

CONCOURS NATIONAL COMMUN
D'ADMISSION
AUX GRANDES ECOLES D'INGENIEURS

Session :2003

Filière :TSI

Epreuve de : Technologies et Sciences industrielles

Durée : 6 heures

Composition du sujet :

PROJET MECANIQUE

- Textes et figures : Page 1 à 12.
- Document réponse : DR1.

PROJET ELECTRICITE :

- Textes et figures : page 1 à 7.
- Documents Réponses : 1 , 2 , 3.

Aucun document supplémentaire n'est autorisé.

Les calculatrices sont autorisées

Recommandations :

Il est recommandé au candidat de lire la totalité du sujet.

Il est demandé de rappeler , sur la copie , le numéro de la question avant de développer la réponse.

La rédaction des réponses sera la plus concise possible : on évitera de trop longs développements des calculs en laissant subsister les articulations du raisonnement.

Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition .

PROJET MECANIQUE

Etude d'un poste de traitement de surface

Présentation Générale

La plupart des traitements de surface ont pour objet d'améliorer la tenue des pièces à diverses corrosions en les couvrant d'un revêtement métallique ou de produits non métalliques isolant les pièces du milieu ambiant.

Les procédés comprennent principalement :

- les revêtements métalliques par déplacement chimique : (cuivrage, argentage..)
 - les revêtements électrolytiques (nickelages, chromage, étamage, ...)
 - Les revêtements par immersion des métaux fondus : (galvanisation ..)
 - Les métallisations par projection au pistolet des métaux : (zinc...)
 - les traitements par revêtement non métallique à base de peinture, vernis ...
- Le prototype présenté dans ce dossier concerne un site d'oxydation anodique organisé pour traiter les pièces en aluminium.

Description de l'installation (voir figure : 1 à 4)

Les différents bacs de traitement ou de rinçage sont disposés radialement autour d'un fut F supportant un manipulateur destiné au transport des pièces à traiter.

Les pièces à traiter, préalablement dégraissés, sont fixées sur une balancelle par l'opérateur.

L'ensemble (pièce, balancelle) constitue une grappe G. (voir figure : 2)

L'opérateur pose, suivant un ordre déterminé les grappes sur le convoyeur d'entrée CE.

En fonction de la disponibilité des bacs, le manipulateur viendra chercher la grappe située au poste d'entrée Pe.

La grappe sera ensuite transportée de bain en bain suivant une procédure établie lors de saisie des paramètres de traitement (temps d'immersion, intensité, ...)

La mise en référence des grappes au-dessus des bacs est obtenue par des supports spéciaux K.(fig :3 et 4).

Le traitement de la grappe étant terminé le manipulateur la pose au poste Ps sur le convoyeur de sortie CS, pour être évacuée ensuite par l'opérateur.

Les positions successives des grappes :

- 1- pose de la grappe sur le convoyeur d'entrée CE par l'opérateur
- 2- grappe en position au poste Pe
- 3- décapage
- 4- rincage1 (r1)
- 5- rincage2 (r2)
- 6- neutralisation
- 7- anodisation \longrightarrow dans l'un des 3 bacs suivant l'intensité choisie.
- 8- rincage1
- 9- rincage 2
- 10- coloration
- 11- rincage1
- 12- rincage2
- 13- colmatage \longrightarrow (dans l'un des trois bacs suivant la disponibilité)
- 14- pose de la grappe sur le poste de sortie Ps
- 15- évacuation de la grappe par le convoyeur CS.

remarque :

- en fonction de l'épaisseur de la couche d'alumine (5 à 25 μm) : le temps total de l'opération peut varier de 1 à 2 heures.
- Les 3 bacs d'anodisation sont caractérisés par l'intensité du courant installé. Ces valeurs peuvent être modifiées par l'opérateur.
- les temps d'anodisation et de colmatage étant les plus longs, les bacs correspondant à ces opérations ont été triplés pour permettre un flux de production plus important.

Manipulateur : partie opérative (voir figure 4)

F : Fut central, fixé au sol, il supporte l'ensemble du manipulateur.

Mr : Motoréducteur, par l'intermédiaire de poulies et de la courroie crantée c1 de masse négligée, il assure la mise en rotation du manipulateur

A : Arbre principal, en liaison pivot par rapport au fut, il supporte le bras B.

B : Bras, constitué de 2 tubes rectangulaires, il assure le guidage en translation du chariot C.

Mt : Motoréducteur, il commande le mouvement du chariot C par l'intermédiaire de la courroie crantée c2 de masse négligée.

V : Vérin, solidaire du chariot C, il permet la préhension et la dépose des grappes. La forme ovale de son piston assure l'anti-rotation de sa tige.

P : Préhenseur, il est constitué de 2 crochets et il est solidaire de la tige du vérin V.

Position de l'axe du préhenseur : (confondu avec l'axe du vérin)

- L'axe du préhenseur est défini dans le repère fixe $R_0 = (O, \vec{X}_0, \vec{Y}_0, \vec{Z}_0)$ par les deux paramètres de position α et r (voir fig :4).

- Le vérin V est équipé de 2 capteurs pour détecter la position haute et la position basse du préhenseur.

Partiel : Automatismes

L'analyse fonctionnelle a mis en évidence les différentes tâches nécessaires à l'obtention de la valeur ajoutée.

La tâche de déplacement se décompose en trois autres tâches :

Tâche de chargement : prendre une grappe sur le convoyeur d'entrée et l'amener au poste de décapage.

Tâche de passage d'une grappe d'un bac à un autre.

Tâche de déchargement : évacuer une grappe de pièces traitées.

Ces trois tâches peuvent simultanément faire appel au manipulateur. Il faut donc en cas d'appels multiples gérer ces différentes demandes.

Le protocole retenu pour la gestion des appels est le suivant :

Hierarchie entre les trois tâches (sens décroissant de priorités)

1 – tâche de chargement : T1

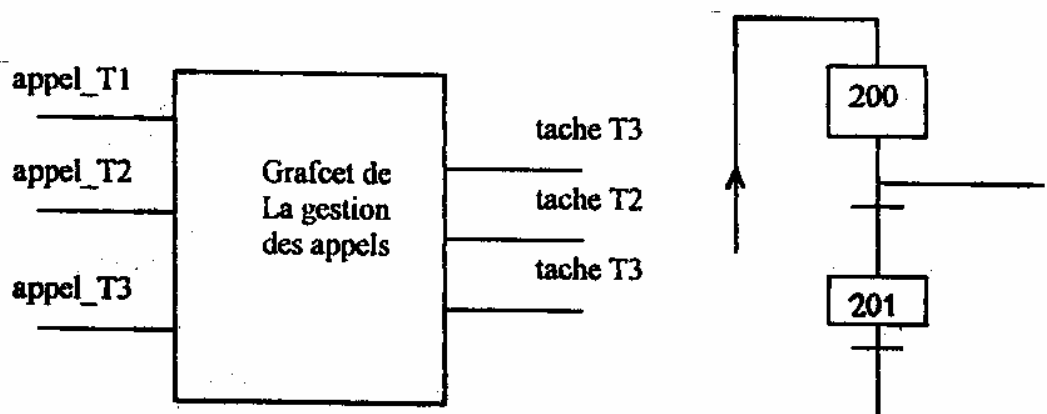
2 – tâche de déchargement : T2

3 – tâche de passage d'un bac à l'autre : T3

dans ce dernier cas, lorsqu'un bac est vide ou lorsque le traitement qu'il assure est terminé, il y a appel au manipulateur. Ces appels peuvent donc aussi être multiples.

Les demandes, si elles ne peuvent être exécutées immédiatement seront mémorisées et seront ensuite réalisées dans l'ordre d'arrivée.

Questions 1-1 : Représenter sous forme d'un grafcet la gestion des appels des trois tâches.



Questions 1-2 : Dans cette question on va s'intéresser à la tâche T1 : tâche de chargement.

Une fois on fait appel à cette tâche, le manipulateur va se mettre en face du poste Pe, il va chercher une grappe pour la déposer ensuite au poste de décapage.

Capteurs partie opérative :

Bpe : Bpe=1 lorsque le Bras est orienté vers le poste Pe.

Cpe : chariot au-dessus du poste Pe

Pb : Préhenseur en bas pour prendre la grappe,

Ph : Préhenseur en haut.

Actionneurs partie opérative :

C+ : ordre de déplacement du chariot, ce mouvement l'éloigne de l'origine O.

C- : ordre de déplacement du chariot en sens inverse.

Mr : ordre de rotation du moteur Mr.

V- : ordre de déplacement du préhenseur vers le haut, ce mouvement est donné par le vérin V.

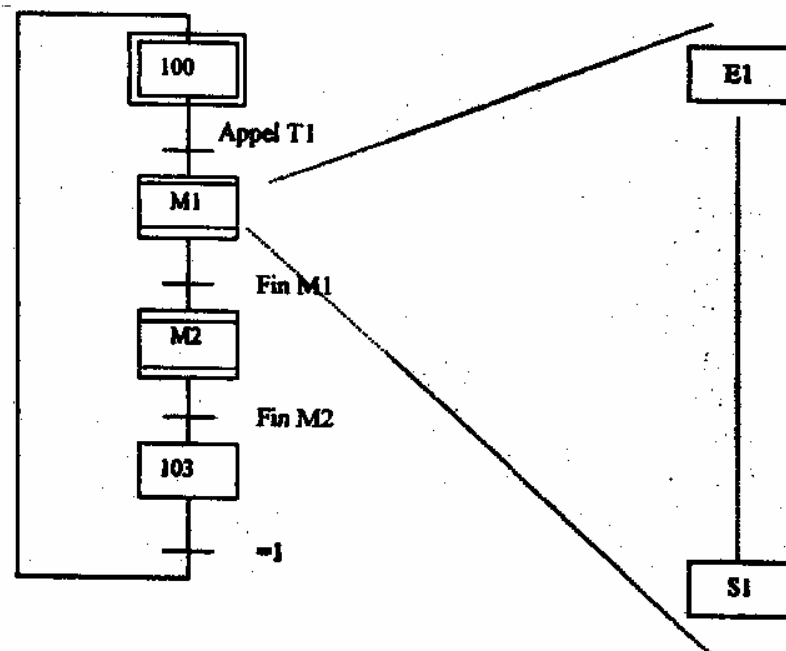
V+ : ordre de déplacement du préhenseur vers le bas.

Cette tâche est composée de deux macro étape :

M1 : macro étape qui permet le mise en place du préhenseur au poste Pe, et la prise d'une grappe.

M2 : macro étape M2 qui permet la dépose de la grappe au poste de décapage.

Grafcet de la tâche T1



Représenter l'expansion de la macro étape M1.

Partie2 : Mécanique

But de l'étude

Etude de comportement de l'ensemble mobile en rotation pendant la phase «accélération».

Données techniques :

Ensemble mobile autour de l'axe (O, \vec{Z}_0) : (voir fig : 4 , 4' , 5).

Les caractéristiques des différents éléments sont récapitulées dans le tableau ci-dessous.

ELEMENTS	Masse en Kg	Centre de gravité	X(Gi) en mm	Z(Gi) en mm	J/(o,Z0) en Kg.m ²
Grappe (G)	16	G1	1470	-480	
Chariot (C+P+V)	6	G2	1470	60	
Bras (B)	8	G3	800	0	
Motoreducteur (Mt)	4	G4	250	80	
Arbre (A+P2)	6	G5	0	-40	$1,8 \cdot 10^{-3}$

Hypothèses :- Les solides (G) , (C+P+V) et Mt seront assimilés à des points matériels en leurs centres d'inerties.

- Le Bras (B) sera assimilé à une tige de centre G3 .

On donne - Rapport de réduction du réducteur : $k = \omega_e / \omega_s$

- Rapport de réduction des poulies : $k_1 = D_2 / D_1$

Questions 2-1 : Calculer le moment d'inertie JB de l'ensemble (G, (C, P, V), B, Mt, A+ P2) par rapport à l'axe de rotation (O, Z_0) exprimé en Kg.m².

Questions 2-2 : Rapporter cette inertie JB sur l'entrée du réducteur (sortie du Moteur M), cette inertie sera appelée JBr.

Questions 2-3 : Réducteur : Rr (fig :6)

Rr : Réducteur de vitesse + poulie P1

soient :

Rapport de réduction : $k=63,4 = \omega_e / \omega_s$; (ω_e : vitesse de l'arbre d'entrée du réducteur)
(ω_s : vitesse de l'arbre de sortie du réducteur)

Rendement : $\eta = 0,92$

Inertie ramenée sur l'arbre d'entrée : $J_r = 0,18 \cdot 10^{-3} \text{ Kg.m}^2$

• Pf : la puissance perdue au sein du réducteur par frottement.

• Cfr : le couple de frottement dans le réducteur ramené à son arbre d'entrée.

Déterminer en fonction de C_e et de η , l'expression littérale du couple de frottement C_{fr} du réducteur R_r .

Questions 2-4 : M : Moteur asynchrone triphasé piloté par un variateur de vitesse (fig : 5)

- Inertie du rotor : $J_m = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ Kg.m}^2$.

- Vitesse de rotation : $\omega_e = \dot{\alpha}_m(t)$

Couple moteur : C_m ; Couple sur l'arbre de sortie du Moteur M : C_e .

Hypothèse : les frottements dans les liaisons seront négligés, seul sera pris en compte C_{fr}
Couple de frottement au niveau du palier de guidage de l'arbre A sera négligé.
le chariot sera situé dans sa position extrême ($x = 1470 \text{ mm}$).

P1 : poulie crantée (20 dents)

P2 : poulie crantée (40 dents)

- Déterminer l'équation issue de l'application du théorème du moment dynamique au rotor du Moteur M.
- Déterminer l'équation issue de l'application du théorème du moment dynamique à l'ensemble en mouvement d'inertie (J_{Br} , J_r) équivalent à (Réducteur+P1, Bras, A+P2.....).
- En déduire l'expression littérale du couple développé par le moteur (C_m) en fonction de l'accélération angulaire du bras $\ddot{\alpha}_B$ et $k, k_1, J_r, J_B, J_m, \eta$.

application numérique : $\ddot{\alpha}_B = d^2 \alpha_B / dt^2 = 1 \text{ rad/s}^2$, Calculer C_m .

Questions 2-5 : (fig : 7)

Hypothèse :

- β constante, $OA=d$, $BG_1=l$.
- La grappe(G) sera assimilée à une masse (m) ponctuelle en G_1 .
- La liaison de G avec la tige du vérin est une liaison pivot d'axe (B, \vec{y}_1) .
- Le repère R_0 peut être considéré comme galiléen avec \vec{z}_0 vertical ascendant.

Déterminer l'équation qui donnera l'inclinaison β en appliquant à la grappe le théorème du moment dynamique en projection sur (B, \vec{y}_1) en fonction de $\dot{\alpha}_B$ et des données géométriques.

A. numérique : calculer β lorsque $\dot{\alpha}_B = d\alpha_B / dt = 0,6 \text{ rad/s}$. On supposera que l est petit devant d .

Partie 3 : Etude de fabrication

La pièce ci dessous représente le support des roulements r_5 et r_6 . Dans cette partie on va analyser quelques spécifications reportées sur le dessin de définition, puis une étude de la phase de perçage.

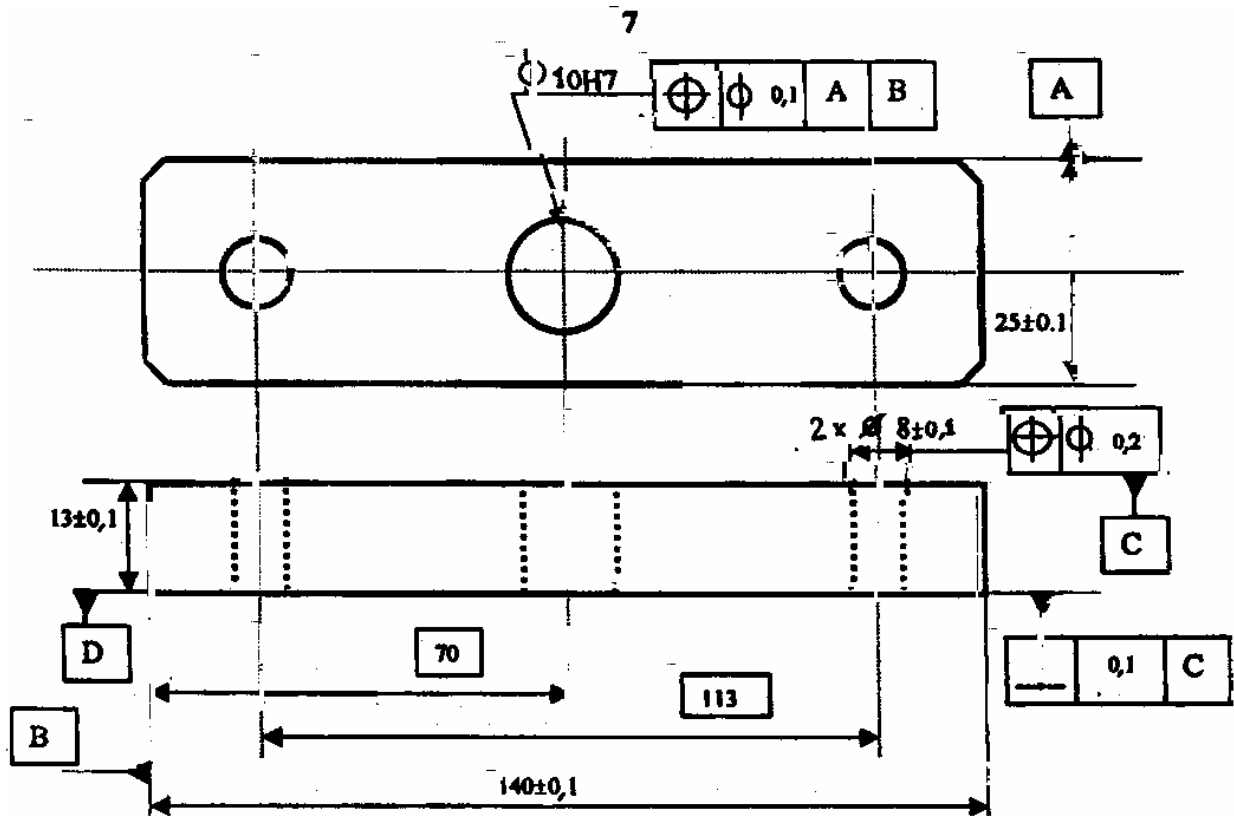
Question 3-1 : Expliquer les spécifications au sens de la norme, on prendra soin de préciser (l'élément tolérancé, la référence spécifiée, la zone de tolérance et la condition de conformité)

a/

⊥	0.1	C
---	-----	---

 de la surface D b/ la localisation du $\phi 10H7$

⊕	⊕	0.1	A	B
---	---	-----	---	---



Etude de la phase de perçage du trou $\phi 10H7$:

On donne : Matière pièce en XC42 ; Outil en Acier rapide, diamètre de perçage $D=9.5\text{mm}$
 La loi de Taylor est applicable en perçage, à condition de faire intervenir la longueur à percer L , cette loi simplifiée s'exprime par : $V_c \cdot T^n = Cte$

V_c : vitesse de coupe en m/mn

T : durée de vie en mn.

n : exposant de la loi de Taylor = 1/8 pour outil en ARS
 = 1/5 pour outil en carbure métallique

Question 3-2 : Calculer la vitesse d'avance V_f en mm/mn en fonction de V_c sachant que l'avance par tour $f \approx D/100$ (exprimé en mm/tr), D étant le diamètre de perçage.

Question 3-3 : Si T est la durée de vie entre 2 affûtages, et L est la longueur percée pendant le temps T , démontrer que $V_c^{(1-n)} \cdot L^n = Cte$.

Question 3-4 : On désire percer 250 trous entre 2 affûtages, quelle est alors la vitesse de coupe qu'il faut prendre ? sachant qu'avec une vitesse de coupe $V_c = 24$ m/mn on a usiné une longueur $L=2000$ mm.

Partie 4 : Conception

But de l'étude :

Compléter l'agencement du guidage en translation du chariot C suivant l'axe (O, X_1) .

Guidage du chariot : (voir fig : 8,9 et document réponse DR1)

Le guidage du chariot C suivant $(O, \vec{X1})$, est obtenu :

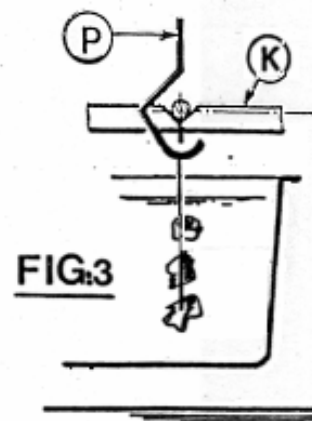
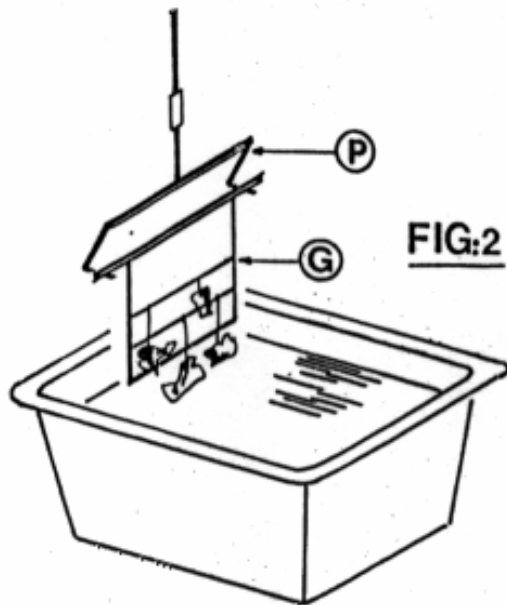
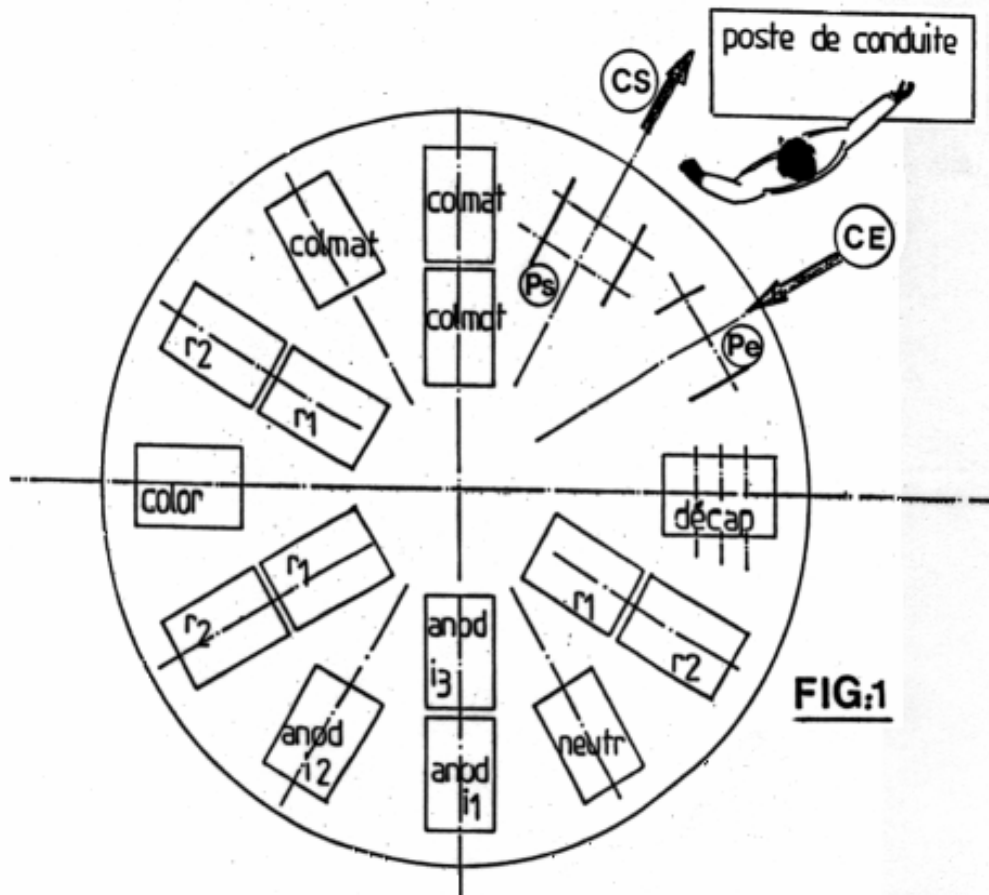
- d'une part, en maîtrisant au montage le jeu latéral entre les deux tubes rectangulaires qui constituent le bras B .
- d'autre part, par un équipement de 6 roulements à billes en acier inoxydable ($r1, r2, \dots, r6$)

(fig :8)

afin de compenser les irrégularités des tubes rectangulaires les 2 roulements inférieurs ($r5$ et $r6$) sont maintenus en appui par des ressorts, le principe de montage choisi est proposé sur la fig : 9.

Travail demandé :

Sur le document DR1, dessiner la coupe A-A (échelle du document)



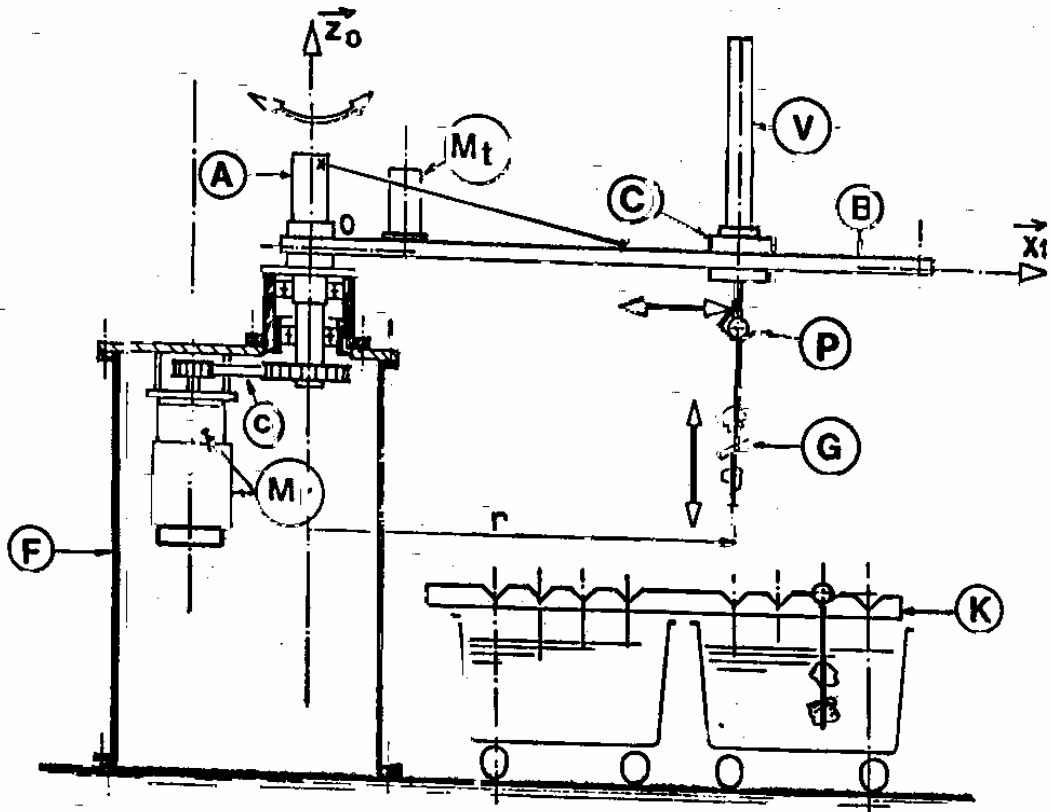
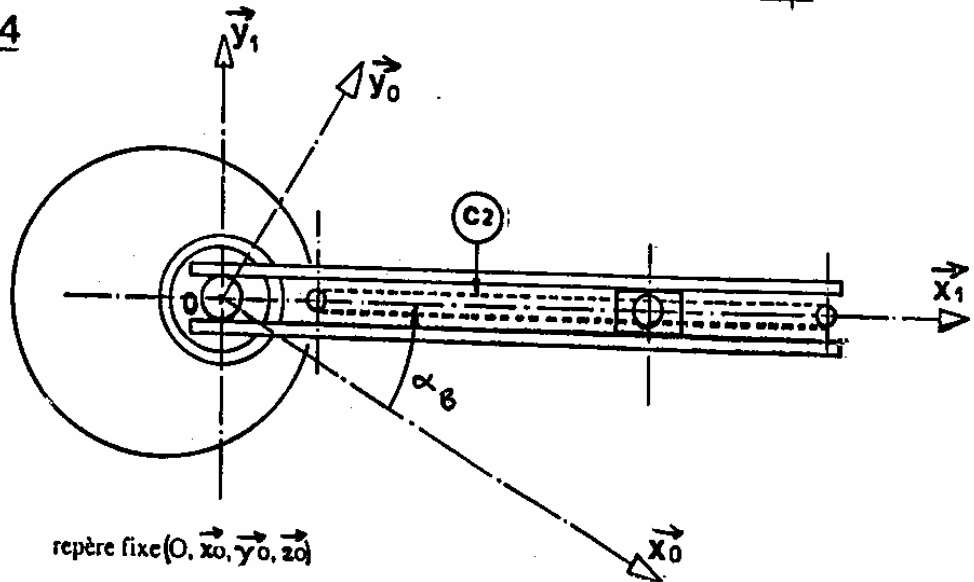
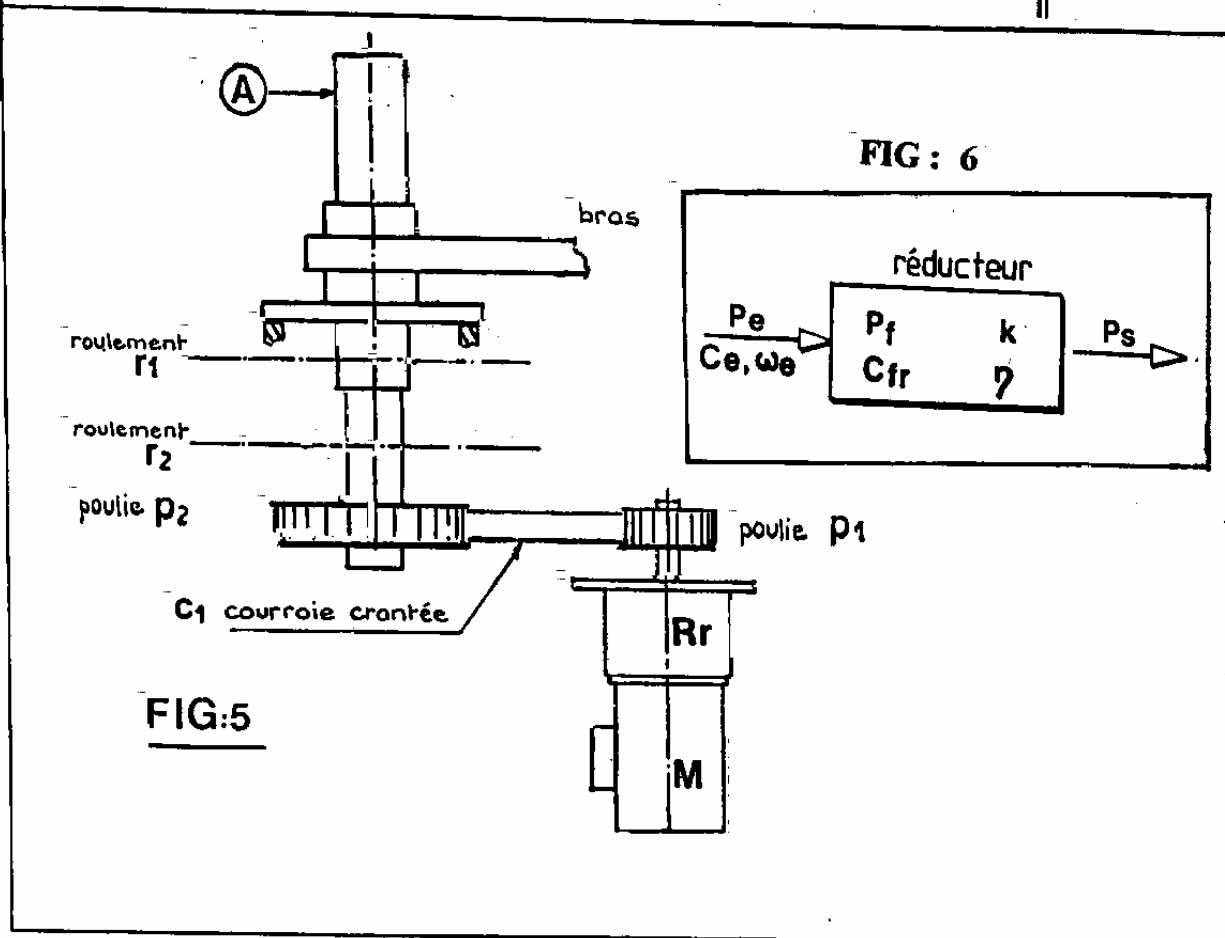
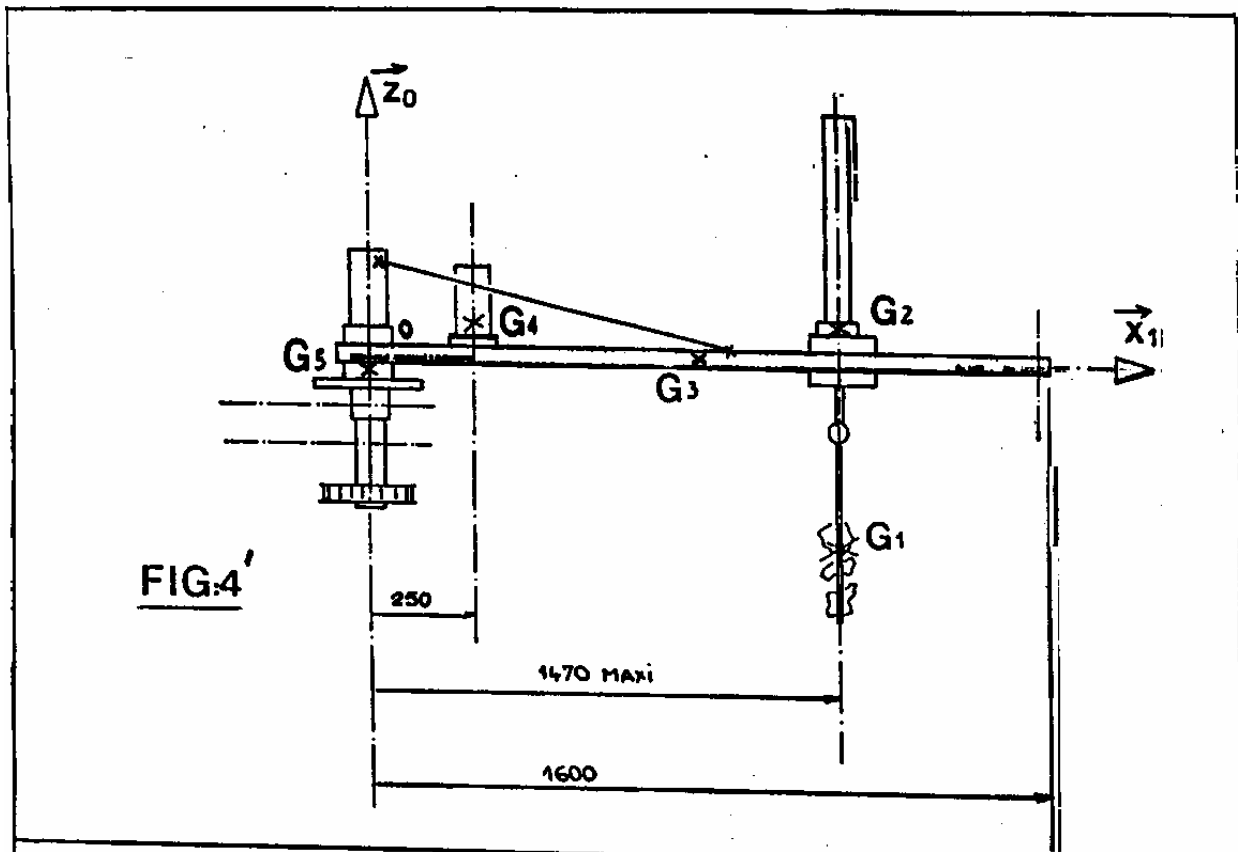
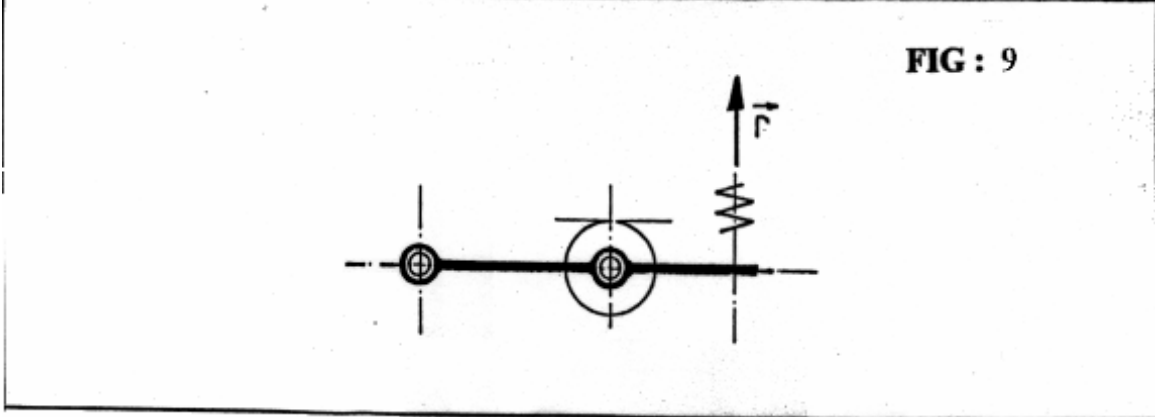
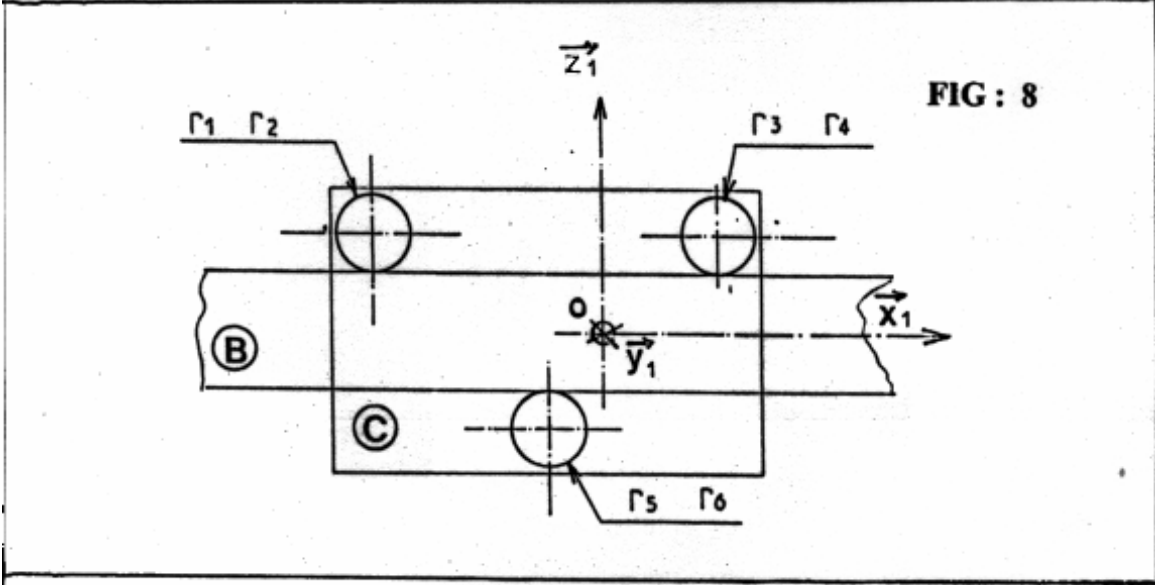
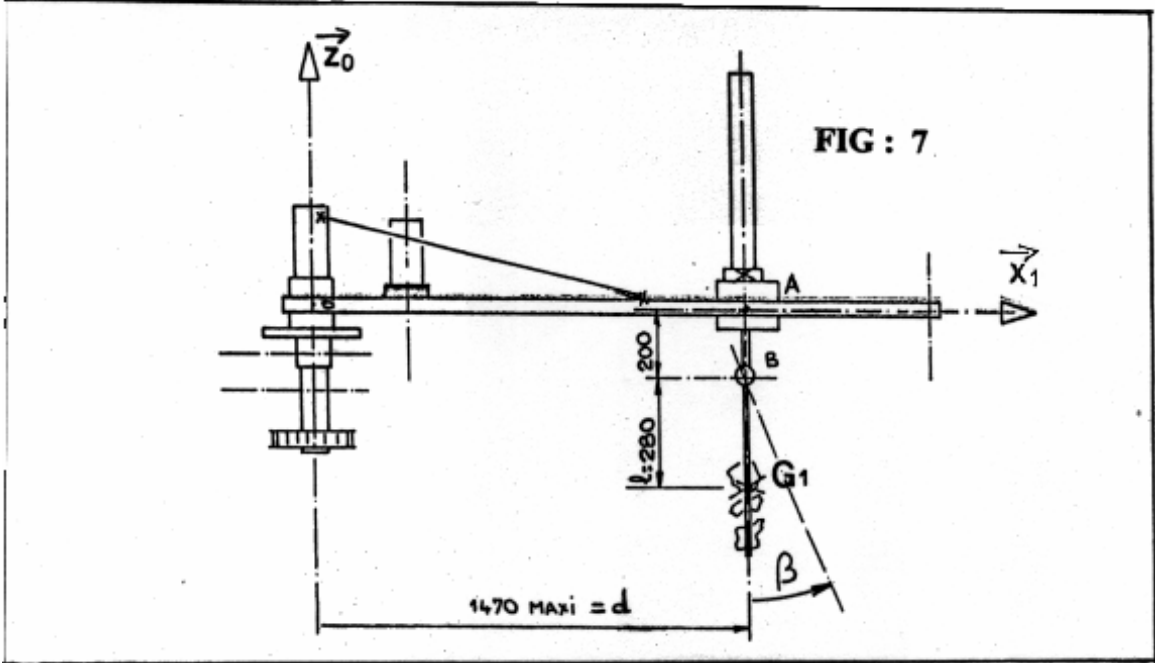
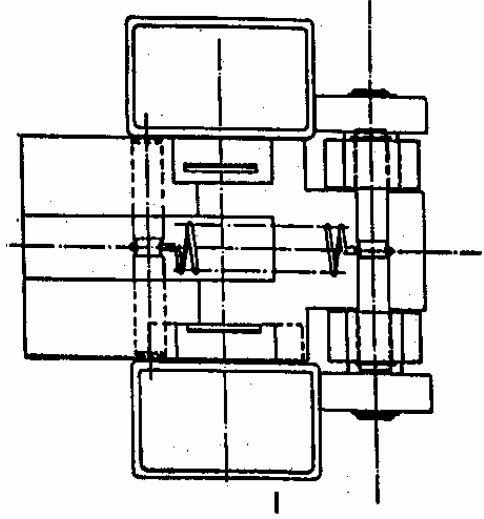
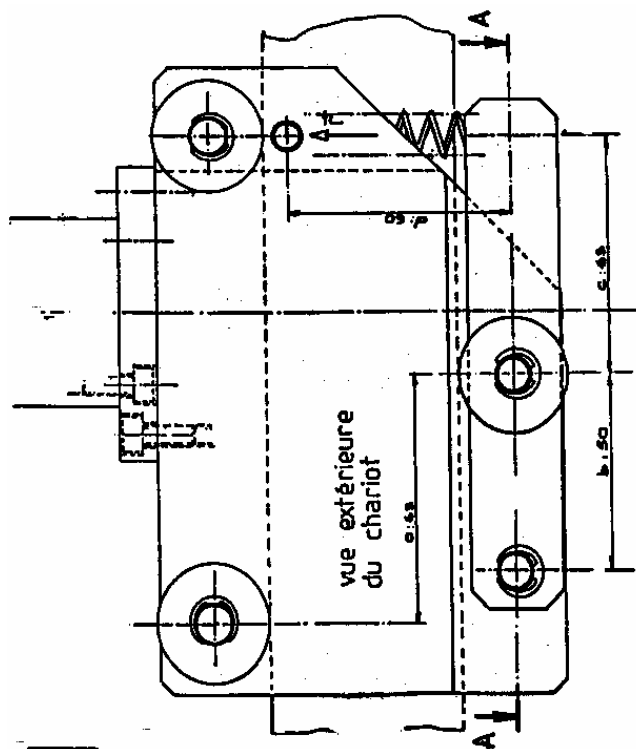


FIG:4









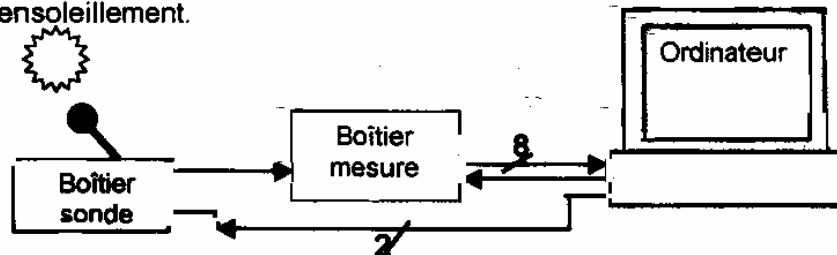
PROJET ELECTRIQUE

ENREGISTREUR ELECTRONIQUE D'ENSOLEILLEMENT

Principe de fonctionnement :

L'enregistreur permet de mesurer l'éclairement reçu suivant les quatre directions géographiques (Nord, Sud, Est, Ouest).

Ces données, associées à la connaissance du lieu géographique et de l'heure, permettent à l'ordinateur de définir l'ensoleillement.



Le système à étudier est composé de trois blocs fonctionnels principaux :

- un boîtier-sonde placé sur le lieu dont on veut étudier l'ensoleillement,
- un bloc motorisation permettant de sélectionner une des quatre directions (ce bloc n'est pas représenté sur le schéma fonctionnel ci-dessus),
- un boîtier de mesure branché sur micro-ordinateur.

• Boîtier-sonde :

Le schéma électrique de ce boîtier est représenté Figure 1. Il comporte :

- un capteur optique à base d'une photodiode,
- un amplificateur,
- un convertisseur tension-fréquence qui permet à l'information électrique d'être transmise sur longue distance.

• bloc-motorisation :

Le schéma de principe et l'étude détaillée de ce bloc feront l'objet de la partie D.

• Boîtier de mesure :

Le schéma électrique de ce boîtier est représenté Figure 3. Il comporte :

- une mise en forme du signal,
- un circuit monostable commandé par le micro-ordinateur,
- un compteur.

Les amplificateurs opérationnels utilisés sont parfaits. Les valeurs des tensions de saturation sont symétriques et ont pour valeur $V_{sat} = 14$ v.

A. Convertisseur éclairement-tension

Dans tout le problème, les éclairagements variant très lentement avec le temps, ils seront considérés comme constants.

I. ETUDE DU CAPTEUR

Le capteur est représenté Figure 2. L'amplificateur associé n'est jamais saturé.

La photodiode montée en court-circuit fournit un courant I_d proportionnel à l'éclairément exprimé en lux (lx) qu'elle reçoit :

$$I_d = a.E \text{ avec } a = 7.10^{-9} \text{ A/lx}$$

- 1- Déterminer l'expression de V_e en fonction de R' et I_d .
- 2- En déduire que $V_e = \alpha.E$
- 3- $R' = 10 \text{ k}\Omega$.
Calculer la valeur numérique de α et préciser son unité.

II. AMPLIFICATEUR (Figure1)

- 1- Exprimer V_e' en fonction de V_e .
- 2- Montrer que la tension V_e' est proportionnelle à l'intensité du courant I_d fourni par la photodiode.
Vérifier que $V_e' = 14.10^{-5}.E$

B. Convertisseur tension-fréquence (Figure 1)

Les amplificateurs AO_1 AO_2 fonctionnent en mode linéaire.

L'interrupteur K est ouvert (v_3 est une tension imposée quelconque).

I. ETUDE DE L'AMPLIFICATEUR DE DIFFERENCE

- 1- Exprimer la tension v_1 en fonction de V_e' , v_3 , R_1 , R_2 , R_3 et R_4 .
- 2- Sachant que $\frac{R_1}{R_2} = 2,40$ et $\frac{R_3}{R_4} = 1,83$, montrer qu'alors :

$$v_1 \approx \frac{1}{2} \left(v_3 - \frac{V_e'}{1,2} \right)$$

II. ETUDE DE L'INTEGRATEUR

- 1- Etablir l'équation différentielle liant v_2 et v_1 .
- 2- Sachant que la tension v_1 est constante pendant une durée θ , donner l'équation d'évolution de la tension $v_2(t)$ pendant cette durée θ en fonction de v_1 , R_0 , C_0 .

III. ETUDE DU COMPAREUR A SEUIL

- 1- Quelles sont les valeurs possibles de la tension v_3 ? Pourquoi ?
- 2- Exprimer la tension v' en fonction de v_3 et v_2

- 3- La tension v_3 étant égale à V_{sat} , à quelle condition doit satisfaire v_2 ?
- 4- Même question si v_3 a pour valeur $(-V_{sat})$.
- 5- Tracer la caractéristique de transfert du comparateur, $v_3 = f(v_2)$. On précisera la valeur des seuils de basculement ainsi que la nature de ce comparateur.

IV. ETUDE DU SYSTEME BOUCLE : L'interrupteur K est fermé ($v'_3 = v_3$).

Pour les applications numériques on prendra $R_0C_0 = 0,25 \cdot 10^{-4}$ s et $V'_e = 8,4$ v.

- 1- On pose comme état de départ : $v_3 = +V_{sat}$ à l'instant $t = 0$.
Le condensateur de capacité C_0 est déchargé. Que vaut v_2 ? Calculer la valeur de v_1 dans ce cas.
- 2- Le condensateur se charge.
 - 1- Rappeler l'équation d'évolution de la tension v_2 .
 - 2- Sachant que la valeur maximale de V'_e est 14 v, quel est le sens de variations de la tension v_2 ?
 - 3- A quel instant t_0 le système bascule-t-il ? Montrer que :

$$t_0 = R_0 C_0 \frac{1}{1 - \frac{V'_e}{1,2 V_{sat}}}$$

- 4- Calculer t_0 .
- 5- Représenter, sur le document-réponse 1, les tensions v_1 , v_2 , v_3 entre les instants 0 et t_0 .
- 3-
 - 1- Déterminer la valeur des différentes tensions juste après le basculement.
 - 2- Montrer qu'alors la tension v_2 évolue en fonction du temps suivant l'équation :

$$v_2(t) = \frac{1}{2 R_0 C_0} \left(V_{sat} + \frac{V'_e}{1,2} \right) \cdot t - \frac{V_{sat}}{2}$$
 Pour quelle valeur de v_2 le système bascule-t-il ?
 - 3- Déterminer la durée T_1 de cette phase.
 - 4- Calculer la nouvelle valeur de v_1 et T_1 .
 - 5- Représenter, sur le document-réponse 1, les tensions v_1 , v_2 , v_3 pendant la durée T_1 .
- 4- A l'instant $(t_0 + T_1)$ se produit un basculement du système.
 - 1- Déterminer la valeur des différentes tensions v_1 , v_2 , v_3 juste après ce basculement.
 - 2- Ecrire l'équation de variation de v_2 en fonction du temps.
Déterminer la durée T_2 de cette phase en fonction de V'_e , V_{sat} et R_0C_0 .
 - 3- Calculer la valeur de v_1 et T_2 .
 - 4- Représenter, sur le document-réponse 1, les tensions v_1 , v_2 , v_3 pendant la durée T_2 .
- 5- Montrer que la période des oscillations obtenues peut s'écrire : (voir page suivante)

$$T = 4R_0C_0 \frac{1}{1 - \left(\frac{V_e}{1,2V_{sat}} \right)^2}$$

6- Application :

Sachant que la tension V_e varie entre 0 V et 14 V, tracer point par point, sur le document-réponse 2, la caractéristique du convertisseur $F = g(V_e)$, $F = 1/T$ étant la fréquence du signal obtenu.

C. MESURE DE LA FREQUENCE

Le signal $v_3(t)$ fourni par le convertisseur tension-fréquence est transmis par câble au boîtier de mesure branché sur le micro-ordinateur. Le signal $v_3(t)$ présent à l'entrée du boîtier a l'allure représentée sur le document-réponse 2. Il a pour fréquence :

$$F = 10^4 \left[\frac{V_e}{1,2V_{sat}} \right]^2 \text{ Hz}$$

I. MISE EN FORME

Le phototransistor idéalisé fonctionne en bloqué-saturé (Figure 3). $V_{cc} = +5 \text{ V}$. D_1 et D_2 sont idéales.

- 1- La tension v_3 étant positive quel est l'état des diodes D_1 , D_2 et du phototransistor?
En déduire la valeur de la tension v_4 .
- 2- La tension v_3 étant négative, quel est l'état de D_2 et du phototransistor ?
En déduire la valeur de la tension v_4 .
- 3- Tracer, sur le document-réponse 2, les variations de $v_4(t)$.

II. COMPTAGE

Le compteur utilisé présente les caractéristiques suivantes :

- le compteur incrémente lors de chaque flanc descendant de la tension appliquée sur l'entrée horloge (\overline{CK}),
- un niveau logique haut sur l'entrée de remise à zéro (R) réinitialise tous les étages du compteur et force toutes les sorties au niveau logique bas indépendamment du signal d'horloge,
- un niveau logique bas sur l'entrée (R) valide le comptage.

Un signal V_F est envoyé sur la ligne de commande F. Ce signal de durée T_F égale à 360 ms est représenté sur le document-réponse 3.

1- Commande du monostable :

Le monostable est déclenché par une impulsion positive et fournit le signal

$v_5(t)$ de durée $T_m = 25 \cdot 10^{-3} \text{ s}$, représenté sur le document-réponse 3.

Expliquer le fonctionnement du circuit dérivateur. Quel est le rôle de D_3 ?

Tracer sur le document-réponse 3, l'allure du signal $v_c(t)$ sachant que R'C' est égale à $2 \cdot 10^{-3} \text{ s}$.

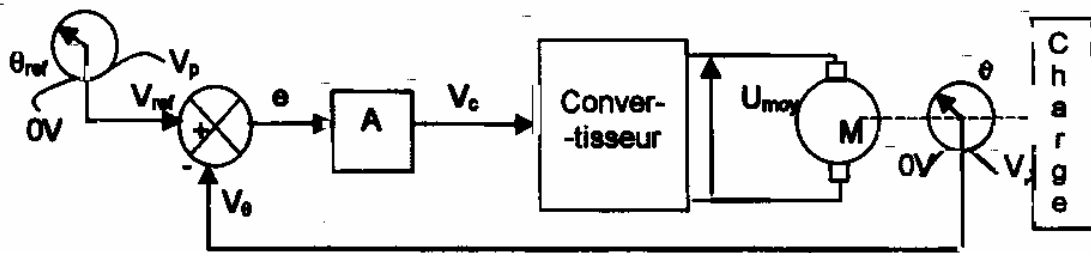
2- Signal d'horloge :

On applique sur l'entrée (\overline{CK}) du compteur la tension $v_6(t)$ fournie par la porte ET.

Tracer, sur le document-réponse 3, l'allure du signal $v_6(t)$.

D. ETUDE DE L'ASSERVISSEMENT DE POSITION

Le schéma fonctionnel est représenté figure ci-dessous :



Il comporte :

- Capteurs de position : 2 potentiomètres monotours, linéaires, alimentés par la tension $V_p=5,0$ V. La tension mesurée entre le curseur et la masse évolue linéairement en fonction de l'élongation angulaire θ : $V_{ref} = a \cdot \theta_{ref}$; $0 < V_{ref} < V_p$ quand $0 < \theta_{ref} < 2\pi$; même relation entre V_θ et θ .
- Comparateur : il délivre le signal d'erreur $e = V_{ref} - V_\theta$.
- L'amplificateur d'erreur fournit $V_c = A \cdot e$.
- Le convertisseur délivre une tension $U_{moy} = H \cdot V_c$ avec $H = 4$.
- Le moteur M est à courant continu. Il possède les caractéristiques suivantes :
 - inducteur à aimants permanents ;
 - induit : résistance $R = 4,0 \Omega$, L : négligeable ;
 - constante de f.é.m et de couple $k = 0,30$ V.s.rad⁻¹ ;
 - intensité nominale : $I_n = 4,0$ A ;
 - les frottements ainsi que les pertes dans le fer seront négligés.

On notera :

C_e le moment du couple électromagnétique,
 Ω la vitesse angulaire de rotation,
 n la fréquence de rotation en tr/s,
 E la f.é.m : $E = k\Omega$,
 U la tension aux bornes de la machine.

I. ETUDE EN REGIME STATIQUE

$\theta_{ref} = \text{constante}$; $\theta = \text{constante}$

- 1- Les angles étant mesurés en radians, exprimer V_{ref} en fonction de θ_{ref} et V_p ; faire de même pour V_θ en fonction de θ et V_p .
- 2- Calculer U_{moy} en fonction du signal d'erreur e , puis en fonction de l'erreur de position $\varepsilon = \theta_{ref} - \theta$.
- 3- la charge impose un couple résistant de frottement visqueux dont le moment est proportionnel à la vitesse : $C_R = f \cdot \Omega$ avec $f = 2 \cdot 10^{-2}$ N.m.s.
 Montrer que, dans ce régime statique, l'erreur ε est nulle.
 Ce résultat est-il influencé par la valeur de A ?

II. ETUDE EN REGIME DYNAMIQUE

Dans cette étude la charge impose sur l'arbre un couple résistant de frottement visqueux de moment $C_R = f \cdot \Omega$ avec $f = 2 \cdot 10^{-2}$ N.m.s.

Le moment d'inertie total ramené sur l'arbre de la machine est $J = 3,2 \cdot 10^{-3}$ kg.m².

1. Ecrire l'équation différentielle régissant l'évolution de Ω en fonction de J , f et C_e .
2. Etablir l'expression du moment du couple électromagnétique C_e en fonction de k , H , R , Ω et V_c .
3. Montrer que la vitesse angulaire est régie par l'équation différentielle ci-dessous :

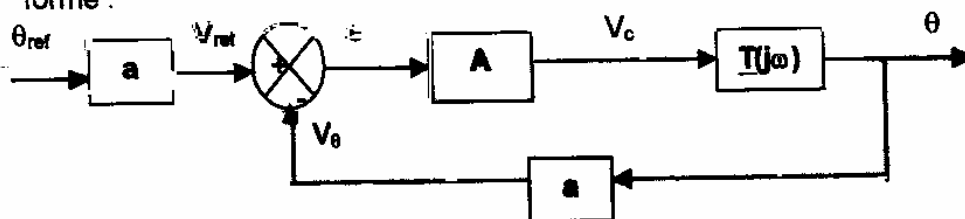
$$J \frac{d\Omega}{dt} + \left[f + \frac{k^2}{R} \right] \Omega = \frac{kH}{R} V_c$$

4. Sachant que $\Omega = \frac{d\theta}{dt}$, montrer que la position θ est régie par l'équation différentielle suivante :

$$\tau \frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{d\theta}{dt} = C V_c$$

On exprimera τ et C en fonction des données du problème.
Calculer numériquement τ et C .

5. On note $\underline{\theta}(j\omega)$ et $\underline{V}_c(j\omega)$ les fonctions complexes correspondant à $\theta(t)$ et $V_c(t)$.
En considérant les conditions initiales nulles $\theta(0) = 0$ et $V_c(0) = 0$, exprimer la fonction de transfert du système : $\underline{T}(j\omega) = \frac{\underline{\theta}(j\omega)}{\underline{V}_c(j\omega)}$.
6. Montrer que le schéma fonctionnel du système bouclé peut se mettre sous la forme :

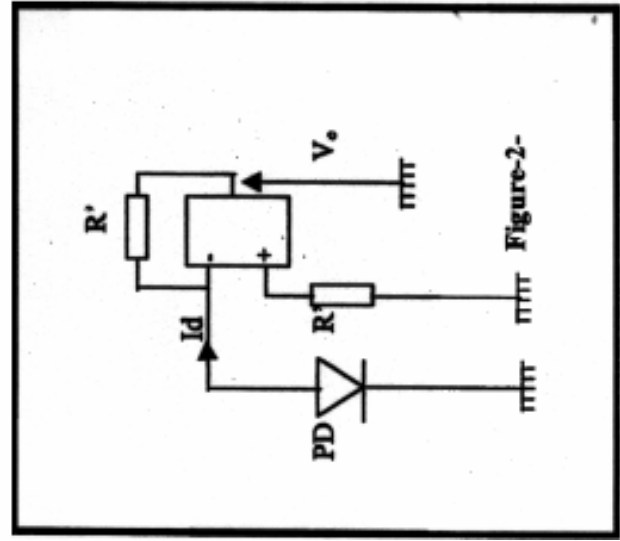
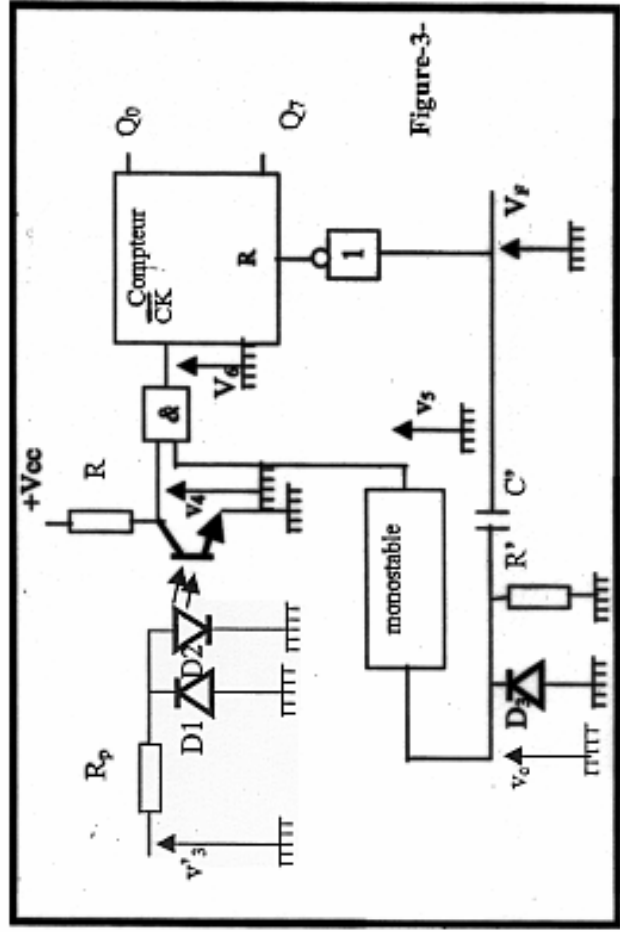
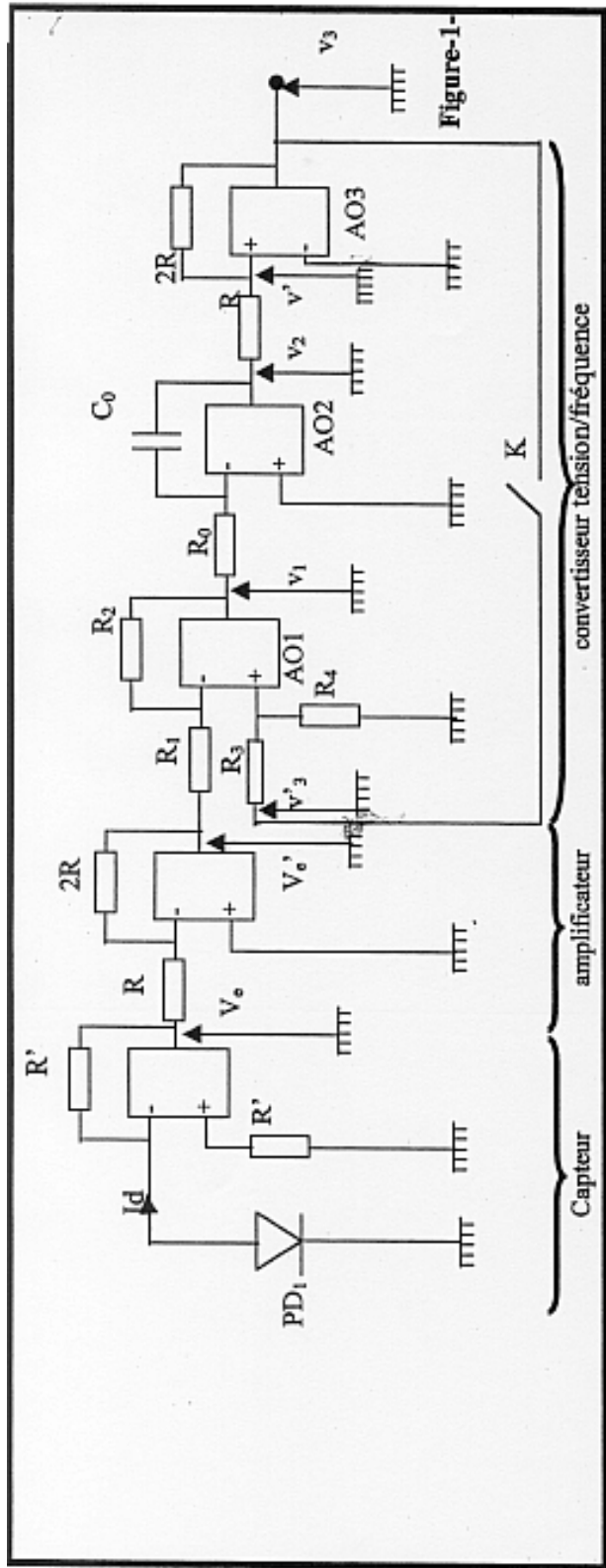


7. Etablir l'expression de la fonction de transfert $\underline{T}(j\omega) = \frac{\underline{\theta}(j\omega)}{\underline{\theta}_{ref}(j\omega)}$ du système en boucle fermée ; mettre cette expression sous la forme suivante :

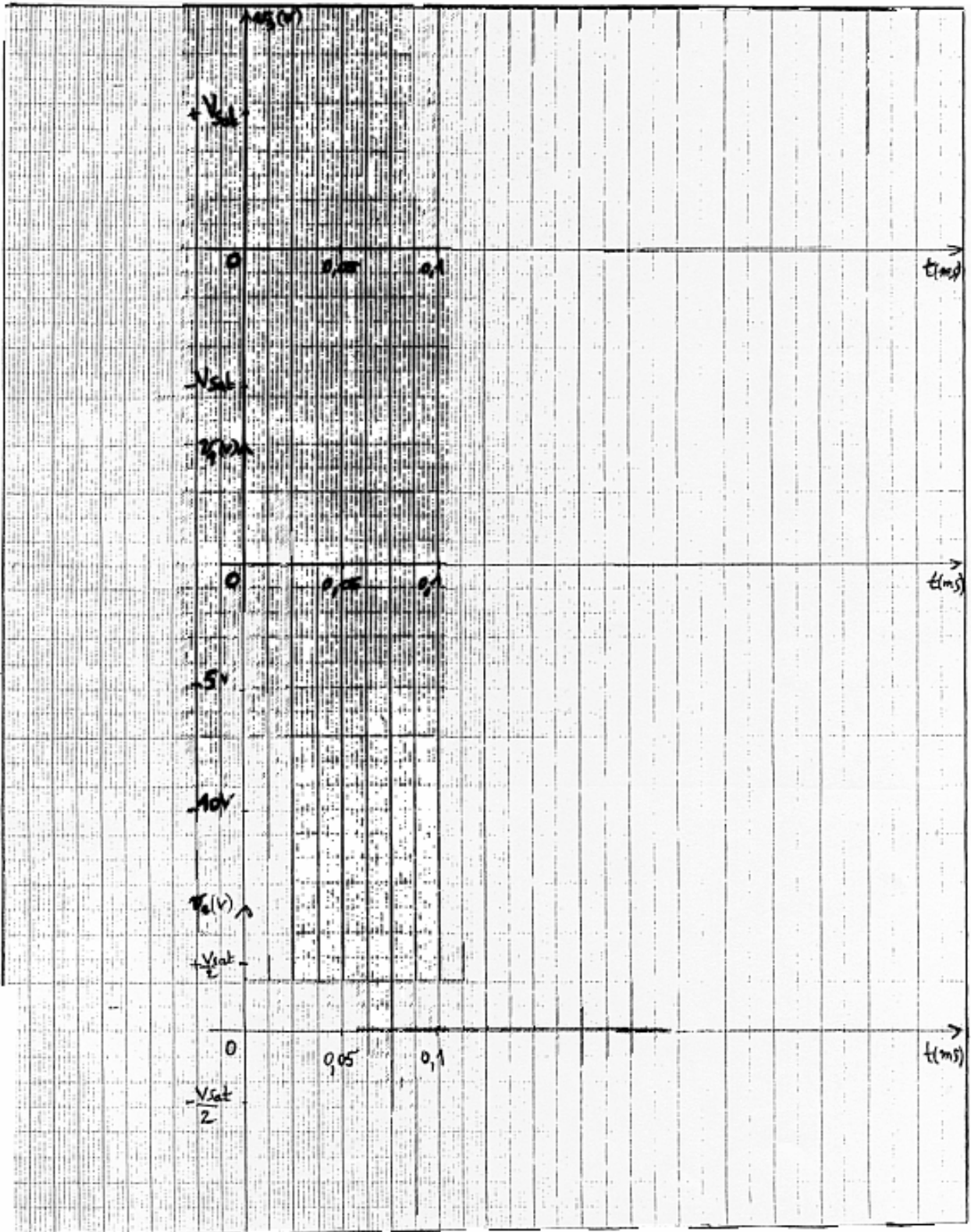
$$\underline{T}(j\omega) = \frac{1}{\frac{(j\omega)^2}{\omega_0^2} + \frac{2m}{\omega_0} (j\omega) + 1}$$

Déterminer ω_0 et m en fonction de A .

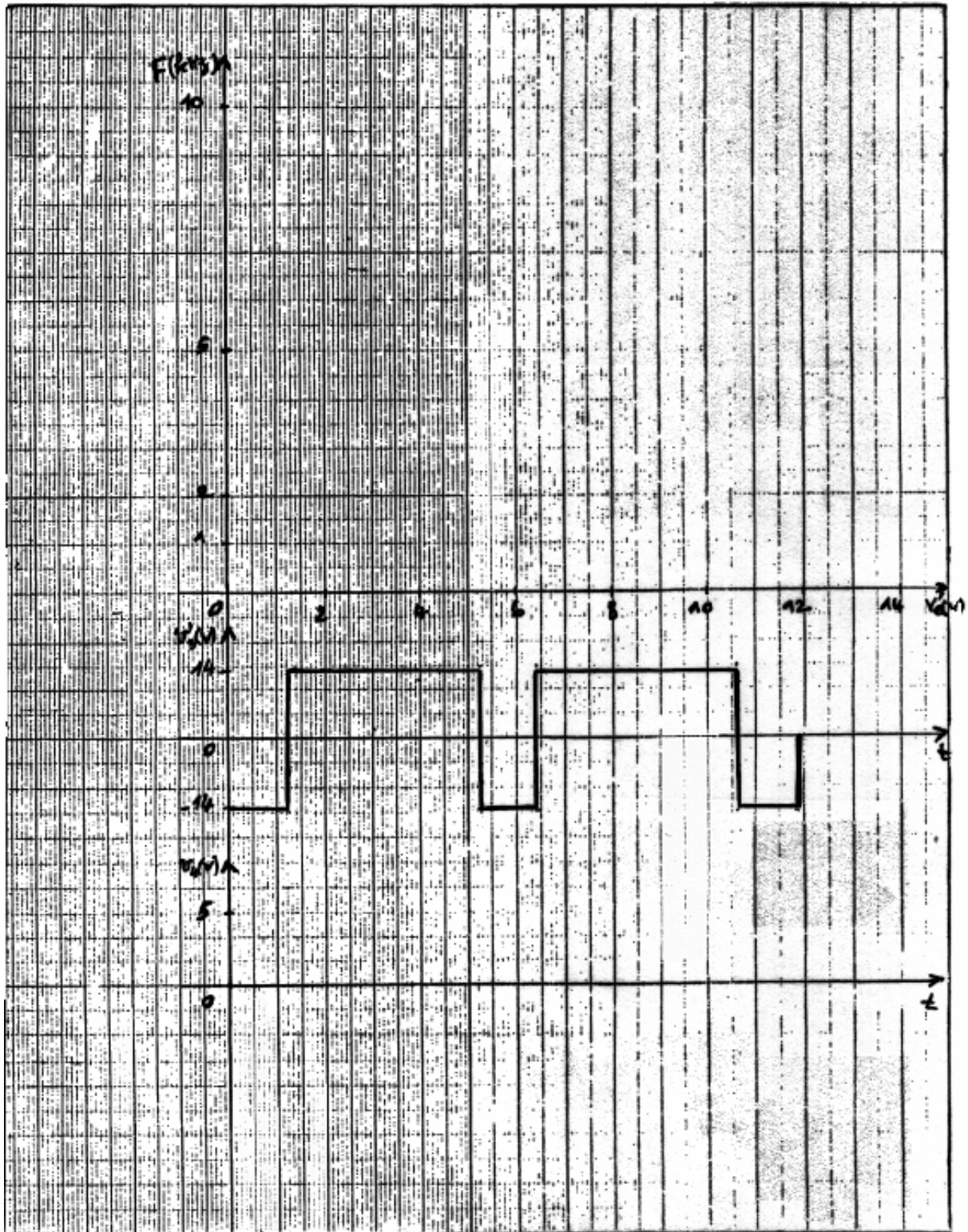
8. $A = 1$, donner la valeur, en pourcent, du dépassement D du système.



Document-réponse 1



Document-réponse



Document-réponse 3

