

Manuel de Validation**Fascicule V5.02 : Dynamique non linéaire des systèmes linéiques****Document : V5.02.102**

SDNL102 - Poutre soumise à un champ de vitesse de vent

Résumé :

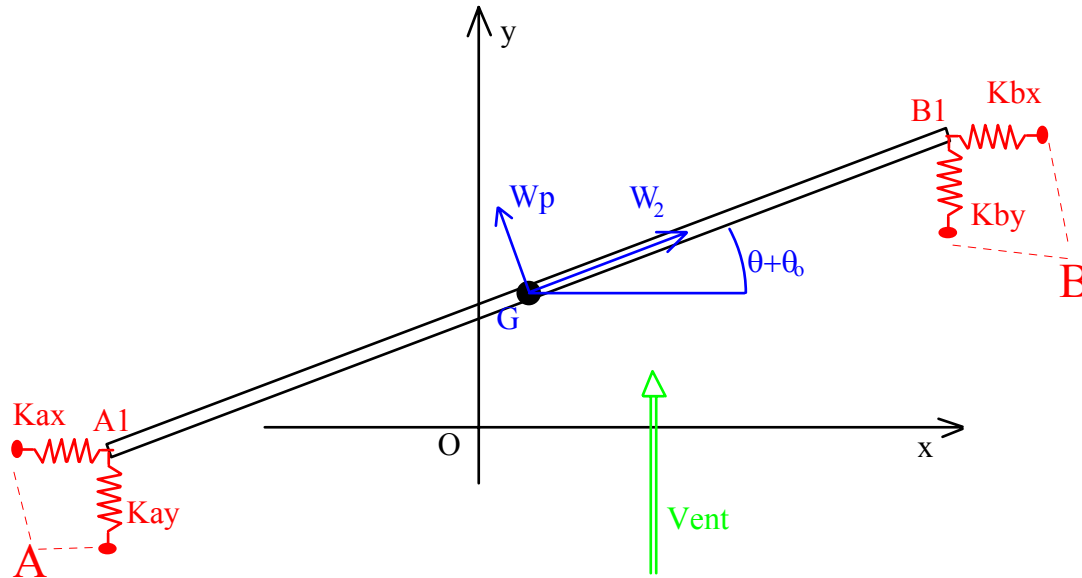
Ce test concerne la validation de l'application des chargements de vent sur les éléments linéiques. Le chargement est décrit par des champs de vitesses de vent.

Ce problème permet de tester :

- les éléments finis linéiques [barres, câbles, poutres (sauf les poutres courbes)] avec des chargements suiveur de nature "vent",
- les chargements à l'aide des vitesses de vent :
 - lecture des données des champs de vent,
 - projection des champs de vent attachés au nuage de points sur le maillage déformé de la structure,
 - calcul de la vitesse relative,
- la prise en compte de la fonction donnant la force répartie en fonction de la vitesse relative de la structure,
- la réactualisation de la géométrie pour tenir compte des grands déplacements et des grandes rotations.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Longueur de la poutre : 1.5m
 Raideurs des discrets : Kax, kay, kbx, kby

1.2 Propriétés du matériau

Matériau pour l'élément linéique : $E = 2.0E+10$, $\rho = 1000.0$

Caractéristiques mécanique de la poutre : section = 'CERCLE', rayon = 0.1, $e_p = 0.1$

La raideur des ressorts :

Kxa	Kya	Kxb	Kyb
10 N/m	20 N/m	25 N/m	22 N/m

1.3 Conditions aux limites et chargements

Aux points A et B : blocages des DDL : DX, DY, DZ

Aux points A1 et B1 : blocages des DDL : DZ, DRX, DRY

Les ressorts sont modélisés par des discrets sans dimensions. Les noeuds A et A1, B et B1 sont géométriquement confondus.

Les caractéristiques du champ de vitesse de vent, suivant l'axe y :

$$V_y = 20 \cdot \sin(\omega \cdot t), \text{ avec } \omega = 2 \cdot \pi \cdot f \text{ et } f = 0.2 \text{ Hz}$$

1.4 Conditions initiales

La poutre fait un angle de 30° ($\theta_0 = 30^\circ$) par rapport à l'axe "x".

2 Solution de référence

2.1 Equations d'équilibre

L'étude est réalisée autour de la position initiale de la structure dans le plan xy. Les équations sont écrites au centre de gravité de la poutre.

Effort d'inertie

$$M.\gamma_g = \begin{Bmatrix} M.x'' \\ M.y'' \\ \frac{M.L^2}{12}.\theta'' \end{Bmatrix}$$

Effort au point A1

$$Fa = \begin{Bmatrix} -kxa.\delta xa \\ -kya.\delta ya \\ L.(\delta ya.kya.Cos(\theta_o + \theta) - \delta xa.kxa.Sin(\theta_o + \theta))/2 \end{Bmatrix} \quad \begin{matrix} \text{avec les déplacements du point A1} \\ \delta xa = L.Cos(\theta_o)/2 - L.Cos(\theta_o + \theta)/2 + x \\ \delta ya = L.Sin(\theta_o)/2 - L.Sin(\theta_o + \theta)/2 + y \end{matrix}$$

Effort au point B1

$$Fb = \begin{Bmatrix} -kxb.\delta xb \\ -kyb.\delta yb \\ L.(-\delta yb.kyb.Cos(\theta_o + \theta) + \delta xb.kxb.Sin(\theta_o + \theta))/2 \end{Bmatrix} \quad \begin{matrix} \text{avec les déplacements du point B1} \\ \delta xb = -L.Cos(\theta_o)/2 + L.Cos(\theta_o + \theta)/2 + x \\ \delta yb = -L.Sin(\theta_o)/2 + L.Sin(\theta_o + \theta)/2 + y \end{matrix}$$

Effort dû au vent

- Vitesse relative d'un point M

$$V_r = \begin{Bmatrix} V_{vx} + s.Sin(\theta_o + \theta).\theta' - x' \\ V_{vy} - s.Cos(\theta_o + \theta).\theta' - y' \\ 0 \end{Bmatrix}$$

avec s : l'abscisse curviligne du point M sur la poutre $s \in [-L/2, L/2]$
 V_{vx}, V_{vy} : vitesse du vent suivant l'axe "x" et l'axe "y".

- Vitesse relative perpendiculaire à la barre au point M :

$$V_p = \begin{Bmatrix} Sin(\theta_o + \theta).(-V_{vy}.Cos(\theta_o + \theta) + V_{vx}.Sin(\theta_o + \theta) + s.\theta' - Sin(\theta_o + \theta).x' + Cos(\theta_o + \theta).y') \\ Cos(\theta_o + \theta).(V_{vy}.Cos(\theta_o + \theta) - V_{vx}.Sin(\theta_o + \theta) - s.\theta' + Sin(\theta_o + \theta).x' - Cos(\theta_o + \theta).y') \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Force due au vent en un point M

$$F_{vent(M)} = F_{cx(M)} \cdot \frac{V_p}{\|V_p\|} \quad \text{dans notre cas on choisit } F_{cx(M)} = \|V_p\|$$

on obtient donc $F_{vent(M)} = V_p$

- Résultante de la force due au vent sur la barre

$$F_{vent} = \left\{ \begin{array}{l} L \cdot \sin(\theta_o + \theta) \cdot ((-V_{vy} + y') \cdot \cos(\theta_o + \theta) + (V_{vx} - x') \cdot \sin(\theta_o + \theta)) \\ L \cdot \cos(\theta_o + \theta) \cdot ((V_{vy} - y') \cdot \cos(\theta_o + \theta) + (-V_{vx} + x') \cdot \sin(\theta_o + \theta)) \\ - L^3 \cdot \theta' / 12 \end{array} \right\}$$

Equation finale de la dynamique

$$M \cdot \gamma_g = Fa + Fb + Fvent$$

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Déplacements et rotation du point G aux instants : 2.0sec, 3.0sec, 4.0sec, 5.0sec et 6.0sec.

2.3 Incertitudes sur la solution

Aucune. La résolution de l'équation d'équilibre se fait par une méthode d'intégration de Runge Kutta d'ordre 4.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation et du maillage

L'élément linéique : 'poutre' découpée en 12 mailles.

Les discrets : 'DIS_T'

3.2 Fonctionnalités testées

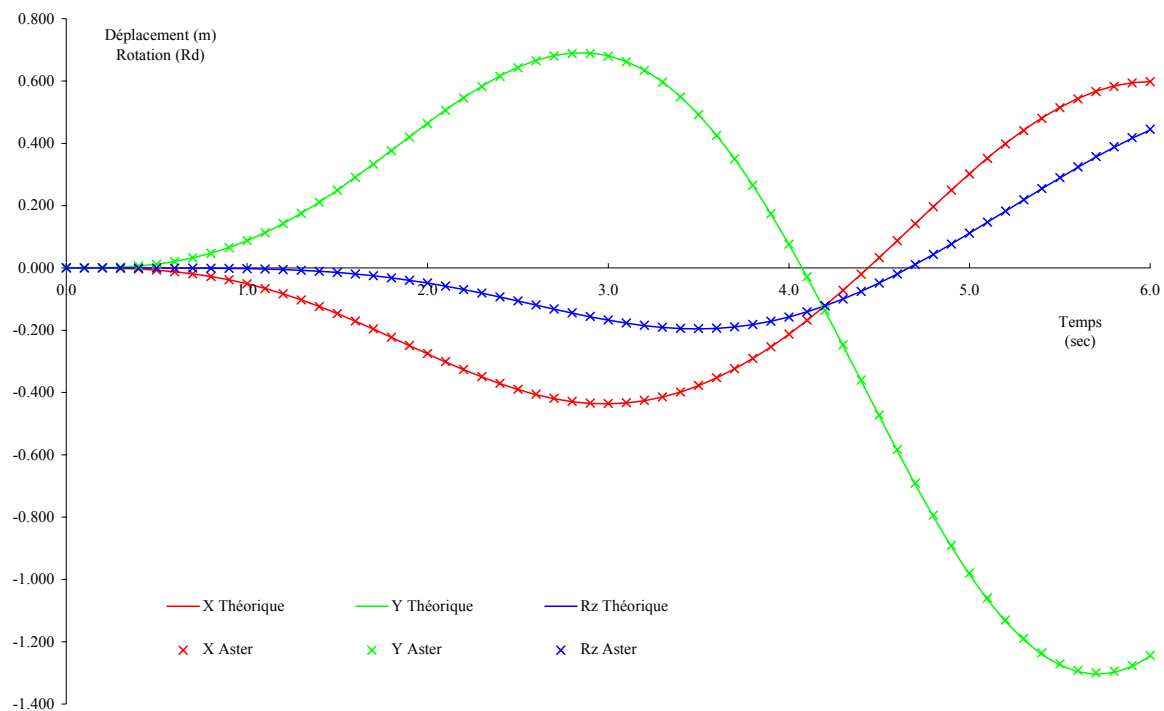
Commandes

LIRE_RESU	EVOL_CHAR	VITE_VENT
AFFE_CARA_ELEM	POUTRE	FCX
AFFE_CHAR_MECA	EVOL_CHAR	
DEFI_FONCTION	NOM_PARA	VITE
DYNA_NON_LINE	TYPE_CHARGE	SUIV
	DEFORMATION	PETIT_REAC

4 Synthèse des résultats

4.1 Grandeurs testées et résultats

Temps 2.0sec	Analytique	Code_Aster	Erreur absolue	Erreur relative
x (m)	-0.27571	-0.27500	0.00070	0.00255
y (m)	0.46478	0.46358	0.00120	0.00259
Rz (rd)	-0.04851	-0.04850	0.00001	0.00027
Temps 3.0sec	Analytique	Code_Aster	Erreur absolue	Erreur relative
x (m)	-0.43640	-0.43522	0.00118	0.00271
y (m)	0.68149	0.67959	0.00190	0.00279
Rz (rd)	-0.16767	-0.16688	0.00079	0.00472
Temps 4.0sec	Analytique	Code_Aster	Erreur absolue	Erreur relative
x (m)	-0.21266	-0.21223	0.00043	0.00201
y (m)	0.07494	0.07605	0.00111	0.01476
Rz (rd)	-0.15769	-0.15743	0.00026	0.00163
Temps 5.0sec	Analytique	Code_Aster	Erreur absolue	Erreur relative
x (m)	0.30290	0.30182	0.00108	0.00357
y (m)	-0.98487	-0.97951	0.00536	0.00544
Rz (rd)	0.11188	0.11162	0.00027	0.00241
Temps 6.0sec	Analytique	Code_Aster	Erreur absolue	Erreur relative
x (m)	0.59847	0.59815	0.00032	0.00054
y (m)	-1.24735	-1.24413	0.00322	0.00258
Rz (rd)	0.44284	0.44534	0.00251	0.00566



Comparaison entre les résultats théoriques et ceux du Code_Aster.

4.2 Paramètres d'exécution

Version : 6.0

Machine : IRIX64

Encombrement mémoire : 30 Mégamots

Temps CPU User : 75.0 secondes