

---

# Nouveau réservoir d'eau à la centrale nucléaire de Doel

15 mars 2018

---



**TRACTEBEL**  
ENGIE

PUBLIC

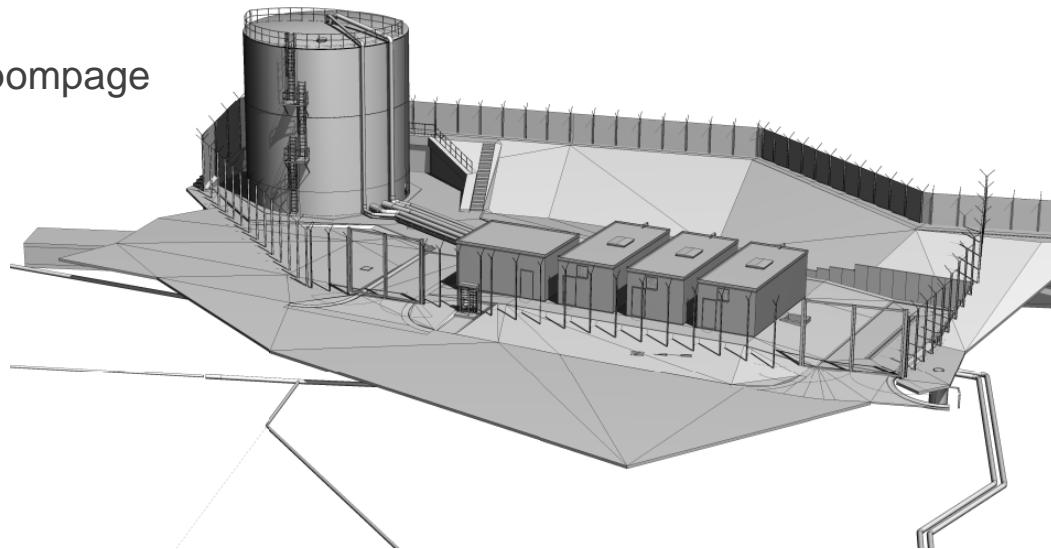
INTERNAL

RESTRICTED

CONFIDENTIAL

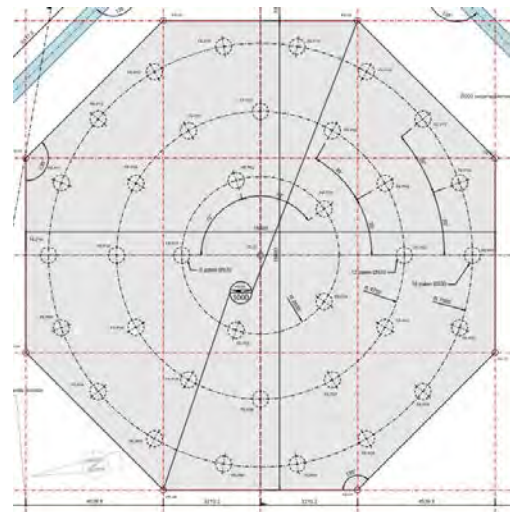
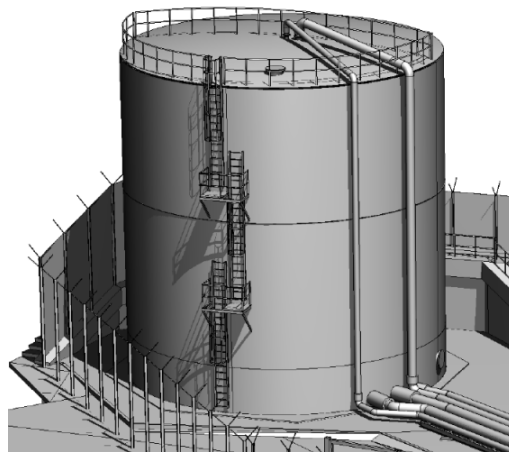
# Contexte

- Prolongation de la durée de vie des unités 1 et 2
- Renforcement de la protection incendie
- Construction d'une nouvelle station de pompage et d'un nouveau reservoir d'eau



# Description

- Réservoir métallique
  - Diamètre: 14.50 m
  - Hauteur: 13.65 m
  - Hauteur d'eau maximum: 12.20 m (2000 m<sup>3</sup>)
- Radier sur pieux en béton armé
  - Epaisseur du radier: 1.00 m
  - Nombre de pieux: 35
  - Diamètre des pieux: 0.53 m
  - Longueur des pieux: 20.00 m

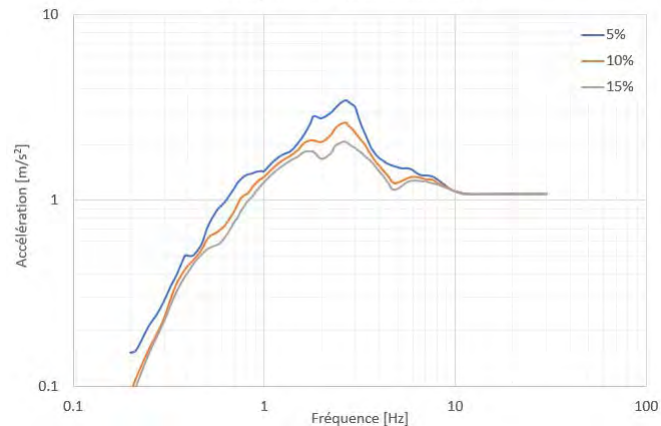


# Réponse sismique

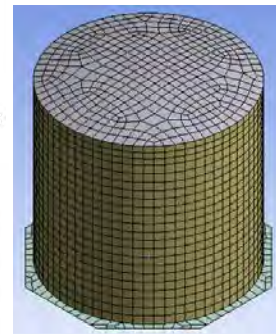
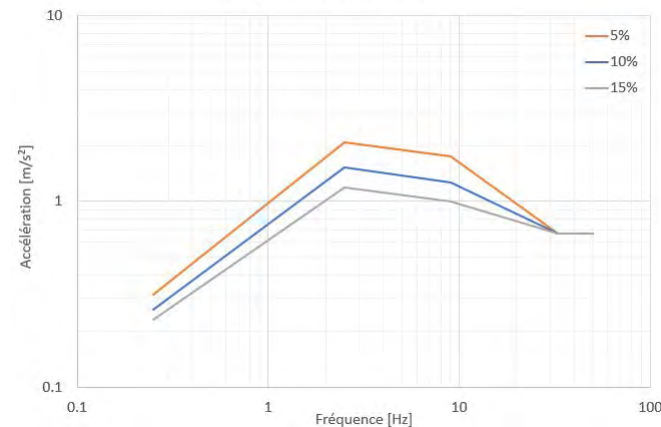
## Généralités

- Détermination des efforts en tête des pieux
- Spectres de réponse propres au projet
- Modèle ANSYS (reservoir et radier modélisés avec des éléments de type coque)
  - Mouvement du liquide
  - Interaction sol-structure
- Analyse modale spectrale pour chaque composante X/Y/Z du séisme puis combinaison SRSS

Composantes horizontales X/Y



Composante verticale Z



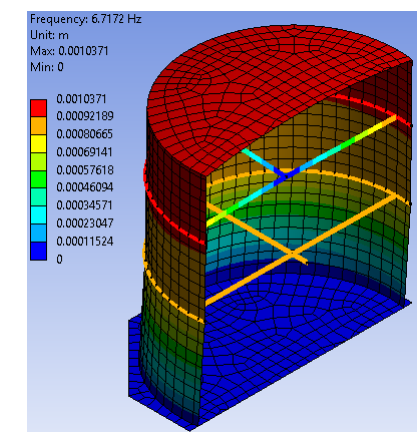
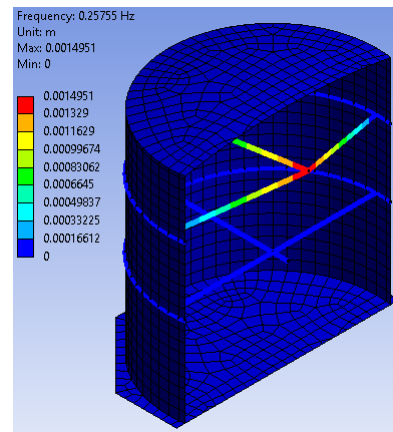
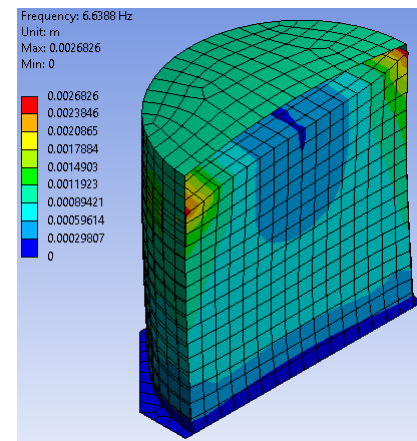
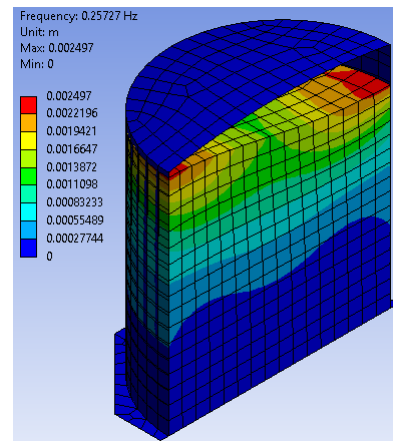
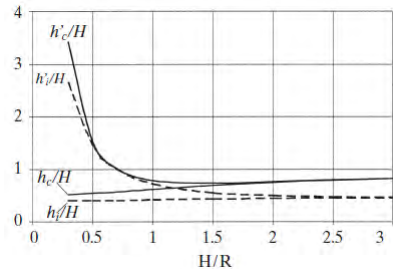
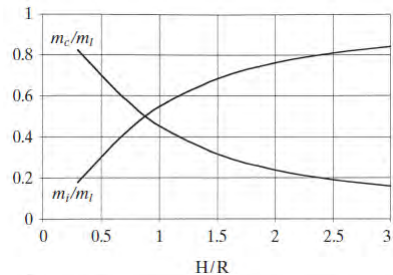
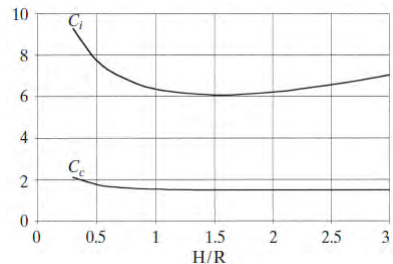
# Réponse sismique

## Mouvement du liquide

- Eléments finis spécifiques
- Systèmes masses-ressorts équivalents (P. K. Malhotra et al.)

$$T_{imp} = C_i \frac{H\sqrt{\rho}}{\sqrt{h/r} \times \sqrt{E}}$$

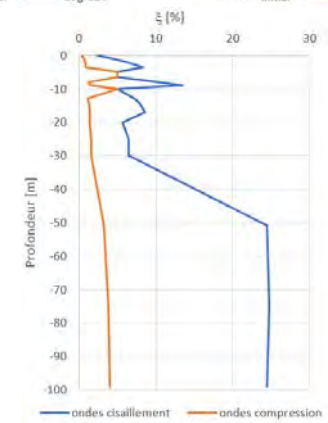
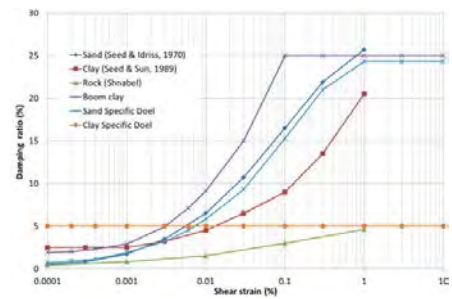
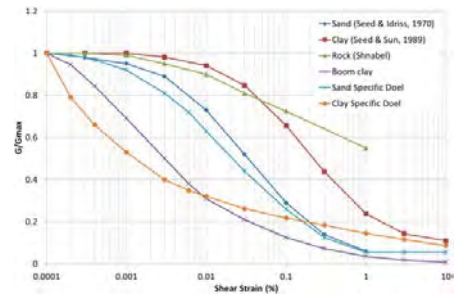
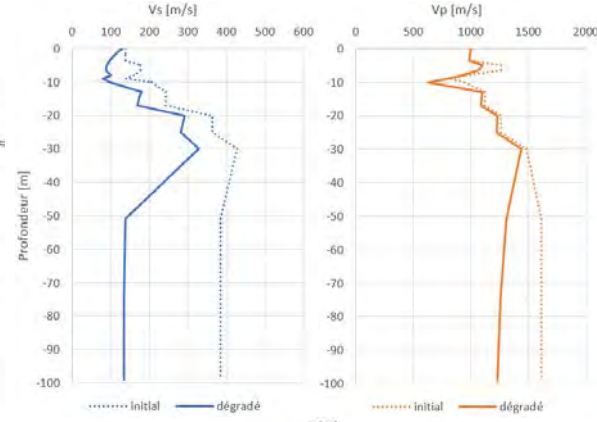
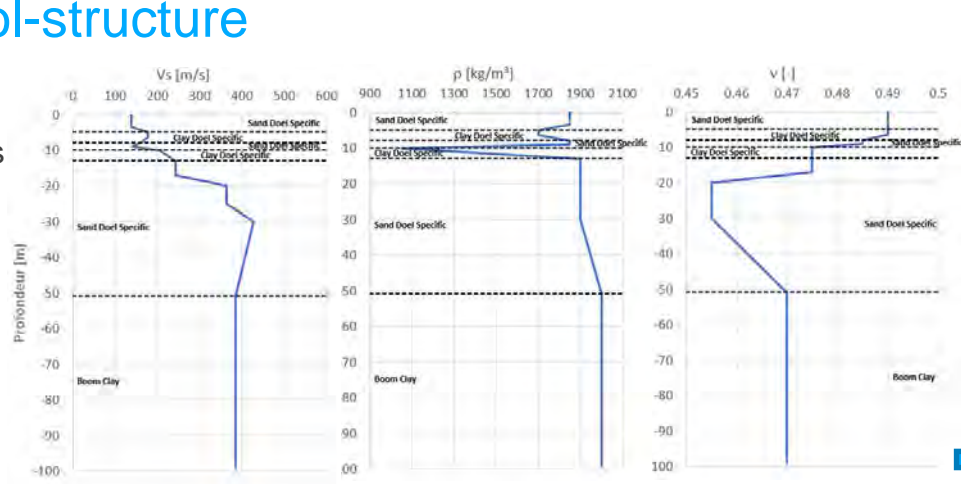
$$T_{con} = C_c \sqrt{r}$$



# Réponse sismique

## Interaction sol-structure

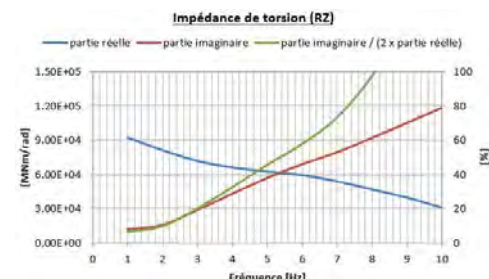
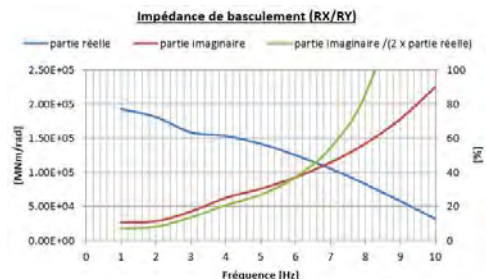
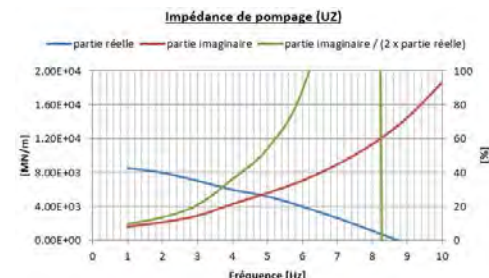
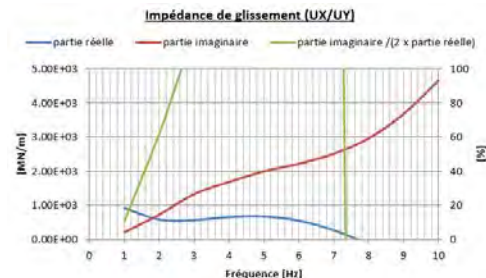
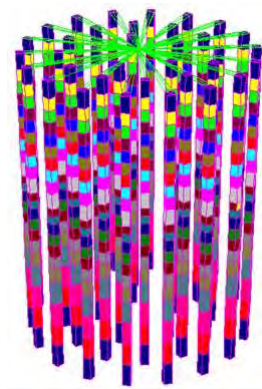
- Propriétés de sol compatibles avec les déformations sismiques du site
- Utilisation du logiciel SHAKE
- Mouvements horizontaux  $\Leftrightarrow$  propagation verticale des ondes de cisaillement
- Mouvements verticaux  $\Leftrightarrow$  propagation verticale des ondes de compression



# Réponse sismique

## Interaction sol-structure (2)

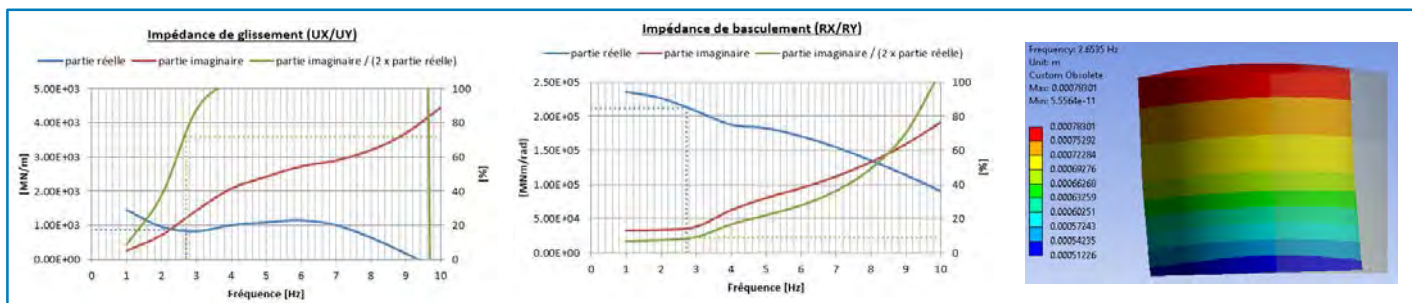
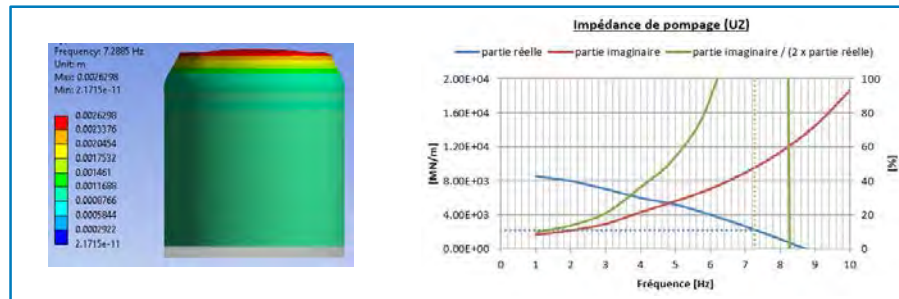
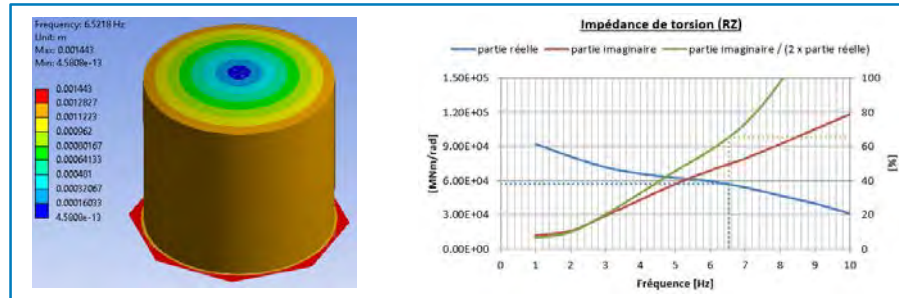
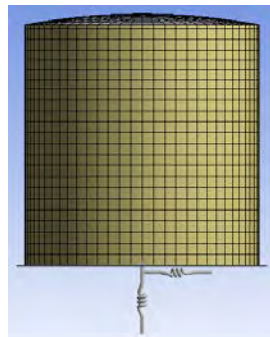
- Impédances dynamiques de la fondation
- Utilisation du logiciel d'interaction sol-structure SASSI
- Radier supposé infiniment raide chargé en son centre par une force (moment) harmonique unitaire suivant chaque DDL
- Déplacements et rotations sous forme de nombres complexes (amplitude et phase)
- Déplacements et rotations  $\Rightarrow$  matrice de flexibilité  $\Rightarrow$  matrice d'impédance après inversion



# Réponse sismique

## Interaction sol-structure (3)

- Ressorts/amortisseurs suivant chaque DDL au centre du radier supposé infiniment raide
- Caractéristiques des ressorts/amortisseurs tirées des impédances à la fréquence du mode d'interaction sol-structure concerné (processus itératif)

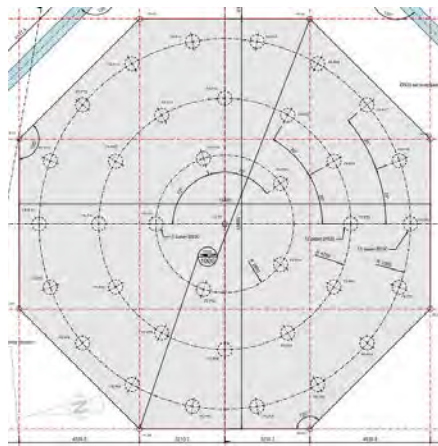




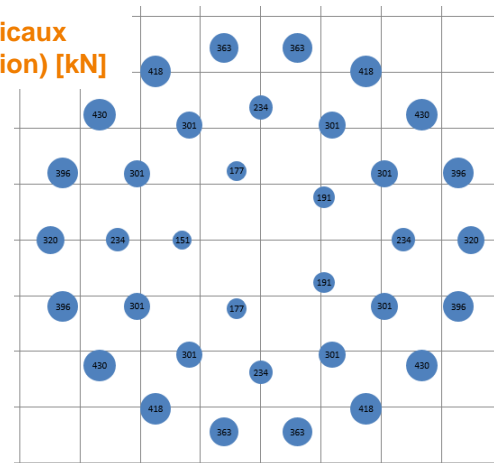
# Réponse sismique

## Efforts en tête des pieux

- Efforts sismiques à la base du radier  $\Leftrightarrow$  reactions dans les ressorts de sol
- Répartition de ces efforts en tête de chaque pieu sur base de l'hypothèse du radier infiniment raide
- Effets de groupe de pieux négligeables vu le rapport  $s/d$  élevé ( $> 4$  – NF P94-262)



Efforts sismiques verticaux  
(compression ou traction) [kN]



Efforts sismiques  
horizontaux [kN]

