

SECTION : TECHNIQUE

CORRIGE DU SUJET DE LA SESSION PRINCIPALE 2006

A- ANALYSE FONCTIONNELLE D'UN SYSTEME PLURITECHNIQUE

A1- Analyse fonctionnelle globale

En se référant au dossier technique, donner la fonction globale du système « **POSTE AUTOMATIQUE DE PEINTURE DE PARABOLES** » :

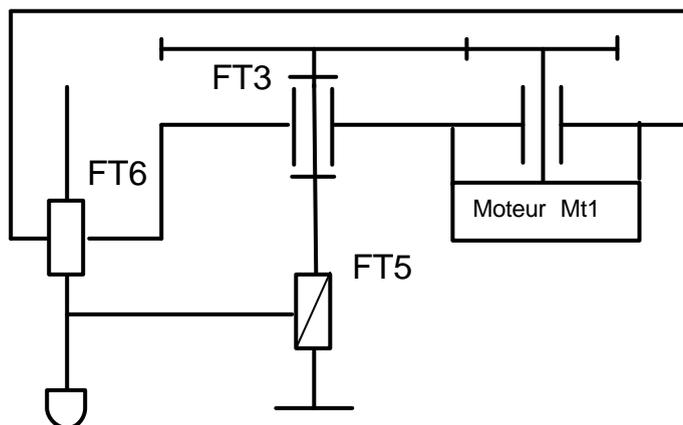
Appliquer deux couches de peinture

A2- Analyse fonctionnelle de la partie opérative

a- En se référant au dossier technique page 4/4, compléter le tableau ci-dessous

Fonction technique	PROCESSEURS
FT1: Transformer l'énergie électrique en énergie mécanique	<i>Moteur MT1</i>
FT2: Transmettre le mouvement de rotation du moteur vers l'axe (8)	<i>Engrenage (5, 6)</i>
FT3 : Guider en rotation l'axe (8)	<i>Coussinets à collerette 10 et 20</i>
FT4 : <i>Accoupler l'axe (8) à la vis de commande (17)</i>	<i>Accouplement rigide(17+18)</i>
FT5 : Transformer le mouvement de rotation en un mouvement de translation	<i>Vis - écrou (17, 15)</i>
FT6 : Guider en translation le fourreau (12)	<i>Clavette (11)</i>

b- En se référant au dossier technique page 4/4, compléter le schéma cinématique du mécanisme de déplacement du pistolet.



c- Donner le rôle de la pièce (13) : *Limiter la course*

B- CALCUL DE PREDETERMINATION OU DE VERIFICATION

B1- Partie opérative

B1-1- Étude cinématique

La transmission de mouvement entre l'arbre moteur et la vis (17) est obtenue par un engrenage à dentures droites formé par le pignon (5) et la roue (6).

Le moteur **Mt1** tourne à une vitesse de rotation **N_m = 1500 tr/min**

- 1- Sachant que la vitesse de rotation de la vis de commande (17) est **N_{vis} = 750 tr/min** .
Calculer la raison de l'engrenage **r₅₋₆**:

$$r_{5-6} = \frac{N_6}{N_5} = \frac{N_{vis}}{N_m} = \frac{750}{1500} = \frac{1}{2} \quad r_{5-6} = \frac{1}{2}$$

- 2- Sachant que le nombre de dents du pignon (5) est **Z₅ = 25 dents** .

Déterminer le nombre de dents de la roue (6), **Z₆** :

$$r_{5-6} = \frac{N_6}{N_5} = \frac{Z_5}{Z_6} \quad \frac{1}{2} = \frac{Z_5}{Z_6} \quad Z_6 = 2 \times Z_5 = 2 \times 25 = 50 \text{ dents} \quad \mathbf{Z_6 = 50 \text{ dents}}$$

- 3- a- Sachant que la vis (17) est à un seul filet et a un pas, **p = 2 mm** .

Déterminer la vitesse linéaire **V₁₂** du coulisseau (12) en **mm/min**

$$V_{12} = N_{vis} \times p = 750 \times 2 = 1500 \text{ mm/min}$$

$$\mathbf{V_{12} = 1500 \text{ mm/min}}$$

- b- Exprimer la valeur de cette vitesse en **m/s** :

$$V_{12} = \frac{1500 \times 10^{-3}}{60} = 0.025 \text{ m/s}$$

$$\mathbf{V_{12} = 0.025 \text{ m/s}}$$

B1- 2- Choix du matériau de l'arbre moteur

La conception de la liaison du coté moteur permet de limiter les sollicitations en flexion qui s'applique sur l'arbre moteur.

Cet arbre est aussi supposé sollicité à la torsion simple sous l'action

de deux couples d'intensité $||\overline{C_A}|| = ||\overline{C_B}|| = 29,81 \text{ N.m}$

Il est assimilé à un arbre de section circulaire pleine de diamètre **d = 15 mm**

- 1- Calculer la valeur de la contrainte tangentielle $||\overline{t_{max}}||$ en MPa sur l'arbre.

$$t_{max} = \frac{Mt}{T_o} = \frac{Mt}{\frac{pd^3}{16}} = \frac{16.Mt}{pd^3} = \frac{16 \times 29,81 \times 10^3}{p \times 15^3}$$



$$||\overline{t_{max}}|| = 45 \text{ MPa}$$

2- Représenter sur la **figure 1** et à l'échelle le diagramme de répartition des contraintes tangentielles τ dans une section droite de l'arbre moteur.

Échelle τ : 1 N/mm² \longleftrightarrow 0,5 mm
 d : 1 mm \longleftrightarrow 2 mm

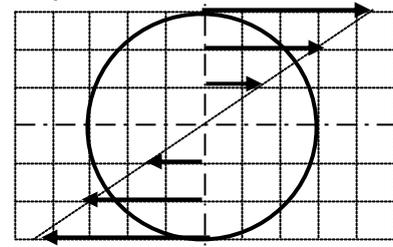


Figure 1

3- Pour un coefficient de sécurité adopté $s=3$

Choisir dans le tableau ci-dessous les nuances des matériaux qui garantissent la résistance en toute sécurité de l'arbre moteur.

	Nuances des matériaux				
	34 Cr 4	Al Mg 3	Cu -ETP	S 185	C 45
Reg en N/mm²	330	120	35	92,5	187,5

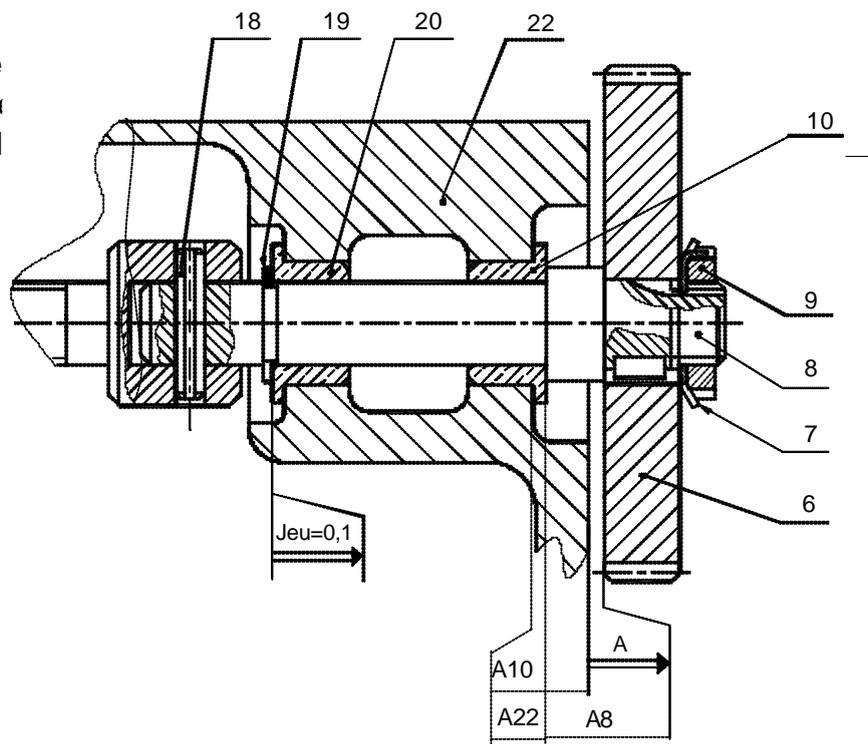
$$\tau_{\text{Maxi}} \leq R_{pg} \Rightarrow \tau_{\text{Maxi}} \leq \frac{R_{pg}}{s} \Rightarrow \text{Reg} \geq \tau_{\text{Maxi}} \times s$$

$$\text{Reg} \geq 45 \times 3 \quad . \quad \text{Reg} = 135 \text{ MPa}$$

Choix : 34 Cr 4 et C45

B1- 3- Cotation fonctionnelle

Tracer sur le dessin ci-contre la chaîne de cotes qui install la condition **A**



C- PRODUCTION D'UNE SOLUTION OU D'UNE MODIFICATION

C1- Partie opérative

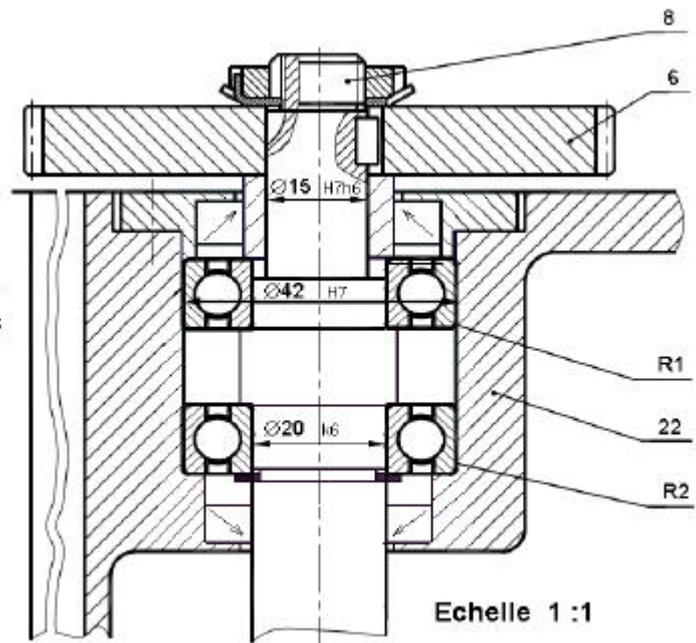
Afin de réduire les effets du frottement sur l'axe (8) et d'améliorer le rendement du mécanisme, le constructeur se propose de remplacer les deux coussinets (10) et (20) par deux roulements à une rangée de billes à contact radial de type BC10 (R1 et R2).

C1-1- Compléter la représentation du guidage de l'axe (8) par les roulements R1 et R2 et l'arrêt en translation de la roue (6)

C1-2- Assurer l'étanchéité des roulements

➤ Les éléments standards nécessaires seront choisis parmi ceux indiqués dans le dossier technique page **3/4**

C1-3- Indiquer les ajustements nécessaires au montage

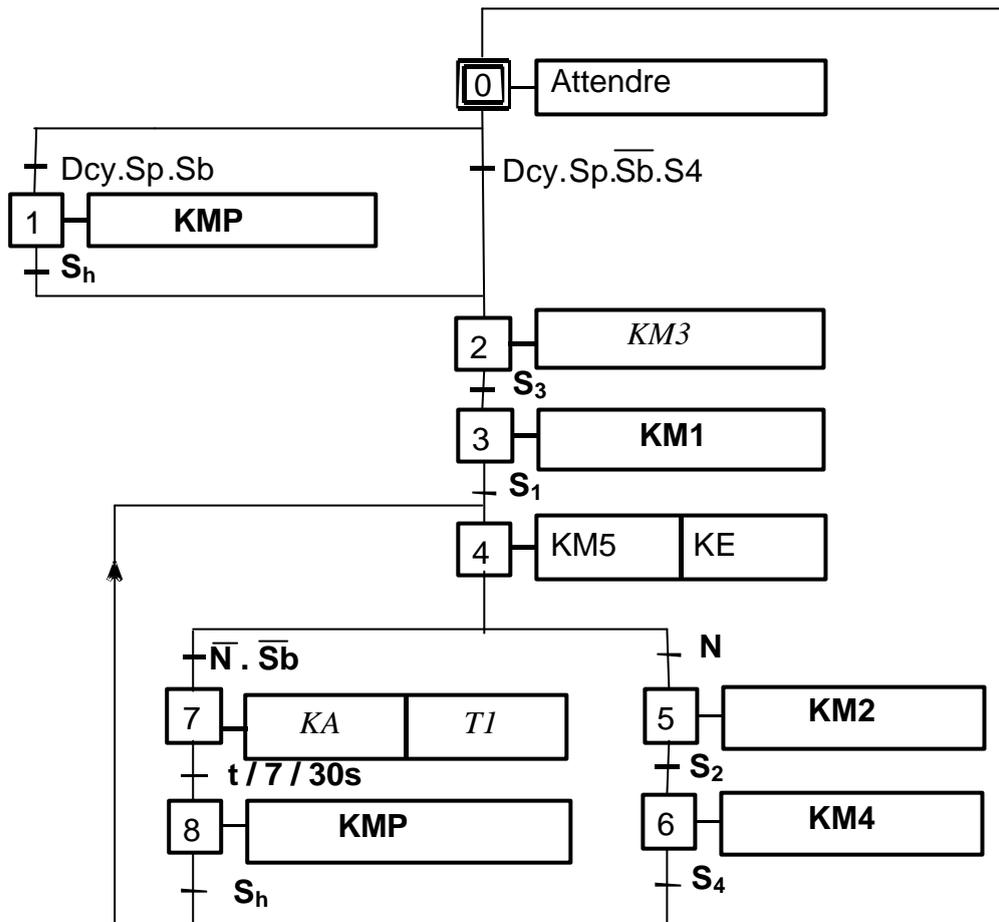


A titre indicatif

A- ANALYSE FONCTIONNELLE D'UN SYSTEME PLURITECHNIQUE

A-3 Analyse fonctionnelle de la partie commande

En se référant au dossier technique page 1/4 et 2/4, compléter le GRAFCET d'un point de vue partie commande suivant :



B - CALCUL DE PREDETERMINATION OU DE VERIFICATION

B2- Partie commande

B2-1 Etude du moteur Mt_3

Les essais du moteur asynchrone triphasé Mt_3 sur un réseau de tension composée $U = 380 V$ entre phases et de fréquence $f = 50 Hz$ ont donné les résultats suivants :

A vide : $I_0 = 2 A$; $P_0 = 210 W$; $n_s = n_0 = 1000 tr/min$

En charge : $I = 6,9 A$; $P_a = 2100 W$; $n = 960 tr/min$

La résistance du stator mesurée entre 2 bornes de phases est $R_a = 1,2 W$

1- Déterminer, à partir de l'essai à vide, les pertes fer stator et les pertes mécaniques en les supposant égales entre elles.

$$P_0 = P_{js0} + P_{fs} + P_m \quad \text{et} \quad P_{fs} = P_m = \frac{P_0 - P_{js0}}{2}$$

$$P_{js0} = \frac{3}{2} \cdot R_a \cdot I_0^2 = \frac{3}{2} \cdot 1,2 \cdot (2)^2 = 7,2 W$$

$$P_{fs} = P_m = \frac{210 - 7,2}{2} = 101,4 W \quad \boxed{P_{fs} = P_m = 101,4 W}$$

Dans la suite on prendra $P_{fs} = P_m = 100 W$.

2- Déterminer pour l'essai en charge :

a- Le glissement g .

$$g = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{1000 - 960}{1000} = 0,04 \quad \text{soit} \quad \boxed{g = 4\%}$$

b- Le facteur de puissance.

$$Pa = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos j \quad \text{P} \cos j = \frac{Pa}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I} = \frac{2100}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 6,9} = 0,46 \quad \cos j = 0,46$$

c- Les pertes par effet Joule au stator.

$$Pjs = \frac{3}{2} Ra \cdot I^2 = \frac{3}{2} \cdot 1,2 \cdot (6,9)^2 = 85,69W$$

$$Pjs = 85,69W$$

d- Les pertes par effet Joule au rotor.

$$Pjr = g \cdot Ptr = g \cdot (Pa - Pfs - Pjs) = 0,04 \cdot (2100 - 100 - 85,69) = 76,57W$$

$$Pjr = 76,57W$$

e- La puissance utile P_u .

$$Pu = Pa - \text{à pertes} = Pa - Pfs - Pjs - Pjr - Pm = 2100 - 100 - 85,69 - 76,57 - 100 = 1737,7W$$

$$Pu = 1737,7W$$

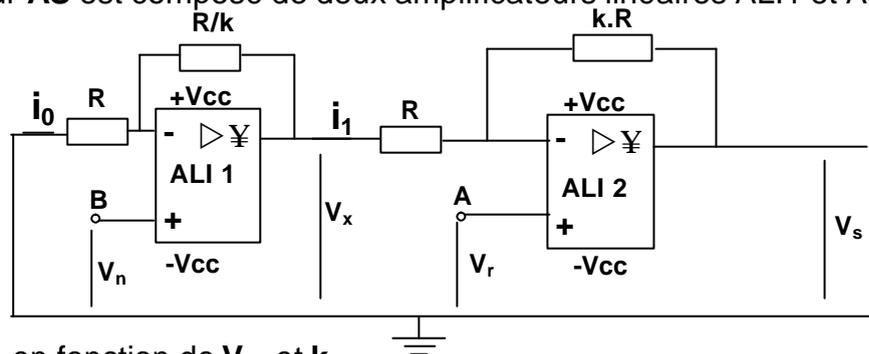
B2-2 Etude de la régulation de vitesse

La vitesse de Mt_3 est réglée par action sur les valeurs de sa tension U et de sa fréquence f par un système électronique commandé par une tension V_s obtenue à la sortie d'un amplificateur soustracteur **AS** (représenté sur la figure suivante).

L'entrée **A** de cet amplificateur est alimentée par une tension continue V_r (tension de référence), alors que l'entrée **B** reçoit une tension V_n délivrée par une dynamo tachymétrique telle que $V_n = 0,01 \cdot n$ (n en $tr \cdot min^{-1}$ et V_n en Volt)

B2-2-1 Etude de l'amplificateur soustracteur

L'amplificateur soustracteur **AS** est composé de deux amplificateurs linéaires ALI1 et ALI2 supposés parfaits.



1- Pour l' A.L.I.1, exprimer V_x en fonction de V_n et k

$$V_n + R \cdot i_0 = 0 \quad \text{P} \quad i_0 = -\frac{V_n}{R}$$

$$V_x + \frac{R}{K} i_0 + R \cdot i_0 = 0 \quad \text{P} \quad V_x = -R \cdot \left(1 + \frac{1}{K}\right) \cdot i_0 = -R \cdot \left(\frac{1+K}{K}\right) \cdot \left(-\frac{V_n}{R}\right) \quad \text{P} \quad V_x = \frac{1+K}{K} \cdot V_n$$

2- Exprimer $R \cdot i_1$ en fonction de V_x et V_r

$$V_r + R \cdot i_1 - V_x = 0 \quad \text{P} \quad R \cdot i_1 = V_x - V_r$$

3- Exprimer V_s en fonction de V_r , $R \cdot i_1$ et k puis en fonction de V_x , V_r et k

$$V_s + K \cdot R \cdot i_1 - V_r = 0 \quad \text{P} \quad V_s = V_r - K \cdot R \cdot i_1$$

$$V_s = V_r - K \cdot (V_x - V_r) = V_r - K \cdot V_x + K \cdot V_r$$

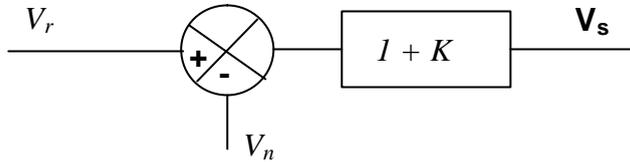
$$\text{P} \quad V_s = (1 + K) \cdot V_r - K \cdot V_x$$

4- Montrer que V_s peut s'exprimer sous la forme $V_s = C.(V_r - V_n)$ où C est un coefficient que l'on exprimera

$$V_s = (1 + K).V_r - K.\left(\frac{1 + K}{K}\right).V_n \quad \text{D} \quad \boxed{V_s = (1 + K).(V_r - V_n)}$$

donc $\boxed{C = 1 + K}$; $V_s = C.(V_r - V_n)$

5- Compléter le schéma fonctionnel suivant qui exprime la relation de la question précédente.



B2-2-2 Régulation de vitesse

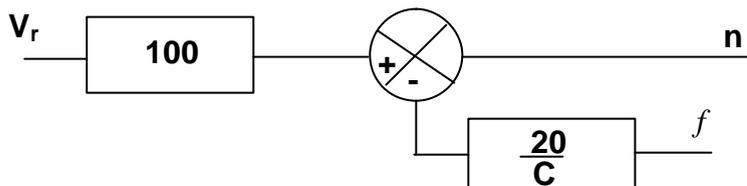
La fréquence f est proportionnelle à V_s , telle que $f = 5.V_s$

1- Montrer que n peut s'exprimer sous la forme $n = a.V_r - b.f$ où a et b sont deux coefficients à exprimer.

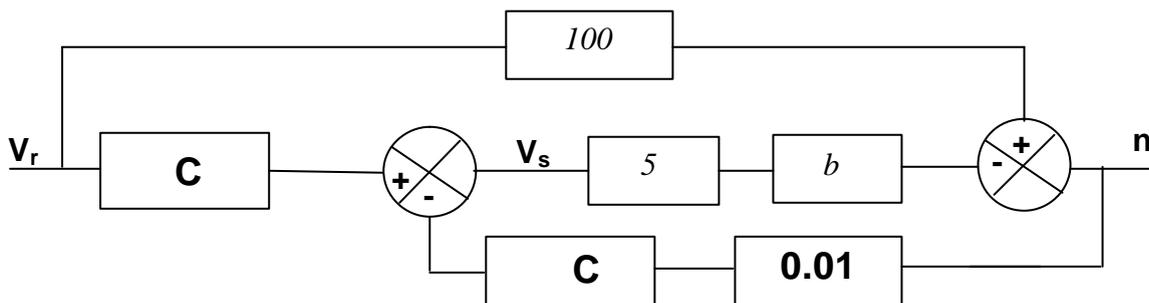
$$V_s = C.(V_r - V_n) = C.V_r - C.0,01.n = \frac{f}{5} \quad \text{D} \quad C.V_r - \frac{f}{5} = C.0,01.n$$

$$\text{D} \quad n = \frac{C.V_r}{C.0,01} - \frac{f}{5.C.0,01} \quad \text{D} \quad \boxed{n = 100.V_r - \frac{20}{C}.f} \quad \text{D} \quad \begin{cases} a = 100 \\ b = \frac{20}{C} = \frac{20}{1 + K} \end{cases}$$

2- Compléter le schéma fonctionnel suivant qui exprime la relation de la question précédente.



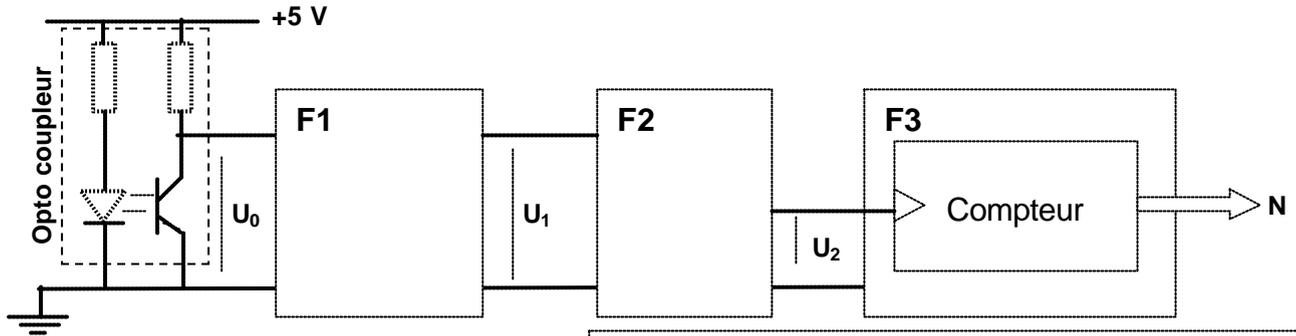
3- Compléter le schéma fonctionnel global du système



C-PRODUCTION D'UNE SOLUTION OU D'UNE MODIFICATION

C - 2 Conception ou modification d'un sous-ensemble électronique.

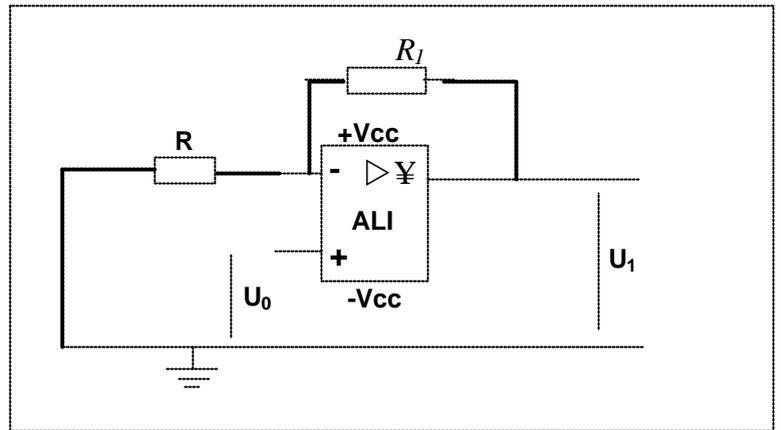
Pour améliorer la qualité du signal délivré par le capteur optique relatif au disque de codage (figure 2 page 3 / 4 du dossier technique) , on adopte un circuit de mise en forme représenté sur le schéma suivant :



C2-1- Étude du bloc F1 :

On dispose d'un amplificateur opérationnel idéal et de deux résistances, compléter le montage ci-contre pour réaliser une amplification égale à 2 ($U_1 = 2.U_0$) et préciser la relation entre les résistances

$$A_v = \frac{U_1}{U_0} = 1 + \frac{R_1}{R} = 2 \Rightarrow \frac{R_1}{R} = 1 \Rightarrow \boxed{R_1 = R}$$



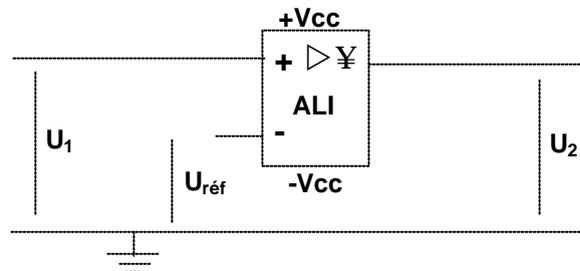
C2-2 Étude du bloc F2

1-Le bloc **F2** est réalisé avec un amplificateur supposé idéal fonctionnant en boucle ouverte, Compléter les relations suivantes :

$$U_1 < U_{réf} \Rightarrow U_2 = -V_{cc}$$

$$U_1 = U_{réf} \Rightarrow U_2 = 0$$

$$U_1 > U_{réf} \Rightarrow U_2 = +V_{cc}$$



2- L'allure de la tension U_1 est représentée ci-contre. Proposer des valeurs pour les tensions $U_{réf}$, $+V_{cc}$ et $-V_{cc}$ pour que l'oscillogramme de la tension de sortie (U_2) du bloc **F2** soit celle donnée par la figure ci-contre.

$$\begin{aligned} U_{réf} &= 3V \\ +V_{cc} &= +5V \\ -V_{cc} &= 0V \end{aligned}$$

