

Examen Final du Premier Semestre Décembre 2017

Epreuve de Conception et Fabrication Mécanique (CFM)

Préparation Technologique (PT2)

Unité de galvanisation de pylônes

Date : 16/12/2017

Heure : 8H30

Durée : 4 Heures

Documents non autorisés

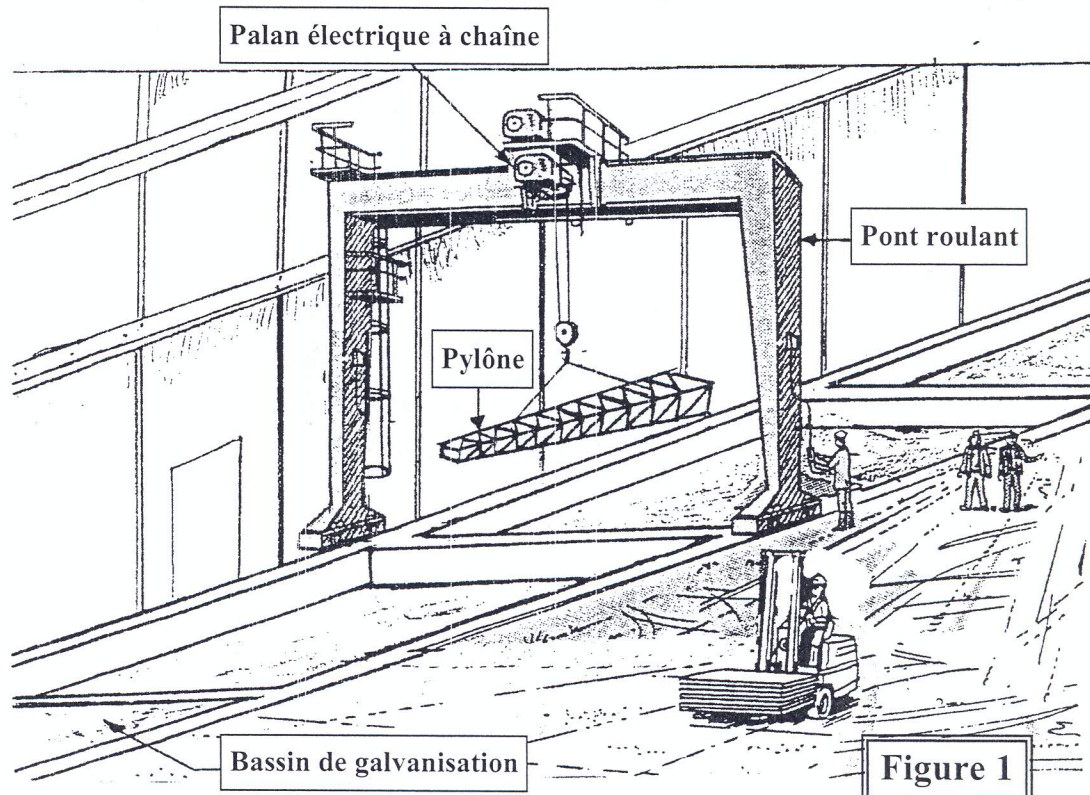
MISE EN SITUATION

La Figure 1 représente une chaîne de galvanisation (protection contre l'oxydation) de pylônes métalliques (ou treillis métallique) qui consiste à déposer une couche protectrice de zinc en surface du pylône.

L'opération de galvanisation comporte les phases suivantes:

- ★ Phase de dégraissage qui consiste à immerger le pylône dans un bassin qui contient un détergent afin d'éliminer toute couche de graisse en surface provenant du procédé de fabrication.
- ★ Phase de décapage qui consiste à immerger le pylône dans un bassin contenant une solution acide afin d'éliminer la couche d'oxyde greffée en surface.
- ★ Phase de rinçage qui consiste à immerger le pylône dans un bassin d'eau afin d'éliminer toute trace d'acide en surface du pylône. L'eau de ce bassin doit être régénérée en continue.
- ★ Phase de galvanisation qui consiste à immerger le pylône dans un bassin contenant, du zinc en fusion à 450°C.
- ★ Une phase de solidification qui consiste à exposer la pièce à l'air ambiant avant stockage.

La manutention des pylônes pendant toute l'opération de galvanisation est assurée par un pont roulant.



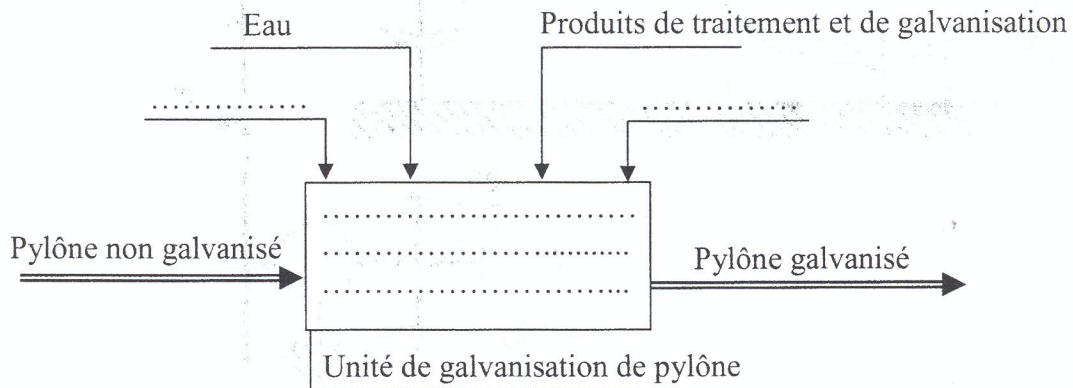
Nom : Prénom :

Identifiant : Groupe :

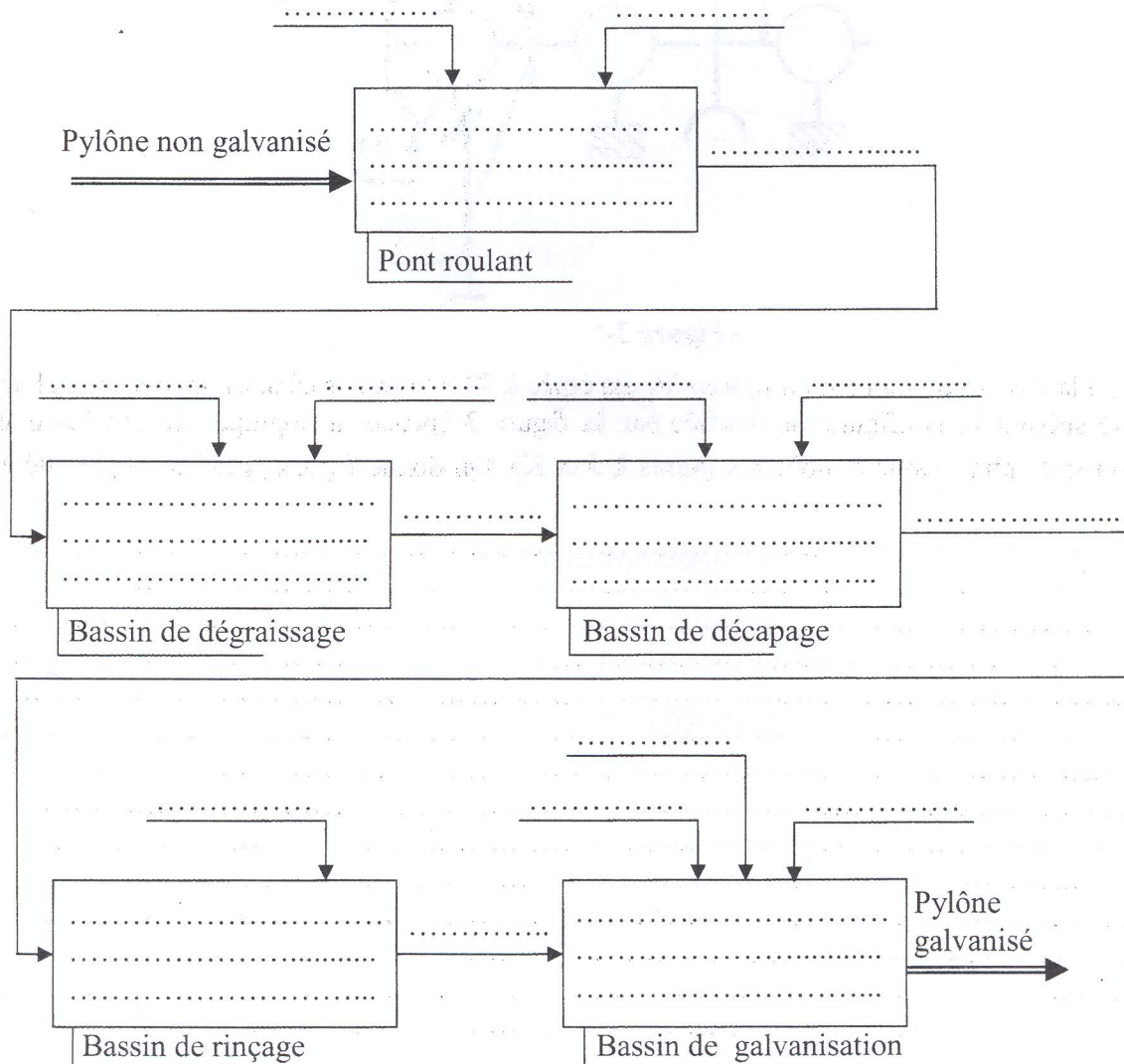
A-I) Etude de « UNITE DE GALVANISATION DE PYLONES ».

A-I-1) Analyse fonctionnelle

a) Compléter l'actigramme A-0.



b) Compléter l'actigramme A0.



A-II) Etude de la partie opérative « PALAN ELECTRIQUE À CHAÎNE ».

Le dessin d'ensemble **page 7/7** représente un palan électrique à chaîne utilisé au niveau du pont roulant pour la manutention des pylônes. Le stator (9), solidaire au bâti (14) par l'intermédiaire du collier (8), est alimenté par une barrette à bornes. Le rotor (6) est en liaison encastrement avec l'arbre moteur (21) par serrage sur une partie dentelée. Le rotor (6) peut coulisser dans l'alésage de la bague (19) et dans l'alésage de la bague intérieur du roulement (16). L'alimentation du bobinage conique du moteur en courant électrique génère un champ magnétique qui provoque d'une part la translation de l'arbre moteur vers la droite et d'autre part la rotation du rotor (6). Deux couples d'engrenages à denture droite (21)/(27) et (25)/(37) assurent la transmission du mouvement à la noix (43) qui entraîne la chaîne à l'extrémité de laquelle est fixé le pylône à déplacer.

La coupure du courant électrique provoque l'arrêt du moteur et son freinage par déplacement de l'arbre (21) vers la gauche sous l'action du ressort (18). Ainsi, le rotor (6) vient en contact avec la garniture de freinage (5).

A-II-1) Etude technologique

A-II-1-1) Identifier la fonction de chacun des processeurs indiqués dans le tableau suivant.

Processeur	Fonction
Ressort (18)	
Pièce (29)	
Rondelles (35)	

A-II-1-2) Quel est le nom de l'organe constitué par les pièces (34), (35) et (37) ?

.....
.....

- Dans quel cas intervient-il ?

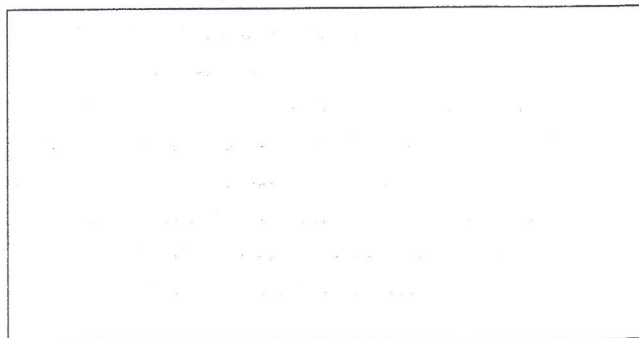
.....
.....
.....

- Sur quelle pièce faut-il agir pour régler ses caractéristiques ?

.....
.....

A-II-1-3) Quel est le rôle de la pièce (10) ? Représenter, à main levée, la forme de cette pièce.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



Nom : Prénom :

Identifiant : Groupe :

A-II-1-4) Choisir le matériau convenable pour chacune des pièces proposées dans le tableau ci-dessous en justifiant votre choix.

Pièces	Matériaux	Justification
Anneau (13)	S185 EN-GJL 350 C45 EN AW-2017[AlCu4MgSi]	..... ..... ..... .....
Garniture (5)	CW453K[CuSn8] PF21(Bakélite) EN-GJL 150 Ferodo	..... ..... ..... .....
Arbre (21)	S235 EN-GJL 150 EN AW-5754[AlMg3] 42CrMo4	..... ..... ..... .....
Rondelle (35)	EN-GJL 150 C65 EN AW-5754[AlMg3] CW453K[CuSn8]	..... ..... ..... .....
Coussinet (23)	C60 S185 CW453K[CuSn8] EN AW-5754[AlMg3]	..... ..... ..... .....

A-II-2) Etude cinématique

A-II-2-1) Compléter le schéma cinématique de la figure 2.

On donne :

- $d_{21}=22\text{mm}$, $d_{27}=208\text{mm}$, $d_{25}=34\text{mm}$, $d_{37}=162\text{mm}$, $d_{43}=90\text{mm}$.
- la vitesse du moteur $N_m=1450\text{tr/mn}$

A-II-2-2) Calculer la vitesse de rotation N_{43} de la noix (43).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

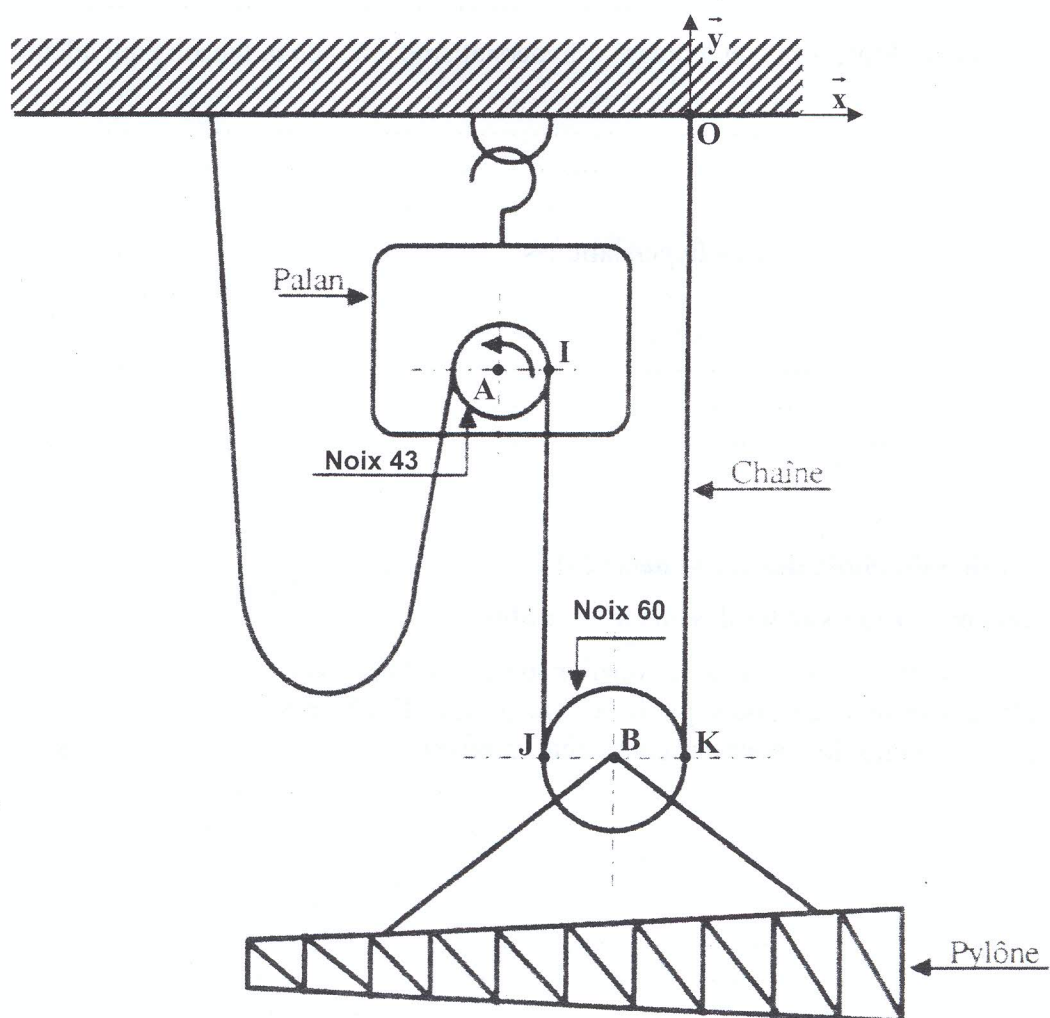
.....

.....



A-II-2-3) Montrer que la vitesse de montée du pylône V_p est égale à 75,82mm/s, sachant que son accrochage au palan est effectué suivant la configuration donnée par la figure 3 (penser à appliquer la condition de roulement sans glissement entre chaîne et noix aux points I, J et K). On donne $R(O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ un repère lié au pont supposé fixe.

Identifiant.....Groupe.....



-Figure 3-

Nom : Prénom :

Identifiant : Groupe :

A-II-5) Etude de l'embrayage

On donne :

- Le rendement de la transmission par les deux noix (les noix (43) et (60)) et de la chaîne : $\eta_1=0,95$
- Les caractéristiques des surfaces frottantes de l'embrayage :
 - ★ rayon extérieur des surfaces frottantes : $R'=57\text{mm}$
 - ★ rayon intérieur des surfaces frottantes : $r'=47\text{mm}$
 - ★ demi angle au sommet du cône : $\alpha'=20^\circ$
 - ★ coefficient de frottement : $f'=0,1$

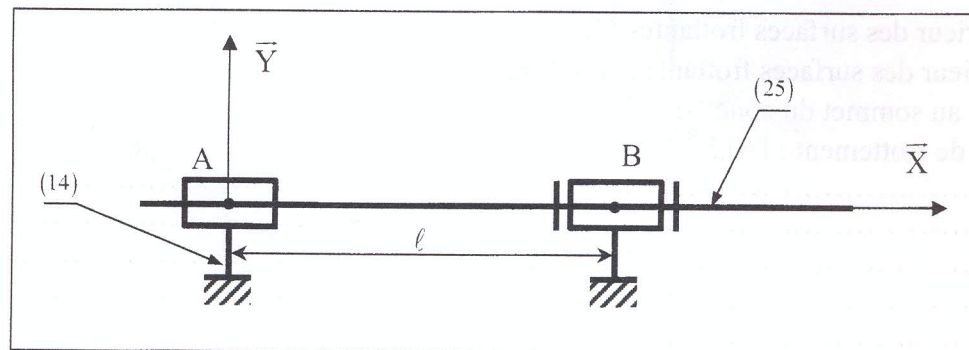
A-II-5-1) Sachant que la charge maximale admissible à soulever est estimée à $P_{\max}=750\text{daN}$, Calculer dans ces conditions le couple résistant admissible C_r au niveau de l'arbre (31).

A-II-5-2) Calculer dans ces conditions l'effort presseur générée par les rondelles bellevilles (35). On prendra comme couple d'adhérence $C_{ad}=C_r$.

A-II-6) Etude du guidage en rotation de l'arbre (25) par rapport au bâti (14) :

A-II-6-1) Analyse du mécanisme

La figure 4 représente une modélisation cinématique du mécanisme de ce guidage.



-Figure 4-

a) Représenter le graphe des liaisons du mécanisme.

Ne rien écrire ici

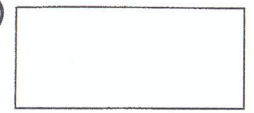
[illegible]

N.B. : mesurer les cotes utiles sur les dessins d'ensemble.

- la charge radiale maximale encaissée par le coussinet (23) : $F=850\text{daN}$,
- le produit $(p.V)_{\text{adm}}$ admissible pour des coussinets en bronze : $(p.V)_{\text{adm}}=2,1 \text{ (N.m/mm}^2\text{.s)}$.

Nom : Prénom :

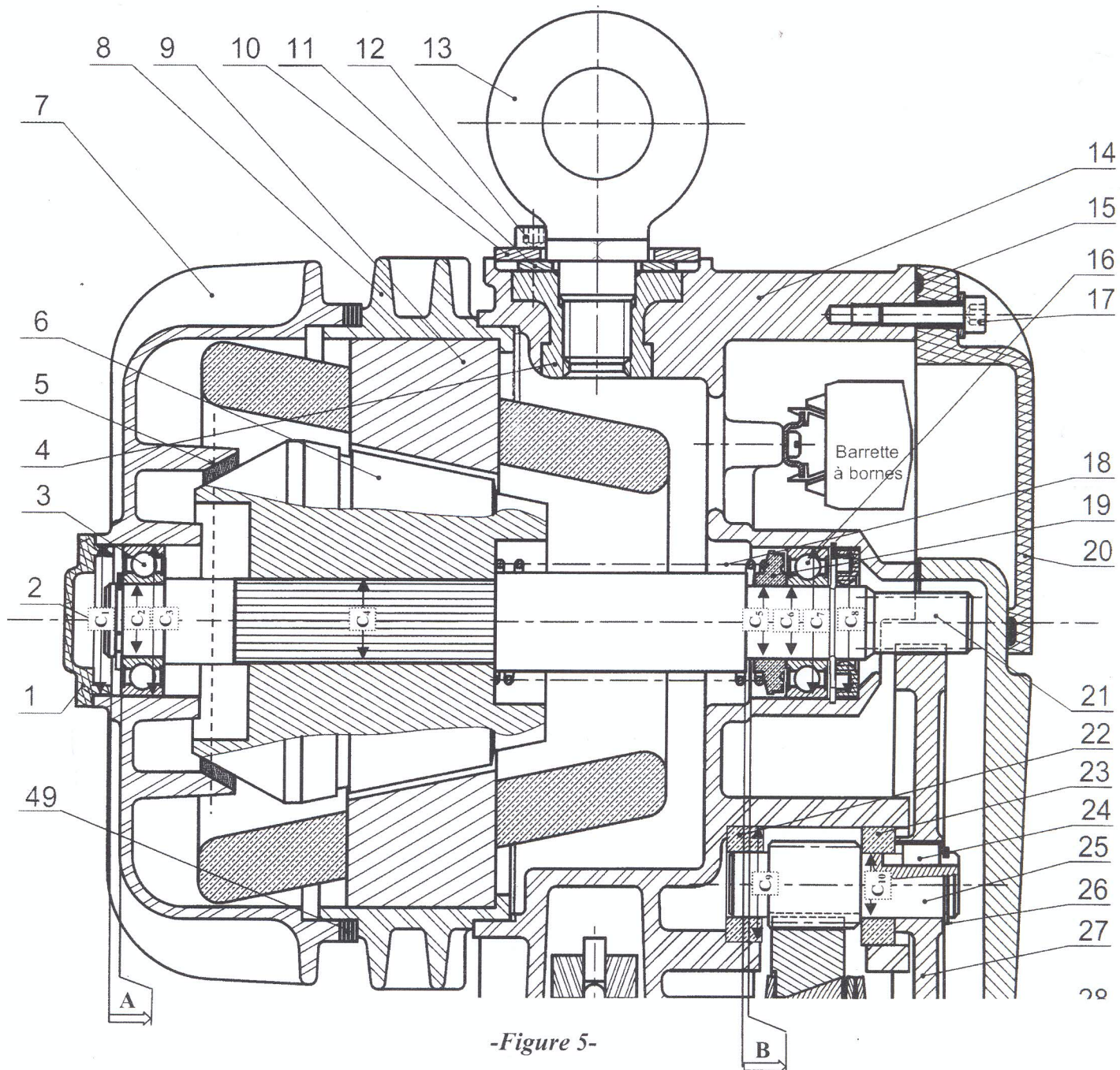
Identifiant : Groupe :



A-II-7) Cotation fonctionnelle

A-II-7-1) Donner les ajustements qualitatifs des assemblages Ci (figure 5)

Assemblage	Ajustement	Assemblage	Ajustement
C ₁		C ₆	.....
C ₂		C ₇	.....
C ₃		C ₈	.....
C ₄		C ₉	.....
C ₅		C ₁₀	.....



-Figure 5-

Ne rien écrire ici

A-II-7-2) Tracer sur le dessin de la figure 5 (palan en phase de freinage) les chaînes de côtes relatives aux conditions :

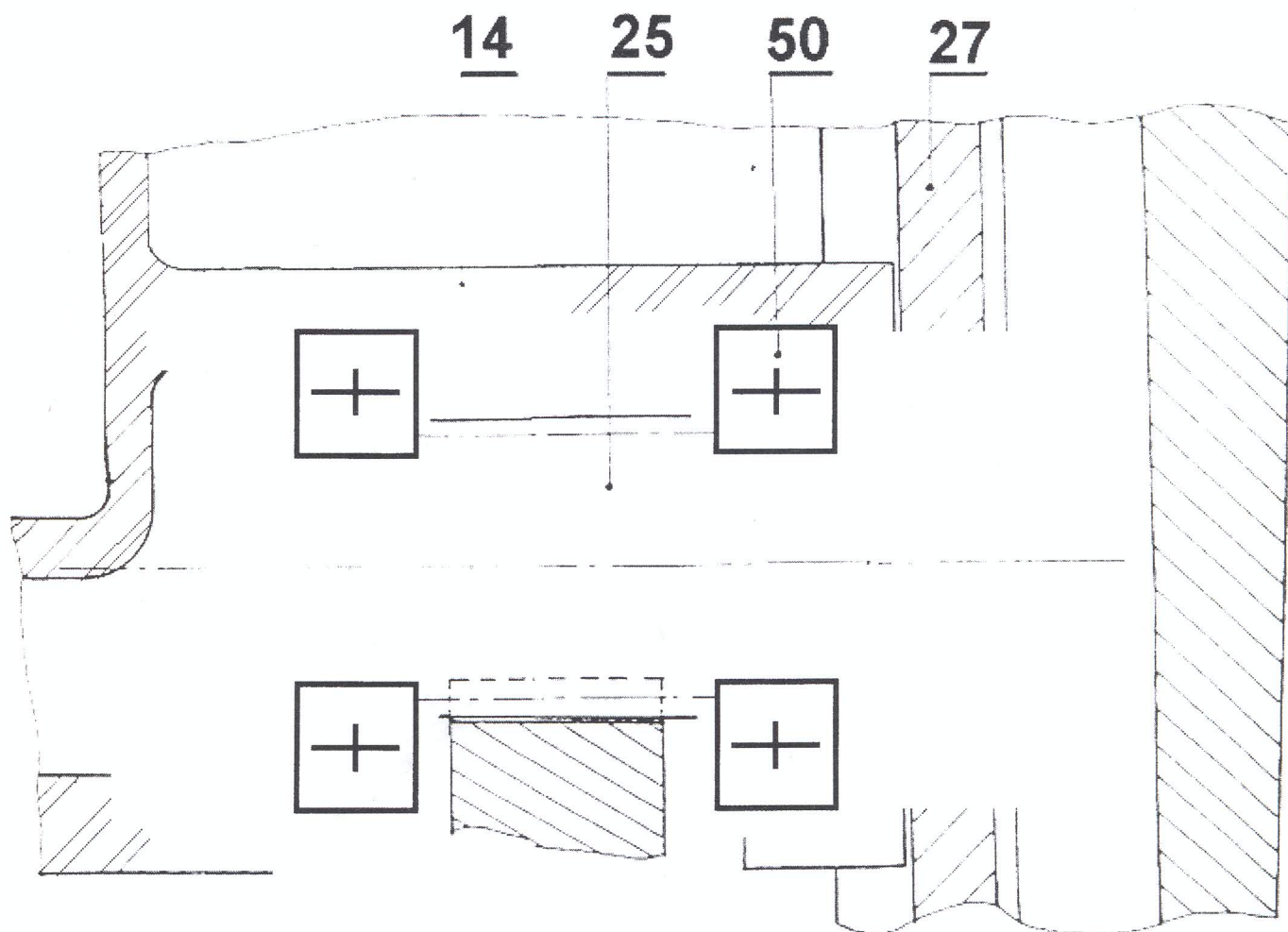
- Condition A : entre (1) et (3).
- Condition B : entre (21) et (19).

N.B. : Les pièces (7) et (5) sont considérées comme une seule pièce (7+5).

A-II-8) Etude graphique

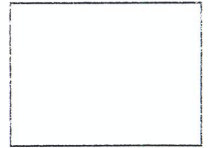
Pour une nouvelle conception du palan électrique à chaîne, le constructeur a choisit de remplacer les coussinets (22) et (23) par deux roulements à bille à contacte radial. Compléter sur le dessin de conception de la figure 6 :

- Le montage des roulements (50),
- Le montage de la roue (27) sur l'arbre (25),
- La cotation des assemblages fonctionnels.



-Figure 6-

Nom : Prénom :
Identifiant.....
Classe :



PARTIE B : TECHNOLOGIE DE PRODUCTION

Dans cette partie, on s'intéresse à l'usinage d'un boîtier défini par son dessin de définition (voir page 3/3)

Le brut de cette pièce est obtenu par moulage en sable avec trou noyauté

Les surfaces à usinées sont représentées en traits fort et repérées de (1) à (12) les autres surfaces resteront brutes.

B 1- ETUDE DE PROJET DE FABRICATION

On propose d'étudier dans cette partie l'usinage des surfaces (1) (4) (5) (6) (7) et (8) en premier étape en utilisant un tour parallèle.

B 1- 1 Compléter la feuille d'avant projet de gamme de fabrication en précisant

- La mise en position (Isostatisme)
- Installer les cotes de fabrication et les calculer s'il y a lieu dans la dernière case de la feuille d'analyse
- Les outils de coupe en position de travail
- La machine- outil

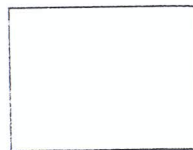
B2-ETUDE DE LA COUPE

Répondre directement sur la feuille étude de la coupe

B3- USINAGE SUR MACHINE A COMMANDE NUMERIQUE

Répondre directement sur la feuille usinage sur machine à commande numérique.

Nom : Prénom :
Identifiant :
Classe :



B2- ETUDE DE LA COUPE

B2.1- Déterminer la profondeur de passe « a_p » à enlever.

.....

B2.2- Déterminer la vitesse de coupe « V_c »

.....

B2.3- Déterminer l'épaisseur de coupe « h_D »

.....
.....

B2.4- Déterminer la pression spécifique de coupe « K_c »

.....
.....
.....

B2.5- Déterminer la profondeur maximum « a_{pmax} » que l'on peut enlever pour $P_m=1kw$

.....
.....
.....
.....

B2.6- En déduire le nombre de passe « n »

.....
.....
.....

B2.7- Déterminer le temps de coupe (t_c) pour une seule passe

.....
.....
.....
.....

B2.8- En se basant sur les conditions de coupe actuelles, la loi de TAYLOR s'écrit sous la forme suivante :

$$V_c(T)^{1/3.4} = 350$$

B2.8.1- Déterminer la nouvelle vitesse de coupe « V_c », permettant à une seule arrête de coupe de travailler pendant 36 minutes.

.....
.....
.....
.....
.....

B2.8.2- En déduire le nombre de pièce possible de réaliser avec cette vitesse de coupe V_{v36} ci avant déterminée ?

.....
.....
.....
.....
.....

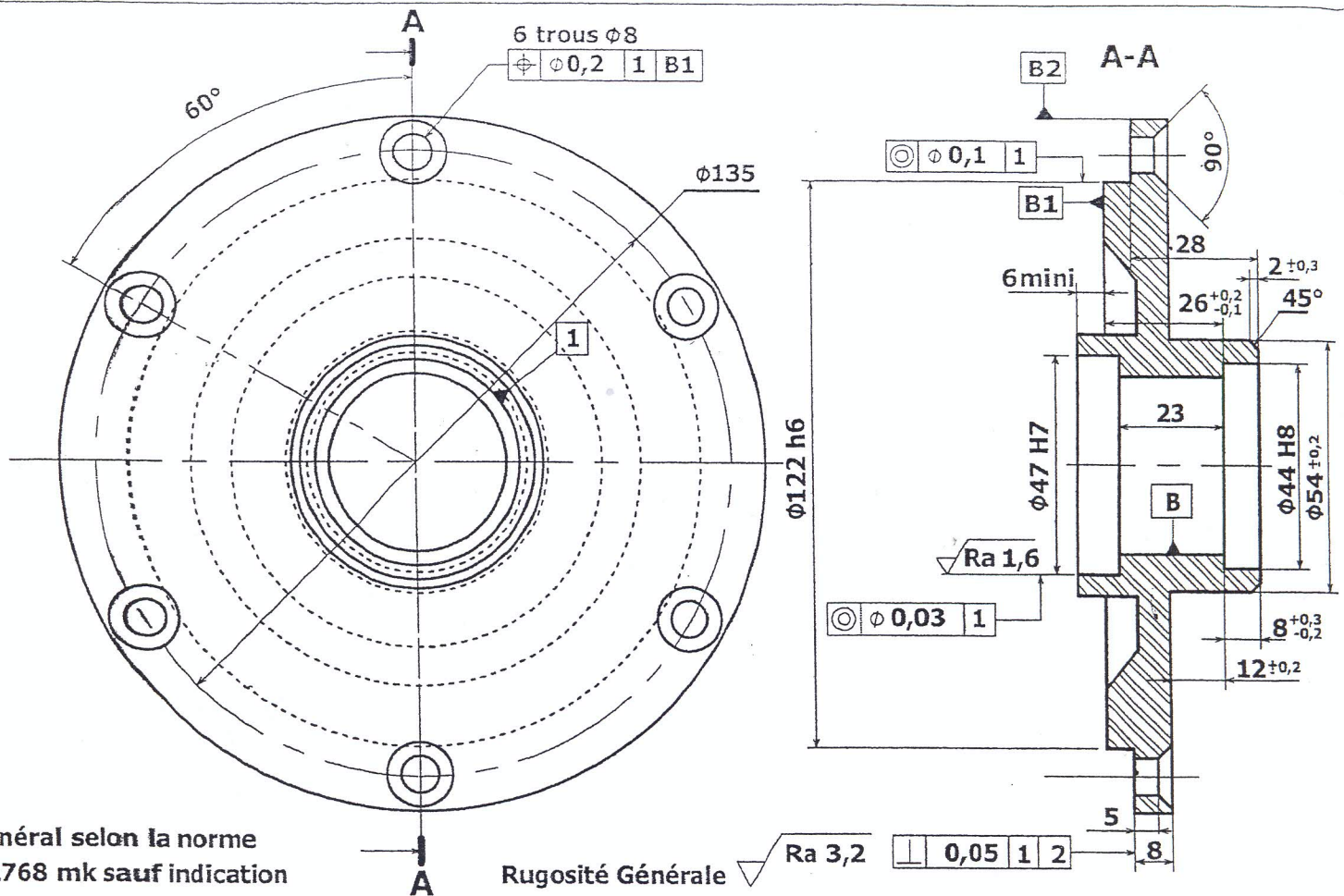


Ne rien écrire ici

Dans cette partie on s'intéresse à la finition des surfaces (1), (4), (5), (6), (7) et (8) en utilisant un tour à commande numérique à tourelle arrière.

- T01 : outil à contourner
- T02 : outil à aléser et à dresser
- Surépaisseur d'usinage est de 0,5 mm sur les faces et aux rayons
- Pré coupe égal dégagement = 2 mm
- Point de changement d'outil est :
x180 z60

[illegible]

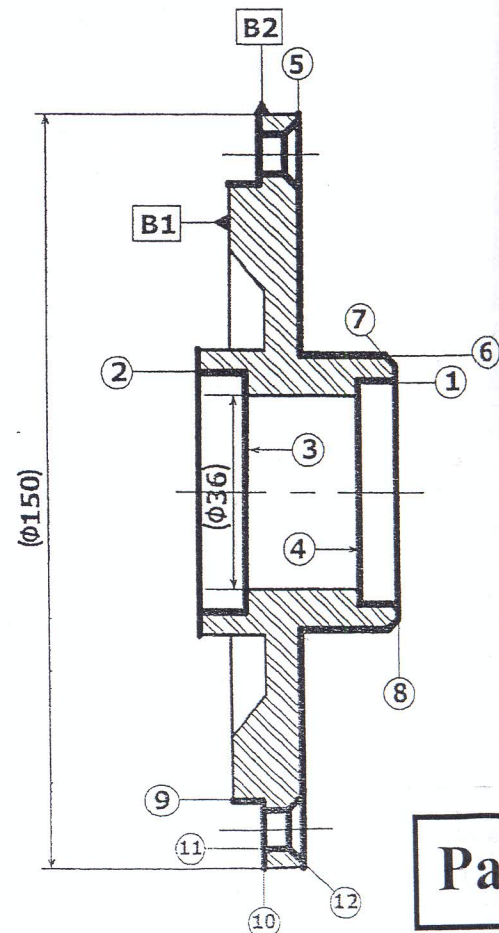
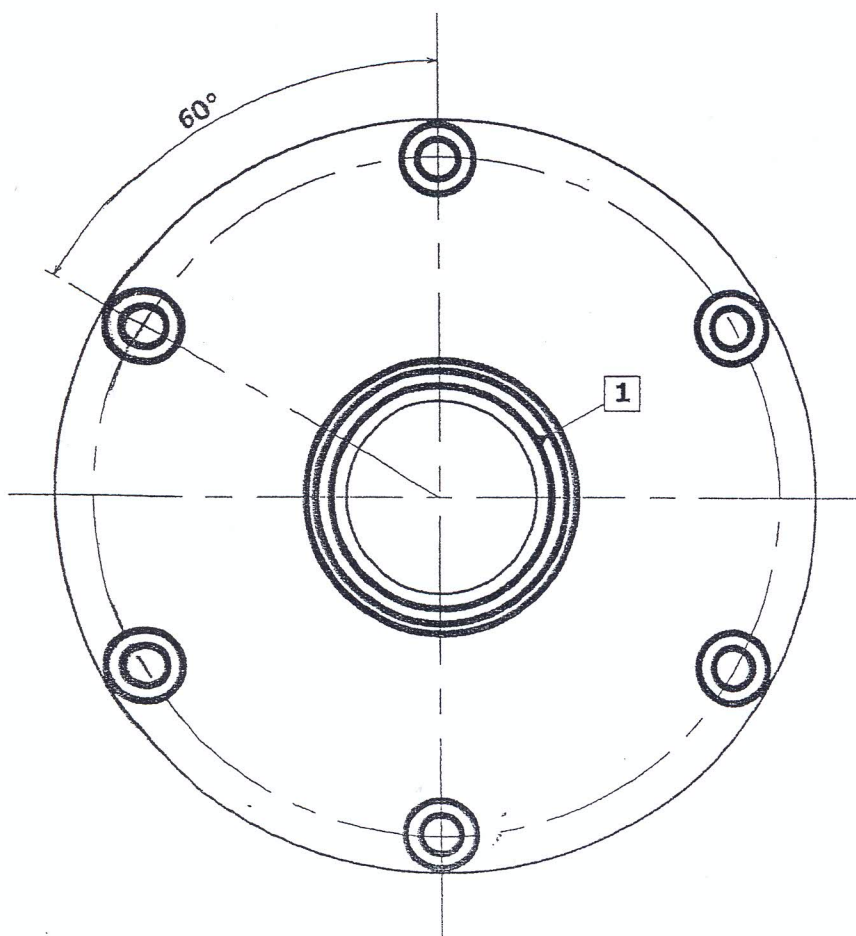


IT Général selon la norme
ISO 2768 mk sauf indication

Rugosité Générale

$\nabla Ra 3,2$

$\perp 0,05$ 1 2



B.2- ETUDE DE LA COUPE

L'usinage de l'alésage (1) (Document DT2) du flasque (13), nécessite l'utilisation d'un outil à aléser à plaquette rapportée en carbure. Les conditions de coupe, pour effectuer cet alésage, sont mentionnées sur le tableau B.5.

Tableau B.5 : Définition des conditions de coupe.

Conditions	Désignation	Valeurs	Unités
f	Avance par tour	0.65	mm/tr
κ_r	Angle de coupe principale	75	° (degré)
N	Fréquence de rotation	700	tr/mn
P_m	Puissance moteur	1	Kw
η	Rendement moteur	0.75	

Les différentes valeurs de la pression spécifique de coupe K_c , sont données dans le tableau B.6 en fonction de l'épaisseur du copeau hD . La figure B.2, donne l'évolution de la pression spécifique de coupe K_c pour $0.4 < hD < 0.8$. De ce fait l'évolution de K_c n'est pas linéaire sur les différents intervalles de hD .

Tableau B.6 : Valeurs de K_c en fonction de l'épaisseur du copeau hD

K_c en N/mm ² (outil carbure et $\kappa_r=75^\circ$)				
Matière	$hD=0,1$	$hD=0,2$	$hD=0,4$	$hD=0,8$
E335(A60)	4200	3000	2200	1550
C35 C45 (XC38-XC48)	3700	2800	2050	1500
C65 (XC65)	4700	3400	2500	1800
Fonte FI20	2900	2080	1500	1080
Fonte GS	3350	2500	1800	1300
Laiton	1400	1000	750	550
Bronze	3250	2400	1750	1300
Alu	1400	1000	700	520

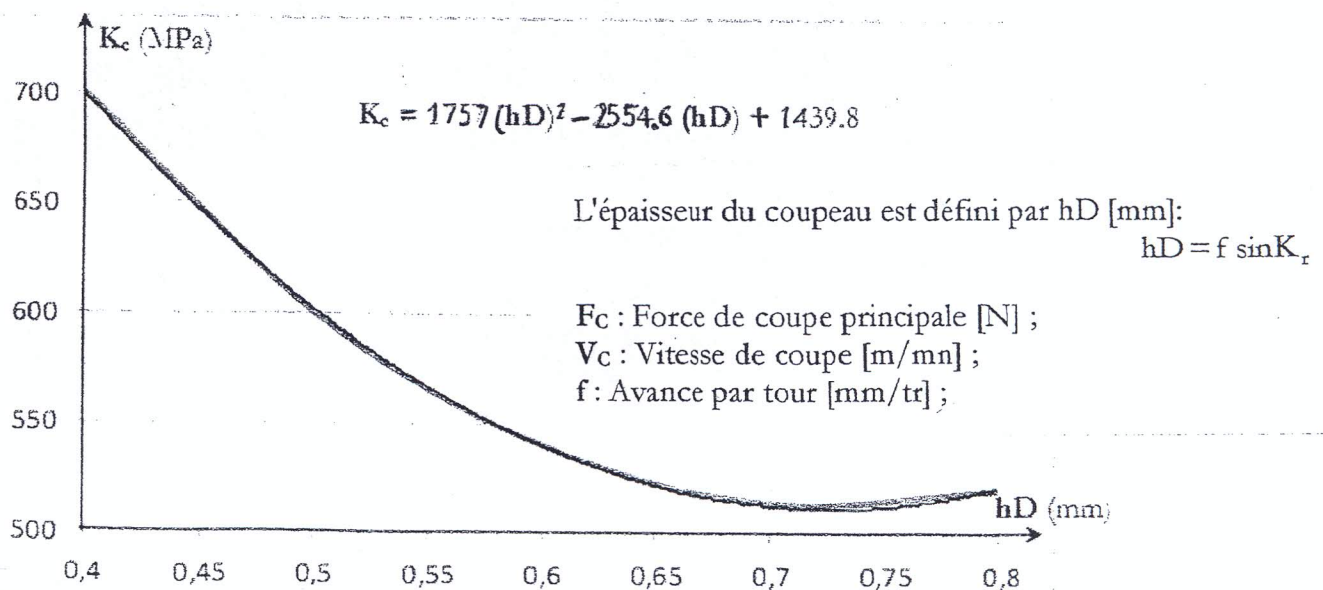


Figure B.2 : Evolution de la pression spécifique de coupe K_c pour $0.4 < hD < 0.8$

Examen de fin du 1^{er} Semestre : PT2
Épreuve de Systèmes Techniques Automatisés

Date : Vendredi 15 Décembre 2017

Heure : 8 H30

Durée : 3 Heures

- L'épreuve comporte deux parties indépendantes :
 A- Mécanique des solides indéformables
 B- Automatique
- Aucun autre document n'est autorisé.
- L'utilisation des calculatrices de poche non programmables est autorisée.
- Les parties A et B de l'épreuve doivent être rédigées sur des cahiers réponses séparés.

PARTIE A : MÉCANIQUE DES SOLIDES INDÉFORMABLES

Présentation :

L'ensemble mécanique illustré par la figure 1 est une unité de transfert de pièces. Elle est composée principalement d'un bras robotisé permettant au moyen d'un moteur à courant continu et de deux réducteurs de générer simultanément deux rotations : la première s'effectue autour d'un axe fixe horizontal, la seconde autour d'un axe tournant dans un plan vertical.

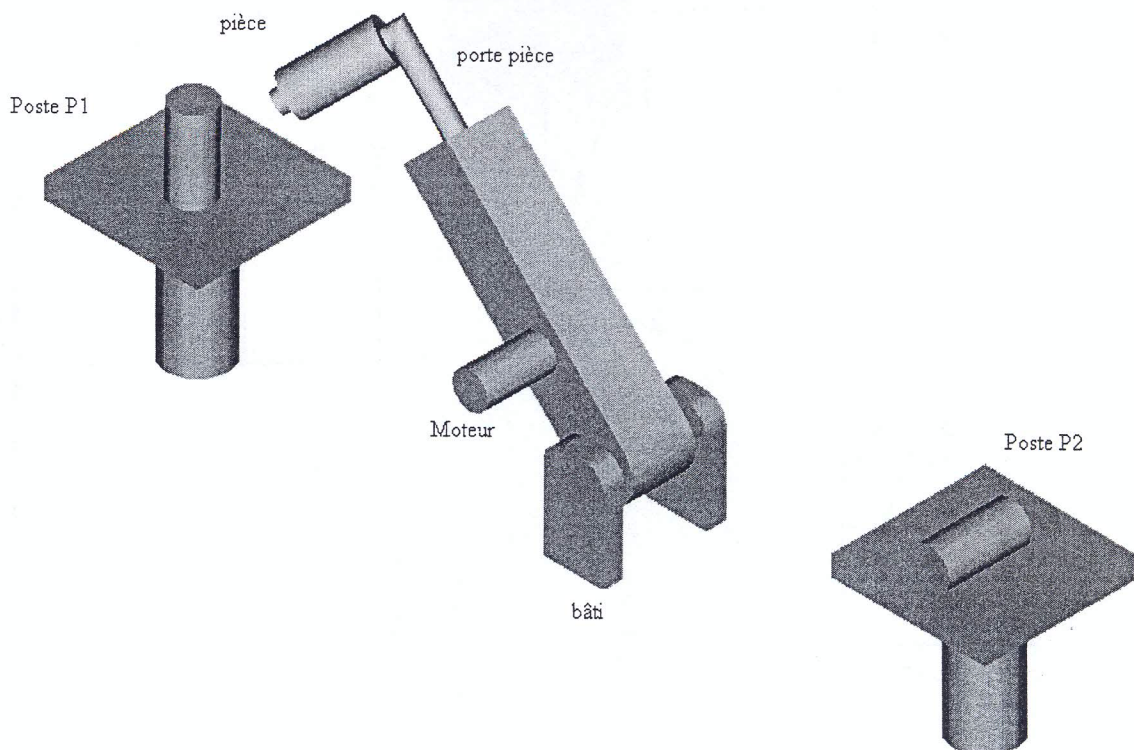


Figure 1 : Unité de transfert

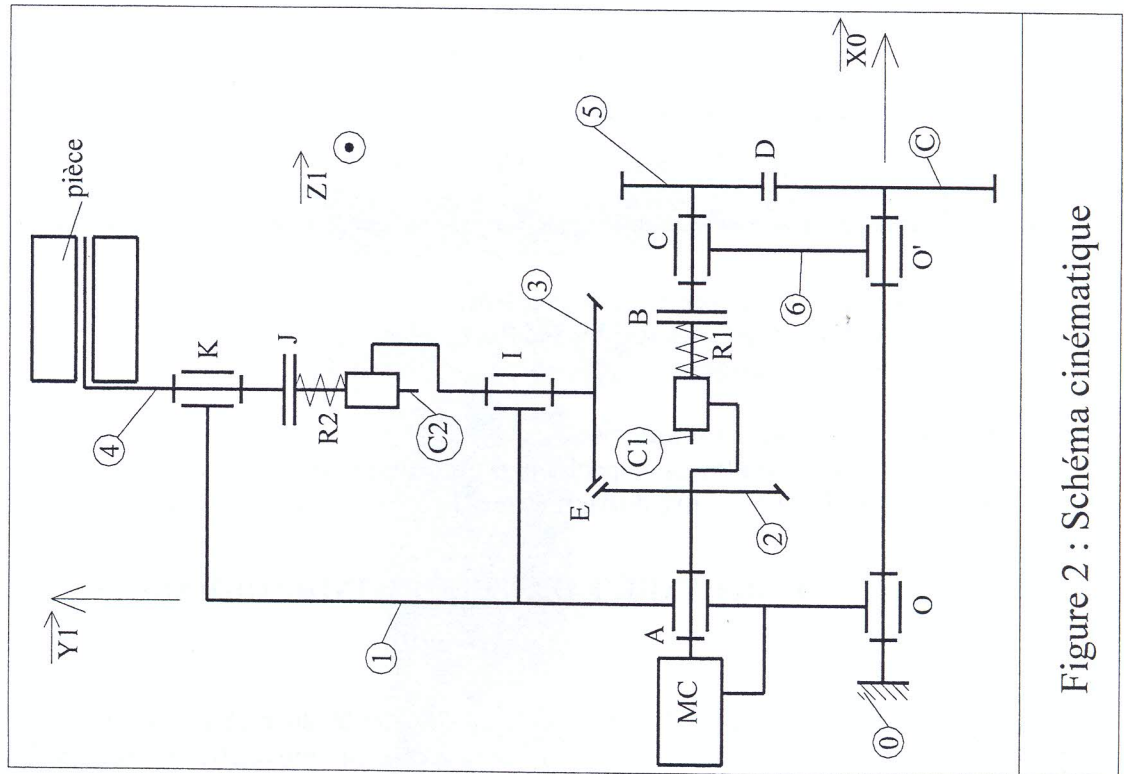
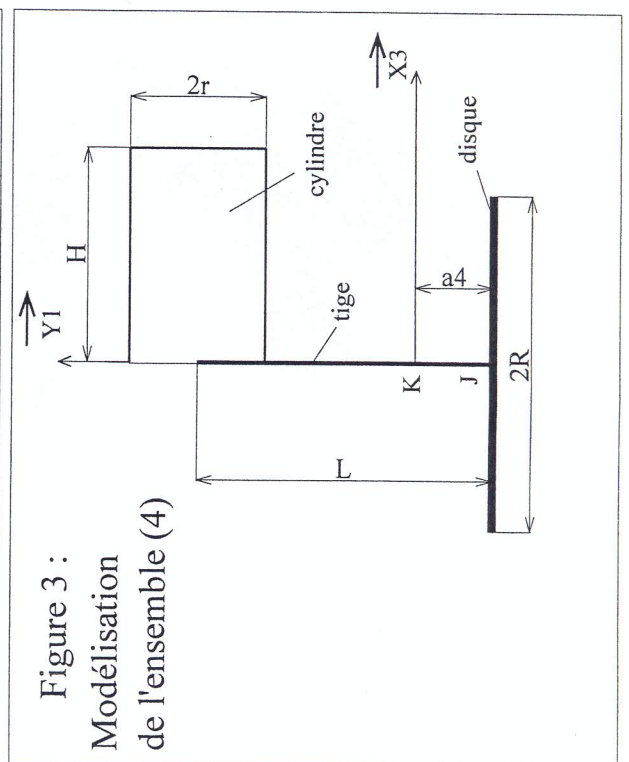
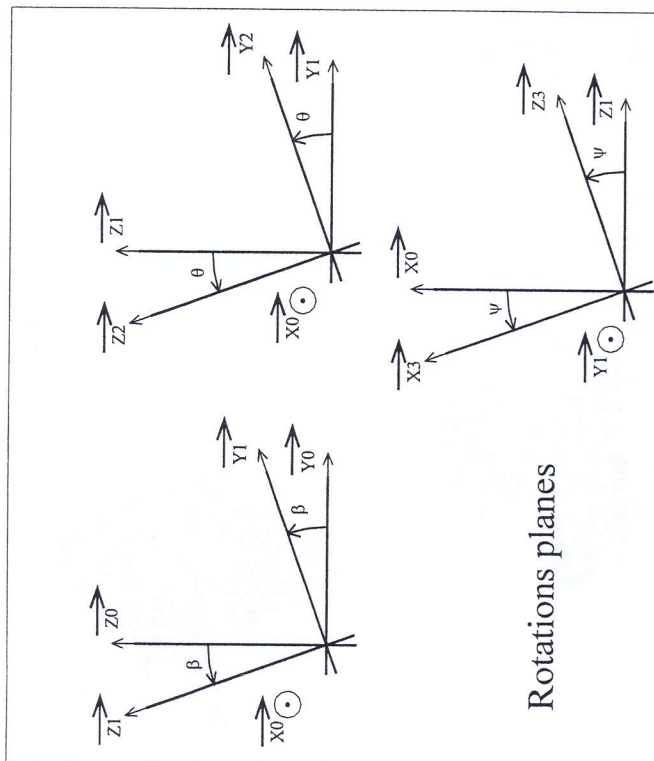


Figure 2 : Schéma cinématique

Dans ce qui suit, on s'intéressera à l'étude du bras robotisé dont le schéma cinématique minimal est représenté par la figure 2.

Les principaux éléments qui composent ce mécanisme, sont :

- le bâti (0),
- le support (1) en liaison pivot d'axe $(O, \vec{X}_0)$ avec le bâti (0) et équipé d'un moteur (MC),
- l'ensemble (2) en liaison pivot d'axe $(A, \vec{X}_0)$ avec le support (1), cet ensemble est constitué d'une roue dentée conique, du coulisseau (C1) et du ressort (R1),
- l'ensemble (3) en liaison pivot d'axe $(I, \vec{Y}_1)$ avec le support (1), cet ensemble est constitué d'une roue dentée conique, du coulisseau (C2) et du ressort (R2),
- l'ensemble (4) en liaison pivot d'axe $(K, \vec{Y}_1)$ avec le bras (1) et est constitué de la pièce à transférer et du porte pièce qui est en liaison plane de normale $(J, \vec{Y}_1)$ avec l'ensemble (3),
- le pignon arbré (5), en liaison pivot d'axe $(C, \vec{X}_0)$ avec le porte satellite (6) et en liaison plane de normale $(B, \vec{X}_0)$ avec l'ensemble (2). Il engrène en D avec la roue dentée fixe (C),
- le porte satellite (6) en liaison pivot d'axe $(O, \vec{X}_0)$ avec le bâti(0).

Repères et paramétrage :

Les repères et les paramètres adoptés sont définis comme suit :

- $R_0(O, \vec{X}_0, \vec{Y}_0, \vec{Z}_0)$ repère lié au bâti (0) supposé galiléen, tel que l'axe $(O, \vec{Z}_0)$ est vertical ascendant,
- $R_1(O, \vec{X}_0, \vec{Y}_1, \vec{Z}_1)$ repère lié au support (1) tel que $\beta = (\vec{Y}_0, \vec{Y}_1) = (\vec{Z}_0, \vec{Z}_1)$,
- $R_2(A, \vec{X}_0, \vec{Y}_2, \vec{Z}_2)$ repère lié aux ensembles (2) et (5) tel que : $\theta = (\vec{Y}_1, \vec{Y}_2) = (\vec{Z}_1, \vec{Z}_2)$, (θ étant la rotation imposée par le moteur),
- $R_3(K, \vec{X}_3, \vec{Y}_1, \vec{Z}_3)$ repère lié aux ensembles (3) et (4) tel que : $\psi = (\vec{X}_0, \vec{X}_3) = (\vec{Z}_1, \vec{Z}_3)$.

Les positions des différents centres de liaison sont décrites par les relations vectorielles suivantes :

$$\begin{aligned}\vec{OA} &= a_1 \vec{Y}_1, \quad \vec{AD} = a_2 \vec{X}_0 - r_5 \vec{Y}_1, \quad \vec{JK} = a_4 \vec{Y}_1, \quad \vec{OI} = a_3 \vec{X}_0 + b_1 \vec{Y}_1, \\ \vec{OK} &= a_3 \vec{X}_0 + b_2 \vec{Y}_1, \quad \vec{AE} = c_1 \vec{X}_0 + r_2 \vec{Y}_1, \quad \vec{EI} = r_3 \vec{X}_0 + c_2 \vec{Y}_1.\end{aligned}$$

Les angles β , θ et ψ sont les paramètres angulaires du mécanisme. $a_1, a_2, a_3, a_4, b_1, b_2, c_1, c_2, r_2, r_3$ et r_5 sont des constantes géométriques.

L'ensemble (4) est modélisé par un solide homogène constitué des éléments suivants (voir figure 3) :

- un disque homogène de rayon R et de masse m
- une tige homogène de longueur L et de masse m_t
- un cylindre homogène de rayon r, de longueur H et de masse M.

A.1 : GÉOMÉTRIE DES MASSES

A.1.1. La position du centre d'inertie G de l'ensemble (4) est définie par le vecteur $\vec{KG} = x \vec{X}_3 + y \vec{Y}_1$. Exprimer, en fonction des caractéristiques géométriques et d'inertie de l'ensemble (4), les coordonnées x et y du centre G.

A.1.2. Donner les matrices d'inertie centrales des solides homogènes suivants :

- a- le disque
- b- la tige
- c- le cylindre plein

A.1.3. Montrer que la matrice d'inertie au point K, exprimée dans la base $(\vec{X}_3, \vec{Y}_1, \vec{Z}_3)$, de l'ensemble (4) est de la forme :

$$[I_K(4)] = \begin{bmatrix} A_4 & -F_4 & 0 \\ -F_4 & B_4 & 0 \\ 0 & 0 & C_4 \end{bmatrix}_{(\vec{X}_3, \vec{Y}_1, \vec{Z}_3)}$$

déterminer alors le moment d'inertie B_4 .

N.B : Dans la suite des calculs, on ne retiendra que les formes de la matrice $[I_K(4)]$ et du vecteur position $\vec{KG}$. La masse de l'ensemble (4) sera notée m_4 .

A.2 : ÉTUDE CINÉMATIQUE

Dans cette étude, on admettra que la vitesse de rotation du moteur est constante ($\dot{\theta} = \omega$). Tous les calculs doivent être effectués dans la base $(\vec{X}_0, \vec{Y}_1, \vec{Z}_1)$.

A.2.1. Calculer les vecteurs vitesses suivants : $\vec{V}(A/R_0)$, $\vec{V}(K/R_0)$.

A.2.2. La vitesse de G (centre d'inertie de l'ensemble (4)) par rapport à R_0 est de la forme :

$\vec{V}(G/R_0) = V_x \vec{X}_0 + V_y \vec{Y}_1 + V_z \vec{Z}_1$. Déterminer les composantes V_x , V_y et V_z .

A.2.3. L'accélération de G par rapport R_0 est de la forme : $\vec{\Gamma}(G/R_0) = \Gamma_x \vec{X}_0 + \Gamma_y \vec{Y}_1 + \Gamma_z \vec{Z}_1$. Déterminer les composantes Γ_x , Γ_y et Γ_z .

A.3 : ÉTUDE DYNAMIQUE

Dans cette partie on s'intéresse à l'étude dynamique de l'ensemble (4) au moment où il occupe la position instantanée définie par : $\psi = 0$ ($\dot{\psi} \neq 0$).

A.3.1. Déterminer le torseur cinétique, au point K, de (4) dans son mouvement par rapport à R_0 .

A.3.2. Déterminer le torseur dynamique, au point K, de (4) dans son mouvement par rapport à R_0 .

A.3.2. Déterminer l'énergie cinétique de (4) dans son mouvement par rapport à R_0 .

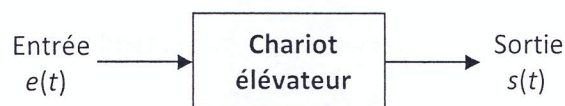
PARTIE B : AUTOMATIQUE

Les pièces transférées par le bras robotisé (figure 1) seront ensuite emballées dans des boîtes en carton. Ces dernières seront transportées et déposées dans un magasin de stockage à l'aide des chariots élévateurs (figure B1).



Figure B1 : Chariot élévateur dans son environnement industriel.

La présente étude est portée sur l'analyse temporelle et fréquentielle du comportement d'un chariot élévateur roulant sur le plat en ligne droite. On commande ce chariot par le pourcentage d'enfoncement de la pédale d'accélérateur et on observe sa vitesse.



Initialement, la pédale est enfoncée de 50% et le chariot roule à 100 m/min.

A un instant que l'on prendra comme origine des temps, on appuie sur la pédale de 15%. L'évolution de la vitesse est représentée par la figure B2 suivante :

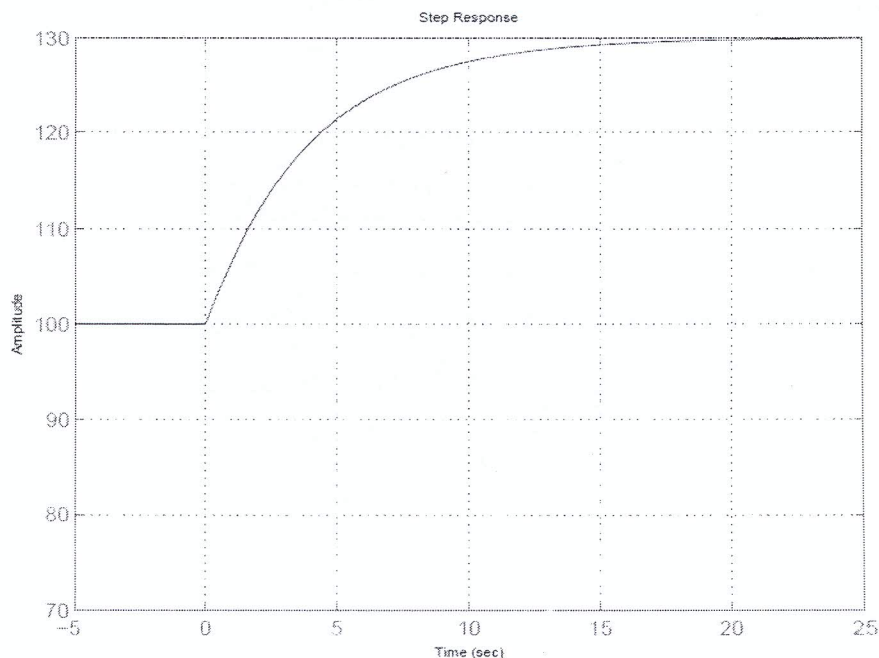


Figure B2 : Evolution de la vitesse à un appui de 15% de l'accélérateur.

- B.1. Quelles seront les grandeurs qui serviront d'entrée et de sortie au système modélisant ce problème.
- B.2. Quel est l'ordre de ce système ? Justifier votre réponse et identifier ses paramètres.
- B.3. Trouver l'expression de la réponse indicielle du système (figure B2).
- B.4. Calculer le temps de réponse à 5%.
- B.5. Tracer le diagramme de Bode.
- B.6. Calculer la fréquence de coupure f_c en Hz. On suppose que l'on appuie et relâche la pédale selon une loi sinusoïdale d'amplitude 15% et de période T .
Décrire le comportement du chariot élévateur pour $T_1 = 240s$ puis pour $T_2 = 2,4s$.

Dans ce qui suit, on suppose que la fonction de transfert du système est : $H(p) = \frac{2}{1+4p}$.

- B.7. Déterminer et tracer la réponse de ce système à une rampe de pente unité.
- B.8. Calculer l'écart de traînage ?
- B.9. On Suppose maintenant que la conception du système provoque un retard pur sur sa sortie. La fonction de transfert du système devient alors : $H(p) = \frac{2}{1+4p} e^{-0.2p}$.
Trouver les expressions du gain et de la phase de $H(j\omega)$ puis tracer le diagramme de Bode asymptotique correspondant.
- B.10. L'opérateur de retard est parfois approximé par un système strictement causal ($m < n$) d'ordre 1, tel que :

$$e^{-0.2p} = \frac{1}{e^{0.2p}} \approx \frac{1}{1+0.2p}.$$

Montrer que $H(p)$ est du deuxième ordre. Quels en sont l'amortissement ξ , la pulsation propre non amortie ω_n et le gain statique K du système.

Tracer le nouveau diagramme de Bode asymptotique de $H(j\omega)$.

Table de la transformée de Laplace

$F(p)$	$f(t) = \mathcal{L}^{-1}[F(p)]$
1	$\delta(t)$ Impulsion de Dirac
$\frac{1}{p}$	$u(t)$ Echelon unité
e^{-Tp}	$\delta(t-T)$ Impulsion retardée
$\frac{e^{-Tp}}{p}$	$u(t-T)$ Echelon retardé
$\frac{1}{p^2}$	$t \cdot u(t)$ Rampe unitaire
$\frac{1}{p^n}$ n entier	$\frac{t^{n-1}}{(n-1)!}$
$\frac{1}{1+\tau p}$	$\frac{1}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}}$