

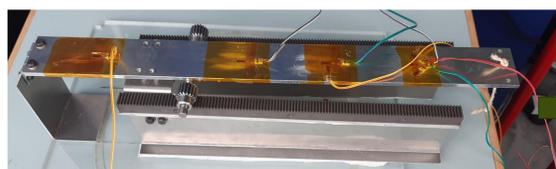
Julien ONILLON, Mael NESTOUR, Pierre LE SCORNET

Encadrants : Charles PONTONNIER, Loïc LE MARREC, Nicolas BIDEAU, Georges DUMONT, Arnaud DEBUSSCHE, Erwan FAOU

## Comment modéliser et mesurer la réponse dynamique d'un plongeur ?

- Déterminer la réponse dynamique d'un plongeur pendant la prise d'impulsion d'un plongeur à l'aide d'un schéma numérique d'intégration
- Déterminer les caractéristiques mécaniques du plongeur à l'aide de données expérimentales

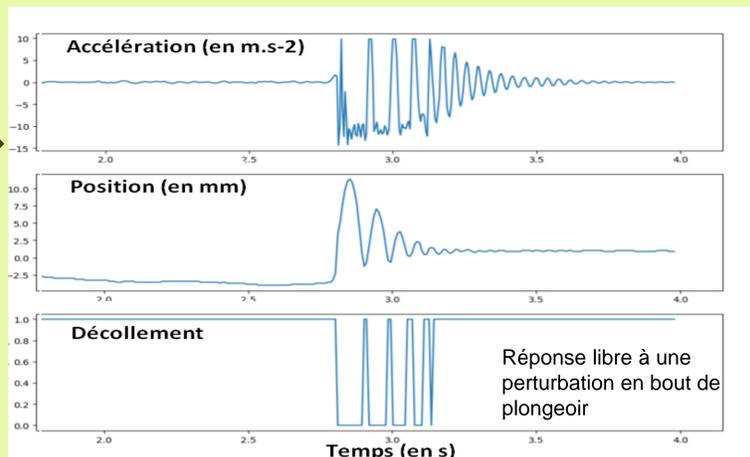
### Réalisation et instrumentation d'une maquette réduite



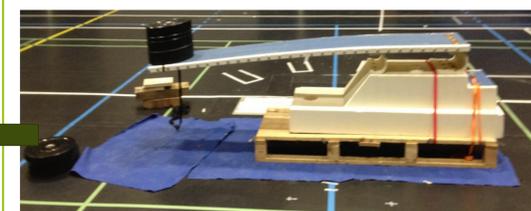
Echelle 1/10  
Accéléromètres et jauges de déformation

### Réponses statiques et dynamiques

#### • Position et décollement



### Mesures sur grand plongeur



Capture de mouvements optoélectronique (position) et centrales inertielles (accélération)

### Analyse modale

Détermination des caractéristiques mécaniques apparentes du plongeur par méthode inverse

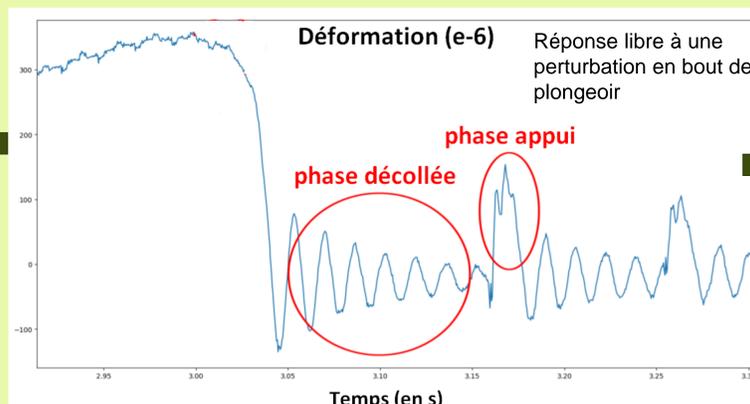
$$\ddot{u} = u'' - \theta' + f$$

$$\ddot{\theta} = g\theta'' + u' - \theta$$

Solution analytique du modèle de Timoshenko

Extraction des premiers modes propres

#### • Déformation



### Schéma d'intégration numérique

Méthode d'intégration par différences finies du modèle de Timoshenko

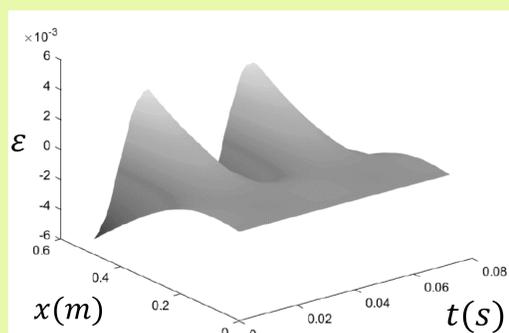
$$\frac{U_j^{k+1} - 2U_j^k + U_j^{k-1}}{\Delta t^2} = \frac{U_{j+1}^k - 2U_j^k + U_{j-1}^k}{\Delta x^2} - \frac{\Theta_{j+1}^k - \Theta_{j-1}^k}{2\Delta x} + f(k\Delta t, j\Delta x)$$

$$\frac{\Theta_j^{k+1} - 2\Theta_j^k + \Theta_j^{k-1}}{\Delta t^2} = g \frac{\Theta_{j+1}^k - 2\Theta_j^k + \Theta_{j-1}^k}{\Delta x^2} - \frac{U_{j+1}^k - U_{j-1}^k}{2\Delta x} - \Theta_j^k$$

Réponse en dynamique directe du plongeur avec contact unilatéral

## Résultats et perspectives

- Les mesures statiques et dynamiques ont permis de caractériser les caractéristiques mécaniques et les premiers modes propres du modèle réduit.
- Le schéma d'intégration avec prise en compte du contact a permis une simulation cohérente du modèle de Timoshenko



Modèle musculo-squelettique du plongeur (16 solides, 37 degrés de liberté, 82 muscles)

- Les mesures sur grand plongeur doivent être exploitées et complétées pour réaliser une analyse similaire
- Le modèle numérique devrait pouvoir permettre de co-simuler un modèle multicorps du plongeur (modèle musculo-squelettique) et un modèle déformable de plongeur pour l'analyse de l'impulsion