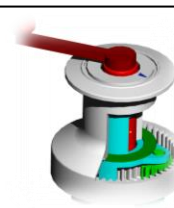




Travaux pratiques  
- Statique -  
Système : winch



## Objectifs du TP :

Ce TP a pour objet de caractériser le frottement entre la corde et le tambour du winch en réalisant une modélisation qui sera validée par des mesures.

Cette étude sera l'occasion de définir le frottement de glissement (ou frottement dynamique) et le frottement d'adhérence (ou frottement statique).

Ensuite le système sera démonté pour analyser son fonctionnement en fonction du sens de rotation, puis l'analyse portera sur l'intérêt du rapport de réduction.

## 1<sup>ère</sup> partie : Présentation du Winch (cabestan en bon « français »)

Un winch est un équipement fixé sur le pont ou les mats des voiliers. Il permet d'agir sur les drisses (cordages permettant de hisser, d'éтарыer, de border ... une voile) fixées aux angles des voiles.

Les efforts aérodynamiques sur une voile sont fonction, entre autres, de sa surface et de la vitesse du vent.

Ces efforts arrivent rapidement à être si importants qu'un équipier ne peut, par la seule traction qu'il exerce directement sur les écoutes, réaliser la tension nécessaire des voiles. Il utilise donc le mécanisme enrouleur qu'est le winch.

L'équipier enroule plusieurs fois la corde autour du winch, puis il actionne la manivelle dans l'un ou l'autre sens de rotation tout en maintenant de l'autre main l'extrémité libre du cordage (l'effort à exercer par cette main est particulièrement réduit)



Quel que soit le sens de rotation, il y a enroulement du cordage mais l'effort fourni par le marin au niveau de la manivelle est différent.

Après réglage de la voile, le cordage est immobilisé soit par un taquet coinçeur, indépendant du winch, soit par un dispositif installé sur le winch (le self tailer) qui permet de bloquer le brin mou du cordage.

Caractérisation partielle de la Fonction de Service principale satisfaite en phase d'utilisation :

Qualification	Critère	Valeur
<i>Permettre au marin d'augmenter la tension dans l'écoute</i>	Tension maxi dans l'écoute	<b>250 N</b>
	Action sur le brin mou	<b>&lt; 25 N</b>
	Action sur la manivelle	<b>&lt; 30 N</b>

**Manipulation 1 :**

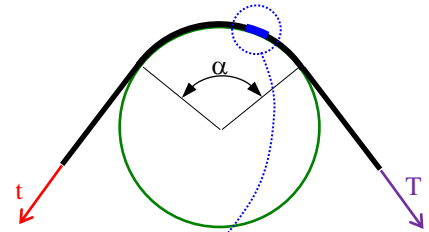
- L'écoute faisant environ trois tours sur le winch, manœuvrer la manivelle en tenant le bout libre d'abord sans tension puis avec une légère tension jusqu'à ce que la charge se soulève.
- Inverser le sens de rotation.
- Recommencer avec un seul tour de l'écoute sur le winch.

**Q1** Noter l'influence du nombre de tours et du sens de rotation. Quel est l'intérêt d'un winch ?

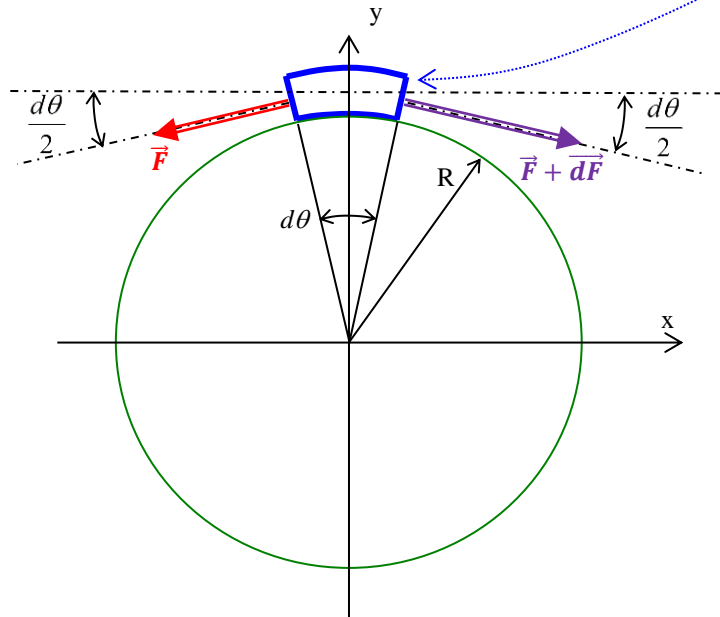
## 2<sup>ème</sup> partie : Relation entre les tensions (frottement exponentiel)

On considère un lien flexible (une corde par exemple) enroulé sur un **cylindre** fixe sur un nombre  $\alpha$  de radians.

On se place à la limite du glissement et on cherche la relation entre la tension  $t$  dans le brin mou et la tension  $T$  dans l'écoute.



Isolons un tronçon de longueur  $dl = R d\theta$  du lien flexible.

Hypothèses :

- On se place à la limite du glissement du **tronçon** par rapport au **cylindre**,
- Le coefficient de frottement est noté  $f$ ,
- Sur la face S de gauche du tronçon s'exerce une force  $F$ ,
- Sur la face S' de droite s'exerce une force  $F+dF$ ,
- Le **cylindre** exerce une action mécanique élémentaire définie par :  $\overline{dR_{\text{cylindre} \rightarrow \text{tronçon}}} = dN \cdot \vec{y} - dT \cdot \vec{x}$

**Q2** En appliquant la démarche ci-dessous, retrouver la relation entre les 2 tensions  $T$  et  $t$ .

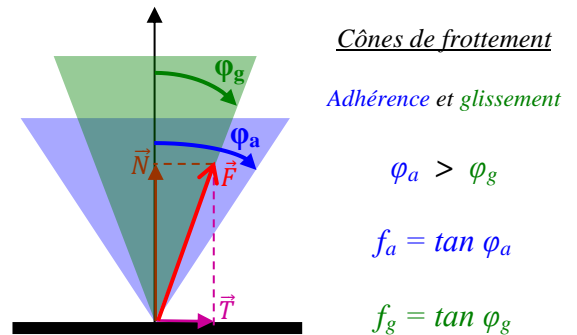
- 1 Appliquer le P.F.S. en résultante au tronçon isolé en projetant sur les axes  $x$  et  $y$ .
- 2 En considérant un  $d\theta$  très petit, linéariser (DL à l'ordre 1) les deux équations scalaires obtenues.

On négligera les termes d'ordre 2.

- ③ Exprimer  $dF/F$  en fonction de  $d\theta$ .
- ④ En déduire la relation  $T = t e^{f\alpha}$ .

La limite du glissement, ou équilibre strict, est caractérisée par un déplacement relatif des deux pièces à vitesse quasi-nulle. S'il n'y a pas glissement, il y a **adhérence** et on a alors un coefficient d'adhérence  $f_a$  : la valeur du coefficient d'adhérence  $f_a$  est en général légèrement supérieure à celle du coefficient de glissement  $f_g$ .

Le *coefficient d'adhérence* est aussi appelé coefficient de *frottement statique*, et le *coefficient de glissement* est aussi appelé coefficient de *frottement dynamique*.



Cette différence permet d'expliquer certains phénomènes mécaniques comme le "broutement" ou *stick-slip*. Toutefois, la faible différence entre ces deux coefficients conduit fréquemment à confondre leurs valeurs dans les applications courantes.

On se propose de mettre en évidence expérimentalement la différence entre ces deux coefficients.

### Manipulation 2 :

- Passer l'écoute sur la poulie et fixer le support de masses à l'extrémité.
- En tournant la manivelle très lentement, tirer sur le brin mou avec le dynamomètre jusqu'à ce qu'il n'y ait plus glissement : noter la valeur minimum de la tension dans le brin mou qui permet de monter la charge.
- Puis, à l'arrêt et la charge étant soulevée, relâcher le brin mou jusqu'au glissement (la masse doit retomber) : noter la valeur de la tension à partir de laquelle la masse retombe.
- Noter les valeurs des deux efforts lus sur le dynamomètre et recommencer l'expérience pour les différents angles d'enroulement suivants :  $\alpha = 0,5 \text{ tr}$ ,  $\alpha = 1 \text{ tr}$ ,  $\alpha = 1,25 \text{ tr}$ ,  $\alpha = 1,5 \text{ tr}$  et  $\alpha = 2 \text{ tr}$ .

### Données:

- masse à soulever : 25 kg
- masse linéique de l'écoute : 100 g/m.

**Q3** Reporter vos mesures sur le document réponse.  
Déterminer les valeurs moyennes du coefficient d'adhérence et du coefficient de glissement.  
Justifier les écarts en donnant les hypothèses faites.

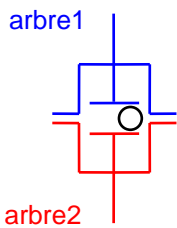
**Q4** Combien de tours le marin doit-il faire autour du winch avec l'écoute pour que les spécifications du cahier des charges (action du marin sur le brin mou inférieure à 25 N pour une tension maxi de 250 N) soient réalisées?  
Conclure.

### 3<sup>ème</sup> partie : Etude des rapports de réduction

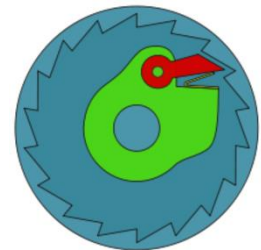
L'objet de cette partie est d'analyser le fonctionnement du winch et notamment la réalisation des 2 rapports de réduction pour ensuite les valider.

**Manipulation 3 :** démonter entièrement le winch à l'exception des sous-ensembles vissés.  
**ATTENTION : Le winch devra être entièrement remonté en fin de séance**

Se reporter à l'annexe donnée page 5



Ce mécanisme est équipé de 2 roues libres qui sont représentées sur le schéma cinématique du document réponse par le schéma ci-contre.  
 (norme ISO 3952/3)



**Q5** Quelle est la fonction technique satisfaite par ces roues libres ?

**Q6** Sur le document réponse, représenter le graphe de structure puis compléter le schéma cinématique de l'ensemble.

Données :

Pignon 17 :	$Z_{17} = 10$ dents
Roue dentée 10 :	$Z_{10} = 20$ dents
Tambour 5 :	$Z_5 = 41$ dents

**Q7** Déterminer le rapport de réduction  $r$  pour les deux sens de rotation ;  $r = \frac{\omega_{\text{tambour}}}{\omega_{\text{manivelle}}}$

**Q8** Valider expérimentalement les 2 rapports de réduction déterminés précédemment.

**Q9** Démontrer que, pour une tension maximale de 250 N dans l'écoute, l'action du marin sur la manivelle est inférieure à 30 N comme le prévoit le cahier des charges (bien préciser toutes les hypothèses faites).  
 Vérifier expérimentalement ce critère du cahier des charges.

## ANNEXE

éclaté du winch à 2 vitesses  
et nomenclature.