

AVANT PROJET DE PRODUIT INDUSTRIEL

Durée totale : 8 heures

Notation sur 100 points

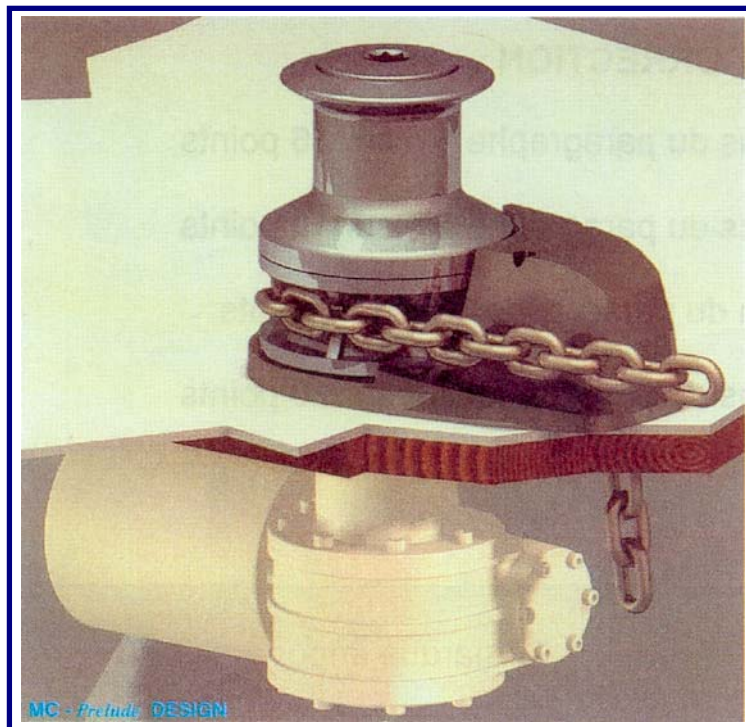
Guindeau

1^{ère} Partie

Etudes d'avant projet – Choix de composants

Durée : 4 heures

Aucun document autorisé



PREMIERE PARTIE

DOSSIER TECHNIQUE (feuilles blanches)

- Pages numérotées 1/5 à 5/5
 - Document 1 (plan d'ensemble du *guindeau* - A1H)
 - Document 1 bis (nomenclature - A3H)
- } Documents à conserver
pour la deuxième partie

DOSSIER TRAVAIL (feuilles jaunes et vertes)

- Pages numérotées 1/7 à 7/7 (feuilles jaunes)
- Document réponse 1 (A3H) (feuille verte)
- Document réponse 2 (A3V) (feuille verte)

DOSSIER A RENDRE

- Feuilles de copies numérotées 1/n, 2/n, ... n/n
- Documents réponses 1 et 2

BAREME DE CORRECTION

- Questions du paragraphe 1.5 sur 16 points
- Questions du paragraphe 2.4 sur 10 points
- Questions du paragraphe 3.3 sur 4 points
- Questions du paragraphe 4.4 sur 20 points

Remarque importante

Les documents 1 et 1 bis sont à conserver pour la deuxième partie

Guindeau

Remarques préalables:

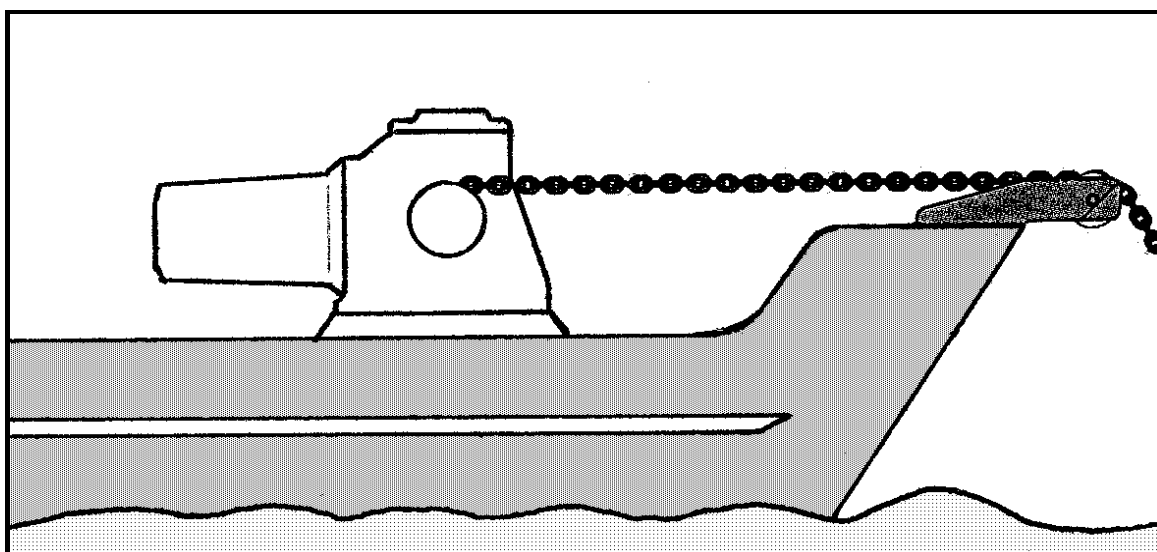
- dans le texte de présentation ci-dessous, les mots en italique spécifiques au vocabulaire marin sont définis dans un glossaire (page 3/5)
- l'analyse fonctionnelle présentée sur les pages 4/5 et 5/5 est une aide à la lecture du plan d'ensemble document 1 et de sa nomenclature document 1 bis.

1 - PRESENTATION

Le *guindeau* est un treuil placé sur le pont avant des bateaux. Il est utilisé pour les *amarrer* par un cordage à un quai, ou pour descendre ou remonter leur *ancres*. (fig. 1, 2,3 et 4).

1.1 Ancien modèle de guindeau (non étudié). Fig. 1 et 2

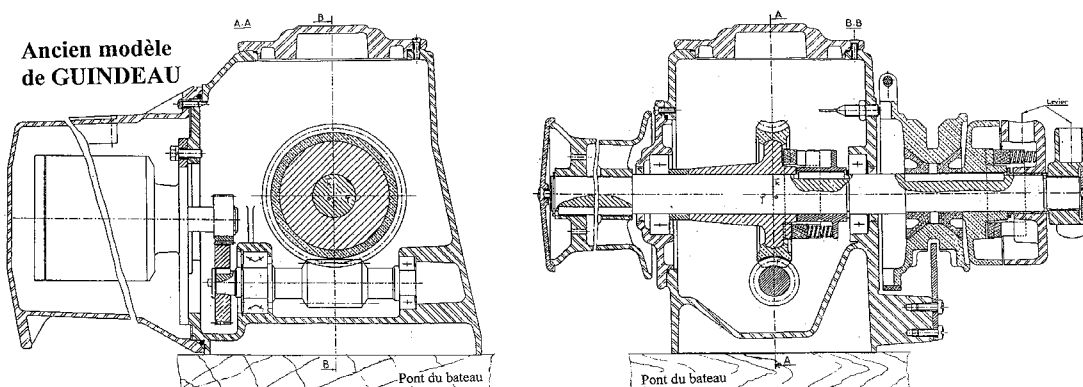
Figure 1



caractéristiques:

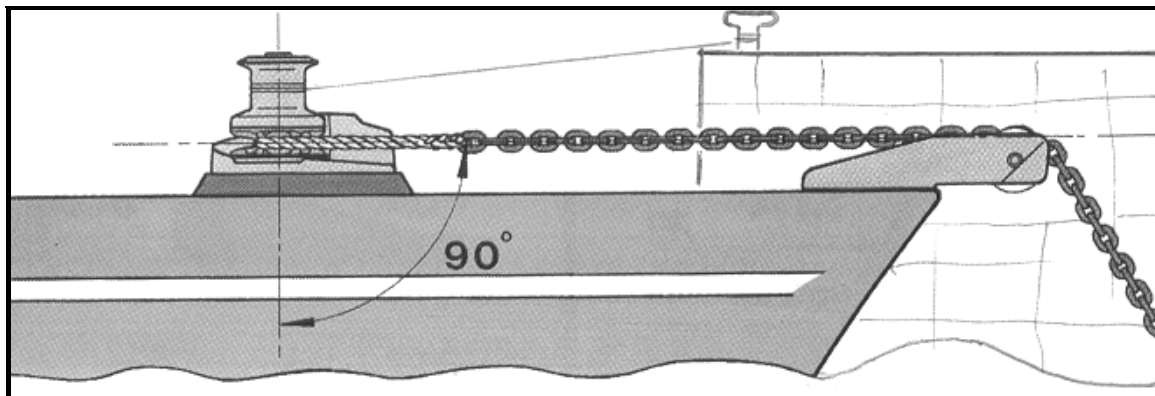
- l'axe du *barbotin* est horizontal
- le motoréducteur est au dessus du pont
- la compacité (rapport du volume matière à l'encombrement) est faible

Figure 2



1.2 Nouveau modèle de guindeau (objet de l'étude). Fig. 3 et 4

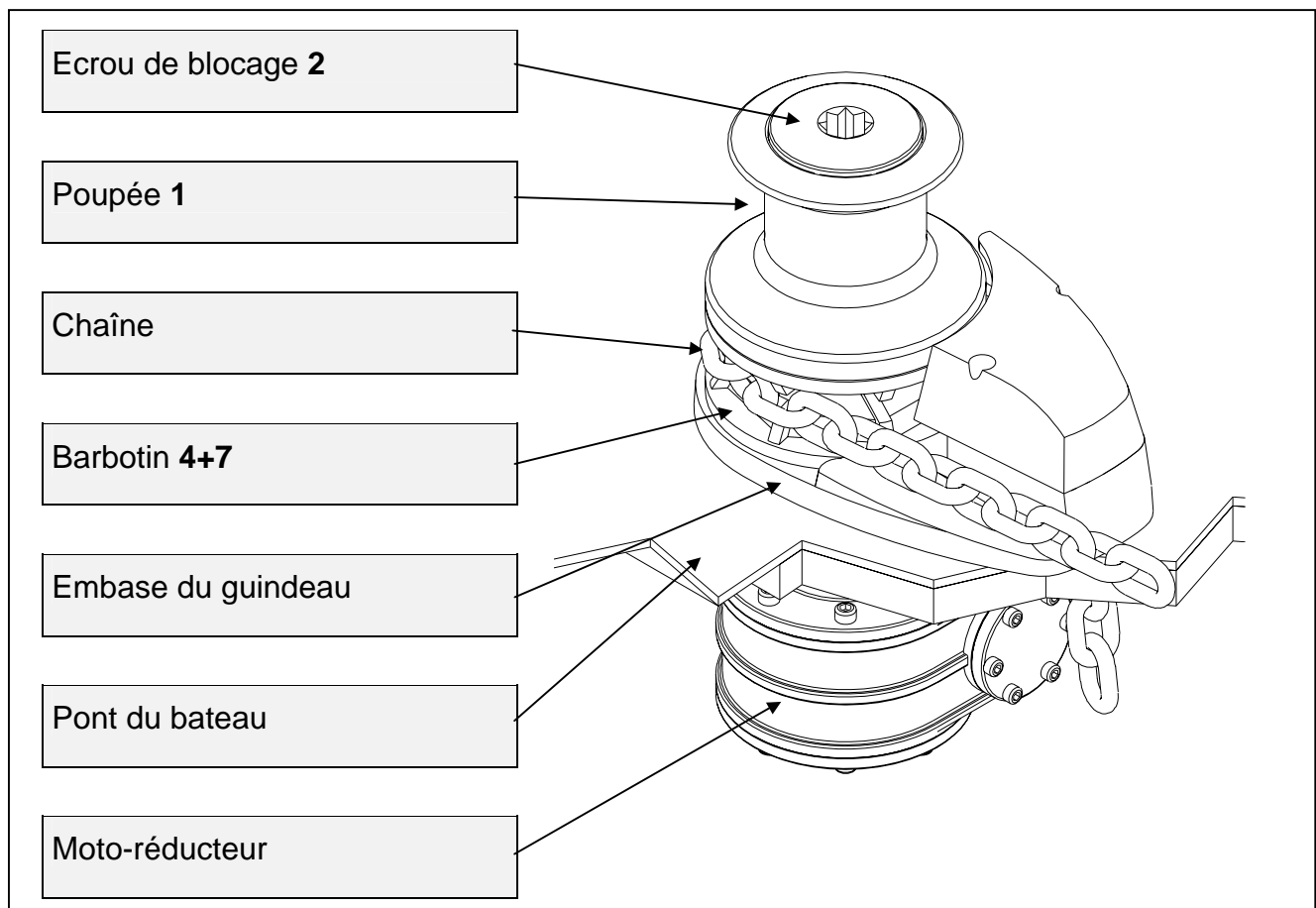
Figure 3



caractéristiques:

- l'axe du *barbotin* est vertical
- le motoréducteur est placé sous le pont (protection accrue des équipements électriques)
- la compacité est plus proche de l'unité
- l'esthétique du produit a été pris en compte dans la conception
- l'encombrement réduit sur le pont améliore la sécurité de l'équipage
- le *barbotin* a été reconçu pour recevoir aussi bien une chaîne qu'un cordage

Figure 4



2 - Données constructeur du guindeau étudié

- Masse du guindeau: 25 kg
- Encombrement sur le pont (guindeau) : L = 240 mm, l = 160 mm, h = 170 mm
- Encombrement sous le pont (moto-réducteur) : L = 315 mm, l = 175 mm, h = 180 mm
- Moteur électrique à courant continu 12V-1500W à 2 sens de rotation
- Réducteur roue-vis sans fin, rapport de réduction: 1/70
- Vitesse maximale de levage à vide: 27m/min
- Quantité fabriquée: 10 000 exemplaires par an
- Prix au particulier 13 000 F T.T.C.
- Première mise sur le marché: fin 1994

3 - Glossaire

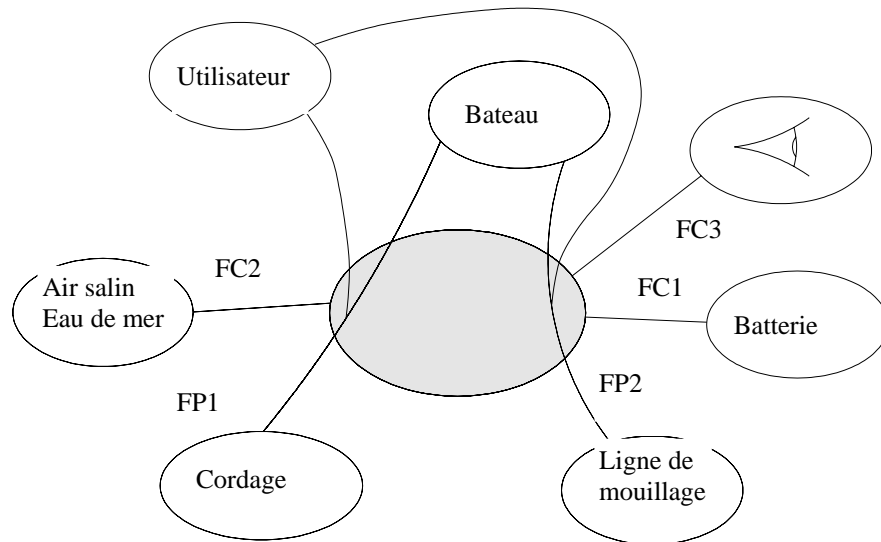
AMARRER	Attacher un bateau avec un cordage.
ANCRE	Instrument de métal, relié au bateau par une chaîne et un cordage, qui jeté au fond de l'eau s'y accroche et sert à retenir le navire.
BARBOTIN	Roue munie d'empreintes dentelées capable d'entraîner une chaîne et/ou un cordage
GUINDEAU	Treuil fixé sur le pont avant d'un bateau permettant: <ul style="list-style-type: none">- de remonter ou de descendre la <i>ligne de mouillage</i>- de tirer sur un cordage
LIGNE DE MOUILLAGE	Ensemble constitué d'un cordage, d'une chaîne et d'une ancre
MOUILLAGE	Soit action de mouiller l'ancre, soit endroit où un bateau mouille
MOUILLER	Descendre l'ancre de sorte qu'elle accroche le fond et retienne le navire.
POUPEE	Poulie fixée sur le guindeau qui permet d'enrouler et de tendre un cordage.

4 - Analyse fonctionnelle

documents de référence

- document 1
- figure 4 page 2/5

4.1 - Graphe des interacteurs



FP1: Permettre à l'utilisateur d'*amarrer* le bateau à l'aide d'un cordage

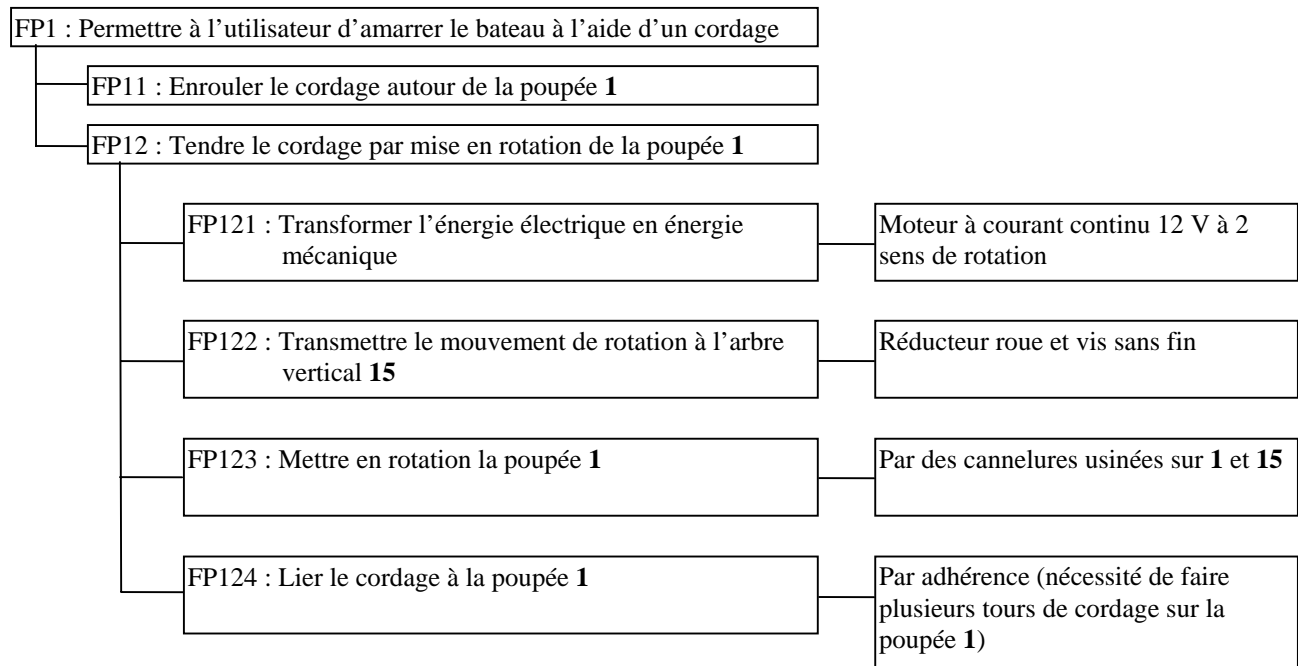
FP2: Permettre à l'utilisateur d'actionner la *ligne de mouillage* du bateau

FC1: Etre alimenté en énergie électrique

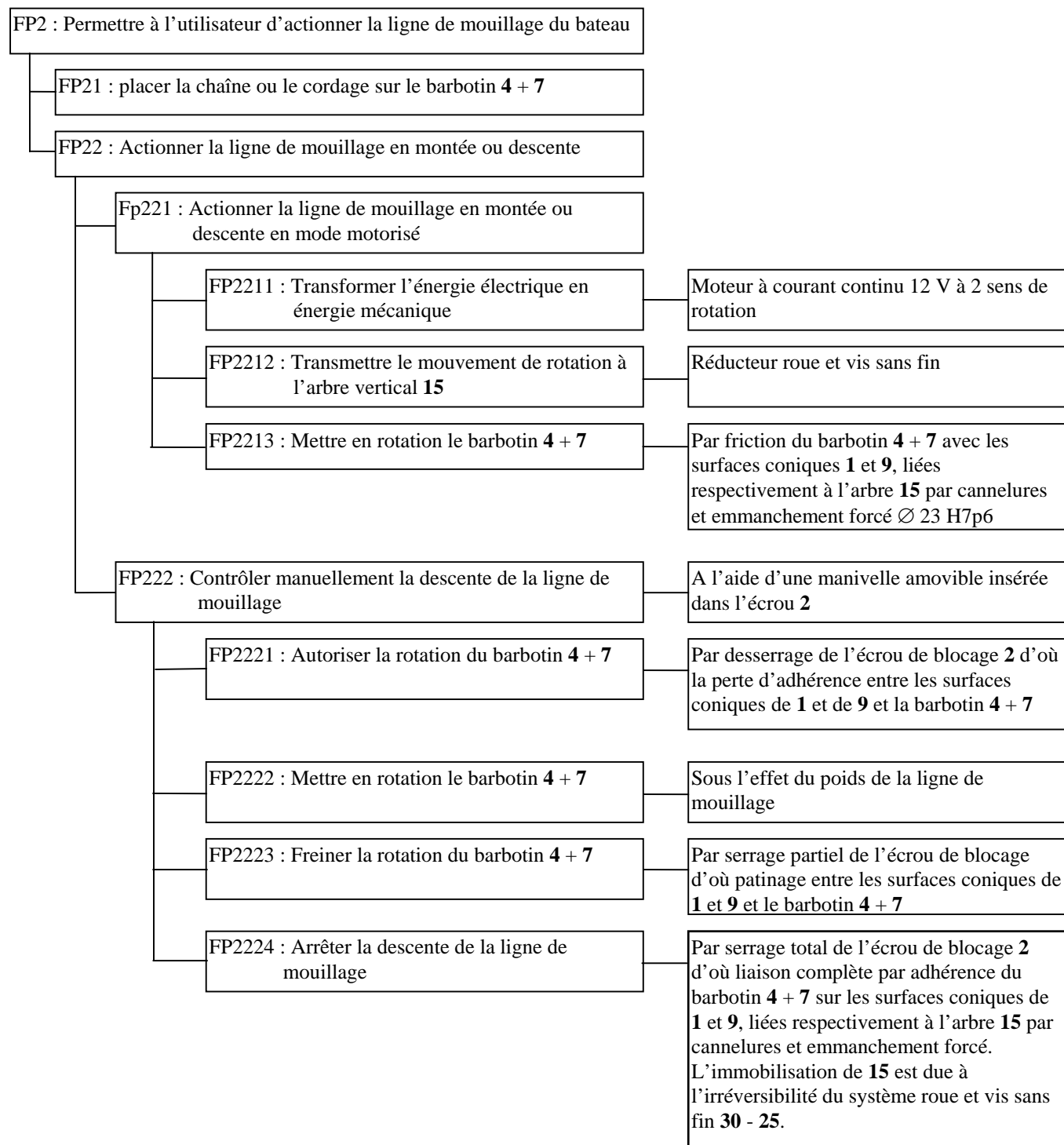
FC2: Résister à la corrosion

FC3: Etre esthétique

4.2 - Etude de la fonction FP1



3 - Etude de la fonction FP2



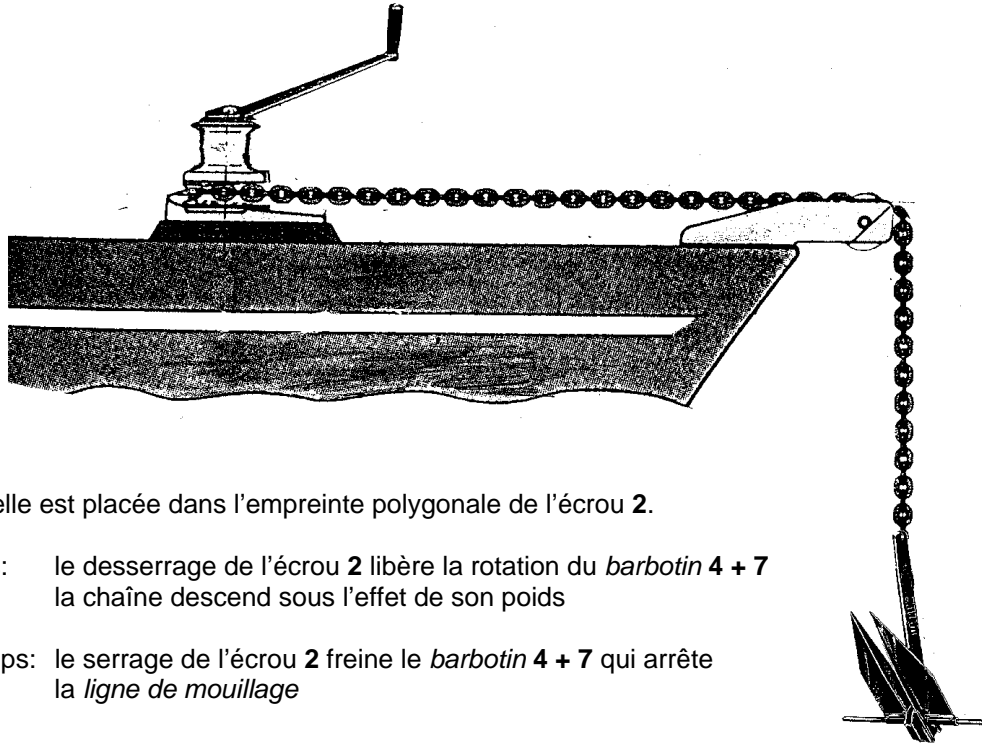
1 - Etude du freinage manuel du *barbotin* (FP222)

But: Vérifier l'ergonomie du système lors du freinage du *barbotin* 4 + 7.

1.1 - Documents de référence

- documents 1 et 1 bis
- formulaire page 7/7 du dossier travail
- page 5/5 du dossier technique
- document réponse 1

1.2 Mise en situation



- La manivelle est placée dans l'empreinte polygonale de l'écrou 2.
- 1er temps: le desserrage de l'écrou 2 libère la rotation du *barbotin* 4 + 7 la chaîne descend sous l'effet de son poids
- 2ème temps: le serrage de l'écrou 2 freine le *barbotin* 4 + 7 qui arrête la *ligne de mouillage*

1.3 Données

- masse de la ligne de mouillage en mouvement (chaîne + ancre): 30 kg
- vitesse de descente de la *ligne de mouillage* sous l'effet de son poids: 2 m/s à l'instant considéré
- freinage du *barbotin* 4 + 7 effectué sur 1/10 ème de tour
- caractéristiques des surfaces de friction 1/4 et 9/7:
 - facteur de frottement = 0,2
 - $r = 28,5 \text{ mm}$, $R = 36,5 \text{ mm}$
 - demi-angle au sommet du cône = 45°
- caractéristiques du système vis-écrou 15 et 2 :
 - l'extrémité de l'arbre 15 est filetée ISO : M18 pas 2,5
 - facteur de frottement de l'écrou 2 sur la vis 15 : $\frac{2}{15} = 0,1$
 - facteur de frottement de l'écrou 2 sur la rondelle de blocage 3 : $\frac{2}{3} = 0,2$
 - rayon intérieur et rayon extérieur de la surface d'appui de l'écrou 2 sur la rondelle de blocage 3
 - $r_1 = 12 \text{ mm}$
 - $r_2 = 19 \text{ mm}$
 - rayon de la manivelle $R_m = 254 \text{ mm}$
 - rayon primitif du barbotin 4 + 7 = $R_B = 53,5 \text{ mm}$

1.4 Hypothèses

- la pression de contact entre les surfaces coniques **1/4** et **9/7** est uniforme
- l'inertie du *barbotin 4 + 7* est négligée
- les pertes calorifiques au niveau des surfaces coniques sont négligées
- le moment du couple de freinage C_f est supposé constant
- dans les conditions d'utilisation de la manivelle, on accepte un effort tangentiel maximum de 100 N
- la rondelle 3 est fixe par rapport à la poupée 1

1.5 - Travail demandé

1.5.1 - Analyse du fonctionnement (sur document réponse 1)

1.5.1.1 - définir les liaisons

1.5.1.2 - compléter le schéma cinématique

1.5.2 - Déterminer l'énergie cinétique de la ligne de mouillage.

1.5.3 - Calculer la valeur du moment du couple de freinage C_f à exercer sur le *barbotin 4 + 7* afin d'arrêter la descente de la *ligne de mouillage*.

1.5.4 - Déterminer l'effort axial $\|\vec{F}_{1 \rightarrow 4}\|$ qu'il faut exercer sur le *barbotin 4 + 7* afin d'obtenir un moment de couple de freinage de 100 Nm, quelle que soit la valeur trouvée précédemment.
(formulaire page 7/7)

1.5.5 - Isoler l'ensemble **(1 + 3)** et en déduire la force axiale de **2 (1 + 3)**.

1.5.6 - Calculer le moment du couple de serrage C_s qu'il faut exercer sur l'écrou **2** afin d'obtenir une force axiale de 5500 N , quelle que soit la valeur trouvée précédemment (formulaire page 7/7).

1.5.7 - Calculer l'effort tangentiel minimum qu'il faut exercer sur la manivelle.

1.5.8 - Conclure

2 - Etude de l'effort maximal d'arrachement sur la chaîne (FP2)

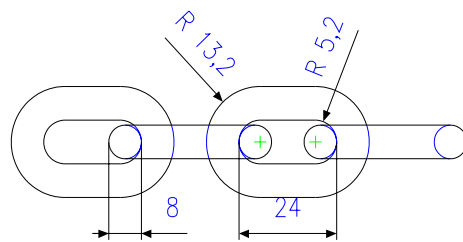
But: Vérifier la compatibilité de la résistance à la traction de la chaîne avec l'effort développé par le moteur.

2.1 - Mise en situation

Lorsque l'on arrache l'ancre du fond la tension maximale de la chaîne est obtenue pour une fréquence de rotation du moteur de 580 tr/min.

2.2 - Données

- Puissance moteur: 1500 W pour une fréquence de rotation de 580 tr/min
- Rendement global du système : $\eta = 0,25$
- Rapport de réduction du système roue et vis sans fin: $r = 1/70$
- Les caractéristiques de la chaîne sont:



acier $R_e = 320 \text{ MPa}$

2.3 - Hypothèse

On considère que l'enroulement de la chaîne sur le *barbotin 4 + 7* s'effectue sur un diamètre moyen de 107 mm

2.4 - Travail demandé

- 2.4.1 - Calculer la puissance maximale P_s et le moment du couple maximal C_s à la sortie sur le *barbotin 4 + 7*.
- 2.4.2 - Déterminer la tension dans la chaîne.
- 2.4.3 - Calculer la contrainte de traction dans un maillon de la chaîne.
- 2.4.4 - Calculer le coefficient de sécurité s adopté pour la chaîne.
- 2.4.5 - Conclure.

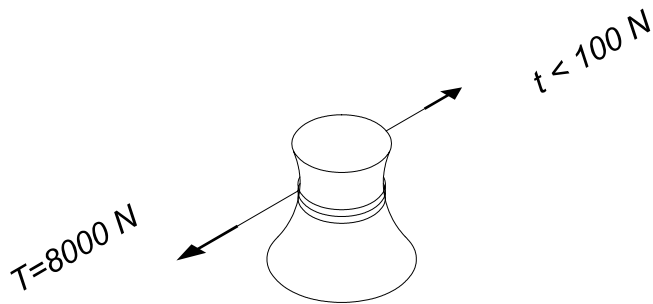
3 - Utilisation du cordage sur la poulée (FP1)

But: Déterminer l'angle minimum d'enroulement du cordage sur la *poulée 1* pour une utilisation ergonomique du guindeau.

3.1 - Mise en situation

L'étude est réalisée dans la phase d'utilisation de la *poulée 1*.

3.2 - Données



- le facteur de frottement *poulée 1*/cordage $f = 0,25$
- la tension dans le brin tendu du cordage est $T = 8000 \text{ N}$

3.3 - Hypothèse

- l'effort fourni par l'utilisateur est inférieur à 100 N

3.3 - Travail demandé

Calculer le nombre de tours minimum d'enroulement du cordage sur la *poulée 1*.

Etude de l'arbre vertical 15 (FP 1)

But: vérifier le dimensionnement de l'arbre **15** dans le cas de l'utilisation de la *poupée 1* à puissance maximale du moteur.

4.1 - documents de référence

- document 1 et 1 bis
- formulaire page 7/7 du dossier travail
- document réponse 2

4.2 - Données

- l'étude est menée dans le cas d'une tension de cordage de 8 000 N .
- les coordonnées des points sont exprimées en millimètre
- les résultantes sont exprimées en Newton
- les moments sont exprimés en Newton-mètre
- le diamètre de la section en C : $c = 25$ mm

L'étude statique de l'arbre **15** montre que le bilan des actions extérieures sur celui-ci se résume aux torseurs suivants:

$$\begin{aligned} \text{au point O (0;0;0)} \\ \text{action de 2 sur 15} \quad \{T (2 \rightarrow 15)\} &= \begin{Bmatrix} -25000 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_R \\ \text{au point A (14;0;0)} \\ \text{action de 1 sur 15} \quad \{T (1 \rightarrow 15)\} &= \begin{Bmatrix} 0 & -184 \\ 8000 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_R \\ \text{au point B (54;0;0)} \\ \text{action de 9 sur 15} \quad \{T (9 \rightarrow 15)\} &= \begin{Bmatrix} 25000 & -184 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_R \\ \text{au point C (84;0;0)} \\ \text{action de 12 sur 15} \quad \{T (12 \rightarrow 15)\} &= \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -13490 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_R \\ \text{au point D(186;0;0)} \\ \text{action de 16+31 sur 15} \quad \{T (16 + 31 \rightarrow 15)\} &= \begin{Bmatrix} 0 & 368 \\ 5490 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_R \end{aligned}$$

4.3 - Hypothèses

- le poids des pièces est négligé devant les efforts exercés
- les liaisons sont supposées sans frottement
- la pression de matage est uniforme
- le couple transmis au *barbotin 4+7* est également réparti sur **9** (frettage) et la *poupée 1* (cannelures).

4.4 - Travail demandé

- 4.4.1 - L'axe **15** est en X 30 Cr 13 (Z30C13), de limite élastique $R_e = 685 \text{ MPa}$.
Que signifie X 30 Cr 13 ? Justifier le choix de ce matériau.
- 4.4.2 - Déterminer le torseur de cohésion dans chacun des tronçons OA, AB, BC et CD
- 4.4.3 - Tracer les diagrammes des efforts normaux, des efforts tranchants, des moments fléchissants et des moments de torsion.
- 4.4.4 - Pour la section C, de $c = 25 \text{ mm}$, calculer le moment idéal de flexion à partir de la formule de Mohr-Cauchy. En déduire la contrainte maximale dans cette section. Déterminer le coefficient de sécurité de l'arbre **15** dans la section C. (formulaire page 7/7)
- 4.4.5 - Déterminer la longueur minimum de la clavette **16** sachant que la pression de matage ne doit pas excéder $p_{\text{mat}} = 120 \text{ MPa}$.

FORMULAIRE

Formule de frottement donnée pour un cône d'appui:

$$\|\vec{M}\| = \frac{2}{3} \cdot \frac{\mu}{\sin \theta} \cdot \|\vec{F}_{A \rightarrow B}\| \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \approx \mu \cdot \frac{\|\vec{F}_{A \rightarrow B}\|}{\sin \theta} \cdot \frac{R + r}{2}$$

θ : 1/2 angle du cône

R : grand rayon du cône de contact

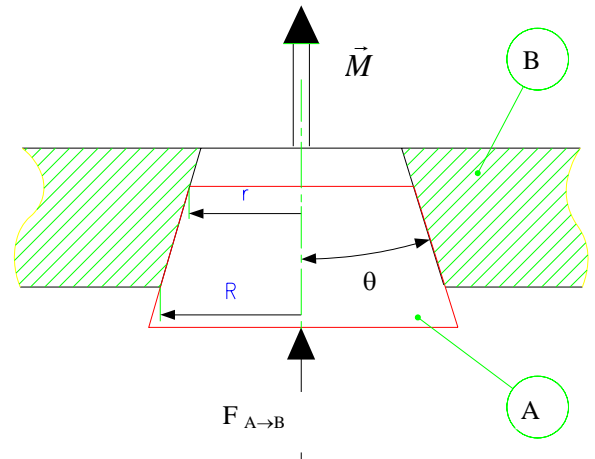
r : petit rayon du cône de contact

M : Moment du couple transmis

$F_{A/B}$: Effort presseur de A sur B

μ : Facteur de frottement

Remarque: S'il y a «n» cônes d'appui, le moment du couple transmis est à multiplier par «n».



Formule du moment du couple de serrage d'un écrou

$$\|\vec{C}_s\| = \|\vec{F}_{C \rightarrow A}\| \cdot [\mu_{C/A} \cdot R + \tan(\alpha + \varphi') \cdot r]$$

C_s : moment du couple de serrage exercé sur l'écrou A

$\vec{F}_{C \rightarrow A}$: action de la rondelle C sur l'écrou A

$\mu_{C/A}$: facteur de frottement de l'écrou A sur la rondelle C

$$R : \text{rayon défini par } R = \frac{2}{3} \cdot \frac{r_2^3 - r_1^3}{r_2^2 - r_1^2} \approx \frac{r_1 + r_2}{2}$$

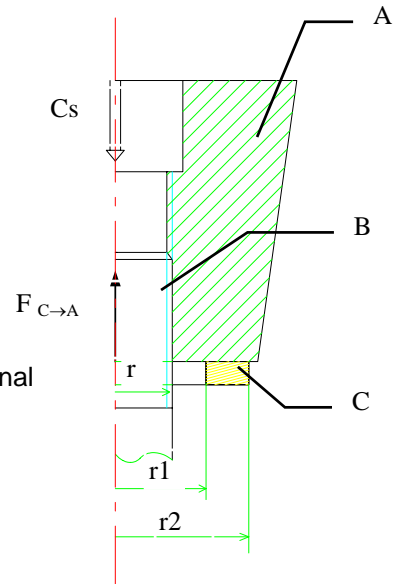
r : rayon moyen de la liaison hélicoïdale $r \approx 0,5 \cdot \text{diamètre nominal}$

α : pente telle que $\tan \alpha = \frac{p}{2 \cdot \pi \cdot r}$ où p est le pas du filetage

φ' : angle de frottement fictif tel que $\tan \varphi' = \frac{\tan \varphi}{\cos \gamma}$

où $\tan \varphi = \mu_{A/B}$: facteur de frottement de l'écrou A sur la vis

γ : demi angle au sommet du filet (profil ISO : $\gamma = 30^\circ$)



Formule de Mohr-Cauchot

$$M_{fi} = \left(1 - \frac{1}{2 \cdot \lambda}\right) \cdot M_f + \frac{1}{2 \cdot \lambda} \sqrt{M_f^2 + M_t^2}$$

M_{fi} : moment idéal de flexion

avec $\approx 0,5$ pour les aciers

M_f : moment de flexion

≈ 1 pour les fontes

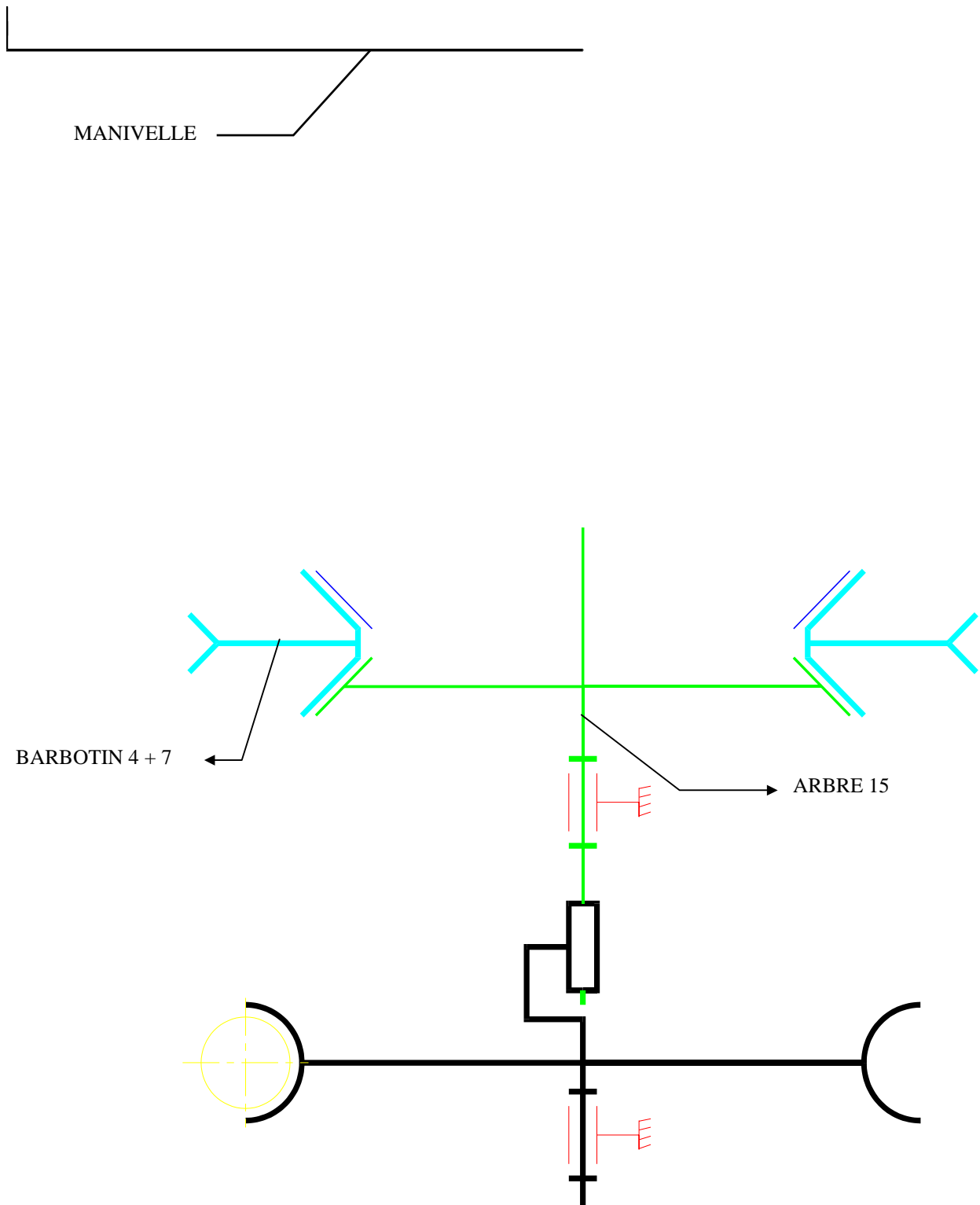
M_t : moment de torsion

$\approx 4/5$ pour les matériaux moulés

1.5.1.1 - Définir les liaisons suivantes au début de la phase de freinage manuel du barbotin **4 + 7**.

liaison	nom de la liaison
L [(manivelle verrouillable) - (2)]	encastrement
L [(2) - (15)]	
L [(2) - (3)]	
L [(1) - (3)]	
L [(1) - (15)]	
L [(4) - (7)]	
L [(9) - (15)]	

1.5.1.2 - Compléter le schéma cinématique



NOTA:

- L'irréversibilité du système roue et vis sans fin assure l'arrêt en rotation de l'arbre **15**.
- Les surfaces coniques de friction assurent une liaison pivot entre **4 + 7** et **15**.