

Travaux Pratiques - STATIQUE Winch

RAPPELS :

- **Un compte rendu sera rendu à la fin de chaque séance.**
- Chaque compte rendu donnera lieu à une note ainsi que la présentation.
- La présentation sera faite par **l'ensemble des membres du groupe de TP (chacun doit parler !!)**

- **A la fin de la séance :**
 - **RANGEZ VOTRE MATERIEL**
 - **ETEIGNEZ LE SYSTÈME**
 - **FERMEZ VOTRE SESSION** (ne pas éteindre l'ordinateur)

Les TPs en îlots (chef de projet, équipe modélisateurs, équipe expérimentateurs) permettent de :

- Développer l'autonomie et la prise d'initiative.
- Initier à l'ingénierie simultanée et au travail collaboratif.



Questions de **REFLEXIONS GLOBALES** pour **TOUTE L'EQUIPE**



Questions pour **l'EQUIPE EXPERIMENTATEURS**



Questions pour **l'EQUIPE MODELISATEURS**

Le « **CHEF DE PROJET** » sera le principal interlocuteur avec l'enseignant durant la séance de TP lorsqu'il devra présenter l'avancée des travaux de l'équipe. Il sera également en charge de la préparation de la présentation finale et faire le lien entre les binômes pour structurer l'avancée du projet.

Travaux Pratiques - STATIQUE

Winch



Objectifs du TP

Maintenant que vous vous êtes familiarisés avec le langage de l'ingénieur et que vous maîtrisez le vocabulaire permettant de décrire le fonctionnement d'un système pluri-technologique, vous allez être amenés à modéliser ce dernier, comprendre et expliquer son comportement.

Présentation du système

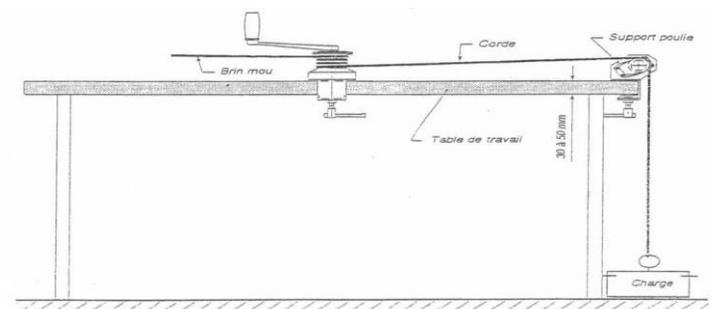
Pour hisser et régler les voiles, l'équipage d'un voilier utilise différents bouts qu'il doit, selon la manœuvre, mollir ou mettre en tension. Au-delà d'une certaine vitesse de vent et également en fonction de la surface des voiles, la force à exercer sur les cordages nécessite de recourir à une assistance mécanique. Le cordage à mettre en tension est enroulé autour du corps cylindrique du Winch (la *poupée*). L'équipage fait tourner le Winch à l'aide d'une *manivelle de Winch* amovible qui entraîne le cordage.

Mise en œuvre du Winch - Approche expérimentale

L'objectif de cette partie est de faire des manipulations sur le Winch en situation d'usage recréé (masses en extrémité de cordage pour simuler l'effort du vent sur la voile et un dynamomètre à l'autre extrémité pour évaluer l'effort que devra exercer le marin sur ce même cordage pour maintenir la voile en position ou pour la régler).



Faire attention aux pieds lors de la manipulation des différentes masses !



Etude cinématique du Winch



Manœuvrer la manivelle en tenant le bout libre de la corde d'abord sans tension puis avec une petite tension (la corde fait trois tours sur le Winch). Inverser ensuite le sens de rotation de la manivelle.



Noter vos observations et vos conclusions.



Relever le nombre de tours de manivelle nécessaires pour obtenir un tour du tambour (rotation de la manivelle dans un sens puis dans l'autre).



En manœuvrant la manivelle, établir empiriquement la relation entre le nombre de tours de manivelle et le nombre de tours de la poulée (cylindre extérieur à revêtement rugueux sur lequel le cordage s'enroule) en fonction du sens de rotation. Mettre un signe dans la relation.

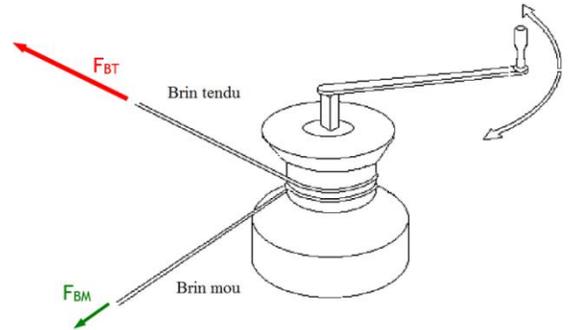
- Sens de rotation horaire :
$$r_h = \frac{\omega_{poupée/socle}}{\omega_{manivelle/socle}}$$
- Sens de rotation trigonométrique :
$$r_t = \frac{\omega_{poupée/socle}}{\omega_{manivelle/socle}}$$

Manipulation sur le Winch en situation d'usage recréée

Analyse de l'effort à développer sur la manivelle

Le laboratoire ne dispose évidemment pas d'un voilier en situation soumise à un vent aléatoire.

On souhaite cependant **étudier les performances limites de ce Winch** (glissement relatif entre le cordage et la poulée). Pour cela, on enroulera le cordage d'un nombre de tours variables et on chargera une extrémité avec une masse symbolisant l'effet de la voile sur le cordage : il est alors possible de mesurer l'effort à l'autre extrémité du cordage, correspondant à ce que devrait fournir le marin pour retenir manuellement cette voile.



Charger l'extrémité de la corde avec une charge de 25 kg en utilisant les masses en fonte rouges et noires puis enrouler la corde sur le Winch en faisant deux tours, tendre manuellement le brin mou avec le dynamomètre puis tourner la manivelle dans un sens puis dans l'autre : noter la valeur moyenne de l'effort affichée par le dynamomètre dans les deux phases.



Refaire la mesure avec une charge de 10 kg puis une charge 40 kg placée dans le plateau rond.



Refaire ces trois mesures avec un enroulement d'un tour (attention, la mesure à 40 kg risque d'être très difficile voire impossible : ceci est un test pour les costauds ... ou les frimeurs !) puis de trois tours.



Recopier et remplir le tableau ci-dessous en indiquant dans les cases l'effort mesuré par le dynamomètre.

Effort « F_{BM} » mesuré par le dynamomètre (en N)	1 tour	2 tours	3 tours
Charge : masse de 10 kg			
Charge : masse de 25 kg			
Charge : masse de 40 kg			



Tracer les courbes $F_{BT} / F_{BM} = f(\text{angle d'enroulement})$ où F_{BT} est l'effort du côté de la charge (« brin tendu ») et F_{BM} celui du côté du dynamomètre (« brin mou »). Que remarque-t-on ?

Détermination des performances théoriques par simulation numérique



A l'aide des fichiers SolidWorks fournis dans le dossier (les pièces utiles sont précédées de « TP_ »), faire l'assemblage du Winch et simuler son mouvement (avec Meca3D). Observer le résultat de la simulation.

Remarque : La simulation sera réalisée dans le cas où toutes les roues dentées sont sollicitées.



Obtenir la relation entre l'effort exercé sur le tambour en fonction de l'effort sur la manivelle. Commenter.

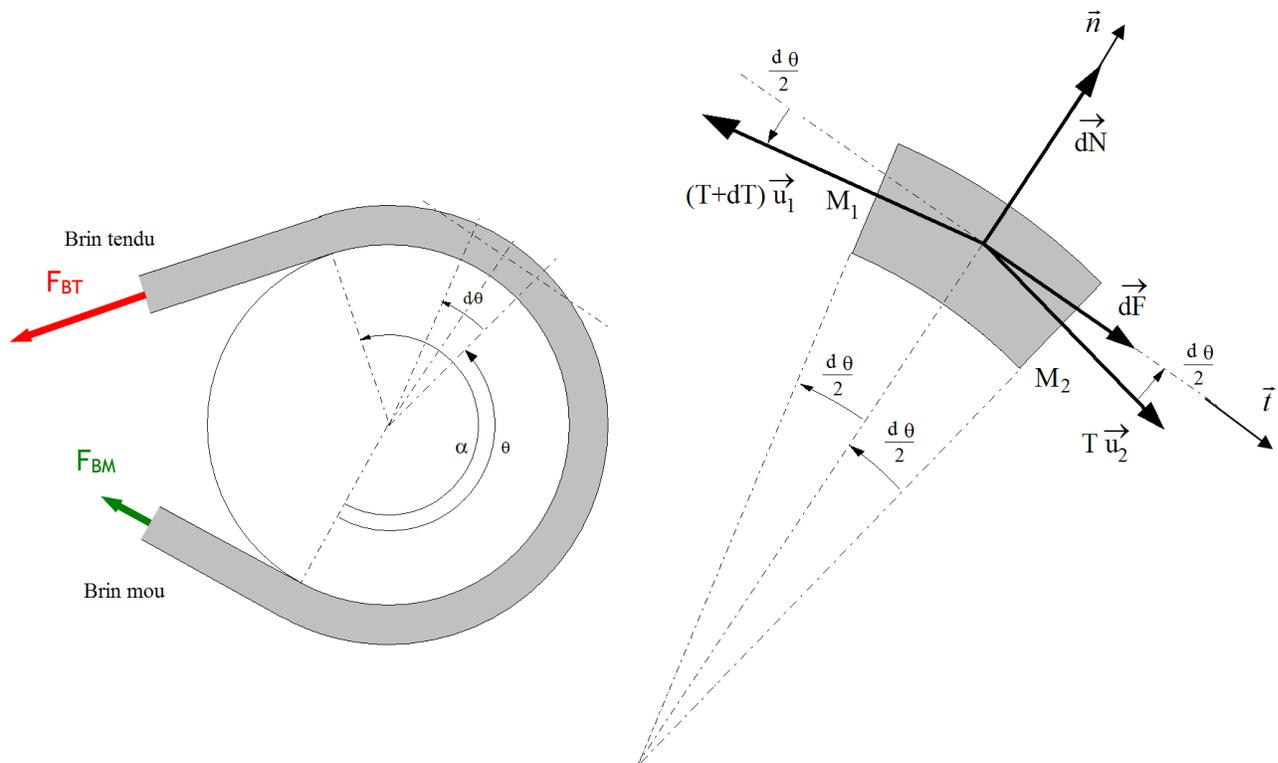
Etude théorique du rapport entre les efforts dans les brins mou (F_{BM}) et tendu (F_{BT})

Pour établir cette relation il faut isoler un petit tronçon de la corde enroulée sur la poulée. On néglige les effets de la pesanteur et on suppose que le système à étudier est en équilibre à la limite du glissement.

Bilan des actions extérieures exercées sur le tronçon isolé (voir figures ci-après) :

- L'action du brin mou, modélisée par un glisseur $T \cdot \vec{u}_2$ appliqué en M_2
- L'action du brin tendu, modélisée par un glisseur $(T + dT) \cdot \vec{u}_1$ appliqué en M_1
- L'action de la poulie sur le tronçon de corde, modélisée par un glisseur $dN \cdot \vec{n} + dF \cdot \vec{t}$
- α l'angle d'enroulement de la corde sur la poulée (en radian)
- f le facteur de frottement au contact entre la corde et la poulée avec, à la limite du glissement : $\left| \frac{dF}{dN} \right| = f$

L'enroulement, ici dessiné sur une portion de la zone cylindrique de contact, peut atteindre plusieurs tours sur le Winch, comme cela a pu être vu lors des essais réalisés précédemment.





Ecrire le théorème de la résultante statique appliqué au tronçon de corde en considérant que sa masse est négligeable.



En déduire deux équations scalaires.



En supposant $d\theta/2$ petit et en linéarisant au premier ordre, simplifier ces deux équations.



En déduire une équation liant T , dT , f et θ .



Intégrer en prenant comme bornes pour θ : $(0 ; \alpha)$ et pour $T(\theta)$: $(F_{BM} ; F_{BT})$



En déduire l'équation liant F_{BM} , F_{BT} , f et α .

La relation à trouver est la suivante : $F_{BT} / F_{BM} = \exp(f \cdot \alpha)$, ou F_{BM} et F_{BT} sont les tensions dans les brins tendu et mou, α est l'angle d'enroulement en radians et f est le coefficient de frottement.

La corde est légèrement déformable et le contact corde/poupée n'est pas à coefficient de frottement constant, ce qui limite la plage de validité du modèle de connaissance établi ci-dessus.

De plus, on peut constater qu'il existe un « effet cabestan » dû au contact entre les brins du cordage dès lors que l'enroulement augmente (plusieurs tours), limitant encore la cohérence de ce modèle.

Il est donc nécessaire de comparer ce modèle aux mesures réelles afin d'identifier les écarts et donc la zone de validité modèle/réalité.



Ouvrir le fichier « TPWinch_A_REEMPLIR.ods » avec le tableur « Open Office Calc ».

Sur ce fichier apparaissent :

- Les résultats de mesures expérimentales de F_{BM} (à l'aide d'un peson) pour 3 valeurs de F_{BT} et ceci pour différentes valeurs de α .
- Les valeurs obtenues par le modèle déterminé ci-dessus (en jaune) avec une valeur de f réglable (pour le moment réglée à 0).
- 3 courbes donnant F_{BM} en fonction de α pour le modèle théorique (en orange) et les mesures expérimentales (en bleu).



A l'aide de la formule déterminée précédemment, remplir les valeurs dans les colonnes jaunes.



En modifiant « à tâtons » la valeur du coefficient de frottement, essayer de rapprocher les courbes théoriques des courbes obtenues expérimentalement.



Quel est le coefficient de frottement théorique se rapprochant au mieux des résultats expérimentaux ? La valeur obtenue est-elle proche de celle donnée dans le tableau du cours ?



Conclure quant à la cohérence du modèle par rapport à la réalité des mesures effectuées ici.

Validation



Pourquoi faut-il exercer une force sur le brin mou ? Comment cela est-il réalisé sur un bateau ?



L'objectif pour le groupe est de comparer les résultats des mesures expérimentales avec les valeurs théoriques données par le calcul et la simulation numérique (la relation entre F_{BM} et F_{BT} , le coefficient de frottement). Calculer les écarts et estimer d'où ils peuvent provenir.

