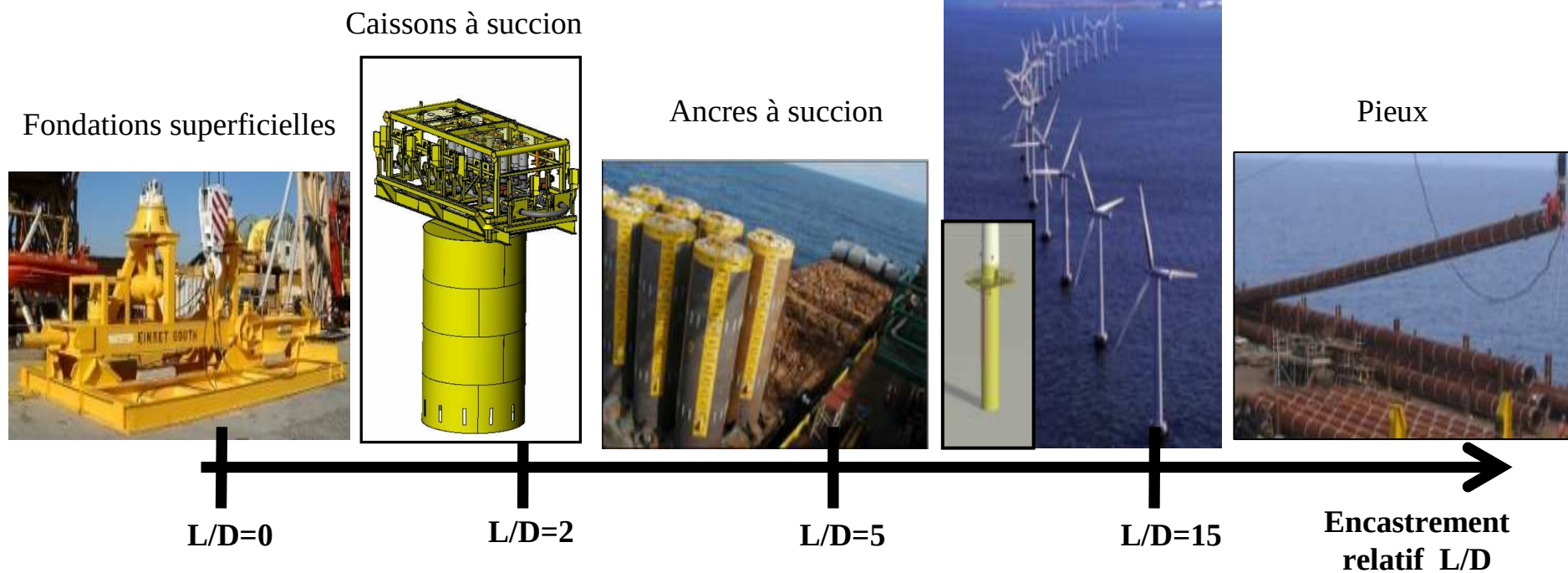


Structures offshore



Mono-pieux d'éoliennes offshore



Fondations superficielles

- ✓ API RP2A
- ✓ DnV fondations
- ✓ ISO 19901-4

Fondations superficielles



$L/D=0$

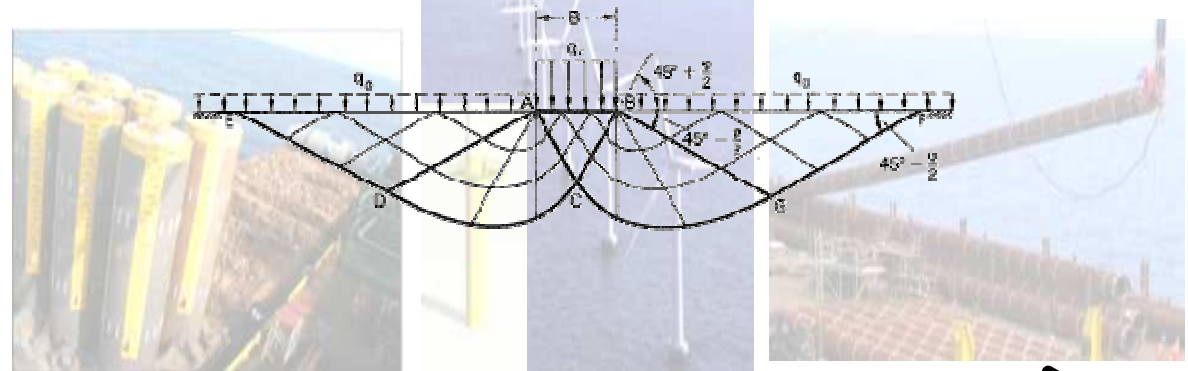
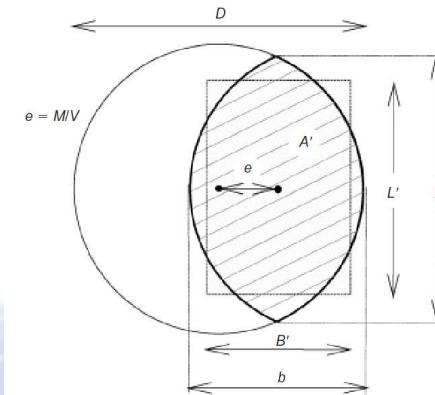
$L/D=2$

$L/D=5$

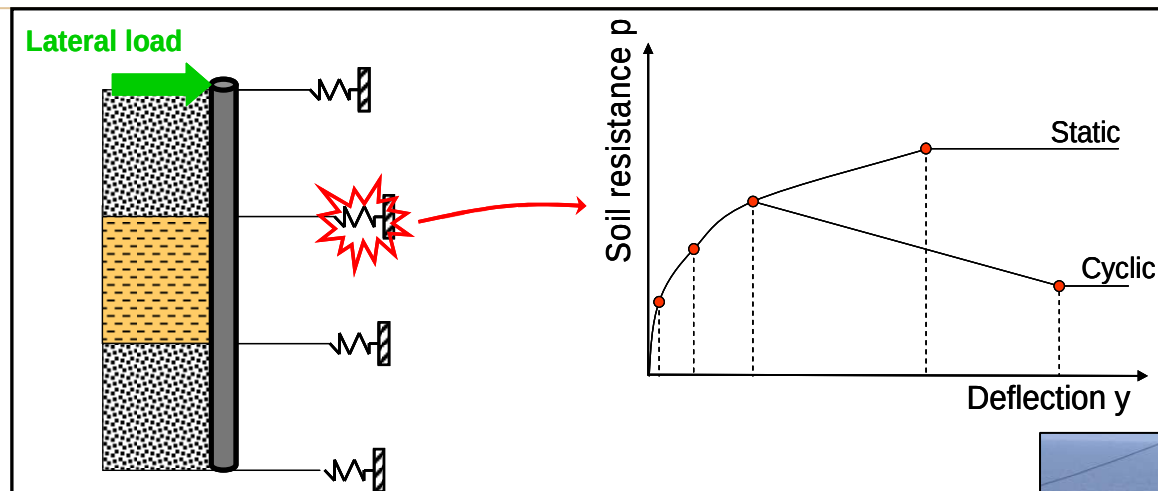
$L/D=15$

Encastrement
relatif L/D

Excentricité
Surface réduite

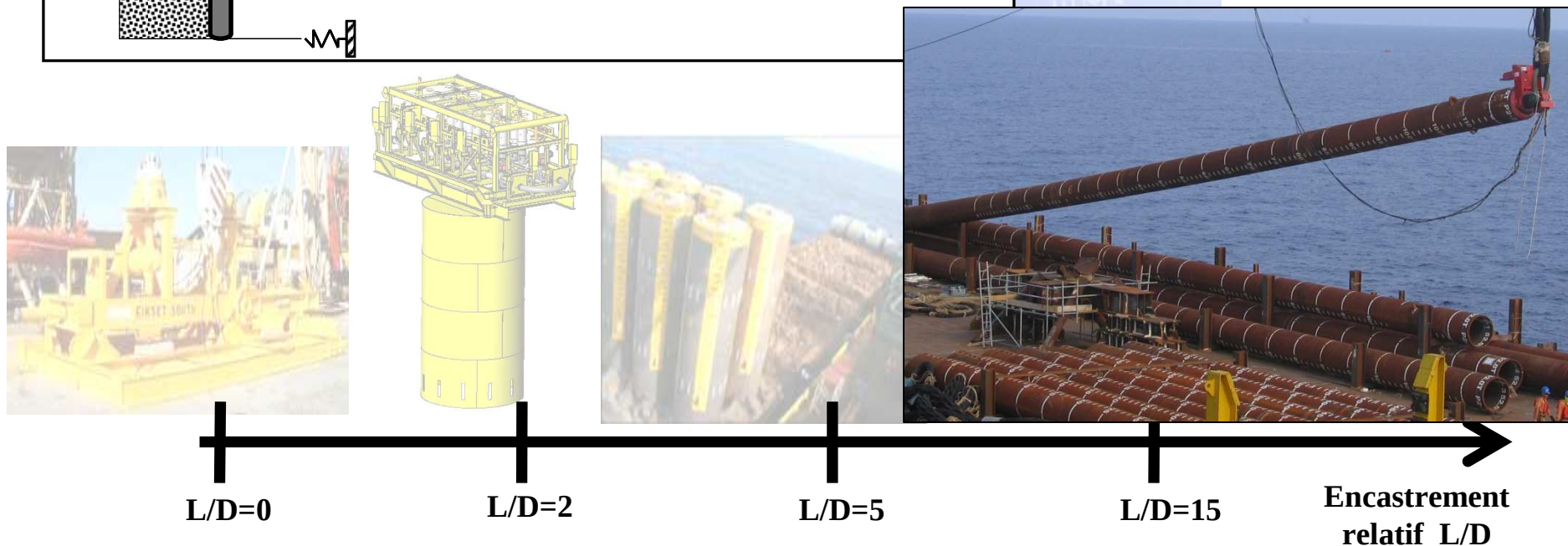


Pieux longs flexibles



Structure souple
Decouplage V,H

Pieux



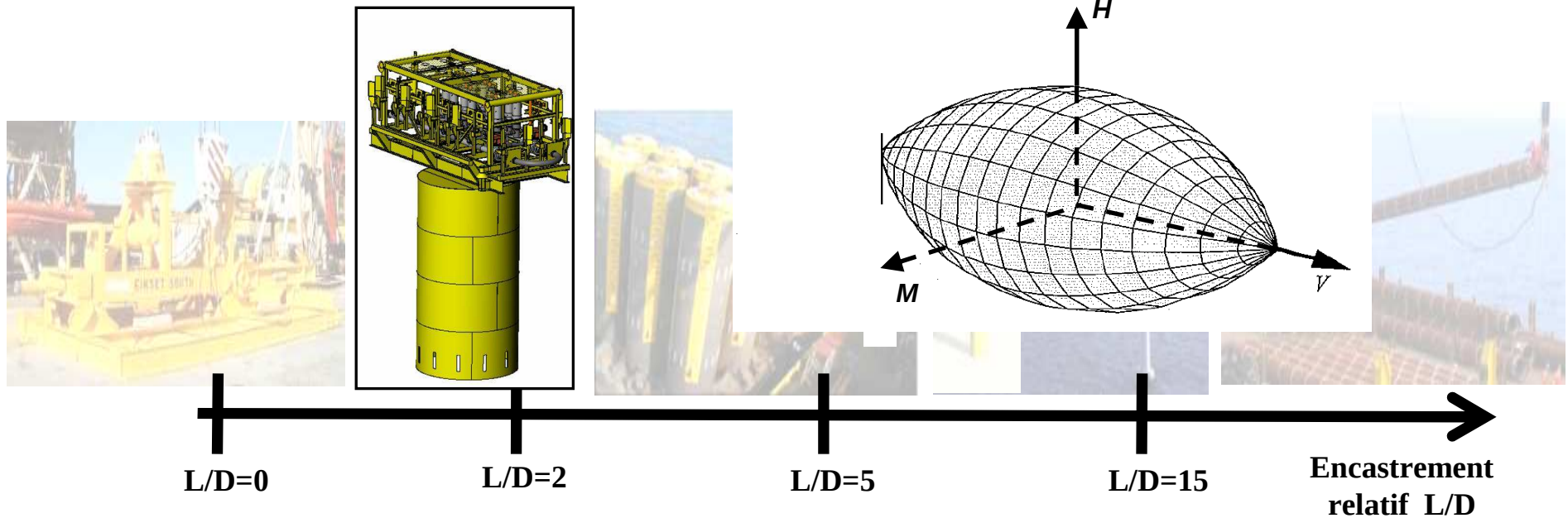
Utilisation d'éléments finis pour le design d'un caisson à succion



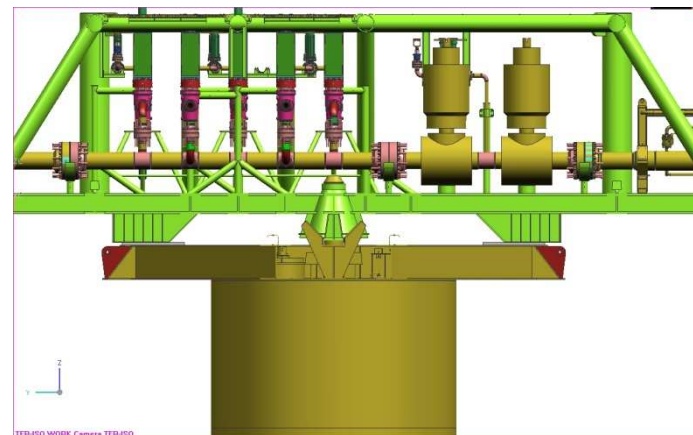
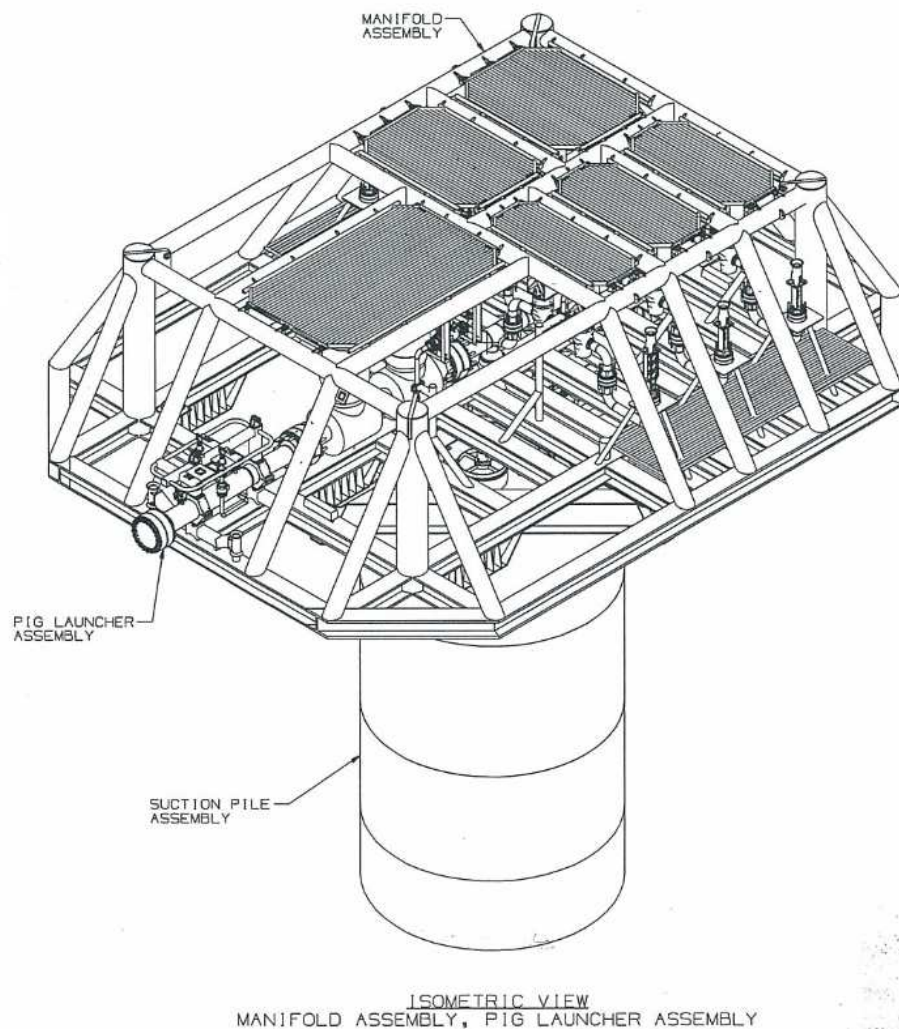
Forte interaction entre:

- ✓ la charge verticale (tension ou compression): V
- ✓ la charge horizontale: H
- ✓ les moments: M

Caissons à succion



Manifold + interface + suction pile

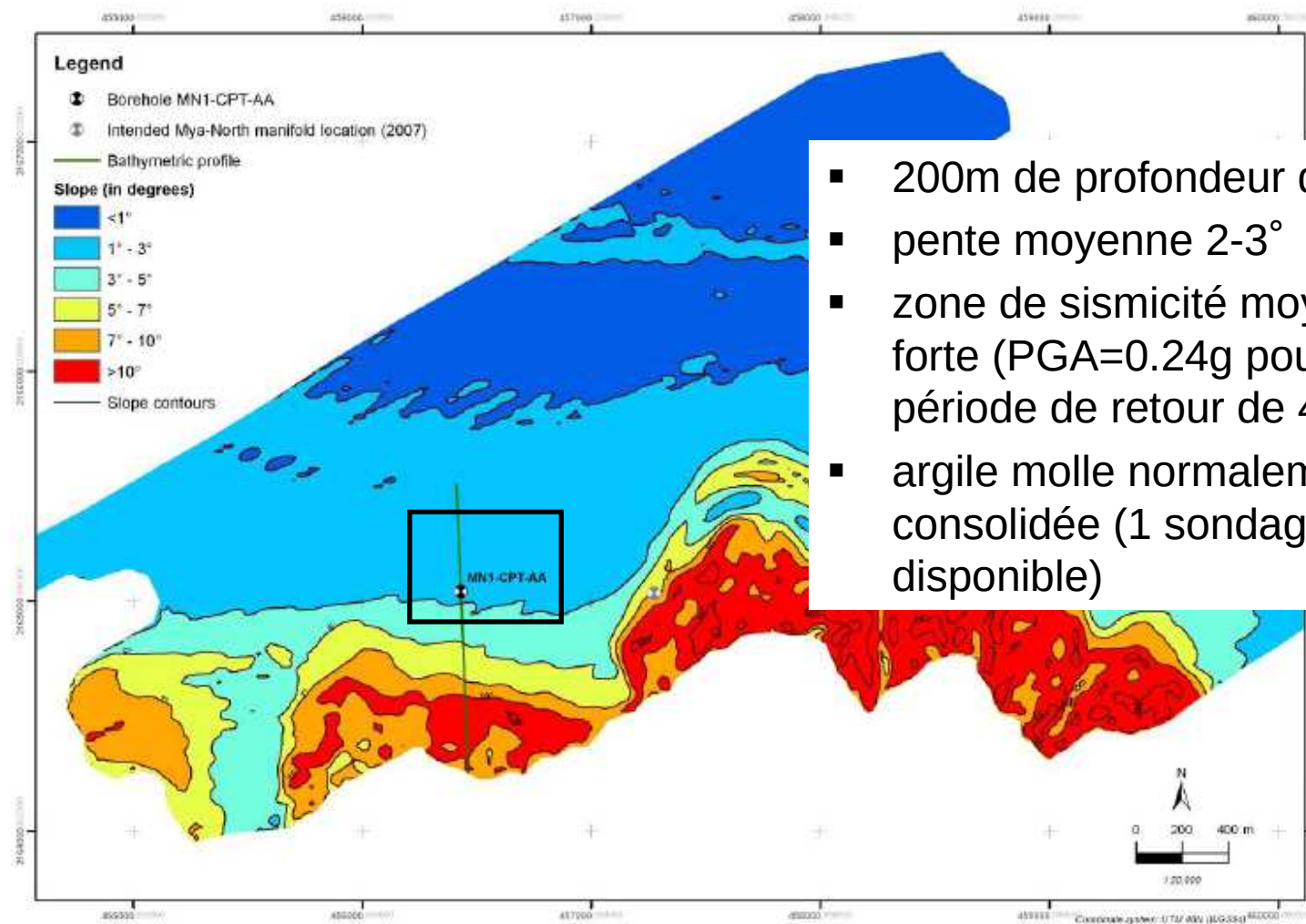


Diamètre: $D=5\text{m}$,

Longueur: $L=12.4\text{m}$,

Poids submergé: $W'=636\text{kN}$

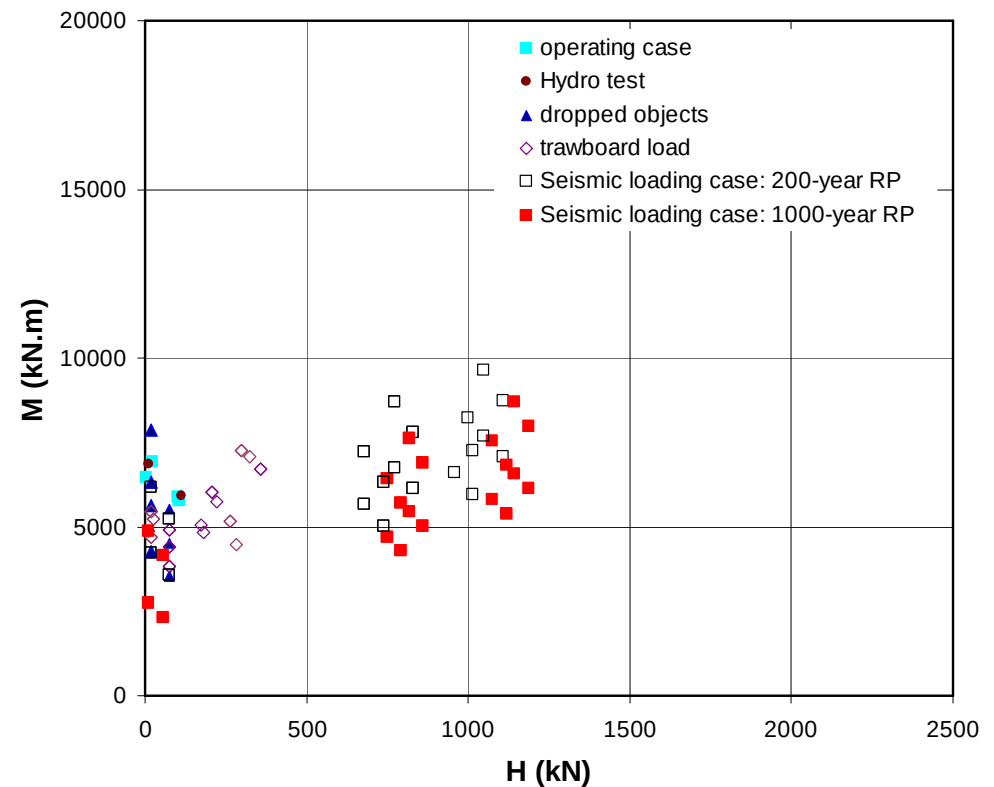
Bathymétrie



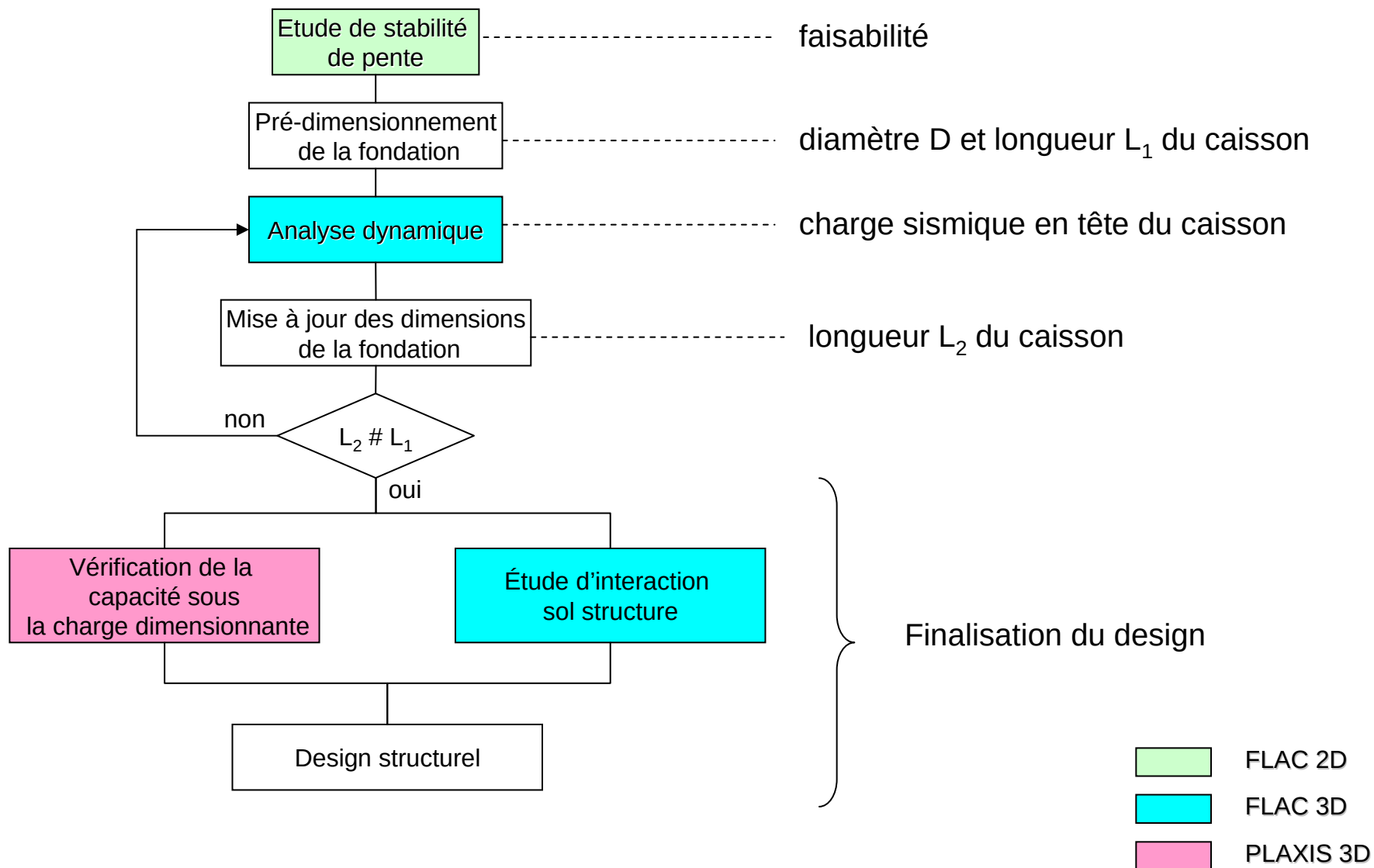
- 200m de profondeur d'eau
- pente moyenne 2-3°
- zone de sismicité moyenne à forte (PGA=0.24g pour une période de retour de 475 ans)
- argile molle normalement consolidée (1 sondage de 50m disponible)

Cas de chargement

- Cas de charge:
 - (i) poids propres: manifold, pipekit, jumper, interface, fondation
 - (ii) charge opérationnelles
 - (iii) charges accidentelles: trawboard snag, dropped objects, earthquake
- 104 combinaisons de charges
Vertical + **H**orizontal + **M**oment + **T**orsion



Organisation du projet

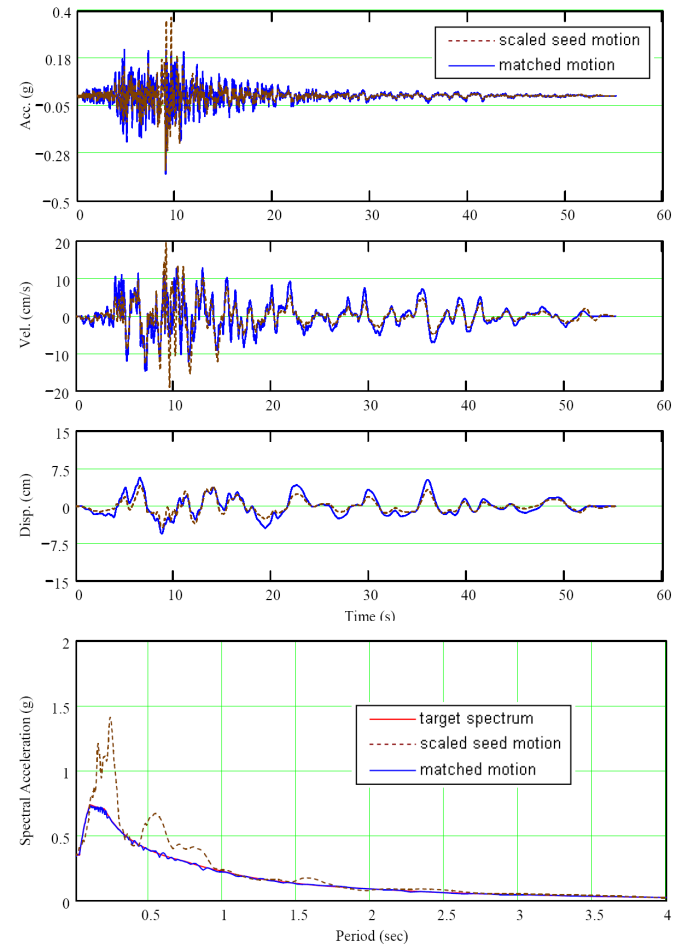


FLAC2D: analyse de stabilité de pente



- modèle dynamique 2D prenant en compte un comportement non linéaire sous chargement dynamique
- 6 signaux temporels utilisés en entrée
- 2 périodes de retour 200 et 1000 ans

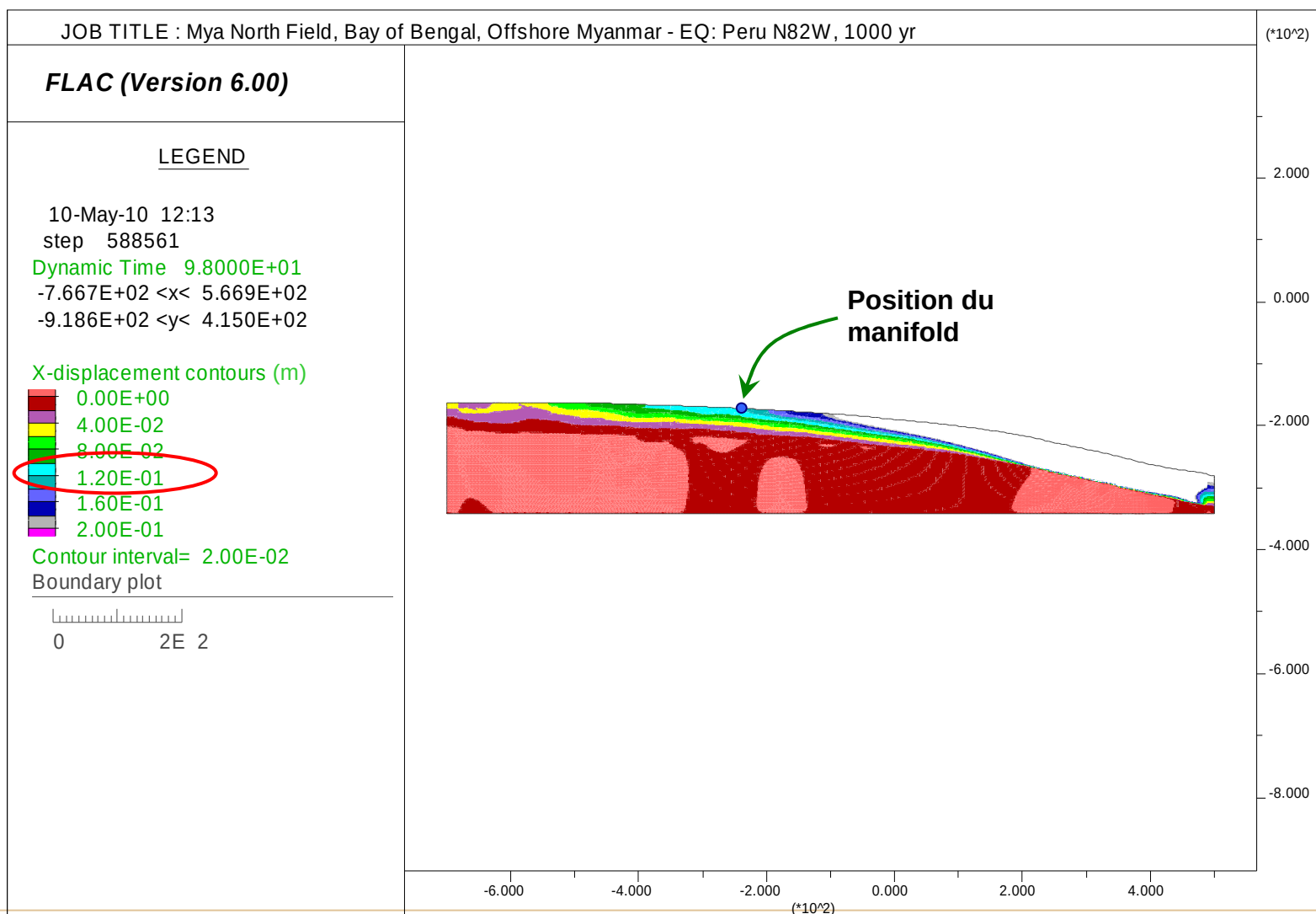
**Période de retour: 1000 ans,
Motion: 1994 Northridge**



**SPECTRALLY MATCHED 325 COMPONENT, 5082 STATION,
1994 NORTHRIDGE EQ.
1000-YR RETURN PERIOD**

FLAC2D: analyse de stabilité de pente

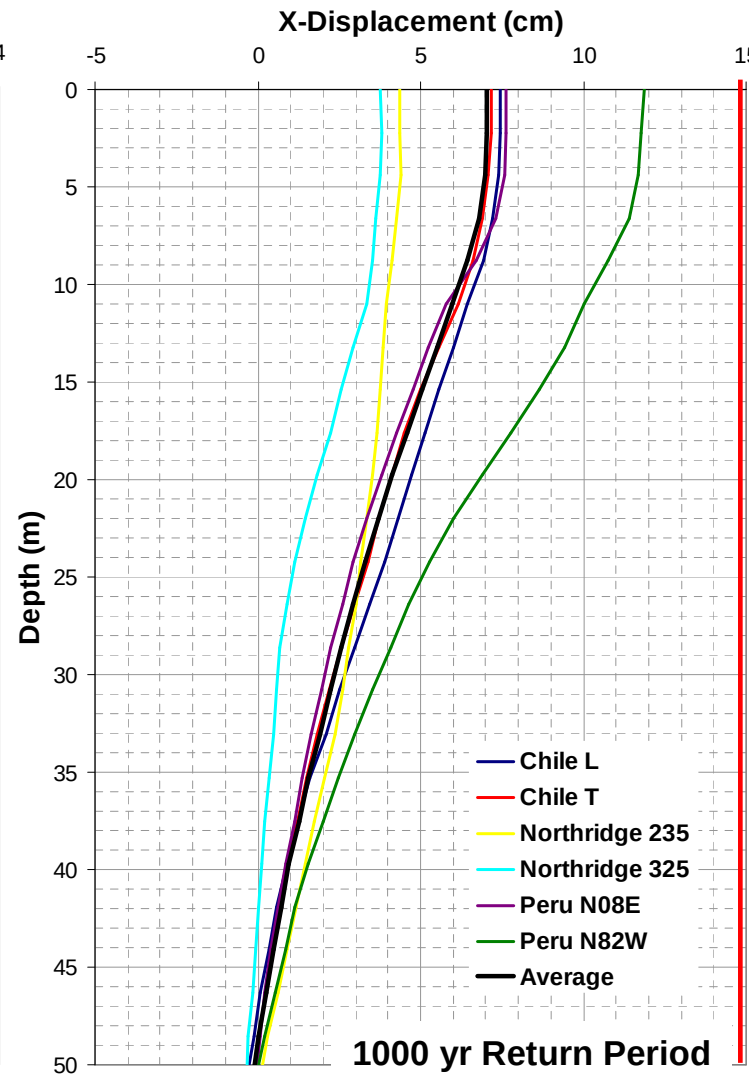
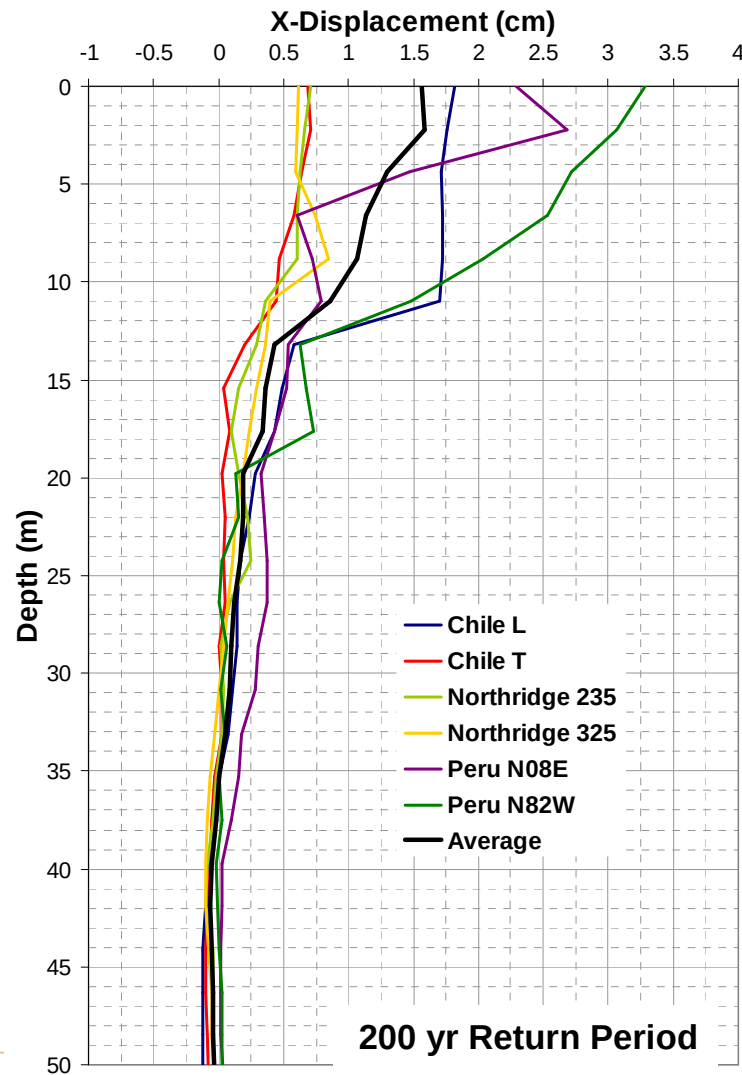
Séisme de 1000 ans: contours des déplacements horizontaux Ground Motion: Peru N82W



FLAC2D: analyse de stabilité de pente



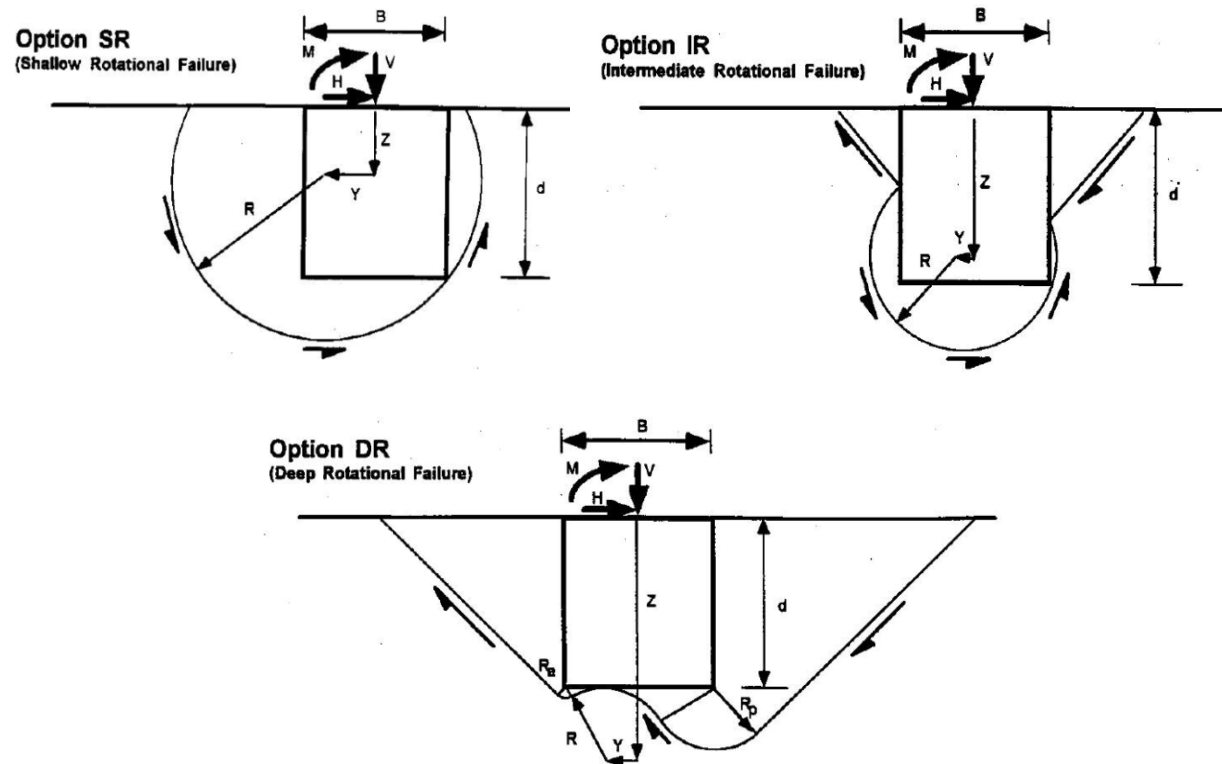
Profils des déplacements horizontaux



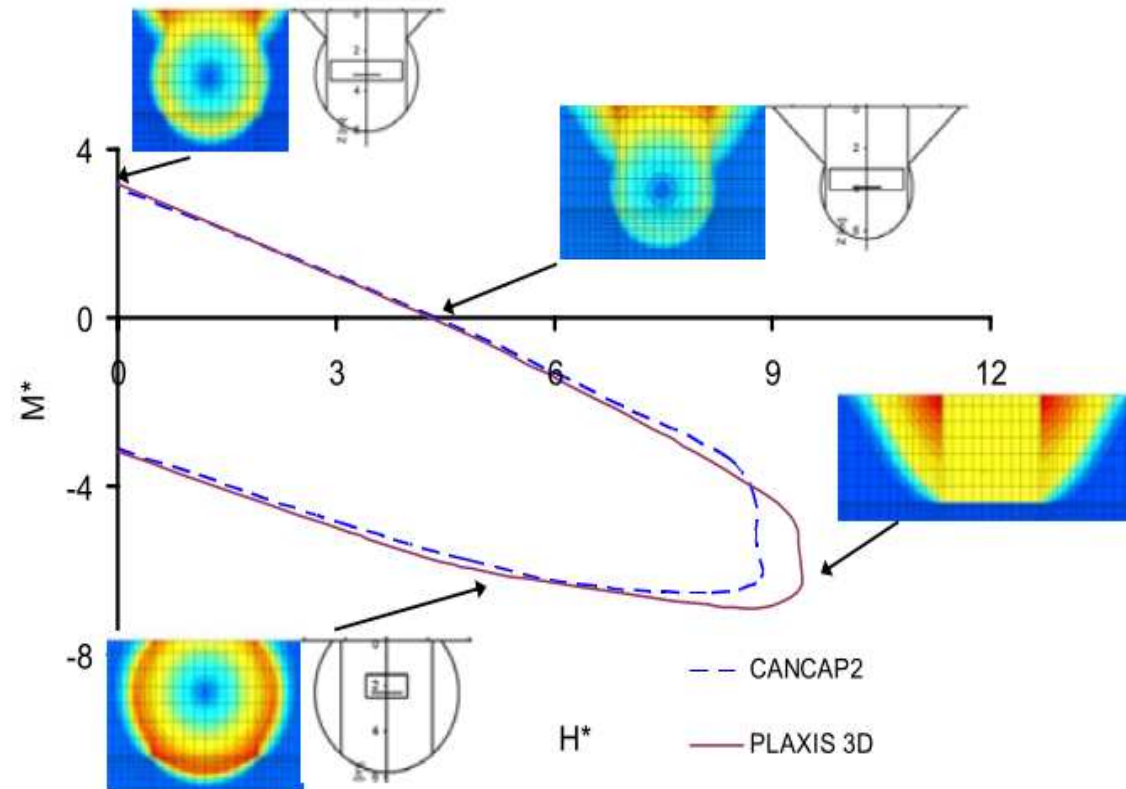
Déplacements
maximum admissibles:
15cm

Pré-dimensionnement

CANCAP2: analyse aux équilibres limites



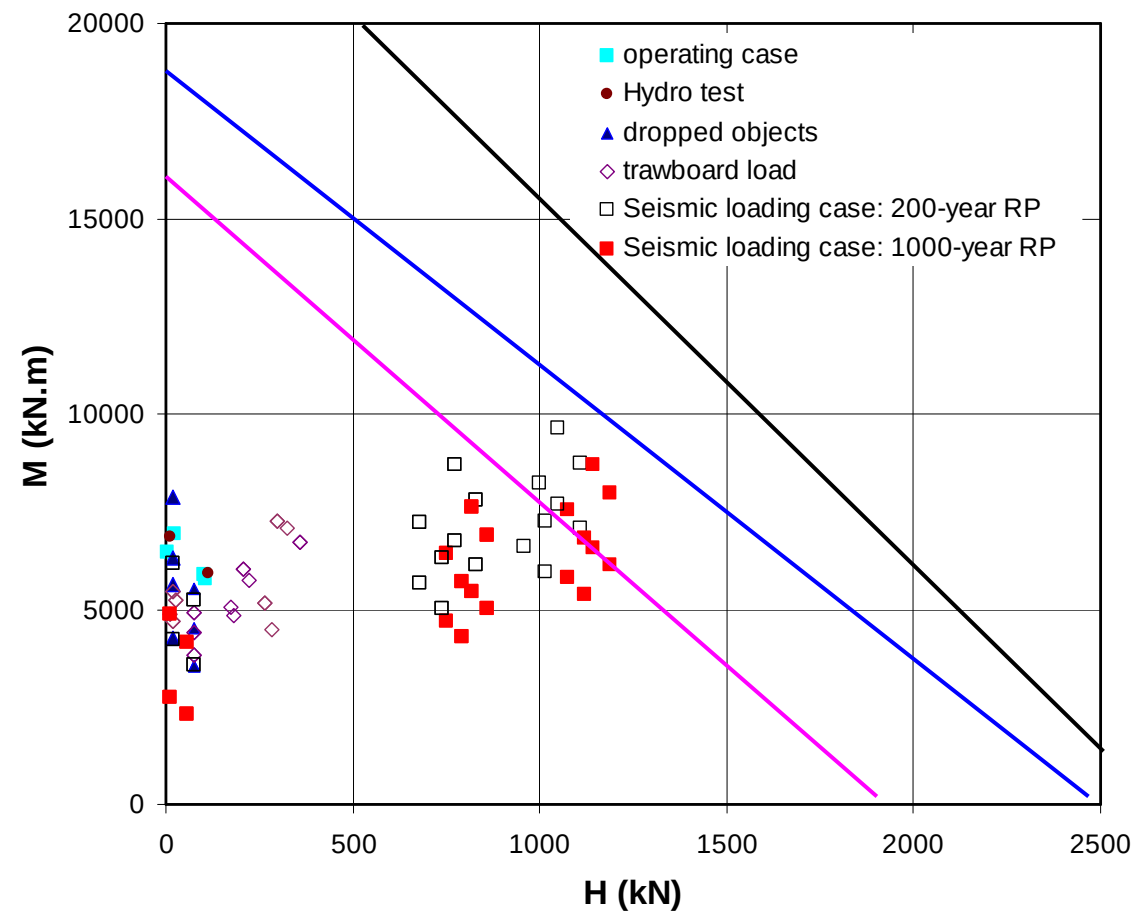
CANCAP2



Bonne approche des courbes enveloppes avec Cancap2 sauf autour de la capacité latérale maximale: seulement possibilité de rupture en rotation

→ Courbe enveloppe obtenue par Cancap2 pour $0.2 < L/D < 2$

Pré-dimensionnement

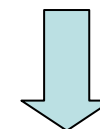
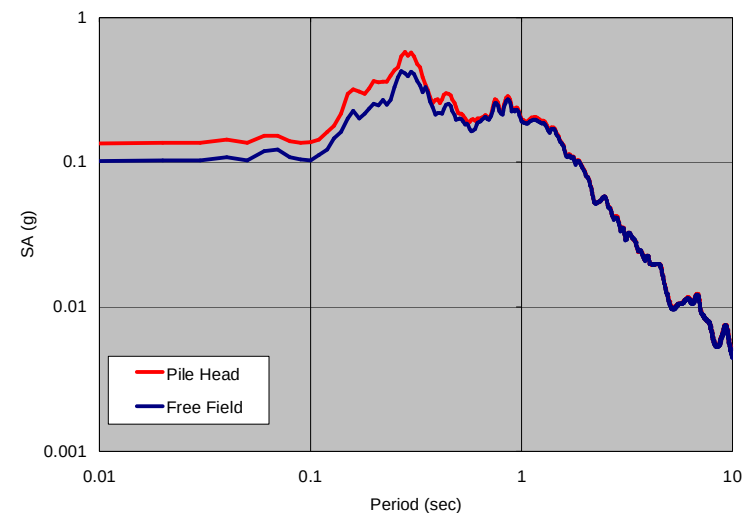
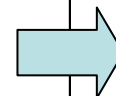
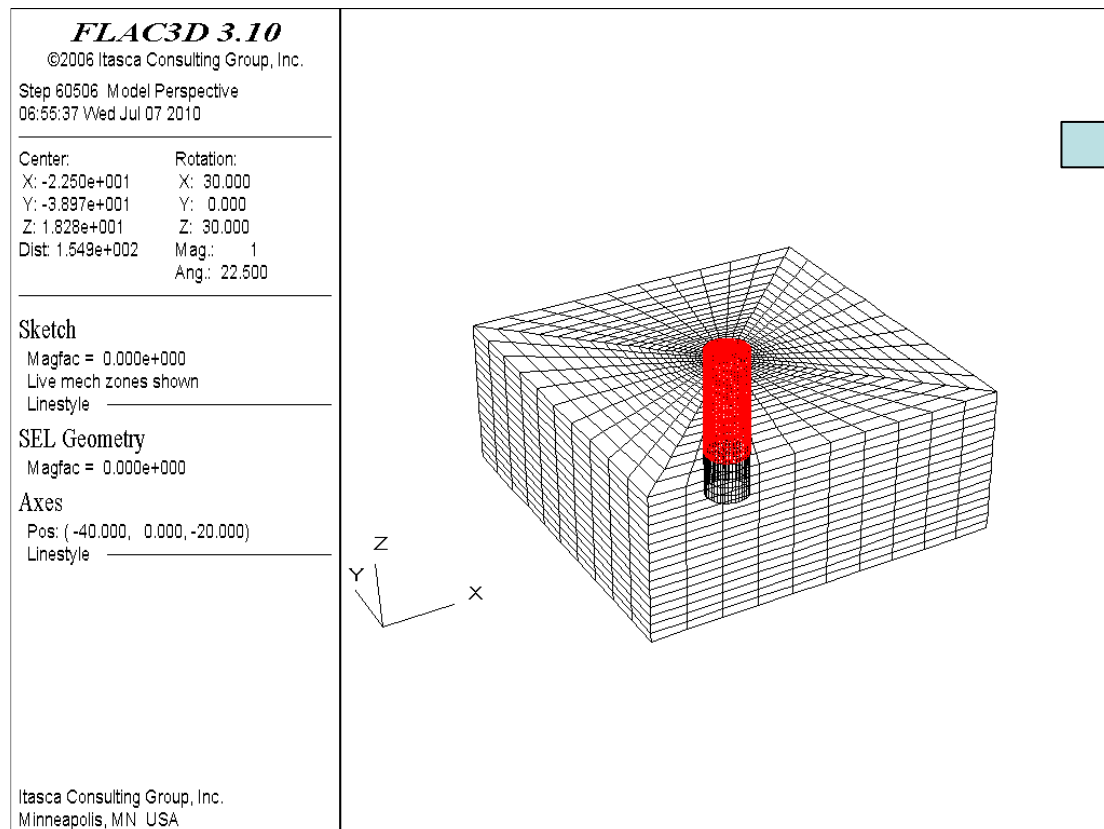


- $D=4\text{m } L/D=3$
- $D=5\text{m } L/D=2.5$
- $D=6\text{m } L/D=1.75$

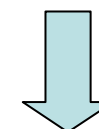
Dimensions préliminaires

➡ $D=5\text{m}$ et $L_1=12.5\text{m}$

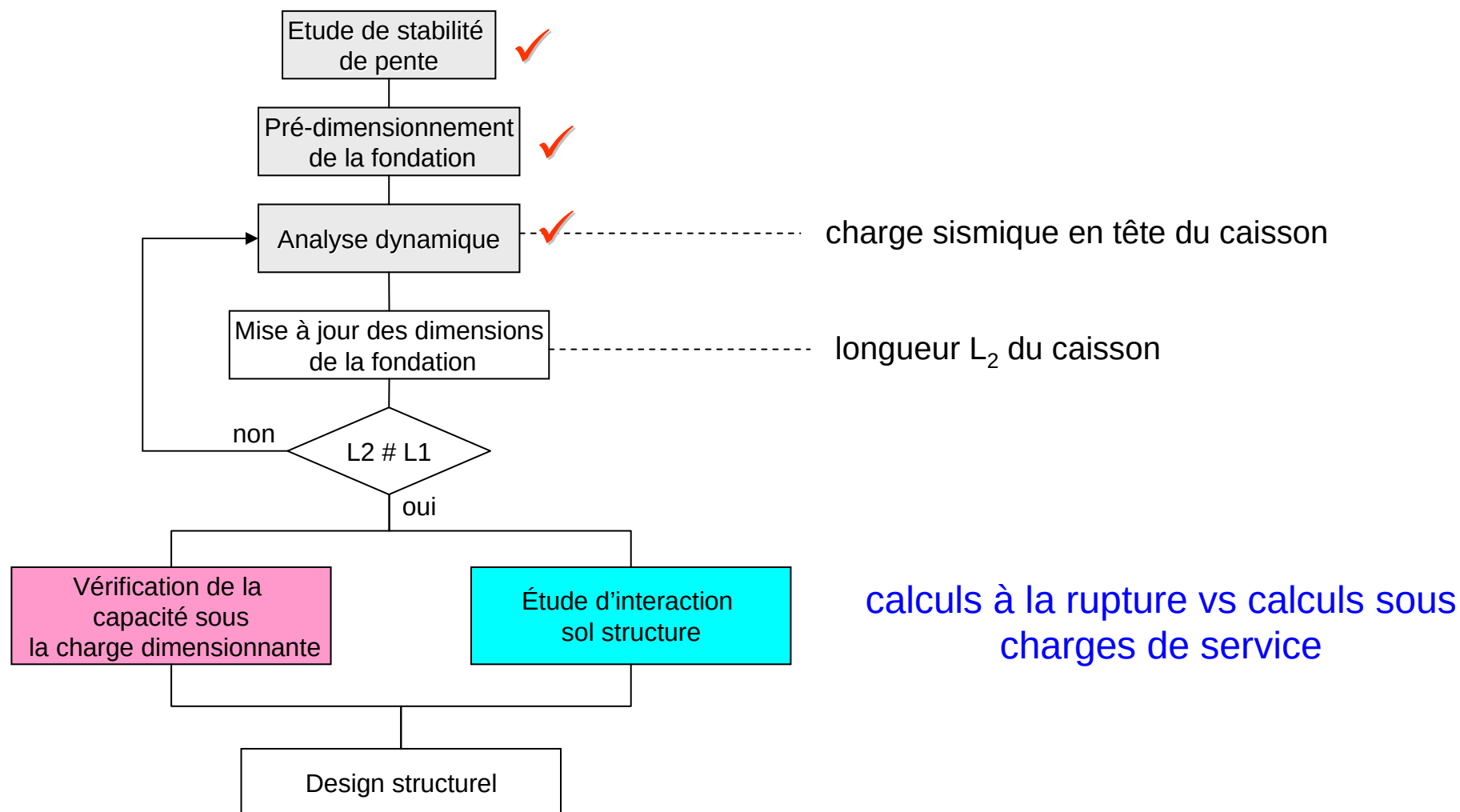
FLAC3D détermination du spectre d'accélération



$a=0.72$ pour le manifold
 $a=0.21$ pour l'interface

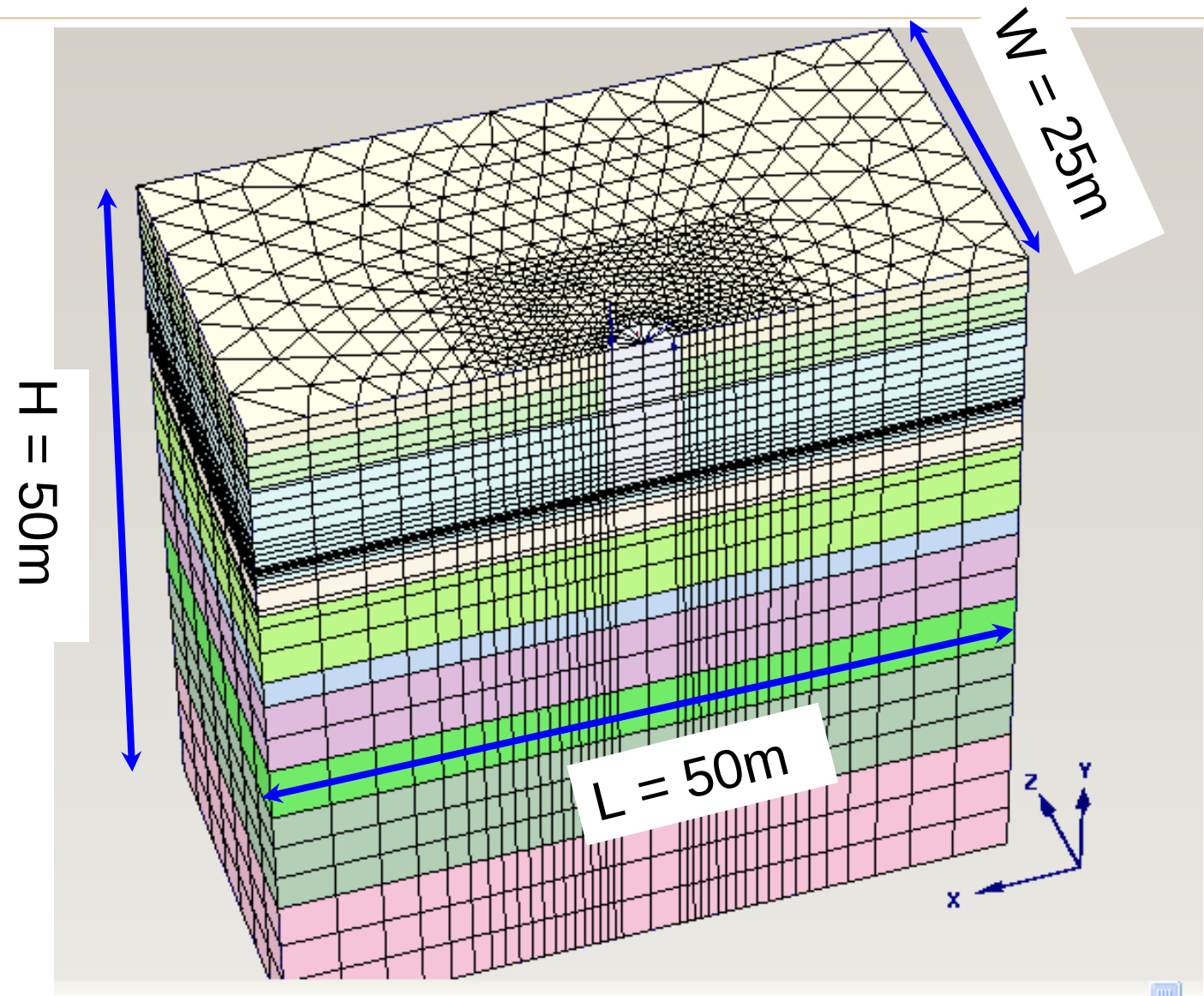


Charges sismiques



PLAXIS 3D: vérification de la capacité

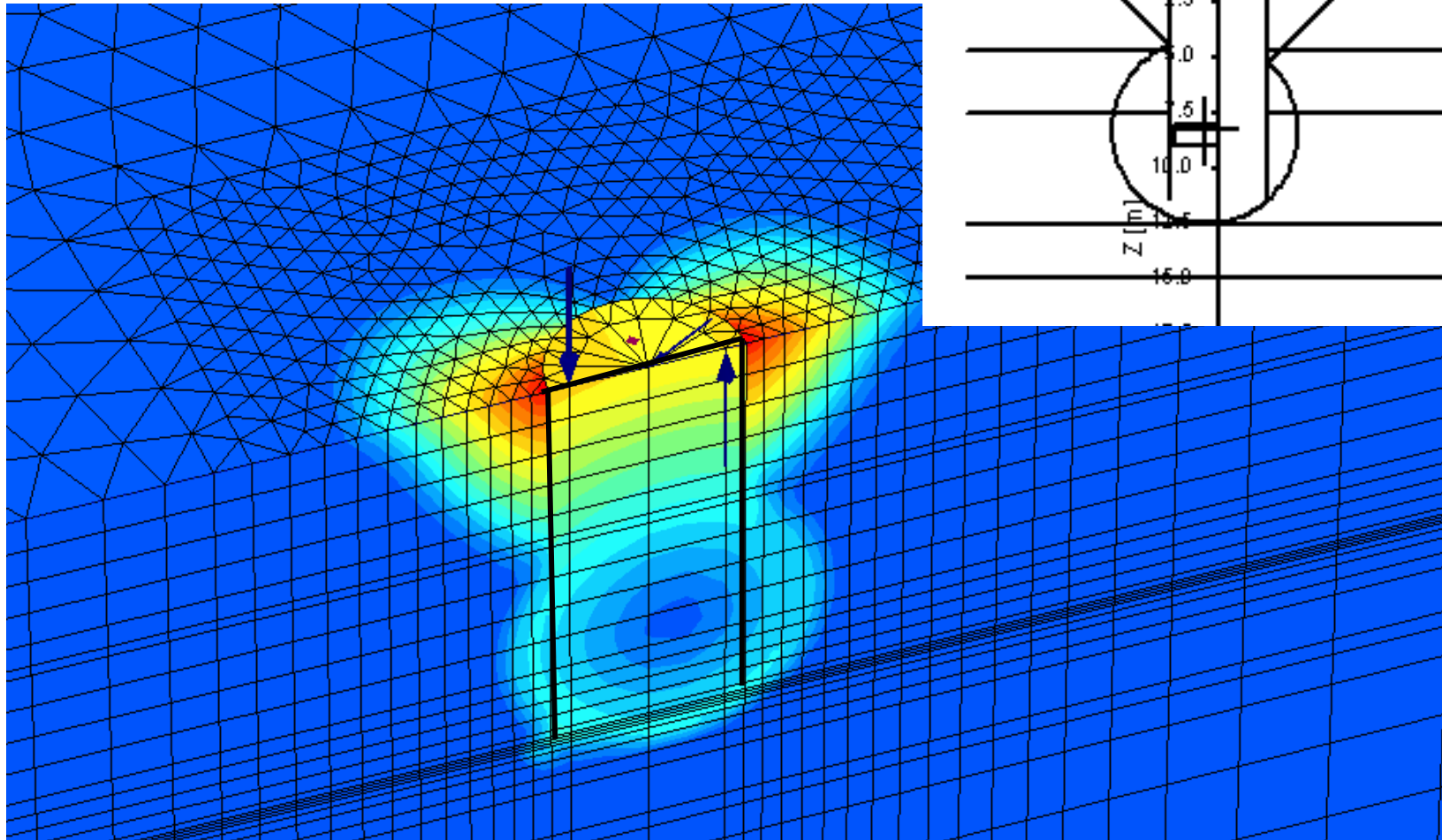
PLAXIS 3D model



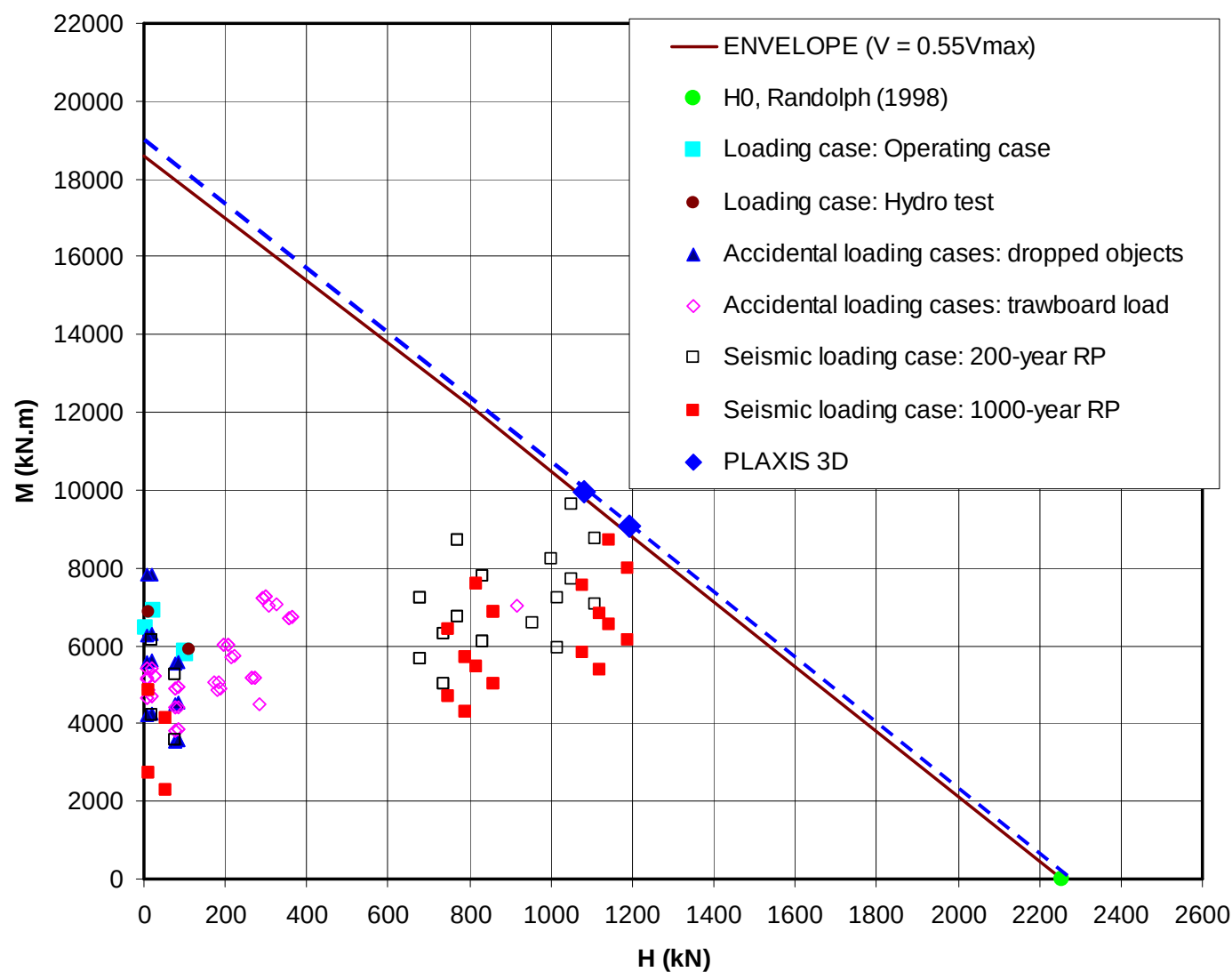
PLAXIS 3D: vérification de la capacité

Séisme de période de retour 200 ans:

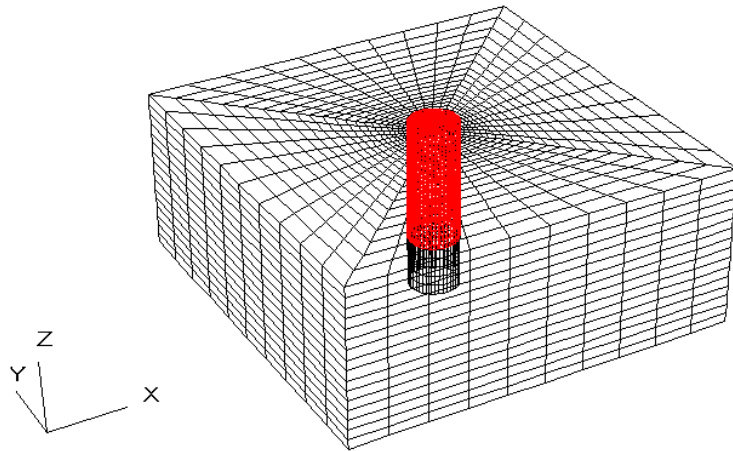
$V = 2568\text{kN}$, $H = 1082\text{kN}$, $M = 9960\text{kN.m}$



PLAXIS 3D: vérification de la capacité



FLAC3D: Interaction sol structure - séisme 1000 ans



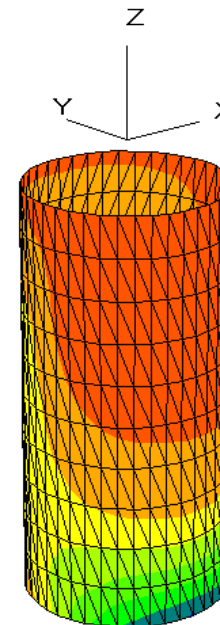
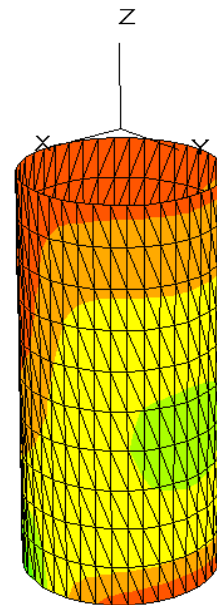
Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
-50.5	+1040.2	-2795.1	-6879.29	-152.426	+121

liner coupling Stress (normal)

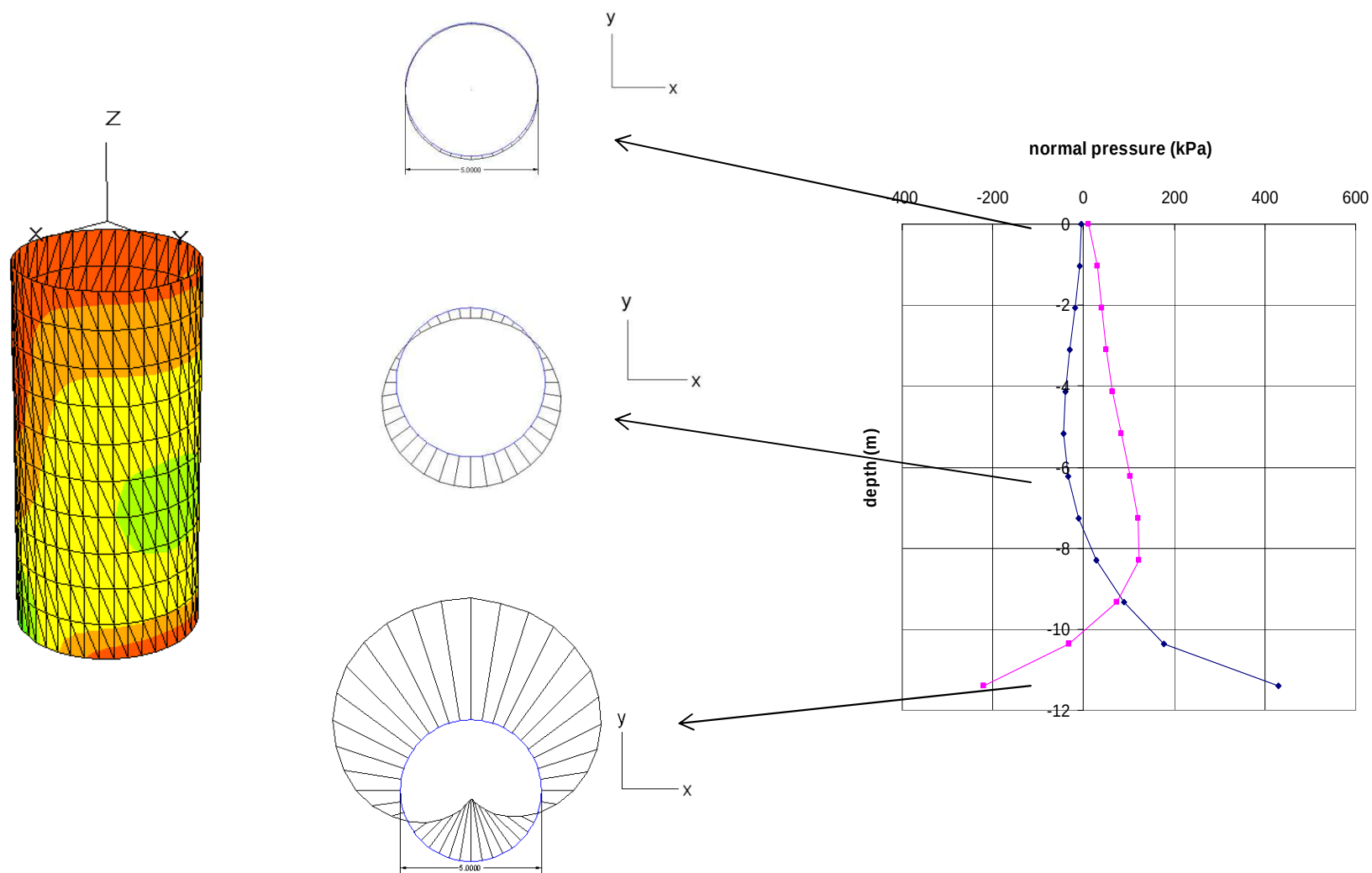
Magfac = 0.000e+000

-2.2533e+003 to -2.2500e+003
-2.2500e+003 to -2.2000e+003
-2.2000e+003 to -2.1500e+003
-2.1500e+003 to -2.1000e+003
-2.1000e+003 to -2.0500e+003
-2.0500e+003 to -2.0000e+003
-2.0000e+003 to -1.9500e+003
-1.9500e+003 to -1.9021e+003

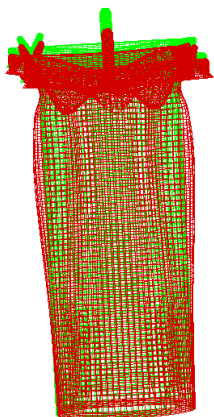
Interval = 5.0e+001



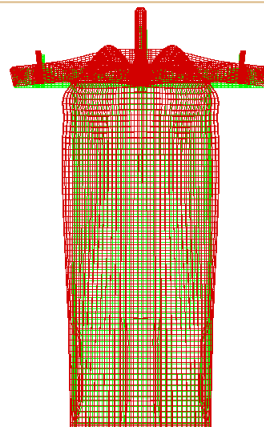
Pressions normales: séisme de 1000 ans



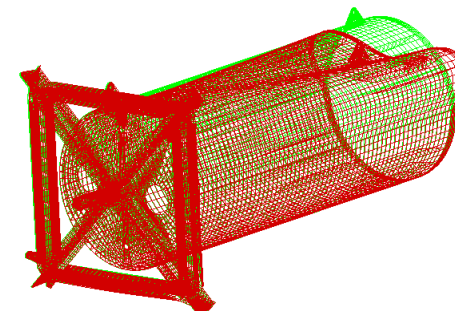
Deformation meshes



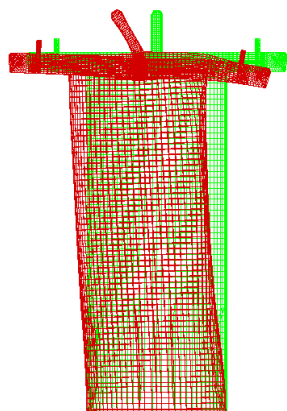
installation
Max disp 2mm



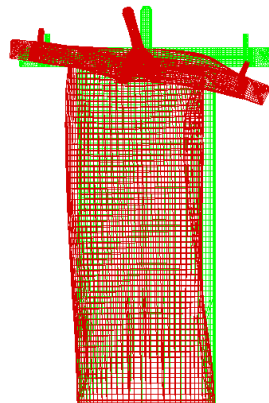
retrieval
Max disp 5mm



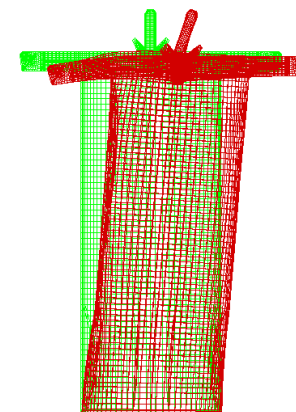
transport
horizontal Max disp 5mm



seismic load 200y
Max disp 8mm



SNAG load
Max disp 4mm



seismic load 1000y
Max disp 13mm

CONCLUSIONS

- Les éléments finis ne sont pas directement utilisés pour le dimensionnement des caissons. Méthode aux équilibres limites utilisée dans le logiciel CANCAP2 fonctionne bien
- Possibilité au niveau d'un pré-dimensionnement d'utiliser des courbes enveloppes MH elliptiques simplifiées pour un traitement de nombreux cas de charges
- Les éléments finis sont essentiellement utilisés pour connaître les déformations du sol:
 - ✓ étude des déplacements de la structure
 - ✓ étude des réactions de sol sur la structure

