



ROYAUME DU MAROC
MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION
NATIONALE
Académie de Casablanca
DÉLÉGATION DE MOHAMMEDIA
Lycée Technique Mohammedia



Matière :	Science de l'Ingénieur - A.T.C -	Pr.MAHBAB
Section :	Sciences et Technologies Électriques	Système n° 6

CORRECTION

❖ **Sujet :**

DISTRIBUTEUR AUTOMATIQUE DE BOISSONS CHAUDES

22 pages

❖ **Exercices d'application:**

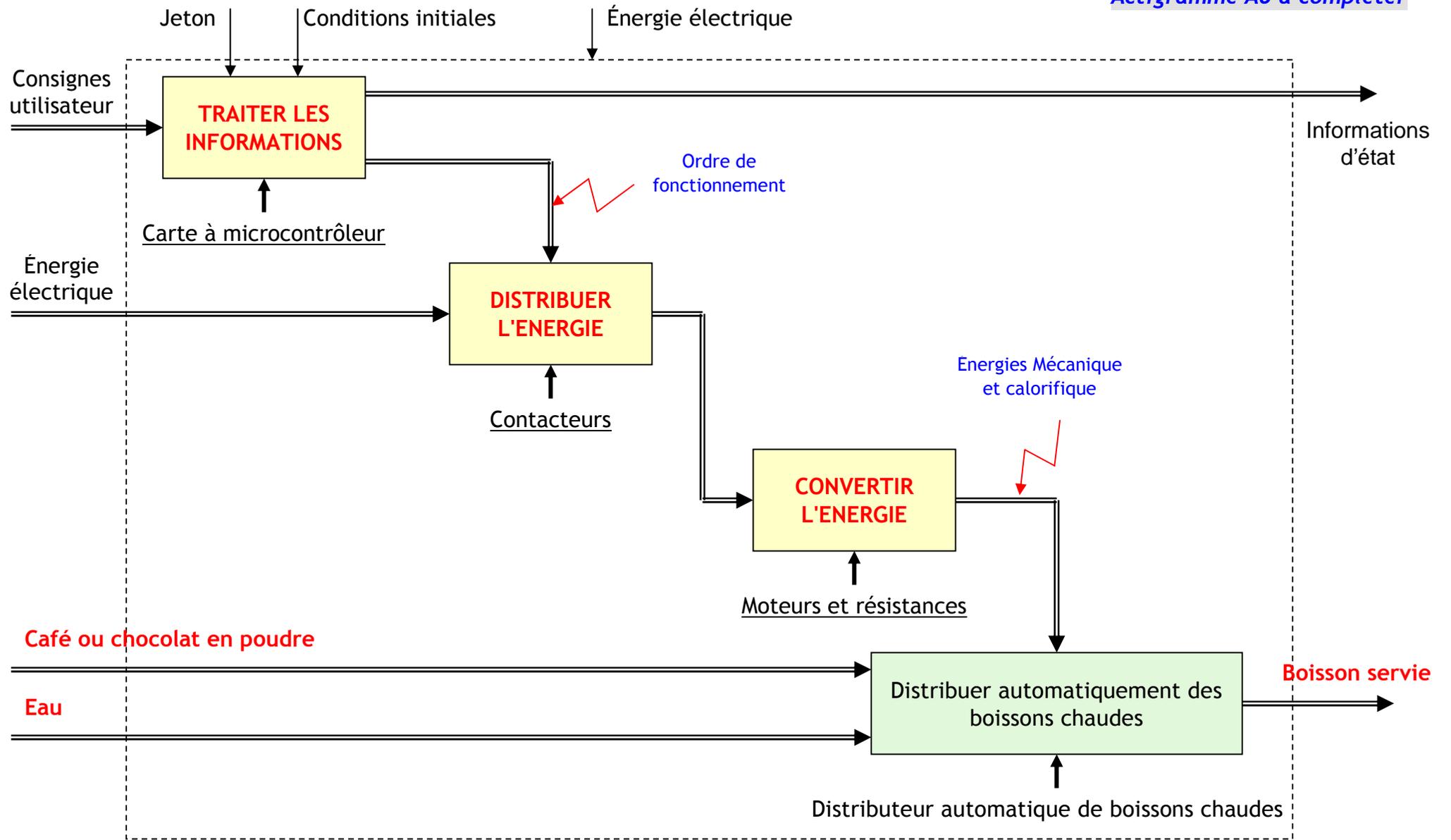
- ◆ Fiche cours n° 26 « *Notions d'asservissement* »
- ◆ Fiche cours n° 27 « *Systèmes asservis* »
- ◆ Fiche cours n° 29 « *Convertisseurs tension fréquence* »
- ◆ Fiche cours n° 30 « *Asservissement d'un M à cc* »

11 pages

DREP 01

DOCUMENT A RENDRE

Actigramme A0 à compléter



DREP 02

DOCUMENT A RENDRE

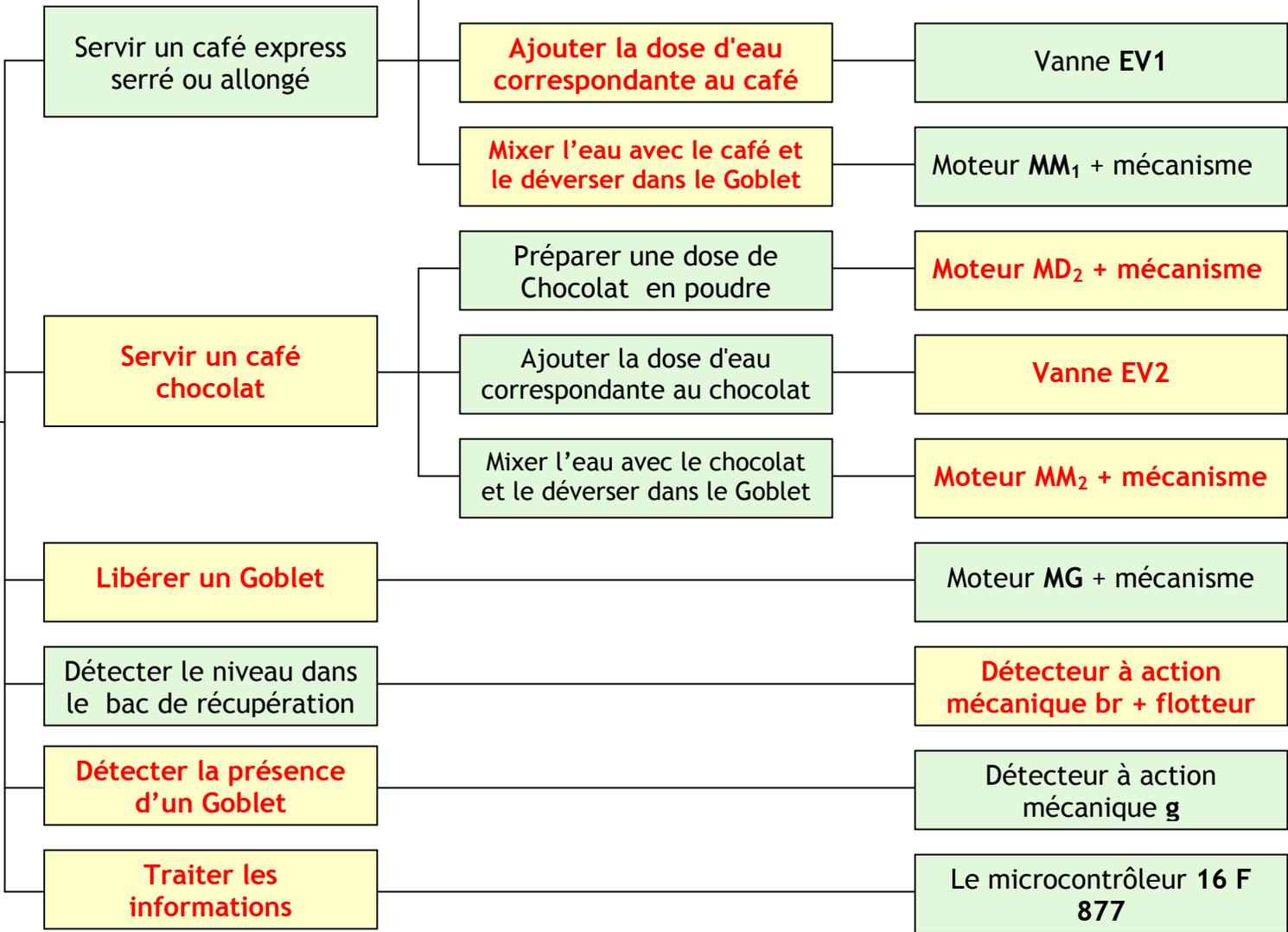
Solutions constructives

F.A.S.T à compléter

Fonction de service

Fonctions techniques

Distributeur automatique de boissons chaudes



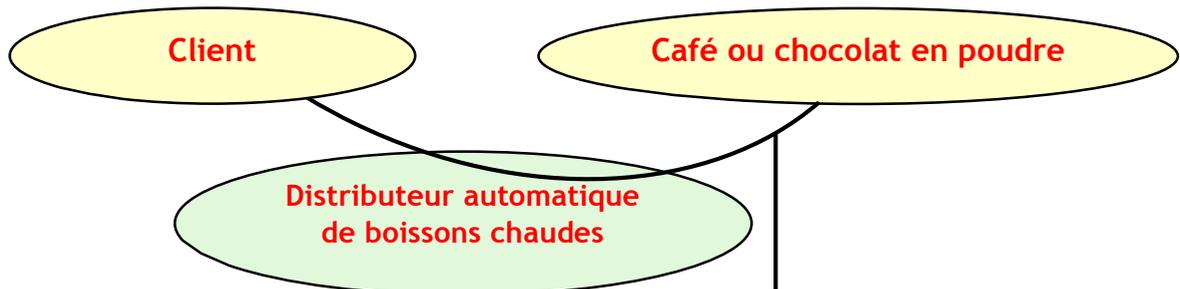
DREP 03

DOCUMENT A RENDRE

Bête à cornes à compléter

A qui le produit rend-il service ?

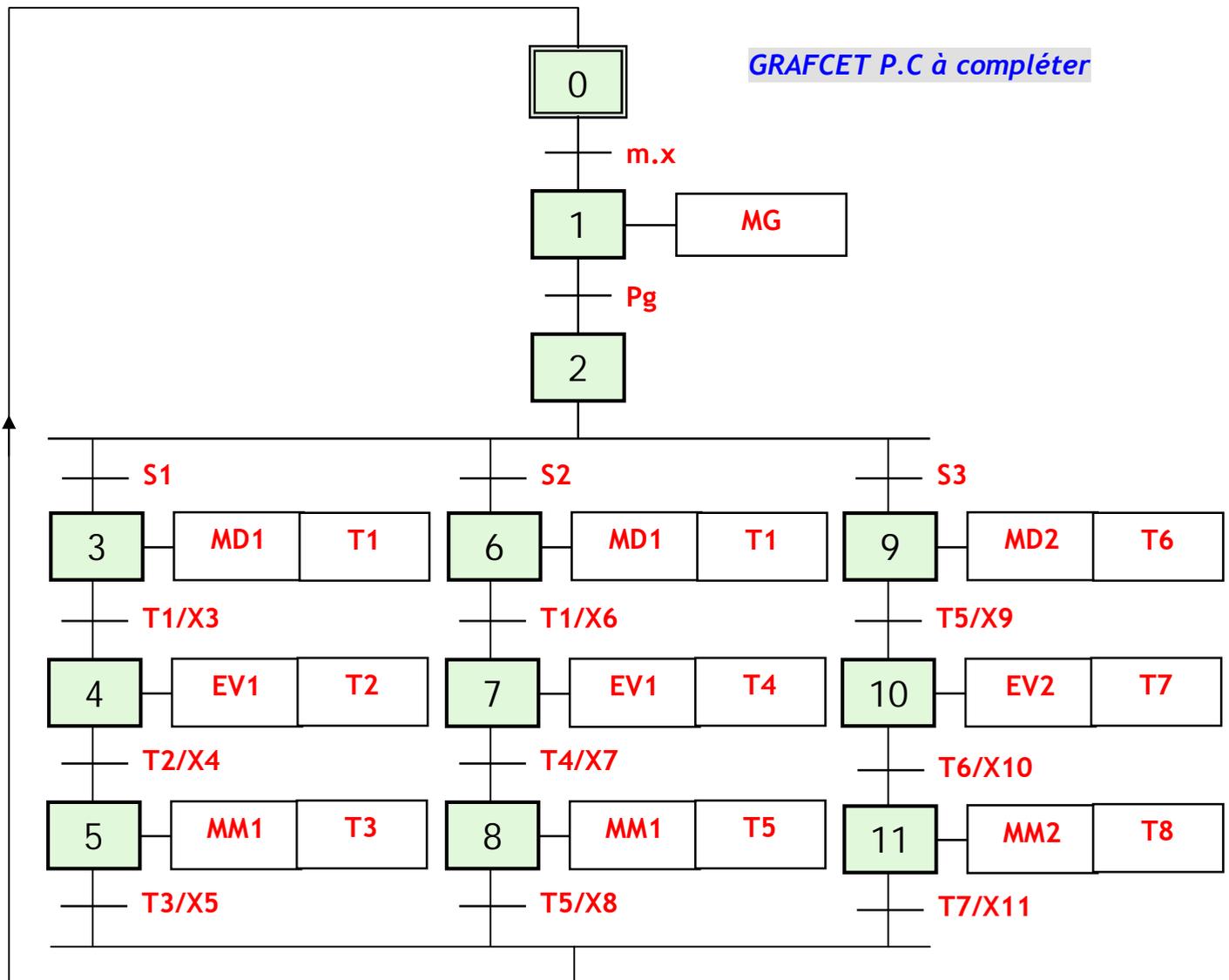
Sur quoi le produit agit-il?



Dans quel but le système existe-t-il ?

Distribuer automatiquement des boissons chaudes

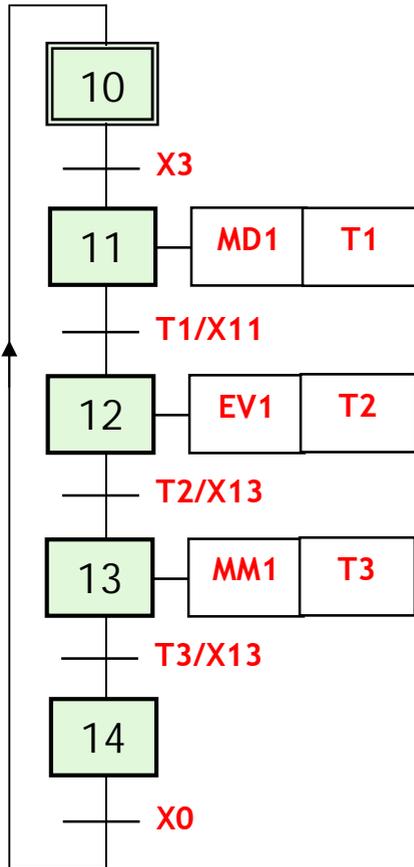
GRAFCEP P.C à compléter



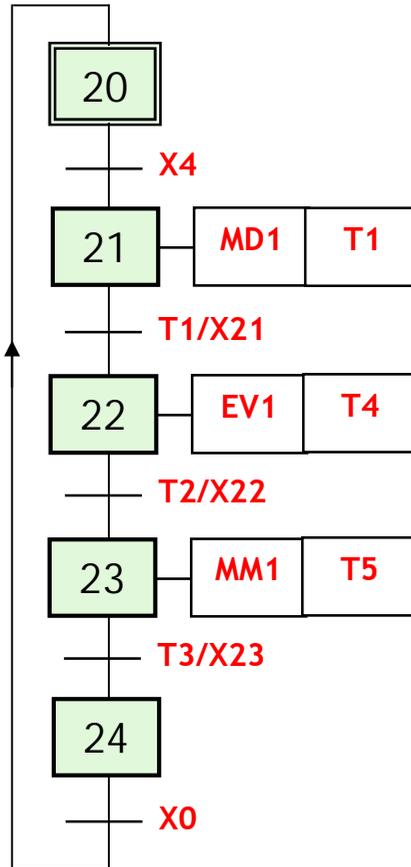
DREP 04

DOCUMENT A RENDRE

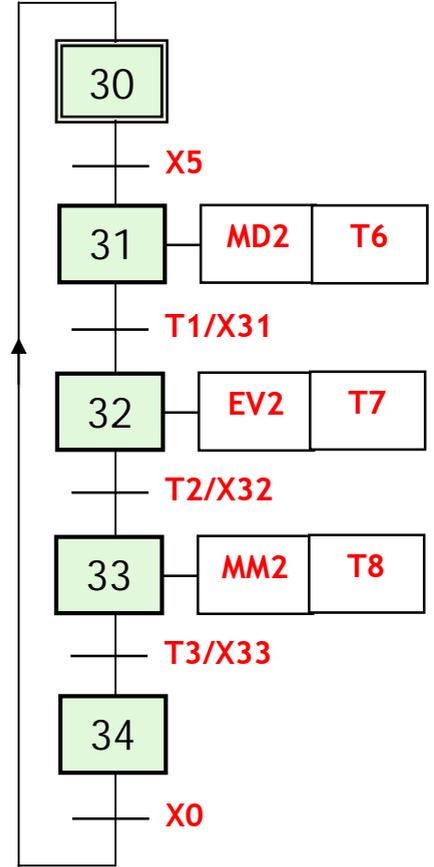
GRAFCETS esclaves à compléter



Tâche1

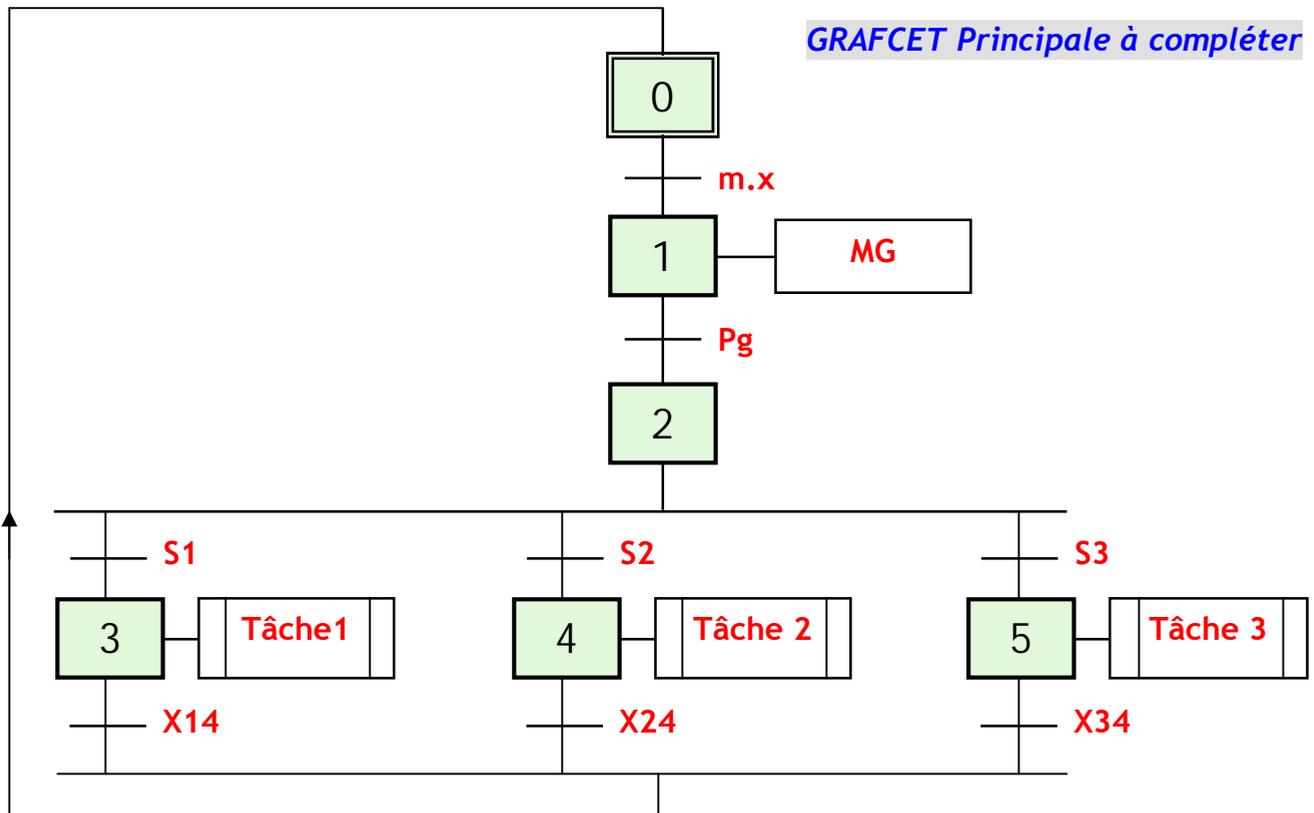


Tâche2



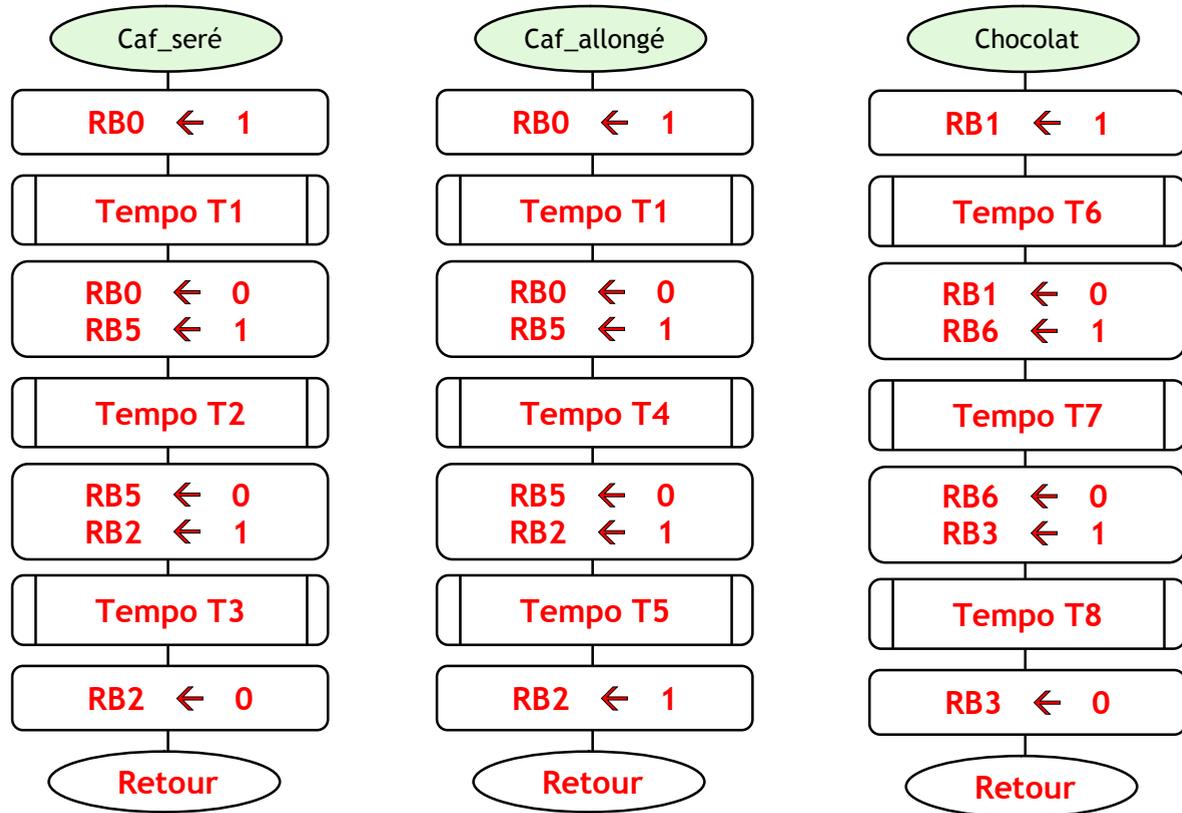
Tâche3

GRAFCET Principale à compléter

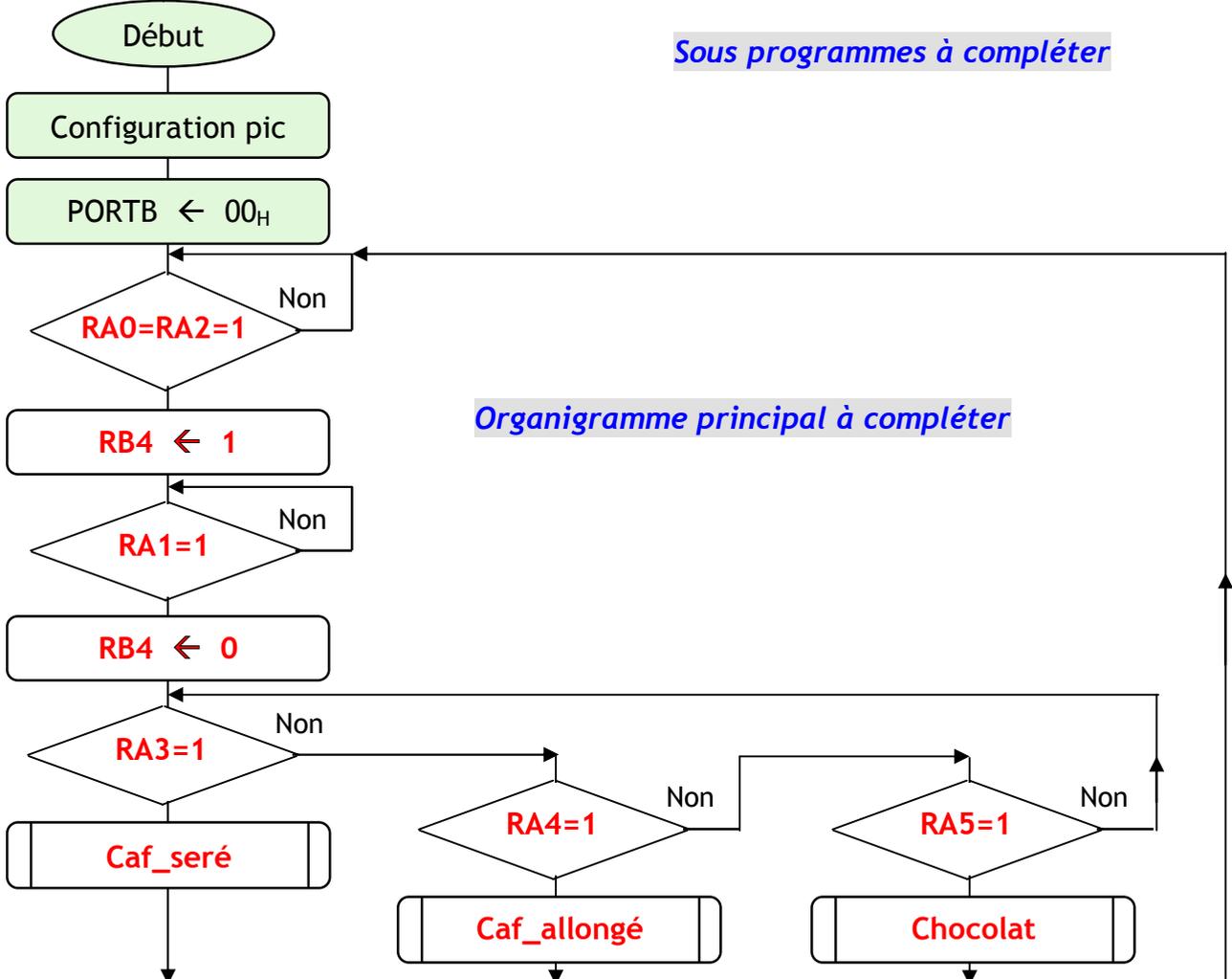


DREP 05

DOCUMENT A RENDRE



Sous programmes à compléter



Organigramme principal à compléter

DREP 06

DOCUMENT A RENDRE

Temporisation avec une boucle

Examinons l'exemple ci-dessous, on met une valeur N_1 dans la case mémoire 20_H et on la décrémente jusqu'à 0

```
TempoA  MOVLW N1
        MOVWF 0x20
Ici     DECFSZ 0x20, F
        GOTO  Ici
        RETURN
```

- Les instructions **MOVLW** et **MOVWF** prennent 1 cycle chacune
- L'instruction **DECFSZ** prend un cycle si elle ne saute pas et 2 cycles quand elle saute
- L'instruction **GOTO** prend 2 cycles
- L'instruction **RETURN** prend 2 cycles
- chaque passage dans la boucle prend (1+2) cycle sauf le dernier qui prend 2 cycle

$$T_{A0} = 2 + N_1 \cdot 3 - 1 = 3 \cdot N_1 + 1 \text{ cycles (calcul sans Return)}$$

La valeur max que l'on peut donner à N_1 est = 255, ce qui donne une temporisation max de 766 cycles. Avec un quartz = fosc = 4 Mhz, la fréquence réelle :

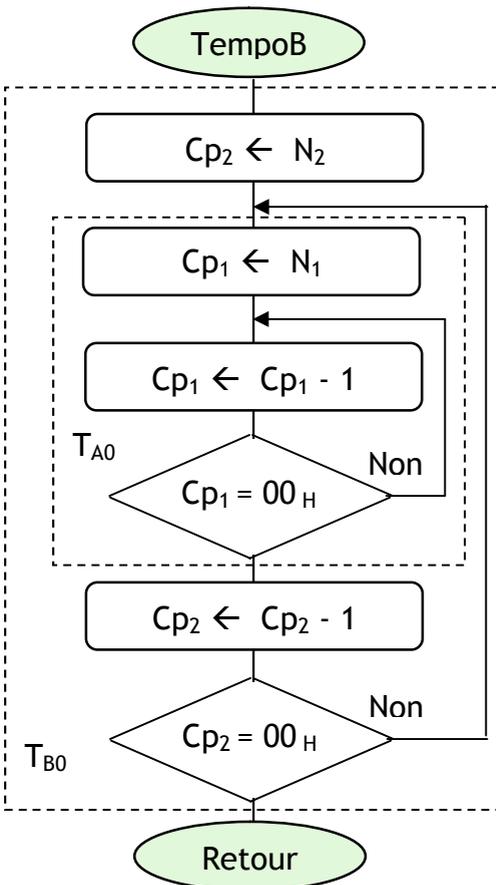
$$F = \text{fosc}/4, \text{ donc } 1 \text{ cycle} = 1/F = 1 \mu\text{s}, \text{ ce qui donne une temporisation } T_{A0\text{max}} = 766 \mu\text{s}$$

On appelle ce programme avec l'instruction **CALL tempo** et il se termine par l'instruction **RETURN**, donc pour le calcul il faut rajouter 4 cycles :

$$\text{Ce qui donne : } T_A = 3 \cdot N_1 + 5 \text{ cycles} \quad T_{A\text{max}} = 770 \mu\text{s}$$

Temporisation avec 2 boucles

1-1. Sous programme TempoB



Etiquette	Instruction	Cycle
TempoB	MOVLW N ₂	1
	MOVWF Cp ₂	1
LAB1	MOVLW N ₁	1
	MOVWF Cp ₁	1
LAB2	DECFSZ Cp ₁ , F	1(2)
	GOTO LAB2	2
	DECFSZ Cp ₂ , F	1(2)
	GOTO LAB1	2
	RETURN	2

$$T_{A0} = 2 + N_1 \cdot 3 - 1 = 3 \cdot N_1 + 1$$

$$1-2. T_{B0} = 2 + N_2 \cdot (T_{A0} + 3) - 1 = 1 + N_2 \cdot T_{A0} + 3 \cdot N_2$$

$$1-3. T_{B0} = 1 + N_2 \cdot (3 \cdot N_1 + 1) + 3 \cdot N_2 = 1 + 3 \cdot N_1 \cdot N_2 + N_2 + 3 \cdot N_2$$

$$T_{B0} = 1 + N_2 \cdot (3 \cdot N_1 + 1) + 3 \cdot N_2 = 1 + 4 \cdot N_2 + 3 \cdot N_1 \cdot N_2$$

$$1-4. T_B = 5 + 4 \cdot N_2 + 3 \cdot N_1 \cdot N_2$$

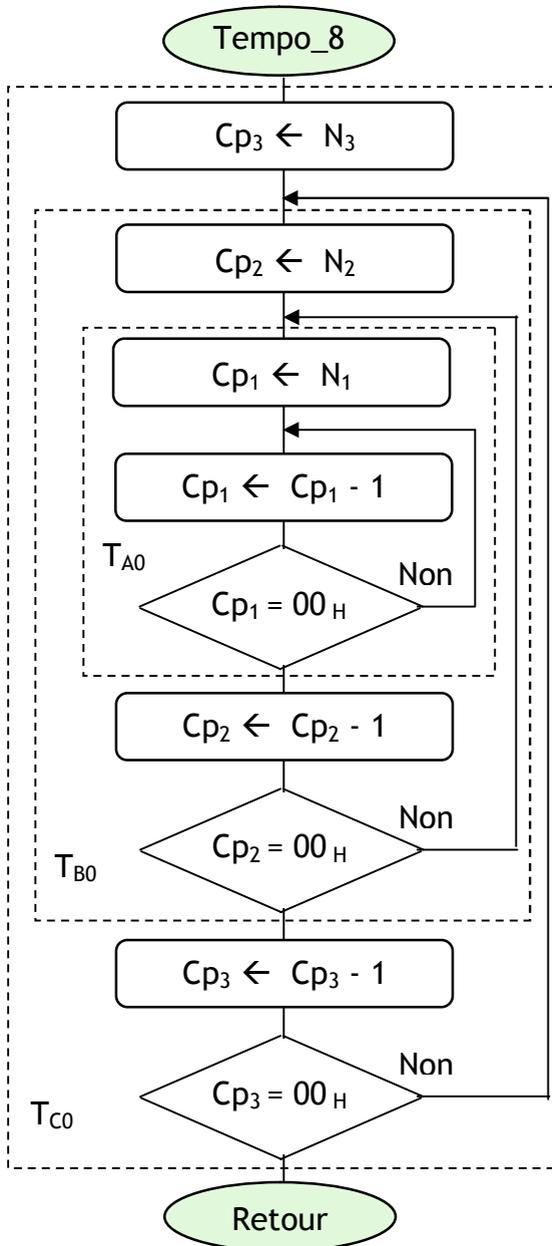
$$1-5. T_{B\text{max}} = 5 + 4 \cdot 255 + 3 \cdot 255 \cdot 255 = 196100 \mu\text{s}$$

DREP 07

DOCUMENT A RENDRE

Temporisation avec 3 boucles

2-1. Sous programme TempoC (Tempo_8)



Etiquette	Instruction	Cycle
Tempo_8	MOVLW N ₃	1
	MOVWF Cp ₃	1
LAB1	MOVLW N ₂	1
	MOVWF Cp ₂	1
LAB2	MOVLW N ₁	1
	MOVWF Cp ₁	1
LAB3	DECFSZ Cp ₁ , F	1(2)
	GOTO LAB3	2
	DECFSZ Cp ₂ , F	1(2)
	GOTO LAB2	2
	DECFSZ Cp ₃ , F	1(2)
	GOTO LAB1	2
	RETURN	2

$$T_{B0} = 1 + 4.N_2 + 3.N_1.N_2$$

$$2-2. T_{C0} = 2 + N_3. (T_{B0} + 3) - 1 = 1 + N_3.T_{B0} + 3.N_3$$

$$2-3. T_{C0} = 1 + N_3. (1 + 4.N_2 + 3.N_1.N_2) + 3.N_3$$

$$T_{C0} = 1 + N_3 + 4.N_2.N_3 + 3.N_1.N_2.N_3 + 3.N_3$$

$$T_{C0} = 1 + 4.N_3 + 4.N_2.N_3 + 3.N_1.N_2.N_3$$

$$2-4. T_{\text{tempo8}} = T_C = 5 + 4.N_3 + 4.N_2.N_3 + 3.N_1.N_2.N_3$$

$$2-5. T_{C_{\max}} = 5 + 4.255 + 4.255.255 + 3.255.255.255$$

$$T_{C_{\max}} = 50005250 \mu\text{s}$$

$$T_{3_{\max}} \approx 50 \text{ s}$$

2-6. Calcul de N₃ pour T_{tempo8} = 8 s, N₂ = 255 et N₁ = 255.

$$T_{\text{tempo8}} = 5 + 4.N_3 + 4.N_2.N_3 + 3.N_1.N_2.N_3$$

$$T_{\text{tempo8}} = 5 + (4 + 4.N_2 + 3.N_1.N_2).N_3$$

$$T_{\text{tempo8}} - 5 = (4 + 4.N_2 + 3.N_1.N_2).N_3$$

$$N_3 = (T_{\text{tempo8}} - 5) / (4 + 4.N_2 + 3.N_1.N_2)$$

$$N_3 = (8.10^6 - 5) / (4 + 4.255 + 3.255.255)$$

$$N_3 = 7999995 / 196099$$

$$N_3 = 40,80 \quad N_3 \approx 41 \quad N_3 \approx 29_H$$

DREP 09

DOCUMENT A RENDRE

; **Sous programme PREPARATION CAFE EXPRESSE SERRE** *****
;

```
Ca_Sereé      BSF      PORTB, 0 ; Préparer une dose de Café en poudre
              CALL     TEMPO 1  ; Dose de café en poudre préparée
              BCF      PORTB, 0 ;
              BSF      PORTB, 5 ; Ajouter la dose d'eau correspondante
              CALL     TEMPO 2  ; Dose d'eau ajoutée
              BCF      PORTB, 5 ;
              BSF      PORTB, 2 ; Mixer le produit et le déverser dans le Goblet
              CALL     TEMPO 3  ; Café express serré servi
              BCF      PORTB, 2 ;
              RETURN
```

; **Sous programme PREPARATION CAFE EXPRESSE ALLONGE** *****
;

```
Ca_Alongé     BSF      PORTB, 0 ; Préparer une dose de Chocolat en poudre
              CALL     TEMPO 1  ; Dose de café en poudre préparée
              BCF      PORTB, 0 ;
              BSF      PORTB, 5 ; Ajouter la dose d'eau correspondante
              CALL     TEMPO 4  ; Dose d'eau ajoutée
              BCF      PORTB, 5 ;
              BSF      PORTB, 2 ; Mixer le produit et le déverser dans le Goblet
              CALL     TEMPO 5  ; Café express allongé servi
              BCF      PORTB, 2 ;
              RETURN
```

; **Sous programme PREPARATION CAFE CHOCOLAT** *****
;

```
Chocolat      BSF      PORTB, 1 ; Préparer une dose de Chocolat en poudre
              CALL     TEMPO 6  ; Dose de café en poudre préparée
              BCF      PORTB, 1 ;
              BSF      PORTB, 6 ; Ajouter la dose d'eau correspondante
              CALL     TEMPO 7  ; Dose d'eau ajoutée
              BCF      PORTB, 6 ;
              BSF      PORTB, 3 ; Mixer le produit et le déverser dans le Goblet
              CALL     TEMPO 8  ; Café express allongé servi
              BCF      PORTB, 3 ;
              RETURN
```


DREP 11

DOCUMENT A RENDRE

Identification des éléments de l'asservissement de vitesse

- Les éléments de la chaîne directe (Correcteur, Régulateur, Actionneur) ;
Chaîne directe : **blocs F₃, F₄ et F₄**
Correcteur : **blocs F₃ et F₄** Régulateur : **Hacheur** Actionneur : **Moteur MM₂**
- Les éléments de la chaîne de retour (Capteur, Amplificateur) ;
Chaîne de retour : **blocs F₆ et F₇**
Capteur : **génératrice tachymétrique bloc F₆** Amplificateur : **bloc F₇**
- Le comparateur et le signal d'erreur ;
Comparateur : **bloc F₂** Signal d'erreur : **tension V_ε**
- La consigne, le retour et la grandeur à contrôler - réponse du système - ;
Consigne : **Vitesse N_c** Réponse : **Vitesse N_s** Retour : **tension V_r**

Etude du comparateur

- L'amplificateur opérationnel AO₂ travaille en mode linéaire, pourquoi ?
On a une réaction négative
- Exprimer e_2^+ en fonction de V_ϵ et V_r ;
$$e_2^- = (V_r.R_3 + V_\epsilon.R_3) / (R_3 + R_3)$$
$$e_2^- = (V_r + V_\epsilon) / 2$$
- Exprimer e_2^- en fonction de V ;
$$e_2^+ = V.R_3 / (R_3 + R_3)$$
$$e_2^+ = V / 2$$
- En déduire, alors l'expression de V_ϵ en fonction de V et V_r ;
$$e_2^- = e_2^+ \quad V / 2 = (V_r + V_\epsilon) / 2$$
$$V = V_r + V_\epsilon \quad V_\epsilon = V - V_r$$
- Montrer que $V = 2 \cdot V_c$ et $V_r = 2 \cdot V_s$;
$$e_1^+ = V_c \quad e_1^- = V.R_1 / (R_1 + R_2) \quad e_1^- = e_1^+$$
$$V_c = V.R_1 / (R_1 + R_2) \quad V_c \cdot (R_1 + R_2) = V.R_1$$
$$V = V_c \cdot (R_1 + R_2) / R_1 \quad V = V_c \cdot (10 + 10) / 10 \quad V = 2 \cdot V_c$$
$$e_7^+ = V_s \quad e_7^- = V.R_7 / (R_7 + R_8) \quad e_1^- = e_1^+$$
$$V_s = V_r.R_7 / (R_7 + R_8) \quad V_s \cdot (R_7 + R_8) = V_r.R_7$$
$$V_r = V_s \cdot (R_7 + R_8) / R_7 \quad V_r = V_s \cdot (10 + 10) / 10 \quad V_r = 2 \cdot V_s$$
- Déduire l'équation de V_ϵ en fonction de V_c et V_s ;
$$V_\epsilon = V - V_r \quad V_\epsilon = 2 \cdot V_c - 2 \cdot V_s$$
$$V_\epsilon = (V_c - V_s)$$
- Donner alors l'équation de V_ϵ en fonction de N_c et N_s ;
$$V_s = 0,01 N_s \quad V_c = 0,01 N_c \quad V_\epsilon = 0,02 \cdot (V_c - V_s)$$

DREP 12

DOCUMENT A RENDRE

Etude du correcteur PID

1. Les amplificateurs opérationnels AO₃, AO₄ et AO₅ travaillent en mode linéaire, pourquoi ?

On a une réaction négative

2. Exprimer e₃⁻ en fonction de V_ε et V₁ ;

$$e_3^- = (V_\epsilon / R_4 + V_1 / \alpha_1 P_1) / (1/R_4 + 1/\alpha_1 P_1)$$

$$e_3^- = (V_\epsilon \cdot \alpha_1 P_1 + V_1 \cdot R_4) / (R_4 + \alpha_1 P_1)$$

3. En déduire, l'expression de V₁ en fonction de R₄, α₁P₁ et V_ε (e₃⁺ = 0) ;

$$\begin{aligned} e_3^- = e_3^+ = 0 & & e_3^- = (V_\epsilon \cdot \alpha_1 P_1 + V_1 \cdot R_4) / (R_4 + \alpha_1 P_1) = 0 \\ e_3^- = (V_\epsilon \cdot \alpha_1 P_1 + V_1 \cdot R_4) = 0 & & V_\epsilon \cdot \alpha_1 P_1 + V_1 \cdot R_4 = 0 & & V_1 \cdot R_4 = -V_\epsilon \cdot \alpha_1 P_1 \\ & & & & V_1 = - (\alpha_1 P_1 / R_4) \cdot V_\epsilon \end{aligned}$$

$$V_1 = - A_1 \cdot V_\epsilon \quad \text{avec} \quad A_1 = \alpha_1 P_1 / R_4$$

4. Donner le nom et le rôle de ce correcteur ;

**Correcteur à action proportionnelle,
Améliore la précision**

5. Exprimer I₂ en fonction de V₂ et C₂ ;

$$I_2 = - C_2 \, dV_2 / dt$$

6. Exprimer I₂ en fonction de V_ε et α₂P₂ ;

$$I_2 = V_\epsilon / \alpha_2 P_2$$

7. En déduire, alors l'expression de V₂ en fonction de V_ε, α₂P₂ et C₂ ;

$$\begin{aligned} (V_\epsilon / \alpha_2 P_2) &= - (C_2 \, dV_2 / dt) & dV_2 / dt &= - (V_\epsilon / \alpha_2 P_2 C_2) \\ dV_2 &= - (V_\epsilon / \alpha_2 P_2 C_2) \cdot dt & dV_2 &= (- 1 / \alpha_2 P_2 C_2) \cdot V_\epsilon \cdot dt \\ V_2 &= (- 1 / \alpha_2 P_2 C_2) \cdot \int V_\epsilon \cdot dt \end{aligned}$$

$$V_2 = - A_2 \cdot \int V_\epsilon \cdot dt \quad \text{avec} \quad A_2 = 1 / \alpha_2 P_2 C_2$$

8. Pour V_ε = 0.3v, α₂P₂ = 2KΩ et C₂ = 0.1μF, donner l'expression instantanée de V₂ (t).

$$A_2 = -1 / (2 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}) = -5000 \, s^{-1} \quad V_2 = - 5000 \cdot \int 0,3 \cdot dt$$

$$V_2 = - 1500 \cdot t + cte$$

9. Donner le nom et le rôle de ce correcteur ;

**Correcteur à action intégrale,
Améliore la précision**

10. Exprimer I₃ en fonction de V_ε et C₃ ;

$$I_3 = - C_3 \, dV_\epsilon / dt$$

DREP 13

DOCUMENT A RENDRE

Etude du correcteur PID

11. Exprimer I_3 en fonction de V_3 et $\alpha_3 P_3$;

$$I_3 = V_3 / \alpha_3 P_3$$

12. En déduire, alors l'expression de V_3 en fonction de V_ϵ , $\alpha_3 P_3$ et C_3 ;

$$(V_3 / \alpha_3 P_3) = - (C_3 dV_\epsilon / dt) \quad dV_\epsilon / dt = - (V_3 / \alpha_3 P_3 C_3)$$

$$V_3 = - (1 / \alpha_3 P_3 C_3) \cdot dV_\epsilon / dt$$

$$V_3 = - A_3 \cdot dV_\epsilon / dt \quad \text{avec } A_3 = 1 / \alpha_3 P_3 C_3$$

13. Donner le nom et le rôle de ce correcteur ;

Correcteur à action dérivée,
Améliore la stabilité et la rapidité

14. L'amplificateur opérationnel AO₆ travaille en mode linéaire, pourquoi ?

On a une réaction négative

15. Exprimer e_6^- en fonction de V_1 , V_2 , V_3 et V_B ;

$$e_6^- = (V_1 / R_5 + V_2 / R_5 + V_3 / R_5 + V_B / R_5) / (1/R_5 + 1/R_5 + 1/R_5 + 1/R_5)$$

$$e_6^- = (V_1 + V_2 + V_3 + V_B) / 4$$

16. En déduire, l'expression de V_B en fonction de V_1 , V_2 et V_3 ($e_6^+ = 0$) ;

$$e_6^- = e_6^+ = 0 \quad e_6^- = (V_1 + V_2 + V_3 + V_B) / 4$$

$$V_1 + V_2 + V_3 + V_B = 0$$

$$V_B = - (V_1 + V_2 + V_3)$$

17. Donner alors le nom de ce montage ;

Additionneur inverseur

18. Donner alors l'expression de V_B en fonction de V_ϵ ;

$$V_B = - (- A_1 \cdot V_\epsilon - A_2 \cdot \int V_\epsilon \cdot dt - A_3 \cdot dV_\epsilon / dt)$$

$$V_B = A_1 \cdot V_\epsilon + A_2 \cdot \int V_\epsilon \cdot dt + A_3 \cdot dV_\epsilon / dt$$

$$\text{Avec } A_1 = \alpha_1 P_1 / R_4$$

$$A_2 = 1 / \alpha_2 P_2 C_2$$

$$A_3 = 1 / \alpha_3 P_3 C_3$$

DREP 14

DOCUMENT A RENDRE

Etude du Convertisseur Numérique Analogique

1. Donner l'expression et la valeur numérique du courant I_{ref} ;

$$I_{ref} = V_{ref} / R_{ref} \qquad I_{ref} = 10 / 5 \qquad I_{ref} = 2 \text{ mA}$$
2. Donner le nombre - n - de bits de ce convertisseur ;

$$n = 8 \text{ bits}$$
3. Donner l'expression du courant I_0 en fonction de I_{ref} et du nombre N_c ;

$$I_0 = (I_{ref} / 2^8) \cdot N_c \qquad I_0 = (I_{ref} / 256) \cdot N_c$$
4. L'amplificateur opérationnel AO₈ travaille en mode linéaire, pourquoi ?

On a une réaction négative
5. Donner l'expression de V_c en fonction de I_0 et R_L ;

$$V_c = R_L \cdot I_0$$
6. En déduire l'expression de V_c en fonction de V_{ref} , R_L , R_{ref} et du nombre N_c ;

$$V_c = R_L \cdot I_0 \qquad V_c = (I_{ref} \cdot R_L / 256) \cdot N_c \qquad \text{or} \qquad I_{ref} = V_{ref} / R_{ref}$$

$$V_c = N_c \cdot (V_{ref} \cdot R_L) / (256 \cdot R_{ref})$$
7. Mettre V_c sous la forme $V_c = K \cdot N_c$ et donner l'expression de K et N_c en précisant la signification de K (donner N_c en fonction des bits $D_7, D_6, D_5, D_4, D_3, D_2, D_1$ et D_0) ;

$$V_c = K \cdot N_c \quad \text{avec} \quad K = (V_{ref} \cdot R_L) / (256 \cdot R_{ref}) \quad \text{et} \quad N_{c(2)} = RD_7 \cdot RD_6 \cdot RD_5 \cdot RD_4 \cdot RD_3 \cdot RD_2 \cdot RD_1 \cdot RD_0$$

$$N_{c(10)} = 2^7 \cdot RD_7 + 2^6 \cdot RD_6 + 2^5 \cdot RD_5 + 2^4 \cdot RD_4 + 2^3 \cdot RD_3 + 2^2 \cdot RD_2 + 2^1 \cdot RD_1 + 2^0 \cdot RD_0$$

$$N_{c(10)} = 128 \cdot RD_7 + 64 \cdot RD_6 + 32 \cdot RD_5 + 16 \cdot RD_4 + 8 \cdot RD_3 + 4 \cdot RD_2 + 2 \cdot RD_1 + RD_0$$
8. Calculer la valeur de R_L pour avoir $V_c = 0,01 \cdot N_c$;

$$K = (V_{ref} \cdot R_L) / (256 \cdot R_{ref}) \qquad R_L = 256 \cdot K \cdot R_{ref} / V_{ref}$$

$$R_L = 256 \cdot 0,01 \cdot 5 / 10 \qquad R_L = 1,28 \text{ K}\Omega$$
9. Compléter le tableau suivant :

RD ₇	RD ₆	RD ₅	RD ₄	RD ₃	RD ₂	RD ₁	RD ₀	N _c	I ₀ (μA)	V _c (mV)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	1	21	164,06	0,21
0	0	1	0	1	0	1	0	42	328,13	0,41
0	0	1	1	1	1	1	1	63	492,19	0,63
0	1	0	1	0	1	0	0	84	656,25	0,84
0	1	1	0	1	0	0	1	105	820,31	1,05
0	1	1	1	1	1	1	0	126	984,38	1,26
1	0	0	1	0	0	1	1	147	1148,44	1,47
1	0	1	0	1	0	0	0	168	1312,50	1,68
1	0	1	1	1	1	0	1	189	1476,56	1,89
1	1	1	0	0	1	1	0	230	1796,88	2,30
1	1	1	1	1	1	1	1	255	1992,19	2,55

DREP 15

DOCUMENT A RENDRE

Etude de la chaîne de retour - Filtre -

1. Donner l'expression de la fonction de transfert $\underline{T} = \underline{V}_S / \underline{V}_T$ de ce filtre ;

$$\underline{T} = \frac{1/jC\omega}{R + 1/jC\omega} = \frac{\underline{V}_S = \underline{V}_T \cdot \underline{Z}_C / (Z_C + R)}{1} = \frac{\underline{Z}_C}{Z_C + R} = \frac{1}{1 + jCR\omega} = \frac{1}{1 + j\omega/\omega_c} \quad \text{avec } \omega_c = 1/RC$$

$$\underline{T} = \frac{1}{1 + jf/f_c} \quad \text{avec } f_c = 1/(2 \cdot \pi \cdot R \cdot C)$$

2. En déduire l'expression du module de \underline{T} et son argument ;

$$T = |\underline{T}| = \frac{1}{|1 + jf/f_c|} = \frac{1}{\sqrt{1 + f^2/f_c^2}}$$

$$\text{Arg}(\underline{T}) = \text{Arg}(1) - \text{Arg}(1 + jf/f_c) = -\text{Arg}(1 + jf/f_c)$$

$$\text{Arg}(\underline{T}) = -\text{Arctg}(f/f_c)$$

3. Donner la nature de ce filtre ;

D'après le diagramme de Bode, ce filtre est un passe bas

4. Calculer graphiquement le gain - G_{\max} - et l'amplification maximale - A_{\max} - ;

$$G_{\max} = 0 \text{ dB}$$

5. Ce filtre, est-il actif ou passif ;

Ce filtre est constitué d'élément passif, donc c'est un filtre passif

6. Donner la définition de la fréquence de coupure ;

C'est la fréquence, pour laquelle le gain diminue de 3dB.

7. Calculer la fréquence de coupure de ce filtre - f_c - ;

$$G(f_c) = G_{\max} - 3\text{dB} \quad G(f_c) = -3\text{dB} \quad f_c = 0,1 \text{ Hz}$$

8. En déduire sa bande passante ;

$$\text{Bande passante} = [0\text{Hz}, 0.1\text{Hz}]$$

9. Pour $R = 100 \text{ K}\Omega$, calculer la valeur de C ;

$$f_c = 1 / (2 \cdot \pi \cdot R \cdot C) \quad C = 1 / (2 \cdot \pi \cdot R \cdot f_c) \quad C = 1 / (2 \cdot \pi \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0,1)$$

$$C = 15,92 \mu\text{F} \quad C = 16 \mu\text{F}$$

10. Pour $V_T = V_{T0} + 0,1 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 100 \cdot t) + 0,1 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 1000 \cdot t)$, donner l'expression de V_S ;

Le filtre va supprimer les signaux de fréquences 1000Hz, 2000Hz et 3000Hz

car $3000 > 2000 > 1000 > f_c$ et $f_c = 0,1\text{Hz}$

$$\text{Donc } V_S = V_{T0} \quad V_S = 0,01N_S$$

11. Le signal V_T est un signal continu, avec une ondulation de fréquence 1000Hz;

- 11.a. Que représente le signal continu V_{T0} ;

La valeur moyenne de V_T

- 11.b. Que représente le signal de fréquence 1000Hz ;

La fondamentale de V_T

- 11.c. Que représentent les signaux de fréquences 2000Hz et 3000Hz ;

Les harmoniques de V_T

DREP 16

DOCUMENT A RENDRE

Diagramme fonctionnel de l'asservissement de vitesse

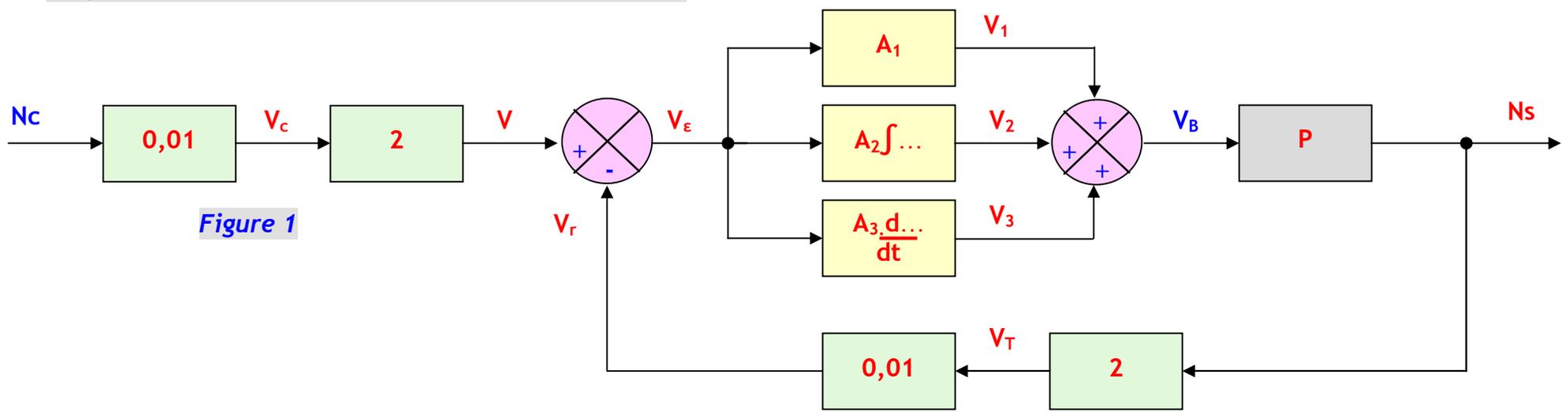


Figure 1

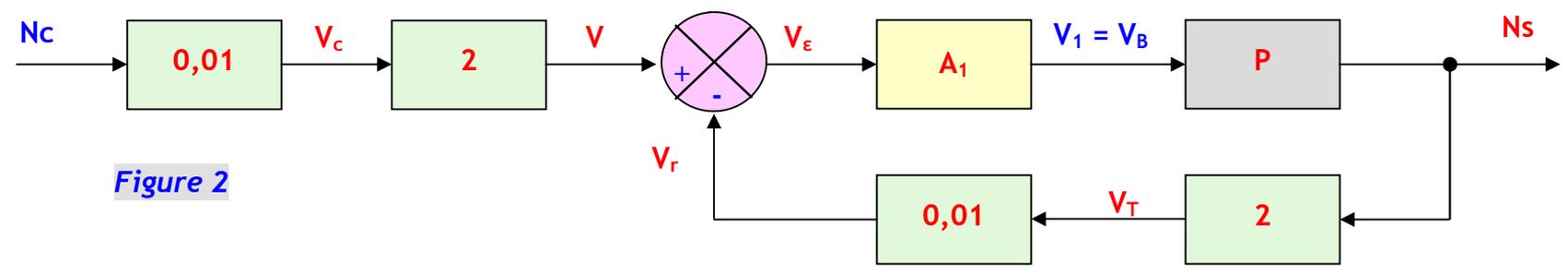


Figure 2

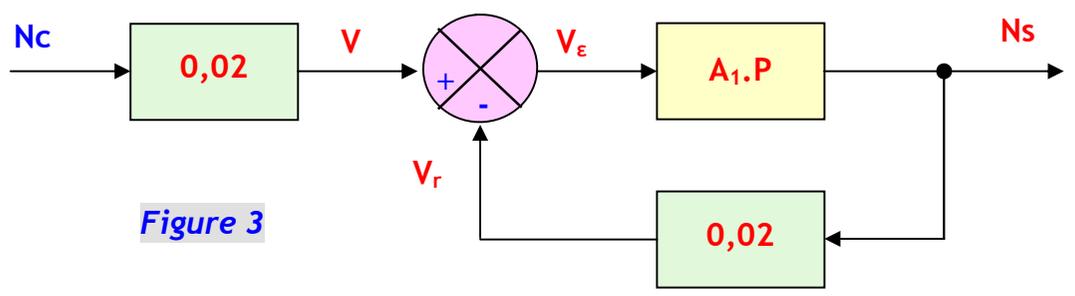


Figure 3

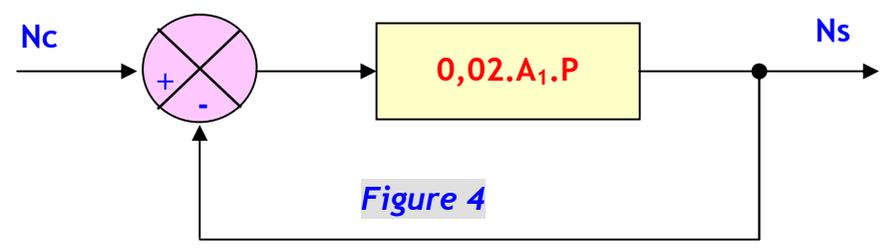


Figure 4

DREP 17

DOCUMENT A RENDRE

Diagramme fonctionnel de l'asservissement de vitesse

1. Répondre sur le document DREP 15 page xx - Figure 1 - ;
2. Répondre sur le document DREP 15 page xx - Figure 2 - ;
3. Répondre sur le document DREP 15 page xx - Figures 3 et 4 - ;
4. Donner l'expression réduite (simplifiée) de la transmittance $T = N_s/N_c$;

$$0,02.A_1.P$$

$$T =$$

$$1 + 0,02.A_1.P$$

5. Réponse à un échelon - K_1 seul fermé - :

- 4.a. Déterminer la valeur du dépassement D ;

$$\text{Dépassement } D = 0$$

- 4.b. Déterminer le temps de réponse t_r à 5% ;

$$\text{Temps de réponse à 5\% } t_r = 4 \text{ ms}$$

- 4.c. Déterminer l'erreur statique ε ;

$$\text{L'erreur statique } \varepsilon = V_c - V_s (\infty) \quad \varepsilon = 3 - 2,5 \quad \varepsilon = 0,5 \text{ v}$$

- 4.d. Déterminer l'erreur statique relative ε_r en % ;

$$\text{L'erreur statique relative } \varepsilon_r = 0,5/3 \quad \varepsilon_r = 16.66 \%$$

6. Réponse à un échelon - 2 interrupteurs fermés - :

- 5.a. Quel est interrupteur on a fermé ?

Interrupteur K_2 (Correcteur à action intégrale)

- 5.b. Déterminer la valeur du 1^{er} dépassement D_1 ;

$$\text{Valeur du 1}^{\text{er}} \text{ dépassement } D_1 = 4,6 - 3 \quad D_1 = 1,6 \text{ v}$$

- 5.c. Déterminer le temps de réponse t_r à 5% ;

$$\text{Temps de réponse à 5\% } t_r = 13,75 \text{ ms}$$

- 5.d. Déterminer l'erreur statique ε ;

$$\text{L'erreur statique } \varepsilon = V_c - V_s (\infty) \quad \varepsilon = 3 - 3 \quad \varepsilon = 0 \text{ v}$$

- 5.e. Quelle est la différence entre les deux courbes ? ;

Le correcteur à action intégrale a amélioré l'erreur statique, mais le système risque de devenir instable - trop d'oscillation -, ce qui augmenté le temps de réponse, de plus le dépassement est important.

7. Donner une solution pour éliminer ce dépassement ;

La solution est l'utilisation d'un correcteur à action dérivé, donc il faut fermer l'interrupteur K_3

DREP 18

DOCUMENT A RENDRE

Mise en équations du système de régulation de température

1. Donner l'expression de U_c en fonction de θ_c , température consigne ;

$$\left. \begin{array}{l} 5v \rightarrow 100^\circ c \\ U_c \rightarrow \theta_c \end{array} \right\} \begin{array}{l} 100.U_c = 5. \theta_c \\ U_c = 0,05. \theta_c \end{array}$$

2. Donner l'expression de U en fonction de U_c ;

$$\begin{array}{lll} e_9^+ = U_c & e_9^- = U.R_8 / (R_8 + R_9) & e_9^- = e_9^+ \\ U_c = U.R_8 / (R_8 + R_9) & U_c. (R_8 + R_9) = U.R_8 & \\ U = U_c. (1 + R_9 / R_8) & U = U_c. (1 + 1 / 1) & U = 2. U_c \end{array}$$

3. En déduire, l'expression de U en fonction de θ_c ;

$$\text{On a } U = 2. U_c \text{ et } U_c = 0,05. \theta_c \text{ donc } U = 2. 0,05. \theta_c \\ U = 0,1. \theta_c$$

4. Donner l'expression de U_r en fonction de U_t ;

$$\begin{array}{lll} e_{12}^+ = U_t & e_{12}^- = U_r.R_{12} / (R_{12} + R_{13}) & e_{12}^- = e_{12}^+ \\ U_t = U_r.R_{12} / (R_{12} + R_{13}) & U_t. (R_{12} + R_{13}) = U_r.R_{12} & \\ U_r = U_t. (1 + R_{13} / R_{12}) & U_r = U_t. (1 + 19 / 1) & \\ & U_r = 20. U_t & \end{array}$$

5. En déduire, l'expression de U_r en fonction de θ_s ;

$$\text{On a } U_r = 20. U_s \text{ et } U_t = 0,005. \theta_s \text{ donc } U_r = 20. 0,005. \theta_s \\ U_r = 0,1. \theta_s$$

6. Donner l'expression de U_ϵ en fonction de U et U_r ;

$$\begin{array}{ll} e_{10}^- = (U_r.R_{10} + U_\epsilon.R_{10}) / (R_{10} + R_{10}) & e_{10}^- = (U_r + U_\epsilon) / 2 \\ e_{10}^+ = U.R_{10} / (R_{10} + R_{10}) & e_{10}^+ = U / 2 \\ e_{10}^- = e_{10}^+ & U / 2 = (U_r + U_\epsilon) / 2 \\ U = U_r + U_\epsilon & \end{array}$$

$$U_\epsilon = U - U_r$$

7. En déduire, l'expression de U_ϵ en fonction de θ_s et θ_c ;

$$U_\epsilon = U - U_r \quad U_\epsilon = 0,1. \theta_c - 0,1. \theta_s \\ U_\epsilon = 0,1. (\theta_c - \theta_s)$$

8. L'amplificateur opérationnel AO₁₁, travaillent en mode *non linéaire*, pourquoi ?

L'amplificateur opérationnel AO₁₁ est en boucle ouverte (sans réaction)

9. On donne pour l'amplificateur opérationnel AO₁₁, $U_B = A.U_\epsilon$ avec $A = +\infty$. Donner la valeur de U_B pour :

9.1. $U_\epsilon > 0$;

$$U_B = +V_{cc} = +15 \text{ v}$$

9.2. $U_\epsilon = 0$;

$$U_B = 0 \text{ v}$$

9.3. $U_\epsilon < 0$;

$$U_B = -V_{cc} = -15 \text{ v}$$

DREP 19

DOCUMENT A RENDRE

Diagramme fonctionnel de la régulation de température du chauffe-eau

1. Schéma fonctionnel de la régulation de température du chauffe-eau - Figure 7 - ;

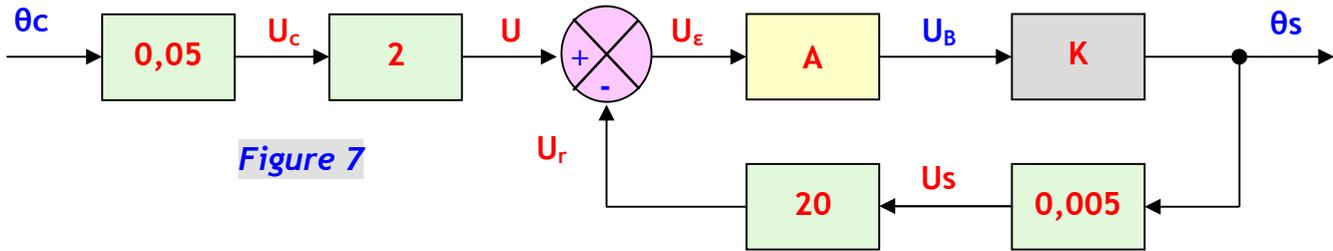


Figure 7

2. Schéma fonctionnel simplifié de la régulation de température du chauffe-eau - Figure 8 - ;

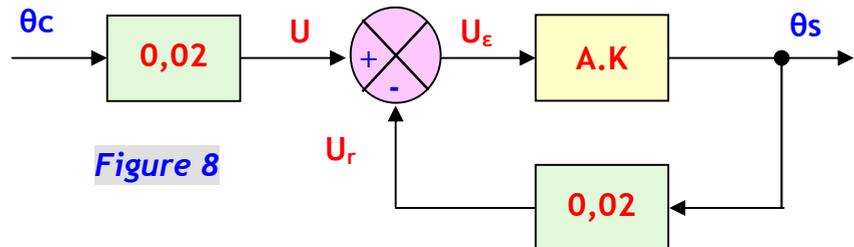


Figure 8

3. Donner l'expression réduite (simplifiée) de la transmittance $T = \theta_s / \theta_c$;

$$T = \frac{0,02.A.K}{1 + 0,02.A_1.P}$$

4. L'erreur absolue ε et l'erreur relative $\varepsilon \%$ du système, pour chaque valeur de G ;

$\theta_c = 100^\circ\text{c}$ $U = 2\text{ v}$

G	θ_s	U_r	U_e	ε	$\varepsilon \%$
2	70°c	1,4 v	0,6 v	30°c	30 %
10	90°c	1,8 v	0,2 v	10°c	10 %
20	97°c	1,94 v	0,06 v	3°c	3 %

5. Compléter la phrase suivante :
Si K augmente le système devient plus **précis** et la stabilité **diminue**

6. Donner une solution pour corriger la stabilité ;
Utiliser un correcteur à action dérivé

DREP 20

DOCUMENT A RENDRE

Acquisition de la température

- D'après la caractéristique du capteur U_t en fonction de θ_s , ce capteur est-il linéaire ou non linéaire ? justifier votre réponse;
C'est un capteur non linéaire, car la réponse U_t n'est une fonction linéaire de θ_s
- Ce capteur est-il passif ou actif ? justifier votre réponse ;
C'est un capteur actif, car la réponse est une tension donc le capteur se comporte en vue de sa sortie, comme un générateur.
- On peut considérer le capteur comme linéaire dans la plage de température comprise entre 0° et 100°C ; calculer alors la sensibilité de ce capteur dans cette plage ;
 **$s = dU_t/d\theta_s$ le capteur est linéaire pour θ_s comprise entre 0° et 100°C
donc $s = \Delta U_t/\Delta \theta_s$ $s = [U_t(100)-U_t(0)]/[100-0] = (500-0)/(100-0)$
 $s = 5 \text{ mV}/^\circ\text{C}$**
- En déduire, alors l'expression de U_t en fonction de θ_s ;
 **$U_t = 5x\theta_s + \text{cte}$ $U_t(0) = 5x0 + \text{cte} = 0$ alors $\text{cte} = 0$
D'où $U_t = 5.\theta_s$ en mV**
- Donner l'expression de U_s en fonction de U_t , puis en fonction de θ_s ;
 **$e_{13}^+ = U_t$ $e_{12}^- = U_s.R_{14}/(R_{14} + R_{15})$ $e_{13}^- = e_{13}^+$
 $U_t = U_s.R_{14}/(R_{14} + R_{15})$ $U_t.(R_{14} + R_{15}) = U_s.R_{14}$
 $U_s = U_t.(1 + R_{15}/R_{14})$ $U_s = 5.(1 + R_{15}/R_{14}).\theta_s$ (mV)**
- On veut que V_s soit égale à 5 v pour θ_s égale à 100°C , calculer alors la valeur de R_{15} ;
 **$U_s = 5.(1 + R_{15}/R_{14}).\theta_s$ $U_s/5.\theta_s = (1 + R_{15}/R_{14})$
 $5000/5.100 = (1 + R_{15}/R_{14})$ $(1 + R_{15}/R_{14}) = 10$
 $R_{15}/R_{14} = 9$ $R_{15} = 9.R_{14}$ $R_{15} = 9 \text{ k}\Omega$**

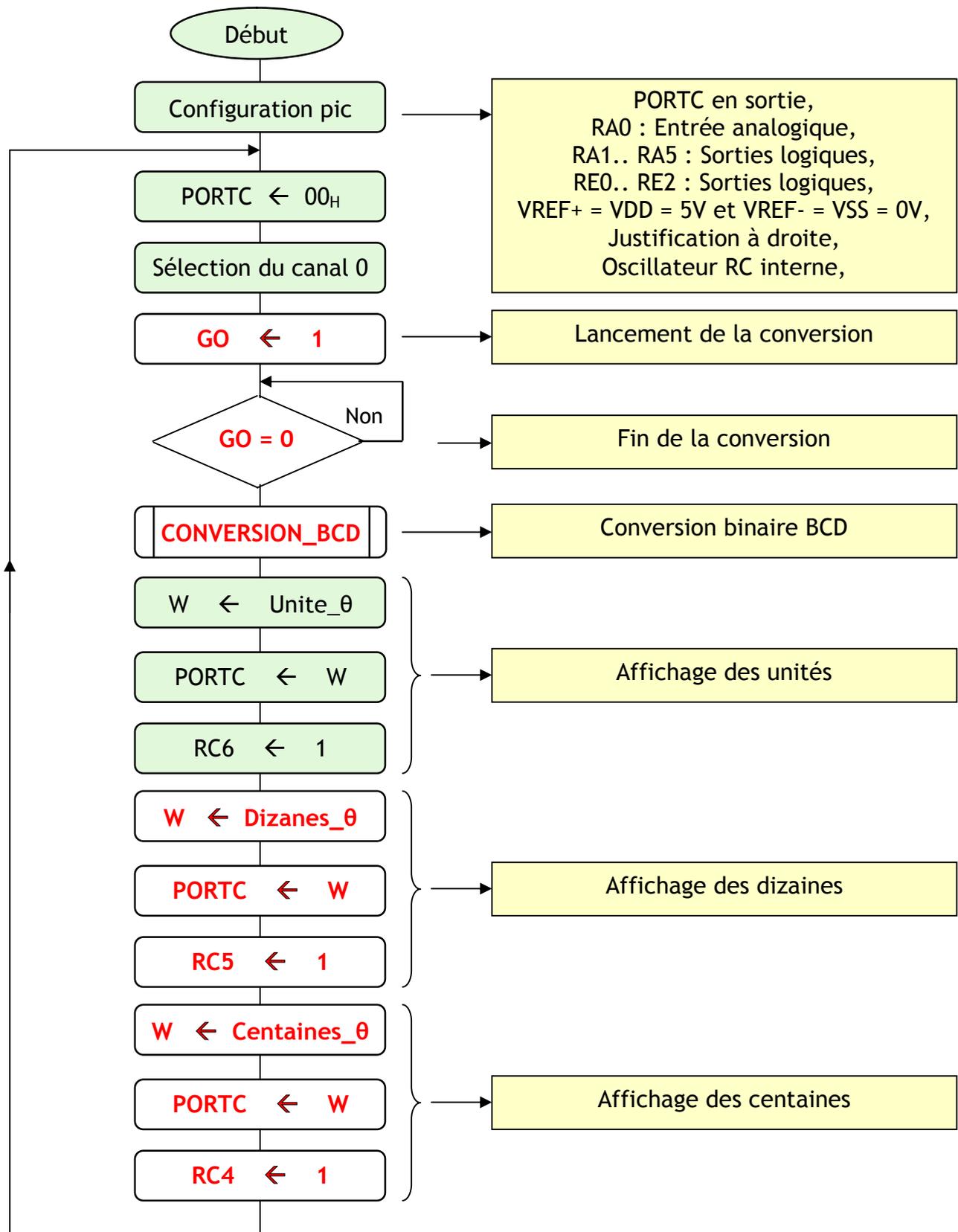
Conversion Analogique Numérique

- Donner la nature de l'entrée RA0 ;
RA0 est une entrée analogique
- Donner l'expression du nombre N -résultat de la conversion- en fonction de U_s ;
 $N = \frac{U_s}{5} .1023$
- Déterminer les valeurs de U_s correspondantes à 100°C et à 90°C ;
 **$U_s = 5.(1 + R_{15}/R_{14}).\theta_s$ $U_s = 50.\theta_s$
 $U_s(100^\circ\text{C}) = 50.100 = 5 \text{ v}$ $U_s(90^\circ\text{C}) = 50.90 = 4,5 \text{ v}$**
- Déterminer les valeurs du mot N exprimées en hexadécimal correspondantes à 100°C et à 90°C ;
 $N(100^\circ\text{C}) = 1023 = 3FF_H$ $N(90^\circ\text{C}) = 920 = 398_H$

DREP 21

DOCUMENT A RENDRE

Organigramme d'acquisition et d'affichage de température



DREP 22

DOCUMENT A RENDRE

```

LIST p=16F84
#include <p16f84.inc>
_CONFIG_CP_OFF_&_WDT_OFF_&_PWRTE_ON &_HS_OSC
;*****
;
;                               Démarrage sur RESET
;*****
ORG      0x000      ; adresse de départ après reset
GOTO    Init       ; Adresse 0 initialisée
;*****
;                               Sous programme CONVERSION_BCD
;*****
CONVERSION_BCD ..... RETURN      ; ne sera pas étudié
;*****
;                               Initialisation
;*****

Init      BCF      STATUS, 6      ;
          BSF      STATUS, 5      ; accès à la BANK 1
          CLRF     TRISC          ; PORTC en sortie
          CLRF     TRISE          ; PORTE en sortie
          MOVLW    0x01           ;
          MOVWF    TRISA          ; RA0 en entrée, RA1..RA5 en sortie
          MOVLW    B'10001111'   ; Configuration du registre ADCON1
          MOVWF    ADCON1        ;
          BCF      STATUS, 5      ; Retour en banque mémoire 0
          MOVLW    B'11000001'   ; Configuration du registre ADCON0
          MOVWF    ADCON0        ;
;*****
;                               Programme Principale
;*****

Loop1     CLRF     PORTC          ;
          BCF      ADCON0, CHS2   ;
          BCF      ADCON0, CHS1   ;
          BCF      ADCON0, CHS0   ; Sélection du canal 0
          BSF      ADCON0, GO      ; Déclenchement de la conversion

Loop2     BTFSC    ADCON0, GO      ;
          GOTO    Loop2           ;
          CALL    CONVERSION_BCD  ; appel du sous programme CONVERSION_BCD
          MOVF    Unite_0, W      ; Lecture de la valeur des unités
          MOVWF   PORTC           ; Ecriture des unités dans le PORTC
          BSF     PORTC, 6         ; Affichage des unités
          MOVF    Dizaine_0, W    ; Lecture de la valeur des dizaines
          MOVWF   PORTC           ; Ecriture des dizaines dans le PORTC
          BSF     PORTC, 5         ; Affichage des dizaines
          MOVF    Centaine_0, W   ; Lecture de la valeur des centaines
          MOVWF   PORTC           ; Ecriture des centaines dans le PORTC
          BSF     PORTC, 4         ; Affichage des centaines
          GOTO    Loop1           ;
          END                    ; directive de fin de programme

```

Notions d'asservissement

2- Analyse du fonctionnement du système asservi :

2.1- Solution n° 1 :

Utiliser un opérateur qui doit remplir les tâches suivantes :

- ❖ **Mesurer (observer)** le niveau d'eau dans le château.
- ❖ **Comparer** le niveau d'eau à la consigne. La consigne qui lui est transmise et de maintenir le niveau dans le château entre deux valeurs extrêmes H_{min} et H_{max} .

Ceci permet de desservir les abonnés en eau potable.

- ❖ **Agir** dans le bon sens (ouvrir où fermer la vanne)

Conclusion :

Mesurer, Comparer, Agir, sont les trois tâches principales nécessaires pour réaliser un asservissement.

2.2- Solution n° 2 :

Fonction F1 :

Hauteur consigne H_c (Graduation correspondante aux différentes positions du curseur du potentiomètre de consigne). Par action sur ce curseur on fixe la tension V_c . **V_c est proportionnelle** à la hauteur de la consigne. $V_c = k_1 \cdot H_c$ avec $k_1 = V/L$.

Fonction F2 :

- ❖ Donner un nom à cette fonction : **Comparateur (c'est un amplificateur soustracteur)**.
- ❖ Déduire V_{sIC1} en fonction de V_c et V_s : $V_{sIC1} = V_s - V_c \rightarrow \varepsilon = V_s - V_c$
- ❖ Conclusion : La fonction F2 permet de **calculer l'écart (erreur) entre la tension V_c image de hauteur consigne H_c et la tension V_s image de la hauteur H_s - niveau d'eau dans le château -**.

Fonction F3 :

Le régulateur est constitué par la fonction F3:

- ❖ Donner un nom à cette fonction : **c'est la fonction régler, elle permet d'adapter l'écart ε à la loi de commande de la fonction agir**.
- ❖ Déduire V_{sIC2} en fonction de V_{sIC1} : **$V_{sIC2} = K \times V_{sIC1}$ avec $K = 3$.**

Fonction F4 :

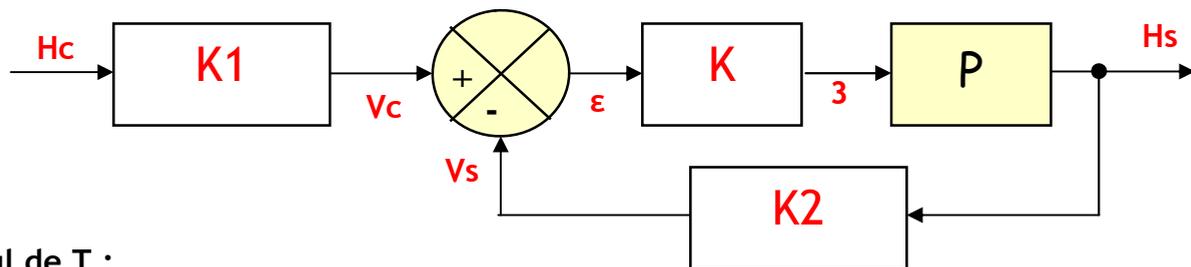
L'actionneur est constitué par un transistor qui fonctionne en commutation :

- ❖ Donner un nom à cette fonction : **c'est la fonction agir, permettant d'agir sur la grandeur de sortie**.
- ❖ Si $V_{sIC2} = 0$: **Transistor saturé donc l'électrovanne est ouverte**.
- ❖ Si $V_{sIC2} \neq 0$: **Transistor bloqué donc l'électrovanne est fermée**.
- ❖ Donner le rôle de la diode D : **Diode de roue libre, qui permet de démagnétiser la bobine de l'électrovanne**.

Fonction F5 :

Constituée d'un potentiomètre fixé sur la paroi du bassin dont le curseur est guidé par **un flotteur** solidaire d'une tige permettant de délivrer une tension V_s **proportionnelle (image)** à la hauteur de l'eau dans le château. $V_s = k_2 \cdot H_s$ avec $k_2 = V/L$

Schéma fonctionnel de la station d'alimentation en eau potable



Calcul de T :

Transmittance de la Chaîne direct

$$B = K.P$$

Transmittance de la Chaîne de retour

$$H = K2$$

$$\begin{aligned}
 Hs &= K.P. \varepsilon & \varepsilon &= Vc - Vs & Vs &= K2.Hs & Vc &= K1.Hc \\
 \varepsilon &= K1.Hc - K2.Hs & Hs &= K.P. (K1.Hc - K2.Hs) & Hs + K.P. K2.Hs &= K.P. K1.Hc \\
 Hs (1 + K.P. K2) &= K.P. K1.Hc & Hs (1 + K.P. K2) &= K.P. K1.Hc \\
 \text{Donc } Hs &= \frac{K.P}{1 + K.P. K2} . K1.Hc & Hs &= \frac{B}{1 + B.H} . K1.Hc
 \end{aligned}$$

3- Système asservi :

3.5- Les différents types de régulateurs (correcteur) :

$$S = \frac{R1 + R2}{R1} . \varepsilon$$

$$S = - \frac{1}{RC} \int \varepsilon . dt$$

$$S = - RC . \frac{d\varepsilon}{dt}$$

$$A = \frac{R1 + R2}{R1}$$

$$A = - \frac{1}{RC} \int \dots$$

$$A = - RC . \frac{d\dots}{dt}$$

Correcteur à action proportionnelle

Correcteur à action intégrale

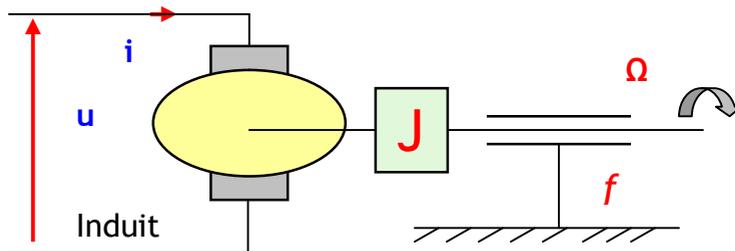
Correcteur à action dérivée

SYSTÈMES ASSERVIS

1- Relations générales d'une Mcc :

1.3- Commande par l'induit :

Dans ce cas le flux inducteur est maintenu constant, par l'utilisation soit d'un aimant permanent pour la création directe du flux, soit d'une source de courant réglée.



$$\varphi(t) = \varphi_0 = \text{cte}, \text{ on pose : } K' = K \cdot \varphi_0$$

$$u = E + R \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt}$$

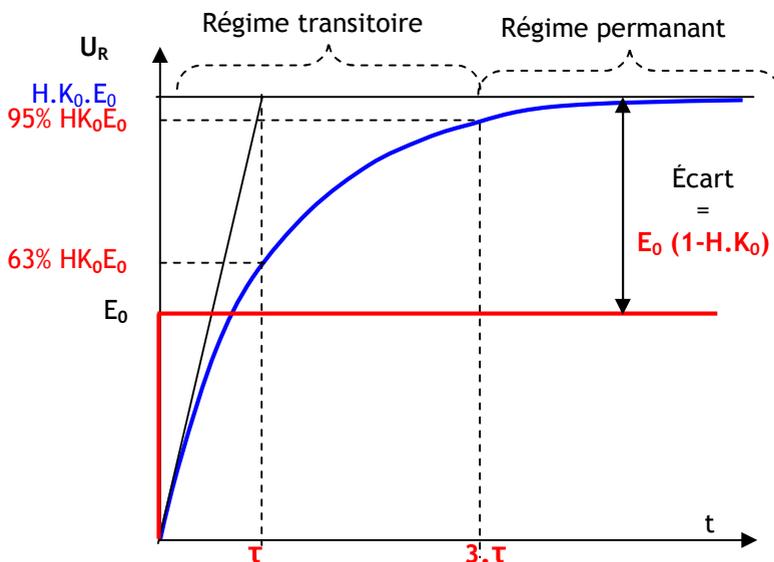
$$E(t) = K' \cdot \Omega$$

$$M = K' \cdot I$$

$$J \cdot \frac{d\Omega}{dt} = M - f \cdot \Omega$$

2- Système du 1^{er} ordre :

2.2- Réponse à un échelon - boucle ouverte - :



Régime permanent :

$$S_p = S(+\infty) = \lim_{t \rightarrow +\infty} S(t)$$

$$S_p = K_0 \cdot E_0$$

$$U_R = H \cdot S_p = H \cdot K_0 \cdot E_0$$

Temps de réponse T_s à 5% :

$$S(T_s) = 95\% \cdot S(+\infty)$$

$$S(T_s) = 95\% \cdot K_0 \cdot E_0$$

$$95\% \cdot K_0 \cdot E_0 = K_0 \cdot E_0 \cdot (1 - e^{-T_s/\tau})$$

$$T_s = 3 \cdot \tau$$

Précision : (Erreur statique)

$$\text{Écart} = \varepsilon = E_0 - U_R$$

$$\varepsilon = E_0 - H \cdot K_0 \cdot E_0 = E_0 (1 - H \cdot K_0)$$

$$K_0 \text{ étant positif alors : } -\infty \leq \varepsilon \leq 1$$

2.3- Exemple - machine à courant continu - :

On néglige les frottements et l'inductance et on prend $U = U_c = \text{cte}$ ($L = 0$ et $f = 0$)

L'équation différentielle liant Ω à U_c :

$$\text{Dans ce cas, on a : } \begin{array}{ll} U_c = E + R \cdot i & E(t) = K' \cdot \Omega \\ M = K' \cdot I & J \cdot \frac{d\Omega}{dt} = M \end{array}$$

$$U_c = K' \cdot \Omega(t) + R \cdot \frac{M}{K'} \rightarrow U_c = K' \cdot \Omega(t) + R \cdot \frac{J}{K'} \cdot \frac{d\Omega(t)}{dt}$$

$$\frac{U_c}{K'} = \frac{R \cdot J}{K'^2} \cdot \frac{d\Omega}{dt} + \Omega$$

$$K_0 \cdot U_c = \tau \cdot \frac{d\Omega}{dt} + \Omega$$

$$\begin{array}{l} \tau = R \cdot J / K'^2 \\ K_0 = 1 / K' \end{array}$$

L'expression de Ω , Ω_p , T_s et ε :

$$\Omega(t) = K_0 \cdot U_c \cdot (1 - \exp(-t/\tau))$$

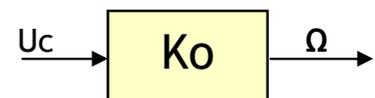
$$\Omega(\infty) = K_0 \cdot U_c$$

Système stable

$$T_s = 3 \cdot R \cdot J / K'^2$$

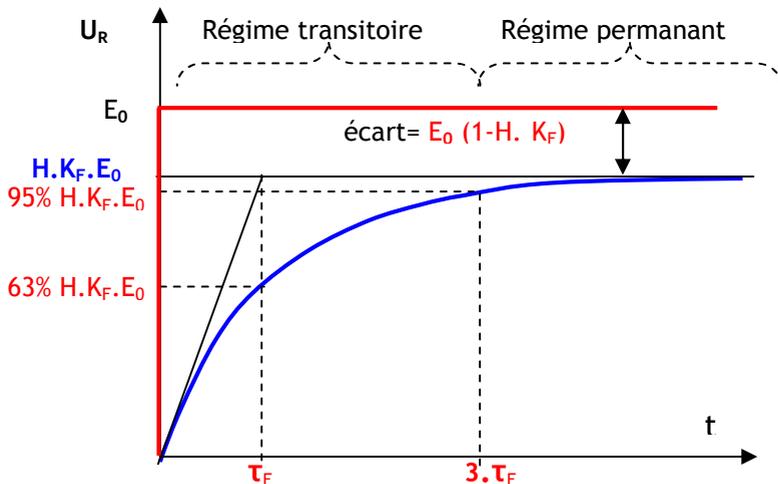
$$\varepsilon = U_c - H \cdot K_0 \cdot U_c$$

$$\varepsilon = U_c (1 - H \cdot K_0)$$



2.4- Réponse à un échelon - boucle fermée - :

Avec : $K_F = K_0 / (1 + HK_0)$ et $\tau_F = \tau / (1 + HK_0)$



Régime permanent :

$$S_p = S(+\infty) = \lim_{t \rightarrow +\infty} S(t)$$

$$S_p = K_F \cdot E_0 \text{ et } U_R = H \cdot S_p = H \cdot K_F \cdot E_0$$

Temps de réponse T_{sF} à 5% :

$$S(T_{sF}) = 95\% \cdot S(+\infty)$$

$$S(T_{sF}) = 95\% \cdot K_F \cdot E_0$$

$$T_{sF} = 3 \cdot \tau_F$$

Précision : (Erreur statique)

$$\text{Écart} = \varepsilon_F = E_0 - H \cdot S(+\infty)$$

$$\varepsilon_F = E_0 - H \cdot K_F \cdot E_0 = E_0 (1 - H \cdot K_F)$$

$$K_F \text{ étant positif alors : } -\infty \leq \varepsilon \leq 1$$

$$\text{Si } K_0 \rightarrow +\infty, K_F \rightarrow 1/H \rightarrow \varepsilon_F \approx 0$$

3- Système du 2^{ième} ordre :

3.2- Réponse à un échelon - boucle ouverte - :

Régime permanent :

$$S_p = S(+\infty) = \lim_{t \rightarrow +\infty} S(t)$$

$$S_p = K_0 \cdot E_0$$

$$U_R = H \cdot S_p = H \cdot K_0 \cdot E_0$$

Précision : (Erreur statique)

$$\text{Écart} = \varepsilon = E_0 - U_R$$

$$\varepsilon = E_0 - H \cdot K_0 \cdot E_0 = E_0 (1 - H \cdot K_0)$$

$$K_0 \text{ étant positif alors : } -\infty \leq \varepsilon \leq 1$$

3.3- Exemple - machine à courant continu - :

L'équation différentielle liant Ω à U_c :

$$\text{Dans ce cas, on a : } U_c = E + R \cdot i + L \cdot di/dt \quad E(t) = K' \cdot \Omega$$

$$M = K' \cdot I \quad J \cdot d\Omega/dt = M$$

$$U_c = K' \cdot \Omega(t) + R \cdot i + L \cdot di/dt \rightarrow U_c = K' \cdot \Omega(t) + R \cdot J/K' \cdot d\Omega(t)/dt + L \cdot J/K' \cdot d^2\Omega(t)/dt^2$$

$$\frac{U_c}{K'} - \frac{L \cdot J}{K'^2} \frac{d^2\Omega}{dt^2} + \frac{R \cdot J}{K'^2} \frac{d\Omega}{dt} + \Omega = \frac{1}{\omega_n^2} \frac{d^2\Omega}{dt^2} + \frac{2 \cdot a}{\omega_n} \frac{d\Omega}{dt} + \Omega$$

$$\omega_n = \frac{K'}{\sqrt{L \cdot J}} \quad a = \frac{R}{2 K'} \cdot \sqrt{\frac{J}{L}} \quad K_0 = 1/K'$$

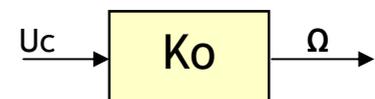
L'expression de Ω_p , T_s et ε :

$$\Omega(\infty) = K_0 \cdot U_c$$

$$\varepsilon = U_c - H \cdot K_0 \cdot U_c$$

$$T_s \text{ utiliser l'abaque ci dessus} \quad \varepsilon = (1 - H \cdot U_c)$$

Système est stable si $a > 0$.



3.4- Réponse à un échelon - boucle fermée - :

Régime permanent :

$$S_p = S(+\infty) = \lim_{t \rightarrow +\infty} S(t)$$

$$S_p = K_F \cdot E_0$$

$$U_R = H \cdot S_p = H \cdot K_F \cdot E_0$$

Temps de réponse T_{sF} à 5% :

$$\text{Voir l'abaque } \omega_n \cdot ts_{5\%} = f(a)$$

Précision : (Erreur statique)

$$\text{Écart} = \varepsilon = E_0 - U_R$$

$$\varepsilon = E_0 - H \cdot K_F \cdot E_0 = E_0 (1 - H \cdot K_F)$$

$$K_F \text{ étant positif alors : } -\infty \leq \varepsilon \leq 1$$

$$\text{Si } K_0 \rightarrow +\infty, K_F \rightarrow 1/H \rightarrow \varepsilon_F \approx 0$$

Convertisseur tension fréquence

Etude du premier bloc (A.O. n° 1) :

1. Pour $V_s = +V_{cc}$, donner l'état du transistor et l'expression de V_1 en fonction de V_e ;

Si $V_s = +V_{cc} \rightarrow$ le transistor est saturé

$$e_1^- = \frac{V_e.R + V_1.R}{R + R} \quad \text{donc} \quad e_1^- = \frac{V_e + V_1}{2} \quad \text{et} \quad e_1^+ = 0$$

$$e_1^+ = e_1^- = 0 \quad \text{alors} \quad V_e + V_1 = 0 \quad \text{donc} \quad V_1 = -V_e$$

2. Pour $V_s = -V_{cc}$, donner l'état du transistor et l'expression de V_1 en fonction de V_e ;

Si $V_s = -V_{cc} \rightarrow$ le transistor est bloqué

$$e_1^- = \frac{V_e.R + V_1.R}{R + R} \quad \text{donc} \quad e_1^- = \frac{V_e + V_1}{2} \quad \text{et} \quad e_1^+ = V_e$$

$$e_1^+ = e_1^- \quad \text{alors} \quad V_e + V_1 = 2.V_e \quad \text{donc} \quad V_1 = V_e$$

Etude deuxième bloc (A.O. n° 2) :

1. Donner l'expression de I en fonction de V_1 ;

$$e_2^+ = e_2^- = 0 \quad \text{alors} \quad I = V_1 / R'$$

2. Donner l'expression de I en fonction de V_2 ;

$$U_c = -V_2 \quad \text{alors} \quad I = -C \, dV_2 / dt$$

3. En déduire l'expression de V_2 en fonction de V_1 ;

$$(V_1 / R') = -C \, dV_2 / dt \quad dV_2 = -(V_1 / R'.C) \, dt$$

$$V_2 = (-1 / R'.C) \int V_1 \, dt$$

4. Pour $V_s = +V_{cc}$ et $V_2 = Cte$, donner l'expression de V_2 en fonction de V_e ;

$$V_1 = -V_e \quad \text{et} \quad V_2 = (-1 / R'.C) \int V_1 \, dt \quad \text{donc} \quad V_2 = (1 / R'.C) \int V_e \, dt$$

$$V_e = cte \quad \text{alors} \quad V_2 = (V_e / R'.C) \int dt.$$

$$\text{Donc} \quad V_2 = (V_e.t / R'.C) + \text{constante}$$

5. Pour $V_s = -V_{cc}$ et $V_2 = Cte$, donner l'expression de V_2 en fonction de V_e ;

$$V_1 = V_e \quad \text{et} \quad V_2 = (-1 / R'.C) \int V_1 \, dt \quad \text{donc} \quad V_2 = (-1 / R'.C) \int V_e \, dt$$

$$V_e = cte \quad \text{alors} \quad V_2 = (-V_e / R'.C) \int dt.$$

$$\text{Donc} \quad V_2 = (-V_e.t / R'.C) + \text{constante}$$

Etude troisième bloc (A.O. n° 3) :

1. Donner le nom du montage autour de A.O. n° 3 ;

C'est un trigger inverseur

2. Donner l'expression de e_3^+ et de e_3^- ;

$$e_2^- = V_s.R_1 / (R_1 + R_2) \quad \text{et} \quad e_3^- = V_2$$

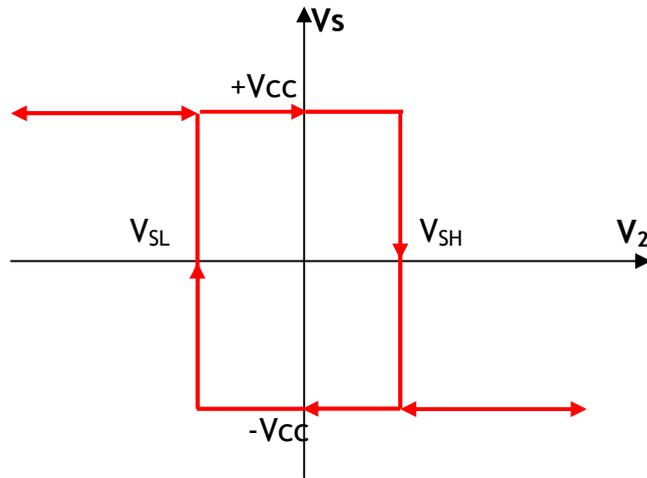
3. Donner l'expression des seuils de basculement V_{SH} et V_{SL} ;

$$V_{SH} = +V_{cc} \cdot R_1 / (R_1 + R_2)$$

et

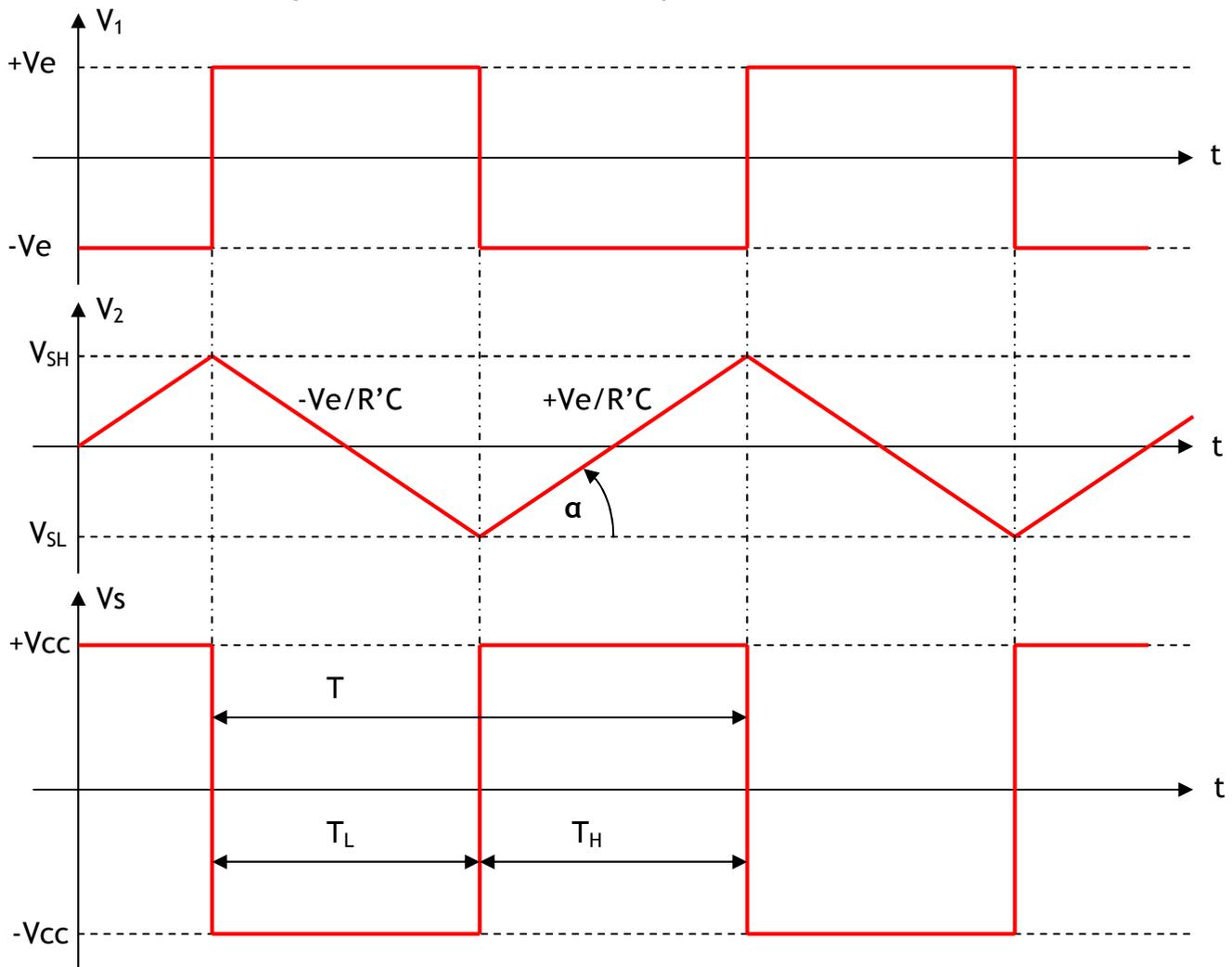
$$V_{SL} = -V_{cc} \cdot R_1 / (R_1 + R_2)$$

4. Tracer la fonction de transfert V_s en fonction de V_2 ;



Fonctionnement du montage complet :

1. Tracer les chronogrammes de V_1 , V_2 et de V_s pour $V_e = cte$;



2. Montrer qu'on a un convertisseur tension fréquence;

$$T = T_L + T_H = 2 \cdot T_H \quad \text{avec} \quad \text{tg}(\alpha) = \Delta V_2 / \Delta t = (V_{SH} - V_{SL}) / T_H \quad \text{et} \quad \text{tg}(\alpha) = V_e / R'C$$

$$T_H = (V_{SH} - V_{SL}) / \text{tg}(\alpha) \quad T_H = R' \cdot C \cdot (V_{SH} - V_{SL}) / V_e$$

$$T = 2 \cdot R' \cdot C \cdot (V_{SH} - V_{SL}) / V_e$$

$$f = \frac{V_e}{2 \cdot R' \cdot C \cdot (V_{SH} - V_{SL})} \quad f = K \cdot V_e \quad \text{Avec } K = \frac{1}{2 \cdot R' \cdot C \cdot (V_{SH} - V_{SL})}$$

Si on varie V_e , la fréquence de V_s varie, donc on a un convertisseur tension fréquence

Asservissement d'une machine à courant continu

Tâche 1

Etude du bloc F4 (Mcc)

/ pts

1- On néglige les frottements et l'inductance ($L = 0$ et $f = 0$,) :

- 1.1. Donner l'équation différentielle liant Ω à U Pour $u(t) = U_c = \text{cte}$ (entrée échelon).
Dans ce cas, on a :

$$\begin{aligned} U_c &= E + R \cdot i & E &= K' \cdot \Omega & M &= K' \cdot i & J \cdot d\Omega/dt &= M \\ U_c &= K' \cdot \Omega + R \cdot M/K' & \rightarrow & U_c &= K' \cdot \Omega + R \cdot J/K' \cdot d\Omega/dt \\ U_c/K' &= \Omega + R \cdot J/K'^2 \cdot d\Omega/dt \\ K_0 \cdot U_c &= \Omega + \tau \cdot d\Omega/dt \end{aligned}$$

- 1.2. En déduire l'expression du gain statique K_0 , la constante du temps τ et $\Omega(t)$.

$$K_0 = 1/K' \quad \tau = R \cdot J/K'^2 \quad \Omega(t) = K_0 \cdot U_c \cdot (1 - \exp(-t/\tau))$$

- 1.3. Calculer alors :

- ❖ Le gain statique K_0 et la constante du temps τ

$$K_0 = 50 \text{ tours/min/v} \quad \tau = 1.25 \text{ s}$$

- ❖ Le temps de réponse t_r et Ω en régime permanent pour $U_c = 10 \text{ v}$.

$$\begin{aligned} t_r &= 3 \cdot \tau & A.N & & t_r &= 3.75 \text{ s} \\ \Omega &= K_0 \cdot U_c & \Omega &= U_c/K' & A.N & & \Omega &= 500 \text{ tours/min} \end{aligned}$$

2- On néglige uniquement les frottements ($f = 0$,) :

- 2.1. Donner l'équation différentielle liant Ω à U Pour $u(t) = U_c = \text{cte}$ (entrée échelon).

$$\begin{aligned} U_c &= E + R \cdot i + L \cdot di/dt & E &= K' \cdot \Omega & M &= K' \cdot i & J \cdot d\Omega/dt &= M \\ U_c &= K' \cdot \Omega + R \cdot i + L \cdot di/dt & \rightarrow & U_c &= K' \cdot \Omega + R \cdot J/K' \cdot d\Omega/dt + L \cdot J/K' \cdot d^2\Omega/d^2t \\ U_c/K' &= \Omega + R \cdot J/K'^2 \cdot d\Omega/dt + L \cdot J/K'^2 \cdot d^2\Omega/d^2t \\ K_0 \cdot U_c &= \Omega + 2 \cdot a/\omega_n \cdot d\Omega/dt + 1/\omega_n^2 \cdot d^2\Omega/d^2t \end{aligned}$$

- 2.2. En déduire l'expression du gain statique K_0 , pulsation propre du système et le facteur d'amortissement

$$\omega_n = \frac{K'}{\sqrt{L \cdot J}} \quad a = \frac{R}{2K'} \cdot \sqrt{\frac{J}{L}} \quad K_0 = 1/K'$$

- 2.3. Calculer alors :

- ❖ Le gain statique K_0 et Ω en régime permanent pour $U_c = 10 \text{ v}$.

$$K_0 = 50 \text{ tours/min/v} \quad \Omega = K_0 \cdot U_c \quad \Omega = 500 \text{ tours/min}$$

- ❖ La pulsation propre du système et Facteur d'amortissement.

$$\omega_n = 28.28 \text{ rad/s} \quad a = 17.68$$

- ❖ Le temps de réponse (voir l'abaque du temps de réponse utilisé des systèmes du 2^{ème} ordre)

$$\text{D'après l'abaque} \quad \omega_n \cdot t_r = 100 \text{ rad} \quad t_r = 3.53 \text{ s}$$

- 2.4. En déduire la nature de la réponse.

$$a > 1 \text{ donc Régime apériodique}$$

Tâche 2

Etude de la chaîne directe

/ pts

1- Etude du bloc F_1 :

1.1. L'amplificateur opérationnel fonctionne en régime linéaire. Pourquoi ?

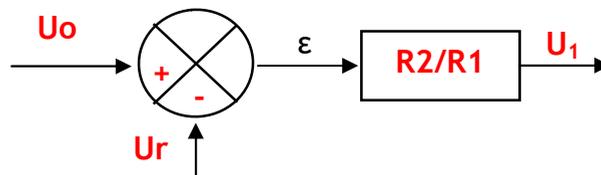
On a une réaction négative.

1.2. Donner l'expression de U_1 en fonction de U_0 et de U_r .

$$+ = U_0.R_2 / (R_1 + R_2) \quad \text{et} \quad V^- = (U_r.R_2 + U_1.R_1) / (R_1 + R_2)$$

Donc $U_1 = (R_2/R_1) \cdot (U_0 - U_r)$ A.N $U_1 = 50 (U_0 - U_r)$

1.3. Compléter le diagramme fonctionnel de la fonction F_1 .

2- Etude du bloc F_2 :

2.1. L'amplificateur opérationnel fonctionne en régime non linéaire. Pourquoi ?

L'amplificateur opérationnel est en boucle ouverte

2.2. Tracer le chronogramme de U_2 .

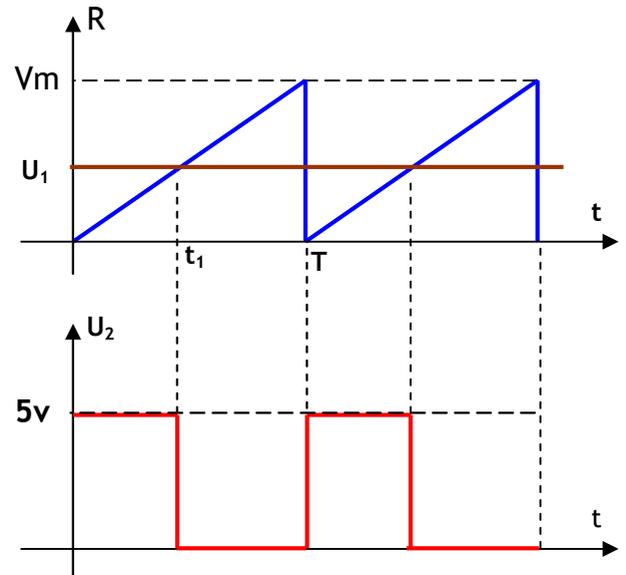
2.3. En déduire l'expression de α en fonction de U_1 et V_m ; On donne $\alpha = t_1 / T$
 α est le rapport cyclique du signal U_2

$$R(t) = a \cdot t + b$$

La droite passe par l'origine donc $b=0$.

$$a = \frac{V_m}{T} = \frac{U_1}{t_1}$$

$$\alpha = \frac{t_1}{T} = \frac{U_1}{V_m}$$



2.4. Compléter le bloc fonctionnel de la fonction F_2

3- Etude du bloc F_3 :

3.1. Pour quelle valeur de U_2 le transistor T_1 est saturé

$U_2 = '1'$ → Transistor T_1 est saturé → $U=VA$

3.2. Pour quelle valeur de U_2 le transistor T_1 est bloqué

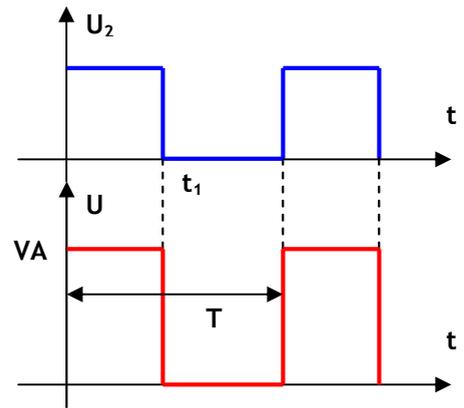
$U_2 = '0'$ → Transistor T_1 est bloqué → $U=0$

3.3. Tracer le chronogramme de U.

3.4. Donner l'expression de U_c - valeur moyenne de la tension U - en fonction de α .

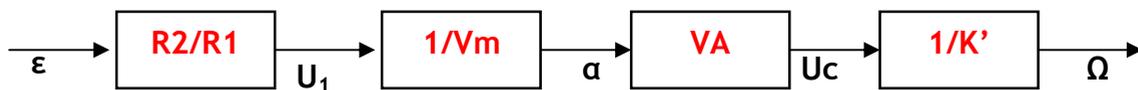
$$U_c = VA \cdot t_1 / T \quad U_c = \alpha \cdot VA$$

3.5. Compléter le bloc fonctionnel de la fonction F_3



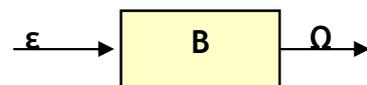
4- Etude de la chaîne directe :

4.1. Compléter le diagramme suivant.



4.2. Ce diagramme peut être met sous la forme suivante :

A. Calculer alors B.



$$B = R2 \cdot VA / (R1 \cdot Vm \cdot K') \quad A.N \quad B = 5000 \text{ tr/min/v}$$

B. Donner alors l'équation différentielle liant Ω à ϵ pour $L=0$ et pour $L \neq 0$

Pour $L = 0$ $5000 \cdot \epsilon = \Omega + 1,25 \cdot \frac{d\Omega}{dt}$

Pour $L \neq 0$ $5000 \cdot \epsilon = \Omega + 1,25 \cdot \frac{d\Omega}{dt} + 1,25 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{d^2\Omega}{dt^2}$

Tâche 3

Etude de la chaîne de retour (bloc F_5)

/ pts

1. Quelle est la fonction du bloc F_5

C'est un convertisseur vitesse tension

2. Quel est le rôle du filtre

C'est un filtre passe bas moyennur

3. Tracer les chronogrammes de U_4 et U_5 .

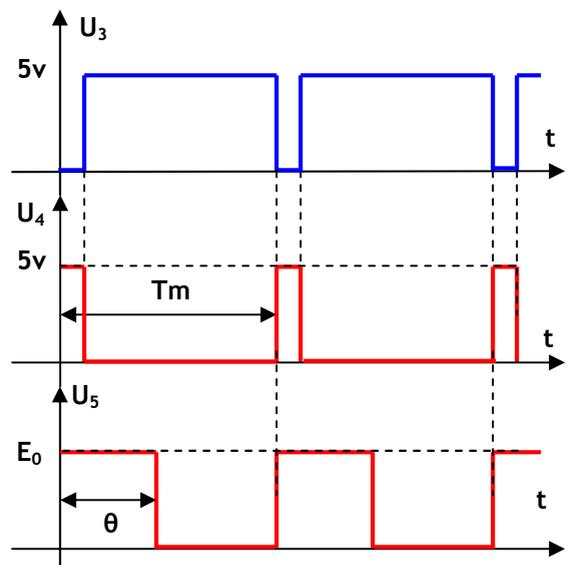
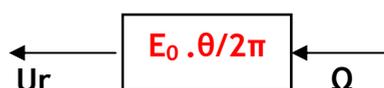
4. Donner la relation entre T_m et Ω

$$\Omega = 2\pi f = 2\pi / T_m \quad T_m = 2\pi / \Omega$$

5. Donner l'expression de U_r en fonction de Ω

$$U_r = U_{5\text{moy}} \quad U_r = E_0 \cdot \theta / T_m$$

6. Compléter le bloc fonctionnel de la fonction F_3

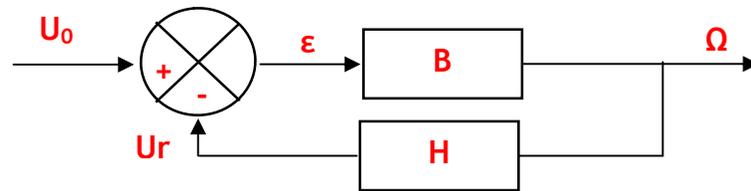


Tâche 4

Etude de l'asservissement

/ pts

1- Compléter le diagramme fonctionnel de l'asservissement (en régime permanent) :

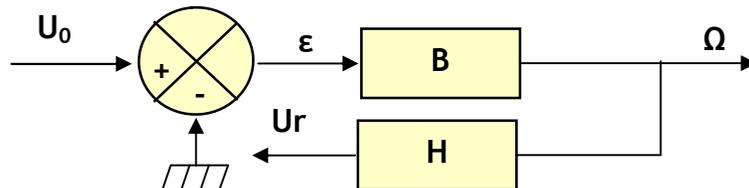


Transmittance de la Chaîne direct $B = R2.VA / (R1.Vm. K')$ $B = 5000 \text{ tr/min/v}$

Transmittance de la Chaîne de retour $H = E_0 . \theta / 2\pi$

On suppose que $H = 0.02 \text{ v / tour}$

2- Etude en boucle ouverte :



2.1. Donner la relation liant U_r à U_0 .

$$U_r = B.H U_0$$

2.2. En déduire l'expression numérique du gain statique HB. (pour $L=0$ et $L \neq 0$).

$$HB = 100$$

2.3. Calculer Ω et U_r en régime permanent pour $U_0 = \varepsilon = 10 \text{ v}$.

$$\Omega = 50000 \text{ tours/min. Et } U_r = 1000 \text{ v}$$

2.4. Calculer l'erreur statique $\varepsilon = U_0 - U_r$ et le temps de réponse τ_r en boucle ouverte (pour $L=0$ et $L \neq 0$).

$$\varepsilon = -990 \text{ v pour } L = 0 \quad \tau_r = 3.75 \text{ s pour } L \neq 0 \quad \tau_r = 3.53 \text{ s}$$

3- Etude en boucle fermée ($L = 0$) :

3.1. Donner l'équation différentielle, liant Ω à U_0 .

$$\frac{B \cdot U_0}{1+H.B} = \Omega + \frac{\tau}{1+H.B} \cdot \frac{d\Omega}{dt}$$

3.2. En déduire l'expression et la valeur numérique du gain B_F de la boucle fermée et de la constante du temps τ_F .

$$B_F = \frac{B}{1+H.B} \quad \text{A.N} \quad B_F = 49.5 \text{ tours/min/v} \quad \tau_F = \frac{\tau}{1+H.B} \quad \text{A.N} \quad \tau_F = 12.37 \text{ ms}$$

3.3. Calculer Ω et U_r en régime permanent pour $U_0 = 10$ v.

$$\Omega = B_F \cdot U_0 \quad \text{A.N} \quad \Omega = 495 \text{ tours/min}$$

$$U_r = H \cdot \Omega \quad \text{A.N} \quad U_r = 9.9 \text{ v}$$

3.4. Calculer l'erreur statique $\varepsilon = U_0 - U_r$ et le temps de réponse t_r en boucle fermée.

$$\varepsilon = U_0 - U_r \quad \text{A.N} \quad \varepsilon = 0.1 \text{ v}$$

$$t_r = 3 \cdot \tau_F \quad \text{A.N} \quad t_r = 37.11 \text{ ms}$$

4- Etude en boucle fermée (L # 0) :

4.1. Donner l'équation différentielle, liant Ω à U_0 .

$$\frac{B \cdot U_0}{1+H \cdot B} = \Omega + \frac{2 \cdot a}{(1+H \cdot B) \cdot \omega_n} \cdot \frac{d\Omega}{dt} + \frac{1}{(1+H \cdot B) \cdot \omega_n^2} \cdot \frac{d^2\Omega}{dt^2}$$

4.2. En déduire l'expression et la valeur numérique du gain B_F de la boucle fermée, la pulsation propre du système et le facteur d'amortissement

$$B_F = \frac{B}{1+H \cdot B} \quad \omega_{nF} = \omega_n \sqrt{1+H \cdot B} \quad a_F = \frac{a}{\sqrt{1+H \cdot B}}$$

$$B_F = 49.5 \text{ tours/min/v} \quad \omega_{nF} = 284 \text{ rad/s} \quad a_F = 1.76$$

4.3. Calculer Ω et U_r en régime permanent pour $U_0 = 10$ v.

$$\Omega = B_F \cdot U_0 \quad \text{A.N} \quad \Omega = 495 \text{ tours/min}$$

$$U_r = H \cdot \Omega \quad \text{A.N} \quad U_r = 9.9 \text{ v}$$

4.4. Calculer l'erreur statique $\varepsilon = U_0 - U_r$ et le temps de réponse t_r en boucle fermée.

$$\varepsilon = U_0 - U_r \quad \text{A.N} \quad \varepsilon = 0.1 \text{ v}$$

$$\text{D'après l'abaque} \quad \omega_{nF} \cdot t_{rF} = 10 \text{ rad} \quad t_{rF} = 35 \text{ ms}$$