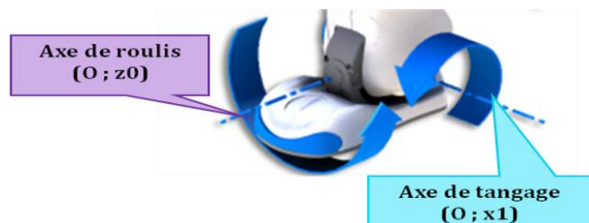


Problème technique

Pour assurer au robot NAO des performances élevées, le constructeur a choisi d'asservir la position des axes de tangage et de roulis de sa cheville.

De façon à simuler les performances du mécanisme, l'objet de ce TP est d'observer l'axe de tangage au travers de plusieurs mesures (sur la cheville mécatronique) pour en déduire expérimentalement un modèle de comportement du frottement sur cet axe, puis de le valider sur la cheville pilotée.



Objectif et démarche

La démarche d'identification permet la caractérisation d'un modèle associé au phénomène de frottement sur cet axe, à partir de relevés expérimentaux.

Dans un premier temps, l'objectif de ce TP est de s'approprier la transmission de l'axe de tangage en construisant son schéma cinématique au travers de son démontage.

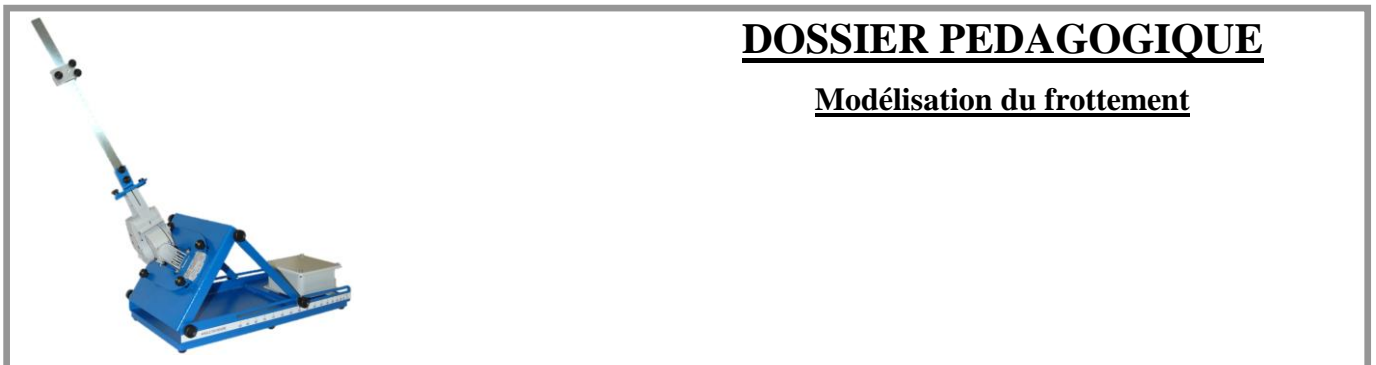
Ensuite, plusieurs séries de mesures seront réalisées pour identifier le modèle de comportement du frottement, tout en essayant de localiser ce phénomène dans la transmission.

Le cheville mécatronique est excitée à l'aide d'un dynamomètre fixé sur l'extrémité du tibia de Nao.

Enfin, l'analyse de l'évolution du couple moteur en fonction de la pente d'une rampe en entrée (sur la cheville pilotée) permettra de valider les premières mesures.

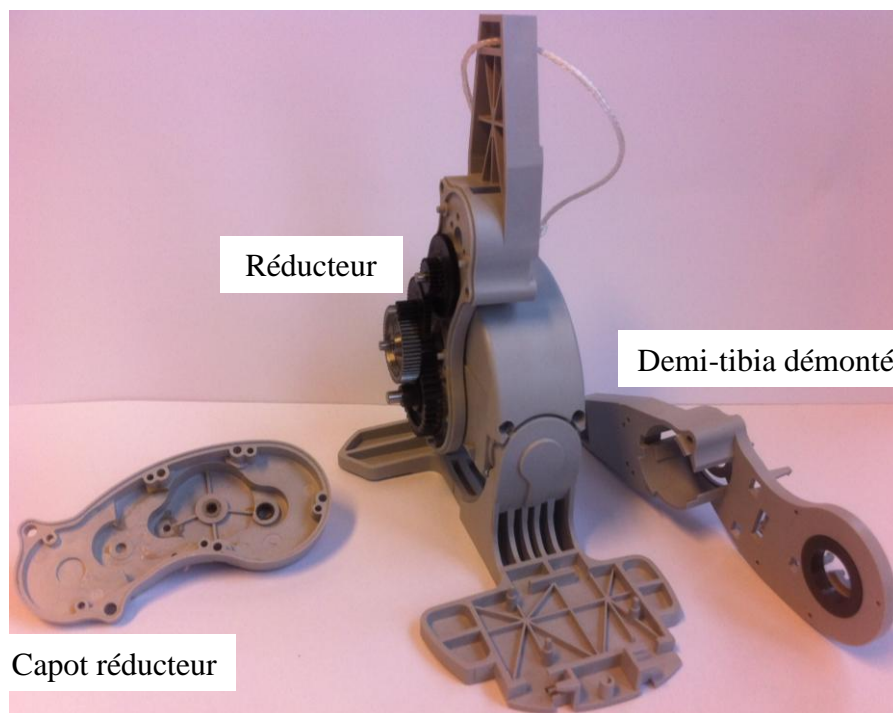
Table des matières

Démontage et analyse de la transmission	3
Mesure du frottement	4
Modélisation du frottement et validation	5



DEMONTAGE ET ANALYSE DE LA TRANSMISSION

A partir de la cheville mécatronique, retirer le capot (non vissé) protégeant le réducteur de l'axe de tangage ; de l'autre côté, retirer le demi-tibia.



Observer l'organisation structurelle du réducteur puis retirer les 3 pignons démontables (le 1^{er} étant fixe).



Q1 : Sur le document réponse, compléter le schéma cinématique de cette transmission. En déduire son rapport de réduction, les caractéristiques des dentures sont données ci-dessous.

Caractéristiques des dentures :

Pignon 1 :

$$Z_1 = 36 \text{ dents}$$

Pignon 2 :

$$Z_{2A} = 10 \text{ dents} \quad Z_{2B} = 58 \text{ dents}$$

Pignon 3 :

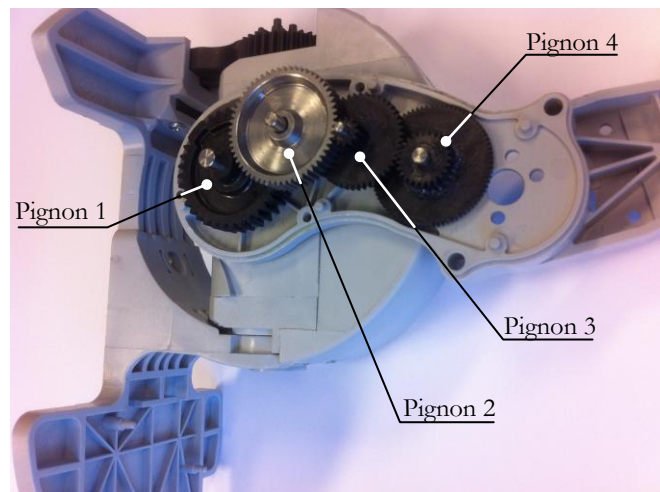
$$Z_{3A} = 12 \text{ dents} \quad Z_{3B} = 47 \text{ dents}$$

Pignon 4 :

$$Z_{4A} = 25 \text{ dents} \quad Z_{4B} = 80 \text{ dents}$$

Pignon moteur :

$$Z_5 = 20 \text{ dents}$$



Q2 : Sur la cheville pilotée, proposer une mesure permettant de valider le résultat précédent.

Sur la cheville démontée, positionner le tibia perpendiculairement au pied ; puis en tenant le pied verticalement, constater que le tibia reste horizontal ... la pesanteur ne le fait pas « descendre » !

Q3 : Justifier cette observation en précisant le phénomène physique mis en jeu.

MESURE DU FROTTEMENT

La transmission de la cheville étant toujours démontée, maintenir la semelle contre une paroi verticale (mur) avec le tibia horizontal,

accrocher un dynamomètre à l'extrémité du tibia (cf photo ci-contre).

Q4 : Mesurer l'effort nécessaire à la mise en mouvement de l'axe de tangage.

Réaliser quelques mesures pour déterminer une valeur moyenne de cet effort.



Remonter le demi-tibia sur la cheville en ne le positionnant pas en face de l'autre demi tibia, puis essayer de le faire tourner pour appréhender la qualité de son guidage en rotation. Observer la solution technique réalisant le guidage en rotation du demi-tibia.

En le positionnant en face de l'autre demi tibia, clipser le demi-tibia sur l'autre demi-tibia pour solidariser l'ensemble.

Q5 : Mesurer à nouveau l'effort nécessaire à la mise en mouvement de l'axe de tangage. Réaliser quelques mesures pour déterminer une valeur moyenne de cet effort.
Conclure.

Remonter les pignons du réducteur mais sans replacer le capot du réducteur.

Q6 : Mesurer à nouveau l'effort nécessaire à la mise en mouvement de l'axe de tangage. Réaliser quelques mesures pour déterminer une valeur moyenne de cet effort.
Conclure.

Remonter le capot du réducteur.

Q7 : Mesurer à nouveau l'effort nécessaire à la mise en mouvement de l'axe de tangage. Réaliser quelques mesures pour déterminer une valeur moyenne de cet effort.
Conclure.

- Q8 :** *Quels sont les effets (conséquences) de ce phénomène sur le comportement de la cheville. Proposer une manipulation sur la cheville pilotée permettant de mettre en évidence ces effets.*
- Q9 :** *Identifier les causes principales et proposer une ou des solutions permettant de le réduire*

MODELISATION DU FROTTEMENT ET VALIDATION

- Q10 :** *Proposer un modèle de comportement du frottement mesuré précédemment.*

Sur la cheville pilotée, l'objet est d'observer l'évolution de l'intensité moteur en choisissant comme exciteur une rampe.

Le tibia de la cheville doit évoluer dans un plan horizontal.

- Q11 :** *Expliquer la nécessité de faire évoluer la cheville dans un plan horizontal.*

- Q12 :** *Compléter le tableau de mesures donné sur le document réponse en calculant pour chaque essai la moyenne de l'intensité moteur et en observant la qualité du mouvement.*

Pour un moteur à courant continu, l'intensité du moteur peut être supposée proportionnelle au couple délivré par le moteur :

$$C_m(t) = K_c \cdot i(t) \quad \text{avec } K_c \text{ donnée dans le dossier technique}$$

- Q13 :** *A l'aide du logiciel Excel, tracer l'évolution du couple moteur mesuré (en mN.m) en fonction de la vitesse de rotation imposée (en °.s⁻¹).*

La cheville évoluant dans un plan horizontal et à vitesse constante, le couple moteur donne une image du couple dû aux frottements.

- Q14 :** *Sur la courbe tracée à la question précédente, quantifier le couple dû au frottement d'adhérence et valider la mesure de ce couple réalisée précédemment (sur la cheville mécatronique). Quantifier le couple dû au frottement de glissement. Conclure.*