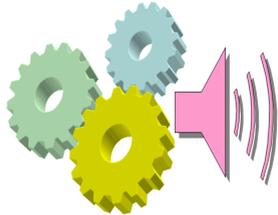




ROYAUME DU MAROC

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°4 :

Systeme d'irrigation



Sciences et Technologies Électriques Niveau 2

Professeur : **MAHBAB**



Le dossier comporte au total 39 pages :

Sujet : Système d'irrigation

☞ 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) ;

DRES XX

+ **Pages 05 à 10** : Documents ressources portant la mention

DREP XX

+ **Pages 11 à 16** : Documents réponses portant la mention

16 pages

Unité A.T.C

Fiches cours :

- Fiche cours n°16 : **Capteurs de niveau**
- Fiche cours n°17 : **Convertisseur analogique numérique**
- Fiche cours n°18 : **Les filtres**

11 pages

Activités :

- Activité n°10 : **Utilisation du CAN interne du PIC 16 F 877**
- Activité n°11 : **Étude d'un filtre**

10 pages

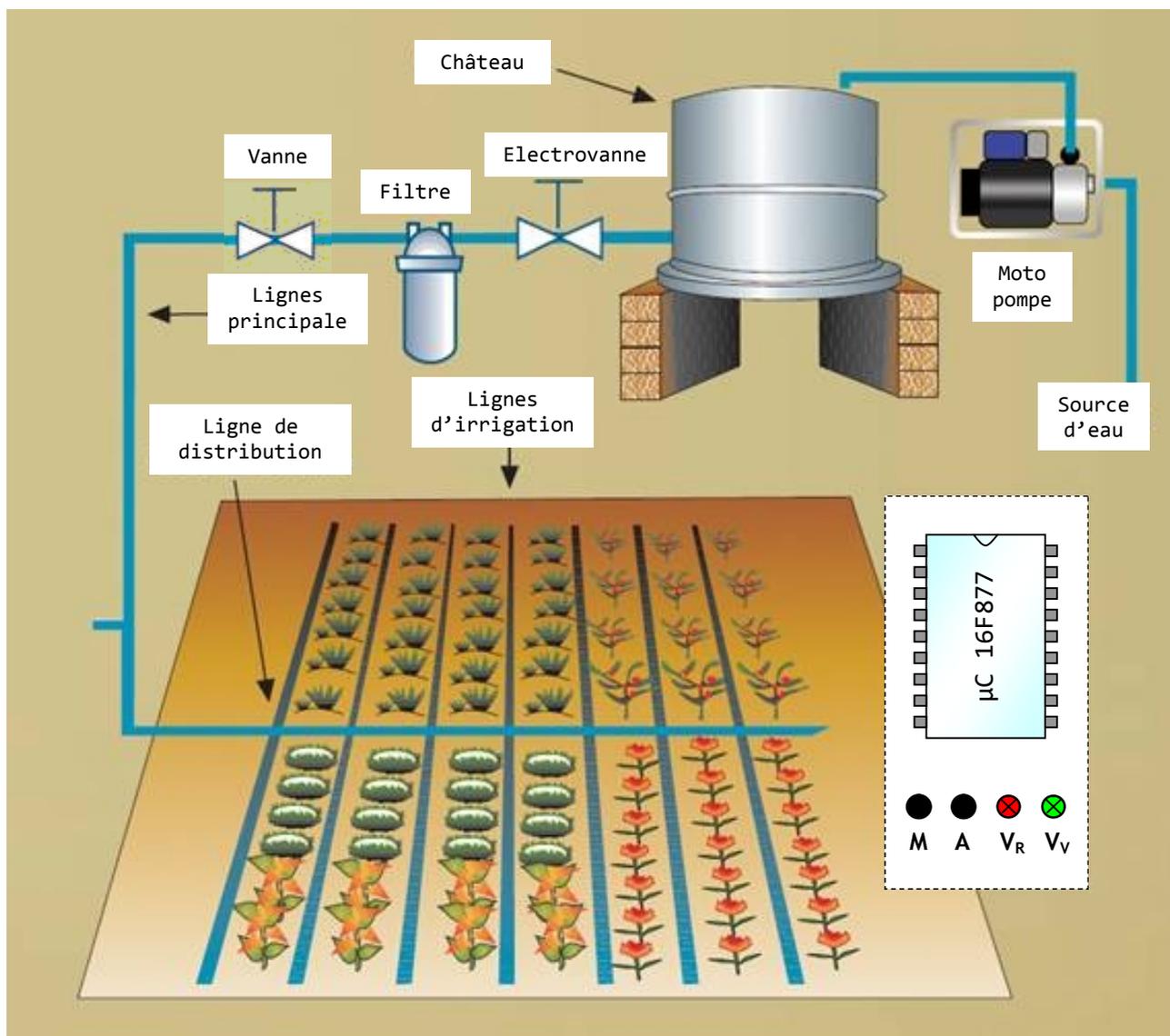
SYSTÈME D'IRRIGATION

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. PRÉSENTATION DU SYSTÈME :



Le système sujet de cette étude, comporte :

- Un réservoir cylindrique de hauteur maximale égale à 3 m et diamètre égal à 5 m, pouvant contenir jusqu'à 60 m³ ;
- 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 ;

2 STE	Lycée Qualifiant Technique Mohammedia Prof : MAHBAB	S.I
Système n°4	Système d'irrigation	Page 2/16

- Deux voyants lumineux V_R et V_V pour signaler l'état de la pompe (château) ;
- Un bouton poussoir M pour la mise en marche du système ;
- Un bouton poussoir A pour la mise en arrêt du système ;
- Le système est piloté par le microcontrôleur **16 F 877**.

3. FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME :

Pour assurer une irrigation par drainage, le niveau d'eau dans le château doit être supérieur à **0,5 m** - à cause de la chute de pression dans les tuyaux de distribution - et inférieur ou égal à **2,5 m** - hauteur du château-.

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

- Si le niveau $< 0,5$ m, on démarre la pompe et on ferme l'électrovanne Ev_1 (pas de drainage) ;
- Si le niveau $\geq 2,5$ m, on arrête la pompe et on ouvre l'électrovanne Ev_1 (drainage possible).

Pendant le remplissage du château d'eau :

- Le voyant rouge ' V_R ' est allumé ;
- Le voyant vert ' V_V ' est éteint.

Lorsque le château est rempli :

- Le voyant rouge ' V_R ' est éteint ;
- Le voyant vert ' V_V ' est allumé.

Pour démarrer l'irrigation du champ, l'utilisateur doit ouvrir manuellement la vanne V_2 .

SEV 1

ÉTUDE FONCTIONNELLE DU SYSTÈME

RESSOURCES À EXPLOITER : DRES 01 page 05,
'Description' et 'Fonctionnement' pages 01 et 02.

Tâche 1

Analyse fonctionnelle globale

☞ Répondre sur le document DREP 01 page 11

1. Compléter le schéma **synoptique** du système ;
2. Compléter l'actigramme **A-0** du système.

Tâche 2

Analyse fonctionnelle structurelle

3. Sur le document DREP 01 page 11, compléter la **chaîne fonctionnelle** en précisant les organes matérialisant les solutions constructives utilisées dans ce système.

SEV 2

ÉTUDE DE LA CHAÎNE D'ACQUISITION

RESSOURCES A EXPLOITER : DRES 01, 02 pages 05 et 06

Tâche 1

Étude de la sonde de pression

☞ Répondre sur le document DREP 02 page 12

4. Calculer les coefficients **a** et **b** ;
5. Exprimer **i** en fonction de **L** ;

6. Calculer la valeur maximale de la charge R_c ;
7. Donner l'expression de U en fonction du niveau L (m), pour $R_c = 180 \Omega$;
8. En déduire la sensibilité du montage $s = dU/dL$ en mV/cm.

Tâche 2

Étude de l'amplificateur

☞ Répondre sur le document DREP 02 page 12

9. Donner l'expression de V_{S1} en fonction U ;
10. En déduire l'expression de V_{S1} en fonction de L (le niveau dans le réservoir) ;

☞ Répondre sur le document DREP 03 page 13
11. Calculer R_2 pour avoir une sensibilité s de 19,61mV/Cm ;
12. Donner l'expression de V_{S2} en fonction de V_{S1} et E ;
13. Quelle est la valeur de la tension E pour avoir $V_{S2} = 19,61.L$ (mV) ;
14. Compléter le tableau du document DREP 03.

Tâche 3

Étude du Convertisseur analogique numérique

Il s'agit d'un convertisseur analogique numérique à approximations successives 8 bits.

☞ Répondre sur le document DREP 03 page 13

15. Donner l'expression de N en fonction de V_{S3} ;
16. En déduire la valeur de q la résolution du CAN ;
17. Compléter le tableau du document DREP 03, sachant que $V_{S3} = V_{S2}$.

Tâche 4

Étude du filtre RC

☞ Répondre sur le document DREP 04 page 14

18. Donner l'expression de la fonction de transfert \underline{T} du filtre ;
19. Donner l'expression du module T de \underline{T} ;
20. Calculer les limites de T lorsque f tend vers 0 et lorsque f tend vers ∞ ;
21. En déduire la nature du filtre ;
22. Donner la définition de la fréquence f_c de coupure à -3dB puis son expression pour le filtre étudié ;
23. Application numérique : $C = 47 \mu F$, $R = 10 k\Omega$. Calculer la fréquence de coupure f_c et l'amplification maximale T_0 ;

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 :

$$V_{S2}(t) = V_0 + V_1(t) + V_2(t) ;$$

$$V_1(t) = \hat{U}_1 \sin(2\pi f_p t) \text{ et } V_2(t) = \hat{U}_2 \sin(4\pi f_p t) ;$$

$$\text{Avec } V_0 = 3 \text{ V, } \hat{U}_1 = 0,1 \text{ V, } \hat{U}_2 = 0,1 \text{ V et } f_p = 50 \text{ Hz}$$

24. Pour $V_{S2}(t) = V_0$, calculer la tension $V_{S3}(t)$ correspondante ;
25. Pour $V_{S2}(t) = \hat{U}_1 \sin(2\pi f_p t)$, calculer l'amplitude de la tension $V_{S3}(t)$ correspondante ;
26. Pour $V_{S2}(t) = \hat{U}_2 \sin(4\pi f_p t)$, calculer l'amplitude de la tension $V_{S3}(t)$ correspondante ;
27. Pour $V_{S2}(t) = V_0 + \hat{U}_1 \sin(2\pi f_p t) + \hat{U}_2 \sin(4\pi f_p t)$, que pouvez vous dire de la tension $V_{S3}(t)$.

SEV 3

ÉTUDE PARTIELLE DU PROGRAMME DE FONCTIONNEMENT

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

Pages 05, 07, 08, 09 et 10

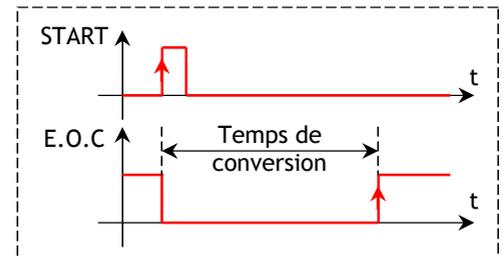
Tâche 1

Utilisation du Convertisseur analogique numérique

Répondre sur le document DREP 05 page 15

28. Compléter l'organigramme du sous programme 'CONVERSION' qui permet de :

- Génère une impulsion START de faible durée ;
- Attendre la fin de la conversion ;
- Mettre le résultat dans le registre de travail W.



29. Compléter le sous programme 'CONVERSION'.

Le pic 16 F 877 effectue les opérations suivantes :

- Acquérir le niveau dans le réservoir, grâce au CAN ;
- Comparer le niveau acquis avec les niveaux 0,5 m et 2,5 m ;
- Si le niveau acquis est inférieur à 0,5 m :
 - Fermer KM et KR ;
 - Ouvrir KEV et KV.
- Si le niveau acquis est supérieur à 2,5 m :
 - Ouvrir KM et KR ;
 - Fermer KEV et KV.

30. Compléter l'organigramme de contrôle de niveau ;

31. Compléter le programme de contrôle de niveau.

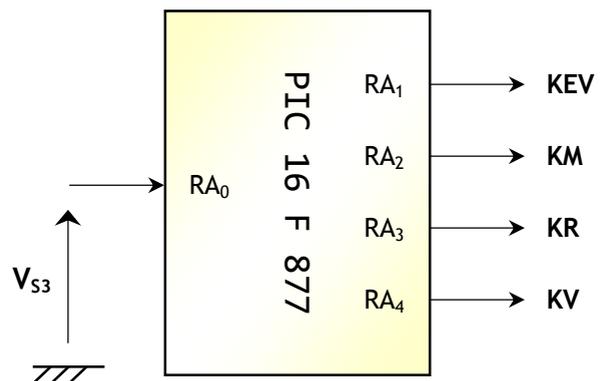
Tâche 2

Utilisation du C.A.N interne du PIC 16 F 877

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 :

- $V_{REF}^+ = V_{DD} = 5\text{ v}$ et $V_{REF}^- = V_{SS} = 0\text{ v}$;
- Le PIC travaille avec une fréquence Max de 20MHz ;
- La vitesse de conversion est $F_{OSC}/32$;
- Justification à gauche du résultat ;
- Le résultat de conversion est sur 8 bits (lecture de ADRESH).



Répondre sur le document DREP 06 page 16

32. Donner l'expression de $N = f(V_{S3})$;

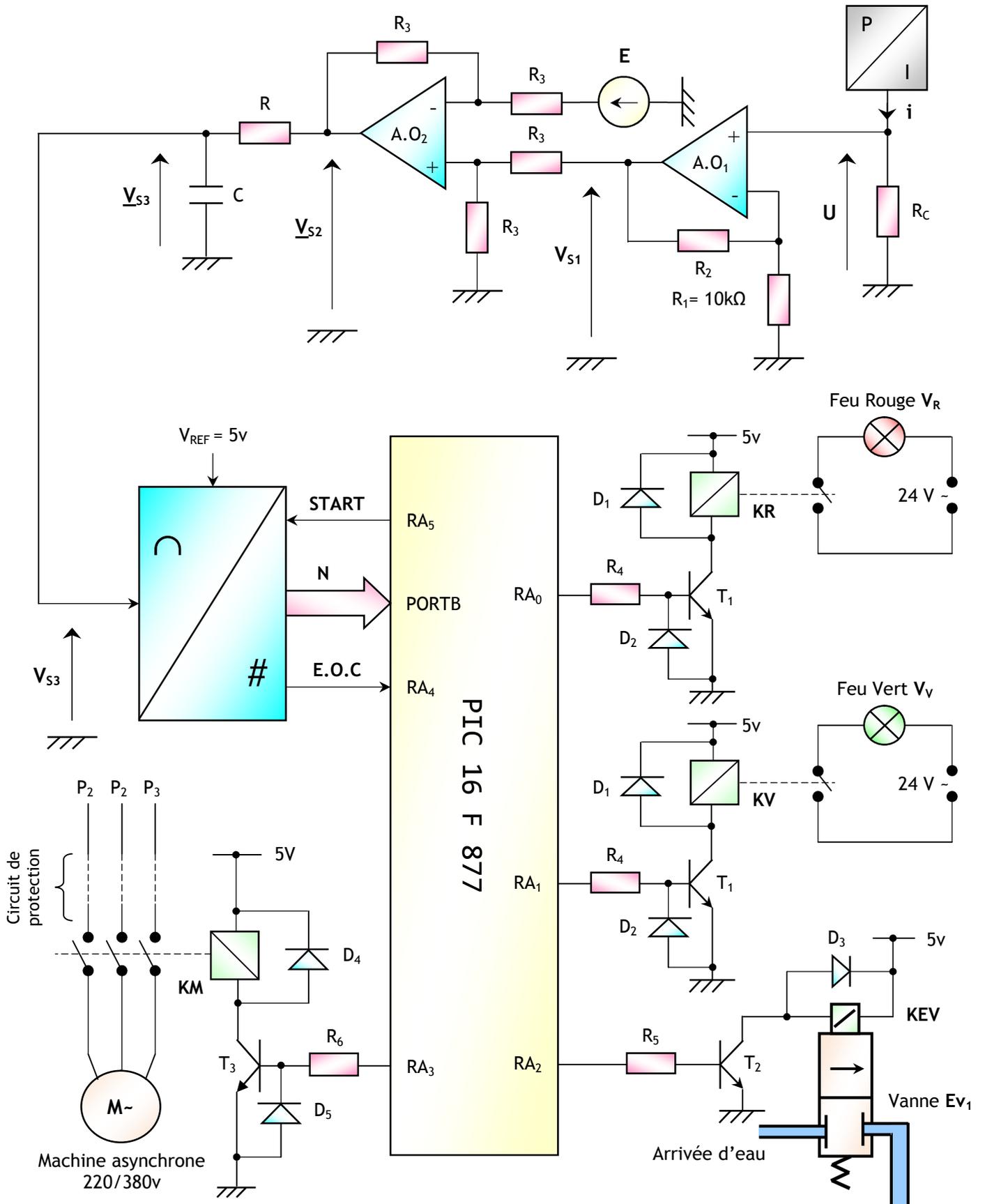
33. Calculer la résolution q du C.A.N interne du 16 F 877 et donner l'expression de $N = f(q)$;

34. Compléter le programme d'initialisation du 16 F 877 ;

35. 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.

DRES 01

Circuit global de pilotage du système



DRES 02

Caractéristiques de la sonde de pression

1. La sonde de niveau 40.4391 :

La sonde de niveau de type 4391 est utilisée pour la mesure de niveau et de remplissage dans des liquide. Elle possède un capteur capacitif en céramique.

La pression est convertie en un signal électrique.

Étendue de mesure : De 0 à 0,25 bar

Sortie :

Tension : 0,5 à 4,5 V Charge $\geq 10 \text{ k}\Omega$

Courant : 4 à 20 mA

Résistance de charge : $\leq (U_B - 12V)/0,02A$

Alimentation :

12 à 30 V (pour sortie 4 à 20 mA)

5 V \pm 0,5 V (pour sortie 0,5 à 4,5 V)

Tension nominale : 24 V

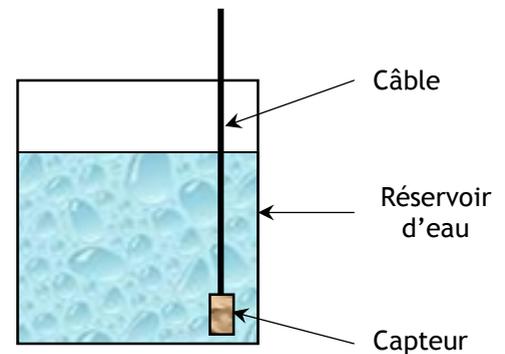
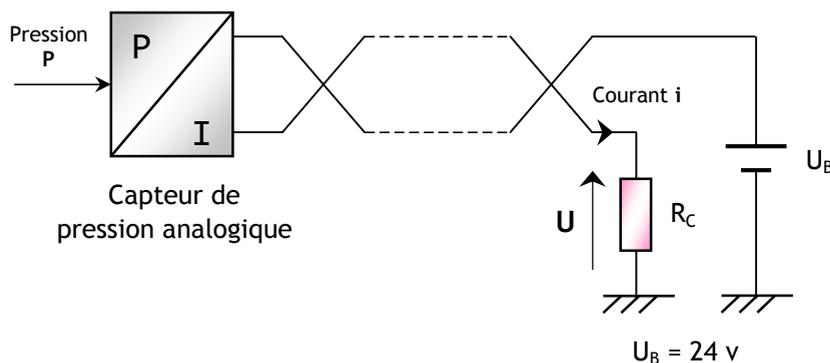
Position nominale :

Verticale suspendue au câble

Poids : 350 g sans câble

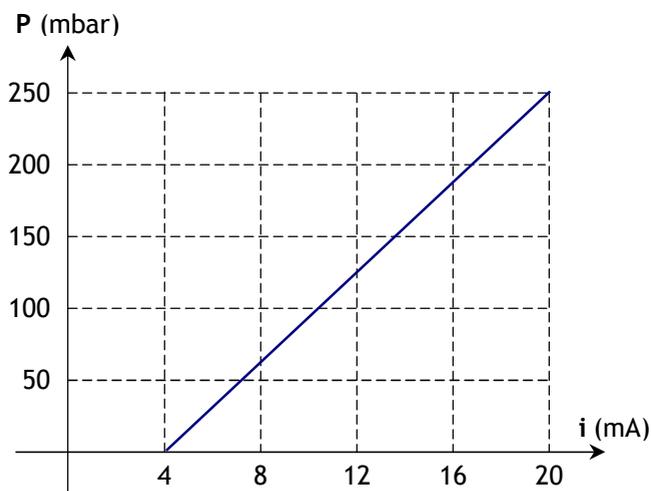


2. Montage la sonde 4391 (sortie courant):



Le capteur de niveau est suspendu au fond du réservoir

3. Caractéristique de la pression P en fonction du courant i :



La fonction est de la forme :

$$P(i) = a \cdot i + b$$

Pour la pression relative en pascal on donne :

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

Avec :

ρ : masse volumique du liquide ;

g : accélération de la pesanteur ;

L : niveau dans le réservoir.

Pour le liquide dans le réservoir on donne :

$$\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3;$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2.$$

Pour la pression :

$$1\text{bar} = 10^5 \text{ pascal.}$$

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 RP₀ (bit 5) et RP₁ (bit 6) du registre STATUS.

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

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

DRES 04

Jeu d'instruction du microcontrôleur 16F876

1. Jeu d'instruction :

Mnemonic, operands	Description	Cycles	14-bit opcode				Status affected	
			MSB		LSB			
BYTE ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS								
ADDWF	f, d	Add W and f	1	00	0111	dfff	ffff	C, DC, Z
ANDWF	f, d	AND W with f	1	00	0101	dfff	ffff	Z
CLRF	f	Clear f	1	00	0001	1fff	ffff	Z
CLRWF	-	Clear W	1	00	0001	0xxx	xxxx	Z
COMF	f, d	Complement f	1	00	1001	dfff	ffff	Z
DECF	f, d	Decrement f	1	00	0011	dfff	ffff	Z
DECFSZ	f, d	Decrement f, skip if 0	1(2)	00	1011	dfff	ffff	
INCF	f, d	Increment f	1	00	1010	dfff	ffff	Z
INCFSZ	f, d	Increment f, skip if 0	1(2)	00	1111	dfff	ffff	
IORWF	f, d	Inclusive OR W with f	1	00	0100	dfff	ffff	Z
MOVF	f, d	Move f	1	00	1000	dfff	ffff	Z
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
RRF	f, d	Rotate Right f through Carry	1	00	1100	dfff	ffff	C
SUBWF	f, d	Subtract W from f	1	00	0010	dfff	ffff	C, DC, Z
SWAPF	f, d	Swap nibbles in f	1	00	1110	dfff	ffff	
XORWF	f, d	Exclusive OR W with f	1	00	0110	dfff	ffff	Z
BIT ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS								
BCF	f, b	Bit clear f	1	01	00bb	bfff	ffff	
BSF	f, b	Bit set f	1	01	01bb	bfff	ffff	
BTFSC	f, b	Bit test f, skip if clear	1(2)	01	10bb	bfff	ffff	
BTFSS	f, b	Bit test f, skip if set	1(2)	01	11bb	bfff	ffff	
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

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) ;
- 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^{ème} et 6^{ème} bit du registre STATUS). Voir le document ressource **DRES 03**.

DRES 05

Caractéristiques du C.A.N interne du 16F877

1. Présentation :

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

- V_{REF+} peut être V_{DD} ou la broche RA₃ ;
- V_{REF-} peut être V_{SS} ou la broche RA₂.

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

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

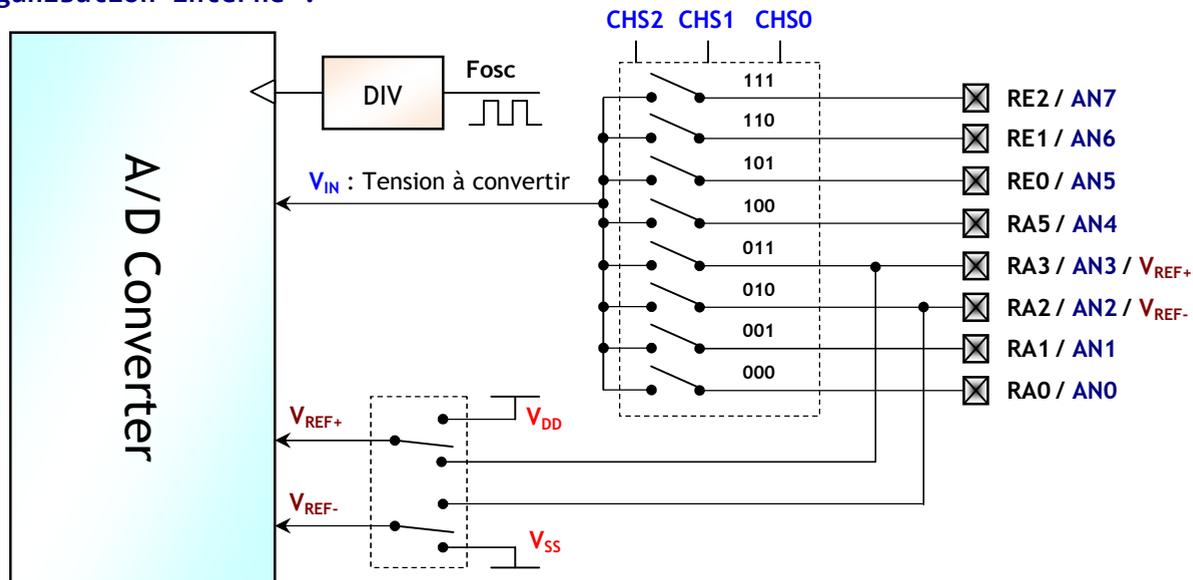
Une conversion commence toujours par la mise à **1** du bit **GO/DONE** du registre **ADCON0**. Lorsque la conversion est terminée ce bit repasse à **0**. La valeur résultante **N** de la conversion est le contenu de **ADRESH** : **ADRESL** est égale à :

$$N = \frac{V_{IN} - V_{REF-}}{V_{REF+} - V_{REF-}} \cdot 1023$$

Si V_{REF+} = V_{DD} = 5V et V_{REF-} = V_{SS} = 0V
 Alors : N = 1023 · $\frac{V_{IN}}{5}$

V_{DD} et V_{SS} sont les tensions d'alimentation du microcontrôleur PIC16 F 877.

2. Organisation interne :



3. Le Registre ADCON1 :

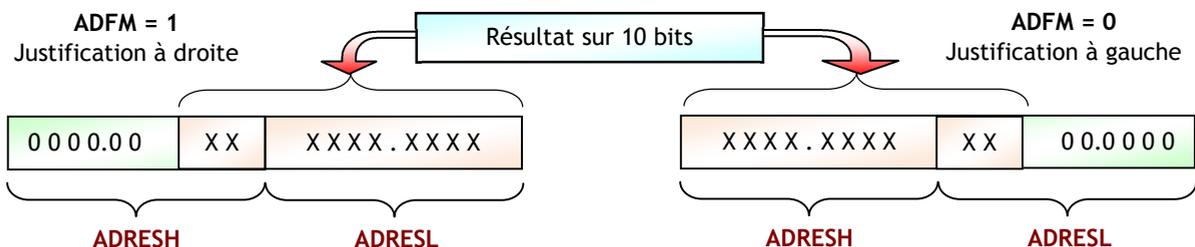
La configuration de ce registre ne dispense pas de configurer les registres de directions des PORTA et PORTE respectivement TRISA et TRISE.

ADFM	ADCS2	-	-	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
------	-------	---	---	-------	-------	-------	-------

BIT 7 : **ADFM - A/D Result Format Select bit -**

Ce bit permet de choisir le type de la justification

- ADFM = **1** : Le résultat sera justifié à droite;
- ADFM = **0** : Le résultat sera justifié à gauche.



BIT 6 : **ADCS2 - A/D Conversion Clock Select** - (voir BIT 7-6 de ADCON0)

BIT 3..0 : **PCFG 3..0 - A/D Port Configuration Control bits** -

Ces 4 bits permettent de choisir une configuration parmi les 16 proposées :

PCFG 3..0	RE2/AN7	RE1/AN6	RE0/AN5	RA5/AN4	RA3/AN3	RA2/AN2	RA1/AN1	RA0/AN0	V _{REF+}	V _{REF-}	CHAN
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	V _{DD}	V _{SS}	8/0
0001	A	A	A	A	V _{REF+}	A	A	A	RA3	V _{SS}	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	V _{DD}	V _{SS}	5/0
0011	D	D	D	A	V _{REF+}	A	A	A	RA3	V _{SS}	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	V _{DD}	V _{SS}	3/0
0101	D	D	D	D	V _{REF+}	D	A	A	RA3	V _{SS}	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	---	---	0/0
1000	A	A	A	A	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	V _{DD}	V _{SS}	6/0
1010	D	D	A	A	V _{REF+}	A	A	A	RA3	V _{SS}	5/1
1011	D	D	A	A	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	V _{DD}	V _{SS}	1/0
1111	D	D	D	D	V _{REF+}	V _{REF-}	D	A	RA3	RA2	1/2

A : Analog

D : Digital

4. Le Registre ADCON0 :

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

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

BIT 7-6 : **ADCS1, ADCS0 - A/D Conversion Clock Select** -

Ces 3 bits (ADCS1, ADCS0 et ADCS2 de ADCON1) permettent de choisir la vitesse de conversion :

ADCON1	ADCON0		Clock conversion
ADCS2	ADCS1	ADCS0	
0	0	0	FOSC/2
0	0	1	FOSC/8
0	1	0	FOSC/32
0	1	1	FRC (Oscillator RC interne)
1	0	0	FOSC/4
1	0	1	FOSC/16
1	1	0	FOSC/64
1	1	1	FRC (Oscillator RC interne)

BIT 5..3 : **CHS2, CHS1, 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	RA0/AN0
0	0	1	RA1/AN1
0	1	0	RA2/AN2
0	1	1	RA3/AN3
1	0	0	RA5/AN4
1	0	1	RE0/AN5
1	1	0	RE1/AN6
1	1	1	RE2/AN7

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** -

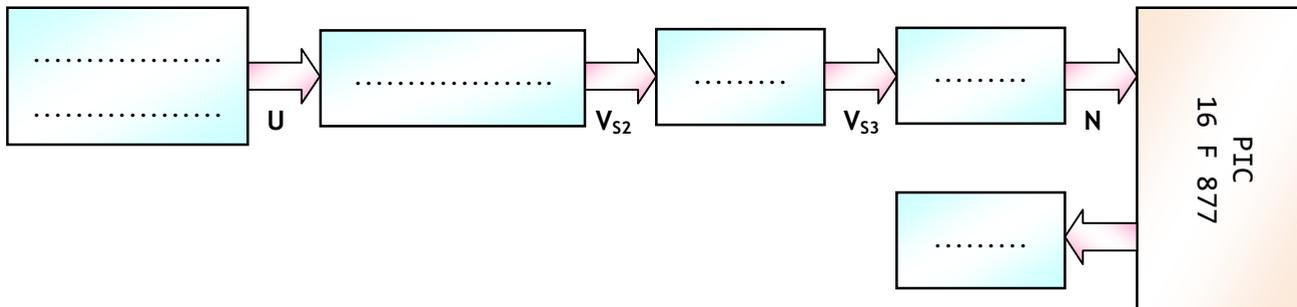
1 : Convertisseur A/N en service ;

0 : Convertisseur A/N en arrêt.

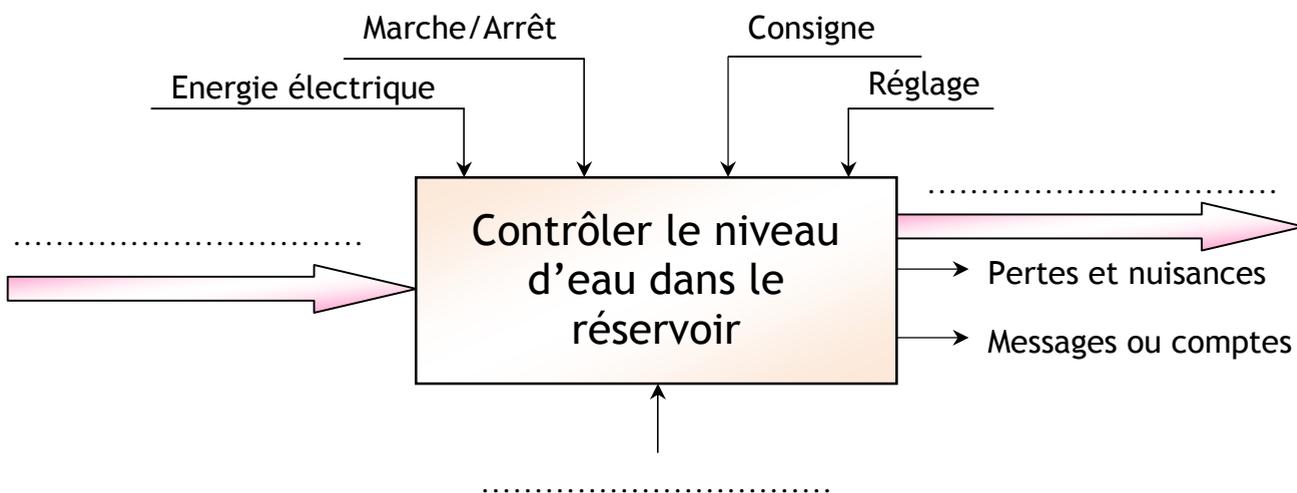
ANALYSE FONCTIONNELLE GLOBALE

DREP 01

Q.1:

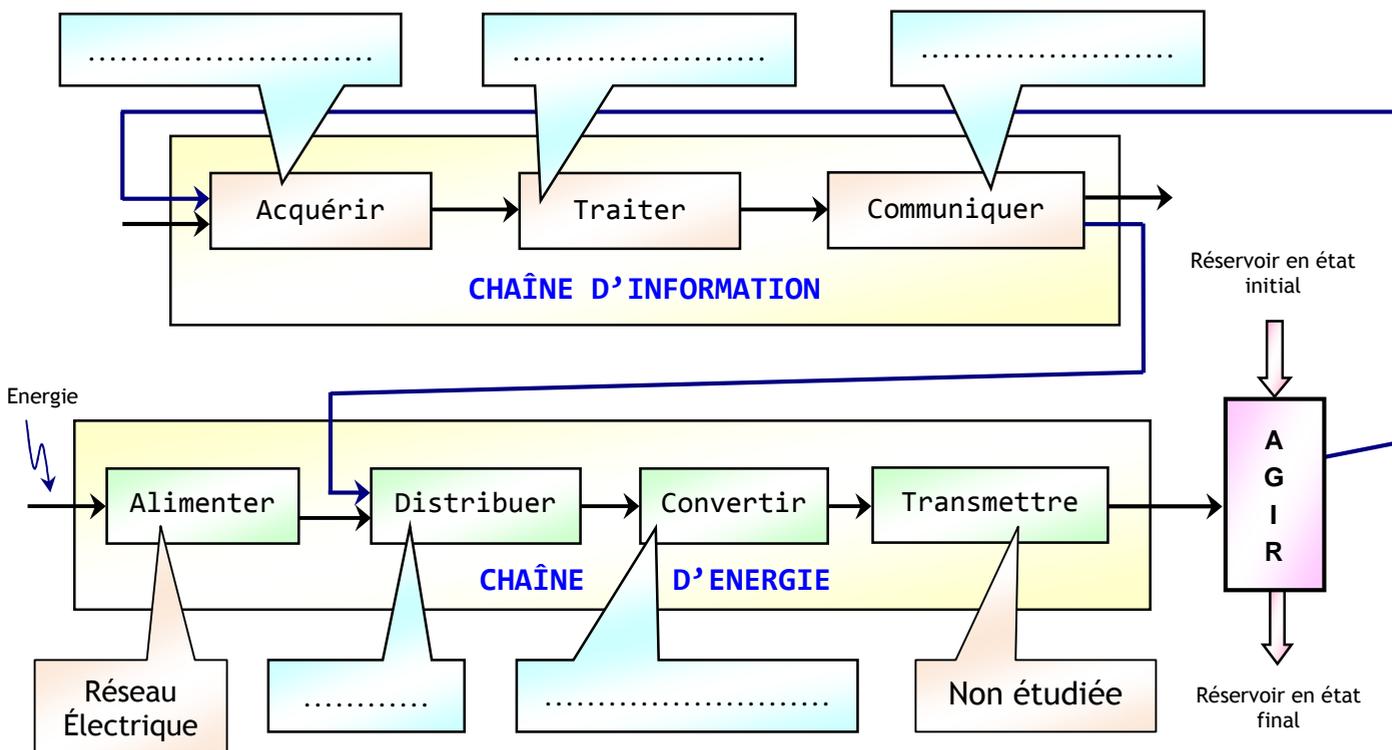


Q.2:



ANALYSE FONCTIONNELLE STRUCTURELLE

Q.3:



DREP 03

Q.11:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Q.12:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Q.13:

.....

.....

.....

.....

Q.14:

L (m)	U (mV)	V _{S1} (mV)	V _{S2} (mV)
0
0,5
1,5
2,5

ÉTUDE DU CONVERTISSEUR ANALOGIQUE NUMÉRIQUE

Q.15:

.....

.....

.....

Q.16:

.....

.....

Q.17:

L (m)	L (Cm)	N
0
0,5
1,5
2,5

ÉTUDE DU FILTRE

DREP 04

Q.18:

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

Q.19:

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

Q.20:

.....

Q.21:

.....

Q.22:

.....
.....

Q.23:

.....

Q.24:

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

Q.25:

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

Q.26:

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

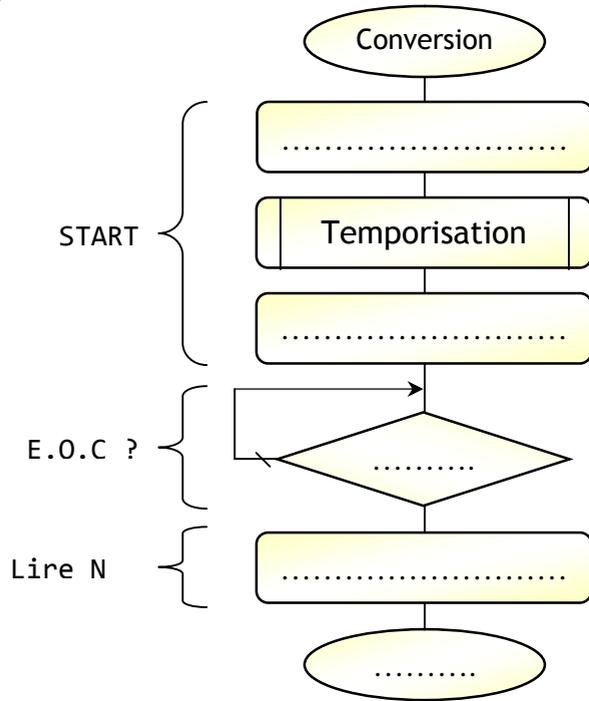
Q.27:

.....
.....

UTILISATION DU CONVERTISSEUR ANALOGIQUE NUMÉRIQUE

DREP 05

Q.28:



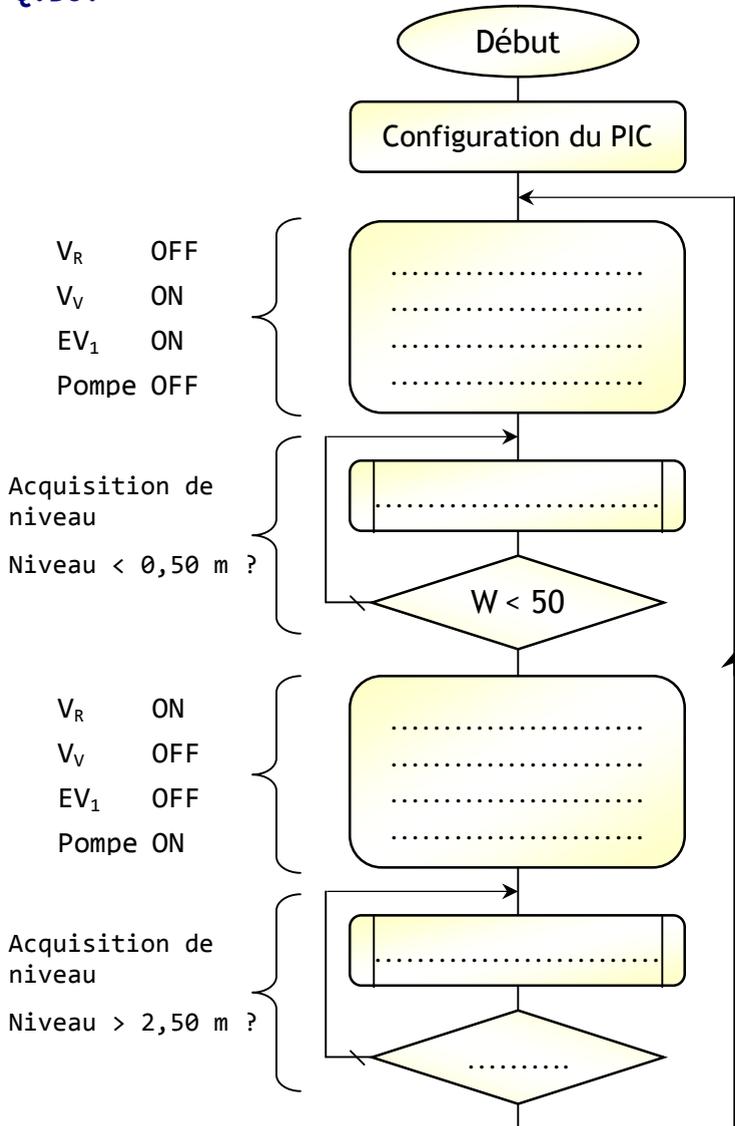
Q.29:

Conversion

LAB₁

Q.31:

Q.30:



LAB₂

LAB₃ CALL CONVERSION
 SUBLW D'50'
 BTFSC STATUS, C
 GOTO LAB₃

LAB₄

GOTO LAB₂

UTILISATION DU C.A.N INTERNE DU PIC 16 F 877

DREP 06

Q.32:

.....

Q.33:

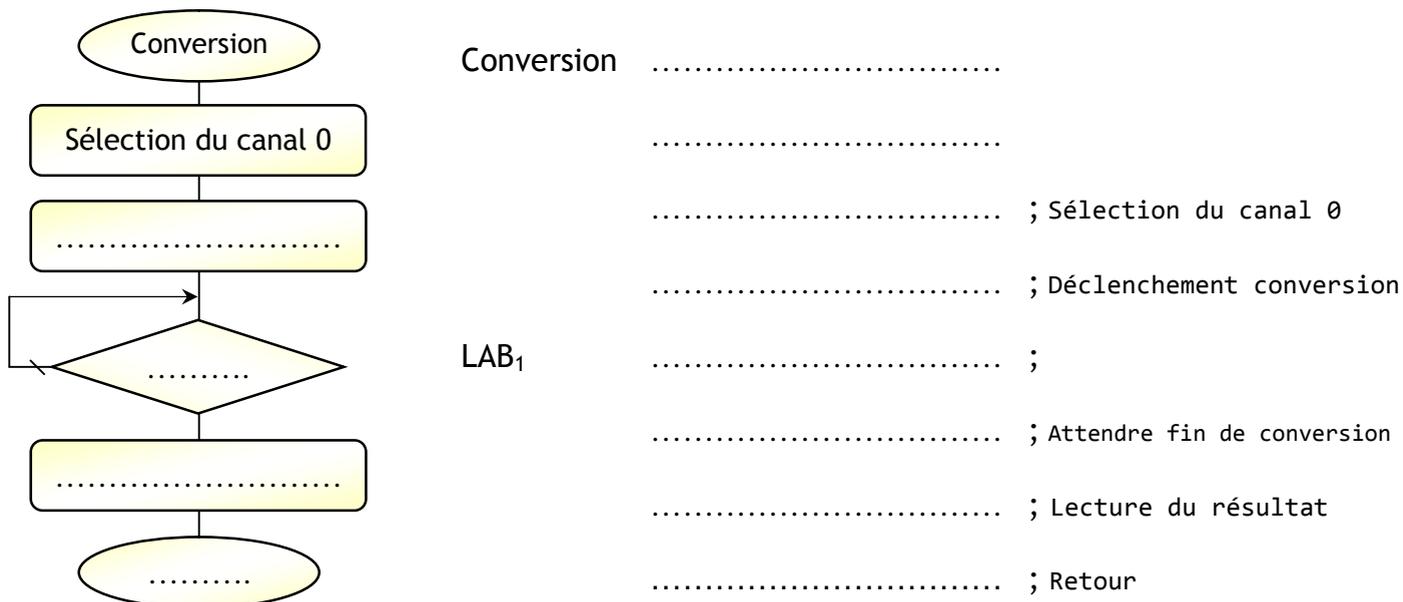
.....

Q.34:

```

..... ;
..... ; Accès aux registres TRISx (Banque mémoire 1)
..... ;
..... ; Configuration du PORTA
..... ;
..... ; Configuration du PORTE
..... ;
..... ; Configuration du registre ADCON1 (Banque mémoire 1)
..... ; Retour en banque mémoire 0
..... ; Configuration du registre ADCON0 (Banque mémoire 0)
..... ; Fréquence Max 20MHz et Mise en route du CAN
    
```

Q.35:



1. Capteur de pression :

Pour un liquide homogène donné, la pression relative au fond d'un 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.



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

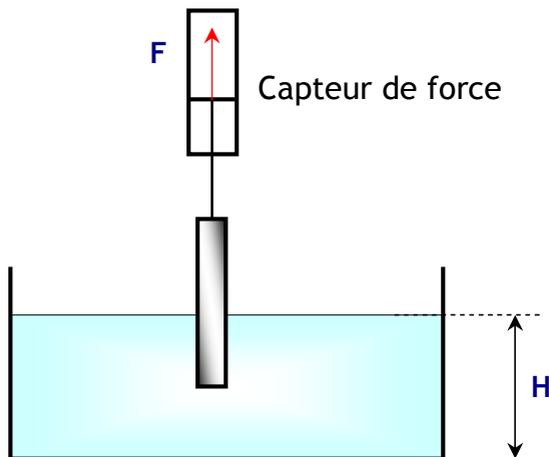
Avec:

- P : Pression en pascal ;
- ρ : Masse volumique du liquide ;
- g : Accélération de la pesanteur ;
- H : La hauteur du liquide.

2. 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 **H** du liquide.



Principe de mesure de niveau par plongeur

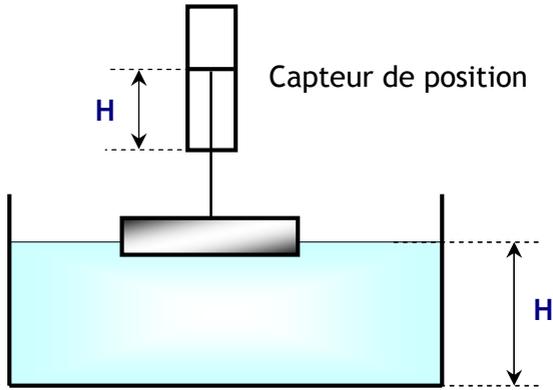
$$F = P - \rho.g.s.H$$

Avec :

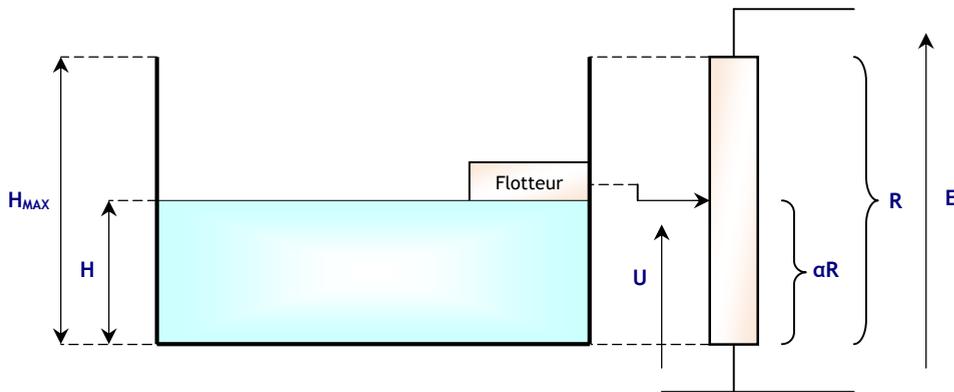
- P : le poids du plongeur ;
- s : sa section ;
- ρ : masse volumique du liquide ;
- g : accélération de la pesanteur ;
- H : La hauteur du liquide ;
- $\rho.g.s.H$: la poussée d'Archimède s'exerçant sur le volume immergé du plongeur.

3. Flotteur :

2.1. Principe :



2.2. Principe de mesure par flotteur et potentiomètre résistif :

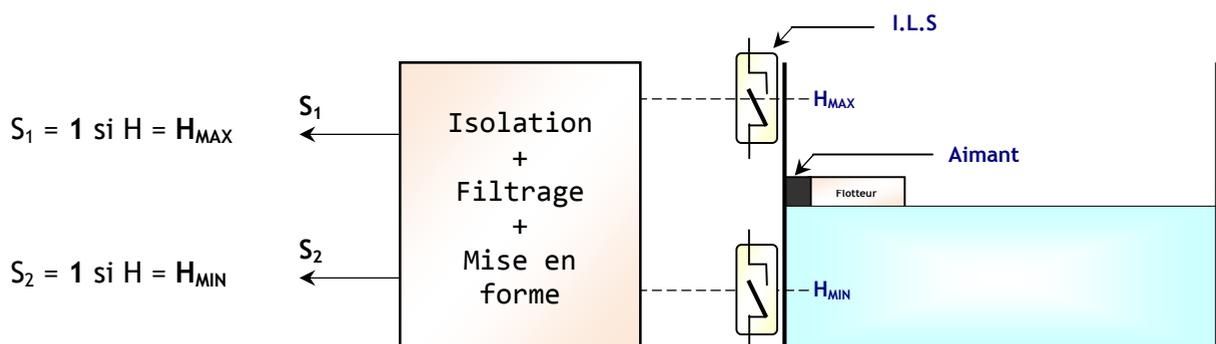


$$U = \frac{\alpha R}{R} \cdot E = \alpha E$$

$$U = \frac{H}{H_{MAX}} \times E$$

$$H = \frac{H_{MAX}}{E} \times U$$

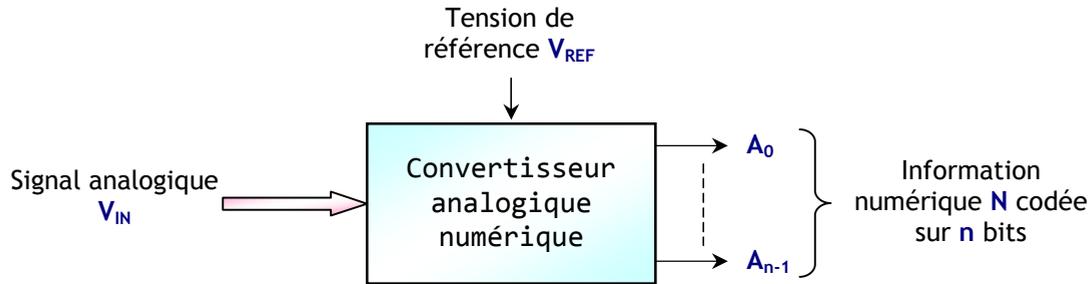
2.3. Principe de mesure par flotteur et détecteur magnétique :



1. Introduction :

1.1. Définition :

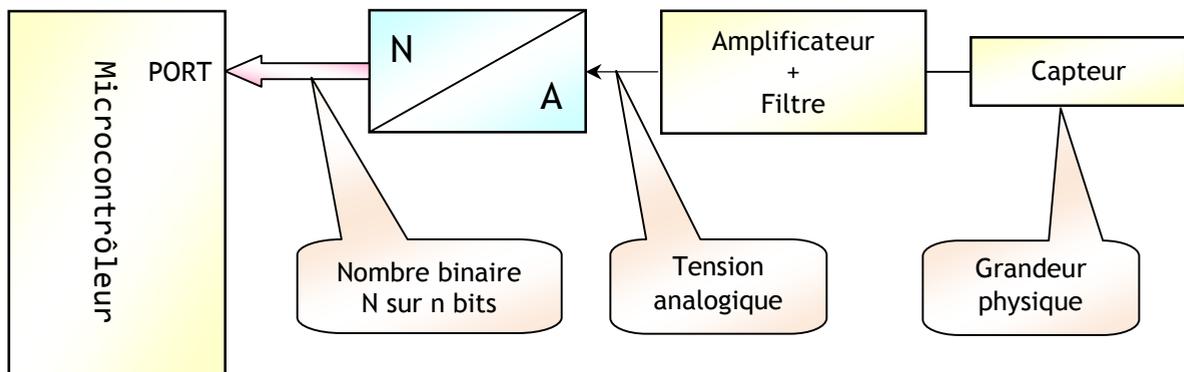
Un convertisseur analogique numérique (C.A.N ou A.D.C) reçoit une grandeur analogique (tension ou courant) et la transforme en une information numérique N codée sur n bits.



Le nombre N de sortie est rapporté à une autre tension, dite de référence.

$$\text{En général : } N = \frac{V_{IN}}{V_{REF}} \cdot (2^n - 1) = \frac{V_{IN}}{q} \text{ avec } q = \frac{V_{REF}}{2^n - 1}$$

1.2. But :

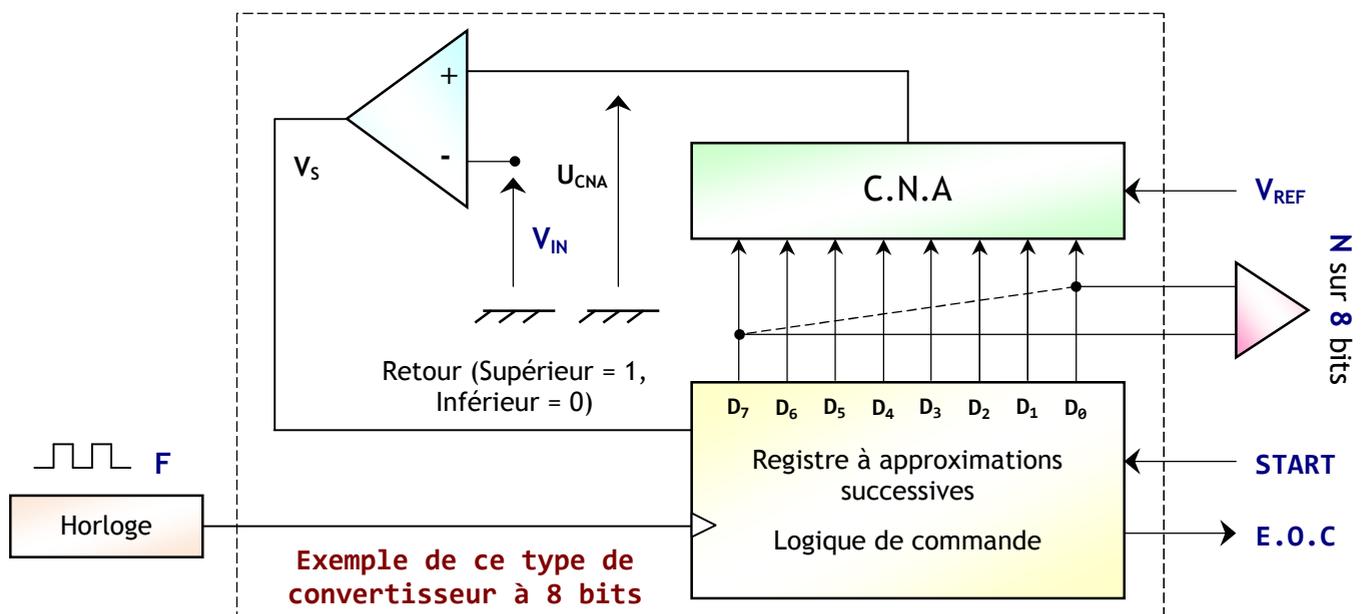


Les CAN permettent aux microcontrôleurs de traiter des signaux analogiques.

2. CAN à approximations successives :

2.1. Schéma de principe :

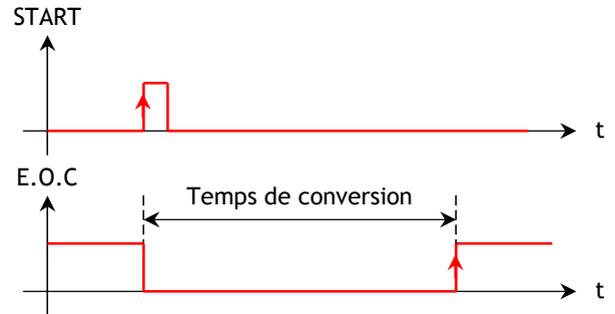
Ce type de convertisseur analogique numérique utilise un convertisseur numérique analogique et un registre à décalage à entrée série et sortie parallèle, plus n bascules D.



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 :

- Un front montant du signal START lance la conversion ;
- On met le bit **D₇** 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 **V_{IN}** (tension à convertir). Si **V_{IN} > U_{CNA}** on garde le bit **D₇** à **1** si non on le remet à **0** ;

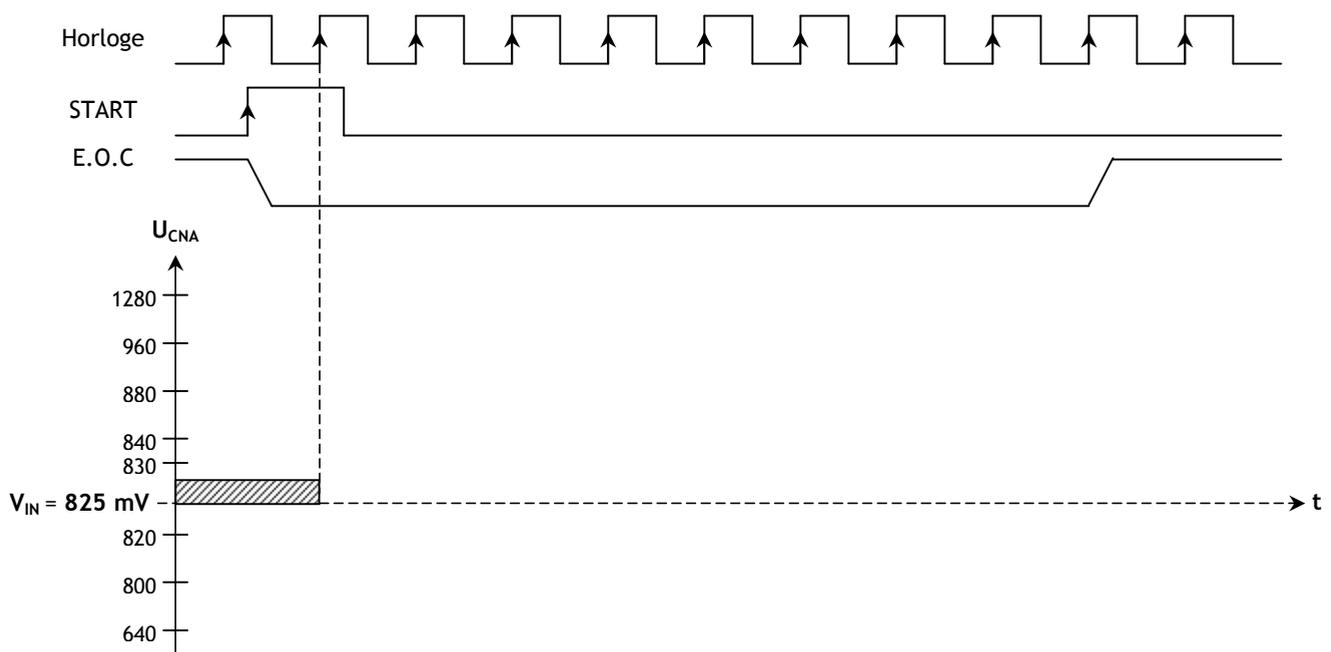


- On met le bit suivant à **1 (D₆)**, tout en gardant les autres à **0** - bits de poids faible -. Ce code est converti en une tension **U_{CNA}** par le C.N.A, qui est comparée à **V_{IN}**. **V_{IN} > U_{CNA}** on garde ce bit à **1** si non on le remet à **0** ;
- On continue ainsi jusqu'au dernier bit **D₀** ;
- À la fin de la conversion, le signal E.O.C passe à **1**.

2.3. Exemple de Conversion :

Soit à convertir par exemple, une tension **V_{IN} = 825 mV**. Le CNA a une résolution **q = 10 mV**.

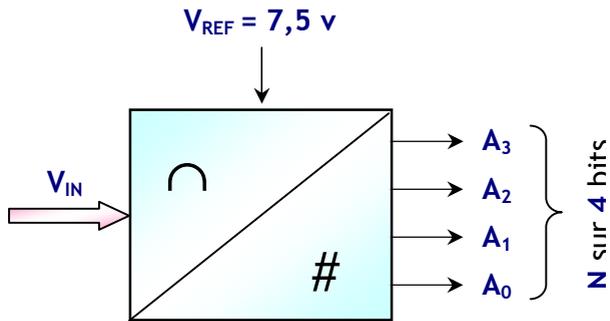
Approximation	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	N	U _{CNA} = 10 . N	Comparaison	Résultat	
1	D ₇ = ...
2	D ₆ = ...
3	D ₅ = ...
4	D ₄ = ...
5	D ₃ = ...
6	D ₂ = ...
7	D ₁ = ...
8	D ₀ = ...
Résultat	Erreur =		



3. Fonction de transfert $N = f(V_{IN})$:

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

Exemple : Soit un convertisseur analogique - numérique 4 bits



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

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

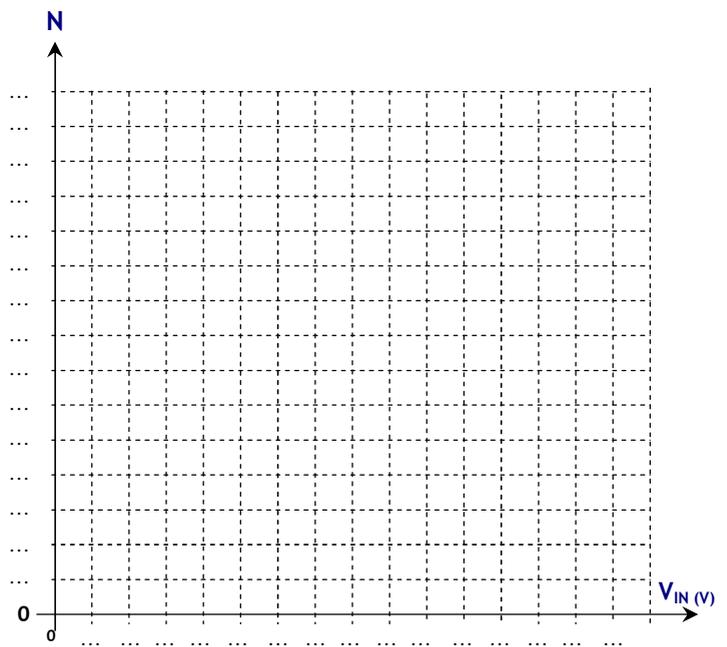
Et $N = \dots$

Donc $N = \dots$

Attention N entier $N = \text{Int}(V_{IN} / q)$ partie entière)

Compléter le tableau et le graphe ci-dessous :

$V_{IN}(v)$	N	A_3	A_2	A_1	A_0
$0 \leq V_{IN} < 0,5$
$0,5 \leq V_{IN} < 1$
$1 v \leq V_{IN} < 1,5$
$V_{IN} = 1,67$
$2 v \leq V_{IN} < 2.5v$
$2.5 v \leq V_{IN} < 3v$
$3 v \leq V_{IN} < 3.5v$
$V_{IN} = 3,93$
$4 v \leq V_{IN} < 4.5v$
$4.5 v \leq V_{IN} < 5v$
$5 v \leq V_{IN} < 5.5v$
$V_{IN} = 5,8$
$6 v \leq V_{IN} < 6.5v$
$6.5 v \leq V_{IN} < 7v$
$7.5 v \leq V_{IN}$
$V_{IN} = 10 v$



4. Caractéristiques d'un C.A.N :

Quantum q :

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

Résolution R ou K :

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

Temps de conversion T_c :

C'est le temps minimum nécessaire au convertisseur pour que la sortie N se stabilise à la valeur théorique attendue lors d'une transition de l'entrée.

Excursion de V_{IN} :

C'est la valeur en pleine échelle de V_{IN} .

Par définition :

$$E = V_{INMAX} = q \cdot N_{MAX} = q \cdot (2^n - 1) = V_{REF}$$

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 :

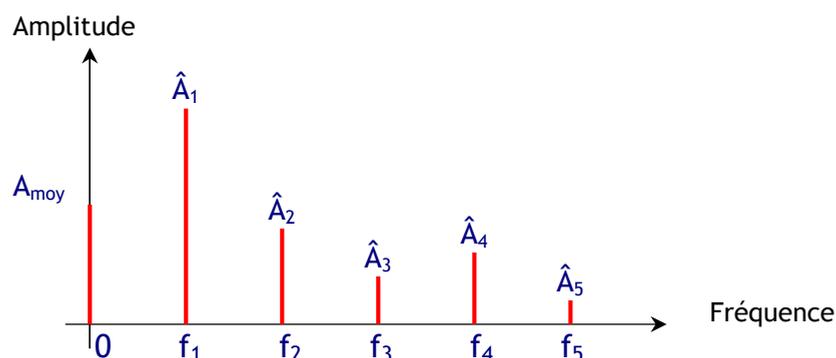
- **Les filtres passifs** : exclusivement composés de résistances, condensateurs, inductances (inconvenient : aucune amplification possible) ;
- **Les filtres actifs** : composés de résistances, condensateurs, inductances et AOP et/ou transistor (avantage : amplification possible).

2. Notion de spectre d'un signal :

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

- D'une grandeur constante A_{MOY} égale à la **valeur moyenne** du signal d'origine ;
- De signaux **sinusoïdaux** d'amplitude et de fréquence liée 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 :

$$a(t) = A_{moy} + \hat{A}_1 \cdot \sin(2\pi f_1 t + \varphi_1) + \hat{A}_2 \cdot \sin(2\pi f_2 t + \varphi_2) + \hat{A}_3 \cdot \sin(2\pi f_3 t + \varphi_3) + \hat{A}_4 \cdot \sin(2\pi f_4 t + \varphi_4) + \dots + \hat{A}_n \cdot \sin(2\pi f_n t + \varphi_n)$$

3. Caractéristiques :

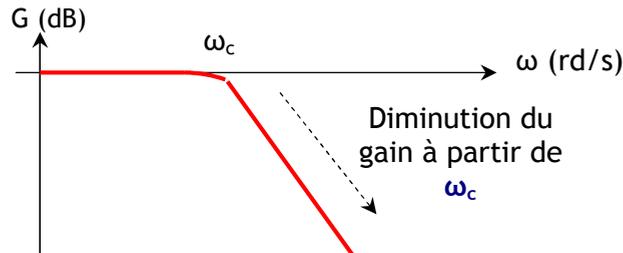
Les filtres quoique classés en deux familles sont aussi classés par caractéristiques :

- **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** : Rejetent les signaux ayant une certaine gamme de fréquences.

4. Étude des filtres :

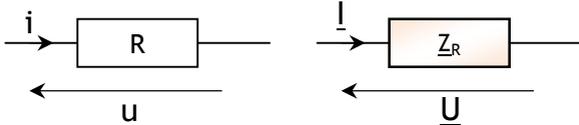
L'étude d'un filtre consiste à :

- Définir sa fonction de transfert $\underline{A}_V = \underline{V}_S / \underline{V}_E$;
- Étudier l'évolution de cette fonction de transfert en fonction de la fréquence du signal d'entrée et représenter les variations du gain $G = 20 \text{ Log } |\underline{A}_V|$ et du déphasage du signal de sortie par rapport au signal d'entrée en fonction de la fréquence \Rightarrow **Diagramme de Bode en gain.**



5. Les composants et les nombres complexes :

L'élément résistif :



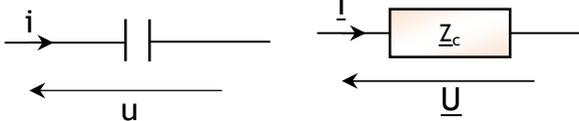
$$u(t) = R \cdot i(t) \quad \text{alors} \quad \underline{U} = R \cdot \underline{I}$$

$$\text{d'où} \quad \underline{Z}_R = R \quad \underline{Z}_R = [R, 0]$$

$$|\underline{Z}_R| = R \quad \text{Arg}(\underline{Z}_R) = 0$$

\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 :



$$i(t) = C \cdot du(t)/dt \quad \text{alors} \quad \underline{I} = j\omega \cdot \underline{U} \quad \text{d'où}$$

$$\underline{Z}_C = 1 / j\omega C \quad \underline{Z}_C = -j / \omega C \quad \underline{Z}_C = [1 / \omega C, -\pi/2]$$

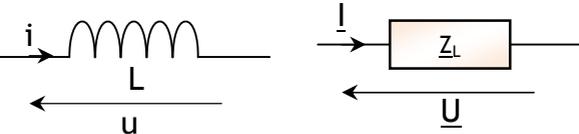
$$|\underline{Z}_C| = 1 / \omega C \quad \text{Arg}(\underline{Z}_C) = -\pi/2$$

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 : $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$
 f : fréquence en Hz
 ω : $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$

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

L'inductance :



$$u(t) = L \cdot di(t)/dt \quad \text{alors} \quad \underline{U} = j\omega L \cdot \underline{I} \quad \text{d'où}$$

$$\underline{Z}_L = j\omega L \quad \underline{Z}_L = [L\omega, +\pi/2]$$

$$|\underline{Z}_L| = L\omega \quad \text{Arg}(\underline{Z}_L) = +\pi/2$$

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

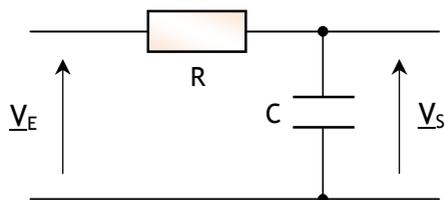
Retenez que : $\lim_{f \rightarrow 0} |\underline{Z}_L| = 0$: l'inductance se comporte comme un fil (court-circuit) ;
 $\lim_{f \rightarrow \infty} |\underline{Z}_L| = \infty$: l'inductance se comporte comme un circuit ouvert.

6. Quelques formules à connaître :

Amplification en tension : $\underline{A}_V = \underline{V}_S / \underline{V}_E$
 Module de \underline{A}_V : $|\underline{A}_V| = |\underline{V}_S| / |\underline{V}_E|$
 Argument de \underline{A}_V : $\text{Arg}(\underline{A}_V) = \text{Arg} \underline{V}_S - \text{Arg} \underline{V}_E$
 $\text{Log } 0 = -\infty$; $\text{Log } 1 = 0$
 $\text{Log } \infty = \infty$; $\text{Arc tan } 0 = 0$
 $\text{Arc tan } \infty = \pi/2$; $\text{Arc tan } -\infty = -\pi/2$

Module de $\underline{z} = a + jb$: $\rho = \sqrt{a^2 + b^2}$
 Argument de $\underline{z} = a + jb$: $\varphi = \text{arc tan}(b/a)$
 Gain (dB): $G = 20 \text{ Log } |\underline{A}_V| \Rightarrow |\underline{A}_V| = 10^{(G/20)}$
 $j^2 = -1$; $1/j = -j$
 $\text{Log}(A \times B) = \text{Log } A + \text{Log } B$
 $\text{Log}(A / B) = \text{Log } A - \text{Log } B$

7. Le filtre passe bas :



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

Recherche de l'expression complexe du Gain :

$$\underline{V}_S = \underline{V}_E \cdot \frac{\underline{Z}_C}{\underline{Z}_C + \underline{Z}_R} = \underline{V}_E \cdot \frac{1/jC\omega}{R + 1/jC\omega}$$

$$\underline{A}_V = \frac{\underline{V}_S}{\underline{V}_E} = \frac{1}{1 + jCR\omega} = \frac{1}{1 + j\omega/\omega_c} = \frac{1}{1 + jf/f_c}$$

Avec $\omega_c = 1/RC$ et $f_c = 1/2\pi RC$

$$G = 20 \cdot \text{Log} |\underline{A}_V| = 20 \cdot \text{Log} (A_V)$$

$$G = 20 \cdot \text{Log} 1 - 20 \cdot \text{Log} \sqrt{1 + f^2/f_c^2}$$

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

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

Étude du comportement asymptotique :

Pour les basses fréquence : $f \ll f_c \rightarrow (f/f_c) \ll 1$

$$\underline{A}_V \approx 1 \quad |\underline{A}_V| = 1 \quad G = 20 \cdot \text{Log} 1 = 0 \text{ dB}$$

$$\text{Arg}(\underline{A}_V) = \text{Arg}(1) = 0.$$

Pour $f = f_c \rightarrow (f/f_c) = 1 \rightarrow \underline{A}_V = 1/(1 + j)$

$$|\underline{A}_V| = 1/\sqrt{2} \quad G = -20 \cdot \text{Log} \sqrt{2} \quad G = -3 \text{ dB}$$

$$\text{Arg}(\underline{A}_V) = -\text{Arg}(1 + j) = -\text{Arctg}(1) = -\pi/4$$

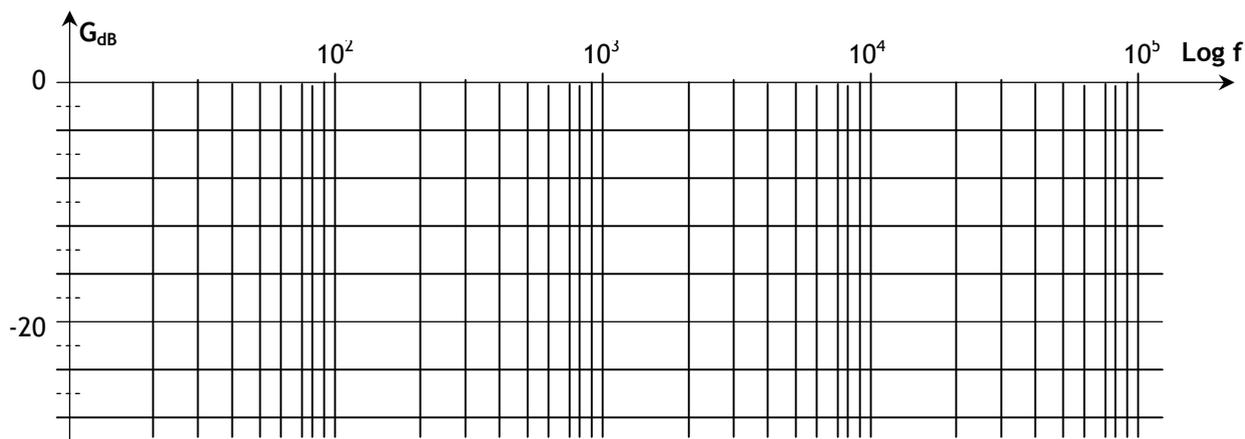
Pour les hautes fréquence : $f \gg f_c \rightarrow (f/f_c) \gg 1$

$$\underline{A}_V \approx -j f_c/f \quad |\underline{A}_V| = f_c/f \quad G = 20 \cdot \text{Log} f_c/f$$

$$G = 20 \cdot \text{Log} f_c - 20 \cdot \text{Log} f$$

Si f varie de 10f (une décade de fréquence) le gain varie de -20 dB

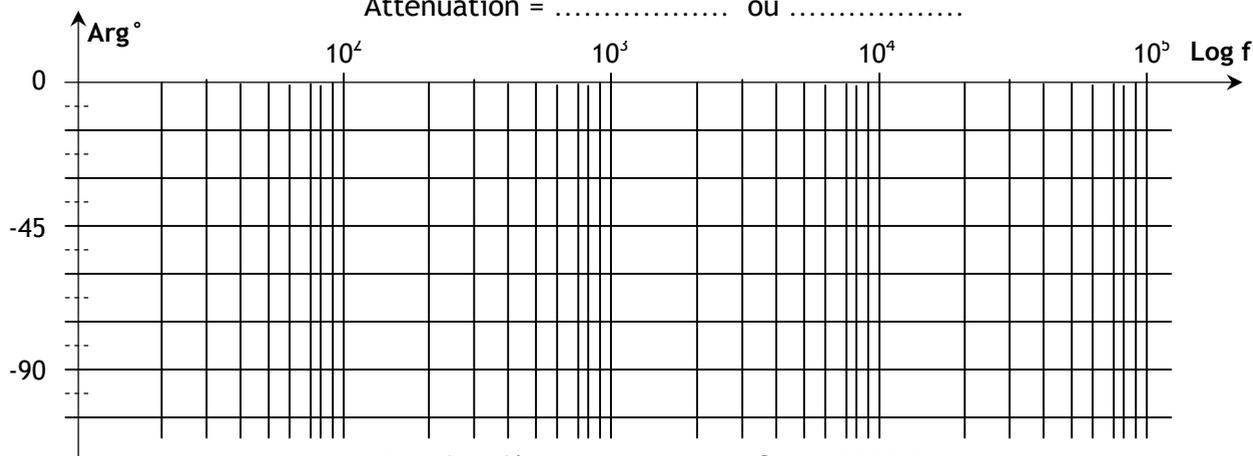
$$\text{Arg}(\underline{A}_V) = \text{Arg}(-j f_c/f) = -\pi/2.$$



Courbe de gain pour $f_c = 1000$ Hz

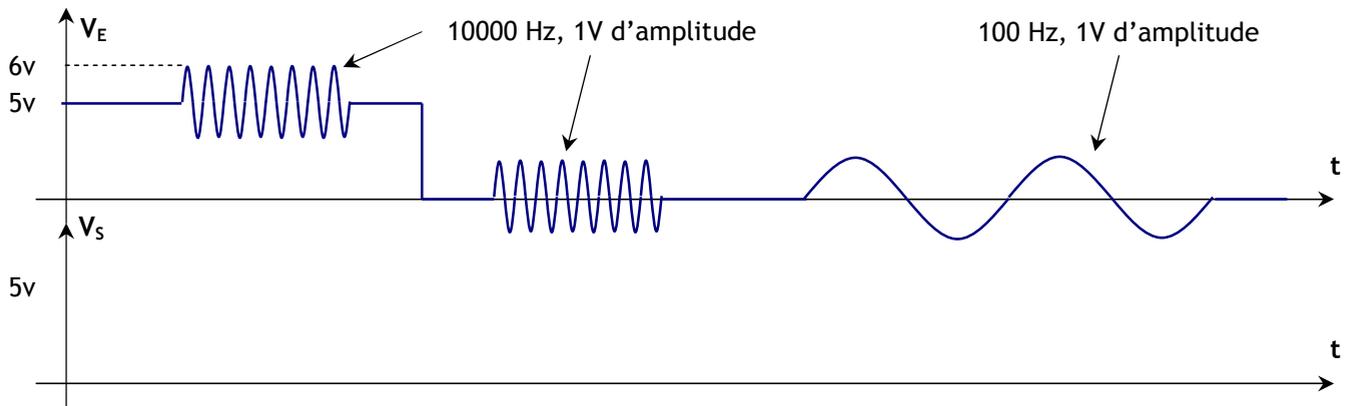
Bande passante = fréquence de coupure =

Atténuation = ou

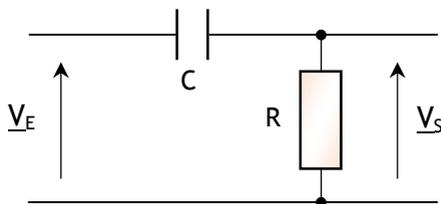


Courbe d'argument pour $f_c = 1000$ Hz

Exemple de réponse :



8. Le filtre passe haut :



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

Recherche de l'expression complexe du Gain :

$$\underline{V}_S = \underline{V}_E \cdot \frac{\underline{Z}_R}{\underline{Z}_C + \underline{Z}_R} = \underline{V}_E \cdot \frac{R}{R + 1/jC\omega}$$

$$\underline{A}_V = \frac{\underline{V}_S}{\underline{V}_E} = \frac{R}{R + 1/jC\omega} = \frac{jC\omega R}{1 + jC\omega R} = \frac{j\omega/\omega_c}{1 + j\omega/\omega_c} = \frac{jf/f_c}{1 + jf/f_c}$$

Avec $\omega_c = 1/RC$ et $f_c = 1/2\pi RC$

$$G = 20 \cdot \text{Log} |\underline{A}_V| = 20 \cdot \text{Log} (A_V)$$

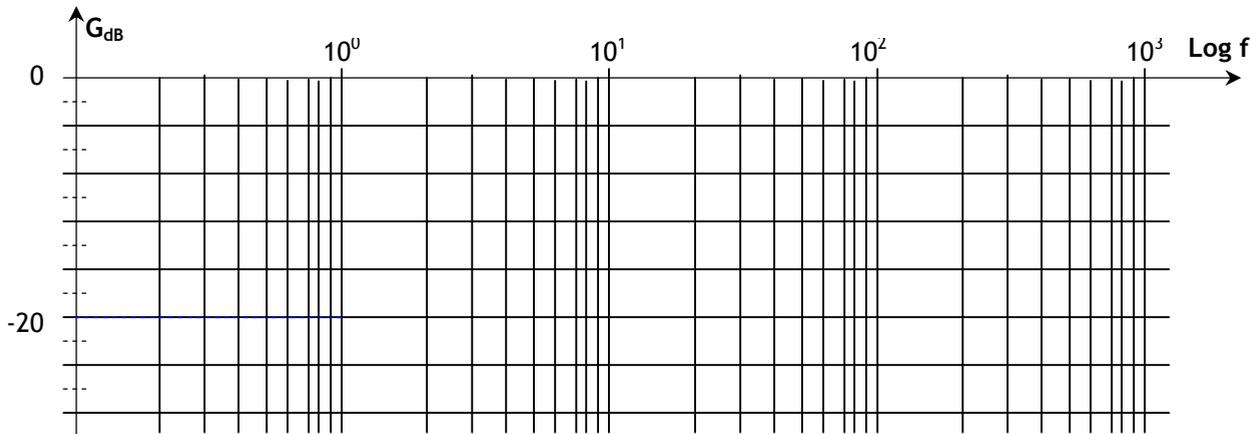
$$G = 20 \cdot \text{Log} (f/f_c) - 20 \cdot \text{Log} \sqrt{1 + f^2/f_c^2}$$

$$G = 20 \cdot \text{Log} (f/f_c) - 10 \cdot \text{Log}(1 + f^2/f_c^2)$$

$$\text{Arg} (\underline{A}_V) = \text{Arg} (jf/f_c) - \text{Arg} (1 + jf/f_c) = \pi/2 - \text{Arctg} (f/f_c)$$

Étude du comportement asymptotique :

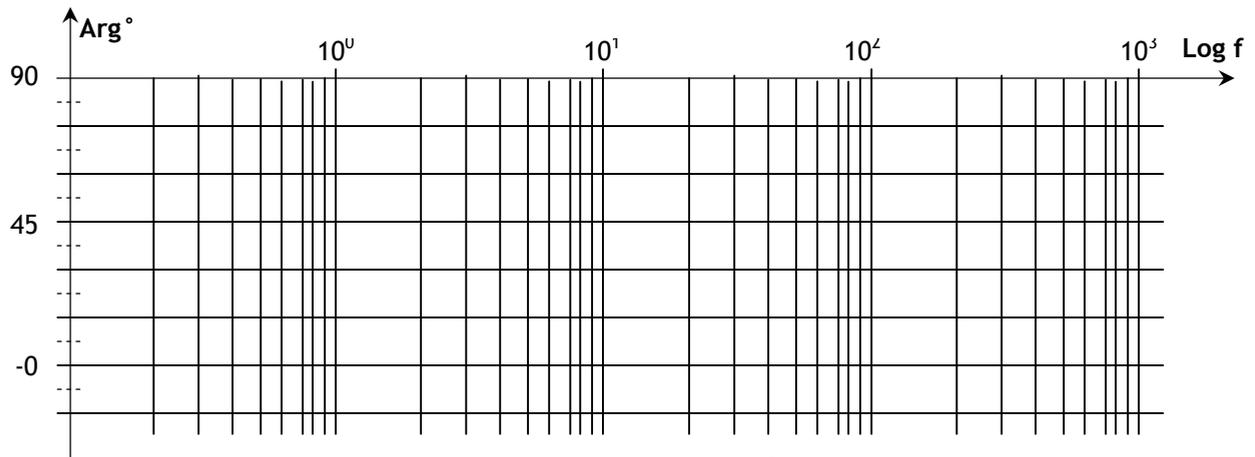
<p>Pour les hautes fréquence : $f \gg f_c \rightarrow (f/f_c) \gg 1$</p> <p>$\underline{A}_V \approx 1$ $|\underline{A}_V| = 1$ $G = 20 \cdot \text{Log} 1 = 0$ dB</p> <p>$\text{Arg} (\underline{A}_V) = \text{Arg} (1) = 0$.</p>	<p>Pour les basses fréquence : $f \ll f_c \rightarrow (f/f_c) \ll 1$</p> <p>$\underline{A}_V \approx j f/f_c$ $|\underline{A}_V| = f/f_c$ $G = 20 \cdot \text{Log} f/f_c$</p> <p>$G = 20 \cdot \text{Log} f - 20 \cdot \text{Log} f_c$</p> <p>Si f varie de 10f (une décade de fréquence) le gain varie de +20 dB</p> <p>$\text{Arg} (\underline{A}_V) = \text{Arg} (j f_c/f) = \pi/2$.</p>
<p>Pour $f = f_c \rightarrow (f/f_c) = 1 \rightarrow \underline{A}_V = j / (1 + j)$</p> <p>$|\underline{A}_V| = 1/\sqrt{2}$ $G = -20 \cdot \text{Log} \sqrt{2}$ $G = -3$ dB</p> <p>$\text{Arg}(\underline{A}_V) = \text{Arg}(j) - \text{Arg}(1+j) = \pi/2 - \text{Arctg}(1) = \pi/4$</p>	



Courbe de gain pour $f_c = 10$ Hz

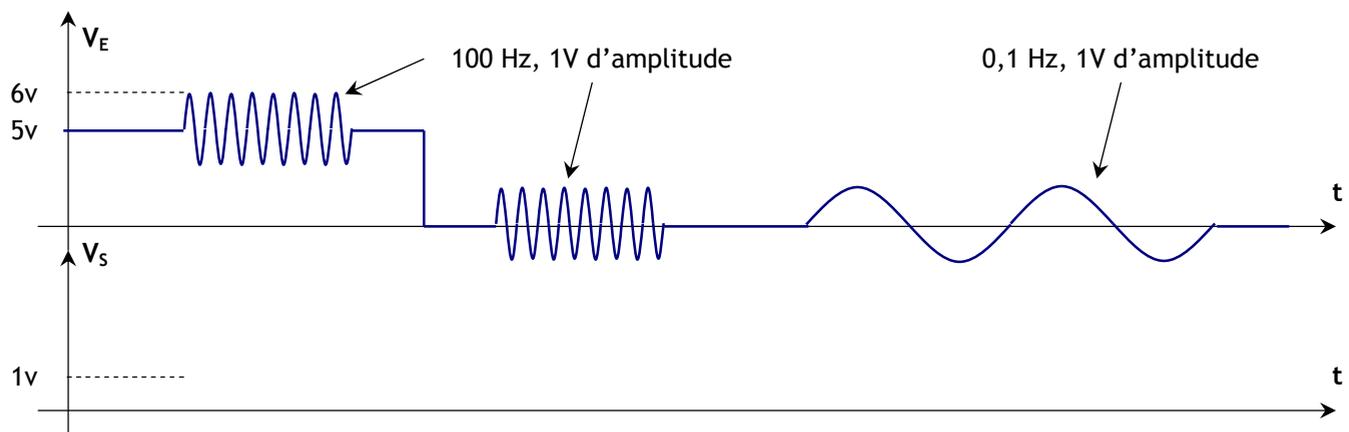
Bande passante = fréquence de coupure =

Atténuation = ou

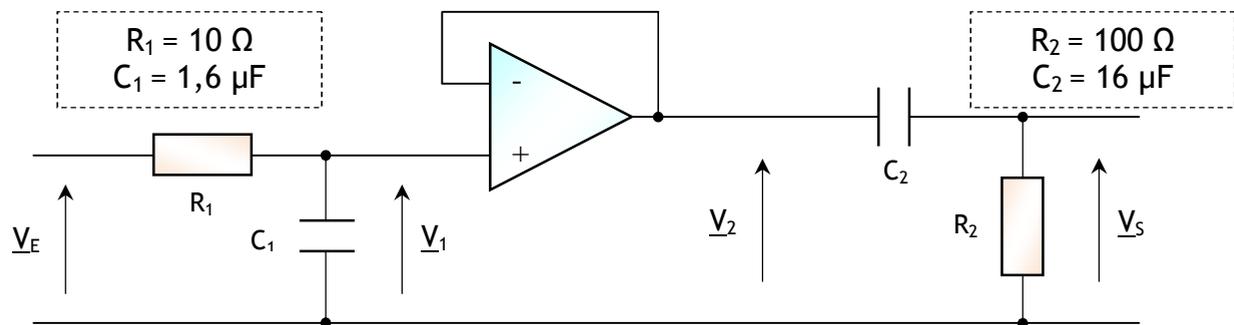


Courbe d'argument pour $f_c = 10$ Hz

Exemple de réponse :



9. Le filtre passe bande :



Recherche de l'expression complexe du Gain :

$$\underline{V}_1 = \underline{V}_E \cdot \frac{\underline{Z}_{C1}}{\underline{Z}_{C1} + \underline{Z}_{R1}} = \underline{V}_E \cdot \frac{1/jC_1\omega}{R_1 + 1/jC_1\omega} \quad \underline{T}_1 = \frac{\underline{V}_1}{\underline{V}_E} = \frac{1}{R_1 + 1/jC_1\omega} \quad \text{avec } f_1 = 1/2\pi R_1 C_1$$

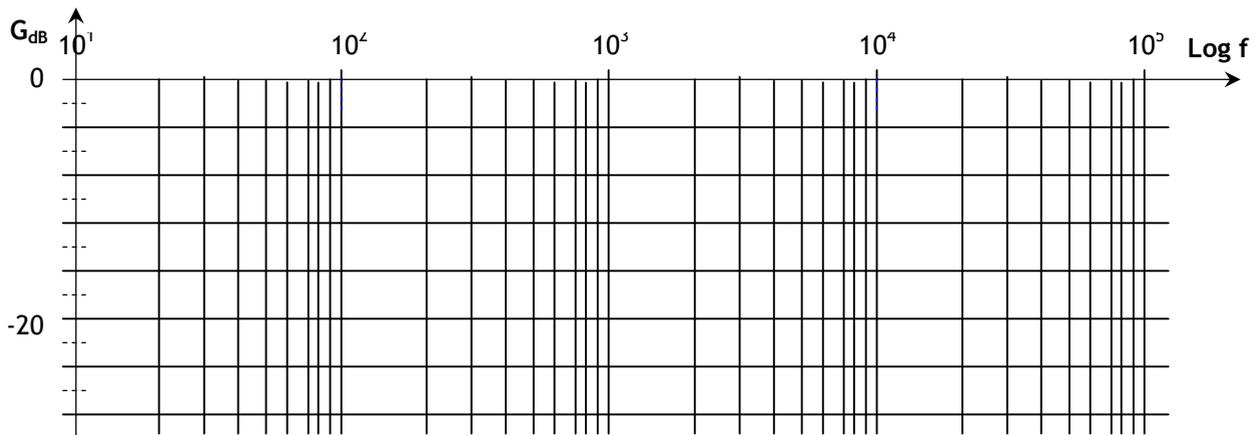
$$\underline{V}_S = \underline{V}_2 \cdot \frac{\underline{Z}_{R2}}{\underline{Z}_{C2} + \underline{Z}_{R2}} = \underline{V}_2 \cdot \frac{R_2}{R_2 + 1/jC_2\omega} \quad \underline{T}_2 = \frac{\underline{V}_S}{\underline{V}_2} = \frac{jf/f_{c2}}{1 + jf/f_{c2}} \quad \text{avec } f_2 = 1/2\pi R_2 C_2$$

$$\underline{T} = \frac{\underline{V}_S}{\underline{V}_E} = \frac{\underline{V}_S}{\underline{V}_1} \cdot \frac{\underline{V}_1}{\underline{V}_E} = \frac{\underline{V}_S}{\underline{V}_1} \cdot \frac{\underline{V}_2}{\underline{V}_E} = \underline{T}_1 \cdot \underline{T}_2 \quad \underline{V}_1 = \underline{V}_2$$

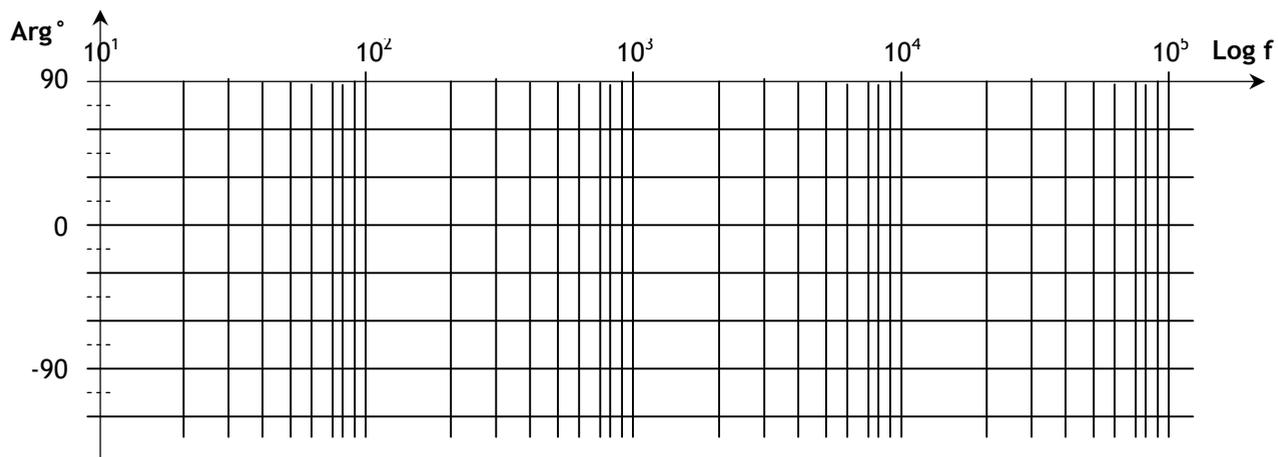
$f_1 = 1/2\pi \cdot 10 \cdot 1,6 \cdot 10^{-6} \approx 10000 \text{ Hz}$
 $f_2 = 1/2\pi \cdot 100 \cdot 16 \cdot 10^{-6} \approx 100 \text{ Hz}$

$$G = 20 \cdot \text{Log } |\underline{T}| = 20 \cdot \text{Log } |\underline{T}_1 \cdot \underline{T}_2| = 20 \cdot \text{Log } |\underline{T}_1| + 20 \cdot \text{Log } |\underline{T}_2| \quad G = G_1 + G_2$$

$$\text{Arg } (\underline{T}) = \text{Arg } (\underline{T}_1 \cdot \underline{T}_2) = \text{Arg } (\underline{T}_1) + \text{Arg } (\underline{T}_2)$$

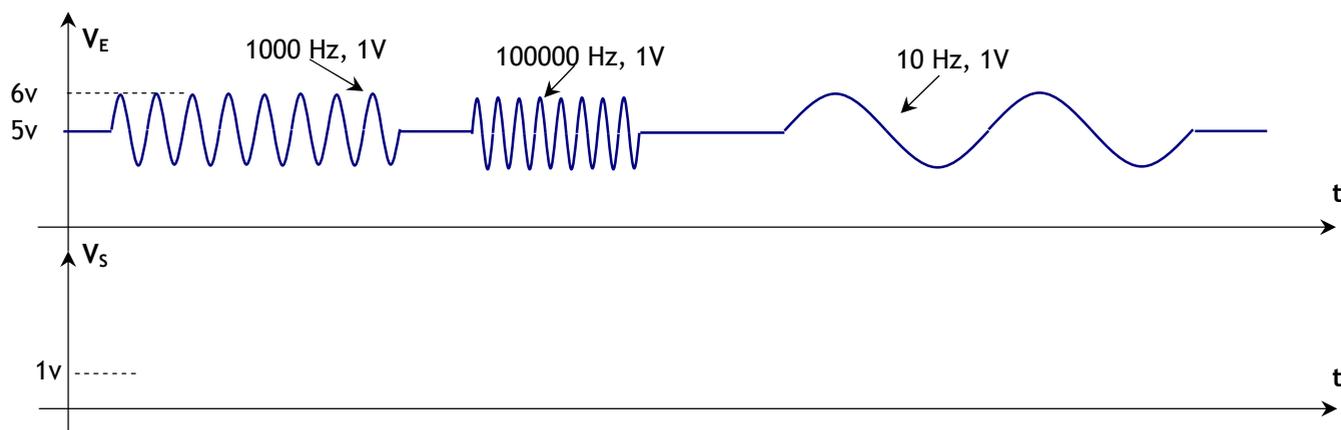


Courbe de gain pour $f_1 = 10000$ Hz et $f_2 = 100$ Hz
 Bande passante = fréquence de coupure =
 Atténuation = ou



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

Exemple de réponse :



1. Caractéristiques du C.A.N interne du 16F877 :

1.1. Présentation :

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

- V_{REF+} peut être V_{DD} ou la broche **RA₃** ;
- V_{REF-} peut être V_{SS} ou la broche **RA₂**.

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

- **ADRESH** en BANK 0 : MSB des 10 bits résultat ;
- **ADRESL** en BANK 1 : LSB des 10 bits résultat ;
- **ADCON0** en BANK 0 : registre de contrôle n°0 du module CAN ;
- **ADCON1** en BANK 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 :

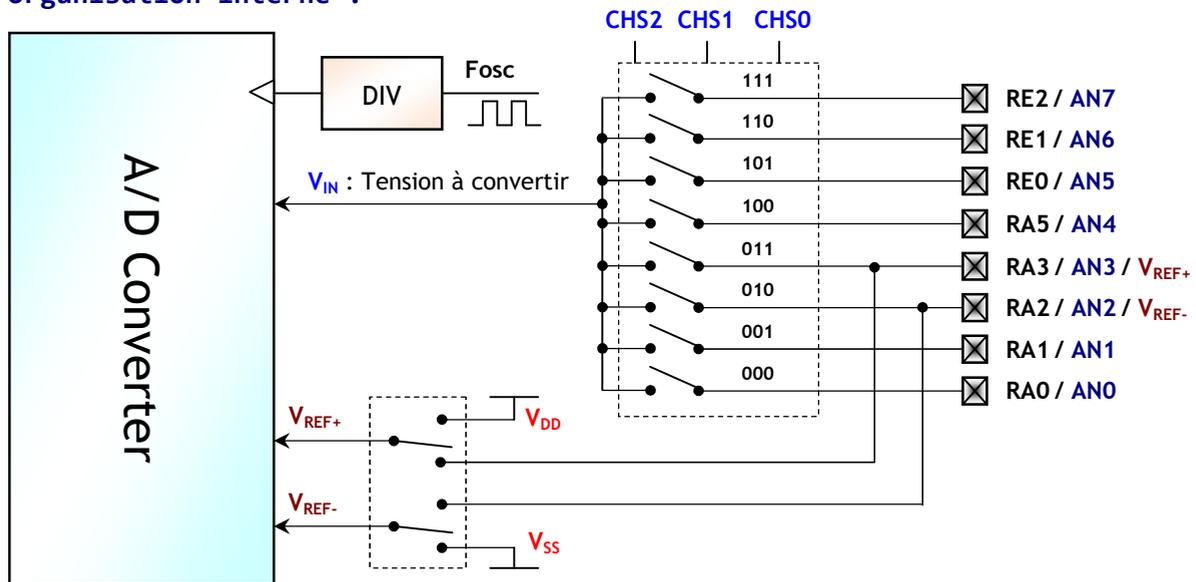
$$N = \frac{V_{IN} - V_{REF-}}{V_{REF+} - V_{REF-}} \cdot 1023$$

Si $V_{REF+} = V_{DD} = 5V$ et $V_{REF-} = V_{SS} = 0V$

Alors : $N = 1023 \cdot \frac{V_{IN}}{5}$

V_{DD} et V_{SS} sont les tensions d'alimentation du microcontrôleur PIC16 F 877.

1.2. Organisation interne :



1.3. Le Registre ADCON1 :

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

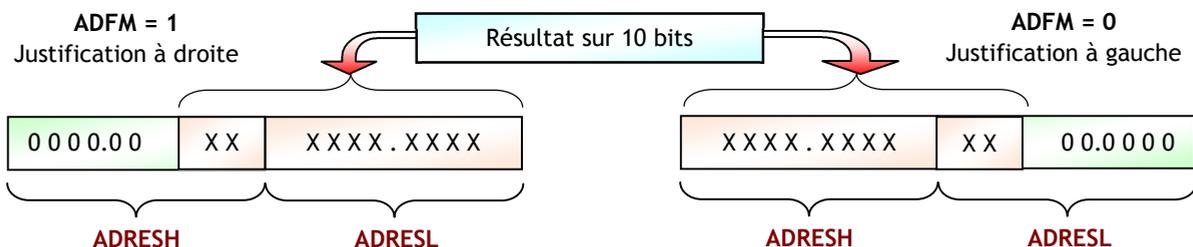
ADFM	ADCS2	-	-	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
------	-------	---	---	-------	-------	-------	-------

BIT 7 : **ADFM - A/D Result Format Select bit -**

Ce bit permet de choisir le type de la justification

ADFM = 1 : Le résultat sera justifié à droite;

ADFM = 0 : Le résultat sera justifié à gauche.



BIT 6 : **ADCS2 - A/D Conversion Clock Select** - (voir BIT 7-6 de ADCON0)

BIT 3..0 : **PCFG 3..0 - A/D Port Configuration Control bits** -

Ces 4 bits permettent de choisir une configuration parmi les 16 proposées :

PCFG 3..0	RE2/AN7	RE1/AN6	RE0/AN5	RA5/AN4	RA3/AN3	RA2/AN2	RA1/AN1	RA0/AN0	V _{REF+}	V _{REF-}	CHAN
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	V _{DD}	V _{SS}	8/0
0001	A	A	A	A	V _{REF+}	A	A	A	RA3	V _{SS}	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	V _{DD}	V _{SS}	5/0
0011	D	D	D	A	V _{REF+}	A	A	A	RA3	V _{SS}	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	V _{DD}	V _{SS}	3/0
0101	D	D	D	D	V _{REF+}	D	A	A	RA3	V _{SS}	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	---	---	0/0
1000	A	A	A	A	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	V _{DD}	V _{SS}	6/0
1010	D	D	A	A	V _{REF+}	A	A	A	RA3	V _{SS}	5/1
1011	D	D	A	A	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	V _{REF+}	V _{REF-}	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	V _{DD}	V _{SS}	1/0
1111	D	D	D	D	V _{REF+}	V _{REF-}	D	A	RA3	RA2	1/2

A : Analog

D : Digital

1.4. Le Registre ADCON0 :

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

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

BIT 7-6 : **ADCS1, ADCS0 - A/D Conversion Clock Select** -

Ces 3 bits (ADCS1, ADCS0 et ADCS2 de ADCON1) permettent de choisir la vitesse de conversion :

ADCON1	ADCON0		Clock conversion
ADCS2	ADCS1	ADCS0	
0	0	0	FOSC/2
0	0	1	FOSC/8
0	1	0	FOSC/32
0	1	1	FRC (Oscillator RC interne)
1	0	0	FOSC/4
1	0	1	FOSC/16
1	1	0	FOSC/64
1	1	1	FRC (Oscillator RC interne)

BIT 5..3 : **CHS2, CHS1, 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	RA0/AN0
0	0	1	RA1/AN1
0	1	0	RA2/AN2
0	1	1	RA3/AN3
1	0	0	RA5/AN4
1	0	1	RE0/AN5
1	1	0	RE1/AN6
1	1	1	RE2/AN7

BIT 2 : **GO/DONE - A/D Conversion Status bit** -

1 : Démarre la conversion ;

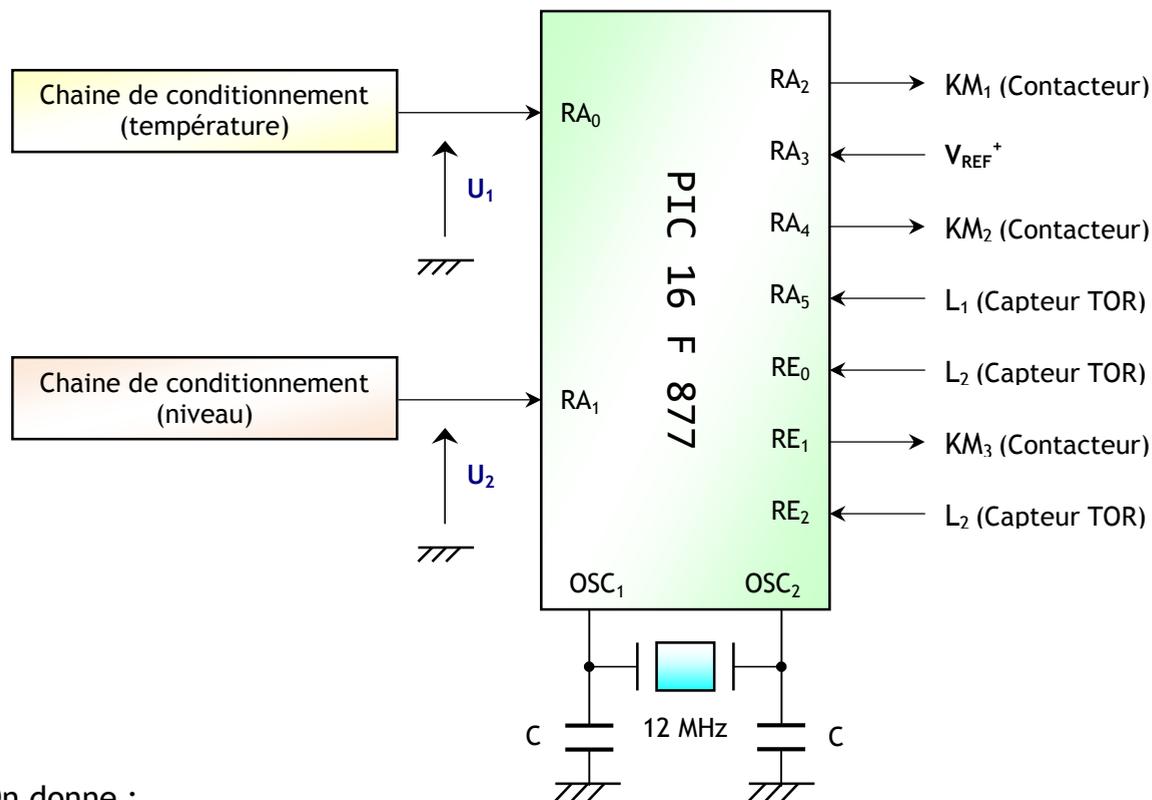
0 : La conversion est terminée.

BIT 0 : **AD ON - A/D On bit** -

1 : Convertisseur A/N en service ;

0 : Convertisseur A/N en arrêt.

2. Exemple de configuration :



On donne :

- $V_{REF^+} = 10 \text{ v}$;
- Fréquence du quartz égale à 12MHz ;
- Le temps de conversion d'un bit est T_{AD} ;
- Pour une conversion totale des 10 bits il faut : $12.T_{AD}$;
- Pour que la conversion soit correcte il faut que T_{AD} soit au minimum de $1,6 \mu\text{s}$;
- Avec l'oscillateur interne RC on a : $T_{AD} = 4 \mu\text{s}$ typique (entre 2 et $6 \mu\text{s}$) ;
- Justification à droite du résultat.

3. Travail demandé :

1. Quelle est la nature (**digitale** ou **analogique**) des entrées RA_0 , RA_1 , RA_5 et RE_0 ?
2. Donner l'expression du nombre N (résultat de la conversion) en fonction de V_{IN} (tension à convertir) ;
3. Calculer alors la **résolution** (quantum) du CAN ;
4. Calculer la valeur du nombre N , pour $V_{IN} = 5 \text{ v}$ puis pour $V_{IN} = 7 \text{ v}$;
5. Pour chaque valeur de V_{IN} , quel est le contenu des registres **ADRESH** et **ADRESL** ;
6. Trouver les mots de commande des registres **TRISA** et **TRISE**, correspondant à la configuration ci-dessus ;
7. Pour $ADSC_2 = 0$, calculer le temps de conversion d'un bit T_{AD} , pour les différentes combinaisons des 2 bits $ADSC_1$ et $ADSC_0$;
8. A quelle **valeur** doit-on mettre ces 2 bits ? justifier votre réponse ;
9. Trouver les mots de commande des registres **ADCON1** et **ADCON0**, correspondant à la configuration ci-dessus ;
10. Compléter alors, le programme de **configuration** du microcontrôleur ;
11. Construire un programme qui permet de prélever un échantillon des tensions U_1 et U_2 , et de mettre le résultat respectivement aux adresses 20_H , 21_H , 22_H et 23_H .

Q.10 :

```
..... ;  
..... ; Accès à la Bank 1  
..... ;  
..... ; Configuration du PORTA  
..... ;  
..... ; Configuration du PORTE  
..... ;  
..... ; Configuration de ADCON1  
..... ; Accès à la Bank 0  
..... ;  
..... ; Configuration de ADCON0
```

Q.11 :

```
..... ;  
..... ;  
..... ; Sélection du canal 0  
..... ; Déclenchement de la conversion  
Loop1 ..... ;  
..... ; Fin de conversion ?  
..... ; Lecture partie haute du résultat  
..... ;  
..... ; Accès à la Bank 1  
..... ; Lecture partie basse du résultat  
..... ; Accès à la Bank 0  
..... ;  
..... ;  
..... ;  
..... ; Sélection du canal 1  
..... ; Déclenchement de la conversion  
Loop2 ..... ;  
..... ; Fin de conversion ?  
..... ; Lecture partie haute du résultat  
..... ;  
..... ; Accès à la Bank 1  
..... ; Lecture partie basse du résultat  
..... ; Accès à la Bank 0  
..... ;
```

1. Étude graphique :

Soit le filtre suivant :



On effectue les mesures suivantes :

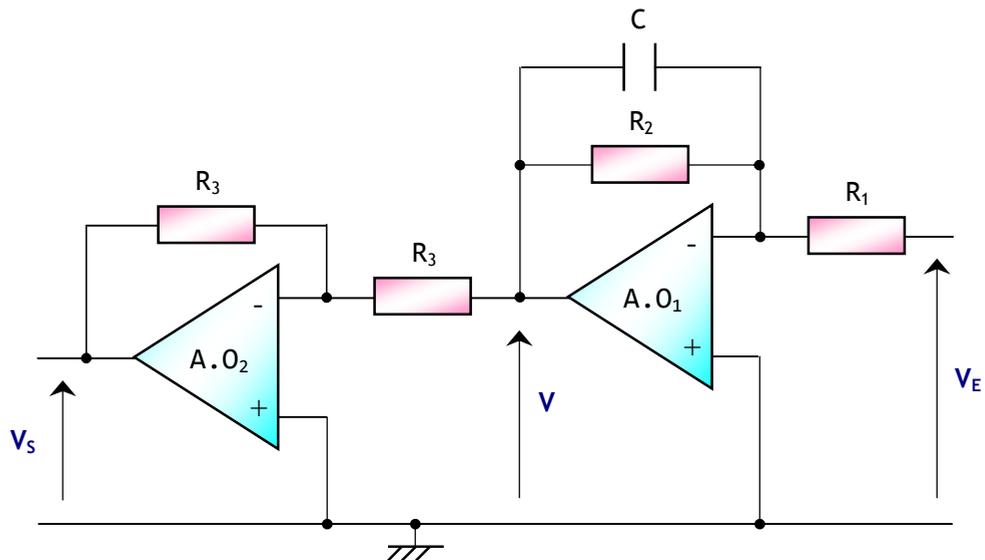
f(Hz)	10	20	30	60	100	200	300	400	600	1000	2000	3000	6000
V _E (mV)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
V _S (mV)	999,5	997,8	995	980,5	948,6	832	707,1	600	447,2	287,3	148,3	99,5	49,9
Arg(°)	-01,90	-03,81	-05,71	-11,31	-18,43	-33,69	-45,00	-53,13	-63,44	-73,30	-81,46	-84,29	-87,14

1. Pour différentes valeurs de f, calculer le module et le gain de $\underline{T} = \underline{V_S} / \underline{V_E}$;
2. Tracer 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.

2. Étude théorique :

Le montage du filtre étudié est la suivante :

C = 5,3 nF
R₁ = 1 KΩ
R₂ = 100 KΩ
R₃ = 10 KΩ



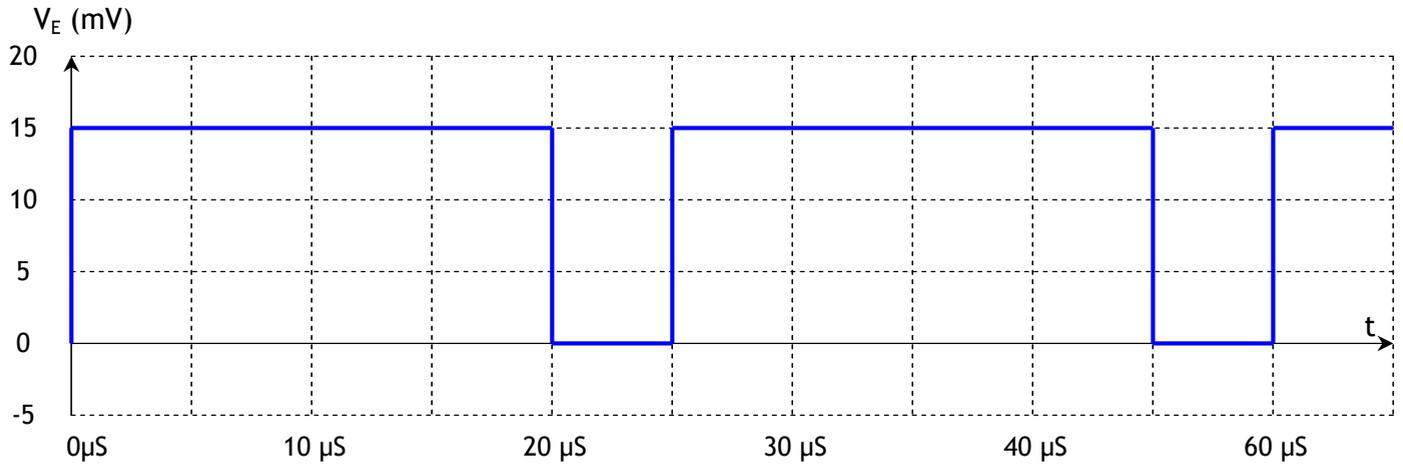
5. Donner l'expression de $\underline{T}_1 = \underline{V} / \underline{V_E}$;
6. Donner l'expression de $\underline{T}_2 = \underline{V_S} / \underline{V}$;
7. En déduire l'expression de $\underline{T} = \underline{V_S} / \underline{V_E}$;
8. Montrer que la fonction de transfert de ce filtre, peut s'écrire sous la forme suivante :

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

9. Donner l'expression de T, module de \underline{T} et de l'argument ;
10. En déduire l'expression du gain;
11. Montrer que pour f = 300Hz, le gain = 37 dB ;
12. Tracer le diagramme asymptotique de \underline{T} .

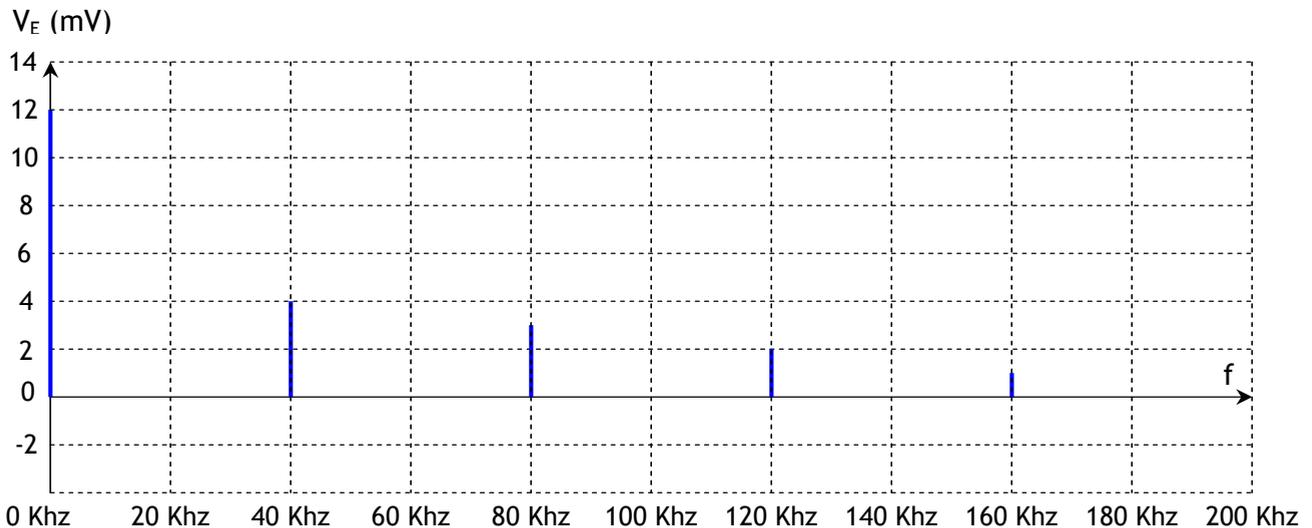
3. Réponse à un signal carré :

Le filtre étudié est attaqué par le signal suivant :



13. Calculer la fréquence et le rapport cyclique de ce signal ;
14. Calculer alors sa valeur moyenne.

On donne le spectre de fréquence du signal ci-dessus :



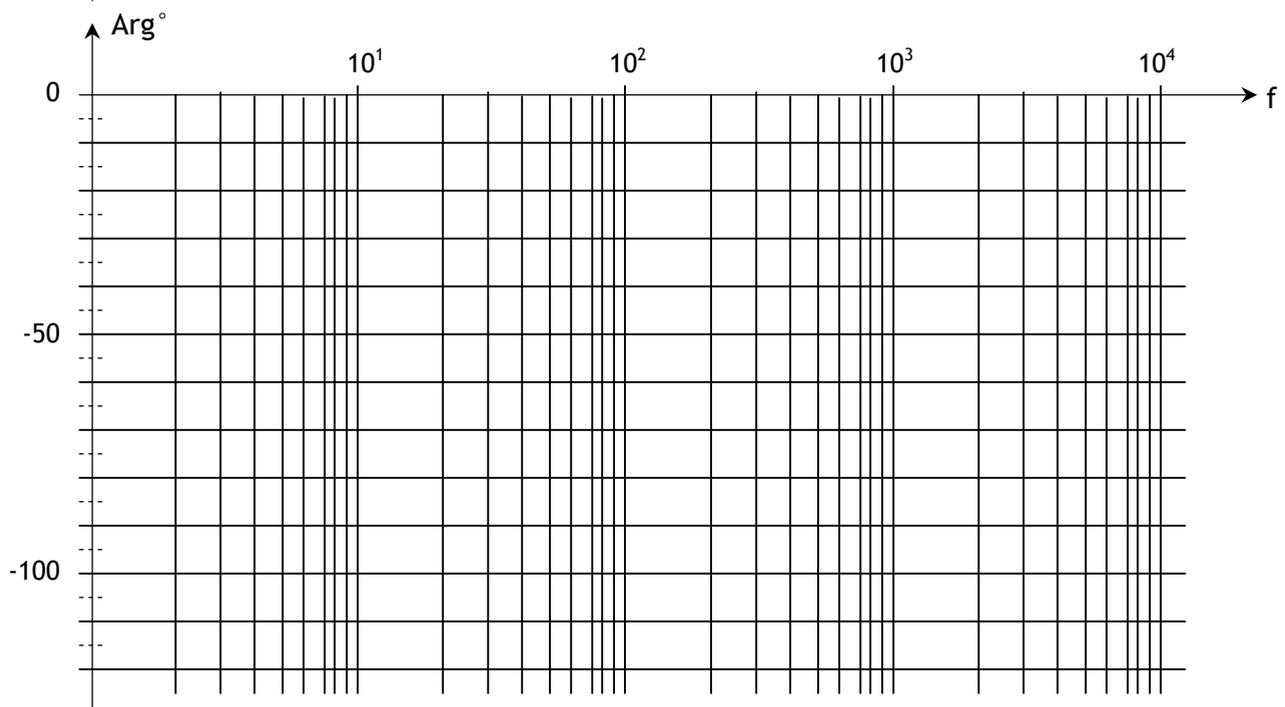
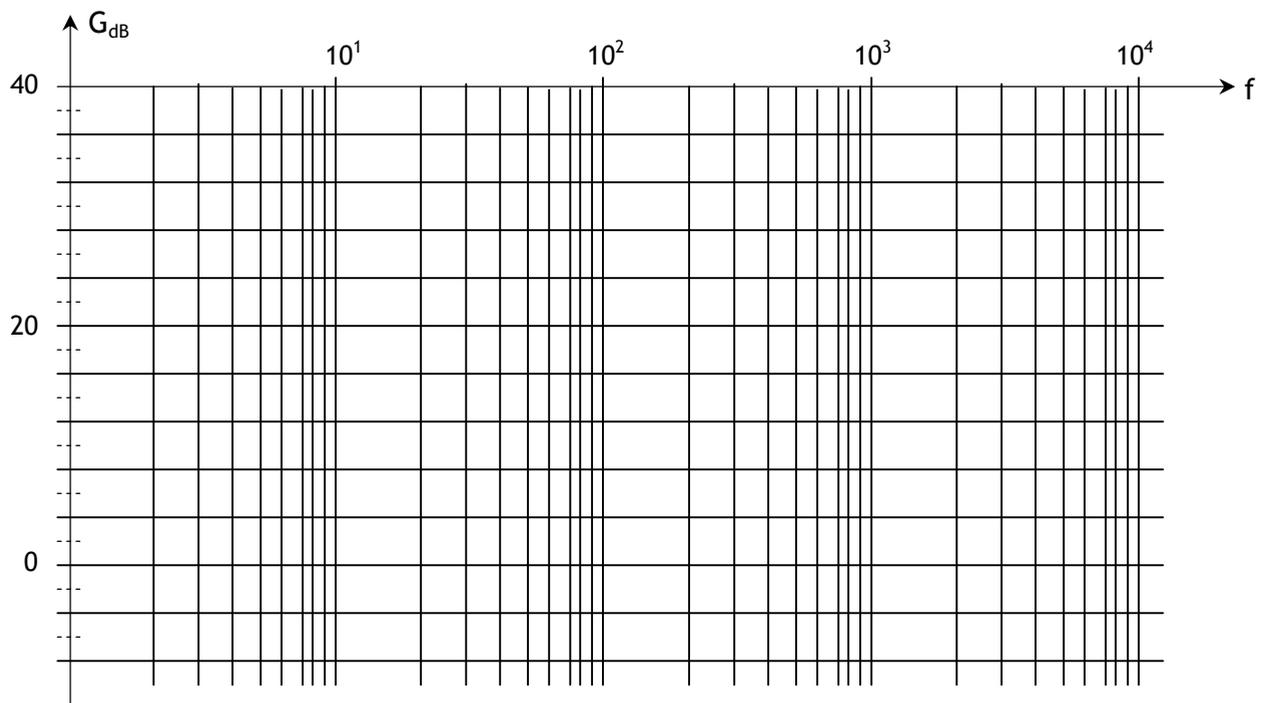
15. Que représentent alors, les signaux de fréquences suivantes : $f = 0$ Hz, $f = 40$ KHz, $f = 80$ KHz, $f = 120$ KHz et $f = 160$ KHz ;
16. Donner les amplitudes des différents signaux qui composent le signal V_E ;
17. Calculer alors l'amplification, le gain et l'argument pour chaque spectre du signal V_E ;
18. Donner alors la valeur de V_s .

Étude graphique :

Q.1. Module et gain de \underline{T} :

f(Hz)	10	20	30	60	100	200	300	400	600	1000	2000	3000	6000
Ve(mV)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Vs(mV)	999,5	997,8	995	980,5	948,6	832	707,1	600	447,2	287,3	148,3	99,5	49,9
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)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Q.2. Diagramme de Bode de \underline{T} :



Q.3. Gain max, amplification max, fréquence de coupure, nature du filtre et bande passante :

$G_{max} = \dots\dots\dots$
 $G_{max} = 20 \log T_{max}$ $T_{max} = \dots\dots\dots$ $T_{max} = \dots\dots\dots$
 Fréquence de coupure = $\dots\dots\dots$ $G(300) = G_{max} - \dots\dots\dots$
 Nature du filtre : $\dots\dots\dots$
 Bande passante = $\dots\dots\dots$

Q.4. Filtre passif ou actif :

$\dots\dots\dots$

Étude théorique :

Q.5. Expression de \underline{T}_1 :

$\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$

Q.6. Expression de \underline{T}_2 :

$\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$

Q.7. Expression de \underline{T} :

$\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$

Q.8. Expression de \underline{T} en fonction de f :

$\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$

Q.9. Expression du module et de l'argument de \underline{T} :

$\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$
 $\dots\dots\dots$

Q.10. Expression du gain :

.....

Q.11. Gain pour $f = 300\text{Hz}$:

.....

Q.12. Diagramme asymptotique de \underline{T} :

Voir courbe de gain

Réponse à un signal carré :

Q.13. Fréquence et rapport cyclique :

.....

Q.14. Valeur moyenne de V_E :

.....

Q.15. Spectre de fréquence du signal V_E :

V_E (0 Hz):

V_E (40 KHz):

V_E (80,120, 160 KHz):

Q.16. Amplitudes des différents signaux qui composent le signal V_E :

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

Q.17. Amplification, gain et argument pour chaque spectre du signal V_E :

Fréquence	0 Hz	40 KHz	80 KHz	120 KHz	160 KHz
Amplification	.....	.....	.....	.....	.....
Amplitude	.....	.....	.....	.....	.....
Gain	.....	.....	.....	.....	.....
Argument	.....	.....	.....	.....	.....

Q.18. Valeur de V_S :

.....