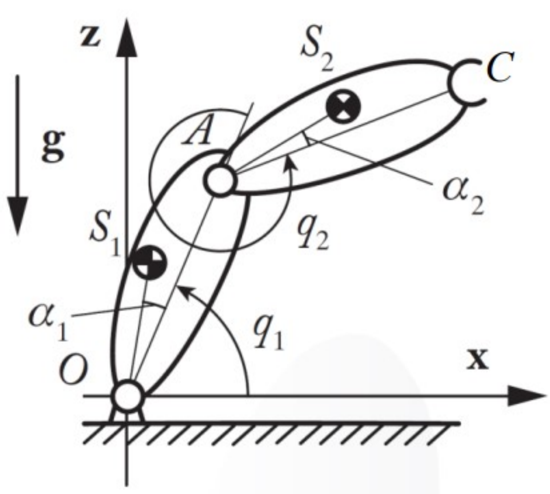
Equilibrage d'un robot 2R
Compte-rendue TP2

Abdellah KOUTIT

Janvier 2023

Introduction

L'objectif de ce TP est de mettre en œuvre sur un mécanisme 2R (figure ci-dessous) les techniques d'équilibrage statique et dynamique apprises pendant le cours COROB.



1 Création de la maquette ADAMS

Données numériques:

- $l_1 = l_{OA} = 0,5m \quad l_2 = l_{AC} = 0,3m.$
- $r_1 = OS_1 = 0,5.OA \quad r_2 = AS_2 = 0,5.AC.$
- $m_1 = 10kg \quad m_2 = 5kg.$

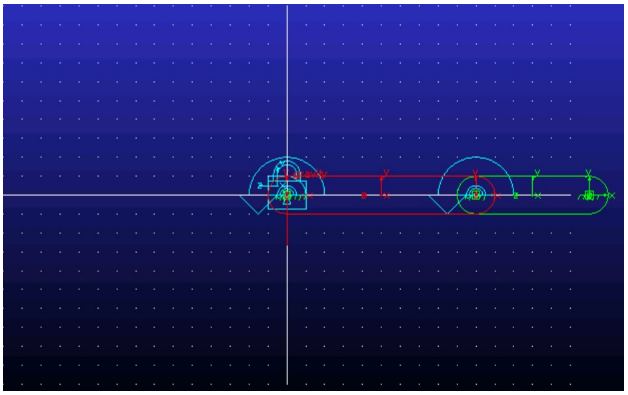
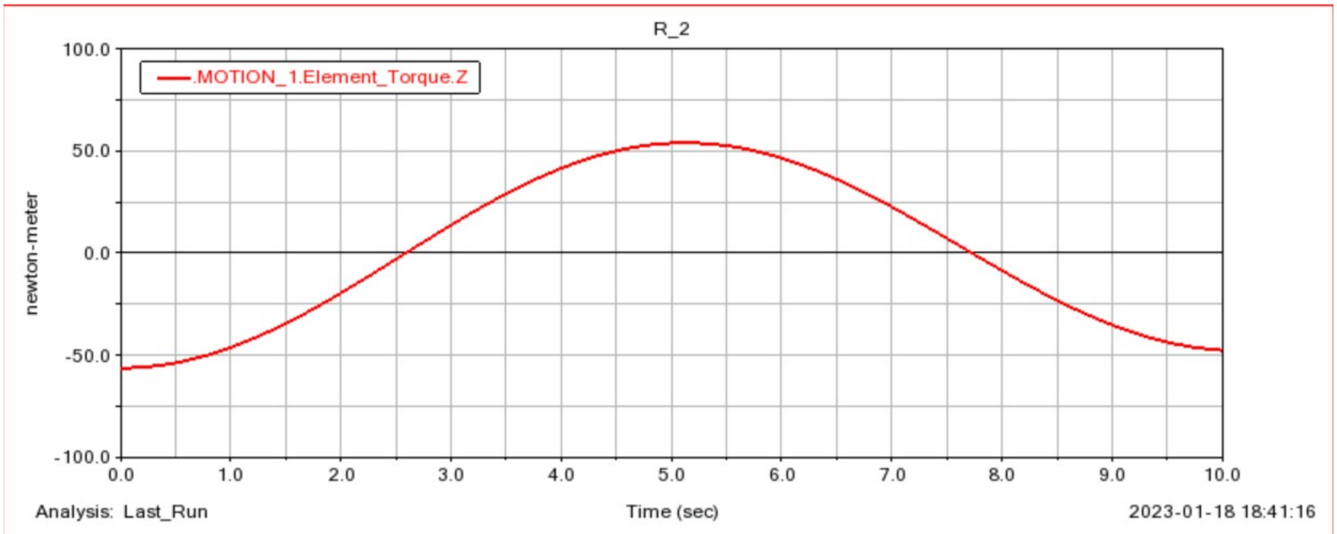


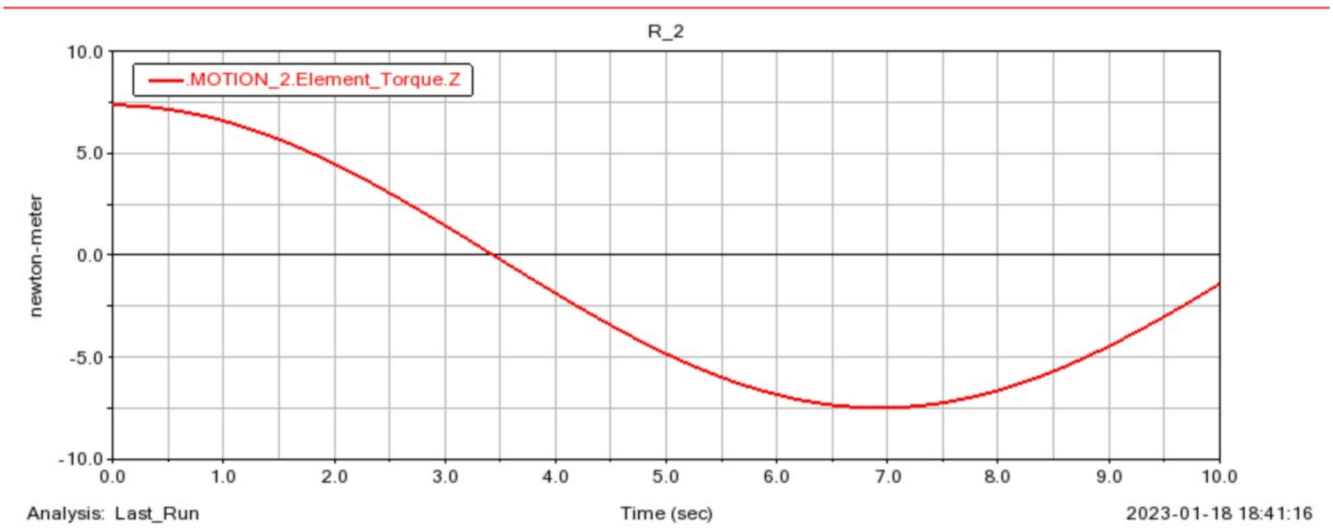
Figure 1: Maquette à la position initiale

En simulant le mouvement de rotation des deux moteurs:

- $q_1(t) = 36deg * t.$
- $q_1(t) = 10deg * t.$

On obtient les couples moteurs suivants:





2 Equilibrage statique (gravity balancing)

2.1 Par ajout de contrepoids

on ajoute des contrepoids de masses m_{cp1} et m_{cp2} sur les corps 1 et 2(la masse m_{cpi} est ajoutée sur le corps i au niveau d'un point P_i)
les contrepoids sont sur les bras correspondant (pas de décalage d'angle).

- $r_{cp1} = r_1 \quad r_{cp1} = r_1$.

Trouvons alors les masses correspondantes des contrepoids: Par une approche énergétique on exprime l'énergie potentielle totale et un trouve les masse qui stabilise cette énergie pour n'importe quelle configuration du robot.

$$E_t = E_1 + E_2 + E_{cp1} + E_{cp2}$$

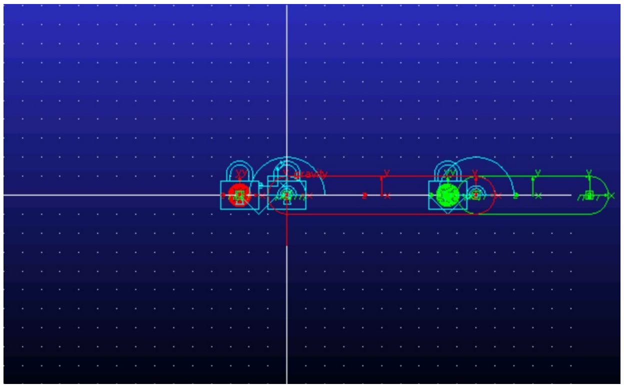


Figure 2: équilibrage par contrepoinds

- $E_1 = m_1.r_1.g.sin(q_1)$
- $E_2 = m_2.2r_1.g.sin(q_1) + m_2.r_2.g.sin(q_1 + q_2)$
- $E_{cp1} = -m_{cp1}.r_{cp1}.g.sin(q_1)$
- $E_{cp2} = m_{cp2}.2r_1.g.sin(q_1) - m_{cp2}.r_{cp2}.g.sin(q_1 + q_2)$

$$\Longrightarrow \; m_{cp2} = \frac{m_2.r_2}{r_{cp2}} = 10kg \qquad m_{cp1} = \frac{(m_1 + 2m_2 + 2m_{cp2}).r_1}{r_{cp1}} = 80kg$$

Validation de l'équilibrage

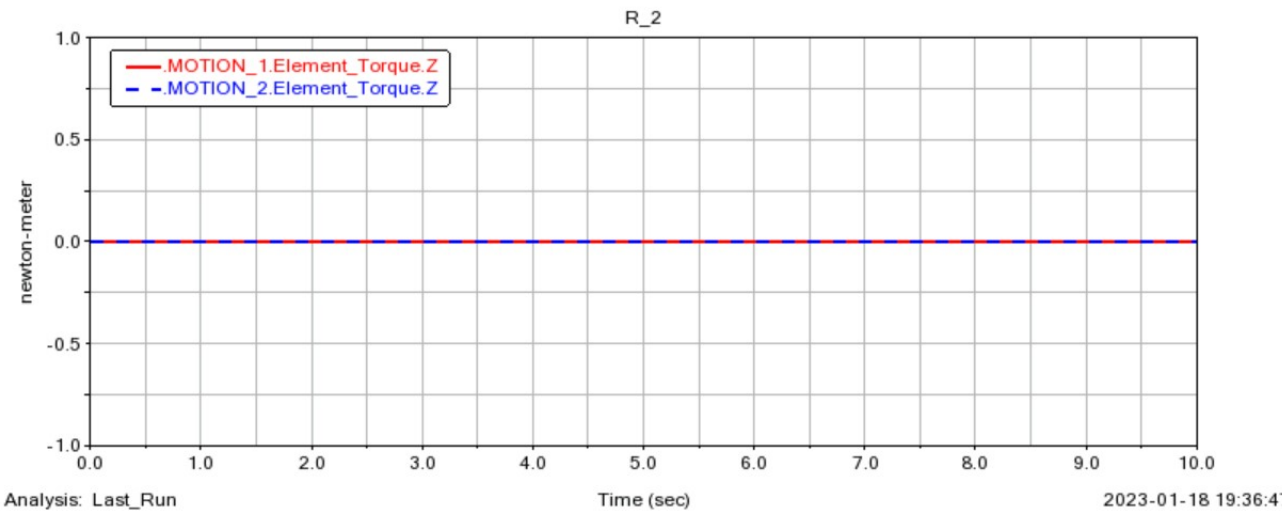


Figure 3: Couples moteur

2.2 Par ajout de ressorts et de contrepoids

on ajoute un ressort de raideur k_1 sur le corps 1 et un contrepoids de masse m_{cp2} sur le corps 2 (le ressort est fixé sur le bâti au niveau d'un point K et sur le corps 1 au niveau d'un point P1).

- $l_{OP_1} = r_1 \quad l_{OK} = 0.4m \quad l_{AP_2} = 0,4AS_2.$

Trouvons alors la masses et la raiseur correspondantes : Par une approche énergétique on exprime l'énergie potentielle totale et un trouve les masse qui stabilise cette énergie pour n'importe quelle configuration du robot.

$$E_t = E_1 + E_2 + E_{ela} + E_{cp2}$$

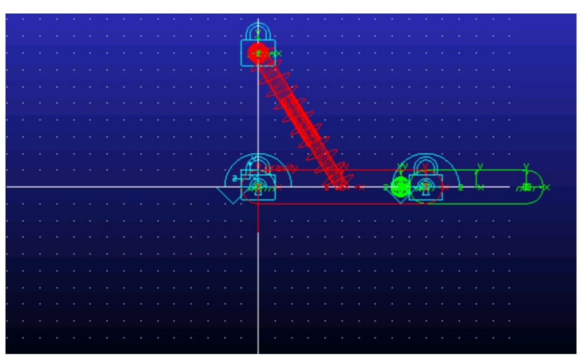


Figure 4: équilibrage par ressort et contrepoind

- $E_1 = m_1.r_1.g.sin(q_1)$
- $E_2 = m_2.2r_1.g.sin(q_1) + m_2.r_2.g.sin(q_1 + q_2)$
- $E_{ela} = \frac{1}{2}k(r_1^2 + l_{OK}^2 - 2.r_1.l_{OK})$
- $E_{cp2} = m_{cp2}.2r_1.g.sin(q_1) - m_{cp2}.r_{cp2}.g.sin(q_1 + q_2)$

$$\Longrightarrow m_{cp2} = \frac{m_2.r_2}{r_{cp2}} = 12,5kg \qquad k = g.\frac{(m_1 + 2m_2 + 2m_{cp2}).r_1}{r_1.l_{OK}} = 1103,625N/m$$

Validation de l'équilibrage

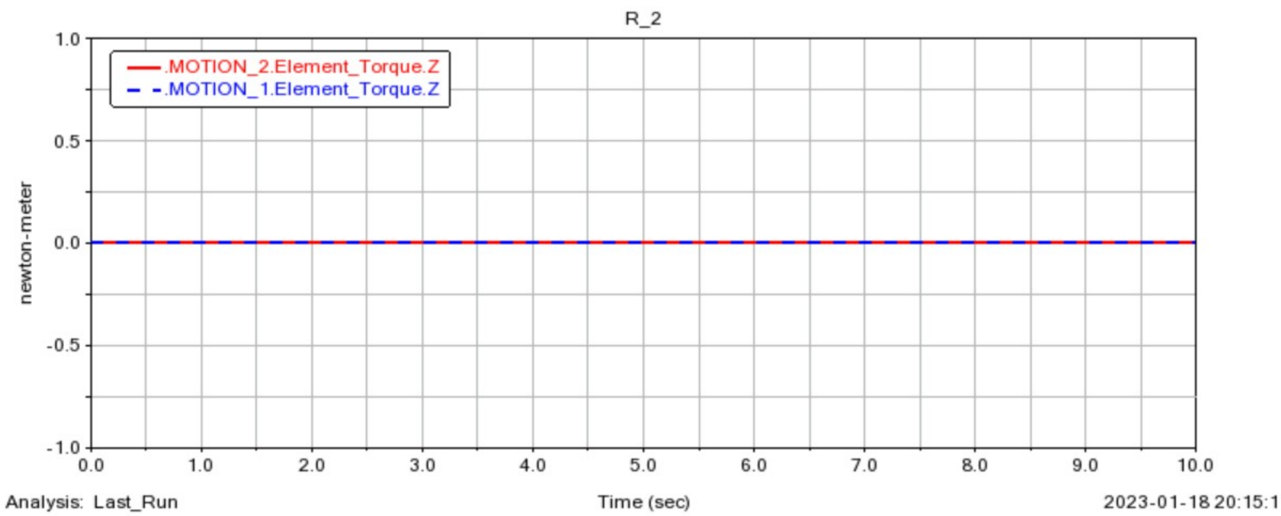


Figure 5: Couples moteur

3 Equilibrage dynamique:

Dans cette partie, nous n'allons réaliser l'équilibrage dynamique qu'avec contrepoids et contre-rotations.
on change d'abord les vitesse de rotation des deux moteur, et on désactive l'effet de la pesanteur sur Adams:

- $q_1(t) = 36deg * t^2$.
- $q_1(t) = 10deg * t^2$.

simulation des effort-bâti, couple-Bâti et les couples moteurs:

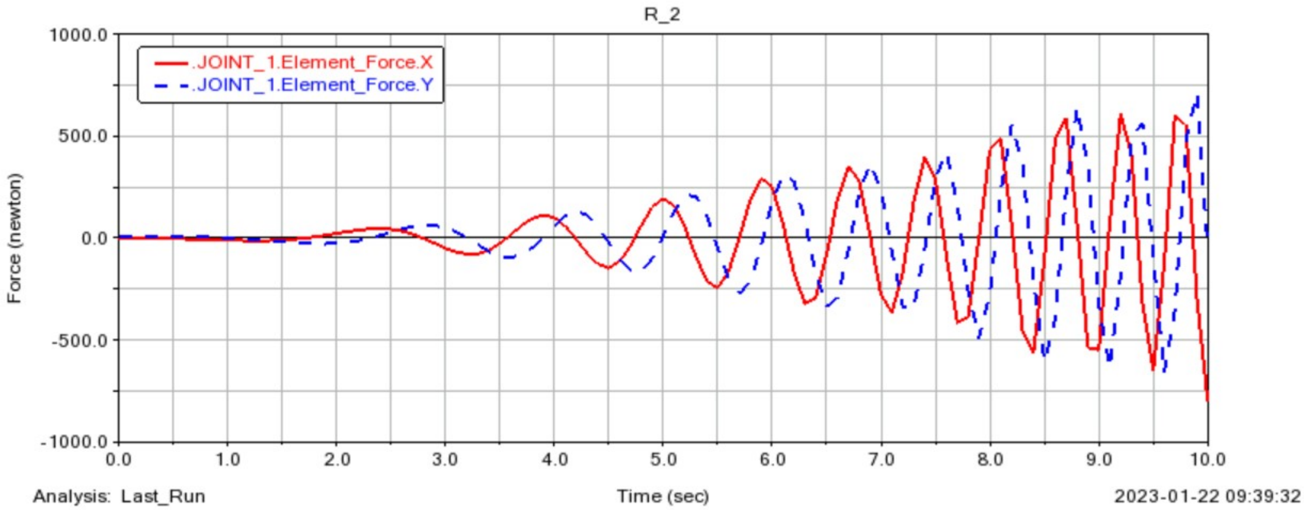


Figure 6: Effort Bâti

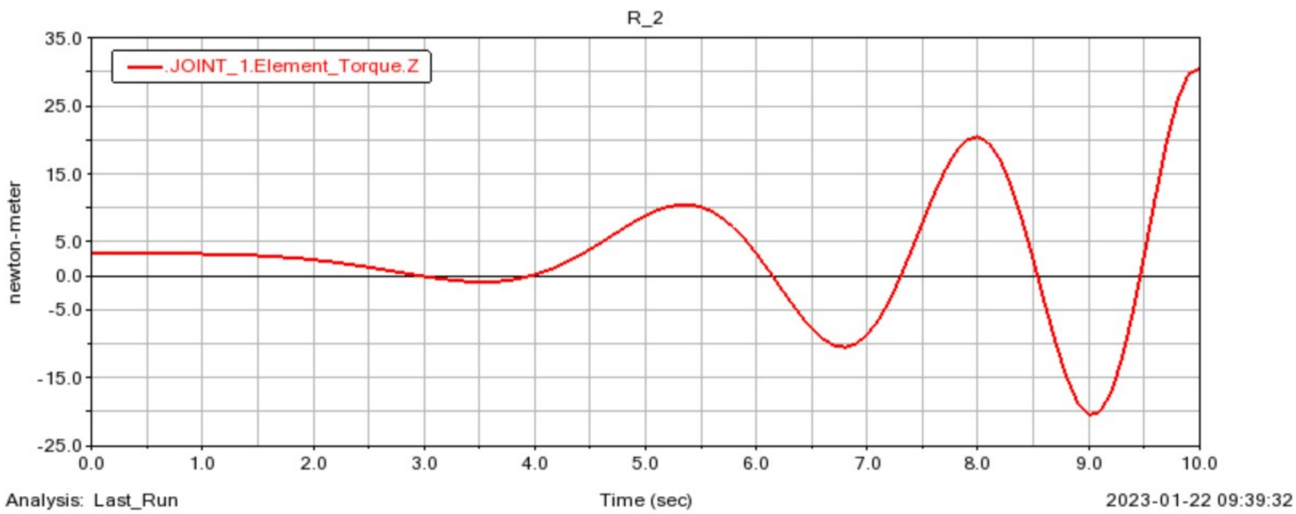


Figure 7: Couple appliqué sur le bâti

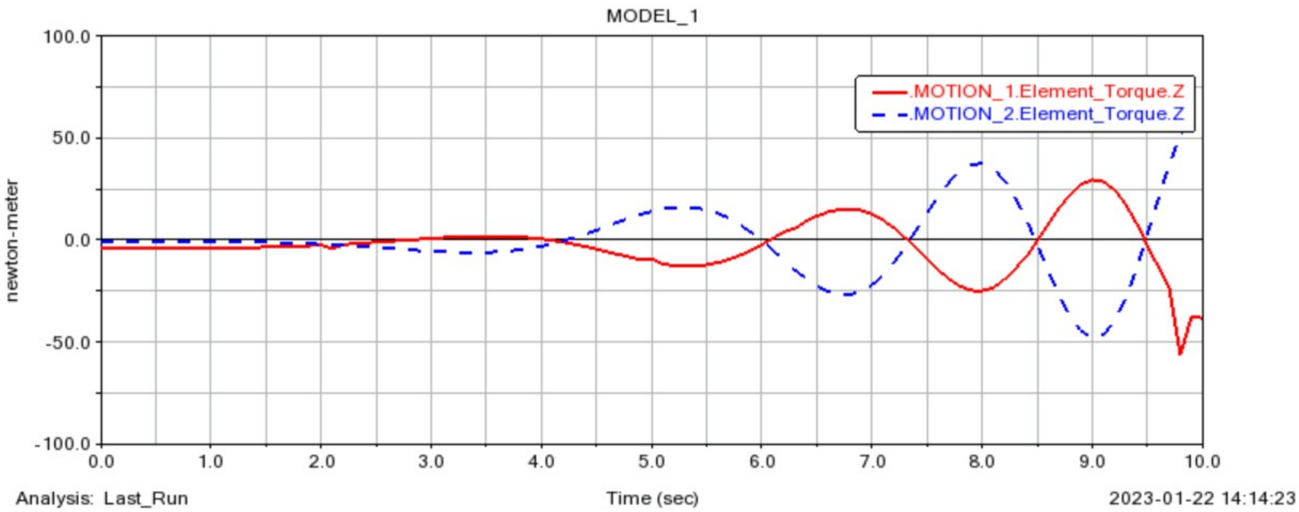


Figure 8: Couples moteurs

Trouvons alors les masses correspondantes des contrepoids: Par une approche dynamique on exprime la force d'inertie total(shaking) projetée sur x totale et on cherche les masse qui stabilise cette force pour n'importe quelle configuration du robot.

$$F_x = F_1 + F_2 + F_{cp1} + F_{cp2}$$

on pose la fonction f définie par:

$$f(\theta) = -(\ddot{\theta}.sin(\theta) + \dot{\theta}^2.cos(\theta))$$

- $F_1 = m_1.r_1.f(q_1)$
- $F_2 = m_2.2r_1.f(q_1) + m_2.r_2.f(q_1 + q_2)$
- $F_{cp1} = -m_{cp1}.r_{cp1}.f(q_1)$
- $F_{cp2} = m_{cp2}.2r_1.f(q_1) - m_{cp2}.r_{cp2}.f(q_1 + q_2)$

$$\implies m_{cp2} = \frac{m_2.r_2}{r_{cp2}} = 6.25kg \qquad m_{cp1} = \frac{(m_1 + 2m_2 + 2m_{cp2}).r_1}{r_{cp1}} = 130kg$$

Validation de l'équilibrage

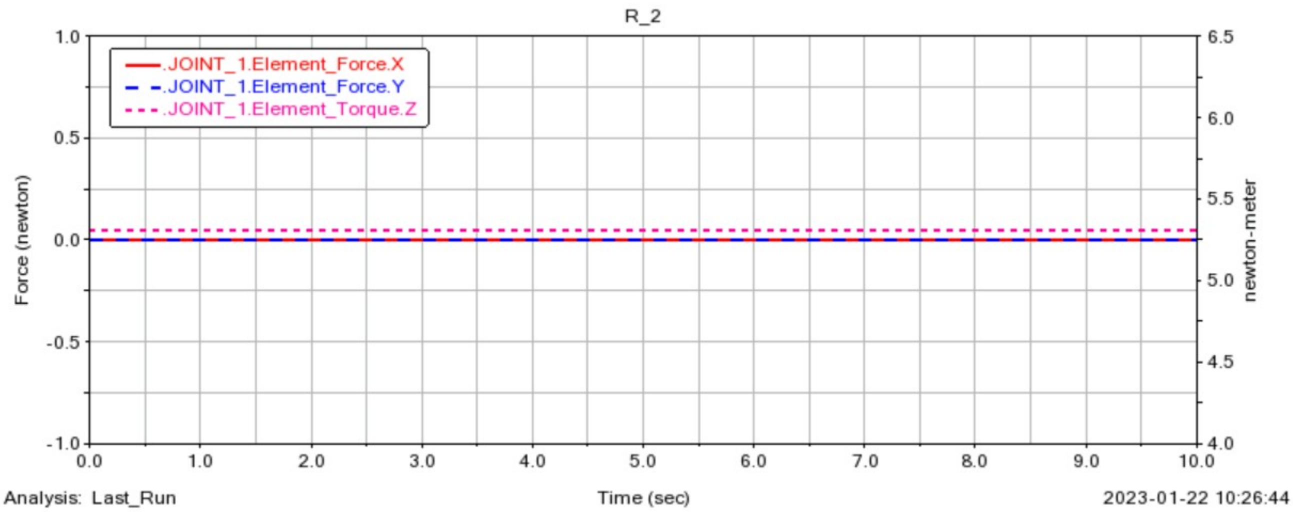


Figure 9: effort sur le bâti

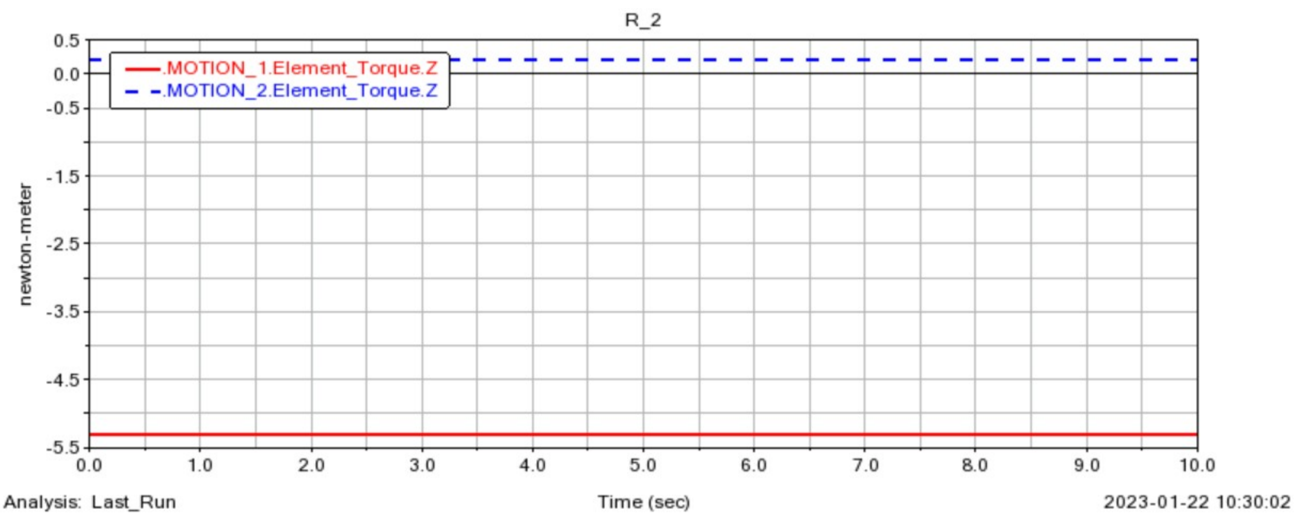


Figure 10: Couples moteur

On vérifie bien que les effort ont été compensés par l'ajout des contrepoids ainsi les couples moteurs sont désormais constants.
le plus important c'est que le moment d'inertie a été stabilisé à une valeur non nulle.
On essaiera par la suite de faire compenser cette valeur par ajout des contres-rotation.

Trouvons alors les inerties correspondantes aux contres-rotation: Par une approche dynamique on exprime le moment d'inertie total(shaking) projetée sur z et on cherche les inerties qui stabilise ce moment à 0 pour n'importe quelle configuration du robot.

$$\mathcal{M}_x = \mathcal{M}_1 + \mathcal{M}_2 + \mathcal{M}_{cp1} + \mathcal{M}_{cp2} + \mathcal{M}_{cr1} + \mathcal{M}_{cr2}$$

On exprime les moment pour la position initiale puisque le moment ne dépend plus maintenant des configuration du robot.

- $\mathcal{M}_1 = m_1.r_1^2.\ddot{\theta}_1$
- $\mathcal{M}_2 = m_2.(4r_1^2 + r_2^2).\ddot{\theta}_1 + m_2.r_2^2.\ddot{\theta}_2$
- $\mathcal{M}_{cp1} = m_{cp1}.r_{cp1}^2.\ddot{\theta}_1$
- $\mathcal{M}_{cp2} = m_{cp2}.(4r_1^2 + r_{cp2}^2).\ddot{\theta}_1 + m_{cp2}.r_{cp2}^2.\ddot{\theta}_2$
- $\mathcal{M}_{cr1} = -I_{cp1}.\ddot{\theta}_1$
- $\mathcal{M}_{cr2} = -I_{cp2}.\ddot{\theta}_2$

$\Longrightarrow I_{cr1} = m_1.r_1^2 + m_2.(4r_1^2 + r_2^2) + m_{cp1}.r_{cp1}^2 + m_{cp2}.(4r_1^2 + r_{cp2}^2) = 4.2478 kg.m^2 \qquad I_{cr2} = m_2.r_2^2 + m_{cp2}.r_{cp2}^2 = 0.2025 kg.m^2$

Validation de l'équilibrage

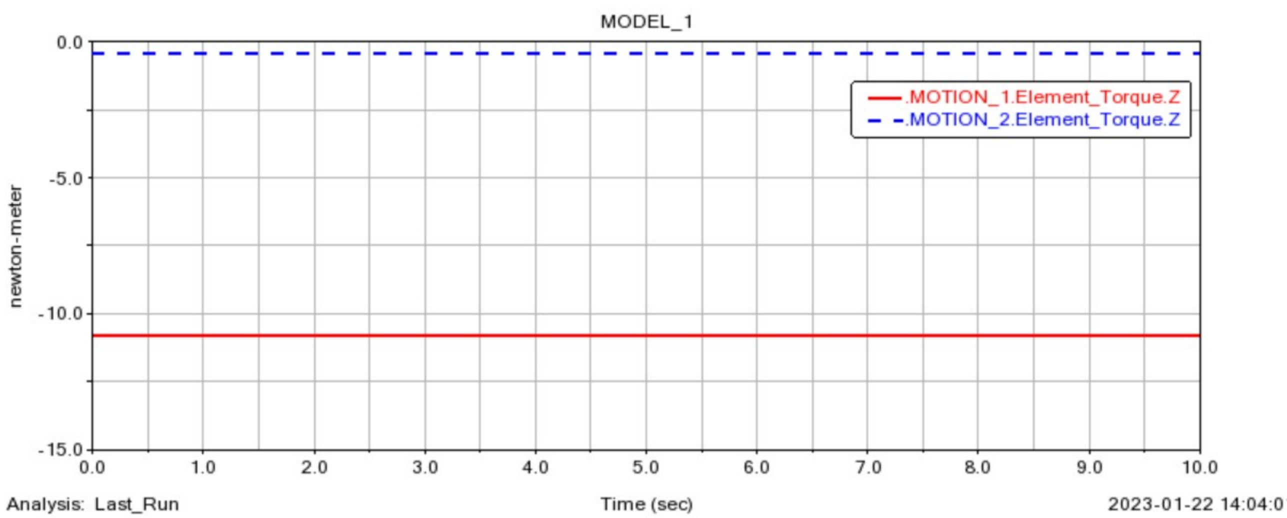


Figure 11: Couples moteur

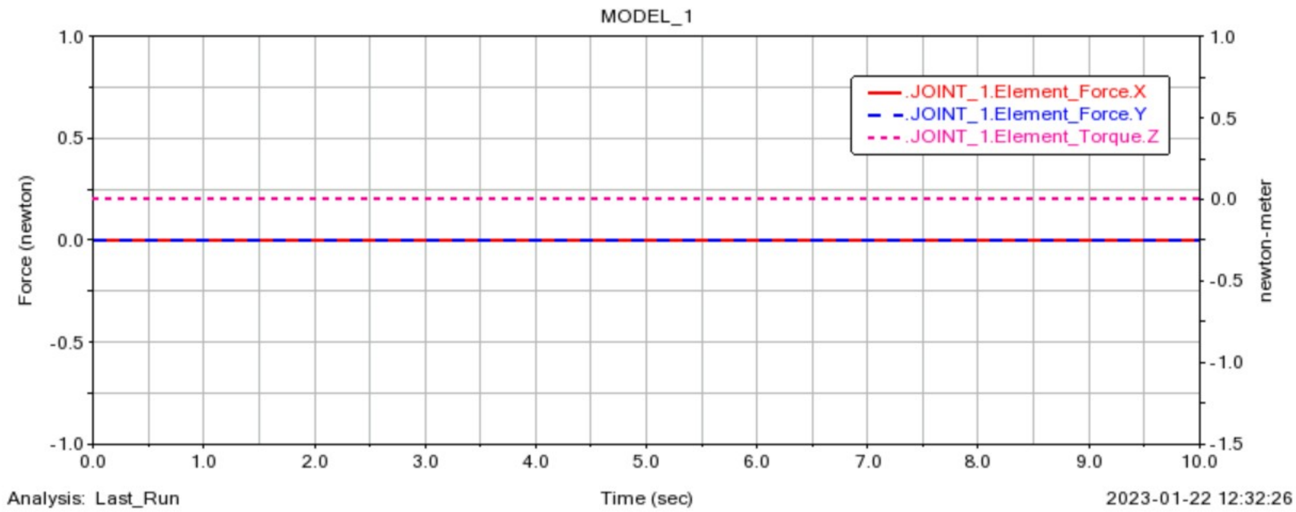


Figure 12: effort sur le bâti