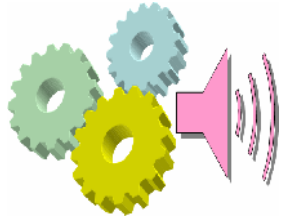




**ROYAUME DU MAROC**

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE  
Académie de Casablanca Settat  
Direction Provinciale de Mohammedia



Nom : .....

Prénom : .....

Classe : 2STE...

**Lycée Qualifiant Technique Mohammedia**

Sciences de l'ingénieur

Systeme n°3 :

**Porte Automatisée**



Sciences et Technologies Électriques Niveau 2

Professeur : MAHBAB



Le dossier comporte au total **42** pages :

### Sujet : Porte Automatisée

☞ Le sujet comporte au total **19** pages.

☞ Le sujet comporte **3** types de documents :

📄 **Pages 01 à 06** : Socle du sujet comportant les situations d'évaluation (SEV) ;

DRES XX

📄 **Pages 07 à 11** : Documents ressources portant la mention

DREP XX

📄 **Pages 12 à 19** : Documents réponses portant la mention

*19 pages*

### Unité A.T.C

#### Fiches cours :

- Fiche cours n°12 : **Convertisseur numérique analogique**
- Fiche cours n°13 : **Capteurs de position numériques**
- Fiche cours n°14 : **Sous programme de temporisation**
- Fiche cours n°15 : **Interruptions du 16 F 84**

*12 pages*

#### Activités :

- Activité n°08 : **Jeux de lumières**
- Activité n°09 : **Étude d'un C.N.A R-2R à 4 bits**

*09 pages*

## PORTE AUTOMATISÉE

### 1. PRÉSENTATION DU SYSTÈME :



Dans le but d'assurer un accès aisé et conforme aux normes de sécurité des usagers des espaces publics très fréquentés, tels que les grands magasins, on équipe de plus en plus ces espaces de portes à ouverture et fermeture automatiques. Ce sujet traite le système de commande de ce type de portes automatisées.

### 2. DESCRIPTION DU SUPPORT :

Le support illustre le sous-système composé des éléments matérialisant les différentes fonctions génériques de la chaîne fonctionnelle de la porte automatisée.



La figure ci-dessus montre la structure du support à étudier selon les solutions constructives établies et adoptées par le concepteur de ce système. Le schéma sur le document **DRES 01 page 07** représente le circuit global de pilotage du système étudié.

### 3. SUBSTRAT DU SUJET :

Le cahier des charges de ce système fixe les paramètres caractérisant le fonctionnement et la sécurité et par conséquent la structure du système. L'ouverture et la fermeture des deux volets coulissants se font en deux vitesses pour satisfaire les contraintes liées aux besoins de souplesse d'utilisation. Le mécanisme utilisé permet de convertir l'énergie électrique fournie par le secteur en énergie mécanique. La fonction de conversion d'énergie se fait par l'intermédiaire d'un groupe moto réducteur. Cette énergie mécanique est transmise par le biais d'un ensemble poulie/courroie crantée afin d'éviter le glissement.

Ce système est commercialisé et est largement utilisé dans une large proportion des espaces fréquentés par le public.

#### Travail demandé :

En exploitant les ressources fournies, on se propose d'étudier et de valider certaines solutions constructives.

**SEV 1**
**ÉTUDE FONCTIONNELLE DU SYSTÈME**
**Tâche 1**
**Analyse fonctionnelle globale**

☞ Répondre sur le document **DREP 01 page 12**

1. Le système répond à un besoin. Compléter alors le digramme de **bête à cornes** ;
2. Compléter l'actigramme **A-0** du système ;
3. On considère le **diagramme Pieuvre** simplifié du système, qui recense un certain nombre d'éléments principaux de son environnement et qui interagissent avec lui. Compléter alors ce diagramme.

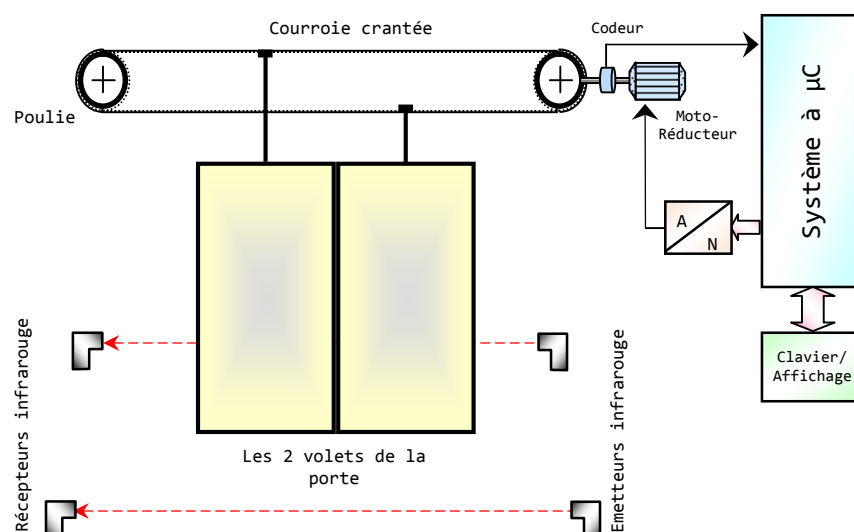
**Tâche 2**
**Analyse fonctionnelle structurelle**

RESSOURCES A EXPLOITER : **DRES 01 Page 07**

Le concepteur du système a adopté les solutions constructives, telles que :

- La commande du système est réalisée autour d'un système à base de microcontrôleur PIC16F84 ;
- Un bloc Clavier/Affichage (non étudié ici) permet de configurer et régler les paramètres du système ;
- La détection de présence de personnes est effectuée par deux capteurs infrarouges ; un capteur de chaque côté de la porte ;
- Le mouvement des volets est assuré grâce à un moteur à courant continu (Mcc) associé à un réducteur mécanique: une courroie crantée portée par 2 poulies dont une est solidaire à l'axe du moto réducteur, supporte les deux volets coulissants de la porte ;
- La position de la porte est déterminée par un codeur optique monté sur l'axe du moto réducteur; ce qui permet au MCC de tourner à la vitesse  $\Omega_2$  ou  $\Omega_1$  ;
- En fonctionnement normal, le codeur optique est aussi utilisé pour détecter la fin de l'ouverture ou la fermeture de la porte. En effet, quand la porte bute en position finale, le moteur "cale" et s'arrête de tourner. Le codeur ne fournit alors plus d'impulsions ;
- Etant complètement fermée ou ouverte, la porte commence l'ouverture ou la fermeture, avec une vitesse  $\Omega_1$  du moteur pendant les 3/4 de la course, puis ralentit à une vitesse  $\Omega_2$  ( $\Omega_2 < \Omega_1$ ) pour terminer la course en douceur.

Le schéma suivant illustre les solutions constructives adoptées :



4. Sur le document **DREP 02 Page 13** ; compléter le schéma de la chaîne fonctionnelle du système.

**SEV 2**

**COMMANDE DU MOTEUR À COURANT CONTINU**

RESSOURCES A EXPLOITER : DRES 01 Page 07

**Tâche 1**

**Alimentation et protection du moteur**

☞ Répondre sur le document DREP 02 page 13

5. En négligeant la chute de tension aux bornes de  $R_{LIM}$ , donner le schéma d'alimentation du moteur, en indiquant le parcours du courant et le signe de la tension aux bornes du moteur, pour les états de sortie du port A :

- $RA_4 = 0$  et  $RA_3 = 1$  (ouverture des volets)
- $RA_4 = 1$  et  $RA_3 = 0$  (fermeture des volets)

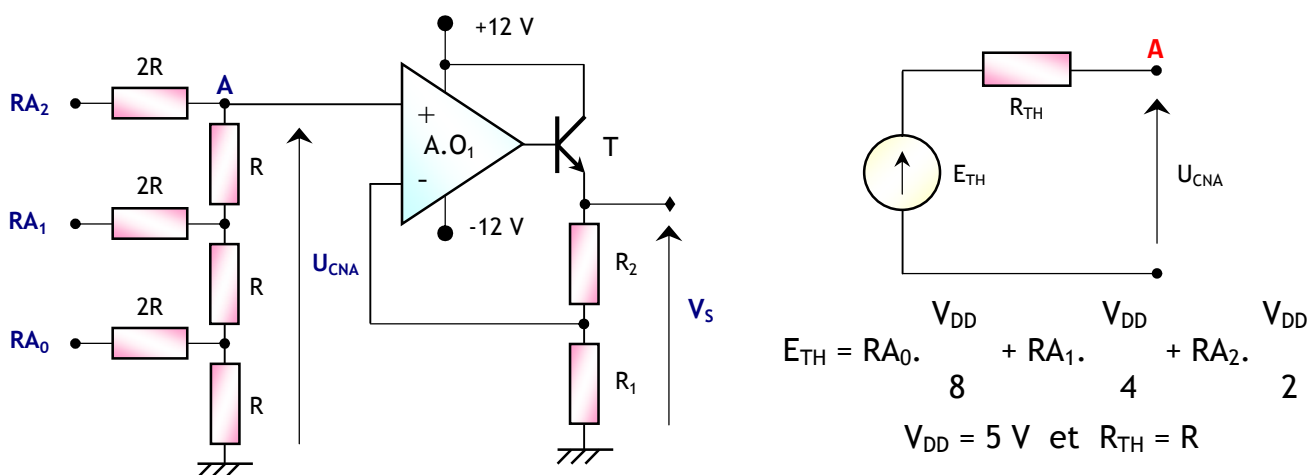
Le blocage accidentel de la porte provoque un courant de surintensité qui ne doit pas dépasser  $I_{MAX}$ , courant maximal admissible dans le  $M_{CC}$ . A fin de contrôler le courant  $I_M$  circulant dans le moteur, on branche en série avec ce dernier une résistance  $R_{LIM}$  de faible valeur. La tension produite à ses bornes est l'image du courant  $I_M$ . Le bloc autour du comparateur A.O<sub>2</sub> réalise donc un circuit de protection du moteur. L'entrée RB<sub>4</sub> configurée en mode interruptible informe en temps réel le microcontrôleur de cette surintensité.

- Pourquoi le blocage de la porte provoque-t-il une surintensité dans le  $M_{CC}$  ?
- Que représente la tension  $V_{REF}$  ?
- Compléter le tableau du document DREP 02 Page 13.

**Tâche 2**

**Variation de la vitesse du moteur**

Le moteur  $M_{CC}$  est alimenté par une tension variant entre 0 et 10 V, par l'intermédiaire d'un convertisseur numérique/analogique (C.N.A) associé au microcontrôleur qui servent de variateur de la vitesse  $\Omega$  du moteur, permettant ainsi le déplacement des deux volets à vitesse rapide puis à vitesse de ralenti. Le schéma du C.N.A est donné par la figure ci-contre. Vu du point A, le CNA peut être représenté par un modèle de Thevenin ( $E_{TH}$ ,  $R_{TH}$ ) :



☞ Répondre sur le document DREP 03 page 14

- Quel est le type de ce C.N.A ?
- Mettre  $E_{TH}$  sous la forme  $E_{TH} = K_1 \cdot N$  et donner l'expression de  $K_1$  et  $N$  en précisant la signification de  $K_1$  ;
- L'amplificateur opérationnel A.O<sub>1</sub> est supposé idéal, Montrer que  $V_S = (1 + R_2/R_1) \cdot U_{CNA}$  ;
- Quel est le rôle du transistor T ?
- Sachant que  $\Omega = K_2 \cdot V_S$ , donner l'expression qui lie  $\Omega$  et  $N$  ;

14. Quelle est alors l'influence de N sur la vitesse du moteur ;

La vitesse rapide et la vitesse de ralenti de la porte correspondent respectivement aux tensions  $V_S = 10\text{ V}$  et  $V_S = 4\text{ V}$  ;

15. Calculer  $R_1$  et  $R_2$  sachant que la vitesse rapide est sélectionnée par la combinaison  $RA_2RA_1RA_0 = 111$  et que  $(R_1 + R_2) = 10\text{ K}\Omega$  ;

16. Donner alors la combinaison  $RA_2RA_1RA_0$  permettant de sélectionner la vitesse de ralenti.

SEV 3

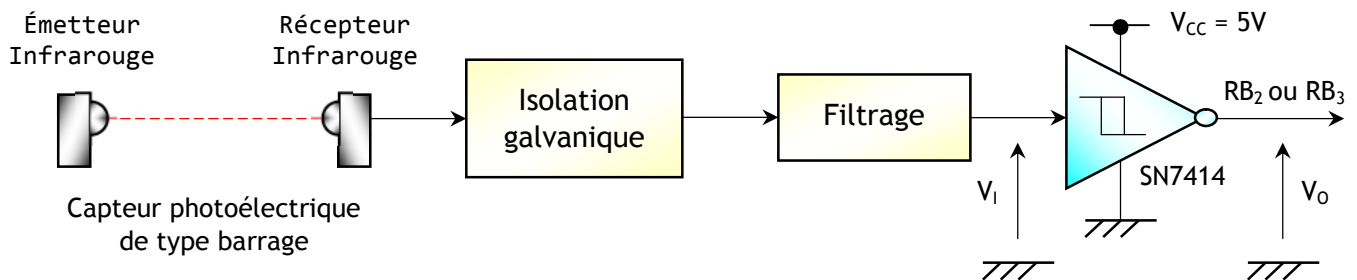
### ÉTUDE PARTIELLE DE LA CHAÎNE D'ACQUISITION

RESSOURCES A EXPLOITER : DRES 02 Page 08

Tâche 1

### Acquisition de présence

La détection de présence de personnes est effectuée par deux capteurs infrarouges - détecteur photoélectrique-, un capteur de chaque côté de la porte. L'information délivrée par ces capteurs doit être filtrée et mise en forme par un Trigger, le SN74LS14.



➤ Répondre sur le document DREP 04 page 15

17. Quelle la nature de l'information délivrée par ce capteur ;

18. De quelle technologie -CMOS ou TTL- est le SN7414 ;

19. Combien de porte logique tiggerisées contient le SN7414 ;

20. Donner les valeurs numériques des seuils de basculement  $V_{T+}$  et  $V_{T-}$  et de l'hystérésis  $V_H$  ;

21. Donner les valeurs max et min de la tension de sortie  $V_O$  ( $V_{OH}$  et  $V_{OL}$ ) ;

22. Donner les valeurs des Temps de propagation  $t_{PLH}$  et  $t_{PHL}$  ;

23. Sur le document DREP 04 page 15, tracer le chronogramme de  $V_O$ .

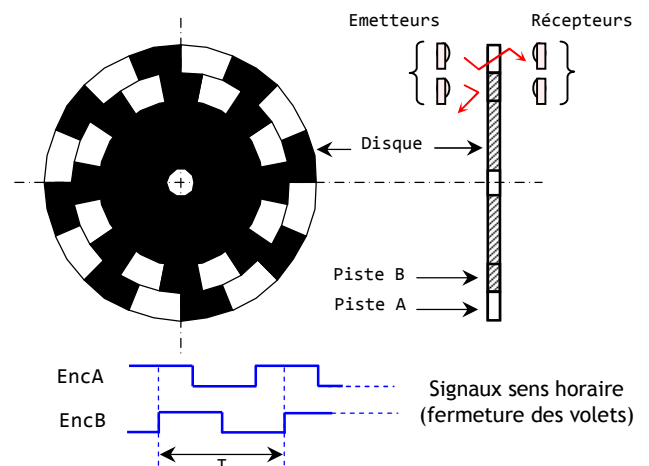
Tâche 2

### Acquisition de la position des deux volets

La capture de la position se fait à l'aide d'un codeur incrémental constitué, comme le montre la figure ci contre, de :

- Un disque comportant deux pistes A et B décalées et divisées chacune, en 16 secteurs équidistants et alternativement opaques et transparents ;
- Deux éléments optoélectroniques (une diode infrarouge et un phototransistor) disposés de part et d'autre de chaque piste.

Le codeur optique fournit alors deux signaux EncA et EncB déphasés entre eux de  $1/4$  de la période T ; ces deux signaux sont filtrés, mis en forme et compatible TTL.



La détermination de la position des deux volets, se fait par le comptage ou le décomptage des fronts montants du signal **EncA** selon le sens de rotation du décodeur.

Le signal **EncB** indique à la partie commande à chaque front montant du signal **EncA**, le sens de rotation du codeur - sens horaire (fermeture des volets) ou sens anti horaire (ouverture des volets).

On donne :

- **Q** : Rapport de conversion de mouvement de rotation en translation ;
  - **N** : nombre de points du codeur ;
  - **P** : précision souhaitée ou déplacement minimal.
- $$N = \frac{Q}{P}$$

Les chronogrammes **EncA** et **EncB** de la figure ci-dessus correspondent à un déplacement du codeur dans le sens horaire (fermeture des volets).

☞ Répondre sur le document **DREP 04 pages 15**

- Donner alors le niveau logique de **EncB** à chaque front montant de **EncA**, dans le cas de l'ouverture des volets puis dans le cas de la fermeture ;
- Tracer les chronogrammes des signaux des voies **A** et **B** dans le cas de l'ouverture des volets (sens anti horaire) puis dans le cas de la fermeture (sens horaire) ;
- Calculer le déplacement minimal de la courroie détectable par ce capteur sachant qu'un tour de la poulie correspond à un déplacement linéaire de la courroie de 10 cm ;
- Combien de tours le disque fera-t-il, pour que chaque volet de la porte parcoure sa course maximale qui est de 1m ?
- En déduire le nombre de bits nécessaires pour représenter la position ;
- Calculer la résolution du codeur (nombre de points par tour), pour avoir une précision **P** de 0, 25 cm ;
- Compléter le tableau du document **DREP 04 Page 15**.

SEV 4

### ANALYSE DE LA PARTIE COMMANDE DU SYSTÈME

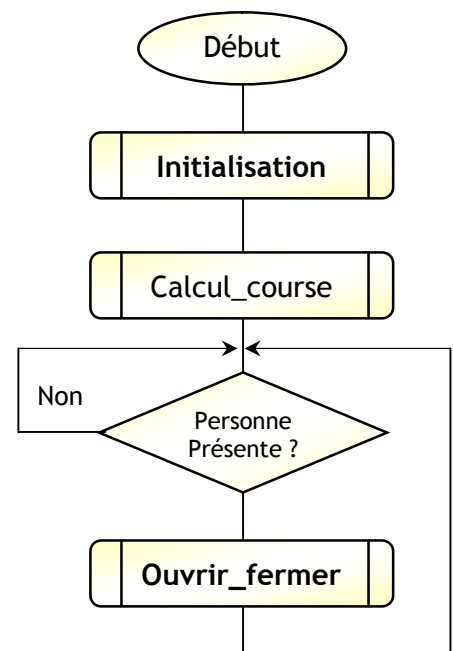
RESSOURCES A EXPLOITER : DRES 01, 03, 04 et 05

Pages 07, 09, 10 et 11

La figure ci contre, représente l'organigramme de fonctionnement du système.

Cet organigramme est axé autour de 3 parties :

- **Initialisation** : elle configure l'état interne et externe du système ;
- **Calcul\_Course** : elle s'exécute à chaque mise sous tension ; elle a pour rôle de déterminer et mémoriser la valeur de la course maximale de la porte ; on en déduit aussi les valeurs des positions à partir desquelles, on commande le ralenti aussi bien en ouverture qu'en fermeture ;
- **Ouvrir\_Fermer** : partie principale du programme, elle s'exécute à chaque détection de présence.
- Seules les parties **Initialisation** et **Ouvrir\_Fermer** feront l'objet de cette étude.



### Tâche 1

### Position des deux volets et blocage accidentel

Le comptage et le décomptage de la position des volets sont assurés par le  $\mu C$ . Le signal EncA est utilisé pour déclencher une interruption à chaque front montant sur  $RB_0/INT$  pour informer en temps réel le microcontrôleur de cette position. La routine d'interruption consiste alors, à incrémenter ou à décrémenter le contenu de la case mémoire représentant la position, suivant l'état de la ligne EncB ( $RB_1$ ).

Le blocage accidentel de la porte provoque un courant de surintensité qui ne doit pas dépasser  $I_{MAX}$ . L'entrée  $RB_4$  configurée en mode interruptible informe en temps réel le microcontrôleur de cette surintensité. La routine d'interruption consiste alors, à arrêter le moteur.

☞ Répondre sur le document **DREP 05 page 16**

En tenant compte des considérations suivantes :

- On met PORTA à  $00_H$  pour l'arrêt du moteur ;
- On appelle POS la case mémoire contenant la position de la porte ;
- L'incrémentation aura lieu si EncB ( $RB_1$ ) est au niveau haut.

31. Pourquoi l'acquisition de la position doit être traitée par interruption ?
32. Compléter l'organigramme d'interruption ;
33. Compléter le sous-programme d'interruption ;
34. Compléter le sous-programme d'initialisation.

N.B : Les bits non utilisés des registres TRISA, TRISB, INTCON et OPTION doivent être mis à 0.

### Tâche 2

### Organigramme et sous programme Ouvrir\_Fermer

En tenant compte de ce qui suit :

- On appelle L la case mémoire contenant la course maximale de la porte ;
- On appelle  $P_1$  la case mémoire contenant les 3/4 de la course ;
- On appelle  $P_2$  la case mémoire contenant le 1/4 de la course ;
- On appelle Tempo un sous programme de temporisation tenant compte du temps nécessaire au passage des usagers ;

35. Sur le document **DREP 06 Page 17**, compléter l'organigramme du sous-programme "Ouvrir\_Fermer" ;
36. Sur le document **DREP 07 Page 18**, compléter le sous-programme "Ouvrir\_Fermer".

### Tâche 3

### Sous programme de temporisation '5s'

Le microcontrôleur nécessite en principe une temporisation de sécurité avant de fermer les volets. Cette temporisation, à trois niveaux imbriqués, est réalisée par la routine 'TEMPO' incomplète du **DREP 08**.

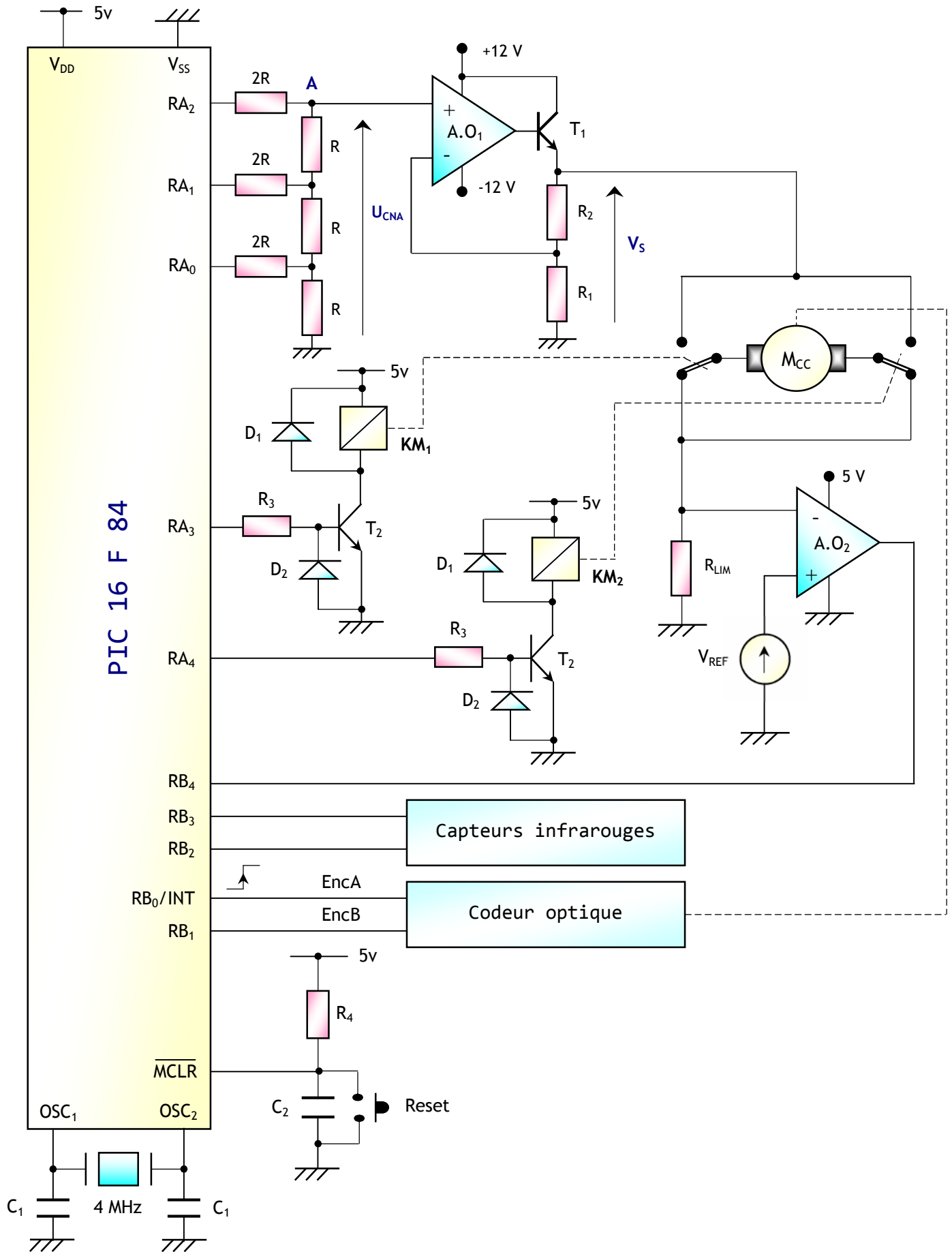
☞ Répondre sur le document **DREP 08 page 19**

37. Compléter l'organigramme de la routine de temporisation 'TEMPO' ;
38. Compléter, alors le sous programme Tempo ;
39. Donner l'expression de  $T_1$  (boucle 1) en fonction de  $N_1$  ;
40. Donner l'expression de  $T_2$  (boucle 2) en fonction de  $N_1$  et de  $N_2$  ;
41. Donner l'expression de  $T_3$  (boucle 3) en fonction de  $N_1$ ,  $N_2$  et de  $N_3$  ;
42. Donner l'expression de Tempo en fonction de  $N_1$ ,  $N_2$  et de  $N_3$  ;
43. Calculer Tempo pour  $N_1 = 230$ ,  $N_2 = 206$  et  $N_3 = 35$ .



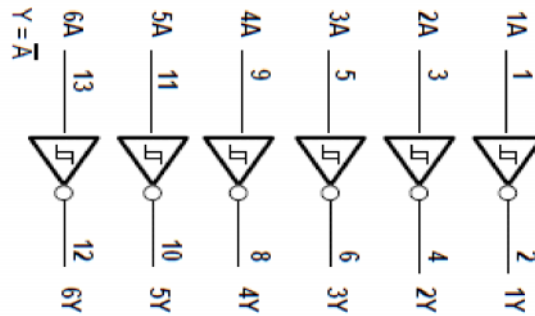
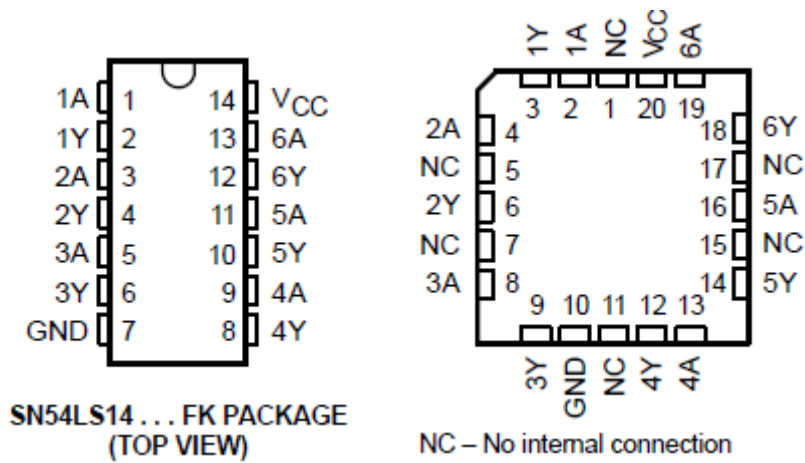
DRES 01

Circuit global de pilotage du système



DRES 02

Datasheet du SN74LS14 de Texas Instruments



PARAMETER	TEST CONDITIONS‡	SN5414 SN7414			UNIT
		MIN	TYP§	MAX	
$V_{T+}$	$V_{CC} = 5\text{ V}$	1.5	1.7	2	V
$V_{T-}$	$V_{CC} = 5\text{ V}$	0.6	0.9	1.1	V
Hysteresis ( $V_{T+} - V_{T-}$ )	$V_{CC} = 5\text{ V}$	0.4	0.8		V
$V_{IK}$	$V_{CC} = \text{MIN}, I_I = -12\text{ mA}$			-1.5	V
$V_{OH}$	$V_{CC} = \text{MIN}, V_I = 0.6\text{ V}, I_{OH} = -0.8\text{ mA}$	2.4	3.4		V
$V_{OL}$	$V_{CC} = \text{MIN}, V_I = 2\text{ V}, I_{OL} = 16\text{ mA}$		0.2	0.4	V
$I_{T+}$	$V_{CC} = 5\text{ V}, V_I = V_{T+}$		-0.43		mA
$I_{T-}$	$V_{CC} = 5\text{ V}, V_I = V_{T-}$		-0.56		mA
$I_I$	$V_{CC} = \text{MAX}, V_I = 5.5\text{ V}$			1	mA
$I_{IH}$	$V_{CC} = \text{MAX}, V_{IH} = 2.4\text{ V}$			40	$\mu\text{A}$
$I_{IL}$	$V_{CC} = \text{MAX}, V_{IL} = 0.4\text{ V}$		-0.8	-1.2	mA
$I_{OS}^{\dagger\dagger}$	$V_{CC} = \text{MAX}$	-18		-55	mA
$I_{CCH}$	$V_{CC} = \text{MAX}$		22	36	mA
$I_{CCL}$	$V_{CC} = \text{MAX}$		39	60	mA

‡ For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

§ All typical values are at  $V_{CC} = 5\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$ .

†† Not more than one output should be shorted at a time.

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS	SN5414 SN7414			UNIT
				MIN	TYP	MAX	
$t_{PLH}$	A	Y	$R_L = 400\ \Omega, C_L = 15\text{ pF}$		15	22	ns
$t_{PHL}$					15	22	

DRES 03

Interruptions du PIC 16 F 84

**1. Le Registre INTCON :**

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

**Bit 7 : GIE - Global Interrupt Enable -**

Autorise ou interdit globalement toutes les interruptions :

- GIE = 1 : toutes les interruptions sont prises en compte par le microcontrôleur ;
- GIE = 0 : aucune interruption ne sera validée.

**Bit 6 : EEIE - EE write Interrupt Enable -**

Permet de valider l'interruption de fin d'écriture en EEPROM :

- EEIE = 1 : interruption de EEPROM validée ;
- EEIE = 0 : interruption de EEPROM non validée.

**Bit 5 : TOIE - TMRO Overflow Interrupt Enable -**

Permet de valider l'interruption de débordement du TIMER 0 :

- TOIE = 1 : interruption du TIMER 0 validée ;
- TOIE = 0 : interruption du TIMER 0 non validée.

**Bit 4 : INTE - INT Interrupt Enable -**

Permet de valider l'interruption générée par la broche RB<sub>0</sub>/INT :

- INTE = 1 : interruption INT validée ;
- INTE = 0 : interruption INT non validée.

**Bit 3 : RBIE - RB Interrupt Enable -**

Permet de valider l'interruption sur les broches RB<sub>4</sub> à RB<sub>7</sub> :

- RBIE = 1 : interruption du PORTB validée ;
- RBIE = 0 : interruption du PORTB non validée.

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

Ce drapeau indique le dépassement du TIMER (passage de FF<sub>H</sub> à 00<sub>H</sub>) :

- TOIF = 1 : dépassement de TMRO ;
- TOIF = 0 : pas de dépassement.

**Bit 1 : INTF - INT Interrupt Flag -**

Ce drapeau indique qu'une interruption a été provoquée par la broche INT :

- INTF = 1 : interruption générée ;
- INTF = 0 : pas d'interruption.

**Bit 0 : RBIF - RB port change Interrupt Flag -**

Ce drapeau indique qu'une interruption a été provoquée par les broches RB<sub>4</sub> à RB<sub>7</sub> :

- RBIF = 1 : une broche RB<sub>4</sub> à RB<sub>7</sub> a changé d'état ;
- RBIF = 0 : pas de changement d'état.

**2. Le Registre EECON1 :**

7	6	5	4	3	2	1	0
x	x	x	EEIF	WRERR	WREN	WR	RD

**BIT 4 : EEIF - EEPROM Interrupt Flag -**

Ce drapeau indique la fin d'écriture en EEPROM :

- EEIF = 1 : écriture en EEPROM terminée ;
- EEIF = 0 : écriture en EEPROM n'est pas terminée.

**3. Le Registre OPTION :**

7	6	5	4	3	2	1	0
RBPV	INTEDG	TOCS	TOSE	PSA	PS <sub>2</sub>	PS <sub>1</sub>	PS <sub>0</sub>

**BIT 6 : INTEDG - INTerrupt EDGE -**

Ce bit permet de choisir le front actif sur INT :

- INTEDG = 1 : la broche RB<sub>0</sub>/INT génère une interruption sur un front montant ;
- INTEDG = 0 : la broche RB<sub>0</sub>/INT génère une interruption sur un front descendant.

**N.B :** Les drapeaux d'interruption doivent être mis à 0 après utilisation

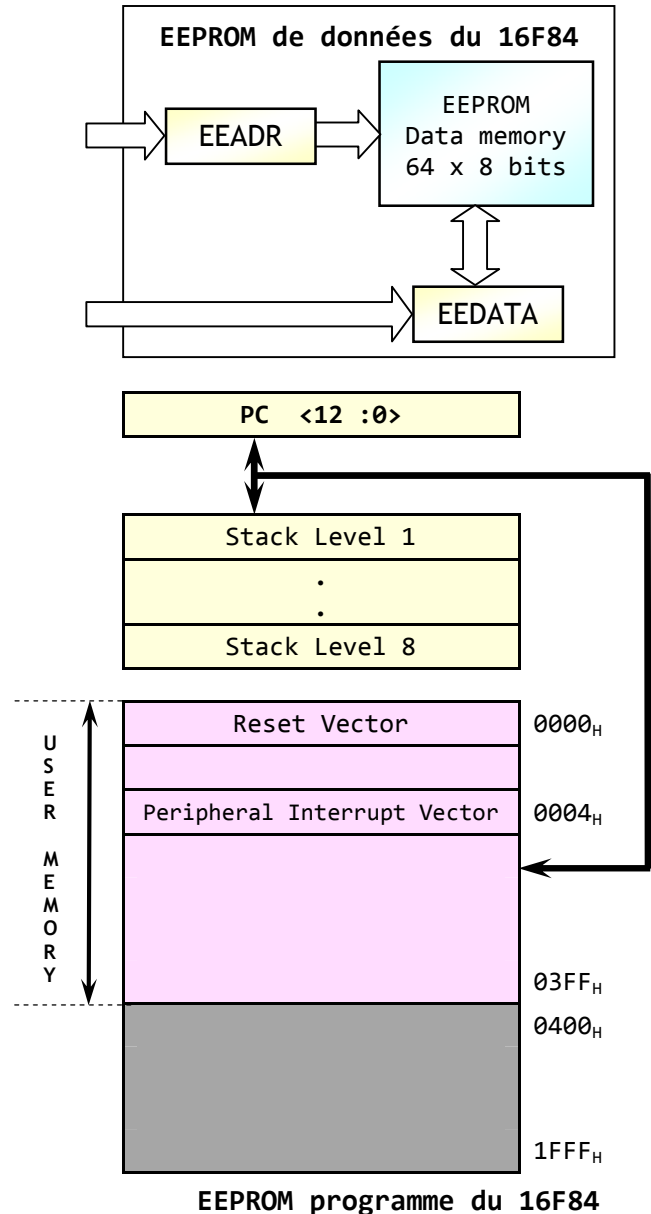
DRES 04

Plan mémoire du PIC 16 F 84

**1. Les mémoires du 16 F 84 :**

00 <sub>H</sub>	INDF	INDF	80 <sub>H</sub>
01 <sub>H</sub>	TMR0	OPTION	81 <sub>H</sub>
02 <sub>H</sub>	PCL	PCL	82 <sub>H</sub>
03 <sub>H</sub>	STATUS	STATUS	83 <sub>H</sub>
04 <sub>H</sub>	FSR	FSR	84 <sub>H</sub>
05 <sub>H</sub>	PORTA	TRISA	85 <sub>H</sub>
06 <sub>H</sub>	PORTB	TRISB	86 <sub>H</sub>
07 <sub>H</sub>			87 <sub>H</sub>
08 <sub>H</sub>	EEDATA	EECON1	88 <sub>H</sub>
09 <sub>H</sub>	EEADR	EECON2	89 <sub>H</sub>
0A <sub>H</sub>	PCLATH	PCLATH	8A <sub>H</sub>
0B <sub>H</sub>	INTCON	INTCON	8B <sub>H</sub>
0C <sub>H</sub>			8C <sub>H</sub>
	36	Mapped	
	General	(accesses)	
	Purpose	In Bank 0	
	Registers		
	(SRAM)		
2F <sub>H</sub>			AF <sub>H</sub>
30 <sub>H</sub>			B0 <sub>H</sub>
7F <sub>H</sub>			FF <sub>H</sub>
ADDR FILE	<b>BANK 0</b>	<b>BANK 1</b>	ADDR FILE

**RAM du 16F84**



**2. Configuration des PORTS :**

Tous les ports sont pilotés par deux registres :

- Le registre de **PORTx**, si le **PORTx** ou certaines lignes de **PORTx** 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  $\mu\text{C}$  il ne faut pas oublier de changer de bank mémoire pour les configurer.
- Pour accéder aux banques mémoire, on utilise le bit **RP<sub>0</sub>** (5<sup>ème</sup> bit du registre STATUS) :
  - **RP<sub>0</sub> = 0** : Accès à la **BANK 0** ;
  - **RP<sub>0</sub> = 1** : Accès à la **BANK 1**.

**DRES 05**

**Jeu d'instruction du microcontrôleur 16F84**

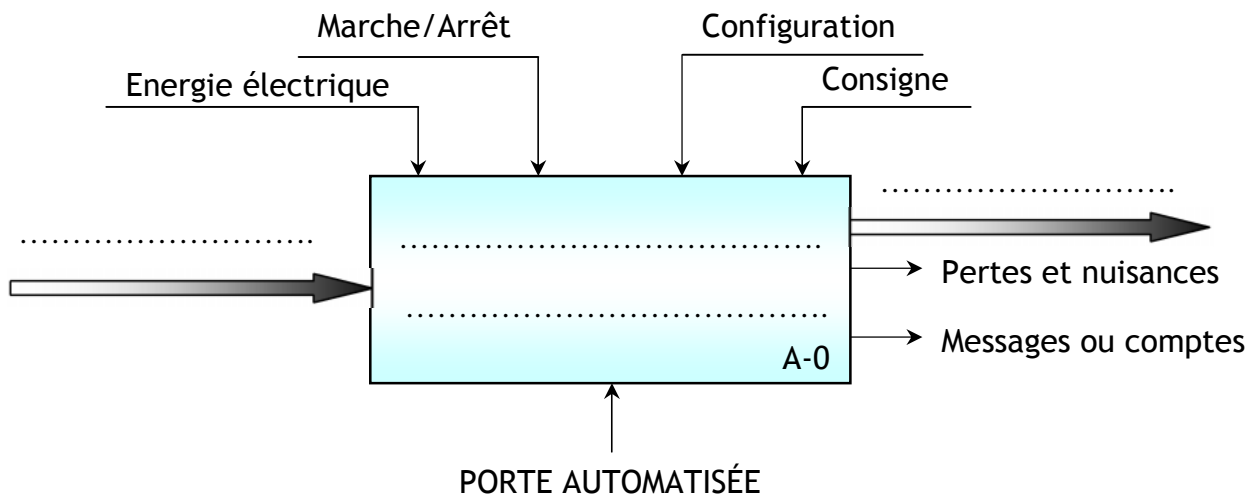
Le PIC16F84 a un jeu d'instructions relativement limité mais possède une architecture interne (RISC) qui permet une programmation efficace et rapide (toutes les instructions, exceptées les sauts, s'exécute en un cycle d'horloge).

Instructions opérant sur les registres		STATUS	Cycles
ADDWF F,d	$W+F \rightarrow \{W,F ? d\}$	C, DC, Z	1
ANDWF F,d	$W \text{ and } F \rightarrow \{W,F ? d\}$	Z	1
CLRF F	Clear F	Z	1
COMF F,d	Complémente F $\rightarrow \{W,F ? d\}$	Z	1
DECF F,d	Décrémente F $\rightarrow \{W,F ? d\}$	Z	1
DECFSZ F,d	Décrémente F $\rightarrow \{W,F ? d\}$ skip if 0		1(2)
INCF F,d	Incrémente F $\rightarrow \{W,F ? d\}$	Z	1
INCFSZ F,d	Incrémente F $\rightarrow \{W,F ? d\}$ skip if 0		1(2)
IORWF F,d	$W \text{ or } F \rightarrow \{W,F ? d\}$	Z	1
MOVF F,d	$F \rightarrow \{W,F ? d\}$	Z	1
MOVWF F	$W \rightarrow F$		1
RLF F,d	Rotation à gauche de F à travers C $\rightarrow \{W,F ? d\}$	C	1
RRF F,d	Rotation à droite de F à travers C $\rightarrow \{W,F ? d\}$	C	1
SUBWF F,d	$F - W \rightarrow \{W,F ? d\}$	C, DC, Z	1
SWAPF F,d	Permute les 2 quartets de F $\rightarrow \{W,F ? d\}$		1
XORWF F,d	$W \text{ xor } F \rightarrow \{W,F ? d\}$	Z	1
Instructions opérant sur les bits		STATUS	Cycles
BCF F,b	Mise à 0 du bit b e F		1
BSF F,b	Mise à 1 du bit b de F		1
BTFSC F,b	Teste le bit b de F, si 0 saute une instruction		1(2)
BTFSS F,b	Teste le bit b de F, si 1 saute une instruction		1(2)
Instructions opérant sur les constantes		STATUS	Cycles
ADDLW K	$W + K \rightarrow W$	C, DC, Z	1
ANDLW K	$W \text{ and } K \rightarrow W$	Z	1
IORLW K	$W \text{ or } K \rightarrow W$	Z	1
MOVLW K	$K \rightarrow W$	Z	1
SUBLW K	$K - W \rightarrow W$	C, DC, Z	1
XORLW K	$W \text{ xor } K \rightarrow W$	Z	1
Autres instructions		STATUS	Cycles
CLRW	Clear W	Z	1
CLRWDT	Clear Watchdog timer	TO', PD'	1
CALL L	Branchement à un sous programme de label L		2
GOTO L	Branchement à la ligne de label L		2
NOP	Pas d'opération		1
RETURN	Retour d'un sous programme		2
RETFIE	Retour d'interruption		2
RETLW K	Retour d'un sous programme avec K dans W		2
SLEEP	Se met en mode standby	TO', PD'	1

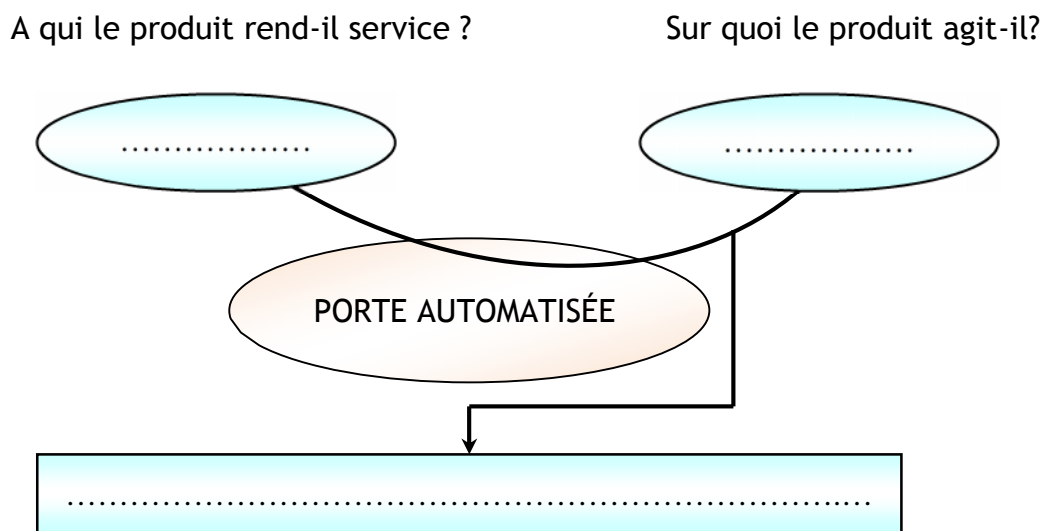
**ANALYSE FONNCTIONNELLE GLOBALE**

**DREP 01**

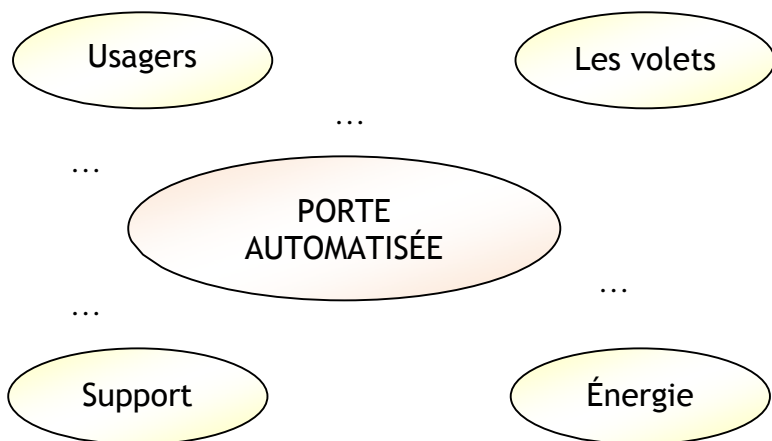
**Q.1:**



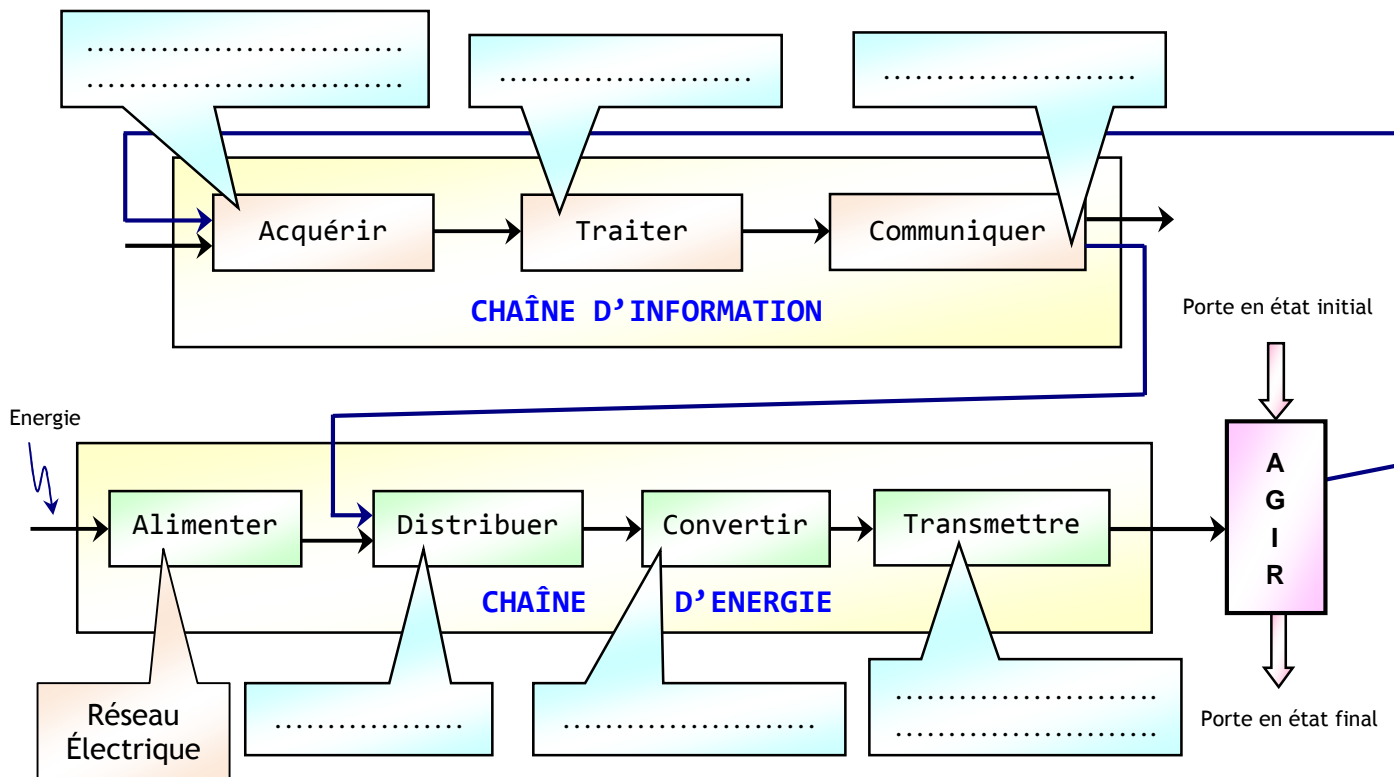
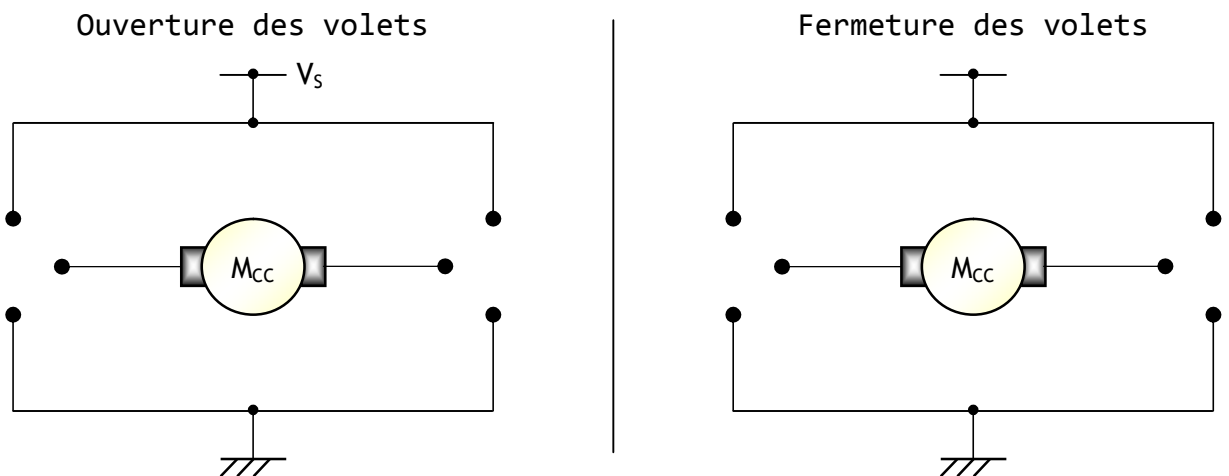
**Q.2:**



**Q.3:**



- FP : Permettre aux usagers l'accès à un espace public.
- FC<sub>1</sub> : Détecter la présence des personnes.
- FC<sub>2</sub> : S'adapter au support.
- FC<sub>3</sub> : S'adapter au réseau d'énergie.

**DREP 02**
**ANALYSE FONCTIONNELLE STRUCTURELLE**
**Q.4:**

**ALIMENTATION ET PROTECTION DU MOTEUR**
**Q.5:**

**Q.6:**

.....

.....

.....

**Q.7:**

.....

**Q.8:**

	État de RB <sub>4</sub>	État du moteur
$I_M \cdot R_{LIM} < V_{REF}$	...	.....
$I_M \cdot R_{LIM} > V_{REF}$	...	.....

**VARIATION DE LA VITESSE DU MOTEUR**

**DREP 03**

**Q.9:**

.....

**Q.10:**

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

**Q.11:**

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

**Q.12:**

.....

**Q.13:**

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

**Q.14:**

.....

**Q.15:**

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

**Q.16:**

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

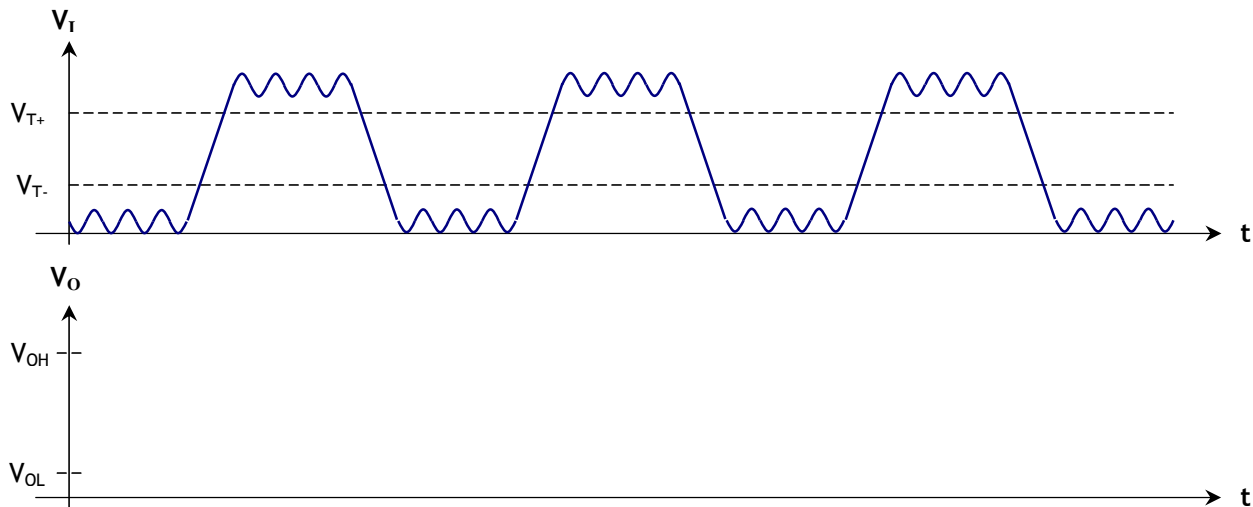


### ACQUISITION DE PRÉSENCE

**DREP 04**

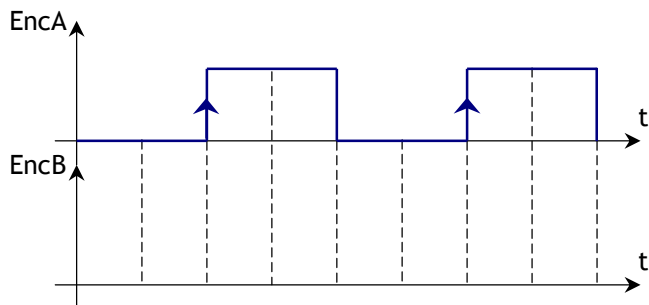
- Q.17:** Information .....
- Q.18:** Technologie .....
- Q.19:** ... portes
- Q.23:**

- Q.20:**  $V_{T+} = \dots\dots$   $V_{T-} = \dots\dots$   $V_H = \dots\dots$
- Q.21:**  $V_{OH} = \dots\dots$   $V_{OL} = \dots\dots$
- Q.22:**  $t_{PLH} = \dots\dots$   $t_{PHL} = \dots\dots$

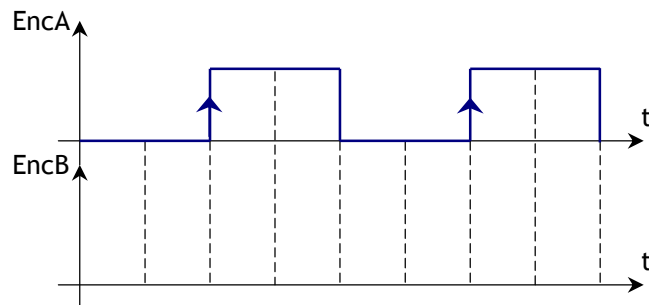


### ACQUISITION DE LA POSITION DES VOIETS

- Q.24:** Ouverture des volets : EncB = ...      Fermeture des volets : EncB = ...
- Q.25:**



Signaux des voies A et B dans le cas de l'ouverture des volets (sens anti horaire)



Signaux des voies A et B dans le cas de la fermeture des volets (sens horaire)

- Q.26:** .....
- Q.27:** .....

- Q.28:** .....
- Q.29:** .....

**Q.30:**

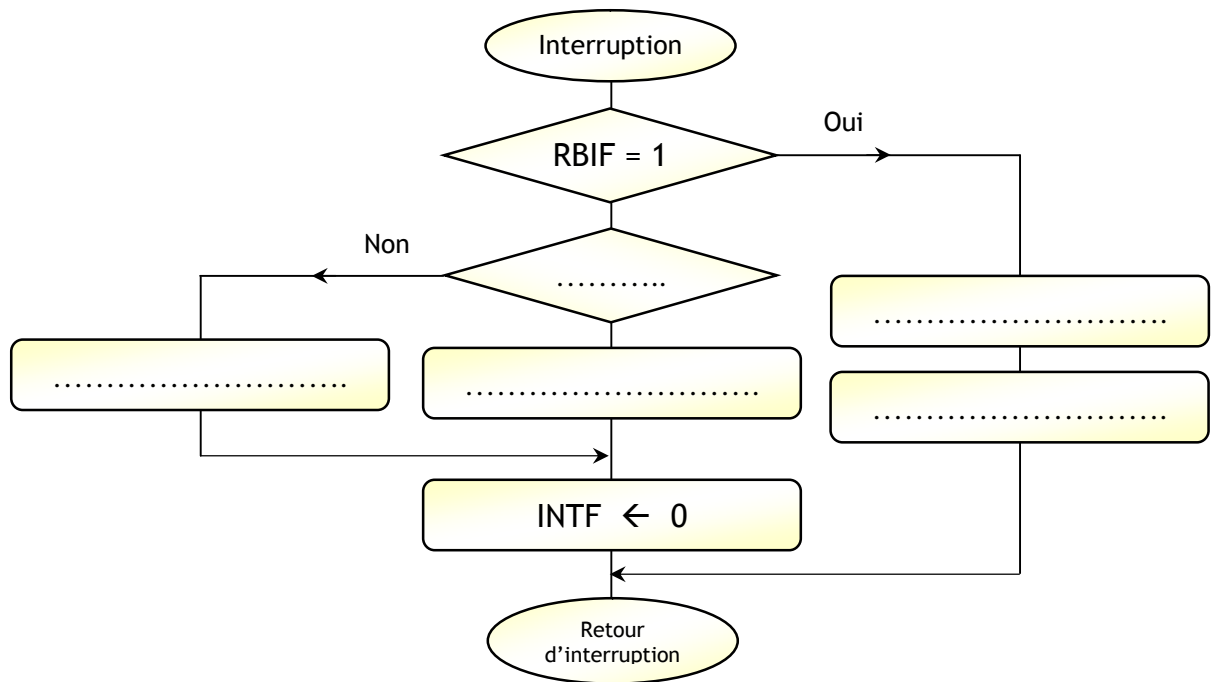
Position	Porte ouverte	3/4 de la course	1/4 de la course	Porte fermée
Nombre d'impulsions	.....	.....	.....	.....

**DREP 05**

**POSITION DES 2 VOLETS ET BLOCAGE ACCIDENTEL**

Q.31:

Q.32:



Q.33:

```

Interruption ..... ; Source d'interruption RB4 ?
..... ; Source d'interruption RB0/INT?
..... ; Arrêt du moteur
..... ; Drapeau d'interruption RBIF à 0
..... ;
Val_position ..... ; RB1 = 1?
..... ; Décrémenter position
..... ; RB1 = 0?
..... ; Incrémenter position
..... ; Drapeau d'interruption INTF à 0
Fin ..... ; Retour d'interruption
    
```

Q.34:

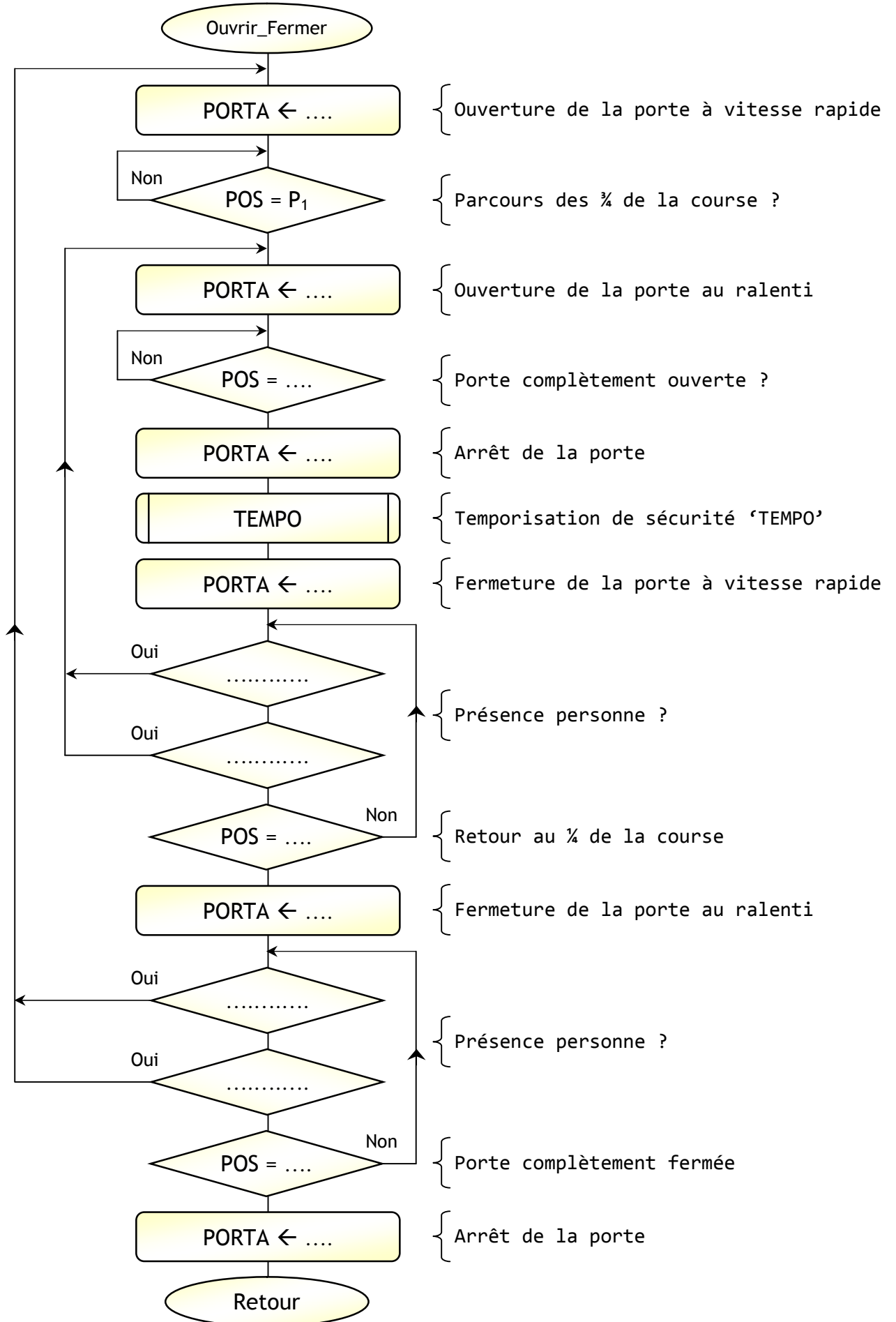
```

Initialisation ..... ; Accès à la BANK 1
..... ; Configuration PORTA
..... ;
..... ; Configuration PORTB
..... ;
..... ; Configuration des interruptions
..... ;
..... ; INT reconnaît un front montant
..... ; Accès à la BANK 0
..... ; Retour
    
```

**ORGANIGRAMME ET PROGRAMME Ouvrir\_fermer**

**DREP 06**

Q.35:



DREP 07

**Q.36:**

```

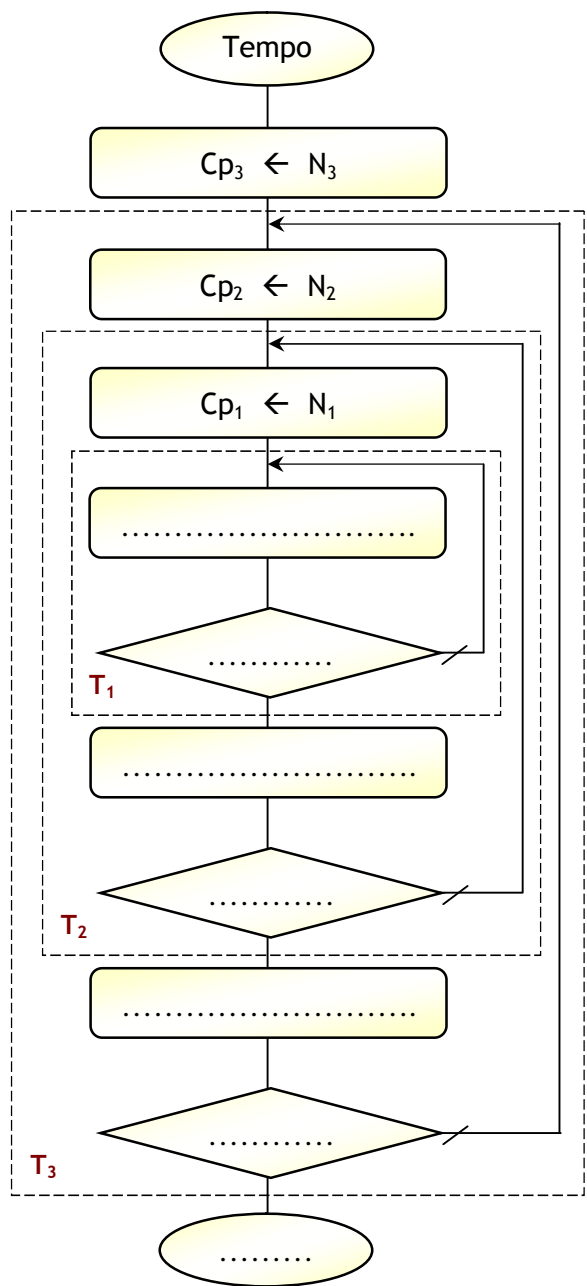
Ouvrir_Fermer      ..... ;
                   ..... ; Ouverture de la porte à vitesse rapide
Lab1                MOVF      P1, W      ;
                   SUBWF     POS, W      ;
                   BTFSS     STATUS, Z   ; Parcours des ¾ de la course ?
                   GOTO      Lab1        ;
Lab2                MOVLW     0x0B        ;
                   MOVWF     PORTA       ; Ouverture de la porte au ralenti
Lab3                ..... ;
                   ..... ;
                   ..... ; Porte complètement ouverte ?
                   ..... ;
                   CLRF      PORTA       ; Arrêt de la porte
                   ..... ; Temporisation de sécurité
                   ..... ;
                   ..... ; Fermeture de la porte à vitesse rapide
Lab4                BTFSC     PORTB, 2    ;
                   GOTO      Lab2        ; Présence personne ?
                   BTFSC     PORTB, 3    ;
                   GOTO      Lab2        ; Présence personne ?
                   MOVF      P2, W      ;
                   SUBWF     POS, W      ;
                   BTFSS     STATUS, Z   ;
                   GOTO      Lab4        ; Retour au ¼ de la course
                   MOVLW     0x13        ;
                   MOVWF     PORTA       ; Fermeture de la porte au ralenti
Lab5                ..... ;
                   ..... ; Présence personne ?
                   ..... ;
                   ..... ; Présence personne ?
                   ..... ;
                   ..... ;
                   ..... ; Porte complètement fermée ?
                   ..... ;
                   ..... ; Arrêt de la porte
                   ..... ; Retour au programme principal

```

**SOUS PROGRAMME DE TEMPORISATION**

**DREP 08**

**Q.37:**



**Q.38:**

	Mnémoniques		Nb de Cycle
Tempo	MOVLW	N <sub>3</sub>	1
	MOVWF	Cp <sub>3</sub>	1
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....

**Q.39:**

.....  
.....

**Q.40:**

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

**Q.41:**

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

**Q.42:**

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

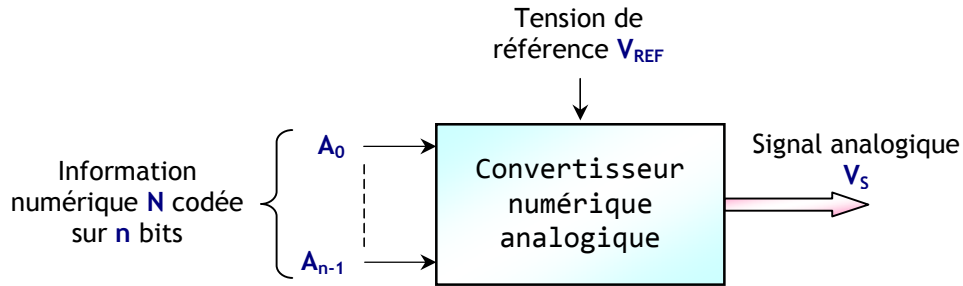
**Q.43:**

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

## 1. Introduction :

### 1.1. Définition :

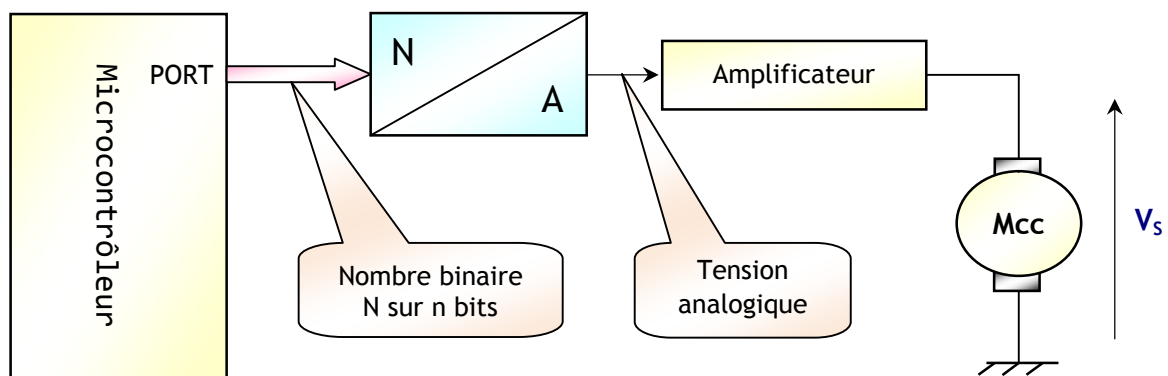
Un convertisseur numérique analogique (**C.N.A** ou **D.A.C**) reçoit une information numérique codée sur n bits et la transforme en un signal analogique (tension ou courant).



La tension de sortie est rapportée à une autre tension, dite de référence.

$$\text{En général : } V_s = \frac{V_{REF}}{2^n} \cdot N$$

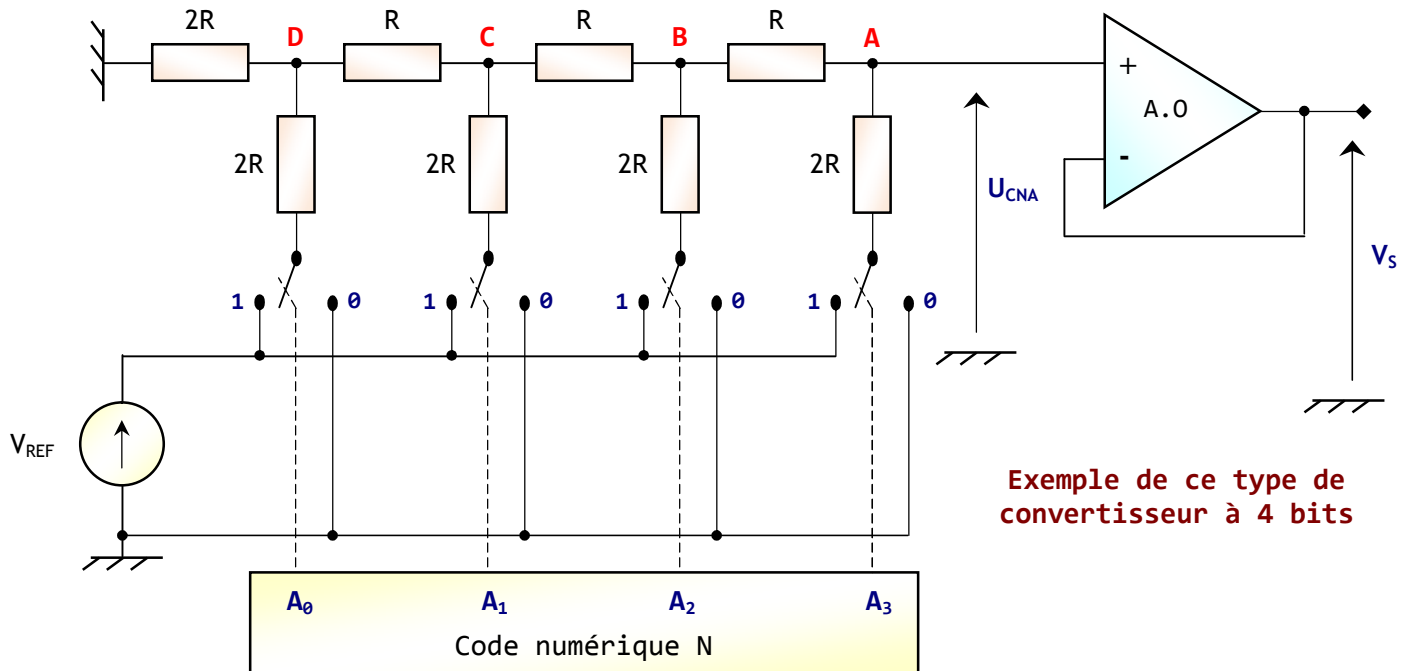
### 1.2. But :



Les CNA permettent aux microcontrôleurs de commander des dispositifs analogiques.

## 2. CNA à réseau R-2R :

### 2.1. Schéma de principe :

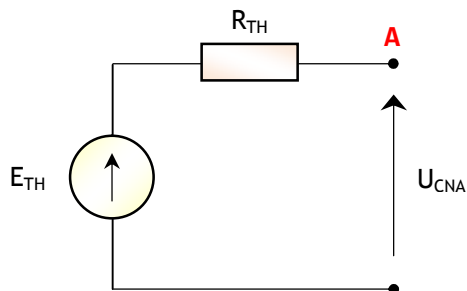


Exemple de ce type de convertisseur à 4 bits

### 2.2. Principe :

Ce type de CNA n'utilise que deux valeurs de résistances R et 2R. Les commutateurs sont commandés par le code numérique. Chaque commutateur (A<sub>2</sub>, A<sub>1</sub>, A<sub>0</sub>) peut être relié à la masse (position "0"), soit à la tension V<sub>REF</sub> (position "1").

Le montage au point A est équivalent au générateur de **Thevenin** suivant :

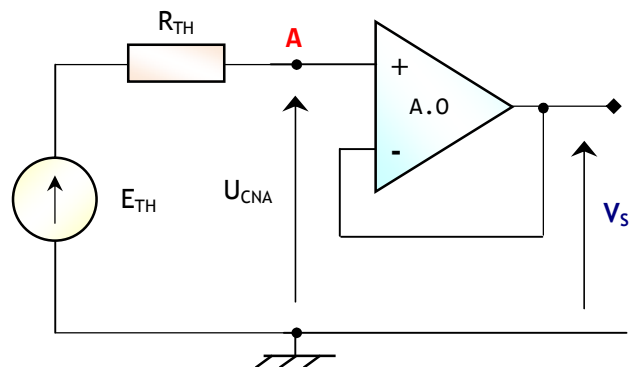


Avec :

$$R_{TH} = R$$

$$E_{TH} = A_0 \cdot \frac{V_{REF}}{16} + A_1 \cdot \frac{V_{REF}}{8} + A_2 \cdot \frac{V_{REF}}{4} + A_3 \cdot \frac{V_{REF}}{2}$$

Donc on peut transformer le montage en :



.....

.....

.....

.....

.....

.....

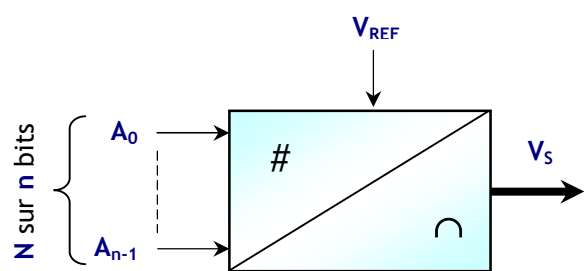
.....

.....

.....

.....

### 2.3. Pour un CNA n bits :



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

#### Quantum q :

C'est la petite variation de la tension de sortie. Il correspond donc à la valeur de la sortie quand seul le bit de poids faible (LSB) de N à l'état haut (N = 1).

Le quantum q est appelé aussi le pas de progression ou l'incrément de sortie.

#### Résolution R ou K :

La résolution analogique est le quantum q.  
La résolution numérique est le nombre de bits n.

#### Temps de conversion T<sub>c</sub> :

C'est le temps minimum nécessaire au convertisseur pour que la sortie V<sub>S</sub> se stabilise à la valeur théorique attendue lors d'une transition de l'entrée.

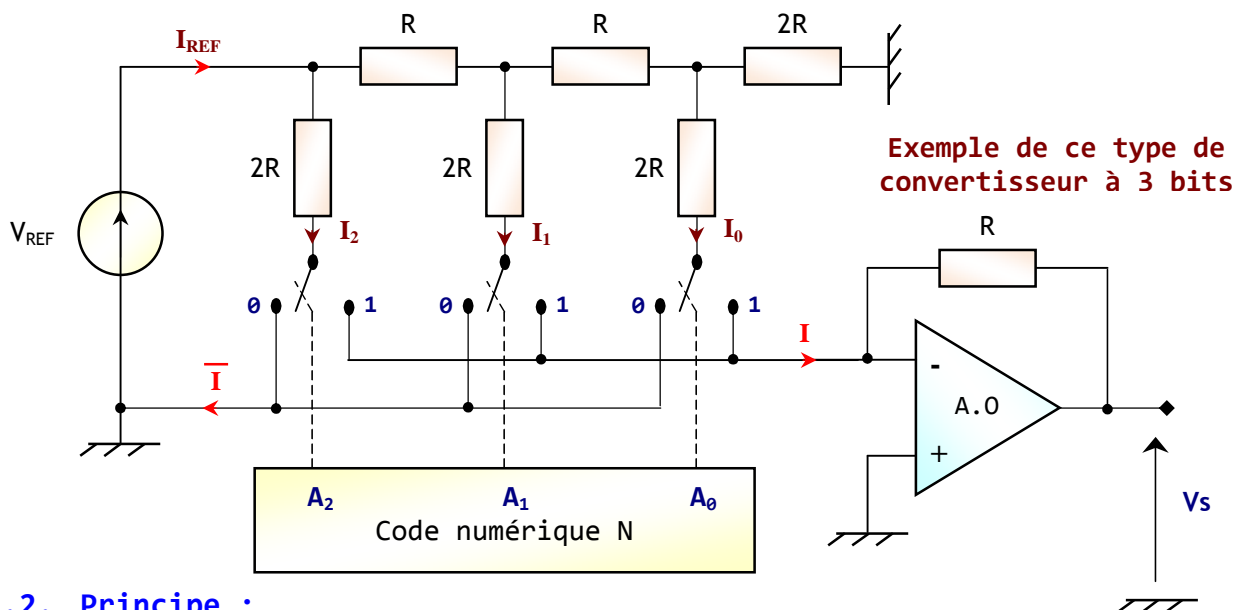
Certains constructeurs fournissent la fréquence maximale de conversion (cadence).

#### Excursion de V<sub>S</sub> :

C'est la valeur en pleine échelle de V<sub>S</sub> (V<sub>SMAX</sub>).  
Par définition :  
 $E = V_{SMAX} = q \cdot N_{MAX} = q \cdot (2^n - 1) = V_{REF} - q.$

### 3. CNA à réseau R-2R à échelle inversée :

#### 3.1. Schéma de principe :



#### 3.2. Principe :

Un réseau **R-2R** est associé à un convertisseur **courant - tension** et alimenté sous une tension  $V_{REF}$ . Des interrupteurs, commandés par l'état des bits  $A_0$ ,  $A_1$  et  $A_2$  orientent le courant dans la branche soit vers le convertisseur courant - tension soit vers la masse.

Le courant traversant la résistance  $R$  du réseau se divise en deux à travers les  $2R$ .

L'impédance vue par la source est indépendante de l'état des interrupteurs et elle vaut  $R$ .  
La résistance  $2R$  placée en fin du réseau peut être remplacée par un nouveau réseau **R-2R**.

.....

.....

.....

Le courant dans l'ampli-op :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

#### 3.3. Pour un CNA n bits :

.....

.....

.....

.....

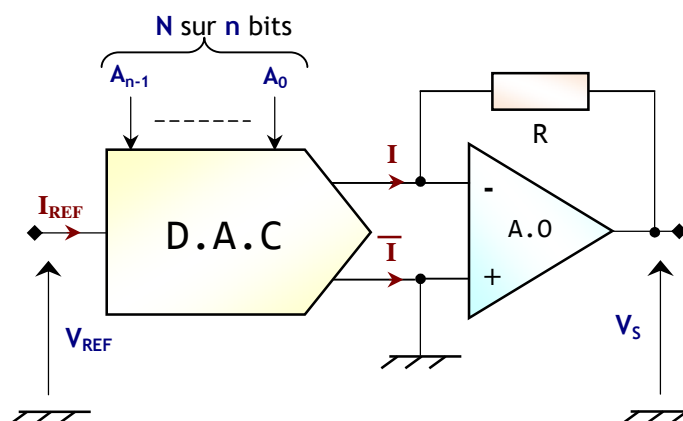
.....

.....

.....

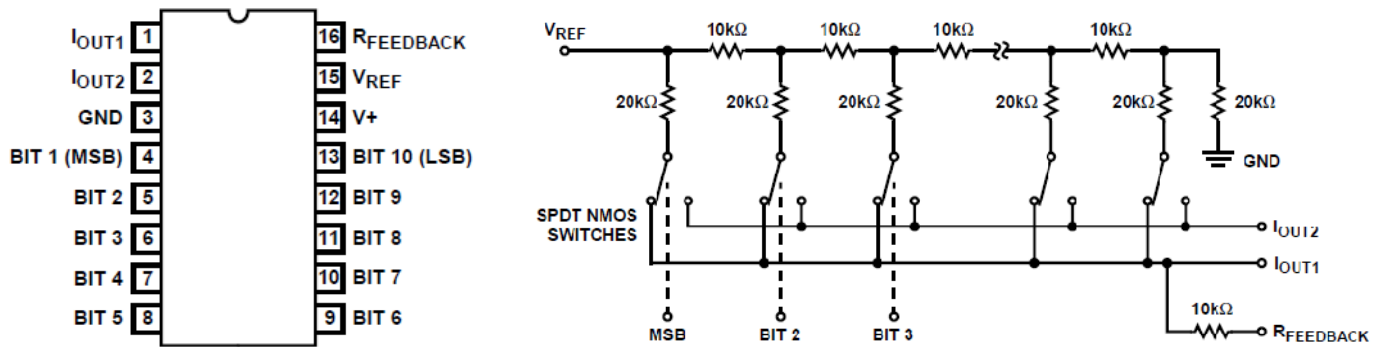
.....

.....





**4. CNA à réseau R-2R AD7530LN :**



$V^+$  : alimentation +5 à +15 v  
 $V_{REFmax}$  : -25 à +25 v  
 Temps de réponse : 1µs  
 Température : -25°c to 85°c

AD7520/30	PIN NAME	DESCRIPTION
1	$I_{OUT1}$	Current Out summing junction of the R2R ladder network
2	$I_{OUT2}$	Current Out virtual ground, return path for the R-2R ladder network
3	GND	Digital Ground. Ground potential for digital side of D/A
4	Bits 1(MSB)	Most Significant Digital Data Bit
5	Bit 2	Digital Bit 2
6	Bit 3	Digital Bit 3
7	Bit 4	Digital Bit 4
8	Bit 5	Digital Bit 5
9	Bit 6	Digital Bit 6
10	Bit 7	Digital Bit 7
11	Bit 8	Digital Bit 8
12	Bit 9	Digital Bit 9
13	Bit 10(LSB)	Least Significant Digital Data Bit
14	$V^+$	Power Supply +5V to +15V
15	$V_{REF}$	Voltage Reference Input to set the output range. Supplies the R2R resistor ladder
16	$R_{FEEDBACK}$	Feedback resistor used for the current to voltage conversion when using an external Op Amp

L'impédance d'entrée du montage est R (10 KΩ). On note que l'ensemble des résistances est intégré ainsi que la résistance, ici appelée  $R_{FB}$  (feedback), qui peut assurer la conversion courant - tension. Le calcul des courants sortant donne :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Ce calcul suppose que les courants de sortie  $I_{OUT1}$  et  $I_{OUT2}$  sont à la masse.  $I_{OUT}$  est directement proportionnel au code N. On peut remarquer que :

.....

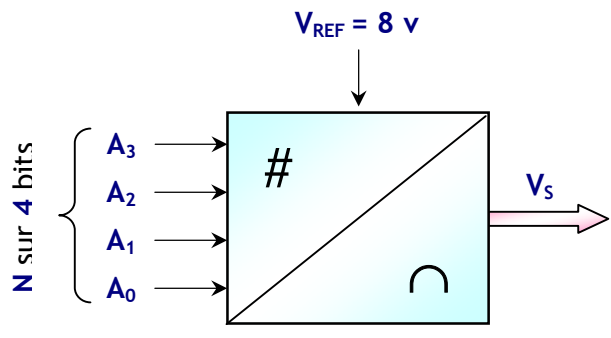
.....

.....

**5. Fonction de transfert  $V_S = f(N)$  :**

La fonction de transfert exprime la relation entre la grandeur analogique de sortie et celle numérique d'entrée. On donne  $V_S = q.N$ . La courbe de transfert est le graphe qui donne la valeur de la sortie analogique  $V_S$  en fonction de la valeur d'entrée numérique  $N$ . Cette courbe est en forme d'escalier, car lorsque  $N$  s'incrémente d'une unité  $V_S$  augmente d'un quantum  $q$ .

**Exemple :** Soit un convertisseur numérique - analogique 4 bits



Le signal numérique est composé de 4 entrées, on a  $2^4 = 16$  nombres binaires distincts.

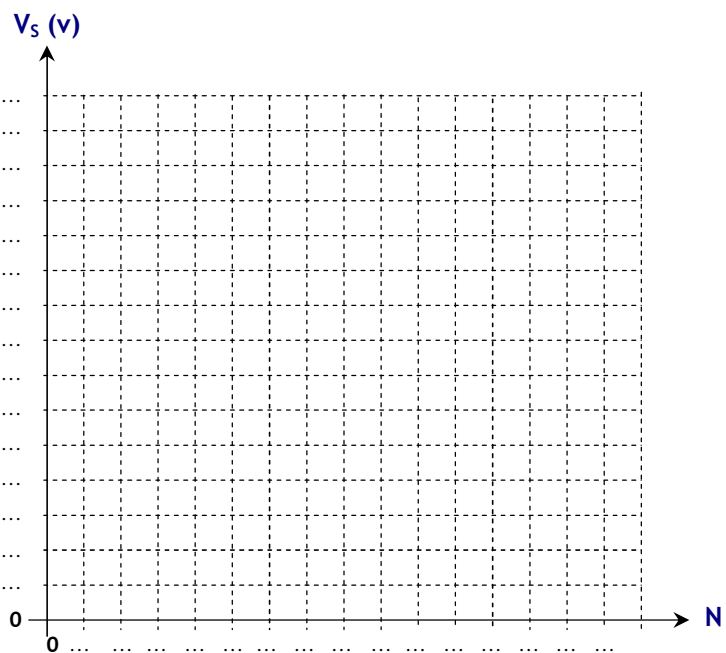
$V_S = \dots\dots$  avec  $q = \dots\dots$   $A.N$   $q = \dots\dots$

Et  $N = \dots\dots$

Donc  $V_S = \dots\dots$

Compléter le tableau et le graphe ci-dessous :

A <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	N	V <sub>S</sub> (v)
0	0	0	0	0	0
...	...	...	...	...	.....
...	...	...	...	...	.....
...	...	...	...	...	.....
...	...	...	...	...	.....
...	...	...	...	...	.....
...	...	...	...	...	.....
...	...	...	...	...	.....
...	...	...	...	...	.....
...	...	...	...	...	.....
...	...	...	...	...	.....
...	...	...	...	...	.....
...	...	...	...	...	.....
...	...	...	...	...	.....
...	...	...	...	...	.....
...	...	...	...	...	.....
...	...	...	...	...	.....
...	...	...	...	...	.....
...	...	...	...	...	.....



**6. Exercice :**

- Calculer  $V_S$  sachant que  $q = 0,75$  v, pour les valeurs suivantes de  $N$  :

$N = 0110$        $V_S = \dots\dots$   
 $N = 1001$        $V_S = \dots\dots$   
 $N = 1010$        $V_S = \dots\dots$   
 $N = 1111$        $V_S = \dots\dots$

- Calculer  $V_S$  sachant que  $V_{S\text{MAX}} = 20$  v et  $n = 8$  bits, pour les valeurs suivantes de  $N$  :

$V_{S\text{MAX}} = \dots\dots$  donc  $q = \dots\dots$   
 $q = \dots\dots$   $A.N$   $q = \dots\dots$   
 $N = 10010001$        $V_S = \dots\dots$   
 $N = 00010110$        $V_S = \dots\dots$

- Calculer  $V_{S\text{MAX}}$  si le CNA fournit 1v pour  $N = 00010111$  ?

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

## 1. Définition :

Les informations délivrées par les capteurs sont en général analogiques. Dans la plupart des systèmes informatiques, ces informations analogiques sont converties en données numériques pour qu'un ordinateur puisse les traiter. Dans le cas des déplacements, il est possible de concevoir des capteurs qui traduisent la position - linéaire ou angulaire - en un mot binaire qui la définit.

## 2. Codeur incrémental :

### 2.1. Description :

Ce capteur délivre une impulsion à chaque déplacement élémentaire, la position est déterminée par comptage ou décomptage des impulsions selon le sens du déplacement. Ce type de capteur est constitué de 2 ou 3 pistes. Les deux pistes concentriques (disques) sont chaque une divisées en N surfaces élémentaires égales.

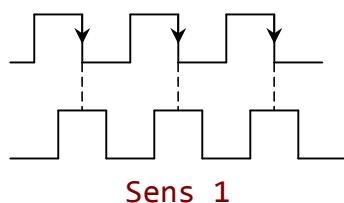
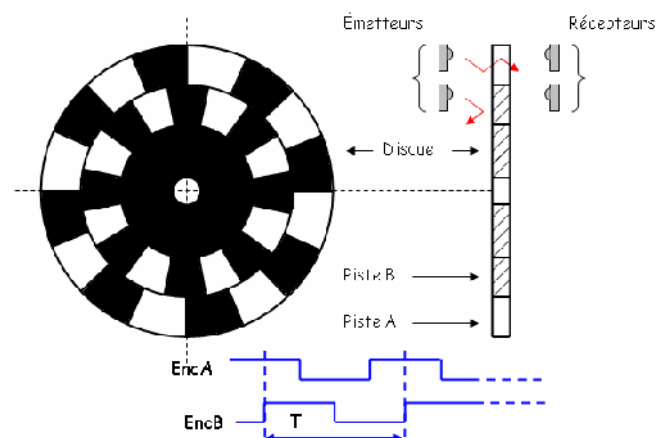
Les surfaces de l'une des pistes sont décalées d'un quart de période spatiale par rapport à celle de l'autre piste. Une troisième piste, avec une unique surface élémentaire est quelque fois ajoutée à fin de permettre le comptage du nombre de tours ou la remise à zéro du compteur.

La lecture est assurée par un émetteur (diode LED) et un récepteur de lumière (phototransistor), placés respectivement de part et d'autre de la règle ou du disque.

### 2.2. Codeur incrémental 8 points :

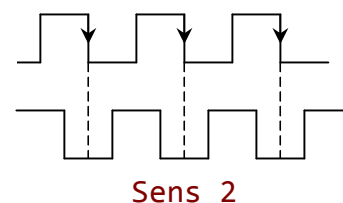
Un codeur incrémental possède généralement 3 voies (pistes) :

- Voie **Z** (top zéro) donnant une impulsion par tour ;
- Voie **A** donnant n impulsions par tour ;
- Voie **B** identique à voie A, mais dont les signaux sont déphasés de + ou - 90°, suivant le sens de rotation.



Voie A

Voie B



Sens 2

### 2.3. Exploitation des voies :

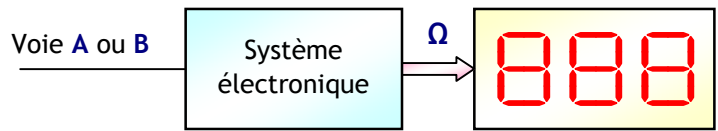
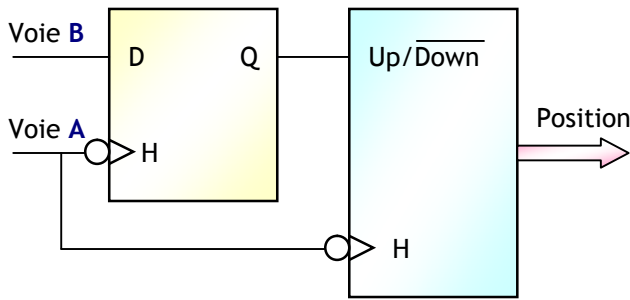
La voie **Z** délivre une impulsion par tour permettant ainsi de :

- Compter le nombre de tours effectués par le disque.
- Définir et connaître une position de référence ou d'origine.
- Réinitialiser le compteur de positions à chaque tour.

La voie **A** (ou **B**) délivre n impulsions par tour permettant ainsi de connaître l'angle de rotation ou position angulaire du disque en comptant le nombre d'impulsions reçues.

Les deux signaux issus des voies **A** et **B** sont décalés dans le temps permettant de déterminer ainsi le sens de rotation du disque (comptage ou décomptage de la position).

La période des signaux **A** et **B** dépend fortement de la vitesse d'entraînement de l'axe du disque. Donc, la mesure de la fréquence **f** de l'un des signaux **A** ou **B**, par un système électronique adéquat, aboutit à la mesure de la vitesse de rotation  $\Omega$  du disque.



$$f = n \cdot \frac{\Omega}{60} \quad \text{d'où} \quad \Omega = \frac{60 \cdot f}{n}$$

- Bascule D pour détecter le sens de rotation
- Compteur/Décompteur pour compter la position angulaire du disque.

- $f$  : fréquence du signal A ou B en **Hz** ;
- $n$  : résolution du codeur (nombre de points par tour ;
- $\Omega$  : vitesse de rotation du codeur en **tr/min**

### 2.4. Caractéristiques principales d'un codeur incrémental :

- Nombre de points par tour ou nombre d'impulsions par tour (exemple: 500 points/tr) ;
- Nombre de voies ou nombre de pistes (exemple: 3 pistes A, B, Z) ;
- Tension d'alimentation ;
- Vitesse maximale de rotation.

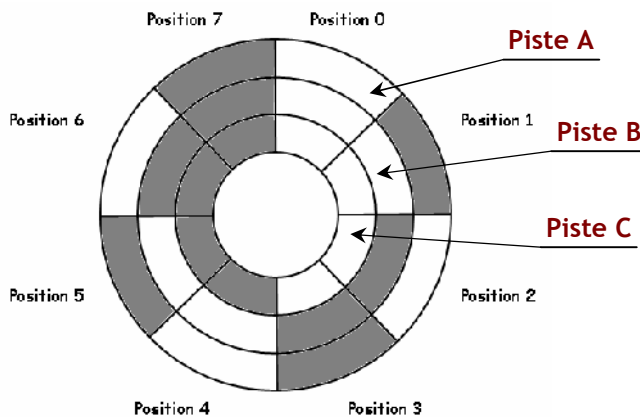
### 3. Codeur absolu :

#### 3.1. Description :

Ce sont des disques divisés en N surfaces égales (secteurs pour les disques) à l'intérieur desquelles se trouve matérialisé le mot binaire associé à la position à traduire, selon un code déterminé. Le nombre N de surfaces fixe la résolution soit :  $360^\circ/N$ .

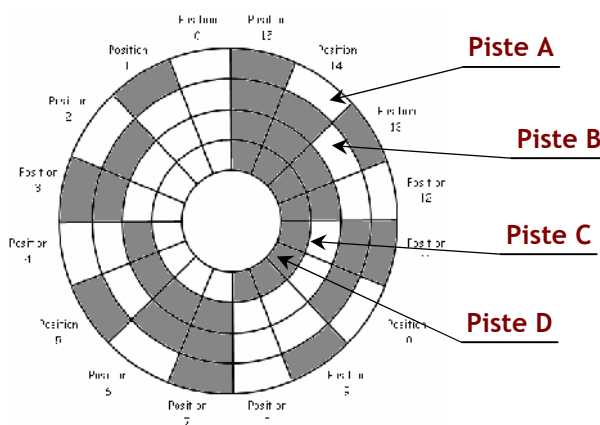
Les n bits constituant chacun des mots sont matérialisés sur n pistes concentriques (disques) en utilisant des états physiques complémentaires pour distinguer la valeur 0 et 1.

#### 3.2. Codeur absolu 8 points :



Position	Code		
	C	B	A
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1

#### 3.3. Codeur absolu 16 points :



Position	Code			
	D	C	B	A
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

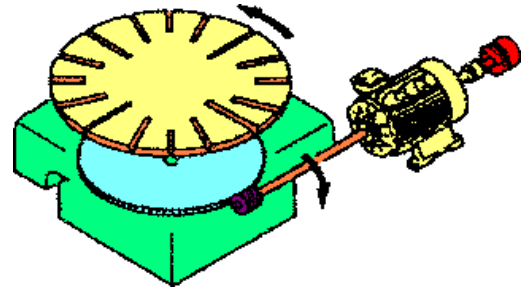
Un codeur absolu de  $n$  pistes délivre  $N = 2^n$  positions (points) différentes codées sur  $n$  bits

#### 4. Calcul du nombre de points d'un codeur :

##### 5.1. Mouvement circulaire :

$$N = \frac{360}{P} \times \frac{F_m}{F_c}$$

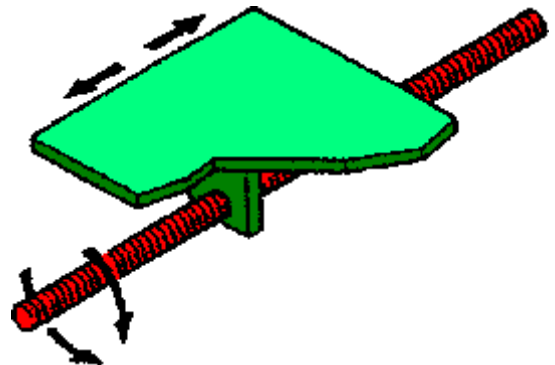
- **N** : nombre de points du codeur ;
- **P** : précision souhaitée en degrés ;
- **F<sub>m</sub>** : fréquence de rotation du mobile ;
- **F<sub>c</sub>** : fréquence de rotation du codeur.



##### 5.2. Mouvement de translation :

$$N = \frac{Q}{P} \times \frac{F_e}{F_c}$$

- **N** : nombre de points du codeur ;
- **P** : précision souhaitée en mm ;
- **F<sub>e</sub>** : fréquence de rotation de l'entraînement ;
- **F<sub>c</sub>** : fréquence de rotation du codeur ;
- **Q** : rapport de conversion de mouvement rotation translation ;



##### 5.3. Comparaison de 2 codeurs 512 points :



Type du codeur	Incrémental	Absolu
Nombre de pistes	3 (A, B, Z)	9 (A, B, C, D, E, F, G, H, I)
Nombre de capteurs(E-R)	3	9
Connecteur	5 broches utiles	11 broches utiles
Nombre de points par tour	512	512
Information 1 tour	Immédiate par Z	décodage des pistes A, B, C...
Information sens	A partir des signaux A et B	Possible
Information vitesse	Comptage sur A ou B	Comptage sur A

### 1. Temporisation faible :

Dans ce cas, on utilise l'instruction NOP qui veut dire 'ne rien faire'. Ainsi, le microcontrôleur perd un cycle machine à ne rien faire.

L'horloge du microcontrôleur le PIC16F84, est associée à un quartz externe, elle génère le signal qui cadence l'exécution des instructions. Chaque instruction du programme est traitée en un cycle machine (une période de l'horloge avec une division interne par 4), exceptées les sauts qui s'exécutent en deux cycles d'horloge.

Par exemple, si la fréquence du quartz est de 4 Mhz :

$$F = 4 \text{ Mhz} \quad F / 4 = 1 \text{ Mhz} \quad \text{Un Cycle} = 4 / F \quad \text{Un Cycle} = 1 \mu\text{s}$$

Donc le temps d'exécution d'une instruction NOP est de 1  $\mu\text{s}$ .

### 2. Temporisation avec une boucle :

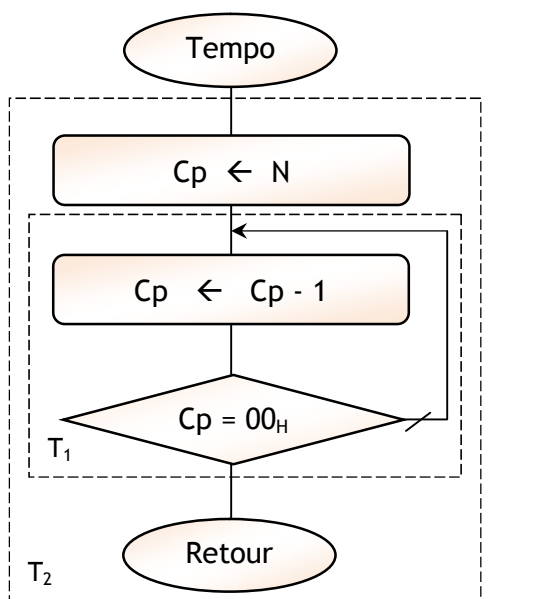
#### 2.1. Principe :

On utilise des sous programmes, appelés sous programmes de temporisation.

En général on charge 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.

#### 2.2. Organigramme :

#### 2.3. Sous programme :



Mnémoniques	Nb de cycle
Tempo .....	.....
LAB .....	.....
.....	.....
.....	.....

- Les instructions **MOVLW** et **MOVWF** prennent ... cycle chacune ;
- L'instruction **DECFSZ** prend ... cycle si elle ne saute pas et ... cycles quand elle saute ;
- L'instruction **GOTO** prend ... cycles ;
- Chaque passage dans la boucle prend ..... cycle sauf le dernier qui prend ... cycles ;
- L'instruction **RETURN** prend ... cycles.

#### 2.4. Calcul de la Temporisation :

Temps d'exécution de la boucle :

.....

Temps d'exécution du sous programme :

.....

.....

On appelle ce programme avec l'instruction **CALL tempo** qui prend 2 cycles ;

.....

La valeur max que l'on peut donner à N est = 0 = 256, ce qui donne :

.....

Avec un quartz  $f_{osc} = 4 \text{ Mhz}$ , la fréquence réelle :  $F = f_{osc}/4$ , donc 1 cycle =  $1/F = 1 \mu\text{s}$ .

Ce qui donne une temporisation :

.....

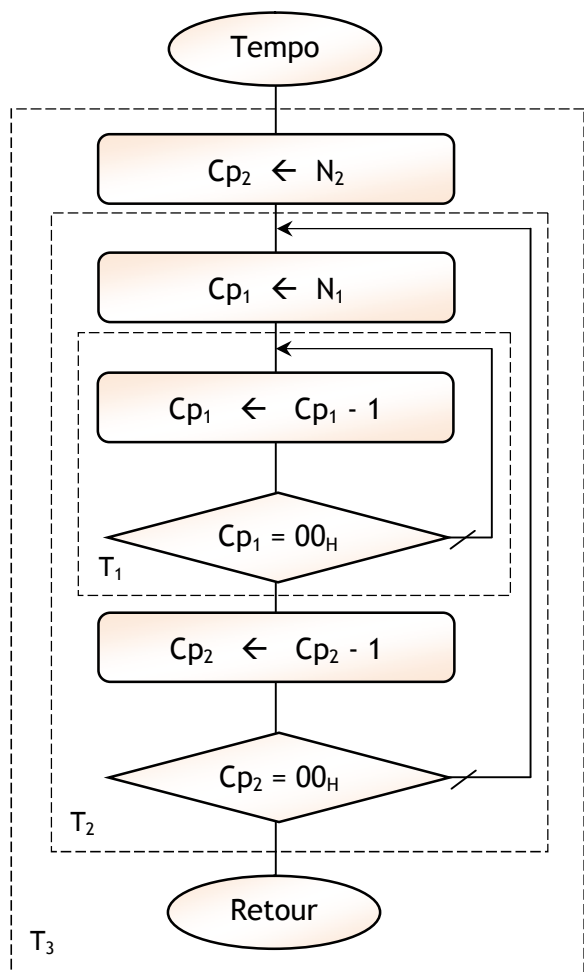
### 3. Temporisation avec deux boucles :

#### 3.1. Principe :

On utilise deux boucles imbriquées : l'organigramme ci-dessus (boucle 1) est imbriqué dans une deuxième boucle, ainsi la boucle 1 est répétée  $N_2$  fois.

#### 3.2. Organigramme :

#### 3.3. Sous programme



Mnémoniques	Nb de Cycle
Tempo .....	.....
LAB <sub>1</sub> .....	.....
LAB <sub>2</sub> .....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

#### 3.4. Calcul de la Temporisation

Temps d'exécution de la boucle 1 :

.....

Temps d'exécution de la boucle 2 :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Temps d'exécution du sous programme :

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

On appelle ce programme avec l'instruction **CALL tempo** qui prend 2 cycles :

.....

La valeur max que l'on peut donner à  $N_1$  et à  $N_2$  est = 0 = 256, ce qui donne :

.....  
 .....

Avec un quartz = fosc = 4 Mhz, la fréquence réelle :  $F = fosc/4$ , donc 1 cycle =  $1/F = 1 \mu s$ .  
 Ce qui donne une temporisation :

.....

#### Remarque :

La précision de ces fonctions peut être améliorée en y insérant des instructions **NOP**, dans ce cas il faut revoir les formules. On verra plus tard comment on peut faire des temporisations à l'aide des **TIMERS**.

### 1. Interruptions du PIC 16 F 84 :

Une interruption est un événement inattendu qui provoque l'arrêt du programme principal pour aller exécuter une procédure d'interruption. À la fin de cette procédure, le  $\mu C$  reprend le programme à l'endroit où il s'était arrêté.

À chaque interruption sont associés deux bits :

- Un bit de validation : permet d'autoriser ou non l'interruption ;
- Un bit de signalisation ou drapeau (flag) : permet au  $\mu C$  de savoir de quelle interruption il s'agit.

Le PIC 16 F 84 possède 4 sources d'interruption :

- Changement d'état du **PORTB** (RB<sub>4</sub> à RB<sub>7</sub>) ;
- Front montant ou descendant sur la broche **RB<sub>0</sub>/INT** ;
- Dépassement du registre **TMRO** (passage de FF<sub>H</sub> à 00<sub>H</sub>) ;
- Déroulement normal d'un cycle d'écriture dans L'**EEPROM**.

Ces interruptions sont validées :

- Globalement par le bit **GIE** du registre **INTCON** ;
- Localement par les bits **EEIE**, **TOIE**, **INTE** et **RBIE** du registre **INTCON**.

4 drapeaux pour signaler l'interruption correspondante :

- **EEIF** du registre **EECON<sub>1</sub>** ;
- **TOIF**, **INTF**, **RBIF** du registre **INTCON**.

### 2. Service d'une interruption :

Lorsque l'événement déclencheur d'une interruption intervient, alors son drapeau est positionné à 1. Si de plus l'interruption correspondante a été validée, elle est alors déclenchée : le  $\mu C$  arrête ce qu'il est en train de faire et va exécuter la procédure d'interruption qui se trouve à l'adresse 4 en exécutant les étapes suivantes :

- Le drapeau correspondant passe à 1 ;
- PC est empilé puis affecté de l'adresse 004 ;
- Le masque GIE est automatiquement mis à 0 pour interdire d'autres interruptions ;
- Fin (instruction RETIE) ;
- PC est dépilé ;
- GIE est remis à 1.

Le programme doit:

- Identifier la source de l'interruption en consultant les drapeaux ;
- Remettre à 0 le drapeau qui a provoqué l'interruption ;
- Sauvegarder éventuellement certains registres dans la RAM (W et STATUS).

### 3. Le Registre INTCON :

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

**Bit 7 : GIE - Global Interrupt Enable -**

Autorise ou interdit globalement toutes les interruptions :

- GIE = 1 : toutes les interruptions sont prises en compte par le microcontrôleur ;
- GIE = 0 : aucune interruption ne sera validée.

**Bit 6 : EEIE - EE write Interrupt Enable -**

Permet de valider l'interruption de fin d'écriture en EEPROM :

- EEIE = 1 : interruption de l'EEPROM validée ;
- EEIE = 0 : interruption de l'EEPROM non validée.



**Bit 5 : TOIE - TMRO Overflow Interrupt Enable -**

Permet de valider l'interruption de débordement du TIMER 0 :

TOIE = 1 : interruption du TIMER 0 validée ;  
TOIE = 0 : interruption du TIMER 0 non validée.

**Bit 4 : INTE - INT Interrupt Enable -**

Permet de valider l'interruption générée par la broche RB<sub>0</sub>/INT :

INTE = 1 : interruption INT validée ;  
INTE = 0 : interruption INT non validée.

**Bit 3 : RBIE - RB Interrupt Enable -**

Permet de valider l'interruption sur les broches RB<sub>4</sub> à RB<sub>7</sub> :

RBIE = 1 : interruption du PORTB validée ;  
RBIE = 0 : interruption du PORTB non validée.

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

Ce drapeau indique le dépassement du TIMER (passage de FF<sub>H</sub> à 00<sub>H</sub>) :

TOIF = 1 : dépassement de TMRO ;  
TOIF = 0 : pas de dépassement.

**Bit 1 : INTF - INT Interrupt Flag -**

Ce drapeau indique qu'une interruption a été provoquée par la broche INT :

INTF = 1 : interruption générée ;  
INTF = 0 : pas d'interruption.

**Bit 0 : RBIF - RB port change Interrupt Flag -**

Ce drapeau indique qu'une interruption a été provoquée par les broches RB<sub>4</sub> à RB<sub>7</sub> :

RBIF = 1 : une broche RB<sub>4</sub> à RB<sub>7</sub> a changé d'état ;  
RBIF = 0 : pas de changement d'état.

**4. Le Registre EECON1 :**

7	6	5	4	3	2	1	0
x	x	x	EEIF	WRERR	WREN	WR	RD

**Bit 4 : EEIF - EEPROM Interrupt Flag -**

Ce drapeau indique la fin d'écriture en EEPROM :

EEIF = 1 : écriture en EEPROM terminée ;  
EEIF = 0 : écriture en EEPROM n'est pas terminée.

**5. Le Registre OPTION :**

7	6	5	4	3	2	1	0
RBPU	INTEDG	TOCS	TOSE	PSA	PS <sub>2</sub>	PS <sub>1</sub>	PS <sub>0</sub>

**Bit 7 : RBPU - PORTB Pull-Up -**

Ce bit permet de choisir le front actif sur INT :

RBPU = 1 : le "tirage au plus" interne du PORT B est désactivé ;  
RBPU = 0 : le "tirage au plus" interne du PORT B est activé.

**Bit 6 : INTEDG - INTerrupt EDGE -**

Ce bit permet de choisir le front actif sur INT :

INTEDG = 1 : la broche RB<sub>0</sub>/INT génère une interruption sur un front montant ;  
INTEDG = 0 : la broche RB<sub>0</sub>/INT génère une interruption sur un front descendant.

**1. Configuration des PORTS :**

1.1. Configurer le PORTB en entrée et PORTA en sortie - PIC 16F84 - ;

```

..... ; .....
..... ;
..... ; .....
..... ;
..... ; .....
..... ; Accès à la Bank 0

```

1.2. Configurer les broches RB<sub>0</sub>, RB<sub>1</sub>, RB<sub>2</sub>, RB<sub>3</sub>, RB<sub>5</sub>, RB<sub>7</sub> en entrée, les broches RB<sub>4</sub>, RB<sub>6</sub> en sortie, les broches RA<sub>0</sub>, RA<sub>3</sub>, RA<sub>4</sub> en entrée et les broches RA<sub>2</sub>, RA<sub>1</sub> en sortie- PIC 16F84 - ;

```

..... ; Accès à la Bank 1
..... ;
..... ; .....
..... ;
..... ; .....
..... ; .....
..... ; .....

```

1.3. Configurer le PORTB en entrée, le PORTA en sortie, le PORTC en entrée, le PORTD en sortie et le PORTE en entrée - PIC 16F877 -.

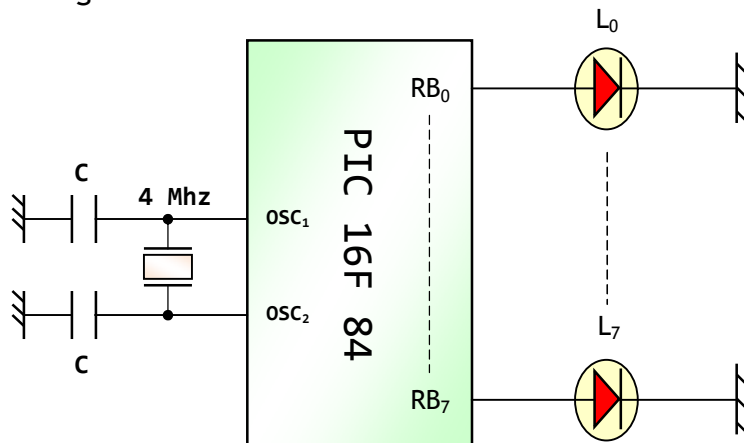
```

..... ;
..... ; Accès à la Bank 1
..... ;
..... ; .....
..... ; .....
..... ; .....
..... ;
..... ; .....
..... ; .....
..... ; .....

```

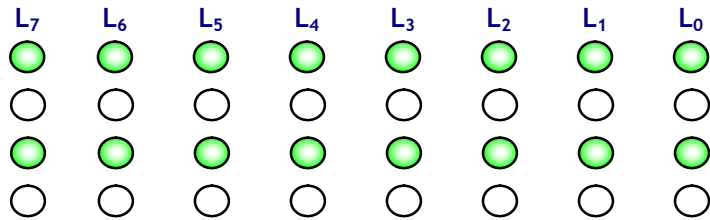
**2. Jeux de lumières :**

Soit le montage suivant :

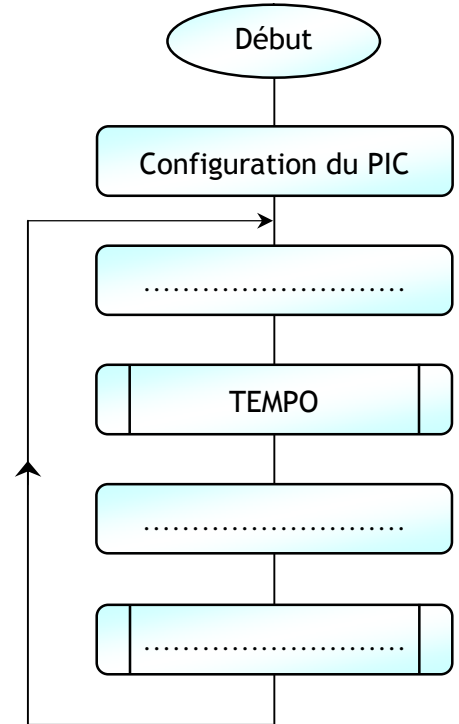


**2.1. Jeu 1 :**

Faire un programme qui permet d'allumer et d'éteindre les LEDS connectées au PORTB.



**Organigramme :**



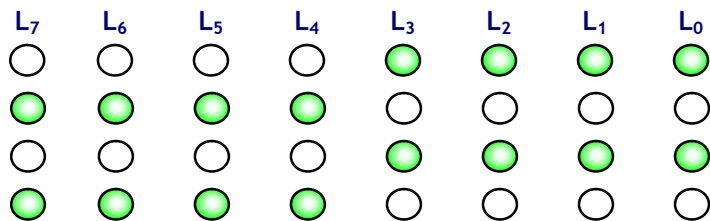
**Programme :**

```

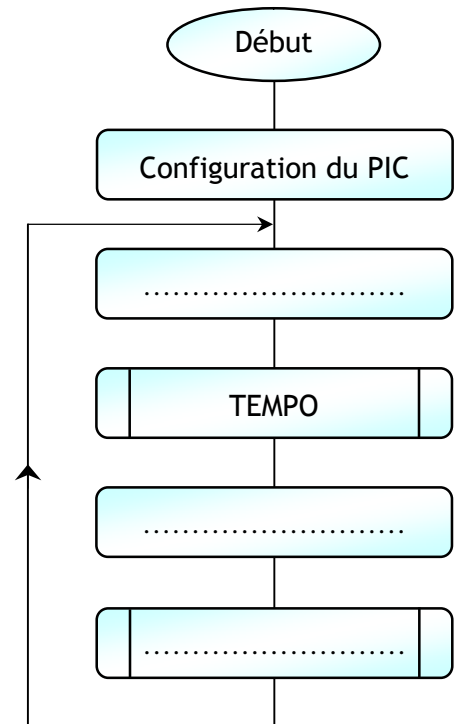
..... ; Accès Bank 1
..... ; PORTB en sortie
..... ; Accès Bank 0
..... ;
..... ; LEDS allumées
..... ; Appel SP tempo
..... ;
..... ; LEDS éteintes
..... ; Appel SP tempo
..... ; Reprendre le jeu
  
```

**2.2. Jeu 2 :**

Faire un programme qui permet d'allumer et d'éteindre les LEDS connectées au PORTB 4 par 4.



**Organigramme :**



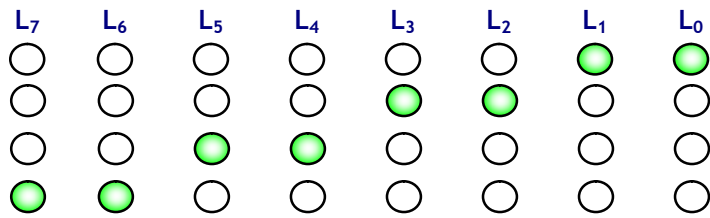
**Programme :**

```

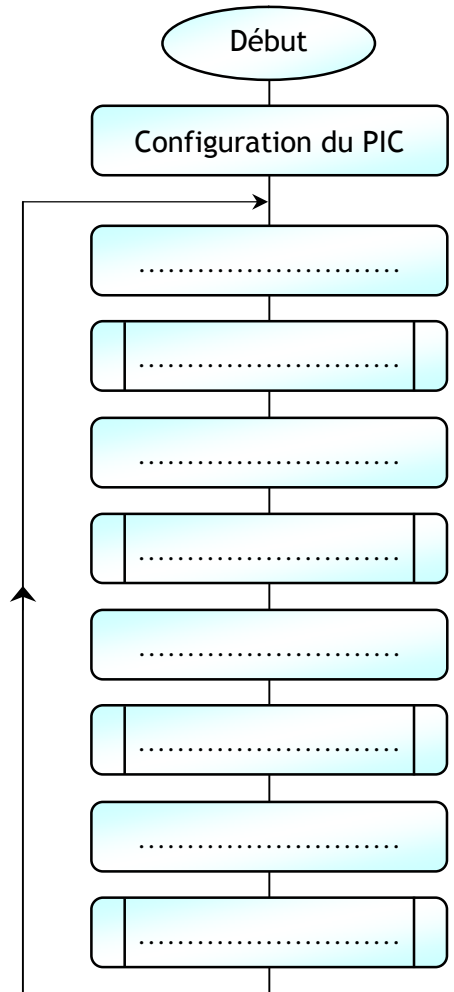
..... ; Accès Bank 1
..... ; PORTB en sortie
..... ; Accès Bank 0
..... ;
..... ; Appel SP tempo
..... ;
..... ; Appel SP tempo
..... ; Reprendre le jeu
  
```

**2.3. Jeu 3 :**

Faire un programme qui permet d'allumer et d'éteindre les LEDS du PORTB 2 par 2.



**Organigramme :**



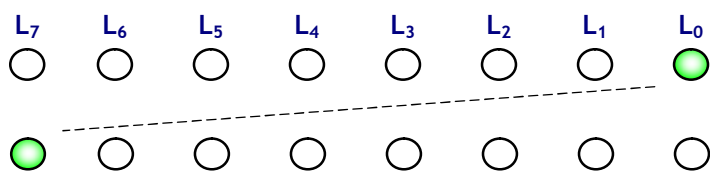
**Programme :**

```

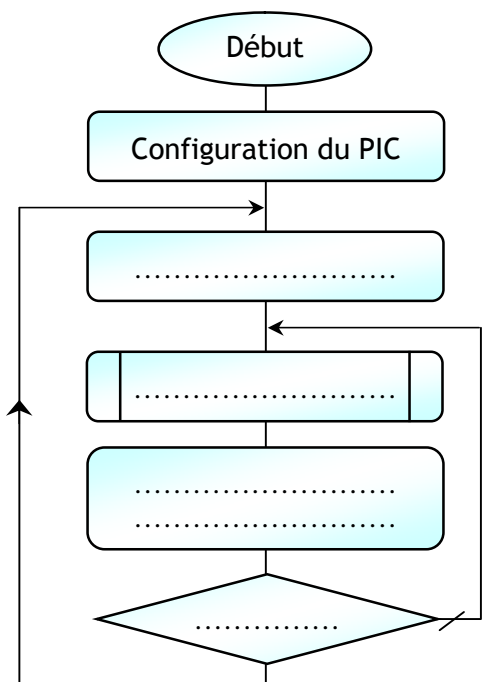
..... ; Accès Bank 1
..... ; PORTB en sortie
..... ; Accès Bank 0
..... ;
..... ;
..... ; Appel SP tempo
..... ;
..... ; Appel SP tempo
..... ;
..... ; Appel SP tempo
..... ;
..... ; Appel SP tempo
..... ;
..... ; Appel SP tempo
..... ; Reprendre le jeu
  
```

**2.4. Jeu 4 :**

Faire un programme qui permet d'allumer et d'éteindre les LEDS du PORTB 1 par 1.



**Organigramme :**



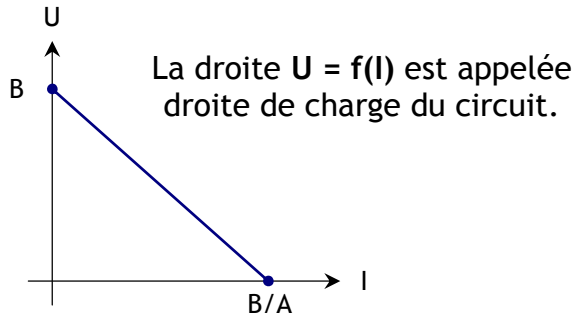
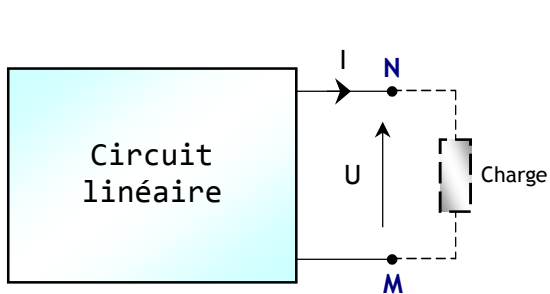
**Programme :**

```

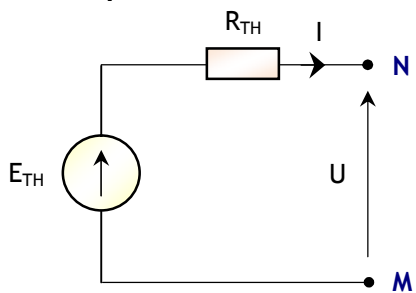
..... ; Accès Bank 1
..... ; PORTB en sortie
..... ; Accès bank 0
..... ;
..... ; Appel SP tempo
..... ;
..... ;
..... ;
..... ;
..... ;
..... ;
..... ;
..... ;
..... ;
  
```

### 1. Circuit linéaire :

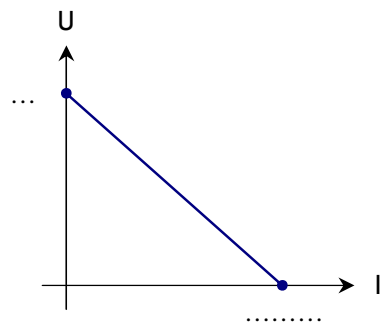
On considère un circuit linéaire, composé d'éléments résistifs et de sources de tension continues. Sa caractéristique  $U=f(I)$  étant linéaire, on a de façon générale la relation suivante :  $U = B - A.I$  où A et B sont des constantes. On suppose  $A \neq 0$  et  $A > 0$ .



Exemple : Prenons un exemple de circuit simple.



$U = \dots\dots\dots$   
 $B = \dots\dots$  et  $A = \dots\dots$



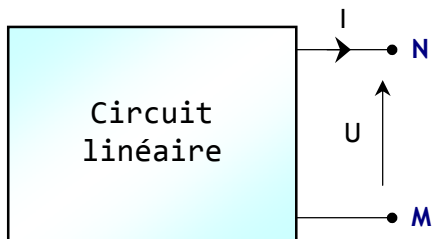
Remarque :

- La tension  $E_{TH}$  est égale à la tension U à vide (lorsque  $I = 0$ ) ;
- $R_{TH}$  est égale à résistance entre les points N et M lorsque  $E_{TH}$  est égale à 0 (la source  $E_{TH}$  est remplacée par un court circuit).

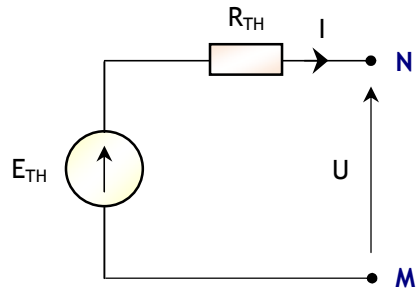
### 2. Théorème de Thévenin :

Vu de l'extérieur, le circuit sous forme de boîte noire ne peut être différencié du circuit représenté dans sa forme complète, si l'on choisi  $B = E_{TH}$  et  $A = R_{TH}$ .

Le théorème de Thévenin établit que tout circuit linéaire peut être remplacé par le circuit simplifié qui reproduit sa droite de charge, c'est à dire :  $B = E_{TH}$  et  $A = R_{TH}$ .

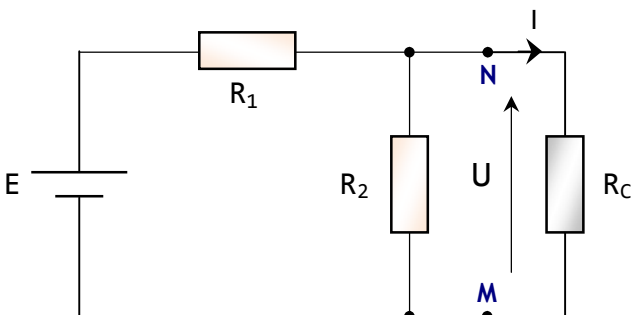


$E_{TH} = U$  (lorsque  $I = 0$ )  
 $R_{TH} = R_{NM}$  (lorsque  $E_{TH} = 0$ )



Ce théorème est très utile pour simplifier un circuit complexe en sous-circuits de Thévenin.

### 3. Exemple d'application :



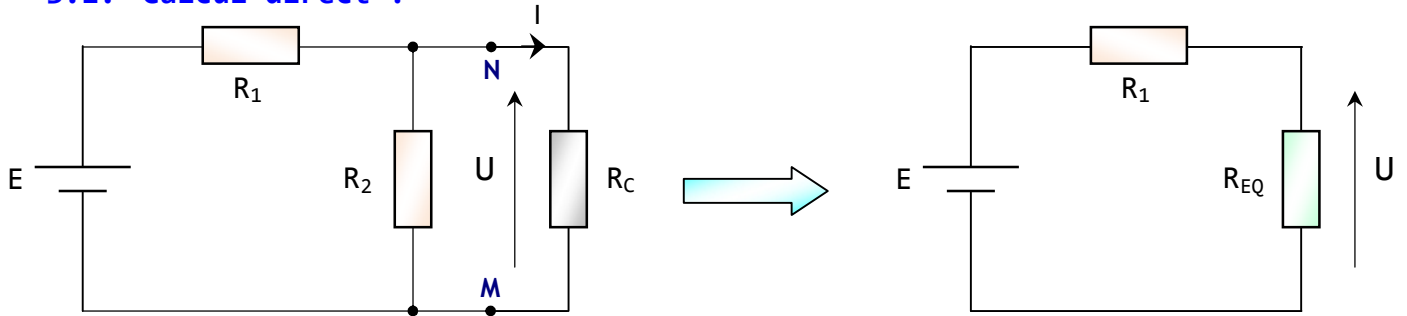
On donne :

$R_1 = 4 \text{ K}\Omega$        $R_2 = 4 \text{ K}\Omega$   
 $R_C = 4 \text{ K}\Omega$        $E = 12 \text{ V}$

Travail demandé :

- Calculer la tension aux borne de la charge  $R_C$  ;
- Calculer le courant dans la charge  $R_C$ .

3.1. Calcul direct :



.....

.....

.....

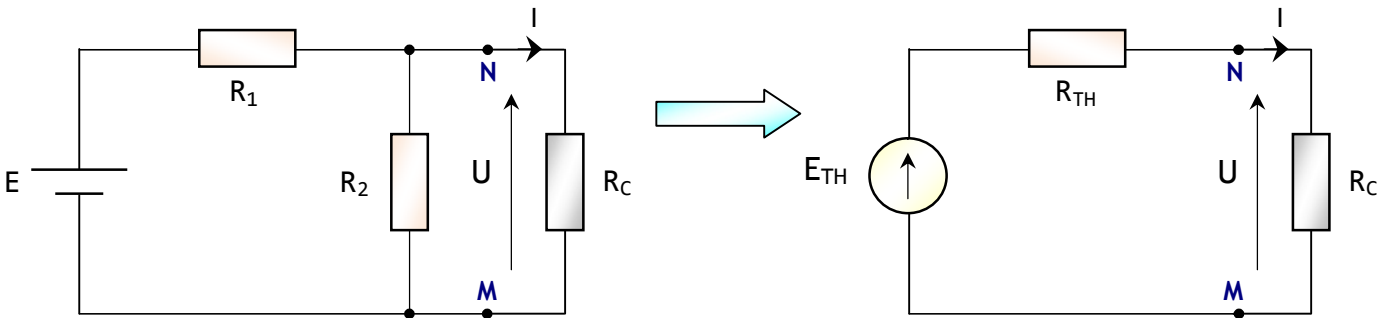
.....

.....

.....

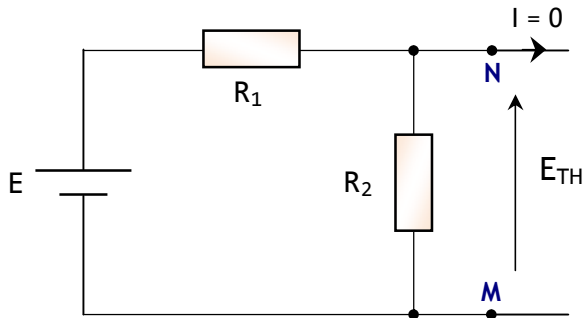
.....

3.2. Théorème de Thévenin :



$E_{TH}$  : tension apparaissant entre les points N et M quand le circuit est ouvert.

$R_{TH}$  : c'est la résistance équivalente vue entre les points N et M, lorsque les sources de tension sont mises à zéros.



Charge débranchée, donc  $I = 0$ .

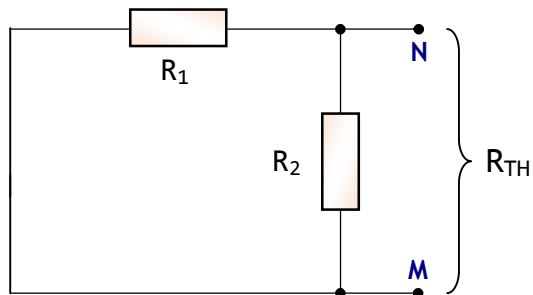
Alors :  $E_{TH} = U_{NM}$

.....

.....

.....

.....



Charge débranchée et E mise à zéros.

Alors :  $R_{TH} = R_{NM}$

.....

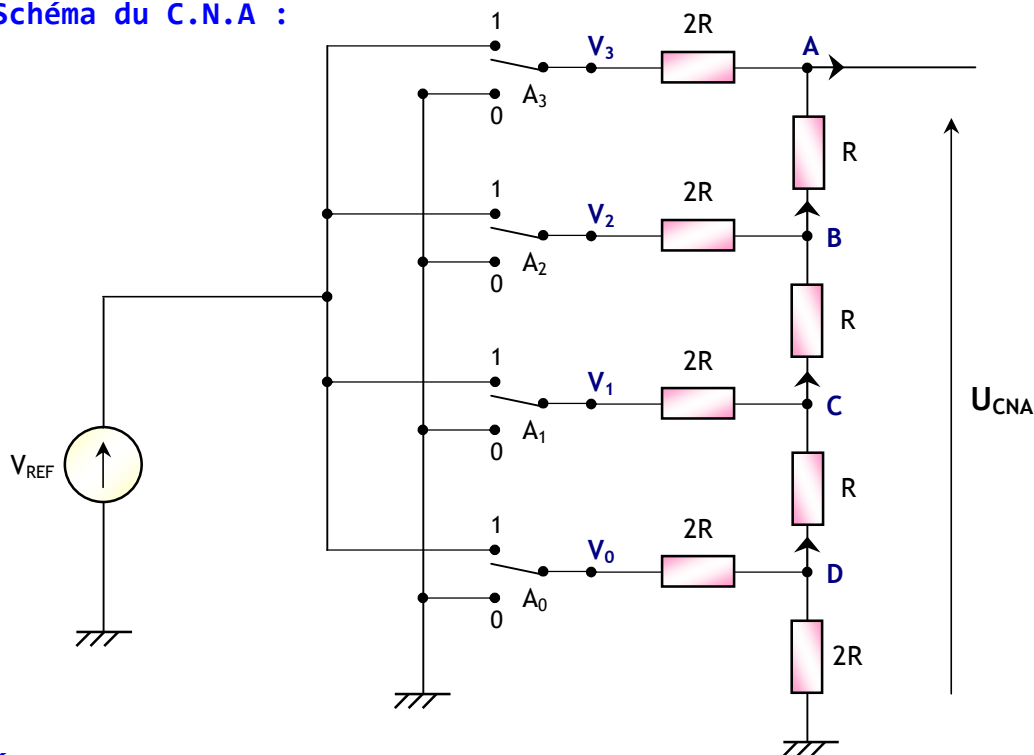
.....

.....

.....

**4. Convertisseur numérique analogique R-2R à 4 bits :**

**4.1. Schéma du C.N.A :**



**4.2. Étude du C.N.A :**

**Q.1.** Donner l'expression de  $V_3$  lorsque  $A_3 = 1$  ;

.....

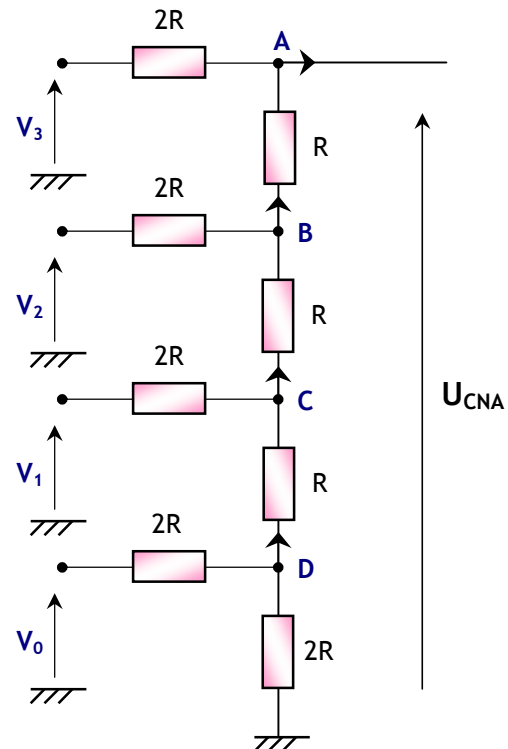
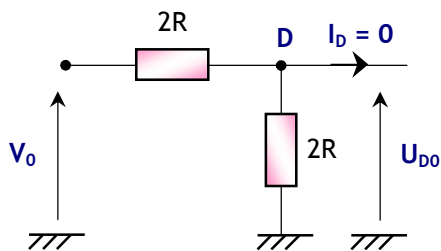
**Q.2.** Donner l'expression de  $V_3$  lorsque  $A_3 = 0$  ;

.....

**Q.3.** Donner alors :

- l'expression de  $V_3$  en fonction de  $A_3$  et  $V_{REF}$  ;  
.....
- l'expression de  $V_2$  en fonction de  $A_2$  et  $V_{REF}$  ;  
.....
- l'expression de  $V_1$  en fonction de  $A_1$  et  $V_{REF}$  ;  
.....
- l'expression de  $V_0$  en fonction de  $A_0$  et  $V_{REF}$ .  
.....

**Q.4. Thévenin au point D :**

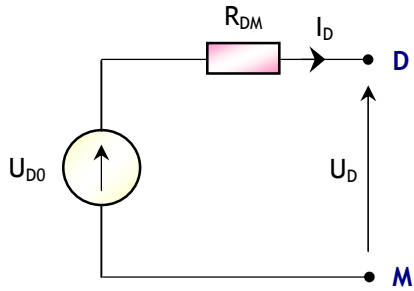


.....

.....

.....

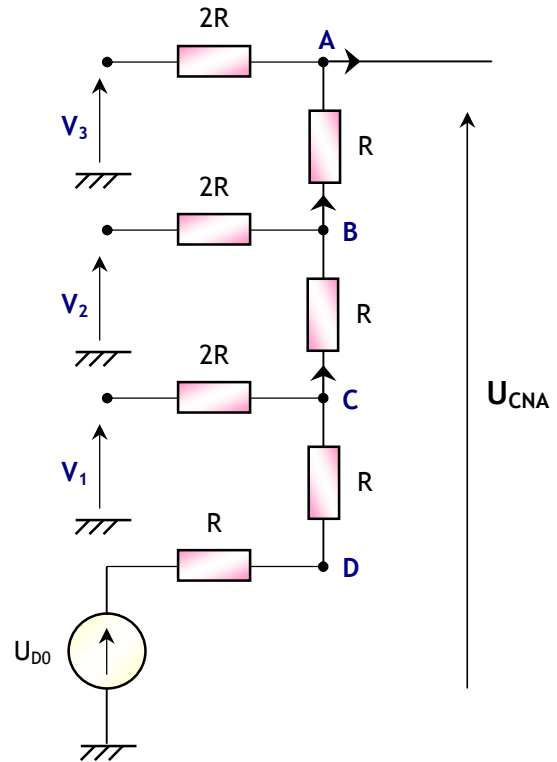
Le montage au point D, peut être remplacé par son modèle de Thévenin équivalent :



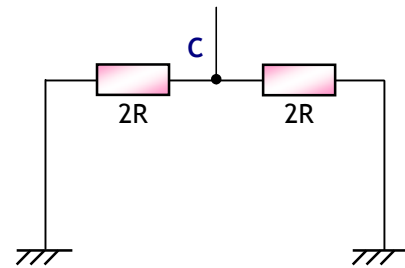
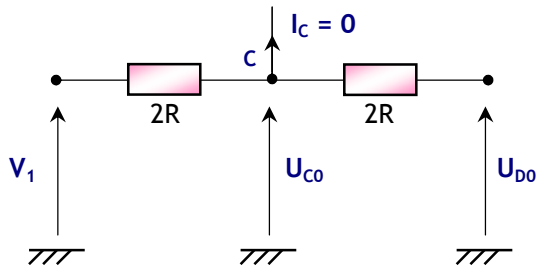
Avec :

$$R_{DM} = \dots\dots$$

$$U_{D0} = \dots\dots\dots$$



Q.5. Thévenin au point C :



.....

.....

.....

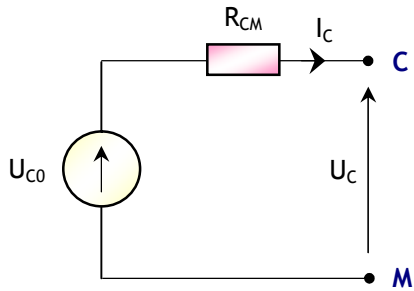
.....

.....

.....

.....

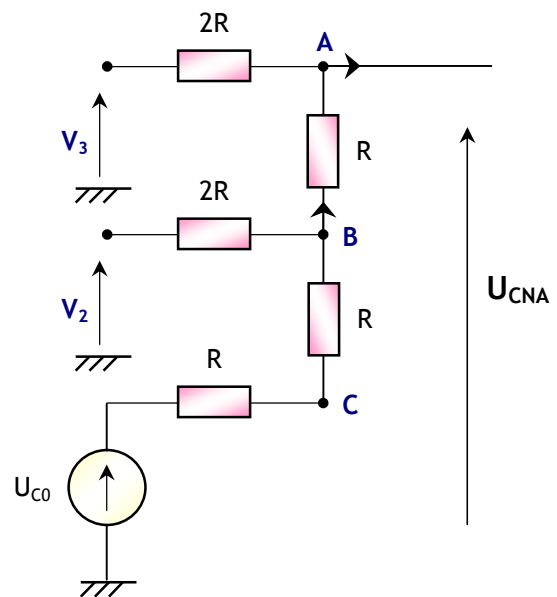
Le montage au point C, peut être remplacé par son modèle de Thévenin équivalent :



Avec :

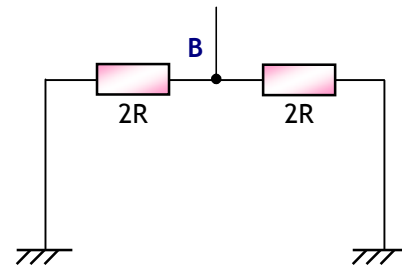
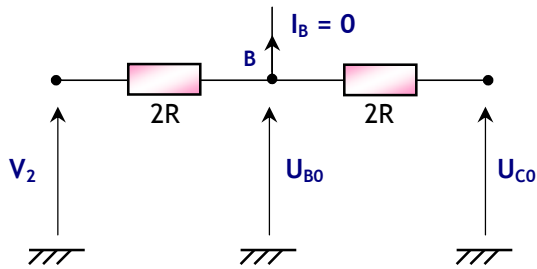
$$R_{CM} = \dots\dots$$

$$U_{C0} = \dots\dots\dots$$





**Q.6. Thévenin au point B :**



.....

.....

.....

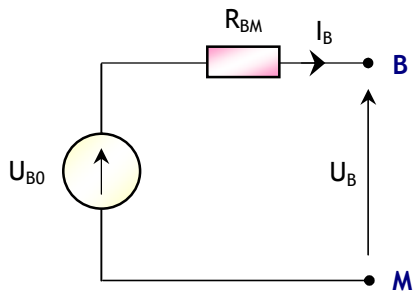
.....

.....

.....

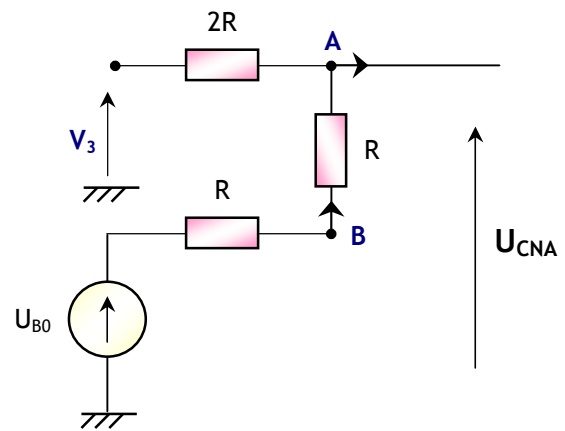
.....

Le montage au point B, peut être remplacé par son modèle de Thévenin équivalent :

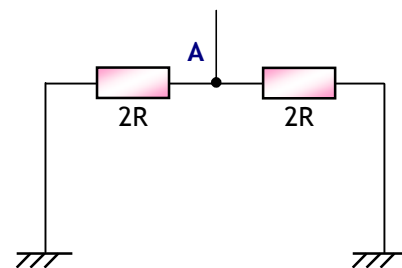
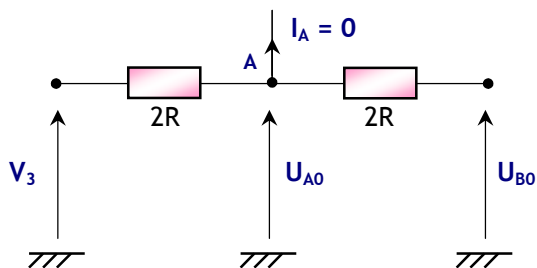


Avec :

$R_{BM} = \dots\dots$  et  $U_{B0} = \dots\dots\dots$



**Q.7. Thévenin au point A :**



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

