



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

❖ **Sujet :**

- ◆ Le sujet comporte au total **48** pages.
- ◆ Le sujet comporte 3 types de documents :

📖 **Pages 01 à 09** : Socle du sujet comportant les situations d'évaluation (SEV).

📖 **Pages 10 à 26** : Documents ressources portant la mention.

DRES XX

📖 **Pages 27 à 48** : Documents réponses portant la mention.

DREP XX

48 pages

❖ **5 Fiches cours :**

- ◆ Fiche cours n°26 « **NOTIONS D'ASSERVISSEMENT** »
- ◆ Fiche cours n°27 « **SYSTEMES ASSERVIS** »
- ◆ Fiche cours n°28 « **CONVERTISSEUR FREQUENCE TENSION** »
- ◆ Fiche cours n°29 « **CONVERTISSEUR TENSION FREQUENCE** »
- ◆ Fiche cours n°30 « **ASSERVISSEMENT DE VITESSE D'UNE MACHINE à CC** »

21 pages

DISTRIBUTEUR DE BOISSONS CHAUDES

Distributeur automatique de boissons chaudes

1- PRESENTATION DU SYSTEME :

Ce sujet s'appuie sur une maquette didactique qui permet d'illustrer certaines fonctions assurées par un **distributeur automatique de boissons chaudes**. La structure de cette maquette est différente du système réel. Le schéma du document ressource **DRES 01 page 10** décrit le système automatique de cette maquette qui permet de servir automatiquement des boissons chaudes. Le **client**, après introduction du jeton, exprime son choix parmi les trois boissons offertes par l'appareil : **café express serré**, **café express allongé** ou **chocolat**.



Café express serré

Bouton S_1



Café express allongé

Bouton S_2

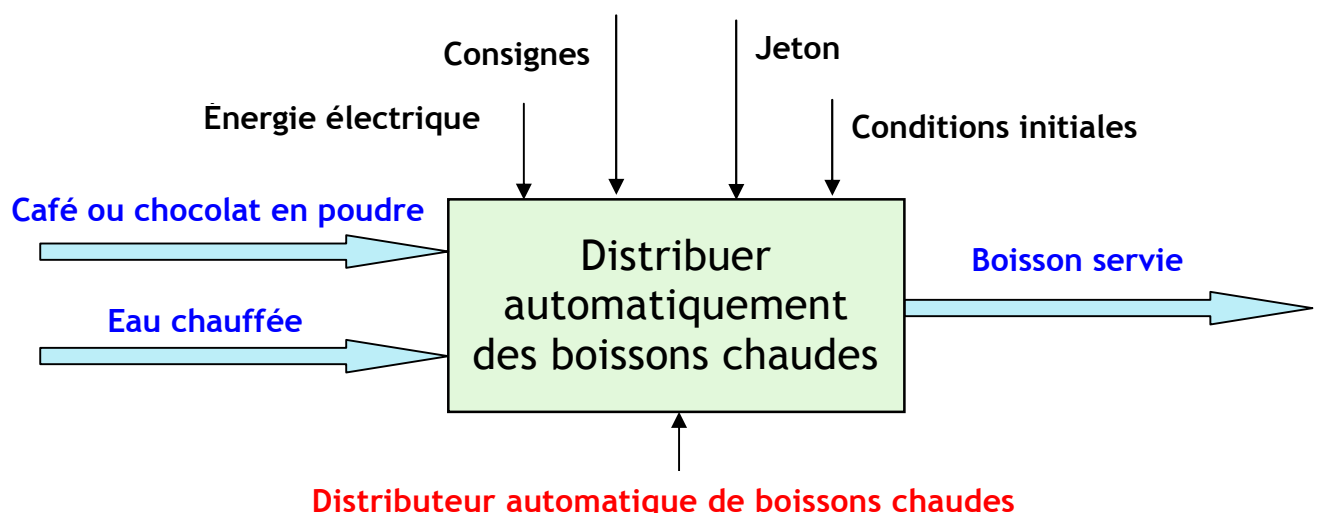


Café chocolat

Bouton S_3

2- DESCRIPTION DU SYSTEME :

Le fonctionnement du système est décrit par le **GRAFCET** selon le point de vue système sur le document ressource **DRES 03 page 12** :



Remarques :

- ❖ L'introduction d'un jeton dans le monnayeur, provoque la fermeture d'un contact « m ».
- ❖ S1, S2 et S3 sont des boutons poussoirs qui permettent au client de choisir la boisson désirée
- ❖ Les conditions initiales sont les suivantes :
 - 🔧 Présence Goblet dans le magasin à Gobelets (capteur « g »).
 - 🔧 Bac de récupération non rempli (capteur « br »).
 - 🔧 Commutateur de chauffage « cc » actionné.
 - 🔧 Information du thermocouple « th » indiquant que l'eau est chauffée.
 - 🔧 Niveau d'eau dans le chauffe-eau suffisant (capteur « fc1 »).
 - 🔧 On notera x la variable binaire qui prend la valeur « 1 » si toutes les conditions initiales sont remplies (x = g.cc.th./fc1./br).

3- COMMANDE DU SYSTEME :

Le distributeur automatique de boissons chaudes est géré par un microcontrôleur de type 16 F 877 dont le jeu d'instructions et le plan mémoire sont données respectivement sur les documents DRES 04 et 07 pages 13 et 16.

SEV 1

ANALYSE FONCTIONNELLE

/ pts

RESSOURCES A EXPLOITER : DRES 01, 02 page 10, 11
'Description' et 'Fonctionnement' page 01 et 02.

Tâche 1

Analyse fonctionnelle globale

/ pts

1. Sur le document DREP 01 page 27, compléter l'*actigramme A-0* du système ;
2. Le système répond à un besoin. Compléter alors le digramme de *bête à cornes*, Sur le document DREP 03 page 29 ;

Tâche 2

Analyse structurelle du système

/ pts

1. Le F.A.S.T. du DREP 02 page 28 définit la fonction globale (FG) du système étudié. Indiquer sur ce document, pour chacune des fonctions principales le *processus* qui lui est associé ;

SEV 2

GRAFCET

/ pts

RESSOURCES A EXPLOITER : DRES 02,03 page 11, 12
'Description' et 'Fonctionnement' pages 01 et 02.

Tâche

Partition du GRAFCET

/ pts

Sur le document DRES 03 page 12, on donne le GRAFCET du distributeur selon le point de vue système.

1. Sur le document DREP 03 page 29, compléter le *GRAFCET du point de vue partie commande* ; correspondant au fonctionnement normal du système ;

2. On veut réécrire ce GRAFCET d'une manière simplifiée en considérant les séquences 'Préparation d'un café express serré', 'Préparation d'un café express allongé' et 'Préparation d'un café chocolat' comme des tâches (sous programme) intitulées Tâche 1, Tâche 2 et Tâche 3.

En se référant au GRAFCET du point de vue P.C du document DREP 03 page 29, compléter le GRAFCET *principal* et les GRAFCETS *tâche1*, *tâche2* et *tâche3* sur document DREP 04 page 30;

SEV 3	PROGRAMME DE FONCTIONNEMENT	/ pts
-------	------------------------------------	-------

RESSOURCES A EXPLOITER : DRES 04, DRES 07 page 13, 16

Tâche 1	Organigrammes	/ pts
---------	---------------	-------

RESSOURCES A EXPLOITER : DRES 02 page 11
Répondre sur le document DREP 05 page 31

1. Compléter l'organigramme « *Ca_Serré* » correspondant à la tâche de préparation d'un café express serré ;
2. Compléter l'organigramme « *Ca_Allongé* » correspondant à la tâche de préparation d'un café express allongé ;
3. Compléter l'organigramme « *Chocolat* » correspondant à la tâche de préparation d'un café chocolat ;
4. Compléter l'organigramme « *Principale* » correspondant au fonctionnement normal du distributeur de boissons chaudes ;

Tâche 2	Temporisation T8 (8s) avec boucle	/ pts
---------	-----------------------------------	-------

1. Sur le document DREP 06 page 32, on donne un exemple de temporisation avec une boucle - sous programme TempoA -, dont le principe consiste à charger un registre de la zone GPR, par une donnée 8 bits, et on passe le temps à décrémenter ce fichier, jusqu'à ce que son contenu soit nul. Ainsi, le temps perdu à l'exécution de ce sous programme est le temps de Temporisation.

Avec cet algorithme, la temporisation max $T_{Amax} = 770 \mu s$. Pour augmenter le temps de temporisation, on utilise des boucles imbriquées - voir organigramme TempoB qui utilise 2 boucles-.

Répondre sur le document DREP 06 page 32

- 1-1. Traduire l'organigramme *TempoB* en programme assembleur ;
- 1-2. Donner l'expression de T_{B0} en fonction de T_{A0} et de la donnée littérale N_2 ;
- 1-3. En déduire l'expression de T_{B0} en fonction des données littérales N_1 et N_2 ;
- 1-4. Donner alors l'expression de T_B en fonction des données littérales N_1 et N_2 ;
- 1-5. Calculer T_{Bmax} ;
2. Avec l'organigramme TempoB, la temporisation max $T_{Bmax} = 196100 \mu s$. Pour augmenter le temps de temporisation, on utilise une 3^{ème} boucle - voir organigramme TempoC (Tempo8)-.

Répondre sur le document DREP 07 page 33

- 2-1. Traduire l'organigramme *TempoC* (Tempo8) en programme assembleur ;
- 2-2. Donner l'expression de T_{C0} en fonction de T_{B0} et de la donnée littérale N_3 ;
- 2-3. En déduire l'expression de T_{C0} en fonction des données littérales N_1 , N_2 et N_3 ;
- 2-4. Donner alors l'expression de T_C (Tempo8) en fonction des données N_1 , N_2 et N_3 ;
- 2-5. Calculer T_{Cmax} ;
- 2-6. Calculer la valeur de N_3 pour avoir $T_{tempo8} = 8 s$, avec $N_2 = 255$ et $N_1 = 255$;

Tâche 3

Temporisation T8 (8s) avec le TIMERO

/ pts

Dans cette partie, on utilise le TIMERO pour compter un temps T8 de 8 s.
L'utilisation du TIMERO est plus pratique et plus simple que l'utilisation des compteurs programmés (Voir le document ressource DRES 05 page 14).

1. Sur le document DREP 08 page 34, compléter le sous programme « *Tempo8* » correspondant à l'organigramme Tempo8 du document ressource DRES 05 page 14 ;
2. Calculer la valeur de **N** (donner N en hexadécimal) à charger dans le compteur Cp, pour avoir $T_{tempo8} = 8 \text{ s}$. (Répondre Sur le document DREP 08 page 34) ;

Tâche 4

S.P préparer un café ou un chocolat

/ pts

1. Sur le document DREP 09 page 35, compléter le sous programme « *Ca_Serré* » correspondant à la tâche de préparation d'un café expresso serré ;
2. Sur le document DREP 09 page 35, compléter le sous programme « *Ca_Allongé* » correspondant à la tâche de préparation d'un café expresso allongé ;
3. Sur le document DREP 09 page 35, compléter le sous programme « *Chocolat* » correspondant à la tâche de préparation d'un café chocolat ;

Tâche 5

Programme principal et configuration

/ pts

1. Sur le document DREP 10 page 36, compléter le programme d'*initialisation* du microcontrôleur 16 F 877 ;
Pour la configuration du TIMERO utiliser les documents DRES 05,06 page 14, 15 et pour la configuration des PORTA et B utiliser les documents DRES 04, 07 page 13, 16.
2. Sur le document DREP 10 page 36, compléter le programme *principal* du distributeur de boissons chaudes ;

SEV 4

Etude de l'asservissement de vitesse du moteur MM2

/ pts

RESSOURCES A EXPLOITER : DRES 08 page 17

Tâche 1

Identification des éléments de l'asservissement

/ pts

A partir du document ressource DRES 08 page 17, on propose d'identifier les éléments de l'asservissement de vitesse du moteur MM2, sur le document DREP 11 page 37 :

Identifier,

1. Les éléments de la *chaîne directe* (Correcteur, Régulateur, Actionneur) ;
2. Les éléments de la *chaîne de retour* (Capteur, Amplificateur) ;
3. Le *comparateur* et le signal d'*erreur* ;
4. La *consigne*, le *retour* et la grandeur à *contrôler* - réponse du système - ;

Tâche 2

Etude du comparateur

/ pts

Répondre sur le document DREP 11 page 37

L'étage F2 est à base d'un amplificateur linéaire intégré :

1. L'amplificateur opérationnel AO2 travaille en mode *linéaire*, pourquoi ?
2. Exprimer e_2^+ en fonction de V_ϵ et V_r ;

3. Exprimer e_2^- en fonction de V ;
4. En déduire, alors l'expression de V_ε en fonction de V et V_r ;
5. Montrer que $V = 2 \cdot V_c$ et $V_r = 2 \cdot V_s$;
6. Déduire l'équation de V_ε en fonction de V_c et V_s ;
7. Donner alors l'équation de V_ε en fonction de N_c et N_s ;

Tâche 3

Etude du correcteur PID

/ pts

Pour améliorer les performances du système en boucle fermée, on a intégré dans la chaîne directe un correcteur PID (Action proportionnelle, intégrale et dérivée) - Bloc F₃ et F₄ -.

Répondre sur les documents DREP 12,13 page 38, 39

1. Les amplificateurs opérationnels AO₃, AO₄ et AO₅ travaillent en mode **linéaire**, pourquoi ?
2. Exprimer e_4^- en fonction de V_ε et V_1 ;
3. En déduire, l'expression de V_1 en fonction de R , a_1P_1 et V_ε ($e_4^+ = 0$) ;
4. Donner le **nom** et le **rôle** de ce correcteur ;
5. Exprimer I_2 en fonction de V_2 et C_2 ;
6. Exprimer I_2 en fonction de V_ε et a_2P_2 ;
7. En déduire, alors l'expression de V_2 en fonction de V_ε , a_2P_2 et C_2 ;
8. Pour $V_\varepsilon = 0.3V$, $a_2P_2 = 2K\Omega$ et $C_2 = 0.1\mu F$, donner l'expression instantanée de $V_2(t)$;
9. Donner le **nom** et le **rôle** de ce correcteur ;
10. Exprimer I_3 en fonction de V_ε et C_3 ;
11. Exprimer I_3 en fonction de V_3 et a_3P_3 ;
12. En déduire, alors l'expression de V_3 en fonction de V_ε , a_3P_3 et C_3 ;
13. Donner le **nom** et le **rôle** de ce correcteur ;
14. L'amplificateur opérationnel AO₆ travaille en mode **linéaire**, pourquoi ?
15. Exprimer e_6^- en fonction de V_1 , V_2 , V_3 et V_B ;
16. En déduire, l'expression de V_B en fonction de V_1 , V_2 et V_3 ($e_6^+ = 0$) ;
17. Donner alors le **nom** de ce montage ;
18. Donner alors l'expression de V_B en fonction de V_ε ;

Tâche 4

Etude du C.N.A

/ pts

Le nombre N_c (Vitesse consigne) est généré par le microcontrôleur sur le PORTD, ce nombre doit être converti en signal analogique V_c , par un C.A.N de type D.A.C 0800 et amplifié afin d'être traité par le comparateur (Bloc F₂). Sur le document DRES 09 page 18, on donne les caractéristiques de ce convertisseur.

Répondre sur le document DREP 14 page 40

1. Donner l'expression et la valeur numérique du courant I_{ref} ;
2. Donner le nombre - n - de bits de ce convertisseur ;
3. Donner l'expression du courant I_0 en fonction de I_{ref} et du nombre N_c ;
4. L'amplificateur opérationnel AO₈ travaille en mode **linéaire**, pourquoi ?
5. Donner l'expression de V_c en fonction de I_0 et R_L ;
6. En déduire l'expression de V_c en fonction de V_{ref} , R_L , R_{ref} et du nombre N_c ;
7. Mettre V_c sous la forme $V_c = K.N_c$ et donner l'expression de K et N_c en précisant la **signification de K** (donner N_c en fonction des bits RD₇, RD₆, RD₅, RD₄, RD₃, RD₂, RD₁ et RD₀) ;
8. Calculer la valeur de R_L pour avoir $V_c = 0.01.N_c$;
9. Compléter le **tableau** sur le document DREP 14 page 40 ;

Tâche 5

Etude de la chaîne de retour

/ pts

Pour la capture de la vitesse N_c , on utilise une génératrice tachymétrique ; qui délivre une tension proportionnelle à sa vitesse de rotation. Son principal domaine d'application se situe dans la régulation de vitesse d'un moteur électrique.

Pour atténuer l'ondulation sur la tension de sortie, un filtrage peut s'avérer nécessaire. La fréquence de coupure du filtre est donnée par: $f_c = 1 / (2.\pi.R.C)$

Sur le document ressource **DRES 10 page 19**, on donne le diagramme de Bode de ce filtre.

Répondre sur le document **DREP 15 page 41**

- Donner l'expression de la fonction de transfert $\underline{T} = \underline{V_s} / \underline{V_T}$ de ce filtre ;
- En déduire l'expression du **module** de $\underline{T}$ et son **argument** ;
- Donner la **nature** de ce filtre ;
- Calculer graphiquement le gain - G_{max} - et l'amplification maximale - A_{max} - ;
- Ce filtre, est-il **actif** ou **passif** ;
- Donner la définition de la fréquence de **coupure** ;
- Calculer la fréquence de coupure de ce filtre - f_c - ;
- En déduire sa **bande passante** ;
- Pour $R = 100\text{ K}\Omega$, calculer la valeur de C ;
- Pour $V_T = V_{T0} + 0,1.\sin(2.\pi.1000.t) + 0,1.\sin(2.\pi.2000.t) + 0,1.\sin(2.\pi.3000.t)$, donner l'expression de V_s ($V_s = V_{T0}$ pour les fréquence $< 0,1\text{Hz}$ et $V_{T0} = 0,01N_s$) ;
- Le signal V_T est un signal continu, avec une ondulation de fréquence 1000Hz;
 - Que représente le signal **continu** V_{T0} ;
 - Que représente le signal de **fréquence 1000Hz** ;
 - Que représentent les signaux de **fréquences 2000Hz et 3000Hz** ;

Tâche 6

Diagramme fonctionnel de l'asservissement

/ pts

On donne pour le bloc F_5 (Hacheur + moteur) : $N_s = P.V_B$

- Compléter sur le document **DREP 16 page 42**, le **schéma fonctionnel** de l'asservissement de vitesse - Figure 1 -, lorsque tous les interrupteurs - K_1 , K_2 et K_3 - sont fermés ;
- Compléter sur le document **DREP 16 page 42**, le **schéma fonctionnel** de l'asservissement de vitesse - Figure 2 -, lorsque l'interrupteur K_1 est fermé seul ;
- Compléter alors, sur le document **DREP 16 page 42**, le **schéma fonctionnel simplifié** de l'asservissement de vitesse - Figure 3 et 4 -, lorsque l'interrupteurs K_1 est fermé seul ;

Répondre sur le document **DREP 17 page 43**

- Donner l'expression réduite (simplifiée) de la transmittance $T = N_s / N_c$;
- Sur le document **DRES 11 page 20** figure 5, on a relevé la tension V_s image de N_s à V_c égale à un échelon de $3v$.
 - Déterminer la valeur du dépassement D ;
 - Déterminer le temps de réponse tr à 5% ;
 - Déterminer l'erreur statique ϵ ;
 - Déterminer l'erreur statique relative ϵ_r en % ;
- Sur le document **DRES 11 page 20** figure 6, on a relevé la tension V_s image de N_s ($V_c = 3v$), après avoir fermé l'un des autres interrupteurs ;
 - Quel est **interrupteur** on a fermé ?
 - Déterminer la valeur du 1^{er} dépassement D_1 ;
 - Déterminer le temps de réponse tr à 5% ;
 - Déterminer l'erreur statique ϵ ;
 - Quelle est la différence entre les **deux courbes** ? ;
- Donner une solution pour **éliminer ce dépassement** ;

SEV 5

Etude de la régulation de température du chauffe-eau

/ pts

RESSOURCES A EXPLOITER : DRES 12 page 21

Le chauffe-eau est entouré de trois résistances chauffantes réparties sur la garniture externe. Ces résistances sont montées en étoile (équilibré) et alimentées par le réseau triphasé équilibré 220V/380V-50Hz.

Un capteur de température immergé dans le chauffe-eau permet de délivrer une tension U_t proportionnelle à la température θ_s (5 mV/°C).

La commande des résistances chauffantes est assurée par le montage du document DRES 12 page 21.

Tâche 1

Equations du système

/ pts

Répondre sur le document DREP 18 page 44

1. Sachant que le potentiomètre de consigne est linéaire, donner l'expression de U_c en fonction de θ_c , température consigne ;
2. Donner l'expression de U en fonction de U_c ;
3. En déduire, l'expression de U en fonction de θ_c ;
4. Donner l'expression de U_r en fonction de U_t ;
5. En déduire, l'expression de U_r en fonction de θ_s ;
6. Donner l'expression de U_ε en fonction de U et U_r ;
7. En déduire, l'expression de U_ε en fonction de θ_s et θ_c ;
8. L'amplificateur opérationnel AO₁₁, travaillent en mode *non linéaire*, pourquoi ?
9. On donne pour l'amplificateur opérationnel AO₁₁, $U_B = A.U_\varepsilon$ avec $A = +\infty$. Donner la valeur de U_B pour :

9.1. $U_\varepsilon > 0$;

9.2. $U_\varepsilon = 0$;

9.3. $U_\varepsilon < 0$;

Tâche 2

Diagramme fonctionnel de la régulation

/ pts

On donne pour le bloc F₁₂ (Transistor + résistances chauffantes) :

$$\theta_s = K.U_B$$

Répondre sur le document DREP 19 page 45

1. Compléter le *schéma fonctionnel* de la régulation de température du chauffe-eau (Figure 7) ;
2. Compléter le *schéma fonctionnel simplifié* de la régulation de température du chauffe-eau (Figure 8) ;
3. Donner l'expression réduite (simplifiée) de la transmittance $T = \theta_s / \theta_c$;
4. Pour différentes valeur du gain de la chaîne directe $G = A.K$, on donne sur le document DRES 13 page 22, les courbes de réponse du système régulé à une consigne de $\theta_c = 100^\circ\text{C}$;
On demande de déterminer pour chaque valeur de G l'erreur absolue ε et l'erreur relative $\varepsilon\%$ du système ;
5. Compléter la phrase suivante :
Si K augmente le système devient pluset la stabilité
6. Donner une solution pour corriger *la stabilité* ;

SEV 6

Acquisition et affichage de la température

/ pts

Pour l'acquisition et l'affichage de la température du chauffe-eau, le distributeur de boissons chaudes utilise une carte électronique à base d'un 2^{ème} microcontrôleur de type 16 F 887 équipé d'un thermocouple (capteur de température, utilisé dans la carte de régulation), dont la caractéristique est donnée sur le document **DRES 15 page 24**.

Le schéma de cette carte est donné sur le document **DRES 14 page 23**.

Tâche 1

Acquisition de la température

/ pts

RESSOURCES A EXPLOITER : **DRES 14, 15 page 23, 24**

Répondre sur le document **DREP 20 page 46**

1. D'après la caractéristique du capteur U_t en fonction de θ_s , ce capteur est-il **linéaire** ou **non linéaire** ? justifier votre réponse ;
2. Ce capteur est-il **passif** ou **actif** ? justifier votre réponse ;
3. On peut considérer le capteur comme linéaire dans la plage de température comprise entre 0°C et 100°C ; calculer alors la **sensibilité** de ce capteur dans cette plage ;
4. En déduire, alors l'expression de U_t en fonction de θ_s ;
5. Donner l'expression de U_s en fonction de U_t , puis en fonction de θ_s ;
6. On veut que V_s soit égale à 5 v pour θ_s égale à 100°C , calculer alors la valeur de R_{15} ;

Tâche 2

Conversion Analogique Numérique

/ pts

RESSOURCES A EXPLOITER : **DRES 14, 16 page 23, 25 et 26**

La température θ_s du chauffe-eau, du distributeur de boissons chaudes doit être régulée dans une plage de température comprise entre 100°C et 90°C . La tension U_s image de θ_s est convertie par le module CAN (Convertisseur Analogique Numérique) intégré au PIC16F877. On donne pour le PIC 16 F 877 :

- ❖ $RA0$: Entrée pour l'acquisition de la tension U_s image de la température θ_s ;
- ❖ $VREF+ = VDD = 5V$ et $VREF- = VSS = 0V$.

Répondre sur le document **DREP 20 page 46**

1. Donner la nature de l'entrée **$RA0$** ;
2. Donner l'expression du nombre **N** -résultat de la conversion- en fonction de **U_s** ;
3. Déterminer les valeurs de **V_s** correspondantes à 100°C et à 90°C ;
4. Déterminer les valeurs du mot **N** exprimées en hexadécimal correspondantes à 100°C et à 90°C ;

Tâche 3

Affichage de la température

/ pts

RESSOURCES A EXPLOITER : **DRES 04, 07, 14, 15, 16 page 13, 16, 23, 24, 25 et 26**

L'affichage de la température se fait en décimal par 3 afficheurs 7 segments, équipé chacun d'un décodeur BCD/7 segments et d'un Latch 4 bits - verrou à 4 bascules D - .
CONVERSION_BCD est un sous programme qui permet de convertir la valeur numérique résultat du convertisseur CAN (ADRESH : ADRESL) en un nombre exprimé en $^\circ\text{C}$, en décimal (code BCD) et stocké dans les cases mémoires appelées Unite_0 (pour les unités), Dizaine_0 (pour les dizaines) et Centaines_0 (pour les centaines) ;

Page	Système n°6	DISTRIBUTEUR DE BOISSONS	Lycée Technique Mohammedia	Sujet
9 / 48		Classe : 2STE	Prof : MAHBAB	A.T.C

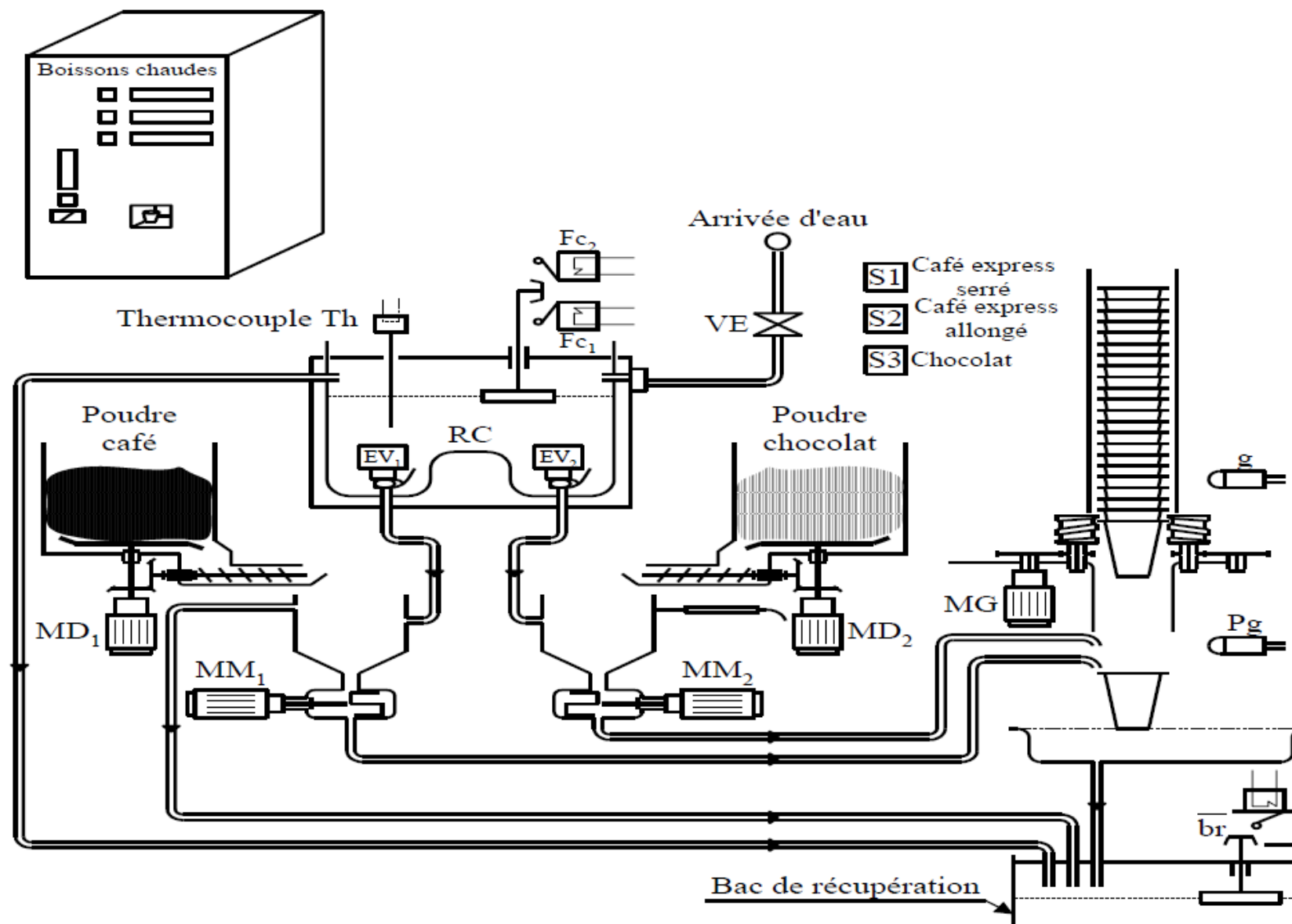
Si $N = 3F_H$ alors $N = 127$ en décimal $N = 128 = 0001.0010.0111$ en BCD
Donc, après appelle du sous programme CONVERSION_BCD :

Unité_θ = 0000.0001
Dizaine_θ = 0000. 0010
Centaines_θ = 0000. 0111

1. Sur le document DREP 21 page 47, compléter l'*organigramme* d'acquisition et d'affichage de la température du chauffe-eau, ;
2. Sur le document DREP 22 page 48, compléter le programme d'*initialisation* du microcontrôleur 16 F 877 de la carte d'acquisition et d'affichage de la température du chauffe-eau ;
3. Sur le document DREP 22 page 48, compléter le *programme* d'acquisition et d'affichage de la température du chauffe-eau, correspondant à l'organigramme du DRES 16 page 25;

DRES 01

Distributeur de boissons automatique



DRES 02

Tableau d'affectation d'Entrées/Sorties

Actions	Actionneur	Ordres	Sortie PIC
Préparer une dose de Café en poudre	Moteur MD1	KMD1	RB0
Préparer une dose de chocolat en poudre	Moteur MD2	KMD2	RB1
Mixer le café avec l'eau et le déverser dans le Goblet	Moteur MM1	KMM1	RB2
Mixer le chocolat avec l'eau et le déverser dans le Goblet	Moteur MM2	KMM2	RB3
Libérer un Goblet	Moteur MG	KMG	RB4
Ajouter la dose d'eau correspondante au café	Vanne EV1	KMV1	RB5
Ajouter la dose d'eau correspondante au chocolat	Vanne EV2	KMV2	RB6

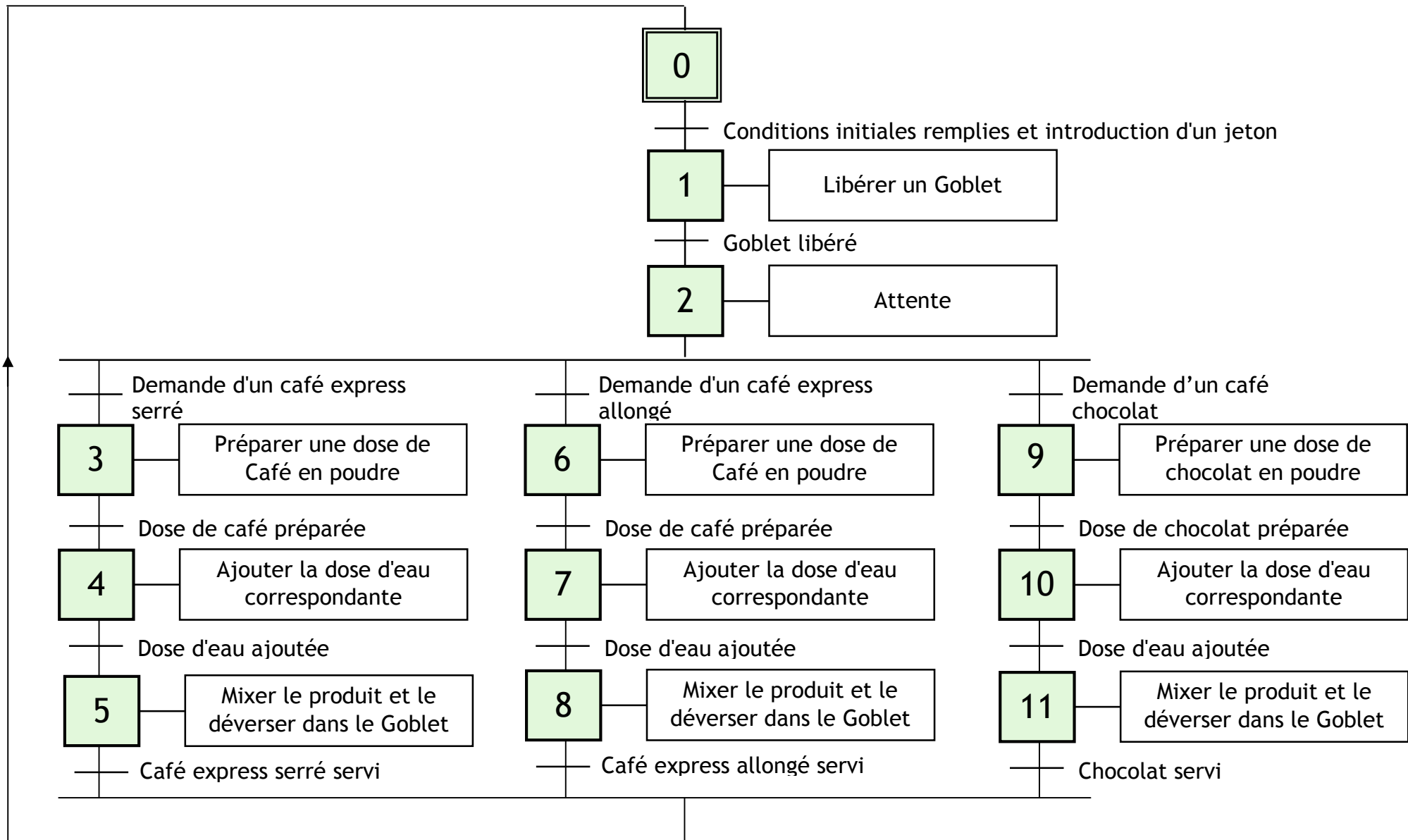
Compte - rendu	temporisation	Mnémonique	
Dose de café en poudre préparée	Fin temporisation T1	T1	Sous programme
Dose d'eau d'un café express serré ajoutée	Fin temporisation T2	T2	Sous programme
Café express serré servi	Fin temporisation T3	T3	Sous programme
Dose d'eau d'un café express allongé ajoutée	Fin temporisation T4	T4	Sous programme
Café express allongé servi	Fin temporisation T5	T5	Sous programme
Dose de chocolat en poudre préparée	Fin temporisation T6	T6	Sous programme
Dose d'eau d'un café chocolat ajoutée	Fin temporisation T7	T7	Sous programme
Café chocolat servi	Fin temporisation T8	T8	Sous programme

Compte - rendu	Capteur	Mné.	Entrée PIC
Jeton introduit	Détecteur à action mécanique	m	RA0
Goblet libéré	Détecteur à action mécanique	Pg	RA1
Conditions initiales remplies		X	RA2
- Présence Goblet dans le magasin à Gobelets	Détecteur à action mécanique	g	-
- Bac de récupération non rempli	D. à action mécanique + flotteur	br	-
- Commutateur de chauffage actionné	Commutateur à 2 positions	cc	-
- Eau dans le chauffe-eau est chauffée.	Détecteur de t° 'thermocouple'	th	-
- Niveau d'eau dans le chauffe-eau suffisant	D. à action mécanique + flotteur	fc1	-

Consigne	Bouton	Entrée PIC
Demande d'un café express serré	S1	RA3
Demande d'un café express allongé	S2	RA4
Demande d'un café chocolat	S3	RA5
Ordre de chauffage de l'eau	cc	-

DRES 03

GRAFCET du point de vue système



DRES 04

Résumé du jeu d'instruction du 16F877

Mnemonic, operands		Description	Cycles	14-bit opcode				Status affected	Notes
				MSB		LSB			
BYTE ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS									
ADDWF	f,d	Add W and f	1	00	0111	dfff	ffff	C, DC, Z	1,2
ANDWF	f,d	AND W with f	1	00	0101	dfff	ffff	Z	1,2
CLRF	f	Clear f	1	00	0001	1fff	ffff	Z	2
CLRWF	-	Clear W	1	00	0001	0xxx	xxxx	Z	
COM	f,d	Complement f	1	00	1001	dfff	ffff	Z	1,2
DECF	f,d	Decrement f	1	00	0011	dfff	ffff	Z	1,2
DECFSZ	f,d	Decrement f, skip if 0	1(2)	00	1011	dfff	ffff		1,2,3
INCF	f,d	Increment f	1	00	1010	dfff	ffff	Z	1,2
INCFSZ	f,d	Increment f, skip if 0	1(2)	00	1111	dfff	ffff		1,2,3
IORWF	f,d	Inclusive OR W with f	1	00	0100	dfff	ffff	Z	1,2
MOVF	f,d	Move f	1	00	1000	dfff	ffff	Z	1,2
MOVWF	f	Move W to f	1	00	0000	1fff	ffff		
NOP	-	No operation	1	00	0000	0xx0	0000		
RLF	f,d	Rotate Left f through Carry	1	00	1101	dfff	ffff	C	1,2
RRF	f,d	Rotate Right f through Carry	1	00	1100	dfff	ffff	C	1,2
SUBWF	f,d	Subsract W from f	1	00	0010	dfff	ffff	C, DC ,Z	1,2
SWAPF	f,d	Swap nibbles in f	1	00	1110	dfff	ffff		1,2
XORWF	f,d	Exclusive OR W with f	1	00	0110	dfff	ffff	Z	1,2
BIT ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS									
BCF	f,d	Bit clear f	1	01	00bb	bfff	ffff		1,2
BSF	f,d	Bit set f	1	01	01bb	bfff	ffff		1,2
BTFSC	f,d	Bit test f, skip if clear	1(2)	01	10bb	bfff	ffff		3
BTFSS	f,d	Bit test f, skip if set	1(2)	01	11bb	bfff	ffff		3
LITERAL AND CONTROL OPERATIONS									
ADDLW	k	Add literal and W	1	11	111x	kkkk	kkkk	C, DC, Z	
ANDLW	k	AND literal With W	1	11	1001	kkkk	kkkk	Z	
CALL	k	Call subroutine	2	10	0kkk	kkkk	kkkk		
CLRWDT	-	Clear watchdog Timer	1	00	0000	0101	0100	TO, PD	
GOTO	k	Go to address	2	10	1kkk	kkkk	kkkk		
IORLW	k	Inclusive OR literal With W	1	11	1000	kkkk	kkkk	Z	
MOVLW	k	Move literal to W	1	11	00xx	kkkk	kkkk		
RETFIE	-	Return from interrupt	2	00	0000	0000	1001		
RETLW	k	Return with literal to W	2	11	01xx	kkkk	kkkk		
RETURN	-	Return from subroutine	2	00	0000	0000	1000		
SLEEP	-	Go into standby mode	1	00	0000	0110	0011	TO, PD	
SUBLW	k	Subtract W from literal	1	11	110x	kkkk	kkkk	C, DC, Z	
XORLW	k	Exclusive OR literal With W	1	11	1010	kkkk	kkkk	Z	

Configuration des PORTs

Tous les ports sont pilotés par deux registres :

- ❖ Le registre de **PORTx**, si le **PORT x** ou certaines lignes de **PORT x** sont configurées en sortie, ce registre détermine l'état logique des sorties.
- ❖ Le registre **TRISx**, c'est le registre de direction. Il détermine si le **PORTx** ou certaines lignes de Port sont en entrée ou en sortie. L'écriture d'un **1** logique correspond à une entrée (1 comme Input) et l'écriture d'un **0** logique correspond à une sortie (0 comme Output).

Remarque :

Les registres **TRISx** appartiennent à la **BANQUE 1** des **SFR**. Lors de l'initialisation du **µC** il ne faut pas oublier de changer de page mémoire pour les configurer.

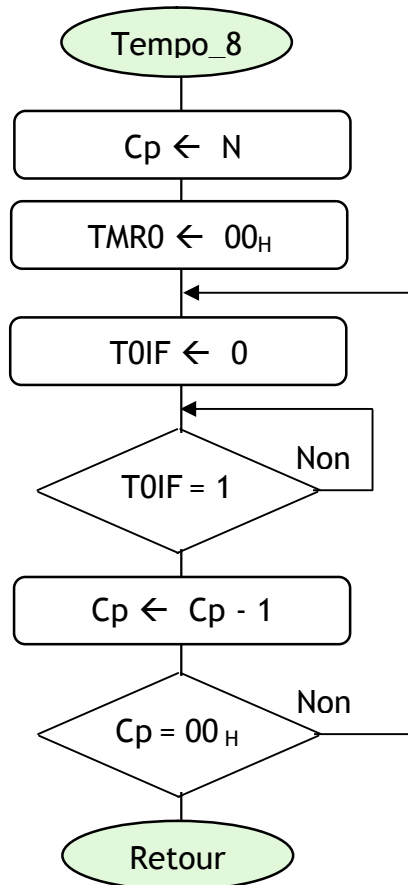
Pour accéder aux banques mémoire, on utilise le bit **RP₀** et le bit **RP₁** (5^{ème} et 6^{ème} bit du registre STATUS).

Voir le document ressource **DRES 07**.

DRES 05

TIMER0 et sous programme Tempo 8

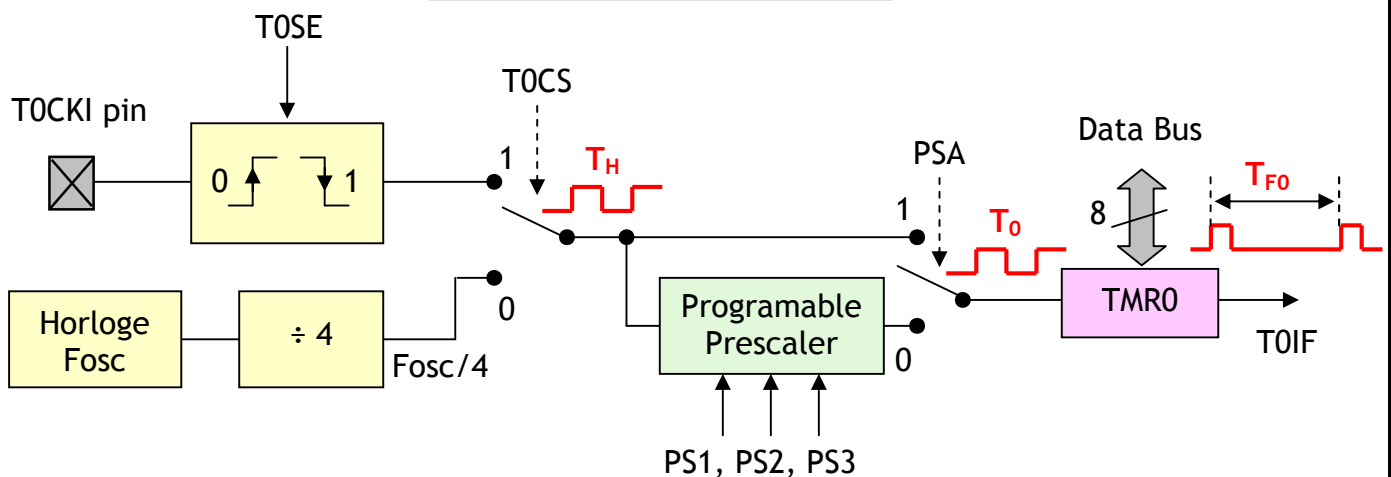
Organigramme Tempo_8



TEMPO_8 : un sous programme de temporisation de 8 s. Ce sous programme de temporisation, utilise le TIMER 0 pour compter un temps T8 de 8 s, selon la configuration suivante :

- ❖ Le TIMER0 utilise l'horloge interne Fosc (/4)
- ❖ Fosc = 4 MHz
- ❖ Rapport de division de l'horloge 256.

Structure simplifiée du TIMER0



Calcul de la temporisation

En résumé, chaque fois que le compteur complète un tour, le drapeau TOIF se lève. Si on note T_H la période de l'horloge source, T_0 l'horloge de TMRO et T_{F0} le temps qui sépare 2 levés de drapeau successifs :

- ❖ Sans prédiviseur : $T_{F0} = 256 T_0 = 256 T_H$
- ❖ Avec prédiviseur : $T_{F0} = 256 T_0 = 256 \times (DIV \times T_H)$
- ❖ Avec prédiviseur et compteur N dans le programme : $T = N \times T_{F0} = N \times 256 \times (DIV \times T_H)$

DRES 06

Les registres OPTION et INTCON

Registre OPTION

bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
RBPU	INTEDG	TOCS	TOSE	PSA	PS2	PS1	PS0

BIT 6: **INTEDG -INTerrupt EDGe-**

INTEDG=1 alors la broche RBO/INT génère une interruption sur un front montant.
INTEDG=0 alors la broche RBO/INT génère une interruption sur un front descendant.

BIT 5: **TOCS -TMRO Clock Source-**

Il permet de sélectionner le mode de fonctionnement du Timer/Compteur.
TOCS=1 sélection de l'horloge externe (broche RA4) qui correspond au COMPTEUR.
TOCS=0 sélection de l'horloge interne et permet au module de travailler en mode TIMER.

BIT 4: **TOSE -TMRO Source Edge-**

Ce bit détermine sur quel front -montant ou descendant- l'entrée RA4 incrémentera le registre TMRO.

TOSE=1 Front descendant.

TOSE=0 Front montant.

Bit 3: **PSA -PreScaler Assignment-**

PSA=1 alors le Prescaler est associé avec le WDT.

PSA=0 alors le Prescaler est associé avec le TIMER.

Bit 0, 1, 2: **PS0, PS1, PS2 - Prescaler Select -**

Ces trois bits effectuent une division de la fréquence d'horloge du Prescaler.

PS2	PS1	PS0	RATIO TMRO	RATIO WDT
0	0	0	1:2	1:1
0	0	1	1:4	1:2
0	1	0	1:8	1:4
0	1	1	1:16	1:8
1	0	0	1:32	1:16
1	0	1	1:64	1:32
1	1	0	1:128	1:64
1	1	1	1:256	1:128

Registre INTCON

bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
GIE	EEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF

BIT 2: **TOIF -TMRO Overflow Interrupt Flag-**

Ce drapeau indique un dépassement du registre TMRO (passage de FF à 00).

TOIF=1 dépassement de TMRO.

TOIF=0 pas de dépassement.

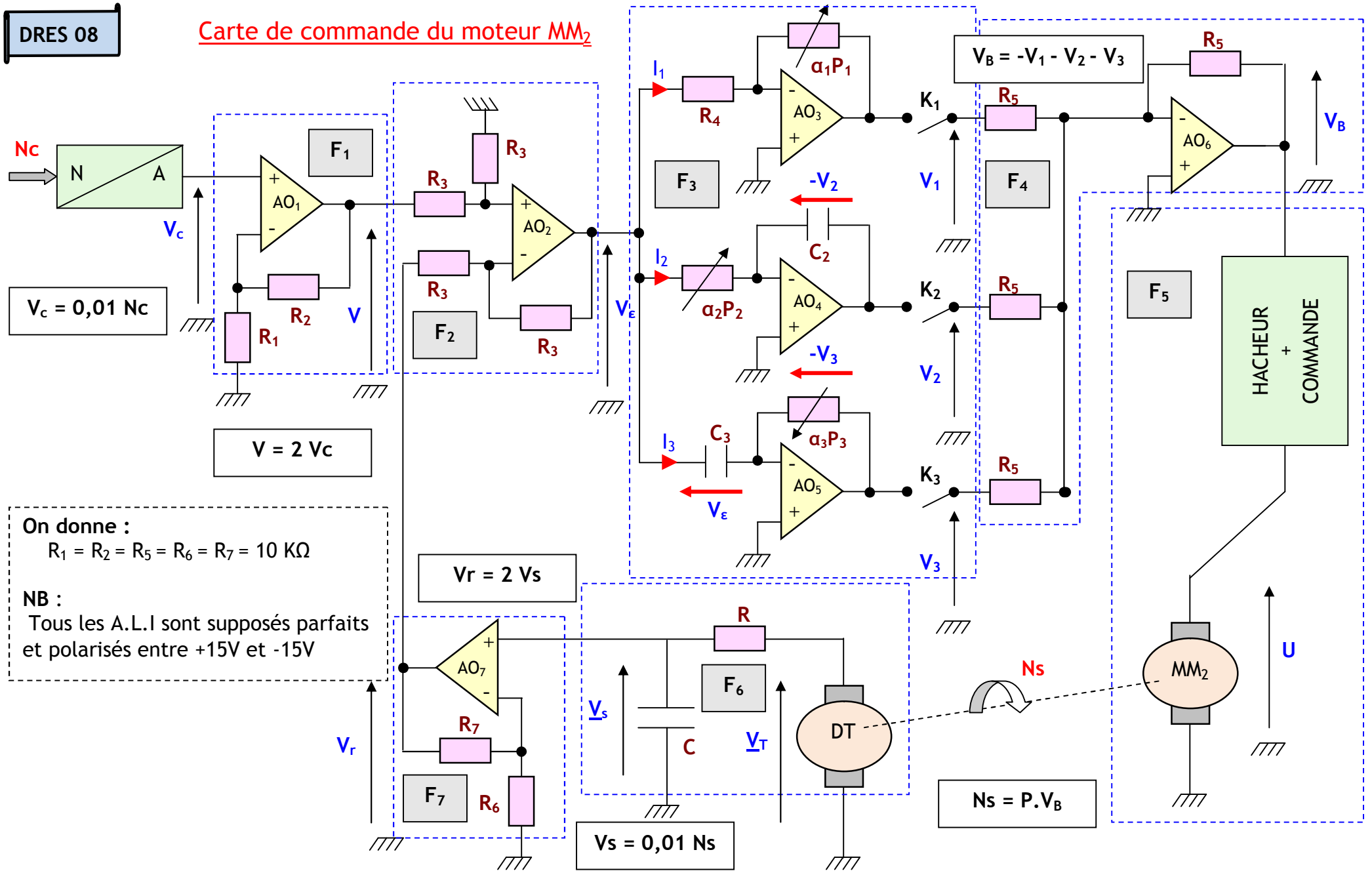
DRES 07

Plan mémoire du 16F877

Le plan mémoire des données et des registres internes est découpé en 4 zones ou Bank de 128 octets, pour accéder à une zone il faut positionner les bits **RP₀** (bit 5) et **RP₁** (bit 6) du registre **STATUS**.

RP ₁ : RP ₀	BANK sélectionnée
00	Bank 0 de 000 _H à 07F _H
01	Bank 1 de 080 _H à 0FF _H
10	Bank 2 de 100 _H à 17F _H
11	Bank 3 de 180 _H à 1FF _H

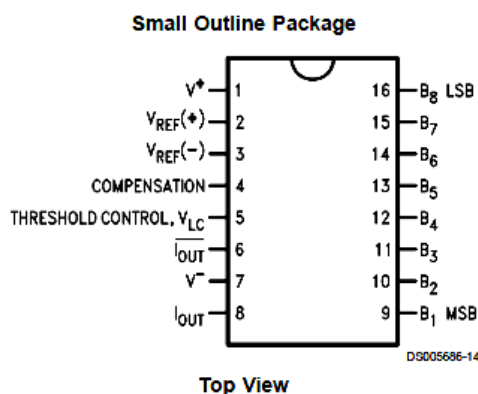
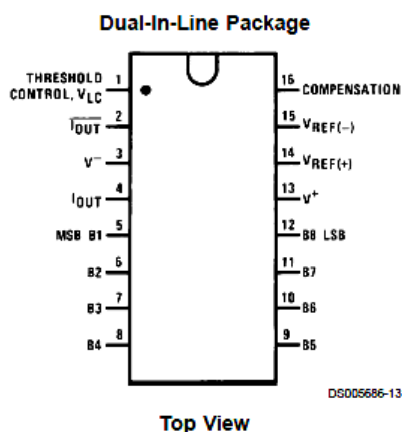
Indirect Addr	000 _H	Indirect Addr	080 _H	Indirect Addr	100 _H	Indirect Addr	180 _H
TMR0	001 _H	OPTION	081 _H	TMR0	101 _H	OPTION	181 _H
PCL	002 _H	PCL	082 _H	PCL	102 _H	PCL	182 _H
STATUS	003 _H	STATUS	083 _H	STATUS	103 _H	STATUS	183 _H
FSR	004 _H	FSR	084 _H	FSR	104 _H	FSR	184 _H
PORTA	005 _H	TRISA	085 _H		105 _H		185 _H
PORTB	006 _H	TRISB	086 _H	PORTB	106 _H	TRISB	186 _H
PORTC	007 _H	TRISC	087 _H		107 _H		187 _H
PORTD	008 _H	TRISD	088 _H		108 _H		188 _H
PORTE	009 _H	TRISE	089 _H		109 _H		189 _H
PCLATCH	00A _H	PCLATCH	08A _H	PCLATCH	10A _H	PCLATCH	18A _H
INTCON	00B _H	INTCON	08B _H	INTCON	10B _H	INTCON	18B _H
PIR1	00C _H	PIE1	08C _H	EEDATA	10C _H	EECON1	18C _H
PIR2	00D _H	PIE2	08D _H	EEADR	10D _H	EECON2	18D _H
TMR1L	00E _H	PCON	08E _H	EEDATH	10E _H	Reserved	18E _H
TMRL2	00F _H		08F _H	EEADRH	10F _H	Reserved	18F _H
T1CON	010 _H		090 _H	General Purpose Register 16 Bytes	110 _H	General Purpose Register 16 Bytes	190 _H
TMR2	011 _H	SSPCON2	091 _H		111 _H		191 _H
T2CON	012 _H	PR2	092 _H		112 _H		192 _H
SSPBUF	013 _H	SSPADDD	093 _H		113 _H		193 _H
SSPCON	014 _H	SSPSTAT	094 _H		114 _H		194 _H
CCPR1L	015 _H		095 _H		115 _H		195 _H
CCPR1H	016 _H		096 _H		116 _H		196 _H
CCP1CON	017 _H		097 _H		117 _H		197 _H
RCSTA	018 _H	TXSTA	098 _H		118 _H		198 _H
TXREG	019 _H	SPBRG	099 _H		119 _H		199 _H
RCREG	01A _H		09A _H		11A _H		19A _H
CCPR2L	01B _H		09B _H		11B _H		19B _H
CCPR2H	01C _H		09C _H		11C _H		19C _H
CCP2CON	01D _H		09D _H		11D _H		19D _H
ADRESH	01E _H	ADRESL	09E _H		11E _H		19E _H
ADCON0	01F _H	ADCON1	09F _H		11F _H		19F _H
General Purpose Register 96 Bytes	020 _H	General Purpose Register 80 Bytes Accesses 070 _H - 07E _H	0A0 _H		120 _H	General Purpose Register 80 Bytes Accesses 070 _H - 07E _H	1A0 _H
			0EF _H		16F _H		1EF _H
			0F0 _H		170 _H		1F0 _H
			0FF _H		17F _H		1FF _H
BANK 0		BANK 1		BANK 2		BANK 3	



DRES 09

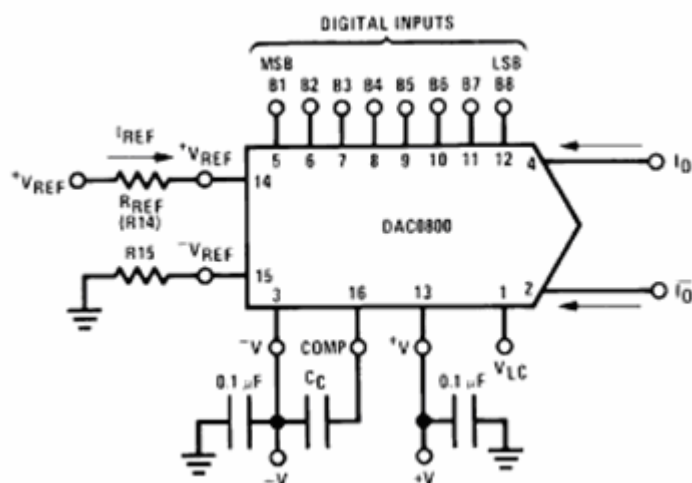
Caractéristiques du D.A.C 0800

Connection Diagrams



See Ordering Information

Typical Applications



$$I_{ref} = \frac{V_{ref}}{R_{ref}}$$

$$I_O = \frac{I_{ref}}{2^8} \cdot N = \frac{I_{ref}}{256} \cdot N$$

$$\bar{I}_O = \frac{I_{ref}}{2^8} \cdot \bar{N} = \frac{I_{ref}}{256} \cdot \bar{N}$$

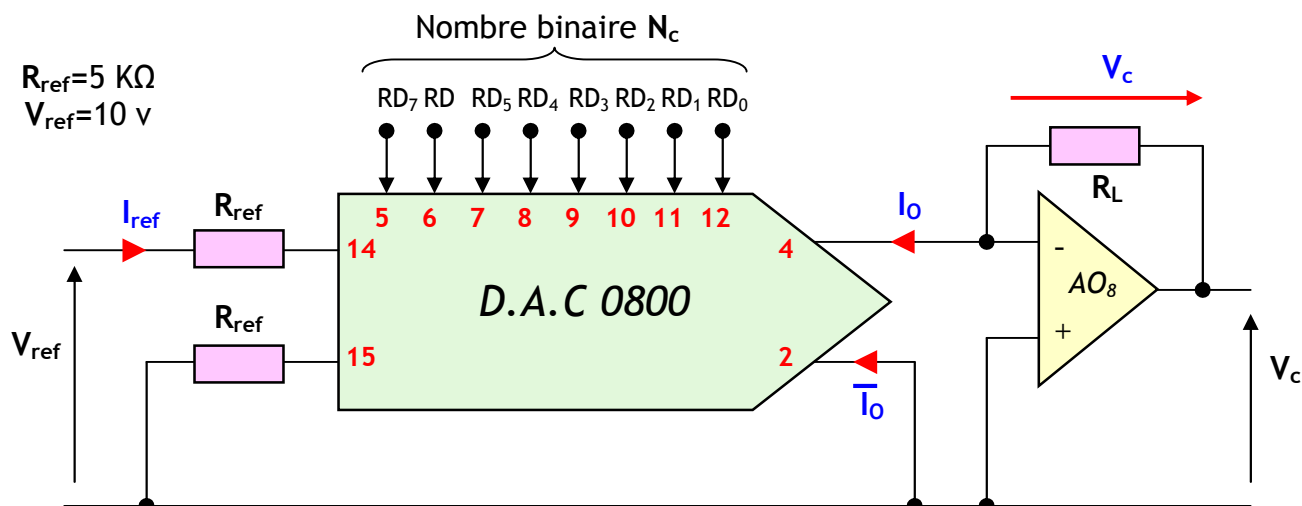
$$N_{(2)} = B_1 \cdot B_2 \cdot B_3 \cdot B_4 \cdot B_5 \cdot B_6 \cdot B_7 \cdot B_8$$

$$\bar{N}_{(2)} = \bar{B}_1 \cdot \bar{B}_2 \cdot \bar{B}_3 \cdot \bar{B}_4 \cdot \bar{B}_5 \cdot \bar{B}_6 \cdot \bar{B}_7 \cdot \bar{B}_8$$

$$N = 2^7 \cdot B_1 + 2^6 \cdot B_2 + 2^5 \cdot B_3 + 2^4 \cdot B_4 + 2^3 \cdot B_5 + 2^2 \cdot B_6 + 2^1 \cdot B_7 + 2^0 \cdot B_8$$

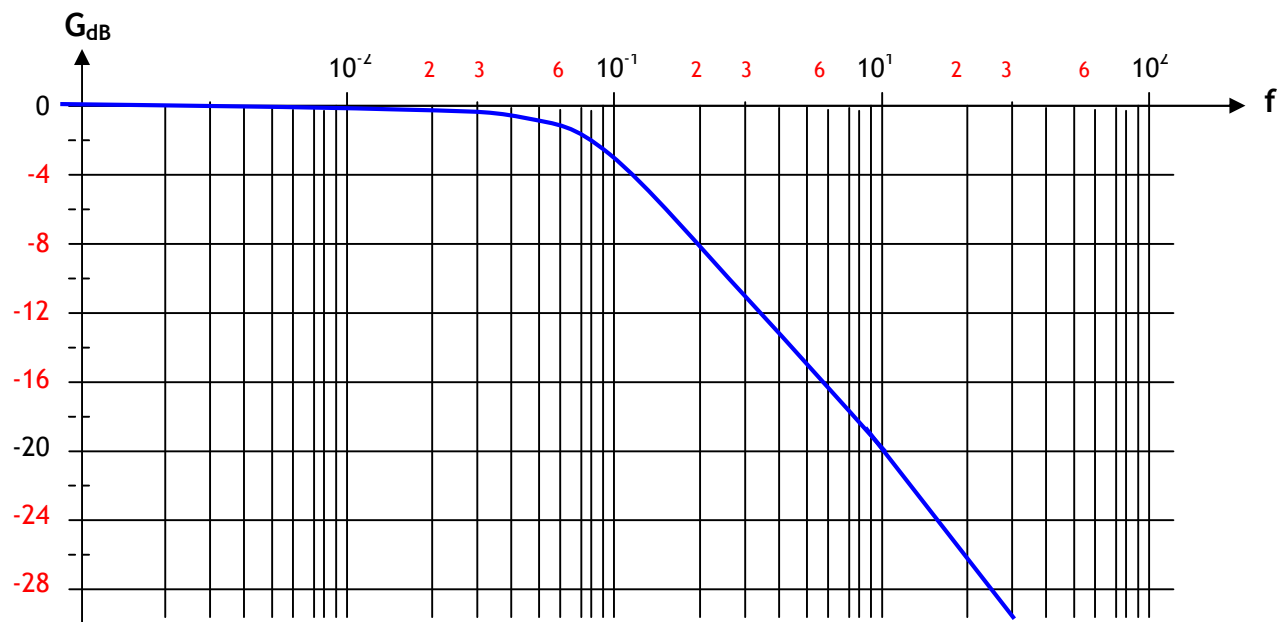
$$\bar{N} = 2^7 \cdot \bar{B}_1 + 2^6 \cdot \bar{B}_2 + 2^5 \cdot \bar{B}_3 + 2^4 \cdot \bar{B}_4 + 2^3 \cdot \bar{B}_5 + 2^2 \cdot \bar{B}_6 + 2^1 \cdot \bar{B}_7 + 2^0 \cdot \bar{B}_8$$

Montage du D.A.C 0800

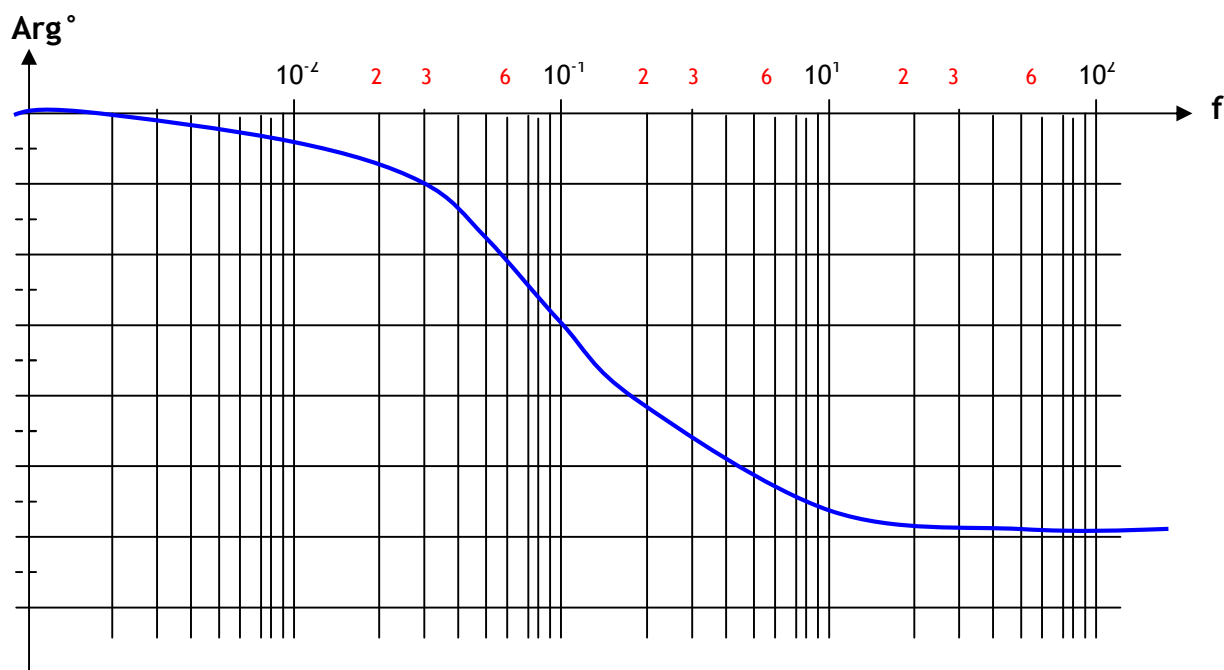


DRES 10

Diagramme de Bode du filtre étudié



Courbe de gain



Courbe d'argument

DRES 11

Réponse à un échelon

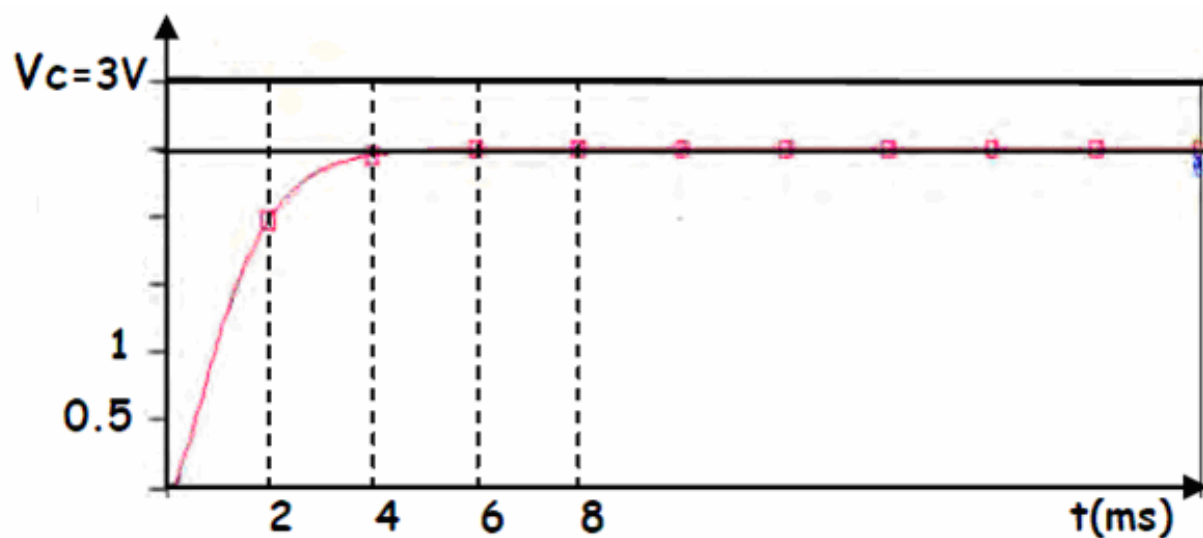


Figure 5

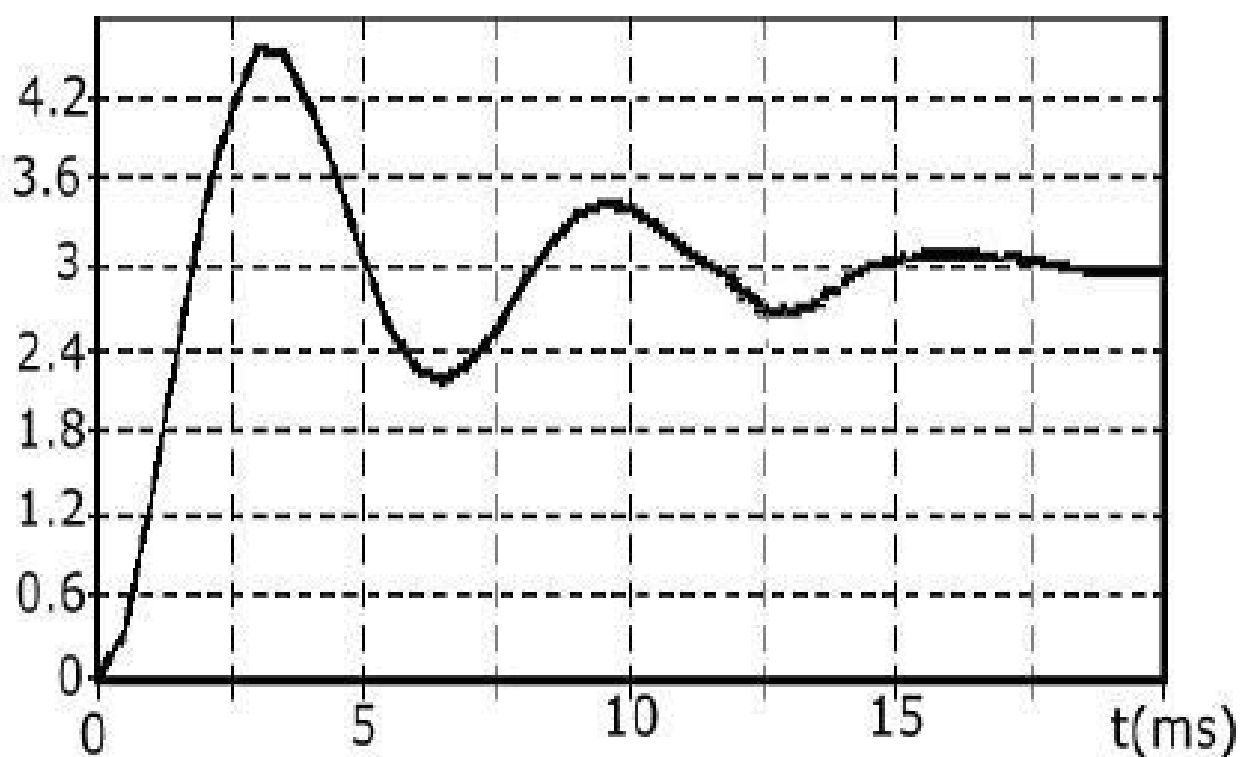
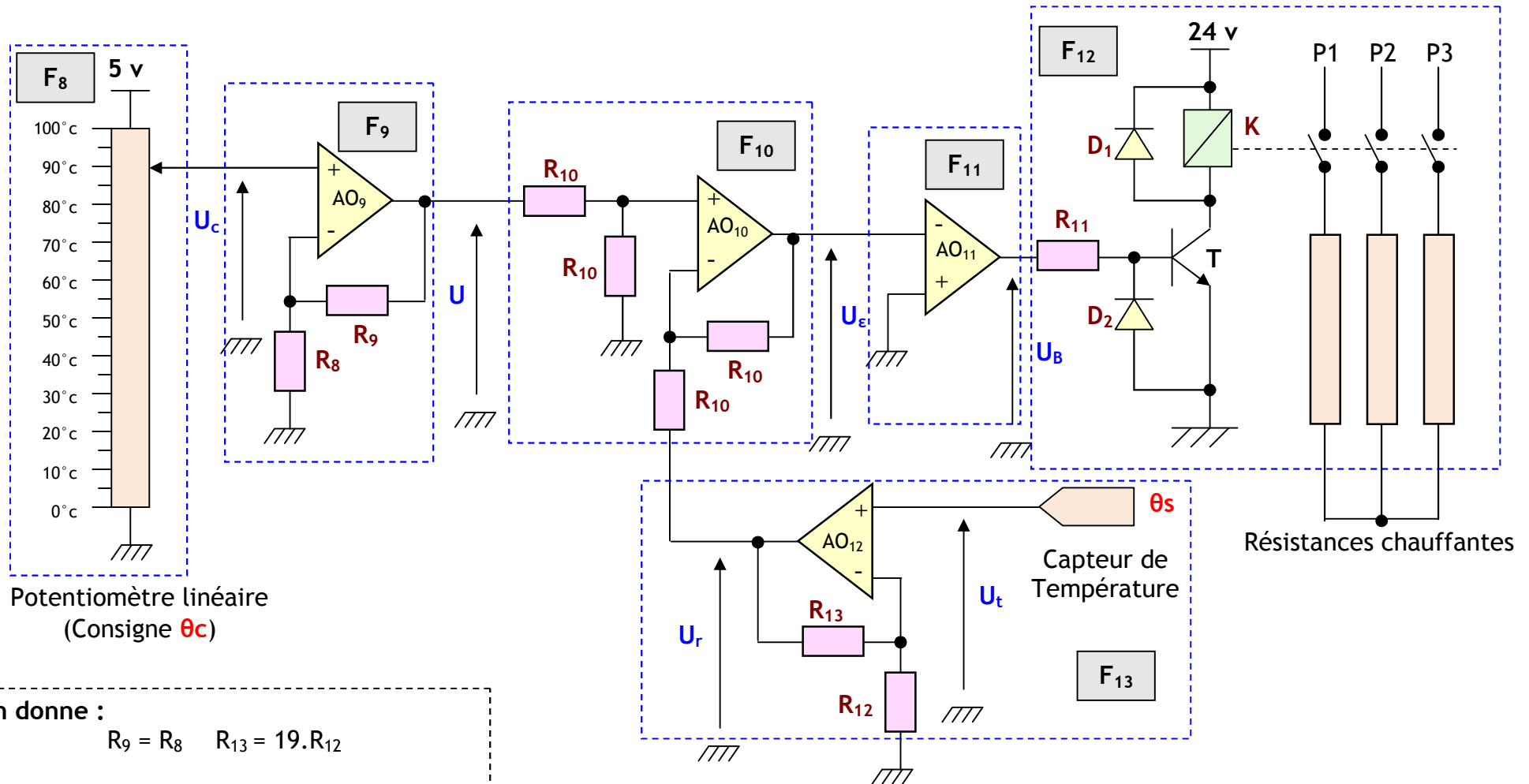


Figure 6

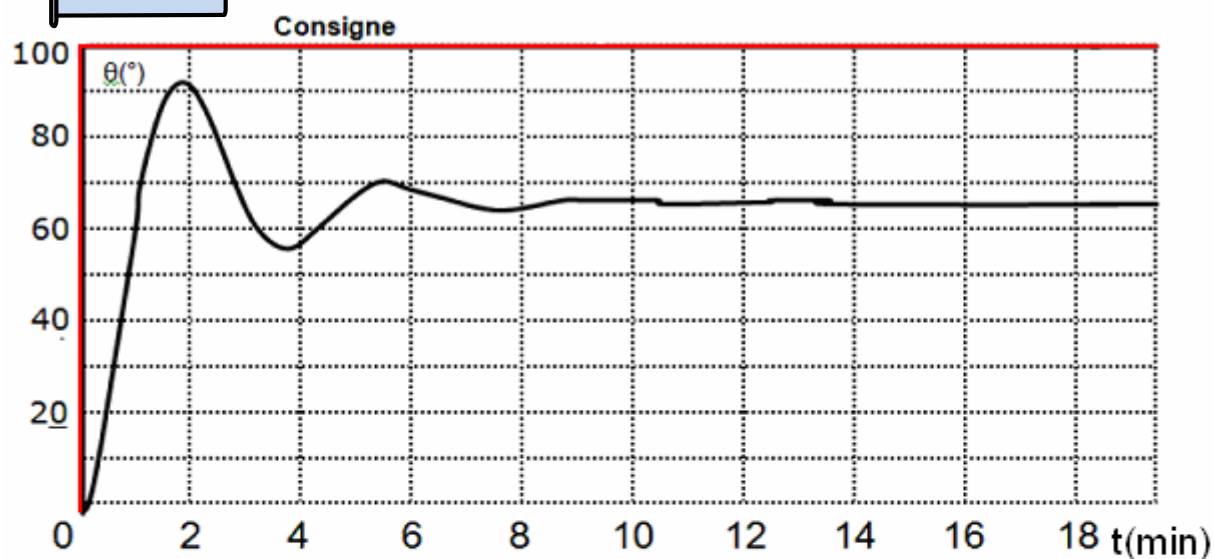
DRES 12

Carte de commande du chauffe-eau

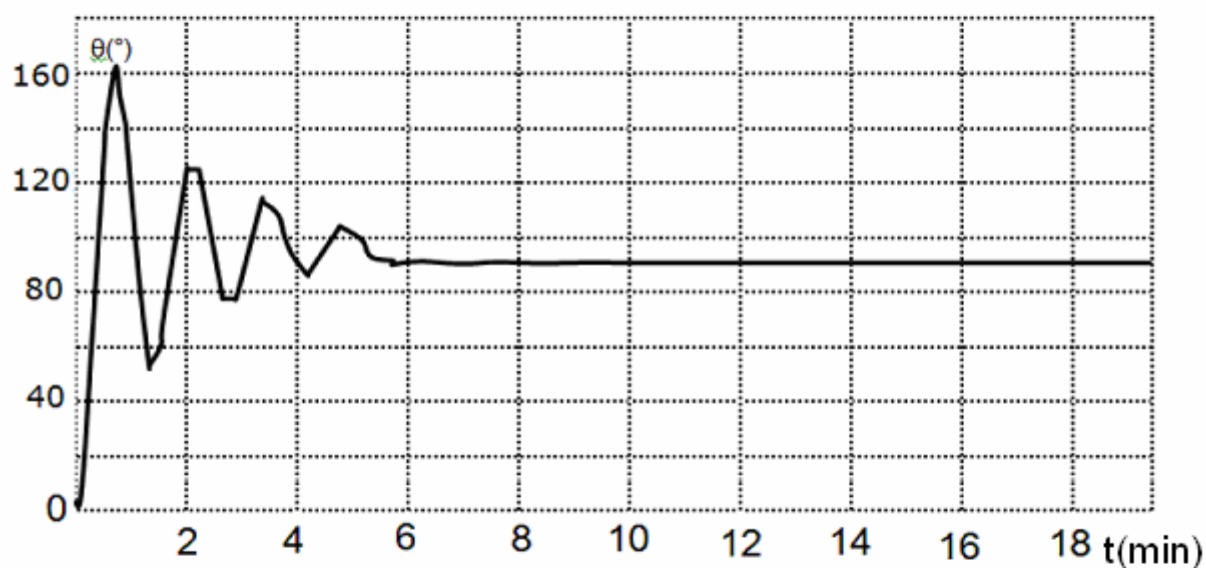


DRES 13

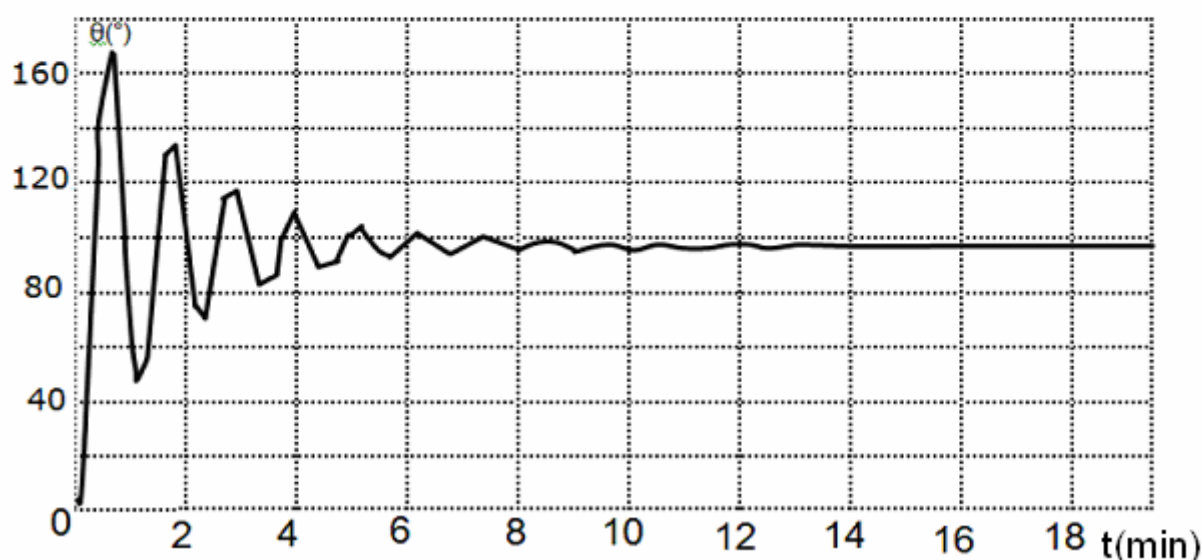
Réponse à $\theta_c = 100^\circ\text{C}$



$G = 2$



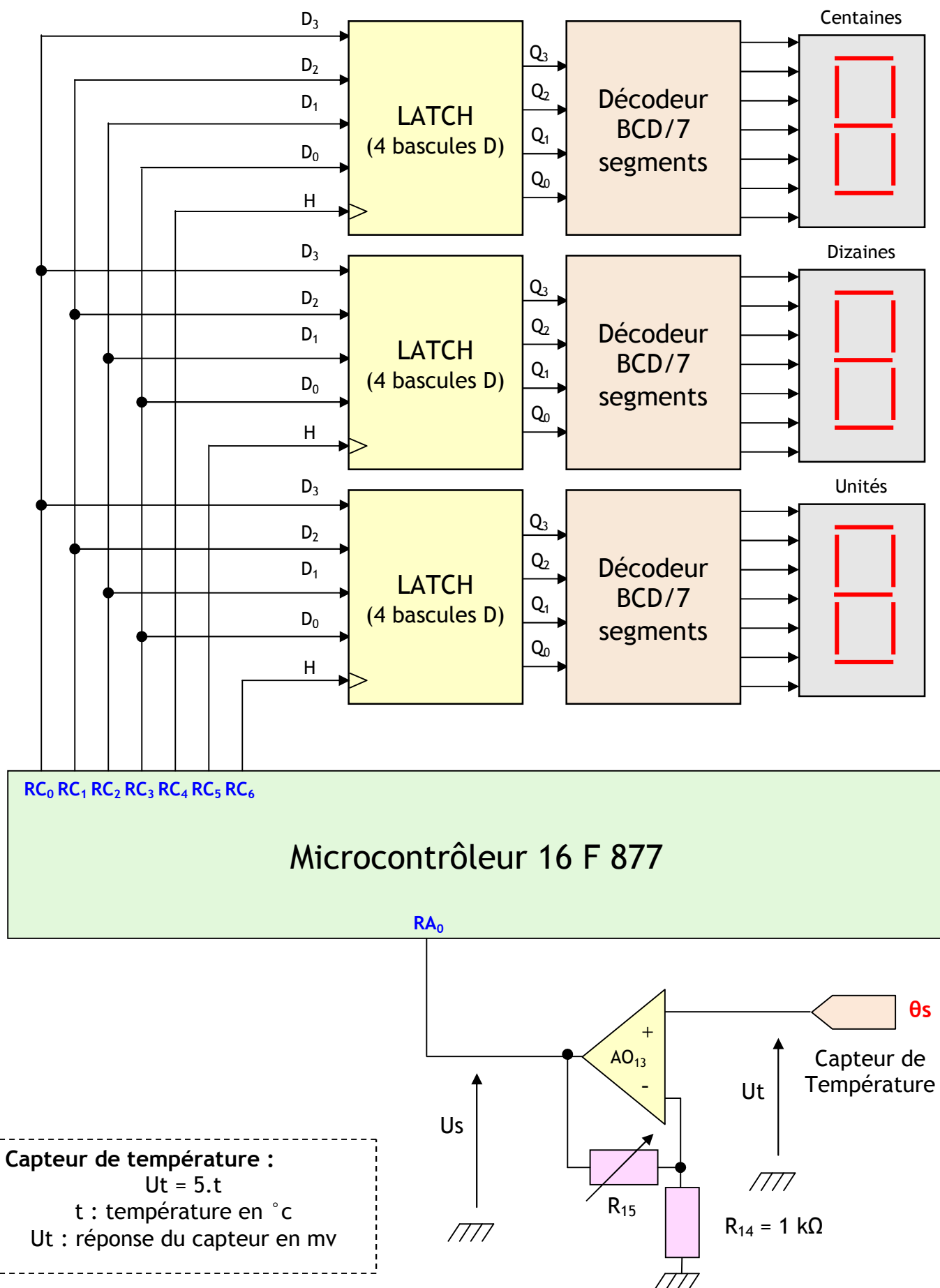
$G = 10$



$G = 20$

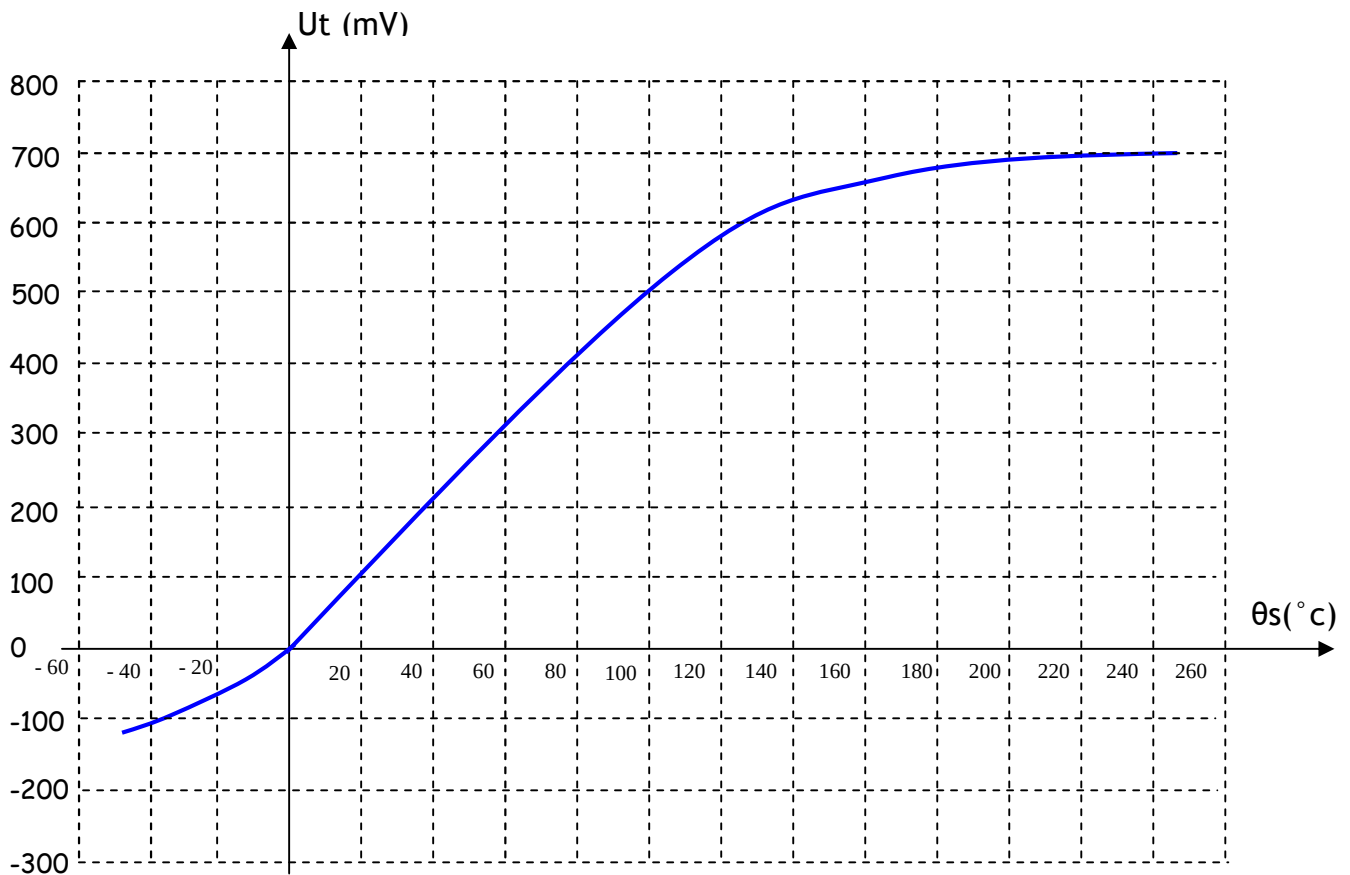
DRES 14

Carte d'affichage et d'acquisition de ° t



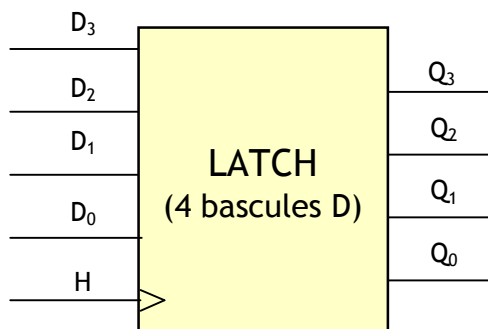
DRES 15

Caractéristique du capteur de température



Caractéristique du LATCH

C'est un verrou 4 bits (4 bascules D), les entrées D_3 , D_2 , D_1 et D_0 sont mémorisées respectivement, par les sorties Q_3 , Q_2 , Q_1 et Q_0 sur front montant du signal d'horloge H.



H	D	Q
0	x	q
1	x	q
↓	x	q
↑	0	0
↑	1	1

Mémorisation de l'état précédent des sorties

Transfert des entrées vers les sorties ($Q \leftarrow D$)

Pour afficher par exemple un nombre N sur les trois afficheurs 7 segments, par exemple $N = 80_H$, on effectue les opérations suivantes :

- ❖ Convertir N en BCD, ce qui nous donne $N = 128 = 0001.0010.1000$ en BCD.
- ❖ Ecrire la valeur des unités '8' sur les entrées $D_3..D_0$ de l'afficheur des unités avec $H = 0$.
- ❖ Mettre H à 1 pour mémoriser la valeur des unités par les sorties $Q_3..Q_0$ (créer un front montant sur l'entrée d'horloge des unités).
- ❖ Ecrire la valeur des dizaines '2' sur les entrées $D_3..D_0$ de l'afficheur des dizaines avec $H = 0$.
- ❖ Mettre H à 1 pour mémoriser la valeur des dizaines par les sorties $Q_3..Q_0$ (créer un front montant sur l'entrée d'horloge des dizaines).
- ❖ Ecrire la valeur des centaines '1' sur les entrées $D_3..D_0$ de l'afficheur des centaines avec $H = 0$.
- ❖ Mettre H à 1 pour mémoriser la valeur des centaines par les sorties $Q_3..Q_0$ (créer un front montant sur l'entrée d'horloge des centaines).

DRES 16

Caractéristiques du C.A.N interne du 16 F 877

1- PRESENTATION :

Il s'agit d'un convertisseur A/N 10 bits à 8 entrées. Les 5 premiers sont sur le PORTA en RA₀, RA₁, RA₂, RA₃ et RA₅. Les 3 entrées supplémentaires sont sur le PORTE en RE₀, RE₁, RE₂. Les tensions de références haute et basse peuvent être choisies par programmation comme suit :

- ✓ Vref+ peut être VDD ou la broche RA₃.
- ✓ Vref- peut être VSS ou la broche RA₂.

Ce module convertisseur A/N utilise 4 registres qui sont :

- ❖ ADRESH en page 0 : MSB des 10 bits résultat.
- ❖ ADRESL en page 1 : LSB des 10 bits résultat.
- ❖ ADCON0 en page 0 : registre de contrôle n°0 du module CAN.
- ❖ ADCON1 en page 1 : registre de contrôle n°1 du module CAN.

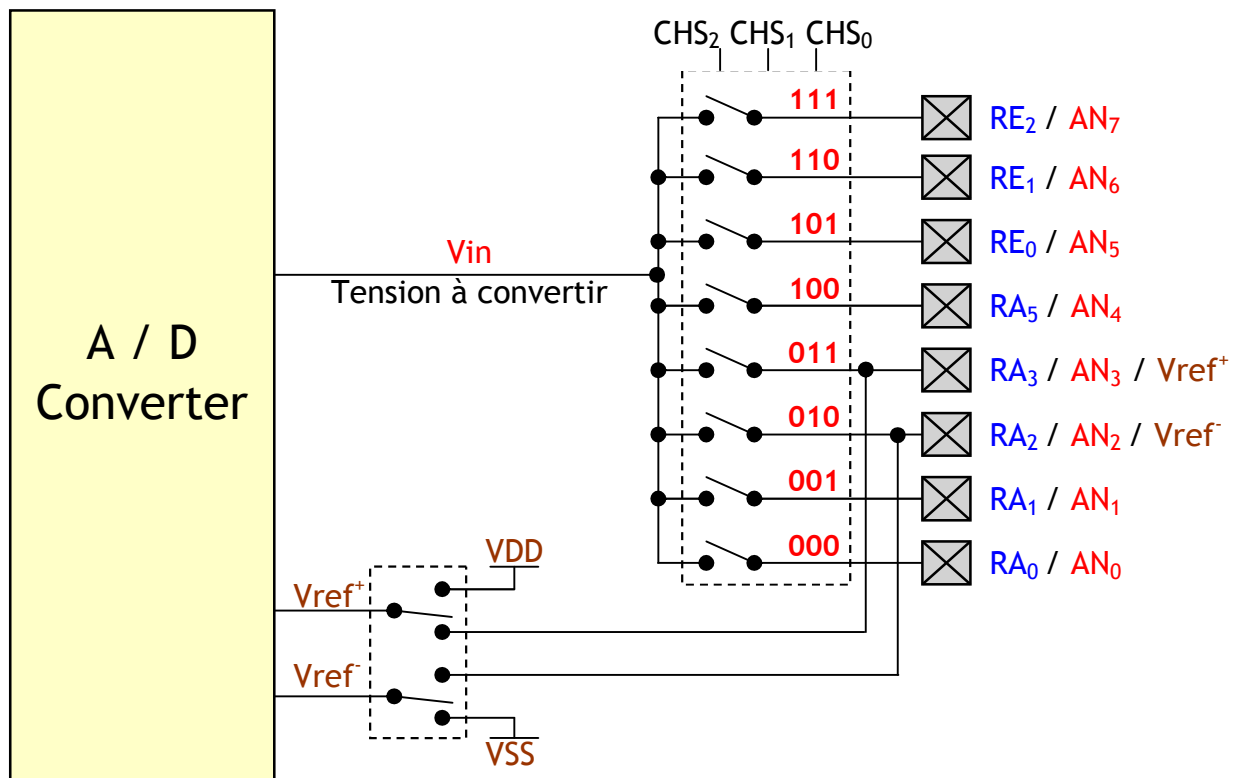
Une conversion commence toujours par la mise à **1** du bit **GO/DONE** du registre **ADCON0**. Lorsque la conversion est terminée ce bit repasse à **0**. La valeur résultante **N** de la conversion est le contenu de **ADRESH: ADRESL** est égale à :

Si Vref+ = VDD = 5V et Vref- = VSS = 0V
Alors : N = 1023 * (VIN / 5)

$$N = \frac{V_{in} - V_{ref^-}}{V_{ref^+} - V_{ref^-}} \times 1023$$

VDD et VSS sont les tensions d'alimentation du microcontrôleur le PIC16 F 877

2- ORGANISATION INTERNE :



3- Le Registre ADCON1 :

IL permet de choisir une configuration parmi les 16 proposées.

La configuration de ce registre ne dispense pas de configurer les registres de directions des PORTA et PORTE respectivement TRISA et TRISE.

ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
------	---	---	---	-------	-------	-------	-------

Bit 7

ADFM: A/D Result Format Select bit

1 = le résultat sera justifié à droite.

0 = le résultat sera justifié à gauche.

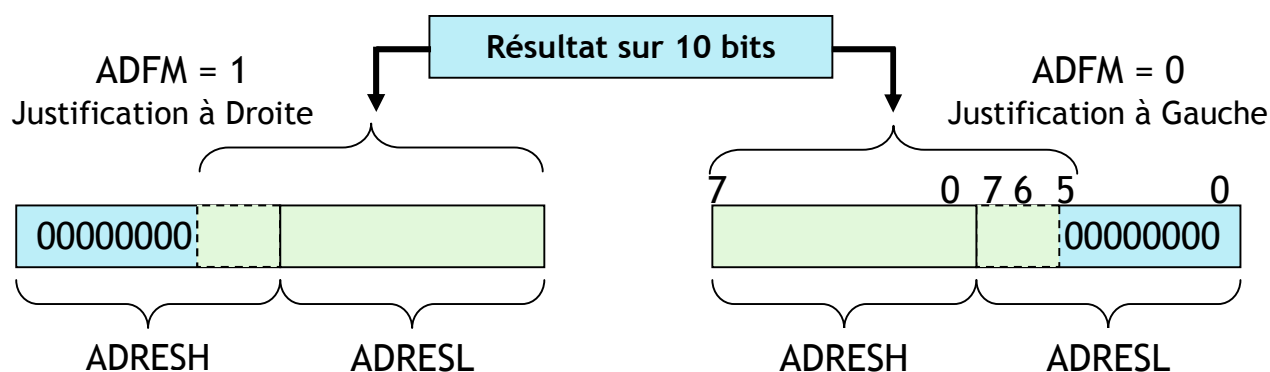
Bit 3-0

PCFG3...PCFG0: A/D Port Configuration Control bits

PCFG3 PCFG0	AN7 RE2	AN6 RE1	AN5 RE0	AN4 RA4	AN3 RA3	AN2 RA2	AN1 RA1	AN0 RA0	VREF+	VREF-	CHAN
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	RA3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	VDD	VSS	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	RA3	RA2	1/2

A = Analog input

D = Digital I/O



4- Le Registre ADCON0 :

Ce registre permet de définir l'horloge de conversion, le canal à convertir, la mise en fonctionnement du CAN, et le lancement d'une conversion.

ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
-------	-------	------	------	------	---------	---	------

Bit 7-6

ADCS1:ADCS0: A/D Conversion Clock Select.

Ces 2 bits permettent de choisir la vitesse de conversion:

00 = FOSC/2

01 = FOSC/8

10 = FOSC/32

11 = FRC (oscillator RC interne)

Bit 5-4-3

CHS2:CHS0: Analogue Channel Select bits

Ces 3 bits permettent de choisir le canal qui va être converti:

CHS2	CHS1	CHS0	Canal sélectionné
0	0	0	RA ₀ /AN ₀
0	0	1	RA ₁ /AN ₁
0	1	0	RA ₂ /AN ₂
0	1	1	RA ₃ /AN ₃
1	0	0	RA ₅ /AN ₄
1	0	1	RE ₀ /AN ₅
1	1	0	RE ₁ /AN ₆
1	1	1	RE ₂ /AN ₇

Bit 2 GO/DONE: A/D Conversion Status bit

1 = démarre la conversion.

0 = la conversion est terminée.

Bit 0 AD ON: A/D On bit

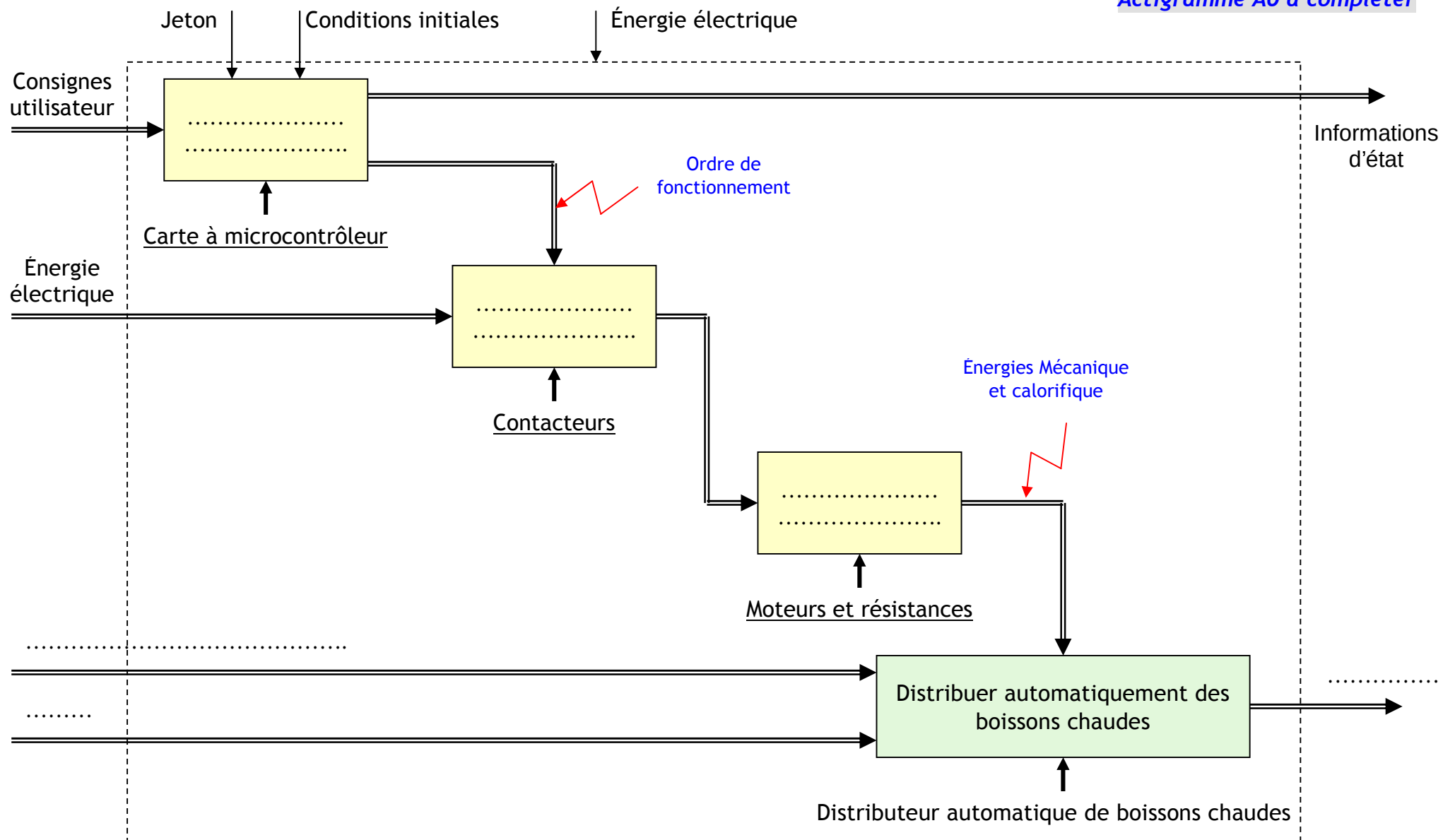
1 = convertisseur A/N en service.

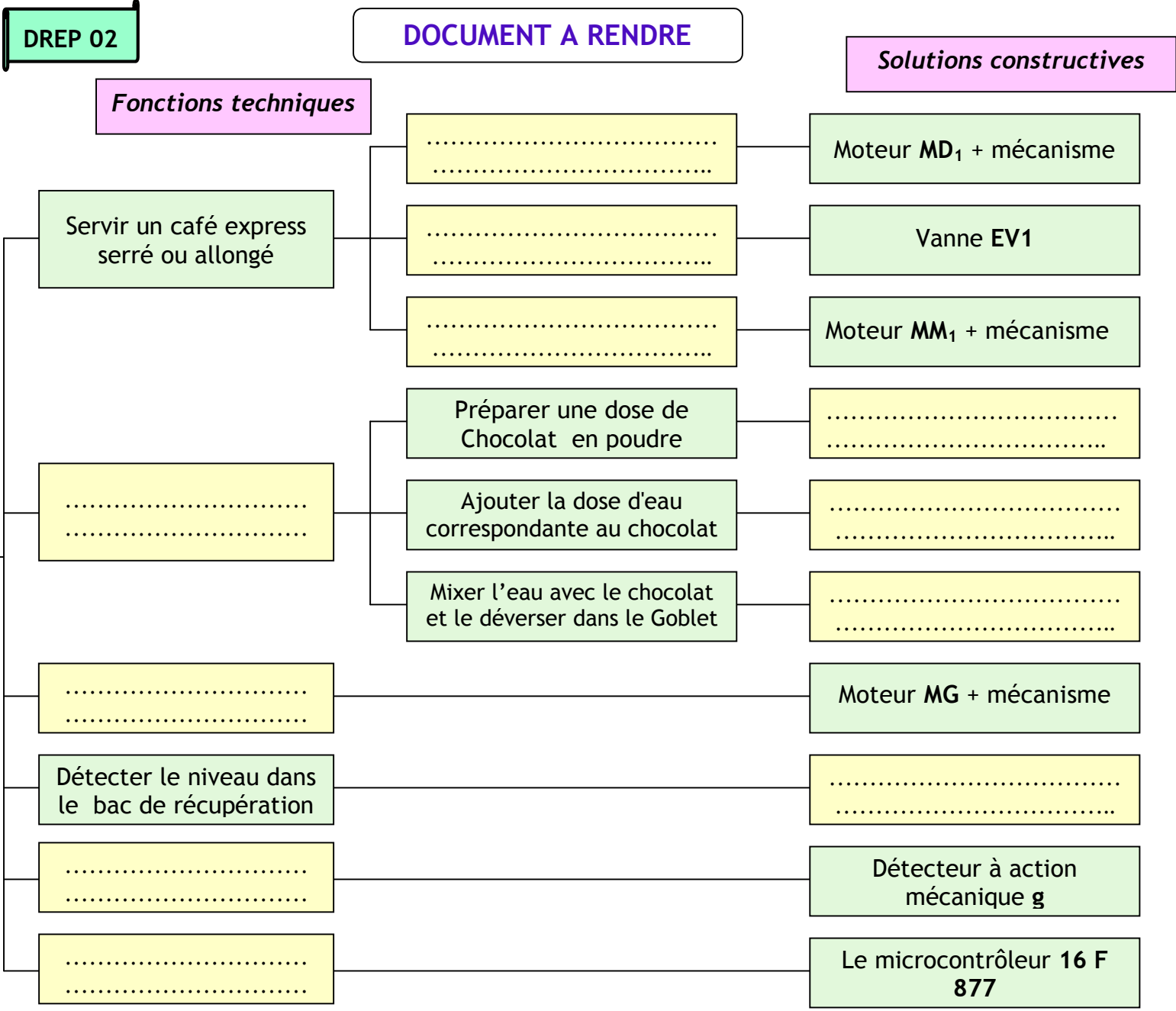
0 = convertisseur A/N en arrêt.

DREP 01

DOCUMENT A RENDRE

Actigramme A0 à compléter

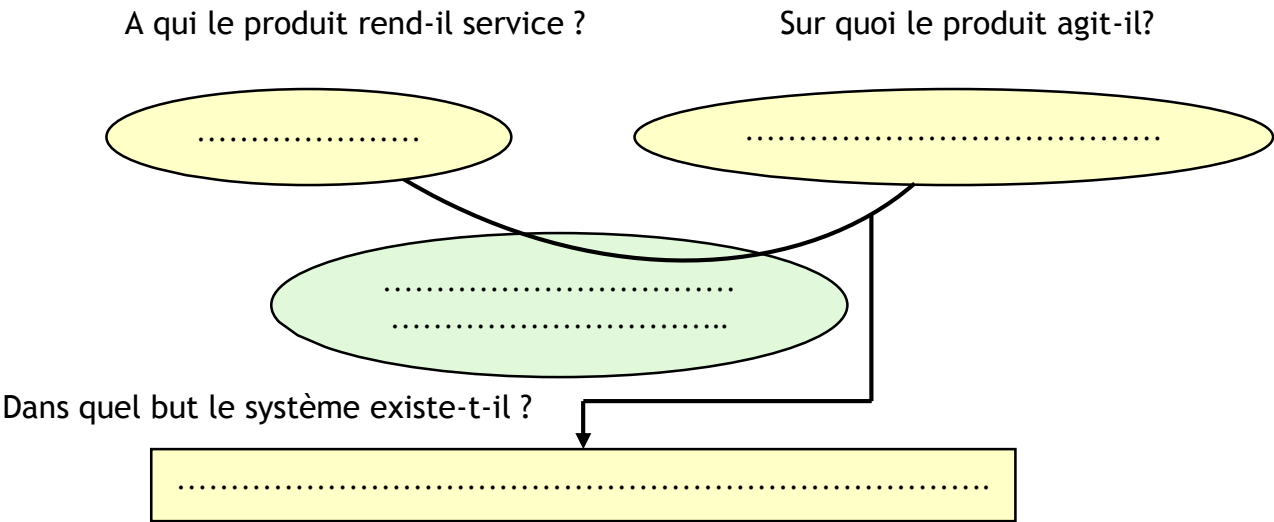




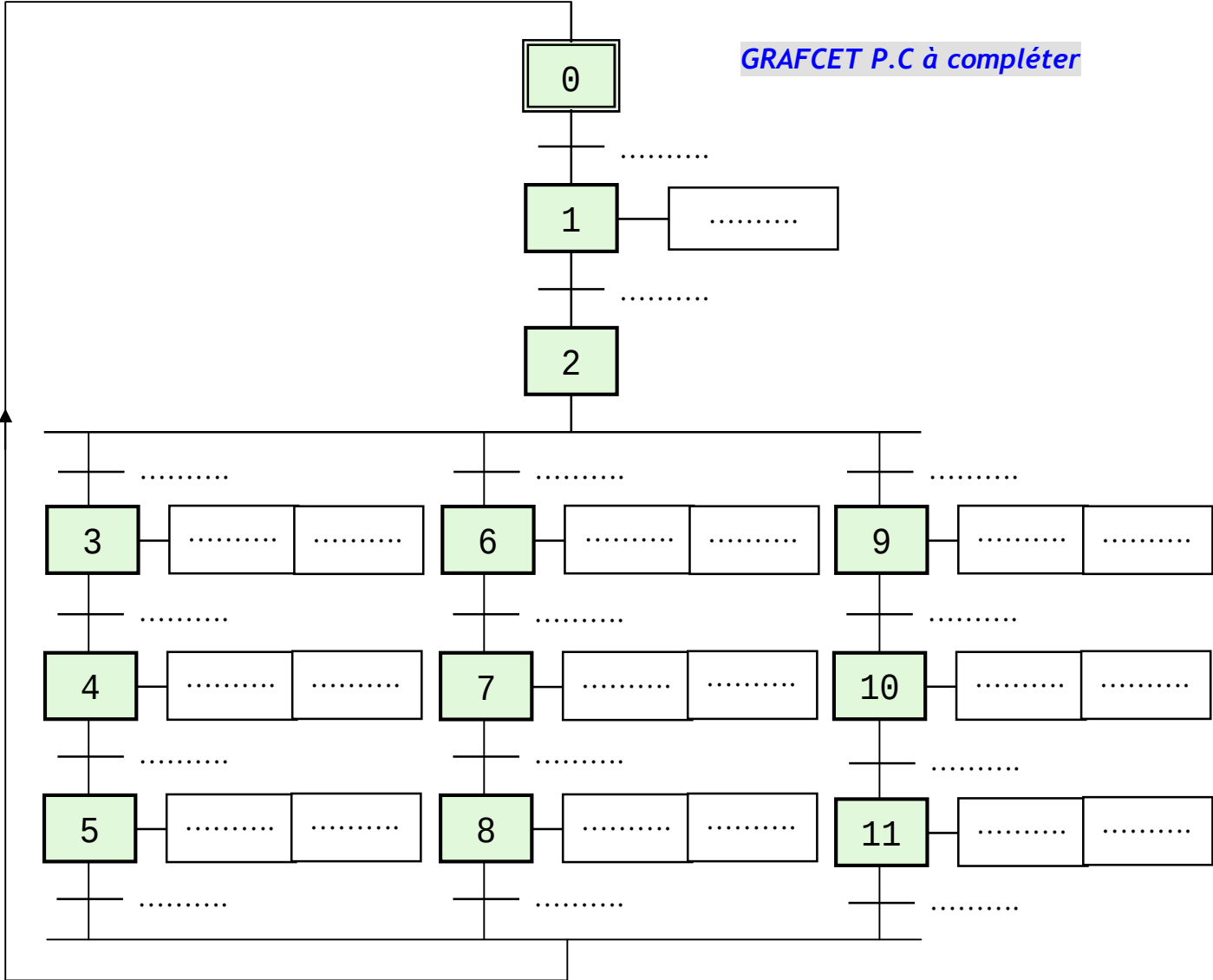
DREP 03

DOCUMENT A RENDRE

Bête à cornes à compléter



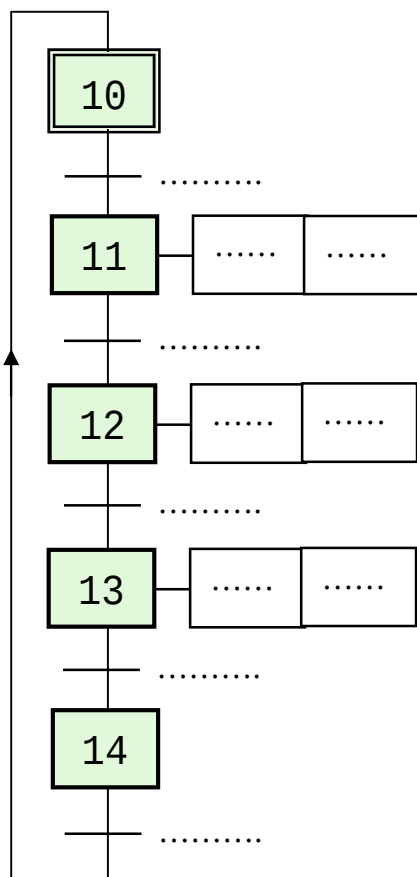
GRAFCET P.C à compléter



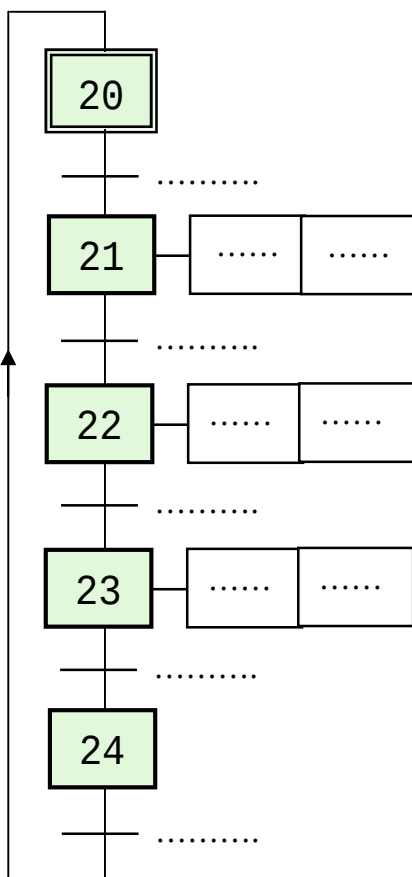
DREP 04

DOCUMENT A RENDRE

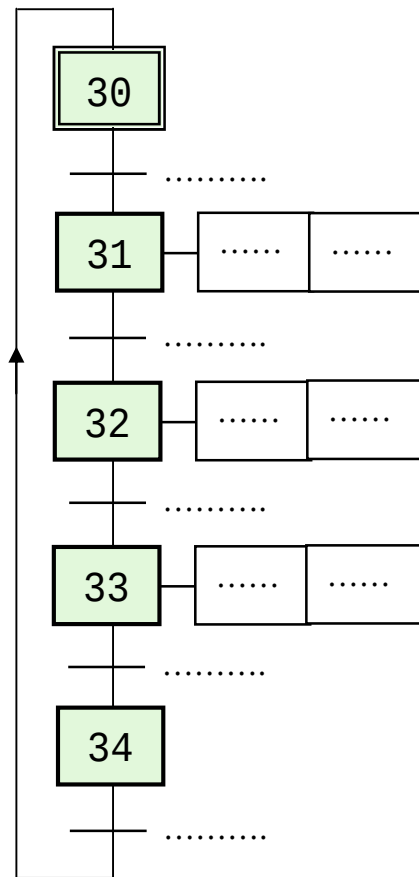
GRAFCETS esclaves à compléter



Tâche1

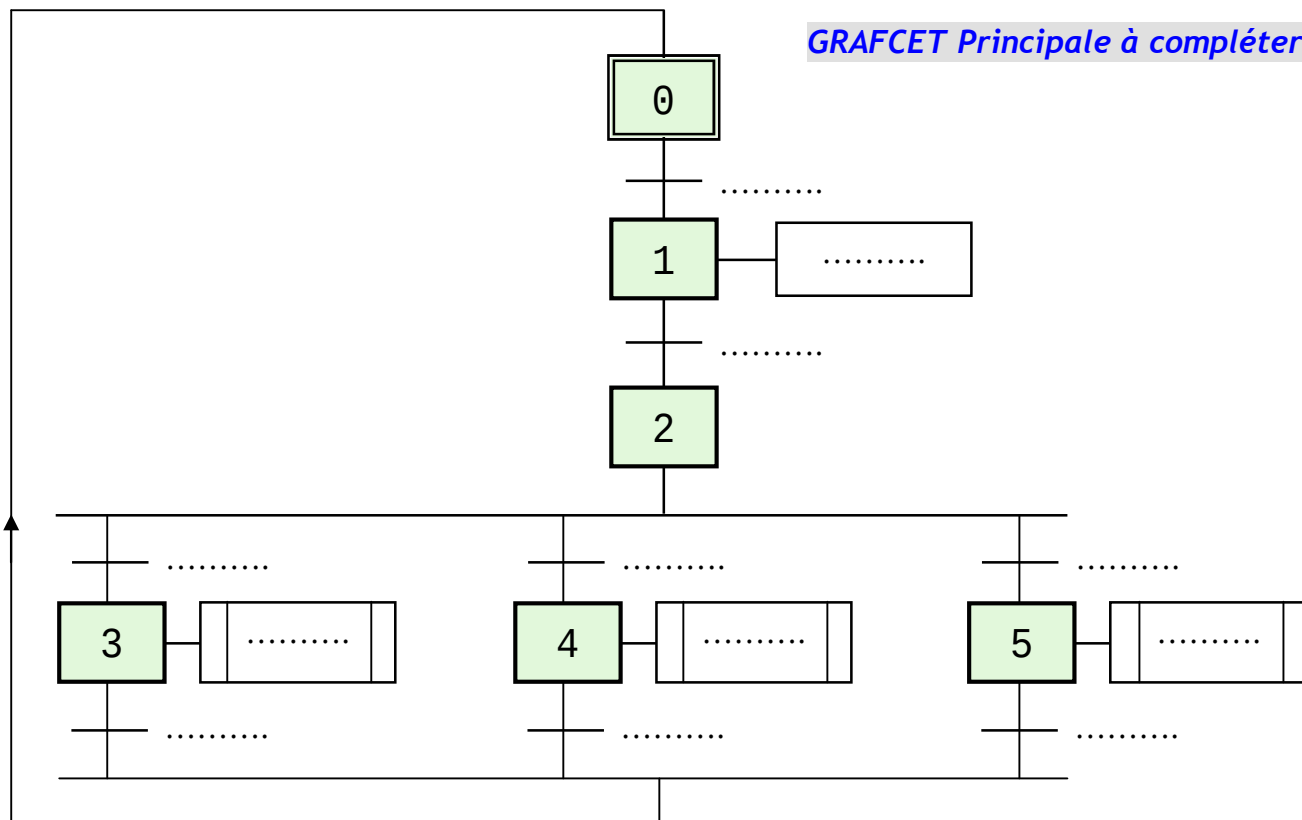


Tâche2



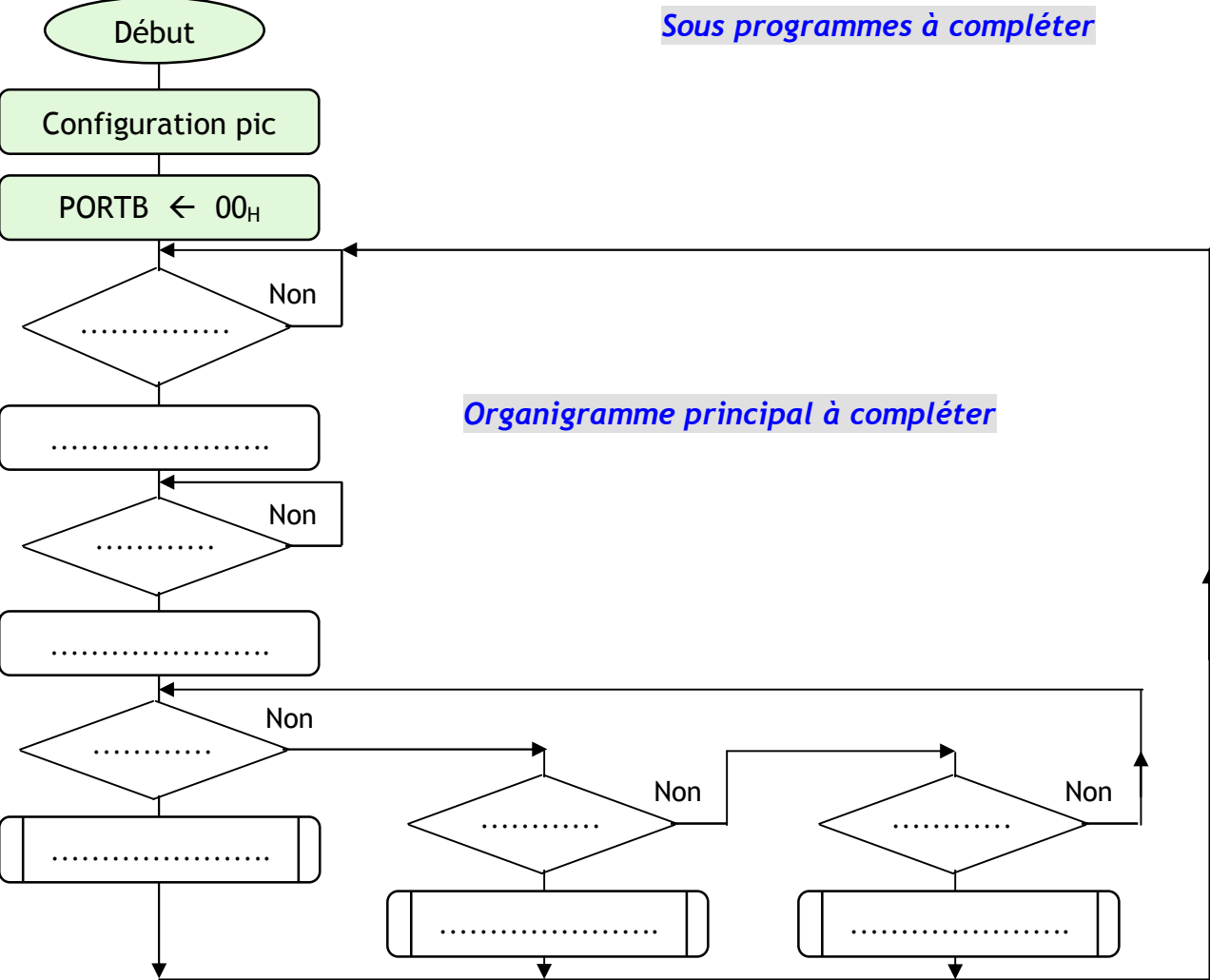
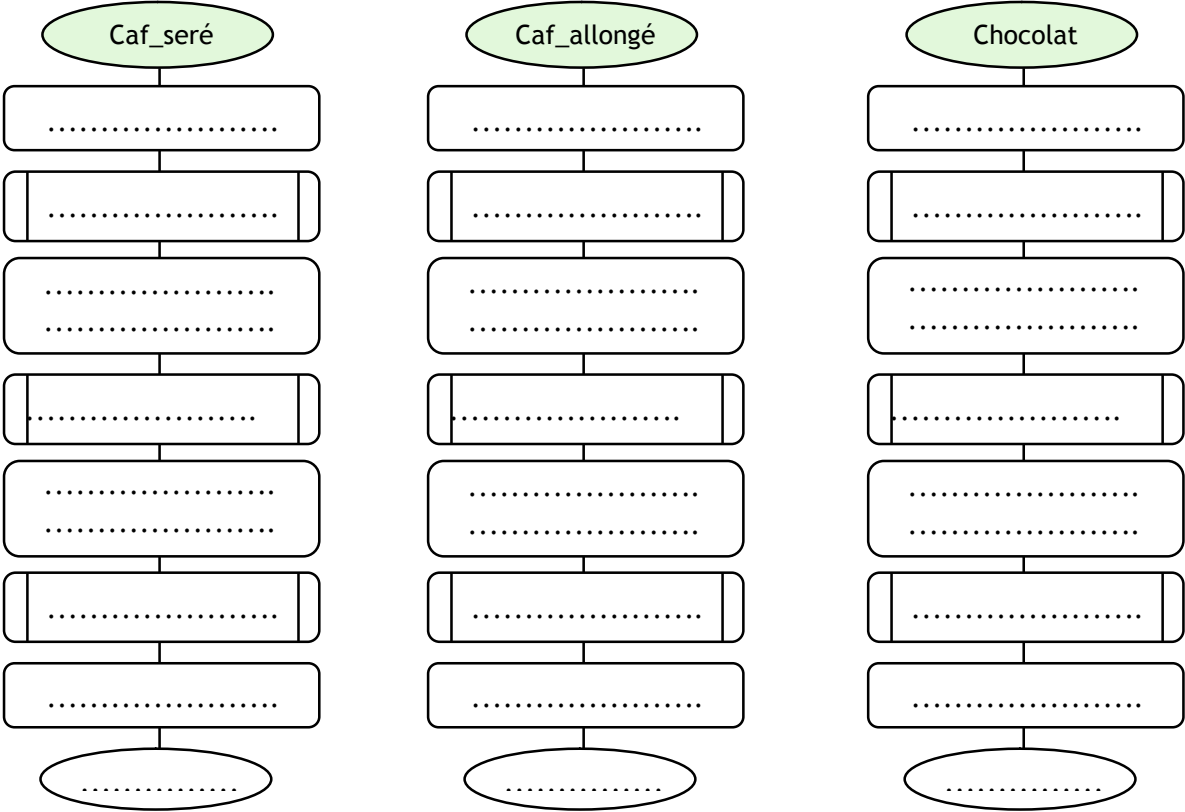
Tâche3

GRAFCET Principale à compléter



DREP 05

DOCUMENT A RENDRE



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** N_1
 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 :

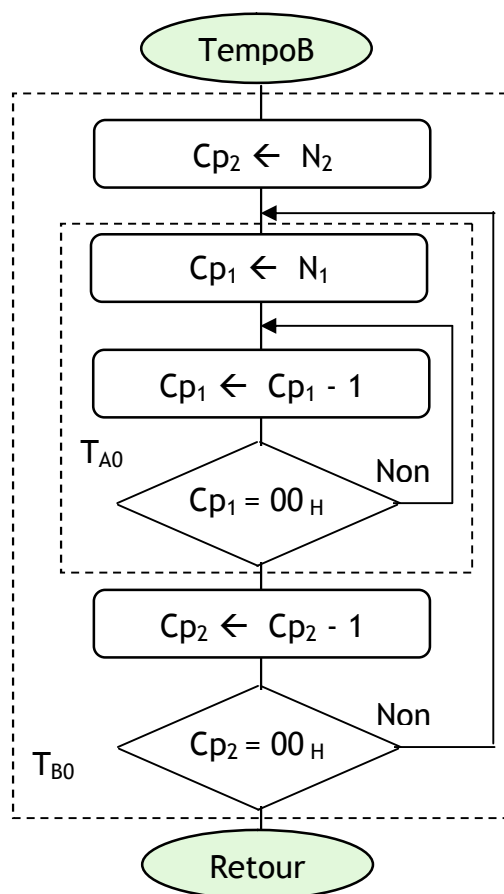
$F = \text{fosc}/4$, donc 1 cycle = $1/F = 1 \mu s$, ce qui donne une temporisation $T_{A0\text{max}} = 766 \mu s$

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 :

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

Temporisation avec 2 boucles

1-1. Sous programme TempoB



Etiquette	Instruction	Cycle
TempoB	MOVLW N_2	1
	MOVWF Cp_2	1
LAB1	.....	.....
LAB2	.....	.....
		
		
		

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

1-2. $T_{B0} = \dots\dots\dots$

1-3. $T_{B0} = \dots\dots\dots$

$T_{B0} = \dots\dots\dots$

1-4. $T_B = \dots\dots\dots$

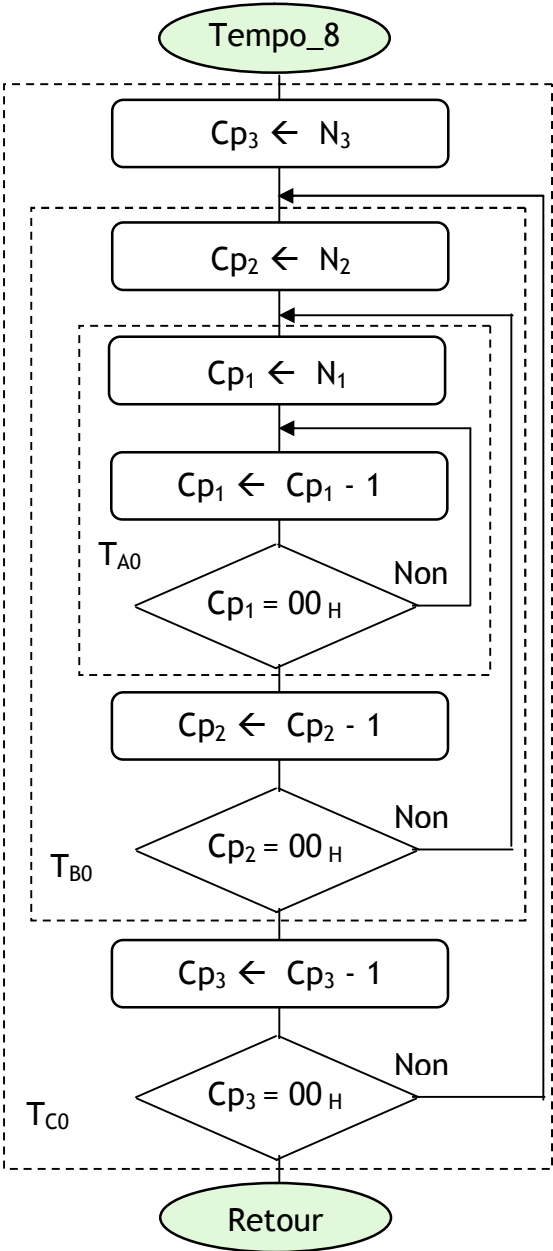
1-5. $T_{B\text{max}} = \dots\dots\dots$

DREP 07

DOCUMENT A RENDRE

Temporisation avec 3 boucles

2-1. Sous programme TempoC (Tempo_8)



Etiquette	Instruction	Cycle
Tempo_8	MOVLW N3	1
	MOVWF Cp3	1
LAB1		
LAB2		
LAB3		
		
		
		
		
		
		

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

2-2. $T_{C0} =$

2-3. $T_{C0} =$

$T_{C0} =$

$T_{C0} =$

2-4. $T_{\text{tempo8}} = T_C =$

2-5. $T_{C\text{max}} =$

$T_{C\text{max}} =$ μs $T_{3\text{max}} \approx$ s

2-6. Calcul de N_3 pour $T_{\text{tempo8}} = 8\text{ s}$, $N_2 = 255$ et $N_1 = 255$.

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

.....

.....

.....

.....

.....

DREP 09

DOCUMENT A RENDRE

Sous programme PREPARATION CAFE EXPRESSE SERRE

Ca_Sereé ; Préparer une dose de Café en poudre
 ; Dose de café en poudre préparée
 ;
 ; Ajouter la dose d'eau correspondante
 ; Dose d'eau ajoutée
 ;
 ; Mixer le produit et le déverser dans le Goblet
 ; Café express serré servi
 ;
 ;

Sous programme PREPARATION CAFE EXPRESSE ALLONGE

Ca_Alongé ; Préparer une dose de Chocolat en poudre
 ; Dose de café en poudre préparée
 ;
 ; Ajouter la dose d'eau correspondante
 ; Dose d'eau ajoutée
 ;
 ; Mixer le produit et le déverser dans le Goblet
 ; Café express allongé servi
 ;
 ;

Sous programme PREPARATION CAFE CHOCOLAT

Chocolat ; Préparer une dose de Chocolat en poudre
 ; Dose de café en poudre préparée
 ;
 ; Ajouter la dose d'eau correspondante
 ; Dose d'eau ajoutée
 ;
 ; Mixer le produit et le déverser dans le Goblet
 ; Café express allongé servi
 ;
 ;

DREP 10

DOCUMENT A RENDRE

;
Initialisation

Init
..... ;
..... ; accès à la BANK 1
..... ; PORTB en sortie
..... ;
..... ; PORTB en entrée
..... ;
..... ; Configuration du TIMER 0
..... ; accès à la BANK 0

;
Programme Principale

Loop1
..... ;
..... ;
..... ;
..... ;
..... ; Test si conditions initiales et jeton introduit
..... ;
..... ; Libérer un Goblet
Loop2
..... ; Test si Goblet libéré
..... ;
..... ;
Loop3
..... ; Test si Goblet si S1 actionné
..... ;
..... ; Préparer un café express serré
..... ;
..... ;
Loop4
..... ; Test si Goblet si S2 actionné
..... ;
..... ; Préparer un café express allongé
..... ;
..... ;
Loop5
..... ; Test si Goblet si S3 actionné
..... ;
..... ;
..... ; Préparer un café chocolat
..... ;
END
..... ; directive de fin de programme

DREP 11

DOCUMENT A RENDRE

Identification des éléments de l'asservissement de vitesse

- Les éléments de la chaîne directe (Correcteur, Régulateur, Actionneur) ;
Chaîne directe :
- Les éléments de la chaîne de retour (Capteur, Amplificateur) ;
Chaîne de retour :
Capteur : Amplificateur :
- Le comparateur et le signal d'erreur ;
Comparateur : Signal d'erreur :
- La consigne, le retour et la grandeur à contrôler - réponse du système - ;
Consigne : Réponse : Retour :

Etude du comparateur

- L'amplificateur opérationnel AO₂ travaille en mode linéaire, pourquoi ?
.....
- Exprimer e_2^+ en fonction de V_ε et V_r ;
.....
.....
.....
- Exprimer e_2^- en fonction de V ;
.....
.....
- En déduire, alors l'expression de V_ε en fonction de V et V_r ;
.....
.....
- Montrer que $V = 2 \cdot V_c$ et $V_r = 2 \cdot V_s$;
.....
.....
.....
.....
.....
- Déduire l'équation de V_ε en fonction de V_c et V_s ;
.....
.....
.....
- Donner alors l'équation de V_ε en fonction de N_c et N_s ;
.....
.....

DREP 12

DOCUMENT A RENDRE

Etude du correcteur PID

1. Les amplificateurs opérationnels AO_3 , AO_4 et AO_5 travaillent en mode linéaire, pourquoi ?

2. Exprimer e_3^- en fonction de V_ε et V_1 ;

3. En déduire, l'expression de V_1 en fonction de R_4 , $\alpha_1 P_1$ et V_ε ($e_3^+ = 0$) ;

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

5. Exprimer I_2 en fonction de V_2 et C_2 ;

6. Exprimer I_2 en fonction de V_ε et $\alpha_2 P_2$;

7. En déduire, alors l'expression de V_2 en fonction de V_ε , $\alpha_2 P_2$ et C_2 ;

8. Pour $V_\varepsilon = 0.3V$, $\alpha_2 P_2 = 2K\Omega$ et $C_2 = 0.1\mu F$, donner l'expression instantanée de $V_2(t)$.

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

10. Exprimer I_3 en fonction de V_ε et C_3 ;

DREP 13

DOCUMENT A RENDRE

Etude du correcteur PID

11. Exprimer I_3 en fonction de V_3 et $\alpha_3 P_3$;
.....
.....
.....
12. En déduire, alors l'expression de V_3 en fonction de V_ϵ , $\alpha_3 P_3$ et C_3 ;
.....
.....
.....
.....
.....
13. Donner le nom et le rôle de ce correcteur ;
.....
.....
14. L'amplificateur opérationnel AO₆ travaille en mode linéaire, pourquoi ?
.....
15. Exprimer e_6^- en fonction de V_1 , V_2 , V_3 et V_B ;
.....
.....
.....
.....
16. En déduire, l'expression de V_B en fonction de V_1 , V_2 et V_3 ($e_6^+ = 0$) ;
.....
.....
.....
.....
17. Donner alors le nom de ce montage ;
.....
18. Donner alors l'expression de V_B en fonction de V_ϵ ;
.....
.....
.....
.....
.....

DREP 14

DOCUMENT A RENDRE

Etude du Convertisseur Numérique Analogique

- Donner l'expression et la valeur numérique du courant I_{ref} ;
.....
- Donner le nombre - n - de bits de ce convertisseur ;
.....
- Donner l'expression du courant I_0 en fonction de I_{ref} et du nombre N_c ;
.....
- L'amplificateur opérationnel AO₈ travaille en mode linéaire, pourquoi ?
.....
- Donner l'expression de V_c en fonction de I_0 et R_L ;
.....
.....
- En déduire l'expression de V_c en fonction de V_{ref} , R_L , R_{ref} et du nombre N_c ;
.....
.....
- Mettre V_c sous la forme $V_c = K.N_c$ 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) ;
.....
.....
.....
- Calculer la valeur de R_L pour avoir $V_c = 0,01.N_c$;
.....
.....
- 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	1	0	1	0	1	.....	.....	.....
0	0	1	0	1	0	1	0	.....	.....	.....
0	0	1	1	1	1	1	1	.....	.....	.....
0	1	0	1	0	1	0	0	.....	.....	.....
0	1	1	0	1	0	0	1	.....	.....	.....
0	1	1	1	1	1	1	0	.....	.....	.....
1	0	0	1	0	0	1	1	.....	.....	.....
1	0	1	0	1	0	0	0	.....	.....	.....
1	0	1	1	1	1	0	1	.....	.....	.....
1	1	1	0	0	1	1	0	.....	.....	.....
1	1	1	1	1	1	1	1	.....	.....	.....

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 ;

.....

.....

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

.....

.....

3. Donner la nature de ce filtre ;

.....

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

.....

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

.....

6. Donner la définition de la fréquence de coupure ;

.....

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

.....

8. En déduire sa bande passante ;

.....

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

.....

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

.....

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

.....

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

.....

DREP 16

DOCUMENT A RENDRE

Diagramme fonctionnel de l'asservissement de vitesse

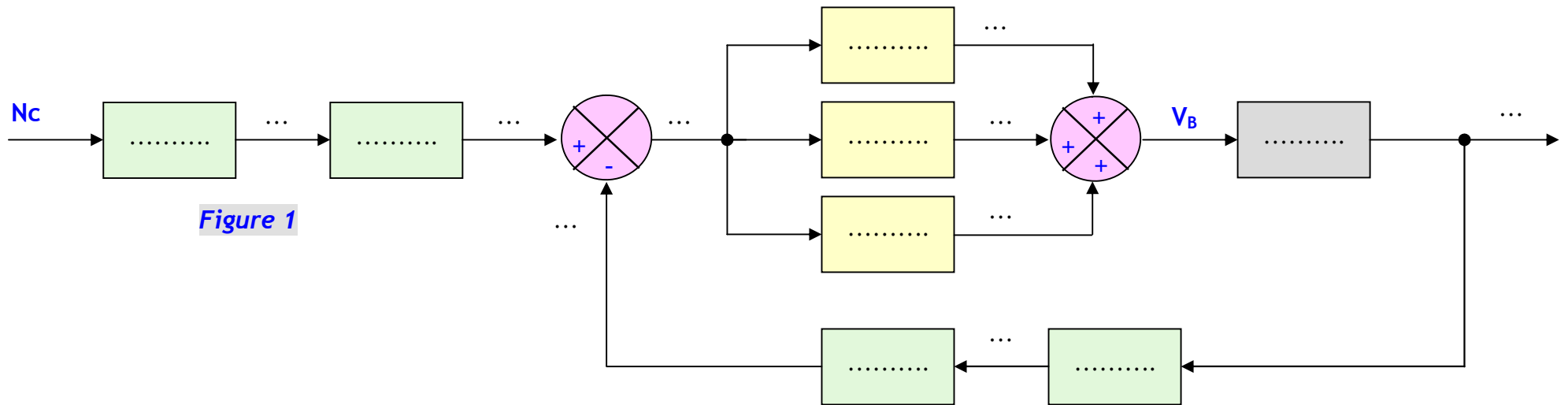


Figure 1

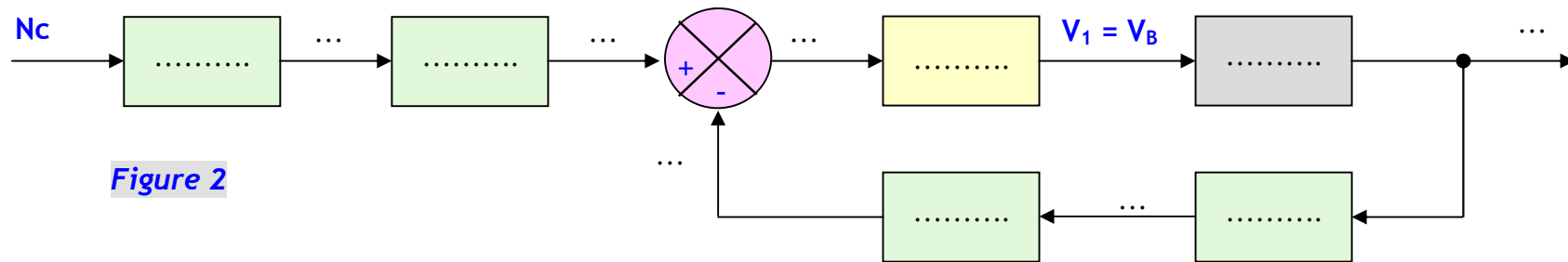


Figure 2

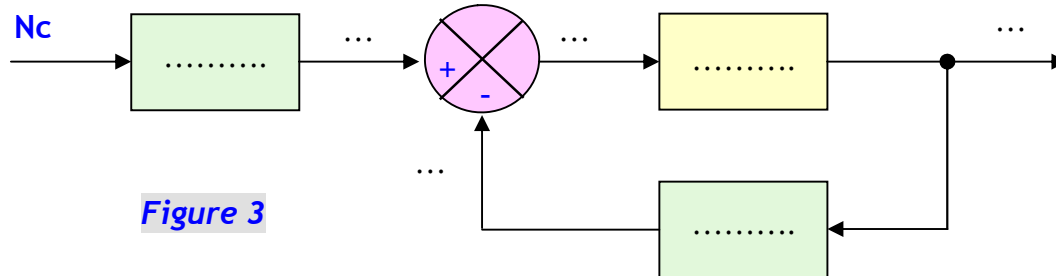


Figure 3

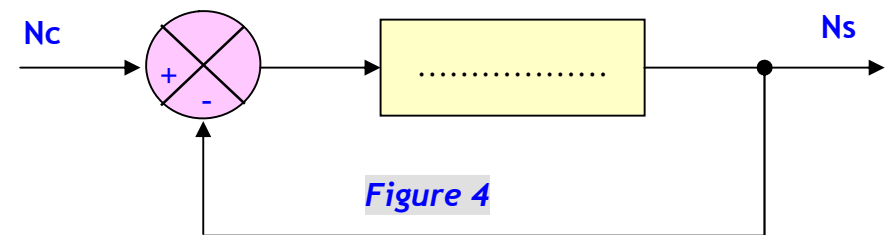


Figure 4

DREP 17

DOCUMENT A RENDRE

Diagramme fonctionnel de l'asservissement de vitesse

1. Répondre sur le document DREP 16 page 42 - Figure 1 - ;
2. Répondre sur le document DREP 16 page 42 - Figure 2 - ;
3. Répondre sur le document DREP 16 page 42 - Figures 3 et 4 - ;

4. Donner l'expression réduite (simplifiée) de la transmittance $T = N_s/N_c$;

.....

.....

.....

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

4.a. Déterminer la valeur du dépassement D ;

.....

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

.....

4.c. Déterminer l'erreur statique ϵ ;

.....

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

.....

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

5.a. Quel est interrupteur on a fermé ?

.....

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

.....

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

.....

5.d. Déterminer l'erreur statique ϵ ;

.....

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

.....

.....

.....

7. Donner une solution pour éliminer ce dépassement ;

.....

.....

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 ;

.....

.....

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

.....

.....

.....

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

.....

.....

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

.....

.....

.....

.....

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

.....

.....

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

.....

.....

.....

.....

.....

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

.....

.....

8. L'amplificateur opérationnel AO_{11} , travaillent en mode non linéaire, pourquoi ?

.....

.....

9. On donne pour l'amplificateur opérationnel AO_{11} , $U_B = A.U_\varepsilon$ avec $A = +\infty$. Donner la valeur de U_B pour :

9.1. $U_\varepsilon > 0$;

.....

9.2. $U_\varepsilon = 0$;

.....

9.3. $U_\varepsilon < 0$;

.....

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 - ;

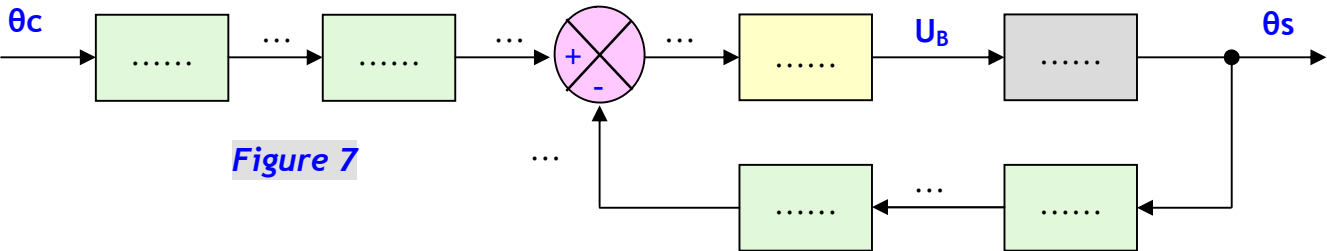


Figure 7

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

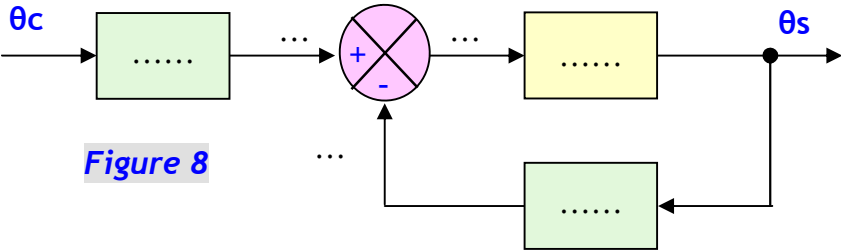


Figure 8

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

.....

.....

.....

.....

.....

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

$\theta_c = 100^{\circ}c$

$U = \dots\dots\dots$

G	θ_s	U_r	U_{ϵ}	ϵ	$\epsilon \%$
2					
10					
20					

5. Compléter la phrase suivante :
 Si K augmente le système devient plus et la stabilité
6. Donner une solution pour corriger la stabilité ;

.....

DREP 20

DOCUMENT A RENDRE

Acquisition de la température

1. D'après la caractéristique du capteur U_t en fonction de θ_s , ce capteur est-il linéaire ou non linéaire ? justifier votre réponse;
.....
2. Ce capteur est-il passif ou actif ? justifier votre réponse ;
.....
.....
3. On peut considérer le capteur comme linéaire dans la plage de température comprise entre 0°C et 100°C ; calculer alors la sensibilité de ce capteur dans cette plage ;
.....
.....
.....
4. En déduire, alors l'expression de U_t en fonction de θ_s ;
.....
.....
5. Donner l'expression de U_s en fonction de U_t , puis en fonction de θ_s ;
.....
.....
.....
6. On veut que V_s soit égale à 5 V pour θ_s égale à 100°C , calculer alors la valeur de R_{15} ;
.....
.....
.....

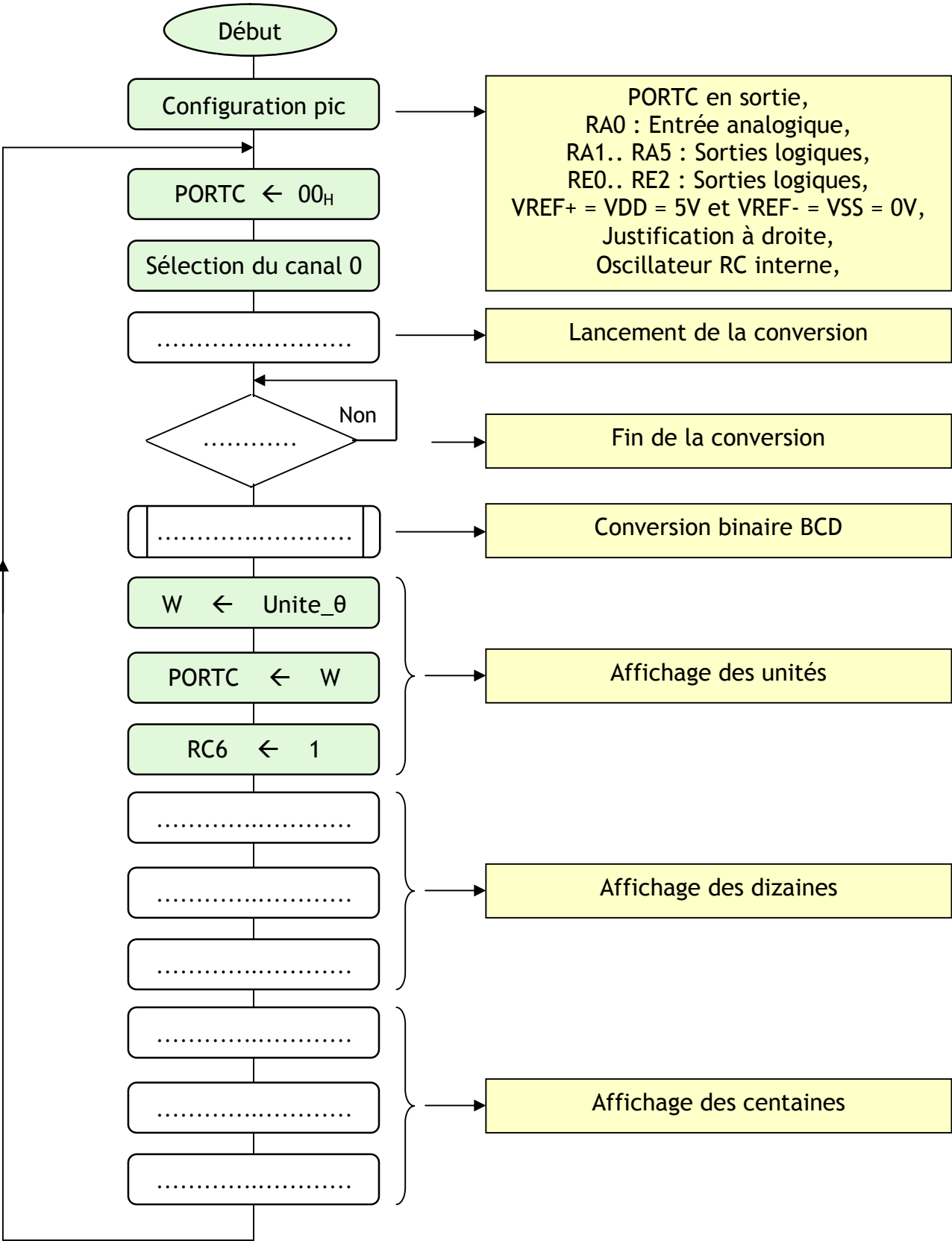
Conversion Analogique Numérique

1. Donner la nature de l'entrée $RA0$;
.....
2. Donner l'expression du nombre N -résultat de la conversion- en fonction de U_s ;
.....
.....
.....
3. Déterminer les valeurs de U_s correspondantes à 100°C et à 90°C ;
.....
.....
4. Déterminer les valeurs du mot N exprimées en hexadécimal correspondantes à 100°C et à 90°C ;
.....
.....

DREP 21

DOCUMENT A RENDRE

Organigramme d'acquisition et d'affichage de température

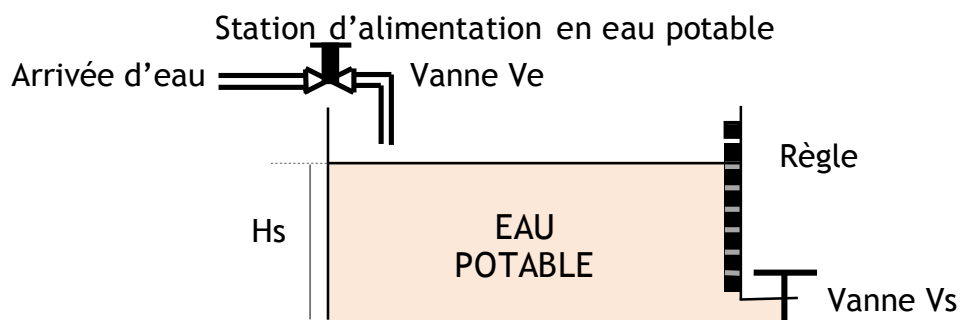


Notions d'asservissement

1- Mise en situation :

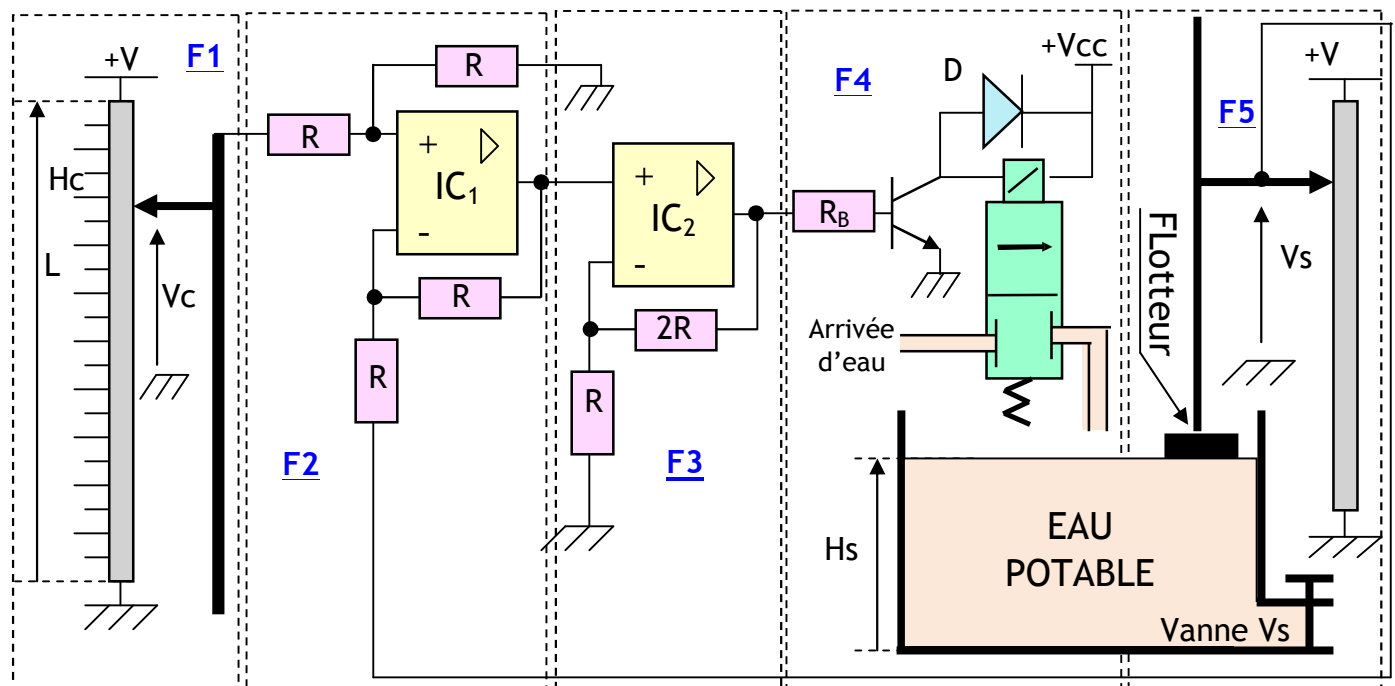
Chaque agglomération dispose d'un château d'eau, qui assure son alimentation en eau potable. Le château est alimenté par une arrivée sur laquelle est disposée une vanne **Ve** permettant de régler le débit d'entrée. La vanne **Vs** représente les robinets des clients.
Problème : On cherche à maintenir le niveau d'eau dans le château à une hauteur fixée **Hs**.

1.1- Solution N°1 :



1.2- Solution N°2 :

Automatiser le système de station d'alimentation en eau potable



A- Fonctionnement global du système :

La hauteur **Hc** étant fixée par choix d'une position du curseur du potentiomètre de la fonction F1 qui délivre une tension **Vc**. Le capteur lui aussi délivre une tension **Vs** proportionnel à **Hs**. Le comparateur permet de calculer la différence : $\epsilon = Vc - Vs$. Cette tension de différence est positive si la hauteur de l'eau est inférieure à celle de consigne, elle attaque après amplification le transistor qui commande l'électrovanne. Si l'erreur est positive, l'électrovanne s'ouvre, le niveau de l'eau remonte, la tension délivrée par le capteur augmente et se rapproche de celle de consigne jusqu'à ce que la différence s'annule ; alors le transistor passe à l'état bloqué : L'électrovanne se ferme.

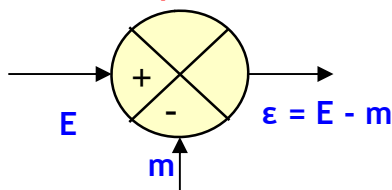
B- Modélisation graphique :

Modéliser un système, c'est le décrire par un ensemble d'équations mathématiques. Ces dernières peuvent être représentées par un schéma fonctionnel.

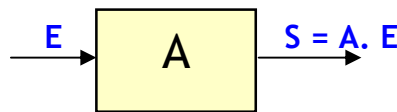
Un schéma fonctionnel est un graphisme équivalent à un système d'équations mathématiques. Le schéma fonctionnel utilise les symboles graphiques.

C- Eléments du schéma fonctionnel d'un système asservi :

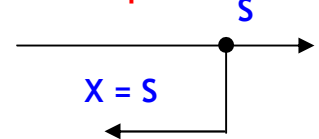
Le comparateur :



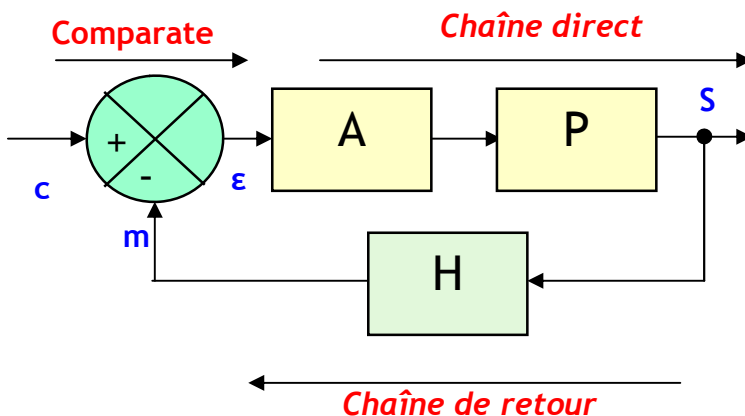
Le Bloc :



Le Capteur :



D- Schéma fonctionnel simplifier d'un système asservi :



A : Action du régulateur (correcteur)

P : Processus à commander

H : Constante de la chaîne de retour

c : Consigne

ε : L'écart

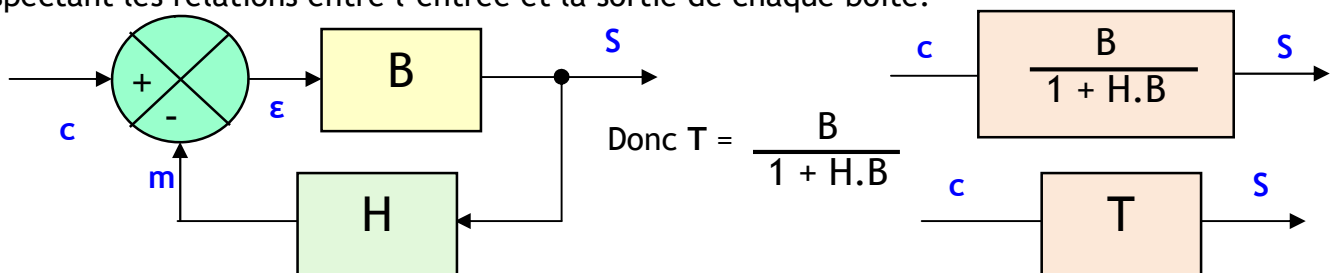
m : Mesure de la sortie

En général la sortie est soumise à des perturbations.

Le système agit de telle façon à garder la sortie constante quelque la perturbation.

E- Formule de BLACK :

Simplifier un schéma fonctionnel consiste à fusionner plusieurs boîtes en une seule tout en respectant les relations entre l'entrée et la sortie de chaque boîte.



B appelée Transmittance de la Chaîne direct
H appelée Transmittance de la Chaîne de retour
T appelée Transmittance du système

2- Analyse du fonctionnement du système asservi :

En se référant au dossier technique page 1 compléter ce qui manque :

2.1- Solution n°1 :

Utiliser un opérateur qui doit remplir les tâches suivantes :

- ❖ le niveau d'eau dans le château.
- ❖ le niveau d'eau à la consigne. La consigne qui lui est transmise et de maintenir le niveau dans le château constant.

Ceci permet de desservir les abonnés en eau potable.

- ❖ dans le bon sens (ouvrir ou fermer la vanne)

Conclusion :

....., sont les trois taches principales nécessaires pour réaliser
.....

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
..... à la hauteur de la consigne. $V_c =$

Fonction F2 :

- ❖ Donner un nom à cette fonction :
 - ❖ Déduire V_{sIC1} en fonction de V_c et V_s :
 - ❖ Conclusion : La fonction F2 permet de
-
-
-

Fonction F3 :

Le régulateur est constitué par la fonction F3:

- ❖ Donner un nom à cette fonction :
- ❖ Déduire V_{sIC2} en fonction de V_{sIC1} :

Fonction F4 :

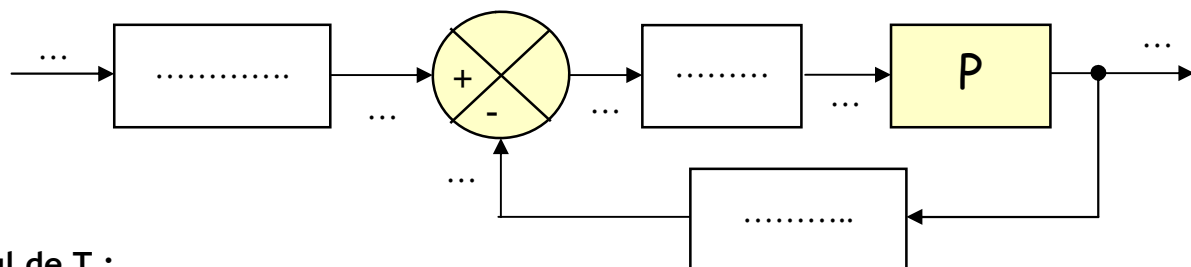
L'actionneur est constitué par un transistor (électrovanne) qui fonctionne en commutation :

- ❖ Donner un nom à cette fonction :
 - ❖ Si $V_{sIC2} = 0$:
 - ❖ Si $V_{sIC2} \neq 0$:
 - ❖ Donner le rôle de la diode D :
-

Fonction F5 :

Constituée d'un potentiomètre fixé sur la paroi du bassin dont le curseur est guidé par
..... solidaire d'une tige permettant de délivrer une tension V_s
à la hauteur de l'eau dans le château. $V_s =$

Schéma fonctionnel de la station d'alimentation en eau potable



Calcul de T :

Transmittance de la Chaîne direct
Transmittance de la Chaîne de retour

.....
.....

.....

Donc $H_s =$

Donc $H_s =$

3- Système asservi :

3.1- Définition :

Système asservi : Un système est dit **asservi** si une grandeur **physique mesurable de sortie** du système **est obligée à suivre** l'évolution de l'entrée appelée **consigne** sur laquelle on peut agir.

Capteur : Un capteur est un dispositif physique qui fournit une **image** de la grandeur de sortie.

Actionneurs : Un actionneur est un dispositif physique permettant d'agir sur la grandeur de sortie.

Comparateurs : Un comparateur fournit un signal qui représente l'**écart** entre la consigne et la sortie.

Régulateur : Un régulateur permet d'adapter l'écart ε à la **loi de commande** de la fonction agir.

Contre réaction : Dans un système asservi la valeur de la sortie **intervient** dans le calcul de la commande. En effet, c'est l'écart entre la consigne et la mesure de la sortie qui agit sur l'actionneur. Cette image fidèle de la sortie est réalisée par une chaîne de réaction (action de la sortie sur l'entrée). On dit qu'on a réalisé une contre réaction.

3.2- Organes d'un système asservi :

Un système asservi comprend essentiellement :

- ❖ Une chaîne directe qui est constituée d'un régulateur, d'un actionneur et du système à commander.
- ❖ Une chaîne de retour qui est formée essentiellement d'un capteur de mesure de la sortie.
- ❖ Un comparateur permettant de calculer l'écart entre l'image de la sortie et l'entrée.

3.3- Objectif d'un système asservi :

Un système asservi a pour objectif :

- ❖ Limiter au mieux l'écart entre la consigne et la sortie.
- ❖ Diminuer au mieux l'effet des perturbations sur la sortie.

3.4- Performance d'un système asservi :

Les performances d'un système asservi peuvent être mesurées :

Stabilité : C'est la faculté du système asservi de revenir à sa position de repos suite à une perturbation de courte durée.

Précision : Elle est mesurée par l'écart (erreur) entre la consigne et la sortie. Si l'écart est faible la précision est grande et vice versa.

Rapidité : Elle peut être mesurée par le temps de stabilisation ou de réponse qui est le temps nécessaire pour atteindre le régime final à 5% près, suite à une perturbation ou à une variation de la consigne.

Remarque :

Dans la pratique, deux situations peuvent se présenter :

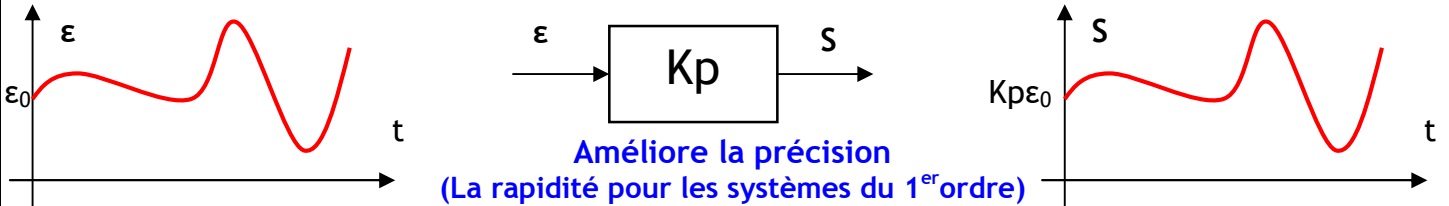
- ❖ Cas où la consigne est constante on parle alors de régulation.
- ❖ Cas où la consigne évolue avec le temps on parle d'asservissement.

La régulation est un cas particulier de l'asservissement.

3.5- Les différents types de régulateurs (correcteur) :

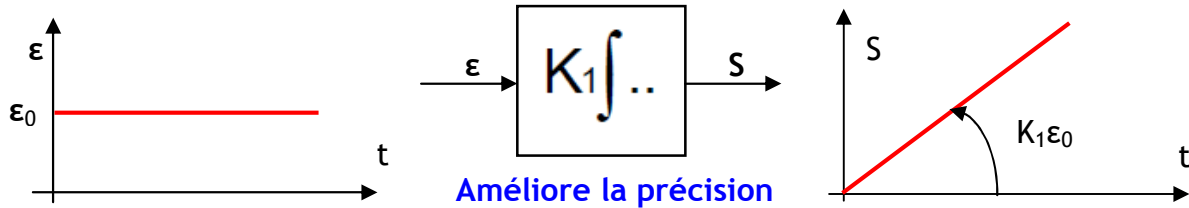
A- Correcteur à action proportionnelle (P):

Si nous revenons à la station d'alimentation en eau potable à commande automatique, on constate l'utilisation d'un régulateur permettant de doubler la valeur de la tension de différence. Ce régulateur peut délivrer à sa sortie une tension lue importante en jouant sur les valeurs de la résistance. C'est ainsi qu'il est appelé régulateur à action proportionnelle.



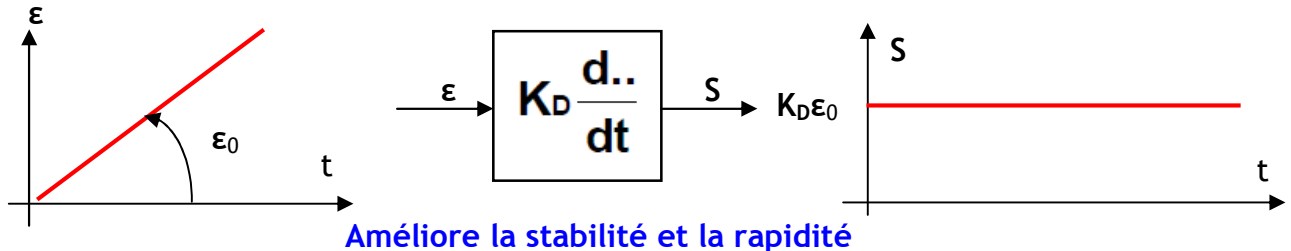
B- Correcteur à action intégrale (I):

Le signal de sortie s est une fonction intégrale de l'entrée.

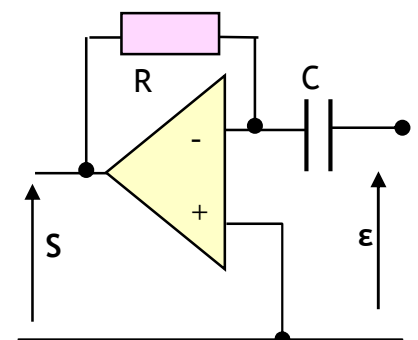
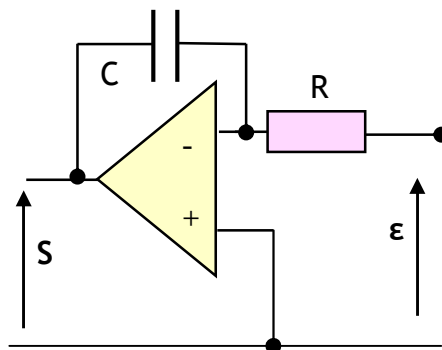
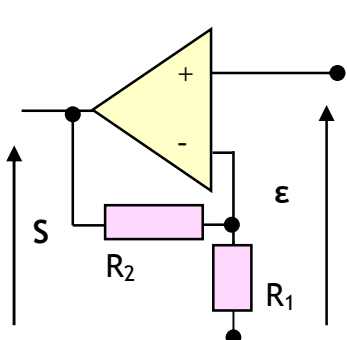


C- Correcteur à action dérivée (D):

Le signal de sortie s est une fonction dérivée de l'entrée.



D- Exemple de régulateurs :



.....

Correcteur à action
proportionnelle

.....

Correcteur à action intégrale

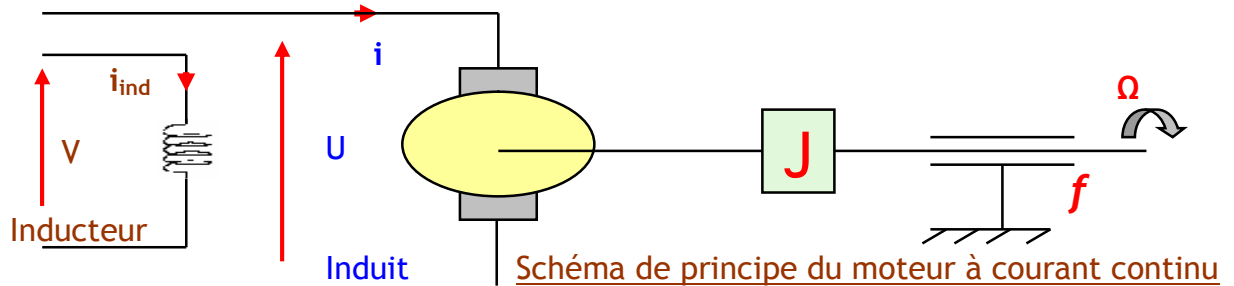
.....

Correcteur à action dérivée

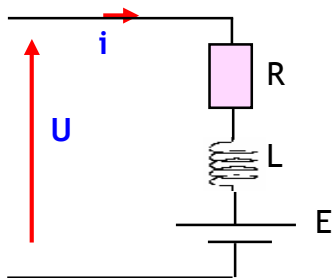
SYSTEMES ASSERVIS

1- Relations générales d'une Mcc :

Les moteurs à courant continu comportent un induit bobiné (le rotor) et un inducteur bobiné ou à aimant permanent. Le rotor tournant confère une inertie propre (J), et son implantation sur paliers implique des frottements mécaniques (f).

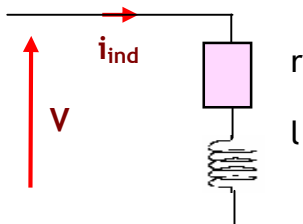


1.1- Schéma électrique équivalent de l'induit :



E : représente la force électromotrice ;
 L : représente la self équivalente de l'enroulement d'induit ;
 R : représente la résistance équivalente de l'induit (résistance des fils du bobinage et résistance de contact au niveau des balais).

1.2- Schéma électrique équivalent de l'inducteur :



l : représente la self équivalente de l'enroulement inducteur ;
 r : représente la résistance équivalente de l'inducteur (résistance des fils du bobinage).

1.2- Équations régissant le fonctionnement du moteur :

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

$$M = K \cdot \varphi \cdot i$$

$$v = r \cdot i + l \cdot \frac{di_{ind}}{dt}$$

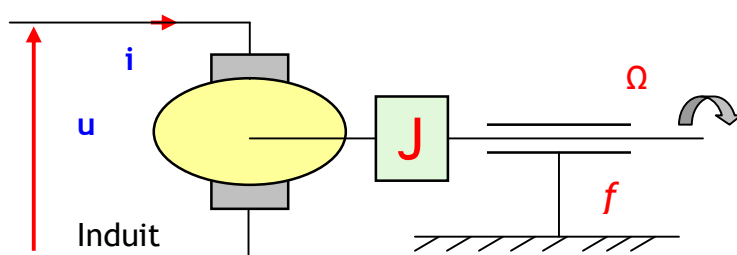
$$E(t) = K \cdot \varphi \cdot \Omega$$

$$\varphi = l \cdot i_{ind}$$

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

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 régulée.



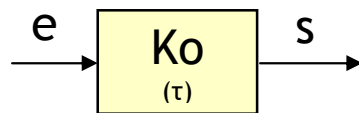
$$\varphi(t) = \varphi_0 = \text{cte}, \text{ on pose : } K' = K \cdot \varphi_0$$

.....

2- Système du 1^{er} ordre :

2.1-Définition :

On appelle système du premier ordre, un système régi par une équation différentielle du type :

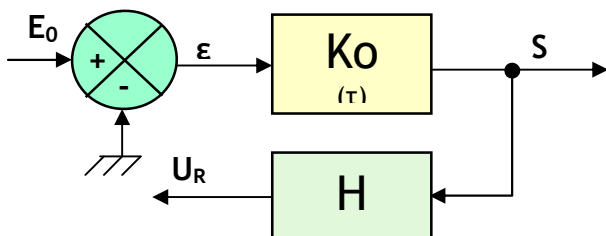


$$\tau \cdot \frac{ds}{dt} + s = K_o \cdot e$$

τ : est appelée constante de temps du système. τ est homogène à un temps.

K_o : est le gain statique du système (gain en régime permanent).

2.2- Réponse à un échelon - boucle ouverte - :



$U_R = H \cdot S$ U_R est l'image de S
H est la transmittance de la chaîne de retour

Dans ce cas $e(t) = E_0$ - $e(t)$ est une constante-
donc $\epsilon = E_0$

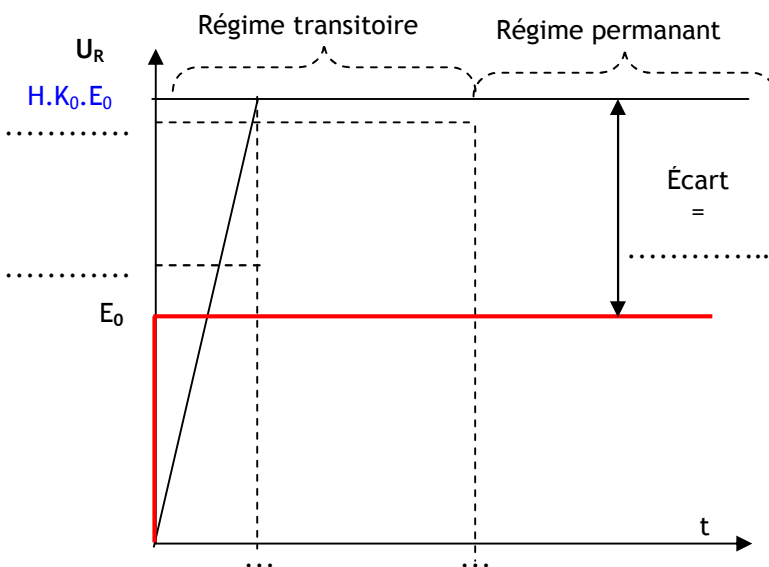
Équation différentielle de la chaîne directe :

$$\tau \cdot \frac{ds}{dt} + s = K_o \cdot E_0$$

La solution de cette équation est de la forme :

$$S(t) = K_o \cdot E_0 \cdot (1 - e^{-t/\tau})$$

La pente à l'origine est égale à $K_o \cdot E_0 / \tau$



Régime permanent :

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

$$S_p = \dots\dots\dots$$

$$U_R = \dots\dots\dots$$

Temps de réponse T_s à 5% :

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

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

$$\dots\dots\dots$$

$$\dots\dots\dots$$

Précision : (Erreur statique)

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

$$\epsilon = \dots\dots\dots$$

K_o étant positif alors : $-\infty \leq \epsilon \leq 1$

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 :

Dans ce cas, on a : $U_c = E + R \cdot i$ $E(t) = K' \cdot \Omega$

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

$$U_c = K' \cdot \Omega(t) + R \cdot M / k' \rightarrow U_c = K' \cdot \Omega(t) + R \cdot J / K' \cdot d\Omega(t) / dt$$

L'expression de Ω , Ω_p , T_s et ϵ :

$$\Omega(t) = \dots\dots\dots$$

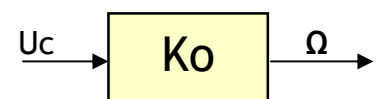
$$T_s = \dots\dots\dots$$

$$\Omega(\infty) = \dots\dots\dots$$

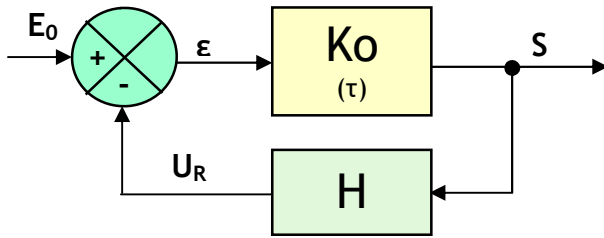
$$\epsilon = \dots\dots\dots$$

$$\text{Système} \dots\dots\dots$$

$$\epsilon = \dots\dots\dots$$



2.4- Réponse à un échelon - boucle fermée - :



$U_R = H.S$ U_R est l'image de S
H est la transmittance de la chaîne de retour

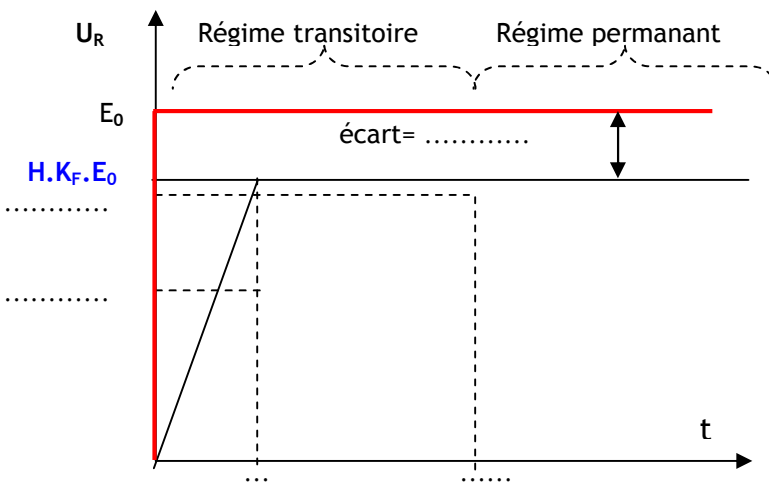
Équations différentielles :

$$\frac{\tau}{1 + H.K_o} \cdot \frac{dS}{dt} + S = \frac{K_o}{1 + H.K_o} \cdot E_o$$

On peut mettre cette équation sous la forme :

$$\tau_F \cdot \frac{dS}{dt} + S = K_F \cdot E_o$$

Avec : $K_F = \dots\dots\dots$ et $\tau_F = \dots\dots\dots$



Régime permanent :

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

$$S_p = \dots\dots\dots \text{et } U_R = \dots\dots\dots$$

Temps de réponse T_{SF} à 5% :

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

$$S(T_{SF}) = 95\% \cdot K_F \cdot E_o$$

Précision : (Erreur statique)

$$\text{Écart} = \varepsilon_F = E_o - H.S(+\infty)$$

$$\varepsilon_F = \dots\dots\dots$$

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

$$\text{Si } K_o \rightarrow +\infty, K_F \rightarrow 1/H \rightarrow \dots\dots\dots$$

3- Système du 2^{ème} ordre :

3.1-Définition :

On appelle système du deuxième ordre, un système régi par une équation différentielle du type :

$$e \rightarrow \boxed{K_o} \rightarrow s \rightarrow \left[\frac{1}{\omega_n^2} \cdot \frac{d^2 S}{dt^2} + \frac{2.a}{\omega_n} \cdot \frac{dS}{dt} + S = K_o \cdot e \right]$$

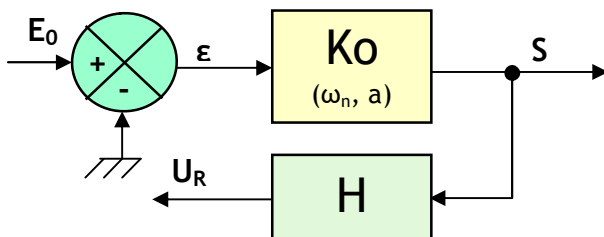
ω_n : est appelée pulsation libre ou pulsation naturelle ou pulsation propre du système non amorti

- ω_n : se mesure en rad/s -

a : est appelé amortissement du système ou facteur d'amortissement.

K_o : est le gain statique du système (gain en régime permanent).

3.2- Réponse à un échelon - boucle ouverte - :



$U_R = H.S$ U_R est l'image de S
H est la transmittance de la chaîne de retour

Dans ce cas $e(t) = E_o - e(t)$ est une constante -
et $\varepsilon = E_o$

Équation différentielle de la chaîne directe :

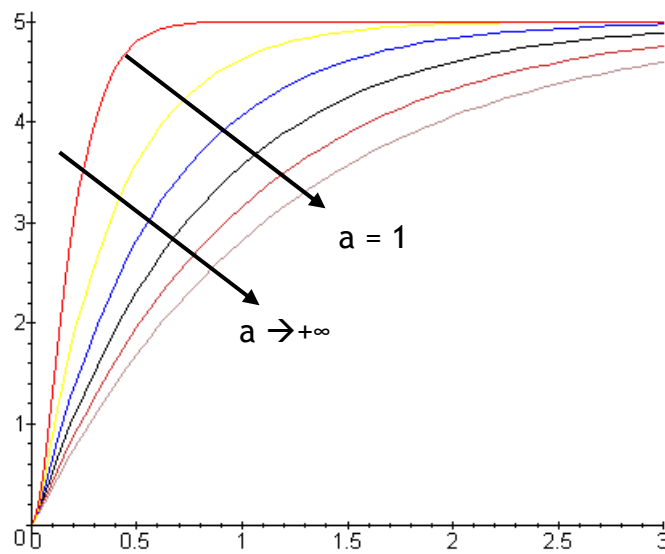
$$\frac{1}{\omega_n^2} \cdot \frac{d^2 S}{dt^2} + \frac{2.a}{\omega_n} \cdot \frac{dS}{dt} + S = K_o \cdot E_o$$

Cette équation a 3 solutions différentes :

$a > 1$: Régime apériodique

$a = 1$: Régime apériodique critique

$a < 1$: Régime pseudopériodique



Régime apériodique

- ❖ Le comportement du système est non oscillant il tend vers la valeur $K_o.E_o$ sans jamais la dépasser.
- ❖ Plus le coefficient d'amortissement a est grand plus le temps de réponse est important.
- ❖ pour $a=1$ la réponse est non oscillante, c'est le régime apériodique le plus rapide.

$a = 0$ réponse sinusoïdale non amortie, alors le système est instable si $a \leq 0$
La tangente à l'origine est nulle

Régime permanent :

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

$$S_p = \dots\dots\dots$$

$$U_R = \dots\dots\dots$$

Régime pseudopériodique

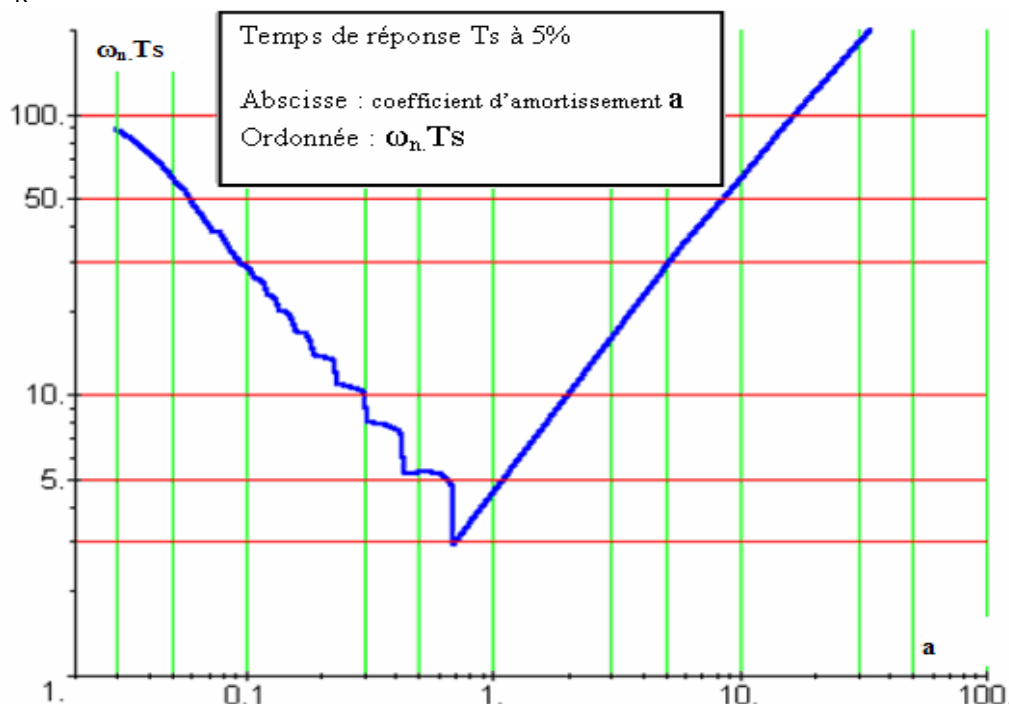
- ❖ Plus a est petit moins la réponse est amortie.
- ❖ pour $a = 0$ la réponse est sinusoïdale non amortie.
- ❖ Pour $a = 0.7$ le temps de réponse est minimum.

Précision : (Erreur statique)

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

$$\varepsilon = \dots\dots\dots$$

K_o étant positif alors : $-\infty \leq \varepsilon \leq 1$



Temps de réponse T_s à 5% :

L'abaque ci-dessus donne le temps de réponse à 5% pour un système du second ordre.
On constate sur cette abaque deux parties :

- ❖ Pour $a > 0,7$, le temps de réponse augmente lorsque a augmente ;
 - ❖ Pour $a < 0,7$, le temps de réponse augmente lorsque a diminue.
- Le temps de réponse est minimal pour $a = 0,7$.
L'abaque donne $\omega_n.T_s$ en fonction de a .

3.3- Exemple - machine à courant continu - :

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

L'équation différentielle liant Ω à U_c :

Dans ce cas, on a : $U_c = E + R \cdot i + L \cdot di/dt$ $E(t) = K' \cdot \Omega$
 $M = K' \cdot I$ $J \cdot d\Omega/dt = M$

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

L'expression de Ω_p , T_s et ε :

$\Omega(\infty) = \dots\dots\dots$ $\varepsilon = \dots\dots\dots$

$T_s \dots\dots\dots$ $\varepsilon = \dots\dots\dots$

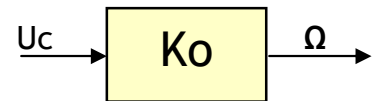
$\Omega(t)$ dépend de a

$a > 1$: Régime apériodique- système à fort amortissement-

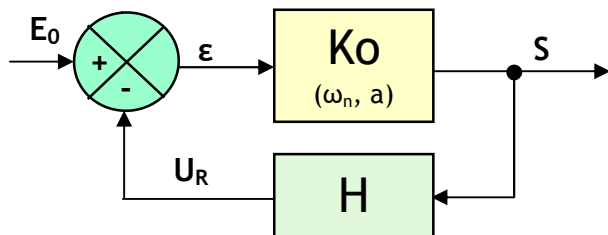
$a = 1$: Régime apériodique critique

$a < 1$: Régime pseudopériodique

Système est $\dots\dots\dots$



3.4- Réponse à un échelon - boucle fermée - :



Équations différentielles :

$$\frac{1}{(1 + H.K_o) \cdot \omega_n^2} \cdot \frac{d^2S}{dt^2} + \frac{2.a}{(1 + H.K_o) \cdot \omega_n} \cdot \frac{dS}{dt} + S = \frac{K_o}{(1 + H.K_o)} \cdot E_o$$

On peut mettre cette équation sous la forme :

$$\frac{1}{\omega_F^2} \cdot \frac{d^2S}{dt^2} + \frac{2.a_F}{\omega_F} \cdot \frac{dS}{dt} + S = K_F \cdot E_o$$

Avec $K_F = \frac{K_o}{1 + H.K_o}$, $\omega_F = \omega_n \sqrt{1 + H.K_o}$ et $a_F = \frac{a}{\sqrt{1 + H.K_o}}$

La réponse du système dépend alors du facteur a_F , qui dépend du gain de la chaîne directe. Si $H.K_o$ est très grand, a_F tend vers 0. Le système risque de devenir instable.

Régime permanent :

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

$$S_p = \dots\dots\dots$$

$$U_R = \dots\dots\dots$$

Précision : (Erreur statique)

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

$$\varepsilon = \dots\dots\dots$$

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

$$\text{Si } K_o \rightarrow +\infty, K_F \rightarrow 1/H \rightarrow \dots\dots\dots$$

Temps de réponse T_{sF} à 5% :

Voir l'abaque $\omega_n \cdot t_{s5\%} = f(a)$

Conclusions :

- ❖ Le bouclage n'a pas modifié l'ordre du système,
- ❖ Le bouclage a modifié le gain du système : $K_F < K_o$
- ❖ Le système bouclé est plus rapide, on améliore sa rapidité en augmentant le gain K_o ,
- ❖ Le système bouclé est plus précis, l'erreur statique est plus faible en B.F.

Convertisseur fréquence tension

1- Monostable :

1.1- Définition :

Un monostable permet de garder, pendant un certain temps la trace d'un événement fugitif : C'est la temporisation.

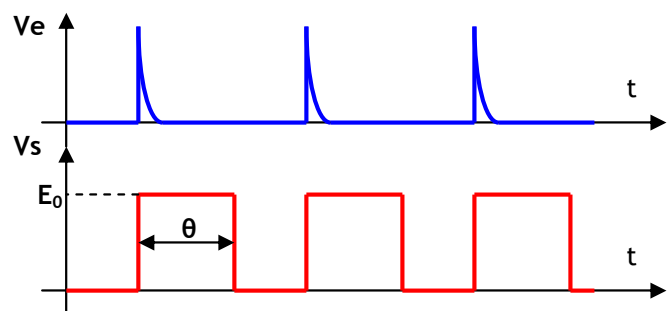
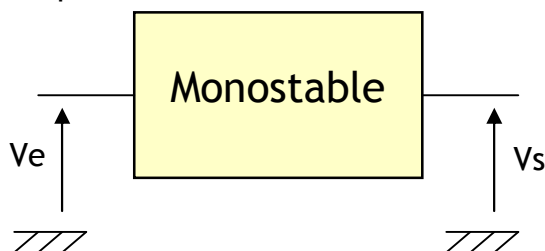
Le monostable ne peut avoir qu'un seul état stable. Il faut distinguer deux états :

- ❖ L'état stable : est l'état dans lequel le monostable peut rester indéfiniment.
- ❖ L'état instable : est l'état pour lequel on a en sortie un niveau de durée définie, propre au monostable et noté θ .

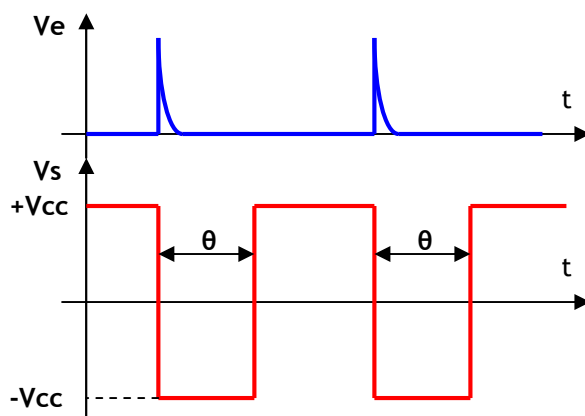
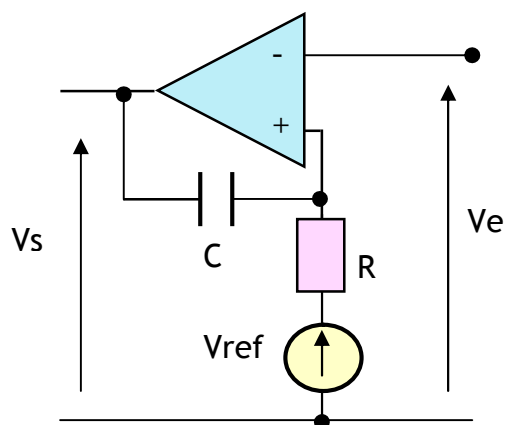
Les monostables sont caractérisés par :

- ❖ Les valeurs des tensions à l'état stable et instable.
- ❖ La durée de l'état instable.

On peut réaliser un monostable par l'association de circuits RC et d'un A.Op, porte logique, ou circuit spécialisé NE555 ou HEF4538.



1.2- Monostable à A.Op :

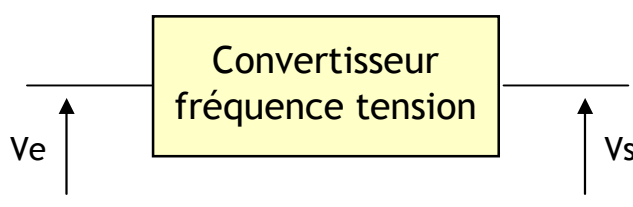


L'amplificateur opérationnel travaille en mode de commutation et alimenté par une alimentation symétrique $\pm V_{cc}$.

Calcul de la durée instable θ : $\theta = RC \ln \frac{2 \cdot V_{cc}}{V_{ref}}$

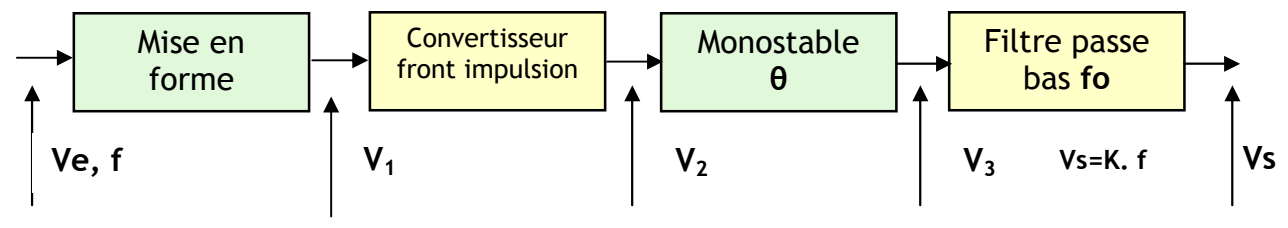
2- Convertisseur fréquence tension :

2.1- Définition :



$V_s = K \cdot f$
 f : fréquence du signal V_e
 K : constante
 V_s est proportionnelle à V_e

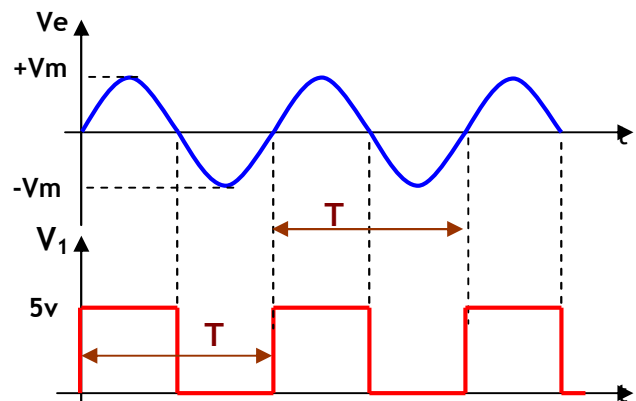
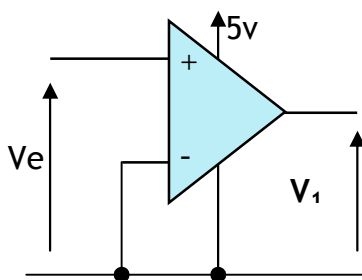
2.2- Schéma structurel :



Supposons qu'on applique sur V_e une tension sinusoïdale dont on veut mesurer la fréquence f .

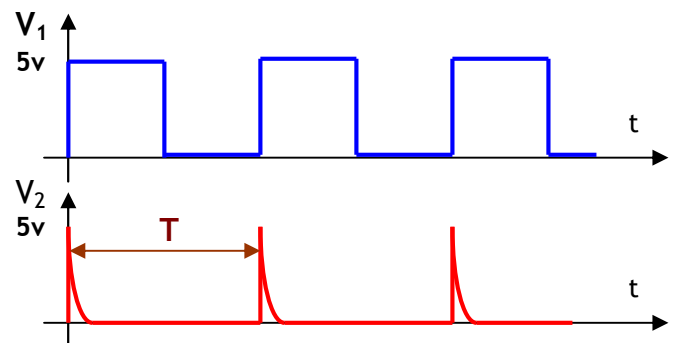
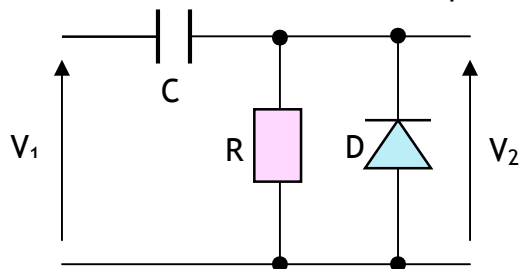
2.3- Mise en forme :

Le signal sinusoïdal est transformé en signal carré, par un comparateur ou un trigger.

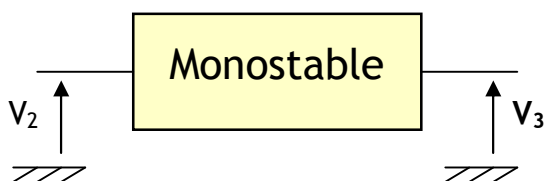


2.4- Convertisseur front impulsion :

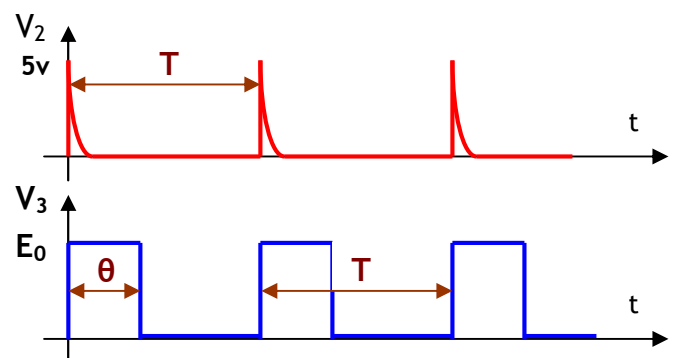
Grâce à un réseau RC, on va transformer chaque front montant de V_1 en une brève impulsion V_2 .



2.5- Monostable :



A chaque front montant présent sur le signal V_1 , le monostable va délivrer une impulsion de durée calibrée θ et d'amplitude E_0 .



2.6- Filtre passe bas moyenneur :

Le filtre permet de supprimer la fondamentale et les harmoniques du signal V_3 délivré par le monostable, ainsi on obtient juste sa valeur moyenne.

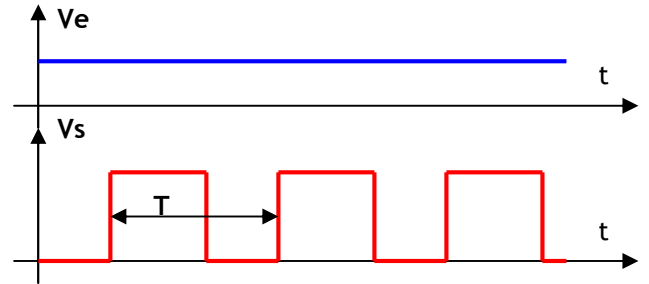
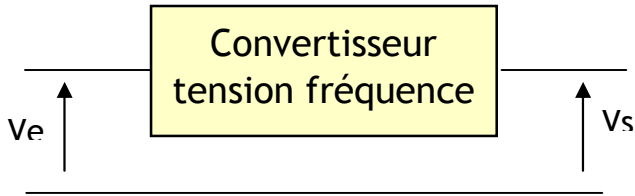
$$VS = E_0 \cdot \theta / T$$

$$VS = E_0 \cdot \theta \cdot f$$

Donc V_s est proportionnelle à la fréquence du signal d'entrée V_e .

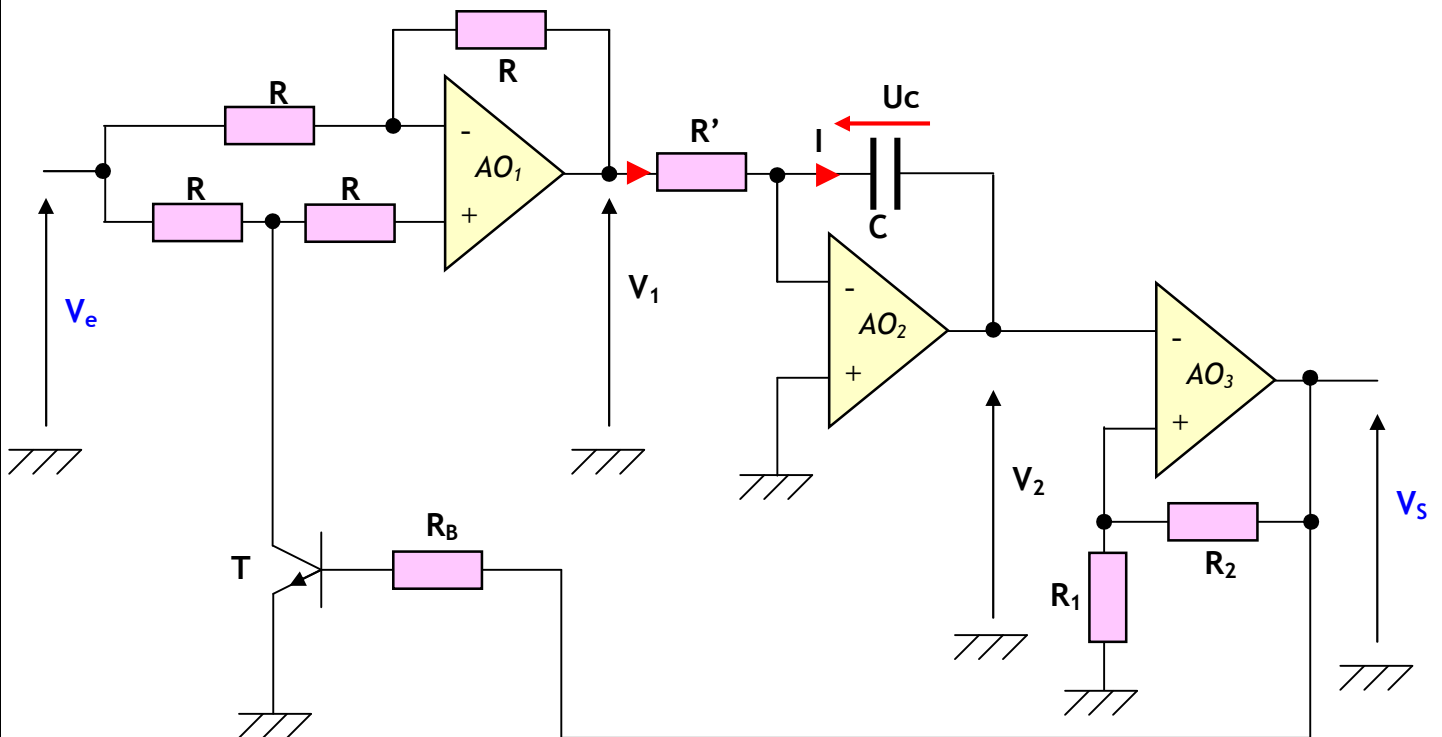
Convertisseur tension fréquence

1- Définition :



C'est un oscillateur à relaxation dont la fréquence du signal de sortie est proportionnelle à une tension de commande V_e : $f = K.V_e$ avec $f = 1/T$

2- Exemple de montage :



2.1- Description des différents blocs :

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 ;

.....

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

.....

Etude deuxième bloc (A.O. n° 2) :

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

.....

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

.....

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

.....

.....

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

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

Etude troisième bloc (A.O. n° 3) :

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

.....

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

.....

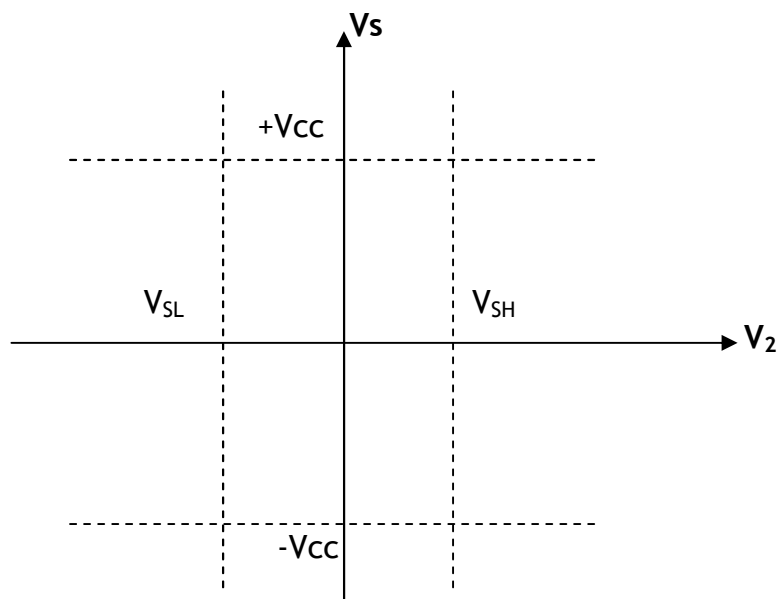
3. Donner l'expression des seuils de basculement V_{SH} et V_{SL} ;

.....

.....

.....

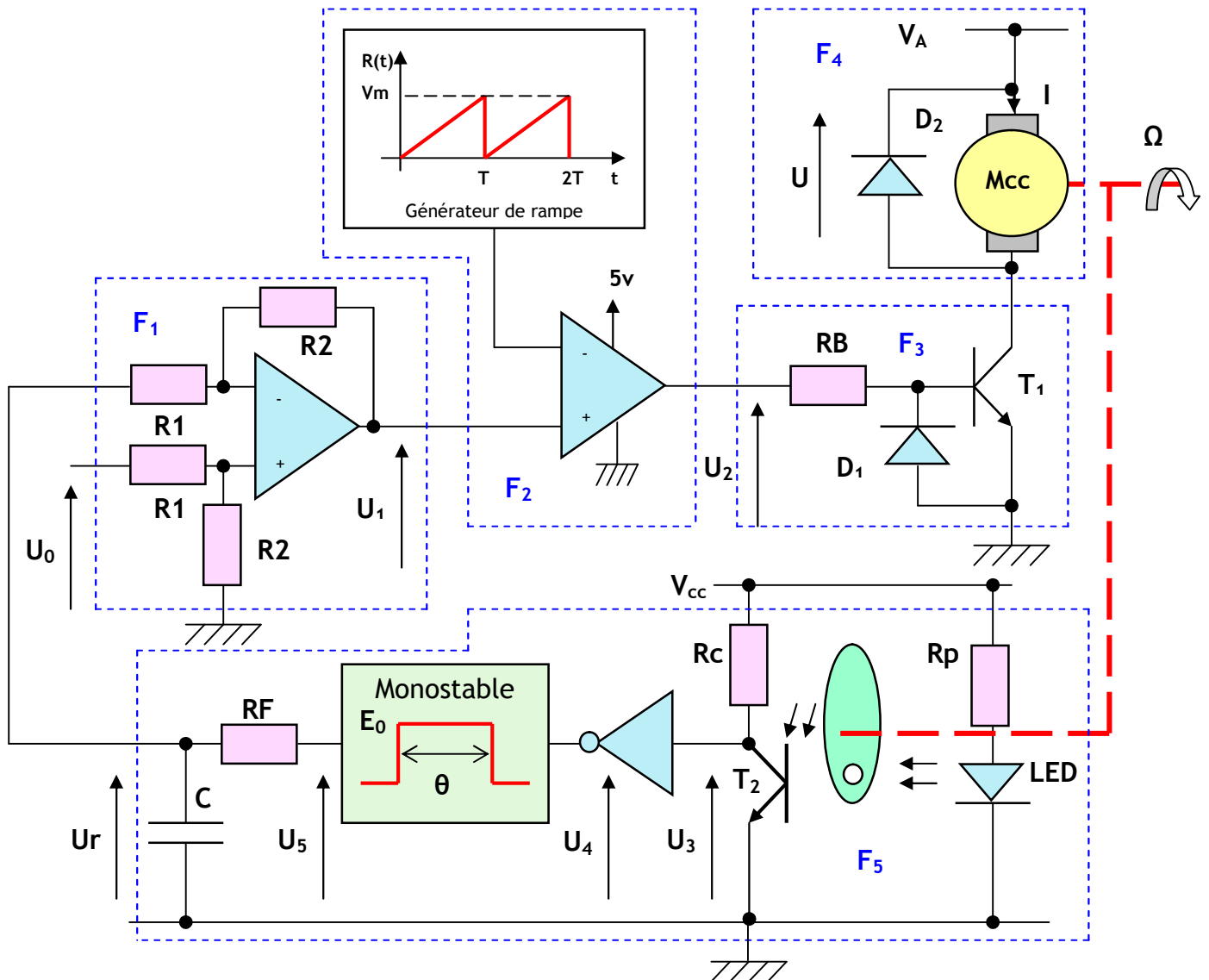
4. Tracer la fonction de transfert V_s en fonction de V_2 ;



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

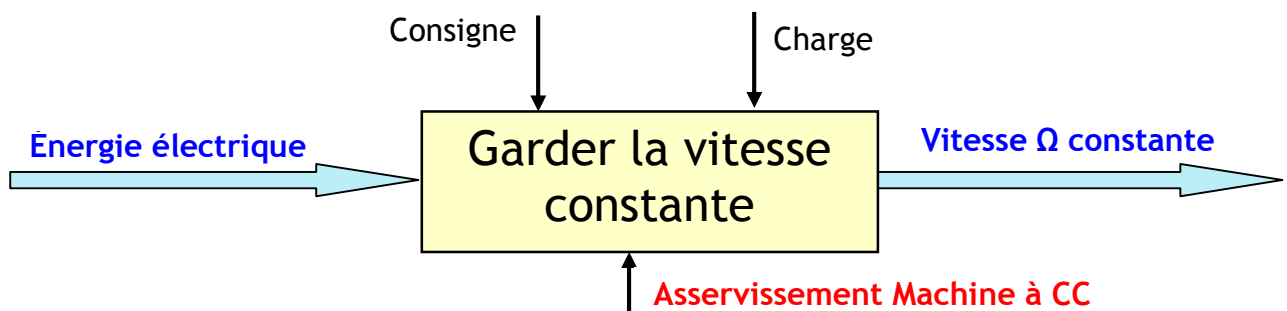
Asservissement d'une machine à courant continu

1- Schéma de l'asservissement :



Il s'agit d'un asservissement de vitesse d'une machine à courant continu.

Objectif : on veut garder la vitesse Ω du moteur à cc constante quelque soit la charge.



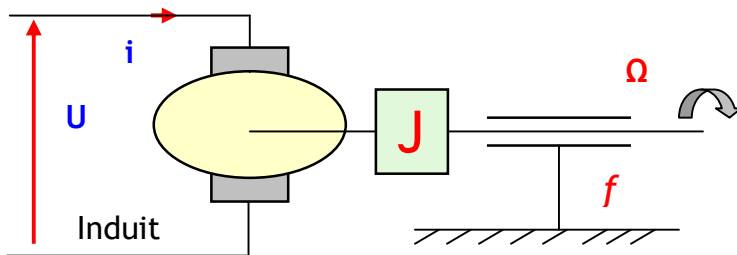
2- Caractéristiques et équations de la Mcc :

- ❖ E représente la force électromotrice ;
- ❖ L représente la self équivalente de l'enroulement d'induit ; $L = 5\text{mH}$
- ❖ R représente la résistance équivalente de l'induit ; $R = 5\Omega$
- ❖ M est le moment moteur ;
- ❖ K est une constante générale liée à la machine tournante (MKSA) ;

- ❖ φ représente le flux inducteur (Weber), $\varphi = \text{cte.}$
- ❖ $K' = K \cdot \varphi = 1/50 \text{ v/trs/mn}$
- ❖ J est l'inertie du moteur ; $J = 10^{-4} \text{ kg.m}^2$
- ❖ $V_{cc} = 5\text{v}$, $V_m = 6\text{v}$ et $V_A = 12\text{v}$
- ❖ $R_2 = 50 \text{ K}\Omega$ et $R_1 = 1 \text{ K}\Omega$
- ❖ f coefficient des frottements mécaniques

Équations :

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 régulée.



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

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

$$E = K' \cdot \Omega$$

$$M = K' \cdot i$$

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

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 :

.....

.....

.....

.....

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

.....

1.3. Calculer alors :

❖ Le gain statique K_0 et la constante du temps τ

.....

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

.....

.....

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).

.....

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

2.3. Calculer alors :

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

.....

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

.....

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

.....

2.4. En déduire la nature de la réponse.

.....

Tâche 2

Etude de la chaîne directe

/ pts

1- Etude du bloc F_1 :

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

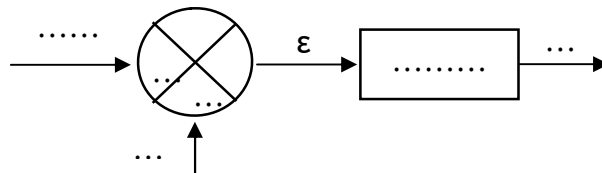
.....

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

.....

- 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

.....

.....

.....

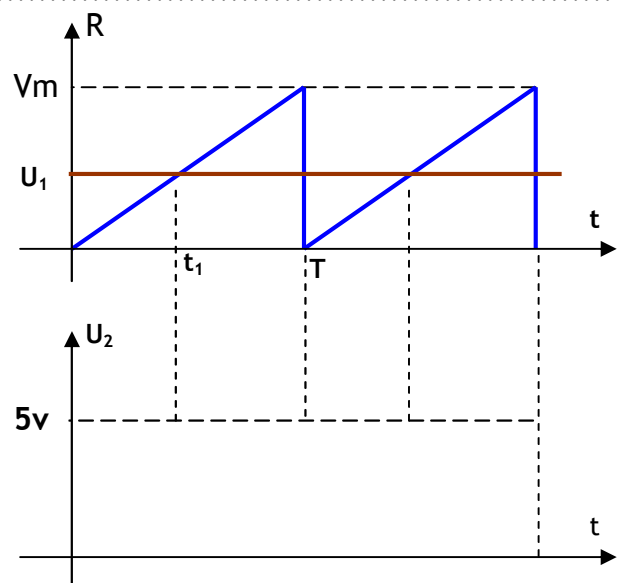
.....

.....

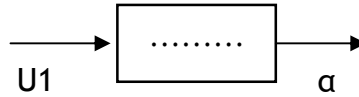
.....

.....

.....



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

.....

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

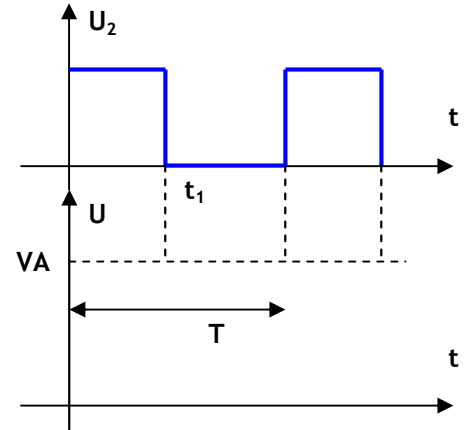
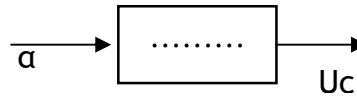
.....

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 .

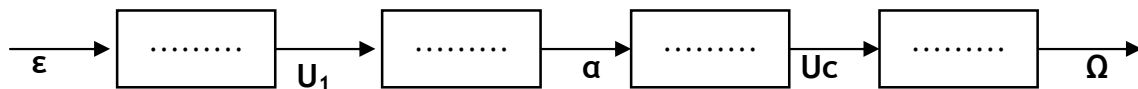
.....

3.5. Compléter le bloc fonctionnel de la fonction F_3



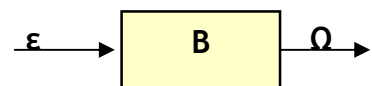
4- Etude de la chaîne directe :

4.1. Compléter le diagramme suivant.



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

A. Calculer alors B.



.....

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

.....

.....

.....

.....

Tâche 3

Etude de la chaîne de retour (bloc F_5)

/ pts

1. Quelle est la fonction du bloc F_5

.....

2. Quel est le rôle du filtre

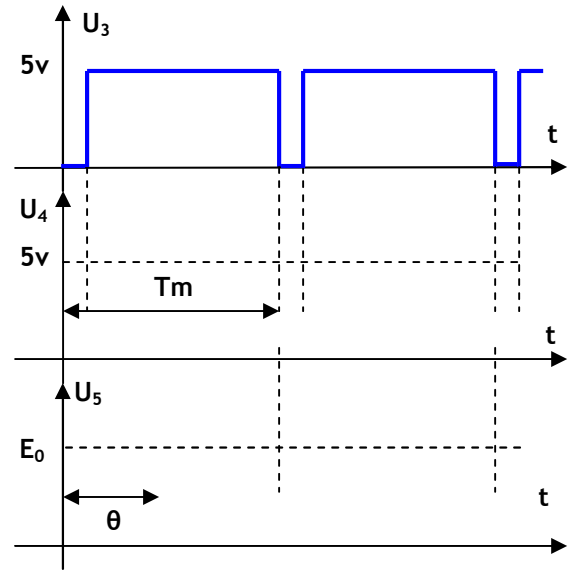
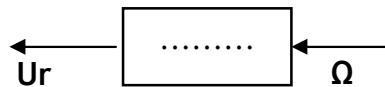
.....

3. Tracer les chronogrammes de U_4 et U_5 .

4. Donner la relation entre T_m et Ω

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

6. Compléter le bloc fonctionnel de la fonction F_3

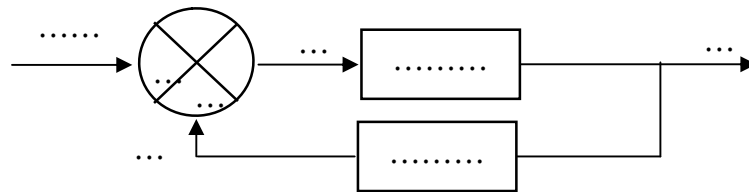


Tâche 4

Etude de l'asservissement

/ pts

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

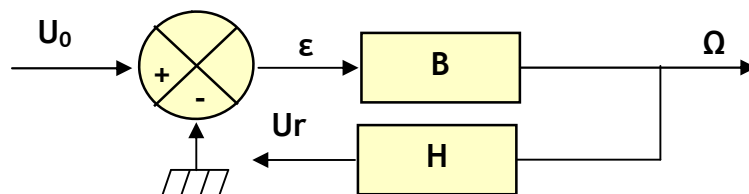


Transmittance de la Chaîne direct $B = \dots\dots\dots$

Transmittance de la Chaîne de retour $H = \dots\dots\dots$

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 .

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

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

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

3- Etude en boucle fermée ($L = 0$) :

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

.....

.....

.....

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 .

.....

.....

.....

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

.....

.....

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

.....

.....

4- Etude en boucle fermée ($L \neq 0$) :

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

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

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

.....

.....

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

.....

.....



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:**

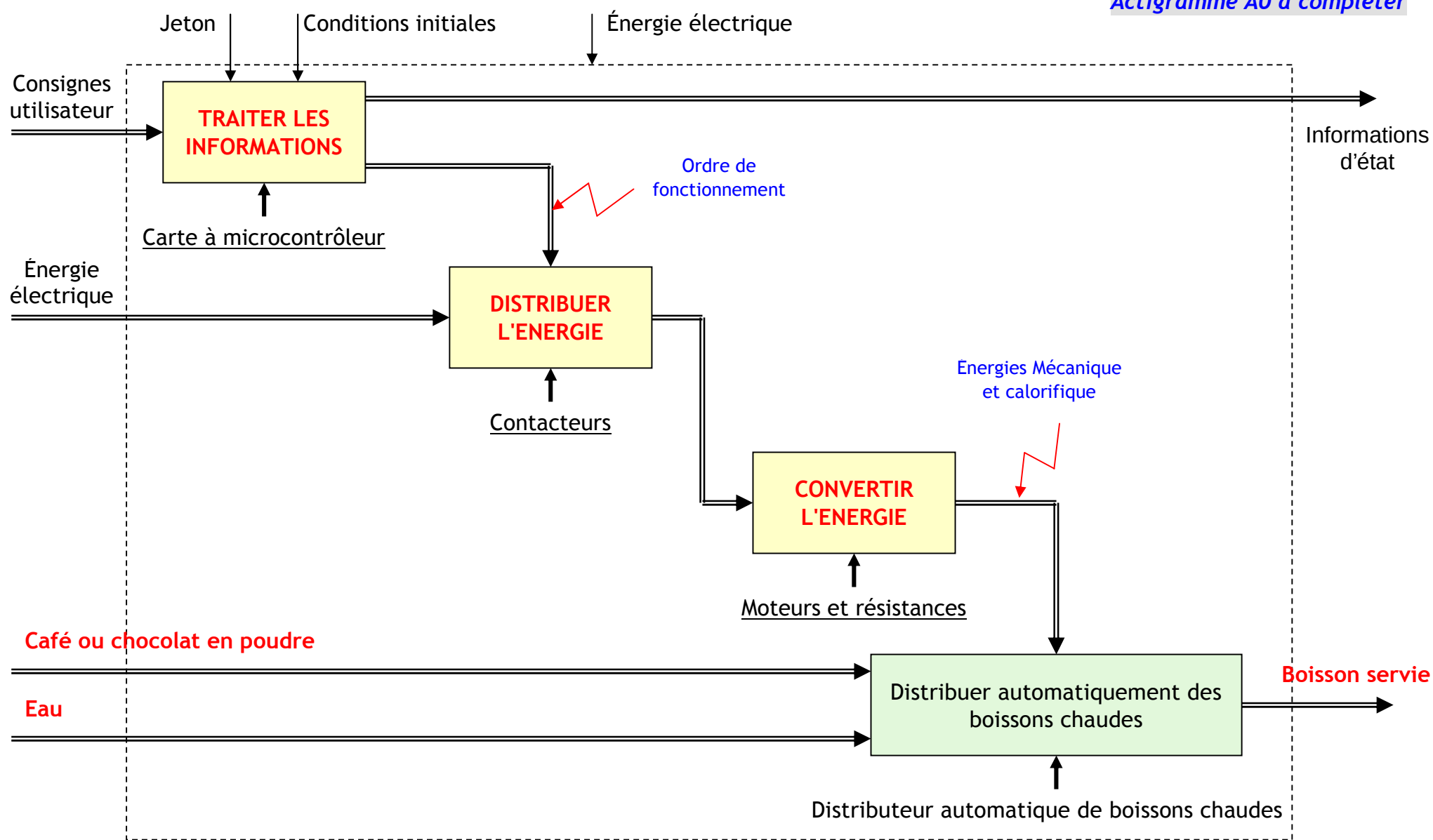
- ◆ Fiche cours n° 26 « *Notions d'asservissement* »
- ◆ Fiche cours n° 27 « *Systèmes asservis* »
- ◆ Fiche cours n° 29 « *Convertisseurs tension fréquence* »
- ◆ Fiche cours n° 30 « *Asservissement d'un M à cc* »

11 pages

DREP 01

DOCUMENT A RENDRE

Actigramme A0 à compléter



DREP 02

DOCUMENT A RENDRE

Solutions constructives

Fonctions techniques

F.A.S.T à compléter

Fonction de service

**Distributeur
automatique de
boissons chaudes**

Servir un café express
serré ou allongé

**Préparer une dose de
Café en poudre**

Moteur **MD₁** + mécanisme

**Ajouter la dose d'eau
correspondante au café**

Vanne **EV1**

**Mixer l'eau avec le café et
le déverser dans le Goblet**

Moteur **MM₁** + mécanisme

Préparer une dose de
Chocolat en poudre

Moteur MD₂ + mécanisme

Ajouter la dose d'eau
correspondante au chocolat

Vanne EV2

Mixer l'eau avec le chocolat
et le déverser dans le Goblet

Moteur MM₂ + mécanisme

Libérer un Goblet

Moteur **MG** + mécanisme

Détecter le niveau dans
le bac de récupération

**Détecteur à action
mécanique br + flotteur**

**Détecter la présence
d'un Goblet**

Détecteur à action
mécanique g

**Traiter les
informations**

Le microcontrôleur **16 F
877**

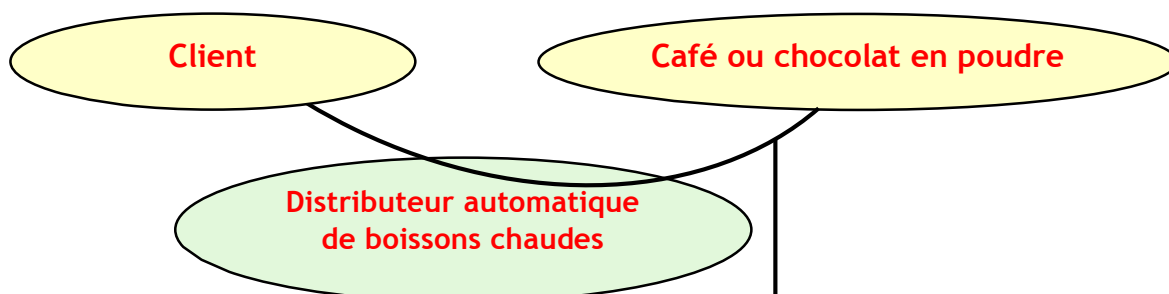
DREP 03

DOCUMENT A RENDRE

Bête à cornes à compléter

A qui le produit rend-il service ?

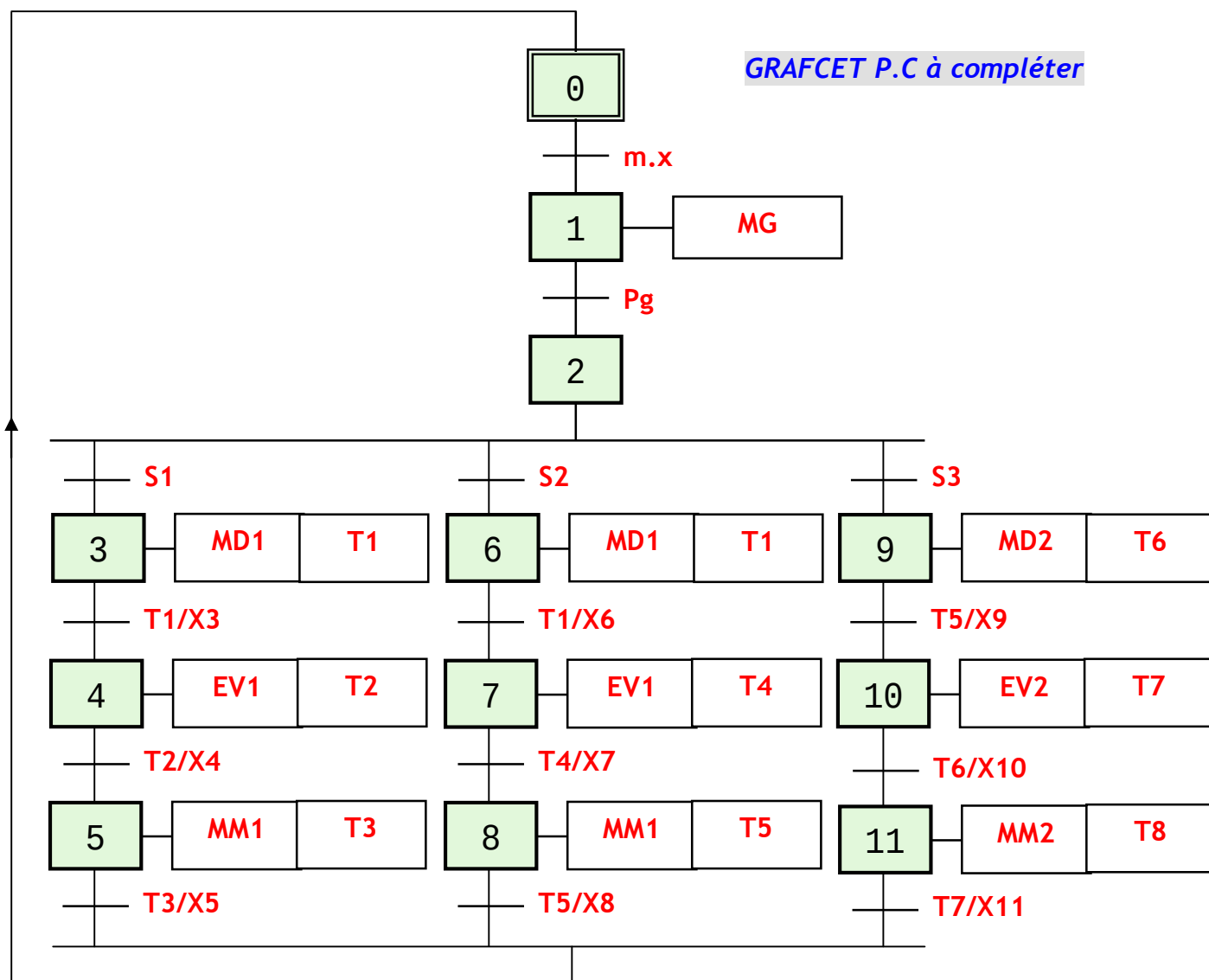
Sur quoi le produit agit-il ?



Dans quel but le système existe-t-il ?

Distribuer automatiquement des boissons chaudes

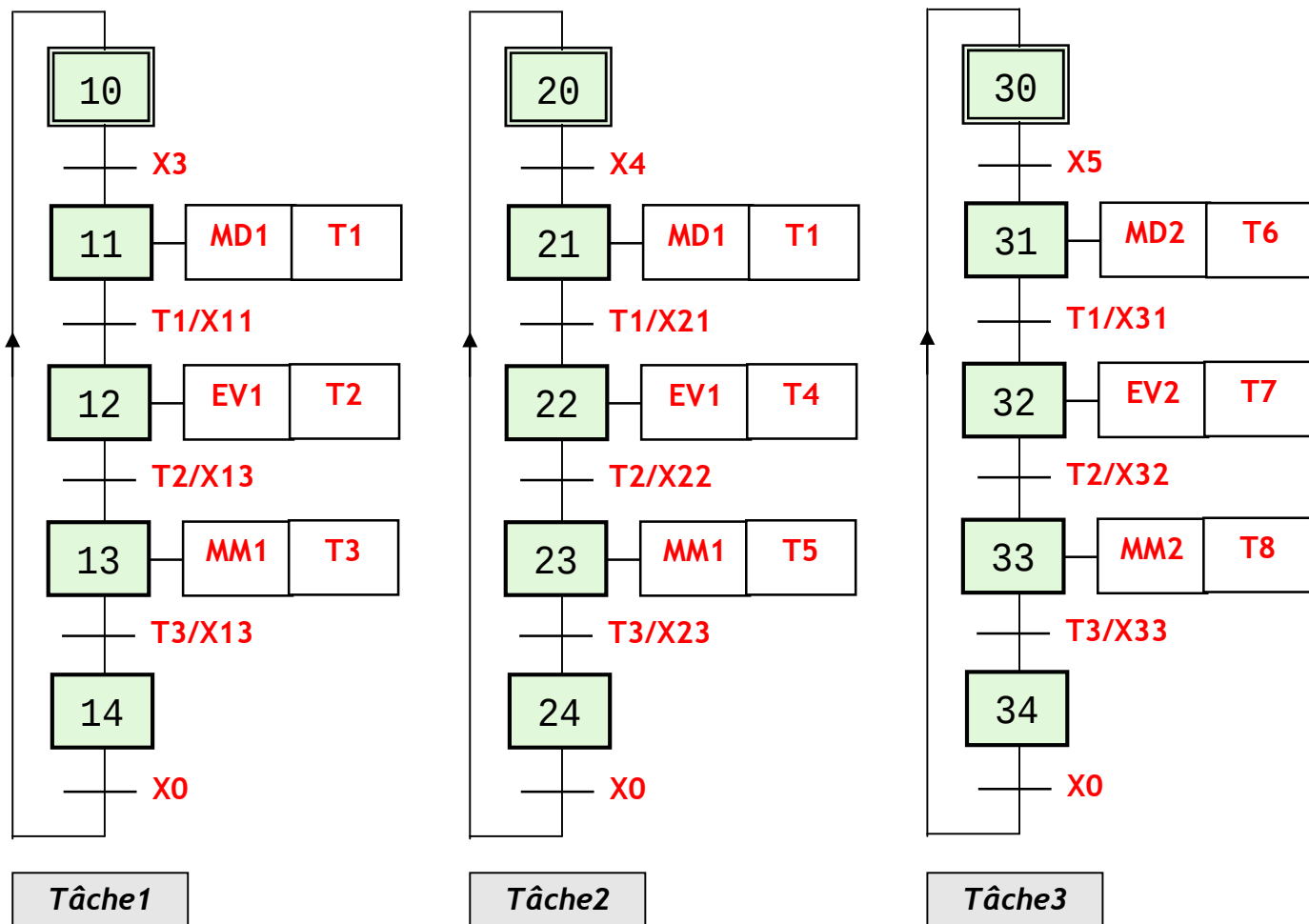
GRAFCET P.C à compléter



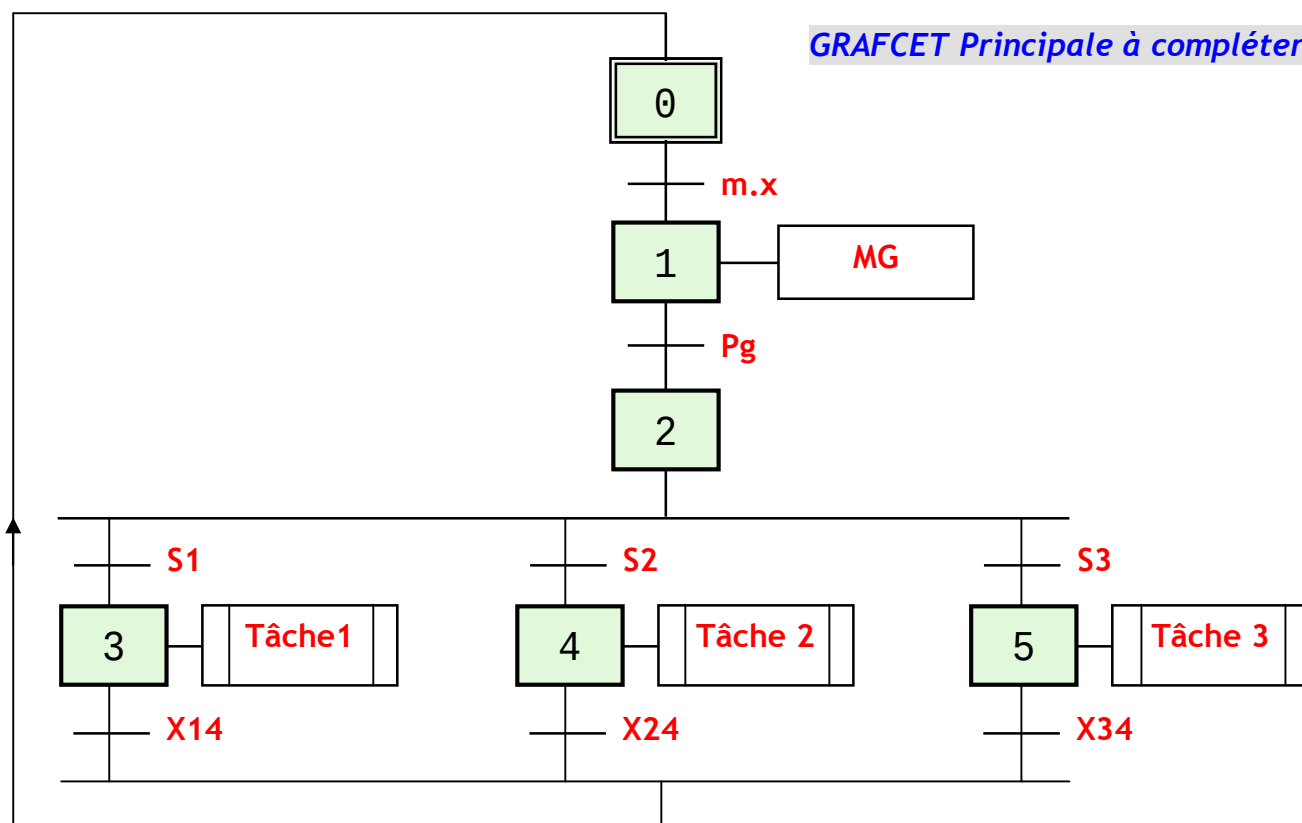
DREP 04

DOCUMENT A RENDRE

GRAFCETS esclaves à compléter

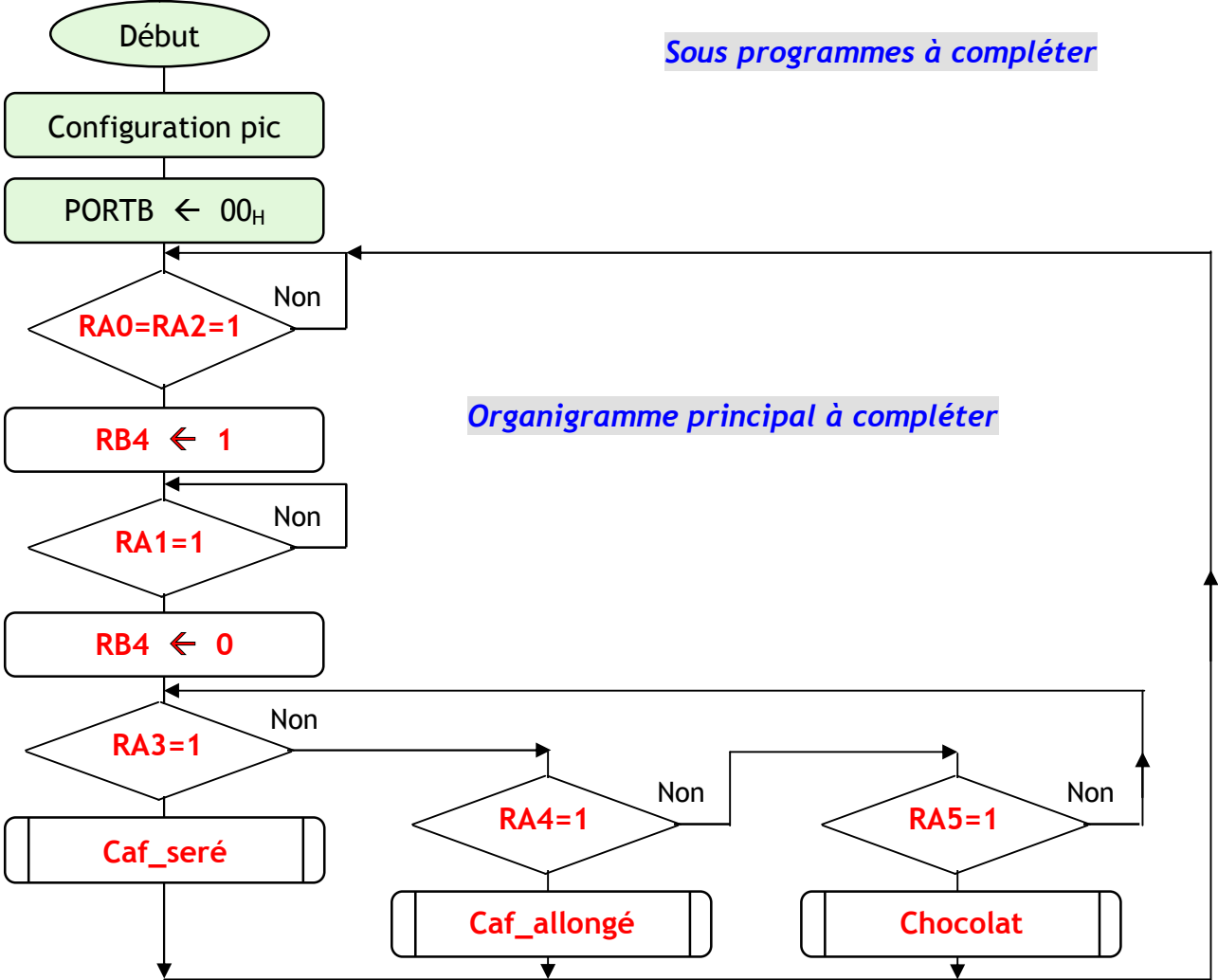
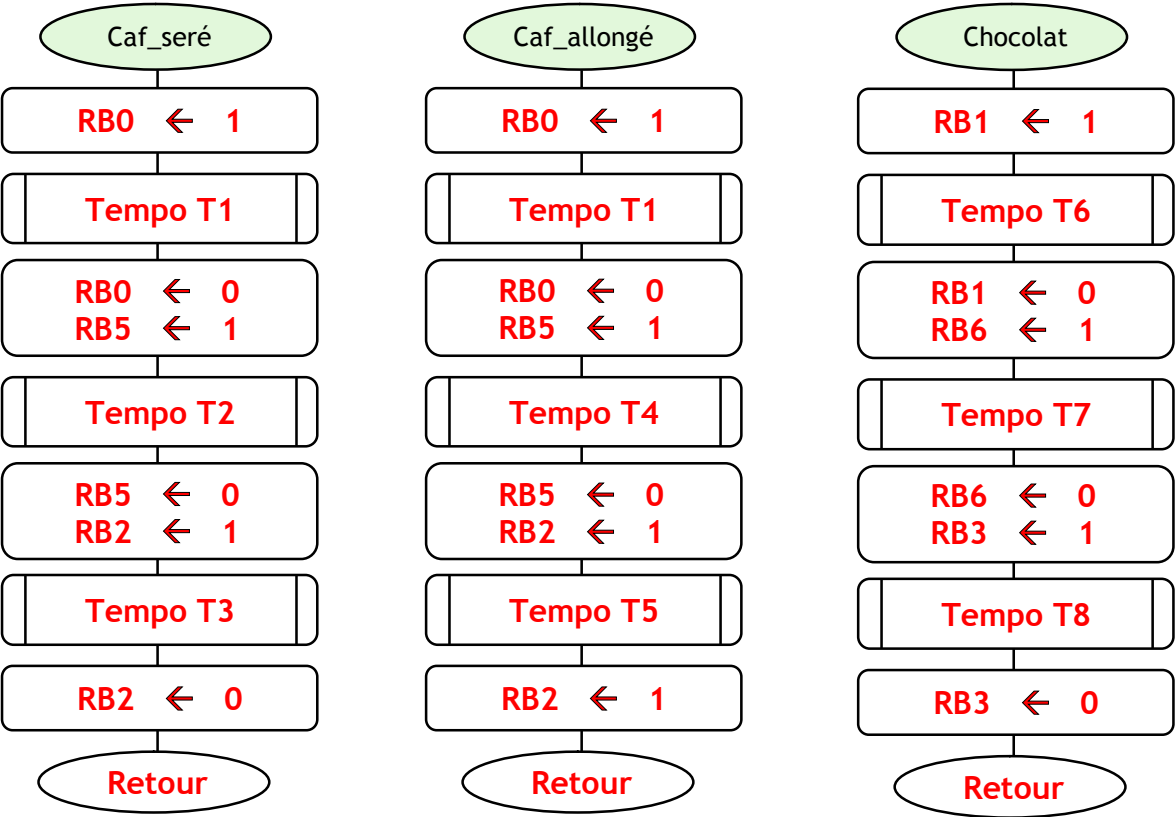


GRAFCET Principale à compléter



DREP 05

DOCUMENT A RENDRE



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** N_1
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 :

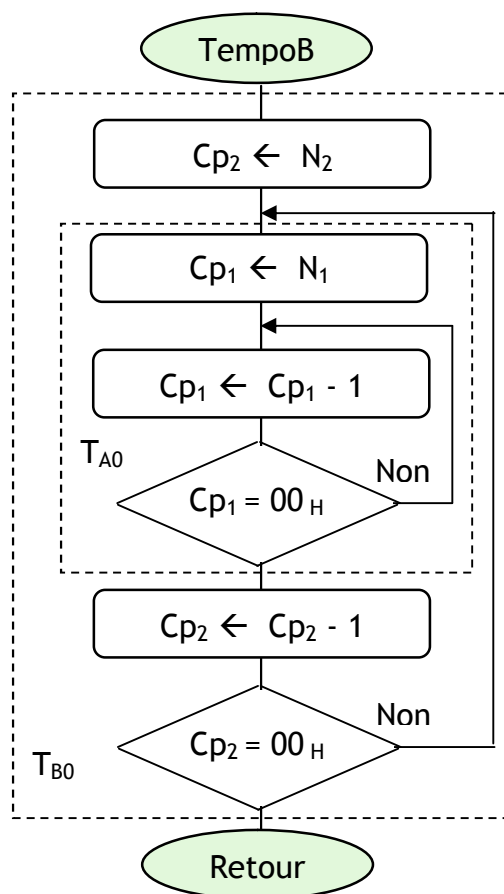
$F = \text{fosc}/4$, donc 1 cycle = $1/F = 1 \mu s$, ce qui donne une temporisation $T_{A0\text{max}} = 766 \mu s$

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 :

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

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

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

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

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

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

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

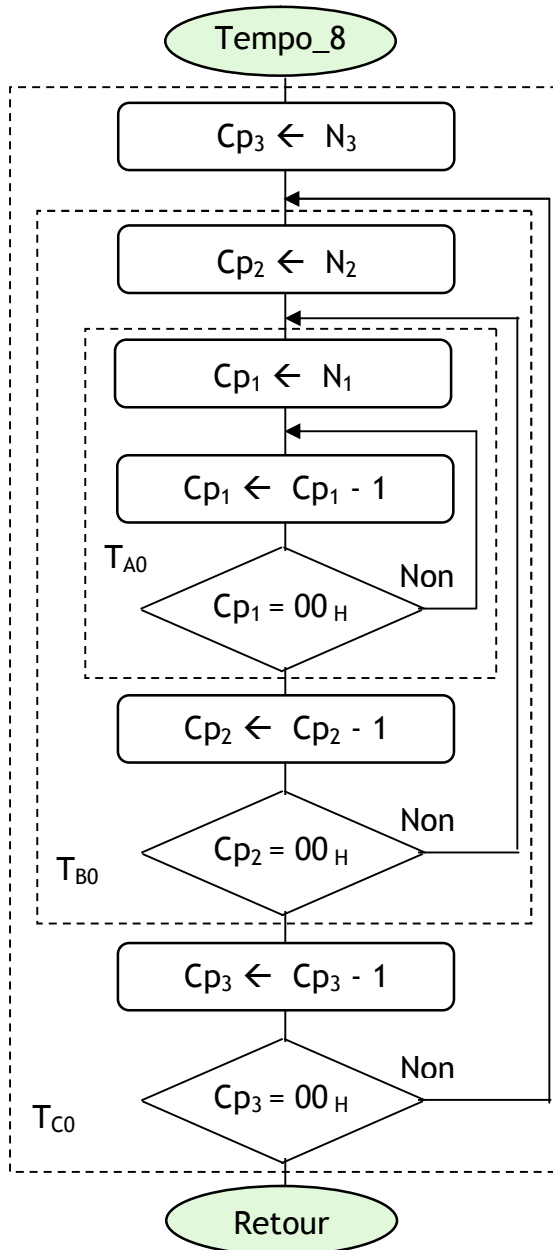
$$1-5. T_{B\text{max}} = 5 + 4 \cdot 255 + 3 \cdot 255 \cdot 255 = 196100 \mu s$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$T_{C\max} = 50005250 \mu s$$

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

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

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

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

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

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

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

$$N_3 = 7999995 / 196099$$

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

$$\begin{aligned} T_8 &= N \times 256 \times (\text{DIV} \times T_H) \\ T_8 &= N \times 256 \times 256 \times T_H \\ N &= T_8 / (256 \times 256 \times T_H) \\ N &= 8.10^6 / (256 \times 256 \times 1) \\ N &= 122 \\ N &= 7A_H \end{aligned}$$

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 10

DOCUMENT A RENDRE

;

;

Initialisation

Init	BCF	STATUS, 6	;
	BSF	STATUS, 5	; accès à la BANK 1
	CLRF	TRISB	; PORTB en sortie
	MOVLW	0xFF	;
	MOVWF	TRISA	; PORTA en entrée
	MOVLW	0x07F	;
	MOVWF	OPTION	; Configuration du TIMER 0
	BCF	STATUS, 5	; accès à la BANK 0

;

;

Programme Principale

Loop1	CLRF	PORTB	;
	MOVF	PORTA, W	;
	ANDLW	B'00000101'	;
	SUBLW	B'00000101'	;
	BTFSS	STATUS, Z	; Test si conditions initiales et jeton introduit
	GOTO	Loop1	;
	BSF	PORTB, 4	; Libérer un Goblet
Loop2	BTFSS	PORTA, 1	; Test si Goblet libéré
	GOTO	Loop2	;
	BCF	PORTB, 4	;
Loop3	BTFSS	PORTA, 3	; Test si Goblet si S1 actionné
	GOTO	Loop4	;
	CALL	Caf_Serré	; Préparer un café express serré
	GOTO	Loop1	;
Loop4	BTFSS	PORTA, 4	; Test si Goblet si S2 actionné
	GOTO	Loop5	;
	CALL	Caf_Allongé	; Préparer un café express allongé
	GOTO	Loop1	;
Loop5	BTFSS	PORTA, 5	; Test si Goblet si S3 actionné
	GOTO	Loop3	;
	CALL	Chocolat	; Préparer un café chocolat
	GOTO	Loop1	;
	END		; directive de fin de programme

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 F_3 , F_4 et F_4**
Correcteur : **blocs F_3 et F_4** Régulateur : **Hacheur** Actionneur : **Moteur MM_2**
- Les éléments de la chaîne de retour (Capteur, Amplificateur) ;
Chaîne de retour : **blocs F_6 et F_7**
Capteur : **génératrice tachymétrique bloc F_6** Amplificateur : **bloc F_7**
- Le comparateur et le signal d'erreur ;
Comparateur : **bloc F_2** 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 ;

$$e_2^- = e_2^+$$

$$V / 2 = (V_r + V_\epsilon) / 2$$

$$V = V_r + V_\epsilon$$

$$V_\epsilon = V - V_r$$

- Montrer que $V = 2 \cdot V_c$ et $V_r = 2 \cdot V_s$;

$$e_1^+ = V_c$$

$$e_1^- = V.R_1 / (R_1 + R_2)$$

$$e_1^- = e_1^+$$

$$V_c = V.R_1 / (R_1 + R_2)$$

$$V_c \cdot (R_1 + R_2) = V.R_1$$

$$V = V_c \cdot (R_1 + R_2) / R_1$$

$$V = V_c \cdot (10 + 10) / 10$$

$$V = 2 \cdot V_c$$

$$e_7^+ = V_s$$

$$e_7^- = V.R_7 / (R_7 + R_8)$$

$$e_1^- = e_1^+$$

$$V_s = V_r.R_7 / (R_7 + R_8)$$

$$V_s \cdot (R_7 + R_8) = V_r.R_7$$

$$V_r = V_s \cdot (R_7 + R_8) / R_7$$

$$V_r = V_s \cdot (10 + 10) / 10$$

$$V_r = 2 \cdot V_s$$

- Déduire l'équation de V_ϵ en fonction de V_c et V_s ;

$$V_\epsilon = V - V_r$$

$$V_\epsilon = 2 \cdot V_c - 2 \cdot V_s$$

$$V_\epsilon = (V_c - V_s)$$

- Donner alors l'équation de V_ϵ en fonction de N_c et N_s ;

$$V_s = 0,01 N_s$$

$$V_c = 0,01 N_c$$

$$V_\epsilon = 0,02 \cdot (V_c - V_s)$$

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 e_3^- en fonction de V_ε et V_1 ;

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

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

3. En déduire, l'expression de V_1 en fonction de R_4 , $\alpha_1 P_1$ et V_ε ($e_3^+ = 0$) ;

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

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

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

Correcteur à action proportionnelle,
Améliore la précision

5. Exprimer I_2 en fonction de V_2 et C_2 ;

$$I_2 = -C_2 dV_2 / dt$$

6. Exprimer I_2 en fonction de V_ε et $\alpha_2 P_2$;

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

7. En déduire, alors l'expression de V_2 en fonction de V_ε , $\alpha_2 P_2$ et C_2 ;

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

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

8. Pour $V_\varepsilon = 0.3v$, $\alpha_2 P_2 = 2K\Omega$ et $C_2 = 0.1\mu F$, donner l'expression instantanée de V_2 (t).

$$A_2 = -1 / (2 \cdot 10^3 \cdot 0.1 \cdot 10^{-6}) = -5000 \text{ s}^{-1} \quad V_2 = -5000 \cdot \int 0.3 \cdot dt$$

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

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

Correcteur à action intégrale,
Améliore la précision

10. Exprimer I_3 en fonction de V_ε et C_3 ;

$$I_3 = -C_3 dV_\varepsilon / dt$$

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} ;

$$I_{ref} = V_{ref} / R_{ref}$$

$$I_{ref} = 10 / 5$$

$$I_{ref} = 2 \text{ mA}$$

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 ;

$$I_0 = (I_{ref} / 2^8) \cdot N_c$$

$$I_0 = (I_{ref} / 256) \cdot N_c$$

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 ;

$$V_c = R_L \cdot I_0$$

$$V_c = (I_{ref} \cdot R_L / 256) \cdot N_c$$

$$\text{or } I_{ref} = V_{ref} / R_{ref}$$

$$V_c = N_c \cdot (V_{ref} \cdot R_L) / (256 \cdot R_{ref})$$

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) ;

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

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

$$N_{c(10)} = 128 \cdot RD_7 + 64 \cdot RD_6 + 32 \cdot RD_5 + 16 \cdot RD_4 + 8 \cdot RD_3 + 4 \cdot RD_2 + 2 \cdot RD_1 + RD_0$$

8. Calculer la valeur de R_L pour avoir $V_c = 0,01 \cdot N_c$;

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

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

$$R_L = 256 \cdot 0,01 \cdot 5 / 10$$

$$R_L = 1,28 \text{ K}\Omega$$

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 ;

$$\underline{V}_S = \underline{V}_T \cdot \underline{Z}_C / (Z_C + R) \quad \underline{T} = \underline{Z}_C / (Z_C + R)$$

$$\underline{T} = \frac{1/jC\omega}{R + 1/jC\omega} \quad \underline{T} = \frac{1}{1 + jCR\omega} \quad \underline{T} = \frac{1}{1 + j\omega/\omega_C} \quad \text{avec } \omega_C = 1/RC$$

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

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

$$T = |\underline{T}| = \frac{1}{|1 + jf/f_C|} \quad T = \frac{1}{\sqrt{1 + f^2/f_0^2}}$$

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

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

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 ;

$$f_C = 1/(2.\pi.R.C) \quad C = 1/(2.\pi.R.f_C) \quad C = 1/(2.\pi.100.10^3.0,1)$$

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

10. Pour $V_T = V_{T0} + 0,1.\sin(2.\pi.100.t) + 0,1.\sin(2.\pi.1000.t)$, 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

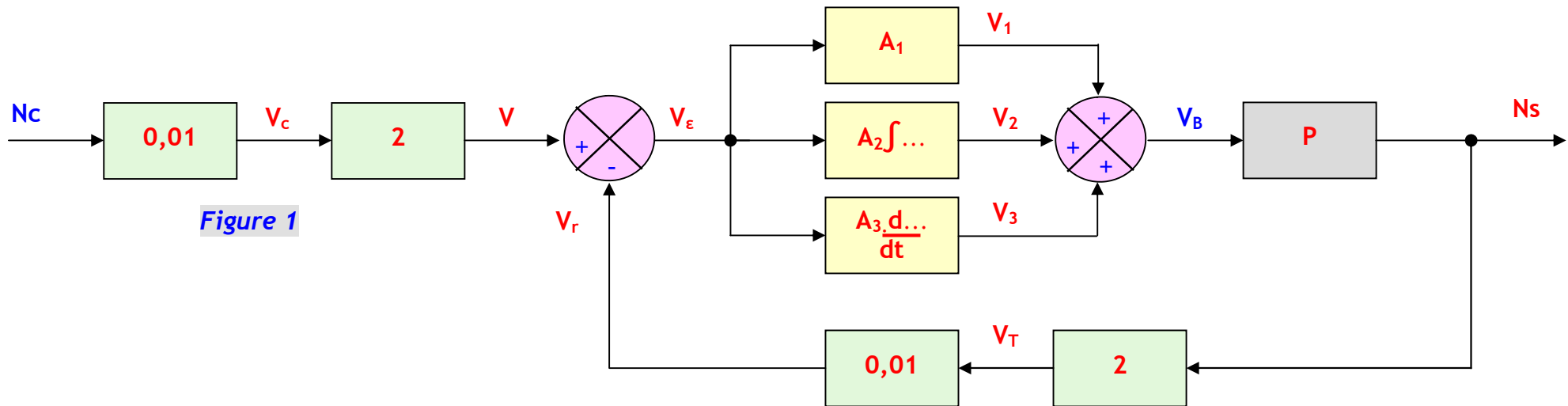


Figure 1

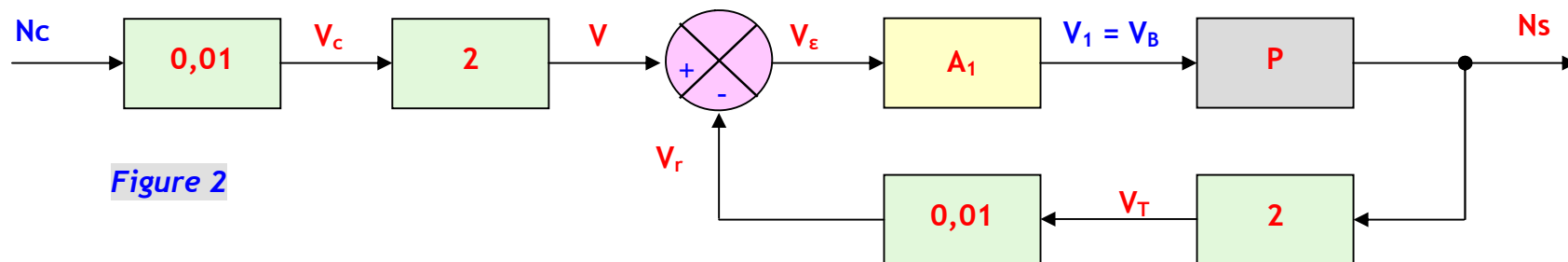


Figure 2

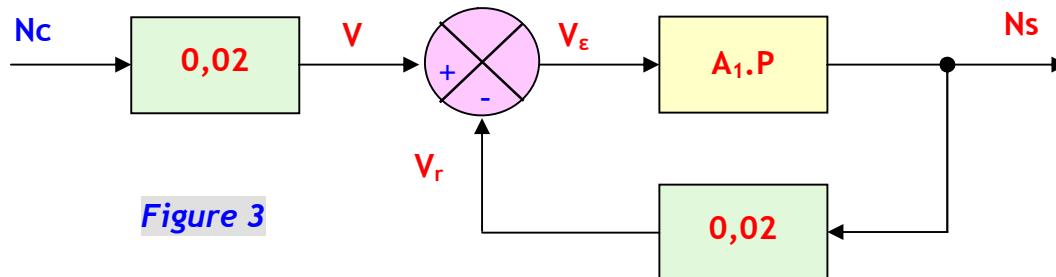


Figure 3

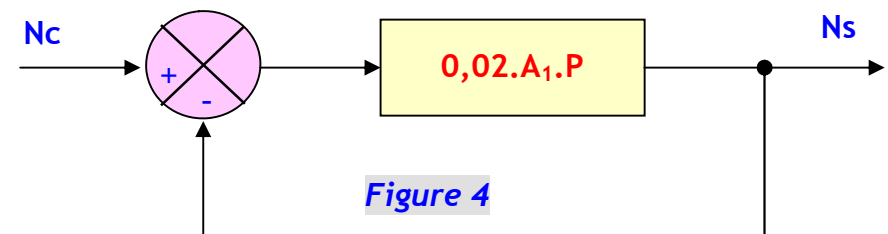


Figure 4

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 $T = N_s/N_c$;

$$0,02.A_1.P$$

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

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 tr à 5% ;

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

- 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 ;

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

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

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

- 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 ;

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

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 - ;

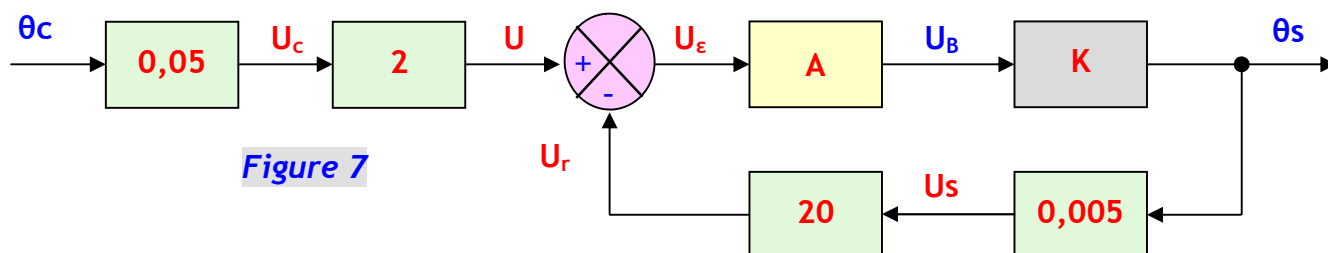


Figure 7

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

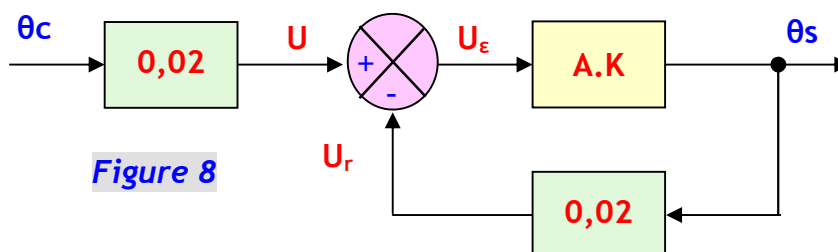


Figure 8

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

1. 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

2. 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.

3. On peut considérer le capteur comme linéaire dans la plage de température comprise entre 0° et 100° ; calculer alors la sensibilité de ce capteur dans cette plage ;

$$s = dU_t/d\theta_s \quad \text{le capteur est linéaire pour } \theta_s \text{ comprise entre } 0^\circ \text{ et } 100^\circ \text{ c}$$

$$\text{donc } s = \Delta U_t / \Delta \theta_s \quad s = [U_t(100) - U_t(0)] / [100 - 0] = (500 - 0) / (100 - 0)$$

$$s = 5 \text{ mV}/^\circ \text{ c}$$

4. En déduire, alors l'expression de U_t en fonction de θ_s ;

$$U_t = 5\theta_s + \text{cte}$$

$$U_t(0) = 5 \times 0 + \text{cte} = 0 \quad \text{alors cte} = 0$$

$$\text{D'où } U_t = 5.\theta_s \text{ en mV}$$

5. Donner l'expression de U_s en fonction de U_t , puis en fonction de θ_s ;

$$e_{13}^+ = U_t$$

$$e_{12}^- = U_s.R_{14} / (R_{14} + R_{15})$$

$$e_{13}^- = e_{13}^+$$

$$U_t = U_s.R_{14} / (R_{14} + R_{15}) \quad U_t.(R_{14} + R_{15}) = U_s.R_{14}$$

$$U_s = U_t.(1 + R_{15}/R_{14}) \quad U_s = 5.(1 + R_{15}/R_{14}).\theta_s \text{ (mV)}$$

6. On veut que V_s soit égale à 5 v pour θ_s égale à 100° c, calculer alors la valeur de R_{15} ;

$$U_s = 5.(1 + R_{15}/R_{14}).\theta_s \quad U_s/5.\theta_s = (1 + R_{15}/R_{14})$$

$$5000/5.100 = (1 + R_{15}/R_{14}) \quad (1 + R_{15}/R_{14}) = 10$$

$$R_{15}/R_{14} = 9 \quad R_{15} = 9.R_{14} \quad R_{15} = 9 \text{ k}\Omega$$

Conversion Analogique Numérique

1. Donner la nature de l'entrée RA0 ;

RA0 est une entrée analogique

2. Donner l'expression du nombre N -résultat de la conversion- en fonction de U_s ;

$$U_s$$

$$N = \frac{U_s}{5} . 1023$$

$$5$$

3. Déterminer les valeurs de U_s correspondantes à 100° c et à 90° c ;

$$U_s = 5.(1 + R_{15}/R_{14}).\theta_s$$

$$U_s = 50.\theta_s$$

$$U_s(100^\circ \text{ c}) = 50.100 = 5 \text{ v}$$

$$U_s(90^\circ \text{ c}) = 50.90 = 4,5 \text{ v}$$

4. Déterminer les valeurs du mot N exprimées en hexadécimal correspondantes à 100° c et à 90° c ;

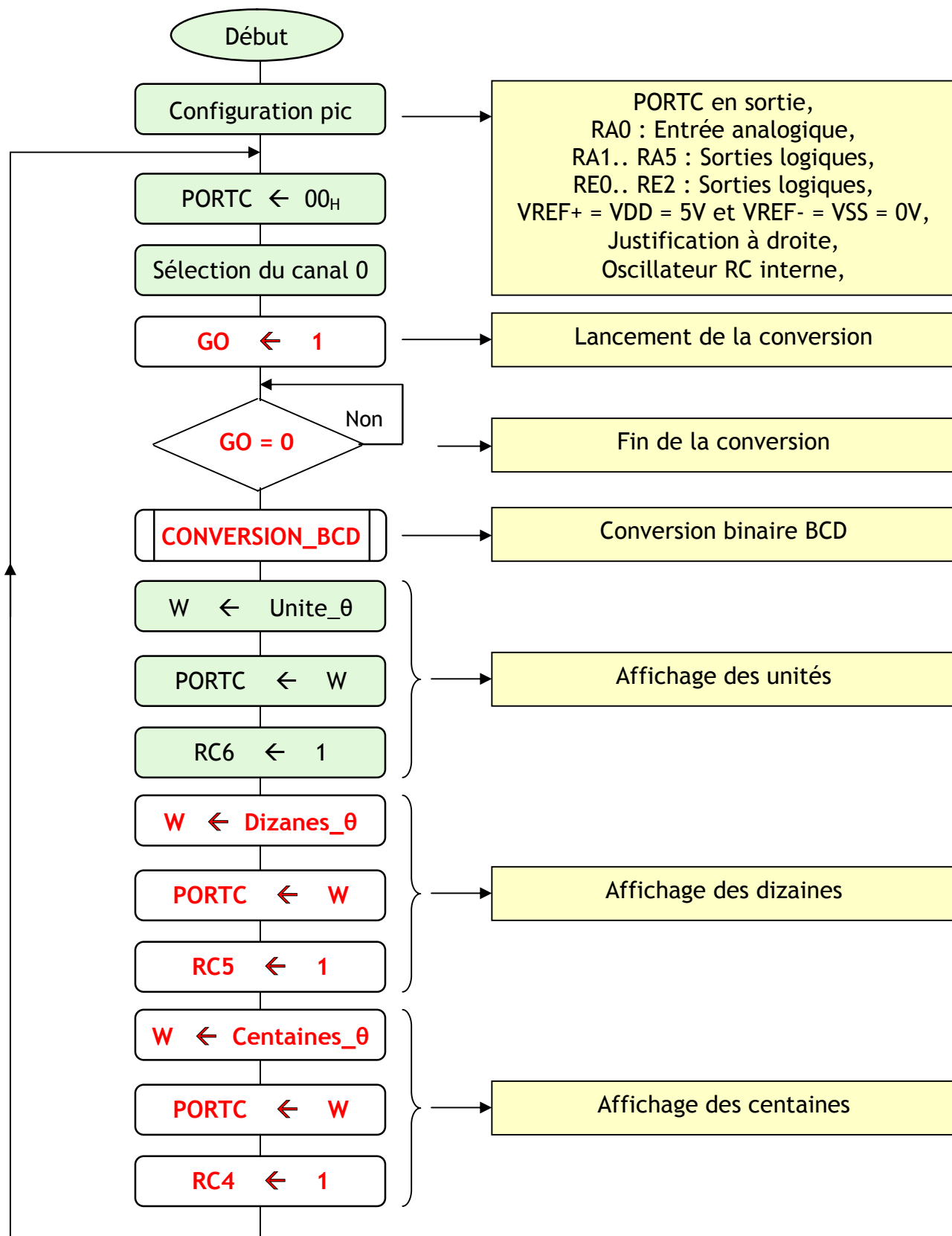
$$N(100^\circ \text{ c}) = 1023 = 3FF_H$$

$$N(90^\circ \text{ c}) = 920 = 398_H$$

DREP 21

DOCUMENT A RENDRE

Organigramme d'acquisition et d'affichage de température



DOCUMENT A RENDRE

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 $K = 3$.**

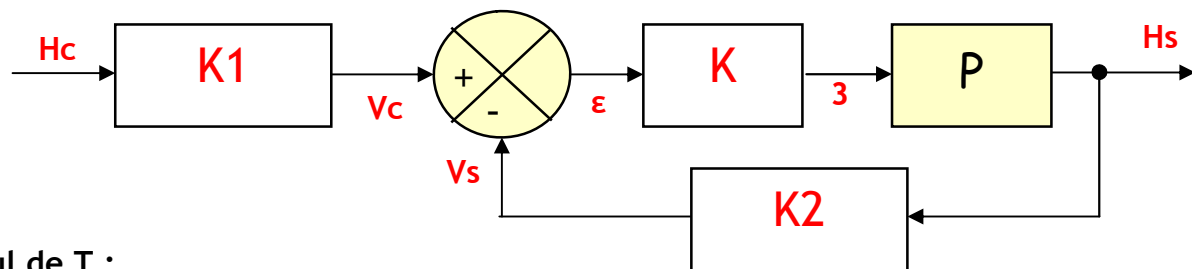
Fonction F4 :

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 potableCalcul de T :

Transmittance de la Chaîne direct

$$B = K.P$$

Transmittance de la Chaîne de retour

$$H = K2$$

$$\begin{aligned}
 H_s &= K.P. \cdot \varepsilon & \varepsilon &= V_c - V_s & V_s &= K2.H_s & V_c &= K1.H_c \\
 \varepsilon &= K1.H_c - K2.H_s & H_s &= K.P. (K1.H_c - K2.H_s) & H_s + K.P. K2.H_s &= K.P. K1.H_c \\
 H_s (1 + K.P. K2) &= K.P. K1.H_c & H_s (1 + K.P. K2) &= K.P. K1.H_c \\
 \text{Donc } H_s &= \frac{K.P}{1 + K.P. K2} \cdot K1.H_c & H_s &= \frac{B}{1 + B.H} \cdot K1.H_c
 \end{aligned}$$

3- Système asservi :**3.5- Les différents types de régulateurs (correcteur) :**

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

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

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

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

Correcteur à action proportionnelle

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

Correcteur à action intégrale

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

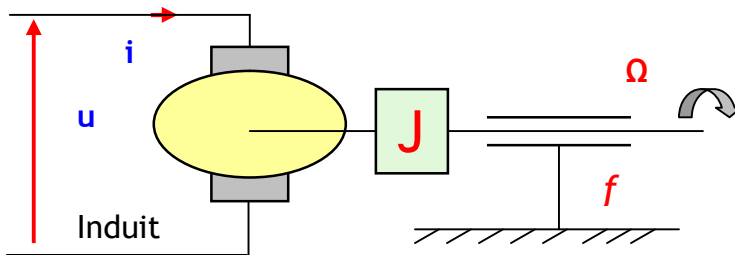
Correcteur à action dérivée

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.



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

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

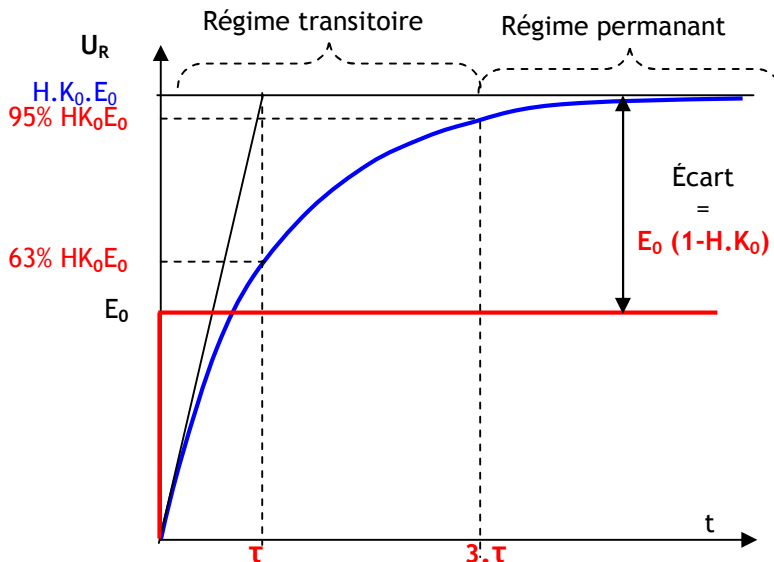
$$E(t) = K' \cdot \Omega$$

$$M = K' \cdot I$$

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

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 :

Dans ce cas, on a :

$$U_c = E + R \cdot i$$

$$M = K' \cdot I$$

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

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

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

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

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

$$\tau = R \cdot J / K'^2$$

$$K_0 = 1 / K'$$

L'expression de Ω , Ω_p , T_s et ε :

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

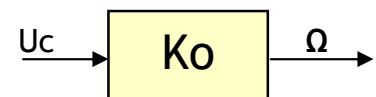
$$\Omega(\infty) = K_0 \cdot U_c$$

Système **stable**

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

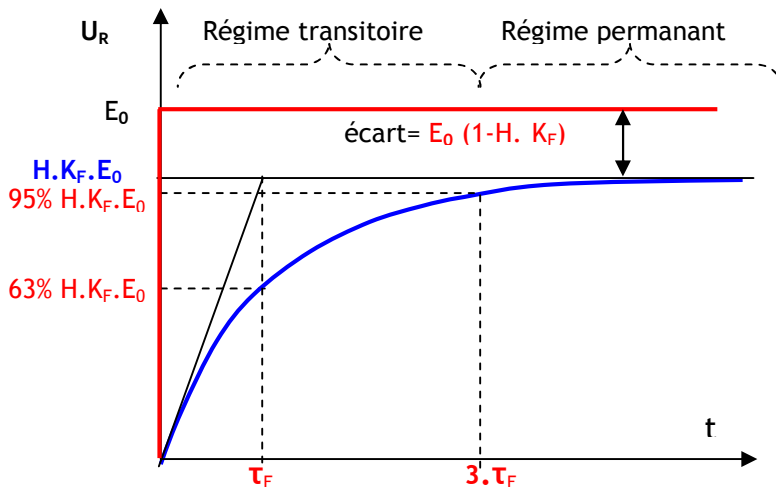
$$\varepsilon = U_c - H \cdot K_0 \cdot U_c$$

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



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^{ème} 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 :

Dans ce cas, on a :

$$U_c = E + R \cdot i + L \cdot di/dt$$

$$M = K' \cdot I$$

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

$$J \cdot d\Omega/dt = M$$

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

$$\frac{U_c}{K'} - \frac{L \cdot J}{K'^2} \cdot \frac{d^2\Omega}{dt^2} + \frac{R \cdot J}{K'^2} \cdot \frac{d\Omega}{dt} + \Omega = 0 \quad K_0 \cdot U_c = \frac{1}{\omega_n^2} \cdot \frac{d^2\Omega}{dt^2} + \frac{2 \cdot a}{\omega_n} \cdot \frac{d\Omega}{dt} + \Omega$$

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

L'expression de Ω_p , T_s et ε :

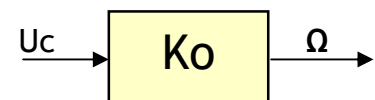
$$\Omega(\infty) = K_0 \cdot U_c$$

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

T_s utiliser l'abaque ci dessus

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

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% :

Voir l'abaque $\omega_n \cdot t_{s5\%} = f(a)$

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 ;

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

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

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

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

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

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

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

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^- ;

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

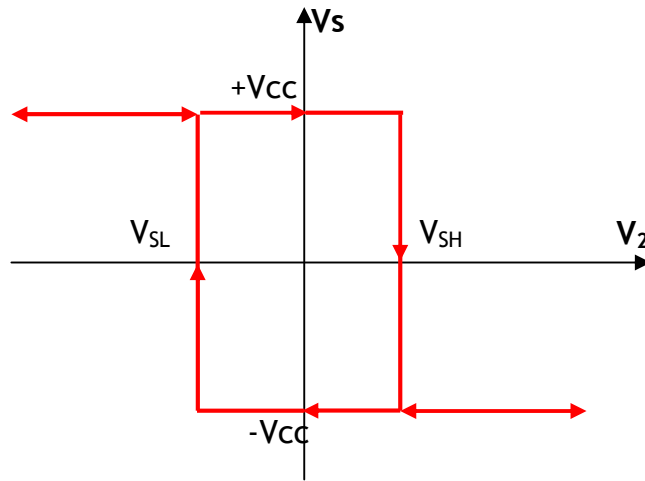
3. Donner l'expression des seuils de basculement V_{SH} et V_{SL} ;

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

et

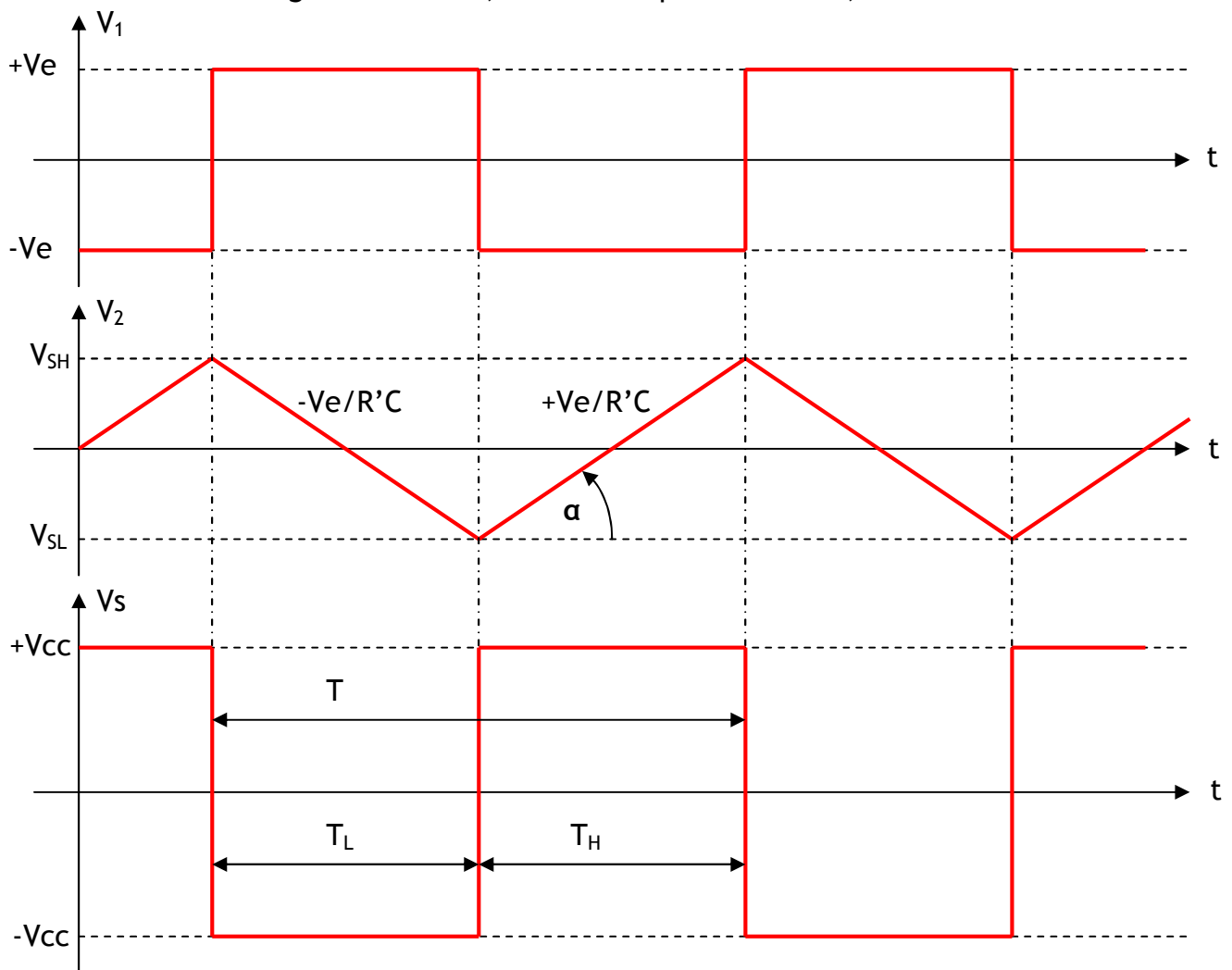
$$V_{SL} = -V_{cc}. R_1 / (R_1 + R_2)$$

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;

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

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

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

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

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 $U_c = 10 \text{ v}$.

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

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

$$\begin{aligned}
 \omega_n &= \frac{K'}{\sqrt{L \cdot J}} & a &= \frac{R}{2 K'} \cdot \sqrt{\frac{J}{L}} & K_0 &= 1/K'
 \end{aligned}$$

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 .

$$+ = U_0.R_2 / (R_1 + R_2)$$

Donc

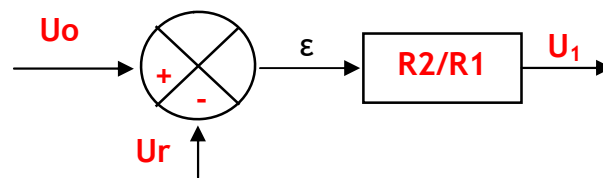
et

$$U_1 = (R_2/R_1) \cdot (U_0 - U_r)$$

$$V^- = (U_r.R_2 + U_1.R_1) / (R_1 + R_2)$$

$$\text{A.N } U_1 = 50 (U_0 - U_r)$$

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 .

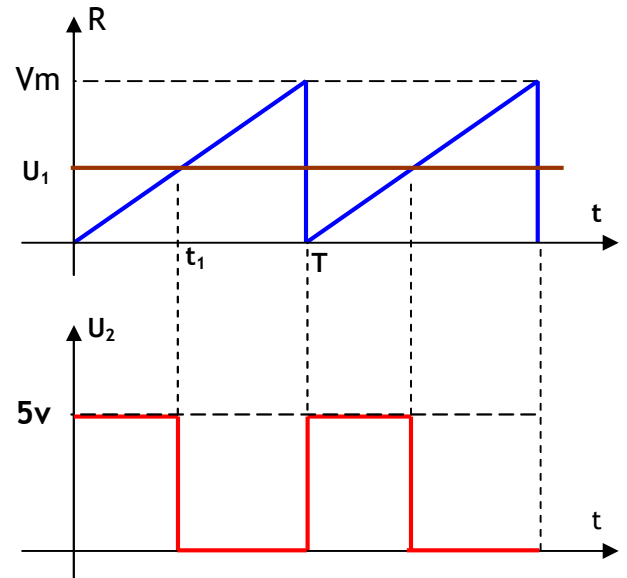
2.3. En déduire l'expression de α en fonction de U_1 et V_m ; On donne $\alpha = t_1 / T$
 α est le rapport cyclique du signal U_2

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

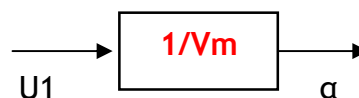
La droite passe par l'origine donc $b=0$.

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

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



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 → $U=V_A$

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

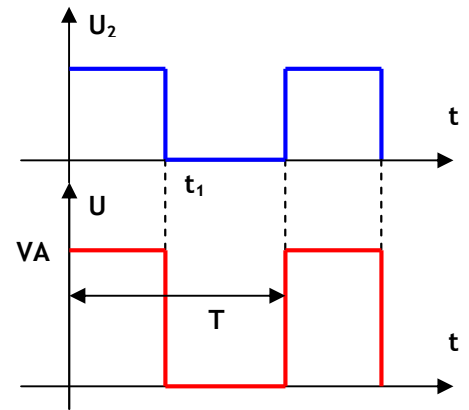
$U_2 = '0'$ → Transistor T_1 est bloqué → $U=0$

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 .

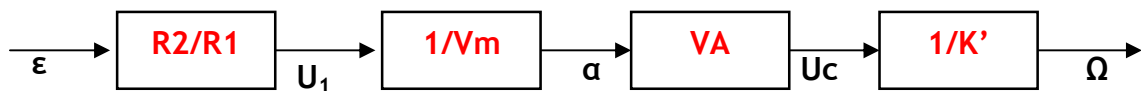
$$U_c = VA \cdot t_1 / T \quad U_c = \alpha \cdot VA$$

3.5. Compléter le bloc fonctionnel de la fonction F_3



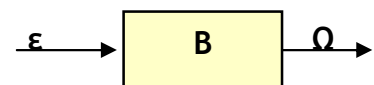
4- Etude de la chaîne directe :

4.1. Compléter le diagramme suivant.



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

A. Calculer alors B.



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

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

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

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

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 moyenneur

3. Tracer les chronogrammes de U_4 et U_5 .

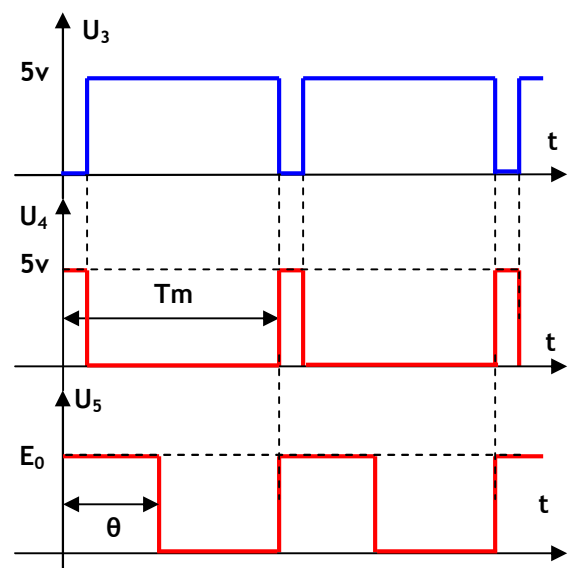
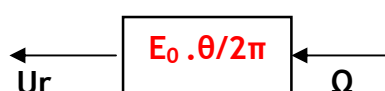
4. Donner la relation entre T_m et Ω

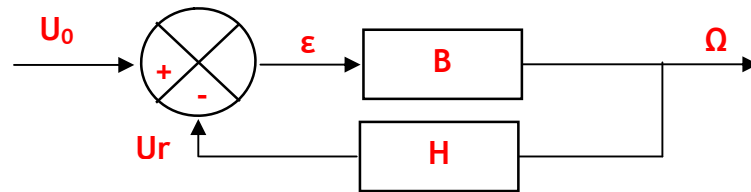
$$\Omega = 2\pi f = 2\pi / T_m \quad T_m = 2\pi / \Omega$$

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

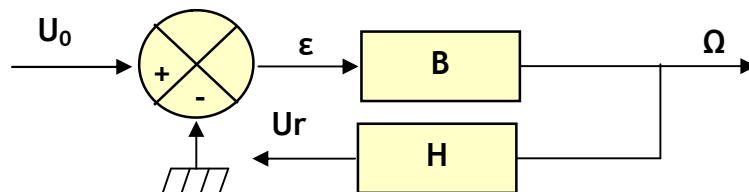
$$U_r = U_{5\text{moy}} \quad U_r = E_0 \cdot \theta / T_m$$

6. Compléter le bloc fonctionnel de la fonction F_5



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 .

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

$$\tau_F = \frac{\tau}{1 + H.B} \quad \text{A.N} \quad \tau_F = 12.37 \text{ ms}$$

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

$$\begin{aligned} \Omega &= B_F \cdot U_0 & A.N & \Omega = 495 \text{ tours/min} \\ U_r &= H \cdot \Omega & A.N & U_r = 9.9 \text{ v} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \varepsilon &= U_0 - U_r & A.N & \varepsilon = 0.1 \text{ v} \\ t_r &= 3 \cdot \tau_F & A.N & t_r = 37.11 \text{ ms} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} B_F &= \frac{B}{1+H \cdot B} & \omega_{nF} &= \omega_n \sqrt{1+H \cdot B} & a_F &= \frac{a}{\sqrt{1+H \cdot B}} \\ B_F &= 49.5 \text{ tours/min/v} & \omega_{nF} &= 284 \text{ rad/s} & a_F &= 1.76 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \Omega &= B_F \cdot U_0 & A.N & \Omega = 495 \text{ tours/min} \\ U_r &= H \cdot \Omega & A.N & U_r = 9.9 \text{ v} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \varepsilon &= U_0 - U_r & A.N & \varepsilon = 0.1 \text{ v} \\ \text{D'après l'abaque} & \omega_{nF} \cdot t_{rF} = 10 \text{ rad} & & t_{rF} = 35 \text{ ms} \end{aligned}$$