

Evaluation de la théorie de Morison, à l'aide la modélisation CFD, pour la prédiction des efforts hydrodynamiques dans le cadre de l'éolien flottant.

C. Clément^{1,3}, P. Bozonnet¹, G. Vinay², A. Borrás Nadal², P. Pagnier¹, J. Réveillon³

¹IFP Energies nouvelles, Rond-point de l'échangeur de Solaize, BP 3, 69360 Solaize, France

²IFP Energies nouvelles, 1 et 4 avenue de Bois-Préau, 92852 Rueil-Malmaison, France

³CORIA-UMR6614, Normandie Université, Université and INSA de Rouen, CNRS, Saint Etienne du Rouvray, France

1. Le contexte

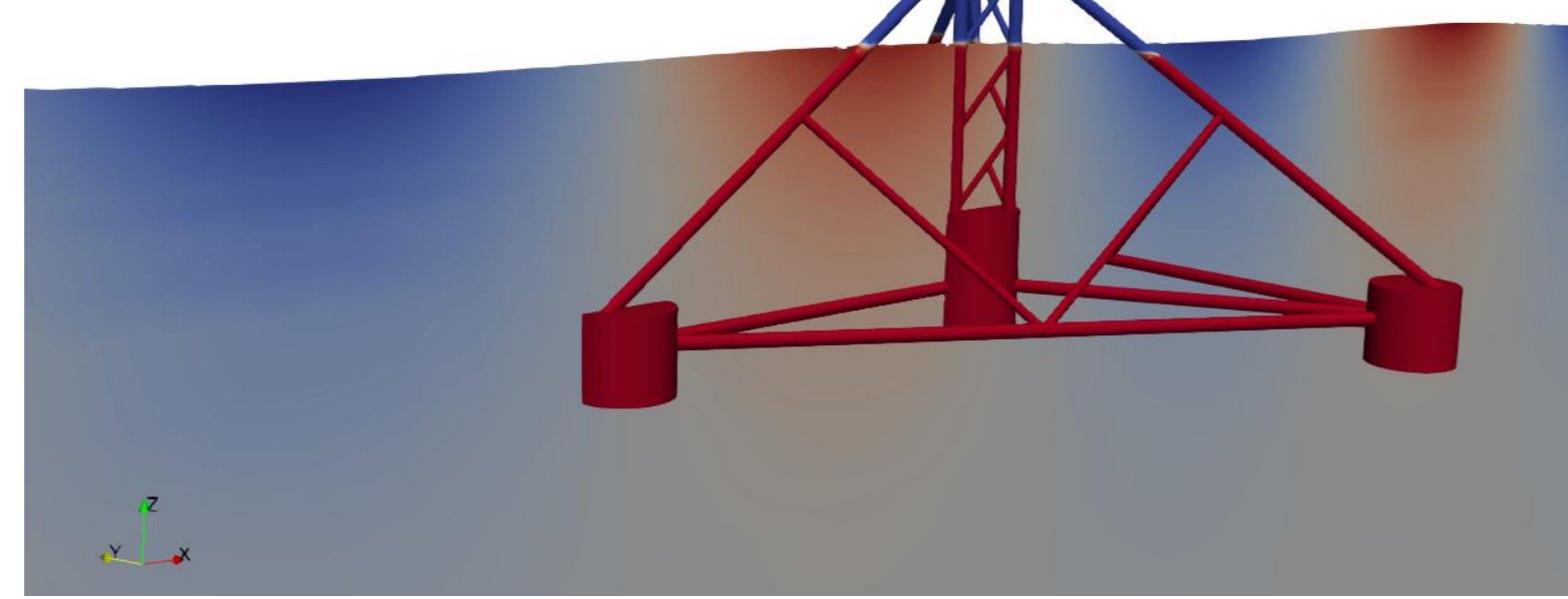
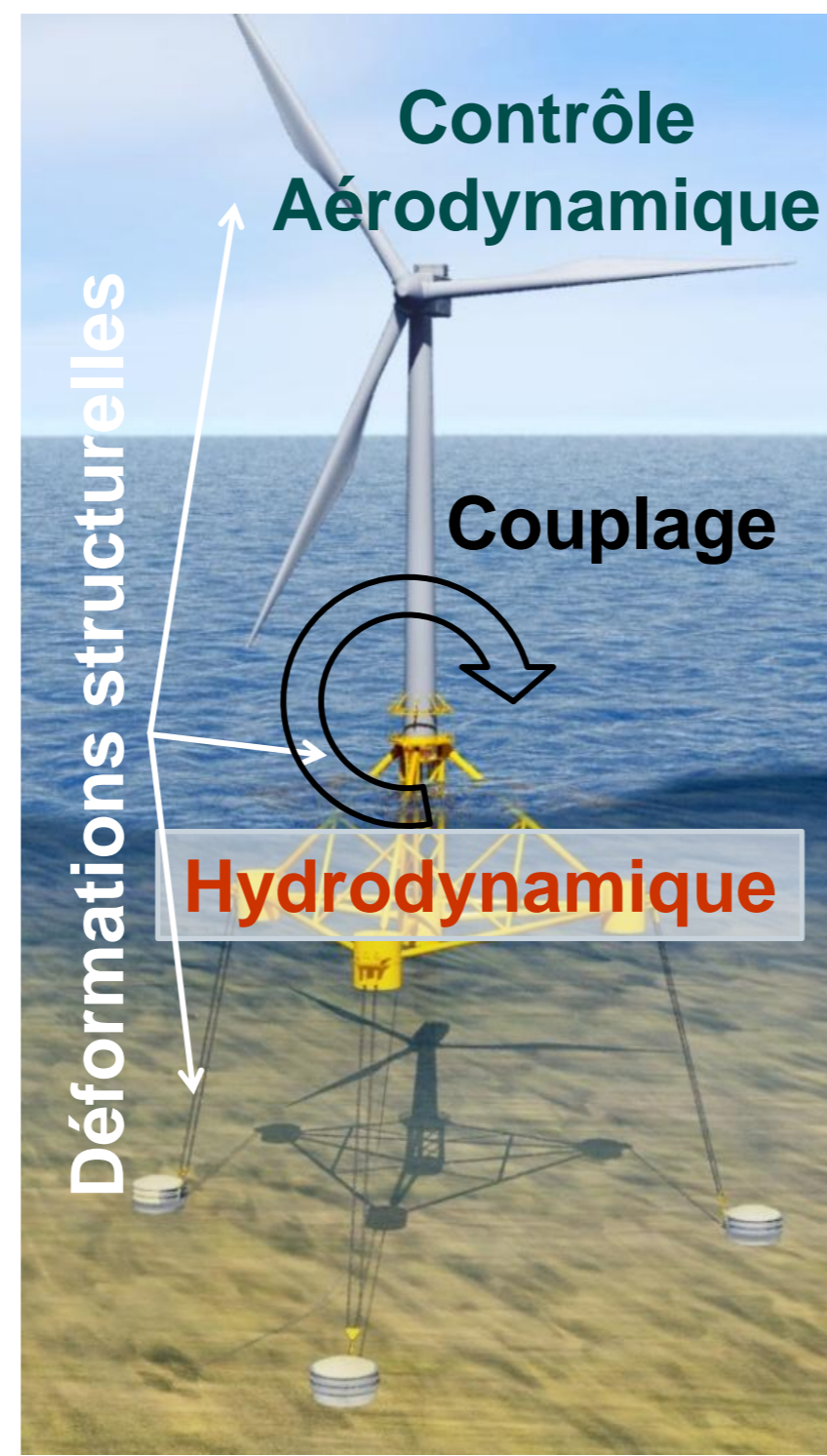
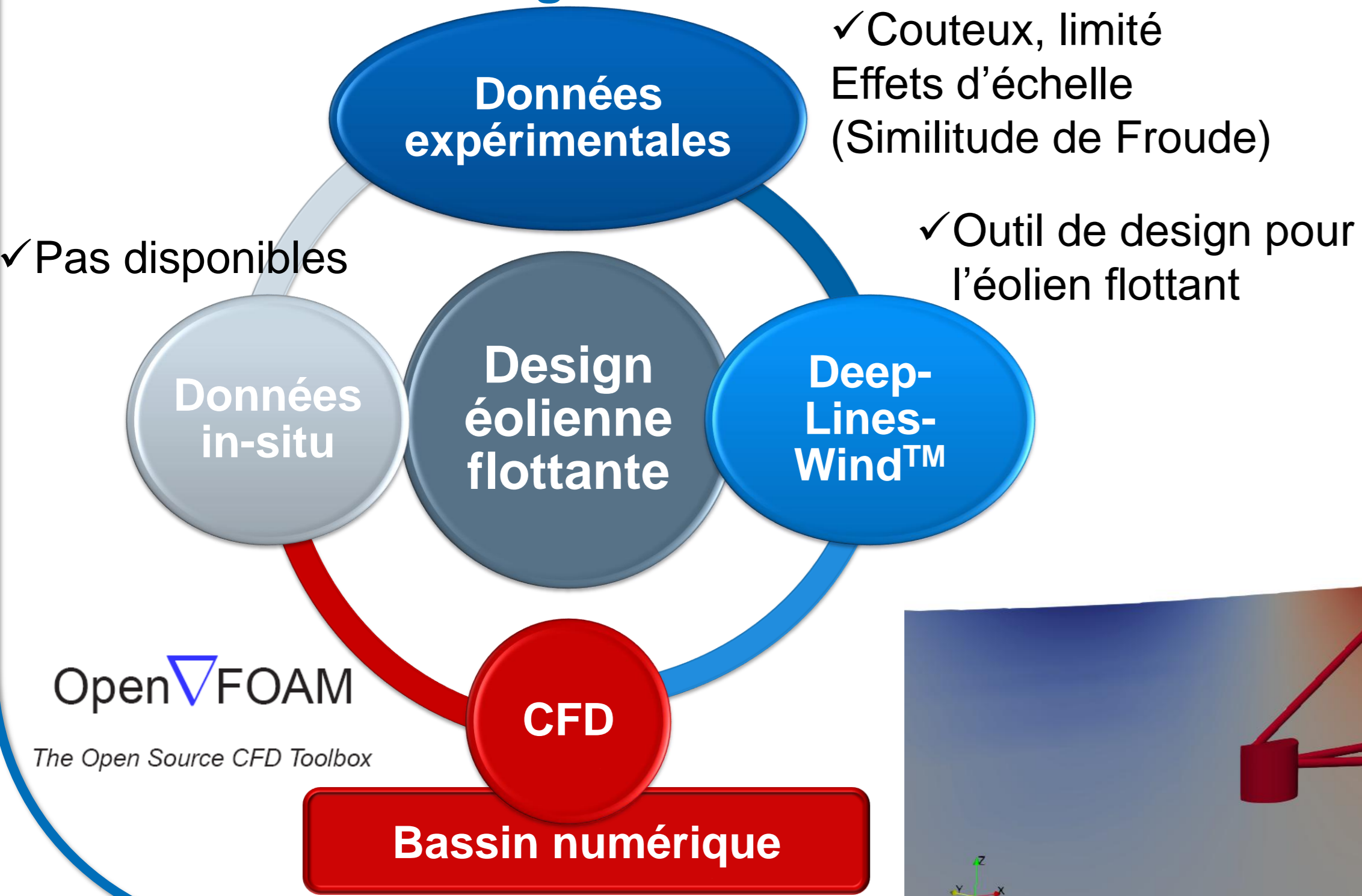
➤ Développement d'un flotteur avec SBM Offshore: Tension Leg Platform (TLP)

➤ Conception avec le logiciel DeepLinesWind™ :

○ Solveur Aéro-servo-hydro-élastique

- Blade-Element-Momentum théorie
- Formule empirique de Morison / théorie potentielle
- Eléments finis

➤ Processus de design :



2. Limites des théories hydrodynamiques appliquées à l'éolien flottant

- Coefficients de trainée et d'inertie dans la formule de Morison déterminés empiriquement, historiquement pour l'O&G
- Combinaison complexe des théories potentielle et de Morison selon :
 - la taille des éléments constituant le flotteur
 - les caractéristiques de la houle

3. Les objectifs de l'étude et stratégie adoptée

Objectifs : évaluer les théories issues de l'O&G, calibrer les coefficients de Morison pour l'éolien flottant à l'aide de la CFD

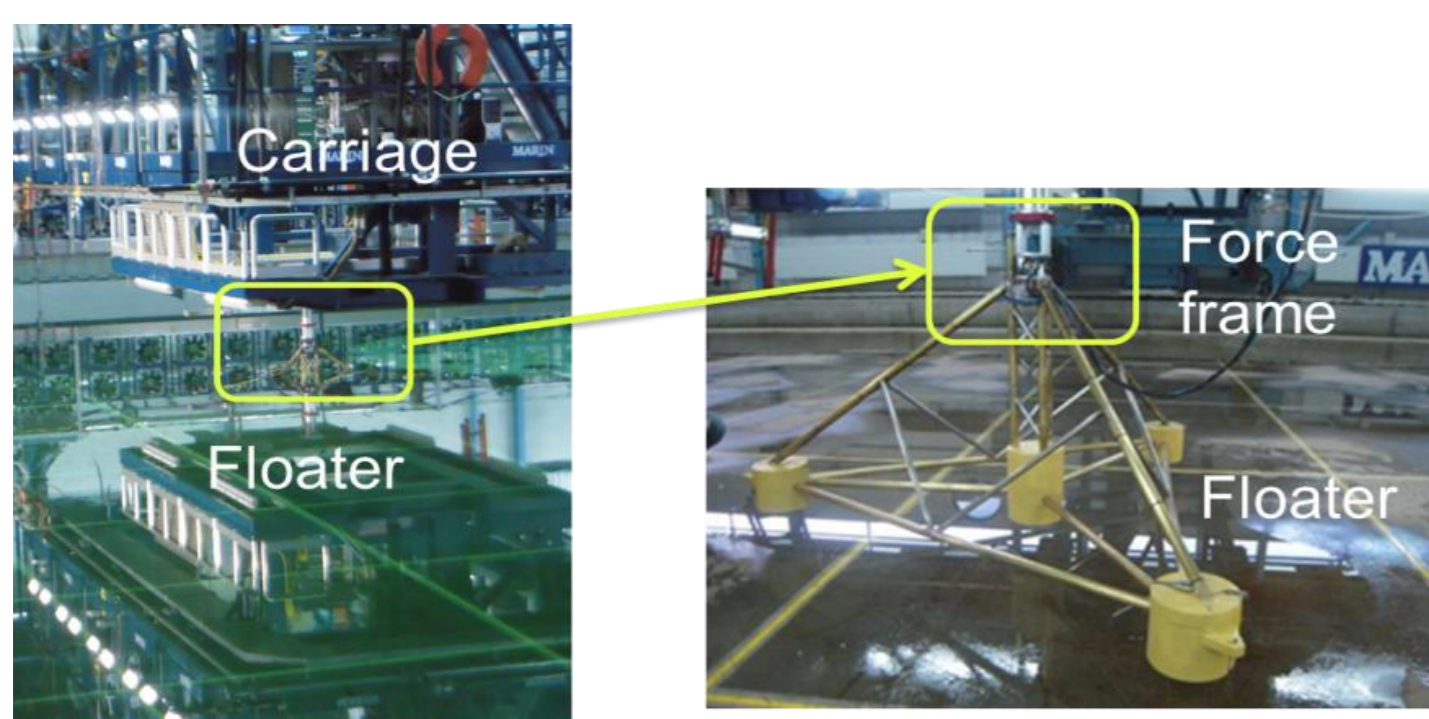
Moyen : implémenter un bassin numérique (CFD) pour déterminer les forces sur le flotteur (flotteur fixe dans la houle, flotteur mobile dans le fluide au repos [1] puis flotteur mobile dans la houle) et les comparer aux efforts issus des outils de design

Etapes de l'étude (flotteur fixe soumis à une houle) :

1. Mise en place d'un bassin numérique [2]
2. Implémentation d'un cas simple : cylindre vertical + 1^{ère} analyse hydrodynamique et détermination des coefficients de Morison [3]
3. Implémentation de la TLP + analyse hydrodynamique

4. Cas étudié

➤ Expérience réalisée à MARIN, Pays-Bas [4]: Tests captifs (flotteur fixe + houle)

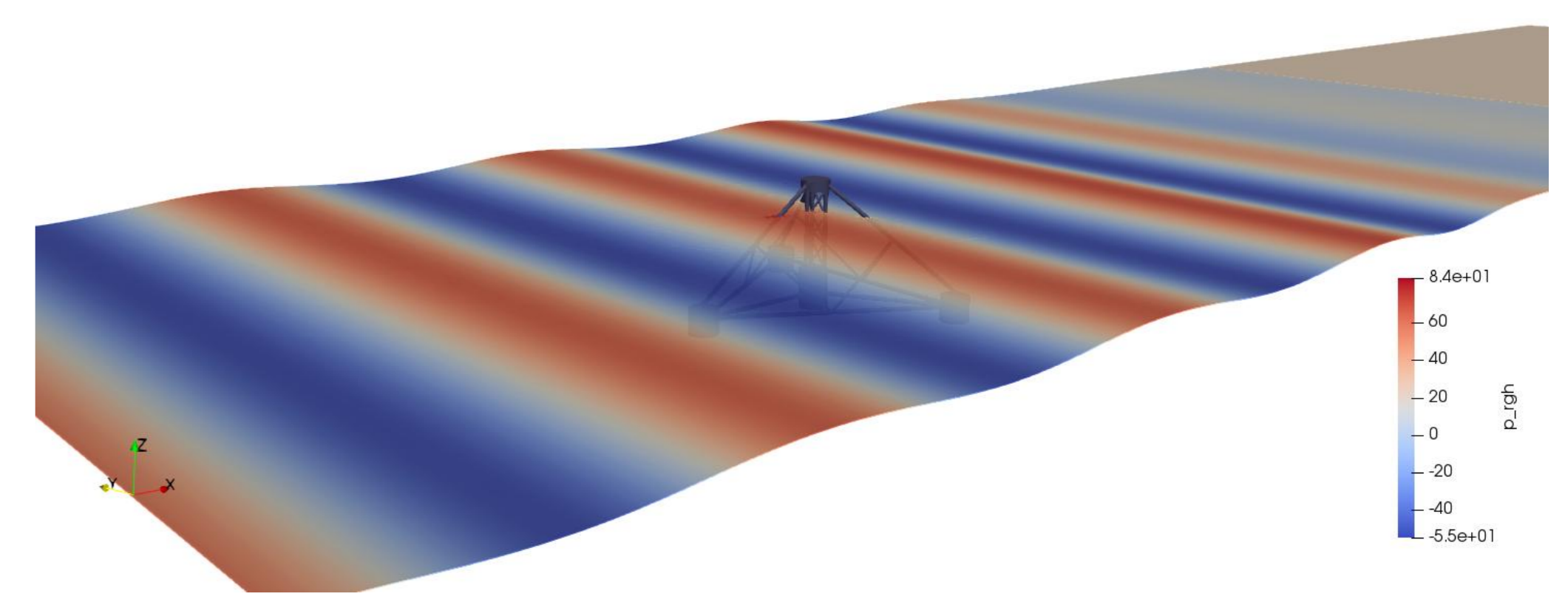
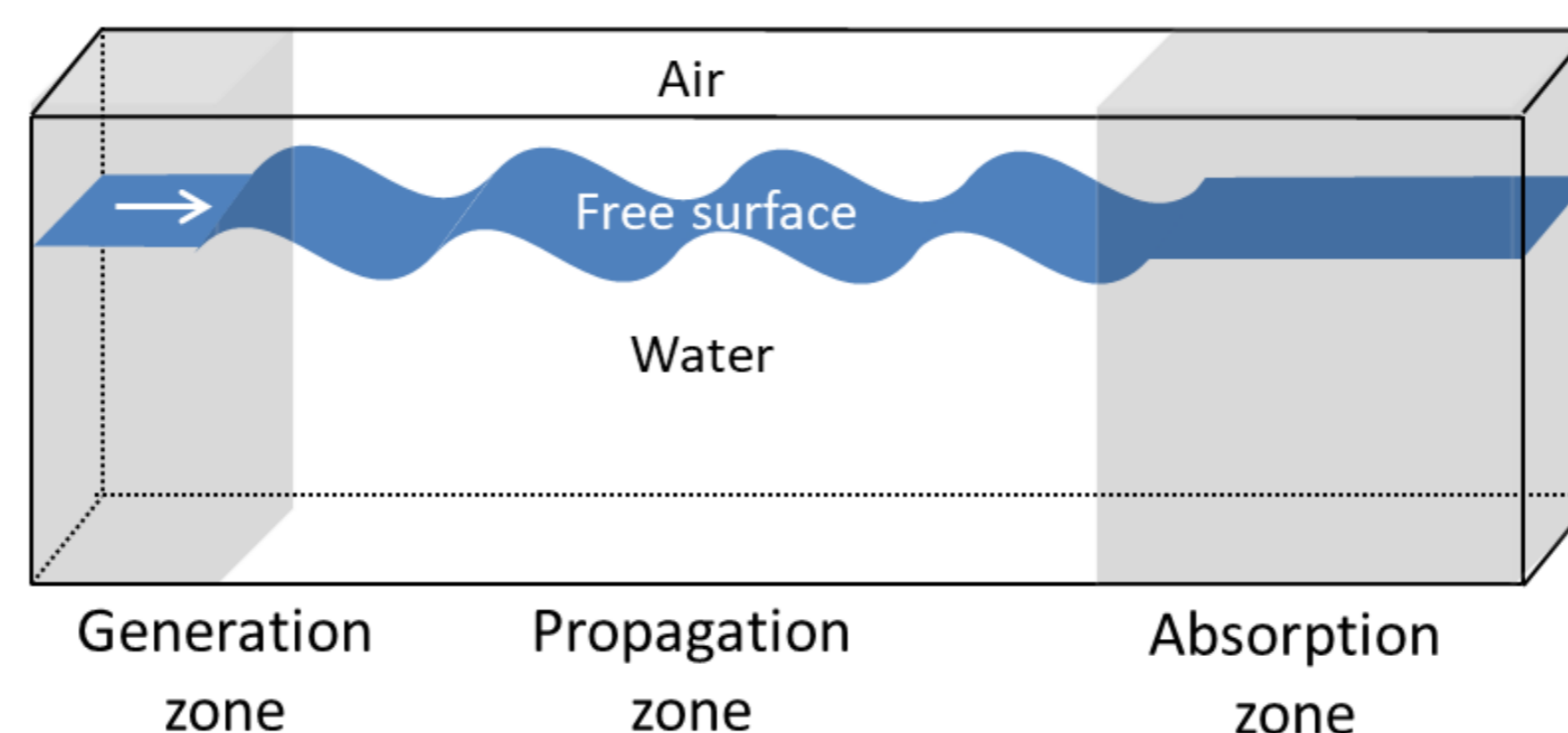


Houle régulière (Stokes II) :
H=1m; T=8s; λ=100m

5. Implémentation d'un bassin numérique avec flotteur fixe

➤ **OpenFOAM :** solveur OpenSource avec la librairie waves2Foam [5]

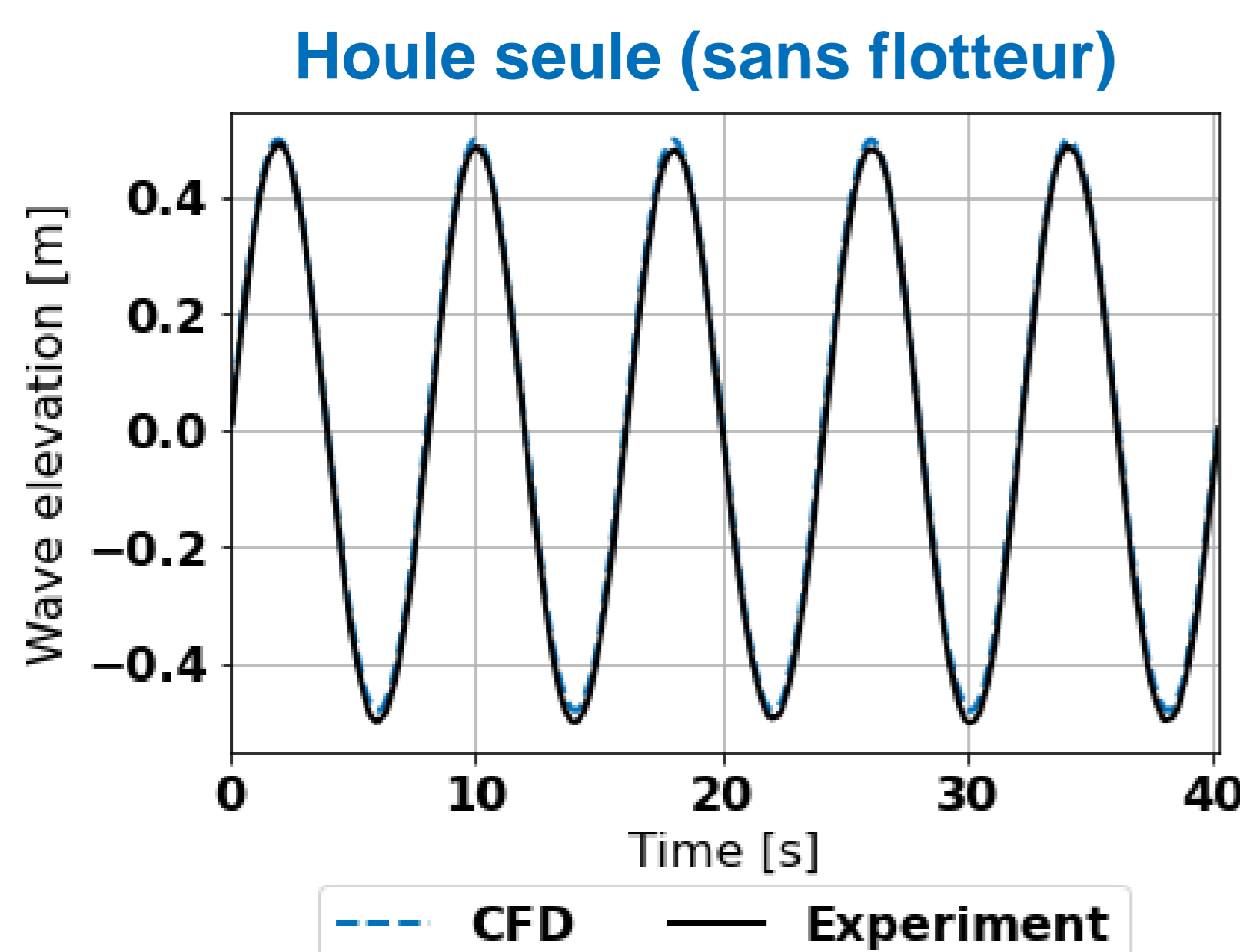
- Résolution des équations de Navier-Stokes + méthode passive de génération/absorption de houle
- Résolution de l'interface avec la méthode Volume of Fluid (VOF) MULES



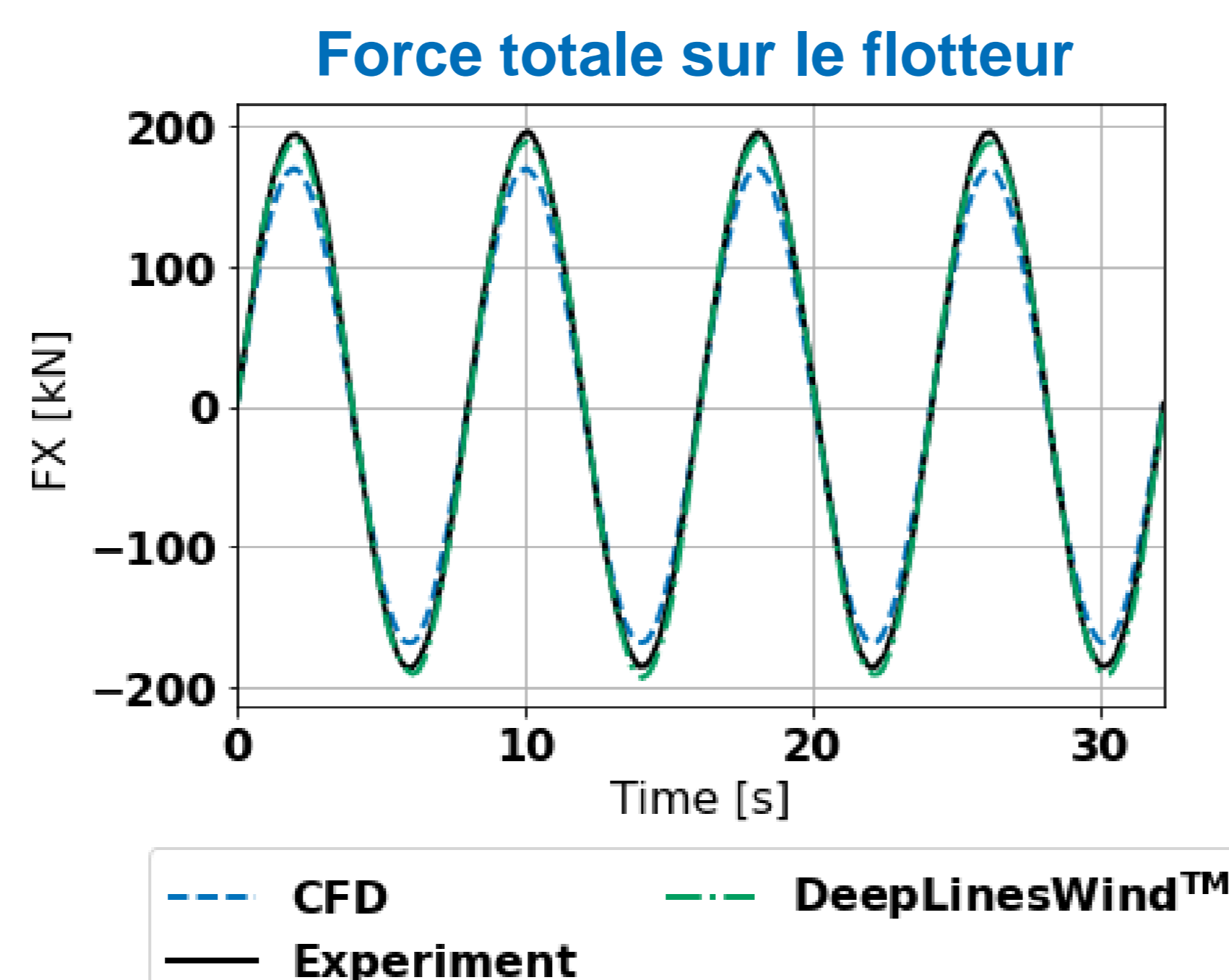
6. Résultats

➤ Validation du modèle CFD

Erreur basée sur l'amplitude moyenne : $Err(A, Ref) = (\bar{A} - \bar{Ref}) / \bar{Ref} \times 100$



Erreur sur la hauteur de la houle :
 $Err(CFD, Expe) = -0,4\%$



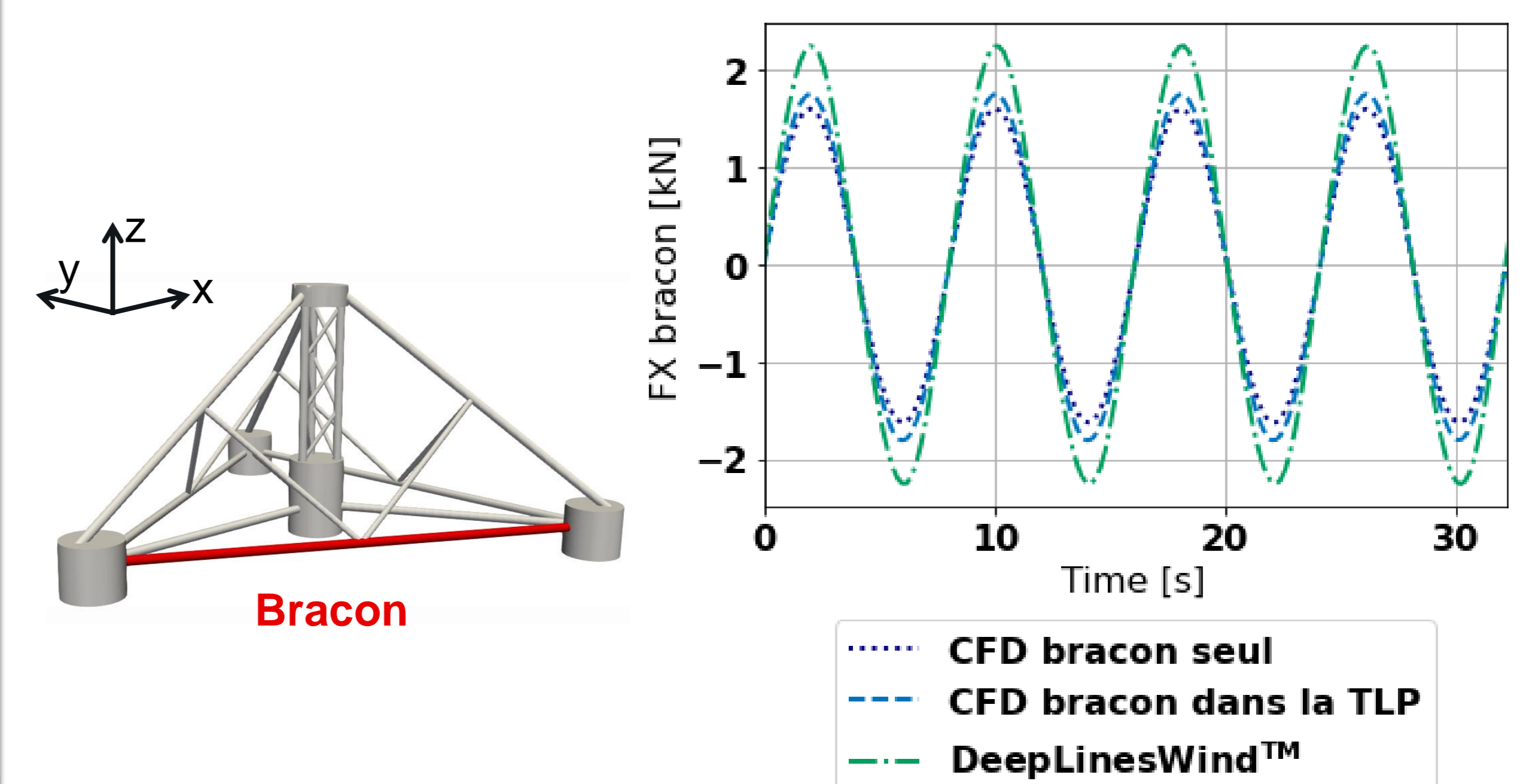
Erreur sur la force totale :
 $Err(CFD, Expe) = -11\%$
 $Err(DeepLinesWind™, Expe) = 1\%$
 $Err(DeepLinesWind™, CFD) = 13\%$

→ CFD : bonne prédiction de la houle seule, légère sous-estimation des efforts sur le flotteur par rapport à l'expérience

→ DeepLinesWind™ : bon accord des efforts avec l'expérience car les coefficients de Morison sont calibrés dans ce but

Perspectives : améliorer le maillage du flotteur en CFD, inclure un modèle de turbulence, comparer la CFD et l'expérience pour d'autres houles

➤ Analyse des efforts sur un bras



- $Err(CFD \text{ bras seul}, CFD \text{ bras dans la TLP}) = -9\%$
→ la présence du flotteur a un léger impact sur la force du bras
- $Err(DeepLinesWind™, CFD \text{ bras dans la TLP}) = 27\%$
→ Différence plus importante que pour la force totale (13%)
→ Les mêmes coefficients de Morison sont appliqués sur tous les bras dans DeepLinesWind™. La CFD semble indiquer que les coefficients ne sont pas les mêmes sur l'ensemble de la structure.

Perspectives : poursuivre cette analyse sur d'autres bras, déterminer les valeurs des coefficients de Morison pour chaque bras à partir des résultats CFD