SDNL142 – Câble immergé soumis à un champ de vagues

Résumé :

Ce test modélise la réponse d'un câble immergé, soumis aux efforts hydrauliques de Morison (efforts de traînée uniquement) en présence d'un champ de vagues régulières.

- Modélisation A : Dans cette modélisation, on teste le calcul des efforts de traînée pour un câble soumis à un champ de vagues régulières.

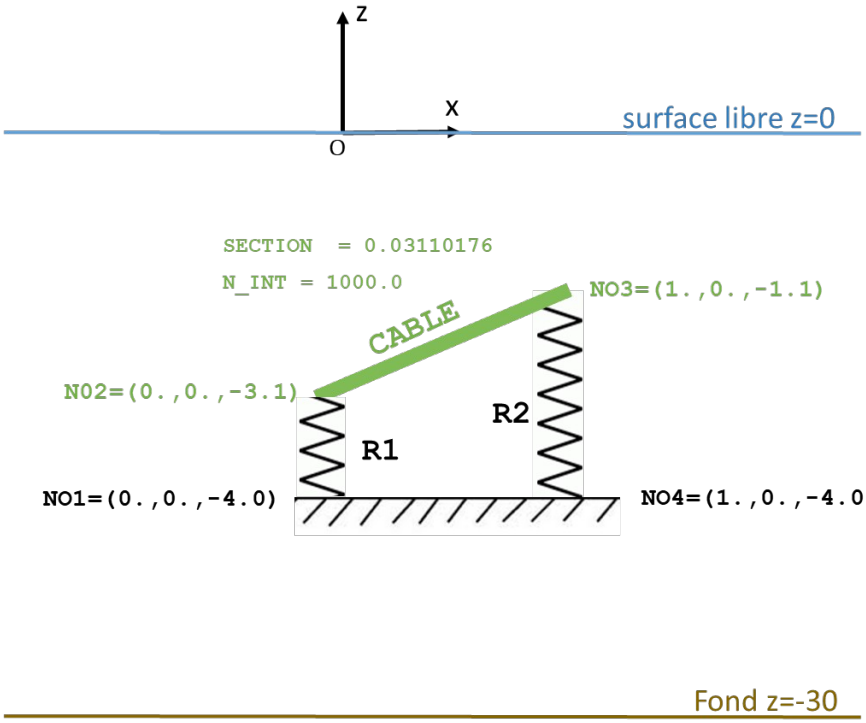
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie et conditions aux limites

La figure ci-dessous représente le problème de référence : un câble cylindrique de section $0.03110176\,m$. Celui-ci est immergé sous la surface libre dans une colonne d'eau de hauteur $h=30\,m$. Les extrémités de la poutre s'appuient sur deux ressorts, eux-mêmes encastrés à leurs extrémités.

On note $S_w=\pi R^2$ la section hydraulique (vue par le fluide) transverse à la poutre et $S=\pi\left(2.R.ep-ep^2\right)$ la section transverse réelle.



1.2 Propriétés de matériaux

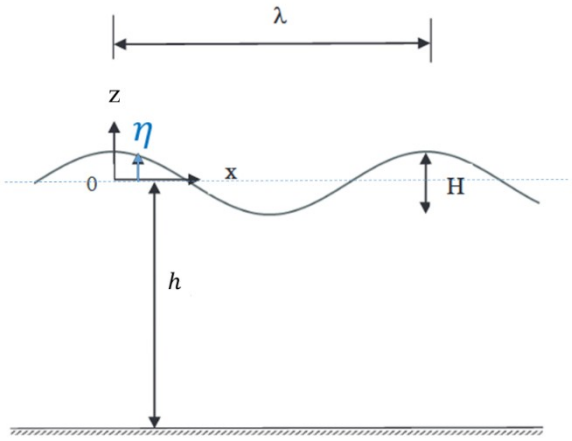
Le matériau a un comportement élastique isotrope :

Module d'Young	$200\,GPa$
Coefficient de Poisson	0.3
Masse volumique câble ρ	$7800\,kg/m^3$
Masse volumique eau ρ_w	$1000\,kg/m^3$
Rigidité des ressorts suivant x, y et z	$50.0\,N/m$
Coefficient de trainée C_d	1.0

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1.3 Cinématique de houle

On considère une houle régulière monodirectionnelle dirigée suivant l'axe $+x$, d'ordre 1 (houle d'Airy), de hauteur H, de période T et de longueur d'onde λ, voir schéma ci-dessous.



La surface libre η en fonction de l'espace x et du temps t s'exprime :

$$\eta(x,t)=\frac{H}{2}\cos(kx-\omega t) \quad (1)$$

avec $k=\frac{2\pi}{\lambda}$ le nombre d'onde et $\omega=\frac{2\pi}{T}$ la pulsation.

La vitesse du fluide $V_w=(u,v,w)$ est la suivante :

$$\begin{aligned} u(x,z,t)&=0\\ v(x,z,t)&=\frac{H}{2}\omega\frac{\sinh(k(h+z))}{\sinh(kh)}\sin(k.x-\omega t)\\ w(x,z,t)&=\frac{H}{2}\omega\frac{\sinh(k(h+z))}{\sinh(kh)}\sin(k.x-\omega t) \end{aligned} \quad (2)$$

L'accélération du fluide est notée $a_w=\frac{\partial v_w}{\partial t}$.

1.4 Chargements

Le câble est soumis aux efforts de traînée induits par un champs de vagues régulières de hauteur $H=3\,m$ et de période $T=12\,s$.
Notons que le poids et la poussée d'Archimède ne sont pas pris en compte dans ce problème.

Modélisation A
Le câble est soumis aux efforts de Morison (terme de traînée uniquement) :

$$F_{\text{mor}}=\frac{1}{2}C_d\rho_w S_w(v_w^{\text{ortho}}-v_s^{\text{ortho}})(v_w^{\text{ortho}}-v_s^{\text{ortho}}) \quad (3)$$

où v_w et v_s désignent respectivement la vitesse fluide et la vitesse solide (paramètre d'entrée du chargement mécanique FORCE_POUTRE. Le symbole ortho représente la projection dans la direction normale à la fibre neutre de la poutre [1]. On note que ce sont des efforts linéiques que l'on applique de façon répartie sur la poutre.

[1] Cette projection nécessite de passer également en paramètre d'entrée de FORCE_POUTRE l'orientation de la poutre.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Remarque: Les efforts de Morison dépendent de la position de la poutre, ils doivent être mentionnés comme chargements suiveurs dans les calculs.

2 Solution de référence

La solution de référence est basée sur les résultats du code de calcul CALHYPSO (interne EDF R&D) dédié aux interactions vagues structure.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation et maillage

- Câble : modélisation CABLE (une maille SEG2)
- Ressorts : modélisation DIS_TR (deux mailles SEG2)
- Relation de comportement élastique linéaire.

3.2 Grandeurs testées et résultats

On teste la non régression des déplacements DX et DZ du nœud 'N2' du câble aux instants 1.0 et 2.0 .

Identification	Instant (sec)	Type de référence
DX ('N2')	1.0	'NON_REGRESSION'
DZ ('N2')	1.0	'NON_REGRESSION'
DX ('N2')	2.0	'NON_REGRESSION'
DZ ('N2')	2.0	'NON_REGRESSION'

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Synthèses des résultats

Ce test valide les efforts de Morison appliqués sur un câble mais également les développements qui permettent de passer la vitesse et la position de la poutre en paramètre d'un chargement de type AFFE_CHAR_MECA_F/FORCE_POUTRE.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)