

STAGE INGÉNIEUR (STING)

Mise en place d'un banc de test pour caractériser
chaque Virtuose 6D

Abdellah Koutit
abdellah.koutit@eleves.ec-nantes.fr

1 Présentation de l'entreprise

- Produits
- Organisation de l'entreprise

2 Contexte de stage

3 Vérification des positions(Client)

- Test JointsLimits
- Conception de la poignée stylo
- Test StyloCalibration
- Test Points

4 Vérification des positions(Usine)

- Localisation par caméras
- Comparaison Caméras Virtuose

5 Vérification des efforts(Client)

- Test BlockedMode

6 Vérification des efforts(Usine)

- Test ForceSensor
- Identification des coefficients de frottement

Présentation de l'entreprise

Haption SA



Présentation de l'entreprise

Produits

Virtuose



Présentation de l'entreprise

Produits

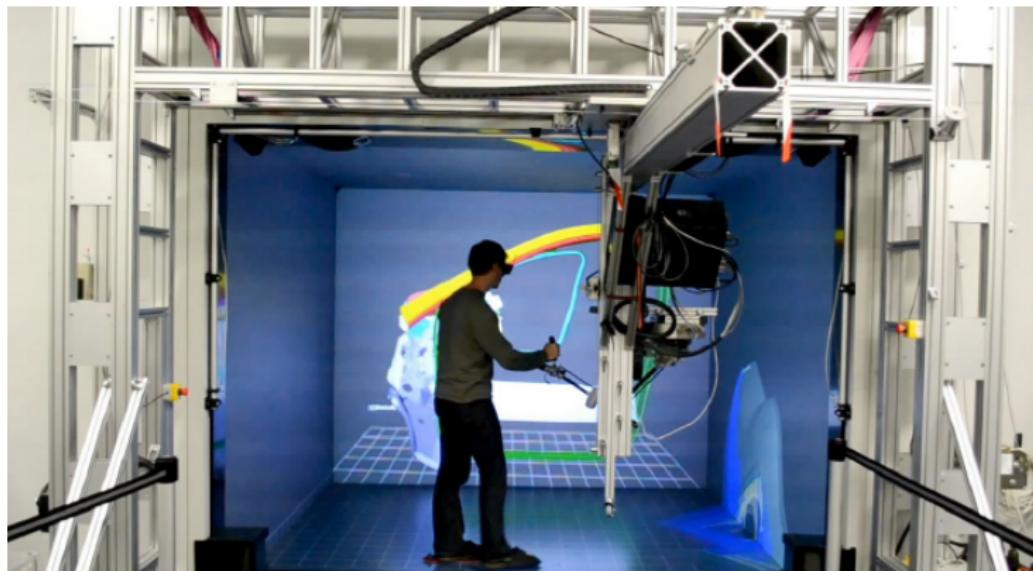
Desktop



Présentation de l'entreprise

Produits

Scale 1



Présentation de l'entreprise

Organisation de l'entreprise

- Bureau d'études - Mécanique
- Production - mécanique
- Bureau d'études - Électronique
- Production - électronique
- Pôle informatique
- Pôle commercial

Contexte du stage

Il s'agit de faire une vérification approfondie afin de caractériser le Virtuose en usine et chez le client.



Contexte du stage

Vérification en usine

Vérification des positions :

Le besoin est de vérifier que les débattements sont bien les bons. Il s'agit de valider :

- Que les débattements sont bien mesurés par rapport à la réalité (comparaison à une mesure externe)
- Que les débattements sont ceux annoncés dans les spécifications
- Que la calibration géométrique du dispositif est maîtrisée

Contexte du stage

Vérification en usine

Vérification des efforts :

Au niveau des efforts, le besoin de vérification est multiple

- Vérifier que les efforts mesurés sont conformes à la réalité (comparaison à une mesure externe).
- Identifier les hystérosis en effort (assimilable à du frottement sec).
- Identifier les défauts de compensation de gravité par les ressorts.

Contexte du stage

Vérification chez le client

Il s'agit de permettre au client de tester les éléments principaux pour accepter la livraison du produit.

Vérification des débattements

Le besoin est de vérifier que les débattements sont bien conformes aux spécifications.

Vérification des efforts

Le besoin est de valider que les efforts sont conformes à la réalité par une expérience simple à mettre en œuvre.

Vérification des positions(Client)

Test JointsLimits

Fonctionnement

Le moyen de test permet de déplacer doucement chaque articulation afin d'aller d'une butée à l'autre, d'enregistrer les valeurs limites dans un fichier *log_num.txt* et de faire un plot de l'espace de travail du virtuose correspondant aux valeurs trouvées par le biais du Modèle géométrique direct .

Remarque

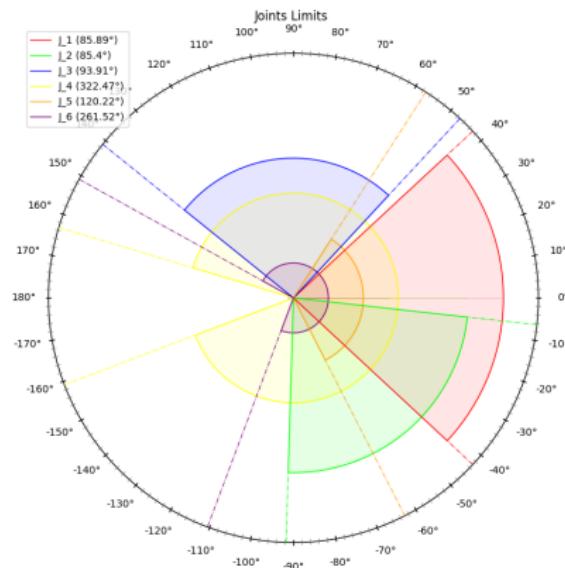
Les limites articulaires trouvées représentent les butées logicielles.

Vérification des positions(Client)

Test JointsLimits

Résultat du test :

Butées articulaires

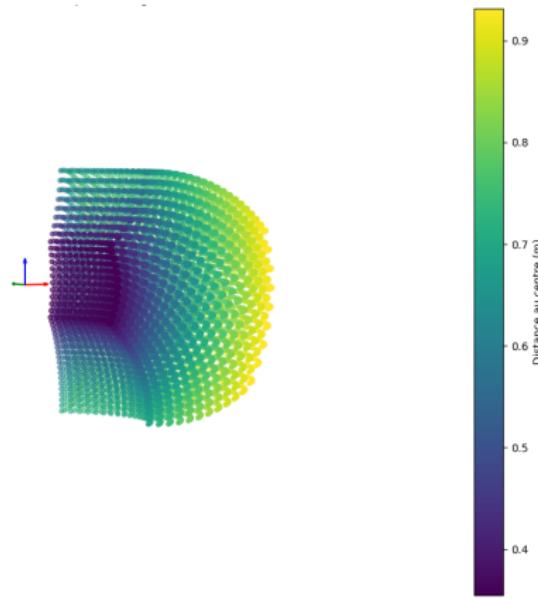


Vérification des positions(Client)

Test JointsLimits

Résultat du test :

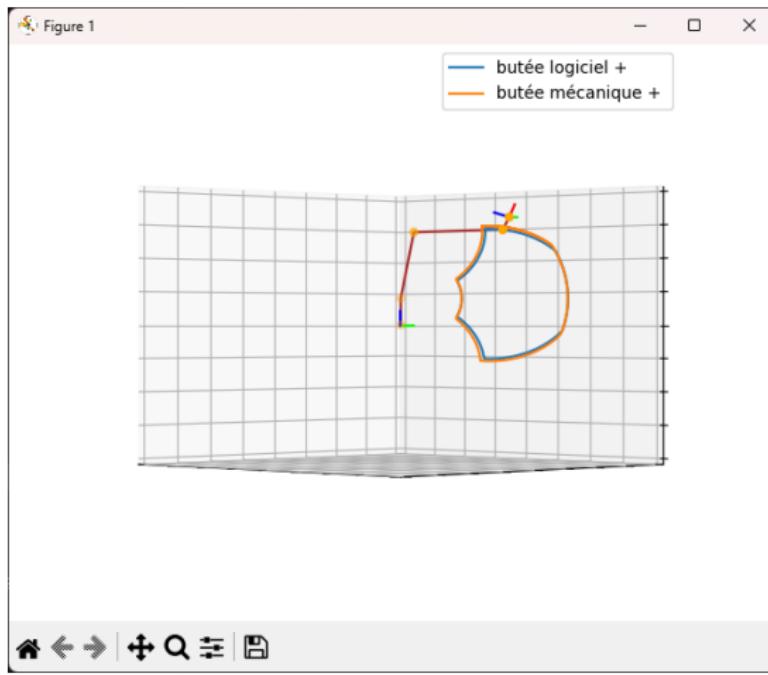
Espace atteignable



Vérification des positions(Client)

Test JointsLimits

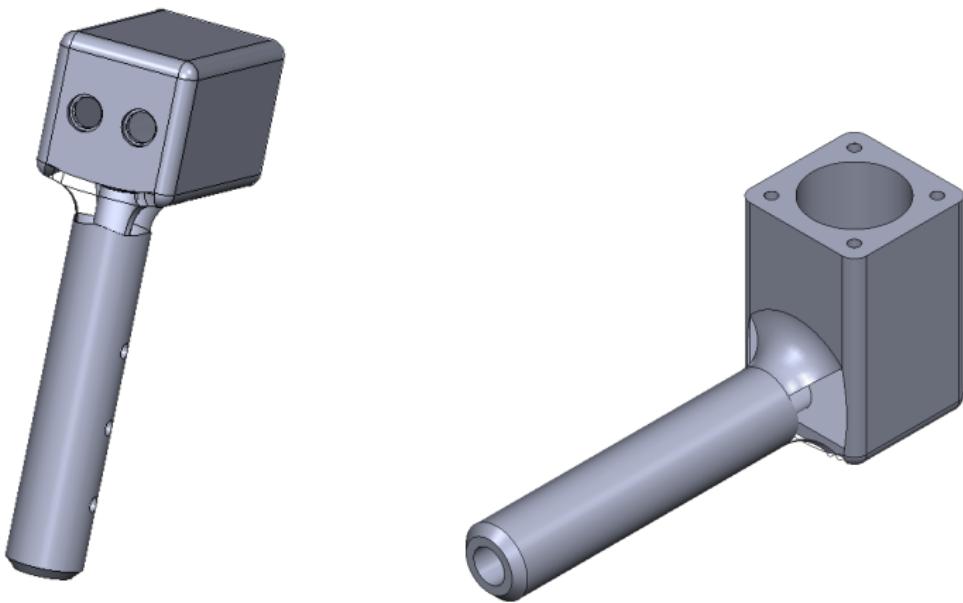
Butée logicielles et mécanique



Vérification des positions(Client)

Conception de la poignée stylo

Poignée Stylo



Vérification des positions(Client)

Conception de la poignée stylo

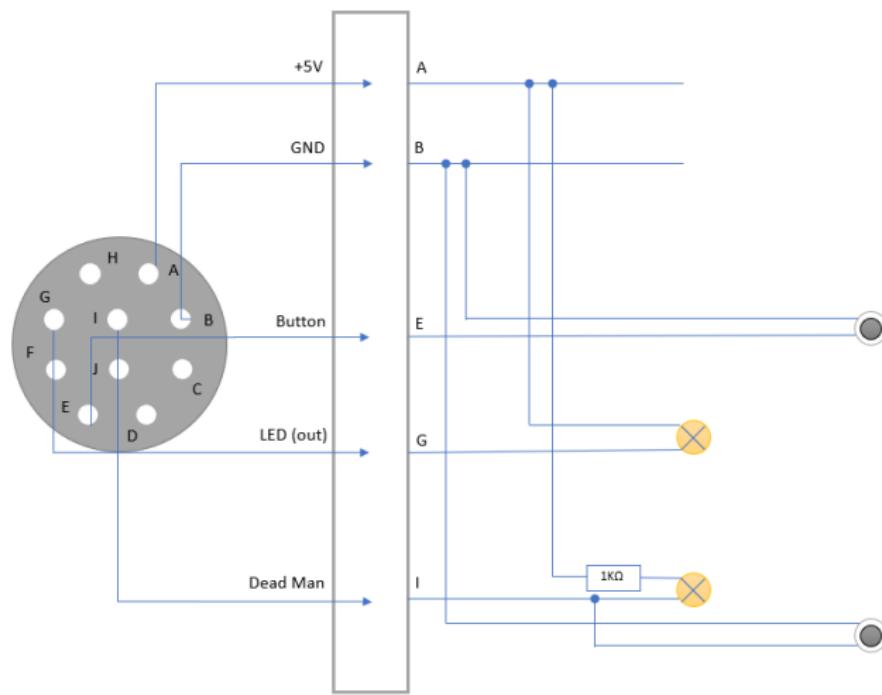
Poignée Stylo



Vérification des positions(Client)

Conception de la poignée stylo

Plan de cablage



Vérification des positions(Client)

Test StyloCalibration

Objectif

Déterminer le décalage de position entre la pointe du stylo et le point référence du Virtuose .

Fonctionnement

- Enregistrement des différentes configurations robot où le stylo pointe vers le même point.
- Identification du décalage par une optimisation.

Optimisation

Variable d'optimisation :

$$U = [off_x, off_y, off_z]$$

Paramètres :

Une base de données des différents "Displacements" enregistrés :

$$Disp = [x, y, z, q_w, q_x, q_y, q_z]$$

Fonction objective :

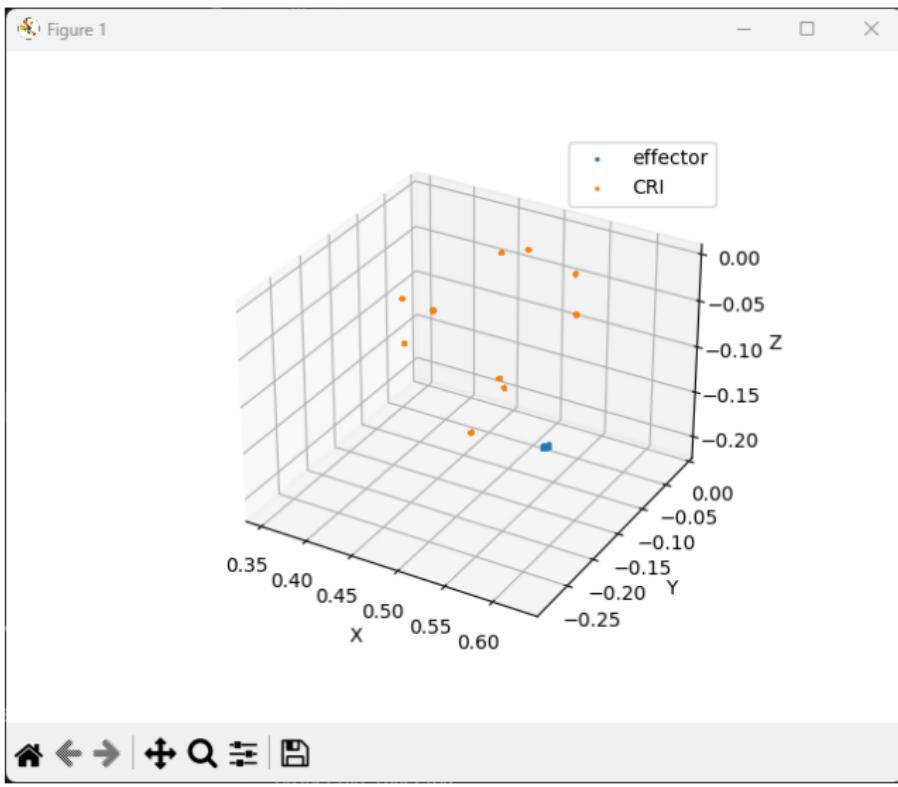
La dispersion des données après :

- Application du décalage U .
- Regroupement des données par un processus de "clustering".

Minimiser la fonction objective permet de trouver le vecteur $U_{optimal}$ qui sera enregistré et utilisé après pour tous les test pour savoir la position du nouveau **end_effector**.

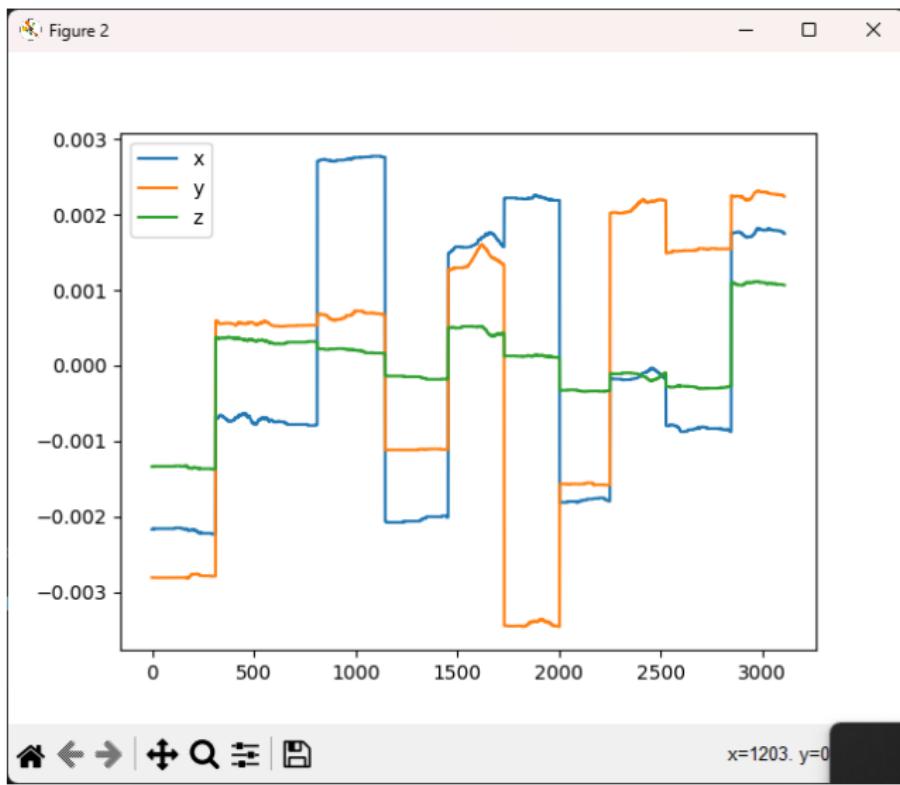
Résultats du test :

Position end_effector par rapport aux CRI



Résultats du test :

Dispersion des coordonnées stylo (m)



Vérification des positions(Client)

Test Points

Objectif

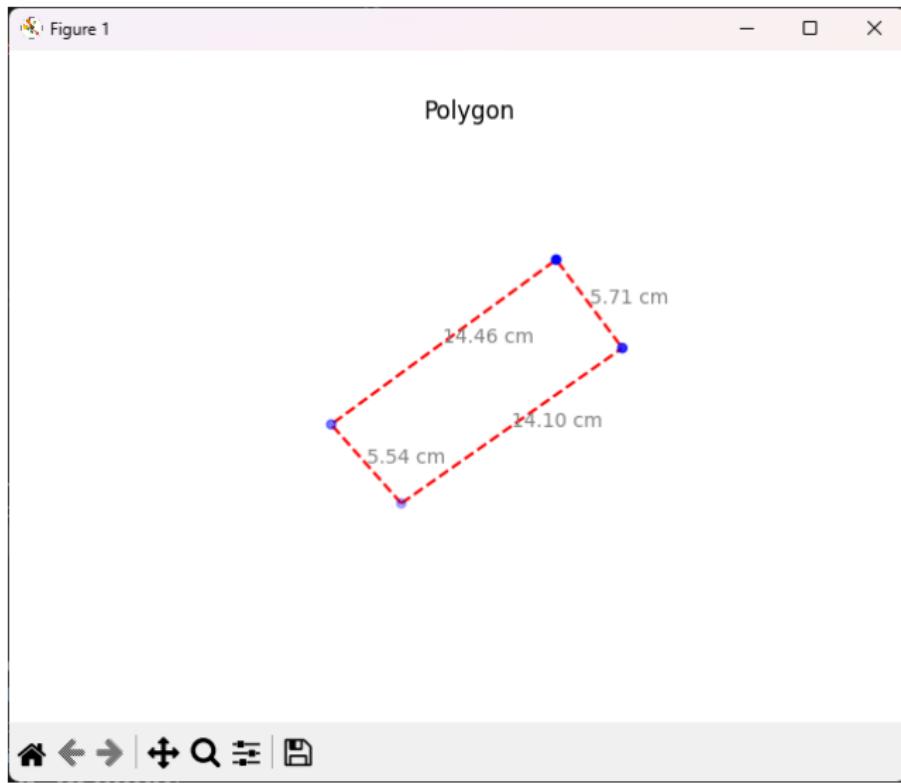
Vérifier la précisions des positions cartésiennes estimées par le modèle géométrique direct du Virtuose.

Fonctionnement

- Enregistrement des coordonnées des points d'un polygone déjà marqué sur une feuille.
- dessin du polygone avec les distances de ses cotés dans le repère Virtuose.

le test prend en compte la prise du même point vue sous différentes configurations.

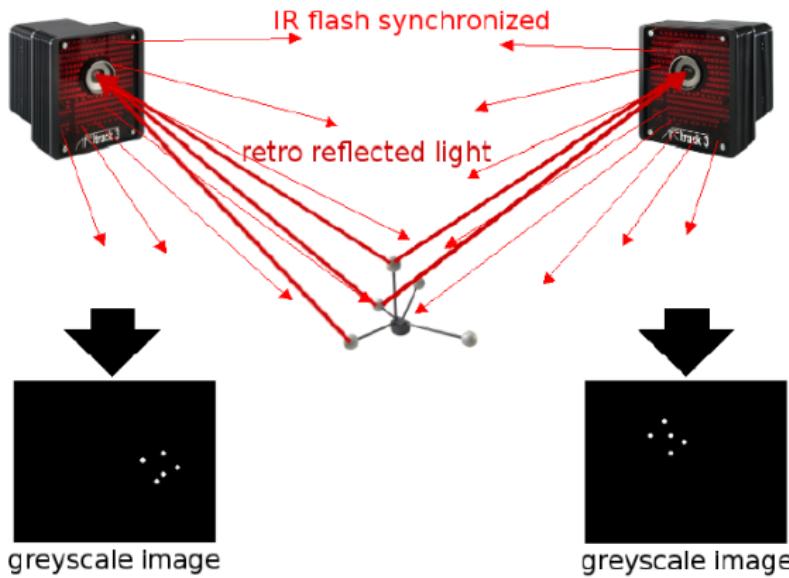
Résultats du test :



Vérification des positions(Usine)

Localisation par caméras

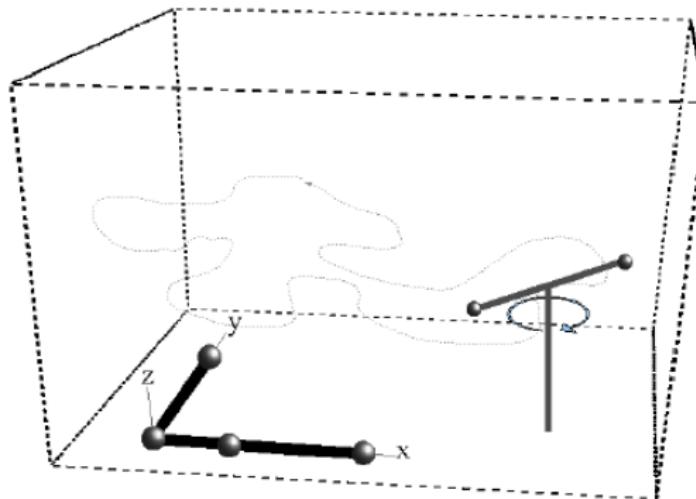
Principe du tracking optique



Vérification des positions(Usine)

Localisation par caméras

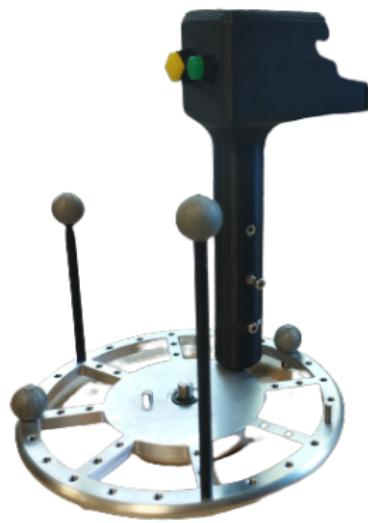
Calibration de la pièce



Vérification des positions(Usine)

Localisation par caméras

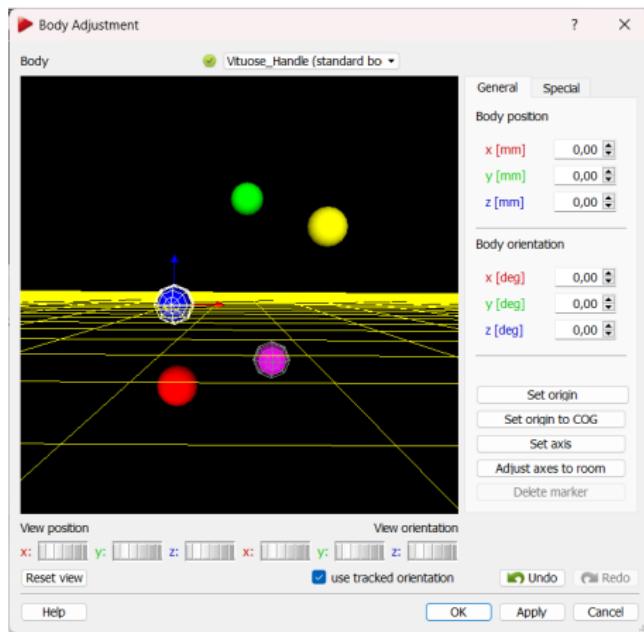
Calibration du corps



Vérification des positions(Usine)

Localisation par caméras

Ajustement du corps



Vérification des positions(Usine)

Localisation par caméras

Sortie des données :

Les données de chaque corps suivi sont regroupées en blocs entre crochets [] et contiennent les informations suivantes :

[id][$s_x \ s_y \ s_z \ \theta \ \phi \ \psi$][$b_0 \ b_1 \ b_2 \ b_3 \ b_4 \ b_5 \ b_6 \ b_7 \ b_8$]

- ① Numéro d'identification (id, à partir de 0)
- ② Position (s_x, s_y, s_z) et angles d'orientation (θ, ϕ, ψ).
- ③ Matrice de rotation (bi) de l'orientation du corps.

La matrice de rotation R est donnée par :

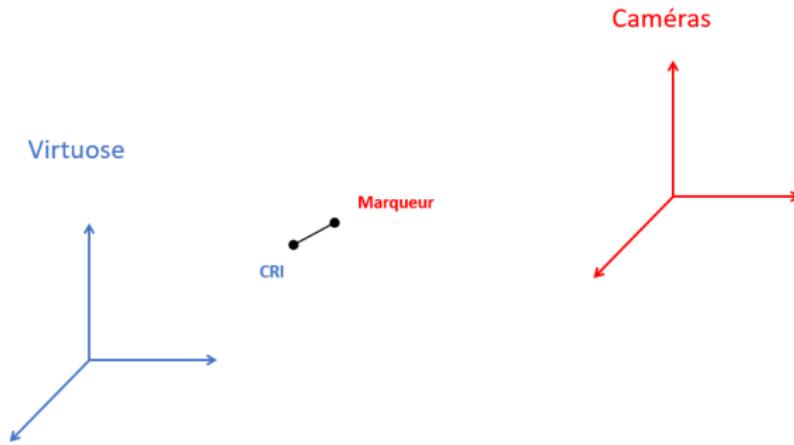
$$R = \begin{bmatrix} b_0 & b_3 & b_6 \\ b_1 & b_4 & b_7 \\ b_2 & b_5 & b_8 \end{bmatrix}$$

Vérification des positions(Usine)

Comparaison Caméras Virtuose

À résoudre

- ① Détermination du décalage entre **CRI** et **Marqueur**.
- ② Conversion des coordonnées **Marqueur** vers le repère **Virtuose**.



Détermination du décalage :

Variable d'optimisation :

$$U = [off_x, off_y, off_z]_V$$

Paramètres :

- les positions marqueur dans la base Caméras.
- les positions CRI dans la base Virtuose.

Fonction objective :

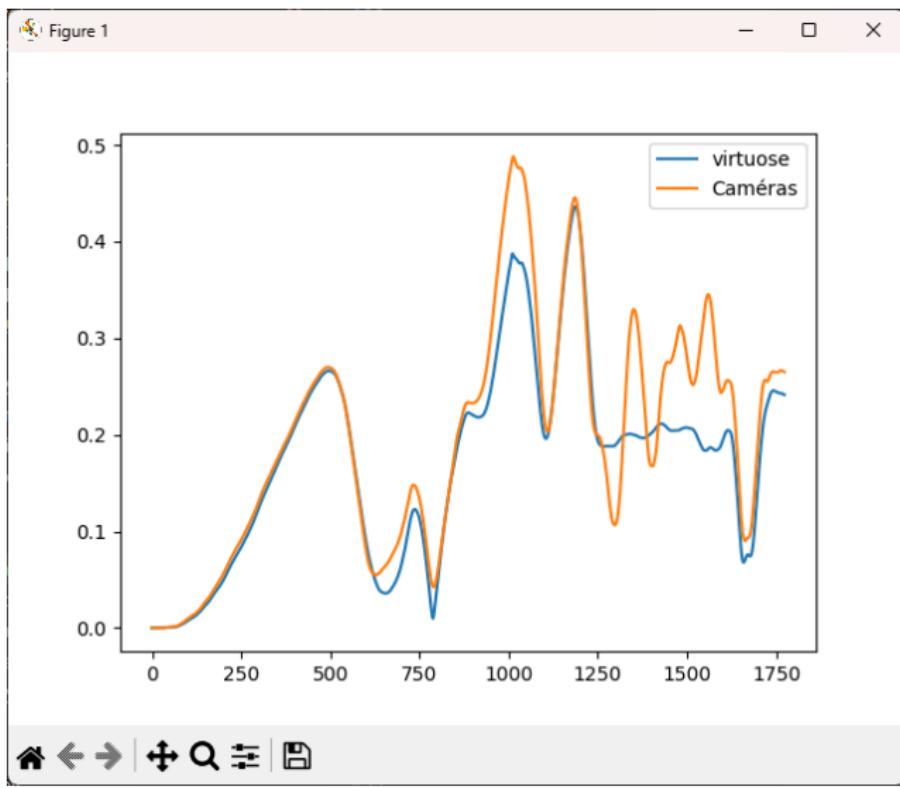
$$D = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & \cdots & D_{1j} \\ D_{21} & D_{22} & \cdots & D_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ D_{i1} & D_{i2} & \cdots & D_{ij} \end{bmatrix}$$

$$D_{ij} = Dist(P_i, P_j)$$

$$f_{Obj} = ||D_C - D_V(U)||$$

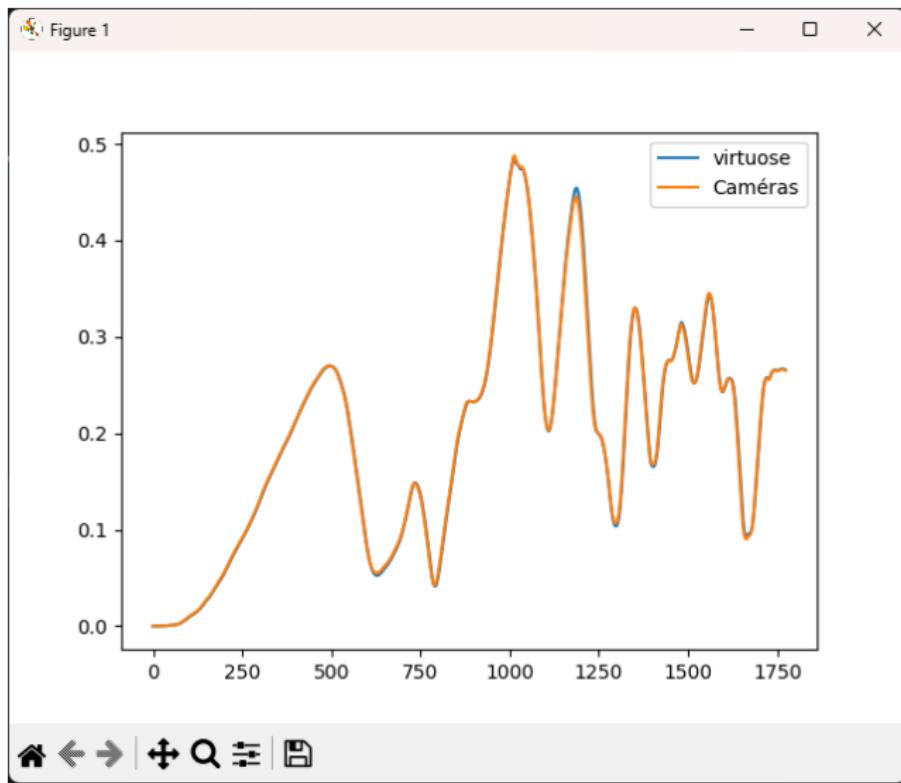
Validation :

D_C et D_V



Validation :

D_C et $D_V(U_{optimal})$



Détermination de la transformation Caméras Virtuose :

Variable d'optimisation :

$$[T]_{C \rightarrow V} = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & T_x \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & T_y \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & T_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Paramètres :

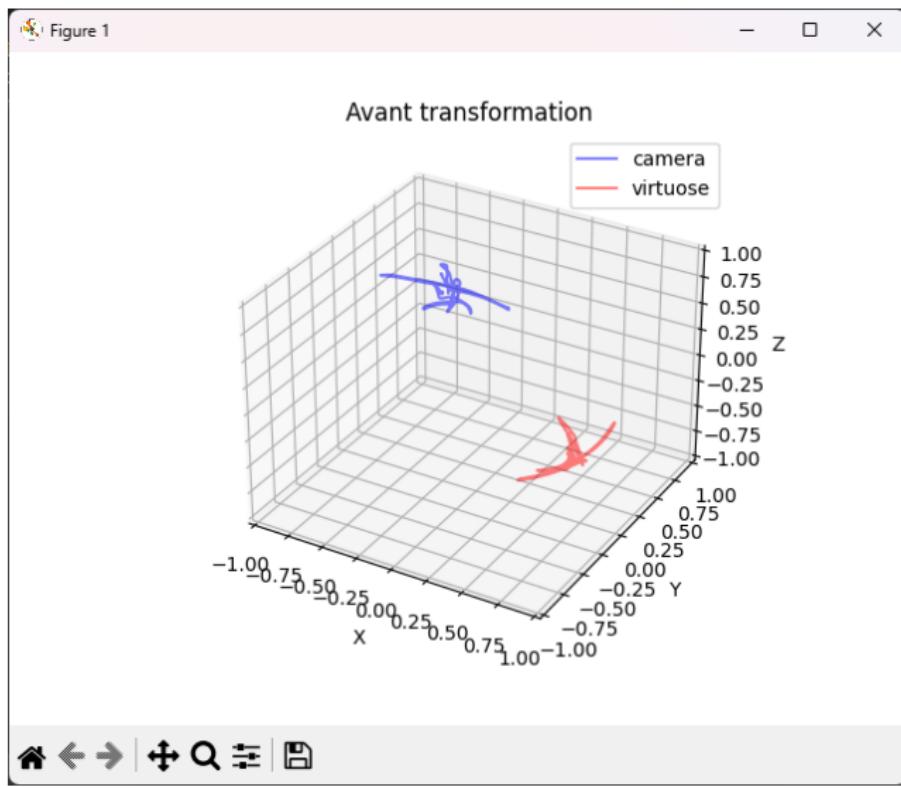
- la trajectoire marqueur dans la base Caméras.
- la trajectoire marqueur dans la base Virtuose.

Fonction objective :

$$f_{Obj} = ||Data_V - [T]_{C \rightarrow V}.Data_C||$$

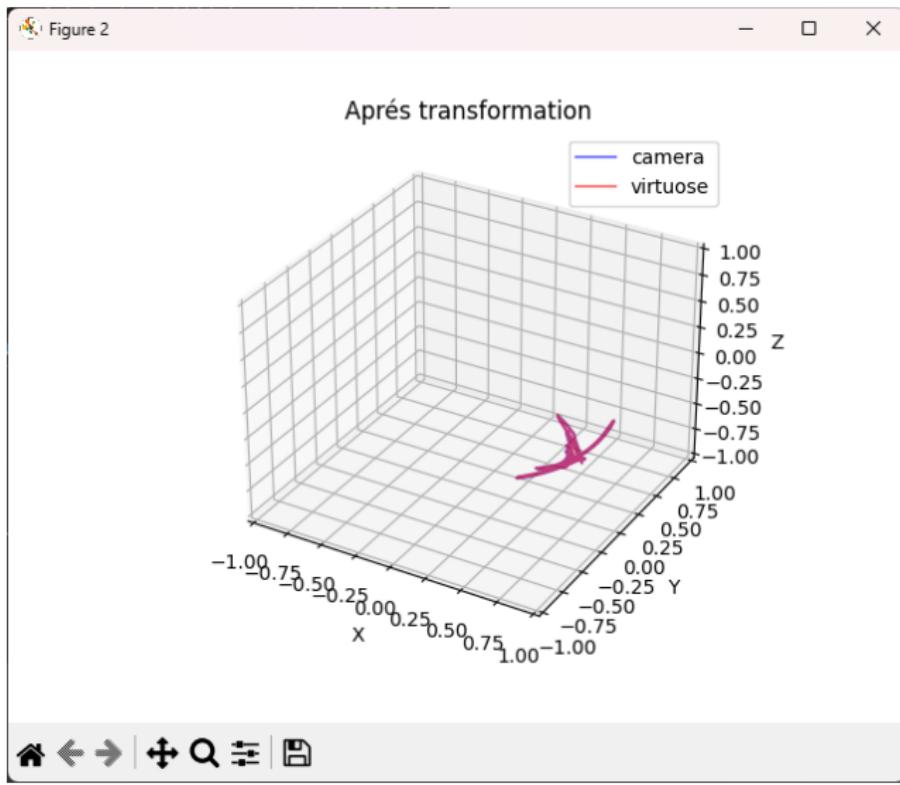
Validation :

Avant transformation



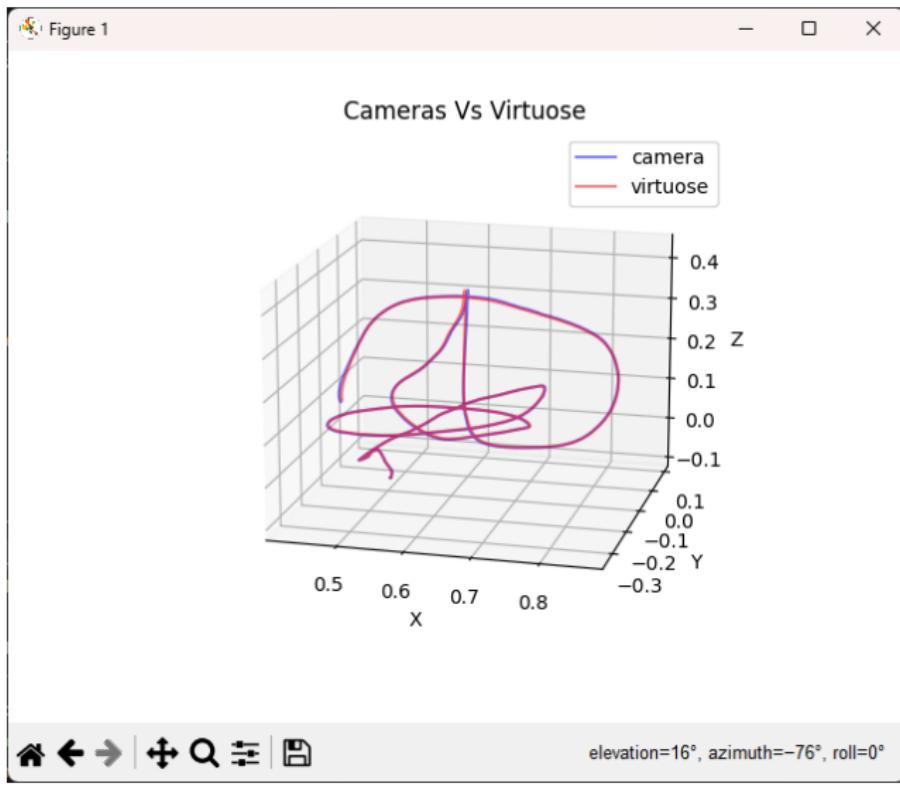
Validation :

Après transformation



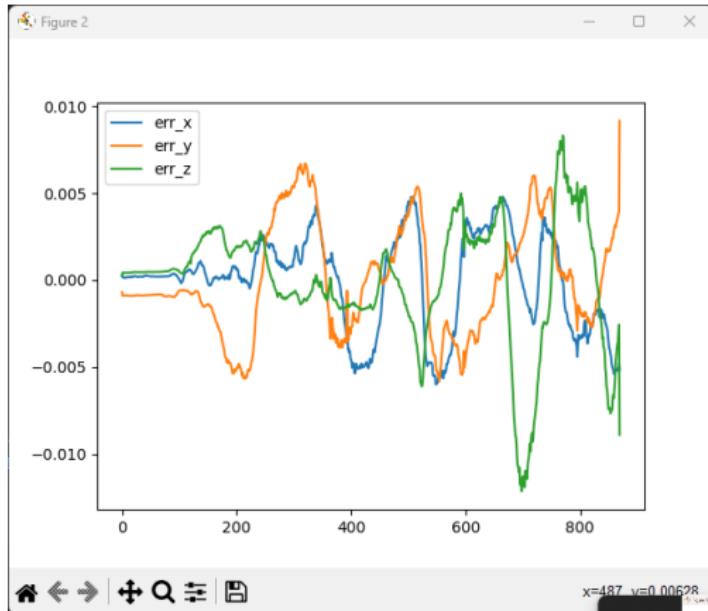
Résultats de la comparaison :

Après Calibration



Résultats de la comparaison :

Erreur en positions



$\text{std_x} = 0.00269 \text{ (m)}$
 $\text{std_y} = 0.00315 \text{ (m)}$
 $\text{std_z} = 0.00345 \text{ (m)}$

Vérification des efforts(Client)

TestBlockedMode



Cartesian Force (N) : -0.3143 -0.2901 **9.8756** 0.0732 -0.1421 0.0142

Vérification des efforts(Usine)

Test ForceSensor

Poignée Capteur :

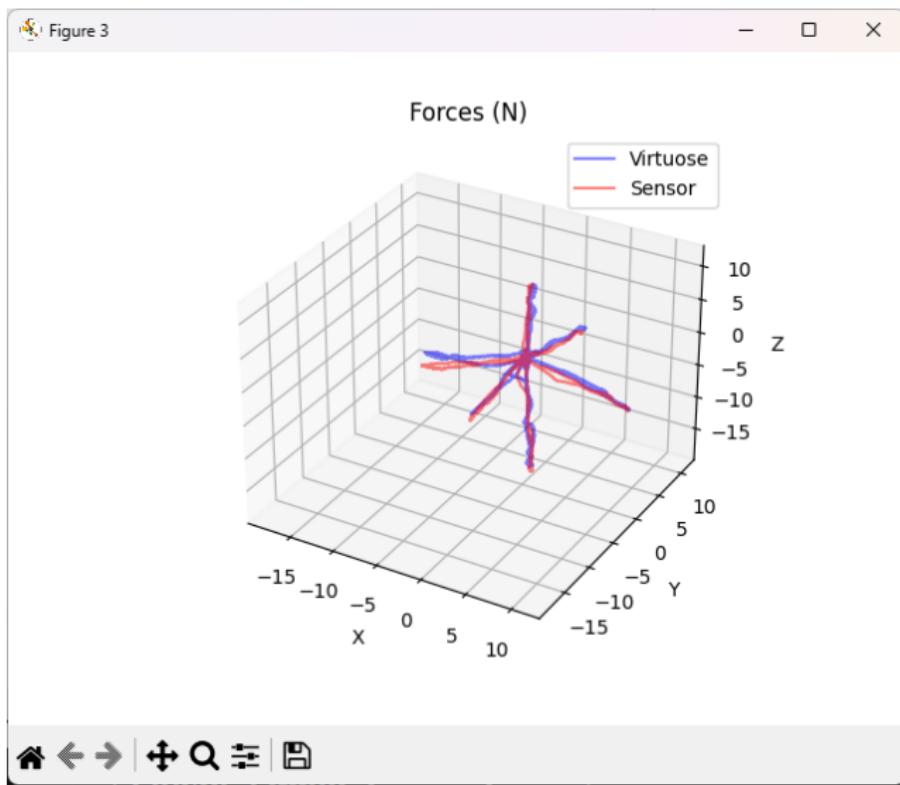


Vérification des efforts(Usine)

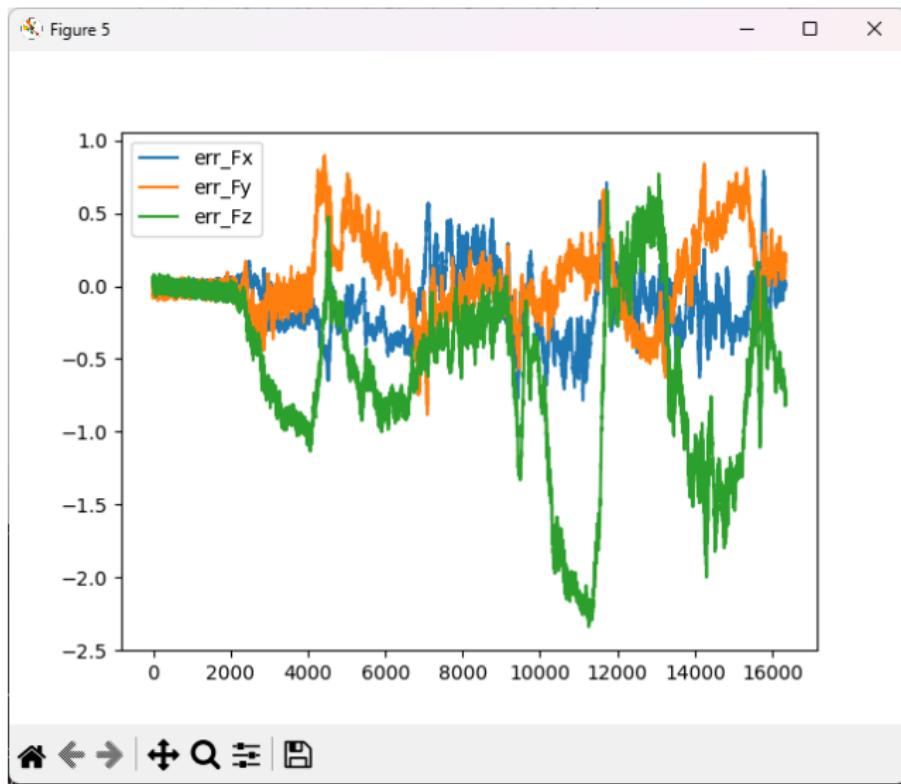
Test ForceSensor



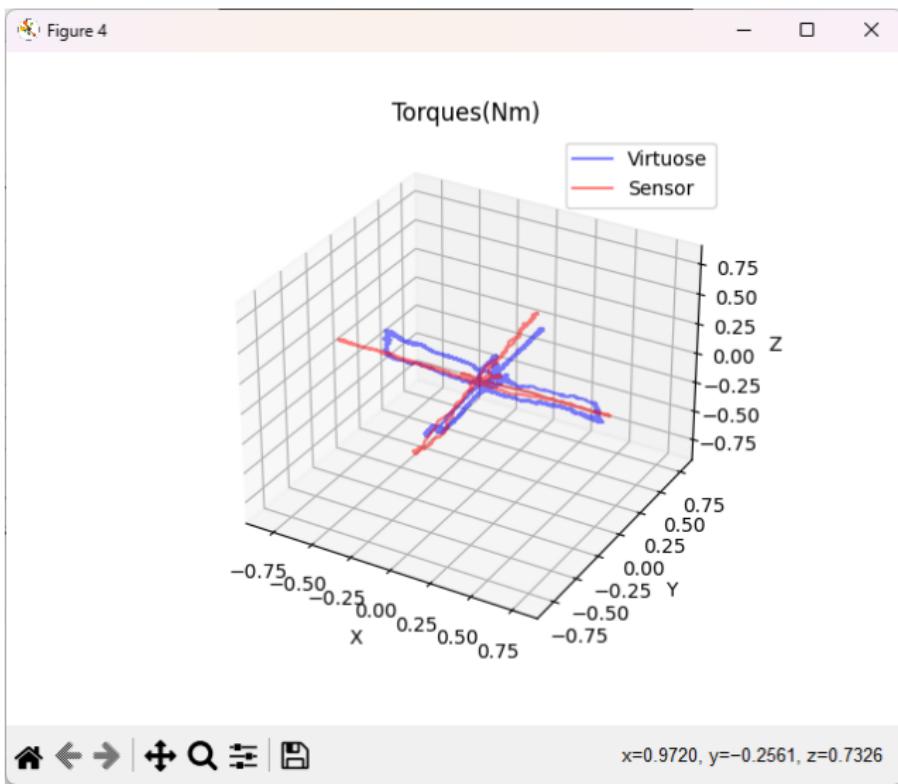
Force (N) : Virtuose Vs Sensor



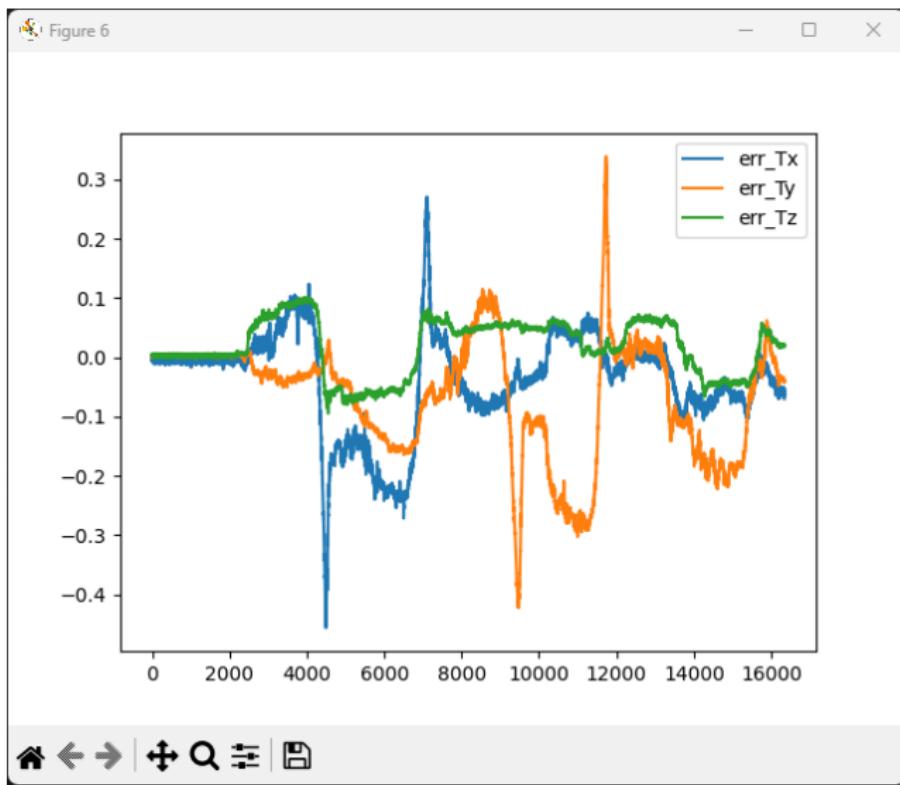
Erreur en force (N)



Couple (Nm) : Virtuose Vs Sensor



Erreur en couple (Nm)



std Forces

$$\text{std_Fx} = 0.221 \text{ (N)}$$

$$\text{std_Fy} = 0.269 \text{ (N)}$$

$$\text{std_Fz} = 0.613 \text{ (N)}$$

std Couples

$$\text{std_Tx} = 0.0846 \text{ (Nm)}$$

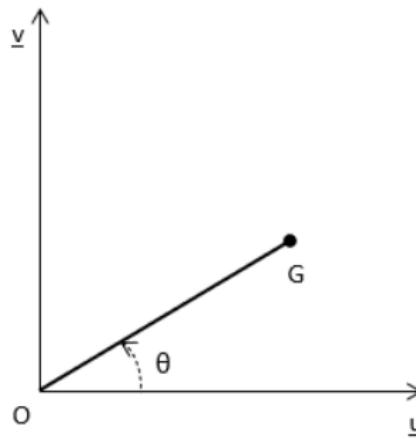
$$\text{std_Ty} = 0.0986 \text{ (Nm)}$$

$$\text{std_Tz} = 0.0467 \text{ (Nm)}$$

Vérification des efforts(Usine)

Identification des coefficients de frottement

Simplification du problème :



$$\Gamma = J \ddot{\theta} + m.l.(-g_u \sin(\theta) + g_v \cos(\theta)) + F_s \operatorname{sgn}(\dot{\theta}) + o + F_v \dot{\theta}$$

$$d = \Gamma_{\theta_c}(\dot{\theta} = \omega) - \Gamma_{\theta_c}(\dot{\theta} = -\omega) = 2.(F_s + F_v \cdot \omega)$$

Figure 3

Joint n° 3

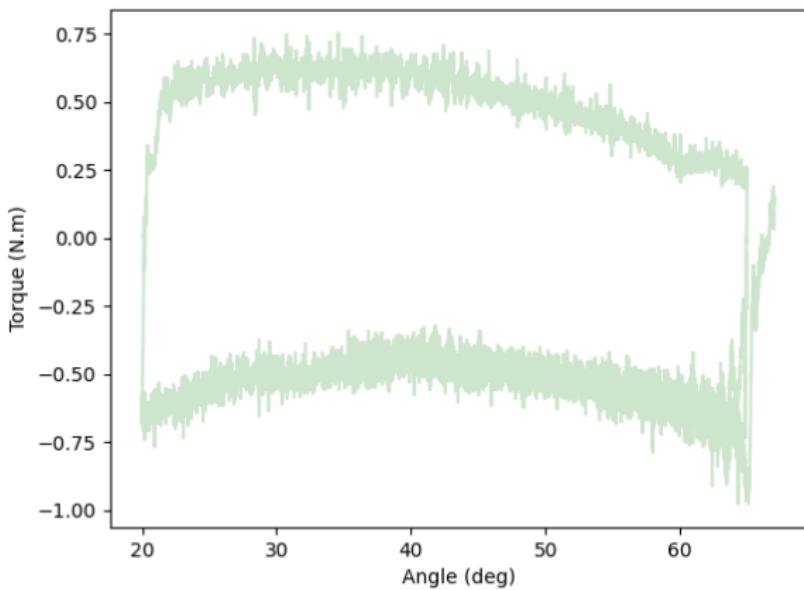


Figure 3

Joint n° 3

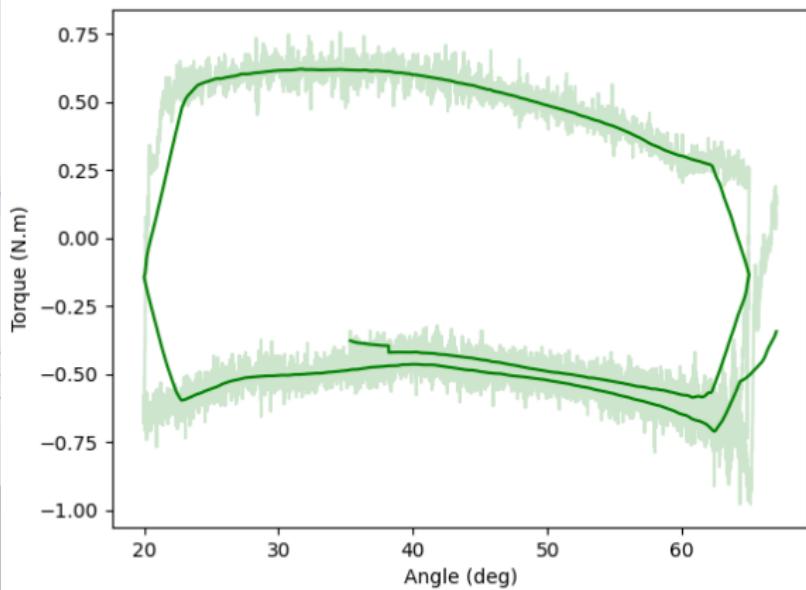
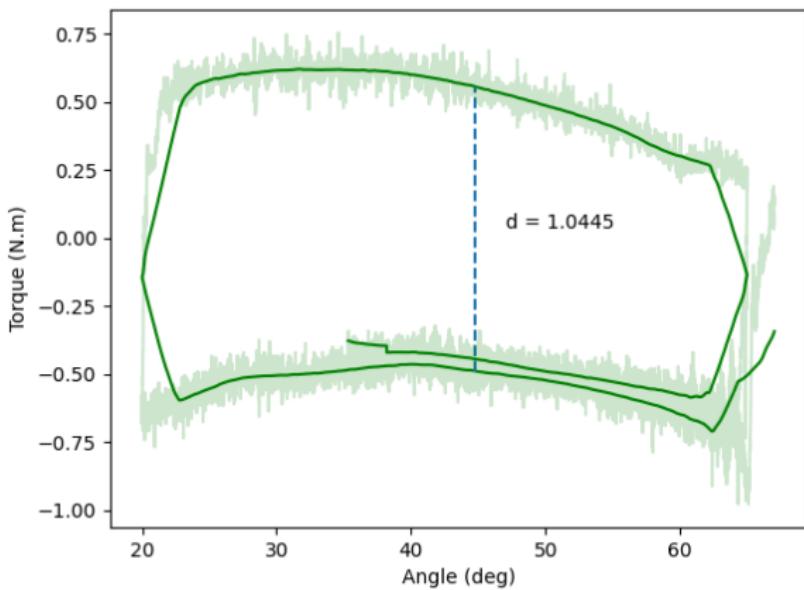
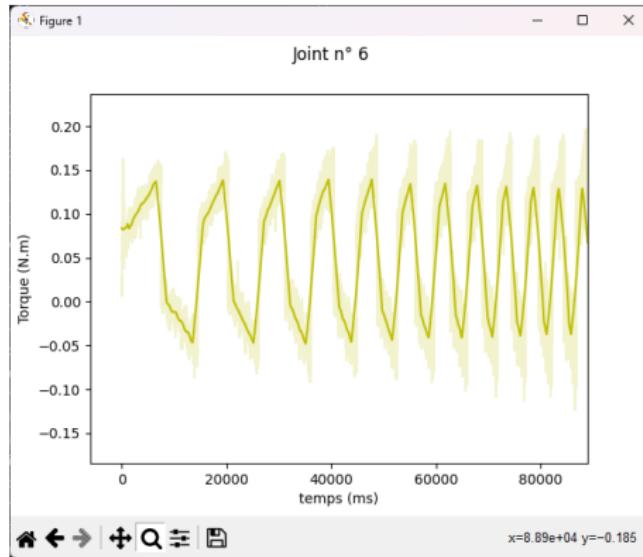


Figure 3

Joint n° 3



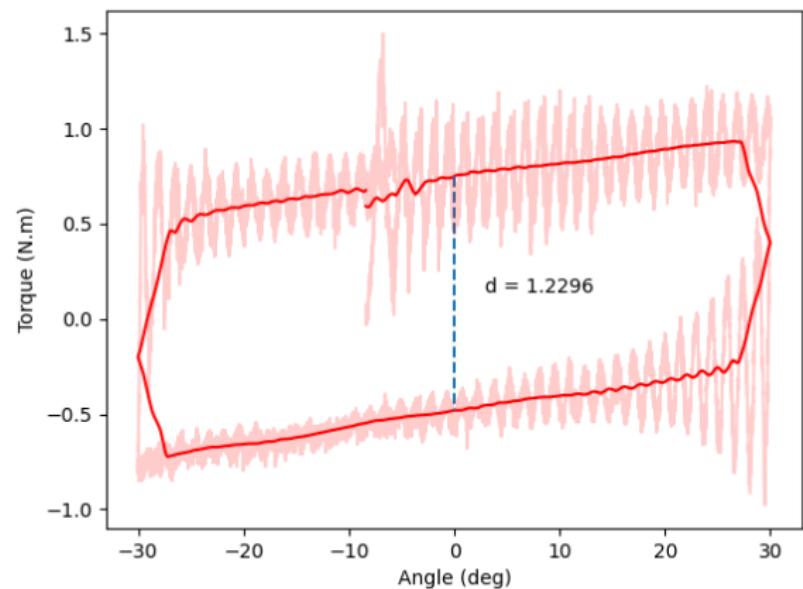
x=38.4 y=0.730



$$\forall \omega \quad F_s \approx \frac{d(\omega)}{2}$$

Figure 1

Joint n° 1



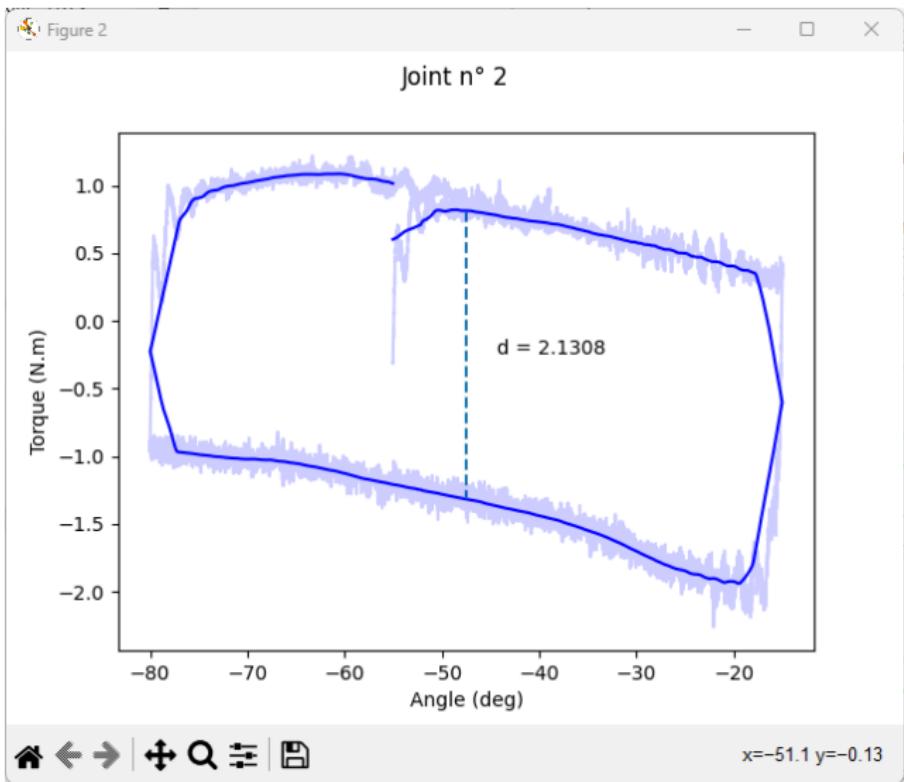


Figure 3

Joint n° 3

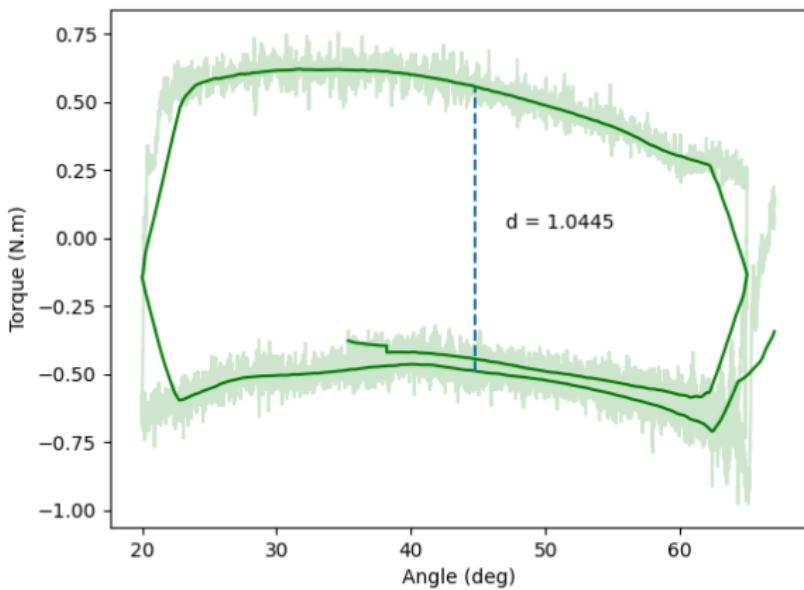
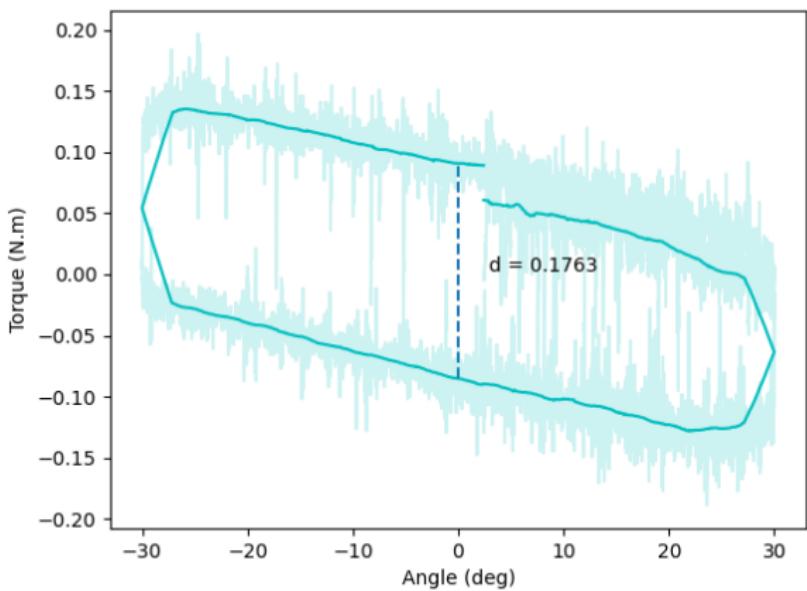


Figure 4

Joint n° 4



x=20.0 y=-0.139

Figure 5

Joint n° 5

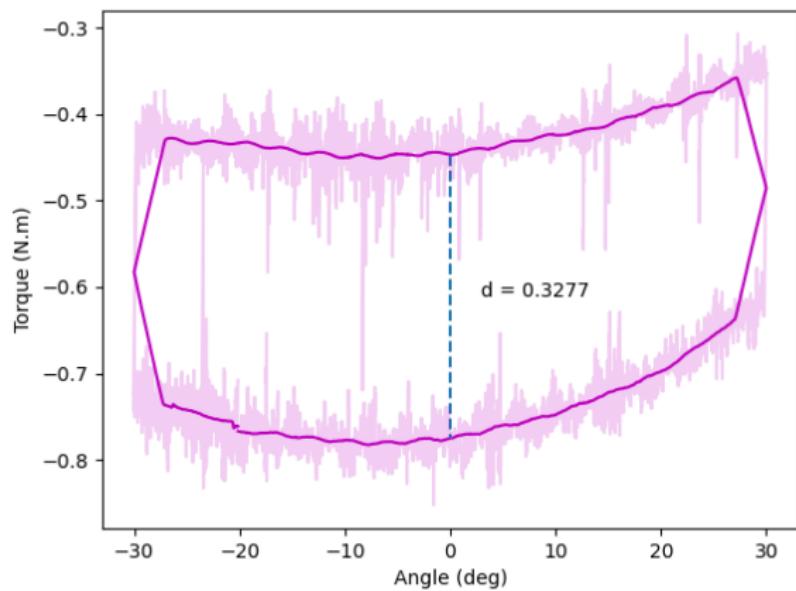


Figure 6

Joint n° 6

