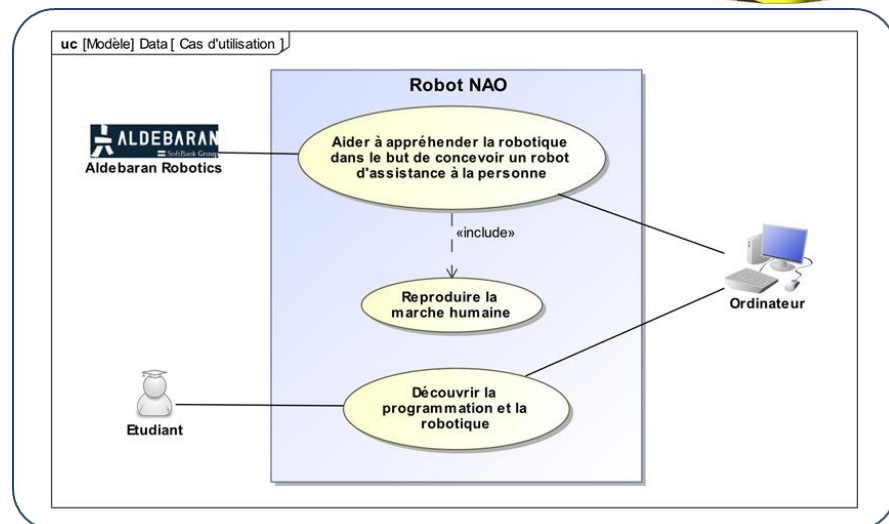


ROBOT NAO

CHEVILLE



Le robot NAO a été développé par la société Aldebaran afin de créer un prototype de robot humanoïde. L'objectif final de cette entreprise est de proposer aux clients des robots d'aide à la personne. Une autre finalité d'Aldebaran est de proposer aux enseignants et aux universitaires un support pour enseigner la robotique aux étudiants.

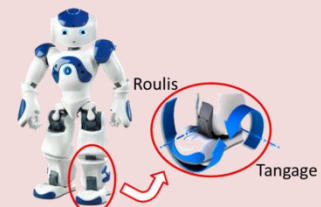
Cinématiquement et dynamiquement, le robot doit être capable de se déplacer plus ou moins rapidement, et de se relever. On s'intéresse ici à la modélisation de la cheville dans le cadre de la marche du robot.

Problématique :

On s'intéresse ici à la marche de NAO et en particulier au fonctionnement de l'ensemble pied – cheville – tibia qui sera nommé « cheville NAO ». Pour cela on dispose d'un système didactisé et de son modèle multiphysique.

Le robot NAO est-il en capacité de marcher à vitesse lente et à vitesse rapide ?

Pour répondre à cette question, on souhaite disposer d'un modèle multiphysique fiable, permettant de minimiser le nombre d'essais à réaliser sur le système.



PHASE 1

Manipulation expérimentale au laboratoire (durée : 4h00)

1 PREMIER TEMPS – 45 MINUTES

Au cours de ce premier temps, vous devez réfléchir et proposer une séquence de formation dont le contexte pédagogique est imposé.

- Titre de la séquence : Concevoir la commande d'un système asservi.
- Niveau de formation visé : TSI.

| | |
|-----------------------------|---|
| <p>Connaissances</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 5 3 Performances d'un système asservi Stabilité en BO: position des pôles, marge de phase et de gain dans le plan de Bode. Précision : Erreur en régime permanent pour une réponse indicielle ou rampe. Effet d'une action intégrale dans la chaîne directe Rapidité : temps de réponse à 5%, dépassement et bande passante en boucle ouverte. • 5 4 Contrôle et commande d'un système asservi Correction des systèmes asservis, classe d'une fonction de transfert. Effets sur les performances. Régulateurs P, PI, PD, PID et avance de phase. Discretisation d'un correcteur. |
|-----------------------------|---|

Vous devrez au cours de cette première période

- proposer une progression pédagogique adaptée au niveau de formation;
- préciser la situation de la séquence dans la progression pédagogique annuelle ;
- proposer la trame détaillée de cette séquence (activités, durée, coordination) ;
- identifier les prérequis de la séquence ;
- justifier ses choix de modalité pédagogique et didactique (TP, TD, cours, projet...).

L'ensemble de ces éléments doit être rédigé sur un support de présentation numérique.

2 DEUXIEME TEMPS – DECOUVERTE – MANIPULATION – OBSERVATION – DESCRIPTION

Objectif 1: S'approprier le fonctionnement de la cheville NAO

Cette première partie nécessite la lecture préalable des fiches : « Fonctionnement », « Acquisition » et « Ingénierie Systèmes ».

Activité 1

Mettre en service la cheville NAO en réalisant des essais dans les conditions expérimentales suivantes :

- ☐ asservissement « cheville » ;
- ☐ réglage du correcteur : $K_p = 200$, $K_i = 0$;
- ☐ consigne de tangage : sinus d'amplitudes 5° et de périodes 0,54s puis 2,16s;
- ☐ consigne de roulis : aucune ;
- ☐ tracer la consigne et l'angle réducteur de l'axe de tangage.

Justifier les valeurs de l'amplitude et des périodes de la consigne en utilisant le diagramme des exigences.

Activité 2

Préparer une synthèse orale décrivant le fonctionnement de la cheville et de ses constituants. Vous pourrez vous appuyer sur la représentation de la chaîne d'information et de la chaîne d'énergie.

Objectif 2: valider les choix technologiques du constructeur – Durée estimée

Activité 3

La résolution du capteur utilisé permet-elle de s'assurer que l'exigence 1.2.4.1 est vérifiée ?

3 APPROPRIATION DE LA PROBLEMATIQUE

Objectif 3 : s'approprier la problématique

Rappel : on souhaite connaître l'aptitude du robot NAO à marcher à allure faible et à allure rapide. Pour cela on souhaite disposer d'un modèle multiphysique fidèle au support réel.

Activité 4

- ☐ Commenter l'allure des courbes réalisées dans l'activité 1. Quelle peut être l'origine des écarts entre l'angle de consigne et l'angle mesuré ?
- ☐ En vous aidant éventuellement des activités proposées dans ce sujet, proposer une démarche permettant de faire en sorte que le robot NAO puisse marcher selon les modalités du cahier des charges. Vous pourrez en particulier préciser l'utilité que peut avoir un modèle multiphysique

4 ENRICHISSEMENT DU MODELE MULTIPHYSIQUE

Objectif 4 Analyser un modèle multiphysique

Cette première partie nécessite la lecture préalable des fiches : « Acquisition » et « Simulation ».

Afin de valider le modèle multiphysique, on se propose dans un premier temps d'analyser des réponses du système à un échelon. Réaliser les essais suivants sur le système :

| | Essai 1 | Essai 2 | Essai 3 | Essai 4 | Essai 5 |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Amplitude échelon (degrés) | 5 | 20 | 10 | 10 | 10 |
| Correcteur proportionnel Kp | 200 | 200 | 200 | 1000 | 1500 |

Activité 5

Déterminer l'écart statique et le temps de réponse du système. Les exigences 1.2.4.1 et 1.2.4.2 sont-elles satisfaites ? Que dire de l'influence du gain Kp sur les performances du système ?

Ouvrir le modèle « ChevilleNAO_Complete.slx ».

Activité 6

Décrire le modèle multiphysique. Vérifier que les conditions de simulation sont les mêmes que les conditions expérimentales. Réaliser les mêmes essais qu'à la question précédente. Confronter les résultats expérimentaux et les résultats issus de la simulation.

Objectif 5 Proposer des essais permettant de caractériser les frottements – Durée : 20 minutes

Activité 7

Le logiciel de mesure permet-il d'avoir accès au couple fourni par le moteur ? Quelle est l'unité physique du coefficient de frottement visqueux ? Proposer un protocole expérimental permettant d'étudier les effets du frottement visqueux ou du frottement sec. Comment pourrait-on prendre en compte le frottement dans le modèle ?

On choisit d'ajouter dans le modèle un bloc *Rotation friction* dans lequel on renseigne un couple d'adhérence de 5 mNm (*Breakaway friction torque*) et un couple de frottement en utilisant le modèle de Coulomb de 5 mNm (*Coulomb friction torque*).
– Pour cela décommenter le bloc sur le modèle –

Activité 8

En utilisant la documentation, modifier le modèle et observer l'évolution de la position de la cheville.

5 VALIDATION DU MODELE MULTIPHYSIQUE

Objectif 6 Valider le modèle

Activité 9

- ☐ Modifier le modèle pour simuler le comportement de la cheville en marche lente puis en marche rapide. Les résultats des simulations reflètent-ils le comportement réel de la cheville
- ☐ Quelles modifications supplémentaires pourrait-on apporter au modèle pour obtenir un modèle plus complet ?

6 SYNTHESE

Objectif 7 Exposer clairement le travail effectué

Activité 9

- ☐ Proposer un poster présentant une synthèse de votre travail. Sur ce poster devront apparaître les éléments clé abordés précédemment ainsi que la démarche scientifique mise en œuvre pour répondre à la problématique. Les outils de communication nécessaires à sa rédaction sont laissés à votre initiative.

PHASE 2

Préparation de l'exposé (durée : 1h00)

Le candidat prépare et termine la présentation qu'il effectuera devant le jury. Durant cette phase de préparation de l'exposé, le candidat n'a plus accès au système pluri technologique, support de l'activité pratique et aux logiciels de simulation. Le candidat conserve cependant à sa disposition l'ensemble des ressources associées au sujet. Il dispose d'un poste informatique doté des logiciels courants de bureautique et de ses résultats obtenus lors de la phase 1.

PHASE 3

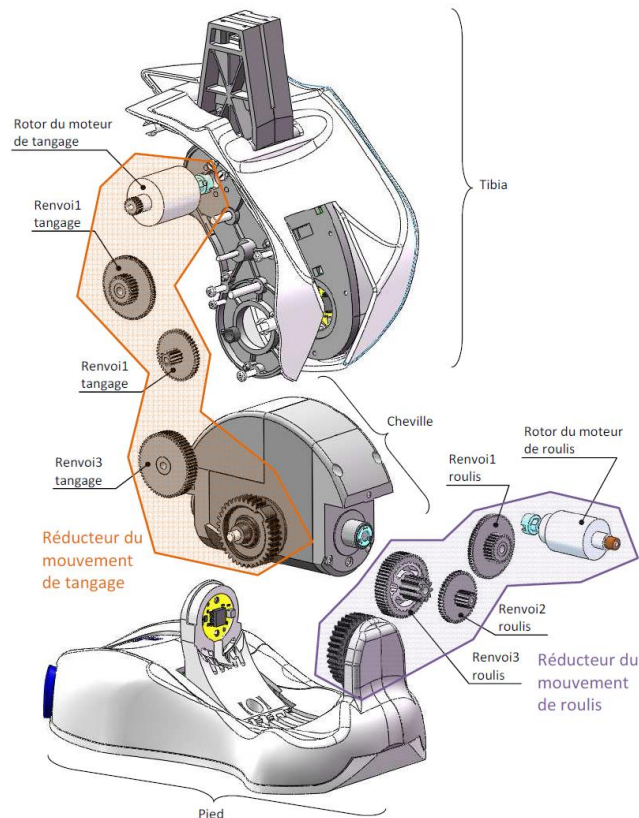
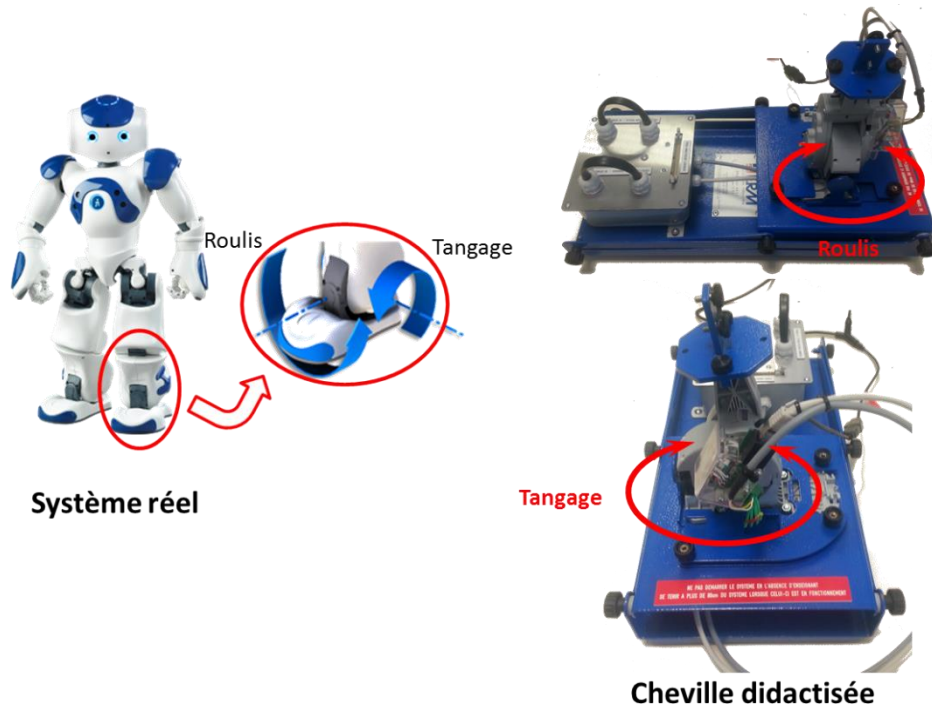
Présentation des travaux (durée : 1h00)

L'exposé oral, d'une durée maximale de 30 minutes, comporte :

- ☐ la présentation de la séquence de formation dont le contexte pédagogique est imposé (durée indicative de 15 minutes) ;
- ☐ la présentation de la pertinence du support par rapport à la séquence pédagogique imposée (5 minutes) ;
- ☐ la présentation de la séance à caractère expérimentale envisagée dans le cadre de la séquence pédagogique exposée (10 minutes).

7 FICHE FONCTIONNEMENT : MISE EN ŒUVRE DE LA CHEVILLE NAO ET MESURE

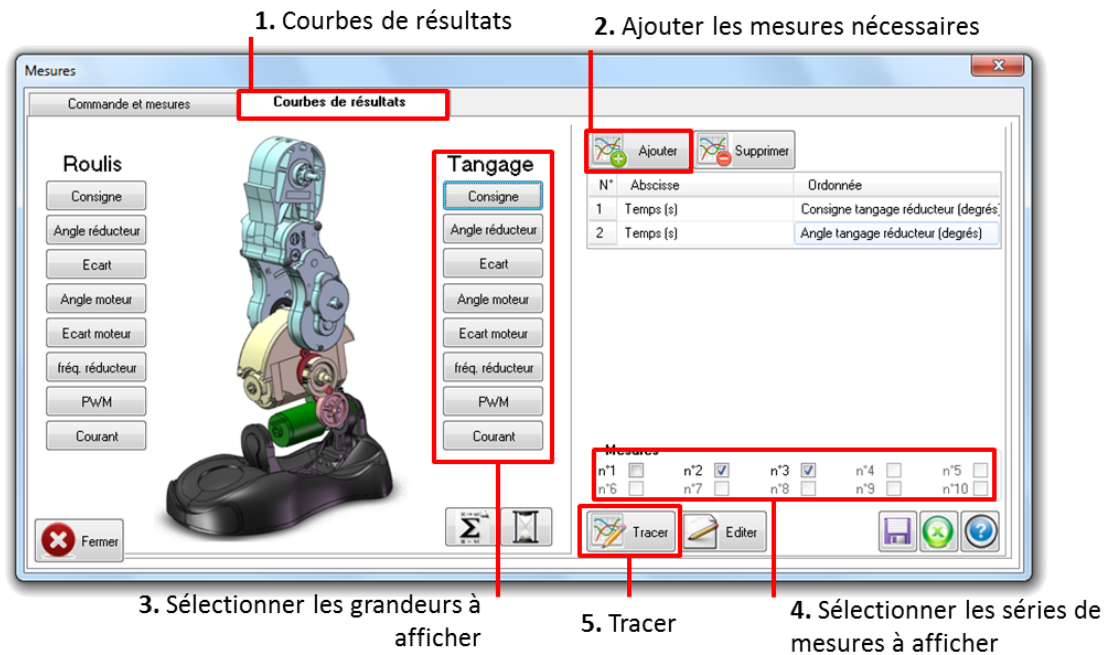
7.1 Description générale



7.2 Lancement du logiciel

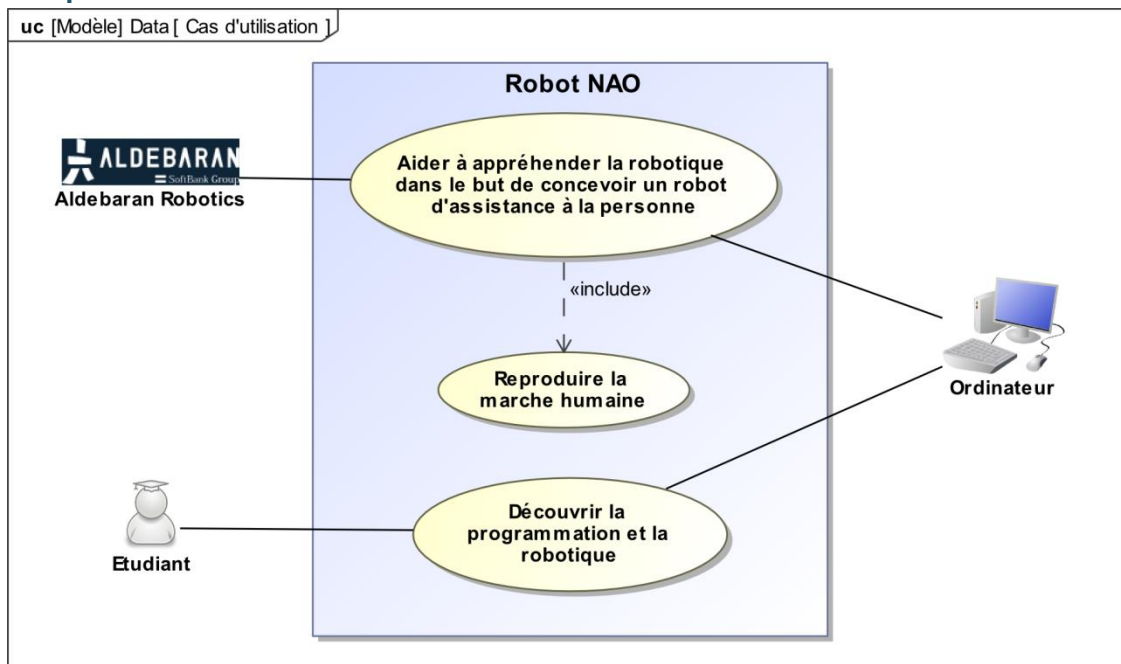
1. Lancer le logiciel NAO Ankle kit disponible sur le bureau.
2. Vérifier que le PI en position initiale est bien au valeur indiquée ci-dessous.

4. Sélectionner les séries de mesures à afficher.
5. Tracer les courbes.



9 FICHE INGENIERIE SYSTEMES

9.1 Diagrammes partiels des cas d'utilisation



9.2

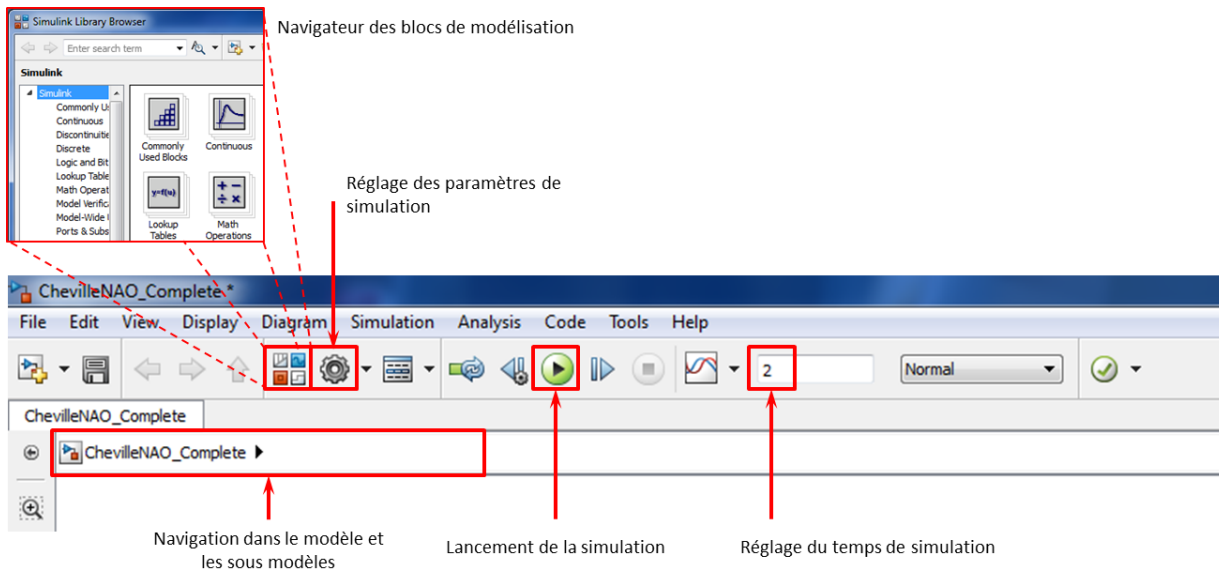


9.3



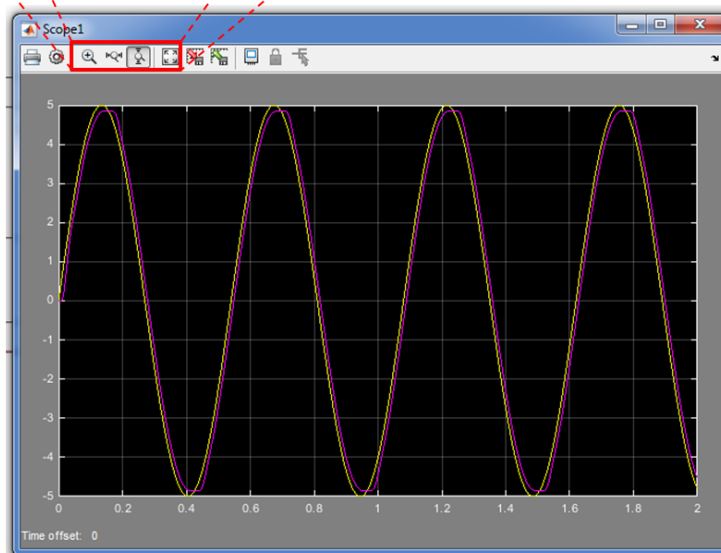
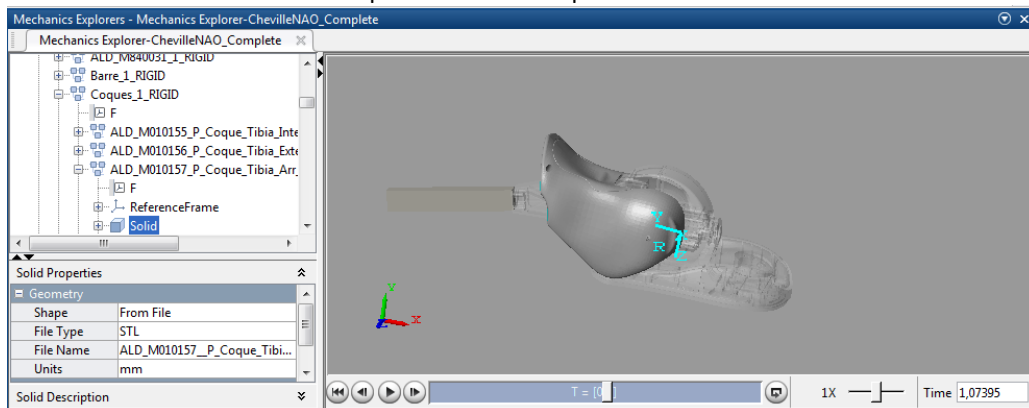
10 FICHE SIMULATION : UTILISATION DE MATLAB – SIMULINK

10.1 Fenêtres Matlab-Simulink




10.2 Lancement d'une simulation

Pour lancer une simulation appuyer sur le triangle vert. Il est possible d'observer dans la fenêtre Matlab le comportement de la cheville. Pour visualiser une courbe double cliquer sur un des scopes.



Double cliquer pour visualiser la courbe

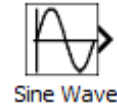
10.3 Ajouter / Modifier des blocs

Pour ajouter les blocs, il faut ouvrir le Simulink Library Browser .

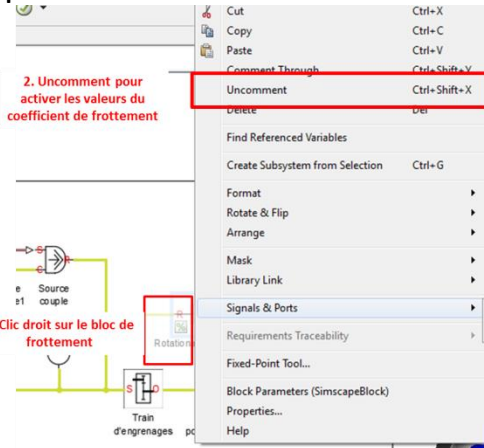
Modification d'une entrée sinusoïdale :

Attention, il faut indiquer la **pulsation** dans le champ frequency.

Simulink ► Sources ► Sine Wave



Débloquer le bloc de frottement en rotation :



Rotational Friction

- **C** : port à relier à la référence mécanique;
- **R** : port à relier à la connexion qui subit le frottement.

Paramètres du bloc :

- *breakaway friction force* : couple à partir duquel le mouvement commence ;
- *coulomb friction force* : couple de frottement qui s'exerce pendant le mouvement ;
- *viscous friction coefficient* : coefficient de frottement visqueux (négligé ici : $10e-10$).