

SDNL140 – Vibration amortie de deux poutres en contact-frottant

Résumé :

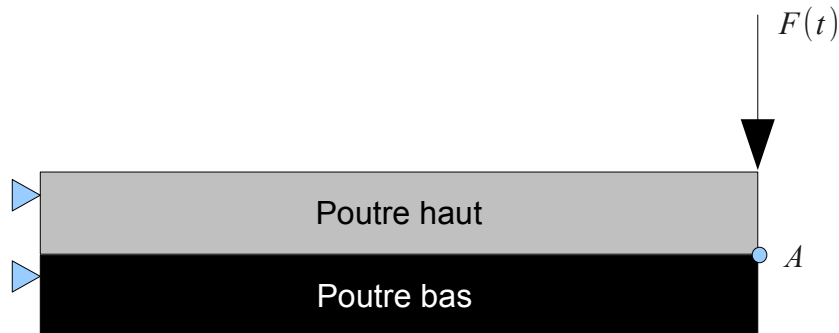
Ce test modélise la réponse vibratoire non linéaire de deux poutres en contact-frottant, soumises à l'effet d'une force concentrée à une des extrémités de la poutre. Le but ultime est de valider la commande `DYNA_NON_LINE` avec un comportement élastique linéaire et du contact-frottement avec `DEFI_CONTACT`. La solution de référence n'est pas analytique mais issue d'un calcul éléments finis avec une méthode de pénalisation pour le contact et un schéma explicite.

Les modélisations proposées dépendent des schémas de différences finies en temps et de la discrétisation spatiale.

- **Modélisations A** : maillage linéaire avec des `TETRA4` et schéma de `HHT` (implicite). Dans cette modélisation, on teste la solution de référence comme une `SOURCE_EXTERNE` avec un algorithme de Newton généralisé. On teste aussi différents algorithmes de Code_Aster (`POINT_FIXE`, `NEWTON_PARTIEL`, `GCP`, `PENALISEE`) comme des solutions `AUTRE_ASTER`.
- **Modélisations B** : maillage quadratique avec des `TETRA10` et schéma de `HHT` (implicite). On teste les algorithmes de Code_Aster Newton généralisé, Newton partiel comme des solutions `AUTRE_ASTER`.
- **Modélisations C** : maillage linéaire avec des `HEXA8` et schéma de `HHT` (implicite). On teste les algorithmes de Code_Aster Newton généralisé, Newton partiel comme des solutions `AUTRE_ASTER`.
- **Modélisations D** : maillage quadratique `HEXA27` et schéma de `HHT` (implicite). On teste les algorithmes de Code_Aster Newton généralisé, Newton partiel comme des solutions `AUTRE_ASTER`.
- **Modélisations E** : maillage linéaire `HEXA8` et schéma de `NEWMARK` (implicite). On teste les algorithmes de Code_Aster Newton généralisé, Newton partiel comme des solutions `AUTRE_ASTER`.
- **Modélisations F** : maillage linéaire avec des `QUAD4` et schéma de `HHT` (implicite). On teste les algorithmes de Code_Aster Newton généralisé, Newton partiel comme des solutions `AUTRE_ASTER`.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Les coordonnées des points sont données en mètres (m):

Longueur	1
Hauteur	0,1

1.2 Propriétés de matériaux

Le matériau a un comportement élastique isotrope :

Module d'Young	200GPa
Coefficient de Poisson	0,0
Masse volumique	7800kg/m ³
Coefficient de frottement	0,2

1.3 Conditions aux limites et chargements

Initialement, les deux poutres sont au repos et non déformées. L'évolution dynamique des deux structures est telle que : en $X=0$, les deux poutres sont encastées et en $X=L$, la poutre du bas est libre tandis que la poutre du haut est soumise à une impulsion de « Heaviside » (Force concentrée constante dans le temps).

Les deux surfaces sont initialement en contact. De plus, on a fait le choix de rendre ces deux surfaces de contact compatibles initialement.

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

La solution de référence est tirée de [bib1]. Il s'agit d'un calcul éléments fini avec une méthode de pénalisation et un schéma en temps explicite de différence centrée. Le maillage ainsi que le résultat du calcul de référence sont présentés ci-dessous.

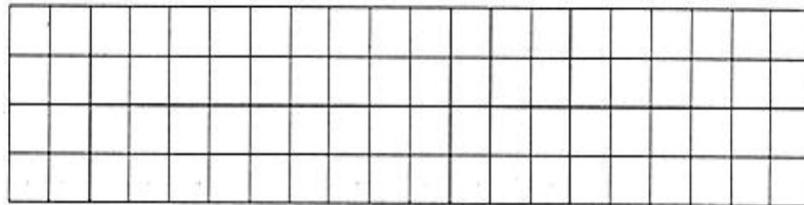


Figure : Maillage élément fini du calcul de référence (Extrait de [bib1]).

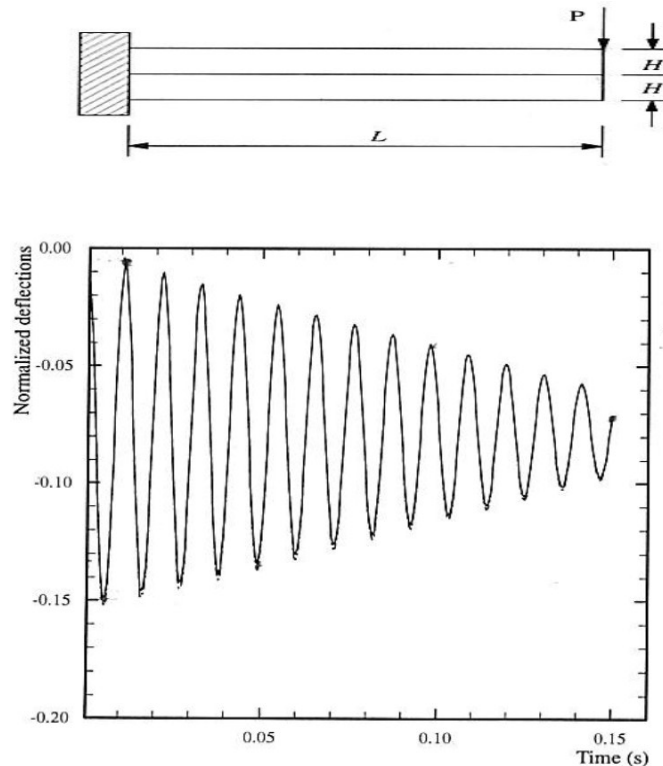


Figure : Solution en déplacement vertical du calcul de référence (Extrait de [bib1]).

On voit bien que la solution est amortie dans le temps. L'amortissement est fortement lié aux paramètres de liaisons (impact, frottement, réactions aux appuis)

2.2 Incertitude sur la solution

Tous les paramètres numériques de la solution de référence n'étant pas connu, on peut s'attendre à des différences entre la solution `SOURCE_EXTERNE` et la solution du code. On s'intéressera plutôt aux ordres de grandeurs.

Dans certaines modélisations, on cherche à comparer les résultats de différents algorithmes et schémas. Pour ce faire, on fait le même calcul avec `DYNA_NON_LINE` en changeant uniquement la définition du contact suivant l'algorithme ou la définition du schéma en temps. Puis on crée, à partir

de CREA_CHAMP, une structure de type EVOL_NOLI représentant la différence de résultats entre deux algorithmes/schémas. Enfin, on teste si les résultats des deux algorithmes/schémas sont les mêmes en un nœud.

2.3 Références bibliographiques

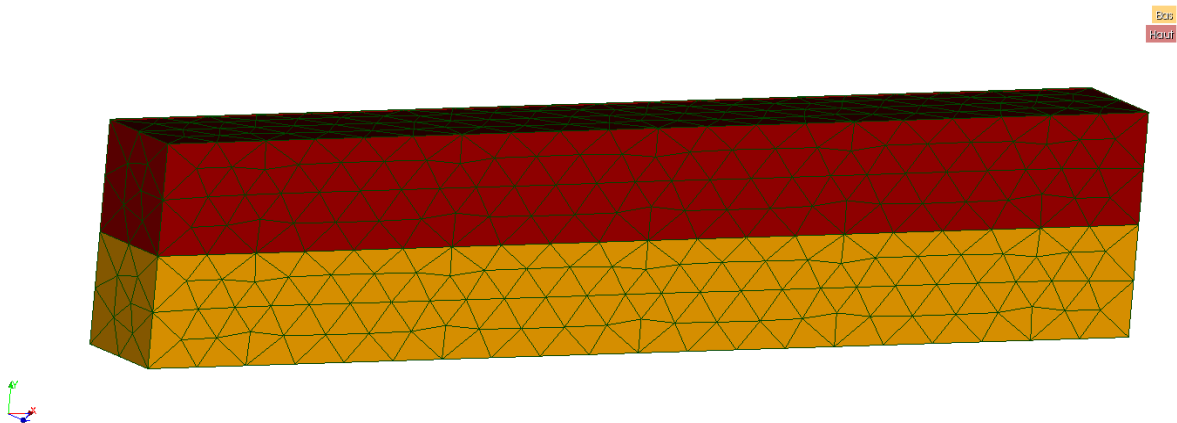
- [1] Zhi-Hua Zong, Finite element procedures for Contact-Impact problems, Oxford Science Publication, p162.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

- Modélisation 3D
- Relation de comportement élastique linéaire.

3.2 Caractéristiques du maillage



- Nombre de nœuds 1051
- Nombre de nœuds esclaves 118
- Nombre de mailles
 - TETRA4 3535
 - TRIA3 1584
 - Esclave et Maître 190*2
- Groupes de nœuds :
 - Clim_Bas
- Groupes de mailles :
 - Haut
 - Bas_Encastre
 - Bas_Contact
 - Bas_Libre
 - Bas
 - Haut_Pression
 - Haut_Contact
 - Haut_Encastre
 - Haut_Libre

3.3 Caractéristiques des champs testés

- Formulation continue = STANDARD
Evo11 = DYNA_NON_LINE+NEWTON_GENERALISE+HHT (ALPHA=-0.3 et MODI_EQUI='OUI')
Evo12 = DYNA_NON_LINE+NEWTON_PARTIEL +HHT (ALPHA=-0.3 et MODI_EQUI='OUI')
- Formulation continue = PENALISE
Evo13 = DYNA_NON_LINE+NEWTON_PARTIEL +HHT (ALPHA=-0.3 et MODI_EQUI='OUI')
Evo14 = DYNA_NON_LINE+POINT_FIXE +HHT (ALPHA=-0.3 et MODI_EQUI='OUI')
- Formulation discrète
Evo15 = DYNA_NON_LINE+LAGRANGIEN+PENALISATION+HHT
(ALPHA=-0.3 et MODI_EQUI='OUI')

```
Evol12 = Evol1-Evol2  
Evol13 = Evol1-Evol3  
Evol14 = Evol1-Evol4  
Evol15 = Evol1-Evol5
```

Pour des questions de performances, fiabilité et robustesse le pas de temps est choisi à 0.001 :

- On teste `evol1` avec la 'SOURCE_EXTERNE' aux instants 0.006 et 0.012.
- On teste les solutions `Evol12` à `Evol15` qui sont 'AUTRE_ASTER' à l'instant 0,001.

3.4 Grandeurs testées et résultats

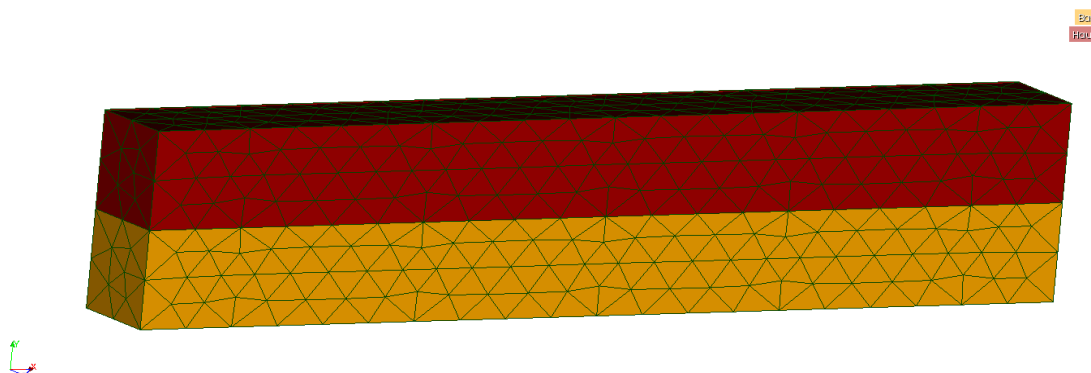
Identification	Instant (s)	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance (%)
DY (Evol1)	0,006	'SOURCE_EXTERNE'	-0,15	10,0
DY (Evol1)	0,012	'SOURCE_EXTERNE'	-0,009	0,1
DY (Evol12)	0,001	'AUTRE_ASTER'	0,0	0,1
DY (Evol13)	0,001	'AUTRE_ASTER'	0,0	0,1
DY (Evol14)	0,001	'AUTRE_ASTER'	0,0	0,1
DY (Evol15)	0,001	'AUTRE_ASTER'	0,0	0,1

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

- Modélisation 3D
- Relation de comportement élastique linéaire.

4.2 Caractéristiques du maillage



- Nombre de nœuds 6 427
- Nombre de nœuds esclaves 199
- Nombre de mailles
 - TETRA10 3 535
 - TRIA6 1 584
 - Esclave et Maître 190*2
- Groupes de nœuds :
 - Clim_Bas
- Groupes de mailles :
 - Haut
 - Bas_Encastre
 - Bas_Contact
 - Bas_Libre
 - Bas
 - Haut_Pression
 - Haut_Contact
 - Haut_Encastre
 - Haut_Libre

4.3 Caractéristiques des champs testés

- Formulation continue = STANDARD
- Ev011 = DYNA_NON_LINE+NEWTON_GENERALISE+HHT (ALPHA=-0.3 et MODI_EQUI='OUI')
- Ev012 = DYNA_NON_LINE+NEWTON_PARTIEL +HHT (ALPHA=-0.3 et MODI_EQUI='OUI')

Pour des questions de performances, fiabilité et robustesse le pas de temps est choisi à 0.001. On teste la solution Ev0112=Ev011-Ev012 qui est 'AUTRE_ASTER' à l'instant 0,001.

4.4 Grandeurs testées et résultats

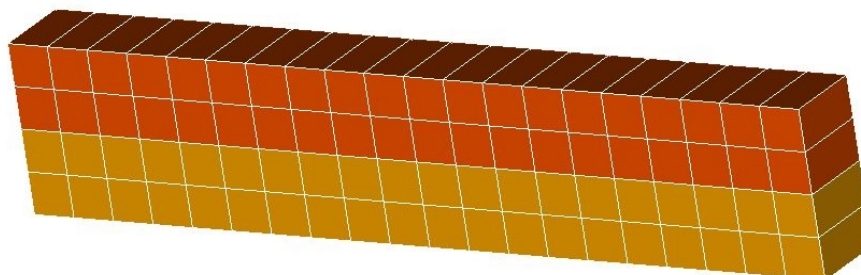
Identification	Instant (s)	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance (%)
DY (Ev0112)	0,001	'AUTRE_ASTER'	0,0	0,1

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

- Modélisation 3D
- Relation de comportement élastique linéaire.

5.2 Caractéristiques du maillage



- Nombre de nœuds 252
- Nombre de nœuds esclaves 42
- Nombre de mailles
 - HEXA8 80
 - QUAD4 248
 - Esclave et Maître 20* *2
- Groupes de mailles :
 - Bas_Encastre
 - Bas_Contact
 - Clim_Bas
 - Haut_Pression
 - Haut_Contact
 - Haut_Encastre

5.3 Caractéristiques des champs testés

- Formulation continue = STANDARD
- Ev011 = DYNA_NON_LINE+NEWTON_GENERALISE+HHT(ALPHA=-0.3 et MODI_EQUI='OUI')
- Ev012 = DYNA_NON_LINE+NEWTON_PARTIEL +HHT(ALPHA=-0.3 et MODI_EQUI='OUI')

Pour des questions de performances, fiabilité et robustesse le pas de temps est choisi à 0.001. On teste la solution Ev012 = Ev011-Ev012 qui est 'AUTRE_ASTER' à l'instant 0,001.

5.4 Grandeurs testées et résultats

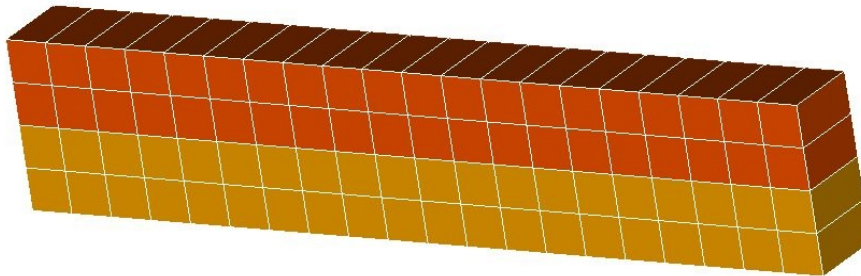
Identification	Instant (s)	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance (%)
DY (Ev012)	0,001	'AUTRE_ASTER'	0,0	0,1

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

- Modélisation 3D
- Relation de comportement élastique linéaire.

6.2 Caractéristiques du maillage



- Nombre de nœuds 786
- Nombre de nœuds esclaves 82
- Nombre de mailles
 - HEXA20 80
 - QUAD8 248
 - Esclave et Maître 20* *2
- Groupes de mailles :
 - Bas_Encastre
 - Bas_Contact
 - Clim_Bas
 - Haut_Pression
 - Haut_Contact
 - Haut_Encastre

6.3 Caractéristiques des champs testés

- Formulation continue = STANDARD

Evo11 = DYNA_NON_LINE+NEWTON_GENERALISE+HHT (ALPHA=-0.3 et MODI_EQUI='OUI')

Evo12 = DYNA_NON_LINE+NEWTON_PARTIEL +HHT (ALPHA=-0.3 et MODI_EQUI='OUI')

Pour des questions de performances, fiabilité et robustesse le pas de temps est choisi à 0.001. On teste la solution Evo112=Evo11-Evo12 qui est 'AUTRE_ASTER' à l'instant 0,001.

6.4 Grandeurs testées et résultats

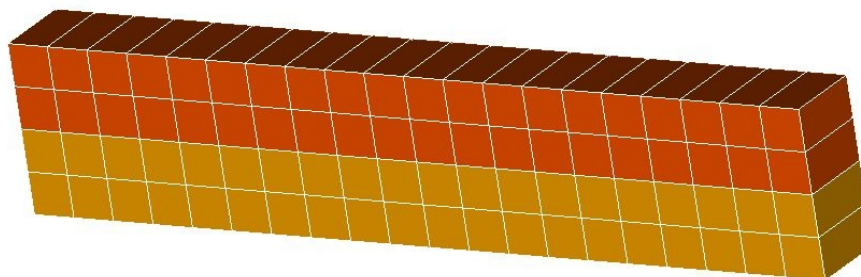
Identification	Instant (s)	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance (%)
DY (Evo112)	0,001	'AUTRE_ASTER'	0,0	0,1

7 Modélisation E

7.1 Caractéristiques de la modélisation

- Modélisation 3D
- Relation de comportement élastique linéaire.

7.2 Caractéristiques du maillage



- Nombre de nœuds 252
- Nombre de nœuds esclaves 42
- Nombre de mailles
 - HEXA8 80
 - QUAD4 248
 - Esclave et Maître 20* *2
- Groupes de mailles :
 - Bas_Encastre
 - Bas_Contact
 - Clim_Bas
 - Haut_Pression
 - Haut_Contact
 - Haut_Encastre

7.3 Caractéristiques des champs testés

- Formulation continue = STANDARD
- Ev011 = DYNA_NON_LINE+NEWTON_GENERALISE+HHT(ALPHA=-0.3 et MODI_EQUI='OUI')
- Ev012 = DYNA_NON_LINE+NEWTON_PARTIEL +HHT(ALPHA=-0.3 et MODI_EQUI='OUI')

Pour des questions de performances, fiabilité et robustesse le pas de temps est choisi à 0.001. On teste la solution Ev0112=Ev011-Ev012 qui est 'AUTRE_ASTER' à l'instant 0,001.

7.4 Grandeurs testées et résultats

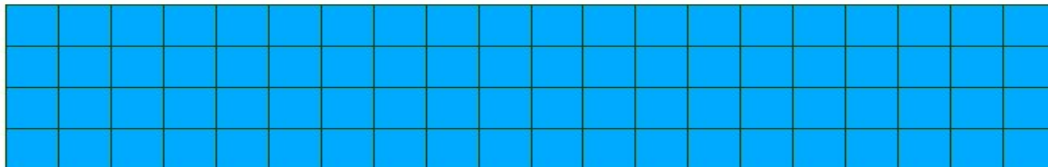
Identification	Instant (s)	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance (%)
DY (Ev0112)	0,001	'AUTRE_ASTER'	0,0	0,1

8 Modélisation F

8.1 Caractéristiques de la modélisation

- Modélisation 2D
- Relation de comportement élastique linéaire.

8.2 Caractéristiques du maillage



- Nombre de nœuds 126
- Nombre de nœuds esclaves 21
- Nombre de mailles
 - QUAD4 88
 - SEG2 80
 - Esclave et Maître 21*2
- Groupes de nœuds :
 - Force
- Groupes de mailles :
 - Bas
 - Poutre
 - Haut
 - Encastrement
 - Bord_Libre
 - Bas_Contact
 - Haut_Contact

8.3 Caractéristiques des champs testés

- Formulation continue = STANDARD
- ```

Evol1 = DYNA_NON_LINE+NEWTON_GENERALISE+HHT(ALPHA=-0.3 et MODI_EQUI='OUI')
Evol2 = DYNA_NON_LINE+NEWTON_PARTIEL +HHT(ALPHA=-0.3 et MODI_EQUI='OUI')

```

Pour des questions de performances, fiabilité et robustesse le pas de temps est choisi à 0.001. On teste la solution Evol12=Evol1-Evol2 qui est 'AUTRE\_ASTER' à l'instant 0,001.

### 8.4 Grandeurs testées et résultats

| Identification | Instant (s) | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance (%) |
|----------------|-------------|-------------------|---------------------|---------------|
| DY (Evol12)    | 0,001       | 'AUTRE_ASTER'     | 0,0                 | 0,1           |

---

## 9 Synthèses des résultats

---

Les résultats sont en accord avec la solution de référence.

Par ailleurs, concernant les méthodes implicites, il faut choisir le pas de temps de sorte à pouvoir obtenir des résultats à la fois justes et convergents. En pratique ce choix doit être lié au respect de la condition de Courant-Friedrichs-Levy.