

## Projet 3A :

# **Estimation de l'orientation d'un ombilical sous-marin à partir d'une centrale inertielle**

Claire DUNE  
Juliette DRUPT

SYSMER 3A  
Année universitaire 2022-2023

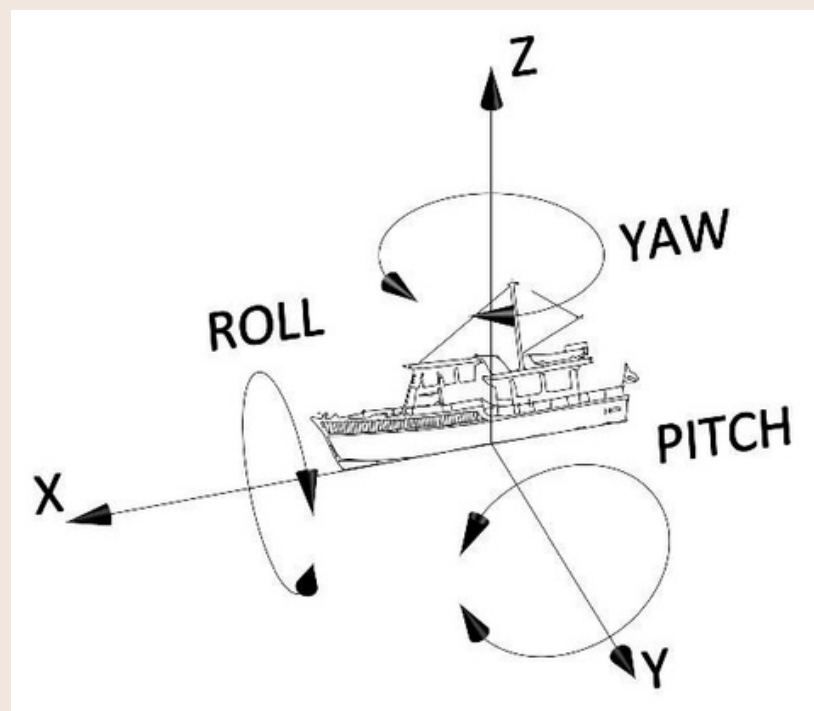
Grégory MABILOTTE  
Lana MINATCHY

# Sommaire

- 1 - Définitions
- 2 - Test préliminaires sur l'IMU
- 3 - Test de validation des données de l'IMU grâce au système Qualisys
- 4 - Analyse des données
- 5 - Conclusion

# Définitions : Théorie

## Angles d'Euler



- Très utilisé pour décrire l'orientation d'un objet dans l'espace
- Problème de Gimbal Lock

## Quaternions

$$q = a + b.i + c.j + d.k$$

où,

$a, b, c, d$  scalaires

$i, j, k$  imaginaires

	1	i	j	k
1	1	i	j	k
i	i	-1	k	-j
j	j	-k	-1	i
k	k	j	-i	-1

- Définition unique dans un repère
- Affranchissement du Gimbal Lock

# Définitions : Matériel

## Centrale inertielle Phidget

3 accéléromètres  
3 gyroscopes  
3 magnétomètres



Axe 0 : Roulis  
Axe 1 : Tangage  
Axe 2 : Lacet

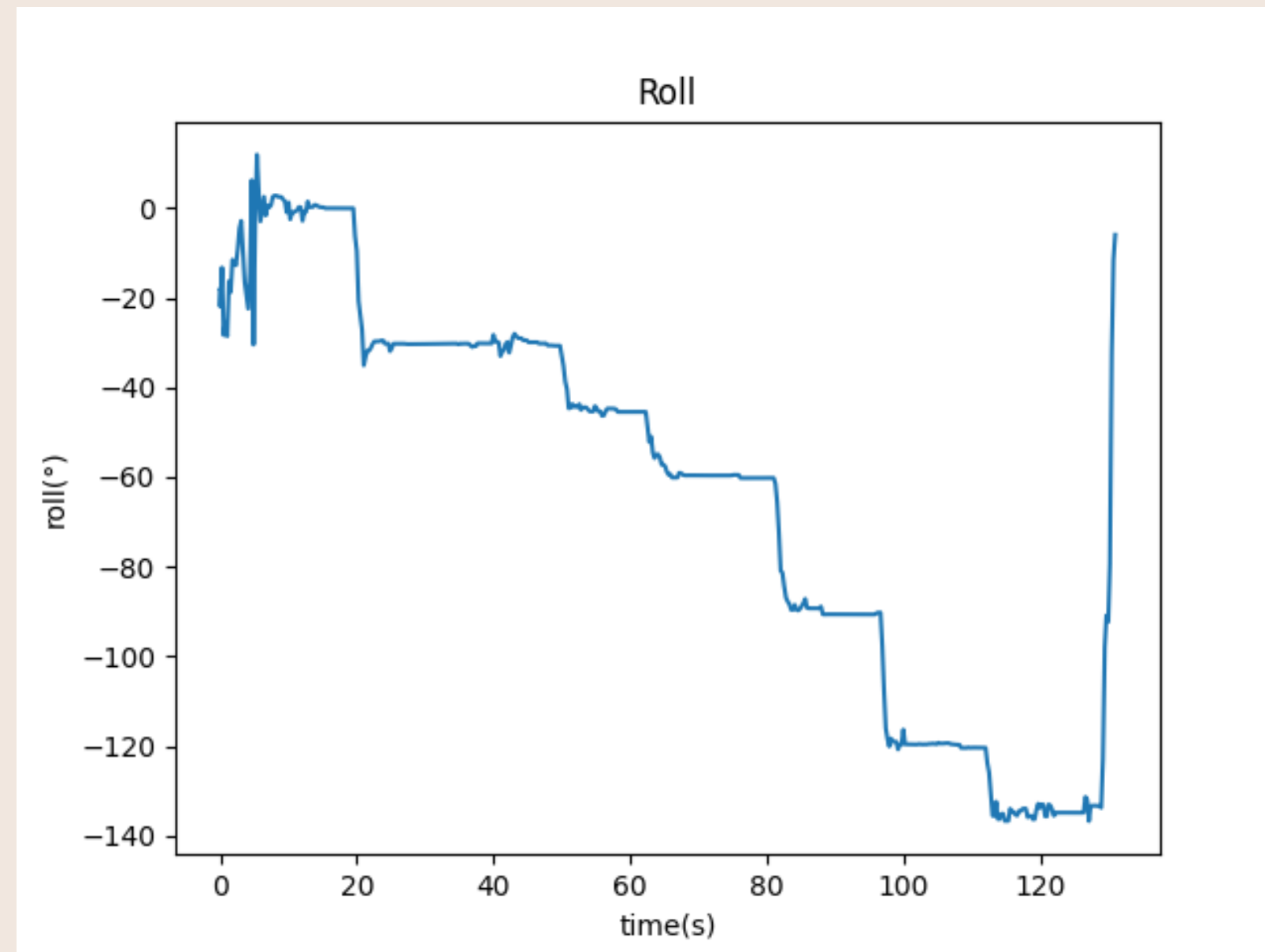
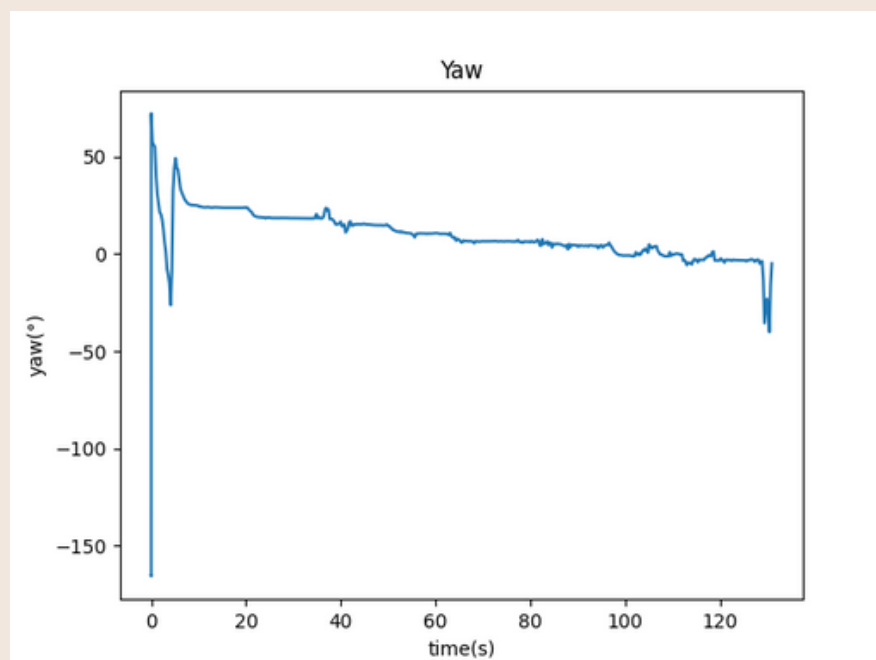
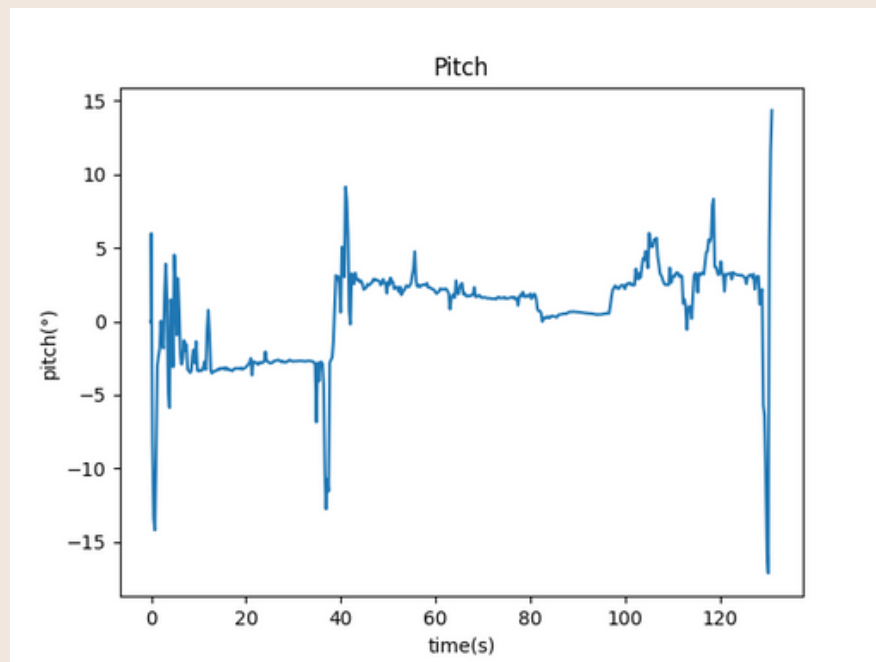
## Système Qualisys

Permet de capturer, suivre et analyser des mouvements en 3D

- Caméras Qualisys
- Logiciel QTM (Qualisys Track Manager)
- Marqueurs

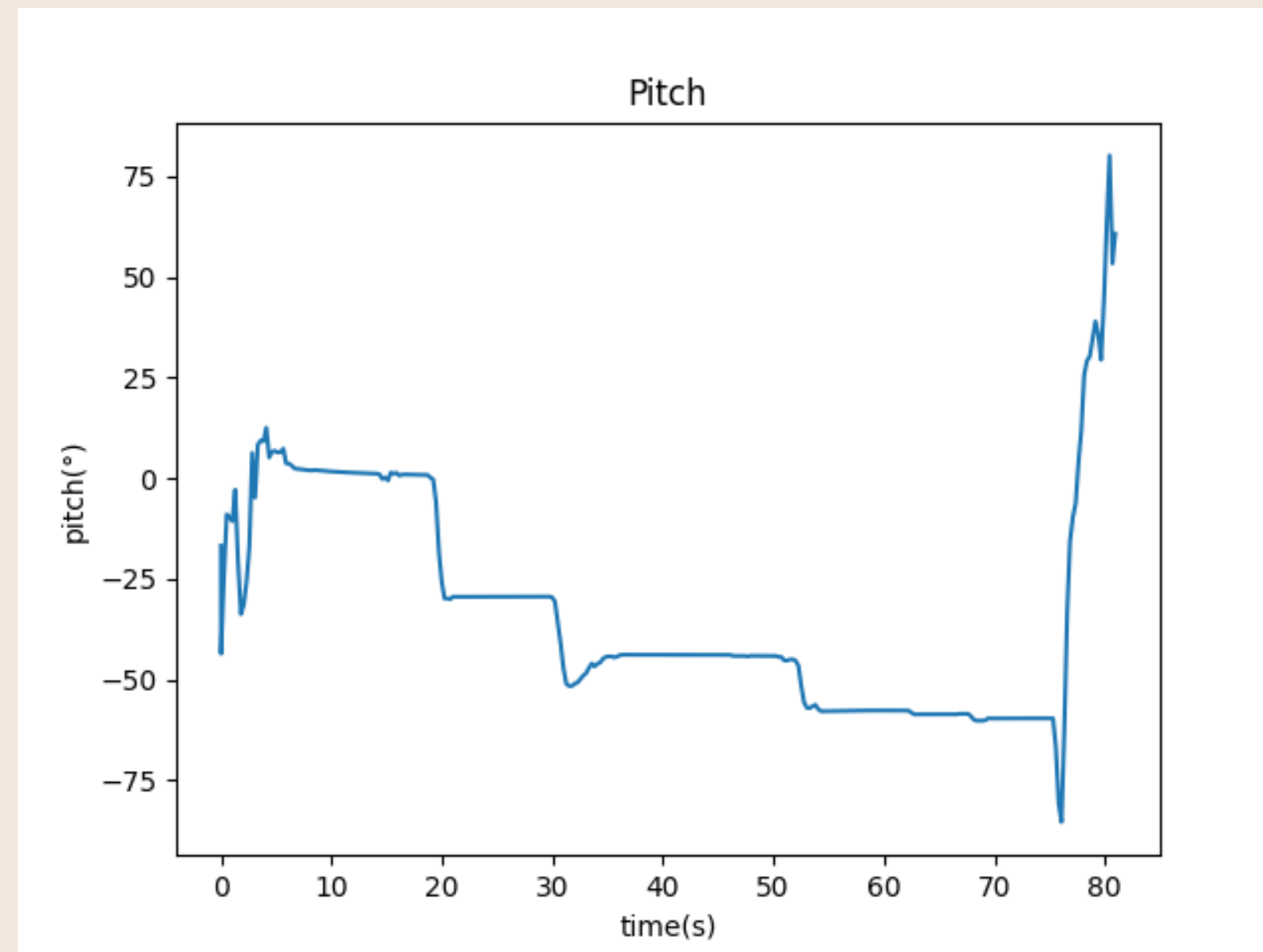
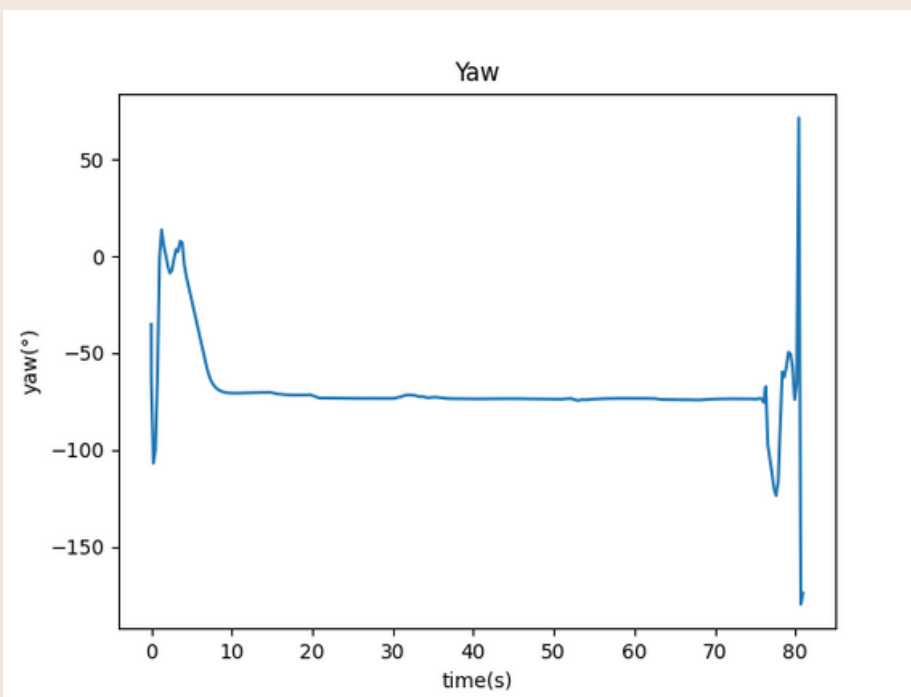
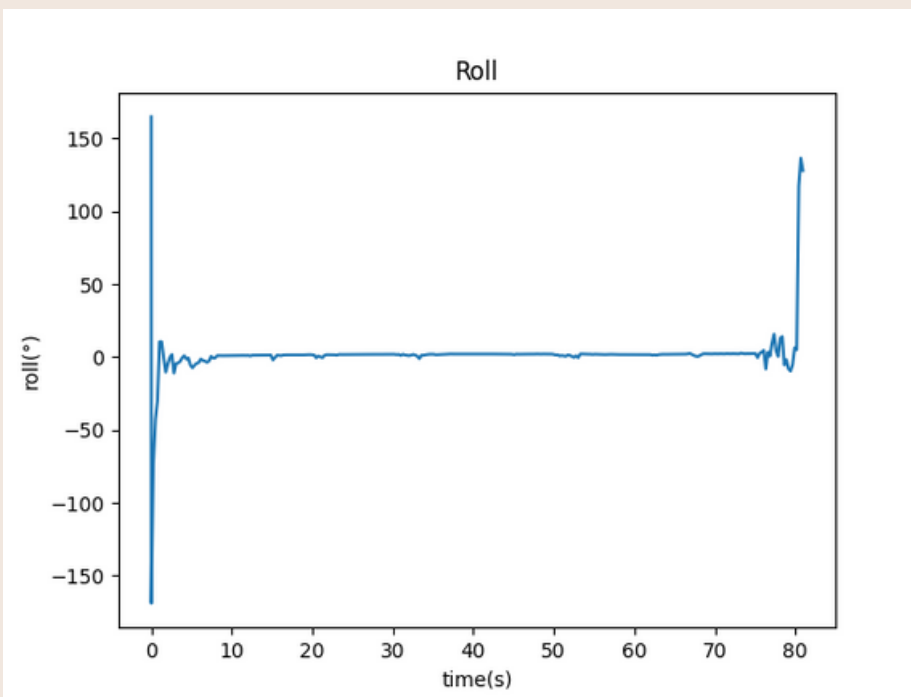


# Tests préliminaires sur le roulis



- Observation des paliers pour le roulis
  - Valeurs cohérentes
  - Tangage et lacet quasiment constants
- ➔ Erreurs de manipulations

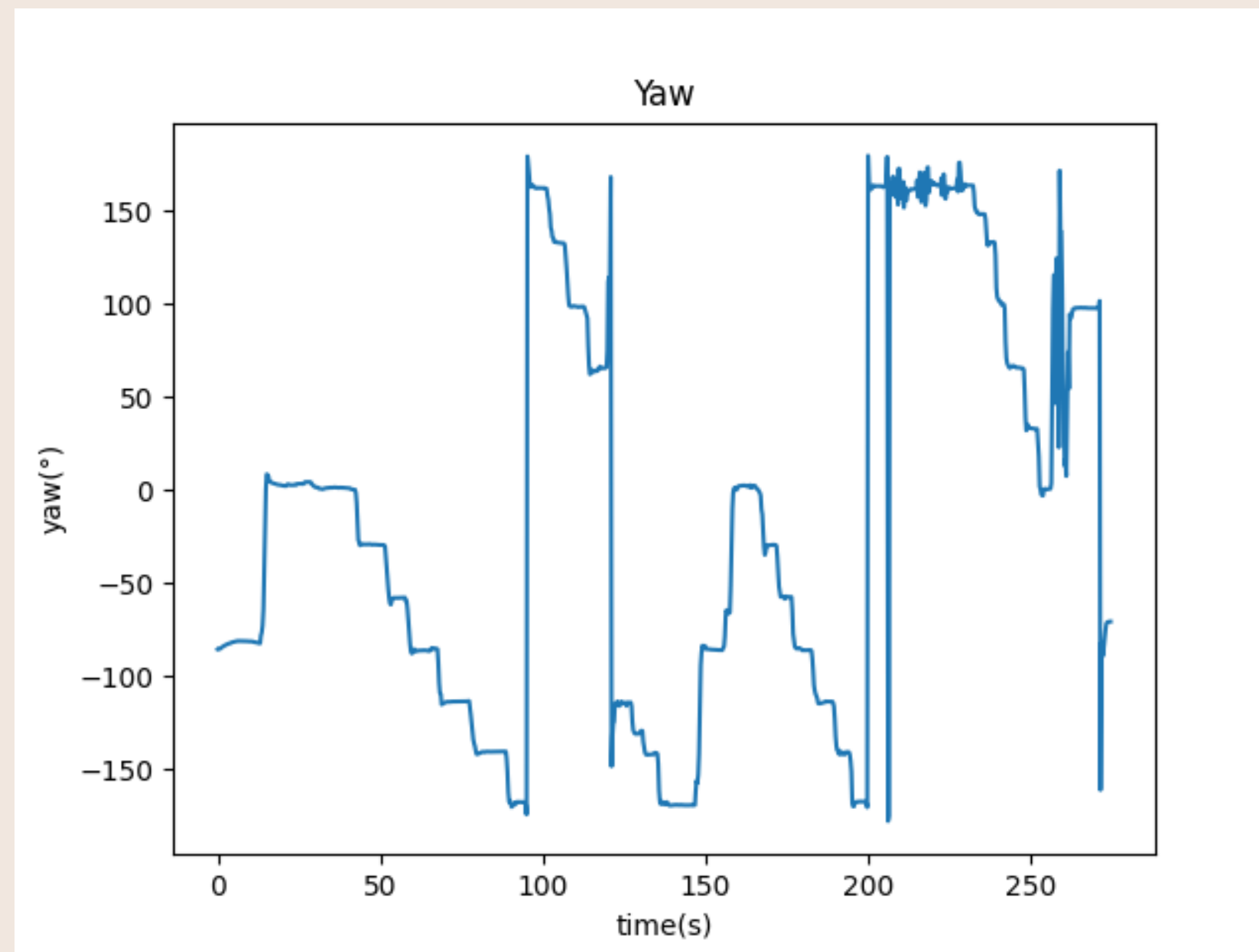
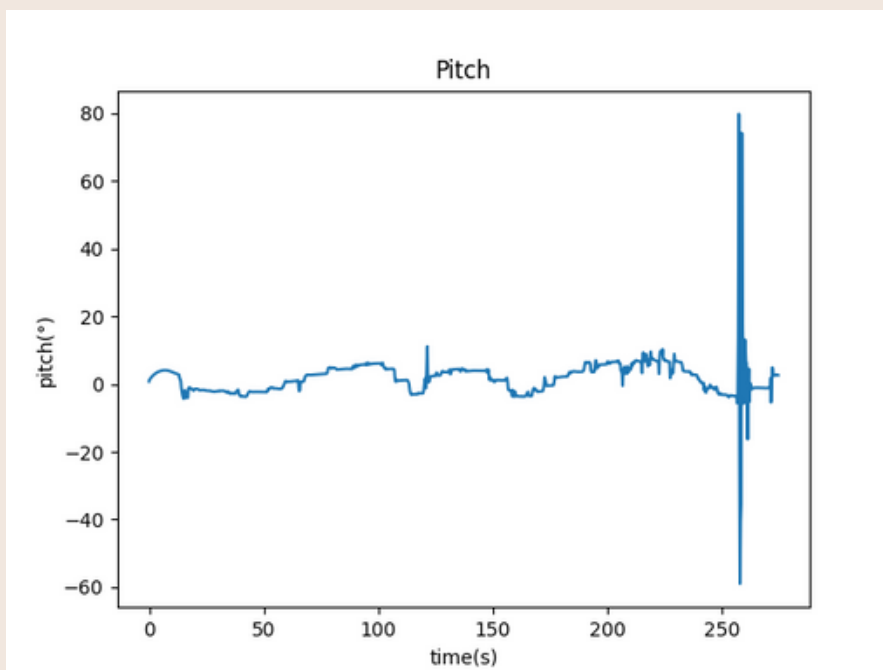
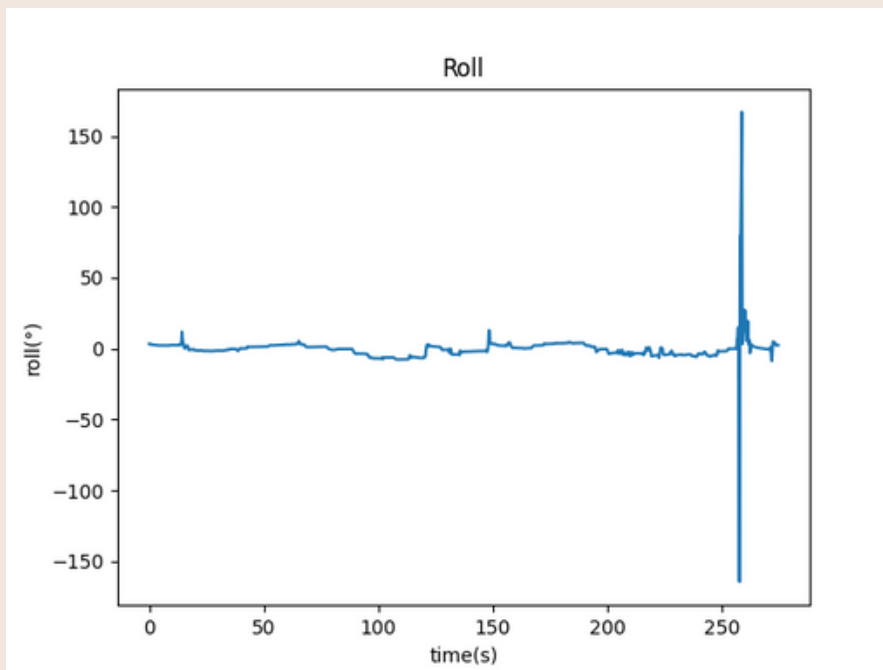
# Tests préliminaires sur le tangage



- Observation des paliers pour le tangage et valeurs cohérentes
  - Apparition du Gimbal Lock pour pitch > 80 deg
- Valeurs erronées pour tous les angles



# Tests préliminaires sur le lacet



- Observation des paliers pour le lacet et valeurs cohérentes
- Roulis et tangage quasiment constants  
→ Erreurs de manipulations
- Secousse du capteur  
→ Redéfinition du zéro magnétique

# Tests de validation des données : Initialisation

## Installation :

8 caméras à des hauteurs différentes



## Calibrage:

Mire de calibrage

Retour image des caméras sur QTM





# Tests de validation des données : Modalités d'expérience



## Système d'expérience :

- Bâton en plastique
- Phidget attaché au milieu
- 4 Marqueurs (extrémités, milieu et IMU)

## 4 manipulations :

- Rotations autour d'un seul axe : Roll, Pitch, Yaw
- Rotation aléatoire (données non utilisables)

# Analyse des données : Problèmes rencontrés

## 1) Synchronisation des données

Acquisitions IMU et Qualisys pas commencées au même moment

- Données étudiées à partir du début du mouvement (retour vidéos Qualisys et graphiques IMU)
- Différence maximale des temps totaux : 0.5 s

## 2) Fréquences d'acquisition différentes

Qualisys : 100 Hz / IMU : 4 Hz

- Etude d'une valeur du Qualisys sur 25

# Analyse des données : Problèmes rencontrés

## 3) Repères différents ( $w_i$ et $w_q$ )

But : pouvoir comparer les rotations qui se font dans des repères monde différents

Utilisation des matrices de rotations

- Méthode 1 : Changement de repère  $W_i \rightarrow W_q$   
→ Inutilisable car on ne connaît pas  $W_q$

$${}^i R_{w_q} = {}^i R_{w_i} \cdot {}^{w_i} R_{w_q}$$

- Méthode 2 : Comparaison des rotations par rapport à une orientation initiale

$${}^i R_{w_i} \cdot {}^{w_i} R_{i_0} = {}^q R_{w_q} \cdot {}^{w_q} R_{q_0}$$

→ Position initiale des repères : Début du mouvement

# Analyse des données : Comparaison des matrices de rotations

Pour  $\varepsilon = 0.1$  soit ~ 5% d'erreur entre les deux matrices :

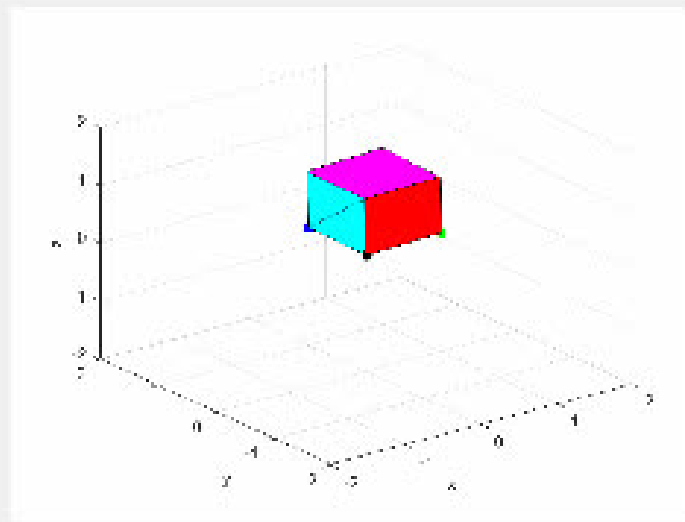
	Valeurs correctes	Valeurs incorrectes
Roll 1	39.2%	60.8%
Roll 2	29.8%	70.2%
Pitch	32.9%	67.1%
Yaw	76.5%	23.5%

- ➔ Majorité des comparaisons entre les deux matrices sont incorrectes donc l'équation n'est pas respectée
- ➔ Seul les rotations autour de l'axe z pour le lacet semble donner des résultats correctes

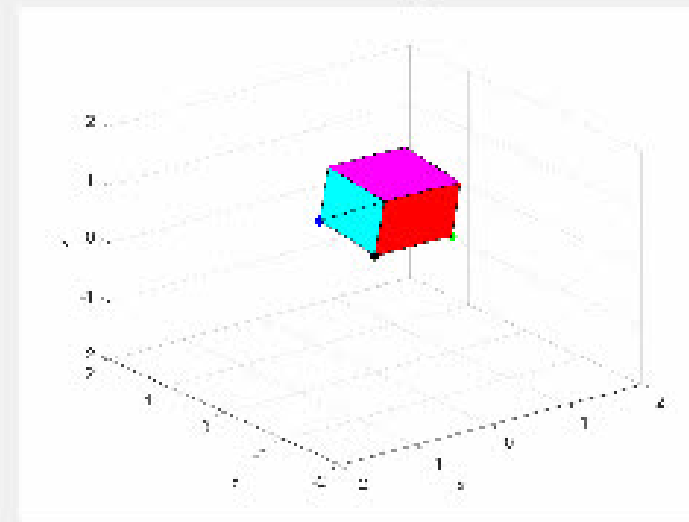


# Analyse des données : Résultats pour le roulis (idem pour le tangage)

IMU



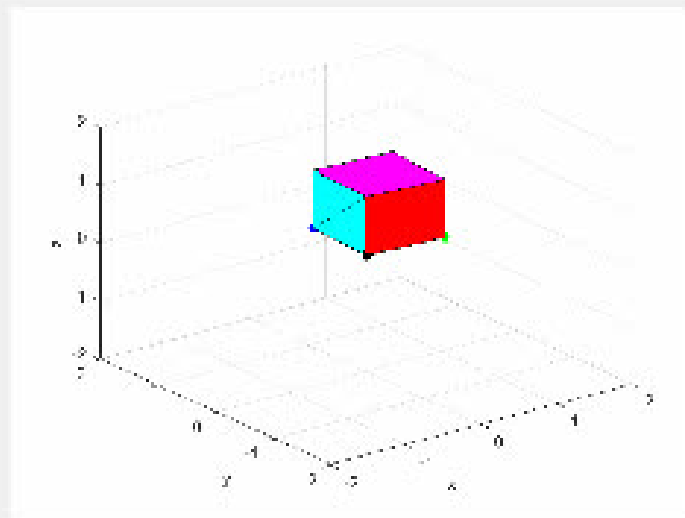
Qualisys



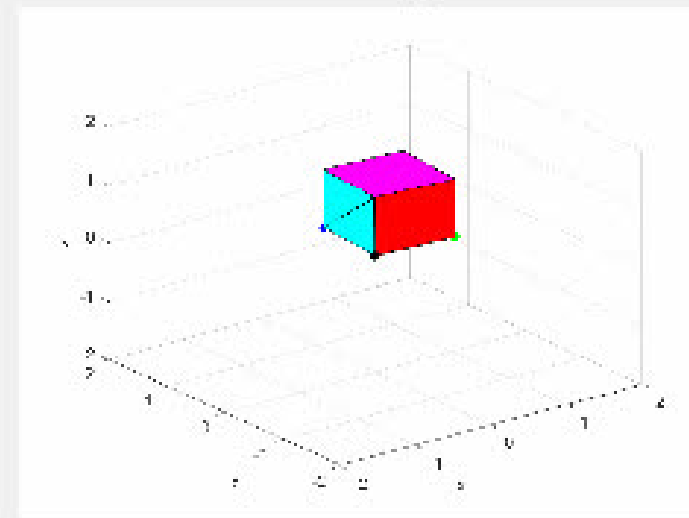
- Rotations synchrones mais pas autour des mêmes axes de rotations
- ➔ Différence de convention entre les deux systèmes d'où les erreurs sur les pourcentages
- Au bout d'un certain temps : plan de rotation de l'IMU semble se décaler
- ➔ Difficulté de l'IMU à connaître son orientation sans ses magnétomètres

# Analyse des données : Résultats pour le lacet

**IMU**



**Qualisys**



- Rotations synchrones autour du même axe de rotation  
 —→ Différence de convention pour les axes x et y seulement
- Observation du même décalage dans le plan de rotation de l'IMU

# Conclusion

L'IMU Phidget parvient bien à mesurer les rotations du système

- Problème de la perte du cap : Résolu en milieu sous-marin avec l'activation des **magnétomètres** et car les mouvements du système seront **plus lents**
- Problème de la différence de convention : Résolu si on connaît la **convention du système Qualisys**

→ Le Phidget, après résolution de ces problèmes, pourra estimer l'orientation d'un ombilical sous-marin en temps réel

*Merci de votre attention*