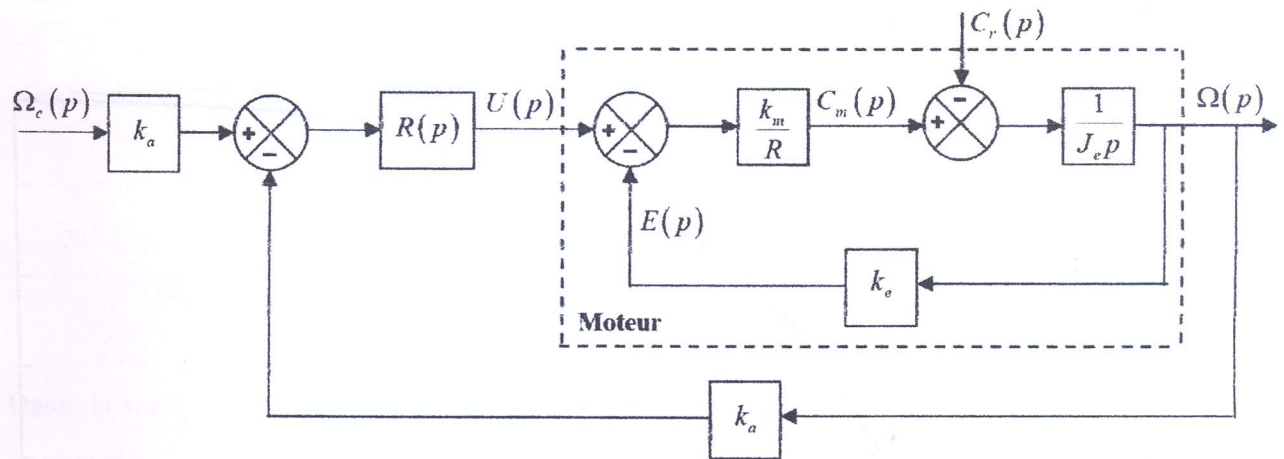


## Devoir de Synthèse en Automatique

### Asservissement de vitesse d'un moteur

On s'intéressera ici à l'asservissement de vitesse d'un moteur électrique à courant continu. La structure d'asservissement est donnée par la figure 1.



**Fig.1 – Schéma fonctionnel d'asservissement de vitesse du moteur**

Les paramètres du système sont regroupés dans le tableau ci-dessous où  $L(*)$  est l'opérateur de la transformée de Laplace :

$\omega_c(t)$ : la vitesse de consigne ( $rad.s^{-1}$ ) ; $L(\omega_c(t)) = \Omega_c(p)$	$R(p)$ : la fonction de transfert du correcteur.
$\omega(t)$ : la vitesse de rotation ( $rad.s^{-1}$ ) ; $L(\omega(t)) = \Omega(p)$	$k_m$ : la constante de couple ( $N.m / A$ ) .
$c_m(t)$ : le couple moteur ( $N.m$ ) ; $L(c_m(t)) = C_m(p)$	$k_e$ : la constante de f.c.e.m ( $V / rad.s^{-1}$ ) .
$c_r(t)$ : le couple résistant ( $N.m$ ) ; $L(c_r(t)) = C_r(p)$ .	$R$ : la résistance de l'induit ( $\Omega$ ) .
$u(t)$ : la tension aux bornes du moteur ( $V$ ) ; $L(u(t)) = U(p)$ .	$k_a$ : le gain du capteur de vitesse ( $V / rad.s^{-1}$ ) .
$e(t)$ : la force contre électromotrice ( $V$ ) ; $L(e(t)) = E(p)$ .	$J_e$ : l'inertie équivalente ( $kg.m^2$ ) .

## 1. Modélisation du moteur

1.1. A partir du schéma bloc du moteur, l'expression de la vitesse angulaire  $\Omega(p)$  peut se mettre sous la forme  $\Omega(p) = H_1(p)U(p) - H_2(p)C_r(p)$ . Montrer que  $H_1(p)$  et  $H_2(p)$  peuvent se mettre sous la forme canonique :  $H_1(p) = \frac{K_1}{1 + \tau_1 p}$  ;  $H_2(p) = \frac{K_2}{1 + \tau_1 p}$ . Exprimer  $K_1$ ,  $K_2$  et  $\tau_1$  en fonction des paramètres du moteur  $k_m$ ,  $k_e$ ,  $R$  et  $J_e$ .

1.2. Pour  $c_r(t) = 0 \text{ N.m}$ , on donne sur la figure 2 le relevé de la réponse indicielle du moteur pour un échelon en tension d'amplitude  $10 \text{ V}$ . Identifier les valeurs de  $K_1$  et  $\tau_1$  de la fonction de transfert  $H_1(p)$ .

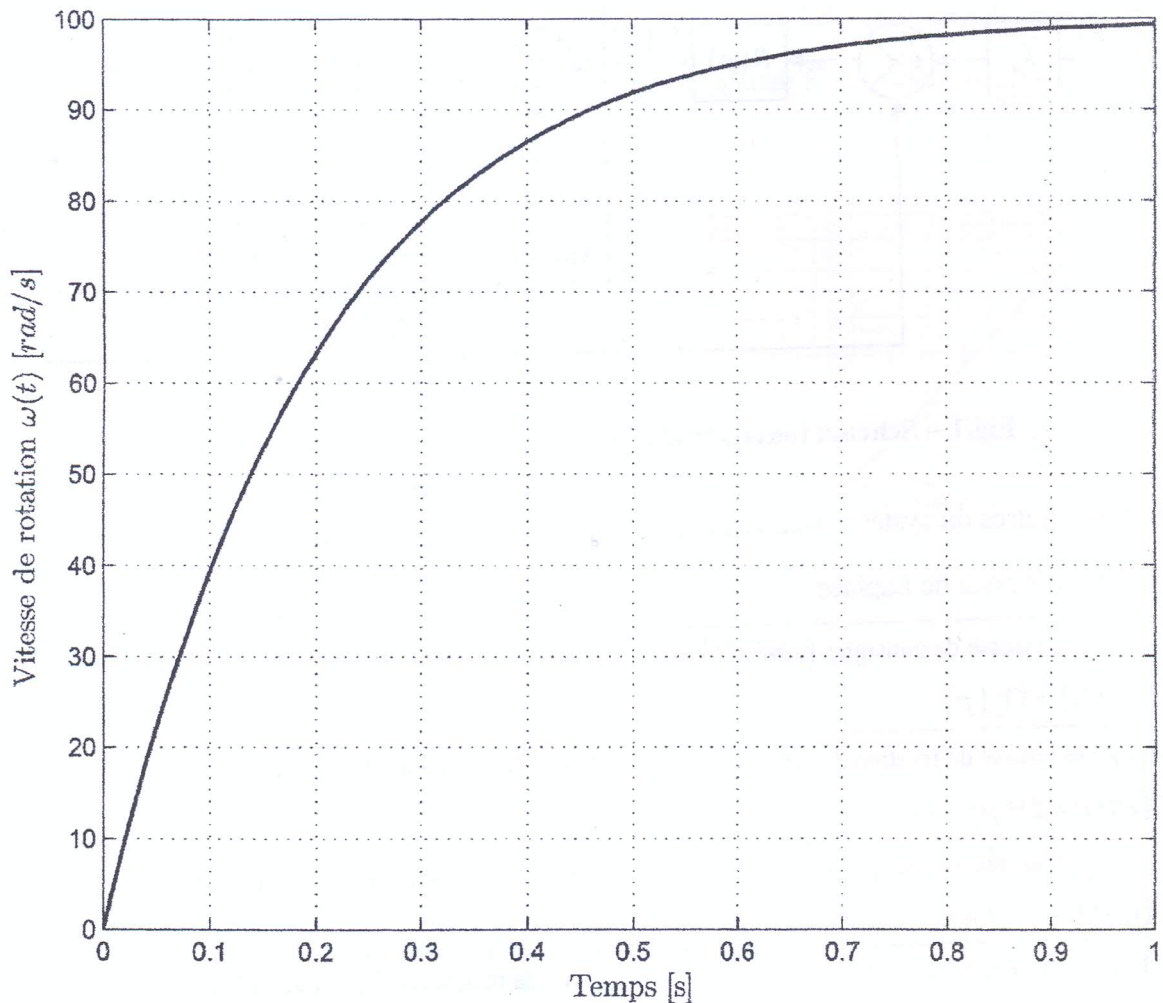
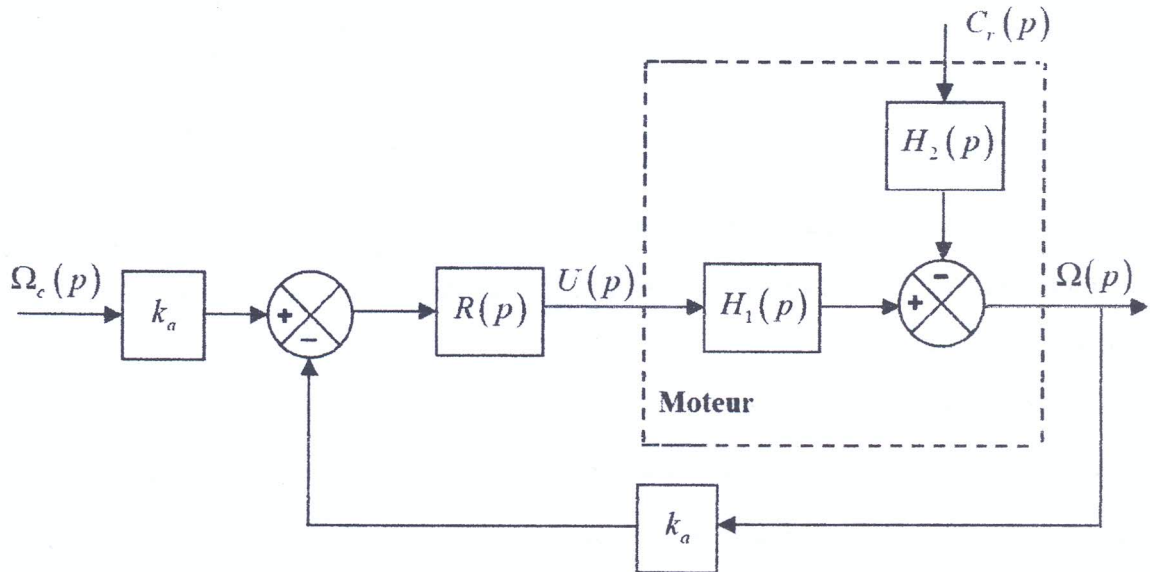


Fig.2—Réponse indicielle du moteur à un échelon de tension d'amplitude  $10 \text{ V}$  ( $c_r(t) = 0$ )

1.3. On considère que  $R = 1 \Omega$  et  $k_m = k_e$ . Déduire alors les valeurs numériques des paramètres  $k_e$ ,  $J_e$  et  $K_2$ .

## 2. Asservissement du moteur

Le schéma bloc de l'asservissement de la figure 1 est mis sous la forme suivante en tenant compte des résultats de la question 1.1.



**Fig.3 – Schéma fonctionnel d'asservissement de vitesse du moteur**

Dans la suite, on prendra :  $C_r(p) = 0$  ;  $K_1 = 10 \text{ rad/s.V}$  ;  $K_2 = 100 \text{ rad/s.V}$  ;  $\tau_1 = 0.2 \text{ s}$  ;  $k_a = 0.25 \text{ V/rad.s}^{-1}$ . L'asservissement du moteur doit respecter les performances suivantes :

Performances	Valeurs souhaitées
Dépassement	Sans dépassement.
Précision	Erreur statique nulle pour une entrée en échelon.
Rapidité	Temps de réponse à $\pm 5\%$ inférieur à $2.5 \text{ s}$ .

On considère un correcteur de type Proportionnel (P) :  $R(p) = k_c$

2.1. Montrer que la fonction de transfert en boucle fermée  $H_{BF}(p) = \frac{\Omega(p)}{\Omega_c(p)}$  peut se mettre

sous la forme canonique  $H_{BF}(p) = \frac{K_{11}}{1 + \tau p}$ . Exprimer  $K_{11}$  et  $\tau$  en fonction seulement de  $k_c$

(les autres paramètres sont à remplacer par leurs valeurs numériques).

2.2. Calculer le gain  $k_c$  permettant d'assurer en boucle fermée un temps de réponse à  $\pm 5\%$

$t_{r\pm 5\%} = 0.3 \text{ s}$ .



2.3. Déterminer l'expression de l'erreur statique  $\varepsilon(\infty) = \omega_c(\infty) - \omega(\infty)$  en fonction de  $k_c$  pour une consigne en vitesse  $\omega_c(t) = 200 \text{ rad.s}^{-1}$ .

2.4. Ce correcteur proportionnel permet-il de satisfaire les performances souhaitées? Justifier.

On considère maintenant un correcteur de type Intégral (I) :  $R(p) = \frac{k_i}{p}$

2.5. Calculer la fonction de transfert en boucle fermée  $H_{BF}(p) = \frac{\Omega(p)}{\Omega_c(p)}$ . Donner les expressions du gain statique  $K$ , de la pulsation propre non amortie  $\omega_n$  et du coefficient d'amortissement  $\xi$  en fonction seulement de  $k_i$  (les autres paramètres sont à remplacer par leurs valeurs numériques).

2.6. Etablir la valeur de  $k_i$  permettant d'obtenir la réponse la plus rapide sans dépassement.

2.7. Pour cette valeur de  $k_i$ , déterminer le temps de réponse à  $\pm 5\%$  du système en boucle fermée ( $t_{r\pm 5\%}$ ) à partir de l'abaque de la figure 4.

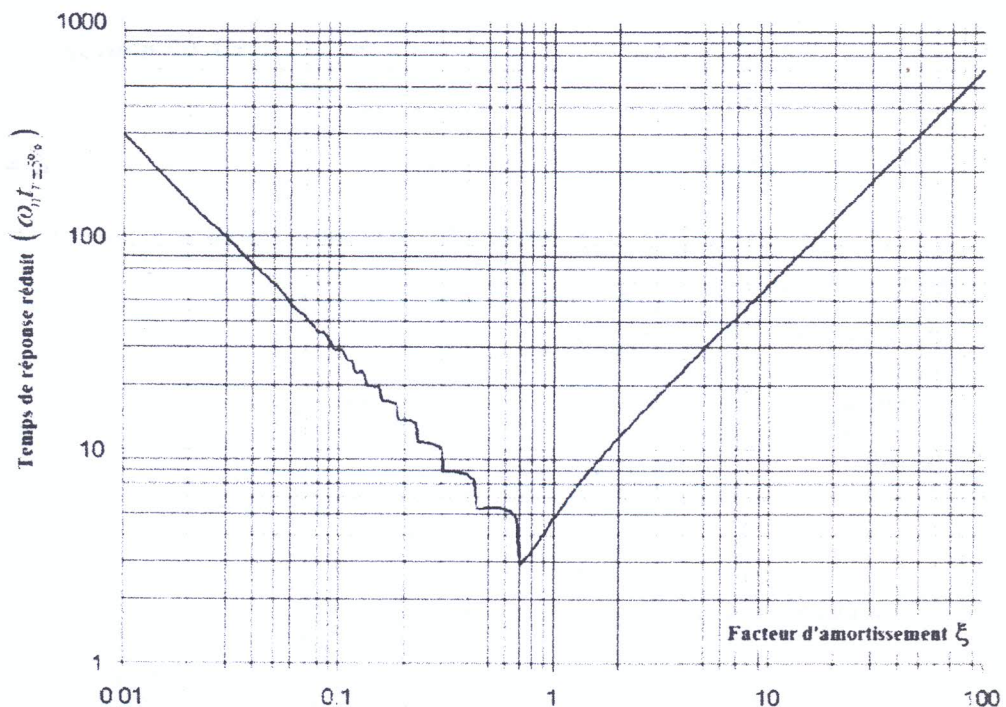


Fig. 4 – Abaque du temps de réponse réduit ( $\omega_n t_{r\pm 5\%}$ ) en fonction de  $\xi$ .

2.8. Calculer l'erreur statique  $\varepsilon(\infty) = \omega_c(\infty) - \omega(\infty)$  pour une consigne en vitesse  $\omega_c(t) = 200 \text{ rad/s}$ .

2.9. Ce correcteur intégral permet-il de satisfaire les performances souhaitées ?



*Devoir de synthèse du 1<sup>er</sup> semestre Janvier 2023*  
*Epreuve de Conception Mécanique (CM)*  
*2<sup>ème</sup> Année Préparation en Technologie*

## **Unité de production de dalles en béton**

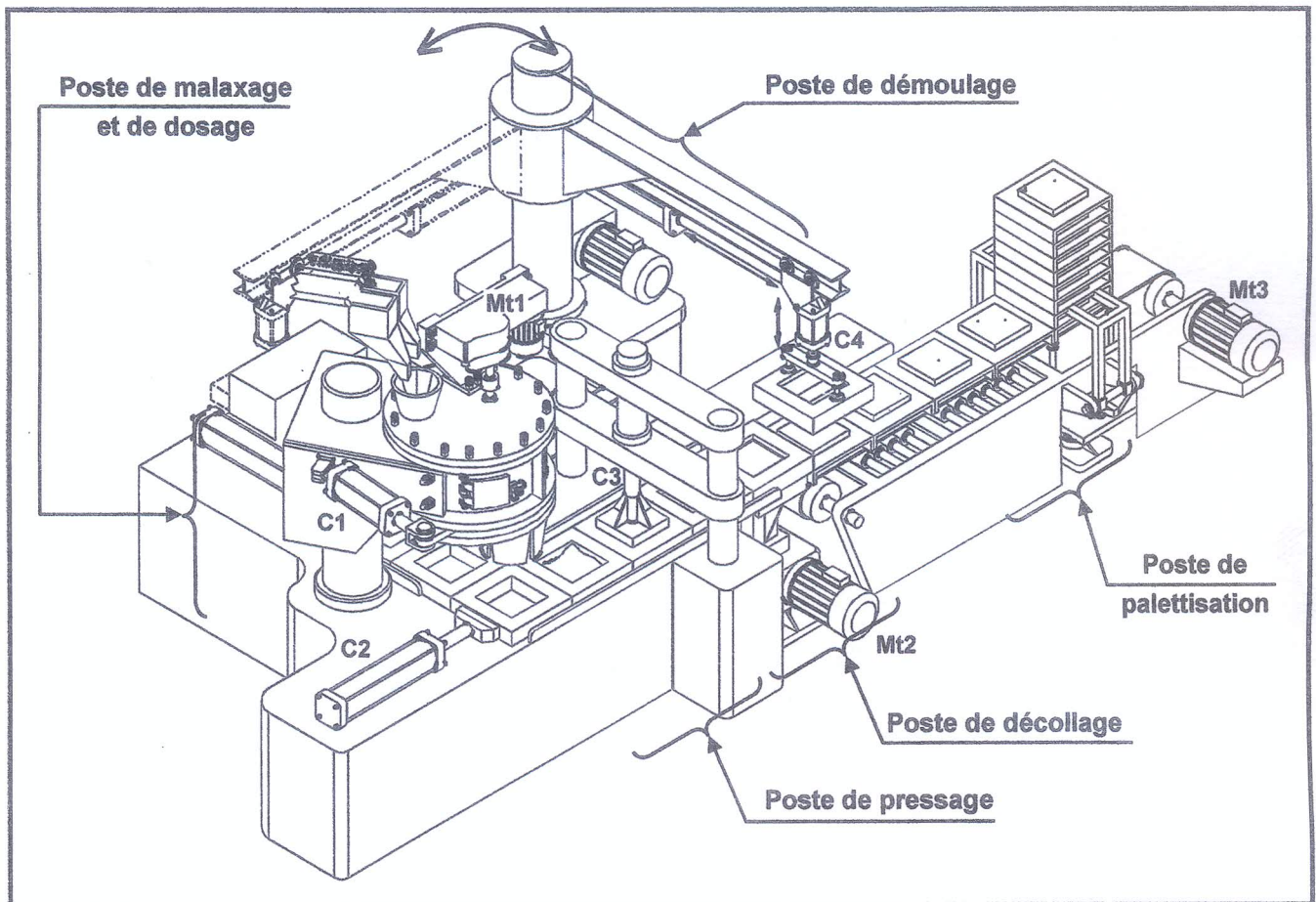
Date : 5 Janvier 2023

Durée : 3 Heures

(Aucun document n'est autorisé)

### **MISE EN SITUATION (UNITE DE PRODUCTION DE DALLES EN BETON)**

Le système ci-dessous (figure 1) sert à fabriquer des dalles en béton, de différentes formes et compositions.



**Figure 1**

Le système de fabrication de dalles en béton comporte 5 postes (figure 2) :

► **Poste de malaxage et de dosage :**

L'approvisionnement en mortier (ciment, gravier, sable et eau) est assuré par le tapis roulant (T1) et la conduite d'eau. Ce mortier est maintenu en mouvement dans un malaxeur entraîné par un « Réducteur Embrayage Frein » Mt1. Un dispositif de dosage placé au fond du malaxeur permet de délivrer la dose de mortier nécessaire à la production d'une dalle en béton (vérin pneumatique C1).

► **Poste de pressage :**

Une presse hydraulique équipée d'un vérin double effet C3 permet de presser le mortier dans le châssis moule.

► **Poste de décollage :**

Un vibreur entraîné par un moteur électrique Mt2 agit pendant un temps  $t_2$  pour décoller la dalle en béton de la paroi de son châssis moule afin de faciliter son démoulage par la suite.



### ► Poste de démoulage :

La saisie du châssis moule est assurée par des ventouses fonctionnant en dépression. L'ensemble est remonté par le vérin pneumatique à double effet C4.

### ► Poste de palettisation :

Les dalles en béton fabriquées sont placées sur des supports palettes et empilées sur 7 niveaux (vérins hydrauliques C5 et C6). Après palettisation les articles en béton sont transférés vers une zone de séchage.

*N.B : Le déplacement des châssis moules est assuré par le vérin pneumatique (C2) entre les trois premiers postes (dosage, pressage, décollage) et par un tapis roulant (T2) pour les deux derniers (démoulage, palettisation).*

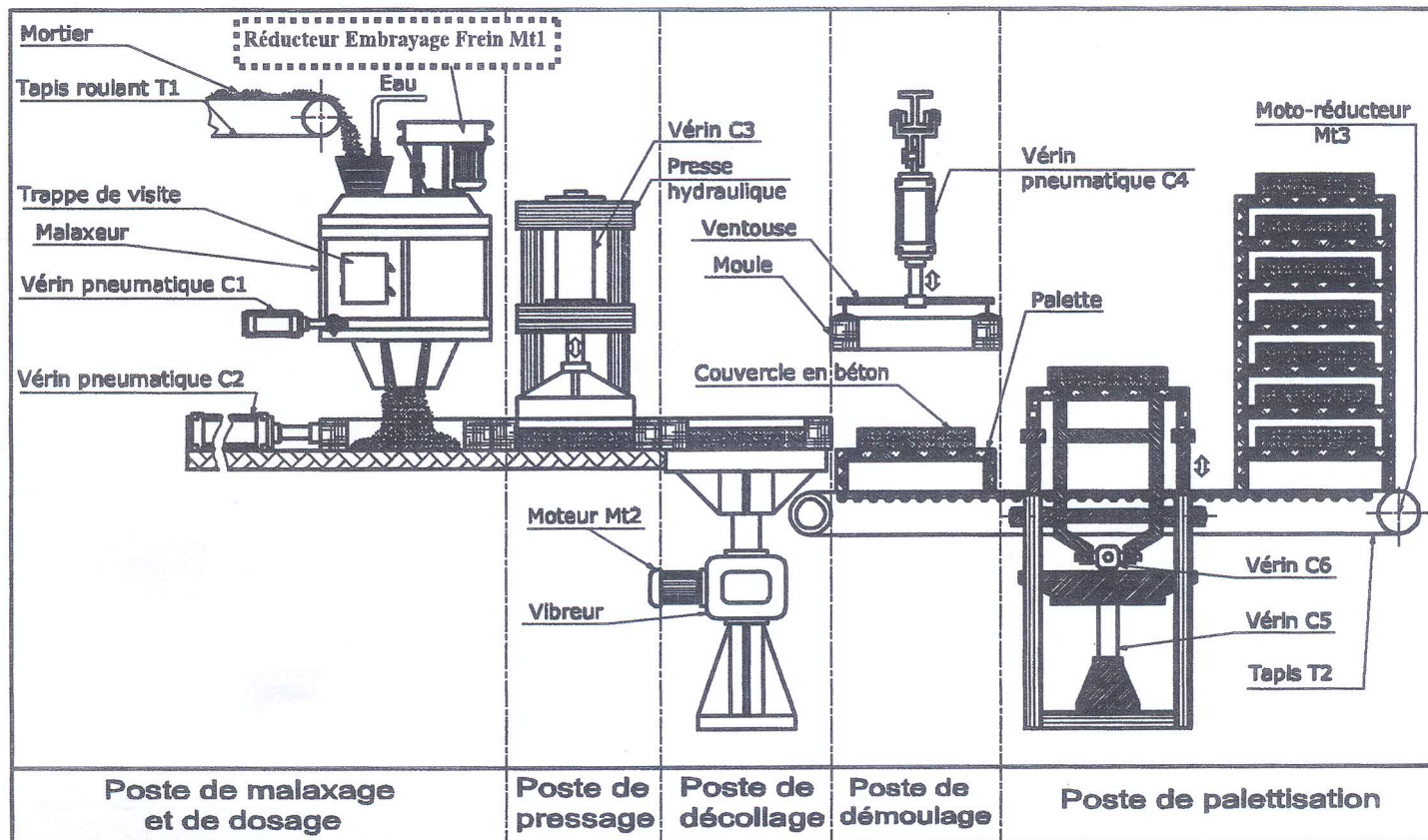


Figure 2

## MISE EN SITUATION (REDUCTEUR EMBRAYAGE FREIN « Mtl1 »)

Le mécanisme étudié, faisant partie de l'unité « Poste de malaxage et de dosage », est décrit par le dessin d'ensemble au format A3 (Document technique DT1 page 6/6). Un moteur qui tourne en continue transmet son mouvement de rotation à ce mécanisme à l'aide d'une transmission par courroie trapézoïdale. Le réducteur embrayage frein permet la transmission de puissance depuis la poulie (10) vers l'arbre de sortie (40) pour deux vitesses lente et normale. Le choix de la vitesse de l'arbre de sortie (40) dépend de la phase de fonctionnement du malaxeur doseur du mortier :

- Vitesse normale lors de l'opération de malaxage des différents constituants du mortier jusqu'à l'obtention d'un mélange homogène prêt à l'emploi.

- Vitesse lente lors de l'opération de production de dalle pour maintenir la consistance et l'homogénéité du mortier.

Le passage de la vitesse normale à la vitesse lente est assuré par un opérateur, après avoir garanti la bonne consistance et qualité du mortier. La sélection des deux rapports se fait par une commande manuelle au niveau du baladeur (46) (le système de commande n'est pas représenté sur le document DT1).

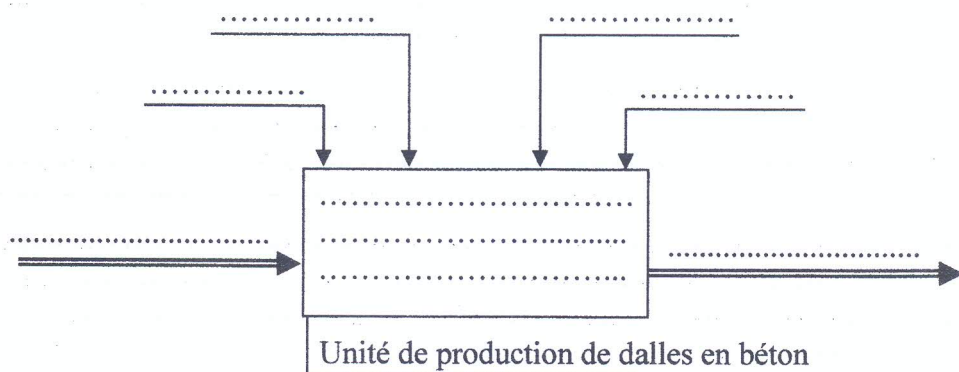
Nom : ..... Prénom : .....  
Identifiant : ..... groupe : .....

## PARTIE A : CONCEPTION MECANIQUE

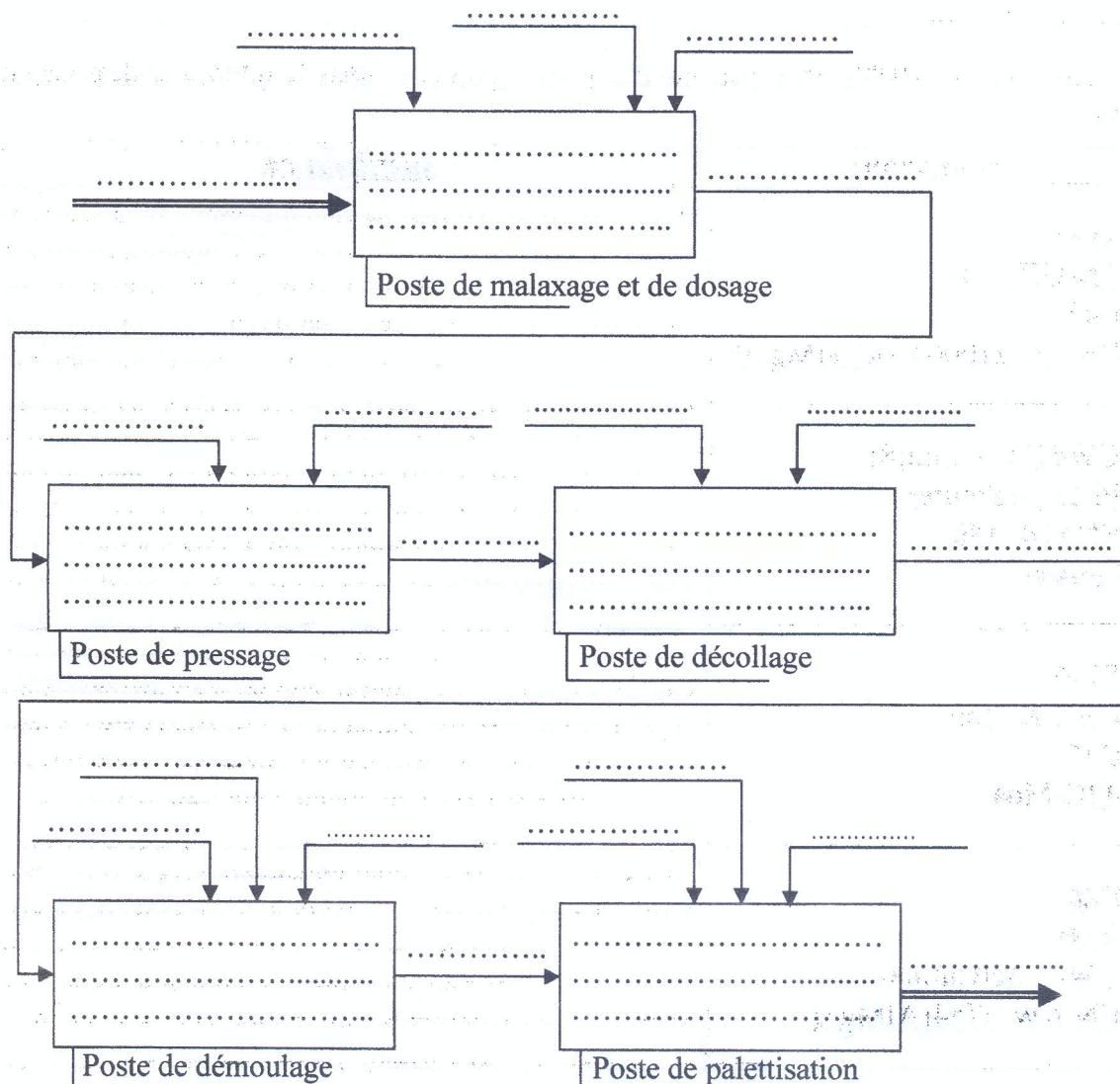
### A-I) Analyse fonctionnelle

On s'intéresse à l'étude de la partie opérative de « l'unité de production de dalles en béton ».

A-I-1) Compléter l'actigramme A-0.



A-I-2) Compléter l'actigramme A0.





## A-II) Analyse du fonctionnement et étude cinématique « REDUCTEUR EMBRAYAGE FREIN »

On s'intéresse dans cette partie à l'étude du mécanisme « REDUCTEUR EMBRAYAGE FREIN » Mt1 représenté dans le Document technique DT1 (page 6/6) à l'échelle 1:1, faisant partie de la partie opérative de l'unité « Poste de malaxage et de dosage » (figure 2).

### Données et hypothèses:

#### \*Moteur (non représenté) :

- Fréquence nominale de rotation  $N_m = 1450 \text{ tr/mn}$ ,
- Puissance :  $P_M = 500 \text{ W}$  ;

#### \* Transmission par poulies-courroie entre le moteur et la poulie (10) :

Rapport de réduction :  $r_C = 0,35$  ;

- Rendement :  $\eta_C = 0,95$  ;

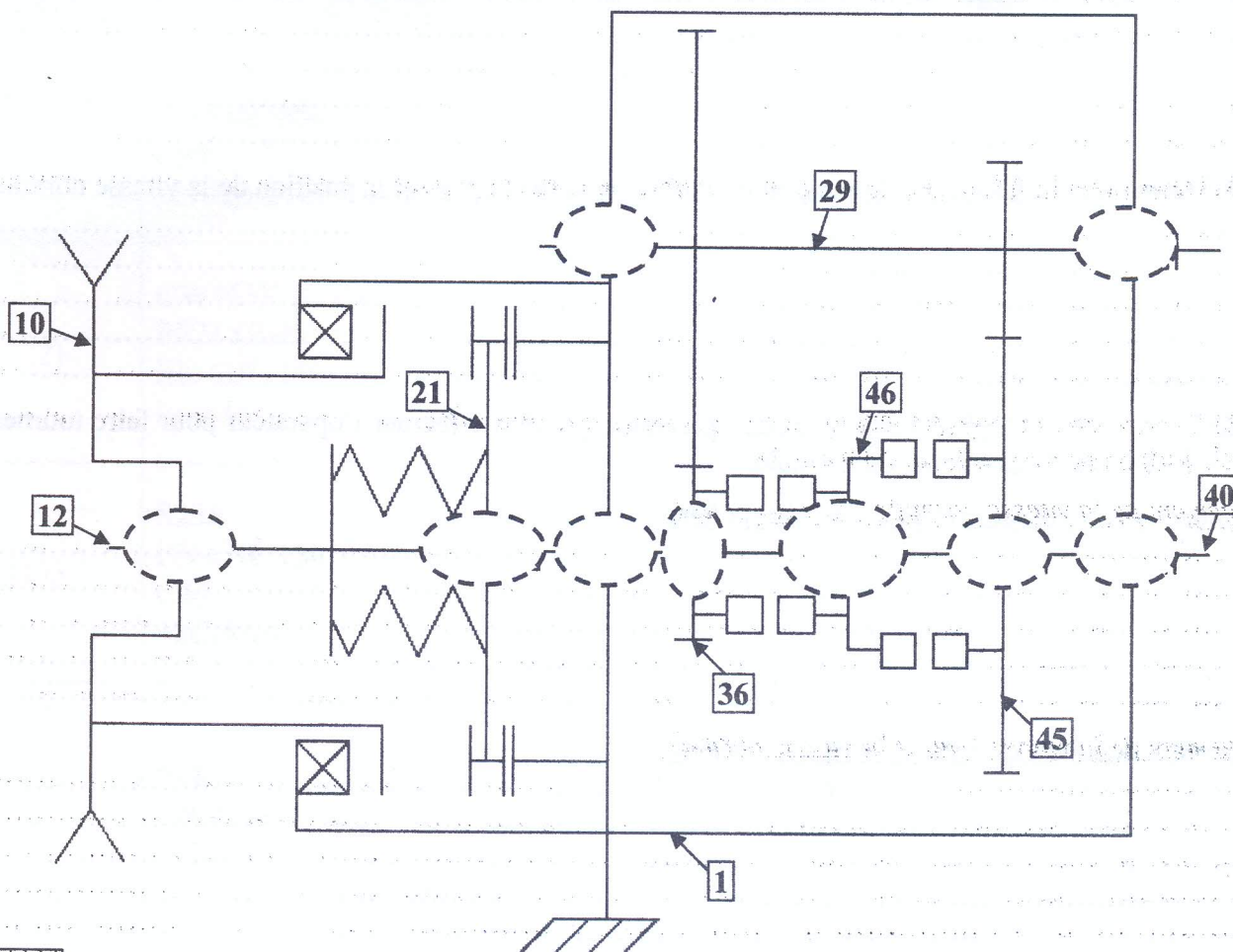
#### \* Embrayage Frein :

- Coefficient d'adhérence garniture-plateau (4) et garniture-cloche (2) :  $f = 0,3$  ;
- Effort de poussée de chaque ressort (17) sur le disque (21) :  $FR = 150\text{N}$  ; (effort supposé constant).

#### \* Transmission par roues dentées :

- Roue d'arbre intermédiaire (27) :  $Z_{27} = 47$  ;
- Arbre intermédiaire (29) :  $Z_{29} = 17$  ;
- Pignon (36) :  $Z_{36} = 17$  ;
- Roue d'arbre de sortie (45) :  $Z_{45} = 61$  ;
- Chaque engrenage à un rendement :  $\eta = 0,9$  ;

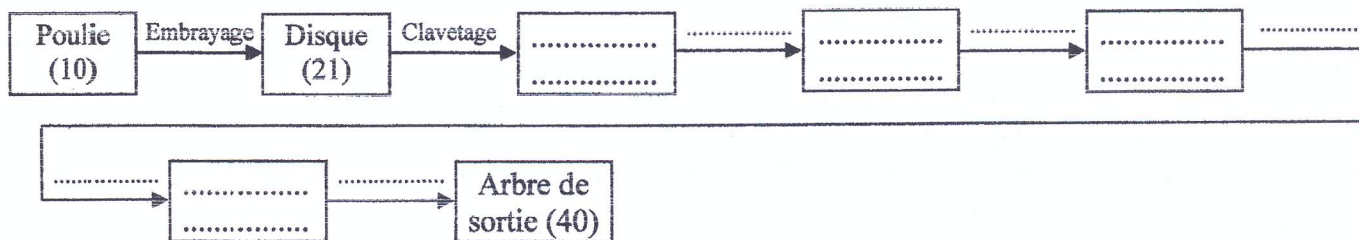
A-II-1) Compléter le schéma cinématique ci-dessous :



Nom : ..... Prénom : .....  
 Identifiant : ..... groupe : .....

**A-II-2) Compléter les deux synoptiques de la transmission de puissance pour les deux positions : vitesse lente et vitesse normale.**

Vitesse lente :



Vitesse normale :



**A-II-3) Déterminer la fréquence de rotation de l'arbre de sortie (40), dans le cas de la position du mécanisme indiquée sur le dessin d'ensemble Document technique DT1.**

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

**A-II-4) Déterminer la fréquence de rotation de l'arbre de sortie (40) pour la position de la vitesse lente.**

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

**A-II-5) Déterminer la fréquence de rotation de l'arbre de sortie (40) pour la position de la vitesse normale.**

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

**A-II-6) Décrire chronologiquement le mode opératoire que doit effectuer l'opérateur pour faire tourner l'arbre de sortie (40) à une vitesse lente ou normale.**

Changement de la vitesse normale à la vitesse lente :

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

Changement de la vitesse lente à la vitesse normale :

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



**A-III) Etude technologique****A-III-1) Identifier la fonction de chacun des processeurs indiqués dans le tableau suivant.**

Processeur	Fonction
(5)	..... ..... .....
(17)	..... ..... .....
(20)	..... ..... .....
(41)	..... ..... .....

**A-III-2) Choisir le matériau convenable pour chacune des pièces proposées dans le tableau ci-dessous en justifiant votre choix.**

Pièces	Matériaux	Justification
(10)	S185 EN-GJL 350 C45 EN AB-21000 [AlCu4MgTi]	..... ..... ..... .....
(22)	CW453K [CuSn8] PF21 (Bakélite) EN-GJL 150 Ferodo	..... ..... ..... .....
(12)	S235 EN-GJL 150 C45 42CrMo4	..... ..... ..... .....
(17)	C60 S185 CW453K[CuSn8] EN AW-5754[AlMg3]	..... ..... ..... .....



Nom : ..... Prénom : .....  
 Identifiant : ..... groupe : .....

**A-IV) Etude de l'embrayage et frein électromagnétique**

NB: en cas de besoin mesurer les cotes utiles sur le dessin d'ensemble.

**A-IV-1)** Par quel moyen est assuré l'effort presseur de freinage.

**A-IV-2)** Calculer le couple  $C_{10}$  agissant sur la poulie (10)

**A-IV-3)** Calculer l'effort presseur de freinage sachant que  $C_{adF}=1,2 \cdot C_{10}$  ( $C_{adF}$ : Couple de freinage)

**A-IV-4)** Déterminer alors le nombre de ressorts (17).

**A-IV-5)** L'effort presseur pour l'embrayage résulte de plusieurs actions mécaniques agissant sur le disque (21). Préciser lesquelles par une représentation schématique traduisant l'application du théorème de la résultante statique au disque (21).



**A-IV-6)** En déduire l'effort généré par la bobine électromagnétique sachant que  $C_{adE}=1,2 \cdot C_{10}$  ( $C_{adE}$ : Couple d'adhérence de l'embrayage)

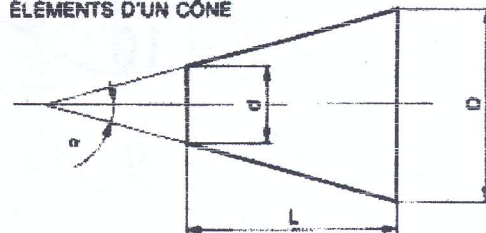
**A-V) Etude et dimensionnement des liaisons mécaniques**

NB: en cas de besoin mesurer les cotes utiles sur le dessin d'ensemble.

**A-V-1) Calcul de la liaison complète par emmanchement conique**

On suppose que le couple transmis par cette liaison complète par emmanchement conique est  $C_{12}=1,2 \cdot C_{10}$  (ce couple est entièrement transmis par adhérence : analogie avec un embrayage conique). On donne :

ELEMENTS D'UN CÔNE



- $\tan(\alpha) = \frac{D-d}{2 \cdot L}$  (avec  $\alpha$  demi angle au sommet du cône).
- le coefficient de frottement au niveau de l'emmanchement conique entre (12) et (36):  $f_1=0,15$ .

**A-V-1-1)** Calculer  $\alpha$  demi angle au sommet du cône de l'emmanchement conique.

**A-V-1-2)** Calculer l'effort minimal « F » de serrage (effort presseur) que doit exercer la vis (47) pour assurer la transmission de puissance en toute sécurité.



**A-V-1-3)** En déduire le couple de serrage « C » de la vis (47), sachant que :  $C = F \frac{d_v}{2} \tan(\alpha_v + \phi')$

- $d_v=8$  : diamètre moyen de la vis. et  $p=1,5$ : le pas de la vis.
- $\alpha_v$  : angle d'inclinaison d'hélice de la vis.
- $\tan \phi' = \frac{\tan \phi}{\cos(\beta/2)}$ . Avec ( $\beta \approx 60^\circ$ )
- $\phi$  : angle du cône de frottement entre la vis (47) et le taraudage sur (12).
- $f_2=0,1$ : le coefficient de frottement entre la vis (47) et le taraudage sur (12).

**A-V-2) Vérification de la résistance de la clavette (28).:**

On se place dans cette question dans les conditions les plus défavorables pour lesquelles le couple transmis à l'arbre (12) est  $C_{12}=1,2 C_{10}$ .

- diamètre de l'arbre au niveau de la clavette  $d=25$  mm,
- clavette parallèle forme B,  $8 \times 7 \times 20$   $a=8$  mm,  $b=7$  mm,  $l=20$  mm
- cote normalisée de l'arbre  $j=d-4$
- résistance pratique au cisaillement du matériau de la clavette  $R_{pg}=100$  MPa
- contrainte admissible au matage du matériau de la clavette  $p_{adm}=45$  MPa

a) Calculer le couple  $C_{27}$  agissant sur la roue (27).

b) Vérifier la résistance de la clavette (28).

**A-VI) Cotation fonctionnelle**

**A-VI-1)** Donner les ajustements qualitatifs des assemblages indiqués dans le tableau suivant :

Assemblage	Ajustement	Assemblage	Ajustement
(12)/(8)	.....	(12)/(7)	.....
(10)/(8)	.....	(10)/(9)	.....
(10)/(5)	.....	(10)/(13)	.....
(4)/(5)	.....	(10)/(4)	.....

**A-VI-2)** Tracer sur le dessin ci-après les chaînes de cotes relatives aux conditions :

- $J_A$  : entre les surfaces des pièces (13) et (10),
- $J_B$  : entre les surfaces des pièces (3) et (4),
- $J_C$  : entre les surfaces des pièces (2) et (23).

**A-VI-3)** Donner l'utilité de chacune de ces conditions :

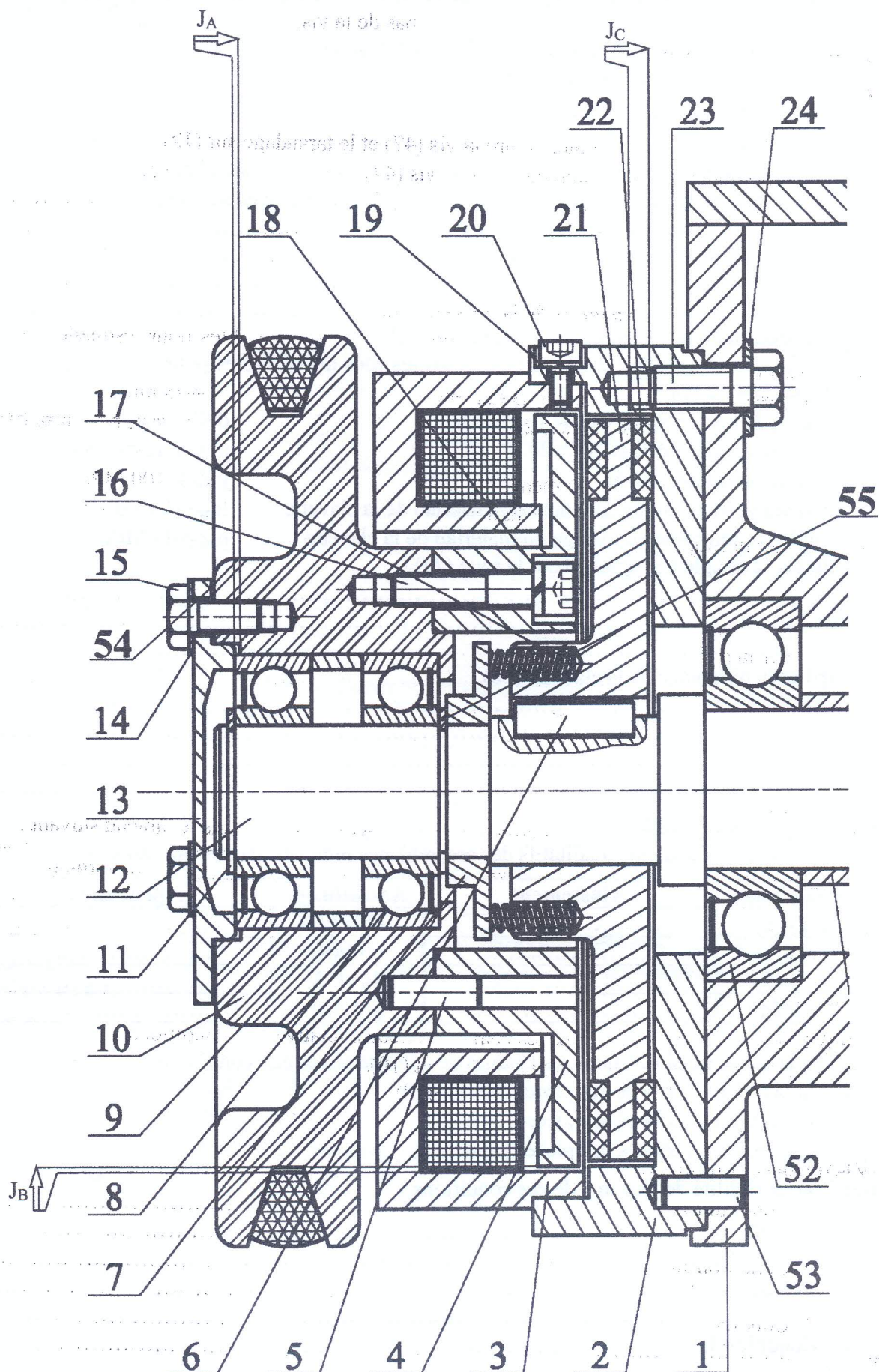
- Condition  $J_A$  : .....
- Condition  $J_B$  : .....
- Condition  $J_C$  : .....



Devoir de synthèse de Conception Mécanique 1<sup>er</sup> semestre (Janvier 2023)

Nom : ..... Prénom : .....

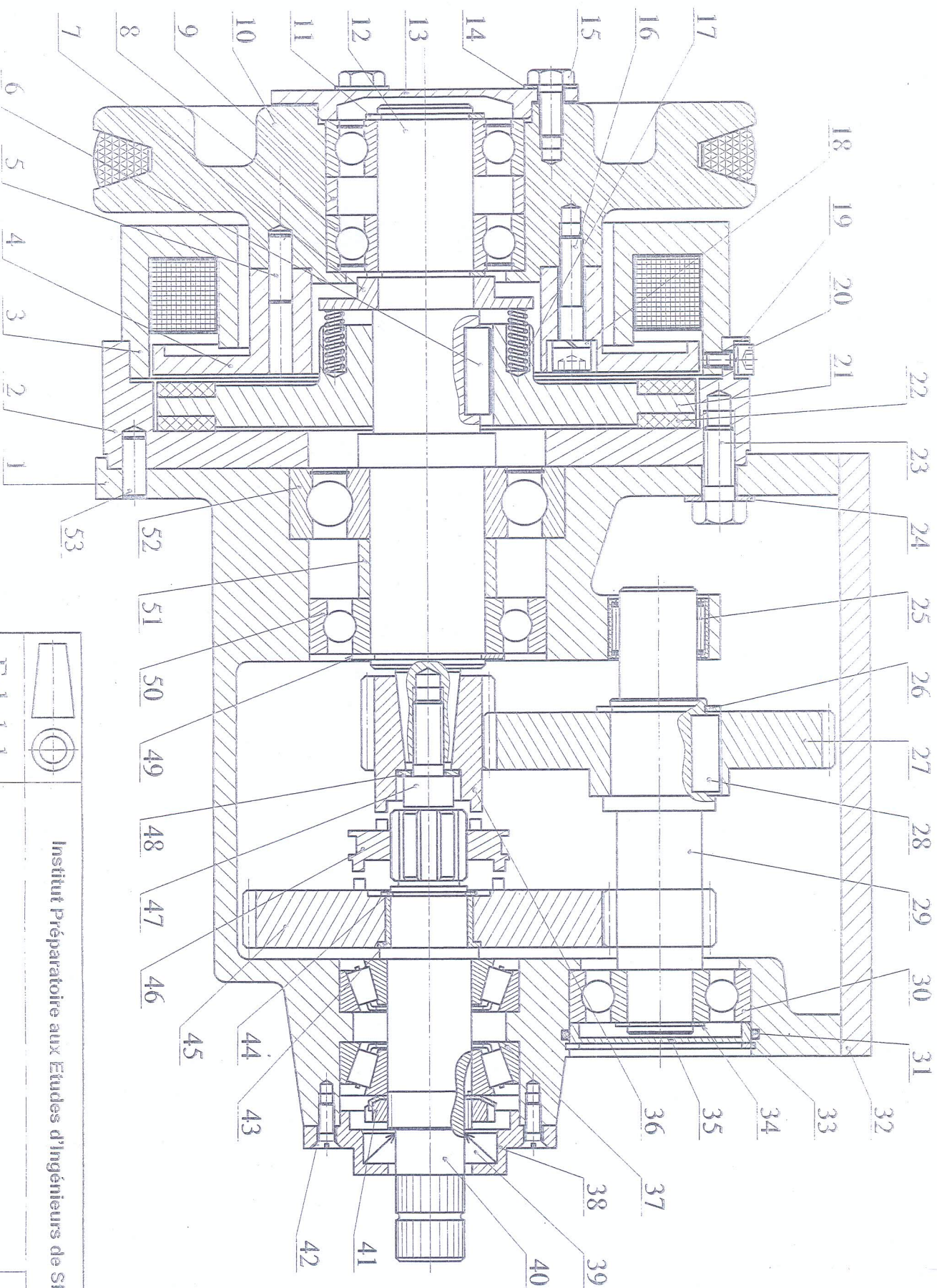
Identifiant : ..... groupe : .....











Ech: 1:1

Format A3H

Institut Préparatoire aux Etudes d'Ingénieurs de Stax

UNITE DE PRODUCTION DE DALLES EN BETON

REDUCTEUR EMBRAYAGE FREIN



Nom et Prénom : .....

Groupe : .....

Année : 2022 / 2023

Classe : PT2

Épreuve : E.S.

Semestre : 1

Matière : CFM

Partie : Technologie de Fabrication

La pièce montrée à la figure ci-contre est fabriquée en grande série (48000 pièce /an) par usinage d'un brut moulé en fonte à graphite lamellaire (pression spécifique  $K_a = 250$  daN/mm<sup>2</sup>). Elle est usinée sur un tour parallèle à charioter et à fileter en deux phases :

Phase 20 : surfaces A - D - E -  $\phi_1$  -  $\phi_2$  -  $\phi_4$

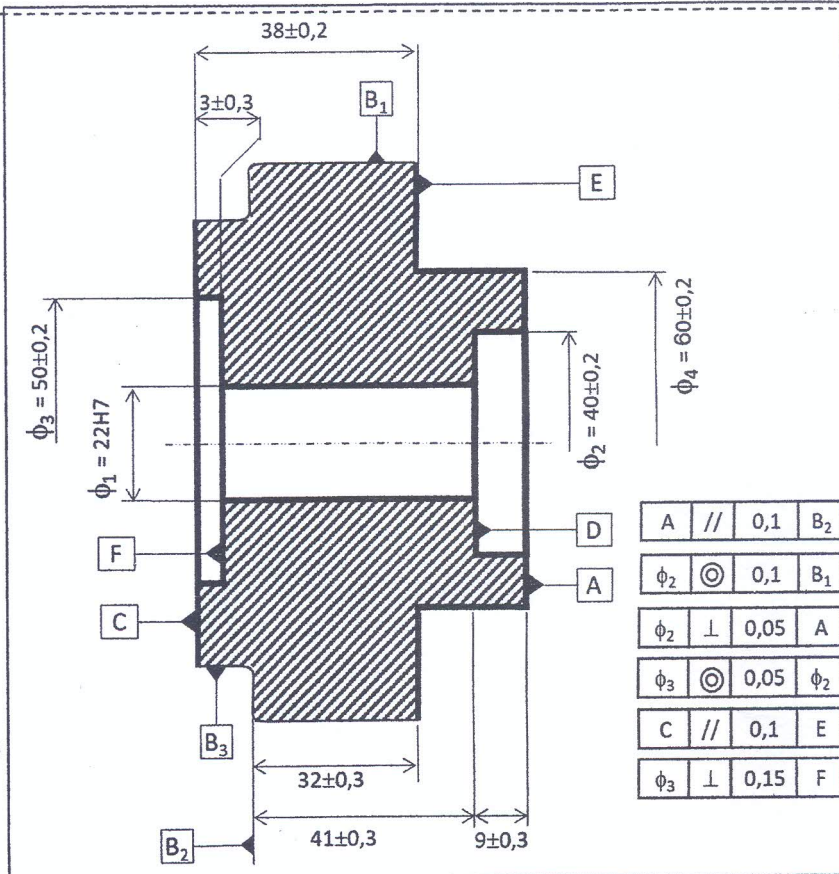
Phase 30 : surfaces F - C -  $\phi_3$

1. Est-il possible de réaliser la phase 30 avant la phase 20 ?

Rép. : ..... Justif. : .....

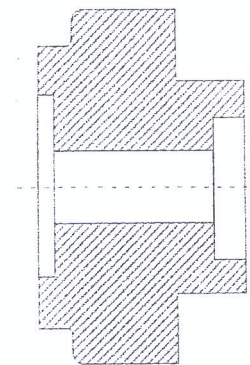
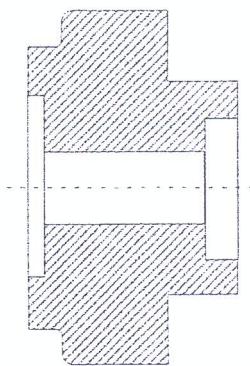
2. Représenter sur les graphiques (ci-dessous) le repérage isostatique de la pièce pour chacune des 2 phases

3. Installer (sur les mêmes graphiques) les cotes de fabrication nécessaires à chacune des 2 phases. [Ces cotes seront identifiées par (Cf) ... commencer par les cotes axiales ensuite radiales ... et utiliser un ordre croissant]



Phase 20

Phase 30



On s'intéresse particulièrement à la réalisation de l'alésage  $\phi_1$ . L'avant trou de moulage est d'un diamètre de 16 mm et la longueur de l'alésage est de 48 mm. Le tableau ci-dessous contient certaines données et paramètres de coupe relatifs à la réalisation de cette surface.

	Paramètres de coupe			Géométrie de l'outil				Durée de vie de l'outil		Remarque : si nécessaire, les valeurs médianes des paramètres seraient considérées pour une éventuelle demi-finition.
	V <sub>c</sub> (m/min)	p (mm)	A (mm/min)	α	β	γ	κ <sub>r</sub>	C <sub>v</sub>	n	
Ebauche	60	1.5	120	4°	88°	.....	30°	4,440 10 <sup>9</sup>	-4,6	
Finition	120	0.5	60	15°	.....	15°	60°	5,360 10 <sup>9</sup>	-3,6	

4. Compléter les 2 valeurs manquantes dans le tableau ci-dessus.



# Ne rien écrire dans cet espace

5. Donner le diamètre après usinage pour chacune des passes nécessaires à l'obtention de  $\phi_1$  en précisant la nature de chaque passe ... on donne la réponse pour la passe de finition : ...  $\phi_1 \text{ fini} \dots = \dots 22 \text{ mm} \dots$  (passe de finition) ...

6. Calculer les efforts de coupe (en ébauche et en finition).

$F_c (\text{éb}) = \dots$  unité :

$F_c (f) = \dots$  unité :

7. Calculer la puissance minimale du tour à utiliser sachant que son rendement est de  $\eta = 80\%$ .

$P_{C_{min}} = \dots$  unité :

8. Calculer le temps de coupe en ébauche [note : pour les questions 8-9-10 la précision du calcul est importante !!!]

$t_e (\text{éb}) = \dots$  unité :

9. Calculer la durée de vie d'une arête de l'outil d'ébauche de l'alésage  $\phi_1$  (plaquette en carbure ayant 4 arêtes).

$T(\text{éb}) = \dots$  unité :

10. Calculer le nombre de plaquettes nécessaire par année.

$N_p = \dots$

11. Comment peut-on économiser sur le coût des plaquettes?

Rép : .....

12. Quelle serait la conséquence sur la qualité des pièces?

Rép : .....

13. Parmi les cotes de fabrication installées à la question (3), quelles sont les cotes directes?

Cotes : ..... Justif. : .....

14. Quelles sont les cotes pouvant être obtenues par transfert indirect partiel?

Cotes : ..... Justif. : .....

15. Quelles sont les cotes ne pouvant être obtenues que par transfert indirect total (après approbation du BE)?

Cotes : ..... Justif. : .....