

## 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.

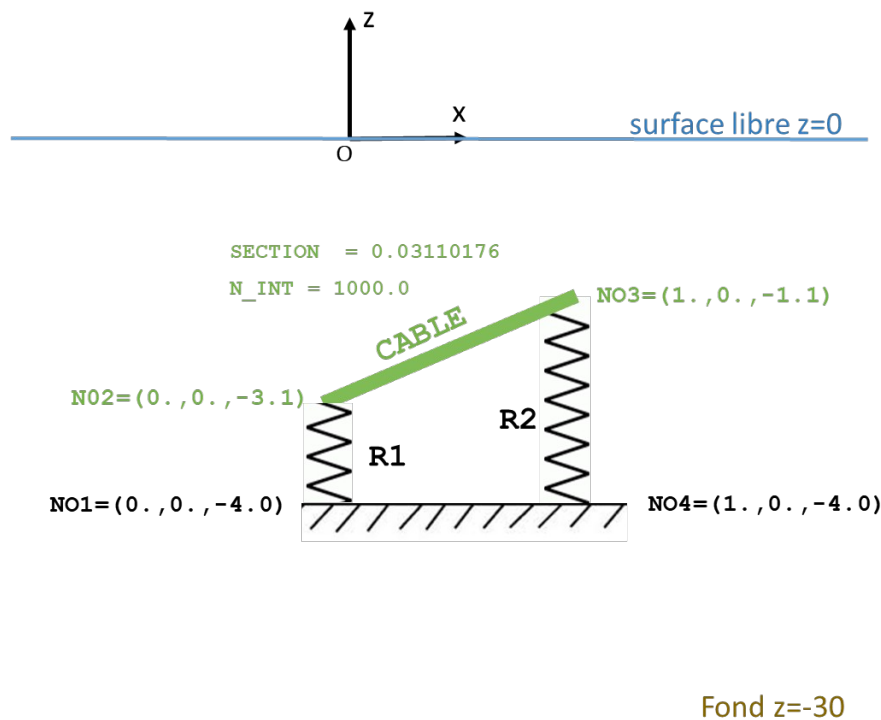
- Modélisation A : Dans cette modélisation, on teste le calcul des efforts de traînée pour un câble soumis à un champ de vagues régulières.

## 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  $0.03110176 \text{ m}$ . Celui-ci est immergé sous la surface libre dans une colonne d'eau de hauteur  $h=30 \text{ m}$ . 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  $S = \pi(2.R.ep - ep^2)$  la section transverse réelle.



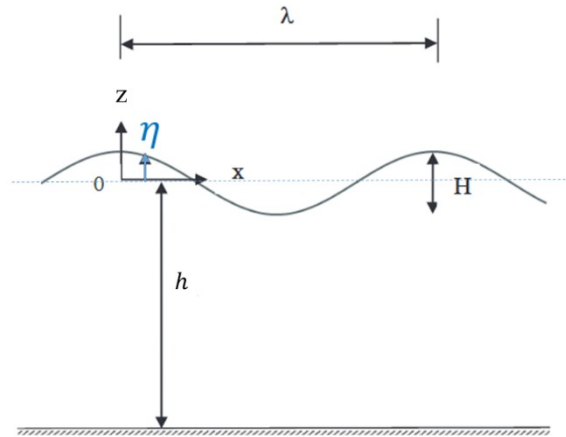
### 1.2 Propriétés de matériaux

Le matériau a un comportement élastique isotrope :

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

### 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  $\lambda$ , voir schéma ci-dessous.



La surface libre  $\eta$  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 :

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

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 champ de vagues régulières de hauteur  $H = 3 \text{ m}$  et de période  $T = 12 \text{ s}$ .

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) :

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

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<sup>1</sup>. On note que ce sont des efforts linéiques que l'on applique de façon répartie sur la poutre.

<sup>1</sup> Cette projection nécessite de passer également en paramètre d'entrée de `FORCE_POUTRE` l'orientation de la poutre.

*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 CALHYPPO (interne EDF R&D) dédié aux interactions vagues structure.

## 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'

## 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 AFPE\_CHAR\_MECA\_F/FORCE\_POUTRE.