



Projet SOLCYP+



AAP Marine Renewable Energy 2017

Essais en centrifugeuse de monopieux sous chargements cycliques horizontaux dans du sable

Matthieu BLANC

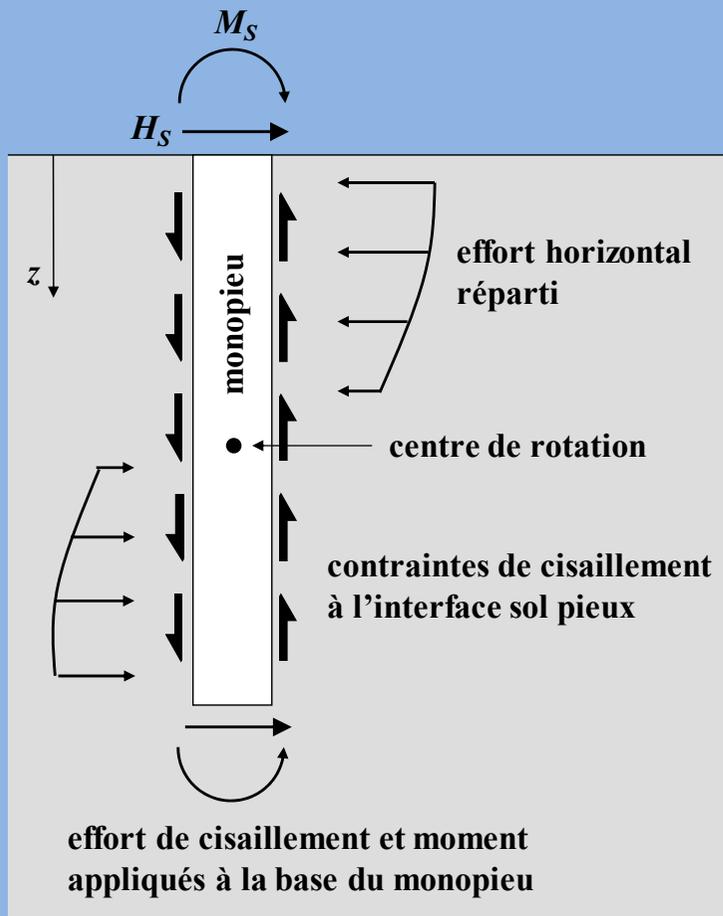


06 Décembre 2018

Fondations des Eoliennes Offshore



Problématique du comportement des monopieux



Dimensionnement d'un monopieu :

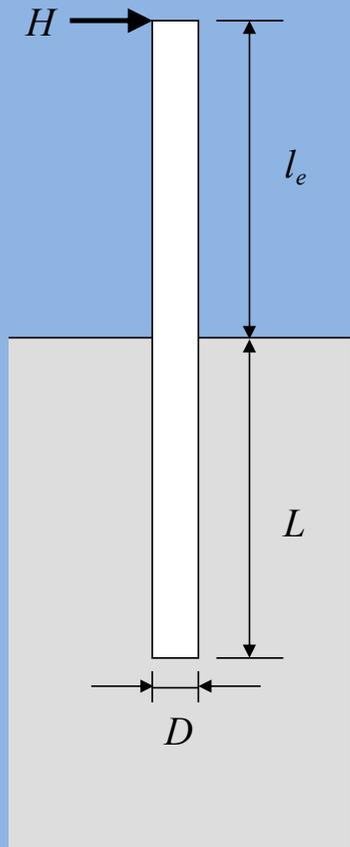
- $P-y$ (DNV-GL) mais quid des monopieux ?
 - effets du diamètre ?
 - effets de l'excentricité de la charge ?
- $M-\theta$: cisaillement à l'interface sol / monopieu ?
- $H_{base} - y_{base}$: cisaillement à la base du monopieu ?
- $M_{base} - \theta_{base}$: moment à la base du monopieu ?

Domaine de l'étude:

Sables denses

- D compris entre **5 m** et **10 m**
- L/D compris entre **3** et **9**

Dimensions du modèle réduit centrifugé



Proto :
 $D = 5 \text{ m}$
 $L/D = 5$
 $l_e/D = 10$

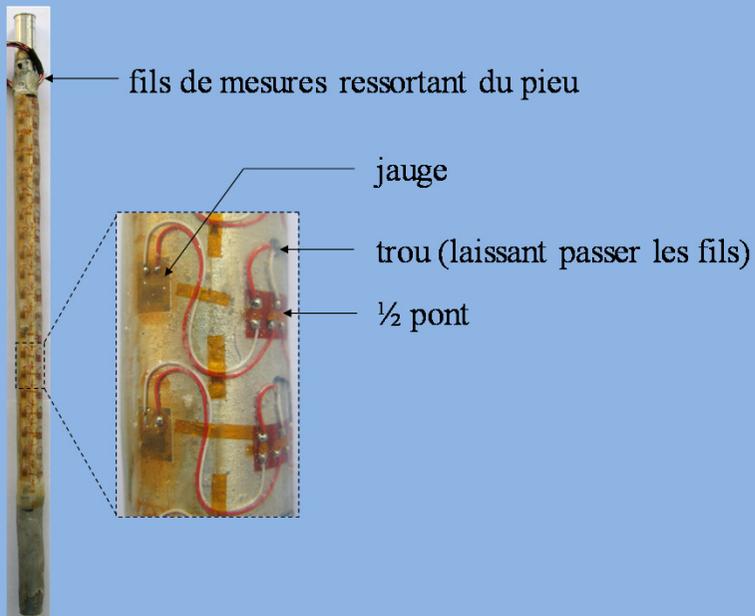
100×g

Modèle :
 $D = 50 \text{ mm}$
 $L/D = 5$
 $l_e/D = 10$



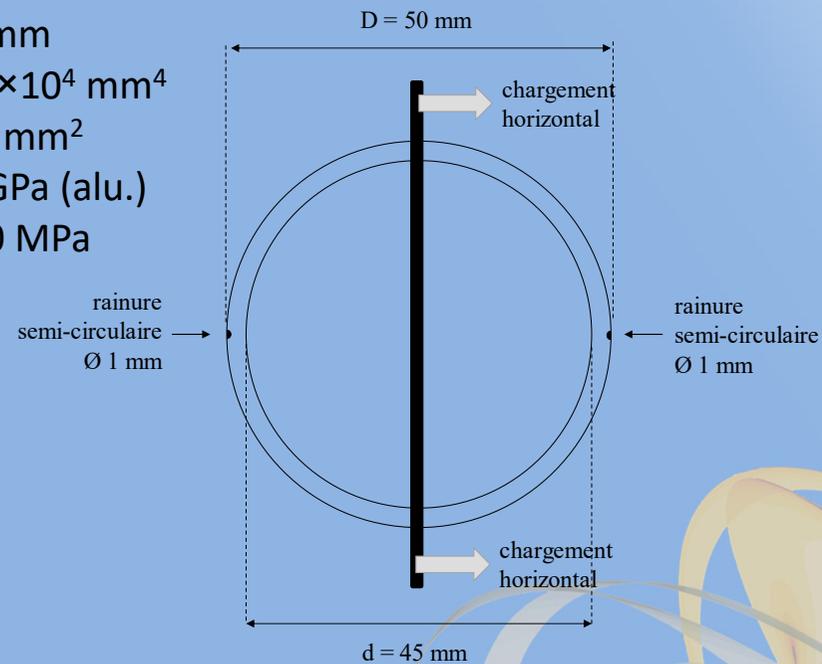
Monopieu instrumenté (fibres optiques)

Pieu SOLCYP

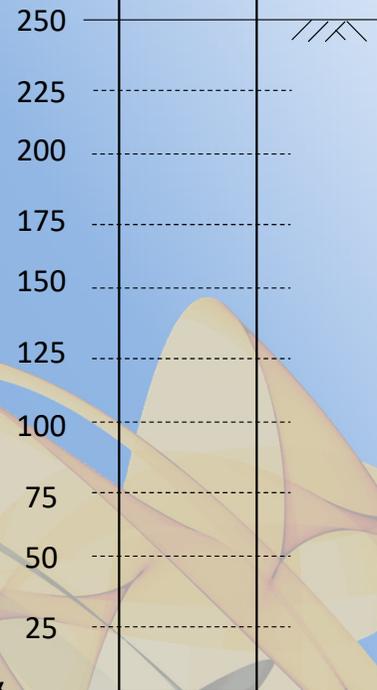


Monopieu SOLCYP+

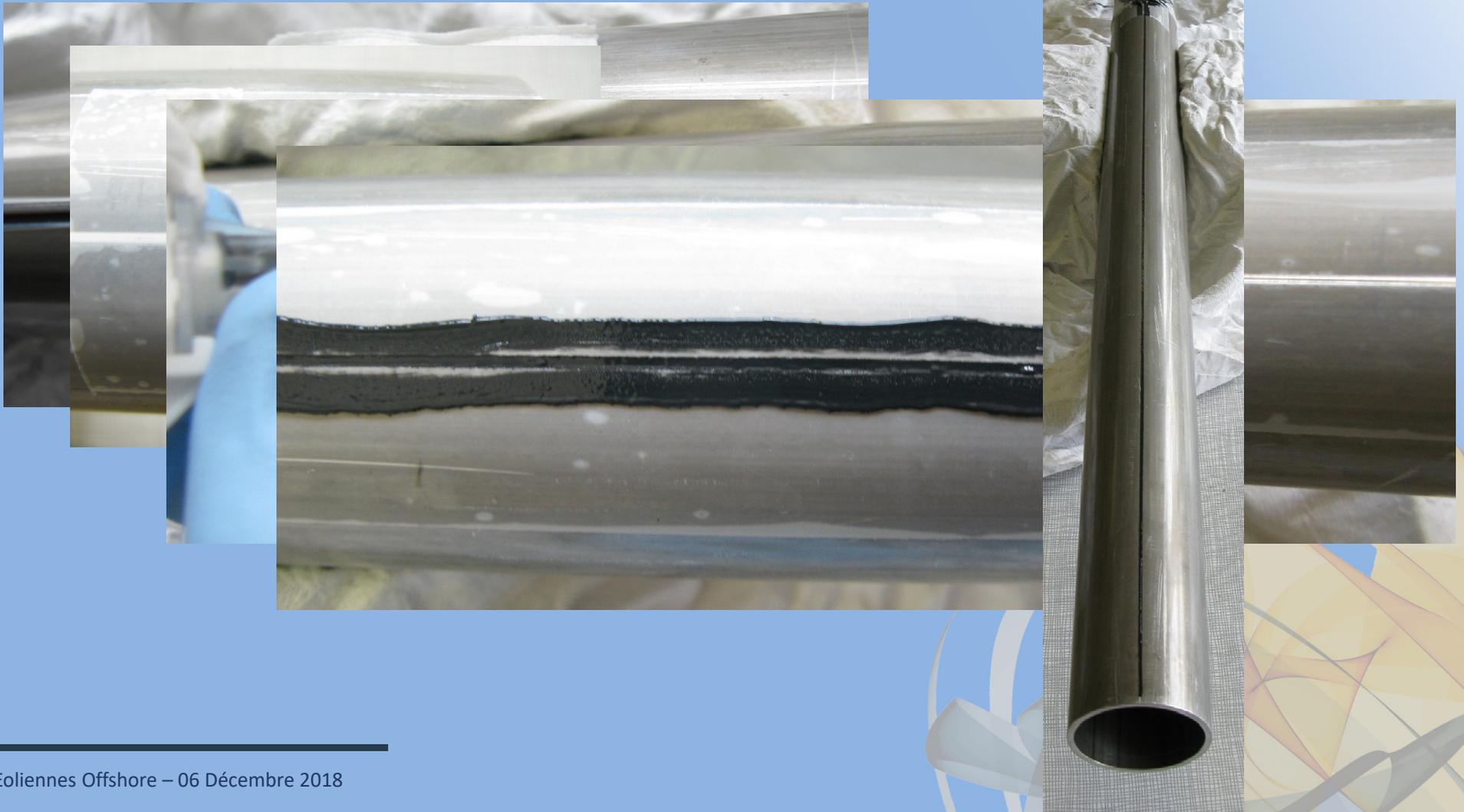
- $D = 50 \text{ mm}$
- $d = 45 \text{ mm}$
- $I = 10.5 \times 10^4 \text{ mm}^4$
- $S = 373 \text{ mm}^2$
- $E = 73 \text{ GPa (alu.)}$
- $s^p = 280 \text{ MPa}$



- 2 rainures semi circulaires ($\text{Ø} 1 \text{ mm}$)
- 2 fibres : $\text{Ø} 180 \text{ }\mu\text{m}$
- 10 réseaux de Bragg protégés dans des tubes de téflon ($\text{Ø} 200 \text{ }\mu\text{m}$)

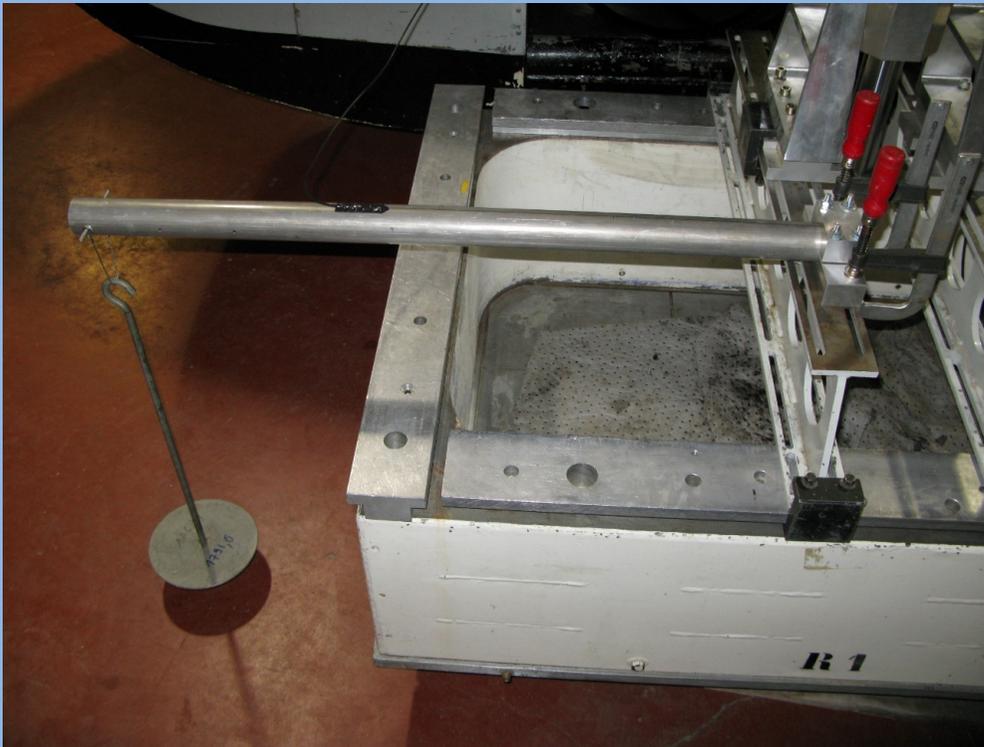


Monopieu instrumenté (fibres optiques)



Monopieu instrumenté (fibres optiques)

Calibration @1×g



coeff. théorique = coeff. expérimental

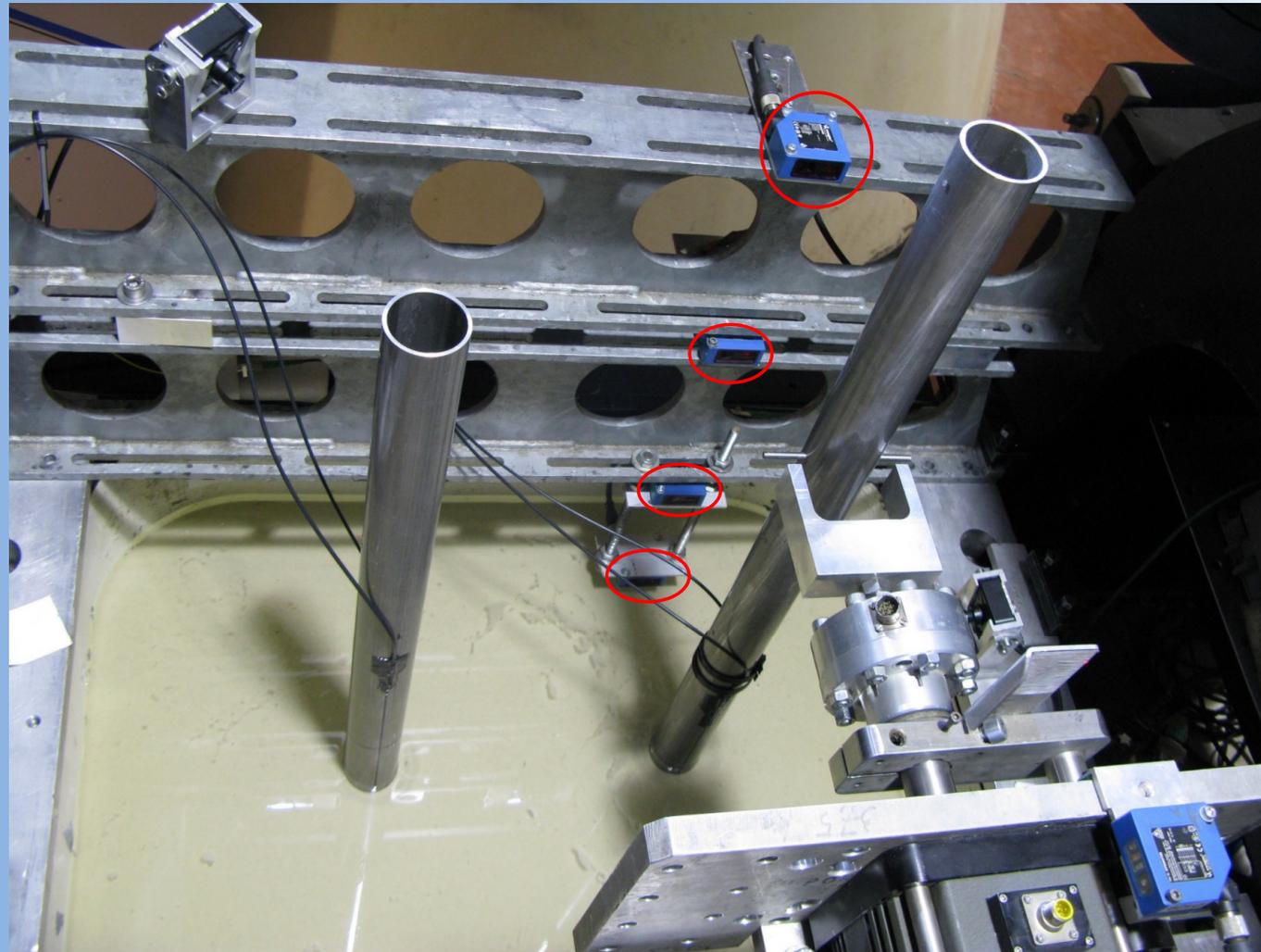
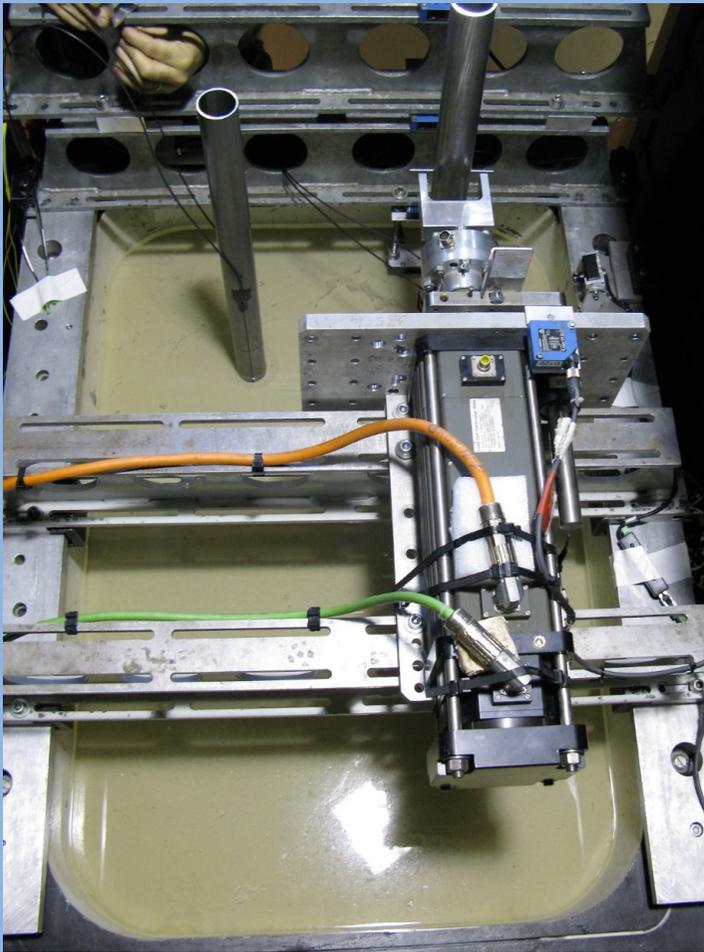
$$M = \left(\frac{2 \cdot E \cdot I}{D} \right) \cdot \left(\frac{\varepsilon^{\text{ext}} - \varepsilon^{\text{comp}}}{2} \right)$$

$\Delta\lambda > 0$ & $e > 0$: ext. (extension)

$\Delta\lambda < 0$ & $e < 0$: comp. (compression)

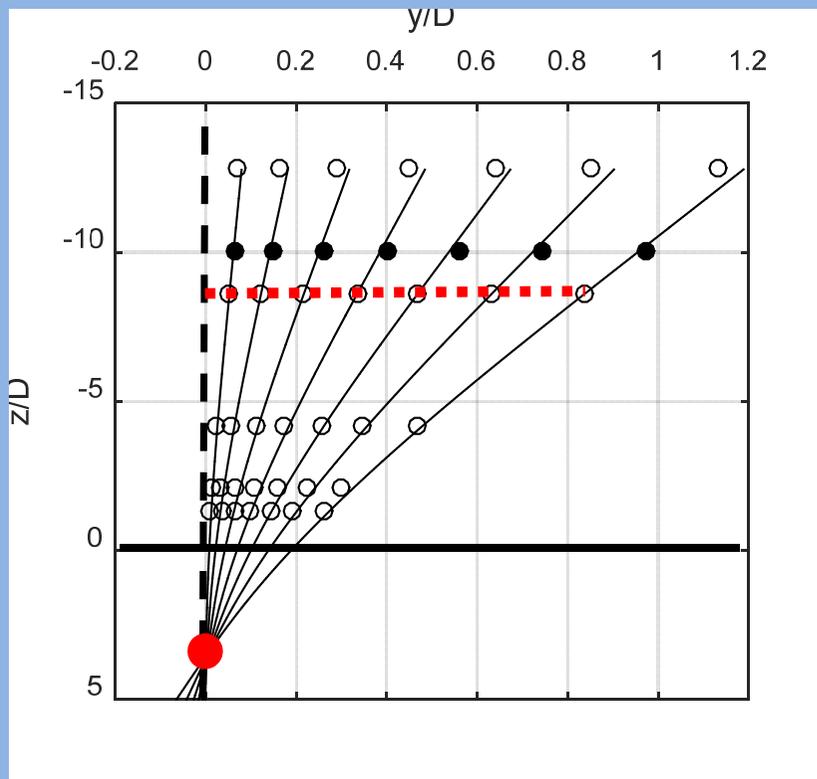


Montage expérimental



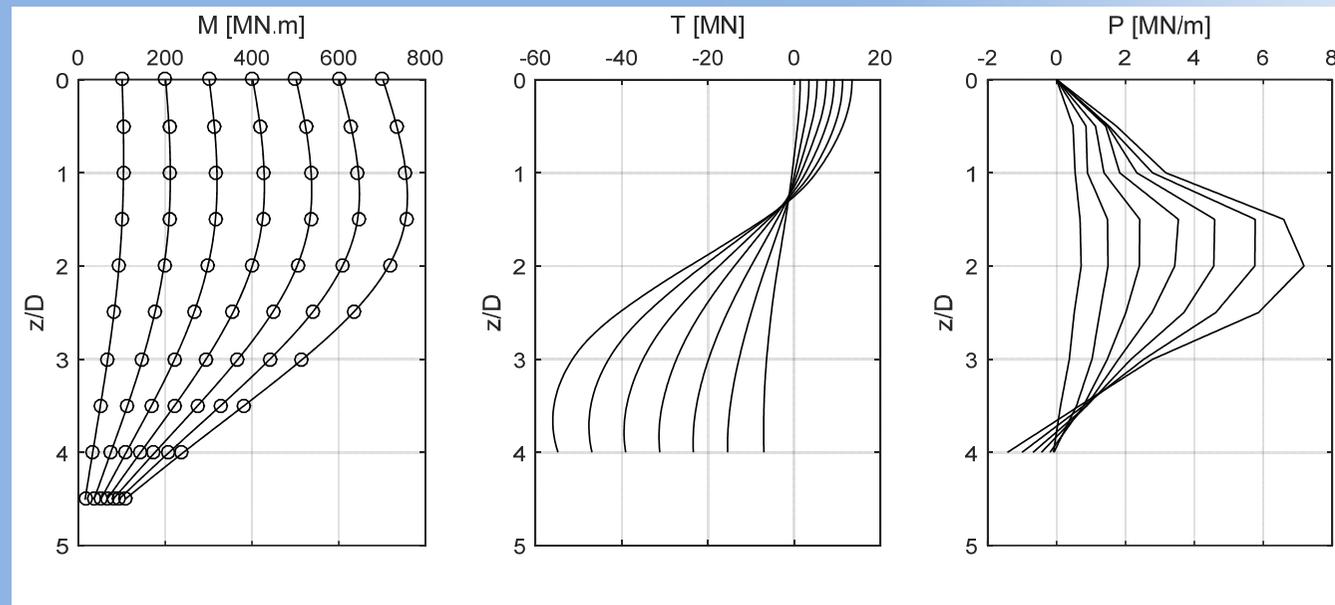
Courbes P-y expérimentales

double intégration : **2 constantes**



1^{ère} dérivation

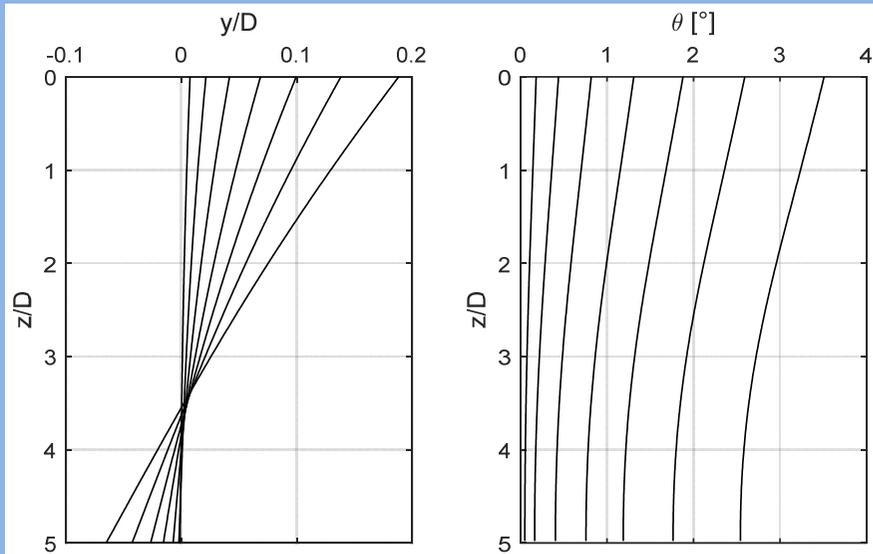
2^{nde} dérivation



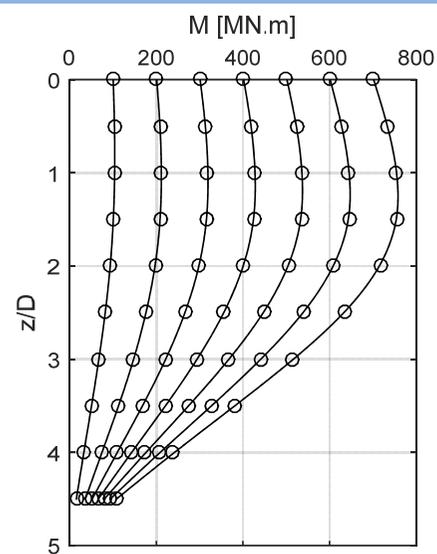
Profils des moments obtenus en ajustant les points par des **splines cubiques amorties**

Courbes P-y expérimentales

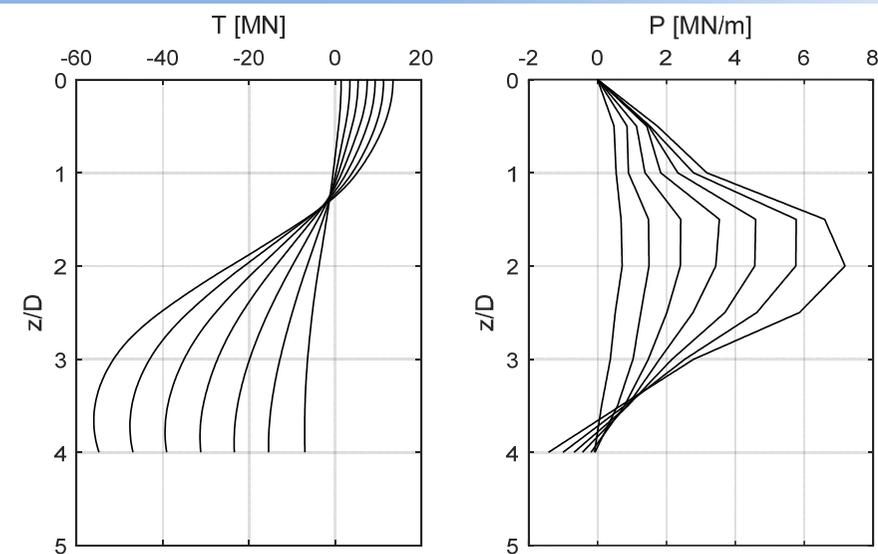
double intégration : 2 constantes



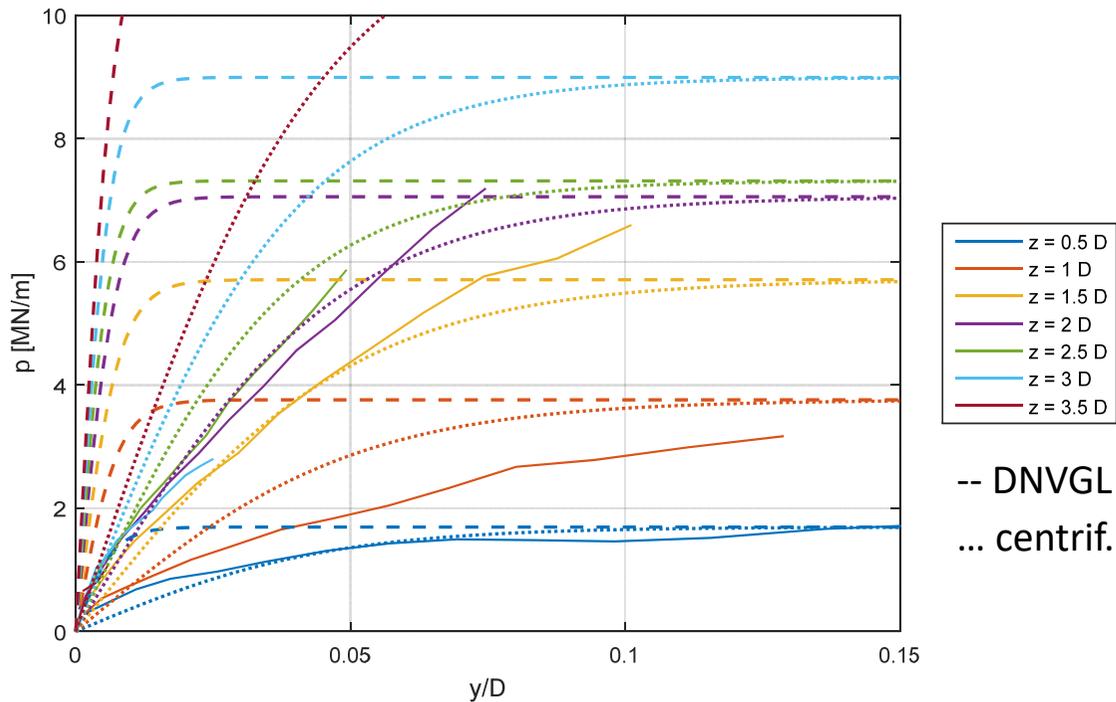
1^{ère} dérivation



2^{nde} dérivation



Courbes P-y expérimentales

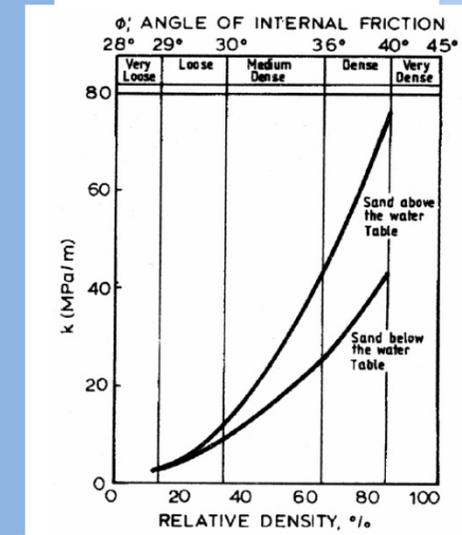


- z = 0.5 D
- z = 1 D
- z = 1.5 D
- z = 2 D
- z = 2.5 D
- z = 3 D
- z = 3.5 D

-- DNVGL : k = 20 MPa/m
 ... centrif. : k = 3 MPa/m

k : initial modulus of subgrade reaction

$$p = Ap_u \tanh\left(\frac{kX}{Ap_u} y\right)$$



k = 20 MPa/m (Reese, 1974)

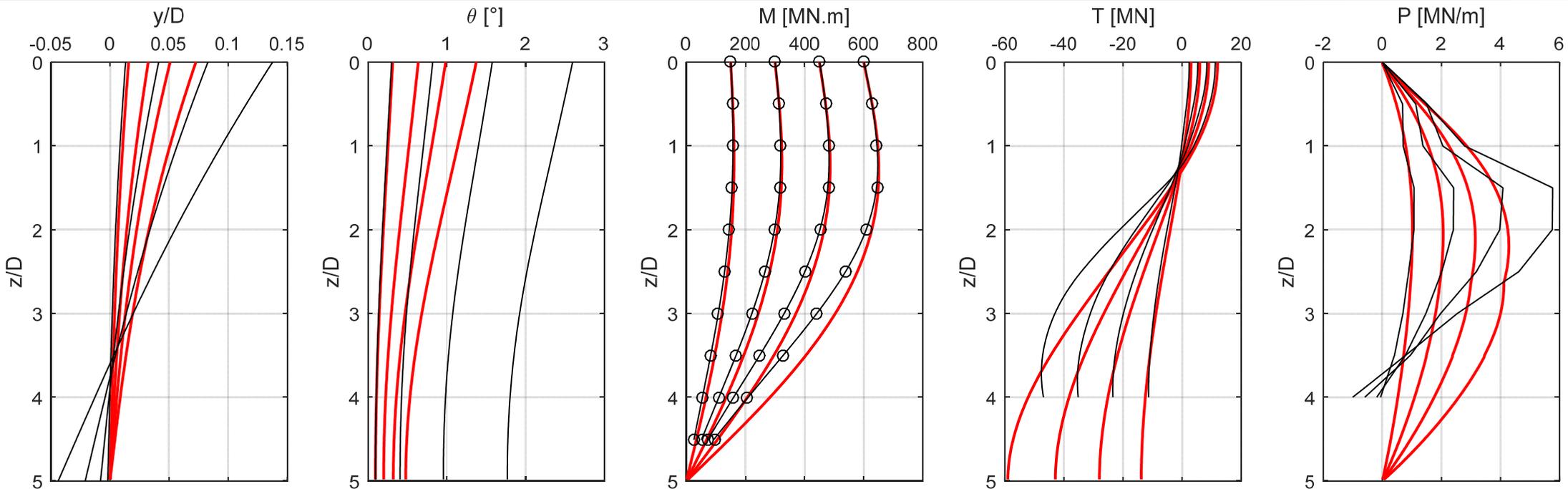
biblio : biblio : k = 4.4 MPa/m (Terzaghi, 1955)

Comment déterminer directement k (en centrifugeuse) ?

Conditions limites en pointe du monopieau

2 Conditions limites en tête : M et T

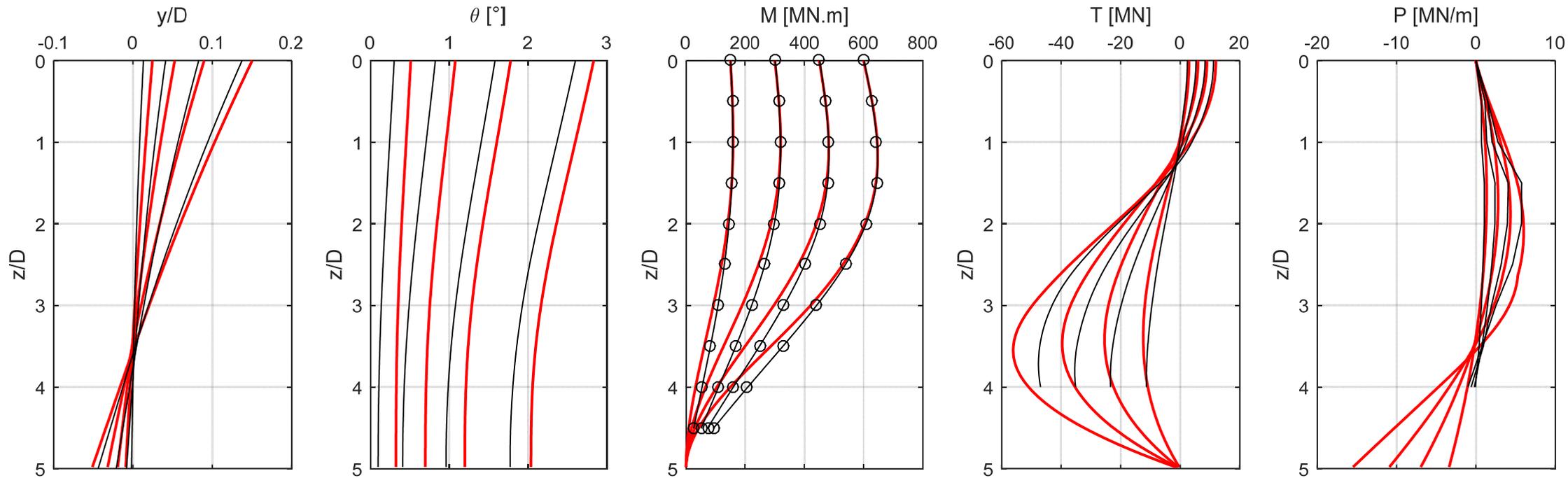
2 Conditions limites en pointe : M = 0 et $y = 0$ (SOLCYP)



Conditions limites en pointe du monopieu

2 Conditions limites en tête : M et T

2 Conditions limites en pointe : M = 0 et T = 0 (cisaillement libre à la pointe)

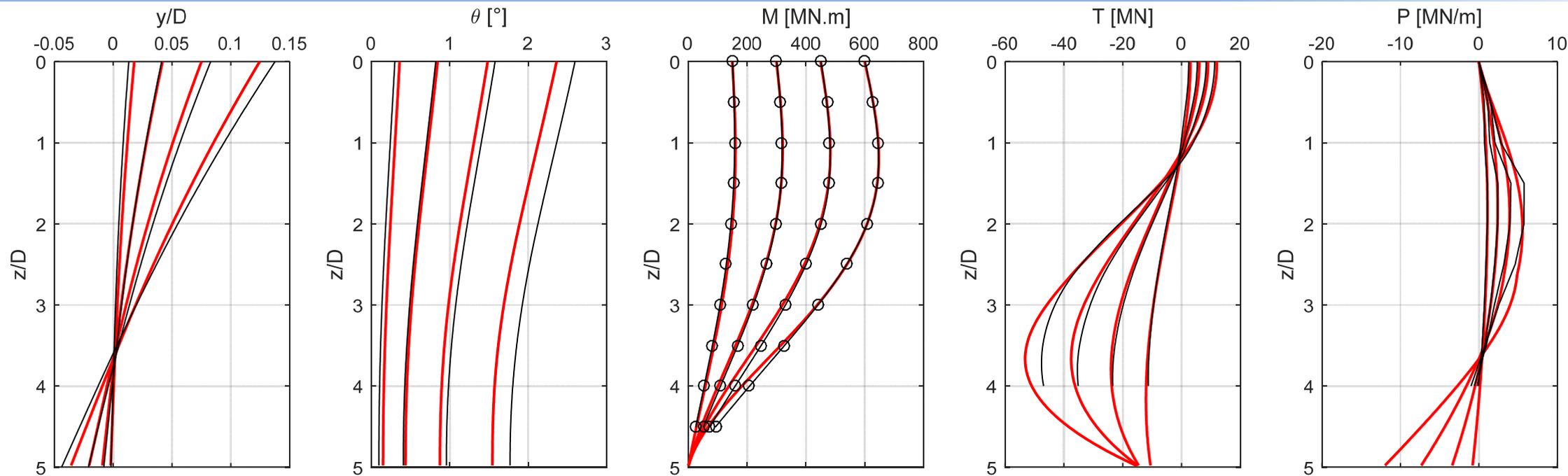


Conditions limites en pointe du monopieu

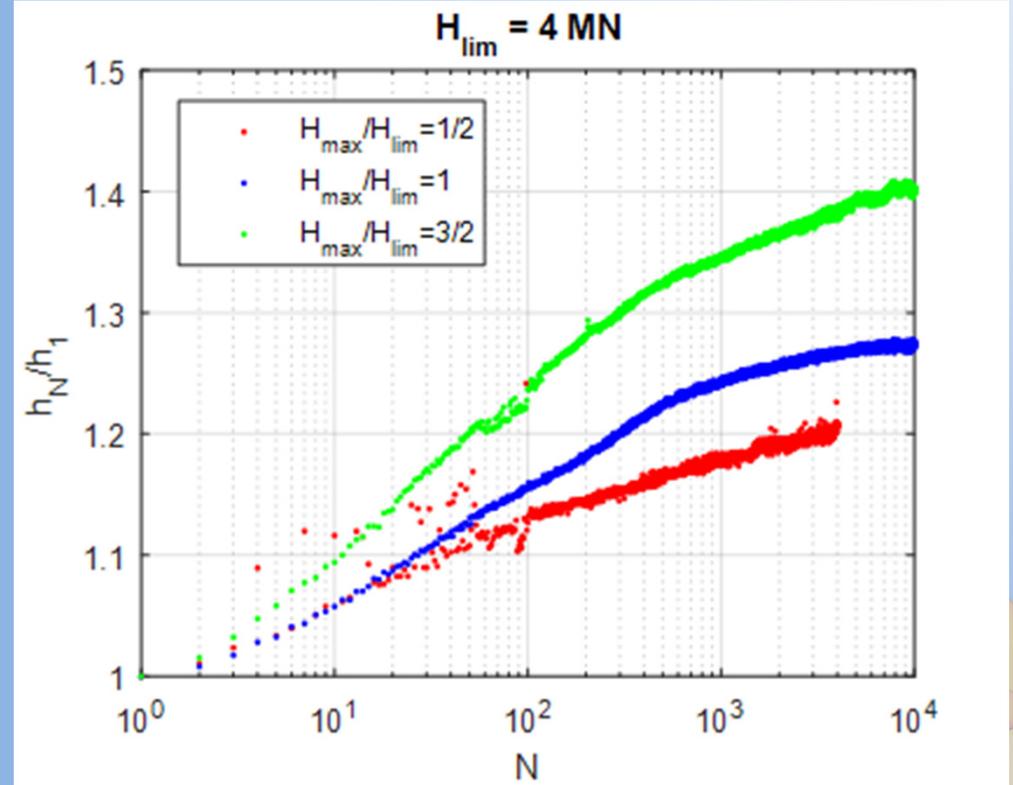
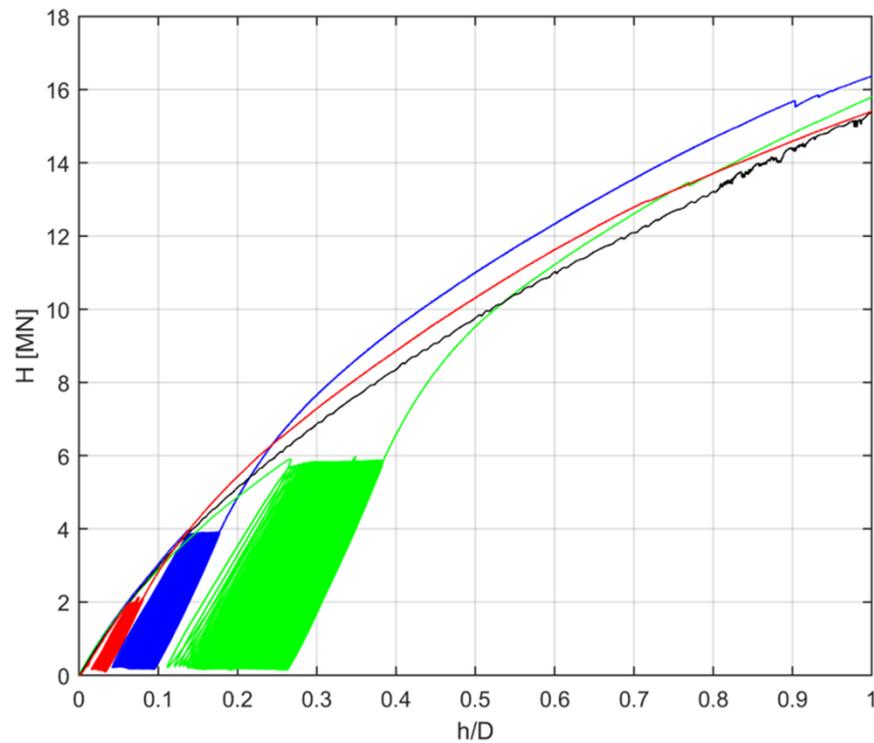
2 CL en tête : M et T

Nécessité d'instrumenter plus finement la pointe !

2 CL en pointe : M = 0 et T(y)

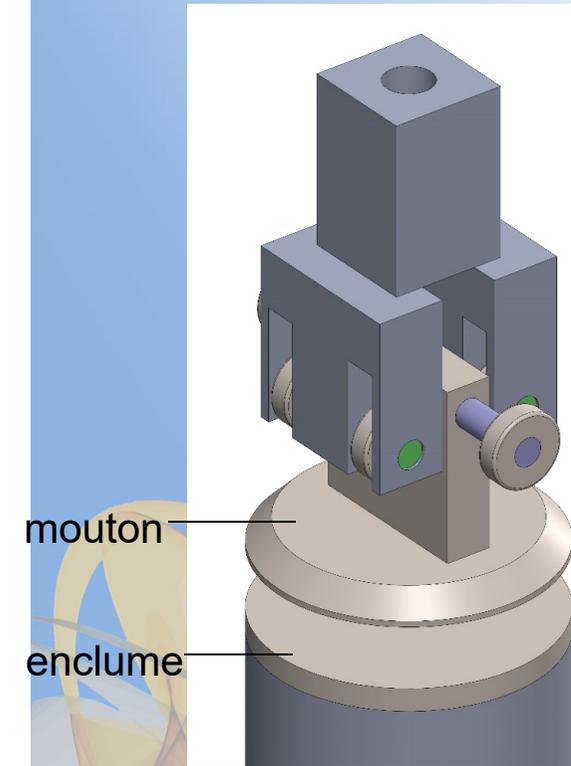
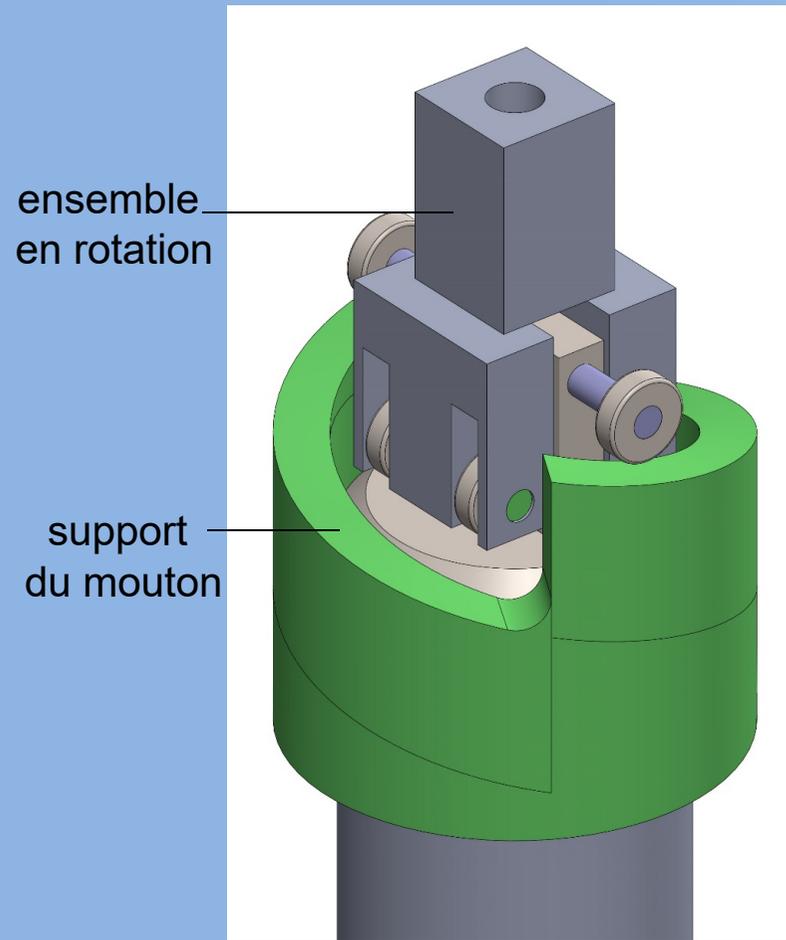
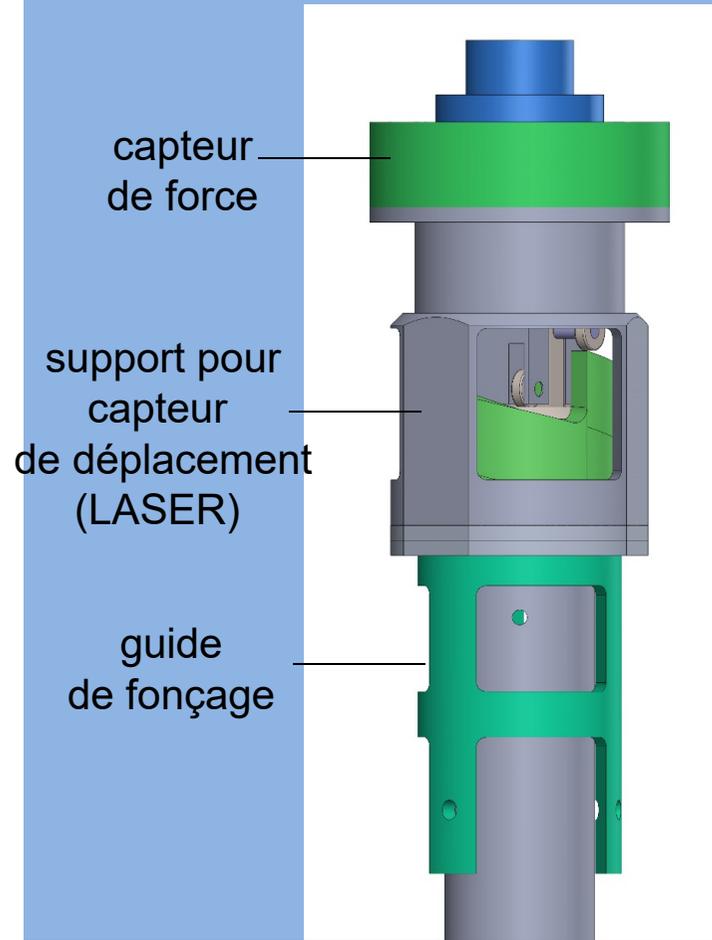


Chargement cyclique



Définition de H_{lim} pour les monopieux ?

Développement d'un batteur en vol (début 2019)



Conclusions

- Validation de l'utilisation de **fibre optique** en centrifugeuse
- Développement d'un **nouveau montage expérimental** pour étudier les monopieux en centrif.
- **Campagne expérimentale** portant sur les effets de :
 - l' **élancement** $L/D = 3$ à 9 :

A partir de quand peut on considérer un pieu comme un monopieu rigide ?
 - l' **excentricité** de la charge $l_e/D = 5$ à 15
 - **chargement cyclique** :
 - Accumulation de déplacement
 - Dégradation des courbes de réactions **P-y**



Suites pour 2019

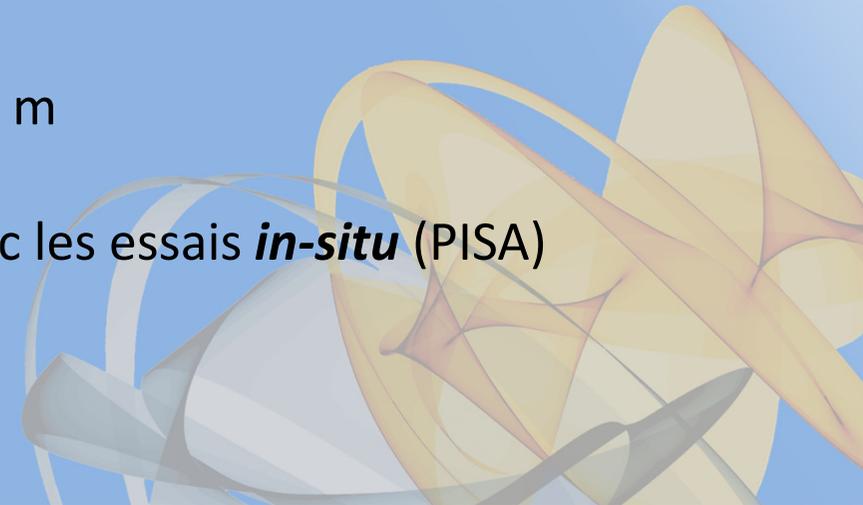
- Chercher le comportement à la base du monopieu : les lois $H_{base} - y_{base}$ et $M_{base} - \theta_{base}$

Nouveau monopieu modèle instrumenté plus finement en pointe

- Modélisation en centrifugeuse de la **méthode d'installation** du monopieu :

Développement du batteur embarqué en centrifugeuse

- Etudier les monopieux de plus **gros diamètre** : $D = 10$ m
- **Comparer** les résultats obtenus en **centrifugeuse** avec les essais ***in-situ*** (PISA)





Projet SOLCYP+



AAP Marine Renewable Energy 2017

Merci de votre attention



06 Décembre 2018

Fondations d'Eoliennes Offshore

