

**Manuel de Validation****Fascicule V5.01 : Dynamique non linéaire des systèmes discrets****Document V5.01.110**

# **SDND110 - Lâcher d'un système masse ponctuelle avec force de lame fluide**

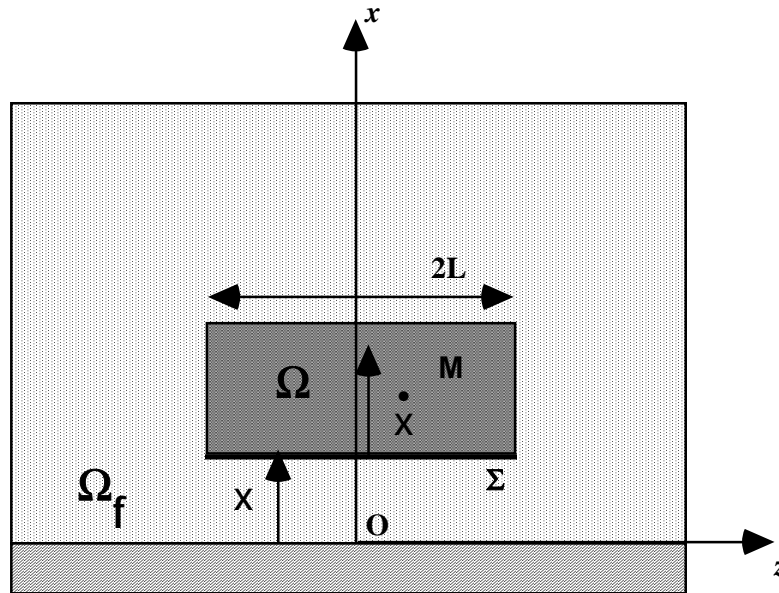
---

**Résumé :**

Ce test met en oeuvre une masse ponctuelle possédant une vitesse initiale et soumise à une force de lame fluide qui la freine. La non-linéarité de lame fluide ainsi que l'algorithme de point fixe qui leur est associé sont ainsi testés. La solution de référence est obtenue de façon analytique pour le profil uniforme et par intégration numérique directe hors du *Code\_Aster* pour le profil parabolique, avec un pas de temps très petit pour s'assurer de la convergence de la solution.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



### 1.2 Propriétés de matériaux

masse ponctuelle :	$m = 1000 \text{ kg}$
largeur :	$2L = 100 \text{ mm}$
masse volumique du fluide :	$\rho_f = 1000 \text{ kg/m}^3$
viscosité :	$\nu = 1.E-6$

- avec un profil d'écoulement parabolique dans la lame fluide :

$$\alpha = -0.0833, \beta = 0.19992, \chi = -0.9996 \cdot 10^{-6}, \delta = 0$$

- avec un profil d'écoulement uniforme dans la lame fluide :

$$\alpha = -0.0833, \beta = 0.1666, \chi = 0, \delta = 0$$

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

La masse est plongée dans un fluide incompressible, et un obstacle indéformable est présent en  $X = 0$  et n'autorise les déplacements que pour  $X > 0$ .

### 1.4 Conditions initiales

Distance initiale de la masse à l'obstacle :  $X_0 = 6 \text{ mm}$

Vitesse initiale :  $\dot{X}_0 = -0.1 \text{ m/s}$

## 2 Solution de référence

### 2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

#### Résolution analytique pour le régime uniforme

Pour le régime uniforme, l'équation différentielle régissant le mouvement d'arrêt de la masse s'écrit de

la façon suivante : 
$$M\ddot{X} = \alpha \left( \frac{\ddot{X}}{X} \right) + \beta \left( \frac{\dot{X}}{X} \right)^2$$

En intégrant une fois l'équation différentielle, on obtient une expression de la vitesse du projectile en fonction de sa position :

$$\dot{X} = -\dot{X}_0 \left( \frac{X_0 + \lambda}{X_0} \right)^2 \left( \frac{X}{X + \lambda} \right)^2 \quad \text{où} \quad \lambda = \frac{\alpha}{M}$$

En intégrant encore une fois par rapport au temps cette équation différentielle il vient :

$$t = \frac{1}{\dot{X}_0} \left( \frac{X_0}{X_0 + \lambda} \right)^2 \left[ X_0 - X + 2\lambda \cdot \text{Log} \left( \frac{X_0}{X} \right) + \lambda^2 \left( \frac{1}{X} - \frac{1}{X_0} \right) \right]$$

#### Résolution numérique pour le régime laminaire

L'équation dynamique à laquelle est soumis ce système est la suivante :

$$M\ddot{X} = \alpha \left( \frac{\ddot{X}}{X} \right) + \beta \left( \frac{\dot{X}}{X} \right)^2 + \chi \frac{\dot{X}}{X^3}$$

Cette équation ne peut être résolue de façon analytique, on utilise une résolution par un schéma d'intégration temporel du problème dynamique. On peut réécrire le système sous la forme :

$$\left( M - \frac{\alpha}{X_t} \right) \ddot{X}_t = \beta \left( \frac{\dot{X}_t}{X_t} \right)^2 + \chi \frac{\dot{X}_t}{X_t^3}$$

On utilise le schéma d'Euler modifié pour intégrer cette équation en temps.

$X_0, \dot{X}_0$  donnés à  $t_0$ ,

Répéter :

$$\ddot{X}_i = \frac{\beta \left( \frac{\dot{X}_i}{X_i} \right)^2 + \chi \frac{\dot{X}_i}{X_i^3}}{M - \frac{\alpha}{X_i}}$$

$$t_{i+1} = t_i + dt$$

$$\dot{X}_{i+1} = \dot{X}_i + dt \ddot{X}_i$$

$$X_{i+1} = X_i + dt \dot{X}_{i+1}$$

tant que  $t_{i+1} < t_{fin}$ .

### 2.2 Incertitude sur la solution

Solution analytique pour le profil uniforme, approchée pour l'autre.

### 2.3 Références bibliographiques

[1] G.JACQUART "Modélisation des forces de lame fluide" - HP-61/94/159/A

### 3 Modélisation A

#### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

Pour la modélisation, on utilise deux nœuds NO1 et NO2 séparés d'une distance  $l = 1\text{ m}$ , auxquels sont affectés deux éléments discrets de type POI1.

Le nœud NO1 représente la masse, le nœud NO2 représente le plan rigide. On applique donc une condition d'encastrement au nœud NO2.

Un obstacle de type BI\_PLAN\_Z (deux plans parallèles séparés par un jeu) est utilisé pour simuler la liaison à travers le fluide.

On choisit de prendre OZ pour génératrice de ce plan soit NORM\_OBST : (0., 0., 1.).

La raideur normale RIGI\_NOR est affectée à une valeur arbitraire, car le contact a lieu à travers le fluide.

Il reste à définir les paramètres DIST\_1 et DIST\_2 qui donnent le demi-écartement entre les plans en contact. On prend  $\text{DIST}_1 = \text{DIST}_2 = (l - \text{jeu})/2 = 0.497\text{ mm}$ .

**NB :**

| Ces distances sont fictives et ne correspondent pas à des dimensions physiques des objets.

#### 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 2

Nombre de mailles et types : 2

#### 3.3 Fonctionnalités testées

Commandes			Clés
AFFE_CHAM_NO	GRANDEUR	DEPL_R	[U4.26.01]
PROJ_VECT_BASE	VECT_ASSE		[U4.55.02]
PROJ_MATR_BASE	MATR_ASSE		[U4.55.01]
DEFI_OBSTACLE	TYPE	BI_PLAN_Y	[U4.21.07]
DYNA_TRAN_MODAL	VITE_INIT_GENE		[U4.54.03]
DYNA_TRAN_MODAL	CHOC	NOEU_2	[U4.54.03]
DYNA_TRAN_MODAL	CHOC	LAME_FLUIDE	[U4.54.03]
DYNA_TRAN_MODAL	CHOC	ALPHA	[U4.54.03]
DYNA_TRAN_MODAL	CHOC	BETA	[U4.54.03]
DYNA_TRAN_MODAL	CHOC	CHI	[U4.54.03]
DYNA_TRAN_MODAL	CHOC	DELTA	[U4.54.03]

## 4 Résultats de la modélisation A

### 4.1 Valeurs testées

Identification	Référence (m)	Aster (m)	% Différence
Pour le profil parabolique :			
Ux(t=0.02)	-1.98583e-3	-1.98582e-3	0.005
Ux(t=0.04)	-3.91819e-3	-3.91819e-3	0.000
Ux(t=0.06)	-5.61048e-3	-5.61068e-3	0.004
Ux(t=0.2)	-5.90398e-3	-5.90347e-3	0.004
Pour le profil uniforme :			
Ux(t=0.02)	-1.98828e-3	-1.98878e-3	0.000
Ux(t=0.04)	-3.93216e-3	-3.93216e-3	0.000
Ux(t=0.06)	-5.66658e-3	-5.6669e-3	0.006
Ux(t=0.2)	-5.99946e-3	-5.99914e-3	0.005

### 4.2 Remarques

On observe dans ce cas une très bonne précision dans la reproduction par le calcul du déplacement de la structure (moins de 0.006 % de différence avec la solution analytique), et une bonne prédiction de la position d'arrêt du système.

### 4.3 Paramètres d'exécution

Version : 3.05			
Machine : CRAY C90		Système :	UNICOS 8.0
Encombrement mémoire :	8 mégamots	Temps CPU User :	100 secondes

## 5 Synthèse des résultats

---

Bon accord entre les résultats obtenus et les valeurs de référence.