper, while the obtained final shape of the panel is shown in Figure 25 of the paper.

Post-treatment :

An animation of the computed results from this calculation is available on the EUROPLEXUS Consortium Web site.

References:

Fracture prediction in 4-point bending of an extruded aluminium Panel, L. Zheng, D. Petry, T. Wierzbicki, H. Rapp, Thin-Walled Structures 43 (2005), 565-590.

Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

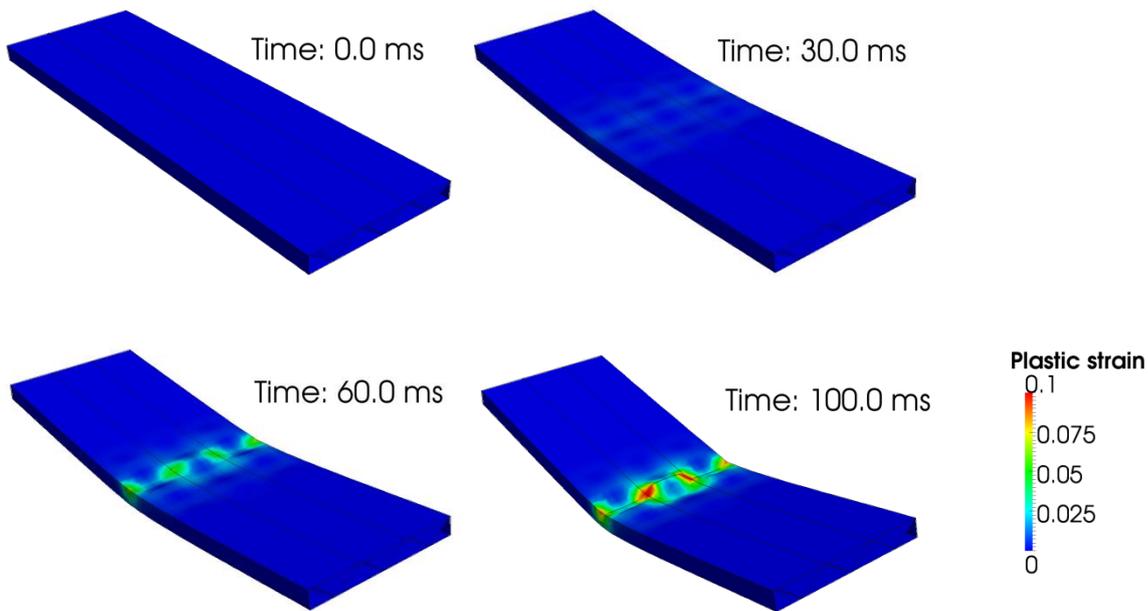
Remarque :

L'exécution des fichiers de post-traitement *vl_jrc_honeycomb_XX.epx* est ignorée, car ils sont destinés à une version d'EPX utilisant la visualisation OpenGL interne, ce qui n'est pas le cas de la version concernée par ce document. Ils n'apportent aucune information de qualification supplémentaire.

Qualifications :

OK : 1/1

Illustrations



VL_JRC_HOPBARUR

Description

Title:

Hopbarur: Hopkinson bar unconfined rigid

Problem:

This is a simulation of an experiment performed at JRC on the Large Hopkinson Bar device. A cylindrical specimen of Aluminium is subjected to dynamic compressive loading.

Mesh:

The model is 3D and uses 2240 elements CUBE, 6914 PRIS and 8319 TETR to model the central part of the experimental loading device. The input and output bars are modeled by 3756 BR3D bar elements.

Materials:

The experimental apparatus uses the LINE material while the specimen uses the VMIS DYNA elasto-plastic material law.

Boundary Conditions:

The RIGI directive is used to connect the 1-D bars with the 3-D model and the extremities of the specimen with the machine.

Loading:

The system is initially at rest, but not in equilibrium. A pre-stress simulating traction of 86 tons is applied to the input bar, whose far extremity is blocked.

Calculation:

The calculation is performed up to 10 ms. At the final time, the specimen has undergone large plastification.

Results:

Comparison of the reference solution with the JRC experiment is done, showing good agreement.

Post-treatment:

Several animations of the computed results from this calculation are available on the EUROPLEXUS Consortium Web site.

Reference:

LDTF calculations with EUROPLEXUS, C. Giry, July 2008 (available on the EUROPLEXUS Consortium Web site).

Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

Remarque :

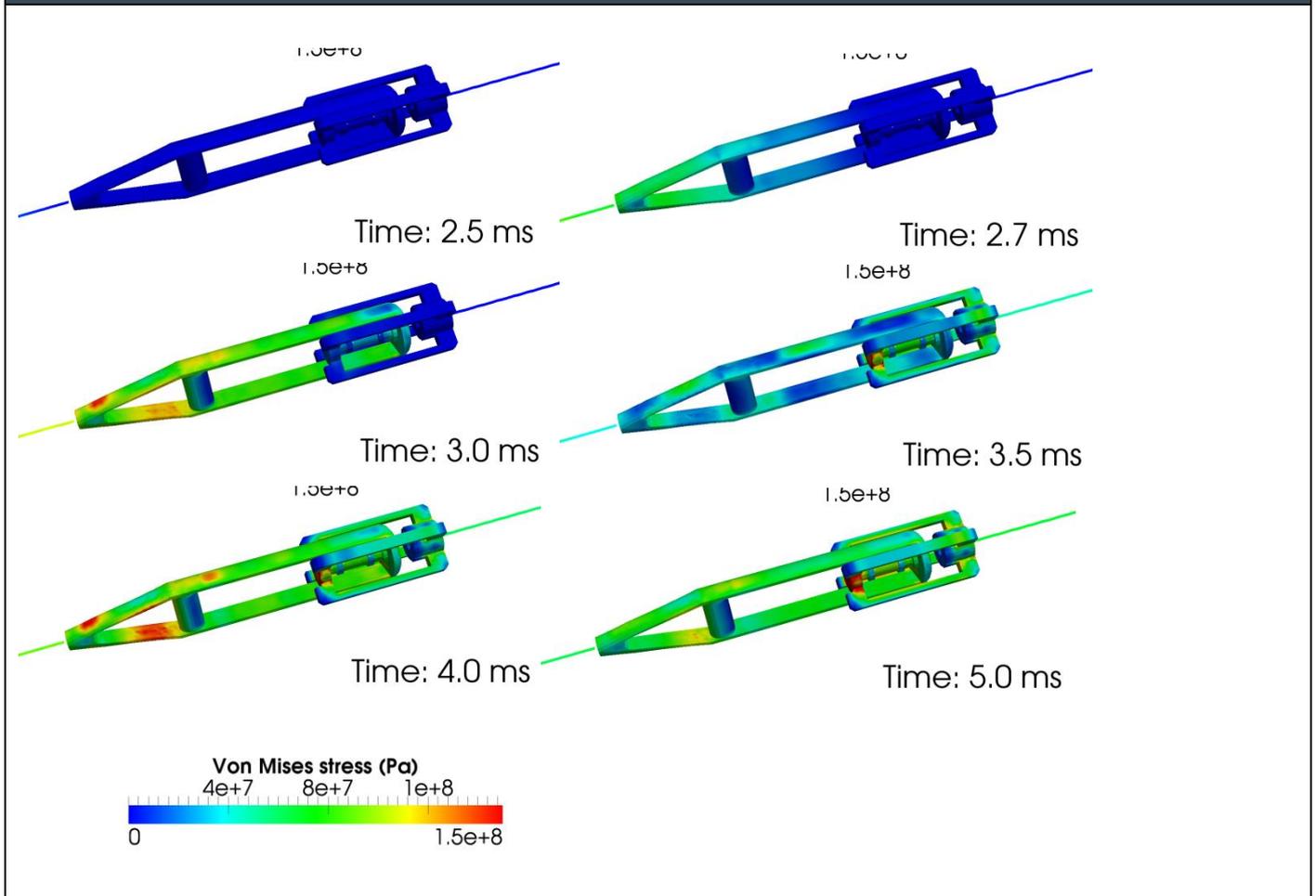
Le cas test est composé de deux jeux de données, vl_jrc_hopbarur.epx et vl_jrc_hopbarur.epx_post.epx, séparant le calcul du post-traitement.

L'exécution des fichiers de post-traitement *results.epx* et *hopbarura.epx* est ignorée, car ils sont destinés à une version d'EPX utilisant la visualisation OpenGL interne, ce qui n'est pas le cas de la version concernée par ce document. Ils n'apportent aucune information de qualification supplémentaire.

Qualifications :

6/6

Illustrations



VL_JRC_INDE10

Description

Title:

Inde10: indentation problem, 2D axisymmetric solution.

Problem:

This problem was suggested by EDF as a check of the code capability to model a classical contact problem by the contact models available, in particular by the pinballs method. The ideal problem is a static one. A rigid spherical indenter is forced to penetrate into an elastic perfectly plastic half-space. The computed result is the resultant of the contact forces in the indentation direction as a function of time. An approximated analytical solution exists, due to Johnson.

Mesh:

The model is 2D axisymmetric and uses 1694 elements Q42L for the piece (half-space represented by a square region of side equal to 3 times the indenter radius), and one PMAT element for the indenter.

Materials:

The VM23 material is assigned to the piece, with zero plastic hardening. The MASS element is assigned to the indenter.

Boundary Conditions:

All nodes on the axis of symmetry are blocked in the radial direction. The base of the piece is blocked in all directions. Contact is represented by the pinball model. A single pinball with radius equivalent to that of the indenter is associated with the PMAT element. The region of the piece likely to come in contact is filled by parent pinballs with a hierarchy level of 4 to get accurate contact resolution.

Loading:

The indenter is pushed into the piece at constant imposed speed (linear displacement in time), until it reaches an indentation depth equal to the radius of the indenter.

Initial Conditions :

The indenter has an initial velocity equal to the imposed indentation velocity (to avoid an initial error in the energy balance).

Calculation:

The calculation is performed up to 50 ms. At the final time, the indenter has reached a depth equal to its radius.

Results:

The computed resultant contact force is in good agreement with the approximate analytical solution up to an indentation depth equal to approximately 1/2 of the indenter radius. For larger indentations, the analytical (linear) solution is no longer valid.

Post-treatment :

Several animations of the computed results from this calculation are available on the EUROPLEXUS Consortium Web site.

Référence:

- 1) Indentation élasto-plastique d'un bloc par un indenteur sphérique élastique, N. Tardieu, B. Serre, Code_Aster, Manuel de Validation, Report V6.04.506, décembre 2002.
- 2) Validation of the EUROPLEXUS Pinball Impact-Contact Model on an Indentation Problem, F. Casadei, Technical Note, July 2007 (available on the EUROPLEXUS Consortium Web site).

Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

Remarque :

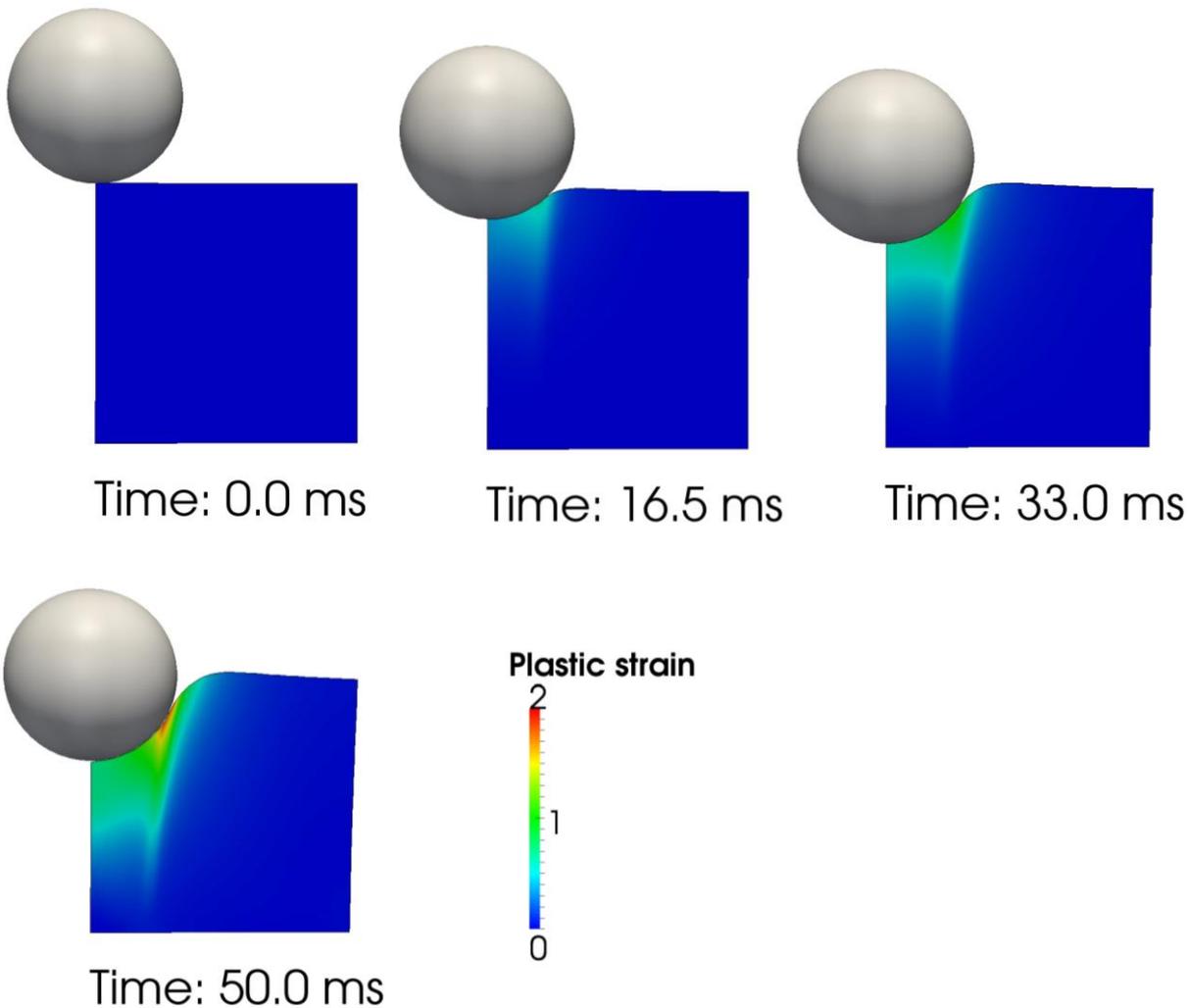
Le cas test est composé de deux jeux de données, *vl_jrc_inde10.epx* et *vl_jrc_inde10_post.exp*, séparant le calcul du post-traitement.

L'exécution des fichiers de post-traitement *rend.epx*, *rend_dnorm.epx* et *rend_fe.epx* est ignorée, car ils sont destinés à une version d'EPX utilisant la visualisation OpenGL interne, ce qui n'est pas le cas de la version concernée par ce document. Ils n'apportent aucune information de qualification supplémentaire.

Qualifications :

1/1

Illustrations



VL_JRC_INDE13

Description

Title:

Inde13: indentation problem, 3D non-axisymmetric solution.

Problem:

This problem was suggested by EDF as a check of the code capability to model a classical contact problem by the contact models available, in particular by the pinballs method. The ideal problem is a static one. A rigid spherical indenter is forced to penetrate into an elastic perfectly plastic half-space. The computed result is the resultant of the contact forces in the indentation direction as a function of time. An approximated analytical solution exists, due to Johnson.

Mesh:

The model is 3D non-axisymmetric and uses 9361 elements CUB8 for the piece (half-space represented by a square region of side equal to 3 times the indenter radius), and one PMAT element for the indenter.

Materials:

The VMIS PARF material is assigned to the piece, with zero plastic hardening. The MASS element is assigned to the indenter.

Boundary Conditions:

All nodes on the two planes of symmetry are blocked in the suitable direction. The base of the piece is blocked in all directions. Contact is represented by the pinball model. A single pinball with radius equivalent to that of the indenter is associated with the PMAT element. The region of the piece likely to come in contact is filled by parent pinballs with a hierarchy level of 4 to get accurate contact resolution.

Loading:

The indenter is pushed into the piece at constant imposed speed (linear displacement in time), until it reaches an indentation depth equal to the radius of the indenter.

Initial Conditions :

The indenter has an initial velocity equal to the imposed indentation velocity (to avoid an initial error in the energy balance).

Calculation:

The calculation is performed up to 50 ms. At the final time, the indenter has reached a depth equal to its radius.

Results:

The computed resultant contact force is in good agreement with the approximate analytical solution up to an indentation depth equal to approximately 1/2 of the indenter radius. For larger indentations, the analytical (linear) solution is no longer valid.

Post-treatment :

Several animations of the computed results from this calculation are available on the EUROPLEXUS Consortium Web site.

Références:

- 1) Indentation élasto-plastique d'un bloc par un indenteur sphérique élastique, N. Tardieu, B. Serre, Code_Aster, Manuel de Validation, Report V6.04.506, décembre 2002.
- 2) Validation of the EUROPLEXUS Pinball Impact-Contact Model on an Indentation Problem, F. Casadei, Technical Note, July 2007 (available on the EUROPLEXUS Consortium Web site).

Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

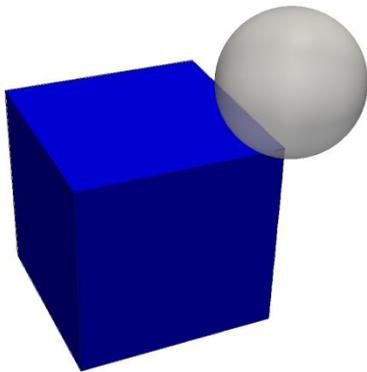
Remarque :

L'exécution des fichiers de post-traitement *pinb.epx*, *rend.epx*, *rend_dnorm.epx* et *rend_surf.epx* est ignorée, car ils sont destinés à une version d'EPX utilisant la visualisation OpenGL interne, ce qui n'est pas le cas de la version concernée par ce document. Ils n'apportent aucune information de qualification supplémentaire.

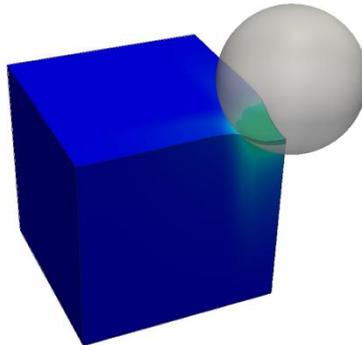
Qualifications :

Qualification manquante. Solution correcte par comparaison visuelle avec la référence 2D-axi (test vl_jrc_inde10).

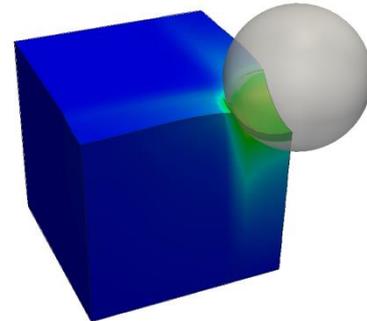
Illustrations



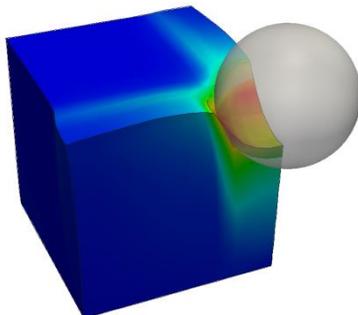
Time: 0.0 ms



Time: 16.5 ms



Time: 33.0 ms



Time: 50.0 ms

Plastic strain



VL_JRC_REAC05

Description

Title:

Reac05: propagation of steam explosion pressure waves in the secondary containment of a nuclear reactor. Similar to Stea05 but with reinforced concrete material model for the building.

Problem:

This problem was suggested by ISMES (I) in the early-nineties. It represents the effects of a steam or gas explosion on the secondary containment building of a nuclear reactor. The explosion takes place in a liquid water pool located immediately below the primary containment (reactor vessel) and produces strong pressure waves, which propagate across the atmosphere in the reactor building, interacting with its walls and with some schematized internal structures. The explosive products are schematized by a high-pressure gas.

Mesh:

The model is 2D axisymmetric and uses 24 elements FL23 and 957 elements FL24 to represent the fluid, and 88 shell elements ED01 for the building walls and internals. Shell elements are made of 5 layers each, 3 of which representing the concrete and 2 for the steel reinforcements. The calculation is ALE and starts with a hot and high-pressure steam bubble in the lower part of the building.

Materials:

The bottom of the building is assumed to be rigid, while the walls and internals, which are made of reinforced concrete material, are represented by the DPSF model, a Drucker-Prager constitutive law with softening and viscoplastic regularization, for the concrete, and by the VMSF (Von Mises elasto-plastic material with softening) for the steel reinforcement.

Boundary Conditions:

The fluid-structure interaction along the deformable building walls is automatically modeled by the FSA directive.

Loading:

The system is initially at rest, but not in equilibrium.

Calculation:

The calculation is performed up to 250 ms. This time is sufficient to see propagation of the pressure waves to the top of the building and several reflections.

Results:

Although no comparison with experiments can be done on this problem, the results appear physically correct.

Post-treatment :

Several animations of the computed results from this calculation are available on the EUROPLEXUS Consortium Web site.

References:

- 1) Simulation of a Gas Explosion in a Reactor Containment by PLEXIS-3C, F. Casadei, Technical Note N. I.93.148, November 1993.
- 2) Fast Transient Analysis of Thin Shell Reinforced Concrete Structures with Drucker-Prager Model, J.J. Lopez Cela, F. Casadei and P. Pegon, SMiRT-14 Conference, Lyon (F), August 17-22, 1997.

(both available on the EUROPLEXUS Consortium Web site).

Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

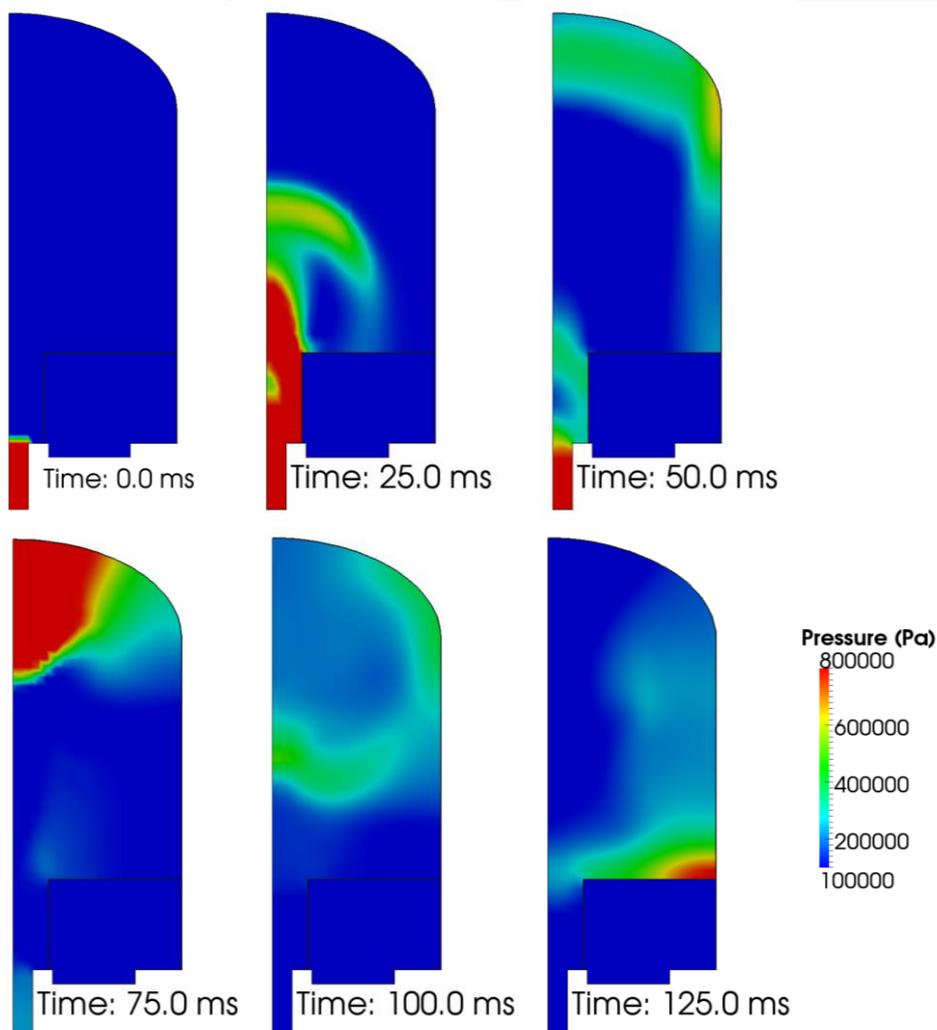
Remarque :

L'exécution des fichiers de post-traitement *vl_jrc_reac05_press.epx*, *vl_jrc_reac05_press_surf.epx*, *vl_jrc_reac05_stru.epx*, *vl_jrc_reac05_struv.epx* et *vl_jrc_reac05_velo.epx* est ignorée, car ils sont destinés à une version d'EPX utilisant la visualisation OpenGL interne, ce qui n'est pas le cas de la version concernée par ce document. Ils n'apportent aucune information de qualification supplémentaire.

Qualifications :

OK : 2/2

Illustrations



VL_JRC_STEA05

Description

Title:

Stea05: propagation of steam explosion pressure waves in the secondary containment of a nuclear reactor.

Problem:

This problem was suggested by ISMES (I) in the early-nineties. It represents the effects of a steam or gas explosion on the secondary containment building of a nuclear reactor. The explosion takes place in a liquid water pool located immediately below the primary containment (reactor vessel) and produces strong pressure waves, which propagate across the atmosphere in the reactor building, interacting with its walls and with some schematized internal structures. The explosive products are schematized by a high-pressure gas.

Mesh:

The model is 2D axisymmetric and uses 24 elements FL23 and 957 elements FL24 to represent the fluid, and 88 shell elements ED01 for the building walls and internals. The calculation is ALE and starts with a hot and high-pressure steam bubble in the lower part of the building.

Materials:

The bottom of the building is assumed to be rigid, while the walls and internals are represented as linear elastic, in the hypothesis that the reinforced concrete does not reach its yield limit.

Boundary Conditions:

The fluid-structure interaction along the deformable building walls is automatically modeled by the FSA directive.

Loading:

The system is initially at rest, but not in equilibrium.

Calculation:

The calculation is performed up to 250 ms. This time is sufficient to see propagation of the pressure waves to the top of the building and several reflections.

Results:

Although no comparison with experiments can be done on this problem, the results appear physically correct.

Post-treatment :

Several animations of the computed results from this calculation are available on the EUROPLEXUS Consortium Web site.

References:

- 1) Simulation of a Gas Explosion in a Reactor Containment by PLEXIS-3C, F. Casadei, Technical Note N. I.93.148, November 1993.
- 2) Fast Transient Analysis of Thin Shell Reinforced Concrete Structures with Drucker-Prager Model, J.J. Lopez Cela, F. Casadei and P. Pegon, SMiRT-14 Conference, Lyon (F), August 17-22, 1997.

(both available on the EUROPLEXUS Consortium Web site).

Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

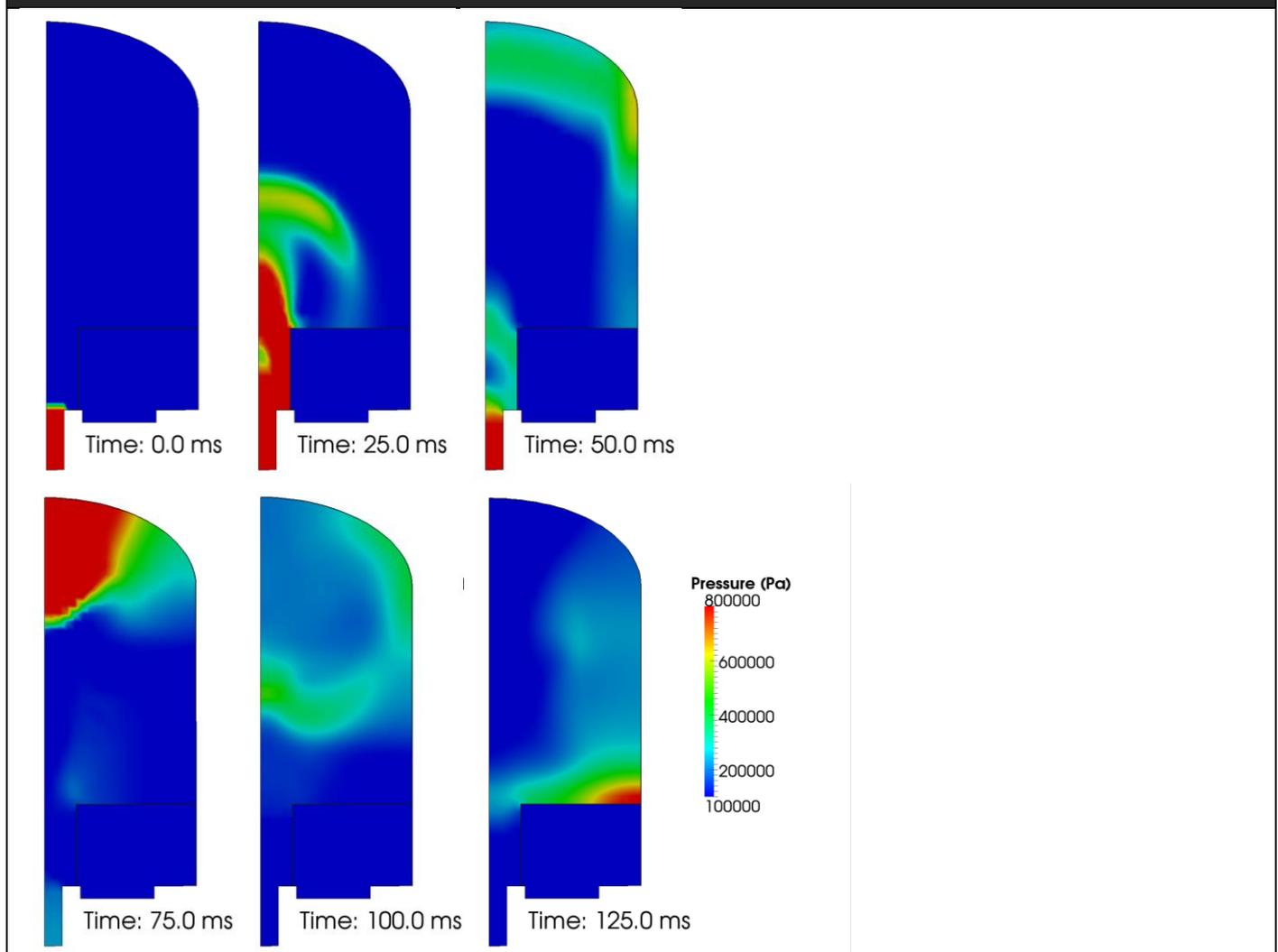
Remarque :

L'exécution des fichiers de post-traitement *vl_jrc_stea05_press.epx*, *vl_jrc_stea05_press_surf.epx*, *vl_jrc_stea05_stru.epx*, *vl_jrc_stea05_struv.epx* et *vl_jrc_stea05_velo.epx* est ignorée, car ils sont destinés à une version d'EPX utilisant la visualisation OpenGL interne, ce qui n'est pas le cas de la version concernée par ce document. Ils n'apportent aucune information de qualification supplémentaire.

Qualifications :

OK : 2/2

Illustrations



VL_JRC_TOWE02

Description*Title:*

Towe02: impact against a cooling tower

Problem:

This problem is a very schematic simulation of an impact against a cooling tower. The parabolic tower is 123.9 m high and has a ground diameter of 95.8 m, a minimum diameter of 65.72 m (at a height of 88.44 m) and a top diameter of 68.86 m. It is schematized (very roughly) by a shell of constant thickness, equal to 0.25 m, made of reinforced concrete. The geometry is axisymmetric, but the loading is not so the problem has to be treated in 3D. The applied load is a time-dependent pressure in a localized zone near the top, simulating an impact of a projectile or flying object. The base of the tower is assumed completely blocked and thanks to the presence of a vertical symmetry plane, only one half of the tower needs to be modeled.

Mesh:

The model is 3D and uses 800 triangular plate/shell elements COQI.

Materials:

The tower is made of reinforced concrete, modeled by the DPSF material for the concrete and VMSF for the steel reinforcement. The structure is composed of 5 layers, 3 of which being concrete and 2 reinforcements. The respective thickness fractions are 0.1, 0.0025, 0.795, 0.0025 and 0.1.

Boundary Conditions:

The tower is entirely blocked along the bottom basis. A symmetry plane is imposed.

Loading:

The system is initially at rest, and starting at the initial time a step-wise external pressure is applied onto a square region near the top of the tower, simulating the impact zone. The pressure stays constant for a duration of 500 ms, then goes linearly to 0 in 100 ms.

Calculation:

The calculation is performed up to 2000 ms. At the final time, the tower has undergone large plastifications in the impact zone and to some extent in the surrounding area.

Results:

Although no comparison with experiments can be done on this problem, the results appear physically correct.

Post-treatment:

Several animations of the computed results from this calculation are available on the EUROPLEXUS Consortium Web site.

References:

- 1) Fast Transient Analysis of Thin Shell Reinforced Concrete Structures with Drucker-Prager Model, J.J. Lopez Cela, F. Casadei and P. Pegon, SMiRT-14 Conference, Lyon (F), August 17-22, 1997.
- 2) Brittle Material Law with Drucker Prager Yield Surface and Softening Behaviour, J.J. Lopez Cela, P. Pegon, F. Casadei, Technical Note N. I.96.34, February 1996.
- 3) A Multilayer Formulation for Shell Elements in PLEXIS-3C, F. Casadei, J.J. Lopez Cela, Technical Note N. I.96.14, February 1996.

(all these documents are available on the EUROPLEXUS Consortium Web site).

Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

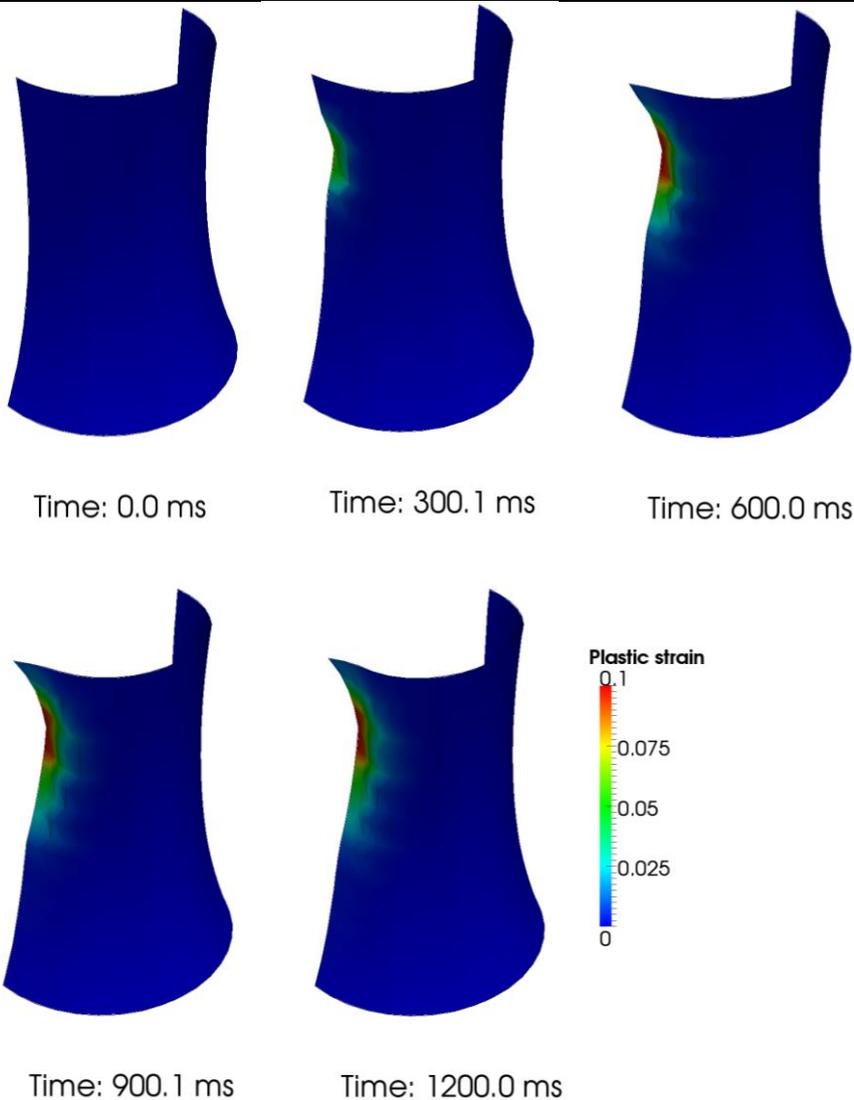
Remarque :

L'exécution des fichiers de post-traitement *vl_jrc_towe02_stru.epx*, *vl_jrc_towe02_struv.epx* et *vl_jrc_towe02_struv2.epx* est ignorée, car ils sont destinés à une version d'EPX utilisant la visualisation OpenGL interne, ce qui n'est pas le cas de la version concernée par ce document. Ils n'apportent aucune information de qualification supplémentaire.

Qualifications :

OK : 2/2

Illustrations



VL_JRC_WOCO2D

Description*Title:*

Woco2d: the well-known Woodward-Colella test in 2D, revisited by using a deformable structure (FSI).
Supersonic flow over a forward-facing deformable step.

Problem:

This is the well-known Woodward-Colella problem, a benchmark used to validate CFD codes. A channel is filled by gas flowing at Mach 3, initially in uniform conditions. The channel is 3 m long, 1 m high and 0.4 m wide (but the problem may be considered as 2-D plane). A deformable step is introduced at time 0 at 0.6 m downstream from the channel inlet. The step is 0.2 m high and its thickness and material law are chosen so as to undergo relatively large deformations during the transient solution. An ALE calculation with fluid-structure interaction is performed. Mesh rezoning is done automatically by Giuliani's algorithm.

Mesh:

The model is 2D plane deformation and uses 8064 MC34 triangular finite volumes (4193 nodes) for the fluid domain, and 104 beam/shell elements for the step.

Materials:

The step is made of elasto-plastic metallic material (VM23), while the fluid is a mixture of perfect gases (MCGP). A special MCFP material is used to model the inlet and outlet conditions (far field).

Boundary Conditions:

The step is entirely blocked at the outlet, and blocked in the vertical direction only in the front tip. At the inlet and outlet suitable boundary conditions are prescribed in the fluid. The boundary conditions at the channel inlet also correspond to the initial conditions. The same boundary conditions are assumed at the channel outlet, although they will not be taken into consideration by the numerical scheme, since they correspond to a supersonic outlet where all the characteristic lines leave the computational domain.

Loading:

The system is initially at rest, but not in equilibrium since the pressure in the fluid will tend to deform the step, which is disturbing the initially uniform flow field.

Calculation:

The calculation is performed up to 3.5 ms. At the final time, the shock detached from the step has hit the upper part of the channel being reflected again towards the downstream portion of the step.

Results:

These reference results have been found in good agreement with those reported in the literature for the case with rigid step.

Post-treatment :

Several animations of the computed results from this calculation are available on the EUROPLEXUS Consortium Web site.

References:

- 1) The numerical simulation of Two-Dimensional Fluid Flow with Strong Shocks, P. Woodward and P. Colella, J. Comp. Phys., 54, pp. 115-173 (1984).
- 2) Modelling of Arbitrary Lagrangian-Eulerian Multicomponent Flow with Fluid-Structure Interaction in PLEXIS-3C, A. Soria, F. Casadei, Special Publication N. I.95.01, Jan. 1995.
- 3) Arbitrary Lagrangian-Eulerian Multicomponent Compressible Flow with Fluid-Structure Interaction, A. Soria, F. Casadei, International Journal for Numerical Methods in Fluids, Vol. 25, pp. 1263--1284, December 1997.
(last two are available in the EUROPLEXUS Consortium Web site)

Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

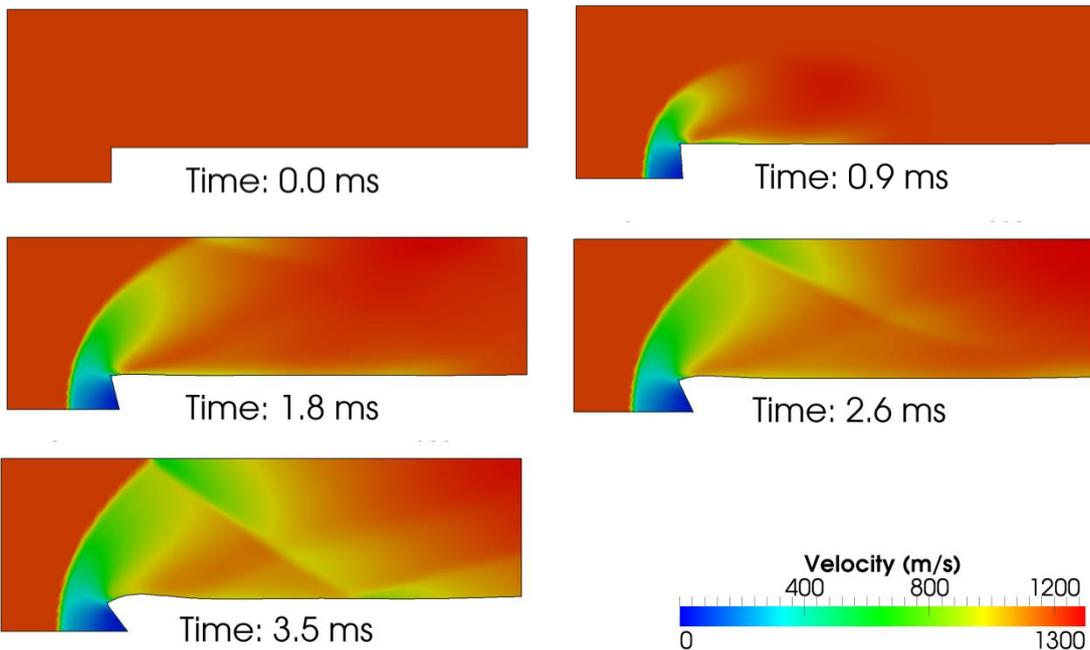
Remarque :

L'exécution des fichiers de post-traitement *vl_jrc_woco2d_rezo.epx* et *vl_jrc_woco2dc.epx* est ignorée, car ils sont destinés à une version d'EPX utilisant la visualisation OpenGL interne, ce qui n'est pas le cas de la version concernée par ce document. Ils n'apportent aucune information de qualification supplémentaire.

Qualifications :

OK : 8/8

Illustrations



VL_JRC_WOCO3D

Description*Title:*

Woco3d: the well-known Woodward-Colella test in 3D, revisited by using a deformable structure (FSI).
Supersonic flow over a forward-facing deformable step.

Problem:

This is the well-known Woodward-Colella problem, a benchmark used to validate CFD codes. A channel is filled by gas flowing at Mach 3, initially in uniform conditions. The channel is 3 m long, 1 m high and 0.4 m wide (but the problem may be considered as 2-D plane). A deformable step is introduced at time 0 at 0.6 m downstream from the channel inlet. The step is 0.2 m high and its thickness and material law are chosen so as to undergo relatively large deformations during the transient solution. An ALE calculation with fluid-structure interaction is performed. Mesh rezoning is done automatically by Giuliani's algorithm.

Mesh:

The model is 3D and uses 8064 MC36 triangular prism finite volumes (8386 nodes) for the fluid domain, and 104 beam/shell elements Q4GS for the step.

Materials:

The step is made of elasto-plastic metallic material (VM23), while the fluid is a mixture of perfect gases (MCGP). A special MCFP material is used to model the inlet and outlet conditions (far field).

Boundary Conditions:

The step is entirely blocked at the outlet, and blocked in the vertical direction only in the front tip. At the inlet and outlet suitable boundary conditions are prescribed in the fluid. The boundary conditions at the channel inlet also correspond to the initial conditions. The same boundary conditions are assumed at the channel outlet, although they will not be taken into consideration by the numerical scheme, since they correspond to a supersonic outlet where all the characteristic lines leave the computational domain.

Loading:

The system is initially at rest, but not in equilibrium since the pressure in the fluid will tend to deform the step, which is disturbing the initially uniform flow field.

Calculation:

The calculation is performed up to 3.5 ms. At the final time, the shock detached from the step has hit the upper part of the channel being reflected again towards the downstream portion of the step.

Results:

These reference results have been found in good agreement with those reported in the literature for the case with rigid step.

Post-treatment :

Several animations of the computed results from this calculation are available on the EUROPLEXUS Consortium Web site.

References:

- 1) The numerical simulation of Two-Dimensional Fluid Flow with Strong Shocks, P. Woodward and P. Colella, J. Comp. Phys., 54, pp. 115-173 (1984).
- 2) Modelling of Arbitrary Lagrangian-Eulerian Multicomponent Flow with Fluid-Structure Interaction in PLEXIS-3C, A. Soria, F. Casadei, Special Publication N. I.95.01, Jan. 1995.
- 3) Arbitrary Lagrangian-Eulerian Multicomponent Compressible Flow with Fluid-Structure Interaction, A. Soria, F. Casadei, International Journal for Numerical Methods in Fluids, Vol. 25, pp. 1263--1284, December 1997.
(last two are available in the EUROPLEXUS Consortium Web site)

Exécution

Modifications du(des) jeu(x) de données : aucune.

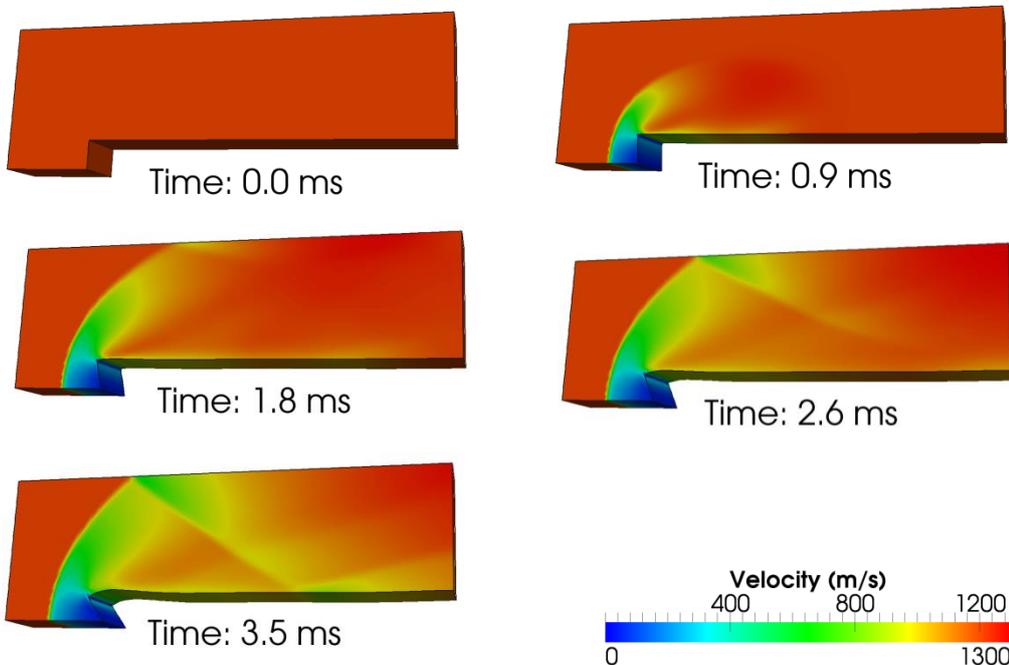
Remarque :

L'exécution des fichiers de post-traitement *vl_jrc_woco3d_rezo.epx* et *vl_jrc_woco3dc.epx* est ignorée, car ils sont destinés à une version d'EPX utilisant la visualisation OpenGL interne, ce qui n'est pas le cas de la version concernée par ce document. Ils n'apportent aucune information de qualification supplémentaire.

Qualifications :

OK : 8/8

Illustrations



Exécution parallèle MPI des tests de validation

On donne dans cette section l'évaluation des tests de validation avec la version parallèle à mémoire distribuée d'EPX. Les tests de validation qui ne sont pas fonctionnels car demandant des formulations indisponibles dans ce contexte ne sont pas pris en compte dans cette procédure de validation.

Pour chaque test retenu, les jeux de données à passer avec la version parallèle d'EPX présentent le préfixe MPI_ devant le nom du test.

Les résultats sont donnés pour la version Intel MPI sur 4 processus parallèles.

Ajustement des jeux de données pour l'exécution parallèle

Pour l'exécution parallèle des tests de validation il faut effectuer dans certains cas des modifications :

1. Remplacer le mot clé LIAISON par LINK ;
2. Remplacer le mot clé LIAI dans l'option DIME par LCOF ;
3. Séparer le calcul et le post-traitement dans deux jeux de données différents ;
4. Faire un jeu de données pour chaque calcul ;
5. Tourner un seul cas test à la fois.

Récapitulatif du passage des tests pour 4 processus MPI

Nom du test	Nb valeurs de qualif.	Nb valeurs OK	Nb valeurs no OK	Indice
<i>vl_cea_auto_contact</i>	2	2	0	0
<i>vl_cea_coude_pression</i>	6	6	0	0
<i>vl_cea_dadc_arrach</i>	5	5	0	0
<i>vl_cea_dadc_poutre</i>	N/A	N/A	N/A	0
<i>vl_cea_debcrit</i>	25	25	0	0
<i>vl_cea_jwls_2d</i>	10	10	0	0
<i>vl_cea_mara2</i>	16	16	0	0
<i>vl_cea_phi2as_treillis</i>	3	3	0	0
<i>vl_cea_rur3_air</i>	2	2	0	0
<i>vl_cea_tchoc_123d</i>	68	68	0	0
<i>vl_cea_visco</i>	2	2	0	0
<i>vl_edf_eldi_feshell</i>	6	6	0	0
<i>vl_edf_impact_2bars</i>	4	4	0	0
<i>vl_jrc_hopbarur</i>	6	6	0	0
<i>vl_jrc_inde10</i>	1	1	0	0
<i>vl_jrc_inde13</i>	N/A	N/A	N/A	0

Traçabilité

	Note Technique DEN		Page 2/76
	Réf. : SEMT/DYN/NT/2019-65683		
	Date : 12/11/2019	Index : A	
Programme EUROPLEXUS – Version de Production 2020.0 – Rapport de vérification et validation			

NIVEAU DE CONFIDENTIALITE				
DO	DR	CCEA	CD	SD
X				

PARTENAIRES/CLIENTS	ACCORD	TYPE D'ACTION
SO	SO	SO

REFERENCES INTERNES CEA			
DIRECTION D'OBJECTIFS	DOMAINE	PROJET	EOTP
DISN	Simulation	MECAN	A-MECAN-03-01
JALON	INTITULE DU JALON	DELAI CONTRACTUEL DE CONFIDENTIALITE	CAHIERS DE LABORATOIRE
JALON COB DISN/DANS 30/11/2019	Livraison de la Version de Production 2020.0 du logiciel EUROPLEXUS	SO	SO

SUIVI DES VERSIONS			
INDICE	DATE	NATURE DE L'EVOLUTION	PAGES ET CHAPITRES MODIFIES
A	12/11/2019	Document initial	

	NOM	FONCTION	VISAS	DATES
REDACTEUR(S)	N. LE LONG	Ingénieur-chercheur		12/11/19
VERIFICATEUR(S)	F. BLIARD	Ingénieur-chercheur		12/11/2019
AUTRE(S) VISA(S)				
APPROBATEUR	C. GAUTHIER	Chef de Laboratoire		18/11/19
EMETTEUR	V. VANDENBERGHE	Chef de Service		21/11/19

Document propriété du CEA – Reproduction et diffusion externes au CEA soumises à l'autorisation de l'émetteur