

CNC 2024

Concours National Commun

TRAVAUX D'INITIATIVE
PERSONNELLE ENCADRÉS

T.I.P.E. 2024



JEUX/SPORTS

Sujet :

Exosquelette pour les amputés

préparé par :

ARDOUZ ABDELHAK

Code CNC : OJ075T

encadré par :

Pr Y.RAHOU

Pr A.OUAANABI



Introduction

- A. Présentation fonctionnelle : Diagramme SysML**
- B. Analyse et validation d'un modèle de l'exosquelette**
- C. Mise en oeuvre de la solution**

Conclusion

Introduction

Introduction :




Problématique :

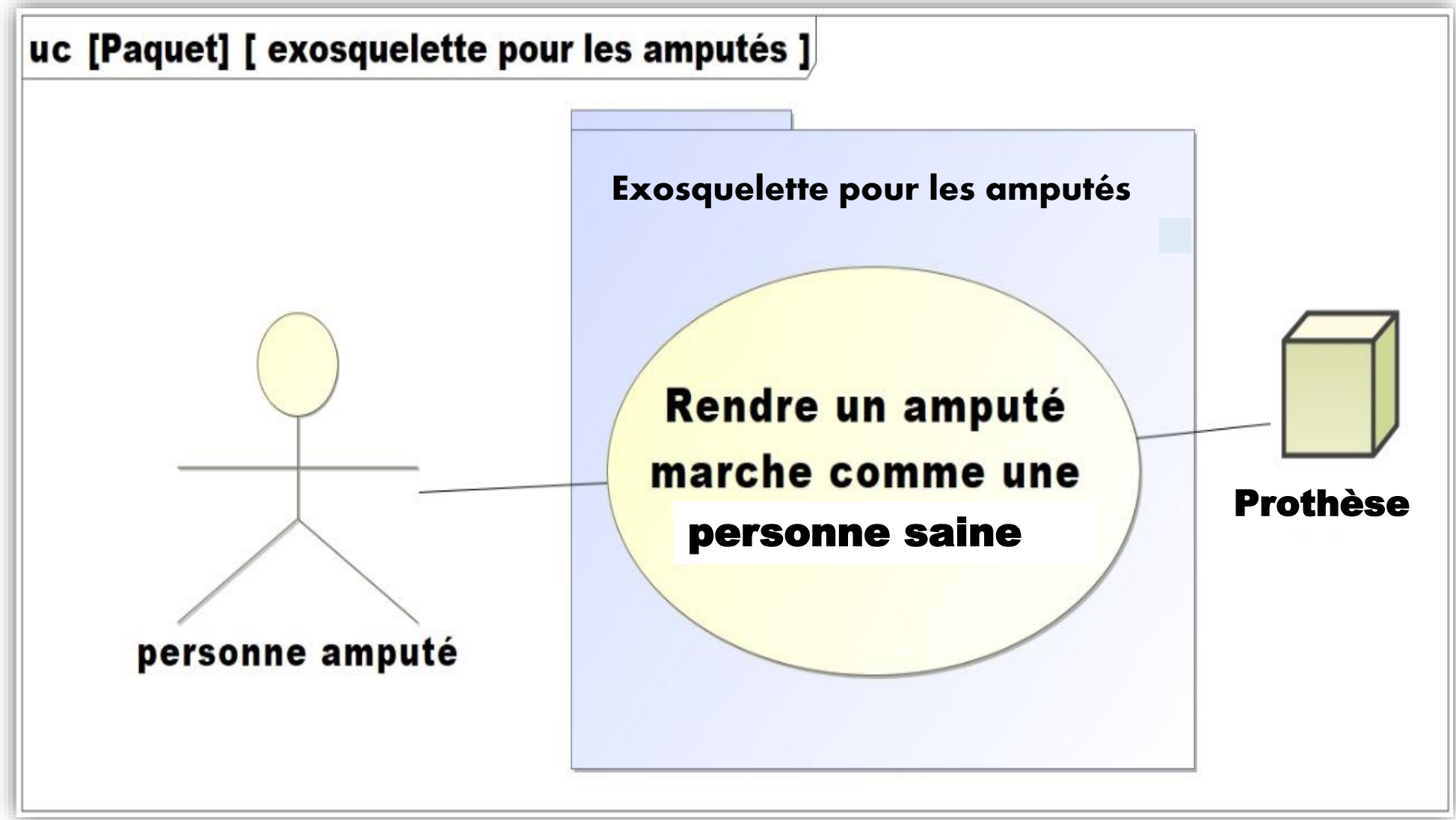
Comment pouvons-nous détecter, traiter et convertir les commandes émises par le cerveau pour contrôler la marche de la jambe en mouvements effectifs de l'exosquelette, afin de permettre un mouvement spontané en accord avec la volonté de la personne ?





A – Présentation fonctionnelle : Sys ML

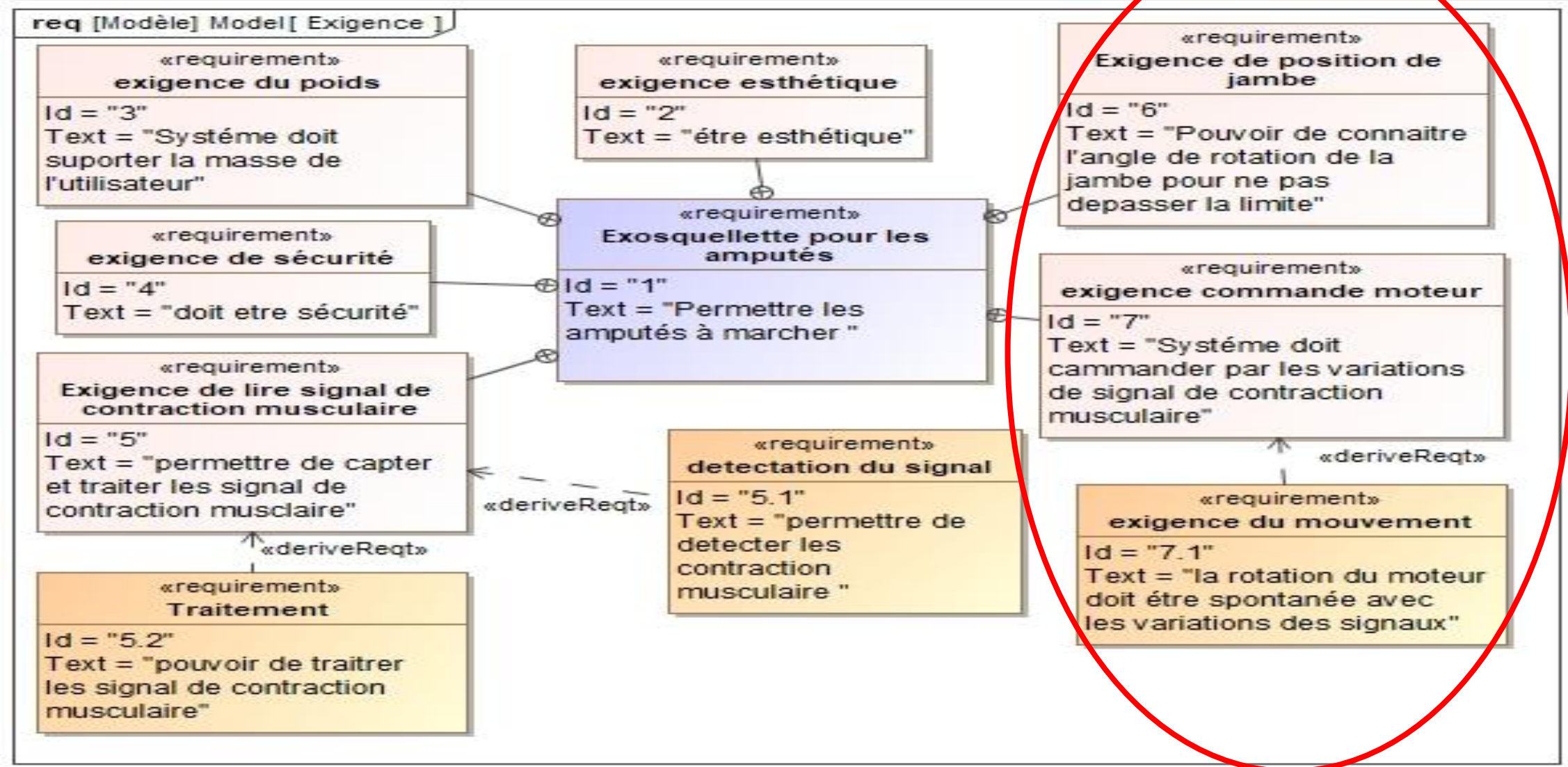
 Diagramme us.





A - Présentation fonctionnelle : Sys ML

Diagramme d'exigence .



➤➤ B – Analyser une modélisation de l'exosquelette

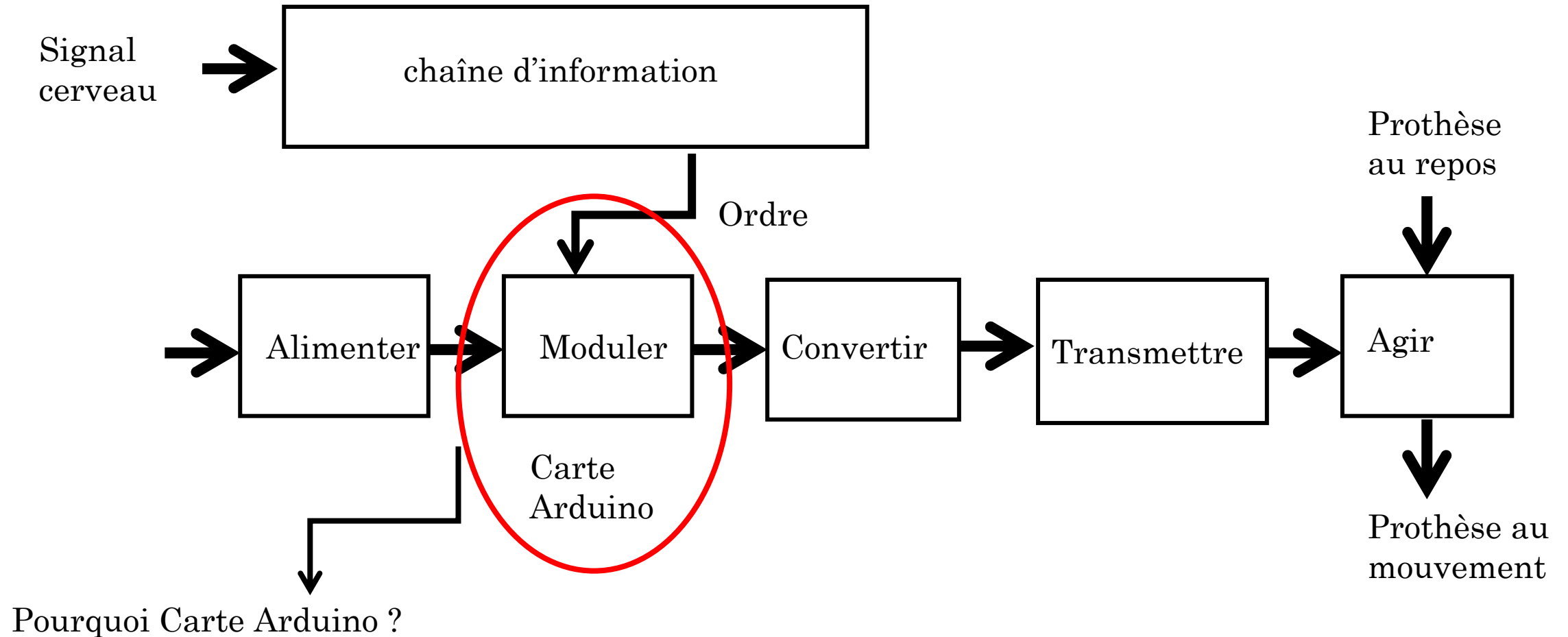
Objectifs :

- Modélisation du signal de commande
- Identification du prothèse
- Choix du moteur du genou
- Mise en œuvre des solutions



B – Analyser une modélisation de l'exosquelette

Objectif 1: Modélisation du signal du commande



- ✓ Contrôle précis de la position, la vitesse et l'accélération
- ✓ Coût abordable

B – Analyser une modélisation de l'exosquelette

Objectif 2: Identification du prothèse

forme d'une prothèse

matériau de fabrication



La fibre de carbone

- Une forte résistance
- Une faible densité
- Une grande rigidité

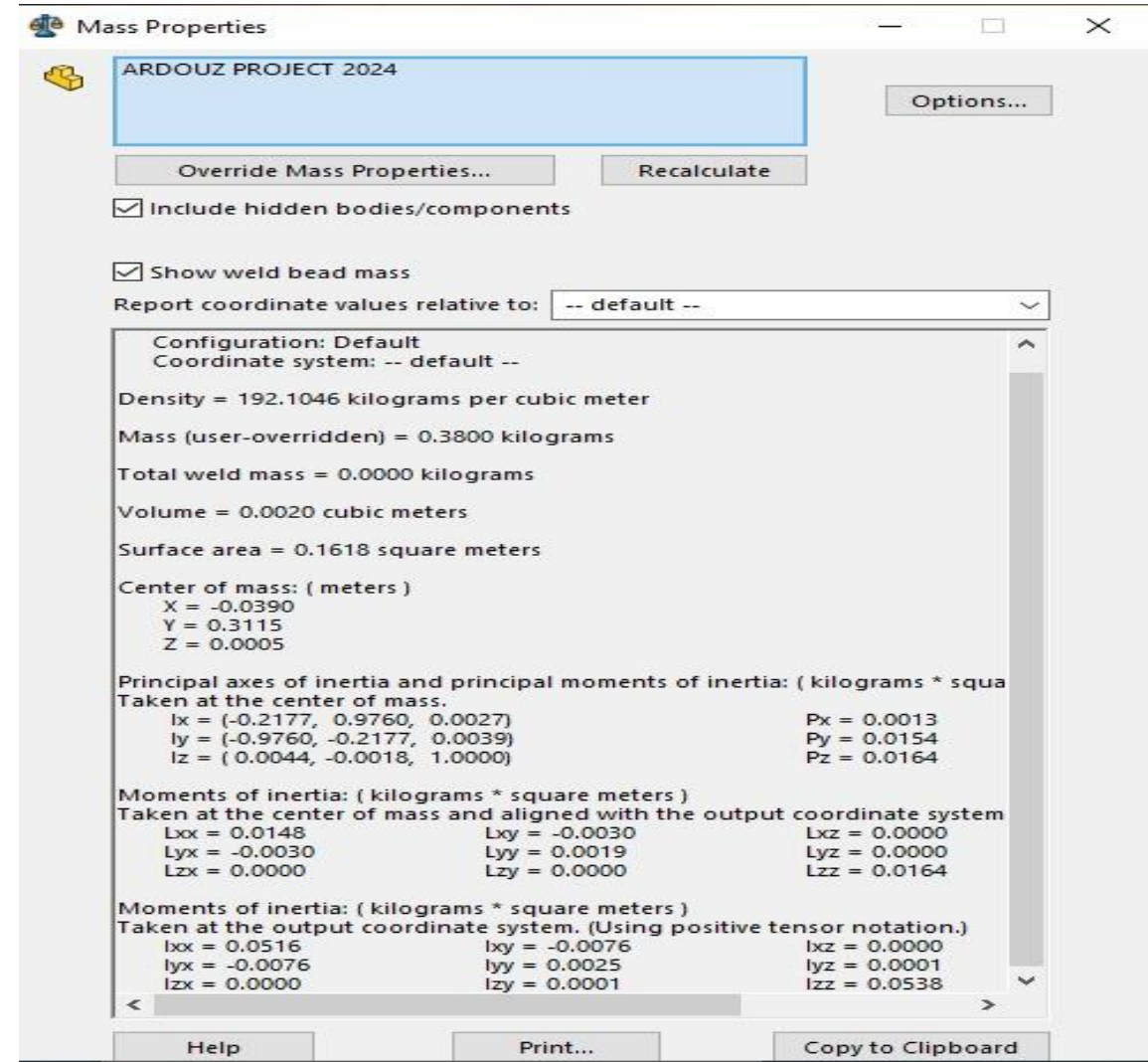
les caractéristiques

géométriques

Masse : 0.38 kg

Centre d'inertie : 0.3115 m

Moment d'inertie : 0.0538 Kg.m²



B – Analyser une modélisation de l'exosquelette

Objectif 3: Choix du moteur du genou


Partie 1 : Type du moteur



Exigences d'application	Moteur pas à pas	Servomoteur
Temps de réponse élevé		✓
Accélération/décélération maximales		✓
Correction rapide des perturbations/commandes		✓
Puissance massique		✓
Durée de vie		✓



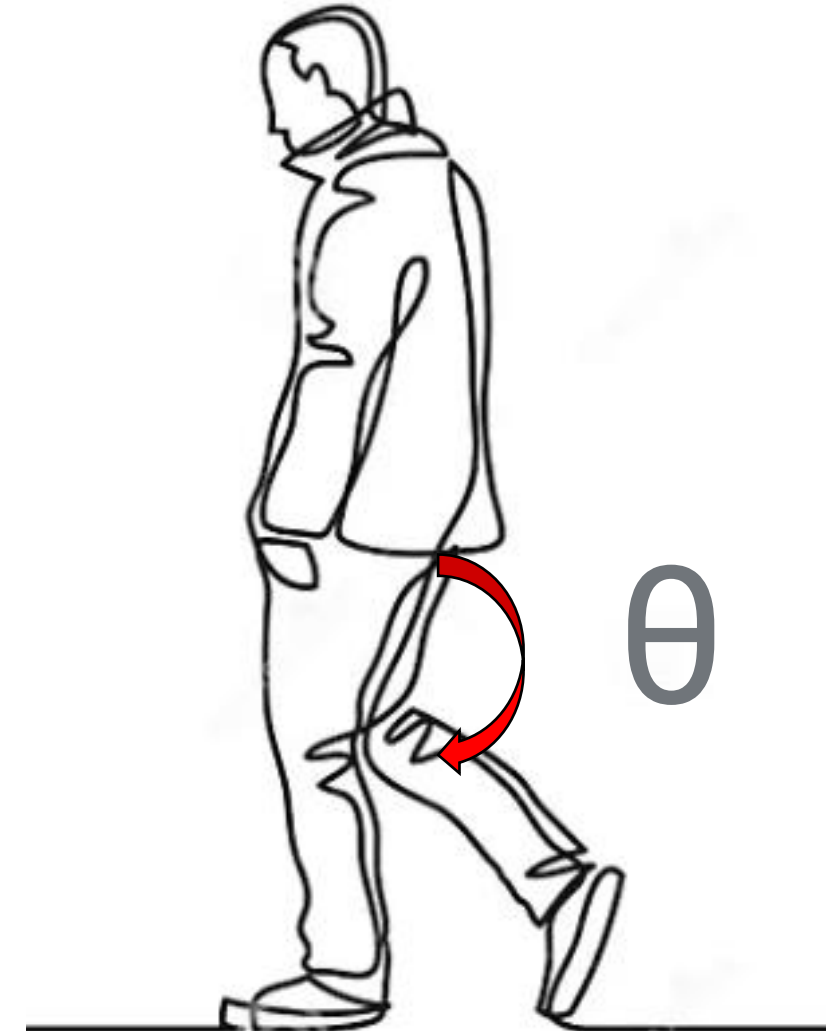
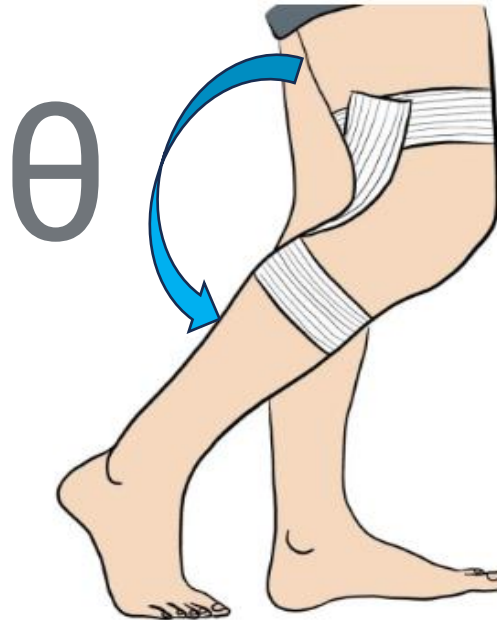
B – Analyser une modélisation de l'exosquelette

 **Objectif 3:** Choix du moteur du genou.


Partie 2 : Identification des grandeurs cinématiques

Objectifs:

- ❖ Mesurer angle maximal et minimal de rotation du genou lors de la marche d'une personne saine
- ❖ Déterminer la valeur de la vitesse angulaire W en rad/s

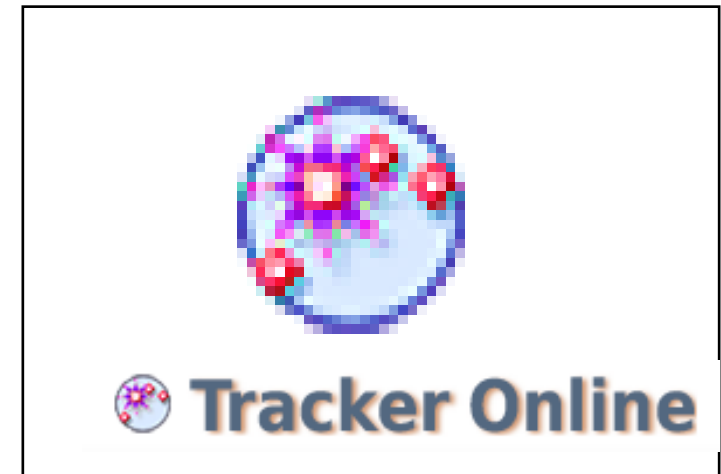
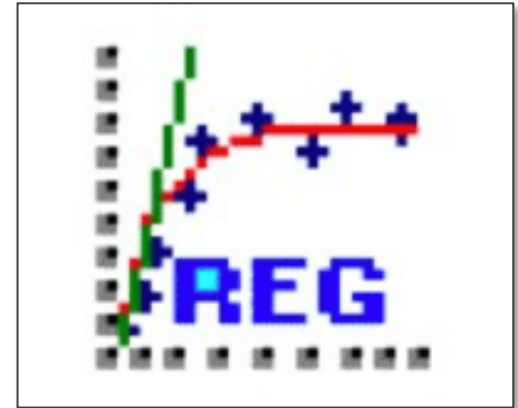


B – Analyser une modélisation de l'exosquelette

 Mesurer angle maximal et minimal de rotation du genou

pour répondre à cet objectif-là il faut faire une étude réelle sur le mouvement d'une personne saine lors de sa marche et détecter le mouvement des trois points (Hanche, Genou, Cheville)

pour faire cet étude nous avons utilisé le logiciel tracker et logiciel Regressi .



Quel est leur avantage ?

B – Analyser une modélisation de l'exosquelette

Mesurer angle maximal et minimal de rotation du genou

Tracker

Fichier Édition Vidéo Trajectoires Système de Coordonnées Fenêtre Aide

hanche m 1,000 kg

Contrôle des trajectoires

Nouveau Chevi genou hanche

hanche (t, x)

x (m)

t (s)

t=1,468 s x=2,313 m

hanche (t, y)

y (m)

t (s)

t=1,468 s y=1,120 m

Tableau de données hanche

t (s)	x (m)	y (m)
1,183	1,862	1,172
1,200	1,883	1,170
1,217	1,908	1,168
1,233	1,930	1,165
1,250	1,953	1,162
1,267	1,977	1,159
1,283	2,002	1,155
1,300	2,028	1,151
1,317	2,055	1,147
1,333	2,053	1,145
1,350	2,111	1,142
1,367	2,142	1,140
1,383	2,174	1,138
1,402	2,207	1,137
1,418	2,209	1,133
1,435	2,271	1,130
1,452	2,305	1,126
1,468	2,313	1,120

x=1,472 m y=1,124 m


hanche sélectionné (déterminer la masse sur la barre d'outils, maj-clic pour marquer à nouveau la zone mise en évidence)

562 100%

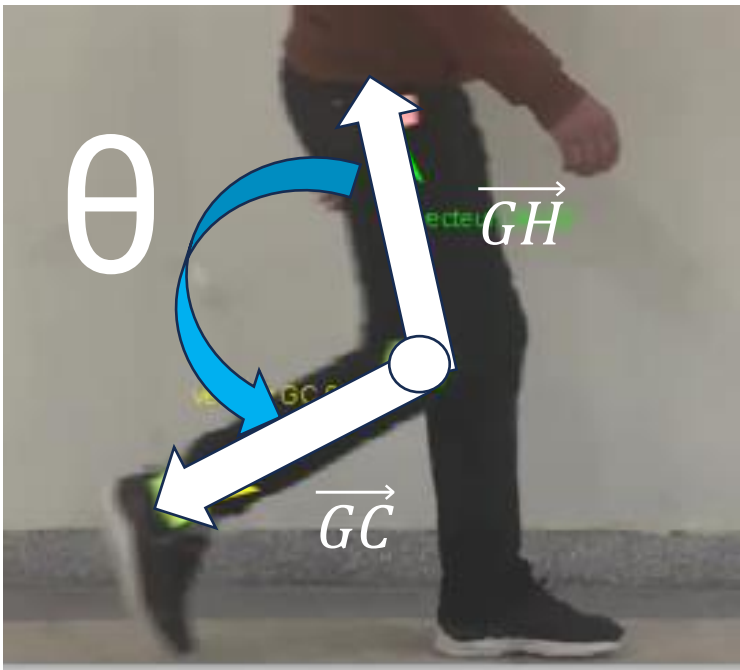
vid.mp4

18°C Ensoleillé 14:43 22/12/2023

B – Analyser une modélisation de l'exosquelette

 Mesurer angle maximal et minimal de rotation du genou

Ces calculs visent à déterminer l'angle (maximal, minimal) en fonction des données qui ont obtenu de l'expérience .



$$\vec{GH} = (x, y) \text{ et } \vec{GC} = (x', y')$$

$$\vec{GH} \cdot \vec{GC} = ||\vec{GH}|| \cdot ||\vec{GC}|| \cdot \cos(\vec{GH}; \vec{GC})$$

$$\text{Avec : } (\vec{GH}; \vec{GC}) = \theta \text{ et } \vec{GH} \cdot \vec{GC} = xx' + yy'$$

$$\text{D'où } \cos(\theta) = (\vec{GH} \cdot \vec{GC}) / (||\vec{GH}|| \cdot ||\vec{GC}||)$$

$$\theta = \arccos(\theta) \text{ (rad)}$$

B – Analyser une modélisation de l'exosquelette

Mesurer angle maximal et minimal de rotation du genou

	hanche		genou		Cheville		V(GH)		V(GC)		cos(theta)	theta_rad	theta_deg			
t	x	y	t	x	y	t	x	y	X(GH)	Y(GH)	X(GC)	Y(GC)				
15	0,2	0,09372524	0,8675855	0,2	0,1195066	0,548589	0,2	0,04107651	0,2267164	-0,0257814	0,3189965	-0,0784301	-0,3218726	-0,9493438	2,82193732	161,685098
16	0,2	0,108482	0,8653656	0,2	0,1325257	0,5463886	0,22	0,04506051	0,2267348	-0,0240437	0,318977	-0,0874652	-0,3196538	-0,9419776	2,79927019	160,386368
17	0,2	0,1300682	0,8629714	0,2	0,1186651	0,5514453	0,23	0,03877188	0,231431	0,0114031	0,3115261	-0,0798932	-0,3200143	-0,9784322	2,93352624	168,078672
18	0,3	0,1522899	0,8598344	0,3	0,1340923	0,5490927	0,25	0,04448523	0,2317214	0,0181976	0,3107417	-0,0896071	-0,3173713	-0,9766158	2,92490907	167,584945
19	0,3	0,1578908	0,8558133	0,3	0,1645397	0,5414638	0,27	0,03965691	0,2365904	-0,0066489	0,3143495	-0,1248828	-0,3048734	-0,9171521	2,7316711	156,513225
20	0,3	0,1928294	0,8531185	0,3	0,1581062	0,5465025	0,28	0,04666017	0,2366112	0,0347232	0,306616	-0,111446	-0,3098913	-0,9731023	2,90913128	166,680944
21	0,3	0,2172526	0,8494683	0,3	0,1748593	0,5439732	0,3	0,05425077	0,2367326	0,0423933	0,3054951	-0,1206085	-0,3072406	-0,9722383	2,90541023	166,467744
22	0,3	0,239506	0,8463919	0,3	0,2135107	0,5341118	0,32	0,04684194	0,2463525	0,0259953	0,3122801	-0,1666688	-0,2877593	-0,9039283	2,69966346	154,679322
23	0,3	0,2627497	0,8439432	0,3	0,2156673	0,5388243	0,33	0,05171157	0,251217	0,0470824	0,3051189	-0,1639557	-0,2876073	-0,934117	2,7765736	159,085949
24	0,4	0,2864131	0,8414442	0,4	0,2501827	0,5315495	0,35	0,06633615	0,2512852	0,0362304	0,3098947	-0,1838466	-0,2802643	-0,8941886	2,67741173	153,404392
25	0,4	0,2948477	0,8400053	0,4	0,2698463	0,531569	0,37	0,06652715	0,26602	0,0250014	0,3084363	-0,2033192	-0,265549	-0,8405145	2,56902857	147,194495
26	0,4	0,337595	0,8387286	0,4	0,2822047	0,5364888	0,38	0,08101588	0,2757892	0,0553903	0,3022398	-0,2011888	-0,2606996	-0,8888317	2,66558559	152,726804
27	0,4	0,3484776	0,8364387	0,4	0,3352434	0,5241147	0,4	0,1006301	0,28472	0,0132342	0,312324	-0,2346133	-0,2393947	-0,743195	2,40862929	138,004293
28	0,4	0,3777991	0,8335983	0,4	0,358228	0,5268973	0,42	0,1242872	0,2947201	0,0195711	0,306701	-0,2339408	-0,2321772	-0,7481966	2,41613618	138,434406
29	0,4	0,4121006	0,8310178	0,4	0,3880705	0,5265575	0,43	0,1487686	0,3089849	0,0240301	0,3044603	-0,2393019	-0,2175726	-0,7288473	2,38743313	136,789842
30	0,5	0,4464848	0,8283875	0,5	0,4296021	0,5221336	0,45	0,1804261	0,3167803	0,0168827	0,3062539	-0,249176	-0,2053533	-0,6774958	2,31514895	132,648264
31	0,5	0,4700892	0,8262257	0,5	0,4893854	0,5096708	0,47	0,2123833	0,3360257	-0,0192962	0,3165549	-0,2770021	-0,1736451	-0,4786034	2,06985974	118,594227
32	0,5	0,4957289	0,8259429	0,5	0,5286246	0,5119874	0,48	0,2468651	0,3513377	-0,0328957	0,3139555	-0,2817595	-0,1606497	-0,4020883	1,98459288	113,708796
33	0,5	0,5110382	0,8262394	0,5	0,5697723	0,516826	0,5	0,28555	0,3572826	-0,0587341	0,3094134	-0,2842223	-0,1595434	-0,3182762	1,89470685	108,558706
34	0,5	0,5424877	0,8311753	0,5	0,6116906	0,5240641	0,52	0,3300404	0,3564898	-0,0692029	0,3071112	-0,2816502	-0,1675743	-0,3098942	1,88587813	108,052857
35	0,5	0,5670925	0,8360218	0,5	0,6403103	0,5369035	0,53	0,3737705	0,3535616	-0,0732178	0,2991183	-0,2665398	-0,1833419	-0,3545874	1,93326913	110,768162
36	0,6	0,5879991	0,8406982	0,6	0,674827	0,5460843	0,55	0,4175231	0,3503158	-0,0868279	0,2946139	-0,2573039	-0,1957685	-0,3558305	1,93459893	110,844354
37	0,6	0,6072038	0,8457057	0,6	0,7108617	0,5562839	0,57	0,4616157	0,3474081	-0,1036579	0,2894218	-0,249246	-0,2088758	-0,3462611	1,92437902	110,258796
38	0,6	0,6226445	0,8486612	0,6	0,7550518	0,5636609	0,58	0,5105323	0,3358655	-0,1324073	0,2850003	-0,2445195	-0,2277954	-0,3098987	1,88588283	108,053127
39	0,6	0,6469183	0,851589	0,6	0,7959565	0,5713437	0,6	0,558785	0,3246815	-0,1490382	0,2802453	-0,2371715	-0,2466622	-0,3109934	1,88703437	108,119105
40	0,6	0,6685022	0,8577559	0,6	0,8088466	0,5796586	0,62	0,6083006	0,313129	-0,1403444	0,2780973	-0,200546	-0,2665296	-0,4424878	2,02916731	116,262723

- 170,9921
- 166,8312
- 165,7411
- 163,2599
- 158,2837
- 157,5876
- 156,6115
- 154,3602
- 148,2305
- 141,7276
- 136,0032
- 136,0312
- 133,5168
- 124,2919
- 123,1429
- 114,8512
- 109,9071
- 106,5429
- 106,8405
- 108,4821

B – Analyser une modélisation de l'exosquelette

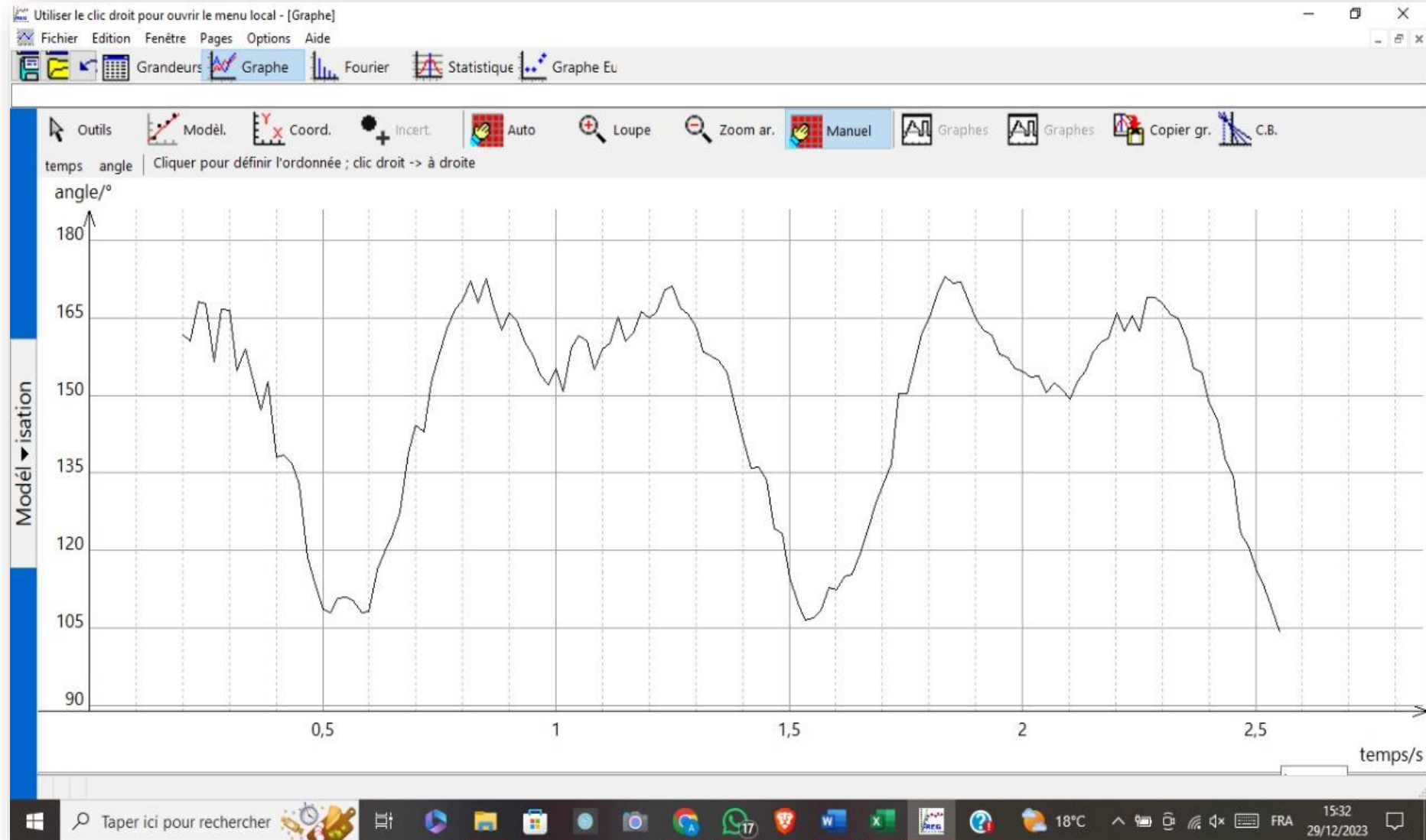
Mesurer angle maximal et minimal de rotation du genou

finalement on obtient que :

Angle de rotation du
genou varie entre

$\theta_{\max}=172^{\circ}$ et

$\theta_{\min}=107^{\circ}$



B – Analyser une modélisation de l'exosquelette

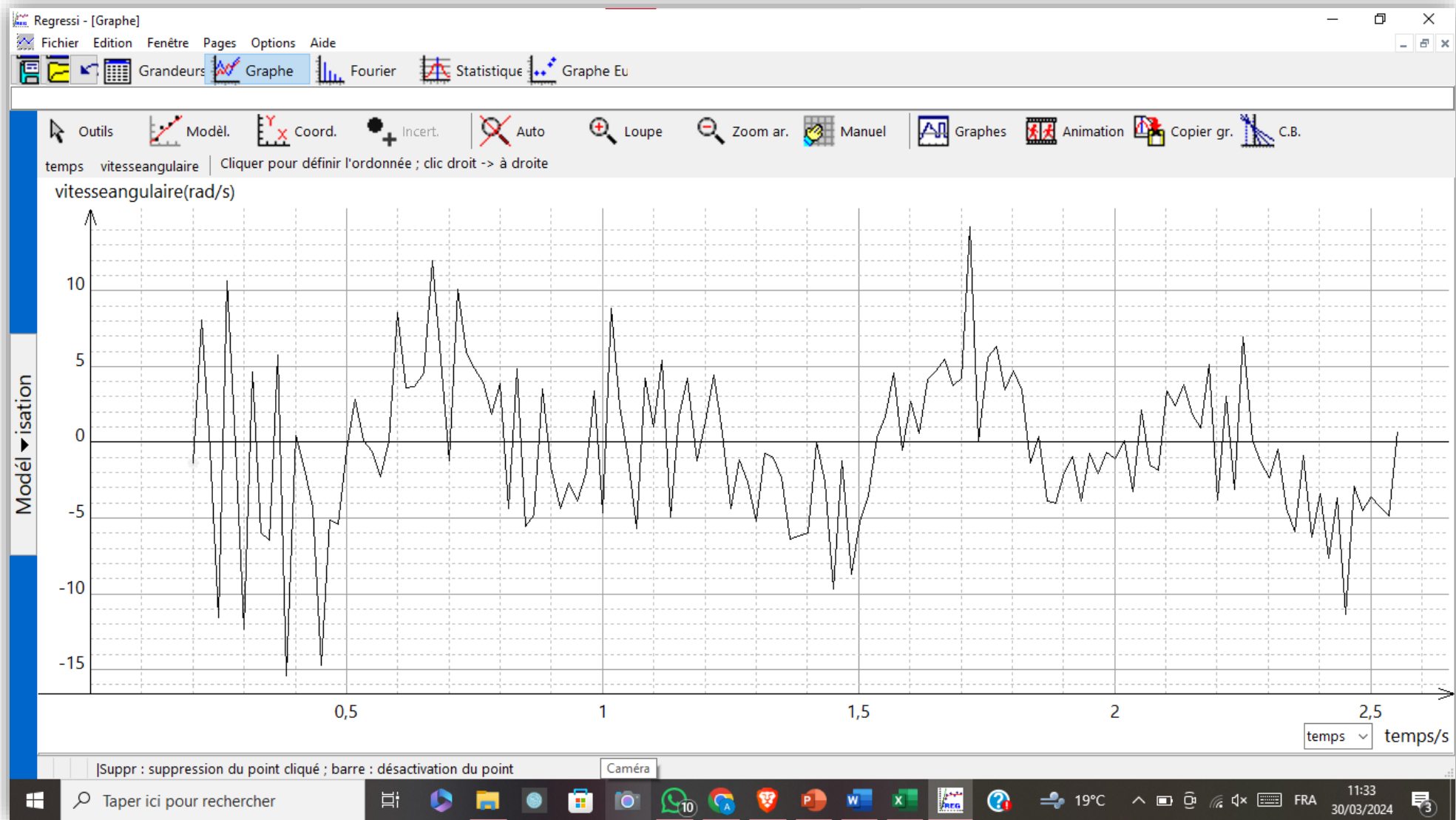
Déterminer la valeur de la vitesse angulaire

on sait que :

$$w = d\theta/dt$$

Donc :

la vitesse angulaire est variée entre $W=4,81 \text{ rad/s}$ et $W= -4,85 \text{ rad/s}$



B – Analyser une modélisation de l'exosquelette

Objectif 3 : Choix du moteur du genou.

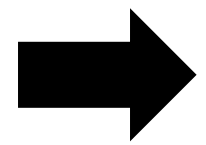
Partie 3-A : Calcul du couple moteur

Ces calculs visent à déterminer le couple moteur (maximal)

$$\vec{M}(P) = \vec{OG} \wedge \vec{P}$$

avec $\vec{P} = m \cdot g \cdot \vec{x}$

et $\vec{OG} = L \cdot \vec{e}_r$



Hypothèse :
On néglige les frottements de l'air

$$\vec{M}(P) = L \cdot \vec{e}_r \wedge m g \vec{x}$$
$$= -L \cdot m \cdot g \cdot \sin(\theta) \vec{z}$$

$$J \frac{dw}{dt} = C_m - C_r$$

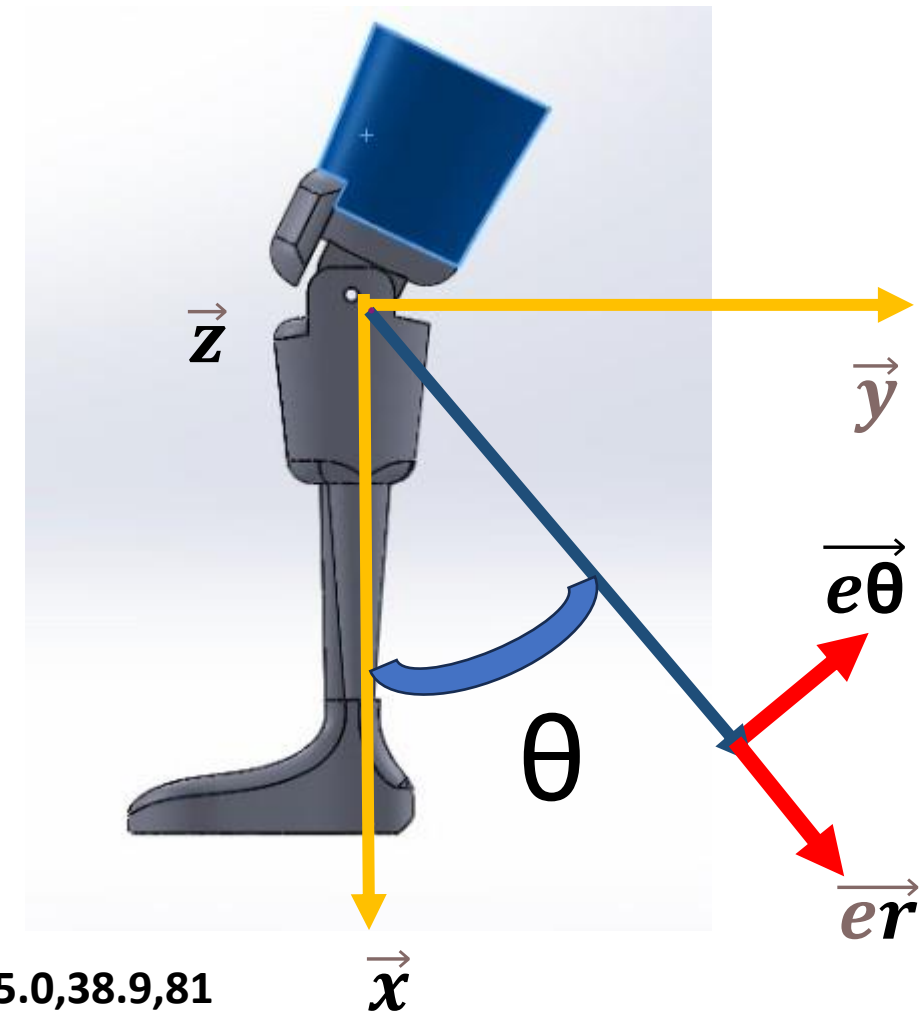
$$\Rightarrow C_m = J \cdot w' + C_r$$

$$C_m = J \cdot w' - L \cdot m \cdot g \cdot \sin(\theta)$$



$$C_{max} = 0,058 \cdot 144,09 - 0,3115 \cdot 0,38 \cdot 9,81$$

$$C_{max} = 7,20 \text{ Nm}$$



B – Analyser une modélisation de l'exosquelette

 **Objectif 3:** Choix du moteur du genou.


<https://www.mclennan.co.uk/datasheet/1462>

Les caractéristiques du moteur choisi



Electrical specification					
Specification	Units	M540E 0741	M543E 1270	M586TE 0585	M589TE 1270
Maximum Voltage	V DC	60	60	60	60
Typical Voltage	V DC	24	36	24	36
Maximum Continuous Output Power	Watts	52	94	60	94
Maximum No-load speed	rpm	6000	4700	6000	4700
Typical speed @rated torque	rpm	2250	2250	3250	2250
Rated torque	Nm	0.2	0.4	0.2	0.4
Maximum peak torque	Nm	1.1	1.44	1.05	1.44
Typical no-load current	Amps	0.5	0.30	0.5	0.30
Rotor inertia	Kgcm ²	0.270	0.530	0.388	0.680
Mechanical time constant	ms	8.4	8.0	10.2	10.2
Torque constant	Nm/A	0.071	0.121	0.056	0.12
Voltage constant	V/1000 rpm	7.41	12.7	5.8	12.7
Terminal resistance	ohms	1.55	2.2	1.15	2.2
Rotor inductance	mH	3.39	6.4	1.4	6.4

B – Analyser une modélisation de l'exosquelette

 **Objectif 3 : Choix du moteur du genou.**

Partie 3-B : Calcul de rapport de réduction

On sait que :

$$r = \frac{Wr}{Wm}$$

A.N

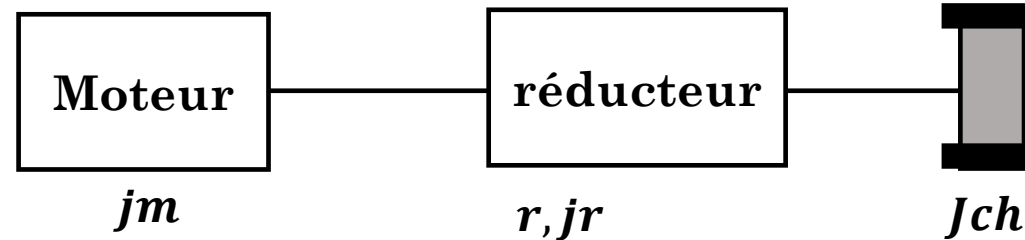
$$r = \frac{7.20}{0.2} = 36$$

Hypothèse :

On néglige le moment
d'inertie du réducteur



Calcul le moment d'inertie totale



moment d'inertie totale ramené à

l'arbre moteur :

$$j_t = j_m + j_r + \frac{j_{ch}}{r^2} \text{ avec } j_m = 0.27 \text{ Kg.cm}^2$$

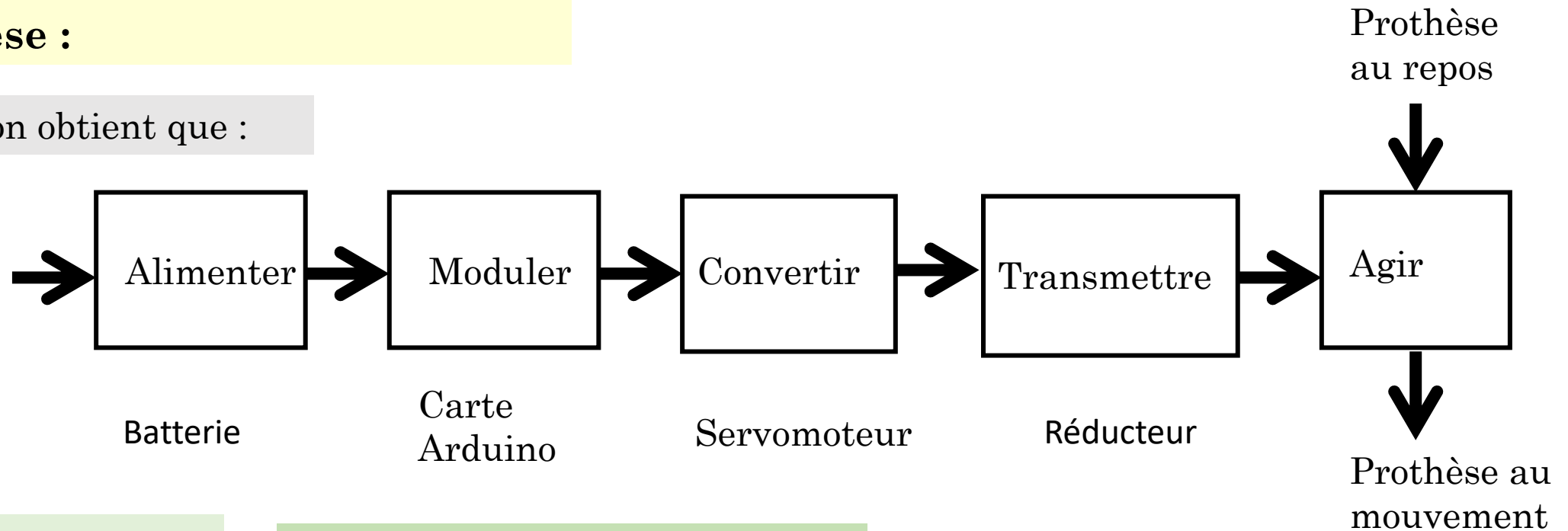
Alors :

$$j_t = 0,71.10^{-3} \text{ Kg.m}^2$$

B – Analyser une modélisation de l'exosquelette

Synthèse :

finalement on obtient que :



Angle de rotation du genou varie entre

$\theta_{\max} = 172^\circ$ et

$\theta_{\min} = 107^\circ$

la vitesse angulaire lors de lever la jambe est $W = 4,81 \text{ rad/s}$
la vitesse angulaire lors de rendre la jambe hétéro est $W = -4,85 \text{ rad/s}$

Moment d'inertie totale
 $J_t = 0,71 \cdot 10^{-3} \text{ Kg.m}^2$

Rapport de réduction
 $r = 36$

L'accélération lors de lever la jambe est $W' = 144.09 \text{ rad/s}^2$
L'accélération lors de rendre la jambe hétéro est $W' = 66.67 \text{ rad/s}^2$



C – Mise en oeuvre les solutions

Modélisation de la machine à courant continu.

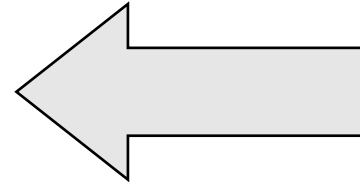
Les équations électriques et mécaniques de la machine à courant continu

$$1. u(t) = e(t) + R i(t) + L \frac{di(t)}{dt}$$

$$2. J \frac{d\Omega(t)}{dt} = Cm(t) - Cr(t)$$

$$3. e(t) = K \Omega(t)$$

$$4. Cm(t) = K i(t)$$

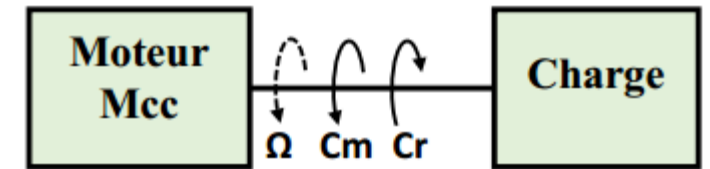
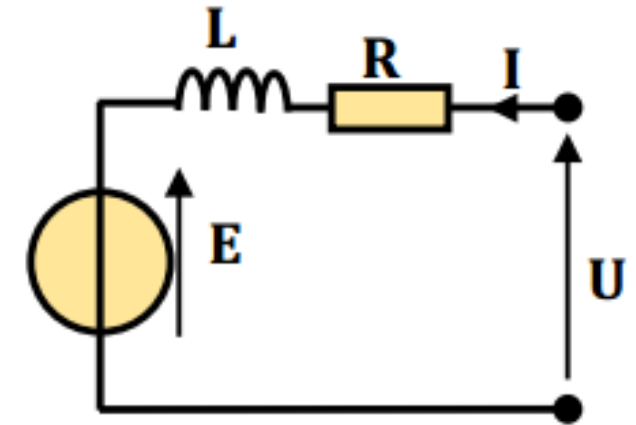


$$U(p) = E(p) + R.I(p) + L.P.I(p)$$

$$J.P.\Omega(p) = Cm(p) - Cr(p)$$

$$E(p) = K.\Omega(p)$$

$$Cm(p) = K.I(p)$$



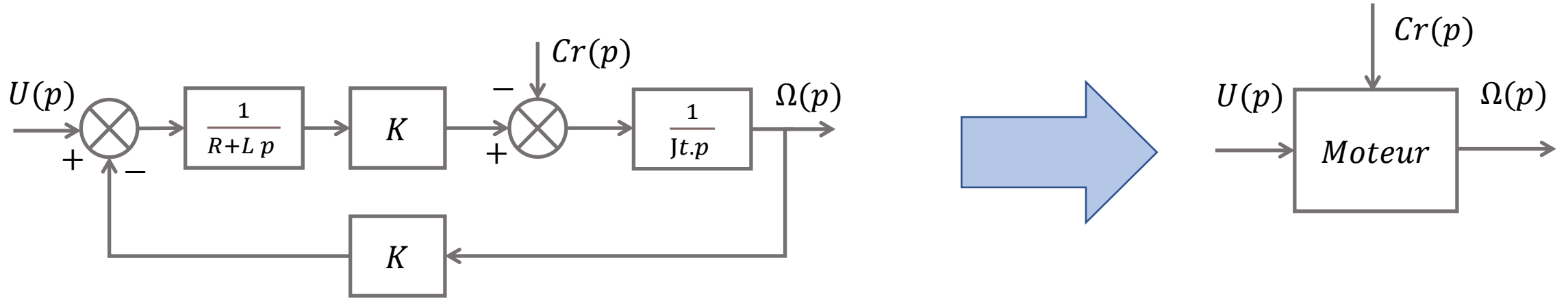
- $R = 1.55 \Omega$
- $L = 3.39 mH$
- $K = 0.071$
- $Jt = 0.71 \cdot 10^{-3} Kg.m^2$



C – Mise en oeuvre les solutions

Simulation de la boucle ouverte de MCC

Le modèle de la machine à courant continu



La fonction de la machine $M(p)$

$$M(p) = \frac{k}{L \cdot j_t p^2 + R \cdot j_t p + k^2} \Rightarrow M(p) = \frac{K_m}{(1 + \tau_e p)(1 + \tau_m p)}$$

$\tau_e = \frac{L}{R}$	$\tau_m = \frac{R \cdot j_t}{k^2}$	$K_m = \frac{1}{k}$
2.19 ms	246.43 ms	14.08

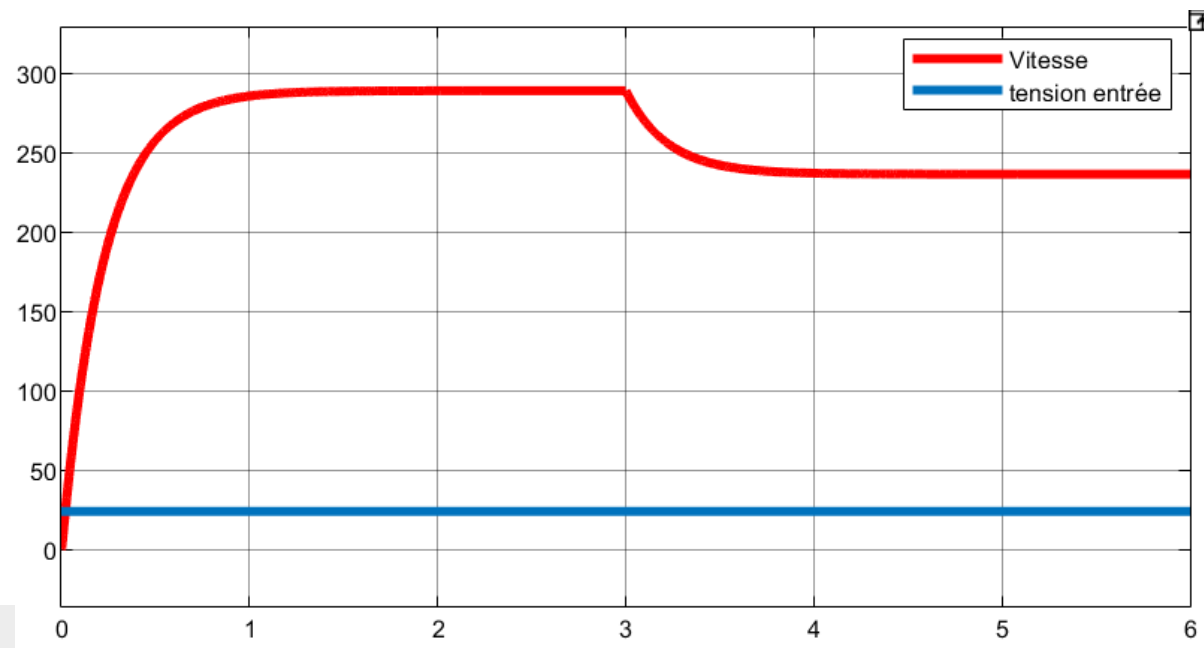
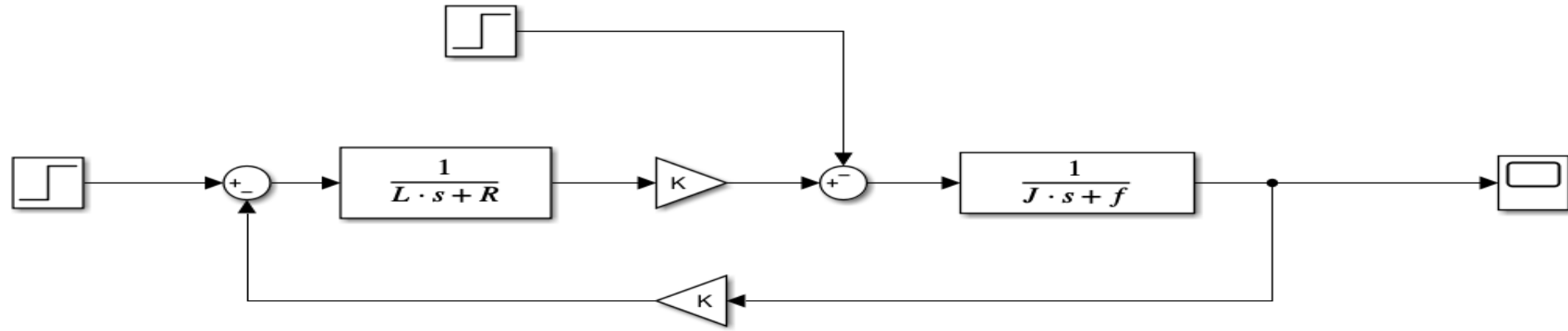
La fonction de transfert approchée $M(p)$

On a : $\tau_m \gg \tau_e \Rightarrow M(p) \cong \frac{K_m}{1 + \tau_m p}$



C – Mise en oeuvre les solutions

Simulation de la boucle ouverte de MCC



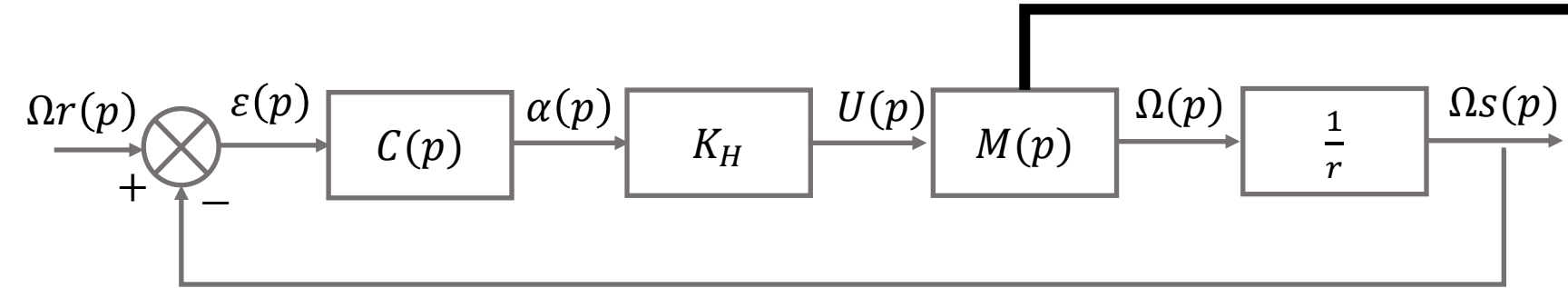
Résultat

Vitesse en rad/s	À vide	En charge nominale
	289	236
Temps de répons à 5%		0.66 s
Performances d'asservissement		
stabilité	Précision	Rapidité
Stable	-	-



C – Mise en oeuvre les solutions

Asservissement et régulation de vitesse de la machine



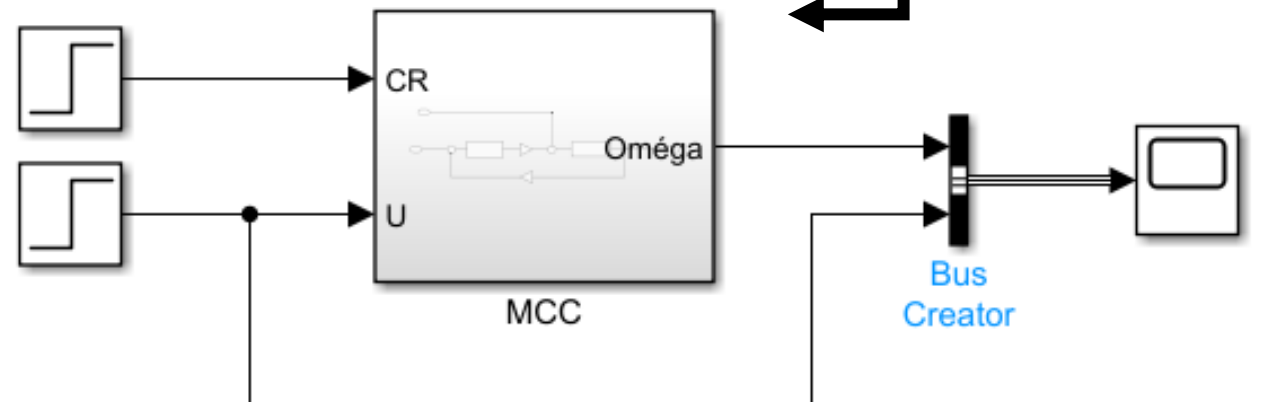
La fonction de transfert en boucle ouverte FTBO(p)

$$FTBO(p) \cong C(p) \frac{Km \cdot K_H \cdot \frac{1}{r}}{1 + \tau m p} = C(p) \frac{Ko}{1 + \tau m p}$$

avec $Ko = 9.38$ et $\tau m = 246.43$ ms




$$trBO = 3\tau m = 0.74 \text{ s}$$



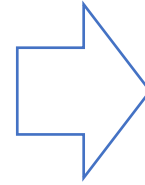


C – Mise en oeuvre les solutions

 Asservissement et régulation de vitesse de la machine.

Performances exigés

Stabilité	Systeme doit être stable
Rapidité	Le plus rapide possible
Précision	Erreur statique nuls
	Systeme doit être réglé



Choix : Correcteur proportionnelle intégrale PI

$$C(p) = Kp \frac{1 + Ti P}{Ti P}$$

On utilise la méthode de compensation des pôles $Ti = \tau m = 246.43 \text{ ms}$

et on cherche la valeur de Kp pour avoir la vitesse du boucle BF soit 5 fois rapide que la boucle BO

la fonction en BO : $FTBO(p) = \frac{Kp Ko}{\tau m p}$


la fonction en BF : $FTBF(p) = \frac{FTBO}{1+FTBO} = \frac{1}{1+\frac{\tau m}{Kp Ko} p} \rightarrow FTBF(p) = \frac{1}{1+T p}$ avec $T = \frac{\tau m}{Kp Ko}$

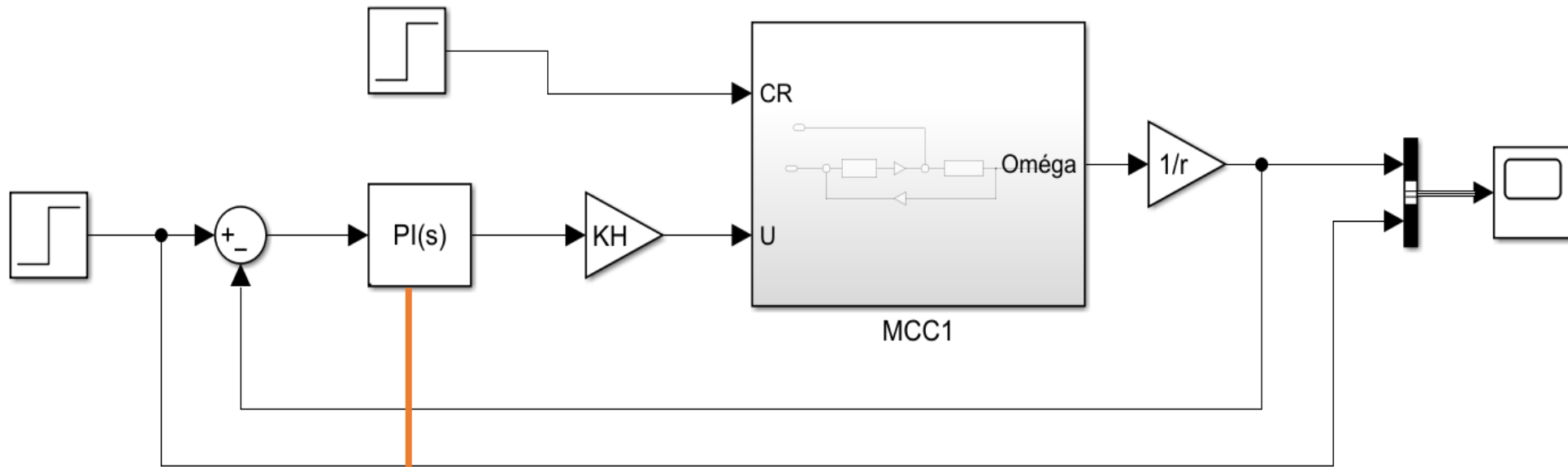
On cherche à avoir $TrBF = \frac{TrBO}{5}$

il faut que $kp = \frac{5}{Ko} \Rightarrow kp = 0.5330$



C – Mise en oeuvre les solutions

 Asservissement et régulation de vitesse de la machine.



Correcteur PI	$K_p = 0.5330$	$T_i = 246.43 \text{ ms}$
---------------	----------------	---------------------------

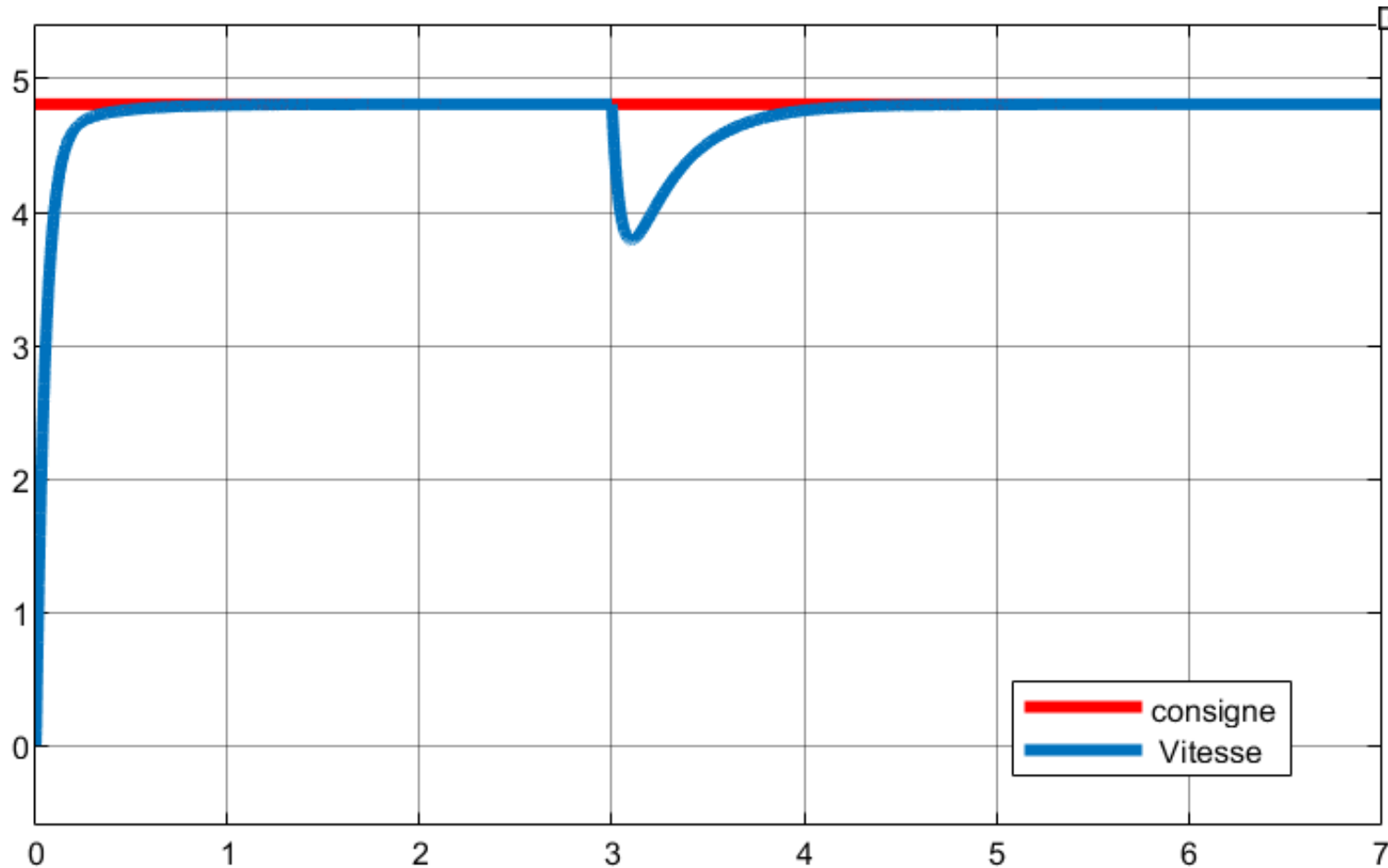


C – Mise en oeuvre les solutions



Asservissement et régulation de la vitesse de la machine.

Résultats (Consigne d'entrée: $W=4.81$ rad/s)




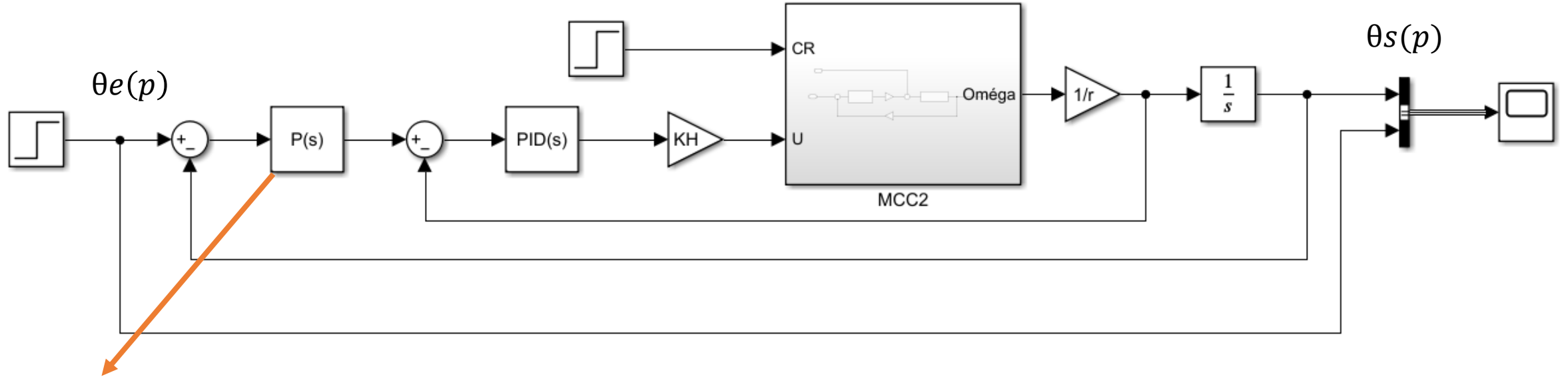
Temps de répons à 5%	30 ms
----------------------	-------

Performances d'asservissement		
stabilité	Précision	Rapidité
Stable	Es=0	Rapide



C – Mise en oeuvre les solutions

 Asservissement et régulation de position de la machine.



Source: internal

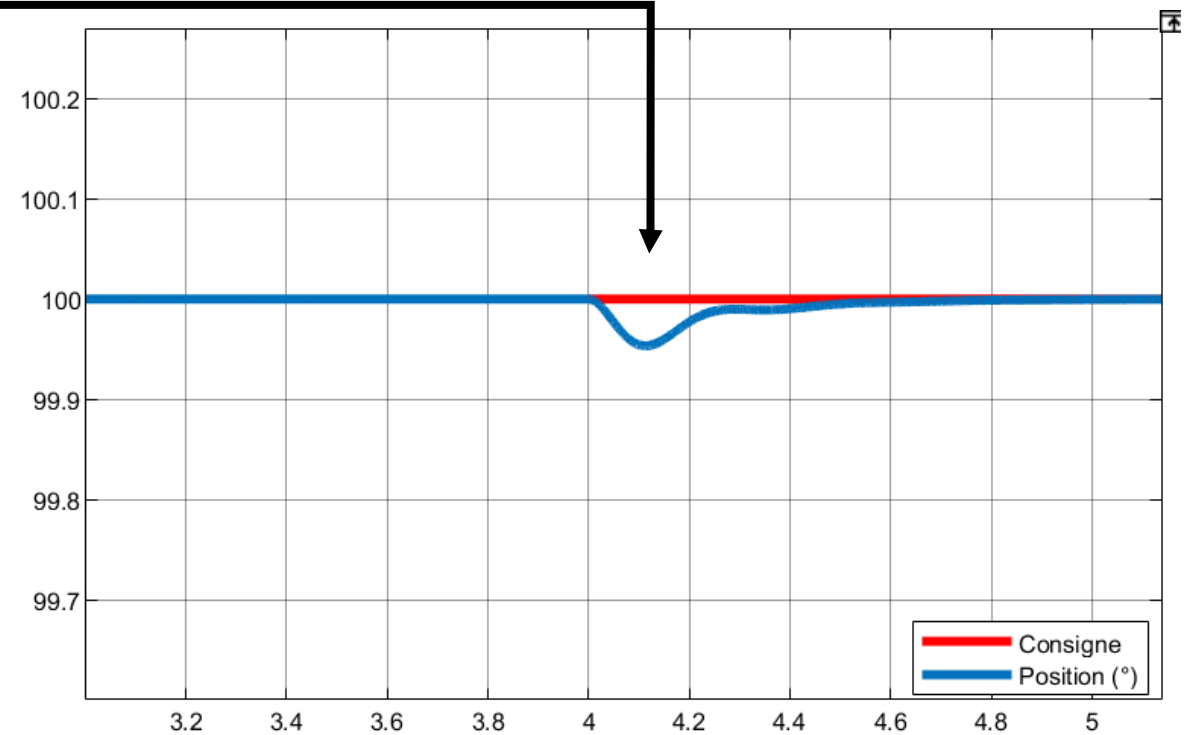
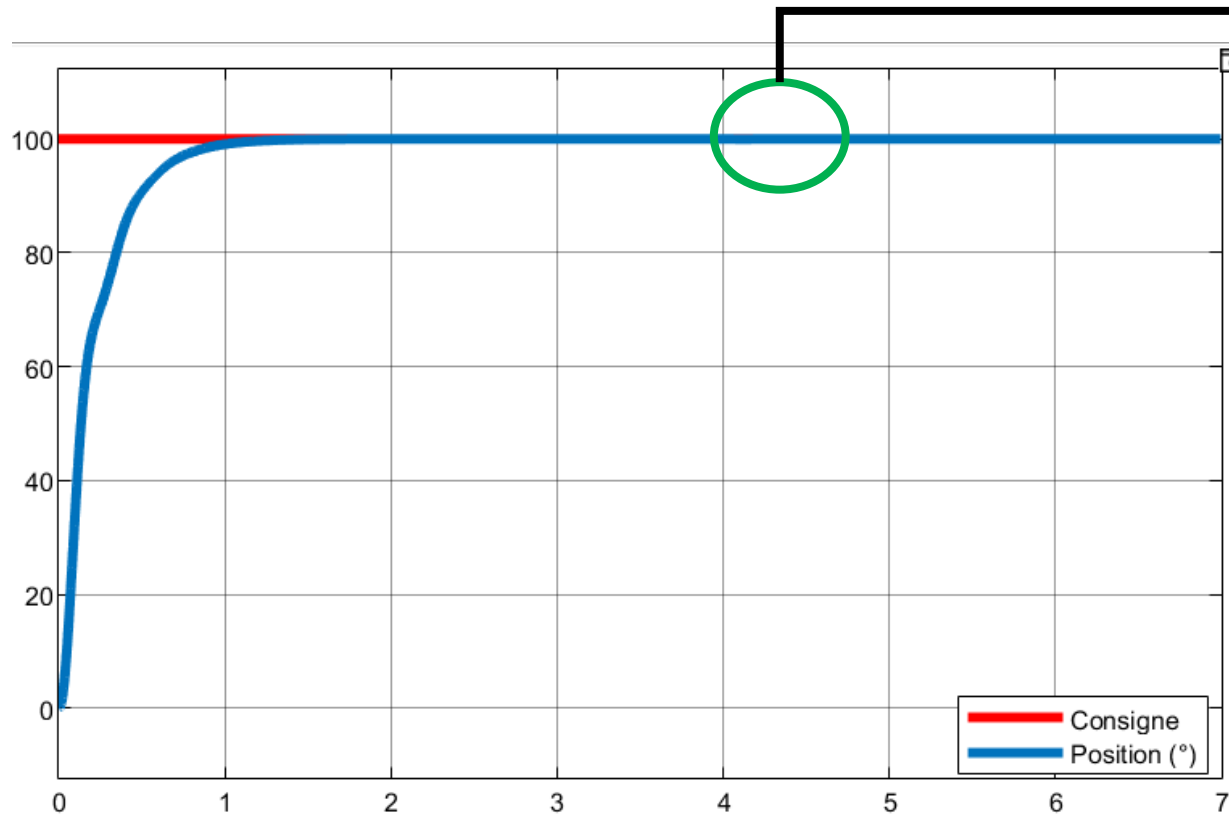
Proportional (P): 4.64123344809363



C – Mise en oeuvre les solutions



Asservissement et régulation de position de la machine.



Résultat finale :

Systeme bien réglé

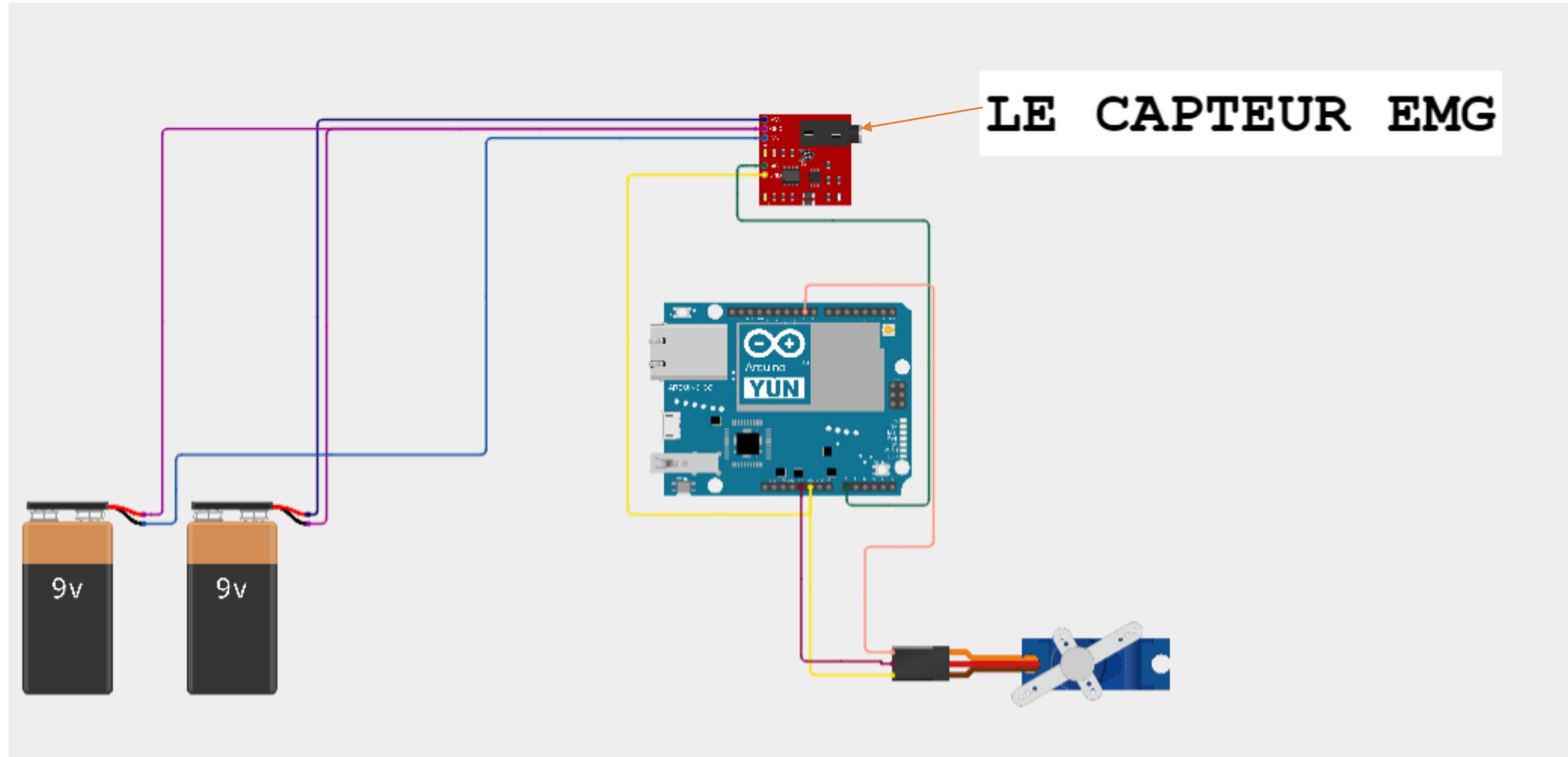
Systeme stable

Systeme précis

Temps de réponse $Tr=0.64$ s

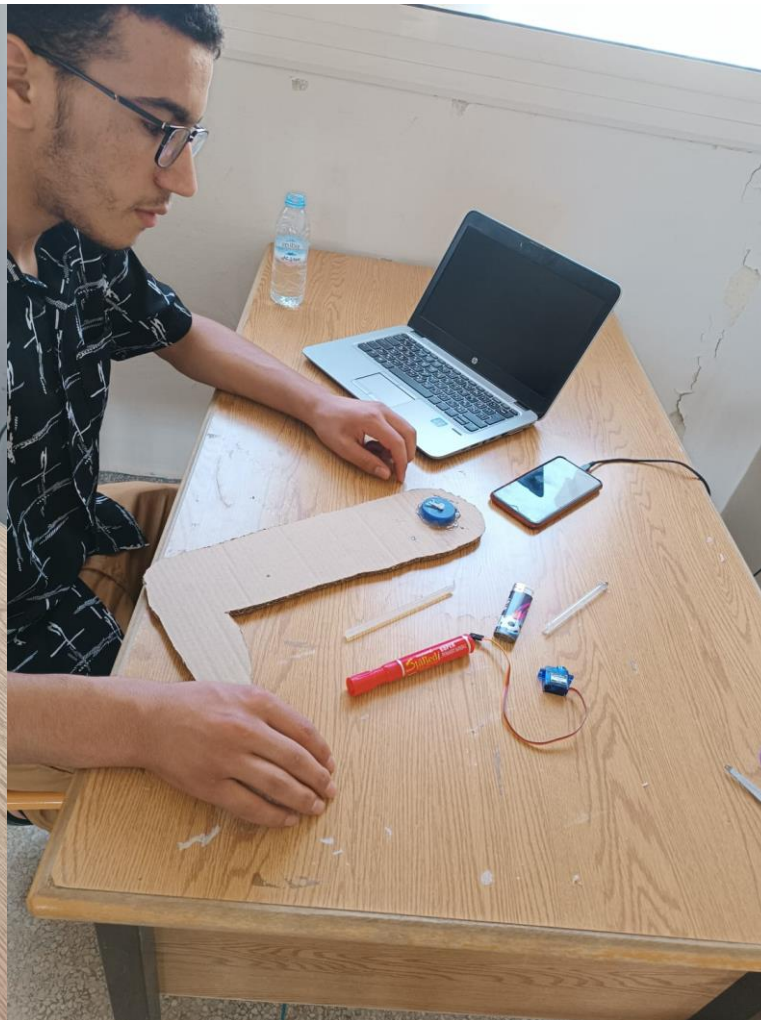
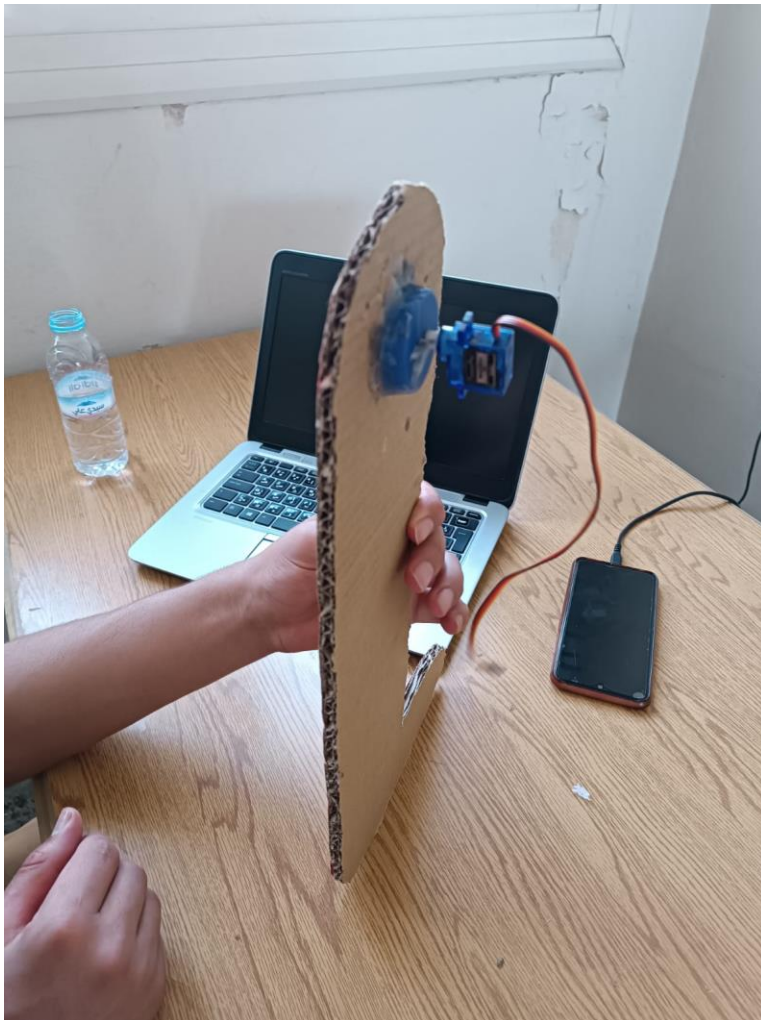
Les résultats globaux

Simulation :



Les résultats globaux

Expérience :




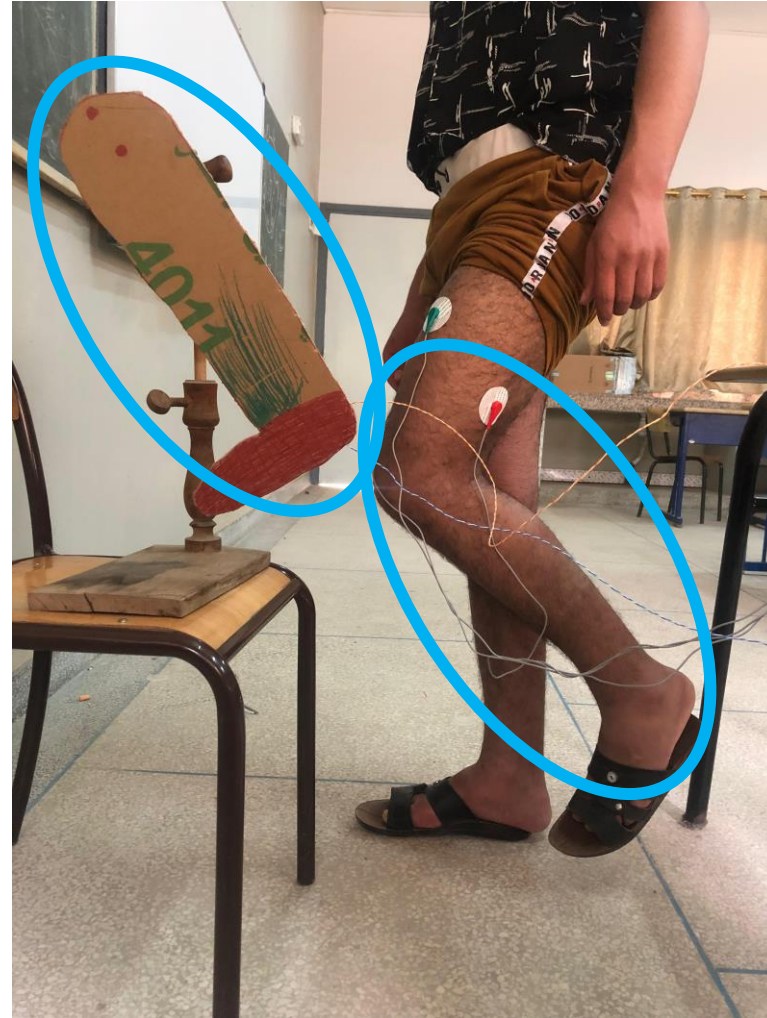
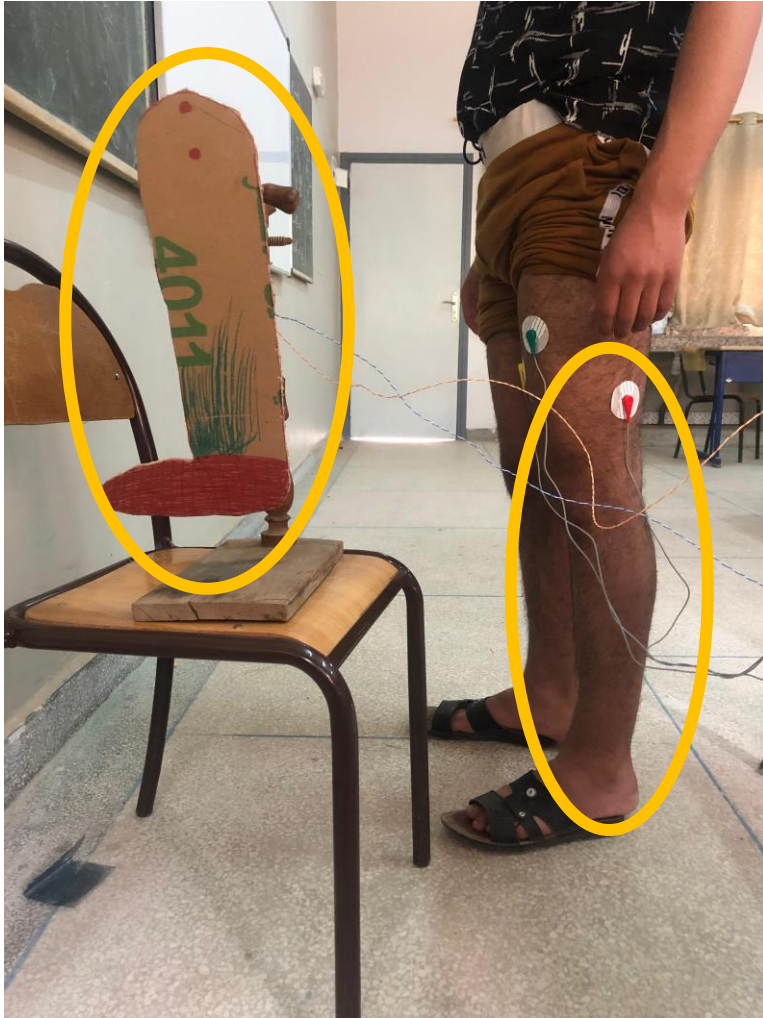
Les résultats globaux

Expérience :



Les résultats globaux

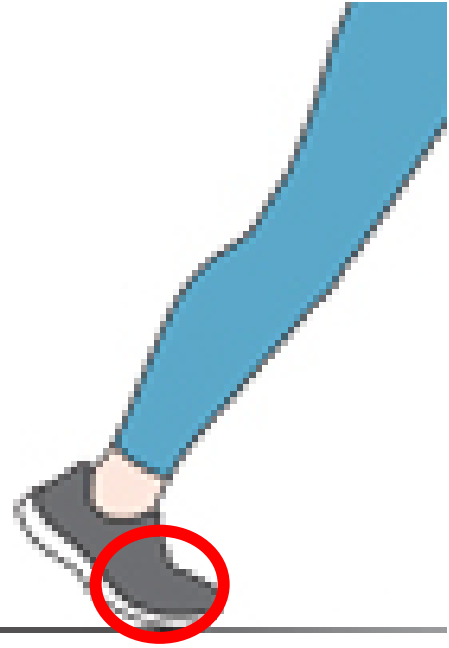
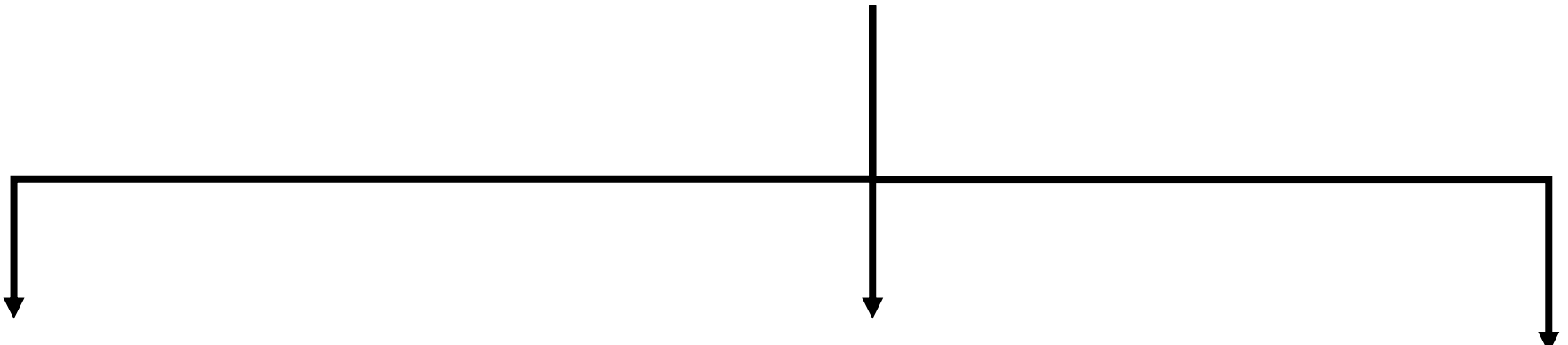
 Expérience :



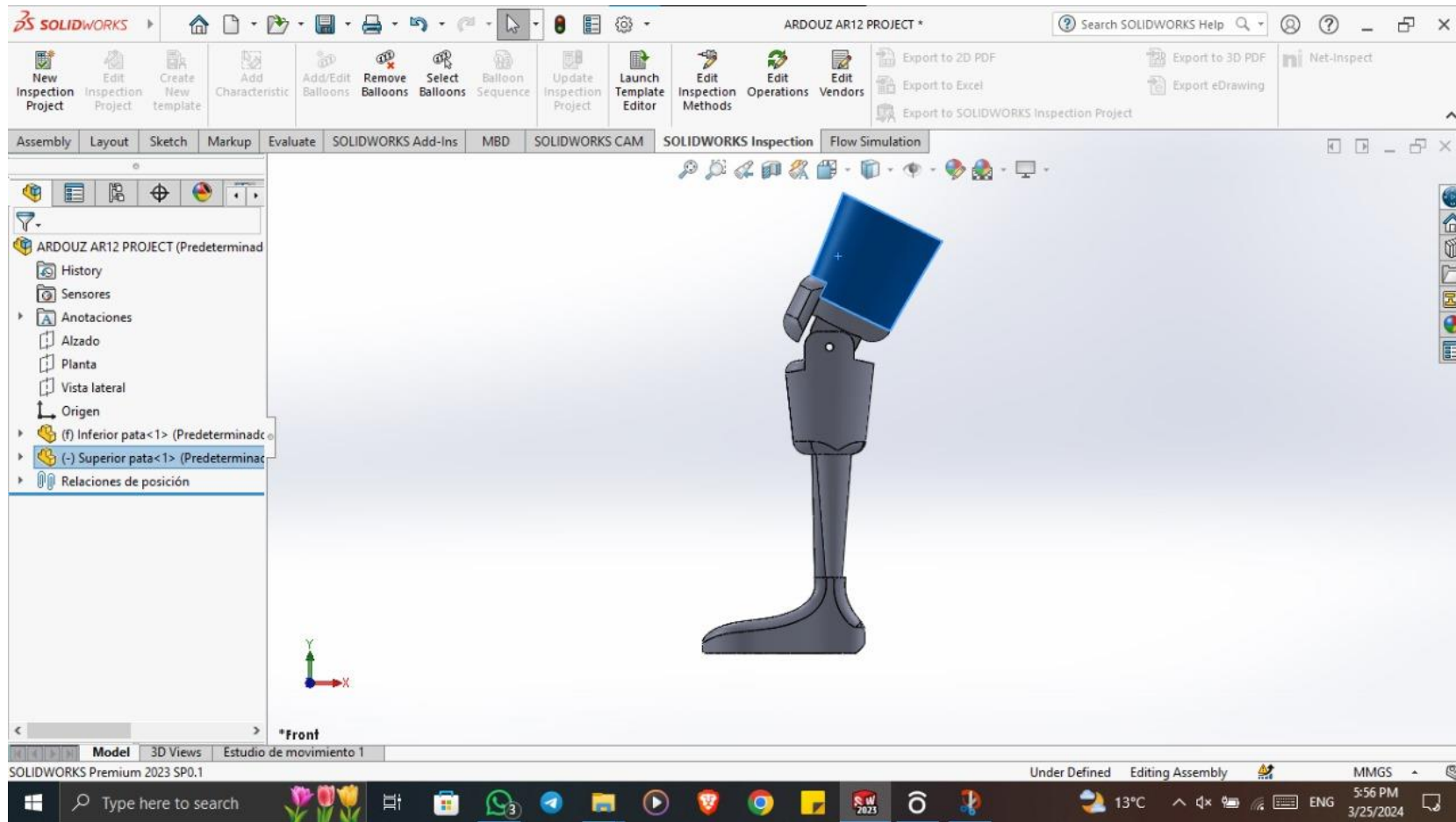
Conclusion

 Perspective :

Objectifs



Le module de la prothèse sur SolidWorks



Mass Properties

ARDOUZ PROJECT 2024

Options...

Override Mass Properties... Recalculate

Include hidden bodies/components

Show weld bead mass

Report coordinate values relative to: -- default --

Configuration: Default
Coordinate system: -- default --

Density = 192.1046 kilograms per cubic meter

Mass (user-overridden) = 0.3800 kilograms

Total weld mass = 0.0000 kilograms

Volume = 0.0020 cubic meters

Surface area = 0.1618 square meters

Center of mass: (meters)
 X = -0.0390
 Y = 0.3115
 Z = 0.0005

Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (kilograms * sqa
 Taken at the center of mass.
 Ix = (-0.2177, 0.9760, 0.0027) Px = 0.0013
 Iy = (-0.9760, -0.2177, 0.0039) Py = 0.0154
 Iz = (0.0044, -0.0018, 1.0000) Pz = 0.0164

Moments of inertia: (kilograms * square meters)
 Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system

Lxx = 0.0148	Lxy = -0.0030	Lxz = 0.0000
Lyx = -0.0030	Lyy = 0.0019	Lyz = 0.0000
Lzx = 0.0000	Lzy = 0.0000	Lzz = 0.0164

Moments of inertia: (kilograms * square meters)
 Taken at the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)

Ixx = 0.0516	Ixy = -0.0076	Ixz = 0.0000
Iyx = -0.0076	Iyy = 0.0025	Iyz = 0.0001
Izx = 0.0000	Izy = 0.0001	Izz = 0.0538

Help Print... Copy to Clipboard

sketch_jun5b | Arduino IDE 2.3.2

File Edit Sketch Tools Help

Select Board

```
sketch_jun5b.ino
1 #include <Servo.h>
2 Servo myServo;
3 int emgPin = A0;
4 int servoPin = 9;
5 int emgValue = 0;
6 void setup() {
7   Serial.begin(9600);
8   myServo.attach(servoPin);
9 }
10
11 void loop() {
12   emgValue = analogRead(emgPin);
13   Serial.println(emgValue);
14   int servoAngle = map(emgValue, 0, 1023, 107, 172);
15   myServo.write(servoAngle);
16   delay(15);
17 }
18
```

hug.ch/chirurgie-orthopedique-traumatologie-appareil/prothese-totale-genou-vos-questions-frequentes

Applications Gmail La machine à efface... YouTube Maps 6_TIPE - Google Drive

f X in @ ACCESSIBILITÉ CONTACT FRANÇAIS APPELER LE 144 SERVICES D'URGENCES

HUG Hôpitaux Universitaires Genève PATIENTS, PATIENTES ET PROCHES RÉSEAU PROFESSIONNEL RECHERCHE & FORMATION LES HUG

Prothèse totale de genou

- Avant l'intervention
- L'intervention
- Complications possibles
- Après l'intervention
- Retour à domicile
- Suivi médical
- Questions fréquentes
- Informations pratiques

Pied et cheville

résultat ne répond pas aux attentes: les douleurs persistent ou la mobilité du genou opéré est diminuée. Malgré des examens poussés, il est souvent difficile de trouver la cause de ces problèmes.

Combien pèse une prothèse?

De 370 à 780 grammes selon la taille des composantes de la prothèse.

Les implants sont-ils enregistrés?

Les implants prothétiques utilisés aux HUG (y compris le ciment) sont enregistrés depuis 1998 dans le Registre genevois des implants (Geneva Arthroplasty Registry) et, depuis 2012, dans le Registre Suisse des implants (SIRIS). Les implants sont également enregistrés dans votre dossier médical.

Quand est-ce que je peux à nouveau conduire?



Références

1. <https://www.musee-automate.fr/exosquelette-motorise/>
2. <https://exosquelettes-premiere.e-monsite.com/>
3. <https://www.concours-centrale-supelec.fr/CentraleSupelec/2017/TSI/>
4. <https://www.concours-commun-inp.fr/fr/epreuves/annales/annales-tsi.html> Sciences industrielles de l'ingénieur session 2023)
5. [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.koellmorgen.com/sites/default/files/kol-3076-Servo-or-Stepper Guide_FR.pdf&ved=2ahUKEwiRmcCO-fWEAxUrgv0HHUCFBIYQFnoECBAQAQ&usg=AOvVaw2nixGIUZ85doWvrVeCeuDp](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.koellmorgen.com/sites/default/files/kol-3076-Servo-or-Stepper%20Guide_FR.pdf&ved=2ahUKEwiRmcCO-fWEAxUrgv0HHUCFBIYQFnoECBAQAQ&usg=AOvVaw2nixGIUZ85doWvrVeCeuDp)
6. <http://tpe-comparaison-protheses.weebly.com/introduction.html>
7. <https://www.mclennan.co.uk/datasheet/1462>