

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

---

### Résumé :

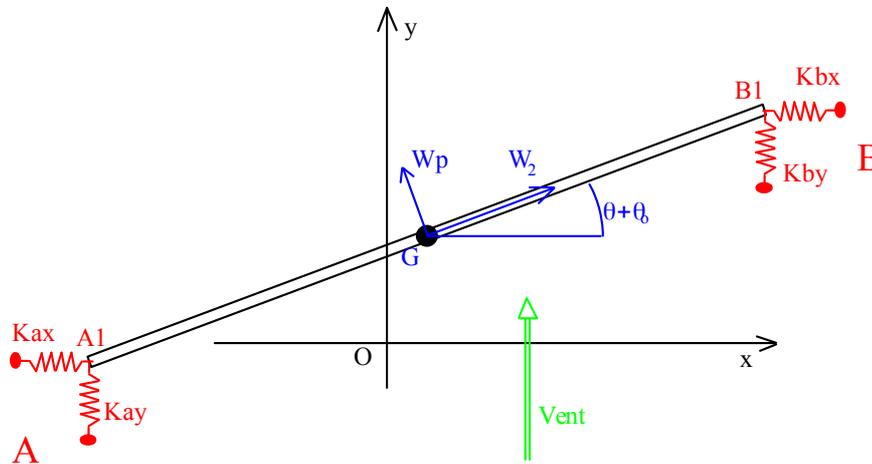
Ce test concerne la validation de l'application des chargements de vent sur les éléments linéiques. Le chargement est décrit par des champs de vitesses de vent.

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 :  $E = 2.0E+08 \text{ Pa}$ ,  $\rho = 1000.0 \text{ kg/m}^3$

Caractéristiques mécaniques de la barre :  $section = 'CERCLE'$ ,  $rayon = 0.5 \text{ m}$ ,  $ep = 0.5 \text{ m}$

La raideur des ressorts :

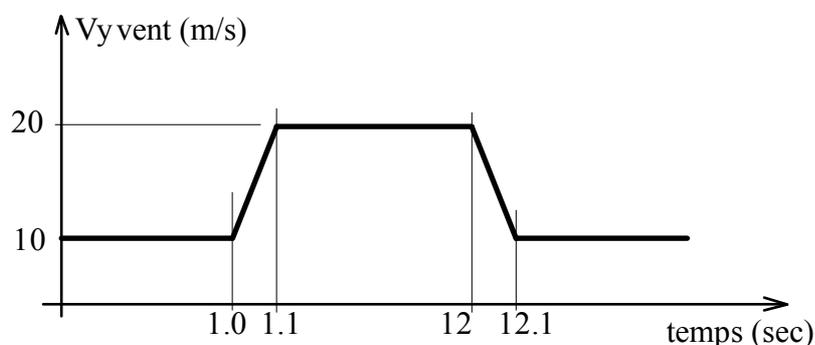
$Kxa$	$Kya$	$Kxb$	$Kyb$
10 N/m	20 N/m	25 N/m	30 N/m

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

Aux points  $A$  et  $B$  : blocage des degrés de liberté :  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$

Aux points  $A1$  et  $B1$  : blocage des degrés de liberté :  $dz$

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



### 1.4 Conditions initiales

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

## 2 Solution de référence

### 2.1 Équations d'équilibre

Effort au point  $A1$

$$F_a = \begin{pmatrix} -k_{xa} \cdot \delta x_a \\ -k_{ya} \cdot \delta y_a \\ L \cdot (\delta y_a \cdot k_{ya} \cdot \cos(\theta_o + \theta) - \delta x_a \cdot k_{xa} \cdot \sin(\theta_o + \theta)) / 2 \end{pmatrix} \quad \text{avec les déplacements du point } A1$$

$$\begin{pmatrix} \delta x_a = L \cdot \cos(\theta_o) / 2 - L \cdot \cos(\theta_o + \theta) / 2 + x \\ \delta y_a = L \cdot \sin(\theta_o) / 2 - L \cdot \sin(\theta_o + \theta) / 2 + y \end{pmatrix}$$

Effort au point  $B1$

$$F_b = \begin{pmatrix} -k_{xb} \cdot \delta x_b \\ -k_{yb} \cdot \delta y_b \\ L \cdot (-\delta y_b \cdot k_{yb} \cdot \cos(\theta_o + \theta) + \delta x_b \cdot k_{xb} \cdot \sin(\theta_o + \theta)) / 2 \end{pmatrix} \quad \text{avec les déplacements du point } B1$$

$$\begin{pmatrix} \delta x_b = -L \cdot \cos(\theta_o) / 2 + L \cdot \cos(\theta_o + \theta) / 2 + x \\ \delta y_b = -L \cdot \sin(\theta_o) / 2 + L \cdot \sin(\theta_o + \theta) / 2 + y \end{pmatrix}$$

Effort dû au vent

- Vitesse du vent en un point  $M \in \text{barre}$

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

- Vitesse relative perpendiculaire à la barre au point  $M$  :

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

- Force due au vent en un point  $M$

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

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

- Résultante de la force due au vent sur la barre

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

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

## 2.2 Grandeurs et résultats de référence

Déplacements des points  $AI$  et  $BI$  aux instants :  $1.s$ ,  $1.05s$  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  $F_a + F_b + F_{vent} = 0$ , 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 *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  $kg/m^3$ .  
 $V$  : est la vitesse relative du câble en  $m/s$ .  
 $C_x(v)$  : est le coefficient de traînée 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 de *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 inférieure à  $1.0E-09$ .

## 2.4 Référence bibliographique

- 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'

## 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 .

Équilibre à 1. s	Analytique
$\delta xa(m)$	-0.2092
$\delta ya(m)$	0.3276
$\delta xb(m)$	-0.1418
$\delta yb(m)$	0.1965
Équilibre à 1.05 s	Analytique
$\delta xa(m)$	-0.2885
$\delta ya(m)$	0.5050
$\delta xb(m)$	-0.1942
$\delta yb(m)$	0.3105
Équilibre à 2. s	Analytique
$\delta xa(m)$	-0.3502
$\delta ya(m)$	0.6890
$\delta xb(m)$	-0.2327
$\delta yb(m)$	0.4324

## 5 Synthèse

---

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