

**Manuel de Validation****Fascicule V6.02 : Statique non linéaire des structures linéiques****Document : V6.02.118**

# **SSNL118 - Barre soumise à un champ de vitesse de vent**

**Résumé :**

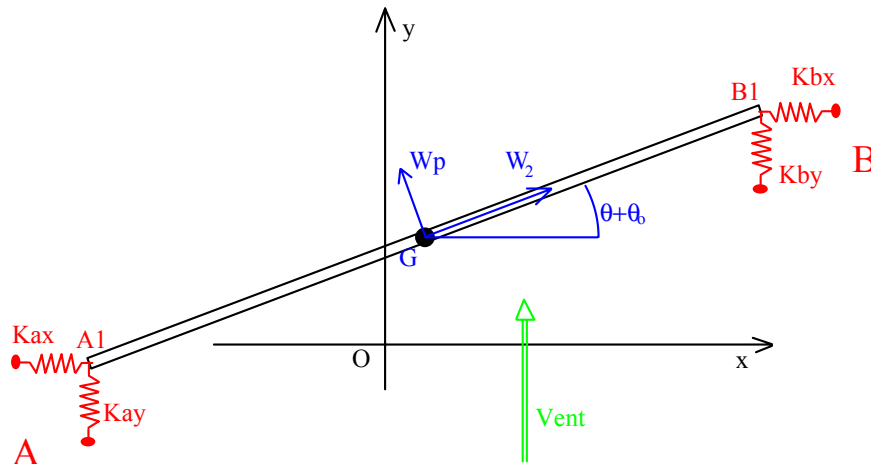
Ce test concerne la validation de l'application des chargements de vent sur les éléments linéiques. Le chargement est décrit par des champs de vitesses de vent.

Ce problème permet de tester :

- les éléments finis linéiques [barres, câbles, poutres (sauf les poutres courbes)] avec des chargements suiveurs de nature "vent",
- les chargements représentant 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 barre : 1.5m

Raideurs des discrets : Kax, kay, kbx, kby

### 1.2 Propriétés des matériaux

Matériau pour l'élément linéique :  $E = 2.0E+08$  Pa,  $\rho = 1000.0$  Kg/m<sup>3</sup>

Caractéristiques mécaniques de la barre : section = 'CERCLE', rayon = 0.5 m, ep = 0.5 m

La raideur des ressorts :

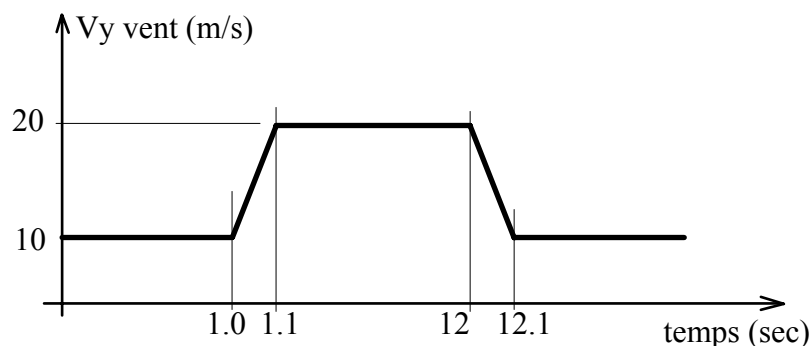
Kxa	Kya	Kxb	Kyb
10 N/m	20 N/m	25 N/m	30 N/m

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

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

Aux points A1 et B1 : blocage des DDL : DZ

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



### 1.4 Conditions initiales

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

## 2 Solution de référence

### 2.1 Equations d'équilibre

Effort au point A1

$$F_a = \begin{cases} -k_{xa} \cdot \delta_{xa} \\ -k_{ya} \cdot \delta_{ya} \\ L \cdot (\delta_{ya} \cdot k_{ya} \cdot \cos(\theta_o + \theta) - \delta_{xa} \cdot k_{xa} \cdot \sin(\theta_o + \theta)) / 2 \end{cases} \quad \begin{matrix} \text{avec les déplacements du point A1} \\ \delta_{xa} = L \cdot \cos(\theta_o) / 2 - L \cdot \cos(\theta_o + \theta) / 2 + x \\ \delta_{ya} = L \cdot \sin(\theta_o) / 2 - L \cdot \sin(\theta_o + \theta) / 2 + y \end{matrix}$$

Effort au point B1

$$F_b = \begin{cases} -k_{xb} \cdot \delta_{xb} \\ -k_{yb} \cdot \delta_{yb} \\ L \cdot (-\delta_{yb} \cdot k_{yb} \cdot \cos(\theta_o + \theta) + \delta_{xb} \cdot k_{xb} \cdot \sin(\theta_o + \theta)) / 2 \end{cases} \quad \begin{matrix} \text{avec les déplacements du point B1} \\ \delta_{xb} = -L \cdot \cos(\theta_o) / 2 + L \cdot \cos(\theta_o + \theta) / 2 + x \\ \delta_{yb} = -L \cdot \sin(\theta_o) / 2 + L \cdot \sin(\theta_o + \theta) / 2 + y \end{matrix}$$

Effort dû au vent

- Vitesse du vent en un point M ∈ barre

$$V_r = \begin{Bmatrix} V_{vx} \\ V_{vy} \\ 0 \end{Bmatrix} \quad \text{avec } V_{vx}, V_{vy} : \text{vitesse du vent suivant l'axe "x" et l'axe "y".}$$

- Vitesse relative perpendiculaire à la barre au point M :

$$V_p = \begin{Bmatrix} \sin(qo + q) \cdot (-V_{vy} \cdot \cos(qo + q) + V_{vx} \cdot \sin(qo + q)) \\ \cos(qo + q) \cdot (V_{vy} \cdot \cos(qo + q) - V_{vx} \cdot \sin(qo + q)) \\ 0 \end{Bmatrix}$$

- 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

$$F_{vent} = \begin{Bmatrix} L \cdot \sin(qo + q) \cdot (-V_{vy} \cdot \cos(qo + q) + V_{vx} \cdot \sin(qo + q)) \\ L \cdot \cos(qo + q) \cdot (V_{vy} \cdot \cos(qo + q) - V_{vx} \cdot \sin(qo + q)) \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Équation d'équilibre :  $F_a + F_b + F_{vent} = 0$

## 2.2 Grandeurs et résultats de référence

Déplacements des points A1 et B1 aux instants : 1. s, 1.05 s et 2. s. Ces instants correspondent respectivement à des vitesses de vent de 10, 15 et 20m/s

La résolution des 3 équations d'équilibre, projection de "Fa + Fb + Fvent = 0", se fait par itérations. Les 3 inconnues du problème sont la position du centre de gravité de la barre G : (x, y) et la variation de l'angle :  $\theta$ .

Dans le *Code\_Aster*, l'effet du vent est pris en compte par une force répartie le long de l'élément linéique. L'expression du module de cette force répartie est la suivante :

$$F_{cx(v)} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot C_x(v) \cdot D_h$$

- où  $F_{cx(v)}$  : est le module de la force répartie le long du câble en N/m, dépendant de la vitesse.  
 $\rho$  : est la masse volumique de l'air en kg/m<sup>3</sup>.  
 $V$  : est la vitesse relative du câble en m/s.  
 $C_x(v)$  : est le coefficient de traîne du câble, dépendant de la vitesse relative.  
 $D_h$  : est le diamètre hydraulique du câble en m.

Pour obtenir une solution de référence analytique simple, la fonction  $F_{cx(v_p)}$  est prise égale à  $||V_p||$ . Dans le fichier de commande du *Code\_Aster* la fonction du  $F_{cxv}$  est donc définie de la façon suivante :

```
FCXV=DEFI_FONCTION(  
  NOM_PARA='VITE',  
  VALE=( 0.0 , 0.0 ,  
          10.0 , 10.0 ),  
  PROL_GAUCHE='LINEAIRE',  
  PROL_DROITE='LINEAIRE',  
)
```

## 2.3 Incertitudes sur la solution

Aucune. La résolution de l'équation d'équilibre se fait par itérations avec une erreur <1.0E-09.

## 2.4 Référence bibliographique

- [1] HM77/01/046/A. "Projet M7-01-70. Évolution du *Code\_Aster* pour une meilleure prise en compte des chargements de vent dynamique sur les éléments linéiques".

### 3 Modélisation A

#### 3.1 Caractéristiques de la modélisation et du maillage

L'élément linéique : 'BARRE'

Les discrets : 'DIS\_T'

#### 3.2 Fonctionnalités testées

##### Commandes

LIRE_RESU	EVOL_CHAR	VITE_VENT
AFFE_CARA_ELEM	BARRE	FCX
AFFE_CHAR_MECA	EVOL_CHAR	
DEFI_FONCTION	NOM_PARA	VITE
STAT_NON_LINE	TYPE_CHARGE	SUIV
	DEFORMATION	PETIT_REAC

### 4 Résultats de la modélisation A

#### 4.1 Grandeurs testées et résultats

L'équilibre est calculé aux instants : 1. s, 1.05 s et 2. s.

Equilibre à 1. s	Analytique	Code_Aster	Erreur relative
$\delta x_a$ (m)	-0.2092	-0.2036	0.026
$\delta y_a$ (m)	0.3276	0.3270	0.002
$\delta x_b$ (m)	-0.1418	-0.1434	0.011
$\delta y_b$ (m)	0.1965	0.1945	0.010
Equilibre à 1.05 s	Analytique	Code_Aster	Erreur relative
$\delta x_a$ (m)	-0.2885	-0.2816	0.024
$\delta y_a$ (m)	0.5050	0.5029	0.004
$\delta x_b$ (m)	-0.1942	-0.1962	0.010
$\delta y_b$ (m)	0.3105	0.3074	0.010
Equilibre à 2. s	Analytique	Code_Aster	Erreur relative
$\delta x_a$ (m)	-0.3502	-0.3423	0.023
$\delta y_a$ (m)	0.6890	0.6850	0.006
$\delta x_b$ (m)	-0.2327	-0.2352	0.011
$\delta y_b$ (m)	0.4324	0.4279	0.010

#### 4.2 Paramètres d'exécution

Version : 6.02.07  
Machine : IRIX64  
Encombrement mémoire : 20 Mégamots  
Temps CPU User : 15.0 secondes

## 5 Synthèse

---

Le test montre la bonne prise en compte des chargements de type vitesse de vent sur les éléments linéiques.