SDNV100 - Impact d'une poutre sur une paroi rigide

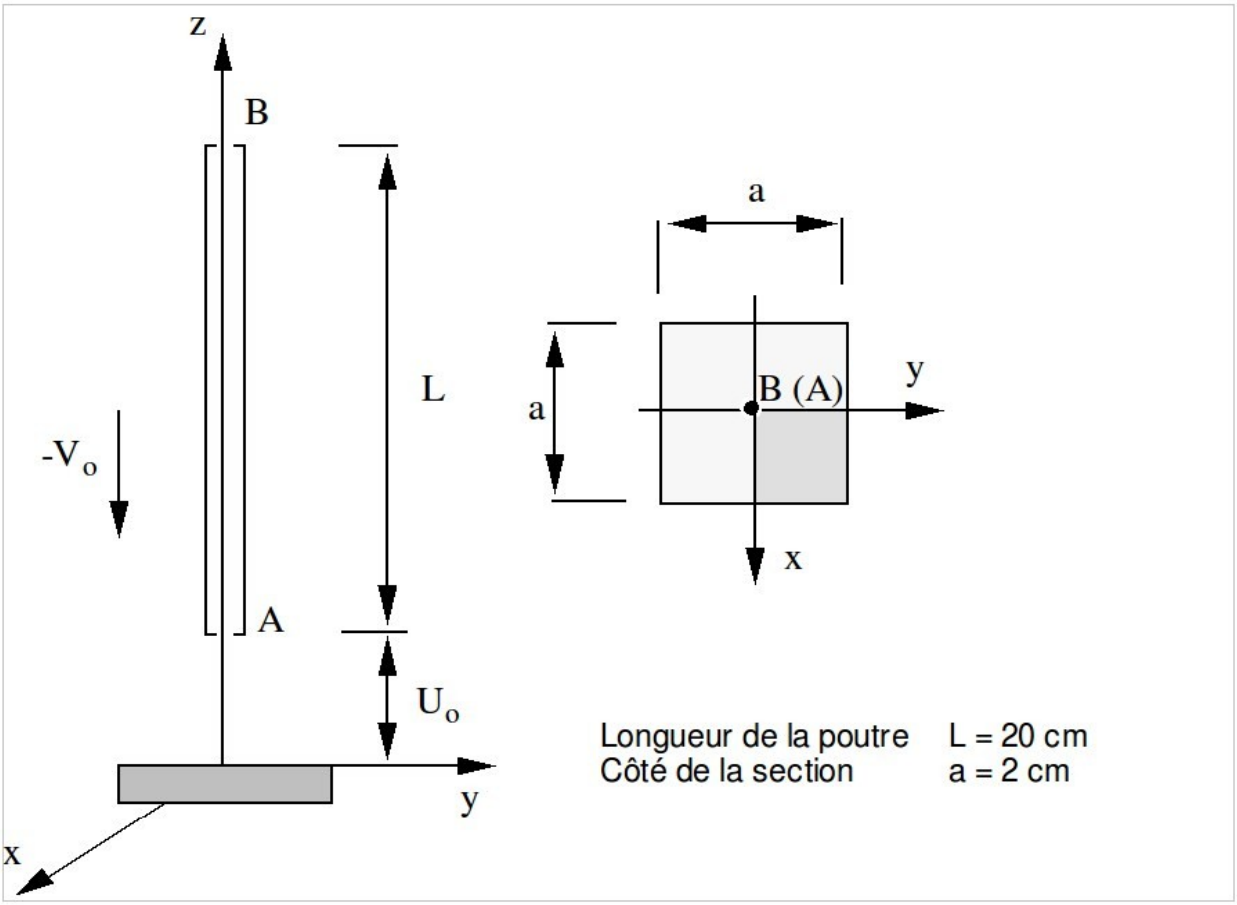
Résumé

Ce problème correspond à une analyse transitoire directe d'un système non-linéaire modélisé en éléments volumiques. Une première structure élancée (poutre) de section carrée est animée d'une vitesse initiale et vient heurter une paroi rigide. La non-linéarité vient des conditions de contact entre la structure et la paroi.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



1.2 Propriétés de matériaux

Poutre :	module d'Young :	$E=2.10^{11}\,Pa$
	coefficient de Poisson :	$\nu=0.3$
	masse volumique :	$\rho=8000\,kg/m^3$
Contact :	coefficients de pénalisation :	$E_n=10^{14}\,Pa$
		$E_t=0$
	coefficient de Coulomb :	$\mu=0$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Le problème est unidirectionnel selon z.
On considère un quart de la poutre avec les conditions de symétrie : on bloque les déplacements selon x sur le plan $x=0$ et les déplacements selon y sur le plan $y=0$.

1.4 Conditions initiales

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

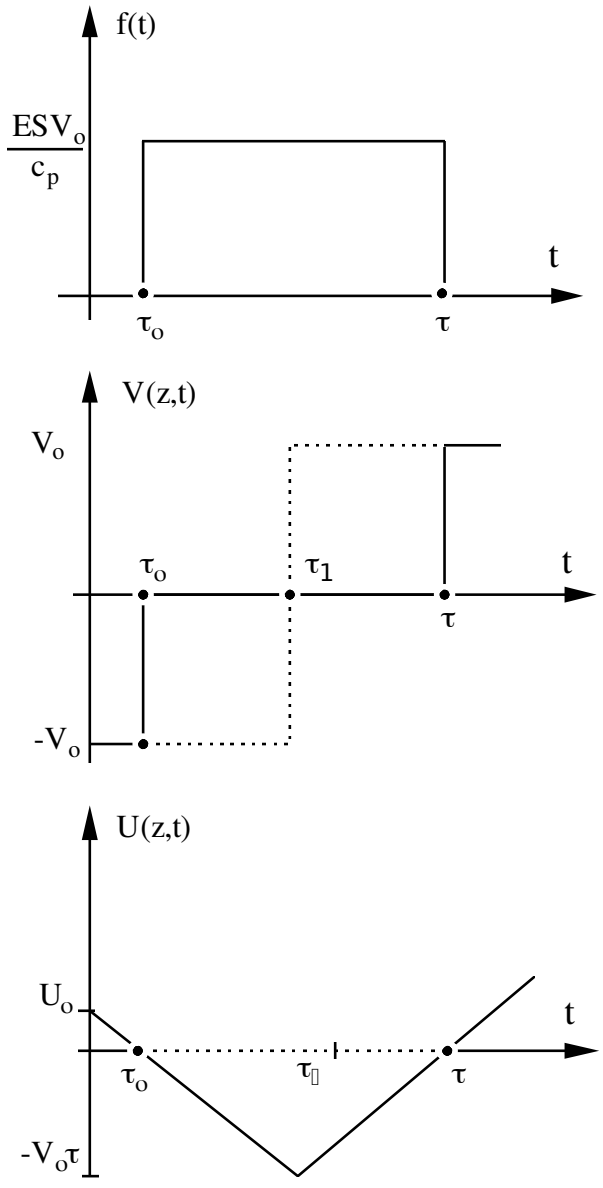
A tous les nœuds de la maille de la poutre sont imposés selon l'axe z :

- le déplacement initial : $u_0 = 2\,mm$
- la vitesse initiale : $v_0 = -100\,m/s$

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

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence



$f(t)$ force de contact en A ;

$V(z,t)$ vitesse ;

$U(z,t)$ déplacement ;

$\tau_0 = \frac{U_0}{V_0}$;

$\tau_1 = \tau_0 + \frac{L}{c_p}$;

$\tau - \tau_0 = \frac{2L}{c_p}$ durée de choc;

$c_p = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}}$;

$S = a^2$ section .

..... pour point A

——— pour point B

2.2 Résultats de référence

2.3 Références bibliographiques

1) R.J. GIBERT, "Vibrations des structures", École d'été d'analyse numérique, 1988, (Edition EYROLLES).

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Discrétisation 3D de la poutre avec l'élément HEXA8. Le contact poutre-paroi est modélisé par DEFI_CONTACT avec la méthode de pénalisation.

Les conditions initiales et les conditions aux limites sont imposées par l'intermédiaire de groupes de nœuds :

PAROI	(encastrement des nœuds inférieurs de l'élément de contact)
PLANSYMX	(conditions de symétrie selon x)
PLANSYMY	(conditions de symétrie selon y)
NOBARRE	(déplacements et vitesses initiaux).

Les paramètres du schéma de NEWMARK sont :

```
ALPHA = 0.28
DELTA = 0.55
```

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 88
Nombre de mailles et types : 21 HEXA8

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

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Type	Précision
DZ au point A $t=2.0\times10^{-5}s$	–2.0e–3	ANALYTIQUE	0.1 %
DZ au point A $t=4.0\times10^{-5}s$	–2.0e–3	ANALYTIQUE	1.5 %
DZ au point A $t=1.0\times10^{-4}s$	–2.0e–3	ANALYTIQUE	0.7 %
DZ au point B $t=2.0\times10^{-5}s$	–2.0e–3	ANALYTIQUE	0.1 %
DZ au point B $t=4.0\times10^{-5}s$	–4.0e–3	ANALYTIQUE	0.1 %
DZ au point B $t=1.2\times10^{-4}s$	0	ANALYTIQUE	1.E-4
VZ au point A $t=2.0\times10^{-5}s$	–1.0e+2	ANALYTIQUE	0.1 %
VZ au point A $t=1.0\times10^{-4}s$	0	ANALYTIQUE	5.22
VZ au point A $t=1.2\times10^{-4}s$	+1.0e+2	ANALYTIQUE	0.1 %
VZ au point A $t=1.3\times10^{-4}s$	+1.0e+2	ANALYTIQUE	0.1 %
VZ au point B $t=2.0\times10^{-5}s$	–1.0e+2	ANALYTIQUE	0.1 %
VZ au point B $t=4.0\times10^{-5}s$	+1.0e+2	ANALYTIQUE	0.1 %
VZ au point B $t=1.2\times10^{-4}s$	+1.0e+2	ANALYTIQUE	0.1 %

Identification	Référence	Type	Précision
Intégrale de la vitesse entre τ_0 et τ_1 au point A	0	ANALYTIQUE	0.17

	Instant (s)	Référence	Type	Précision
ENER_CIN	$t=1.4e-4s$	-	NON_REGRESSION	-
ENER_TOT	$t=1.4e-4s$	-	NON_REGRESSION	-
TRAV_LIAI	$t=1.4e-4s$	-	NON_REGRESSION	-
DISS_SCH	$t=1.4e-4s$	-	NON_REGRESSION	-
Énergie cinétique	$t=0s$	3200 J	ANALYTIQUE	0.1 %
Énergie potentielle	$t=1.4e-4s$	-	NON_REGRESSION	-

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

5 Modélisation B

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Discrétisation 3D de la poutre avec l'élément HEXA8. Le contact poutre-paroi est modélisé par DEFI_CONTACT avec la méthode des contraintes actives.

Les conditions initiales et les conditions aux limites sont imposées par l'intermédiaire de groupes de nœuds :

PAROI	(encastrement des nœuds inférieurs de l'élément de contact)
PLANSYMX	(conditions de symétrie selon x)
PLANSYMY	(conditions de symétrie selon y)
NOBARRE	(déplacements et vitesses initiaux).

Les paramètres du schéma de NEWMARK sont :

```
ALPHA = 0.28
DELTA = 0.55
```

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 88
Nombre de mailles et types : 21 HEXA8

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

6 Résultats de la modélisation B

6.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Type	Précision
DZ au point A $t=2.0\times10^{-5}s$	–2.0e–3	ANALYTIQUE	0.1 %
DZ au point A $t=1.0\times10^{-4}s$	–2.0e–3	ANALYTIQUE	0.7 %
DZ au point B $t=2.0\times10^{-5}s$	–2.0e–3	ANALYTIQUE	0.1 %
DZ au point B $t=4.0\times10^{-5}s$	–4.0e–3	ANALYTIQUE	0.1 %
DZ au point B $t=1.2\times10^{-4}s$	0	ANALYTIQUE	3.E-7

Identification	Référence	Type	Précision
Intégrale de la vitesse entre τ_0 et τ_1 au point A	0	ANALYTIQUE	0.004

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

7 Modélisation C

7.1 Caractéristiques de la modélisation

Discrétisation 3D de la poutre avec l'élément HEXA8. Le contact poutre-paroi est modélisé par DEFI_CONTACT avec la formulation continue en Lagrangien augmenté.

Les conditions initiales et les conditions aux limites sont imposées par l'intermédiaire de groupes de nœuds :

PAROI	(encastrement des nœuds inférieurs de l'élément de contact)
PLANSYMX	(conditions de symétrie selon x)
PLANSYMY	(conditions de symétrie selon y)
NOBARRE	(déplacements et vitesses initiaux).

Les paramètres du schéma de NEWMARK sont :

```
ALPHA = 0.28
DELTA = 0.55
```

7.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 88
Nombre de mailles et types : 21 HEXA8

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

8 Résultats de la modélisation C

8.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Type	Précision
DZ au point A $t=4.0\times10^{-5}s$	–2.0e–3	ANALYTIQUE	0.1 %
DZ au point A $t=1.0\times10^{-4}s$	–2.0e–3	ANALYTIQUE	0.1 %
DZ au point B $t=2.0\times10^{-5}s$	–2.0e–3	ANALYTIQUE	0.1 %
DZ au point B $t=8.0\times10^{-5}s$	–4.0e–3	ANALYTIQUE	0.5 %
DZ au point B $t=1.2\times10^{-4}s$	0	ANALYTIQUE	3.E-7

Identification	Référence	Type	Précision
Intégrale de la vitesse entre τ_0 et τ_1 au point A	0	ANALYTIQUE	0.004

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

9 Modélisation F

9.1 Caractéristiques de la modélisation

Discrétisation 3D de la poutre avec l'élément HEXA8. Le contact poutre-paroi est modélisé par DIS_CHOC en dynamique explicite (avec matrice de masse consistante et matrice de masse lumpée).

Les conditions initiales et les conditions aux limites sont imposées par l'intermédiaire de groupes de nœuds :

PAROI	(encastrement des nœuds inférieurs de l'élément de contact)
PLANSYMX	(conditions de symétrie selon x)
PLANSYMY	(conditions de symétrie selon y)
NOBARRE	(déplacements et vitesses initiaux).

9.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 88
Nombre de mailles et types : 21 HEXA8

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

10 Résultats de la modélisation F

10.1 Valeurs testées pour la matrice masse consistante

Identification	Référence	Type	Précision
DZ au point A $t=1.0\times10^{-5}s$	1.0e–3	ANALYTIQUE	0.1 %
DZ au point A $t=2.4\times10^{-5}s$	–4.0e–4	ANALYTIQUE	0.1 %
DZ au point A $t=8.0\times10^{-5}s$	–8.0e–4	ANALYTIQUE	2.8 %
DZ au point A $t=1.2\times10^{-4}s$	2.0e–3	ANALYTIQUE	4.3 %
VZ au point A $t=1.2\times10^{-4}s$	–100	ANALYTIQUE	3.7 %

	Instant (s)	Référence	Type	Précision
Énergie cinétique	$t=1.0$e-6s	800 J	ANALYTIQUE	0.1 %
Énergie cinétique	$t=1.2$e-4s	800 J	ANALYTIQUE	0.1 %

10.2 Valeurs testées pour la matrice masse lumpée

Identification	Référence	Type	Précision
DZ au point A $t=1.0\times10^{-5}s$	1.0e–3	ANALYTIQUE	0.1 %
DZ au point A $t=2.4\times10^{-5}s$	–4.0e–4	ANALYTIQUE	0.1 %
DZ au point A $t=8.0\times10^{-5}s$	–8.0e–4	ANALYTIQUE	2.0 %
DZ au point A $t=1.2\times10^{-4}s$	2.0e–3	ANALYTIQUE	7.9 %
VZ au point A $t=1.2\times10^{-4}s$	–100	ANALYTIQUE	30 %

	Instant (s)	Référence	Type	Précision
Énergie cinétique	$t=1.0$e-6s	800 J	ANALYTIQUE	0.1 %
Énergie cinétique	$t=1.2$e-4s	800 J	ANALYTIQUE	3.0 %

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

11 Modélisation H

11.1 Caractéristiques de la modélisation

Discrétisation 3D de la poutre avec l'élément HEXA8. Le contact poutre-paroi est modélisé par DEFI_CONTACT avec la méthode GCP.

Les conditions initiales et les conditions aux limites sont imposées par l'intermédiaire de groupes de nœuds :

PAROI	(encastrement des nœuds inférieurs de l'élément de contact)
PLANSYMX	(conditions de symétrie selon x)
PLANSYMY	(conditions de symétrie selon y)
NOBARRE	(déplacements et vitesses initiaux).

11.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 88
Nombre de mailles et types : 21 HEXA8

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

12 Résultats de la modélisation H

Identification	Référence	Type	Précision
DZ au point A $t=2.0\times10^{-5}s$	–2.0e–3	ANALYTIQUE	0.1 %
DZ au point A $t=1.0\times10^{-4}s$	–2.0e–3	ANALYTIQUE	0.1 %
DZ au point B $t=2.0\times10^{-5}s$	–2.0e–3	ANALYTIQUE	0.1 %
DZ au point B $t=4.0\times10^{-5}s$	–4.0e–3	ANALYTIQUE	0.1 %
DZ au point B $t=1.2\times10^{-4}s$	0	ANALYTIQUE	<1E-6

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

13 Modélisation F

13.1 Caractéristiques de la modélisation

Discrétisation 3D de la poutre avec l'élément HEXA8. Le contact poutre-paroi est modélisé par DIS_CHOC en dynamique explicite (avec matrice de masse consistante et matrice de masse lumpée).

Les conditions initiales et les conditions aux limites sont imposées par l'intermédiaire de groupes de nœuds :

PAROI	(encastrement des nœuds inférieurs de l'élément de contact)
PLANSYMX	(conditions de symétrie selon x)
PLANSYMY	(conditions de symétrie selon y)
NOBARRE	(déplacements et vitesses initiaux).

13.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 88
Nombre de mailles et types : 21 HEXA8

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

14 Résultats de la modélisation F

14.1 Valeurs testées pour la matrice masse consistante

Identification	Référence	Type	Précision
DZ au point A $t=1.0\times10^{-5}s$	1.0e–3	ANALYTIQUE	0.1 %
DZ au point A $t=2.4\times10^{-5}s$	–4.0e–4	ANALYTIQUE	0.1 %
DZ au point A $t=8.0\times10^{-5}s$	–8.0e–4	ANALYTIQUE	2.8 %
DZ au point A $t=1.2\times10^{-4}s$	2.0e–3	ANALYTIQUE	4.3 %
VZ au point A $t=1.2\times10^{-4}s$	–100	ANALYTIQUE	3.7 %

	Instant (s)	Référence	Type	Précision
Énergie cinétique	$t=1.0$e-6s	800 J	ANALYTIQUE	0.1 %
Énergie cinétique	$t=1.2$e-4s	800 J	ANALYTIQUE	0.1 %

14.2 Valeurs testées pour la matrice masse lumpée

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

15 Modélisation J

15.1 Caractéristiques de la modélisation

Discrétisation 3D de la poutre avec l'élément HEXA8. Le contact poutre-paroi est modélisé par DIS_CHOC en dynamique explicite.
Ce test valide la macro-commande MACRO_BASCULE_SCHEMA .

Les conditions initiales et les conditions aux limites sont imposées par l'intermédiaire de groupes de nœuds :

PAROI	(encastrement des nœuds inférieurs de l'élément de contact)
PLANSYMX	(conditions de symétrie selon x)
PLANSYMY	(conditions de symétrie selon y)
NOBARRE	(déplacements et vitesses initiaux).

15.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 88
Nombre de mailles et types : 21 HEXA8

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

16 Résultats de la modélisation J

Identification	Référence	Type	Précision
DZ au point A $t=1.0\times10^{-5}s$	1.0e–3	ANALYTIQUE	0.1 %
DZ au point A $t=2.4\times10^{-5}s$	–4.0e–4	ANALYTIQUE	0.1 %
DZ au point A $t=8.0\times10^{-5}s$	–8.0e–4	ANALYTIQUE	3.0 %
DZ au point A $t=1.2\times10^{-4}s$	2.0e–3	ANALYTIQUE	15.3 %
VZ au point A $t=1.2\times10^{-4}s$	–100	ANALYTIQUE	0.08 %

	Instant (s)	Référence	Type	Précision
Énergie cinétique	$t=1.0$e-6s	800 J	ANALYTIQUE	0.1 %
Énergie cinétique	$t=1.2$e-4s	800 J	ANALYTIQUE	2.4 %

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

17 Synthèse des résultats

La précision du calcul est relativement moyenne ce qui est dû au choix des coefficients de pénalisation utilisés pour modéliser le contact. L'augmentation de la raideur de contact améliore considérablement le champ de déplacement mais engendre les oscillations importantes du champ de vitesse autour de la solution analytique.

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