



# Robot humanoïde NAO

*Système d'étude de la robotique mobile*

## Descriptif du support technologique

NAO est un **robot humanoïde de 58cm** conçu par Aldebaran Robotics, une entreprise parisienne à la pointe de la robotique mobile. Déjà produit à près d'un millier d'exemplaires, NAO fait figure de **référence dans le monde de la robotique mobile**. Il est notamment utilisé pour la coupe du monde de robotique. NAO est au cœur de nombreuses recherches préfigurant les applications de la robotique mobile: **jeux multimédias, aide à l'apprentissage, assistance aux personnes handicapées, interventions en milieu extrême, surveillance de lieux...**

NAO est un concentré de technologie :

- ✓ **4 microphones** pour écouter et deux haut-parleurs pour s'exprimer
- ✓ **9 capteurs tactiles** pour sentir le contact
- ✓ **2 caméras HD**, pour regarder
- ✓ **Une centrale inertielle** (Accéléromètre 3-axes et Gyromètre 2-axes) et des sonars pour se repérer
- ✓ **8 capteurs de pression FSR** pour faciliter son équilibre
- ✓ **2 capteurs mécaniques** pour détecter les chocs
- ✓ **25 moteurs coreless** associés à des capteurs à effet hall pour le mouvement des organes
- ✓ **Un mécanisme de préhension** au niveau des doigts
- ✓ **Une CPU 1,6 GHz** avec 1GB de SDRAM et 2GB de mémoire Flash pour réfléchir et interagir (**Text-to-speech, Reconnaissance d'image, Reconnaissance de voix...**)
- ✓ **8 GB de stockage** pour conserver vos ressources et applications (images, sons...)
- ✓ **Modules WiFi et Ethernet** pour communiquer
- ✓ **Batterie Lithium-Ion** pour être autonome (**90 minutes d'autonomie**)

NAO est donc le partenaire **convivial et motivant** pour la formation en robotique et champs associés (Informatique, Electronique, Communication, Mathématiques, Mécanique...)

Bac STI2D, S-SI & ISN  
Classes prépas, BTS, IUT  
Universités, Ecoles d'ingénieurs

**Thématiques abordées**  
Electronique, Mécanique,  
Communications & Informatique



**ALDEBARAN**  
Robotics

## La famille de robots NAO et les suites logicielles

Afin d'être accessible à tous les budgets et tous les projets, NAO est décliné en quatre versions avec des degrés de liberté différents:

- ✓ **NAO T14** (La tête, le torse, les bras et les doigts), 14 degrés de liberté
- ✓ **NAO H25** (La tête, le torse, les bras, les doigts et les jambes), 25 degrés de liberté

Les deux versions sont livrées avec la suite de logiciels standards:

- ✓ **Choregraphe**, pour une programmation graphique de NAO, et avec scripts Python, URBI...
- ✓ **SDK**, pour une programmation poussée de NAO en C++, Python, URBI
- ✓ **Monitor**, pour récupérer les informations et valeurs des capteurs et actionneurs de NAO

NAO est livré avec **Webots**, le **logiciel de simulation 3D** avec moteur physique de NAO.

Différentes options sont également disponibles:

- ✓ **Kit d'accessoires (Réf: NA10)** pour l'accompagnement des activités (Poids, Capteurs ultrasonores, Nuisible ultrasonore, Mousse acoustique, Routeur WiFi, Balles, Télécommande IR...)
- ✓ **Ensembles mécaniques « Paume de la main » et « Pied+Cheville »** (Réf: NA12)
- ✓ **Module d'étude d'asservissement Pied+Cheville** (Ref: NA11)
- ✓ **Licences Suite Software** (Choregraphe, SDK, Monitor,) Webots
- ✓ **Tête laser pour activités de mapping et localisation**
- ✓ **Extensions de garantie 1 an** (Garantie de base: 1 an)

Ce produit est accompagné d'un dossier technique et pédagogique sous format numérique comprenant: Site Web avec les activités, projets, corrigés et ressources, Modèles 3D sous Solidworks, Schémas fonctionnels, Fiches techniques de composants, Proposition d'organisation pédagogique

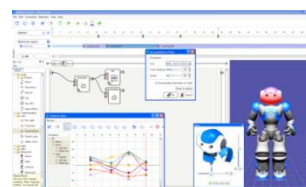
NAO H25



NAO T14

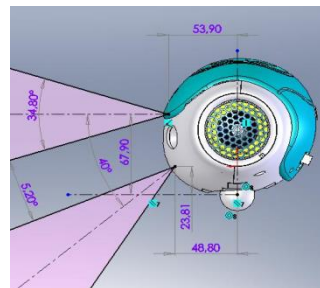


Suite  
Logicielle





		NAO T14	NAO H25
Tête	3 capteurs tactiles	X	X
	4 microphones 48kHz 16 bits, 2 haut-parleurs 48kHz 16 bits	X	X
	2 caméras 1280x960 Pixels	X	X
	2 émetteurs récepteurs infrarouges	X	X
	2x8 LEDs RGB pour les yeux, 2x10 LEDs bleues pour les oreilles	X	X
	2 moteurs coreless et capteurs pour le mouvement de la tête	X	X
	1 processeur Intel ATOM 1,6GHz avec 1GB de RAM et 2GB de mémoire Flash	X	X
Torse	2 sonars (2 émetteurs et 2 récepteurs)	X	X
	1 centrale inertielle (Accéléromètre 3-axes, Gyromètre 2-axes)	X	X
	1 LED RGB et 1 bouton On/Off	X	X
	1 Batterie Lithium/Ion	X	X
Bras	2x5 moteurs coreless et capteurs pour le mouvement des bras	X	X
Mains	2x1 mécanismes de préhension pour le mouvement des doigts	X	X
	2x3 capteurs tactiles pour interagir avec l'utilisateur		X
Jambes	2x5 + 1 moteurs coreless et capteurs pour le mouvement des jambes		X
Pieds	2x4 capteurs de pression FSR pour faciliter l'équilibre		X
	2x1 bumpers pour détecter les chocs des pieds		X
Communication	WiFi (IEEE 802.11 b/g)	X	X
	Ethernet	X	X
Software	Choregraphe, pour la programmation graphique	X	X
	SDK, pour la programmation poussée	X	X
	Monitor, pour la récupération des valeurs de capteurs et actionneurs	X	X
	Webots, pour la simulation 3D avec moteur physique		X



Position des caméras et angles de vision

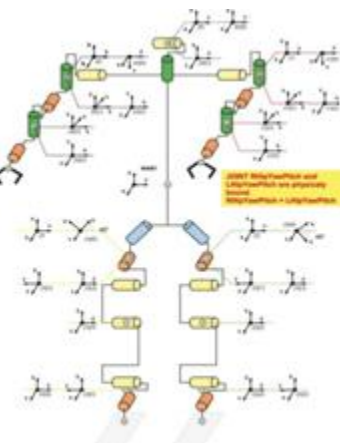
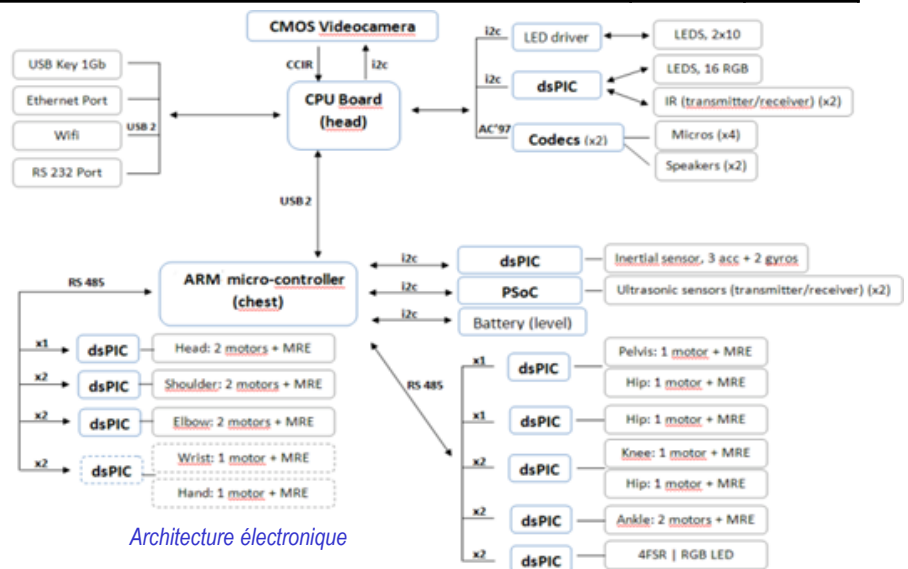


Schéma cinématique de NAO H25



NAO T14: Un NAO pour les études technologiques et les premiers pas en programmation



NAO H25:  
« Get the full power of NAO »



### Accessoires NAO (NA10)

Un kit d'accessoires NAO (NA10) est disponible pour permettre de faciliter la mise en place des activités réalisés sur le Robot NAO.



Balles pour suivi d'objet et reconnaissance des couleurs



Compteur d'énergie



Télécommande pour commande à distance



Poids pour bras humanoïde



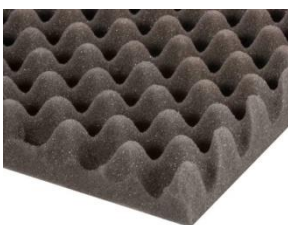
Générateur d'ultra-sons pour créer des perturbations



Capteur ultra-sons



Tapis de sol de fitness pour gêner les déplacements du Robot NAO



Mousse acoustique pour créer des perturbations des ultrasons générer par NAO



Routeur WIFI

### Robot humanoïde NAO – Module d'étude d'asservissement « Pied + Cheville » (NA11)

Etude d'asservissement du sous ensemble Pied et Cheville du Robot humanoïde NAO.



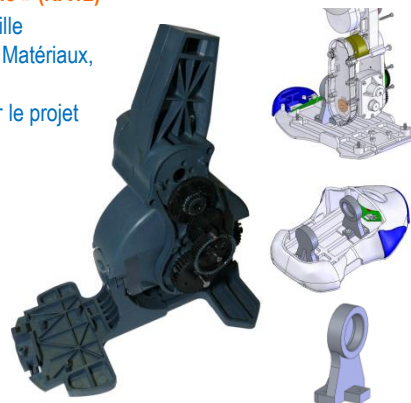
### Robot humanoïde NAO – Ensemble mécaniques « Paume de la main » et « Pied + Cheville » (NA12)

Etude mécanique du sous-ensemble Pied+Cheville (Surfaces fonctionnelles, Cinématique, Liaisons, Matériaux, Procédés...).

Etude du sous-ensemble Paume de la main pour le projet de conception de doigt robotisé.



Paume de la main



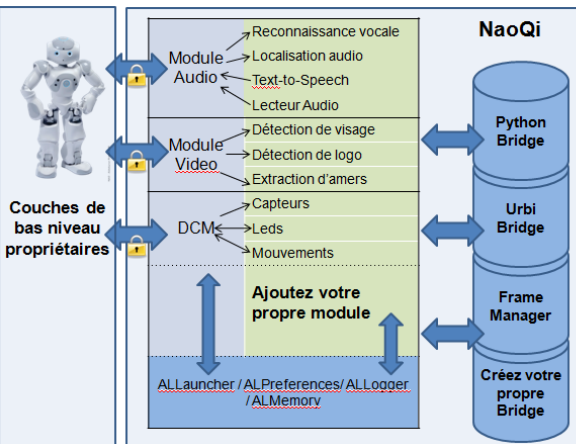
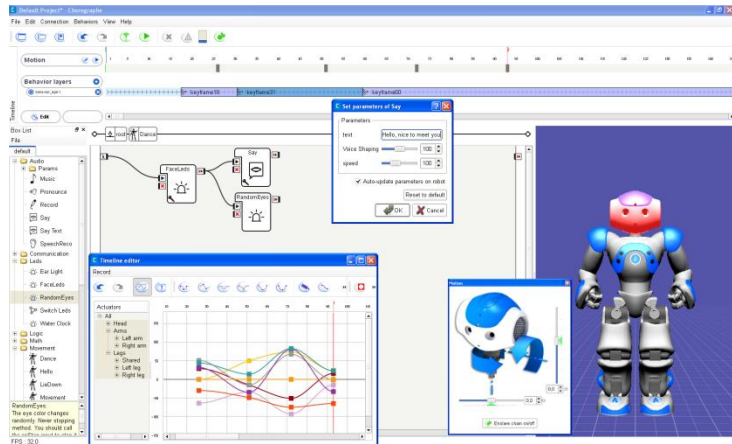
Pied + Cheville





### Programmation graphique avec Choregraphe

- ✓ Choregraphe est le logiciel de programmation graphique de NAO qui permet une programmation **événementielle, séquentielle et parallèle** basée sur l'utilisation de boîtes comportementales.
- ✓ Choregraphe utilise des **chronogrammes** permettant de mettre en oeuvre une logique temporelle.
- ✓ De **nombreuses boîtes préprogrammées sont disponibles**, mais il est aussi possible de les modifier et d'en créer de nouvelles grâce à un **éditeur** ou du script Python. Les possibilités de programmation de NAO sont donc immenses, sans même avoir à rentrer dans la complexité du code.
- ✓ L'interface ergonomique de Choregraphe permet de lancer l'exécution d'un programme en un seul click sur NAO.
- ✓ **Principaux outils**: Boîtes comportementales préprogrammées, « Flow » diagrammes, Editeur de courbes, Chronogrammes, Vue 3D, **Enregistreur de mouvements**, Console de debuggage, Editeur de script...
- ✓ **OS supportés**: Windows, Mac, Linux Ubuntu
- ✓ **Langages de programmation**: **Python, C++**

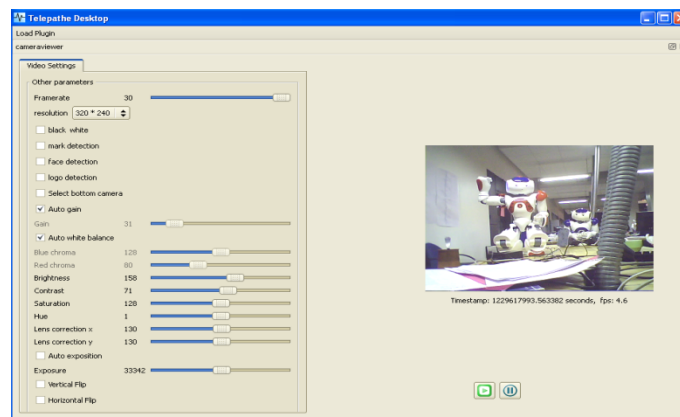


### Programmation poussée avec le SDK

- ✓ Le Software Development Kit, ergonomique et documenté, permet de **créer ses propres applications afin de programmer des comportements élaborés**.
- ✓ Le SDK est compatible avec de nombreux langages et plateformes de développement robotiques, tels qu'URBI (Développé par Gostai) ou .Net et le Microsoft Robotics Studio
- ✓ La combinaison du SDK et de NAO est l'outil idéal pour les activités de recherche et développements en robotique
- ✓ **Principaux outils**: Outils de **compilation croisée**, Exemples de code, Multiple APIs...
- ✓ **OS supportés**: Windows, Mac, Linux Ubuntu
- ✓ **Langages de programmation**: **Python, C++, .NET, Java, MatLab**

### Récupération des données capteurs et caméra avec Monitor

- ✓ Monitor permet de **récupérer les informations des capteurs de NAO et des caméras**.
- ✓ Le Module Mémoire donne accès à toutes les mesures de capteurs, autorisant ainsi des activités d'**étude du comportement des actionneurs**.
- ✓ Avec le Module Caméra, il est possible de recevoir le flux vidéo de la caméra choisie. Ceci permet donc de **tester des algorithmes de vision** sur des séquences vidéo.
- ✓ **OS supportés**: Windows, Mac, Linux Ubuntu



### Simulation 3D de comportement avec Webots for NAO

- ✓ Webots permet de **tester les algorithmes et programmes dans un monde physique virtuel**. L'environnement peut être modifié à volonté par les utilisateurs qui peuvent **insérer et éditer des objets de différentes formes et poids** dans l'environnement de simulation.
- ✓ Webots est le logiciel idéal pour accompagner les recherches et développements. **Interfacé avec Choregraphe, Telepathe et SDK**, c'est un outil sûr pour tester les comportements avant de les implémenter sur NAO.
- ✓ **Principaux outils**: Moteur physique réaliste, Editeur d'objet et environnement...
- ✓ **OS supportés**: Windows, Mac, Linux Ubuntu





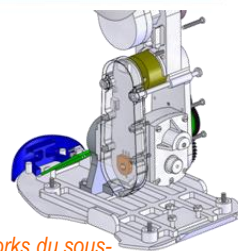
### Exemples d'activités et projets STI2D / SSI

#### ✓ Activités:

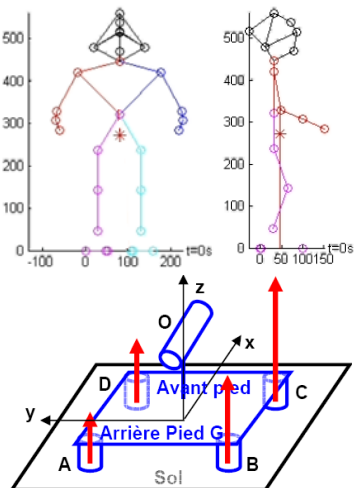
- Analyses fonctionnelle, structurelle, énergétique, cinématique
- Caractéristiques techniques de NAO et des capteurs/actionneurs embarqués
- Utilisation de Choregraphe & Webots - Programmation, Simulation virtuelle et Comportement réel
- Exploitation du capteur ultrasonore
- Chaîne moteur réducteur coreless et capteur de position à effet hall du bras de NAO
- Traitement d'images et identification
- Etude et comparaison des moyens de communication de NAO (Ethernet, Wifi, Bluetooth)
- Etude des moyens d'optimisation énergétique utilisés
- Démarche de choix de quelques matériaux (coque, engrenages...)
- Etude des solutions technologiques et constructives des sous-ensembles Pied et Tibia
- Asservissement en position des axes du robot NAO
- Etude statique du bras humain et du bras de NAO
- Analyse des conditions d'équilibre statique
- Modélisation et identification du comportement d'un système dynamique

#### ✓ Projets:

- Création de comportements pour des activités de NAO (ex: NAO surveille une pièce)
- Conception d'accessoires pour NAO (Véhicule motorisé avec communication Bluetooth, Balise de secours...)



Fichiers Solidworks du sous-ensemble « Pied+Cheville »



### Exemples d'activités et projets Classes Prépas

#### ✓ Activités:

- Analyses fonctionnelle, structurelle, énergétique et cinématique du robot. Vérifications de performances
- Modélisation et identification du comportement d'un système dynamique
- Modélisation et performance cinématique
- Analyse des conditions d'équilibre statique
- Analyse d'une structure mécanique hyperstatique
- Intérêt et technologie de la mesure des efforts de contact
- Analyse des solutions constructives pour réaliser la mesure des efforts de contact
- Comparaison Grafset/Choregraphe pour la programmation d'une démonstration
- Asservissement en position des axes du robot NAO
- Colles Info CPGE:
  - Modèle géométrique direct du robot NAO
  - Est-ce que NAO peut sauter ?

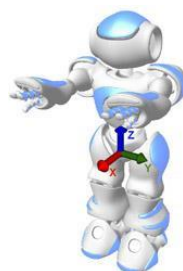
### Exemples d'activités et projets pour le Supérieur

#### ✓ Activités:

- Prise en main du robot NAO avec Choregraphe
- Exercices de script Python
- Automate d'états finis
- Mouvements
- Mini-projets « Touche ma tête »
- Interfacer un module C++ avec Choregraphe, l'exemple du module de Détection de couleur

#### ✓ Projets:

- Création de comportements pour des activités de NAO (ex: NAO surveille une pièce)
- Conception d'accessoires pour NAO (Véhicule motorisé, Balise de secours...)
- Comportement interactif entre plusieurs robots



Activités téléchargeables gratuitement sur la plateforme NAO : <http://www.erm-automatismes.com/phpBB3/>

Descriptif des activités sur: <http://www.erm-automatismes.com/doc/FR/machine/activites-nao-STI2D-ERM-Fr.pdf>

Vidéos de fonctionnement sur: <http://www.erm-automatismes.com/produit.php?id=403>

# Module d'étude d'asservissement Pied + Cheville

« Cheville 2 axes » du robot Humanoïde NAO

Made in France

## Descriptif du support technologique

Le « module d'étude d'asservissement Pied + Cheville » (NA11) est une partie du corps de NAO, réalisée avec les mêmes composants électroniques et mécaniques.

Constitué d'une cheville avec deux axes motorisés, quatre capteurs de positions (MRE), un logiciel pour la communication / pilotage à partir d'un PC, les modèles Matlab et Sinusphy pour la simulation ainsi qu'un support d'essais avec accessoires de perturbations, il permet aux enseignants et étudiants d'aborder en profondeur la conception et la commande d'une partie du Robot humanoïde.

Ex :

- Contrôles d'asservissements.
- Choix d'un correcteur, tests et optimisation.
- Etude et re-conception des modèles numériques.
- Validation de performances attendues.

## Références du « Module d'étude d'asservissement Pied + Cheville » (NA11)

Le « module Etude d'Asservissement Pied + Cheville » est articulé autour des références suivantes :

- ✓ NA11: Cheville de NAO deux axes asservis, logiciel de pilotage et support de test
- ✓ PR09: Analyseur logique USB pour lecture des trames SPI (34 voies, 500 MHz).
- ✓ AQ10: Centrale d'acquisition USB avec carte National Instrument

Il est également accompagné d'un dossier technique et pédagogique incluant :

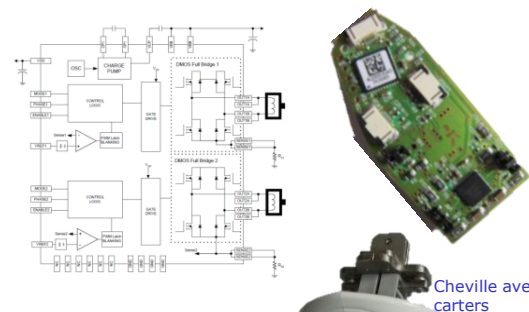
- ✓ Les documentations techniques des composants (capteurs et actionneurs)
- ✓ Une notice d'utilisation
- ✓ Les schémas électriques complets
- ✓ Des activités de travaux pratiques

Bac STI2D & SSI  
Classes prépas, BTS, IUT  
Universités, Ecoles d'ingénieurs

Thématiques abordées  
Electronique, Mécanique,  
instrumentation, Asservissement



## Schémas électronique :



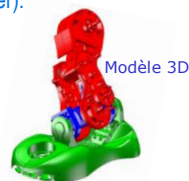
## Centrale d'acquisition USB :



## Contenu et options du « Module d'Etude d'Asservissement Pied + Cheville » (NA11)

Le « Module d'Etude d'Asservissement Pied + Cheville » est proposé dans sa configuration de base avec les composants suivants :

- ✓ L'ensemble pied + cheville 2 axes motorisés, asservis en position (Moteurs DC).
- ✓ Quatre capteurs de position (MRE: Magnétic Rotary Encoder).
- ✓ La carte électronique de pilotage / communication.
- ✓ Un câble de communication USB ↔ RS485
- ✓ Un câble d'alimentation, accompagné d'une prise secteur
- ✓ Une interface de commande MSDOS
- ✓ Un logiciel de pilotage et acquisition de données (Viewer).
- ✓ Un support de fixation inclinable, pour la cheville
- ✓ Quatre lames supports (dont trois déformables) pour fixer les masses perturbatrices
- ✓ Huit masses de 50g permettant de modifier le centre de gravité / l'inertie du système
- ✓ Un bornier permettant de mesurer l'intensité aux bornes des moteurs dans les quatre quadrants (Récepteur/Générateur)
- ✓ Un bornier permettant de visualiser les trames circulants sur le bus de communication (SPI) des capteurs
- ✓ Un modèle 3D de la cheville, entièrement pilotable
- ✓ Un modèle Matlab Simulink et un modèle SinusPhy de la cheville



L'option « Analyseur logique USB (PR09) » permet de visualiser les trames circulants sur le bus SPI, il est constitué de :

- ✓ L'analyseur logique 34 voies 500 MHz sur port USB (décodeur CAN, SPI, I2C, RS232)
- ✓ Un lot de 10 Micro grip-fil

L'option « Centrale d'acquisition USB » (AQ10) est composé des éléments suivants :

- ✓ Une carte National Instrument 8 entrées analogiques, 16 bits, 250 kéch/s...
- ✓ Convertisseur GripFil / BNC et Double puis / BNC pour les interfaces de mesures





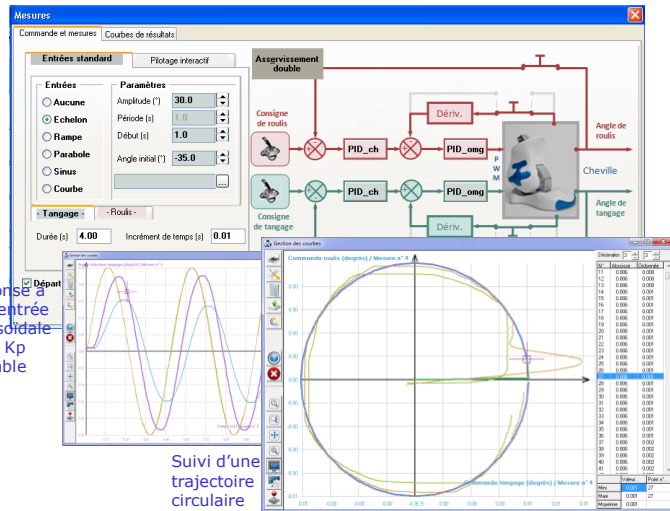
### Pilotage de la cheville avec le Viewer

- ✓ Le Viewer est un logiciel de pilotage graphique de la cheville. Il permet de commander les mouvements des la cheville de trois manières :
  - A l'aide de fonctions simples (Echelon, Rampe, Sinus...)
  - A partir d'un tableau de positions / temps
  - Directement depuis un joystick virtuel
- ✓ Il permet également de sauvegarder les valeurs suivantes, pour chaque moteur :
  - La commande
  - L'angle à la sortie du réducteur (position cheville)
  - L'écart entre la position mesurée et la consigne
  - La commande en PWM
  - L'intensité aux bornes du moteur
  - L'angle à la sortie du moteur
  - La vitesse de rotation du moteur en tr/min

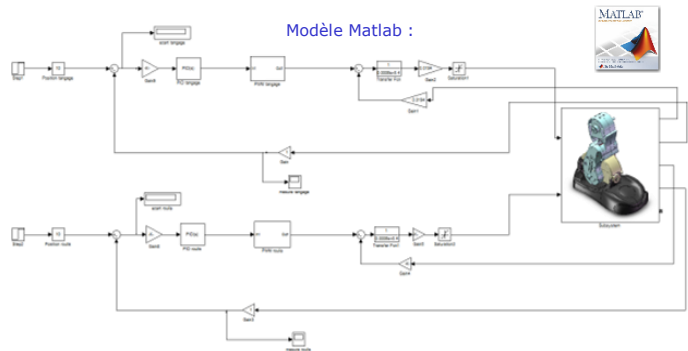
### Pilotage de la cheville avec l'exécutible MSDOS

- ✓ Trois programmes sont utilisés dans ce mode de pilotage :
  - Le programme de commande
  - Le générateur de signal
  - L'outil de calibration
- ✓ L'application prend en entrée deux fichiers CSV. Le premier décrit les paramètres de l'expérience alors que le second définit le signal d'entrée.
- ✓ Après chaque expérience, les résultats sont insérés dans un troisième fichier CSV pour analyse.
- ✓ L'API permet d'accéder aux mesures en cours d'expérience. L'intérêt est de pouvoir visualiser le comportement en temps réel depuis une autre application (ex: Labview...).

### Le Viewer :



### Modèle Matlab :



### Activités autour du « module d'Etude d'Asservissement Pied + Cheville » (NA11)

Ce système est fourni avec les activités pédagogiques ci-dessous :

- TP N°1 : Convertisseur statique DC-DC
- TP N°2 : Correcteurs et Frottements
- TP N°3 : Frottements
- TP N°4 : Influence correction PI
- TP N°5 : Modèle comportement Tangage
- TP N°6 : Influence de la position du capteur
- TP N°7 : Inertie et dynamique en tangage
- TP N°8 : Modèle et notion d'équilibre

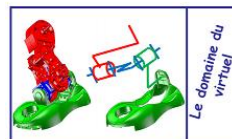
Chacune d'entre elles, est destiné à développer les compétences des élèves, voir le tableau ci-contre

		TP N°1	TP N°2	TP N°3	TP N°4	TP N°5	TP N°6	TP N°7	TP N°8
Analyser	Identifier le besoin et appréhender les problématiques	x						x	x
	Définir les frontières de l'analyse	x						x	x
	Caractériser des écarts	x	x	x	x	x			
Modéliser	Appréier la pertinence et la validité des résultats	x	x	x	x	x		x	
	Identifier et caractériser les grandeurs physiques		x	x	x	x		x	x
	Proposer un modèle de connaissance et de comportement		x	x	x	x		x	
Résoudre	Valider un modèle		x	x	x	x		x	x
	Procéder à la mise en œuvre d'une démarche de résolution analytique							x	
Expérimenter	Découvrir le fonctionnement d'un système pluri-technologique	x	x	x	x	x		x	x
	Proposer et justifier un protocole expérimental	x	x	x	x	x		x	x
	Mettre en œuvre un protocole expérimental	x	x	x	x	x		x	x
Concevoir	Imaginer des architectures ou des solutions technologiques	x							
	Choisir une solution technologique	x							
	Dimensionner une solution technique	x							
Communiquer	Rechercher et traiter des informations	x	x					x	x
	Choisir les contenus et l'outil de description adapté		x	x				x	x
	Afficher et communiquer des résultats	x	x	x				x	x

Comparaison Réel / Virtuel + Optimisation :



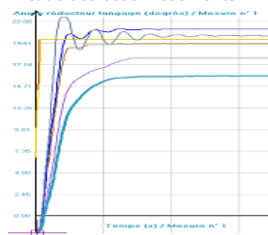
Des résultats de mesure



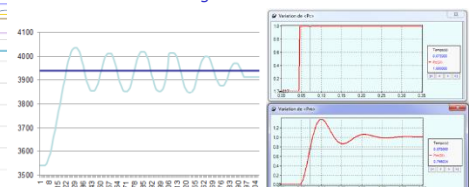
Des écarts qui forgent des compétences

Des résultats de simulation

### Etude des asservissements :



Fichiers exploitables sur de nombreux logiciels :





# Ensemble Mécanique « Paume de la main » et « Pied + Cheville »



*Etude de la conception et fabrication des composants mécaniques de NAO*

Made in  
France

## Descriptif du support technologique

« L'Ensemble Mécanique Paume de la main et Pied + Cheville » (NA12) est une partie du corps de NAO, réalisée avec les mêmes composants mécaniques.

Il est composé d'une cheville ainsi que d'une main du robot, sur lesquels les composants électriques ont été supprimés. Il vous permettra d'aborder la cinématique, les liaisons, les procédés de fabrication, les choix de matériaux, le bilan carbone ainsi que tous les domaines liés à la conception et fabrication de pièces mécaniques... Son **démontage / remontage rapide** et aisé ainsi que les **modèles 3D** fournis vous permettront même de **reconcevoir certaines pièces**, de les réaliser et de les mettre en situation lors de projets élèves.

## Références de « l'Ensemble Mécanique Paume de la main et Pied + Cheville » (NA12)

Les références suivantes sont disponibles à la vente :

- ✓ NA12: Ensemble Mécanique « Paume de la main » et « Pied + Cheville »

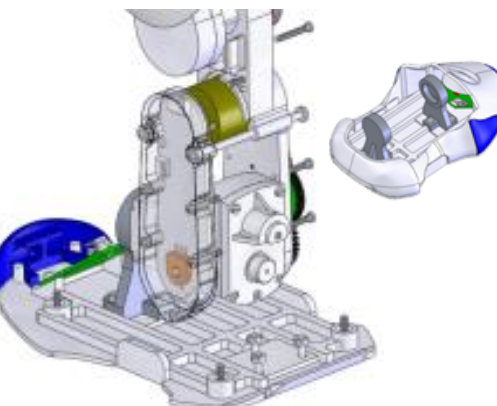
L'ensemble mécanique NA12 est également accompagné d'un **dossier technique et pédagogique** incluant :

- ✓ Les documentations techniques des composants (capteurs et actionneurs)
- ✓ Une notice d'utilisation
- ✓ Les schémas électriques complets
- ✓ Des activités de travaux pratiques

Modèle 3D de la version actuelle de la cheville de NAO:

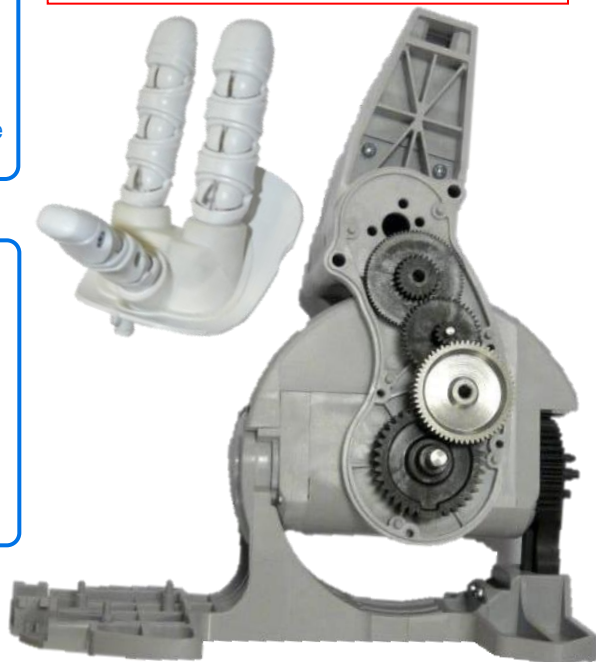


Version N-1:



Bac STI2D & SSI  
Classes prépas, BTS, IUT  
Universités, Ecoles d'ingénieurs

**Thématiques abordées**  
Conception Mécanique,  
Transmission de mouvement, RdM



## Contenu de « l'Ensemble Mécanique Paume de la main et Pied + Cheville » (NA12)

Le module « **Ensemble Mécanique Cheville + Paume de main (NA11)** » se compose des éléments suivants:

- ✓ La cheville Mécanique 2 axes démontable (sans composants électriques).
- ✓ Une paume de main de NAO.
- ✓ Les Modèles 3D de la cheville actuelle et de la version précédente.

## Activités autour de « l'Ensemble Mécanique Paume de la main et Pied + Cheville »

Ce sous ensemble du robot est fourni avec des activités pédagogiques et leurs corrigés. Vous en trouverez la liste ci-dessous :

- TP N°1 : Identification et Etude des surfaces fonctionnelles
- TP N°2 : Etude des Méthodes de transmission de mouvements et Détermination de la denture droite
- TP N°3 : Etude des liaisons et réalisation d'un schéma cinématique
- TP N°4 : Analyse de la déformation et influence des formes géométriques
- TP N°5 : Analyse de l'impact environnemental
- TP N°6 : Conception et intégration d'une nouvelle pièce dans le système
- TP N°7 : Choix de matériaux
- TP N°8 : Procédé de fabrication
- TP N°9 : Etude du matériau préconisé par Aldebaran Robotics
- TP N°10 : Etude de la déformé du support denté (version 2010)
- TP N°11 : Impact environnemental du support denté (version 2010)
- TP N°12 : Etude des brevets

