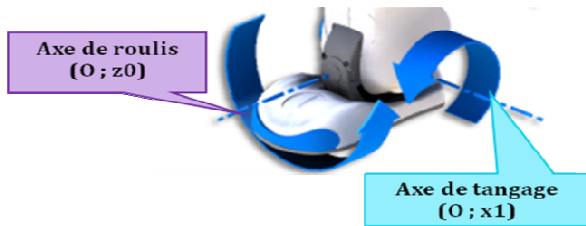


**Problème technique**

Pour assurer au robot NAO des performances élevées, le constructeur a conçu la cheville et son pied avec des caractéristiques dimensionnelles adaptées aux évolutions des positions d'équilibre du robot dans ses déplacements.

Afin d'identifier quels paramètres géométriques interviennent, l'objet de ce TP est d'identifier expérimentalement l'angle limite d'équilibre de la cheville dans sa rotation autour de l'axe de tangage puis de valider cette modélisation.

**Objectif et démarche**

La démarche d'identification permet la caractérisation d'un modèle associé à ce système, à partir de relevés expérimentaux.

L'objectif de ce TP est d'identifier, à partir d'expériences, les paramètres influents dans l'équilibre de la cheville pour diagnostiquer l'écart entre les résultats obtenus et ceux issus de la modélisation.

Cette démarche s'inscrit dans l'acquisition de la compétence suivante:

**C08 itec3** : "Mettre en œuvre un protocole d'essais et de mesures, interpréter les résultats"

**C08 itec4** : "Comparer et interpréter le résultat d'une simulation d'un comportement mécanique avec un comportement réel"

Le système est excité à partir de consignes en position. Les paramètres sur lesquels l'élève agit sont la position de la masse sur la barre et la valeur de la masse.

La réponse du modèle de comportement pour une consigne en position est obtenue par simulation sous Excel. Enfin, le diagnostic des écarts entre les résultats théoriques et les réponses expérimentales permettra de se prononcer sur la représentativité de cette modélisation.

**Table des matières**

1. PRISE EN MAIN DU ROBOT NAO	2
2. PRISE EN MAIN DE L'ENSEMBLE CHEVILLE	2
3. ETUDE EXPERIMENTALE	3
4. MODELE DE PRODUIT DE LA CHEVILLE	4
5. MODELISATION DE L'ENVIRONNEMENT - MODELE DE CONNAISSANCE	4
6. DIAGNOSTIC ET SYNTHESE	5

## 1. PRISE EN MAIN DU ROBOT NAO

Mettre le robot **NAO** sous tension et vérifier sa connexion au chargeur et à l'ordinateur. Lancer **NAOQI** pour l'initialisation.

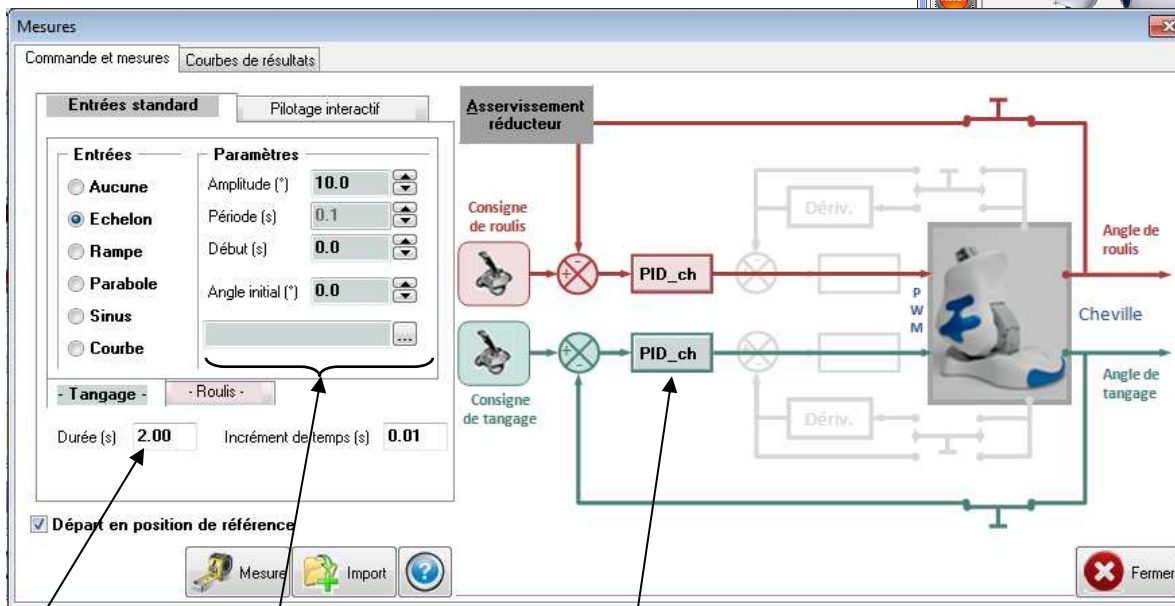
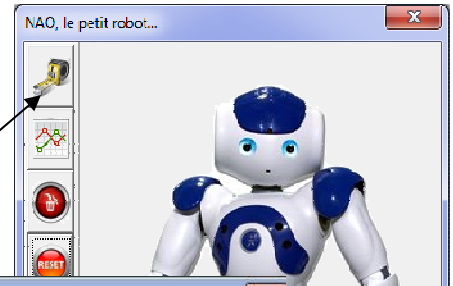
Lancer **CHOREGRAPHE** en double cliquant sur le fichier **Debout-Marche-Assis.crg**.

Cliquer **CONNEXION**, sélectionner la ligne **NAO**.et cliquer sur **CONNECT**. Cliquer sur **PLAY** pour lancer le programme. Faire de même pour le fichier : **Taichi.crg**.

Observer en particulier les mouvements de tangage et de roulis de la cheville de NAO.

Vérifier que la cheville est connectée à l'ordinateur puis lancer le logiciel de commande et d'affichage NAO-dev.exe.

Cliquer sur MESURES.  
L'écran ci-dessous s'affiche.



Durée de l'essai

Paramètres de réglage de la consigne en position

Paramètres liés au pilotage interne de la cheville : ouvrir le pavé **PID\_ch** pour régler les paramètres de comportement

## 2. PRISE EN MAIN DE L'ENSEMBLE CHEVILLE

### Premier essai :

Envoyer en entrée un échelon de position d'amplitude  $30^\circ$ , de début = 0 s, et de durée 2s sur l'axe de tangage commandé en Boucle Fermée avec  $K_p(\text{coefficient de comportement}) = 500$  ;  $K_d = 0$  et  $K_i = 0$

Afin de ne commander que l'axe de tangage, il est nécessaire de vérifier l'immobilité de l'axe de roulis, pour cela, cliquer sur l'onglet **Roulis**, les paramètres de réglage sont visibles, mettre en place une commande en échelon d'amplitude nulle.

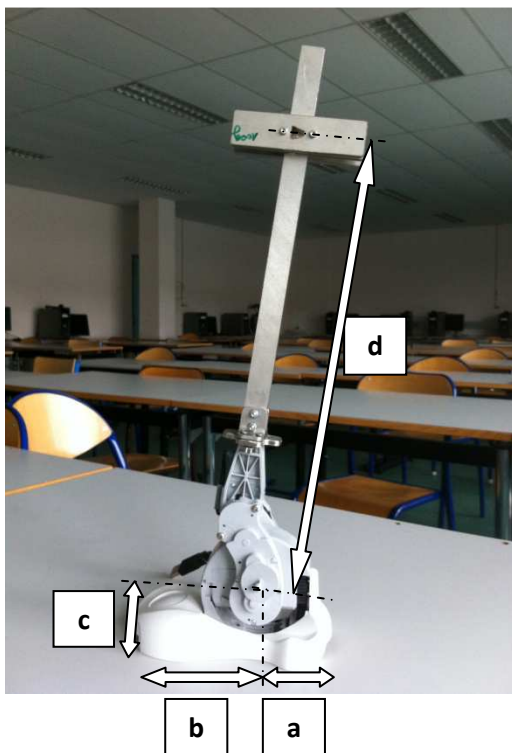
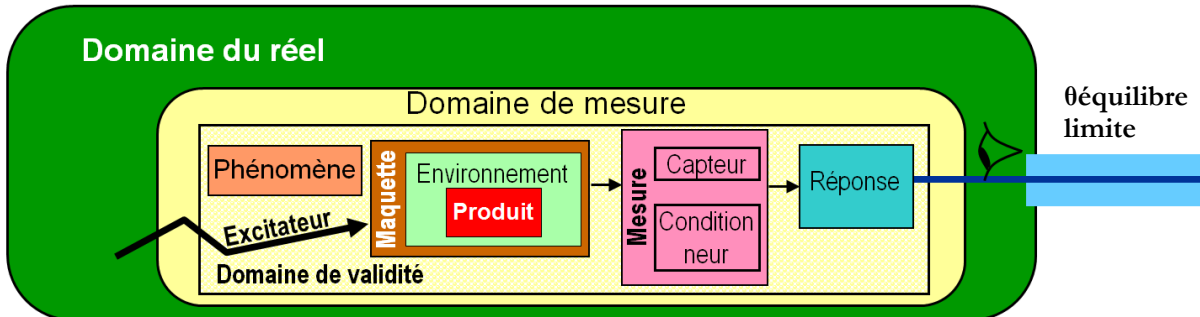
Lancer la **MESURE**. L'axe rejoint sa position initiale puis le mouvement demandé s'exécute.

Réaliser l'**IMPORT**. Fermer la fenêtre de **MESURE** et ouvrir la fenêtre d'**AFFICHAGE DE COURBES**. Cocher la mesure N° 1.

Avec **AJOUTER**, afficher la position en entrée (**COMMANDE**) et celle en sortie (**ANGLE REDUCTEUR**) de l'axe de tangage en fonction du temps. Observer...

### 3. ETUDE EXPERIMENTALE

Il s'agit dans cette partie d'effectuer deux séries de mesures sur la cheville.



#### **Maquette produit:**

La masse du robot est représentée par une masse centrée en un point distant d'une valeur  $d$  de l'axe de tangage. La mobilité de l'axe de roulis est bloquée.

#### **Maquette environnement:**

Le support sur lequel repose le pied est considéré comme parfaitement plan. L'effet extérieur agissant sur la masse est la Gravité.

#### **Excitateur:**

Commande en position angulaire de l'axe de tangage

#### **Protocole expérimental :**

Pour chaque série de mesures, l'objectif est d'identifier l'angle  $\theta$  limite pour lequel l'équilibre est rompu. Pour des raisons de stabilité, cet angle est atteint par pilotage.

La consigne angulaire doit être maintenue bloquée pendant 60 secondes afin de pouvoir déplacer la masse à la distance  $d$  pour laquelle l'équilibre est rompu.

Ainsi, pour chaque étude, **le pied doit être maintenu par l'élève jusqu'à ce que le tibia ait atteint la position souhaitée.**

Le déséquilibre éventuel sera observé lorsque l'élève relâche le pied.

**Attention: ne pas laisser la cheville tomber brutalement.**

#### **Première série de mesures:**

- paramètre fixé : Masse = 200g
- paramètre variable :  $d$ : position de la masse

Envoyer une **entrée en échelon de position d'amplitude  $\theta$  °, de début = 0 et de durée 60 s.**

Une fois la position atteinte, déplacer délicatement la masse à la main.

**Q1 :** à partir des différentes consignes angulaires, déterminer expérimentalement la distance  $d$  pour laquelle d'équilibre de la cheville est rompu. Compléter le tableau suivant:

$\theta$ en degrés	13	16	18	21	24	26
$d$ en mm						

**Q2 :** tracer sur Excel  $d = f(\theta)$

**Q3 :** que peut-on constater sur l'allure de la courbe ?

**Deuxième série de mesures:**

- paramètre fixé :  $d = 300$  mm
- paramètre variable : la masse  $M = 100$  g ;  $200$  g ;  $400$ g

Pour chaque Masse, envoyer une entrée en échelon de position d'amplitude  $\theta = 25^\circ$ , de début =  $0$  s, et de durée  $10$  s.

**4. MODELE DE PRODUIT DE LA CHEVILLE**

**Q4 :** à partir des différentes Masses mises à disposition, que constate-t-on sur le comportement de la cheville.

A partir de la cheville mécanique et du dossier technique,

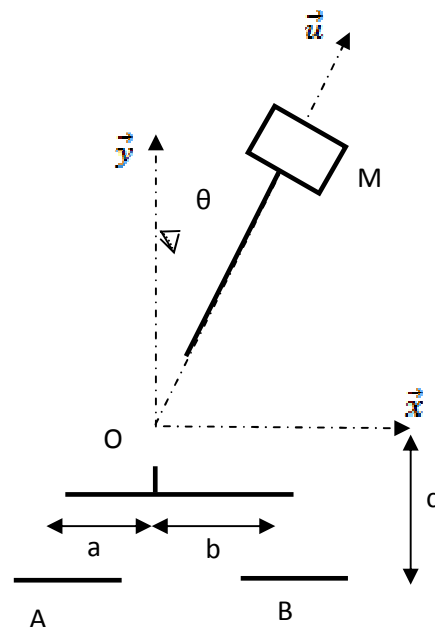
**Q5 :** justifier l'existence du plan  $(O, \vec{x}, \vec{y})$  comme plan de symétrie

**Q6 :** quelles hypothèses peut-on formuler concernant le contact pied / sol.

**Q7 :** le contact pied/sol est réalisé par deux liaisons ponctuelles en A et B. Ce choix est il judicieux.

**Q8 :** quelle est la liaison normalisée entre le tibia et le pied. Justifier ce choix.

**Q9 :** à partir de la cheville mécanique et du dossier technique, compléter le schéma le schéma cinématique de la cheville.



**5. MODELISATION DE L'ENVIRONNEMENT - MODELE DE CONNAISSANCE**

L'objet de cette partie est de valider la modélisation à partir d'une simulation sous Excel au vu des résultats expérimentaux obtenus.

**Q10 :** quelles sont les actions mécaniques extérieures qui agissent sur l'ensemble pied-tibia-masse ponctuelle ?

**Q11 :** donner pour chacune d'elles ses caractéristiques (direction, sens, norme)

**Q12 :** à partir de la maquette cheville, relever les distances entre le centre de liaison de chaque ponctuelle et l'origine du repère:

AO sur  $\vec{x}$  = a = .....mm

OB sur  $\vec{x}$  = b = .....mm

AO sur  $\vec{y}$  = c = .....mm

Ouvrir Le fichier Excel : **TP Equilibre.xls**.

**Q13 :** à partir des caractéristiques dimensionnelles relevées précédemment (a, b, c), compléter le fichier Excel .Que peut-on constater sur l'allure de la courbe obtenue?

**Q14 :** modifier la valeur de c. Que peut-on constater sur l'allure de la courbe obtenue ? Que peut-on conclure sur l'influence de cette dimension?

En considérant que les points A, O et B peuvent être alignés sans influence sur d :

**Q15 :** sur le document réponse, à l'échelle 1, reporter les points B, O sur l'axe des  $\vec{x}$  puis G pour  $\theta = 26^\circ$ . Tracer le triangle BOG. Que peut-on constater ?

**Q16 :** Par quelle relation mathématique peut-on vous lier  $\theta$ , d et b.

## **6. DIAGNOSTIC ET SYNTHÈSE**

**Q17 :** Reporter les valeurs obtenues expérimentalement pour **d** lors de la série de mesure dans la colonne d mesuré?

**Q18 :** Comment peut-on définir l'écart apparent entre les deux courbes représentatives de d mesuré et d simulé en fonction de  $\theta$  ?

**Q19 :** Compte tenu de la réponse en Q17, par quel moyen peut-on vérifier la précision des relevés expérimentaux?