

Lors de cette activité, nous allons simuler le comportement d'un moteur de drone entraînant une hélice.

1. Création du modèle

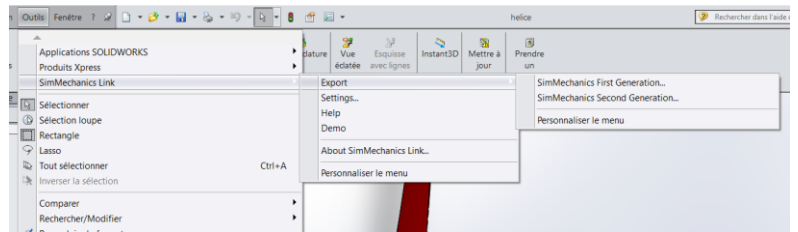
1. Export SolidWorks

La première étape, facultative pour cet exercice, consiste à exporter le modèle SolidWorks du bloc-moteur et de l'hélice. L'export nécessite l'installation d'un plug-in (voir en annexe pour la procédure).

- Ouvrir SolidWorks et charger le modèle de l'hélice nommé : **helice.SLDASM**

Deux types d'exports vers Matlab sont possibles : la 1^{ère} ou la 2^{ème} génération. La 1^{ère} est en voie d'obsolescence mais meilleure pour la simulation d'un système en temps réel ; la 2^{ème} permet une analyse plus fine de la cinématique.

- La 1^{ère} génération sera exploitée ici.
Sélectionner : « **Outils** » ->
« **SimMechanics Link** » -> « **Export** » ->
« **SimMechanics First Generation** »



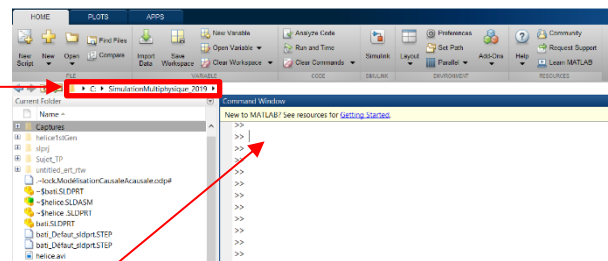
SolidWorks génère alors un fichier XML que l'on nommera « **helice.xml** ». Il génère également deux fichiers représentant les deux pièces de l'assemblage : « **helice - bati-1.STL** » et « **helice - helice -1.STL** »

2. Définition du modèle dans Matlab/Simulink

Construction de l'hélice

- Lancer Matlab

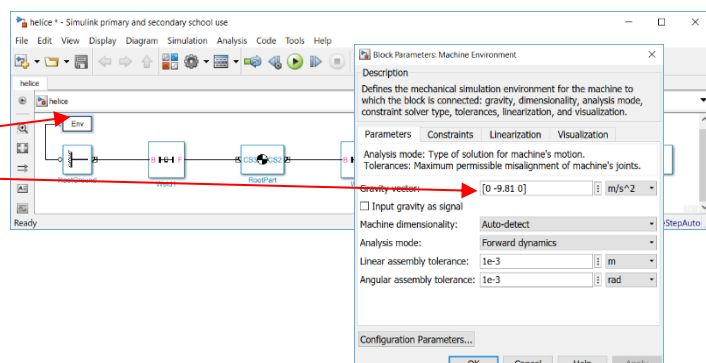
Choisir correctement le répertoire de travail en pointant vers le répertoire contenant le modèle SolidWorks (« **helice - bati-1.STL** » et « **helice - helice -1.STL** ») de l'hélice ainsi que le fichier **helice.xml**



- Dans la fenêtre de commande, taper : **mech_import('helice.xml')** puis « **Entrée** »

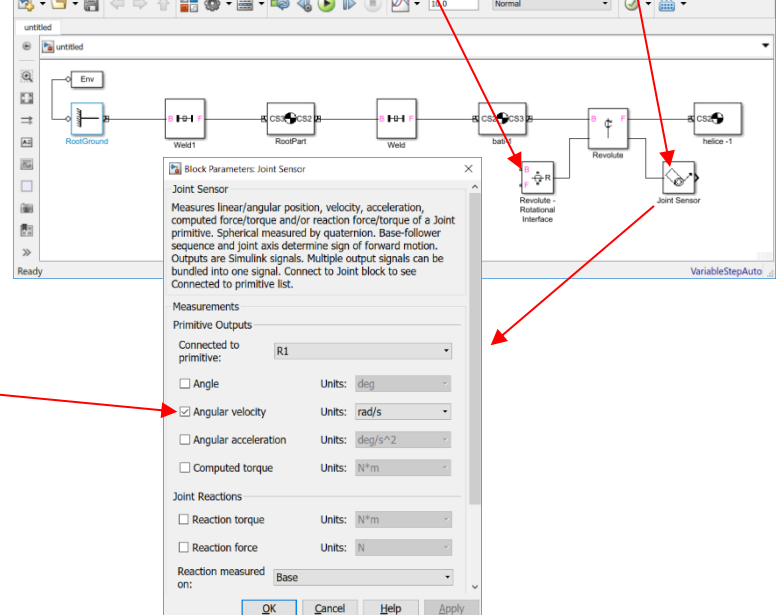
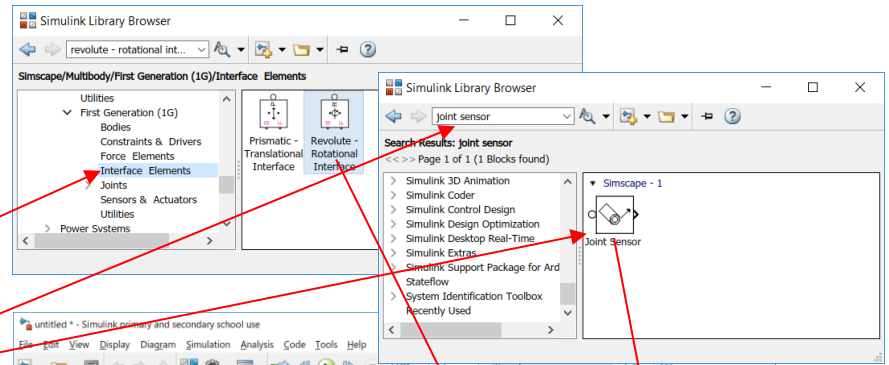
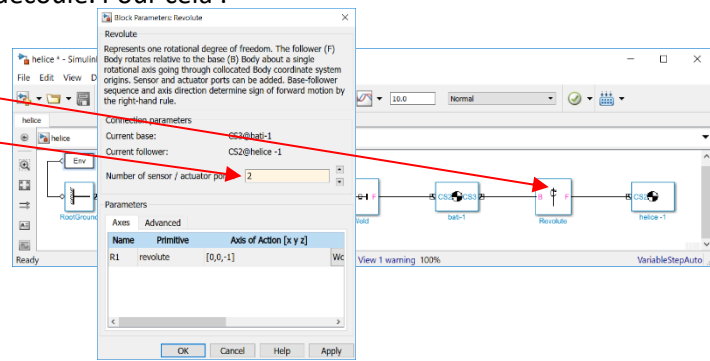
Matlab génère alors le modèle SimMechanics de l'hélice.

En double-cliquant sur le bloc « **Env** », on vérifie que la gravité s'exerce suivant le bon axe.



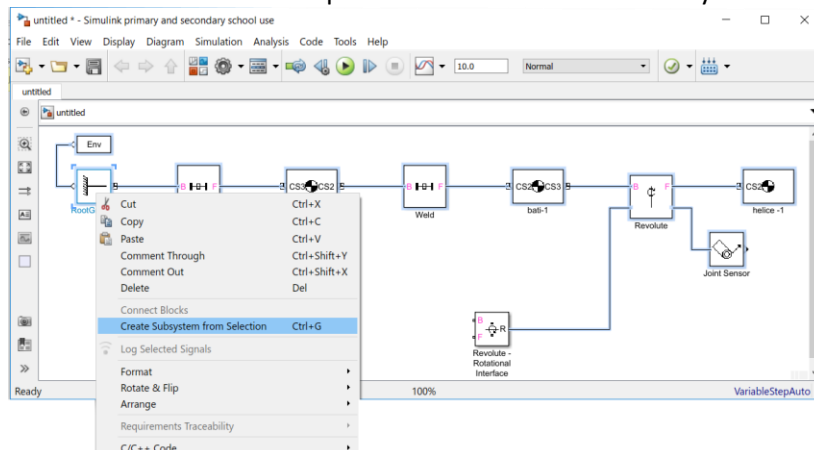
Afin d'agir sur la liaison pivot, on ajoute un « joint actuator » pour imposer un couple et un « joint sensor » pour récupérer la vitesse de rotation qui en découle. Pour cela :

- Double-cliquer sur la pivot et ajouter 2 «sensor/actuator ports»
- Ouvrir la bibliothèque Simulink en cliquant sur l'icône
- Sélectionner dans la liste l'élément d'interface « Revolute – Rotational Interface » en parcourant l'arborescence suivante : Simscape -> Multibody -> First Generation -> Interface Elements.
- Rechercher, à l'aide de la barre dédiée, un « joint sensor » qui permettra de récupérer la vitesse de rotation
- Ajouter ces éléments au modèle en les glissant dessus.
- Cliquer sur le « Revolute – Rotational Interface » et faire CTRL – R afin de le tourner de 90°
- Relier les deux blocs à la liaison pivot
- Double-cliquer sur le Joint Sensor et sélectionner « Angular Velocity » en rad/s ou en rpm comme valeur de sortie



Le modèle de l'hélice est prêt. On peut alors le transformer en sous-système.

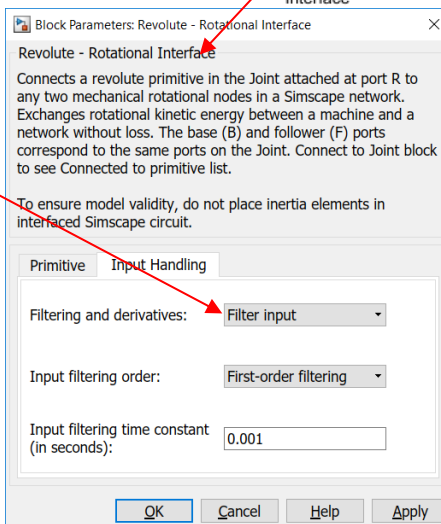
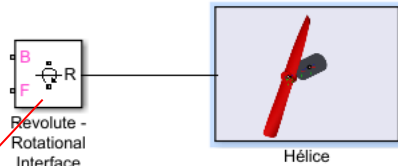
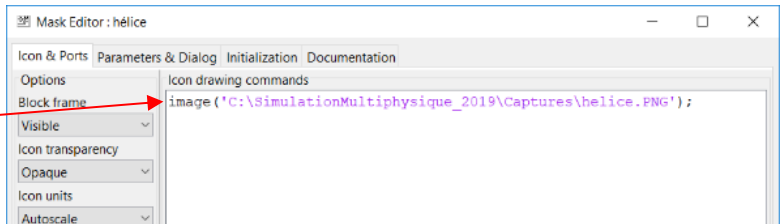
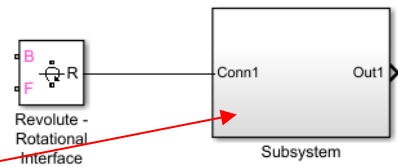
- Sélectionner l'ensemble des blocs à la souris à l'exception du bloc « Revolute -Rotational Interface », effectuer un clic droit sur l'un des blocs puis sélectionner « Create Subsystem from Selection »



On obtient (après mise en forme) le schéma suivant :

Il est possible de renommer le bloc et de lui ajouter une image

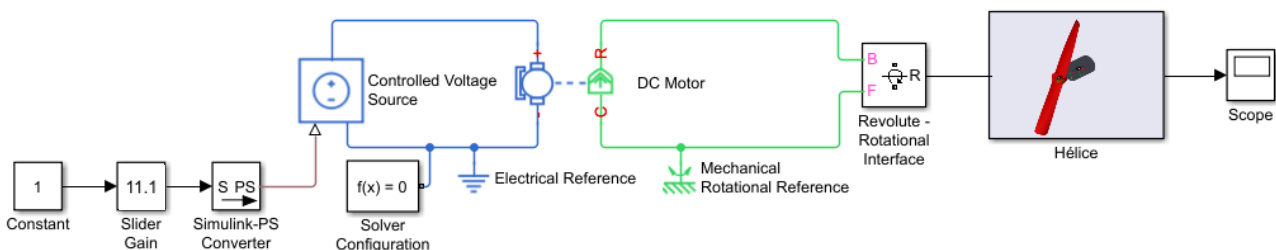
- Double-cliquer sur le mot Subsystem et le remplacer par « Hélice »
- Effectuer un clic droit sur le bloc -> Mask -> Create Mask puis dans la zone prévue à cet effet, saisir `image('chemin\helice.PNG');` en remplaçant « chemin » par le chemin absolu ou relatif vers le fichier image ou `image('helice.PNG');` à condition que l'image ait été stockée au même endroit que le fichier simulink en cours d'édition
- Modifier les paramètres du Revolute – Rotational Interface de façon à ajouter un filtre en entrée pour permettre au solveur d'initialiser correctement les calculs



Ajout du moteur

A présent nous allons ajouter un moteur à courant continu piloté par une source de tension variable.

- Ajouter au schéma les différents blocs suivants en les recherchant dans la bibliothèque :
 - un moteur à courant continu (« DC Motor »),
 - une source de tension pilotée (« Controlled Voltage Source »),
 - un solveur (qui se charge de résoudre les équations du système),
 - un gain variable (Slider Gain) permettant de faire varier la tension de 0 à 6V associé à un bloc « Constant » et à un bloc « Simulink-PS Converter » qui se charge de passer du causal (Simulink) à l'acausal (SimScape)
 - une référence électrique (Electrical Reference) et une référence mécanique (Mechanical Rotational Reference)
- Réaliser les liaisons telles que décrites dans le schéma bloc suivant :



Nous choisirons de modéliser un moteur brushless à courant continu dont les caractéristiques ci-contre sont données par le constructeur :

技術規格 Basic Technical Specification

型號 MODEL	測試電壓 Voltage	無負載 NO LOAD		KV值	尺寸 DIMENSIONS		重量 WEIGHT	
		電流 (安培) CURRENT (A)	速度 (轉速) SPEED (rpm)		軸徑 (公厘) SHAFT (mm)	外緣 (公厘) APPEARANCE (mm)	公克 (g)	盎司 (oz)
GWBLM003	11.1V	0.4	11400	1030	φ3	φ28	49	1.73

使用參考數據 Operation Reference

PROPELLER 螺旋槳	Volts (V) 電壓	Amps (A) 電流	Thrust 推力		Power (W) 功率	Efficiency 效率		轉速 RPM
			g	oz		g/w	oz/kw	
EP-7035	14.80	5.80	468.00	16.51	85.84	5.45	192.29	14000.00
EP-7060	11.10	9.00	464.00	16.37	99.90	4.64	163.82	9000.00
EP-8040	11.10	6.80	493.00	17.39	75.48	6.53	230.37	9800.00
	14.80	10.90	792.00	27.93	161.32	4.91	173.16	12300.00
HD-8060	11.10	10.30	500.00	17.64	114.33	4.37	154.25	8500.00
EP-9047	11.10	12.30	685.00	24.16	136.53	5.02	176.96	7900.00
EP-9050	11.10	11.00	666.00	23.49	122.10	5.45	192.38	8400.00
HD-9075	11.10	15.20	561.00	19.79	168.72	3.33	117.27	7000.00
EP-1047	7.40	9.20	454.00	16.01	68.08	6.67	235.20	4900.00
EP-1060	7.40	7.80	419.00	14.78	57.72	7.26	256.03	5500.00
	11.10	14.30	664.00	23.42	158.73	4.18	147.54	7200.00
EP-1147	7.40	10.30	466.00	16.44	76.22	6.11	215.64	4300.00
HD-1170	7.40	10.00	480.00	16.93	74.00	6.49	228.78	4700.00
EP-1260	7.40	12.10	508.00	17.92	89.54	5.67	200.10	4000.00
HD-1260	7.40	10.50	499.00	17.60	77.70	6.42	226.51	4600.00

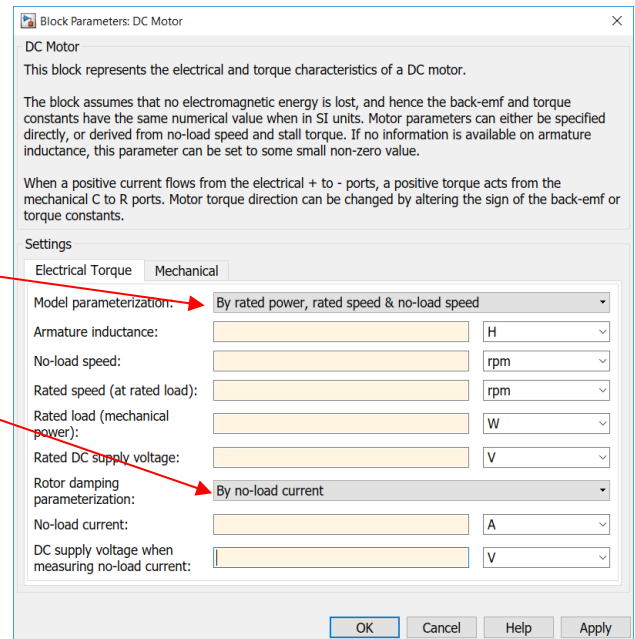
Plusieurs approches sont possibles pour saisir les caractéristiques du moteur dans Simscape. Le choix dépend du type d'informations fournies par le constructeur. Les approches possibles sont :

- par les paramètres du circuit équivalent
- par le couple de blocage et la vitesse à vide
- par la puissance nominale, la vitesse nominale et la vitesse à vide

L'hélice utilisée est la **EP-9047**. Les moteurs du drone seront alimentés par une batterie **LiPo 11,1 V**.

Ici nous choisirons de modifier les paramètres du moteur par la puissance nominale et la vitesse : « By rated power, rated speed and no-load speed ». La valeur de l'inductance n'est pas connue. Elle sera fixée à **0,01H**. La valeur de l'inertie est estimée à **1,12 g.cm²**

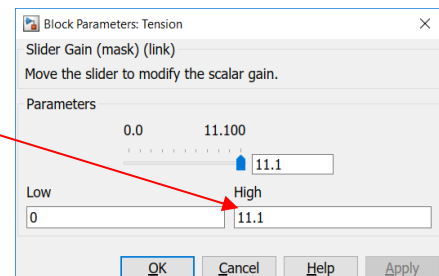
- Après avoir double-cliqué sur le « DC Motor », modifier les paramètres électriques du moteur (onglet « Electrical Torque ») de façon à coller aux caractéristiques du moteur réel en sélectionnant « By rated power, rated speed & no-load speed » et « By no-load current »
- Dans l'onglet « Mechanical », fixer la valeur de l'inertie



- Régler la durée de simulation sur 1 s



- Régler la valeur maxi du curseur à 11,1 et pousser le curseur au maximum.
- Lancer la simulation et visualiser la vitesse de rotation de l'hélice dans le scope.
- Déplacer le curseur sur 7 V
- Relancer la simulation et noter l'influence de la tension sur la vitesse de rotation.

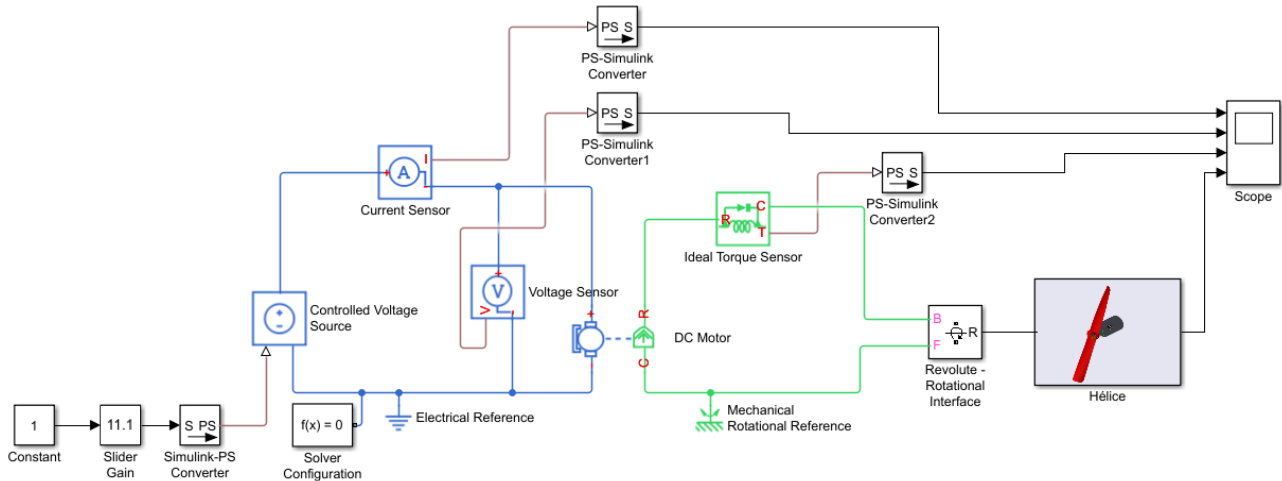


Instrumentation du modèle

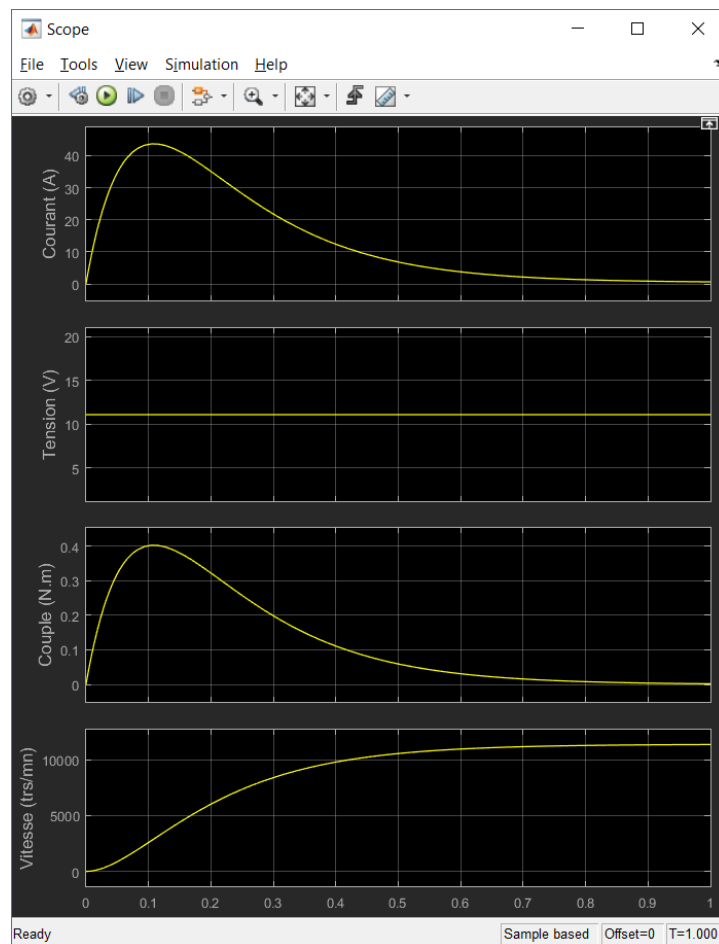
Afin de visualiser les courbes de l'évolution du couple, du courant et de la tension, nous allons instrumenter le modèle en ajoutant :

- Un ampèremètre
- Un voltmètre
- Un capteur de couple

- Compléter le schéma avec ces éléments en vous inspirant du schéma suivant :



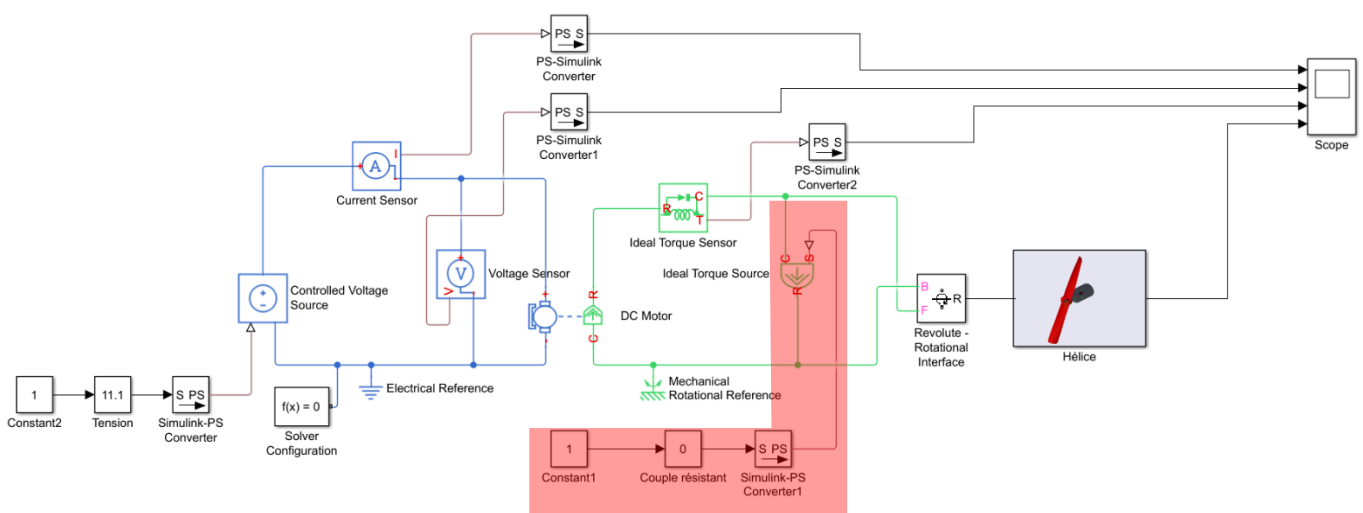
- Relancer la simulation. Vous devez obtenir un scope équivalent à celui-ci :



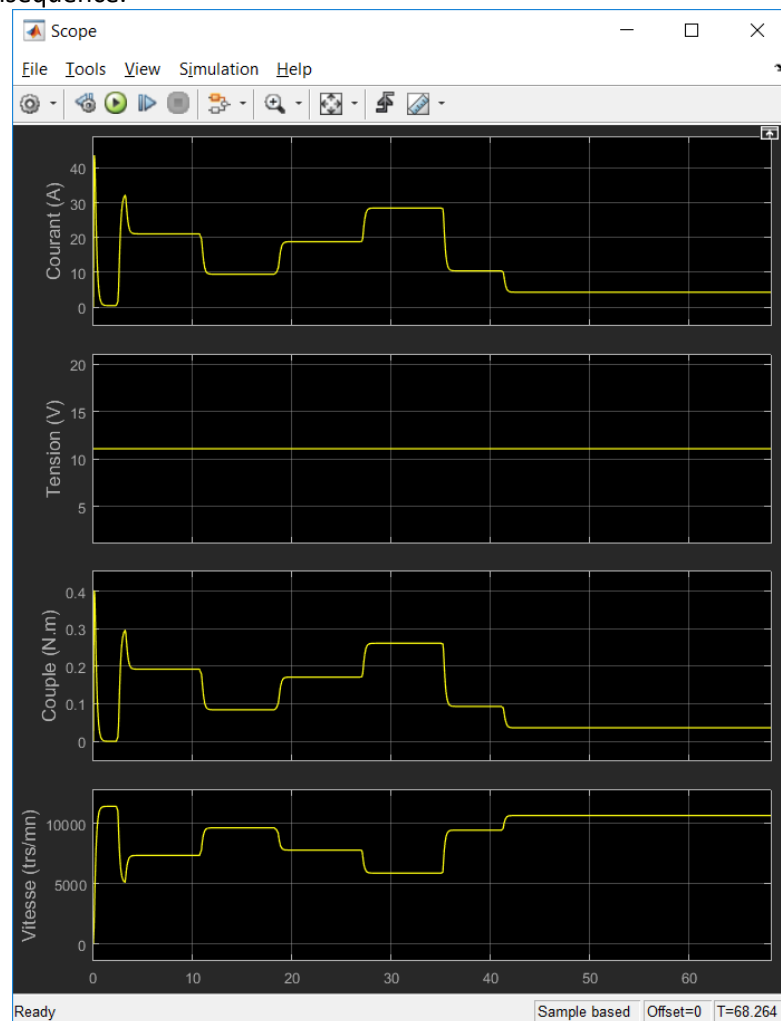
Ajout d'un couple résistant

Nous allons à présent simuler le comportement de l'ensemble en ajoutant un couple résistant variable représentant la poussée nécessaire à la sustentation du drone.

- Compléter le modèle en ajoutant une source de couple idéale (**Ideal Torque Source**) dont la valeur sera modifiable par un **slider**.



- Imposer une valeur maxi de 0.2 N.m au slider
- Modifier la durée de la simulation en imposant la valeur « inf »
- Lancer la simulation et faire varier la valeur du couple résistant. Constaté les variations de la vitesse et du courant en conséquence.



ANNEXE – Installation du plug-in Simscape Multibody Link pour SolidWorks

Le téléchargement du plug-in nécessite un compte Mathworks.

- Accéder à la page de téléchargement à l'adresse suivante : fr.mathworks.com/campaigns/offers/download_smlink.html
- Se connecter au site avec un compte valide en cliquant sur l'icône représentant un bonhomme en haut à droite.



- Lorsqu'elle vous est demandée, saisissez et/ou validez votre adresse email.
- Sélectionner votre version de Matlab, dans l'exemple suivant Matlab R2017a.

> Simscape Multibody Link 5.2 – Release 2018a (Simscape Multibody 5.2)

> Simscape Multibody Link 5.1 – Release 2017b (Simscape Multibody 5.1)

> Simscape Multibody Link 5.0 – Release 2017a (Simscape Multibody 5.0)

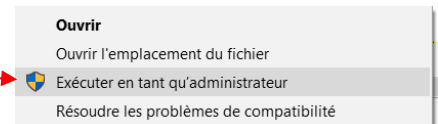
Simscape Multibody 5.0	
Win64 (PC) Platform	smlink.r2017a.win64.zip install_addon.m
UNIX (64-bit Linux)	smlink.r2017a.glnxa64.zip install_addon.m
Mac OS X (64-bit Intel)	smlink.r2017a.maci64.zip install_addon.m

> Simscape Multibody Link 4.9 – Release 2016b (Simscape Multibody 4.9)

> Simscape Multibody Link 4.8 – Release 2016a (Simscape Multibody 4.8)

- Télécharger les deux fichiers pour votre version de Matlab et pour votre OS, dans notre cas, [smlink.r2017a.win64.zip](#) et [install_addon.m](#)

- Lancer Matlab en tant qu'administrateur : clic droit sur l'icône Matlab -> Exécuter en tant qu'administrateur



- Depuis la fenêtre de commande, ajouter le répertoire contenant les fichiers téléchargés à la liste des répertoires connus par Matlab :

```
Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.

Primary and Secondary School License -- for use in teaching and meeting course requirements at primary and secondary schools only.

>> addpath('C:\SimulationMultiphysique_2019')
>> install_addon('smlink.r2017a.win64.zip')
Installing smlink...
Extracting archive smlink.r2017a.win64.zip to C:\Program Files\MATLAB\R2017a...
```

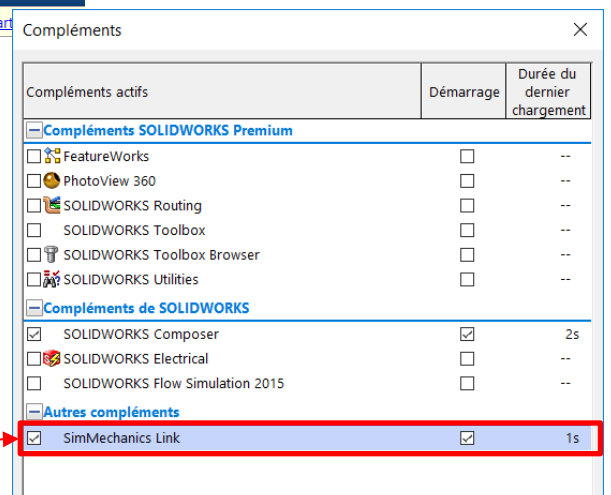
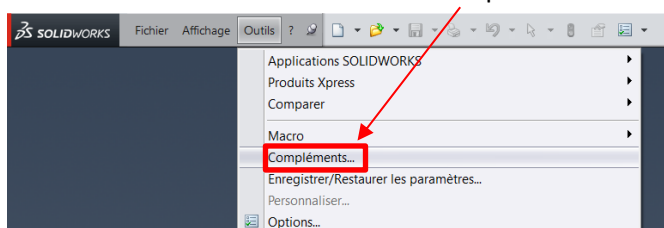
- Installer le module grâce à la commande : `Install_addon('smlink.r2017a.win64.zip')`
La commande doit être adaptée votre version de Matlab.

- Lancer la commande suivante : `regmatlabserver`
Une fenêtre s'ouvre en arrière-plan puis se referme.

```
Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.

>> regmatlabserver
fx >> |
```

- Lancer SolidWorks
- Accéder à la fenêtre « Outils » -> « Compléments »



- Cocher la case SimMechanics Link.