ROYAUME DU MAROC
MINISTERE DE L'EDUCATION 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°4

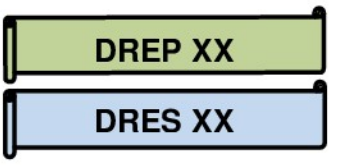
❖ Sujet :

- Le sujet comporte au total 16 pages.
- Le sujet comporte 3 types de documents :

Pages 01 à 04 : Socle du sujet comportant les situations d'évaluation (SEV).

Pages 05 à 10 : Documents réponses portant la mention.

Pages 11 à 16 : Documents ressources portant la mention.



16 pages

❖ 6 Fiches cours :

- Fiche cours n°15 « Chaîne d'acquisition numérique »
- Fiche cours n°16 « Les capteurs de niveau »
- Fiche cours n°17 « Les C.A.N »
- Fiche cours n°18 « Caractéristiques des convertisseurs »
- Fiche cours n°19 « Le C.A.N interne du 16 F 877 »
- Fiche cours n°20 « Les Filtres »

17 pages

❖ 1 TD:

- TD n°7 : « Etude d'un filtre»

5 pages

SYSTÉME D'IRRIGATION

Nombre de pages : 39

CLASSES : 2 STE.....

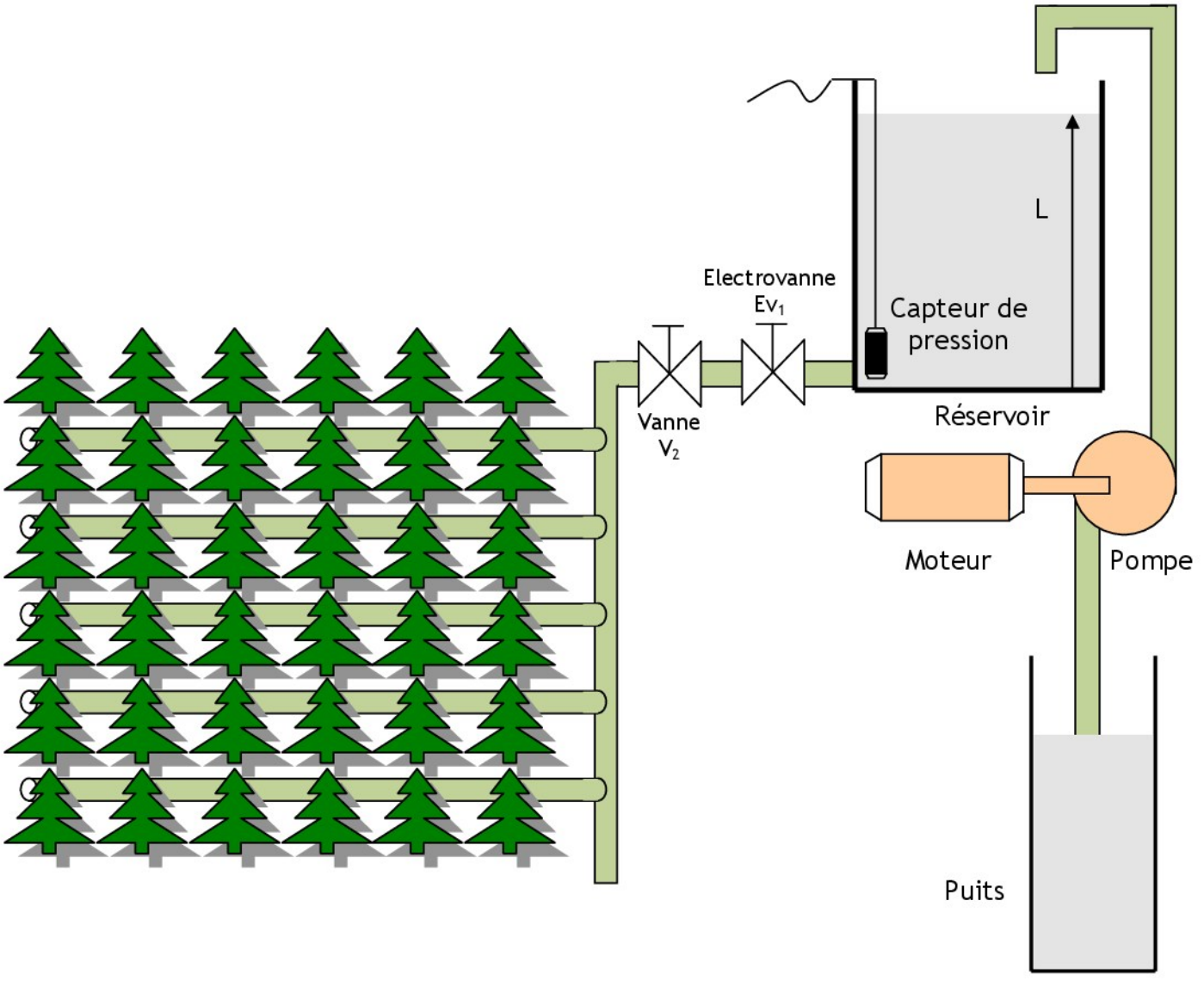
SYSTÈME D'IRRIGATION

1- MISE EN SITUATION :

Dans le domaine agricole, l'irrigation des champs impose le recours aux châteaux d'eau par souci d'assurer une réserve en eau d'une part et de rationaliser la consommation de l'énergie nécessaire au fonctionnement des pompes et la consommation de l'eau.

Mais, le problème de variation de la pression au départ de la canalisation d'irrigation en fonction du niveau de remplissage du château fait surgir le besoin de réguler celle-ci.

2- PRESENTATION DU SYSTEME :



3- FONCTIONNEMENT :

Pour assurer une irrigation par drainage, le niveau d'eau dans le château doit être supérieur à 0.25 m -à cause de la chute de pression dans les tuyaux de distribution - et inférieur ou égal à 2 m - hauteur du château-.

Le système de commande observe en permanence le niveau dans le château :

- ✓ Si niveau **< 0.25 m**, on démarre la pompe et on ferme l'électrovanne 1(pas de drainage).
- ✓ Si niveau **≥ 2 m**, on arrêt la pompe et on ouvre l'électrovanne 1(drainage possible).

Pour irriguer le champ, l'utilisateur doit ouvrir manuellement la vanne V_2.

Pendant le remplissage, un voyant rouge **'VR'** est allumé et un voyant verte **'VV'** est éteint.

Lorsque le château est rempli, le voyant rouge **'VR'** est éteint et le voyant vert **'VV'** est allumé.

Le système sujet de cette étude, comporte :

- Un réservoir (8 x 3 x 2.5 m) pouvant contenir jusqu'à 60 m^3.
- Un capteur de niveau délivrant un courant proportionnel au niveau d'eau dans le château.
- Une pompe entraînée par un moteur asynchrone triphasé.
- Une électrovanne Ev_1 qui empêche l'irrigation pendant le démarrage de la pompe (pendant le remplissage du château).
- Une vanne V_2 pour commander l'irrigation par drainage.
- Deux voyants lumineux, VR et VV pour signaler l'état de la pompe (château).
- Le système est piloté par le microcontrôleur 16 F 877.

SEV 1 — ANALYSE FONCTIONNELLE DU SYSTEME — / pts

RESSOURCES A EXPLOITER : **DRES 01** page 11, 'Présentation' et 'Fonctionnement' page 01.

Tâche 1 — ETUDE FONCTIONNELLE — / pts

1. Sur le document **DREP 01** page 05, Compléter le schéma synoptique du système.
2. Sur le document **DREP 01** page 05, Compléter l'actigramme A-0 du système.

Tâche 2 — ANALYSE STRUCTURELLE DU SYSTEME — / pts

1. Sur le document **DREP 01** page 05, Compléter la chaîne fonctionnelle en précisant les organes matérialisant les solutions constructives utilisées dans ce système.

SEV 2 — ACQUISITION DE NIVEAU — / pts

RESSOURCES A EXPLOITER : **DRES 01, 02** pages 11, 12

Tâche 1 — ETUDE DE LA SONDE DE PRESSION — / pts

Répondre sur le document **DREP 02** page 06

1. Calculer les coefficients a et b.
2. Exprimer i en fonction de L.
3. Calculer la valeur maximale de la charge R.
4. Donner l'expression de V en fonction du niveau en m, pour R_{Charge} = 180 Ω.
5. En déduire la sensibilité du montage s = dV / dL en mV/cm.

Tâche 2 — ETUDE DE L'AMPLIFICATEUR — / pts

Répondre sur le document **DREP 02** page 06

1. Donner l'expression de Vs_1 en fonction V.
2. En déduire l'expression de Vs_1 en fonction de L (le niveau dans le réservoir).
3. Calculer R_2 pour avoir une sensibilité de 20mV/Cm
4. Donner l'expression de Vs_2 en fonction de Vs_1 et E
5. Quelle est la valeur de la tension E pour avoir Vs_2 = 20.L (mV)
6. Sur le document **DREP 03** page 07, Compléter le tableau 1.

Tâche 3 — ETUDE DU FILTRE — / pts

Répondre sur le document **DREP 03** page 07

1. Donner l'expression de la fonction de transfert filtre.
2. Donner l'expression du module T de $\underline{T}$.
3. Calculer les limites de T lorsque f tend vers 0 et lorsque f tend vers ∞.
4. En déduire la nature du filtre.
5. Donner la définition de la fréquence f_c de coupure à -3dB puis son expression pour le filtre étudié.
6. Application numérique : C_1 = 47 µF, R_3 = 1,0 k□. Calculer la fréquence de coupure et l'amplification maximale $|T_0|$.
7. La tension d'entrée du filtre peut être perturbée par des tensions parasites variables de fréquence f_p supérieure à f_c. On considère le cas où la tension d'entrée du filtre est de la forme :

   $Vs_2(t) = V_0 + V_1 \sin(2\pi f_p t) + V_2 \sin(4\pi f_p t)$; avec V_0 = 3V; V_1= 0,1V; V_2= 0,1Vet f_p = 50Hz

   Pour $Vs_2(t) = V_0$, calculer la tension $Vs_3(t)$ correspondante.
8. Pour $Vs_2(t) = V_1 \sin(2\pi f_p t)$, calculer l'amplitude de la tension $Vs_3(t)$ correspondante.
9. Pour $Vs_2(t) = V_2 \sin(4\pi f_p t)$, calculer l'amplitude de la tension $Vs_3(t)$ correspondante.
10. Pour $Vs_2(t) = V_0 + V_1 \sin(2\pi f_p t) + V_2 \sin(4\pi f_p t)$, que pouvez vous dire de la tension $Vs_3(t)$

Tâche 4 — ETUDE DU C.A.N EXTERNE — / pts

Répondre sur le document **DREP 04** page 08

1. Donner l'expression de N en fonction de Vs_3.
2. En déduire la valeur de K la résolution du CAN.
3. Compléter le tableau 2 sachant que $Vs_3 = Vs_2$.

SEV 3 — PROGRAMME DE FONCTIONNEMENT — / pts

RESSOURCES A EXPLOITER : **DRES 01, 03, 04, 05** pages 11, 13, 14, 15, 16

Tâche 1 — UTILISATION DU C.A.N EXTERNE — / pts

1. Sur le document **DREP 04** page 08, Compléter l'organigramme du sous programme 'CONVERSION' qui permet de :
   - **a-** Génère une impulsion START de faible durée
   - **b-** Attendre la fin de la conversion
   - **c-** Mettre le résultat dans le registre de travail W
2. Sur le document **DREP 04** page 08, Compléter le sous programme 'CONVERSION'.
3. Le pic 16 F 877 dans ce système effectue les opérations suivantes :
   - ✓ Acquérir le niveau dans le réservoir, grâce au CAN
   - ✓ Comparer le niveau acquis avec les niveaux 0.25 m et 2 m.
   - ✓ Si le niveau acquis est inférieur à 0.25 m :
     - ❖ Fermer KM et KVR.
     - ❖ Ouvrir KEV et KVV.
   - ✓ Si le niveau acquis est supérieur à 2 m :
     - ❖ Ouvrir KM et KVR.
     - ❖ Fermer KEV et KVV.

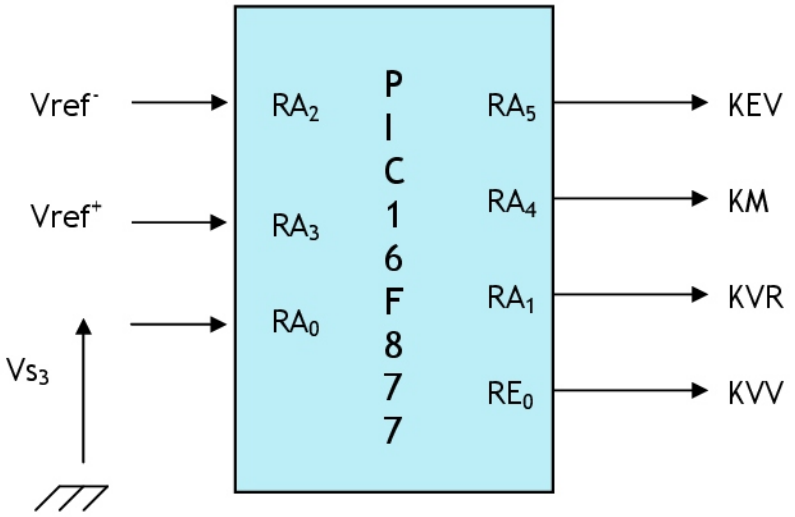
   3.1. Sur le document **DREP 05** page 09, Compléter l'organigramme de contrôle de niveau.

   3.2. Sur le document **DREP 05** page 09, Compléter le programme de contrôle de niveau.

Tâche 2 — ETUDE DU C.A.N INTERNE — / pts

Répondre sur le document **DREP 06** page 10

Dans cette étude, le C.A.N externe est remplacé par le C.A.N interne du PIC 16F877, selon la configuration ci-dessous.



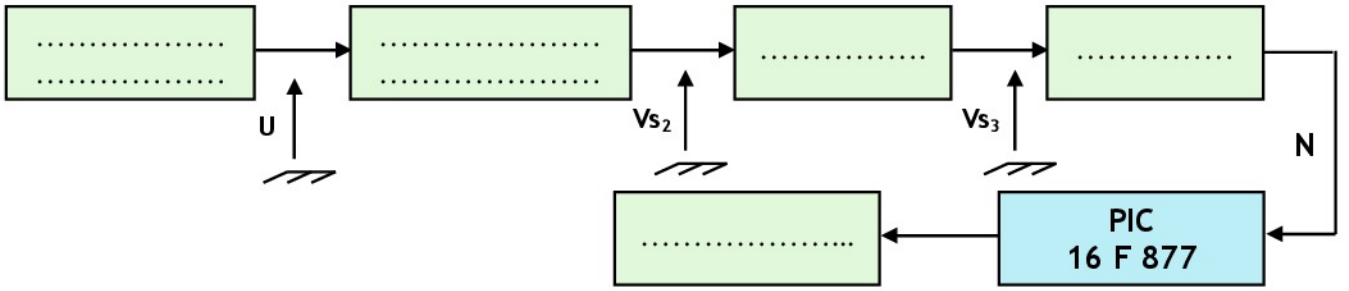
On donne $Vref^+$ = 20 v et $Vref^-$ = 0 v.
Le PIC travaille avec une fréquence Max de 20MHz

1. Calculer la résolution du C.A.N interne du 16 F 877 et donner l'expression de N = f (Vs_3).
2. Compléter le programme d'initialisation du 16 F 877.
3. Refaire, le sous programme de CONVERSION - organigramme et programme -, en utilisant le PIC 16F877 et son C.A.N interne selon la configuration ci-dessus.

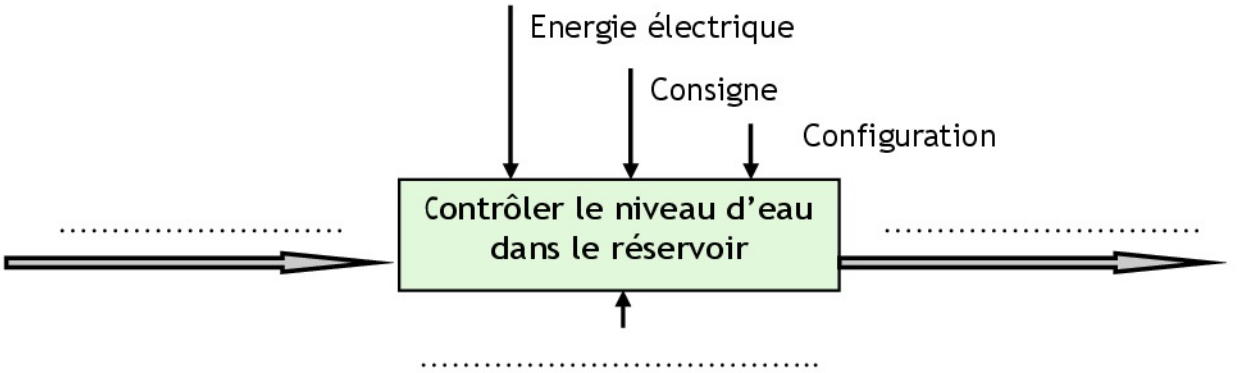
DREP 01

DOCUMENT A RENDRE

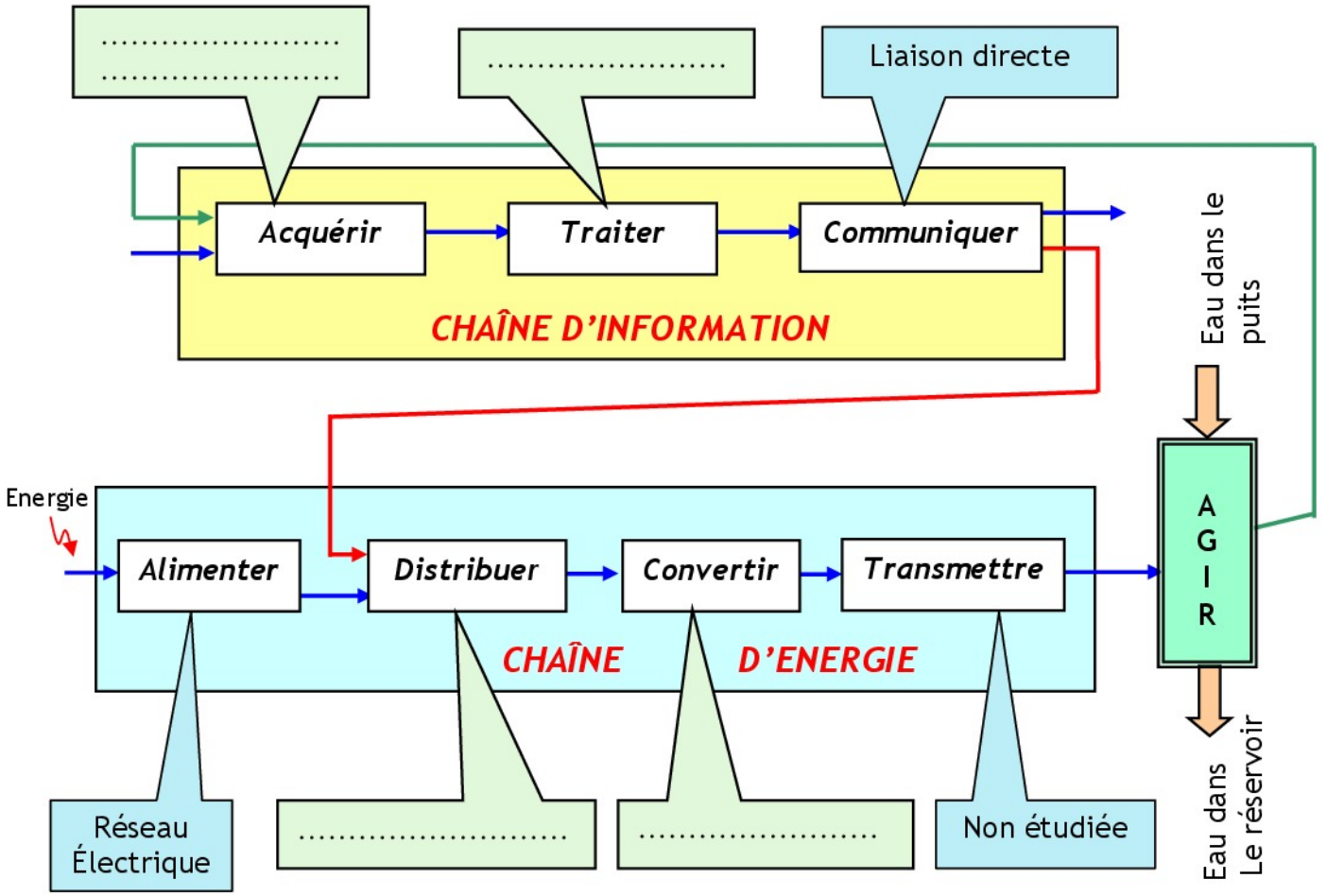
Schéma synoptique du système (à compléter)



L'actigramme A-0 (à compléter)



Identification des solutions constructives



DREP 02

DOCUMENT A RENDRE

Etude de la sonde de pression

1. Calculer les coefficients a et b.

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

2. Exprimer i en fonction de L.

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

3. Calculer la valeur maximale de la charge R.

.....
.....

4. Donner l'expression de V en fonction du niveau en m, pour R_{Charge} = 180 Ω.

.....

5. En déduire la sensibilité du montage s = dV / dL en mV/cm.

.....

Etude de l'amplificateur

1. Donner l'expression de Vs_1 en fonction V.

.....
.....

2. En déduire l'expression de Vs_1 en fonction de L (le niveau dans le réservoir).

.....
.....

3. Calculer R_2 pour avoir une sensibilité de 20mV/Cm

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

4. Donner l'expression de Vs_2 en fonction de Vs_1 et E

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

5. Quelle est la valeur de la tension E pour avoir Vs_2 = 20.L (mV)

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

DREP 03

DOCUMENT A RENDRE

6. Compléter le tableau suivant -tableau 1-

L (m)	V (mV)	Vs_1 (mV)	Vs_2 (mV)
0	.....	.....	.....
1.5	.....	.....	.....
2	.....	.....	.....

Etude du filtre

1. Donner l'expression de la fonction de transfert filtre.

.....

.....

.....

2. Donner l'expression du module T de $\underline{T}$.

.....

.....

3. Calculer les limites de T lorsque f tend vers 0 et lorsque f tend vers∞.

.....

4. En déduire la nature du filtre.

.....

5. Donner la définition de la fréquence f_c de coupure à -3dB puis son expression pour le filtre étudié.

.....

.....

6. Application numérique : C_1 = 47 µF, R_3 = 1,0 kΩ. Calculer la fréquence de coupure et l'amplification maximale $|T_0|$.

.....

7. $Vs_2(t) = V_0 + V_1\sin(2\pi f_p t) + V_2\sin(4\pi f_p t)$; avec V_0 = 3V; V_1= 0,1V; V_2= 0,1Vet f_p = 50Hz
Pour $Vs_2(t) = V_0$, calculer la tension $Vs_3(t)$ correspondante.

.....

.....

8. Pour $Vs_2(t) = V_1\sin(2\pi f_p t)$, calculer l'amplitude de la tension $Vs_3(t)$ correspondante.

.....

.....

.....

9. Pour $Vs_2(t) = V_2\sin(4\pi f_p t)$, calculer l'amplitude de la tension $Vs_3(t)$ correspondante.

.....

.....

.....

10. Pour $Vs_2(t) = V_0 + V_1\sin(2\pi f_p t) + V_2\sin(4\pi f_p t)$, que pouvez vous dire de la tension $Vs_3(t)$

.....

DREP 04

DOCUMENT A RENDRE

Etude du C.A.N externe

1. Donner l'expression de N en fonction de Vs_3.

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

2. En déduire la valeur de K la résolution du CAN.

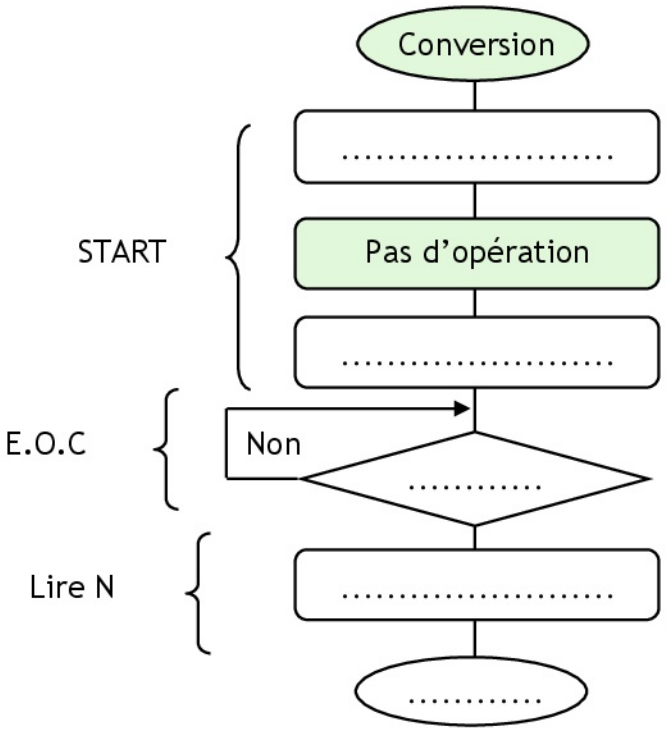
.....
.....

3. Compléter le tableau suivant, sachant que $Vs_3 = Vs_2$.

L (m)	L (Cm)	N
0	.....	.....
0.25	.....	.....
2	.....	.....

Utilisation du CAN externe

Organigramme de conversion



Sous programme de conversion

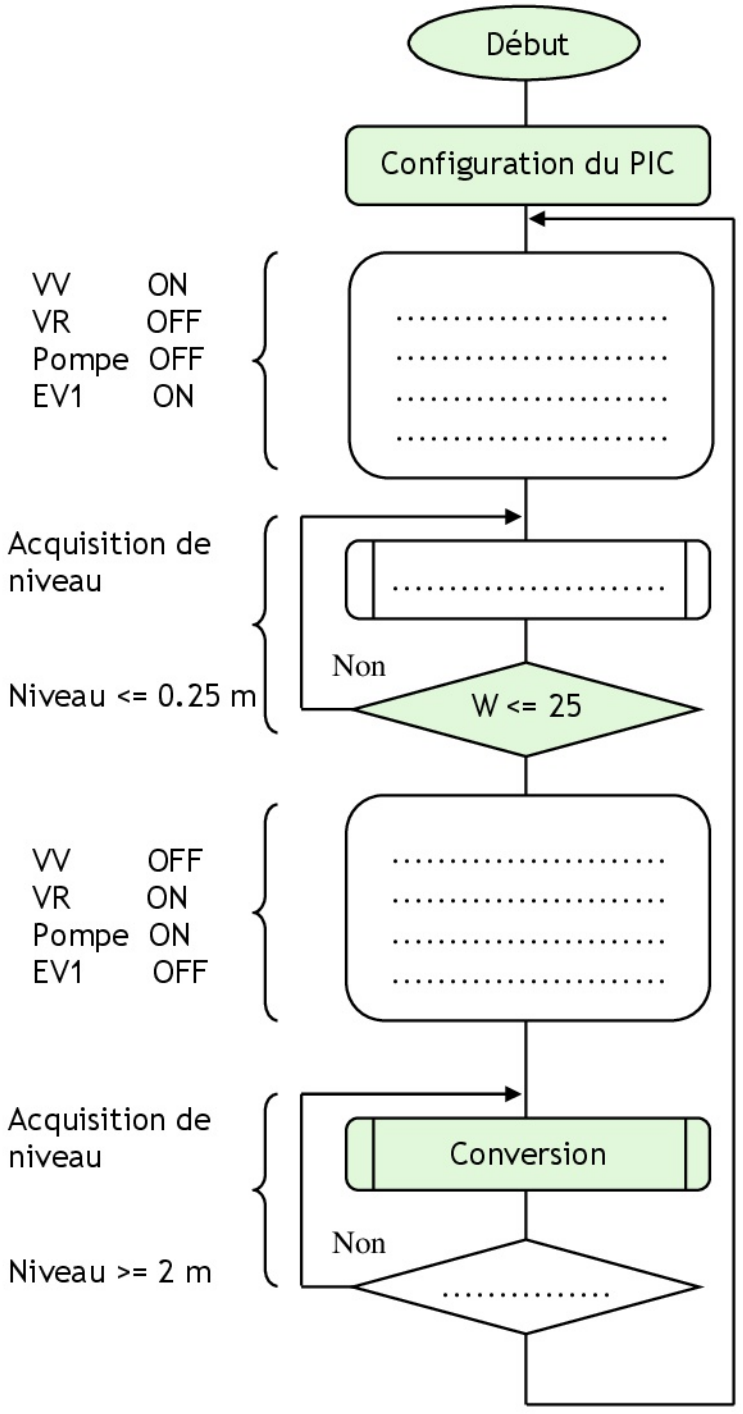
Conversion .....
.....
.....
LOOP .....
.....
.....
.....

DREP 05

DOCUMENT A RENDRE

Organigramme et programme d'irrigation

Organigramme d'irrigation



Programme d'irrigation

```
                .....
                .....
                .....
                .....
                .....
                .....
LOOP1           .....
                .....
                .....
                .....
LOOP2           CALL      CONVERSION
                SUBLW     D'25'
                BTFSC     STATUS, C
                GOTO      LOOP2
                .....
                .....
                .....
                .....
LOOP3           .....
                .....
                .....
                .....
                GOTO      LOOP1
```

DREP 06

DOCUMENT A RENDRE

Utilisation du CAN interne

1. Calculer la résolution du C.A.N interne du 16 F 877 et donner l'expression de N = f (Vs_3).

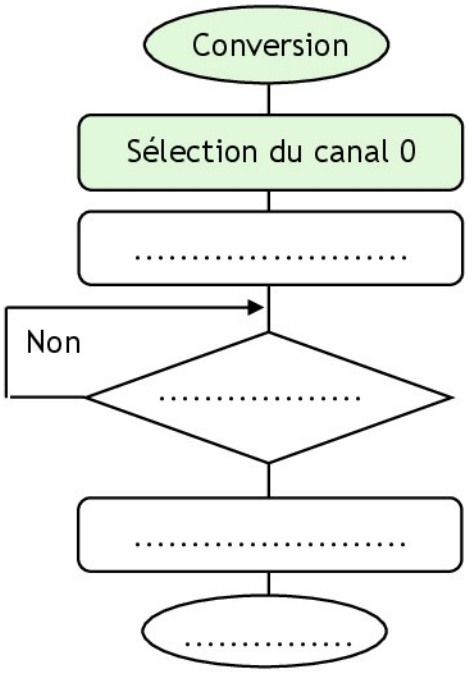
.....
.....
.....
.....

2. Compléter le programme d'initialisation du 16 F 877.

```
.....
..... ; Accès aux registres TRISx (Banque mémoire 1)
.....
..... ; Configuration du PORTA X X X S E E S E
.....
..... ; Configuration du PORTE x x x x x x x S
..... ; Configuration du registre ADCON1 Bank 1
..... ; justification à droite du résultat, Vref+ et Vref- externe
                ; RE2, RE1, RE0, RA5, RA3, RA2, RA1 Type D et RA0 Type A
..... ; Retour en banque mémoire 0
..... ; Configuration du registre ADCON0 Bank 0
..... ; Fréquence Max 20MHz et Mise en route du CAN
```

3. Refaire le sous programme de CONVERSION, en utilisant le PIC 16F877 et son C.A.N interne.

Organigramme de conversion

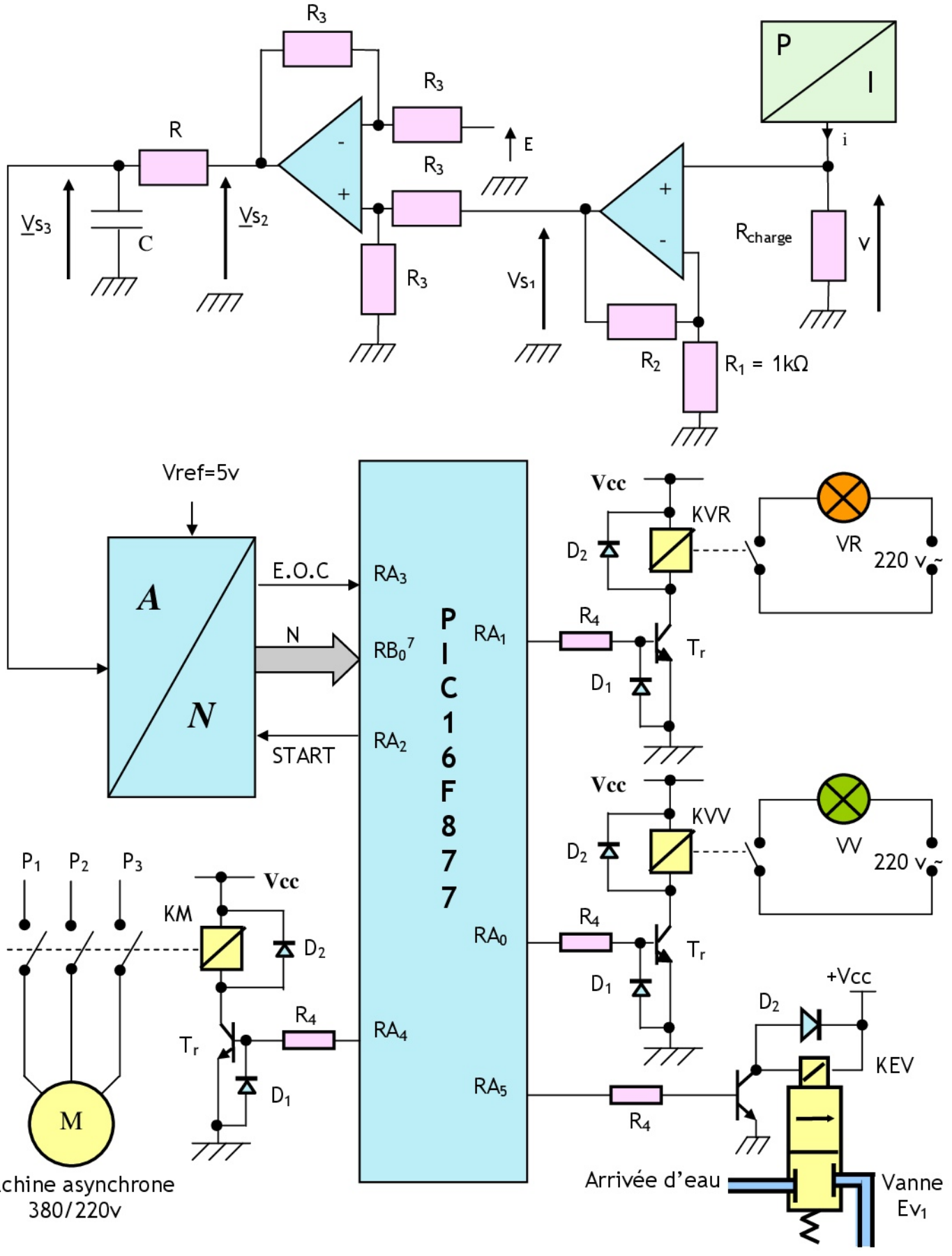


Sous programme de conversion

```
        .....
        .....
        .....
; Sélection du canal 0
        .....
; Déclenchement de la conversion
ATT     .....
        GOTO        ATT
; attendre la fin de conversion
        .....
; Passage en page 1
        .....
; lecture du résultat
        .....
; Passage en page 0
        .....
; Retour
```

DRES 01

Schéma de la commande

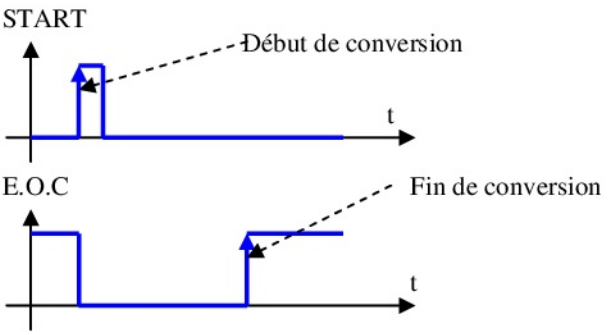


DRES 02

Caractéristiques du C.A.N

C.A.N à approximations successives 8 bits.

START : signal de demande de conversion.
E.O.C : signal indiquant la fin de conversion



Caractéristiques de la sonde de pression

Caractéristique du bac

- ✓ Largeur = 3 m
- ✓ Longueur = 6 m
- ✓ Hauteur = 3 m

Pour la pression relative en pascal on donne :

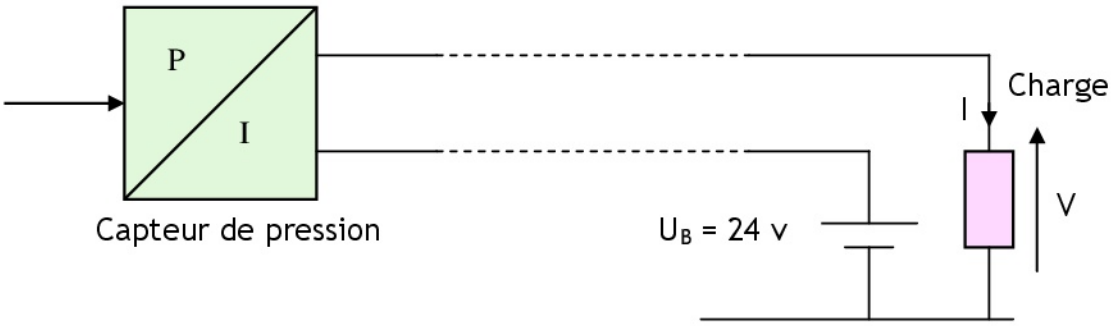
$$P\ (Pascal) = \rho\ (Kg/m^3) \times g\ (m/s^{-2}) \times L\ (m)$$

(ρ : masse volumique du liquide, g : accélération de la pesanteur, L : hauteur du bac)

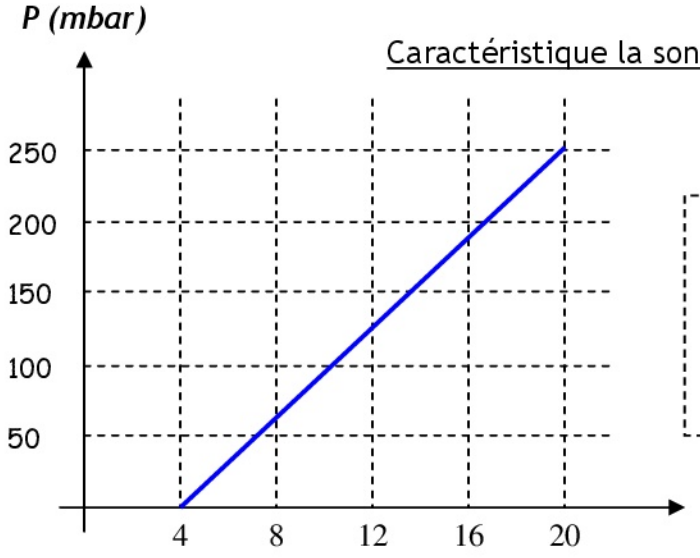
Pour le liquide dans le bac on donne : ρ = ***1000 Kg/m³***

g = 9.81 (m/s⁻²) et pour la pression ***1bar = 10⁵ pascal***

Montage la sonde 4391 :



Caractéristique la sonde 4391 :



On donne pour la sonde de niveau de type 4391 :

Charge ≤ (U_B - 12) / 0.02 A

P (i) est de la forme :

P (i) = a.i + b

DRES 03

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 **RP_0 (bit 5)** et **RP_1 (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 $1FF_H$

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

DRES 04

Résumé du jeu d'instruction du 16F877

Mnemonic, operonds		Description	Cycles	14-bit opcode MSB			LSB	Status affected	Notes
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
CLRFW	-	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 **I**nput) et l'écriture d'un **0** logique correspond à une sortie (**0** comme **O**utput).

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 RP_0 et le bit RP_1 ($5^{ième}$ et $6^{ième}$ bit du registre STATUS).

Voir le document ressource **DRES 03.**

DRES 05

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 RA_0, RA_1, RA_2, RA_3 et RA_5. Les 3 entrées supplémentaires sont sur le PORTE en RE_0, RE_1, RE_2.Les tensions de références haute et basse peuvent être choisies par programmation comme suit :

- ✓ Vref+ peut être VDD ou la broche RA_3.
- ✓ Vref- peut être VSS ou la broche RA_2.

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.
- ❖ ADCON1en page 1 : registre de contrôle n°1 du module CAN.

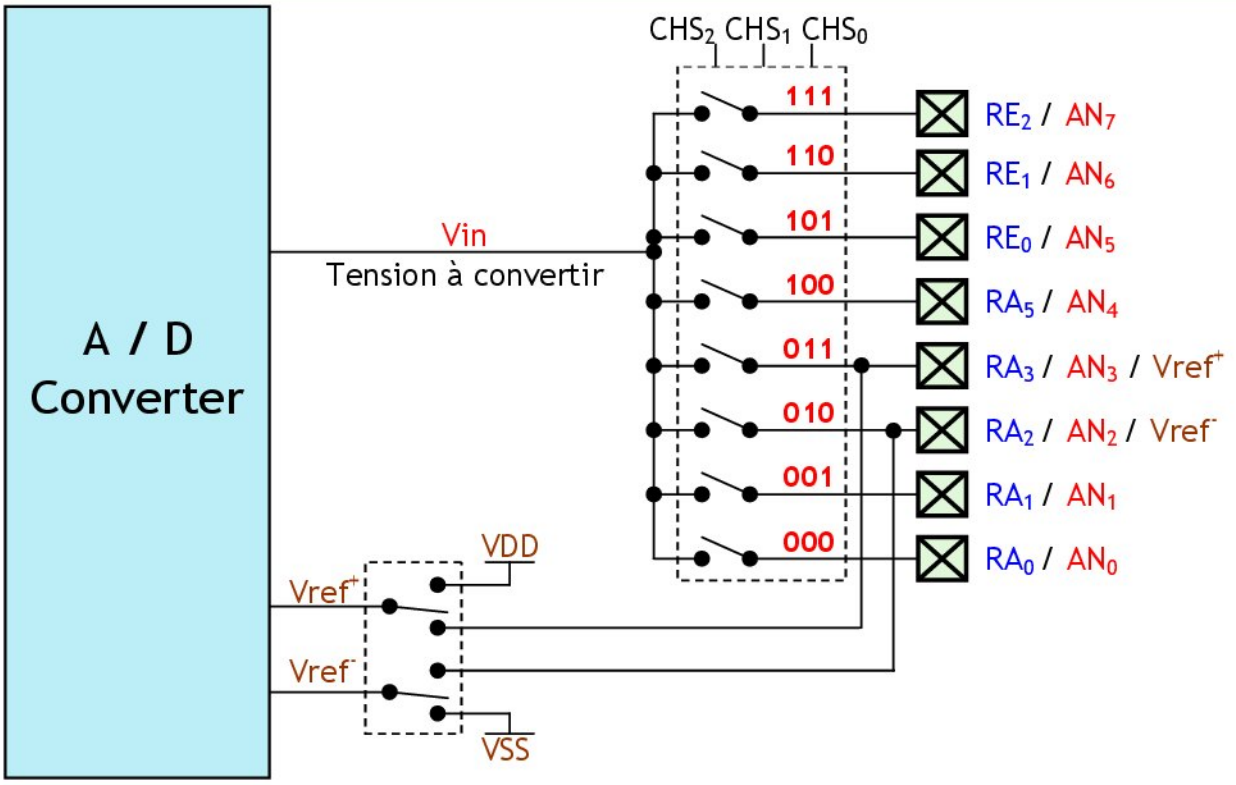
Une conversion commence toujours par la mise à **1** du bit **GO/DONE** du registre **ADCON0**. Lorsque la conversion est terminée ce bit repasse à **0**.La valeur résultante **N** de la conversion est le contenu de **ADRESH: ADRESL** est égale à :

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

$$N = \frac{Vin - Vref^-}{Vref^+ - Vref^-} \times 1023$$

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 PPORTA et PORTE respectivement TRISA et TRISE.

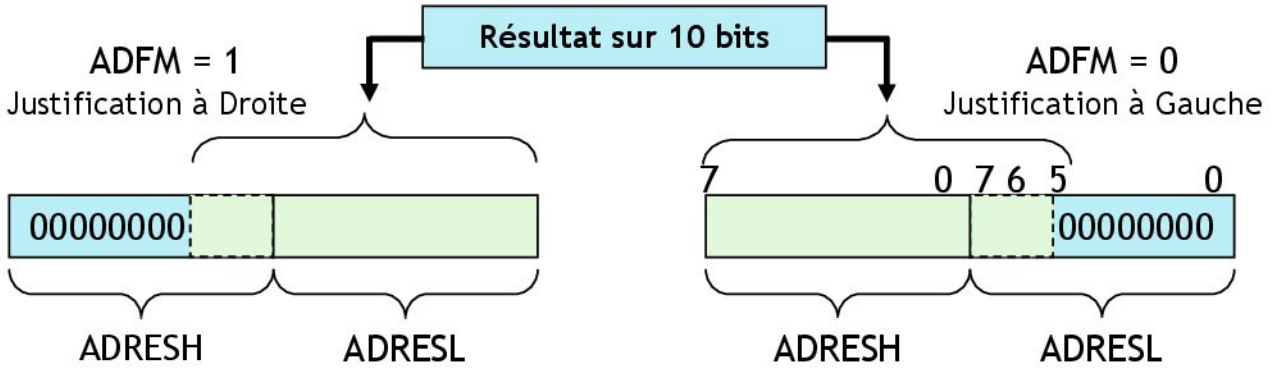
ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0

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/$\overline{\text{DONE}}$	—	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.

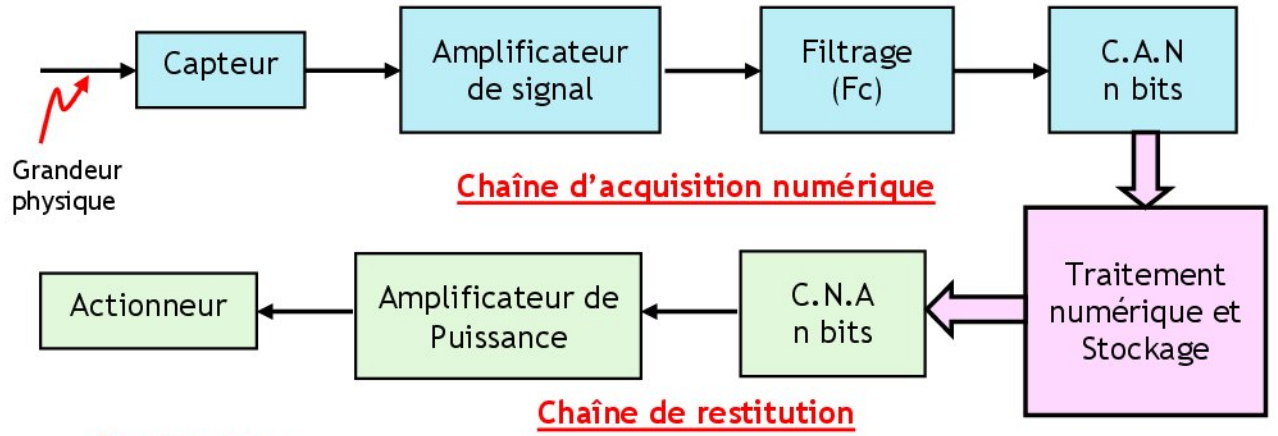
TRAITEMENT NUMERIQUE DE L'INFORMATION

1- Introduction :

1.1- But :

De nombreux systèmes électroniques utilisent la technique numérique, à base de µP ou µC, du fait des avantages que présente cette dernière par rapport à la technique analogique : facilité de conception des fonctions complexes, mémorisation possible des informations, faible sensibilité au bruit … Lorsque les informations issues des capteurs sont des grandeurs analogiques ou que les actionneurs doivent être commandés par des signaux analogiques, il est nécessaire de procéder à des conversions de données.

1.2- Principe :



Remarques :

- La grandeur physique à convertir peut-être de nature quelconque : vitesse, température, force. Le capteur permet de convertir cette grandeur en un signal analogique.
- Le convertisseur analogique numérique (CAN) va convertir le signal analogique en une suite de mots numériques qui pourront être compris et traités par le calculateur (micro processeur).
- De même, le calculateur pourra générer en entrée du CNA des mots numériques qui seront convertis en un signal analogique par le CNA (convertisseur Numérique Analogique)

Exemple : L'enregistrement audio numérique

Vibration sonore → micro → CAN → compression → enregistrement sur disque dur
→ Filtrage numérique → CNA → ampli → baffles

2- Structure :

- **Capteur :**

Il est l'interface entre le monde physique et le monde électrique. Il va délivrer un signal Électrique image du phénomène physique que l'on souhaite numériser. Il est toujours associé à un circuit de mise en forme.

- **Amplificateur de signal :**

Cette étape permet d'adapter le niveau du signal issu du capteur à la chaîne globale d'acquisition.

❖ Filtre d'entrée :

Ce filtre est communément appelé filtre anti-repliement. Son rôle est de limiter le contenu spectral du signal aux fréquences qui nous intéressent. Ainsi il élimine les parasites. C'est un filtre passe bas que l'on caractérise par sa fréquence de coupure et son ordre.

❖ L'échantillonneur :

Son rôle est de prélever à chaque période d'échantillonnage (Te) la valeur du signal. On l'associe de manière quasi-systématique à un bloqueur. Le bloqueur va figer l'échantillon pendant le temps nécessaire à la conversion. Ainsi durant la phase de numérisation, la valeur de la tension de l'échantillon reste constante assurant une conversion aussi juste que possible. On parle d'échantillonneur bloqueur.

❖ Le convertisseur analogique numérique (CAN) :

Il transforme la tension de l'échantillon (analogique) en un code binaire (numérique).

❖ La zone de stockage :

Elle peut être un support de traitement (ordinateur par exemple), un élément de sauvegarde (RAM, Disque dur) ou encore une transmission vers un récepteur situé plus loin.

❖ Le convertisseur numérique analogique (CNA) :

Il effectue l'opération inverse du CAN, il assure le passage du numérique vers l'analogique, en restituant une tension proportionnelle au code numérique.

❖ Le filtre de sortie :

Son rôle est de « lisser » le signal de sortie pour ne restituer que le signal utile. Il a les mêmes caractéristiques que le filtre d'entrée.

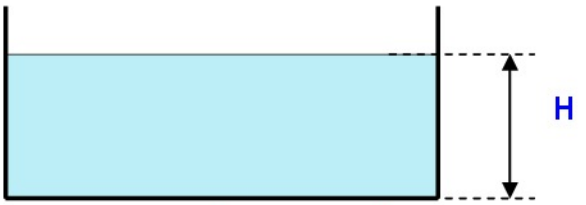
❖ Amplificateur de puissance :

Il adapte la sortie du filtre à la charge.

CAPTEUR DE NIVEAU

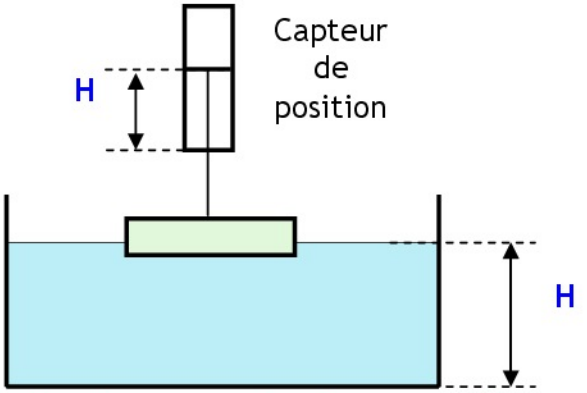
1- Capteur de pression :

Pour un liquide homogène donné, la pression relative en fond de réservoir est proportionnelle au niveau de celui-ci. La mesure de cette pression nous informe directement sur le niveau de liquide, mais dépend de la masse volumique du liquide.



$P\ (Pa) = \rho\ (Kg/m^3) \times g\ (m/s^{-2}) \times H\ (m)$

2- Flotteur :

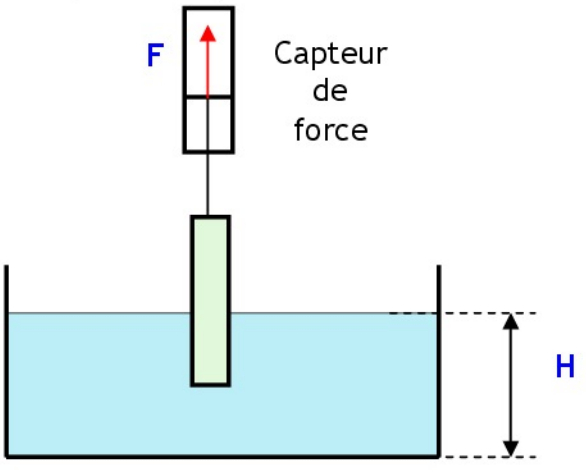


Principe de mesure de niveau par flotteur

Flotteur

3- Plongeur :

Le plongeur est un cylindre immergé dont la hauteur est au moins égale à la hauteur maximale du liquide dans le réservoir. Il est suspendu à un capteur dynamométrique qui se trouve soumis à une force **F** (le poids apparent), fonction de la hauteur **L** du liquide : ***F = P - ρ.g. s. L*** ; avec **P** le poids du plongeur, **s** sa section et **ρ.g .s .L** la poussée d'Archimède s'exerçant sur le volume immergé du plongeur (**ρ** : masse volumique du liquide, **g** : accélération de la pesanteur).



Principe de mesure de niveau par plongeur

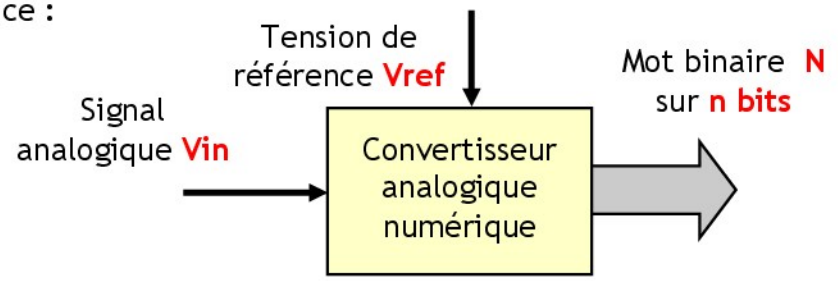
Plongeur

CONVERTISSEUR ANALOGIQUE NUMERIQUE

1- Introduction :

1.1- Définition :

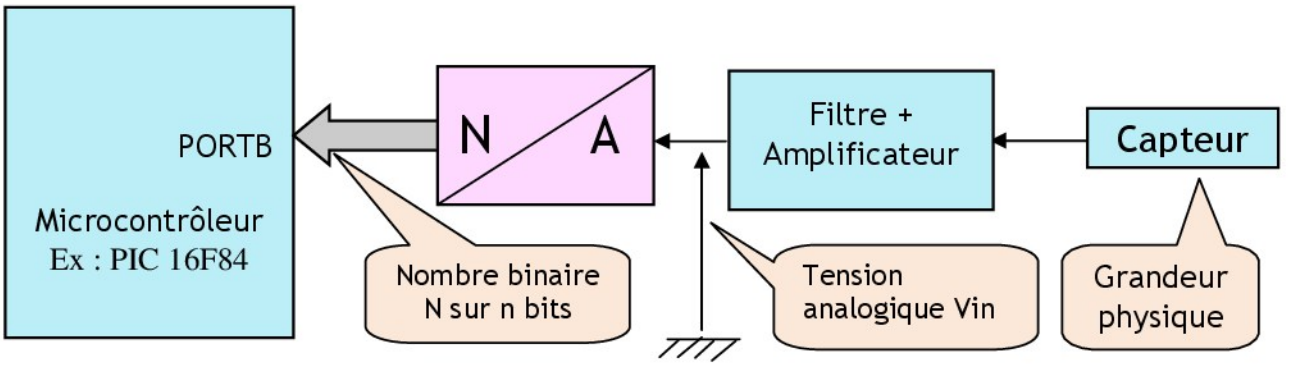
Un convertisseur analogique numérique est un dispositif qui permet de convertir un signal analogique à son homologue numérique sur n bits. Dans le plus part des convertisseurs, le mot binaire N en sortie est proportionnel au rapport de la tension d'entrée Vin à une tension de référence :



$$N = \frac{Vin}{Vref} \cdot (2^n - 1)$$

1.2- But :

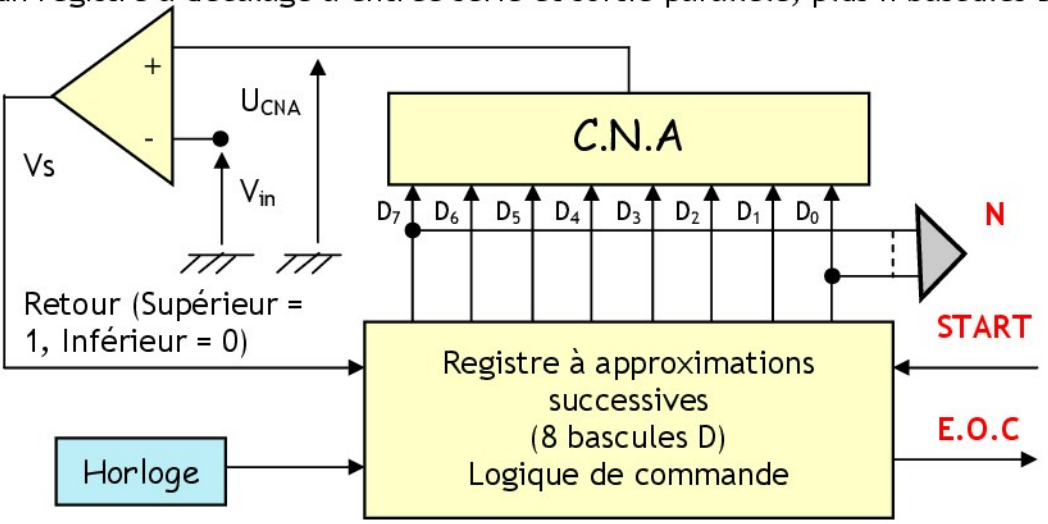
Les CAN permettent aux microcontrôleurs de traiter des signaux analogiques.



2- CAN à approximations successives :

2.1- Schéma de Principe :

Ce type de convertisseur analogique numérique utilise un convertisseur numérique analogique et un registre à décalage à entrée série et sortie parallèle, plus n bascules D.



2.2- Fonctionnement :

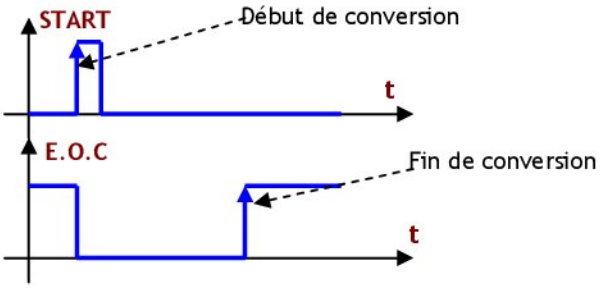
On détermine les valeurs des différents bits l'un après l'autre en commençant par le MSB, un peu à la manière d'un marchand de marché:

- On met le bit D_7 à 1 tout en gardant les autres à 0.Ce code présent dans le registre R.A.S est converti en une tension U_{CNA} par le C.N.A, qui est comparée à Vin (tension à convertir). Si Vin > U_{CNA} on garde le bit D_7 à 1 si non on le remet à zéro.
- On met le bit suivant à 1 (D_6), tout en gardant les autres à 0 - bits de poids faible-. Ce code est converti en une tension U_{CNA} par le C.N.A, qui est comparée à Vin. Si Vin > U_{CNA} on garde ce bit à 1 si non on le remet à zéro.
- On continue ainsi jusqu'au dernier bits (D_0).

2.3- Remarque :

START : signal de demande de conversion.
E.O.C : signal indiquant la fin de conversion.
Les principaux types de CAN sont :

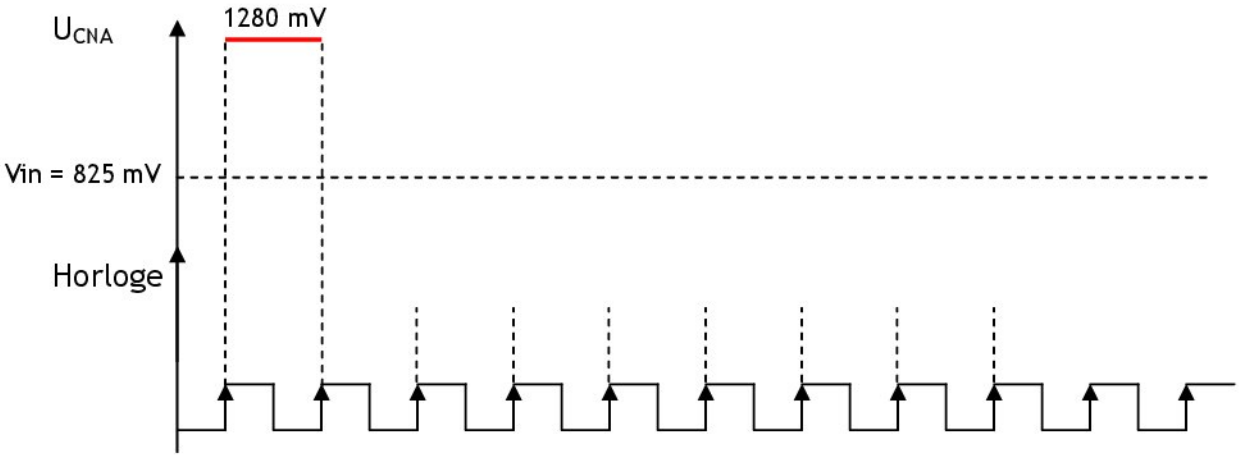
- Les CAN à simple rampe
- les CAN à double rampe
- les CAN à approximations successives
- les CAN flash ou parallèle



2.3- Exemple de Conversion :

Soit à convertir par exemple, une tension Vin = 825 mV. Le CNA a une résolution K=10 mV. Donc U_{CNA} = K. N. Après un fond montant du signal START, le signal EOC passe à zéro, indiquant le début de la conversion. A la fin de la conversion, le signal E.O.C passe à 1.

horloge	N	U_{CNA} = 10. N	comparaison
1ere impulsion	.....	.....	.....
2ere impulsion	.....	.....	.....
3ere impulsion	.....	.....	.....
4ere impulsion	.....	.....	.....
5ere impulsion	.....	.....	.....
6ere impulsion	.....	.....	.....
7ere impulsion	.....	.....	.....
8ere impulsion	.....	.....	.....
9ere impulsion	Fin de conversion : le signal E.O.C passe à 1		
N = ...	N = ... en décimal		U_{CNA} = ...



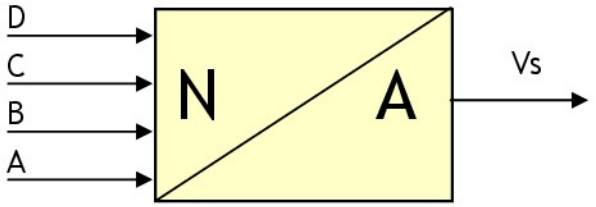
CARACTERISTIQUES DES CONVERTISSEURS

1- La résolution :

Elle est donnée par la valeur du quantum K. La valeur de Vs va augmenter de K lorsque N va augmenter de 1. La résolution est la plus petite variation en sortie et correspond au LSB.

Exemple 1 :

Soit un convertisseur numérique - analogique 3 bits (noté C B A).



$Vs = K.N \quad N = 8D + 4C + 2B + A$
$K = Vref / 2^4 \quad K = Vref / 16$
$Vsmax = K.\ Nmax \qquad Nmax = 2^n - 1$
$K = Vsmax/ (2^n - 1)$
$K = Vsmax / 2^n$ si n est grand

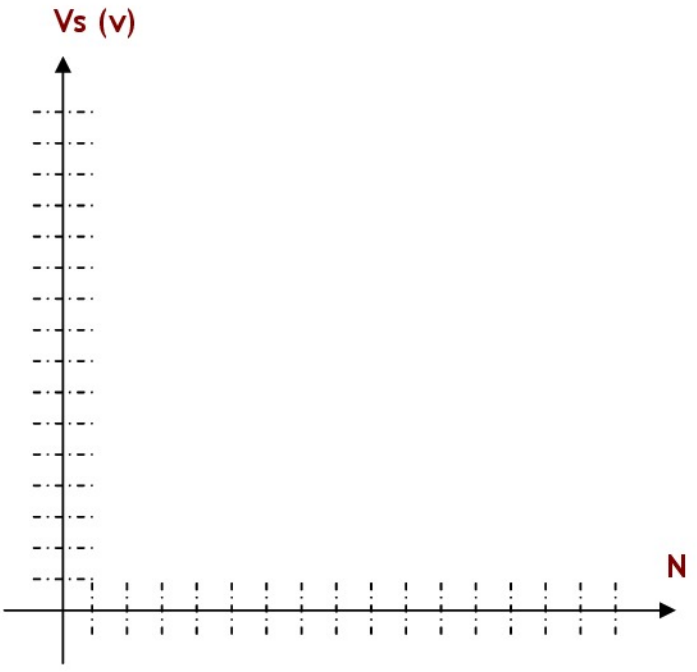
Si le signal numérique est composé de 4 entrées, on a $2^4 = 16$ nombres binaires distincts.

On donne : K =0.5V et Vs = K*N (K en volt) donc **Vs = 0.5 * N**

Pour $N = 1010_2$, on a Vs = q * 10 = 5V

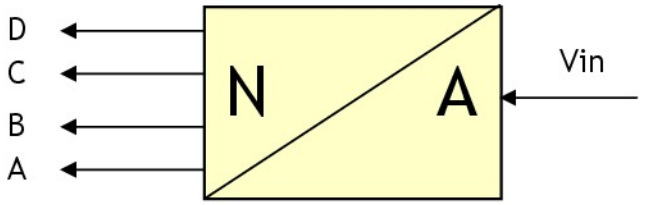
Compléter le tableau et le graphe ci-dessous :

D	C	B	A	Vs
0	0	0	0	0 v



Exemple 2 :

Soit un convertisseur numérique - analogique 4 bits (noté D C B A).



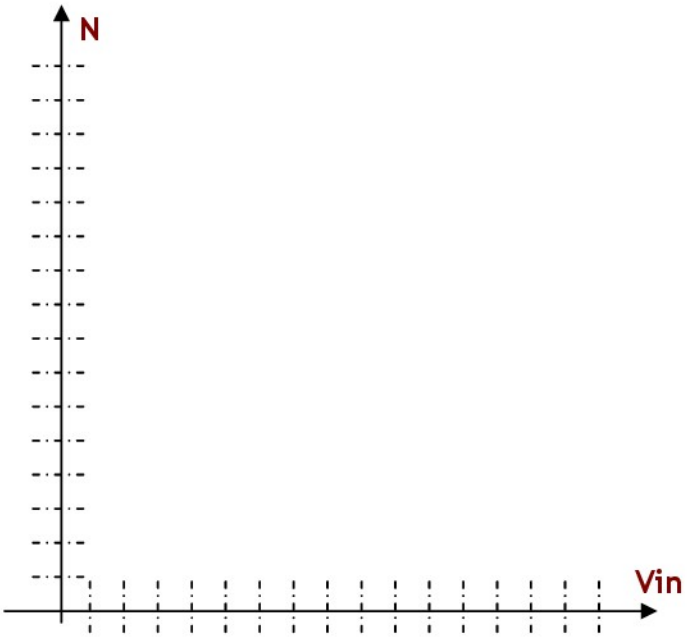
$N = Vin / K \qquad K = Vref / (2^4 - 1)$
$K = Vref / 15$
Attention N entier
N = Int (Vin / q) partie entière)

N est un nombre (sans dimension) Vin : tension à convertir (en volt)
K : quantum (en volt)

Si le signal numérique est composé de 4 entrées, on a 2^4 = 16 nombres binaires distincts.
On donne : q = 0.5 V et donc **N = Vin / q = Int (Vin / 0.5)**

Compléter le tableau ci contre et le graphe ci-dessous :

Vin	D	C	B	A
0 v ≤ Vin < 0.5v	0	0	0	0
0.5 v ≤ Vin < 1v				
1 v ≤ Vin < 1.5v				
2 v ≤ Vin < 2.5v				
2.5 v ≤ Vin < 3v				
3 v ≤ Vin < 3.5v				
4 v ≤ Vin < 4.5v				
4.5 v ≤ Vin < 5v				
5 v ≤ Vin < 5.5v				
6 v ≤ Vin < 6.5v				
6.5 v ≤ Vin < 7v				
7.5 v ≤ Vin				
Vin = 10 v				



Exemple 3 :

Calculer Vs pour q = 0.75V et N = 1001, N=0110, N=1111

N = 1001 Vs = ... Vs = ...
N = 0110 Vs = ... Vs = ...
N = 1111 Vs = ... Vs = ...

Exemple 4 :

Sachant que Vmax = 20V et CNA de 8 bits, calculer la tension en sortie, pour N=10010001 puis N=00010110

K = ... Vs = K * N = ...
N = ... Vs = ... Vs = ...
N = ... Vs = ... Vs = ...

Exemple 5 :

Quelle est la plus grande tension de sortie d'un CNA si ce dernier fournit 1V pour N=00010111 ?

.....
.....

2- Le temps de conversion :

Temps nécessaire pour que la sortie prenne la valeur indiquée par le code d 'entrée et soit stable.

3- Tension de décalage :

C'est la tension ou courant qui existe en sortie, lorsqu'on applique 00 en entrée. Idéalement, le CNA doit afficher 0V mais en réalité on mesure une petite tension qui est due à l'erreur de décalage de l'amplificateur opérationnel en sortie.

C.A.N interne du 16F877

1- PRESENTATION :

Il s'agit d'un convertisseur A/N 10 bits à 8 entrées. Les 5 premiers sont sur le PORTA en RA_0, RA_1, RA_2, RA_3 et RA_5. Les 3 entrées supplémentaires sont sur le PORTE en RE_0, RE_1, RE_2.Les tensions de références haute et basse peuvent être choisies par programmation comme suit :

- ✓ Vref+ peut être VDD ou la broche RA_3.
- ✓ Vref- peut être VSS ou la broche RA_2.

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.
- ❖ ADCON1en page 1 : registre de contrôle n°1 du module CAN.

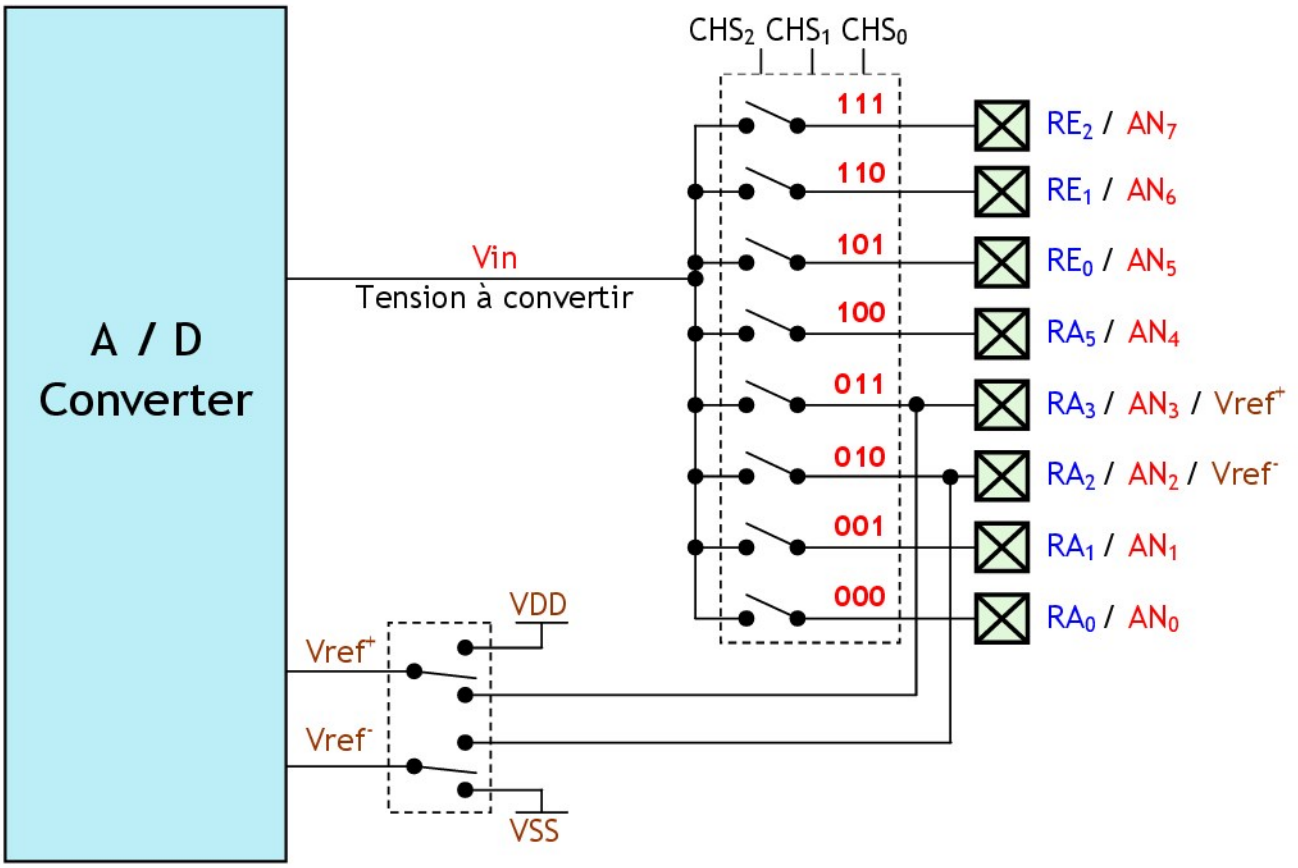
Une conversion commence toujours par la mise à **1** du bit **GO/DONE** du registre **ADCON0**. Lorsque la conversion est terminée ce bit repasse à **0**.La valeur résultante **N** de la conversion est le contenu de **ADRESH: ADRESL** est égale à :

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

$$N = \frac{Vin - Vref^-}{Vref^+ - Vref^-} \times 1023$$

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.

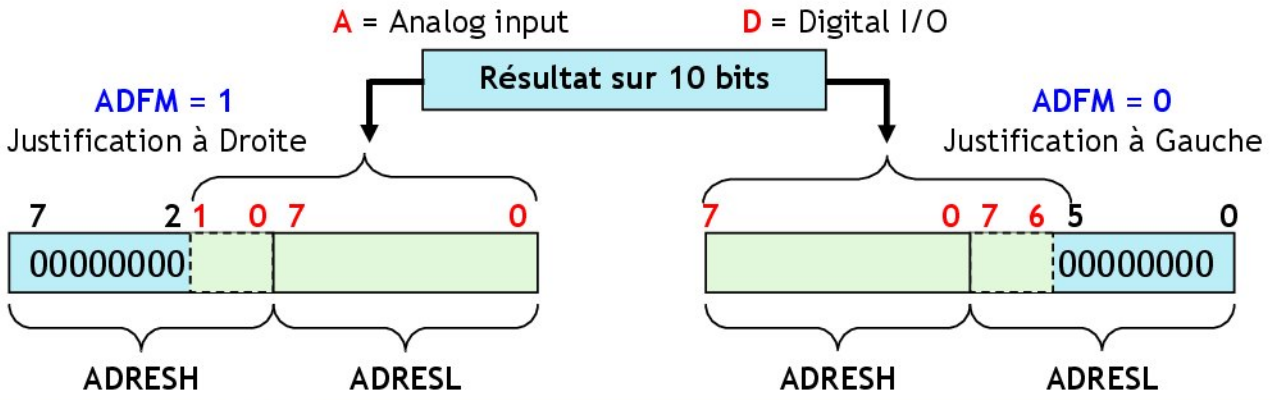
La configuration de ce registre ne dispense pas de configurer les registres de directions des PORTA et PORTE respectivement TRISA et TRISE.

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	AN_7 RE_2	AN_6 RE_1	AN_5 RE_0	AN_4 RA_5	AN_3 RA_3	AN_2 RA_2	AN_0R A_0	AN_0 RA_0	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



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/$\overline{\text{DONE}}$	—	ADON

Bit 7-6 ADCS1:ADCS0: A/D Conversion Clock Select.
Ces 2 bits permettent de choisir la vitesse de conversion:
00 = FOSC/2
10 = FOSC/32
01 = FOSC/8
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
0 = convertisseur A/N en arrêt.
1= convertisseur A/N en service.

5- Exemple d'utilisation :

Configuration :

On souhaite obtenir la configuration suivante avec un PIC16F877 :

RE2 : Sortie logique	RE1 : Sortie logique	RE0 : Entrée logique
RA5 : Sortie logique	RA4 : Entrée Logique	RA3 : Entrée analogique
RA2 : Entrée logique	RA1 : Entrée analogique	RA0 : Entrée analogique

Tension de référence VREF = VDD - VSS = 5V et fréquence du quartz égale à 12MHz.

Programme en assembleur :

Toutes les lignes de sorties des **PORTs** sont mises à zéro.

```
……
……..          ; Mise à zéro des ports A et E
    ; Accès aux registres TRISx (Banque mémoire 1)
……..          ; RP0 = 1
……..          ; RP1 = 0
    ; Configuration des registres de directions
……
……..          ; Configuration du PORTA X X S E E E E E
……
```

```
                ……..            ; Configuration du PORTE 0 0 0 0 0 S S E
        ; Configuration du registre ADCON1 Page 1
        ; ADFM = 1 justification à droite du résultat
        ; PCFG 3:0 0100 => RE3:RE0 Type D comme Digitale
        ; => RA4 : D, RA3 : A comme Analogique
        ; => RA2 : D, RA1 : A et RA0 : A
                ……..
                ……..            ; Valeur binaire 1 0 0 0 0 1 0 0
        ; Retour en banque mémoire 0
                ……..            ; RP0 = 0
                ……..            ; RP1 = 0

        ; Configuration du registre ADCON0 Page 0
        ; ADCS1 et ADSC0 = 1 0 Fréquence Max 20MHz
        ; ADON = 1 Mise en route du CAN
        ; 0 pour les autres bits

                ……..
                ……..            ; Valeur binaire 1 0 0 0 0 0 0 1
        ; Conversion du canal RA3
        ; Sélection du canal 3 avec les bits CHS2, CHS1 et CHS0 : 0 1 1
        ; GO/DONE = 1 Lancement d'une conversion
                ……..
                ……..
                ……..
                ……..            ; Déclenchement de la conversion
ATT             ……..            ; attendre la fin de conversion
                ……..
        ; Fin de conversion, lecture du résultat
                ……..            ; Partie haute
                ……..
                ……..            ; Passage en page 1
                ……..            ; Partie basse
                ……..            ; Passage en page 0
                ……..
```

LES FILTRES

1- Présentation - Définition :

L'information issue d'un capteur qu'elle soit numérique ou analogique peut être perturbée, bruitée, parasitée. Le filtrage des grandeurs mesurées permet d'obtenir un signal épuré. Les filtres sont classés en deux familles :

- **Les filtres passifs :** exclusivement composés de résistances, condensateurs, inductances. Inconvénient : **Aucune amplification possible**
- **Les filtres actifs:** composés de résistances, condensateurs, inductances et AOP et/ou transistor. Avantage : **Amplification possible**

2- Notion de spectre d'un signal :

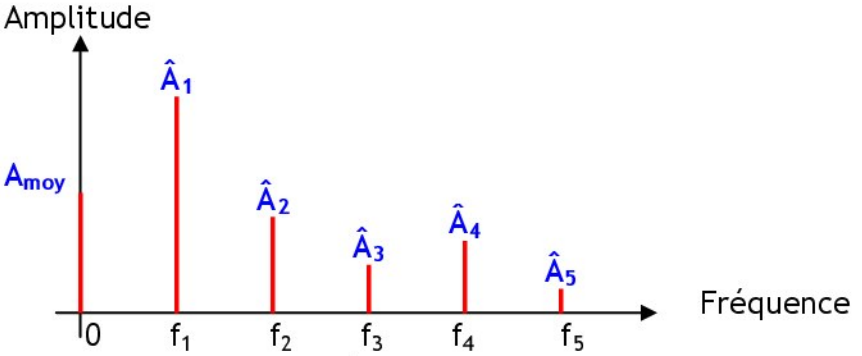
Un signal périodique quelconque **a (t)** peut être décomposé en une somme :

- D'une grandeur constante A égale à la **valeur moyenne** du signal d'origine.
- De signaux **sinusoïdaux** d'amplitude et de fréquence liées au signal a (t).

On distingue :

- ✓ Le signal **fondamental** (de fréquence identique au signal initial).
- ✓ **Les harmoniques** (de fréquences supérieures au signal initial).

On peut alors représenter le spectre de ce signal dans un repère. On représente les amplitudes des sinusoïdes sur l'axe des ordonnées et les fréquences sur l'axe des abscisses.



Le signal dont le spectre est décrit ci-dessus aurait alors pour expression :

$$a(t) = A_{moy} + \hat{A}_1 \sin(2\pi f_1 t + \varphi_1) + \hat{A}2 \sin(2\pi f_2 t + \varphi_2) + \ldots + \hat{A}n \sin(2\pi fn\, t + \varphi n)$$

3- Caractéristiques :

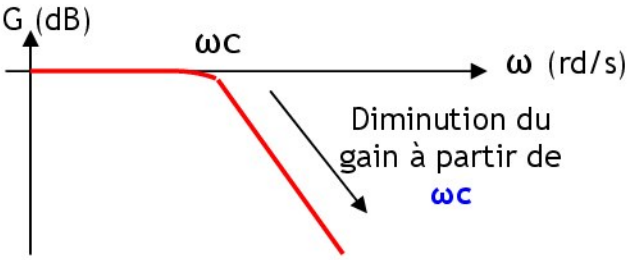
Les filtres quoique classés en deux familles sont aussi classés par caractéristiques:

- **les filtres passe-bas :** Laissent passer uniquement les signaux de basses fréquences. (Exemple les sons graves)
- **les filtres passe-haut :** Laissent passer uniquement les signaux de hautes fréquences. (Exemple les sons aigus)
- **les filtres passe-bande :** Laissent passer les signaux ayant une gamme de fréquences définie (Exemple les sons médiums)
- **les filtres coupe-bande :** Rejètent les signaux ayant une certaine gamme de fréquences.

4- Etude des filtres :

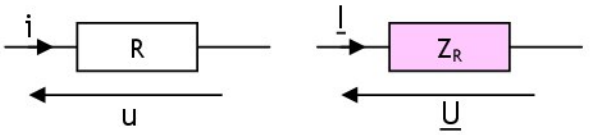
L'étude d'un filtre consiste à :

- Définir sa fonction de transfert $\underline{Av} = \underline{Vs} / \underline{Ve}$
- Étudier l'évolution de cette fonction de transfert en fonction de la fréquence du signal d'entrée et représenter les variations du gain $G = 20 \log |\underline{Av}|$ et du déphasage du signal de sortie par rapport au signal d'entrée en fonction de la fréquence ⇒ **Diagramme de Bode en gain.**



5- Les composants et les nombres complexe :

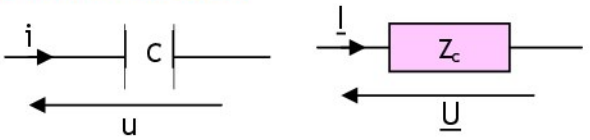
L'élément résistif :



$u(t) = R \cdot i(t)$ alors $\underline{U} = R \cdot \underline{I}$
d'où $\underline{Z_R} = R$ $\underline{Z_R} = [R, 0]$
$|\underline{Z_R}| = R$ $Arg(\underline{Z_R}) = 0$

$\underline{Z_R}$ est un réel pur, son argument sera toujours nul. En effet i (t) et u (t) sont toujours en phase dans un élément résistif.

Le condensateur :

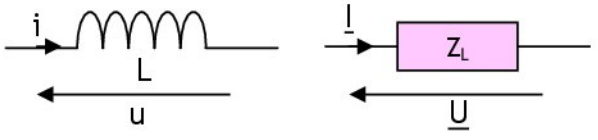


$i(t) = C.\, du(t)/dt$ alors $\underline{I} = Cj\omega.\, \underline{U}$ d'où
$\underline{Z_C} = 1/ jC\omega$ $\underline{Z_C} = -j/ C\omega$ $\underline{Z_C} = [1/ C\omega, -\pi/2]$
$|\underline{Z_C}| = 1/ C\omega$ $Arg(\underline{Z_C}) = -\pi/2$

La tension u (t) est en retard de $\pi/2$ par rapport au courant i (t).
On appelle ω la vitesse angulaire ou encore la pulsation du signal : $\omega = 2.\pi.f$
f : fréquence en Hz
ω : rad.s-1

Retenez que : $\lim_{f \to \infty} |\underline{Z_C}| = 0$: la capacité se comporte comme un fil (court-circuit).
$\lim_{f \to 0} |\underline{Z_C}| = \infty$: la capacité se comporte comme un circuit ouvert.

L'inductance :



$u(t) = L.\, di(t)/dt$ alors $\underline{U} = jL\omega.\, \underline{I}$ d'où
$\underline{Z_L} = jL\omega$ $\underline{Z_L} = [L\omega, +\pi/2]$
$|\underline{Z_L}| = L\omega$ $Arg(\underline{Z_L}) = +\pi/2$

La tension u (t) est en avance de $\pi/2$ par rapport au courant i (t).

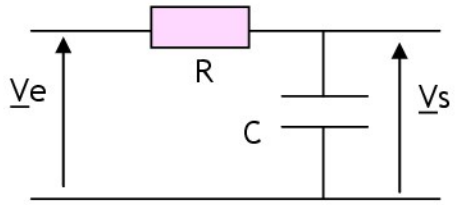
Retenez que : $\lim_{f \to 0} |\underline{Z_L}| = 0$: l'inductance se comporte comme un fil (court-circuit).
$\lim_{f \to \infty} |\underline{Z_C}| = \infty$: l'inductance se comporte comme un circuit ouvert.

6- Quelques formules à connaître :

Amplification en tension : $\underline{Av} = \underline{Vs} / \underline{Ve}$
Module de Av : $|\underline{Av}| = |\underline{Vs}| / |\underline{Ve}|$
Argument de Av : $Arg(\underline{Av}) = Arg\,\underline{Vs} - Arg\,\underline{Ve}$
Log 0 = $-\infty$; Log 1 = **0**
Log $\infty = \infty$; Arc tan 0 = **0**
Arc tan $\infty = \pi/2$; Arc tan $-\infty = -\pi/2$

Module de $\underline{z} = a + jb$: $\rho = \sqrt{a^2 + b^2}$
Argument de $\underline{z} = a + jb$: $\varphi = \arctan(b/a)$
Gain (dB): $G = 20 \log |\underline{Av}| \Rightarrow |\underline{Av}| = 10^{(G/20)}$
$j^2 = -1$; $1/j = -j$
Log (A x B) = **Log A + Log B**
Log (A / B) = **Log A - Log B**

7- Le filtre passe bas :



Pour des signaux de basse fréquence la capacité se comporte comme un circuit ouvert ; donc Vs = Ve
Pour des signaux de haute fréquence la capacité se comporte comme un court-circuit; donc Vs = 0 v

Recherche de l'expression complexe du Gain :

$$\underline{Vs} = \underline{Ve}.\frac{\underline{Z_C}}{\underline{Z_C}+\underline{Z_R}} = \underline{Ve}.\frac{1/jC\omega}{R+1/jC\omega} \qquad \underline{Av} = \frac{\underline{Vs}}{\underline{Ve}} = \frac{1/jC\omega}{R+1/jC\omega} = \frac{1}{1+jCR\omega} = \frac{1}{1+j\omega/\omega_c} = \frac{1}{1+jf/f_c}$$

Avec $\omega_c = 1/RC$ et $f_c = 1/2\pi RC$ $\qquad G = 20.\text{Log}\,|\underline{Av}| = 20.\text{Log}\,(Av)$

$$|\underline{Av}| = \frac{1}{|1+jf/f_c|} = \frac{1}{\sqrt{(1+f^2/f_c^2)}} \qquad G = 20.\text{Log}\,\frac{1}{\sqrt{(1+f^2/f_c^2)}}$$

$G = 20.\text{Log}\,1 - 20.\text{Log}\,\sqrt{(1+f^2/f_c^2)}$

$G = -10.\text{Log}\,(1+f^2/f_c^2)$

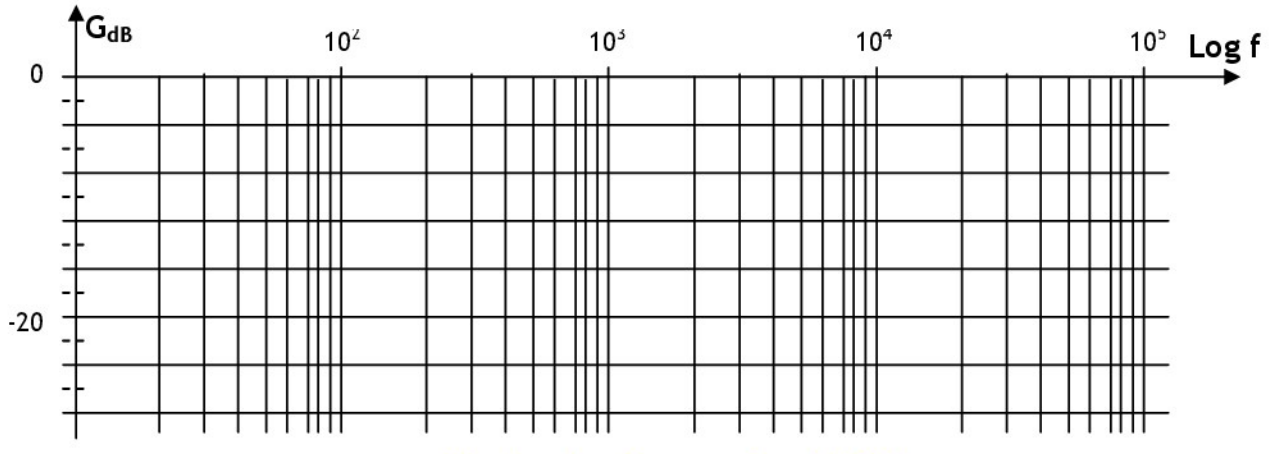
$$\text{Arg}\,(\underline{Av}) = \text{Arg}\,(1) - \text{Arg}\,(1+jf/f_c) = -\text{Arctg}\,(f/f_c)$$

Etude du comportement asymptotique :

Pour les basses fréquence : $f \ll f_c \rightarrow (f/f_c) \ll 1$
$\underline{Av} \approx 1 \quad |\underline{Av}| = 1 \quad G = 20.\text{Log}\,1 = 0$ dB
$\text{Arg}\,(\underline{Av}) = \text{Arg}\,(1) = 0.$

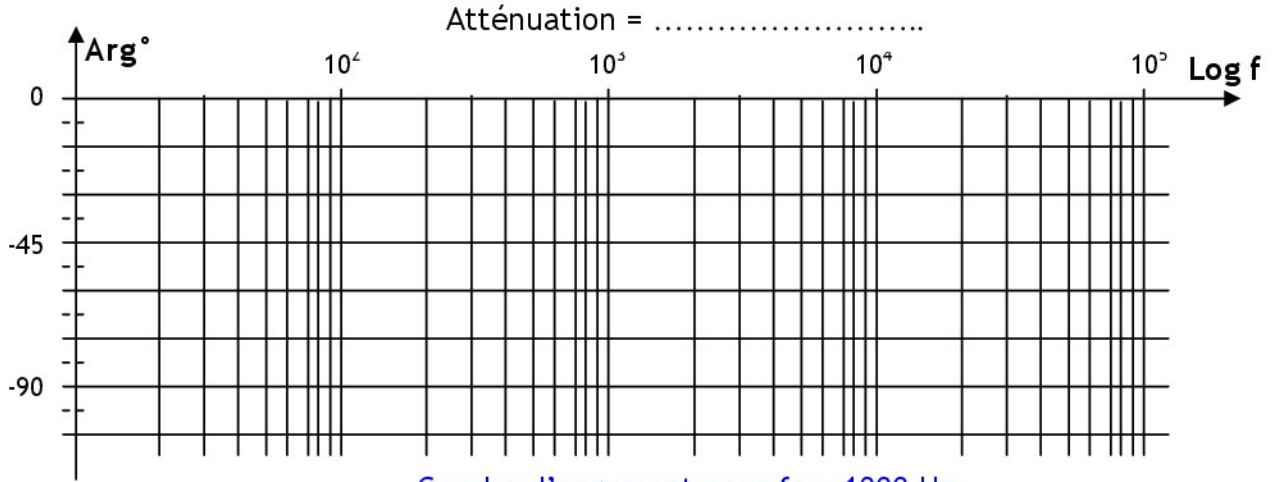
Pour $f = f_c \rightarrow (f/f_c) = 1 \rightarrow \underline{Av} = 1/(1+j)$
$|\underline{Av}| = 1/\sqrt{2} \quad G = -20.\text{Log}\,\sqrt{2} \quad G = -3$ dB
$\text{Arg}\,(\underline{Av}) = -\text{Arg}\,(1+j) = -\text{Arctg}\,(1) = -\pi/4$

Pour les hautes fréquence : $f \gg f_c \rightarrow (f/f_c) \gg 1$
$\underline{Av} \approx -j\,f_c/f \quad |\underline{Av}| = f_c/f \quad G = 20.\text{Log}\,f_c/f$
$G = 20.\text{Log}\,f_c - 20.\text{Log}\,f$
Si f varie de 10 (une décade de fréquence le gain varie de -20 dB
$\text{Arg}\,(\underline{Av}) = \text{Arg}\,(-j\,f_c/f) = -\pi/2.$



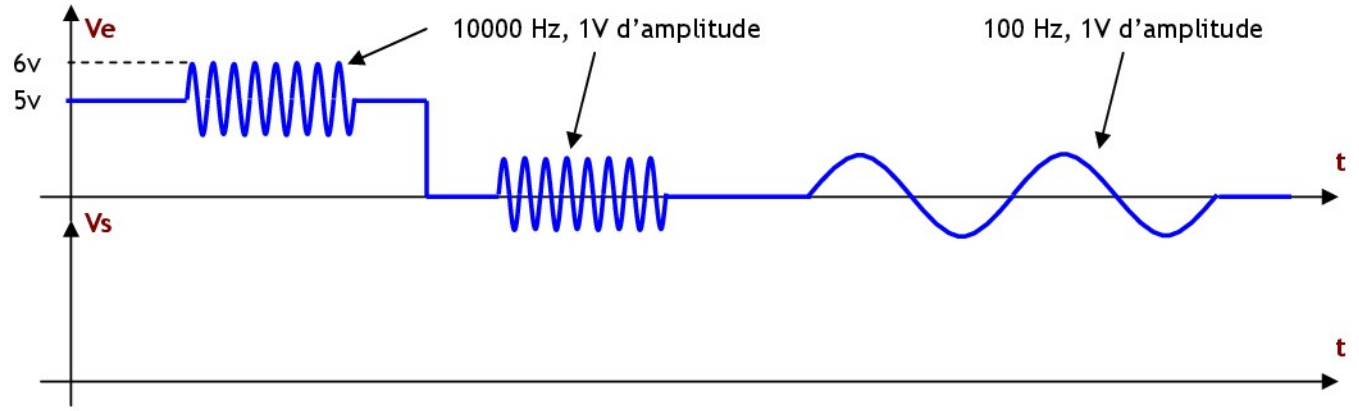
Courbe de gain pour fc = 1000 Hz

Bande passante = …….. Fréquence de coupure = ……..
Atténuation = ……..

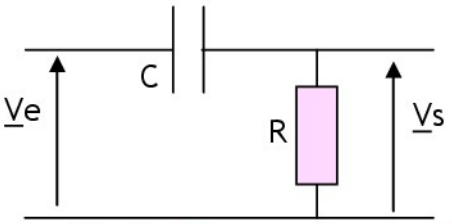


Courbe d'argument pour fc = 1000 Hz

Exemple de réponse :



8- Le filtre passe haut :



Pour des signaux de basse fréquence la capacité se comporte comme un circuit ouvert ; donc Vs = 0 v
Pour des signaux de haute fréquence la capacité se comporte comme un court-circuit; donc Vs = Ve

Recherche de l'expression complexe du Gain :

$$\underline{Vs} = \underline{Ve}.\frac{\underline{Z_R}}{\underline{Z_C}+\underline{Z_R}} = \underline{Ve}.\frac{R}{R+1/jC\omega} \qquad \underline{Av} = \frac{\underline{Vs}}{\underline{Ve}} = \frac{R}{R+1/jC\omega} = \frac{jCR\omega}{1+jCR\omega} = \frac{j\omega/\omega_c}{1+j\omega/\omega_c} = \frac{jf/f_c}{1+jf/f_c}$$

Avec $\omega_c = 1/RC$ et $f_c = 1/2\pi RC$ $\qquad G = 20.\,\mathrm{Log}\,|\underline{Av}| = 20.\,\mathrm{Log}\,(Av)$

$$|\underline{Av}| = \frac{|jf/f_c|}{|1+jf/f_c|} = \frac{f/f_c}{\sqrt{(1+f^2/f_c^2)}} \qquad G = 20.\mathrm{Log}\,\frac{f/f_c}{\sqrt{(1+f^2/f_c^2)}}$$

$$G = 20.\mathrm{Log}\,(f/f_c) - 20.\mathrm{Log}\,\sqrt{(1+f^2/f_c^2)} \qquad G = 20.\mathrm{Log}\,(f/f_c) - 10.\mathrm{Log}(1+f^2/f_c^2)$$

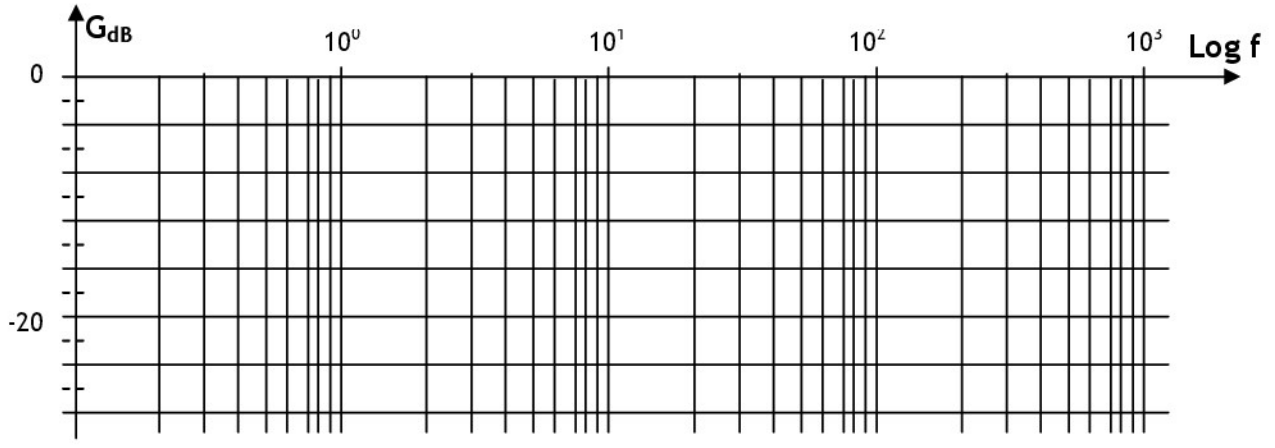
$$\mathrm{Arg}\,(\underline{Av}) = \mathrm{Arg}\,(jf/f_c) - \mathrm{Arg}\,(1+jf/f_c) = \pi/2 - \mathrm{Arctg}\,(f/f_c)$$

Etude du comportement asymptotique :

Pour les basses fréquence : $f \gg f_c \rightarrow (f/f_c) \gg 1$
$\underline{Av} \approx 1 \quad |\underline{Av}| = 1 \quad G = 20.\mathrm{Log}\,1 = 0$ dB
$\mathrm{Arg}\,(\underline{Av}) = \mathrm{Arg}\,(1) = 0.$

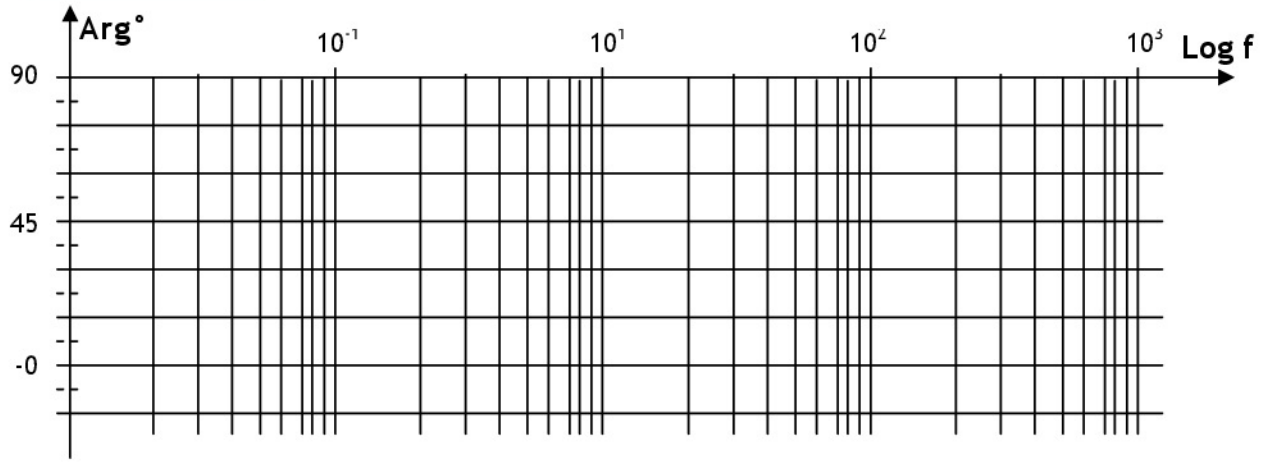
Pour $f = f_c \rightarrow (f/f_c) = 1 \rightarrow \underline{Av} = j/(1+j)$
$|\underline{Av}| = 1/\sqrt{2} \quad G = -20.\mathrm{Log}\,\sqrt{2} \quad G = -3$ dB
$\mathrm{Arg}(\underline{Av}) = \mathrm{Arg}(j) - \mathrm{Arg}(1+j) = \pi/2 - \mathrm{Arctg}(1) = \pi/4$

Pour les hautes fréquence : $f \ll f_c \rightarrow (f/f_c) \ll 1$
$\underline{Av} \approx j\,f/f_c \quad |\underline{Av}| = f/f_c \quad G = 20.\mathrm{Log}\,f/f_c$
$G = 20.\mathrm{Log}\,f - 20.\mathrm{Log}\,f_c$
Si f varie de 10 (une décade de fréquence le gain varie de +20 dB
$\mathrm{Arg}\,(\underline{Av}) = \mathrm{Arg}\,(j\,f_c/f) = \pi/2.$



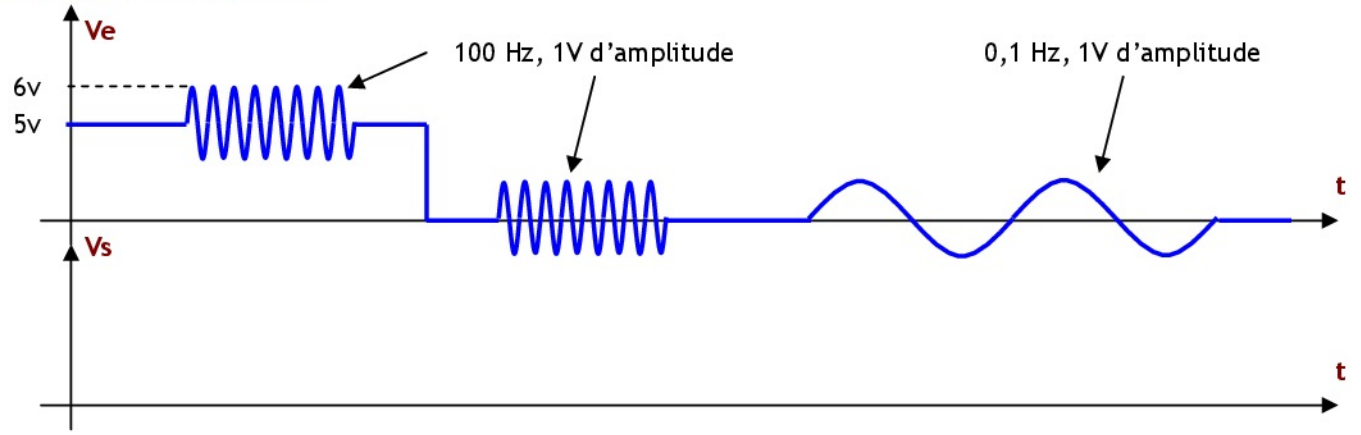
Courbe de gain pour fc = 10 Hz

Bande passante = …….. Fréquence de coupure = ……..
Atténuation = ……..

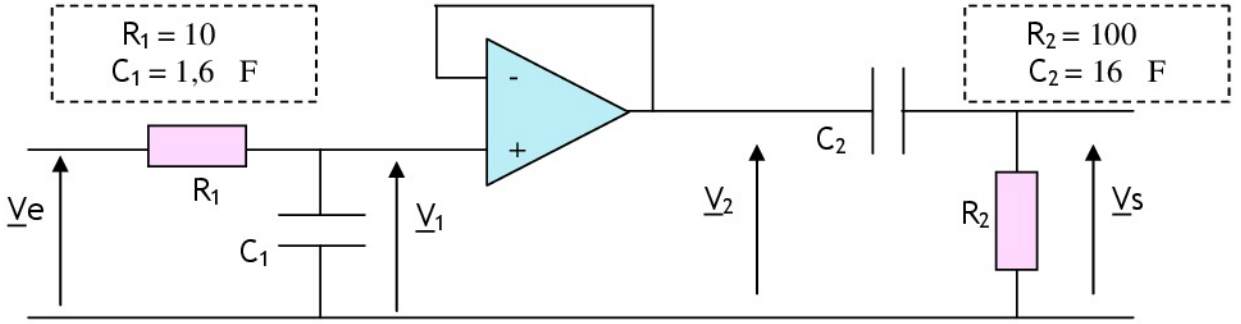


Courbe d'argument pour fc = 10 Hz

Exemple de réponse :



9- Le filtre passe bande :



Recherche de l'expression complexe du Gain :

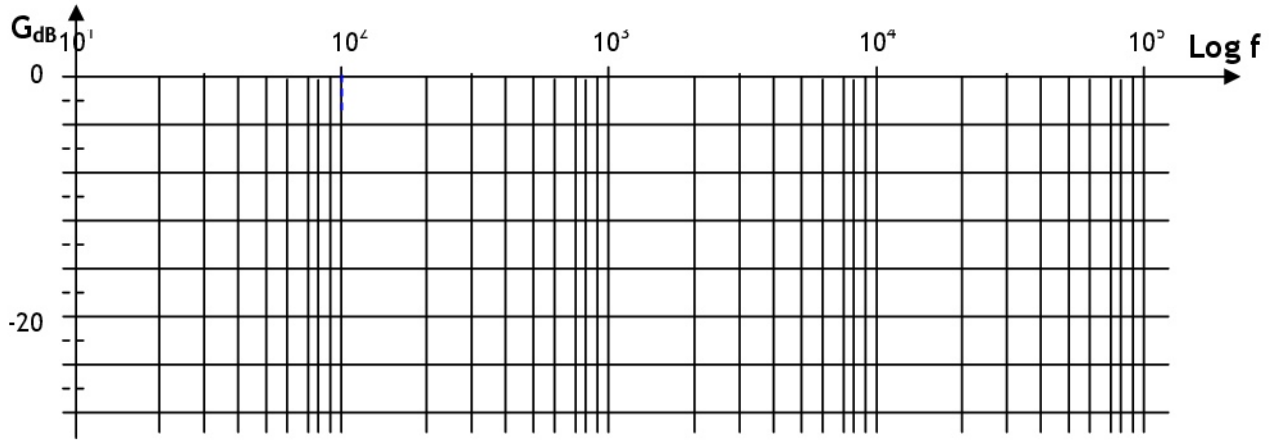
$$\underline{V_1} = \underline{Ve}.\frac{\underline{Z_{C1}}}{\underline{Z_{C1}} + \underline{Z_{R1}}} = \underline{Ve}.\frac{1/jC_1\omega}{R_1 + 1/jC_1\omega} \qquad \underline{T_1} = \frac{\underline{V_1}}{\underline{Ve}} = \frac{1/jC_1\omega}{R_1 + 1/jC_1\omega} \qquad \underline{T_1} = \frac{1}{1 + jf/f_1} \quad \text{avec} \quad f_1 = 1/2\pi R_1C_1$$

$$\underline{Vs} = \underline{V_2}.\frac{\underline{Z_{R2}}}{\underline{Z_{C2}} + \underline{Z_{R2}}} = \underline{V_2}.\frac{R_2}{R_2 + 1/jC_2\omega} \qquad \underline{T_2} = \frac{\underline{V_s}}{\underline{V_2}} = \frac{R_2}{R_2 + 1/jC_2\omega} \qquad \underline{T_2} = \frac{jf/f_{c2}}{1 + jf/f_{c2}} \quad \text{avec} \quad f_2 = 1/2\pi R_2C_2$$

$$\underline{T} = \frac{\underline{Vs}}{\underline{Ve}} = \frac{\underline{Vs}}{\underline{V_1}}.\frac{\underline{V_1}}{\underline{Ve}} = \frac{\underline{Vs}}{\underline{V_1}}.\frac{\underline{V_2}}{\underline{Ve}} = \underline{T_1}.\underline{T_2} \qquad \underline{V_1} = \underline{V_2}$$

$f_1 = 1/2\pi.10.1{,}6.10^{-6} \approx 10000$ Hz
$f_2 = 1/2\pi.100.16.10^{-6} \approx 100$ Hz

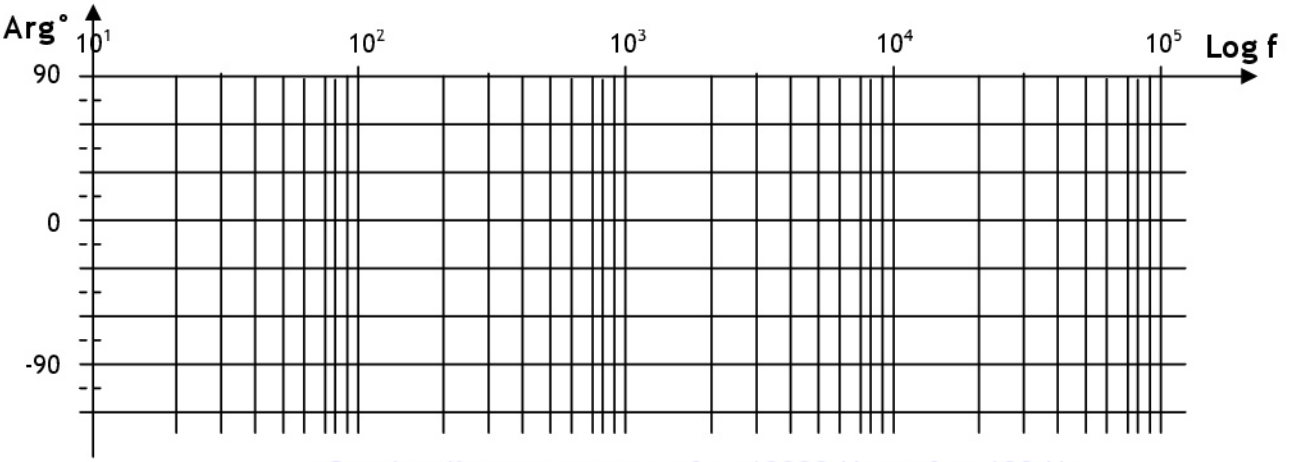
$$G = 20.\text{Log}\,|\underline{T}| = 20.\text{Log}\,|\underline{T_1}.\underline{T_2}| = 20.\text{Log}\,|\underline{T_1}|.|\underline{T_2}|$$
$$G = 20.\text{Log}\,|\underline{T_1}| + 20.\text{Log}\,|\underline{T_2}| \qquad G = G_1 + G_2$$
$$\text{Arg}\,(\underline{T}) = \text{Arg}\,(\underline{T_1}.\underline{T_2}) = \text{Arg}\,(\underline{T_1}) + \text{Arg}\,(\underline{T_2})$$



Courbe de gain pour f_1 = 10000 Hz et f_2 = 100 Hz

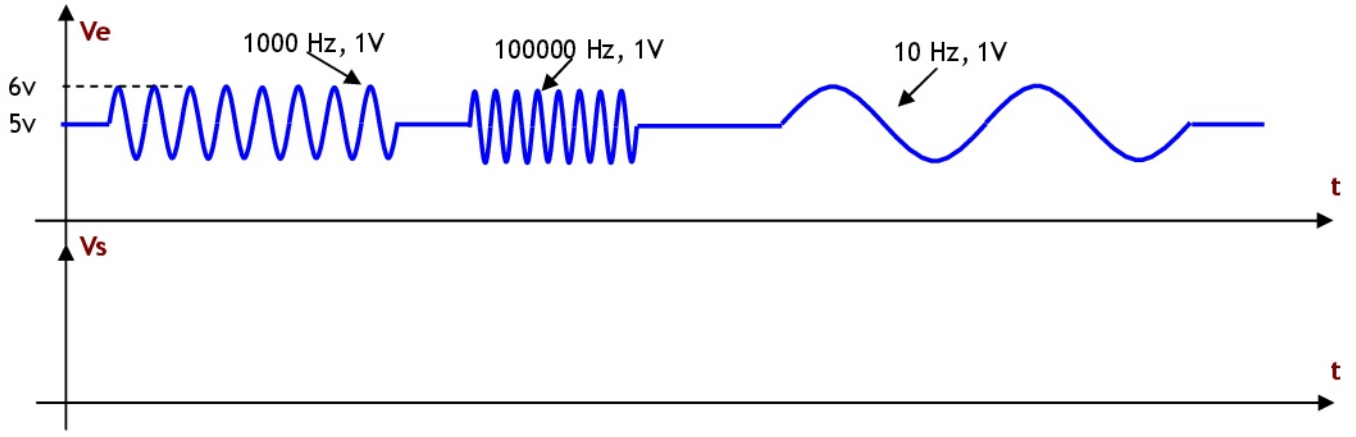
Bande passante = …….. Atténuation = ……..

Fréquences de coupure : ……..



Courbe d'argument pour f_1 = 10000 Hz et f_2 = 100 Hz

Exemple de réponse :



ETUDE D'UN FILTRE

Etude pratique :

Soit le filtre suivant :

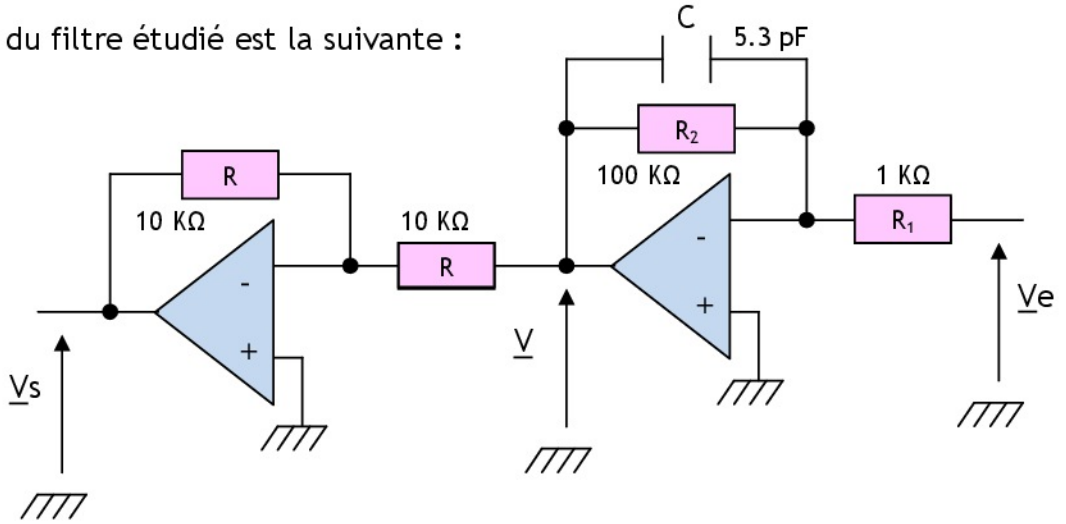
On effectue les mesures suivantes

f(Hz)	10	20	30	60	100	200	300	400	600	1000	2000	3000	6000
Ve(mV)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vs(mV)	99.95	99.78	99.50	98.05	94.86	83.20	70.71	60.00	44.72	28.73	14.83	09.95	04.99
Arg(°)	-01.90	-03.81	-05.71	-11.31	-18.43	-33.69	-45.00	-53.13	-63.44	-73.30	-81.46	-84.29	-87.14

1. Pour différentes valeurs de f, calculer le module et le gain de $\underline{T} = \underline{Vs} / \underline{Ve}$.
2. Trace le diagramme de Bode de $\underline{T}$
3. En déduire le gain max, l'amplification max, la fréquence de coupure, la nature du filtre et sa bande passante.
4. Ce filtre est-il passif ou actif

Etude théorique :

Le montage du filtre étudié est la suivante :



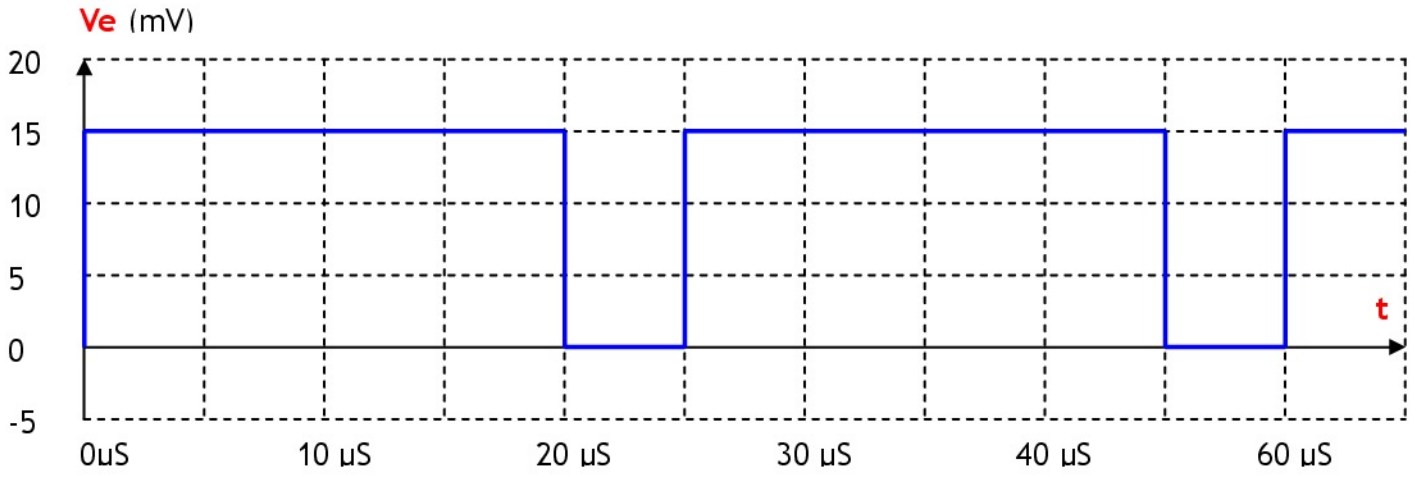
1. Donner l'expression de $\underline{T}_1 = \underline{V} / \underline{Ve}$.
2. Donner l'expression de $\underline{T}_2 = \underline{Vs} / \underline{V}$.
3. En déduire l'expression de $\underline{T} = \underline{Vs} / \underline{Ve}$.
4. Montrer que la fonction de transfert de ce filtre, peut s'écrire sous la forme suivante :

$$\underline{T} = \frac{100}{1 + j\, f/300}$$

5. Donner l'expression de T, module de $\underline{T}$
6. En déduire l'expression du gain et de l'argument.
7. Montrer que pour f = 300Hz, le gain = 37 dB
8. Tracer le diagramme asymptotique de T

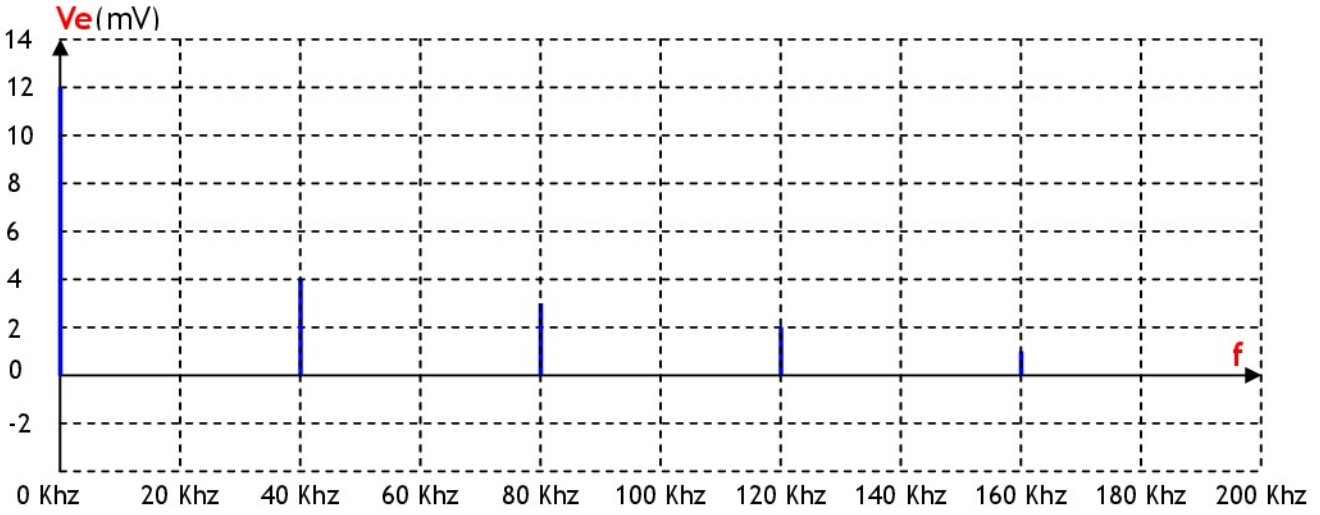
Réponse à un signal carré :

Le filtre étudié est attaqué par le signal suivant.



1. Calculer la fréquence et le rapport cyclique de ce signal.
2. Calculer alors sa valeur moyenne.

On donne le spectre de fréquence du signal ci-dessus



3. Que représentent alors, les signaux de fréquences suivantes : f = 0 Hz, f = 40 KHz, f = 80 KHz, f = 120 KHz et f = 160 KHz.
4. Donner les amplitudes des différents signaux qui composent le signal Ve.
5. Calculer alors l'amplification, le gain et l'argument pour chaque spectre du signal Ve.
6. Donner alors la valeur de Vs.

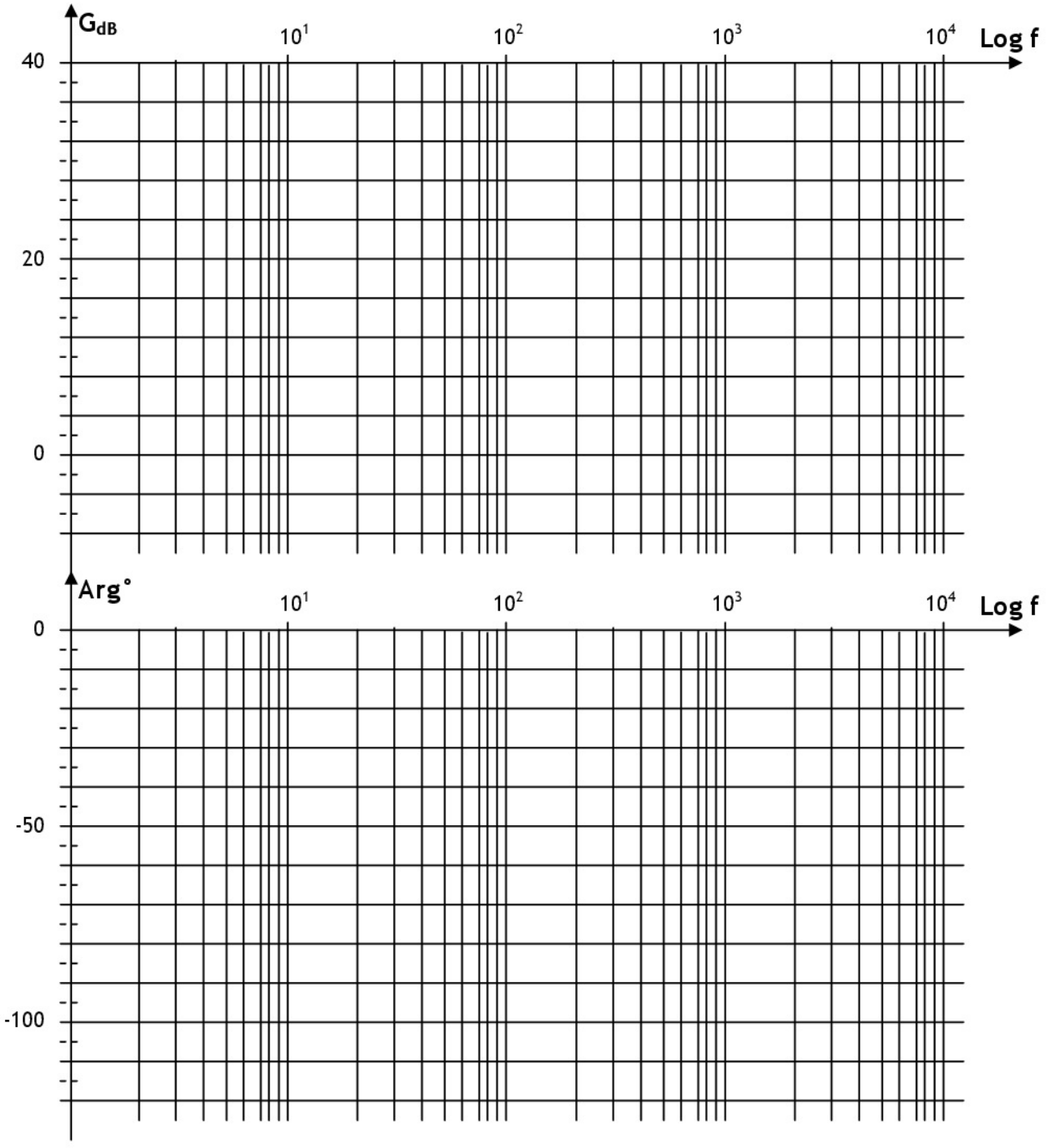
Documents réponse

Etude pratique :

Question n°1 :

f(Hz)	10	20	30	60	100	200	300	400	600	1000	2000	3000	6000
Ve(mV)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vs(mV)	99.95	99.78	99.50	98.05	94.86	83.20	70.71	60.00	44.72	28.73	14.83	09.95	04.99
Arg(°)	-01.90	-03.81	-05.71	-11.31	-18.43	-33.69	-45.00	-53.13	-63.44	-73.30	-81.46	-84.29	-87.14
T													
G(dB)													

Question n°2 :



Question n°3 :

G_{max} = ...

G_{max} = 20 log T_{max} T_{max} = ... T_{max} = ...

Fréquence de coupure = ... G (300) = G_{max} - ..... = ...

Nature du filtre : Filtre passe bas

Bande passante = ...

Question n°4 :

.....

Etude théorique :

Question n°1 :

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

Question n°2 :

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

Question n°3 :

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

Question n°4 :

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

Question n°5 :

.....

Question n°6 :

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

Question n°7 :

.....

Question n°8 :

Courbe de gain

Réponse à un signal carré :

Question n°1 :

.....

Question n°2 :

.....

Question n°3 :

Ve (0 Hz) : .....
Ve (40 KHz) : .....
Ve (80,120, 160 KHz) : .....

Question n°4 :

Fréquence	0 Hz	40 KHz	80 KHz	120 KHz	160 KHz
Amplitude					

Question n°5 :

Fréquence	0 Hz	40 KHz	80 KHz	120 KHz	160 KHz
Amplification					
Amplitude (1)					
Gain					
Argument					

(1) amplitude à la sortie du filtre

Question n°6 :

Vs = ...

ROYAUME DU MAROC
MINISTERE DE L'EDUCATION 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°4

CORRECTION

❖ Sujet :

SYSTEME D'IRRIGATION

06 pages

❖ Exercices d'application:

- ♦ Fiche cours n°17 « *Les C.A.N* »
- ♦ Fiche cours n°18 « *Caractéristiques des convertisseurs* »
- ♦ Fiche cours n°19 « *Le C.A.N interne du 16 F 877* »
- ♦ Fiche cours n°20 « *Les Filtres* »

06 pages

❖ 4 TD:

- ♦ TD n°7 « *Etude d'un filtre* »

03 pages

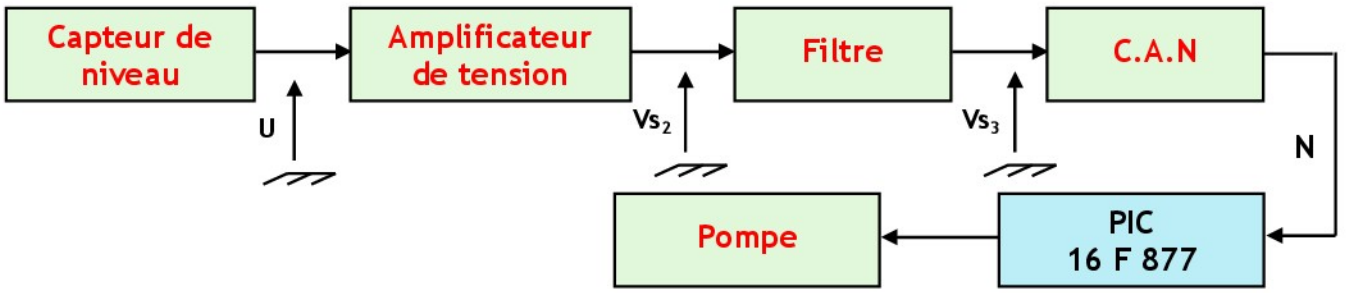
Nombre de pages : 16

CLASSES : 2 STE

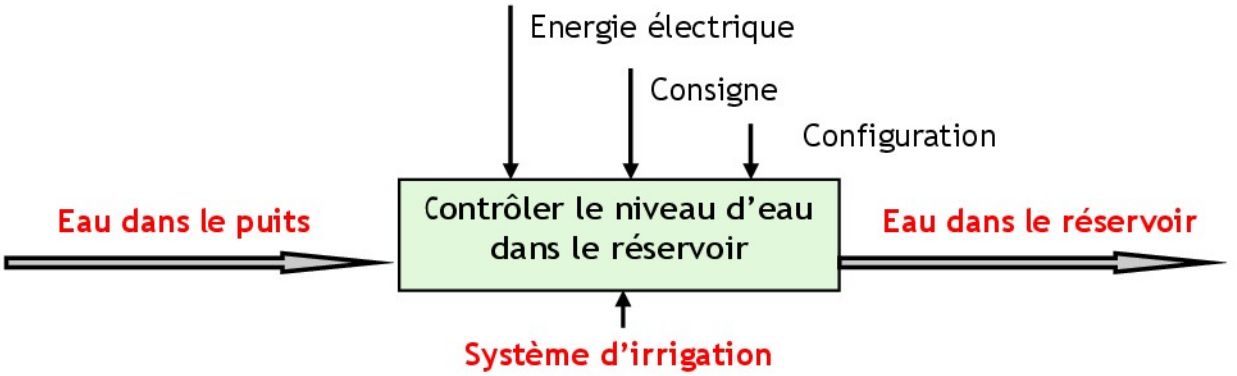
DREP 01

CORRECTION

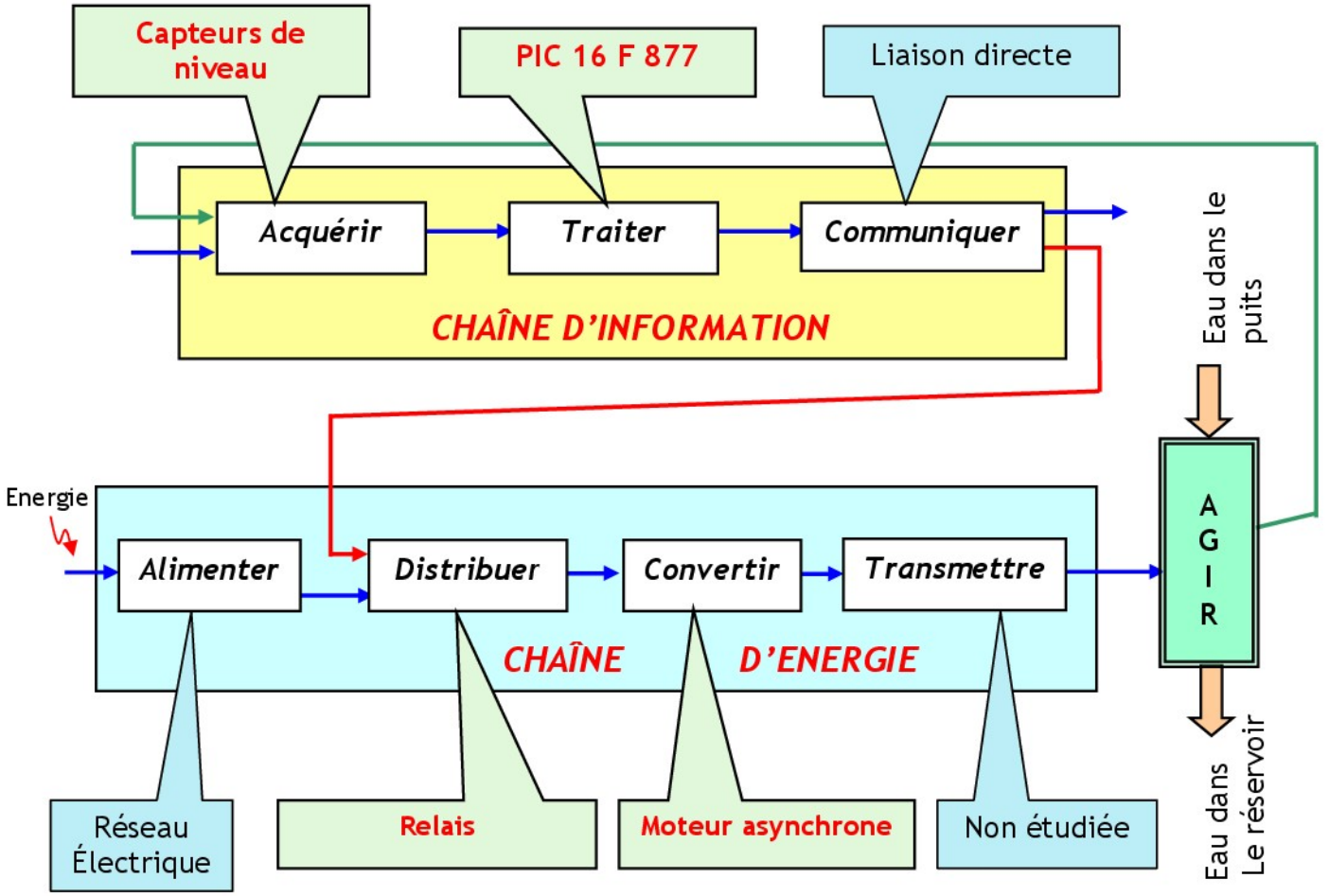
Schéma synoptique du système (à compléter)



L'actigramme A-0 (à compléter)



Identification des solutions constructives



DREP 02

CORRECTION

Etude de la sonde de pression

1. Calculer les coefficients a et b.

$a = \Delta P/\Delta I = (250 - 0)/(20-4) = 15,625$ mbar / mA

$P(i) = a.i + b$ $\quad P(4) = 15,625 \times 4 + b = 0$

$b = -15,625 \times 4 = -62,5$ mbar donc $P(i) = 15,625 .i - 62,5$ mbar

2. Exprimer i en fonction de L.

P (Pascal) $= \rho \times g \times L = 1000 \times 9.81 \times L = 9810 \times L$

1bar $= 10^5$ Pascal $\quad$ 1 Pascal $= 10^{-5}$ bar $= 10^{-5} \times 10^{3}$ mbar $= 10^{-2}$ mbar

P (mbar) $= 9810 \times 10^{-2} \times L \quad P$ (mbar) $= 98,10 \times L$

P (mbar) $= 98,10 \times L = 15,625 .i - 62,5$

i (mA) $= (98,10/15,625) \times L + 62,5/15,625 = 6,28 \times L + 4$

3. Calculer la valeur maximale de la charge R.

Charge Max $= (U_B - 12) / 0.02$ A $= (24 - 12) / 0.02$ A

Charge Max $= 600\Omega$

4. Donner l'expression de V en fonction du niveau en m, pour $R_{Charge} = 180\ \Omega$.

$V = R.i = (6,28 \times L + 4).R = 1130,4 \times L + 720$ mV

5. En déduire la sensibilité du montage $s = dV / dL$ en mV/cm.

$s = dV / dL = 1130,4$ mV/m $= 11,3$ mV/cm

Etude de l'amplificateur

1. Donner l'expression de Vs_1 en fonction V.

$V^- = V \quad V^+ = Vs_1 \times R_1 / (R_1 + R_2)$

$Vs_1 = V \times (R_1 + R_2) / R_1$

2. En déduire l'expression de Vs_1 en fonction de L (le niveau dans le réservoir).

$Vs_1 = V \times (R_1 + R_2) / R_1$

$Vs_1 = (1130,4 \times L + 720) \times (R_1 + R_2) / R_1$ (mV)

3. Calculer R_2 pour avoir une sensibilité de 20mV/Cm

$s = dVs_1 / dL = 11,30 \times (R_1 + R_2) / R_1 = 20$mV/Cm

$20 \times R_1 = 11,30 \times (R_1 + R_2) \quad 20 \times R_1 - 11,30 \times R_1 = 11,30 \times R_2$

$8,7 \times R_1 = 11,30 \times R_2 \quad R_2 = 8,7 \times R_1 / 11,30 \quad R_2 = 0,77$ K Ω.

4. Donner l'expression de Vs_2 en fonction de Vs_1 et E

$V^- = (E \times R_3 + Vs_2 \times R_3) / (R_3 + R_3) \quad V^- = (Vs_2 + E) / 2$

$V^+ = Vs_1 \times R_3 / (R_3 + R_3) \quad V^+ = Vs_1 / 2$

$V^+ = V^- \quad Vs_1 / 2 = (Vs_2 + E) / 2$

$Vs_1 = Vs_2 + E \quad Vs_2 = Vs_1 - E$

5. Quelle est la valeur de la tension E pour avoir $Vs_2 = 20.L$ (mV)

$Vs_2 = Vs_1 - E \quad Vs_2 = (20.L + 720 \times (R_1 + R_2) / R_1) - E$

$E = 720 \times (R_1 + R_2) / R_1 \quad E = 720 \times (10 + 7.7) / 10$

$E = 1.77 \times 720 \quad E = 1274,4$ mV $= 1.27$ V

DREP 03

CORRECTION

6. Compléter le tableau suivant -tableau 1-

L (m)	V (mV)	Vs_1 (mV)	Vs_2 (mV)
0	720	1274,4	0
1.5	2415,6	4275,612	3001,212
2	2980,8	5276,016	4001,616

Etude du filtre

1. Donner l'expression de la fonction de transfert filtre.

$\underline{Vs_3} = \underline{Vs_2}.\underline{Zc} / (\underline{Zc} + R)$ $\quad \underline{Vs_3} / \underline{Vs_2} = \underline{Zc} / (\underline{Zc} + R)$

$\underline{T} = (1/jC\omega) /(R + 1/jC\omega)$ $\quad \underline{T} = 1/ (1 + j\ C\omega R)$

$\underline{T} = 1/ (1 + j\ \omega/ \omega_0)$ $\quad \underline{T} = 1/ (1 + j\ f/ f_0)$ $\quad$ Avec $f_0 = 1/2\Pi RC$

2. Donner l'expression du module T de $\underline{T}$.

$T = |\underline{T}| = 1/ \sqrt{(1 + \omega^2/ \omega_0^2)} = 1/ \sqrt{(1 + f^2/ f_0^2)}$

$T = 1/ \sqrt{(1 + f^2/ f_0^2)}$

3. Calculer les limites de T lorsque f tend vers 0 et lorsque f tend vers∞.

$\lim T_{f \to \infty} = 0$ $\qquad$ $\lim T_{f \to 0} = 1$

4. En déduire la nature du filtre.

Filtre Passe Bass

5. Donner la définition de la fréquence f_c de coupure à -3dB puis son expression pour le filtre étudié.

C'est la fréquence pour laquelle le gain diminue de 3bB $\quad G(fc) = G_{max} - 3$

$f_0 = 1 / 2\pi RC$

6. Application numérique : C_1 = 47 µF, R_3 = 1,0 kΩ. Calculer la fréquence de coupure et l'amplification maximale $|T_0|$.

$T_0 = 1$ $\qquad$ $f_0 = 1 / (2\pi.47.10^{-6}.10^3)$ $\qquad$ $f_0 = 3,86$ Hz

7. $Vs_2(t) = V_0 + V_1 \sin(2\pi f_p t) + V_2 \sin(4\pi f_p t)$; avec V_0 = 3V; V_1= 0,1V; V_2= 0,1Vet f_p = 50Hz

Pour $Vs_2(t) = V_0$, calculer la tension $Vs_3(t)$ correspondante.

$|\underline{Vs_3}| = |T|.|\underline{Vs_2}| = V_0 / \sqrt{(1 + 0^2/ f_0^2)}$

$Vs_3(t) = V_0 = 3v$ $\qquad$ $Arg(\underline{Vs_3}) = 0$

8. Pour $Vs_2(t) = V_1 \sin(2\pi f_p t)$, calculer l'amplitude de la tension $Vs_3(t)$ correspondante.

$|\underline{Vs_3}| = |T|.|\underline{Vs_2}| = V_1 / \sqrt{(1 + f_p^2/ f_0^2)} = 0.1 / \sqrt{(1 + 50^2/ f_0^2)}$

$Vs_3(t) = 7,68$ mv

$Arg(\underline{Vs_3}) = -Arctg(50/ f_0) = -85,58°$

9. Pour $Vs_2(t) = V_2 \sin(4\pi f_p t)$, calculer l'amplitude de la tension $Vs_3(t)$ correspondante.

$|\underline{Vs_3}| = |T|.|\underline{Vs_2}| = V_2 / \sqrt{(1 + 4f_p^2/ f_0^2)} = 0.1 / \sqrt{(1 + 4.50^2/ f_0^2)}$

$Vs_3(t) = 3,86$ mv

$Arg(\underline{Vs_3}) = -Arctg(100/ f_0) = -87,79°$

10. Pour $Vs_2(t) = V_0 + V_1 \sin(2\pi f_p t) + V_2 \sin(4\pi f_p t)$, que pouvez vous dire de la tension $Vs_3(t)$

$Vs_3(t) \approx V_1 \approx 3v$

DREP 04

CORRECTION

Etude du C.A.N externe

1. Donner l'expression de N en fonction de Vs_3.

$N = (Vs_3 / Vref) / (2^n - 1)$ $\quad N = Vs_3 / K$ $\quad$ avec $k = Vref / (2^n - 1)$

C.A.N sur 8 bits, alors n = 8 → $k = Vref / (2^8 - 1)$

$k = Vref / 255$

2. En déduire la valeur de K la résolution du CAN.

$k = Vref / (2^8 - 1)$

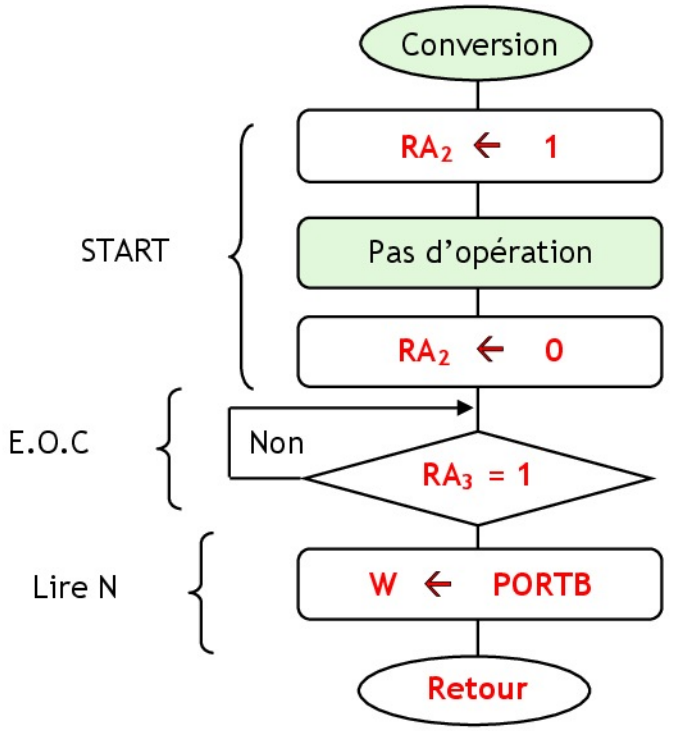
$k = 5 / 255 = 20\ mV$

3. Compléter le tableau suivant, sachant que $Vs_3 = Vs_2$.

L (m)	L (Cm)	N
0	0	0
0.25	25	25
2	200	200

Utilisation du CAN externe

Organigramme de conversion



Sous programme de conversion

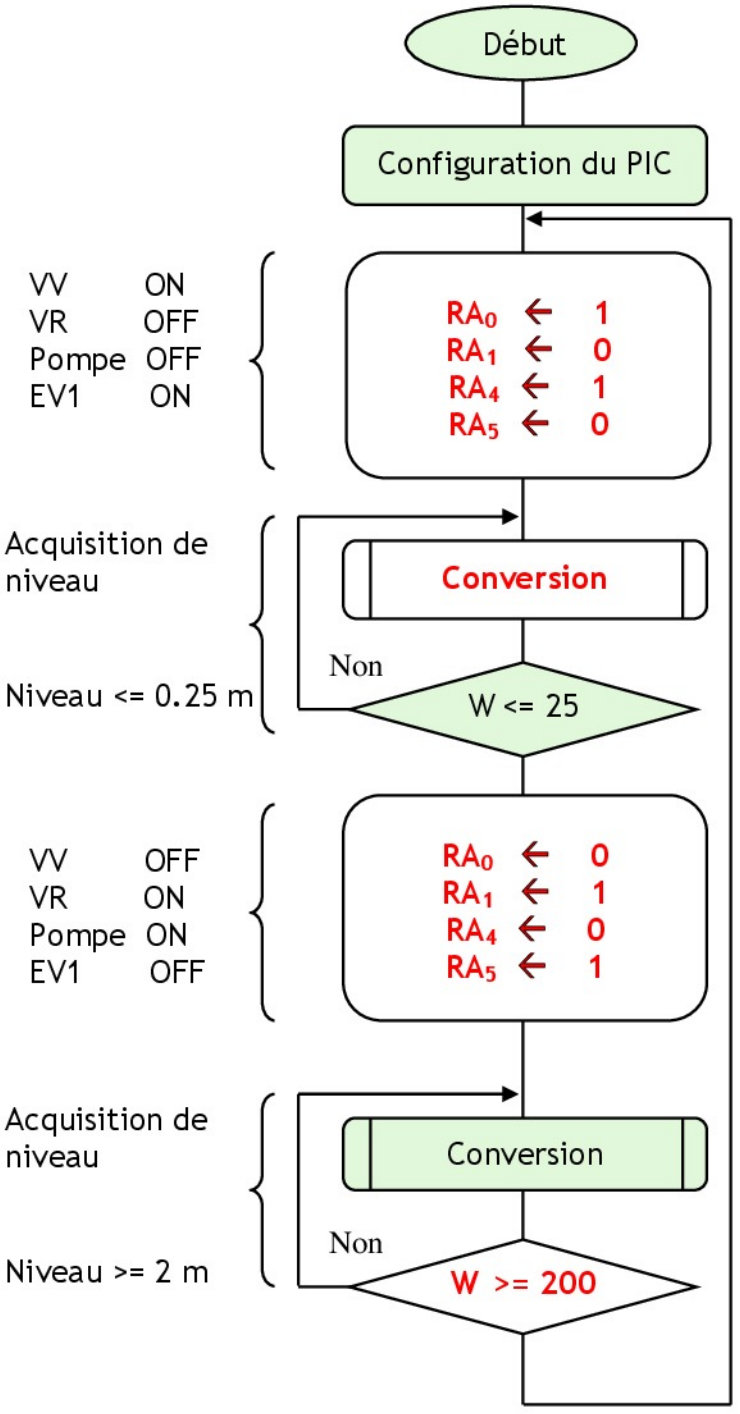
```
Conversion  BSF     PORTA, 2
            NOP
            BCF     PORTA, 2
LOOP        BTFSS   PORTA, 3
            GOTO    LOOP
            MOVF    PORTB, W
            RETURN
```

DREP 05

CORRECTION

Organigramme et programme d'irrigation

Organigramme d'irrigation



Programme d'irrigation

```
        BCF     STATUS, 6
        BSF     STATUS, 5
        CLRF    TRISB
        MOVLW   0x08
        MOVF    TRISA
        BCF     STATUS, 5
LOOP1   BSF     PORTA, 0
        BCF     PORTA, 1
        BSF     PORTA, 4
        BCF     PORTA, 5
LOOP2   CALL    CONVERSION
        SUBLW   D'25'
        BTFSC   STATUS, C
        GOTO    LOOP2
        BCF     PORTA, 0
        BSF     PORTA, 1
        BCF     PORTA, 4
        BSF     PORTA, 5
LOOP3   CALL    CONVERSION
        SUBLW   D'200'
        BTFSS   STATUS, C
        GOTO    LOOP3
        GOTO    LOOP1
```

DREP 06

CORRECTION

Utilisation du CAN interne

1. Calculer la résolution du C.A.N interne du 16 F 877 et donner l'expression de N = f (Vs_3).

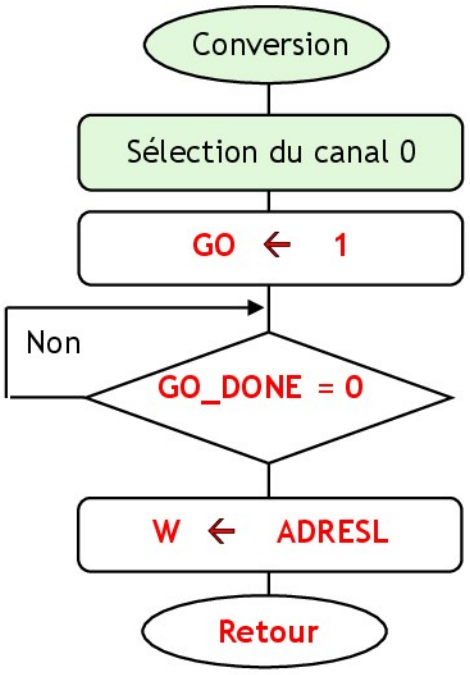
N = ((Vs_3 - VREF-) / (VREF+ - VREF-)) * 1023)
VREF+ = 20V et VREF- = 0V alors N = 1023 * (VIN / 20)
q = 20 / 1023 = 20 mV
N = 1023 * (Vs_3 / 20)

2. Compléter le programme d'initialisation du 16 F 877.

```
BSF     STATUS, 5
BCF     STATUS, 6       ; Accès aux registres TRISx (Banque mémoire 1)
MOVLW   B'000S1101'
MOVWF   TRISA           ; Configuration du PORTA X X X S E E S E
MOVLW   B'00000000'
MOVWF   TRISE           ; Configuration du PORTE x x x x x x x S
MOVLW   B'10001111'     ; Configuration du registre ADCON1 Bank 1
MOVWF   ADCON1          ; justification à droite du résultat, Vref+ et Vref- externe
                        ; RE2, RE1, RE0, RA5, RA3, RA2, RA1 Type D et RA0 Type A
BCF     STATUS, 5       ; Retour en banque mémoire 0
MOVLW   B'10000001'     ; Configuration du registre ADCON0 Bank 0
MOVWF   ADCON0          ; Fréquence Max 20MHz et Mise en route du CAN
```

3. Refaire le sous programme de CONVERSION, en utilisant le PIC 16F877 et son C.A.N interne.

Organigramme de conversion



Sous programme de conversion

```
        BCF     ADCON0, CHS2
        BCF     ADCON0, CHS1
        BCF     ADCON0, CHS0
; Sélection du canal 0
        BSF     ADCON0, GO
; Déclenchement de la conversion
ATT     BTFSC   ADCON0, GO
        GOTO    ATT
; attendre la fin de conversion
        BSF     STATUS, RP1
; Passage en page 1
        MOVF    ADRESL, 0
; lecture du résultat
        BSF     STATUS, RP0
; Passage en page 0
        RETURN
; Retour
```

CONVERTISSEUR ANALOGIQUE NUMERIQUE

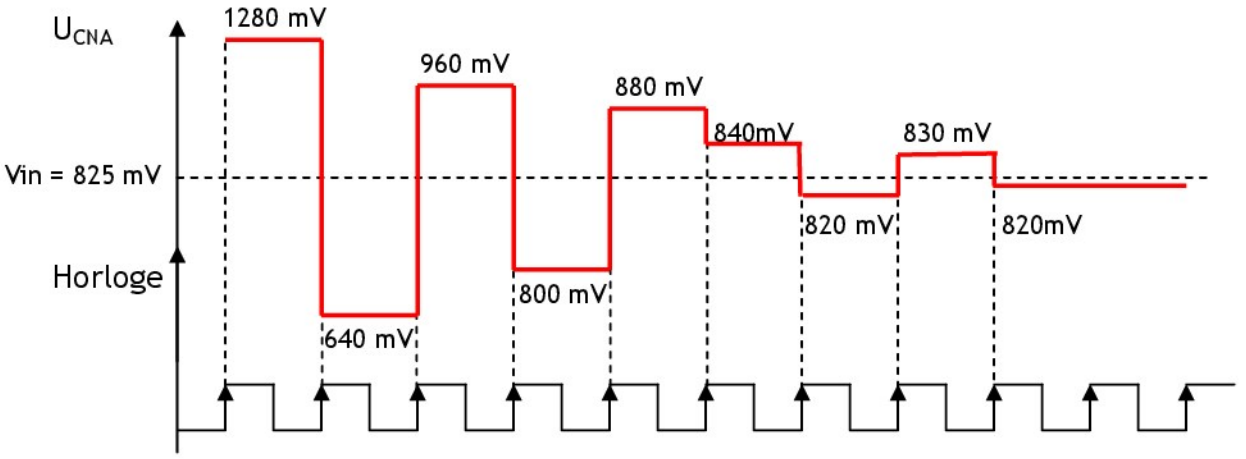
2- CAN à approximations successives :

2.3- Exemple de Conversion :

Soit à convertir par exemple, une tension Vin = 825 mV. Le CNA a une résolution K=10 mV.

Donc U_{CNA} = K. N. Après un fond montant du signal START, le signal EOC passe à zéro, indiquant le début de la conversion. A la fin de la conversion, le signal E.O.C passe à 1.

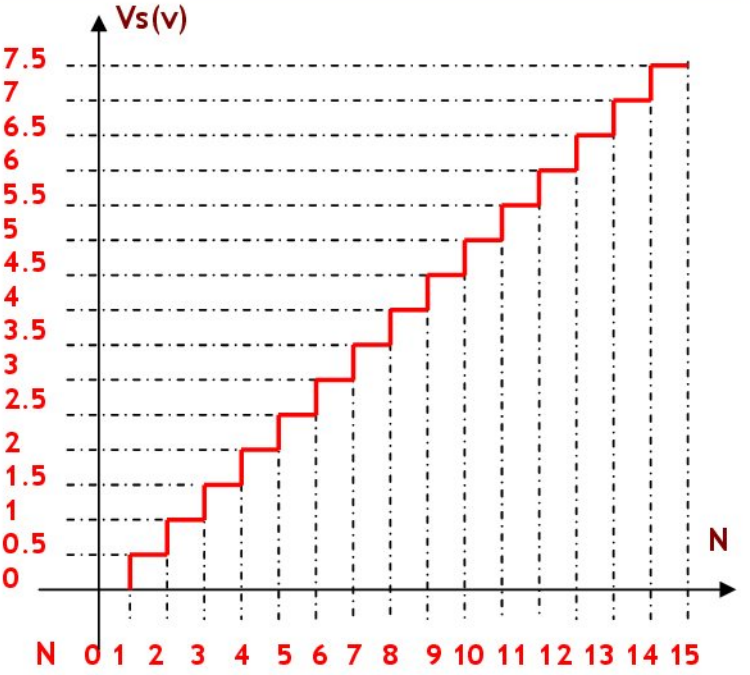
horloge	N	U_{CNA} = 10. N	comparaison
1ère impulsion	$1000.0000_{(2)}$ =128	128 x10 = 1280 mV	Vin <U_{CNA} → N = 0000.0000
2ère impulsion	$0100.0000_{(2)}$ = 64	64 x10 = 640 mV	Vin >U_{CNA} → N = 0100.0000
3ère impulsion	$0110.0000_{(2)}$ = 96	96 x10 = 960 mV	Vin < U_{CNA} → N = 0100.0000
4ère impulsion	$0101.0000_{(2)}$ = 80	80 x10 = 800 mV	Vin > U_{CNA} → N = 0101.0000
5ère impulsion	$0101.1000_{(2)}$ = 88	88 x10 = 880 mV	Vin < U_{CNA} → N = 0101.0000
6ère impulsion	$0101.0100_{(2)}$ = 84	84 x10 = 840 mV	Vin > U_{CNA} → N = 0101.0000
7ère impulsion	$0101.0010_{(2)}$ = 82	82 x10 = 820 mV	Vin < U_{CNA} → N = 0101.0010
8ère impulsion	$0101.0011_{(2)}$ = 83	83 x10 = 830 mV	Vin > U_{CNA} → N = 0101.0010
9ère impulsion	Fin de conversion : le signal E.O.C passe à 1		
N = 0101.0010 N = 82 en décimal			U_{CNA} = 820 mV



CARACTERISTIQUES DES CONVERTISSEURS

Exemple 1 :

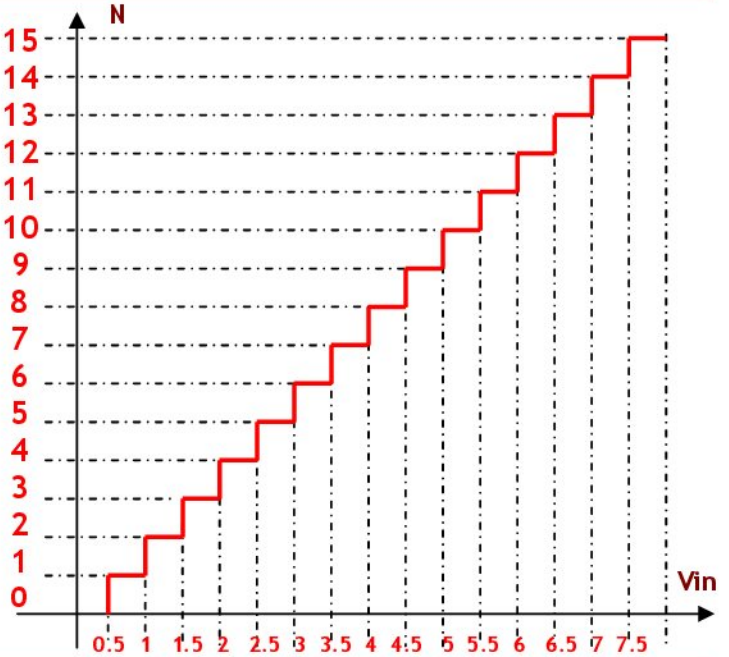
D	C	B	A	Vs
0	0	0	0	0 v
0	0	0	1	0.5 v
0	0	1	0	1 v
0	0	1	1	1.5 v
0	1	0	0	2 v
0	1	0	1	2.5 v
0	1	1	0	3 v
0	1	1	1	3.5 v
1	0	0	0	4 v
1	0	0	1	4.5 v
1	0	1	0	5 v
1	0	1	1	5.5 v
1	1	0	0	6 v
1	1	0	1	6.5 v
1	1	1	0	7 v
1	1	1	1	7.5 v



Exemple 2 :

Vin
0 v ≤ Vin < 0.5v
0.5 v ≤ Vin < 1v
1 v ≤ Vin < 1.5v
2 v ≤ Vin < 2.5v
2.5 v ≤ Vin < 3v
3 v ≤ Vin < 3.5v
4 v ≤ Vin < 4.5v
4.5 v ≤ Vin < 5v
5 v ≤ Vin < 5.5v
6 v ≤ Vin < 6.5v
6.5 v ≤ Vin < 7v
7.5 v ≤ Vin
Vin = 10 v

D	C	B	A
0	0	0	0
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	0	1
1	1	1	1
1	1	1	1



Exemple 3 :

N = 1001 Vs = 0.75 * 9 Vs = 6,75 V
N = 0110 Vs = 0.75 * 6 Vs = 4,50 V
N = 1111 Vs = 0.75 * 15 Vs = 11,25 V

Exemple 4 :

K = Vsmax / (2^8 - 1) = 20 / 255 = 78.43 mV Vs = K * N = 78.43 * N
N = 10010001 Vs = 78.43 * 145 Vs = 11372, 35 mV
N = 00010110 Vs = 78.43 * 22 Vs = 1725, 46 mV

Exemple 5 :

Vs = K * N N = 00010111 = 23 K = Vs / N = 1 / 23 = 43, 48 mV
Vsmax = K * Nsmax Nsmax = 11111111 = 255 Vsmax = 43, 48 * 255 = 11087, 4 mV

C.A.N interne du 16F877

5- Exemple d'utilisation :

Programme en assembleur :

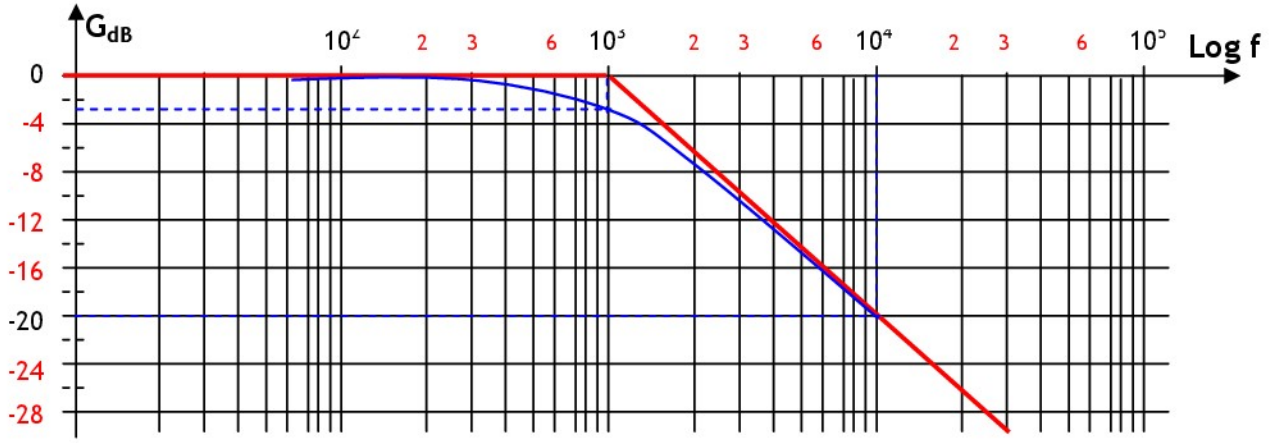
Toutes les lignes de sorties des **PORTs** sont mises à zéro.

```
        CLRF    PORTA
        CLRF    PORTE                   ; Mise à zéro des ports A et E
        ; Accès aux registres TRISx (Banque mémoire 1)
        BSF     STATUS, 5               ; RP0 = 1
        BCF     STATUS, 6               ; RP1 = 0
        ; Configuration des registres de directions
        MOVLW   B'11011111'
        MOVWF   TRISA                   ; Configuration du PORTA X X S E E E E E
        MOVLW   B'00000001'
        MOVWF   TRISE                   ; Configuration du PORTE 0 0 0 0 0 S S E
        ; Configuration du registre ADCON1 Page 1
        ; ADFM = 1 justification à droite du résultat
        ; PCFG 3:0 0100 => RE3:RE0 Type D comme Digitale
        ; => RA4 : D, RA3 : A comme Analogique
        ; => RA2 : D, RA1 : A et RA0 : A
        MOVLW   B'10000100'
        MOVWF   ADCON1                  ; valeur binaire 1 0 0 0 0 1 0 0
        ; Retour en banque mémoire 0
        BCF     STATUS, RP0             ; RP0 = 0
        BCF     STATUS, RP1             ; RP1 = 0
        ; Configuration du registre ADCON0 Page 0
        ; ADCS1 et ADSC0 = 1 0 Fréquence Max 20MHz
        ; ADON = 1 Mise en route du CAN
        ; 0 pour les autres bits

        MOVLW   B'10000001'
        MOVWF   ADCON0                  ; valeur binaire 1 0 0 0 0 0 0 1
        ; Conversion du canal RA3
        ; Sélection du canal 3 avec les bits CHS2, CHS1 et CHS0 : 0 1 1
        ; GO/DONE = 1 Lancement d'une conversion
        BCF     ADCON0, CHS2
        BSF     ADCON0, CHS1
        BSF     ADCON0, CHS0
        BSF     ADCON0, GO              ; Déclenchement de la conversion
ATT     BTFSC   ADCON0, GO_DONE         ; attendre la fin de conversion
        GOTO    ATT
        ; Fin de conversion, lecture du résultat
        MOVF    ADRESH, 0               ; Partie haute
        MOVWF   RES_HAUT, 1
        BSF     STATUS, RP1             ; Passage en page 1
        MOVF    ADRESL, 0               ; Partie basse
        BSF     STATUS, RP0             ; Passage en page 0
        MOVWF   RES_BAS, 1
```

LES FILTRES

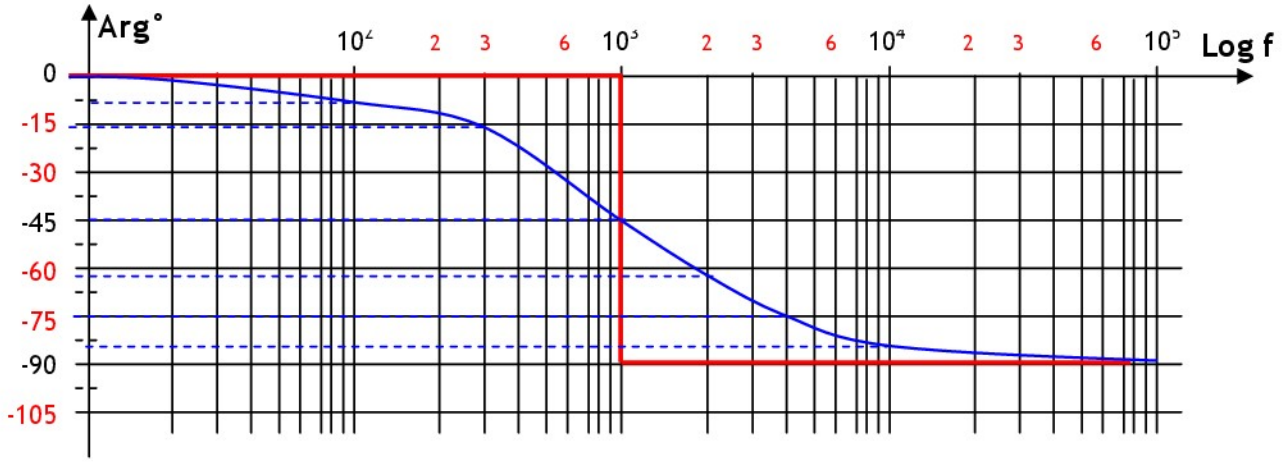
7- Le filtre passe bas :



Courbe de gain pour fc = 1000 Hz

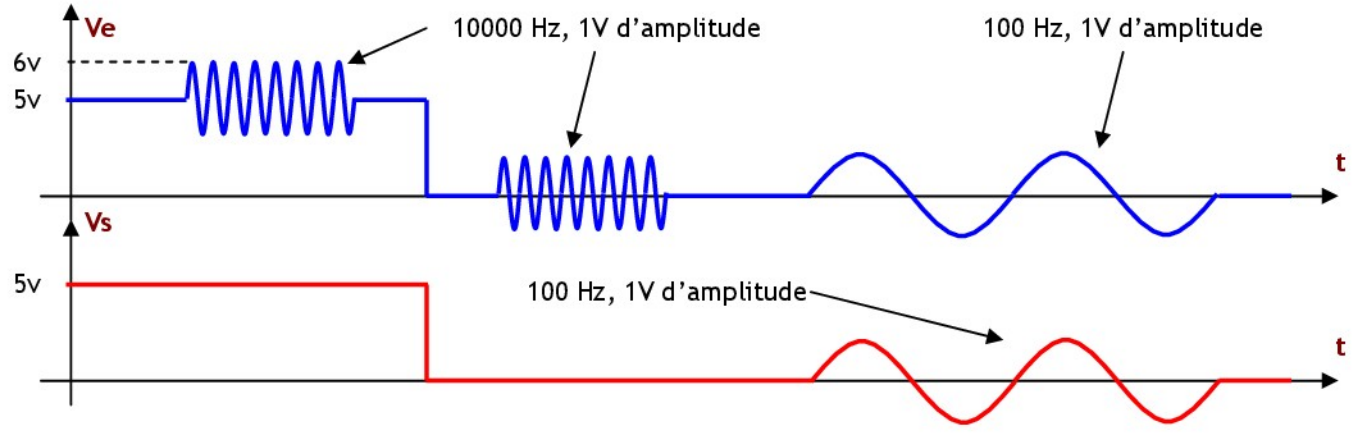
Bande passante = [0,1000 Hz] fréquence de coupure = 1000 Hz

Atténuation = -20 dB/décade

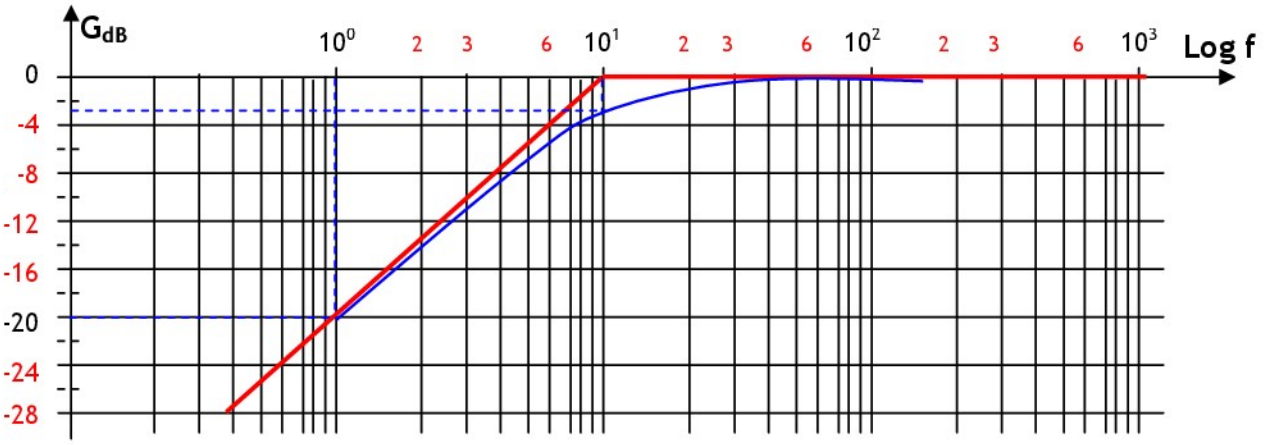


Courbe d'argument pour fc = 1000 Hz

Exemple de réponse :



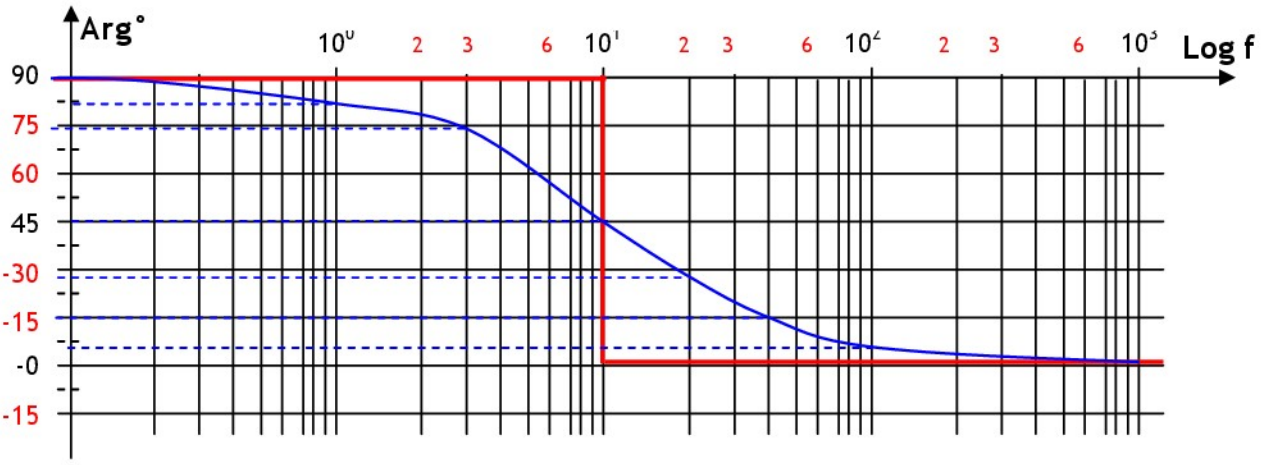
8- Le filtre passe haut :



Courbe de gain pour fc = 10 Hz

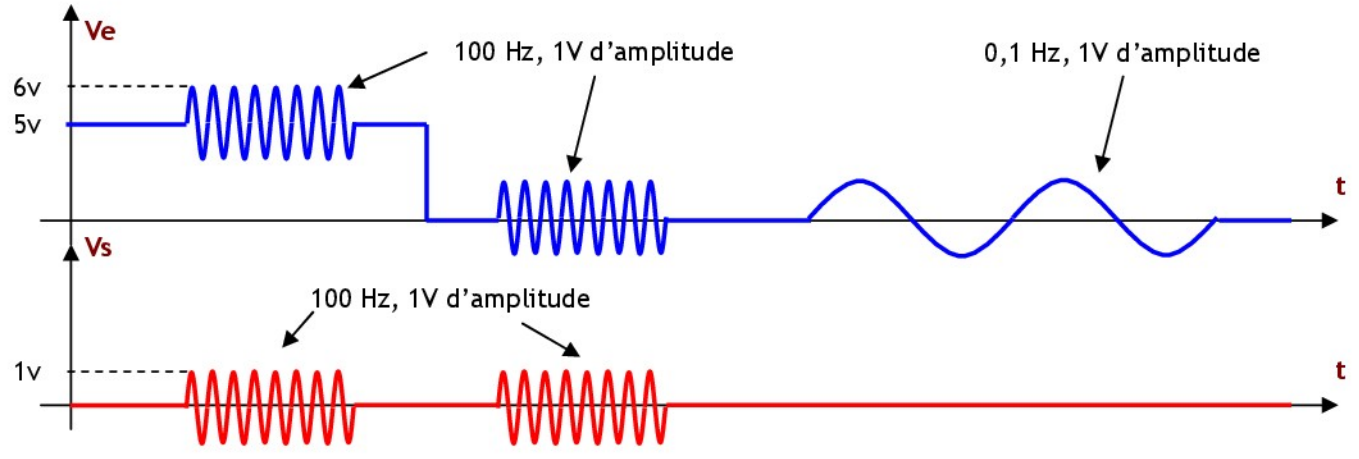
Bande passante = [10 Hz, + ∞[fréquence de coupure = 10 Hz

Atténuation = -20 dB/décade

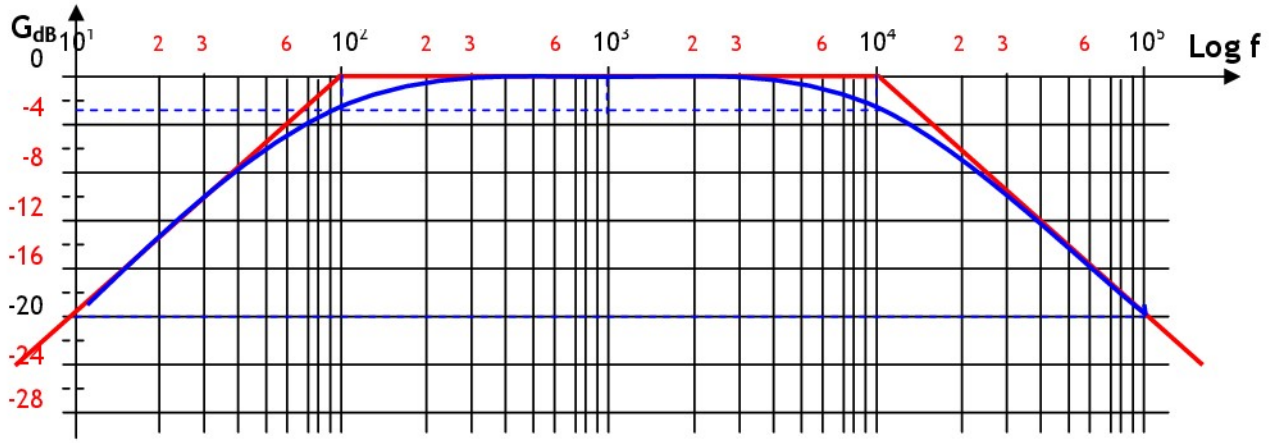


Courbe d'argument pour fc = 10 Hz

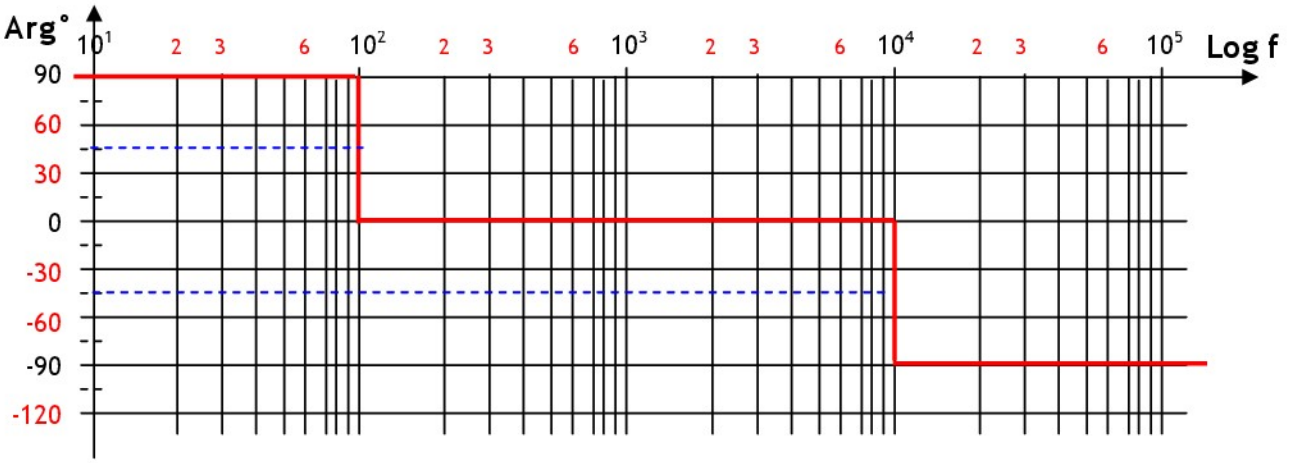
Exemple de réponse :



9- Le filtre passe bande :

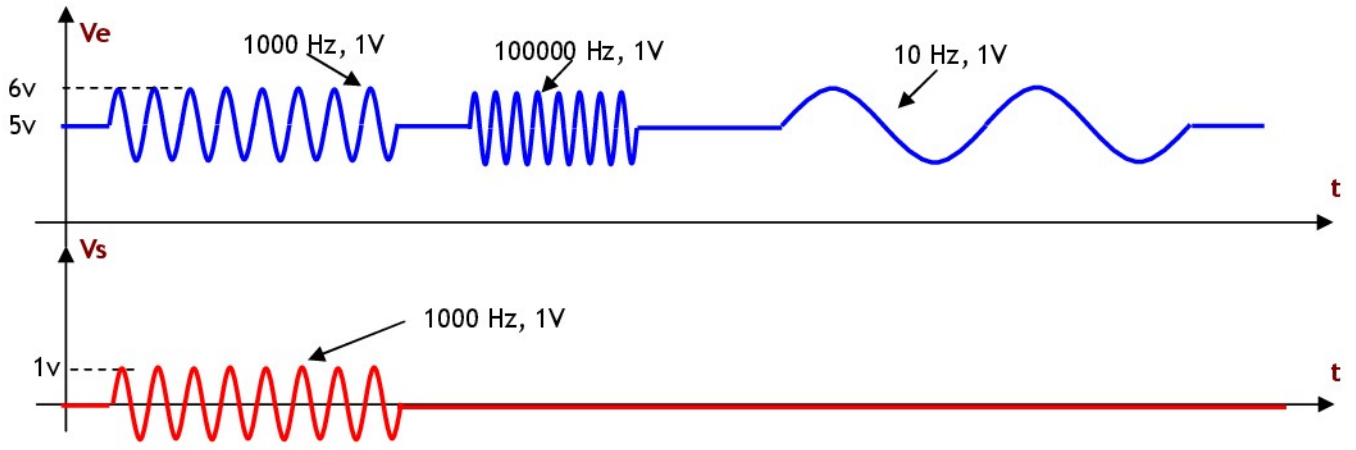


Courbe de gain pour f_1 = 10000 Hz et f_2 = 100 Hz
Bande passante = [100 Hz, 10000 Hz] Atténuation = -20 dB/décade
Fréquences de coupure : 100 Hz et 10000 Hz



Courbe d'argument f_1 = 10000 Hz et f_2 = 100 Hz

Exemple de réponse :



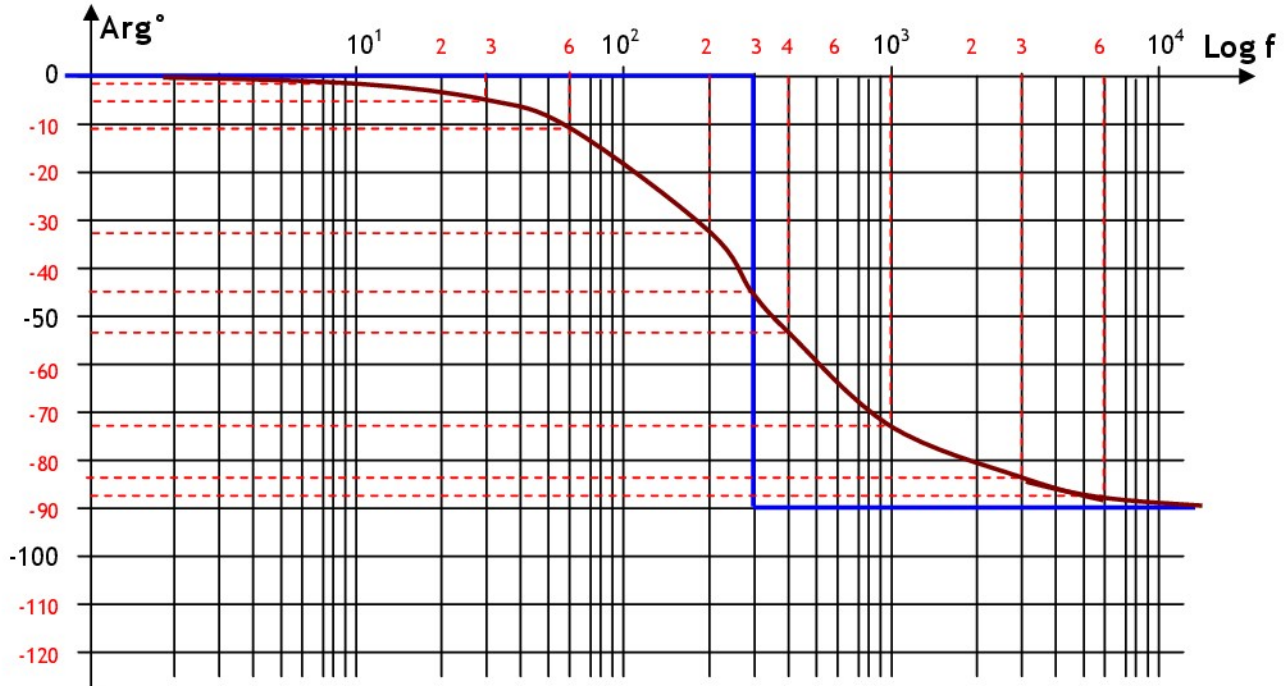
ETUDE D'UN FILTRE

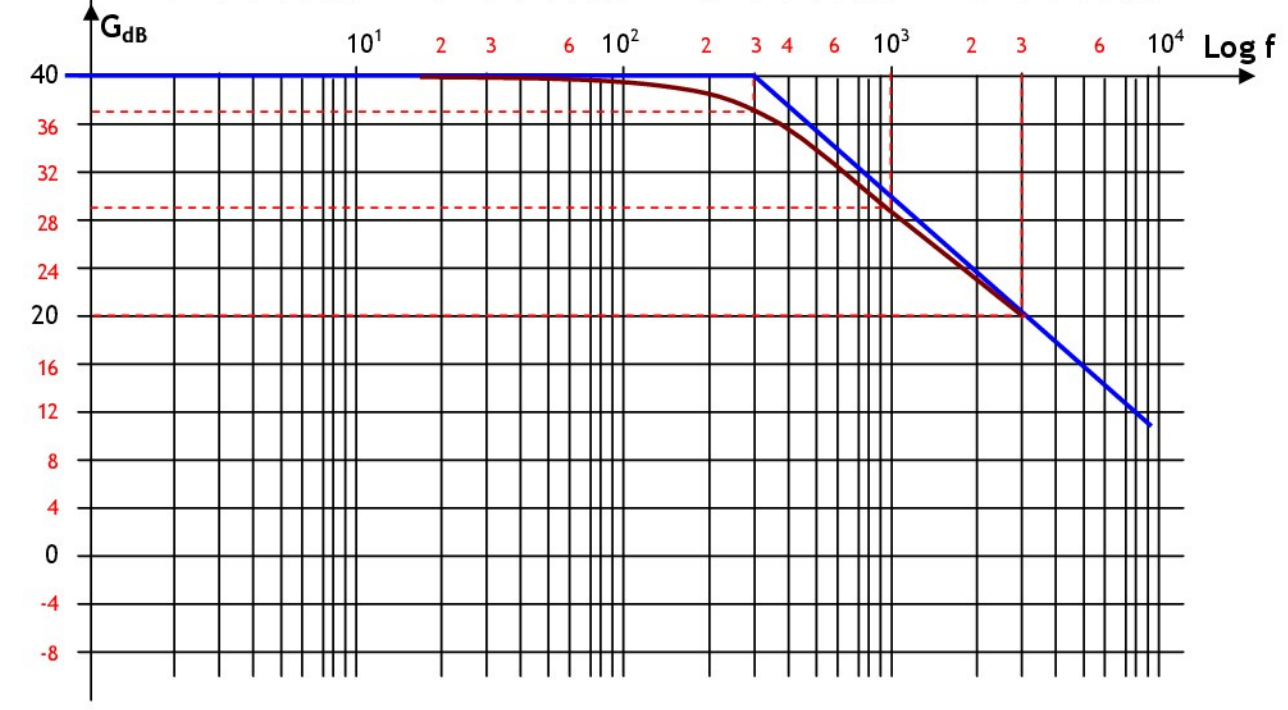
Etude pratique :

Question n°1 :

f(Hz)	10	20	30	60	100	200	300	400	600	1000	2000	3000	6000
Ve(mV)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vs(mV)	99.95	99.78	99.50	98.05	94.86	83.20	70.71	60.00	44.72	28.73	14.83	09.95	04.99
Arg(°)	-01.90	-03.81	-05.71	-11.31	-18.43	-33.69	-45.00	-53.13	-63.44	-73.30	-81.46	-84.29	-87.14
T	99.95	99.78	99.50	98.05	94.86	83.20	70.71	60.00	44.72	28.73	14.83	09.95	04.99
G(dB)	40	39,98	39,96	39,83	39,54	38,40	37	35,56	33	29,16	23,42	20	14

Question n°2 :





Question n°3 :

G_{max} = **40 dB**
G_{max} = 20 log T_{max} T_{max} = **exp (G_{max}x/20)** T_{max} = **100.**
Fréquence de coupure = **300 Hz** G (300) = G_{max} - **3dB = 37 dB**
Nature du filtre : Filtre passe bas
Bande passante = **[0,300Hz]**

Question n°4 :

Il y a amplification don le filtre est actif.

Etude théorique :

Question n°1 :

$$\underline{T}_1 = - \underline{Z}/R_1$$

$$\underline{T}_1 = T_{max}/ (1 + jf/f_0)$$

$$T_{max} = -R_2/R_1$$

$$f_0 = 1/2\pi R_2 C$$

Question n°2 :

$$\underline{T}_2 = - R/R$$

$$\underline{T}_2 = - 1$$

Question n°3 :

$$\underline{T} = \underline{Vs} / \underline{Ve} = (\underline{Vs} / \underline{V}). (\underline{V} / \underline{Ve})$$

$$\underline{T} = \underline{T}_1 . \underline{T}_2$$

Question n°4 :

$$\underline{T} = -T_{max}/ (1 + jf/f_0) \qquad \underline{T} = (R_2/R_1) / (1 + jf/ f_0)$$

$$f_0 = 1/2\pi R_2 C = 300 \text{ Hz} \qquad (R_2/R_1) = 100$$

$$\underline{T} = 100 / (1 + jf/300)$$

Question n°5 :

$$T = |\underline{T}| = 100/ \sqrt{(1 + f^2/ f_0^2)}$$

Question n°6 :

$$G = 20. \text{Log} (T) = 20. \text{Log} (100/ \sqrt{(1 + f^2/ f_0^2)}) = 20. \text{Log} (100) - 10. \text{Log} (1 + f^2/ f_0^2)$$

$$G = 40 - 10. \text{Log} (1 + f^2/ f_0^2)$$

$$Arg(\underline{T}) = Arg(100) - Arg(1 + jf/f_0) = - Arctg(f/f_0)$$

Question n°7 :

$$G(300) = 40 - 10.\ Log(1 + 300^2/300^2) = 40 - 10.\ Log(2) = 37\ dB$$

Question n°8 :

Voir courbe de gain

Réponse à un signal carré :

Question n°1 :

$$T = 25\ \mu S \qquad f = 1/T \qquad f = 40\ Khz$$

Question n°2 :

$$Ve_{moy} = 15 .20/25 \qquad Ve_{moy} = 12\ v$$

Question n°3 :

Ve (0 Hz) : **La valeur moyenne**
Ve (40 KHz) : **La fondamentale**
Ve (80,120, 160 KHz) : **Les harmoniques**

Question n°4 :

Fréquence	0 Hz	40 KHz	80 KHz	120 KHz	160 KHz
Amplitude	12 mv	4 mv	3 mv	2 mv	0,5 mv

Question n°5 :

Fréquence	0 Hz	40 KHz	80 KHz	120 KHz	160 KHz
Amplification	100	0,75	0,38	0,25	0,19
Amplitude (1)	1200 mv	3 mv	1,14 mv	0,5 mv	0,095 mv
Gain	40 dB	-2,50 dB	-8,40 dB	-12,04 dB	-14,42 dB
Argument	0°	-89,57°	-89,78°	-89,86°	-89,89°

Question n°6 :

Vs = 1200 mv = 1,2 v