

Ressources Cheville Nao

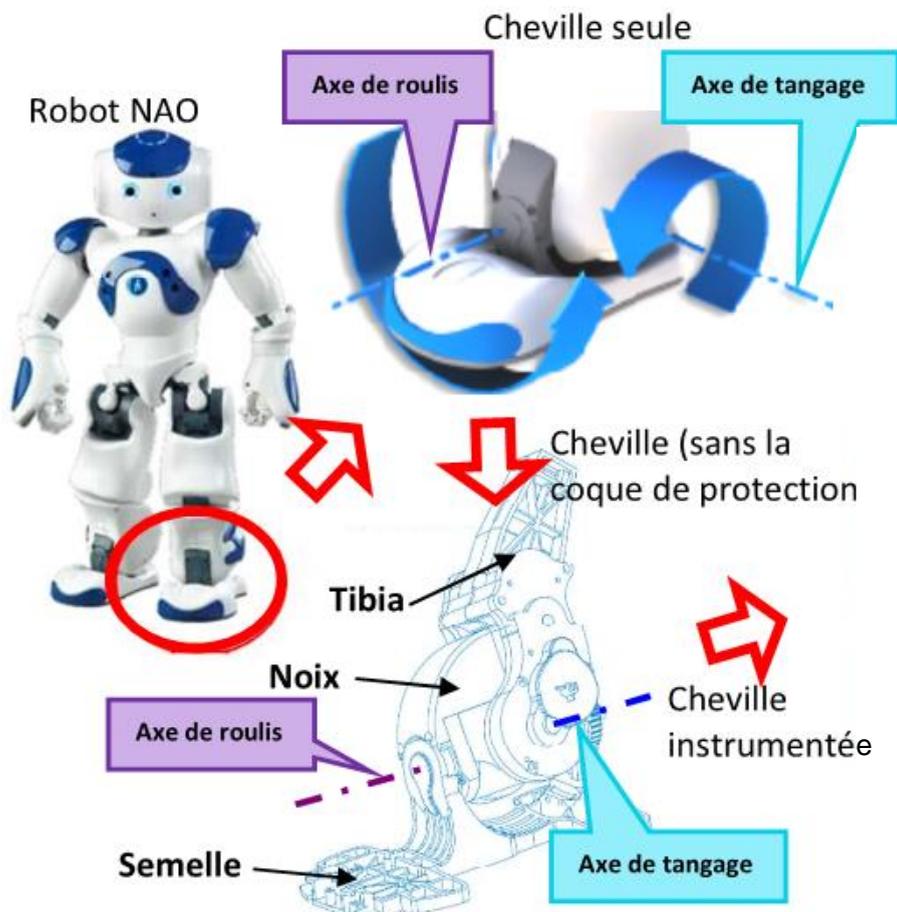
1. Présentation du système

Nao est un robot humanoïde de 58cm conçu par Aldebaran Robotics, une start-up parisienne à la pointe de la robotique mobile. Déjà produit à plusieurs centaines d'exemplaires, Nao fait figure de référence dans le monde de la robotique mobile. Il est notamment utilisé pour la Robocup : compétition internationale de robotique dont l'objectif est de faire jouer au foot des robots bipèdes. Nao est au cœur de nombreuses recherches préfigurant les applications de la robotique humanoïde : jeux multimédia, aide à l'apprentissage, assistance à la personne, interventions en milieux extrêmes, surveillance...



La problématique proposée est de modéliser l'asservissement de l'articulation de la cheville du robot. Cette modélisation permettra d'optimiser les paramètres d'asservissement suivant les scénarios imposés au robot dans son cahier des charges.

Les axes de la cheville



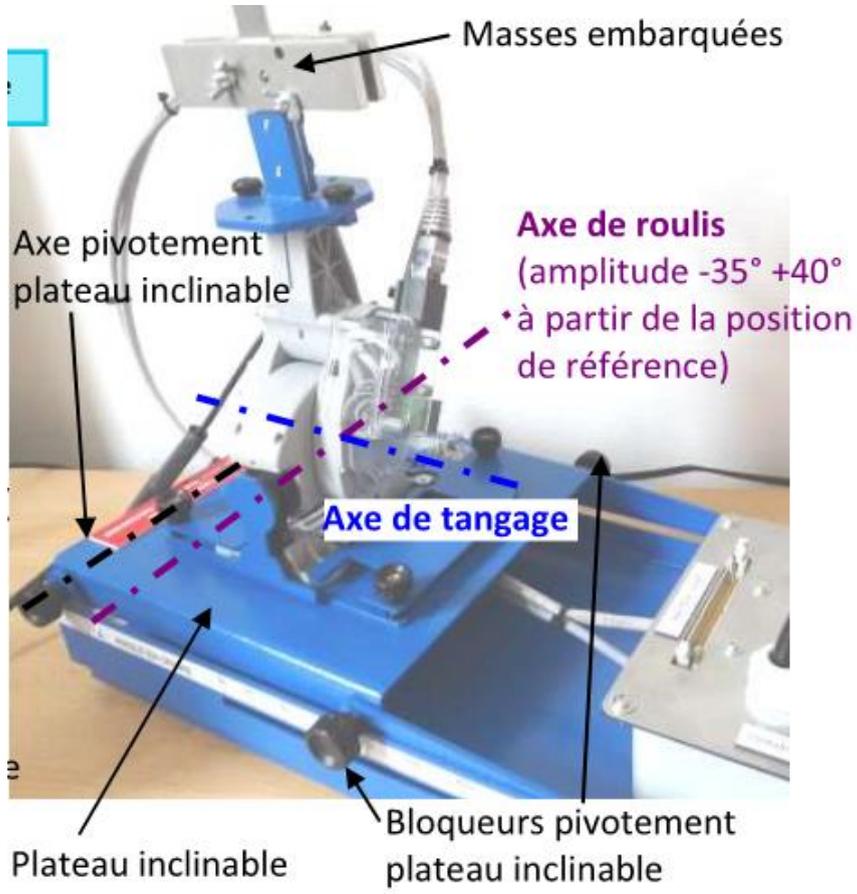
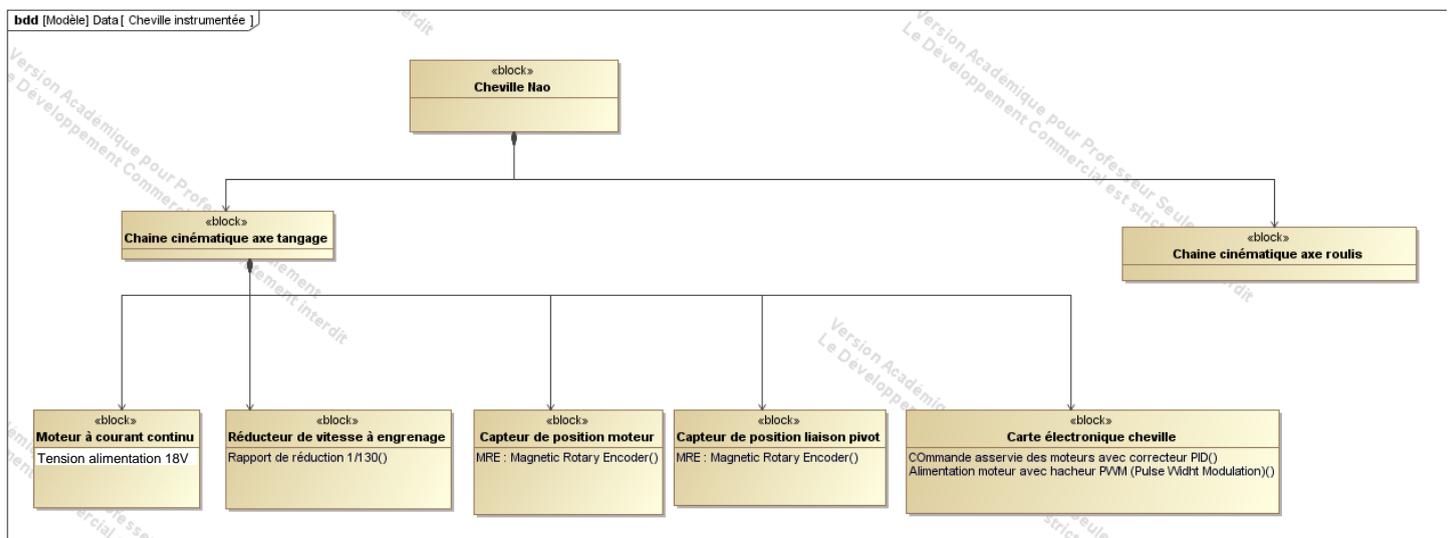


Diagramme de définition de bloc de la cheville



2.Extrait du cahier des charges

Exigence		Critères		Niveaux
1.1	Le système doit permettre le déplacement du robot Nao en marche rapide	C1.1	Angle de tangage tibia / noix+semelle mesuré à partir de la position tibia \perp à semelle.	+10° (extension) à +40°(flexion)
		C1.1	Angle de roulis noix / semelle mesuré à partir de la position noix \perp à semelle.	-10° à +10°
		C1.2	- Temps de réponse à 5% en réponse à un échelon - Écart statique - Marge de phase - Dépassement pour une consigne en échelon	<0,5s <1° >45° <10%

3. Modélisation de l'axe de tangage

L'objectif est de réaliser un modèle permettant d'observer les critères de dépassement et de rapidité de l'axe de tangage de la cheville.

Ce modèle permettra ensuite d'évaluer l'influence des paramètres de la cheville (Gain du correcteur, masse, rapport de réduction,...) sur ses performances.

3.1.Variables d'environnement pour l'axe de tangage

Chargement extérieur	Aucune masse ajoutée
Positionnement	Plateau incliné à 90°
Réglage du correcteur	Gain proportionnel : Kp=1200 (Pas d'intégrateur ni de dérivateur) Kp=200 (Pas d'intégrateur ni de dérivateur) Vous caractériserez deux modèles avec les deux valeurs de Kp définies.
Excitateur	Échelon ou sinus d'amplitude crête/crête de 10°

3.2.Domaine de validité du modèle

Pour une entrée échelon	
Écart sur la valeur finale	< 10%
Écart du premier dépassement du résultat D_{mod} par rapport au premier dépassement de la réponse D_{exp}	< 20%
Écart du temps de réponse à 5% du résultat $Tr5\%_{\text{mod}}$ par rapport au temps de réponse à 5% de la réponse $Tr5\%_{\text{exp}}$.	< 20%

4. Description des composants

4.1. Chaîne d'information : Le capteur de position angulaire

Extrait de la documentation constructeur

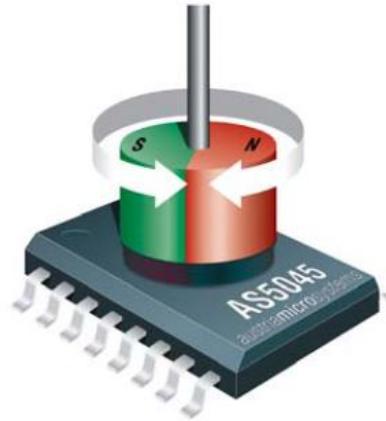
1 General Description

The AS5045 is a contactless magnetic rotary encoder for accurate angular measurement over a full turn of 360°. It is a system-on-chip, combining integrated Hall elements, analog front end and digital signal processing in a single device.

To measure the angle, only a simple two-pole magnet, rotating over the center of the chip, is required. The magnet may be placed above or below the IC.

The absolute angle measurement provides instant indication of the magnet's angular position with a resolution of $0.0879^\circ = 4096$ positions per revolution. This digital data is available as a serial bit stream and as a PWM signal.

An internal voltage regulator allows the AS5045 to operate at either 3.3 V or 5 V supplies.



2 Benefits

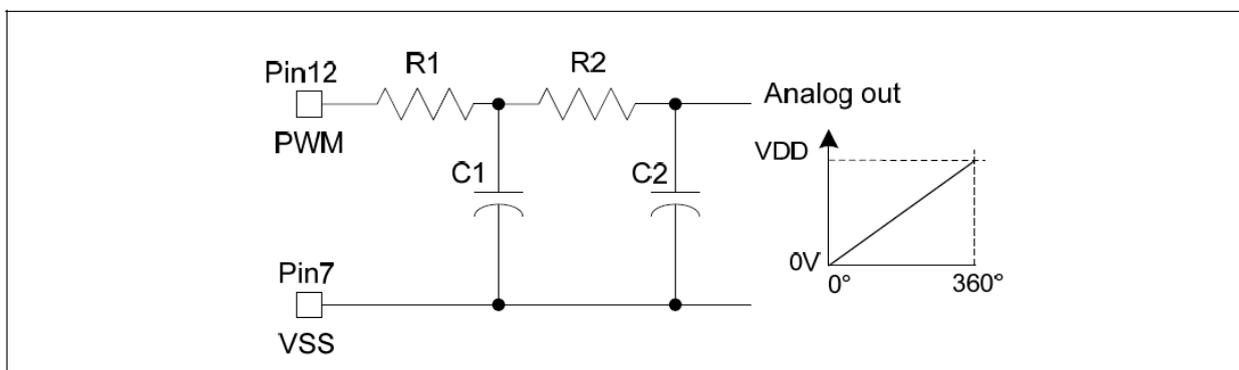
- Complete system-on-chip
- Flexible system solution provides absolute and PWM outputs simultaneously
- Ideal for applications in harsh environments due to contactless position sensing
- No calibration required

3 Key Features

- Contactless high resolution rotational position encoding over a full turn of 360 degrees
- Two digital 12bit absolute outputs:
 - Serial interface and
 - Pulse width modulated (PWM) output
- User programmable zero position
- Failure detection mode for magnet placement monitoring and loss of power supply
- "red-yellow-green" indicators display placement of magnet in Z-axis
- Serial read-out of multiple interconnected AS5045 devices using Daisy Chain mode
- Tolerant to magnet misalignment and airgap variations
- Wide temperature range: - 40°C to + 125°C
- Small Pb-free package: SSOP 16 (5.3mm x 6.2mm)

An analog output can be generated by averaging the PWM signal, using an external active or passive low pass filter. The analog output voltage is proportional to the angle: $0^\circ = 0V$; $360^\circ = VDD5V$.

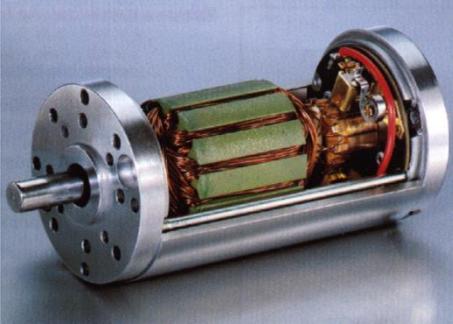
Using this method, the AS5045 can be used as direct replacement of potentiometers.



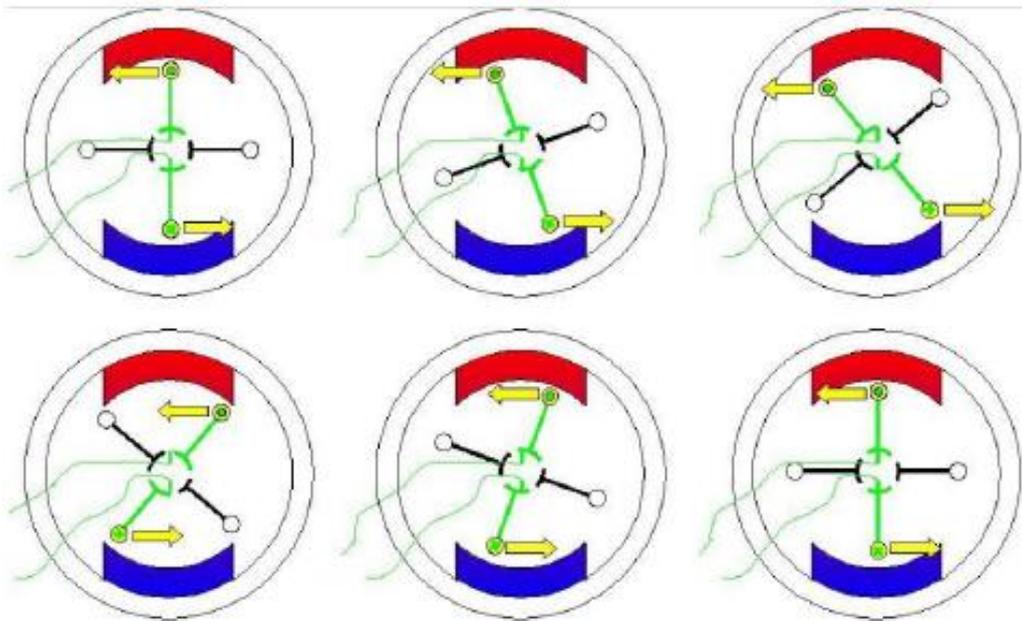
4.2. Chaîne d'énergie :

4.2.1. Le moteur à courant continu

Principe de fonctionnement



Le moteur électrique à courant continu est constitué d'aimants et de fils enroulés. Il se base sur la force de Laplace : tout conducteur parcouru par un courant et plongé dans un champ magnétique subit une force, la force de Laplace, proportionnelle à l'intensité du courant et du champ magnétique. Un système particulier permet de faire varier le passage du courant dans les fils, afin de générer une force de Laplace motrice pour le mouvement de rotation (présenté figure suivante).



Mise en équation

Pour traduire le comportement dynamique du moteur à courant continu il faut écrire 4 équations : deux d'entre elles sont des lois fondamentales de la physique (loi des mailles et PFD), les deux autres étant issues des lois sur l'électromagnétisme.

On définit les grandeurs propres au fonctionnement du moteur :

- $i(t)$: intensité (en Ampère) dans le moteur
- $u_{M(t)}$: tension (en Volt) aux bornes du moteur
- $C_M(t)$: couple (en Nm) délivré par le moteur
- $C_R(t)$: couple résistant (en Nm) provenant en partie de la tension de la corde
- $\omega_M(t)$: vitesse de rotation (en rad/s) du moteur
- $e(t)$: force contre électromotrice (en Volt) du moteur
- L : inductance de l'induit
- R : résistance électrique du moteur
- J : inertie équivalente (en kgm^2) à l'ensemble mobile
- $K_c = K_e$: constantes de couple et de force électromotrice

Equation électrique :
$$u_m(t) = e(t) + Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt}$$

Equation mécanique (PFD) :
$$J \frac{d\omega_m}{dt}(t) = C_m(t) - C_r(t) = C_m(t) - \mu \cdot \omega_m(t) - C_f - \dots$$

Equations de couplage :
$$e(t) = K_e \cdot \omega_m(t) \quad \text{et} \quad C_m(t) = K_c \cdot i(t)$$

Un couple est une action mécanique qui a tendance à s'opposer à la mise en rotation d'un solide.

Un couple résistant ($C_r(t)$) va donc avoir tendance à freiner un solide en rotation. On modélise souvent le couple résistant dû aux frottements en le décomposant en couple de frottement sec (C_f) et en couple de frottement visqueux ($\mu \cdot \omega_m(t)$). L'inertie (équivalente) traduit la difficulté d'accélérer un solide en rotation. Sa masse ainsi que ses dimensions radiales influent sur le moment d'inertie J .

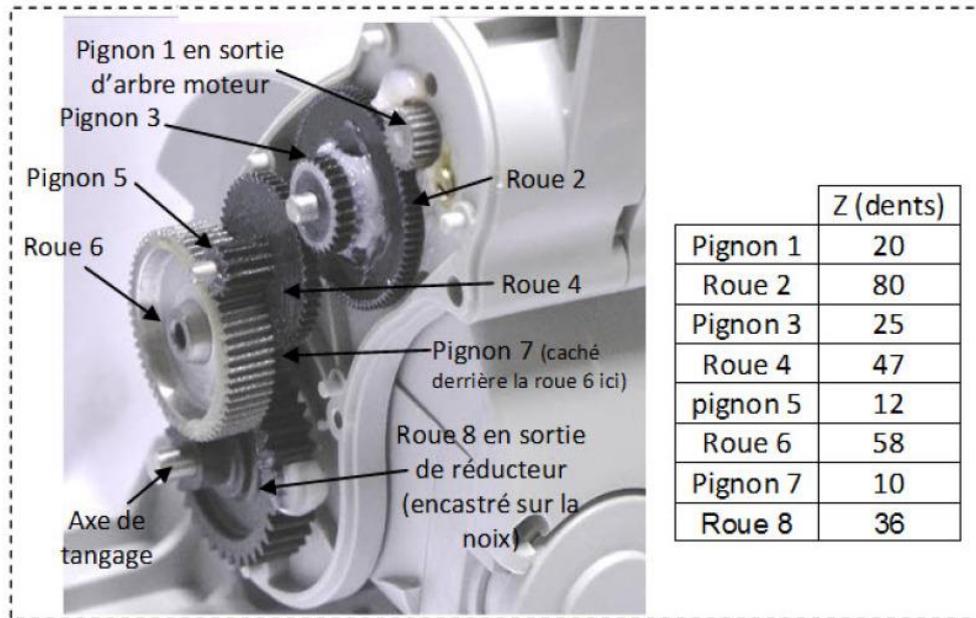
Ces équations permettent d'obtenir les fonctions de transfert du système perturbé :

$$\Omega_m(p) = H_u(p) \cdot U_m(p) + H_r(p) \cdot C_r(p)$$

Document constructeur du moteur électrique de la cheville

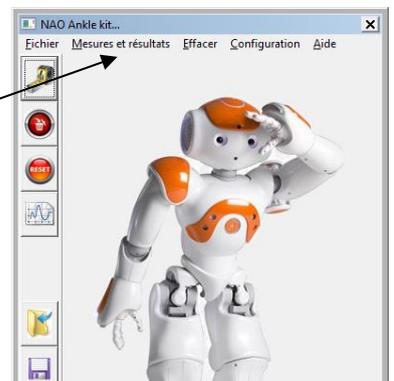
Specification	unit	value	tolerance
Measured values			
1 Measuring voltage	V	18	-
2 No-load speed	rpm	8300	±10%
3 No-load current	mA	75	max
4 Starting voltage	V	-	max
5 Terminal resistance	Ohm	5.4	±10%
Recommended values			
10 Continuous current (at 22°C)	A	0.92	max
11 Continuous torque	mNm	16.1	max
12 Angular acceleration	10 ³ rad/s ²	181	max
13 Ambient working temperature range	°C	-30°C to 65°C	typical
14 Rated coil temperature	°C	155	max
Intrinsic parameters			
20 Back-EMF constant	V/1000 rpm	2.03	±8%
21 Torque constant	mNm/A	19.4	±8%
22 Motor regulation R/k2	10 ³ /Nms	13.71	typical
23 Rotor inductance (@1kHz)	mH	0.6	typical
24 Mechanical time constant	ms	4.5	-
25 Thermal resistance rotor-body	°C/W	6	typical
26 Thermal resistance body-ambient	°C/W	22	typical
27 Thermal time constant – rotor	s	9	typical
28 Thermal time constant –stator	s	550	typical
29 Rotor Inertia	Kgm ² 10 ⁻⁷	4.8	typical
30 Stall torque	mNm	68	±8%
Customer specifications			
40			
42 Outline dimensions		See drawing, ref.: 1011226001.S11	
43			
Other specifications			
50 End play: ≤ 150µm			
51 Motor fitted with sleeve bearings			
52 Shaft runout: ≤ 10 µm			
53 Max side load at 5 mm from mounting face: - sleeve bearings 3N			
54 Max axial static force for press-fit: 150N			
55 Viscous damping constant: 0.1 x 10 ⁻⁵ Nms			
56 Motor rotation when red wire "+": CW			
57 Graphite/Copper Commutation System – 9 segments			
58			

4.2.2. Le réducteur à trains d'engrenages



5. Mesures sur la cheville

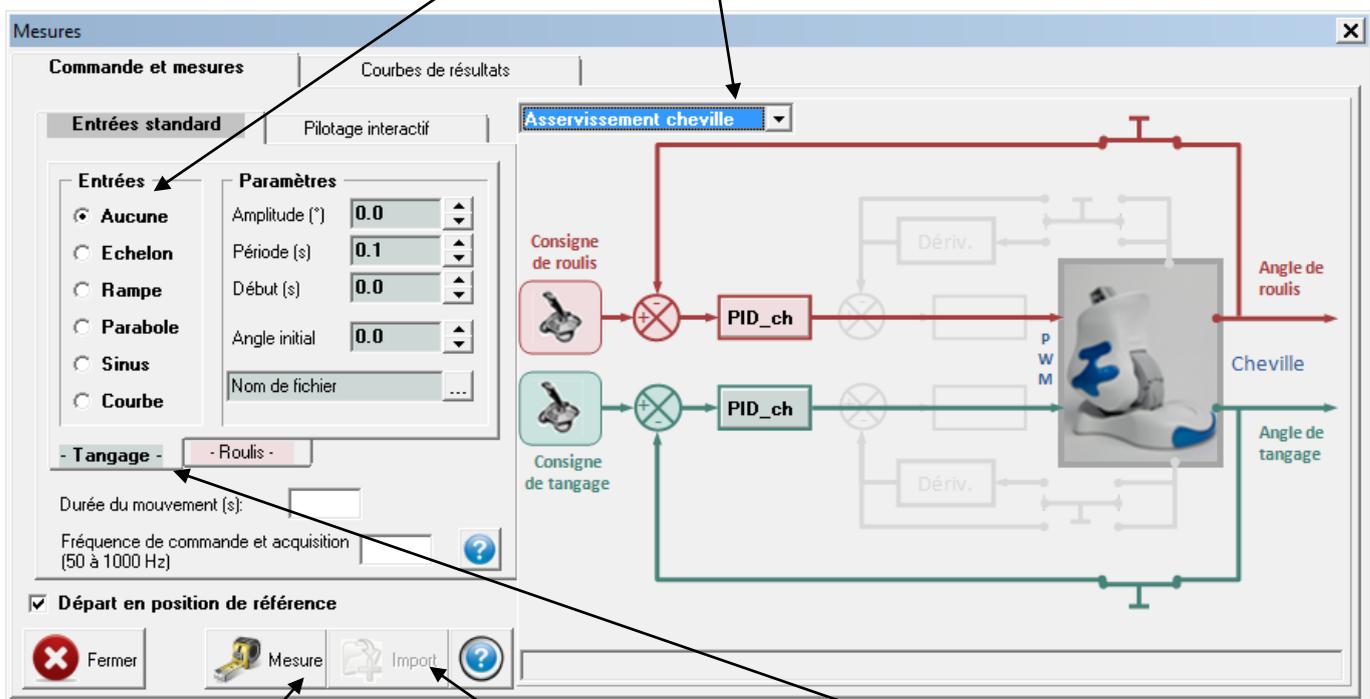
- Lancer le logiciel de commande et d'affichage (icône « NAO_Ankle_Kit V3 » sur le bureau du PC).
- Cliquer sur ce bouton pour ouvrir la fenêtre relative aux mesures.



La fenêtre ci-dessous s'ouvre :

Choix du mode de commande

Choix de l'entrée



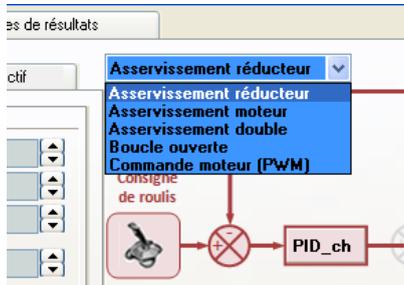
Lancer la mesure

Importer la mesure

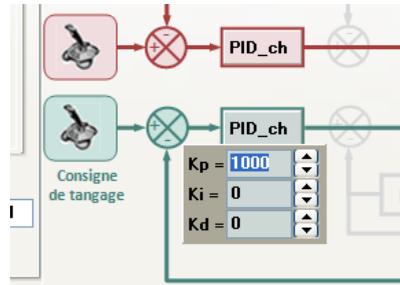
Choix de l'axe

- Ne pas oublier de documenter :
 - ✓ La durée du mouvement (qui représente la durée de l'acquisition),
 - ✓ La fréquence de commande et d'acquisition (nombre de points par seconde).

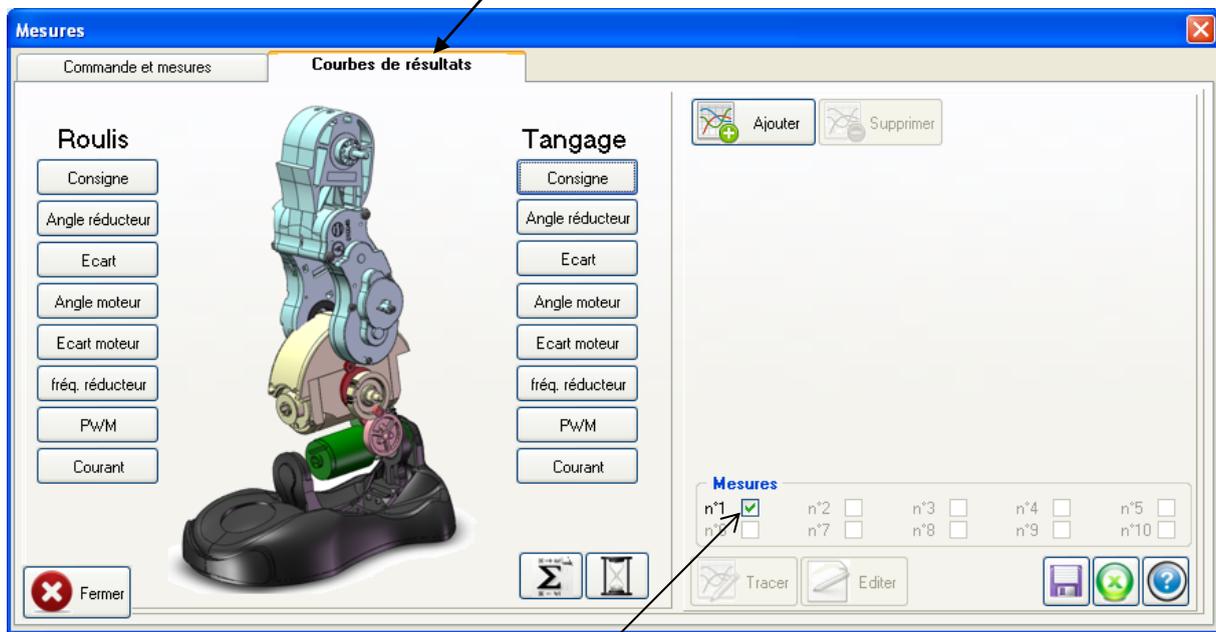
La structure de l'asservissement peut être choisie :



Chaque correcteur PID peut être réglé en cliquant sur l'icône correspondant :



- En cliquant sur l'onglet « Courbes de résultats », la fenêtre ci-dessous s'affiche (à la version du logiciel près) :

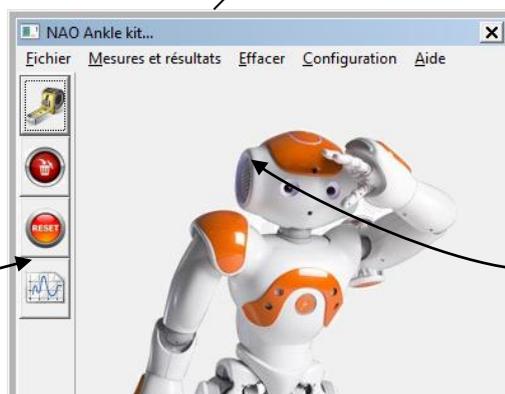


Pour chaque axe, il est possible d'afficher plusieurs grandeurs en cliquant sur le bouton « Ajouter ».

Le nombre de mesures supprimer des mesures il faut :

importées est limité à 10, pour

Toutes les supprimer



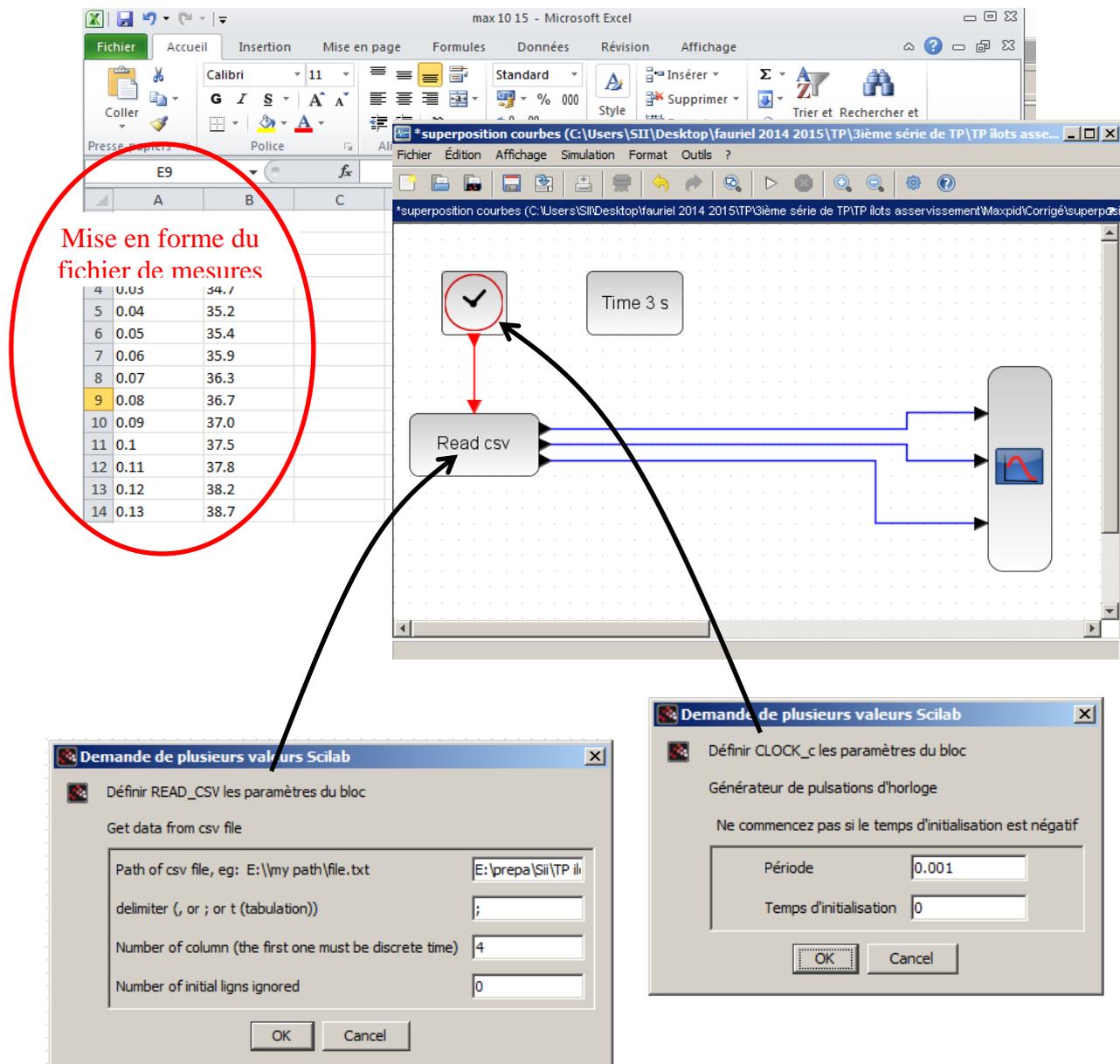
Choisir celles à supprimer

- Envoyer en entrée un échelon de position d'amplitude 10° , de début = 0 et de durée 2s sur l'axe de tangage commandé en Boucle Fermée avec K_p (coefficient du correcteur proportionnel) = 200 (Pour que l'axe de roulis reste inactif dans toute l'étude, mettre en place une commande nulle sur cet axe).
- 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 les courbes obtenues.
- mesurer la valeur finale et le temps de réponse à 5%

Remarque : l'utilisation de l'option ZOOM TOUT  permet de voir au mieux les courbes.

6. Visualiser des mesures sur Scilab

- Réaliser le schéma ci-dessous sur scilab.
- Lire le fichier de mesures sous excel par exemple et le transformer en fichier .csv (attention à la mise en forme).



Mise en forme du fichier de mesures

4	0.03	34.7
5	0.04	35.2
6	0.05	35.4
7	0.06	35.9
8	0.07	36.3
9	0.08	36.7
10	0.09	37.0
11	0.1	37.5
12	0.11	37.8
13	0.12	38.2
14	0.13	38.7

Time 3 s

Read csv

Demande de plusieurs valeurs Scilab

Définir READ_CSV les paramètres du bloc

Get data from csv file

Path of csv file, eg: E:\my path\file.txt: E:\prepa\Siil\TP il

delimiter (, or ; or t (tabulation)): ;

Number of column (the first one must be discrete time): 4

Number of initial ligns ignored: 0

Demande de plusieurs valeurs Scilab

Définir CLOCK_c les paramètres du bloc

Générateur de pulsations d'horloge

Ne commencez pas si le temps d'initialisation est négatif

Période: 0.001

Temps d'initialisation: 0