

## Mise en place d'une modélisation Matlab / Simulink

### Bras robotisé

#### I. Problématique

On cherche ici à concevoir une modélisation Matlab / Simulink simplifiée du bras robotisé étudié dans le TD précédent.

La modélisation se limite initialement à la situation suivante :

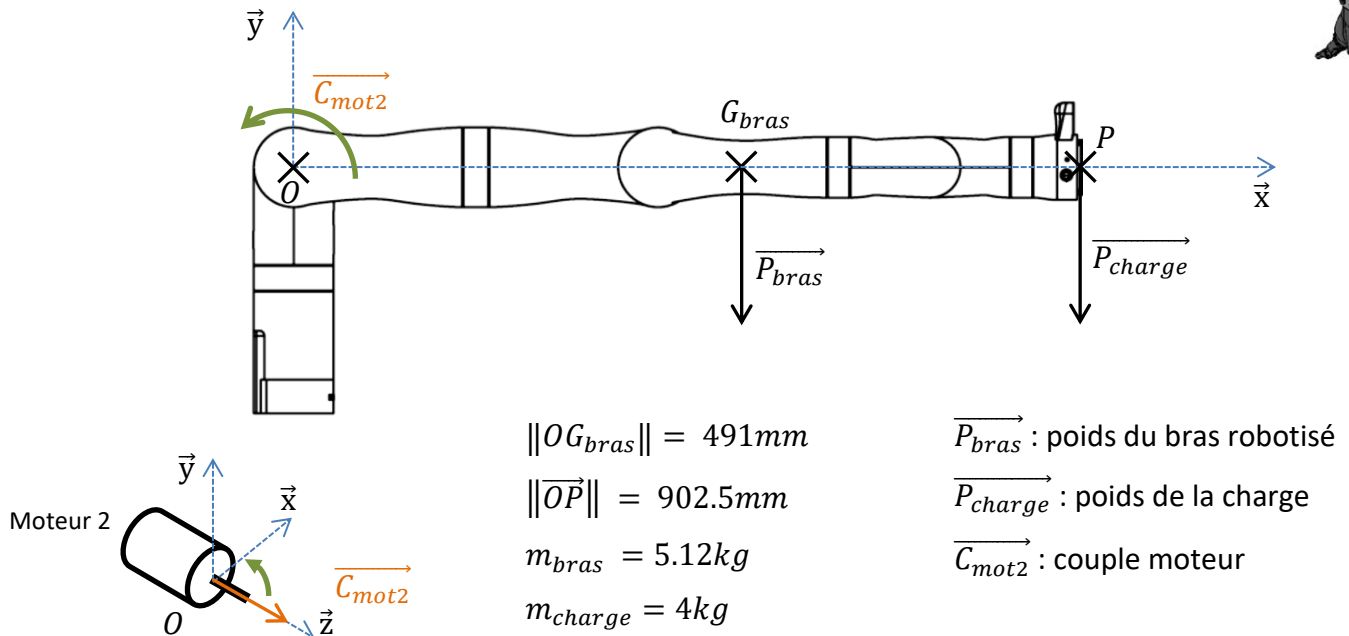
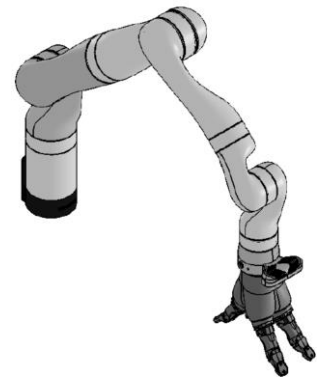
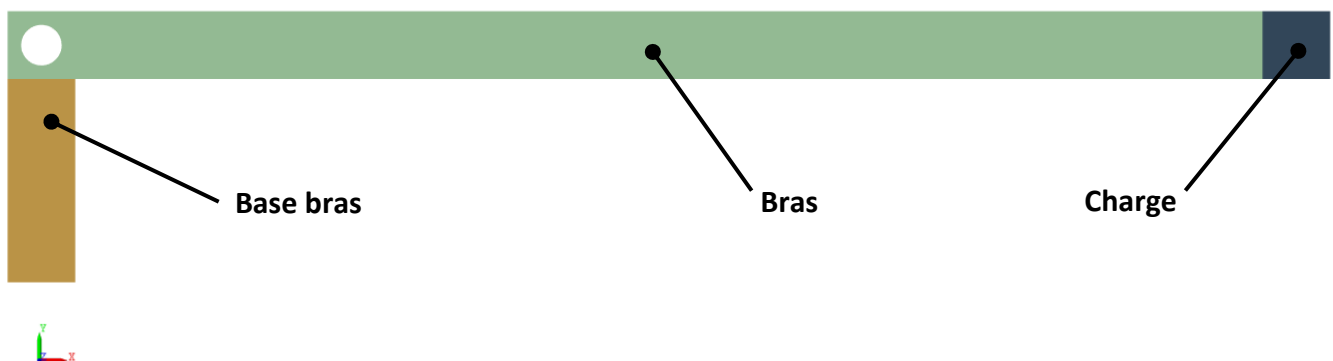
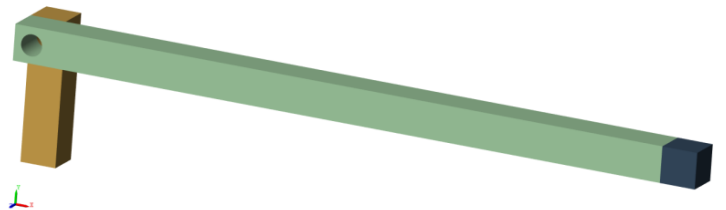
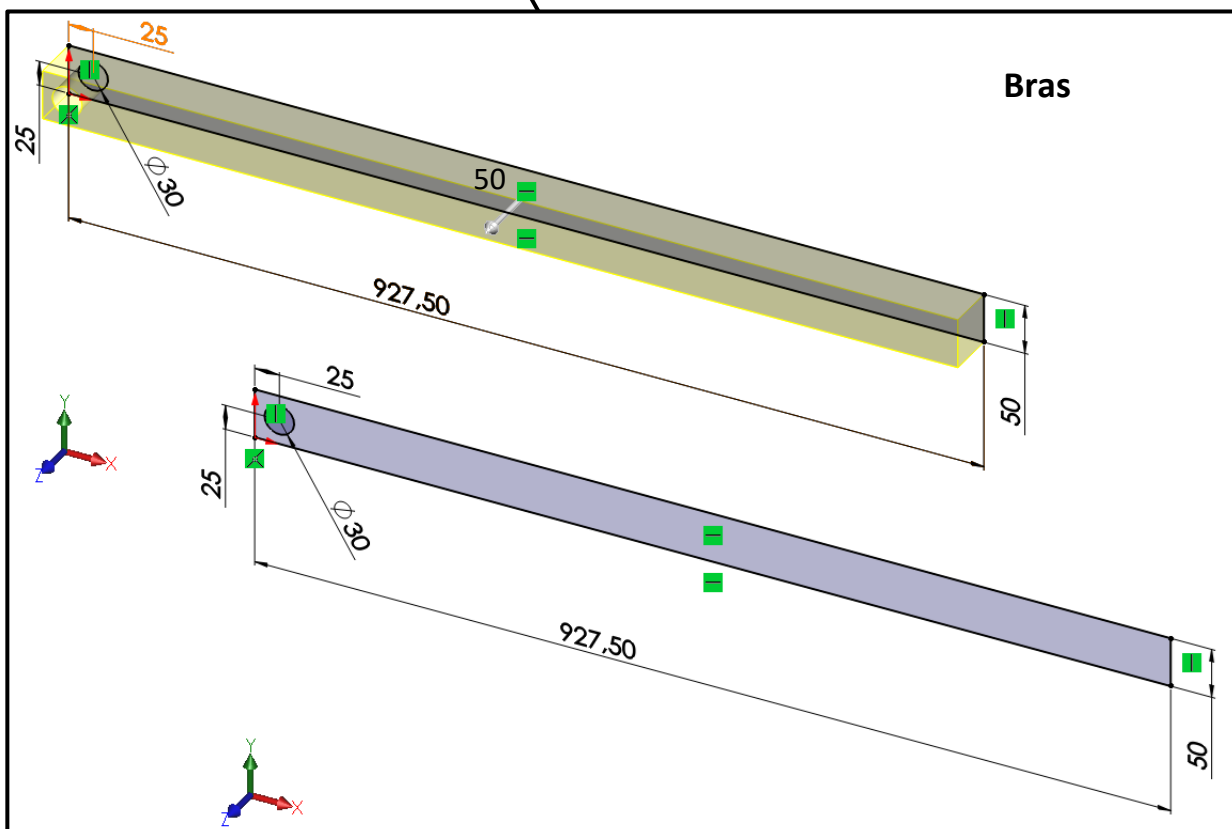
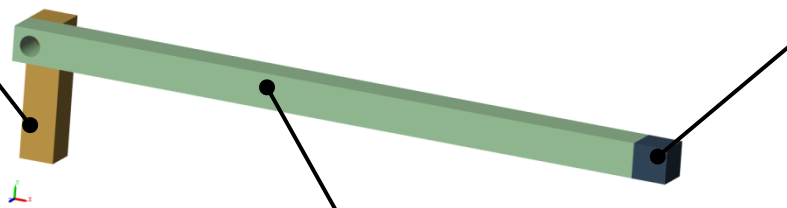
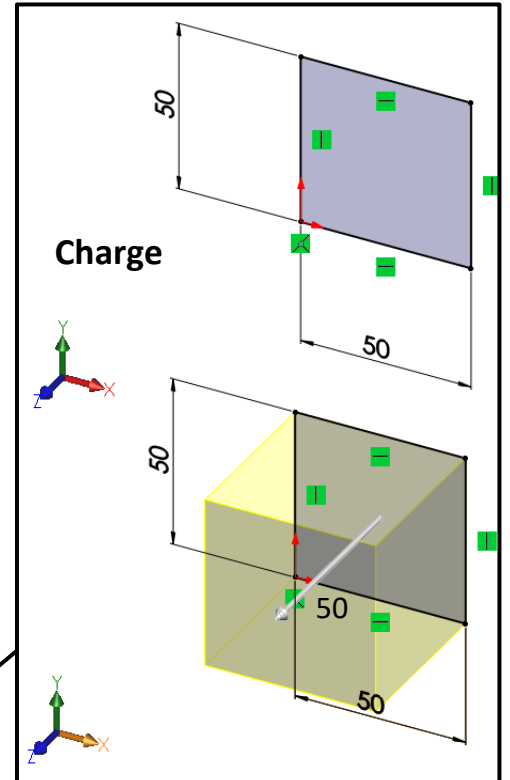
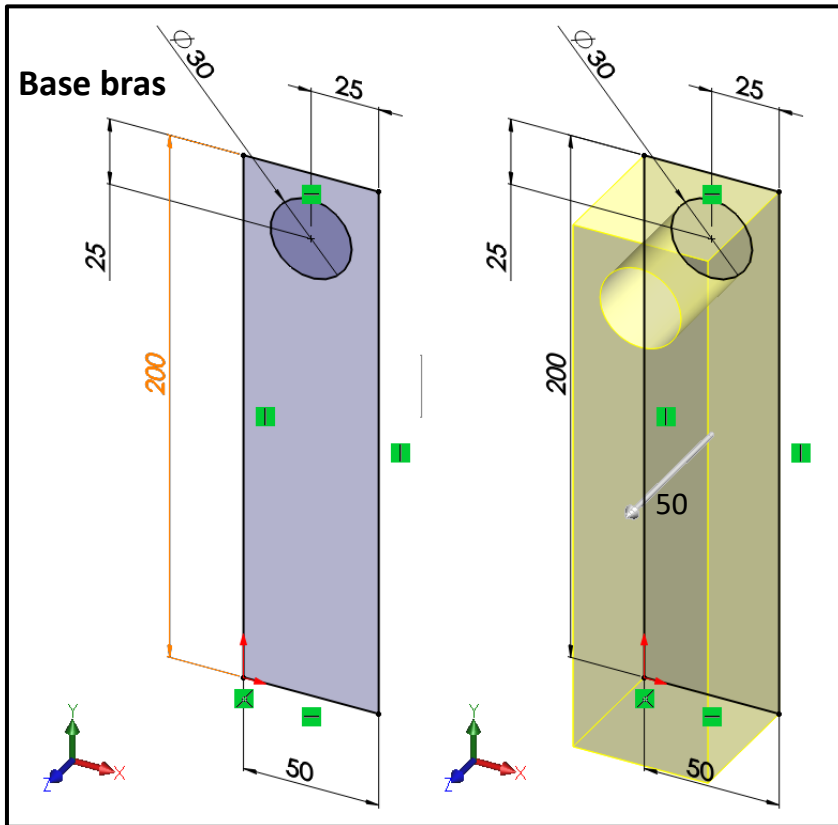


Figure 1 : étude du bras robotisé en position horizontale

La modélisation 3D simplifiée du bras robotisé sera la suivante :



**Q1. Concevoir**, sur SolidWorks, les pièces : « Base bras », « Bras » et « Charge » à partir des informations fournies en page 2 (attention à veiller au respect du repère imposé).



## II. Mise en place du modèle 1

Situation à modéliser dans le modèle 1 :

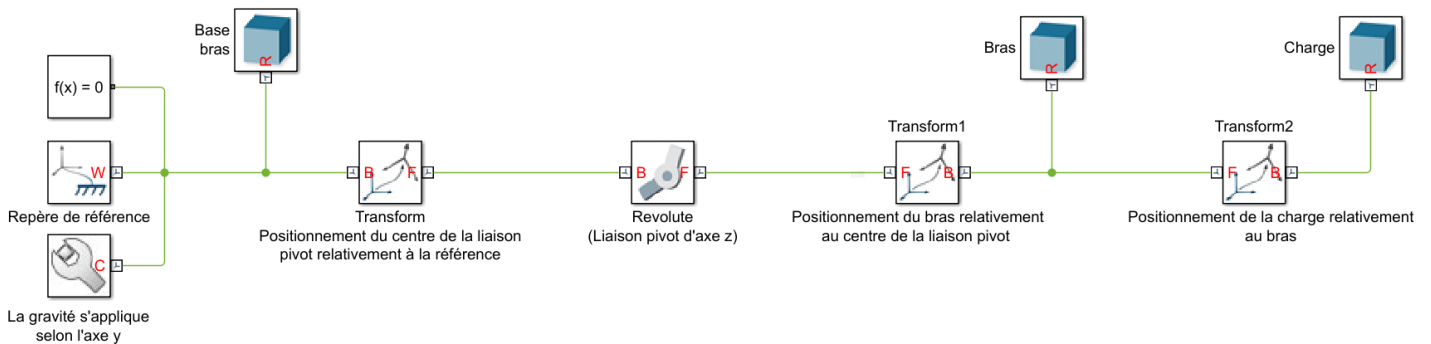
La situation initialement modélisée est celle où le bras est en position horizontale (figure 1) avec la charge maximale à son extrémité.

Attente vis-à-vis du modèle 1 :

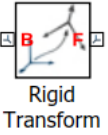




Le modèle doit permettre de fournir la valeur du couple  $\| \vec{C}_{mot2} \|$  produit par le moteur avec un écart relatif absolu de 5%

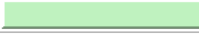

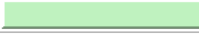

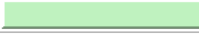

Vous disposez des fichiers .STEP associés à chacune des pièces (« Base bras », « Bras » et « Charge »).


**Q2. Saisir** le modèle Matlab / Simulink suivant en modifiant convenablement les paramètres des blocs ajoutés (voir le tableau ci-dessous) :



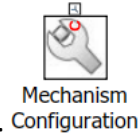
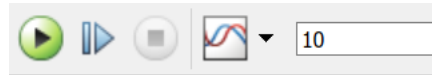
Blocs	Librairies	Paramétrage des blocs									
 Solver Configuration	Simscape / Utilities	Rôle de ce bloc : <i>Utile pour la simulation</i> Paramètres à modifier : <b>Laisser par défaut</b>									
 World Frame	Simscape / Multibody / Frame and Transforms	Rôle de ce bloc : <i>Repère fixe de référence</i> Paramètres à modifier : <b>Rien à modifier</b>									
 Mechanism Configuration	Simscape / Multibody / Utilities	Rôle de ce bloc : <i>Imposer la force de pesanteur selon l'axe souhaité</i> Paramètres à modifier : <b>« Gravity »</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Uniform Gravity</td> <td>Constant</td> <td style="text-align: right;">v</td> </tr> <tr style="background-color: #e6f2ff;"> <td><input checked="" type="checkbox"/> Gravity</td> <td>[0 -9.81 0]</td> <td style="text-align: right;">m/s^2 v</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Linearization Delta</td> <td>0.001</td> <td></td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> Uniform Gravity	Constant	v	<input checked="" type="checkbox"/> Gravity	[0 -9.81 0]	m/s^2 v	<input type="checkbox"/> Linearization Delta	0.001	
<input type="checkbox"/> Uniform Gravity	Constant	v									
<input checked="" type="checkbox"/> Gravity	[0 -9.81 0]	m/s^2 v									
<input type="checkbox"/> Linearization Delta	0.001										

Blocs	Librairies	Paramétrage des blocs																																													
 <p>Rigid Transform</p>	<p>Simscape / Multibody / Frame and Transforms</p>	<p>Rôle de ce bloc : <i>Positionner relativement les éléments (solides) entre eux</i></p> <p><b>Transform</b> : Paramètres à modifier : « <b>Method</b> » et « <b>Offset</b> »</p> <table border="1" data-bbox="730 353 1401 539"> <tr><td colspan="3">Rotation</td></tr> <tr><td>Method</td><td colspan="2">None</td></tr> <tr><td colspan="3">Translation</td></tr> <tr><td>Method</td><td colspan="2">Cartesian</td></tr> <tr><td>Offset</td><td>[25 175 50]</td><td>mm</td></tr> </table> <p><b>Transform1</b> : Paramètres à modifier : « <b>Method</b> » et « <b>Offset</b> »</p> <table border="1" data-bbox="730 611 1401 797"> <tr><td colspan="3">Rotation</td></tr> <tr><td>Method</td><td colspan="2">None</td></tr> <tr><td colspan="3">Translation</td></tr> <tr><td>Method</td><td colspan="2">Cartesian</td></tr> <tr><td>Offset</td><td>[25 25 0]</td><td>mm</td></tr> </table> <p><b>Transform2</b> : Paramètres à modifier : « <b>Method</b> » et « <b>Offset</b> »</p> <table border="1" data-bbox="730 869 1401 1055"> <tr><td colspan="3">Rotation</td></tr> <tr><td>Method</td><td colspan="2">None</td></tr> <tr><td colspan="3">Translation</td></tr> <tr><td>Method</td><td colspan="2">Cartesian</td></tr> <tr><td>Offset</td><td>[-927.5 0 0]</td><td>mm</td></tr> </table>	Rotation			Method	None		Translation			Method	Cartesian		Offset	[25 175 50]	mm	Rotation			Method	None		Translation			Method	Cartesian		Offset	[25 25 0]	mm	Rotation			Method	None		Translation			Method	Cartesian		Offset	[-927.5 0 0]	mm
Rotation																																															
Method	None																																														
Translation																																															
Method	Cartesian																																														
Offset	[25 175 50]	mm																																													
Rotation																																															
Method	None																																														
Translation																																															
Method	Cartesian																																														
Offset	[25 25 0]	mm																																													
Rotation																																															
Method	None																																														
Translation																																															
Method	Cartesian																																														
Offset	[-927.5 0 0]	mm																																													
 <p>Solid</p>	<p>Simscape / Multibody / Body Elements</p>	<p>Rôle de ce bloc : <i>Ajouter des éléments matériels avec les caractéristiques géométrique, inertielle et graphique souhaitées</i></p> <p><b>Base bras</b> : Paramètres à modifier : « <b>Geometry</b> », « <b>Inertia</b> » et « <b>Graphic</b> »</p> <table border="1" data-bbox="718 1294 1409 1839"> <tr><td colspan="3">Geometry</td></tr> <tr><td>Shape</td><td colspan="2">From File</td></tr> <tr><td>File Type</td><td colspan="2">STEP</td></tr> <tr><td>File Name</td><td colspan="2">BaseBrasSimple_Défaut_sldprt.STEP</td></tr> <tr><td colspan="3">Inertia</td></tr> <tr><td>Type</td><td colspan="2">Custom</td></tr> <tr><td>Mass</td><td>0</td><td>kg</td></tr> <tr><td>Center of Mass</td><td>[0 0 0]</td><td>mm</td></tr> <tr><td>Moments of Inertia</td><td>[0 0 0]</td><td>kg*mm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>Products of Inertia</td><td>[0 0 0]</td><td>kg*mm<sup>2</sup></td></tr> <tr><td colspan="3">Graphic</td></tr> <tr><td>Type</td><td colspan="2">From Geometry</td></tr> <tr><td colspan="3">Visual Properties</td></tr> <tr><td>Color</td><td>[0.95 0.75 0.35]</td><td></td></tr> <tr><td>Opacity</td><td colspan="2">1</td></tr> </table> <p><b>Bras</b> : Paramètres à modifier : « <b>Geometry</b> », « <b>Inertia</b> » et « <b>Graphic</b> »</p>	Geometry			Shape	From File		File Type	STEP		File Name	BaseBrasSimple_Défaut_sldprt.STEP		Inertia			Type	Custom		Mass	0	kg	Center of Mass	[0 0 0]	mm	Moments of Inertia	[0 0 0]	kg*mm <sup>2</sup>	Products of Inertia	[0 0 0]	kg*mm <sup>2</sup>	Graphic			Type	From Geometry		Visual Properties			Color	[0.95 0.75 0.35]		Opacity	1	
Geometry																																															
Shape	From File																																														
File Type	STEP																																														
File Name	BaseBrasSimple_Défaut_sldprt.STEP																																														
Inertia																																															
Type	Custom																																														
Mass	0	kg																																													
Center of Mass	[0 0 0]	mm																																													
Moments of Inertia	[0 0 0]	kg*mm <sup>2</sup>																																													
Products of Inertia	[0 0 0]	kg*mm <sup>2</sup>																																													
Graphic																																															
Type	From Geometry																																														
Visual Properties																																															
Color	[0.95 0.75 0.35]																																														
Opacity	1																																														

		<table border="1"> <tr><th colspan="3">Geometry</th></tr> <tr><td>Shape</td><td>From File</td><td>▼</td></tr> <tr><td>File Type</td><td>STEP</td><td>▼</td></tr> <tr><td>File Name</td><td colspan="2">BrasSimple_Défaut_sldprt.STEP</td></tr> <tr><th colspan="3">Inertia</th></tr> <tr><td>Type</td><td>Custom</td><td>▼</td></tr> <tr><td>Mass</td><td>5.12</td><td>kg ▼</td></tr> <tr><td>Center of Mass</td><td>[491 25 25]</td><td>mm ▼</td></tr> <tr><td>Moments of Inertia</td><td>[0 0 0]</td><td>kg*mm^2 ▼</td></tr> <tr><td>Products of Inertia</td><td>[0 0 0]</td><td>kg*mm^2 ▼</td></tr> <tr><th colspan="3">Graphic</th></tr> <tr><td>Type</td><td>From Geometry</td><td>▼</td></tr> <tr><td>Visual Properties</td><td>Simple</td><td>▼</td></tr> <tr><td>Color</td><td>[0.75 0.95 0.75]</td><td></td></tr> <tr><td>Opacity</td><td colspan="2">1</td></tr> </table> <p><b>Charge</b> : Paramètres à modifier : « <b>Geometry</b> », « <b>Inertia</b> » et « <b>Graphic</b> »</p> <table border="1"> <tr><th colspan="3">Geometry</th></tr> <tr><td>Shape</td><td>From File</td><td>▼</td></tr> <tr><td>File Type</td><td>STEP</td><td>▼</td></tr> <tr><td>File Name</td><td colspan="2">ChargeSimple_Défaut_sldprt.STEP</td></tr> <tr><th colspan="3">Inertia</th></tr> <tr><td>Type</td><td>Point Mass</td><td>▼</td></tr> <tr><td>Mass</td><td>4</td><td>kg ▼</td></tr> <tr><th colspan="3">Graphic</th></tr> <tr><td>Type</td><td>From Geometry</td><td>▼</td></tr> <tr><td>Visual Properties</td><td>Simple</td><td>▼</td></tr> <tr><td>Color</td><td>[0.25 0.35 0.45]</td><td></td></tr> <tr><td>Opacity</td><td colspan="2">1</td></tr> </table>	Geometry			Shape	From File	▼	File Type	STEP	▼	File Name	BrasSimple_Défaut_sldprt.STEP		Inertia			Type	Custom	▼	Mass	5.12	kg ▼	Center of Mass	[491 25 25]	mm ▼	Moments of Inertia	[0 0 0]	kg*mm^2 ▼	Products of Inertia	[0 0 0]	kg*mm^2 ▼	Graphic			Type	From Geometry	▼	Visual Properties	Simple	▼	Color	[0.75 0.95 0.75]		Opacity	1		Geometry			Shape	From File	▼	File Type	STEP	▼	File Name	ChargeSimple_Défaut_sldprt.STEP		Inertia			Type	Point Mass	▼	Mass	4	kg ▼	Graphic			Type	From Geometry	▼	Visual Properties	Simple	▼	Color	[0.25 0.35 0.45]		Opacity	1	
Geometry																																																																																			
Shape	From File	▼																																																																																	
File Type	STEP	▼																																																																																	
File Name	BrasSimple_Défaut_sldprt.STEP																																																																																		
Inertia																																																																																			
Type	Custom	▼																																																																																	
Mass	5.12	kg ▼																																																																																	
Center of Mass	[491 25 25]	mm ▼																																																																																	
Moments of Inertia	[0 0 0]	kg*mm^2 ▼																																																																																	
Products of Inertia	[0 0 0]	kg*mm^2 ▼																																																																																	
Graphic																																																																																			
Type	From Geometry	▼																																																																																	
Visual Properties	Simple	▼																																																																																	
Color	[0.75 0.95 0.75]																																																																																		
Opacity	1																																																																																		
Geometry																																																																																			
Shape	From File	▼																																																																																	
File Type	STEP	▼																																																																																	
File Name	ChargeSimple_Défaut_sldprt.STEP																																																																																		
Inertia																																																																																			
Type	Point Mass	▼																																																																																	
Mass	4	kg ▼																																																																																	
Graphic																																																																																			
Type	From Geometry	▼																																																																																	
Visual Properties	Simple	▼																																																																																	
Color	[0.25 0.35 0.45]																																																																																		
Opacity	1																																																																																		

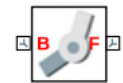
 <p>Revolute Joint</p>	<p><i>Simscape / Multibody / Joints</i></p>	<p>Rôle de ce bloc : <i>Ajouter une liaison pivot entre deux éléments matériels avec les caractéristiques souhaitées</i></p> <p><b>Sur l'axe Z</b> : Paramètres à modifier : « <b>State Targets</b> », « <b>Internal Mechanics</b> », « <b>Actuation</b> » et « <b>Sensing</b> »</p> <table border="1"> <tr><th colspan="3">Z Revolute Primitive (Rz)</th></tr> <tr><th colspan="3">State Targets</th></tr> <tr><td>Specify Position Target</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td>Priority</td><td>Low (approximate)</td><td>▼</td></tr> <tr><td>Value</td><td>0</td><td>deg ▼</td></tr> <tr><td>Specify Velocity Target</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><th colspan="3">Internal Mechanics</th></tr> <tr><td>Equilibrium Position</td><td>0</td><td>deg ▼</td></tr> <tr><td>Spring Stiffness</td><td>0</td><td>N*m/rad ▼</td></tr> <tr><td>Damping Coefficient</td><td>2</td><td>N*m/(rad/s) ▼</td></tr> <tr><th colspan="3">Actuation</th></tr> <tr><td>Torque</td><td>None</td><td>▼</td></tr> <tr><td>Motion</td><td>Automatically Computed</td><td>▼</td></tr> <tr><th colspan="3">Sensing</th></tr> <tr><td>Position</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td>Velocity</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td>Acceleration</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td>Actuator Torque</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td></tr> </table>	Z Revolute Primitive (Rz)			State Targets			Specify Position Target	<input checked="" type="checkbox"/>		Priority	Low (approximate)	▼	Value	0	deg ▼	Specify Velocity Target	<input type="checkbox"/>		Internal Mechanics			Equilibrium Position	0	deg ▼	Spring Stiffness	0	N*m/rad ▼	Damping Coefficient	2	N*m/(rad/s) ▼	Actuation			Torque	None	▼	Motion	Automatically Computed	▼	Sensing			Position	<input type="checkbox"/>		Velocity	<input type="checkbox"/>		Acceleration	<input type="checkbox"/>		Actuator Torque	<input type="checkbox"/>	
		Z Revolute Primitive (Rz)																																																						
State Targets																																																								
Specify Position Target	<input checked="" type="checkbox"/>																																																							
Priority	Low (approximate)	▼																																																						
Value	0	deg ▼																																																						
Specify Velocity Target	<input type="checkbox"/>																																																							
Internal Mechanics																																																								
Equilibrium Position	0	deg ▼																																																						
Spring Stiffness	0	N*m/rad ▼																																																						
Damping Coefficient	2	N*m/(rad/s) ▼																																																						
Actuation																																																								
Torque	None	▼																																																						
Motion	Automatically Computed	▼																																																						
Sensing																																																								
Position	<input type="checkbox"/>																																																							
Velocity	<input type="checkbox"/>																																																							
Acceleration	<input type="checkbox"/>																																																							
Actuator Torque	<input type="checkbox"/>																																																							

**Q3. Saisir** un temps de simulation de 10s et **exécuter** le modèle. **Visualiser** et **décrire** le comportement du bras dans la visualisation 3D Mechanics Explore. Dans ce modèle, le couple  $\|\overrightarrow{C_{mot2}}\|$  est-il produit ?



**Q4. Uniquement temporairement pour cette question, modifier** le bloc suivant :

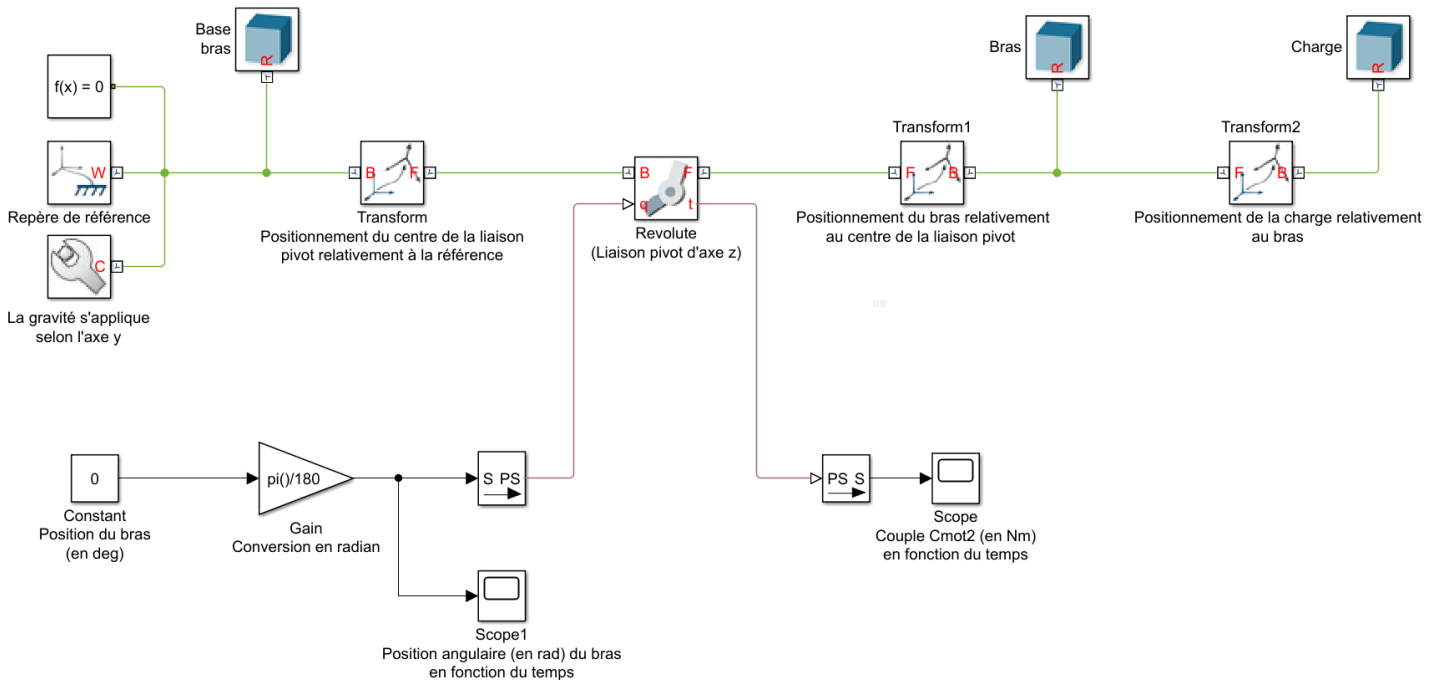
en saisissant [-9.81 0 0] dans le champ « Gravity ». **Décrire** et **justifier** le comportement du bras.









**Q5. Uniquement temporairement pour cette question, modifier** le bloc suivant :

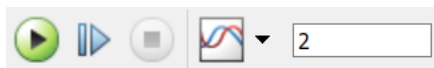
en saisissant 10 dans le champ « Damping Coefficient ». **Décrire** et **justifier** le comportement du bras.

**Q6. Faire évoluer** le modèle Matlab / Simulink en modifiant convenablement les paramètres et en ajoutant les blocs (voir le tableau ci-dessous) afin permettre le maintien de la position horizontale :

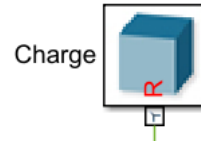


 Revolute Joint	Simscape / Multibody / Joints	<p>Rôle de ce bloc : <i>Ajouter une liaison pivot entre deux éléments matériels avec les caractéristiques souhaitées</i></p> <p>Sur l'axe Z : Paramètres à modifier : « <b>State Targets</b> », « <b>Internal Mechanics</b> », « <b>Actuation</b> » et « <b>Sensing</b> »</p> <table border="1" data-bbox="730 286 1398 864"> <tr><td colspan="3">Z Revolute Primitive (Rz)</td></tr> <tr><td colspan="3">State Targets</td></tr> <tr><td>Specify Position Target</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td>Specify Velocity Target</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td colspan="3">Internal Mechanics</td></tr> <tr><td>Equilibrium Position</td><td>0</td><td>deg ▾</td></tr> <tr><td>Spring Stiffness</td><td>0</td><td>N*m/rad ▾</td></tr> <tr><td>Damping Coefficient</td><td>2</td><td>N*m/(rad/s) ▾</td></tr> <tr><td colspan="3">Actuation</td></tr> <tr><td>Torque</td><td colspan="2">Automatically Computed ▾</td></tr> <tr><td>Motion</td><td colspan="2">Provided by Input ▾</td></tr> <tr><td colspan="3">Sensing</td></tr> <tr><td>Position</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td>Velocity</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td>Acceleration</td><td><input type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td>Actuator Torque</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td></tr> </table>	Z Revolute Primitive (Rz)			State Targets			Specify Position Target	<input type="checkbox"/>		Specify Velocity Target	<input type="checkbox"/>		Internal Mechanics			Equilibrium Position	0	deg ▾	Spring Stiffness	0	N*m/rad ▾	Damping Coefficient	2	N*m/(rad/s) ▾	Actuation			Torque	Automatically Computed ▾		Motion	Provided by Input ▾		Sensing			Position	<input type="checkbox"/>		Velocity	<input type="checkbox"/>		Acceleration	<input type="checkbox"/>		Actuator Torque	<input checked="" type="checkbox"/>	
Z Revolute Primitive (Rz)																																																		
State Targets																																																		
Specify Position Target	<input type="checkbox"/>																																																	
Specify Velocity Target	<input type="checkbox"/>																																																	
Internal Mechanics																																																		
Equilibrium Position	0	deg ▾																																																
Spring Stiffness	0	N*m/rad ▾																																																
Damping Coefficient	2	N*m/(rad/s) ▾																																																
Actuation																																																		
Torque	Automatically Computed ▾																																																	
Motion	Provided by Input ▾																																																	
Sensing																																																		
Position	<input type="checkbox"/>																																																	
Velocity	<input type="checkbox"/>																																																	
Acceleration	<input type="checkbox"/>																																																	
Actuator Torque	<input checked="" type="checkbox"/>																																																	
 Simulink-PS Converter	Simscape / Utilities	<p>Rôle de ce bloc : <i>Passer de grandeurs sans unité à des grandeurs avec unités</i></p> <p>Paramètres à modifier : <b>Rien à modifier</b></p>																																																
 PS-Simulink Converter	Simscape / Utilities	<p>Rôle de ce bloc : <i>Passer de grandeurs avec unités à des grandeurs sans unité</i></p> <p>Paramètres à modifier : <b>Rien à modifier</b></p>																																																
 Gain	Simulink / Commonly Used Blocks	<p>Rôle de ce bloc : <i>Multiplier la grandeur d'entrée par une constante</i></p> <p>Paramètres à modifier : « <b>Gain</b> »</p> <p>Gain: <input type="text" value="pi()/180"/></p> <p>Multiplication: <input type="text" value="Element-wise(K.*u)"/></p>																																																
 Scope	Simulink / Commonly Used Blocks	<p>Rôle de ce bloc : <i>Visualiser l'évolution temporelle d'une grandeur</i></p> <p>Paramètres à modifier : <b>Rien à modifier</b></p>																																																
 Constant	Simulink / Commonly Used Blocks	<p>Rôle de ce bloc : <i>Imposer une valeur constante</i></p> <p>Paramètres à modifier : « <b>Constant value</b> »</p> <p>Constant value: <input type="text" value="0"/></p>																																																

**Q7.** Saisir un temps de simulation de 2s et **exécuter** le modèle. **Visualiser** et **décrire** le comportement du bras dans la fenêtre de visualisation 3D Mechanics Explore. **Faire** des captures d'écran des graphiques « Couple Cmot2 (en N.m) en fonction du temps » et « Position angulaire du bras (en degré) en fonction du temps ».



**Q8.** Dans ce modèle, le couple  $\|\vec{C}_{mot2}\|$  est-il produit ? Sa valeur est-elle cohérente au regard du TD fait précédemment ? **Calculer** un écart relatif absolu et le comparer au cahier des charges imposé pour le modèle. **Enregistrer** le modèle 1.



**Q9. Uniquement temporairement pour cette question, modifier** le bloc suivant :

en saisissant 2 dans le champ « Mass ». **Relever** la valeur du couple  $\|\vec{C}_{mot2}\|$  donné par le modèle. **Justifier** la pertinence de cette valeur à l'aide d'un calcul.

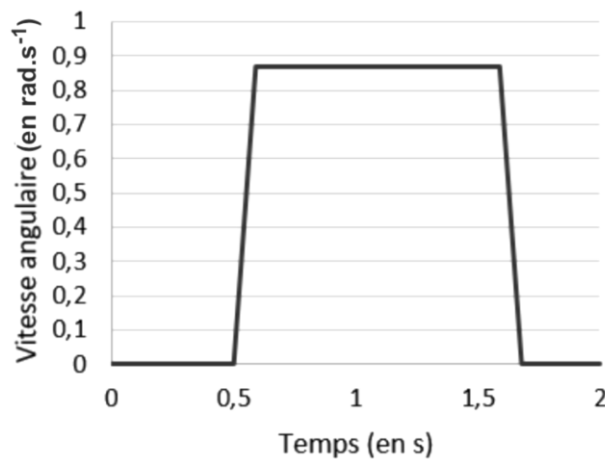
### III. Mise en place du modèle 2

Situation à modéliser dans le modèle 2 :

La situation à modéliser est celle d'une rotation dans le sens trigonométrique autour de l'axe  $(O, \vec{z})$  du bras à partir de la position horizontale (figure 1) avec la charge maximale à son extrémité.

Attente vis-à-vis du modèle 2 :

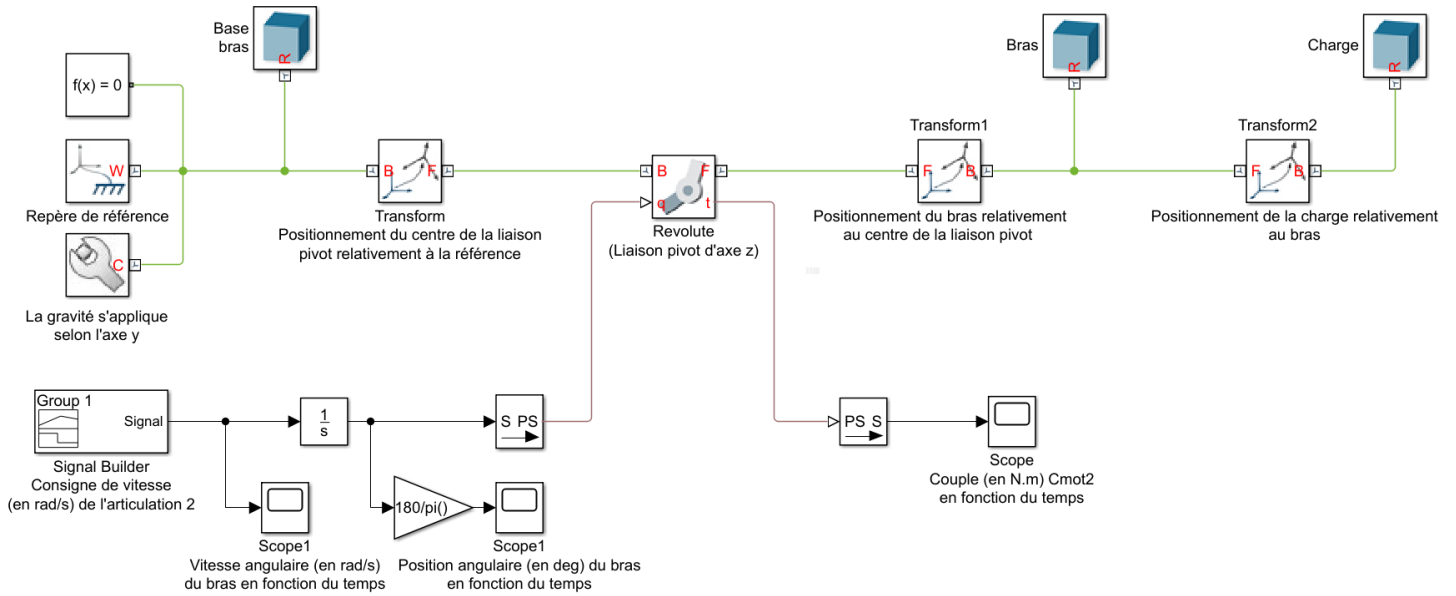
Le modèle doit permettre de fournir l'évolution temporelle de la position angulaire du bras et de la valeur du couple  $\|\vec{C}_{mot2}\|$  produit par le moteur lorsque la vitesse angulaire de ce dernier évolue temporellement de la façon suivante :



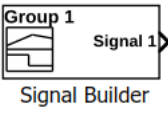
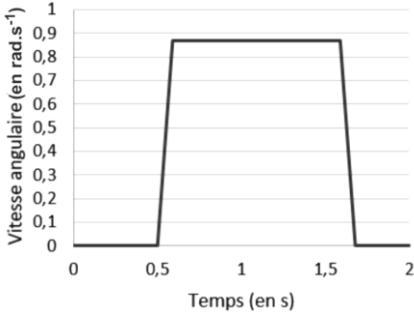
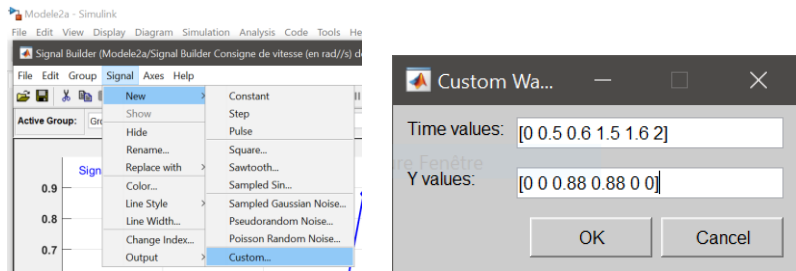


Vous disposez des fichiers .STEP et du modèle 1.

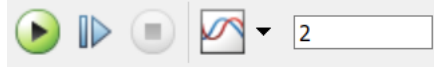


**Q10. Saisir** le modèle Matlab / Simulink suivant en modifiant convenablement les paramètres des blocs ajoutés (voir le tableau ci-dessous) :



 <p>Gain</p>	<p><i>Simulink / Commonly Used Blocks</i></p>	<p>Rôle de ce bloc : <i>Multiplier la grandeur d'entrée par une constante nommée Gain</i></p> <p>Paramètres à modifier : « <b>Gain</b> »</p> <p>Gain:</p> <input data-bbox="619 1064 1508 1108" type="text" value="180/pi()"/>
 <p>Integrator</p>	<p><i>Simulink / Continuous</i></p>	<p>Rôle de ce bloc : <i>Passer de la valeur de vitesse angulaire à la position angulaire (initialement à 0)</i></p> <p>Paramètres à modifier : <b>Rien à modifier</b></p>
 <p>Signal Builder</p>	<p><i>Simulink / Source</i></p>	<p>Rôle de ce bloc : <i>Générer un signal représentatif de la vitesse angulaire de l'articulation 2 en fonction du temps imposée dans l'énoncé du TD précédent :</i></p>  <p>Paramètres à modifier : <b>Rien à modifier</b></p> 

**Q11. Saisir** un temps de simulation de 2s et **exécuter** le modèle. **Visualiser** et **décrire** le comportement du bras dans la fenêtre de visualisation 3D Mechanics Explore. **Faire** des captures d'écran des graphiques « Vitesse angulaire (en rad/s) en du bras en fonction du temps », « Position angulaire (en deg) du bras en fonction du temps » et « Couple Cmot2 (en N.m) en fonction du temps ».



**Q12. Relever** les valeurs minimale et maximale de  $C_{mot2}$ . **Comparer** ces valeurs à l'évolution temporelle attendue dans le TD. Le modèle se comporte-t-il comme il devrait (comparativement à ce qui est attendu dans le TD) ?

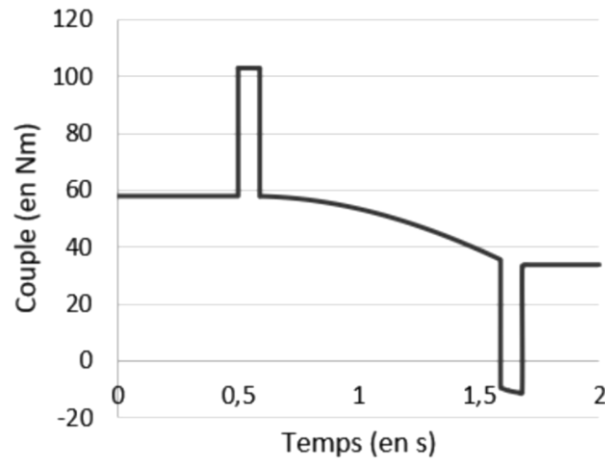


Figure 2 : évolution temporelle attendu pour le couple de l'actionneur 2

**Q13. Ajuster** l'évolution temporelle de la vitesse angulaire du bras en fonction du temps pour se rapprocher le plus possible du graphique de la figure 2. **Faire** une capture d'écran du graphique « Couple Cmot2 (en N.m) en fonction du temps ».

**Q14.** Après avoir relu le TD, **ajouter** les blocs nécessaires à la visualisation temporelle de :

- la puissance mécanique de rotation produite par le moteur ;
- la puissance électrique en sortie de la batterie.

**Relever** leurs évolutions temporelles. **Commenter** la pertinence de ces relevés.