

République Algérienne Démocratique et populaire

Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université saad dahleb de Blida

Faculté des sciences de l'ingénieur

Département d'Aéronautique (I AB)

51/05
(EX 01)
الجامعة الجزائرية
العلمية
ببليدة

PROJET de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme des études universitaire

Appliquées en aéronautique

Option : Avionique

THEME



Réalisé par :

- *Mr. Chabane Sofiane*
- *M^{elle} Meddour Saida*

Proposé par :

*Mr. KOUIDER EL- Ouahed
Boulenouar*

2004– 2005



Remerciements

*Nous tenons à formuler en ce qui suit
l'expression de notre Profonde gratitude
envers notre
promoteur M.KOUIDER ELOUAHED
BOULENOUAR, M.BENOUARRED
pour leur aide et le suivi qu'ils nous
ont apporté.*

*Nous remercions également DJALEL pour sa
Serviabilité Et Pour sa gentillesse.*

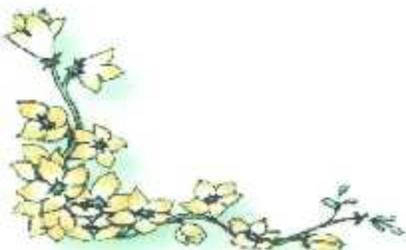
*Nous remercions également Rahim et Riad pour
leurs précieux conseils ,ainsi que tous
ce qui ont participé de près ou
de loin à la concrétisation de ce projet.*





Dédicaces

*Au symbole du sacrifice, du dévouement, à ma
Source de force et de persévérance à mon PÈRE.
A l'être que j'aime le plus au monde, à celle que je
tiens comme à la prunelle de mes yeux, à ma MÈRE.
A mes sœurs : SALIHA, ZAHOUA et surtout à
la petite SOFIA que j'adore.
A mes frères : Azzeddine et Mouloud
Aux familles : Meddour, Khabber, Haddad, Mekfizoum
Et surtout Khali oulaïd et Ahmed.
A mon binôme que je respecte SOUFIANE, sa
famille et ses amis.
A mes amis : MOUNIA, RABIA et GHANIA, KARIM
Fethi, Mourad, Hadia, nezha, Nonor, Farid, Amina,
Madina, Mouni, Rafim, Mohammed, Hakim, Dafila,
Aïcha, KADER et LAMIA, NAOUAL et FARES
A mes copines de chambre : Safia, Kheira, Faiza, Wassila
A tous mes amis et mes collègues de l'université que
j'estime beaucoup, ainsi qu'à tous ceux qui par leurs
encouragement et leurs soutien m'ont permis de réaliser
ce travail.*





Dédicaces

*Ce travail je le dédie à celle qui ma conçu au fond
d'elle même, à la seule femme dans laquelle
j'ai vécu pendant neuf longs mois.*

*Je le dédie aussi au meilleur papa de tous les temps
A mon cher Achivan toi que j'ai toujours trouvé
à mes côtés.*

*A vous deux mes chers parents, je suis fier de vous et je vous
aime de la même façon et de la même force
l'un autant que l'autre*

*Je le dédie aussi à mes frères et sœurs que j'aime très très fort
Sans exception l'un comme l'autre, de la même force,
Vous le savez très bien*

*Ihi ikunwi awk, a vava, a yemma, a yayetma, a yestma
hemlayun mlifi mlifi.*

*A vous aussi, ma grande famille, là où vous soyez
Je le dédie également à tous (tes) mes vrai(e)s ami(e)s
là où ils(elles) sont.*

*A vous tous qui avez contribué à la réalisation de ce
travail, de près ou de loin, je suis très reconnaissant
pour vous. Ayez longue et heureuse vie !*

Je le dédie aussi à moi même, j'ai raison, non ?!

A vous tous qui allez la lire, mais ne la copiez pas SVP !!



SOMMAIRE

SOMMAIRE :

Introduction Généralepage 1

CHAPITRE I : LES CAPTEURS

I-1-définitions.....	page 2
I-1-1-mesurande.....	page 2
I-1-2-capteur.....	page 2
I-1-3-fonction de transfert d'un capteur.....	page 2
I-1-4-chaîne de mesure.....	page 3
I-1-5-types de grandeurs physiques.....	page 4
I-2-classification des capteurs.....	page 4
I-2-1-capteurs passifs.....	page 4
I-2-2-capteurs actifs.....	page 5
I-3-caractéristiques des capteurs.....	page 6
I-3-1-caractéristiques statiques des capteurs.....	page 6
I-3-1-1-qualité de mesure.....	page 7
I-3-1-1-1-la fidélité.....	page 7
I-3-1-1-2-justesse.....	page 7
I-3-1-1-3-précision.....	page 7
I-3-1-2-étude de mesure.....	page 8
I-3-1-3-la linéarité.....	page 8
I-3-1-4-la sensibilité.....	page 8
I-3-1-5-la fonction de transfert.....	page 8
I-3-2-caractéristiques dynamiques des capteurs.....	page 8
I-4-application des capteurs.....	page 9
I-5-capteur de température.....	page 9
I-5-1-caractéristiques d'un capteur de température.....	page 10
I-5-1-1-le zéro.....	page 10
I-5-1-2-la sensibilité.....	page 10
I-5-1-3-la linéarité.....	page 10
I-5-1-4-la précision.....	page 10
I-5-1-5-la répétition.....	page 11
I-5-1-6-le rang.....	page 11
I-5-1-7-le temps de réponse.....	page 11
I-5-1-8-la résolution.....	page 11

I-5-2-les différents types des capteurs de température.....	page 11
I-5-2-1-le thermocouple.....	page 11
I-5-2-2-résistances métalliques.....	page 13
I-5-2-3-les thermistances.....	page 13
I-5-2-3-1-thermistances CTN.....	page 14
I-5-2-3-2-thermistances CTP.....	page 15
I-5-2-3-3-thermistances RTC.....	page 15

CHAPITRE II : CONVERSION ANALOGIQUE NUMERIQUE

Introduction.....	page 17
II-1'échantillonnage.....	page 17
Définition.....	page 17
II-1-fréquence d'échantillonnage.....	page 18
II-2-échantillonneur bloquer.....	page 19
II-2-1-définition.....	page 19
II-2-2-étude théorique d'un échantillonneur bloquer.....	page 19
II-2-3-réalisation d'un échantillonneur bloquer.....	page 20
II-2-3-1-principe de fonctionnement d'un échantillonneur bloquer.....	page 20
II-3-les convertisseurs analogiques numériques.....	page 21
Introduction.....	page 21
Définition.....	page 21
II-3-1-caractéristiques des convertisseurs analogiques numériques.....	page 21
II-3-2-les différent types de convertisseurs analogiques numériques.....	page 22
II-3-2-1-convertisseurs parallèles ou simultanés.....	page 22
II-3-2-2-convertisseurs à approximations successives.....	page 24
II-3-2-3-convertisseurs sigma-delta.....	page 26
II-3-2-4-convertisseurs à rampe numérique.....	page 27
II-3-2-4-1-convertisseurs à rampe numérique « simple ».....	page 27
II-3-2-4-2-convertisseurs à rampe numérique « améliorée ».....	page 28
II-3-2-4-3-convertisseurs à rampe numérique « poursuite ».....	page 29
II-3-2-4-4-convertisseurs ADC à double numérique.....	page 31
II-3-3-exemples.....	pages 33
II-3-4-récapitulatif des convertisseurs A/N.....	page 33

CHAPITRE III : ETUDE THEORIQUE

Introduction.....	page 35
Capteur de température.....	page 35
Conception de l'indicateur.....	page 35
III-1-schéma synoptique général.....	page 36
III-1-1-fonctionnement général.....	page 36
III-1-2-description.....	page 37
III-2-schéma synoptique détaillé.....	page 38
III-2-1-description de chaque bloc.....	page 39
III-2-1-1-bloc de conversion de température/tension.....	page 39
III-2-1-2-bloc de génération d'une tension constante.....	page 39
III-2-1-3-bloc de soustraction.....	page 39
III-2-1-4-bloc de mise en forme.....	page 39
III-2-1-5-bloc de conversion analogique/numérique et multiplexage.....	page 39
III-2-1-6-bloc de commande de l'heure.....	page 39
III-2-1-7-bloc décodeur BCD/7segments et affichage numérique.....	page 39
III-3-les compteurs.....	page 40
III-3-1-les compteurs synchrones.....	page 40
III-3-2-les compteurs asynchrones.....	page 40
III-4-génération d'impulsions d'horloge.....	page 40
III-5-les amplificateurs opérationnels.....	page 41
III-5-1-le sommateur analogique.....	page 41
III-5-2-la comparaison.....	page 41
III-5-3-montage suiveur.....	page 42
III-5-4-montage soustracteur.....	page 42
III-6-description du bloc d'alimentation.....	page 42
III-6-1-redressement.....	page 43
III-6-2-filtrage.....	page 43
III-6-3-régulation.....	page 44
III-6-4-différentes tensions.....	page 44

CHAPITRE IV : SIMULATION ET REALISATION PRATIQUE

Introduction.....	page 45
IV-1-étude des différents blocs par simulation.....	page 45
IV-1-1-partie analogique.....	page 45
IV-1-1-1-bloc de conversion température/tension.....	page 45
IV-1-1-2-bloc de génération d'une tension constante.....	page 47
IV-1-1-3-bloc de soustraction et d'amplification.....	page 47
IV-1-2-partie de conversion analogique/numérique.....	page 49
IV-1-2-1-mise en forme de température.....	page 49
IV-1-2-1-1-la génération de dents de scie.....	page 49
IV-1-2-1-2-l'additionneur.....	page 51
IV-1-2-2-porte AND.....	page 51
IV-1-2-3-générateur d'impulsions.....	page 54
IV-1-2-4-circuit de comptage/décodage.....	page 57
IV-1-2-4-1-le mono stable.....	page 57
IV-1-2-4-2-le comptage.....	page 57
IV-1-2-4-3-les registres.....	page 60
IV-1-2-4-4-le décodage.....	page 60
IV-1-3-l'affichage.....	page 61
IV-1-4-bloc d'alimentation.....	page 62
IV-2-réalisation pratique.....	page 63
IV-2-1-schéma électrique d'heure.....	page 63
IV-2-2-schéma électrique de température.....	page 65
IV-2-2-1-partie analogique.....	page 66
IV-2-2-2-partie numérique.....	page 66
IV-2-3-résultats de la réalisation.....	page 66
IV-2-4-comparaison entre les résultats par simulation et les résultats pratiques.....	page 69

CONCLUSION GENERALE :page 70

NOMENCLATURE

ANNEXE

BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : LES CAPTEURS

Figure (I-1) : principe d'un capteur	page 3
Figure(I-2) : constitution d'une chaîne de mesure classique.....	page 3
Figure (I-3) : Qualité de mesure.....	page 4
Figure(I-4) : Thermocouple.....	page 11
Figure (I-5) : Variation thermique de FEM des différents thermocouples.....	page 12

CHAPITRE II : CONVERSION ANALOGIQUE NUMERIQUE

Figure(II-1) : tension en fonction du temps.....	page 17
Figure(II-2) : tension échantillonnée.....	page 18
Figure(II-3) : principe d'échantillonnage.....	page 18
Figure (II-4) : Visualisation du signal échantillonné.....	page 19
Figure (II-5) : Schéma synoptique d'un échantillonneur bloquer.....	page 20
Figure(II-6) : schéma de principe d'un échantillonneur bloquer.....	page 20
Figure (II-7) : schéma de principe de CAN parallèle.....	page 23
Figure :(II-8) : schéma de principe de CAN à approximations successives.....	page 25
Figure (II-9) : exemple de fonctionnement du CAN à approximations successives.....	page 26
Figure (II-10) : Schéma de principe du convertisseur CAN à rampe « simple ».....	page 27
Figure(II-11) : chronogramme des signaux du CAN à rampe « simple ».....	page 28
Figure(II-12) : Schéma de principe du convertisseur CAN à rampe « améliorée ».....	page 29
Figure(II-13) : Chronogramme des signaux du CAN à rampe « améliorée ».....	page 29
Figure(II-14) : Schéma de principe du convertisseur CAN à rampe « poursuite ».....	page 30

Figure (II-15) :Chronogramme des signaux du CAN à rampe « poursuite ».....	page 30
Figure(II-16) :Schéma de principe de CAN à double rampe.....	page 31
Figure(II-17) :chronogramme des signaux du CAN à double rampe.....	page 32
Figure(II-18) :Propriétés des familles des convertisseurs.....	page 34

CHAPITRE III : ETUDE THEORIQUE

Figure(III-1) :le LM335.....	page 35
Figure(III-2) : le schéma synoptique général.....	page 36
Figure(III-3) : le schéma synoptique détaillé.....	page 38
Figure(III-4) :le sommateur.....	page 41
Figure(III-5) :le comparateur.....	page 41
Figure(III-6) : amplificateur suiveur.....	page 42
Figure(III-7) :le soustracteur.....	page 42
Figure(III-8) :bloc d'alimentation.....	page 43
Figure(III-9) :redressement.....	page 43
Figure(III-10) :filtrage.....	page 44
Figure(III-11) : régulation.....	page 44

CHAPITRE IV : SIMULATION ET REALISATION PRATIQUE

Figure(IV-1) :schéma analogique de la température(simulation).....	page46
Figure(IV-2) :bloc de conversion température/ tension.....	page 45
Figure(IV-3) : génération d'une tension constante.....	page 47
Figure(IV-4) :bloc de soustraction.....	page 47
Figure(IV-5) :bloc de comparaison.....	page49
Figure(IV-6):circuit de générateur de dents de scie.....	page 50
Figure(IV-7) : courbe de sortie de générateur de dents de scie.....	page 50
Figure (IV-8) : L'additionneur.....	page 51
Figure(IV-9) Le multiplieur logique (AND).....	page52
Figure(IV-10):) signaux de sortie de la porte AND et mono stable	page 53

Figure(IV-11) : générateur d'impulsions.....	page 57
Figure(IV-12) : le mono stable N°1.....	page 57
Figure(IV-13) : le mono stable N°2.....	page 58
Figure(IV-14) : chronogramme des signaux du circuit de conversion.....	page 58
Figure(IV-15) : montage du compteur de température.....	page 59
Figure(IV-16) : montage du compteur de l'heure.....	page 59
Figure(IV-17) : montage du registre.....	page 60
Figure(IV-18) : montage du décodeur.....	page 60
Figure(IV-19) : l'afficheur à sept segments.....	page 62
Figure(IV-20) : le circuit de l'alimentation.....	page 63
Figure(IV-21) : schéma électrique d'heure.....	page 64
Figure(IV-22) : schéma électrique de la partie analogique de température.....	page 66
Figure(IV-23) : schéma de la partie numérique de température.....	page 68

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : LES CAPTEURS

Tableau(I-1) :effets utilisés pour la mesure par les capteurs passifs.....	page 5
Tableau(I-2) :principes physiques mis en jeu pour les capteurs actifs.....	page 6
Tableau(I-3) :application des différents capteurs.....	page 9
Tableau(I-4) : Règles pour la mise en œuvre d'un capteur de température.....	page 16

CHAPITRE II : CONVERSION ANALOGIQUE NUMERIQUE

Tableau(II-1) : codage entrées/sorties(convertisseur à 3 sorties).....	page 24
Tableau(II-2) :caractéristiques de quelques convertisseurs.....	page 33

CHAPITRE IV : SIMULATION ET REALISATION PRATIQUE

Tableau(IV-1) : correspondance température/tension (par simulation).....	page 48
Tableau (IV-2) : codage entrée/sortie.....	page 61
Tableau(IV-3) :correspondance température/tension (dans la pratique).....	page 66

ملخص:

إن التكنولوجيا الحديثة ساعدت تطور الإنسانية، و لقد سمحت للإنسان أن يستغل قدراته و ذكائه للتغلب على بعض الصعاب التي يلقاها في حياته اليومية و أيضا لمواجهة مخاطر الطبيعة التي تهدد ما بناه الإنسان .من هذه المخاطر نذكر الخطر الحراري ، فلمواجهته اخترع الإنسان ادوات لقياس الحرارة.

مشروعنا يتناول دراسة لكشف الحرارة و الوقت المحلي، انه جهاز قياس جّد دقيق و هذا راجع إلى قدراته،كما يسمح لنا بقراءة الحرارة و الساعة مباشرة.

Résumé

La technologie moderne a favorisé le développement de l'humanité, cette dernière a permis à l'homme de profiter de ses capacités et de son intelligence pour surpasser certaines difficultés de la vie. Ainsi pour se protéger des effets de la nature qui détruisent ce que l'homme a inventé. Parmi ces effets, on cite l'effet thermique, pour se défendre et protéger ses produits de la perte, l'homme a inventé des appareils de mesure de température.

Notre projet consiste à faire une étude sur l'affichage de température et l'heure locale, c'est un appareil de mesure très précis grâce à ses capacités, il nous permet également de lire directement la température et l'heure.

Summary

Modern technology supported the development of humanity, and last with licence has the man benefited from these capacities and its intelligence to exceed certain difficulties of the life. Thus for this protecting from the effects of nature which destroy that the man with invented among his effects one quotes one its heating effect, for this defending and protecting these products from the loss, the man invented measuring apparatus of temperature.

Our project consists to make a study on the posting of temperature and the local time, it is a very precise measuring apparatus thanks to its capacities and it allows us to read the temperature directly.

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

La conception est à la base de toute réalisation technologique.

L'aéronautique est une branche scientifique exigeant des connaissances théoriques, regroupant un nombre considérable de matières : mécanique générale, mécanique des fluides, mécanique du vol, thermodynamique, résistances des matériaux, métallurgie et avionique.

Cette dernière est basée essentiellement sur des principes électroniques, et elle nous permet la conception de divers instruments de contrôle de l'avion pendant la vol.

Notre travail consiste à concevoir un bi-afficheur température/heure, et ce en partant de son étude jusqu'à sa réalisation en passant par la simulation.

Pour mener bien notre travail, on l'a divisé en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, on a parlé des capteurs en général, de leurs caractéristiques, classifications et de leurs applications; on a parlé également des capteurs de température, puisqu'il en est question dans notre travail, de leurs caractéristiques et de leurs types.

Le second chapitre est consacré à la conversion analogique numérique, dans ce chapitre, on a parlé des types de convertisseurs et de leurs caractéristiques.

Par contre, le troisième chapitre est réservé à l'étude théorique, dans ce chapitre on a parlé des différents étages de notre montage et des différents composants que nous avons utilisés dans notre montage.

Enfin le quatrième chapitre, présente la simulation et les résultats trouvés, soit par simulation ou par la pratique, ensuite nous avons fait une comparaison entre les résultats de la simulation et les résultats de la pratique.

Nous avons terminé notre travail par une conclusion.

CHAPITRE I :

LES CAPTEURS

I-LES CAPTEURS :

Lorsque on souhaite traduire une grandeur physique en une autre grandeur, on fait appel à ce que l'on nomme classiquement « capteur ». Son rôle est de donner une image interprétable d'un phénomène physique de manière à pouvoir l'intégrer dans un processus plus vaste.

Ainsi, un capteur de température au sein d'un microprocesseur s'intègre dans le processus de stabilisation en température du composant de manière à assurer son bon fonctionnement. De cette mesure va dépendre la vitesse de rotation du ventilateur.

I-1-DEFINITIONS :

I-1-1-Mesurande : c'est la grandeur physique que l'on souhaite connaître.

I-1-2-Capteur : c'est l'élément qui va permettre, sous l'effet de la mesurande, d'en délivrer une image exploitable (signal électrique par exemple).

I-1-3-Fonction de transfert d'un capteur : c'est la caractéristique principale, elle permet d'avoir la fonction mathématique de conversion d'une grandeur physique en un signal électrique, $s=f(m)$. Pour faciliter l'exploitation de la réponse, on s'efforce de réaliser des capteurs dont la relation $s=f(m)$ est linéaire, dans ce cas (s) et (m) sont proportionnels.

Généralement, on obtient une grandeur de sortie de type électrique, elle peut être soit :

-une charge

-une tension

-un courant

-une impédance (R,L,C)

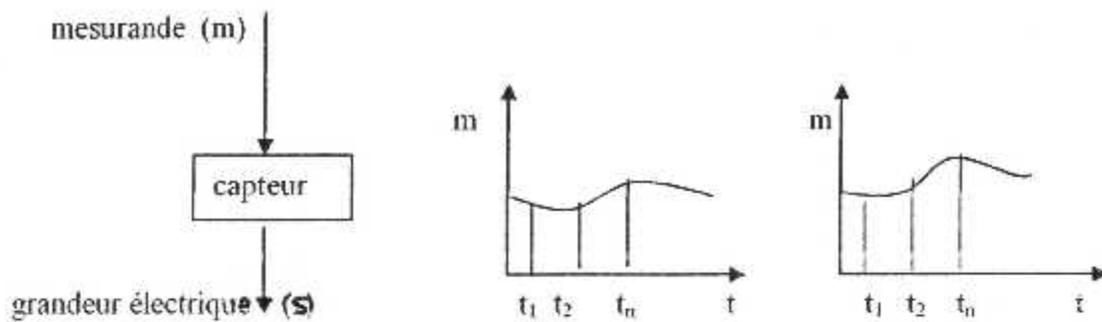
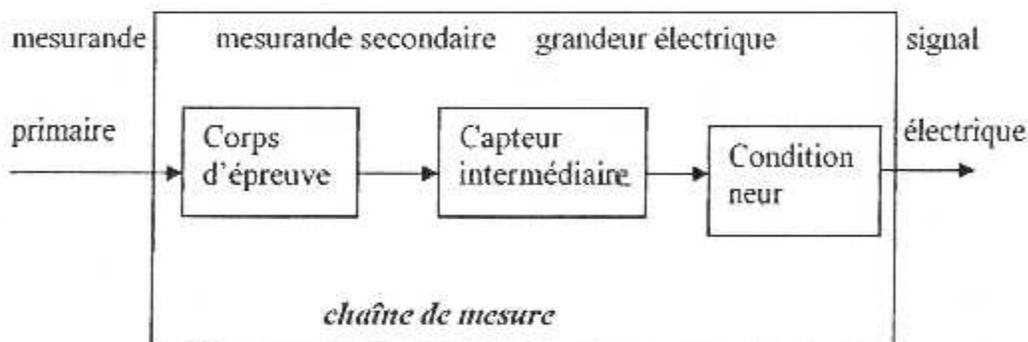


Figure (I-1) : principe d'un capteur

I-1-4-CHAÎNE DE MESURE :

Pour obtenir une image d'une grandeur physique, on fait appel à une chaîne de mesure qui peut faire intervenir plusieurs phénomènes différents.



Figure(I-2) : constitution d'une chaîne de mesure classique.

D'une manière classique la sortie d'une chaîne de mesure fait intervenir plusieurs transducteurs, on appelle corps d'épreuve celui en contact direct avec la mesurande. Le dernier transducteur est associé à un conditionneur qui fournit la grandeur électrique de sortie de manière exploitable, le choix de ce conditionneur est une étape importante dans le cadre de la chaîne de mesure car, associé au capteur, il détermine la nature finale du signal électrique et va influencer les performances de la mesure.

I-1- 5-TYPES DE GRANDEURS PHYSIQUES :

On peut classer les grandeurs physiques en six familles, chaque capteur s'associant à l'une de ces six familles :

- Mécanique :déplacement ,force ,masse ,débit etc....
- thermique : température ,capacité thermique ,flux thermique etc....
- Electrique :courant ,tension ,charge ,impédance ,diélectrique etc. ...
- Magnétique : champ magnétique ,perméabilité ,moment magnétique etc....
- radiatif : lumière visible ,rayons X ,micro-ondes etc. ...
- (bio)chimique :humidité ,gaz ,sucre ,hormone.

I-2-CLASSIFICATION DES CAPTEURS :

On classe les capteurs en deux grandes familles, en fonction de la caractéristique électrique de la grandeur de sortie. Cette classification influe sur le conditionneur qui lui est associé.

I-2-1-CAPTEURS PASSIFS :

Le capteur se comporte en sortie comme un dipôle passif qui peut être résistif, capacitif ou inductif. Le tableau ci-dessous résume, en fonction de la mesurande, les effets utilisés pour réaliser la mesure:

Mesurande	Effet utilisé (grandeur de sortie)	Matériaux
Température	Résistivité	Platine ,Nickel ,Cuivre
Très basse température	Constante diélectrique	Semi -conducteur Verre
Flux optique	Résistivité	Semi -conducteur
Déformation	Résistivité Perméabilité	Alliages Nickel Alliages ferromagnétiques
Position	Résistivité	Magnétorésistances :Bismuth, Antimoine, d'indium
Humidité	Résistivité	Chlorure de lithium

Tableau(I-1) :effets utilisés pour la mesure par les capteurs passifs

I-2-2-CAPTEURS ACTIFS :

Dans ce cas, la sortie du capteur est équivalente à un générateur .C'est un dipôle actif qui peut être de type :courant ,tension ou charge .Les principes physiques mis en jeu sont présentés ci-dessous :

Mesurande	Effet utilise	Grandeur de sortie
Température	Thermoélectricité (thermocouple)	tension
Flux optique	Photoémission pyroélectricité	Courant charge
Force, pression accélération	piézoélectricité	charge
Position	Effet hall	tension
Vitesse	induction	tension

Tableau(I-2) : principes physiques mis en jeu pour les capteurs actifs

I-3-CARACTERISTIQUE DES CAPTEURS :

Le choix du capteur est primordial car l'interprétation de la mesure est faite à partir du signal délivré par le capteur et non par l'information donnée au capteur, il faut donc bien choisir le capteur et bien connaître ses caractéristiques et ses limites de fonctionnement .

Dans la plupart du temps, le capteur s'appuie lui-même sur un phénomène physique et sa réalisation concrète conduit à des caractéristiques techniques :

- ✓ Caractéristiques statiques .
- ✓ Caractéristiques dynamiques.

I-3-1-CARACTERISTIQUES STATIQUES DES CAPTEURS :

Les instruments de bords entrent dans la catégorie générale des instruments de mesure dont les caractéristiques générales sont :

I-3-1-1-Qualité de mesure : Les qualités essentielles d'un capteur ou d'un instrument s'expriment par trois notions très répandues en instrumentation :

1. la fidélité.
2. la justesse.
3. la précision.

I-3-1-1-1-La fidélité : Elle définit la qualité d'un capteur à délivrer une mesure répétitive sans erreurs. L'erreur de fidélité correspond à l'écart type obtenu sur une série de mesures correspondant à une mesurande constante.

I-3-1-1-2-Justesse : C'est l'aptitude d'un capteur à délivrer une réponse proche de la valeur vraie et ceci indépendamment de la notion de fidélité. Elle est liée à la valeur moyenne obtenue sur un grand nombre de mesures par rapport à la valeur réelle.

I-3-1-1-3-Précision : Elle définit l'écart en % que l'on peut obtenir entre la valeur obtenue en sortie du capteur. Ainsi un capteur précis aura à la fois une bonne fidélité et une bonne justesse.

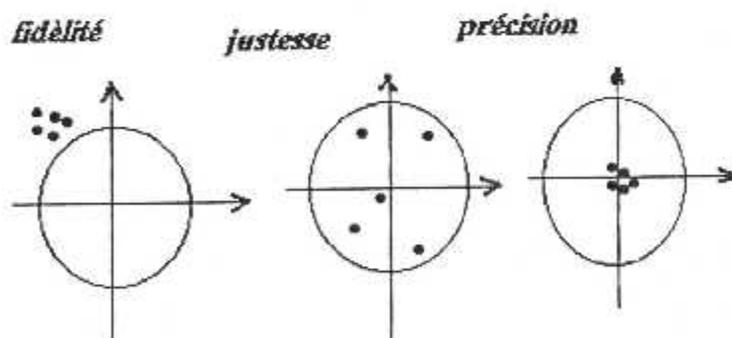


Figure (I-3) : Qualité de mesure

I-3-1-2-Etude de mesure(EM) :L'élément d'un capteur définit la plage des valeurs de la mesurande pour lesquelles le capteur répond aux spécifications du constructeur .Les limites de cette plage étant M_{min} et M_{max} ,on pose donc : $EM=M_{max}- M_{min}$.

I-3-1-3-La linéarité : Un capteur est dit linéaire si dans l'étendu de mesure $S(m)$ est une fonction linéaire de (m) , sa sensibilité est alors constante dans cette plage de fonctionnement.

I-3-1-4-La sensibilité :La sensibilité (s) est donnée par la déviation (o) de l'organe indicateur , souvent une aiguille , pour l'unité de la grandeur (x) à mesurer, dans une plage de variation (x) déterminée. Elle est donc égale à la pente de la courbe de graduation « $O=f(x)$ » soit $S=do /dx$

Si la courbe de graduation est une droite, l'instrument a une courbe de graduation linéaire : la sensibilité (S) est alors constante sur toute l'étendue de mesure.

I-3-1-5-La fonction de transfert : C'est la caractéristique principale, elle permet d'avoir la fonction mathématique de conversion (grandeur physique-signal électrique).

Elle est fournie par le constructeur ou déterminée par l'expérience.

I-3-2-Caractéristiques dynamiques des capteurs :

Pour mieux valider les mesures effectuées par un instrument, il faut connaître l'aspect du comportement dynamique de l'élément de transduction et de système de mesure. A cet effet ,l'analyse d'un système de mesure nous amène à étudier sa réponse vis-à-vis de l'entrée principale et des perturbations, pratiquement ,ces réponses ne peuvent être calculées ; ceci est attesté par le caractère aléatoire de ces entrées ainsi il est recommandé, de réaliser une étude basée essentiellement sur la réponse aux entrées typiques, qu'elles sont classée d'une manière générale en deux catégories :

- Entrées non sinusoïdales.
- Entrées sinusoïdales.
- Les entrées typiques nous permettent de déterminer les caractéristiques dynamiques de capteur suivant :

- Le temps de réponse.
- La stabilité de mesure.
- La fréquence de coupure.
- Influence de capteur sur la grandeur mesurée telle que l'atténuation et le déphasage.

I-4-Applications des capteurs : Le classement des capteurs peut se faire selon la grandeur à mesurer « longueur, force, poids ,pression, position, vitesse, température, tension ,intensité, débit , pH...etc.

Capteurs	Applications du phénomène
Thermocouple	température
Thermistance	
Pyromètre à infrarouge	
Electrode	pH
Potentiomètre	position
Microphone	lumière
Cellule photoélectrique	

Tableau(I-3) :application des différents capteurs

I-5-Capteur de température :

*La température est certainement l'une des grandeurs : physiques dont la mesure est la plus fréquente, surtout dans l'industrie de transformations ainsi que dans le traitement thermique. Cependant ce n'est une grandeur directement mesurable comme la longueur

ou la masse par exemple, mais une grandeur réparable à l'aide des phénomènes associés tel que la variation de la résistance d'un conducteur électrique ou la dilatation d'un fluide.

*Les propriétés physiques des matériaux dépendent de leur température qui est la mesure la plus fréquente, elle détermine ces propriétés d'une façon continue ou discontinue, c'est pourquoi la mesure exacte et le contrôle strict des températures sont indispensables dans l'industrie. Par suite il existe une grande variété de capteurs industriels utilisant chacun l'une des multiples méthodes de mesure.

I-5-1-CARACTERISTIQUES D'UN CAPTEUR DE TEMPERATURE :

Généralement un capteur de température est caractérisé par les paramètres suivants :

I-5-1-1-Le zéro : C'est la valeur prise comme origine de l'information délivrée par le capteur.

I-5-1-2-La sensibilité : Elle est définie comme le rapport minimal de changement de la sortie par rapport à l'entrée.

I-5-1-3-La linéarité : C'est la mesure de la constante de rapport de la sortie par rapport à l'entrée, dont l'équation est :

$$y_s = b \cdot x_e$$

y_s : grandeur de sortie.

x_e : grandeur d'entrée.

La relation est parfaitement linéaire si « b » est une constante, si « b » est une variable, la relation n'est pas linéaire, par exemple « b » peut être aussi une fonction de la variable « x_e », telle que : $b = a + d \cdot x_e$ où la valeur de « d » introduit la non linéarité.

I-5-1-4-La précision : C'est la mesure de la différence entre la valeur mesurée et la valeur vraie (actuelle).

-Une précision de +0,01 veut dire que l'erreur absolue est de 1% de la grandeur mesurée, sous toutes circonstances considérées.

I-5-1-4-La répétition : C'est la mesure de la différence entre deux mesures successives sous les mêmes conditions.

I-5-1-6-Le rang : C'est la mesure de la différence entre la valeur maximale et minimale mesurée. L'inducteur d'allongement (tension, surtension) peut être capable de mesurer les valeurs en de hors du rang de 0,1 à 10 Newton par exemple.

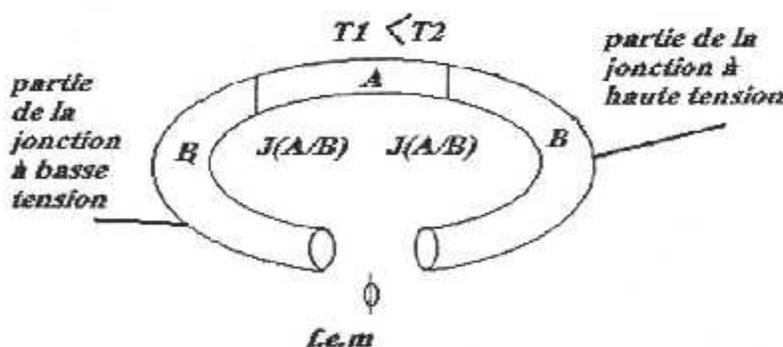
I-5-1-7-Le temps de réponse : C'est le temps nécessaire pour le changement observé comme changement à la sortie. On mesure le temps de réponse à partir du début de changement à l'entrée jusqu'à l'instant où la sortie prend un rang spécifique.

I-5-1-8-La résolution : C'est la mesure du rang d'un minimum, elle est utilisée pour indiquer les valeurs du plus petit incrément de valeur qui est observé.

I-5-2-LES DIFFERENTS TYPES DES CAPTEURS DE TEMPERATURE :

I-5-2-1-Le thermocouple :

-Le thermocouple est constitué de deux conducteurs « A » et « B », qui forment entre eux deux jonctions aux températures T_1 et T_2 . En général la température de l'une des jonctions est fixe. Elle est comme une température de référence ($T_1 = T_{ref}$).



Figure(I-4): Thermocouple.

-Le thermocouple délivre une FEM qui dépend, d'une part de la nature des conducteurs A et B ; d'autre part des températures de jonction, la prise d'informations se fait au niveau d'une jonction dont les dimensions peuvent être très réduites.

-Ce type de capteur est utilisé sur de grands intervalles de températures de -270°C à 2700°C .

-Le thermocouple permet de mesurer la température ponctuelle (de chaque point).

-La capacité calorifique du capteur peut être très réduite, assurant une vitesse de réponse élevée.

-Un autre intérêt du thermocouple est de délivrer un signal, une FEM dont la mesure ne nécessite pas la circulation d'un courant dans le capteur. Cette FEM est une fonction non linéaire de la température. L'erreur de non linéarité du thermocouple peut être aisément corrigée.

-La figure ci-dessous montre la FEM issue du capteur pour différents types de thermocouples.

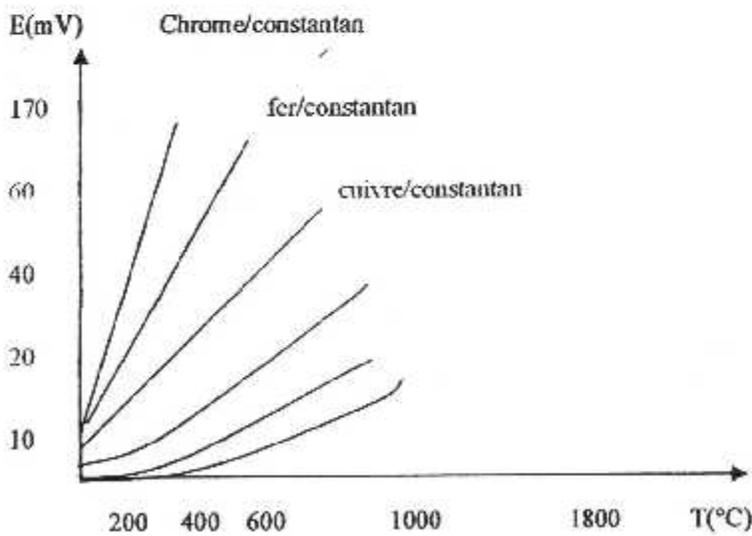


Figure (I-5) : Variation thermique de FEM des différents thermocouples

1-5-2-2-Résistances métalliques :

Il existe une autre grande catégorie de capteurs de température : les résistances métalliques.

Il est possible de mesurer la température à partir de la valeur de la résistance. Selon le domaine de température où elle sont utilisées et des qualités particulièrement recherchées on distingue les résistances en : platine, en nickel, et plus rarement en cuivre et en tungstène.

-On mesure la résistance désirée par un montage en pont qui annule l'influence des fils de connexion.

-Les résistances de platine sont utilisées de -200°C jusqu'à 1000°C lorsque leur enveloppe de protection le permet.

-L'intérêt du nickel réside dans sensibilité thermique supérieure, par contre il y a risque d'oxydation, ce qui peut affecter sa stabilité. Des résistances du nickel sont utilisées à des températures inférieures à 250°C .

-Le cuivre a trouvé des applications à cause de sa grande linéarité, de ses variations thermiques de résistance. Sa limite d'utilisation ne dépasse pas 180°C .

-Le tungstène est utilisable à des températures plus élevées que le platine avec une linéarité supérieure, mais sa stabilité reste inférieure à celle du platine.

1-5-2-3-Les thermistances : La thermistance est un élément semi-conducteur. La propriété primordiale de ce type de capteur est une sensibilité thermique très supérieure, de l'ordre de dix par rapport à celle des résistances métalliques.

-Elles sont constituées à partir des mélanges d'oxydes métalliques semi-conducteurs poly cristallins tels que : MgO , Mg , Al_2O_4 , Fe_3O_4 , CO_2O_3 .

-Les thermistances sont disponibles sous des formes variées : disques, cylindres, anneaux, perles. Les valeurs élevées de la résistivité des matériaux employés permettent

d'obtenir des résistances de valeurs appropriées avec de faibles quantités de matière et donc sous dimensions réduites, il résulte :

- un faible encombrement permettant la mesure de quasi ponctuelle de la température.
- Une capacité calorifique réduite rendant possible des vitesses de réponse élevées.
- Le domaine d'emploi des thermistances est compris entre quelques degrés absolus et environs 300°C.

Parmi les thermistances on a :

I-5-2-3-1-Thermistance CTN :

C'est une résistance constituée par un semi-conducteur à coefficient de température négatif. Sa caractéristique de base est lorsque la résistance électrique diminue, la température augmente.

-Elle sont constituées d'un oxyde métallique quia été réduit en poudre.

Relation entre la température et la résistance :

Quand la température T croit d'une valeur ΔT la résistance R croit aussi de la valeur ΔR .

$\Delta R = R_0 \alpha \Delta T$. On prend la température initiale $T_0 = 0^\circ\text{C}$.

$R_f = R_0 + \Delta R \Rightarrow R_f = R_0 + R_0 \alpha \Delta T \Rightarrow R_f = R_0(1 + \alpha \Delta T)$ avec :

$$\Delta T = T - T_0 = T$$

R_0 :résistance de température initiale 0°C .

α :facteur de température.

T :température.

Donc la valeur de la résistance est $R=R_0(1+\alpha\Delta T)$.

I-5-2-3-2-Thermistances CTP: La thermistance à fonction positive de la température, où son coefficient de température est positif, elle est basée autour de groupe cristallin Bâti O_3 , dont on contrôle la valeur ohmique en ajoutant des éléments de terre rares qui deviennent aussi un semi-conducteur.

-La valeur de résistance croît brusquement avec une augmentation de température, on l'utilise dans les appareils électriques domestiques et on l'emploie dans les téléviseurs couleurs pour les circuits de démagnétisation.

I-5-2-3-3-Thermistance RTC :Elles sont des thermistances dont la résistance bascule rapidement d'une valeur à l'autre, c'est un véritable commutateur de température, elles sont utilisées dans les alarmes de température, les détecteurs à infrarouges les mesures de points de température spécifiques.

*Remarque :Lors de l'utilisation pratique il faut choisir le capteur le mieux adapté en vérifiant les points suivants :

- méthode de détection.
- domaine de température.
- précision, sensibilité de mesure.
- rapidité de la réponse.
- dimension, poids du capteur.
- adaptabilité de l'environnement.
- fiabilité, sécurité.
- prix.

** Règles de base pour le choix et mise en œuvre des capteurs de température :*

<i>Règles</i>	<i>Solutions</i>
1. ne pas perturber le milieu.	Capteur le plus petit possible.
2. réaliser un bon équilibre entre le capteur et le milieu étudié.	Capteur le plus petit possible. Fils de raccordement de petit diamètre
3. temps de réponse faible.	Bon contact thermique.
4. minimiser les pertes par conduction.	Fils de raccordement de petit diamètre. Immersion suffisante des fils de raccordement dans le milieu étudié.
5. éviter les échanges thermiques entre le capteur et le milieu environnement.	Isolation thermique.

Tableau(I-4) : Règles pour la mise en œuvre d'un capteur de température

CHAPITRE II

CONVERSION ANALOGIQUE NUMERIQUE

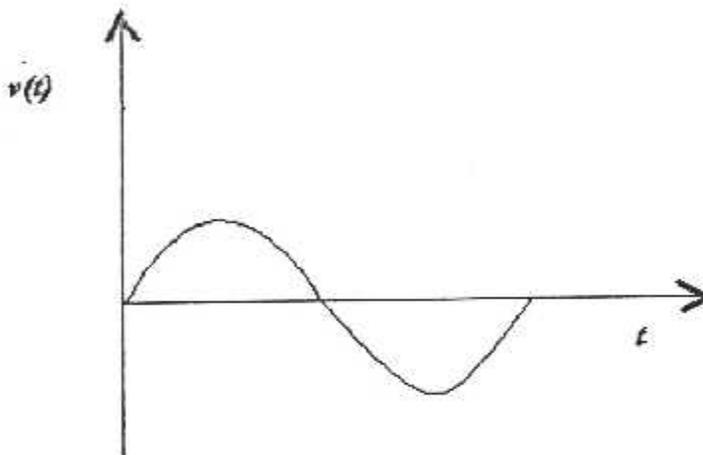
INTRODUCTION :

-Echantillonner un signal c'est le rendre accessible à un traitement numérique sur calculateurs digitaux. Cela se traduit par l'incompatibilité des signaux analogiques (continues) à être traités par les outils informatiques.

-C'est dans ce concept que SHANON a développé la notion d'échantillonnage, il s'agit de remplacer un signal continu dans le temps par un autre défini à des instants seulement (à des temps discrets), et suffisamment rapprochés pour qu'il contienne la même information.

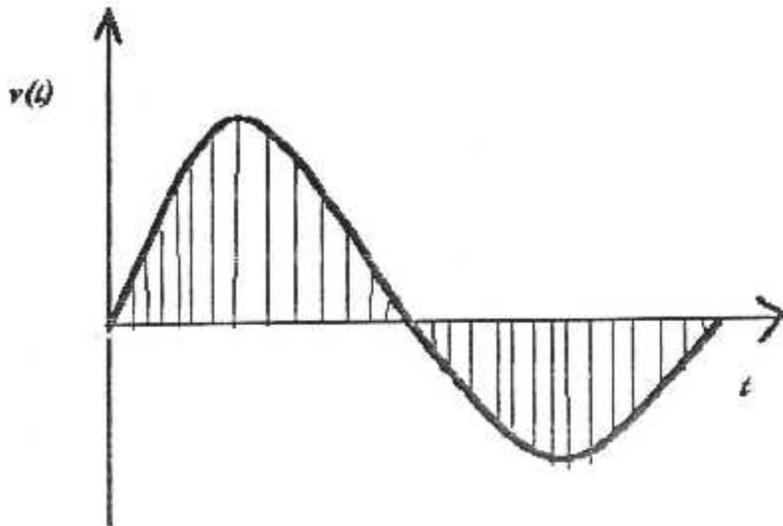
II-L'ECHANTILLONNAGE :

Définition : Soit $V(t)$ une tension fonction du temps (figure II-1). on appelle échantillonnage de cette tension ses valeurs instantanées à des instants t_0, t_1, \dots etc., régulièrement ou non dans le temps.



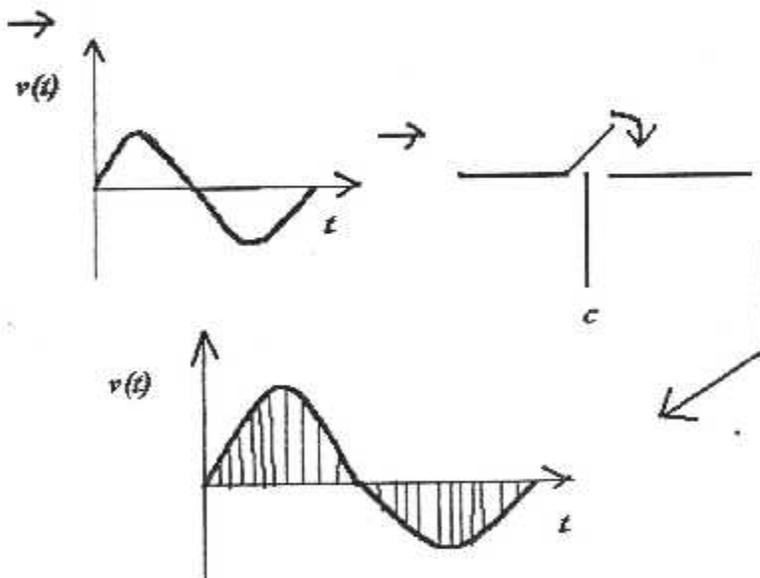
Figure(II-1) : tension en fonction du temps

-On peut considérer la succession d'échantillons issus de $V(t)$, comme une fonction $V_1(t)$ (figure II-2) constitué d'une suite d'impulsions de largeur très petite, et dont l'amplitude est égale à $V(t)$ aux instants correspondants.



Figure(II-2) : tension échantillonnée

Le théorème d'échantillonnage montre que dans certaines conditions le remplacement de $V(t)$ par la succession d'échantillons $V_1(t)$ ne provoque aucune perte d'informations.



Figure(II-3) : principe d'échantillonnage

II-1-FREQUENCE D'ECHANTILLONNAGE :

En définitive et dans tous les cas, la fréquence d'échantillonnage doit être supérieure à deux fois la plus haute fréquence de la partie significative du spectre.

Dans la pratique un facteur de cinq est suffisant.

Par exemple un signal ayant un spectre compris entre 0 et 20 KHz, une fréquence d'échantillonnage au minimum doit être égale à 40KHz est donc choisie. Dans la pratique une valeur de 100KHz est conseillée.

II-2-ECHANTILLONNEUR BLOQUEUR :

II-2-1-Définition : L'échantillonneur bloqueur est un circuit qui fait l'acquisition d'une information analogique puis la garde en mémoire le temps suffisant pour qu'elle soit exploitée par les circuits en aval.

II-2-2-Etude théorique de l'échantillonneur bloqueur :

Le signal $S(t)$ échantillonné résulte de la multiplication de signal d'entrée $e(t)$ par les impulsions $\delta(t)$ (voir la figure ci-dessous).

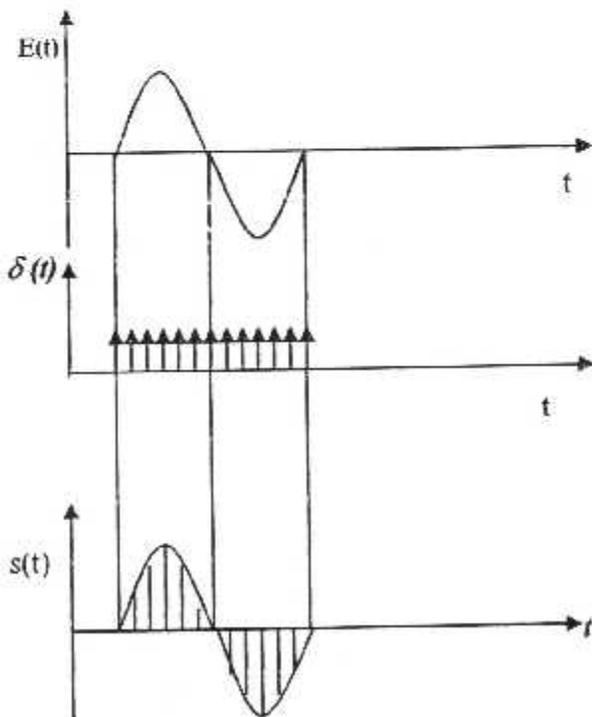
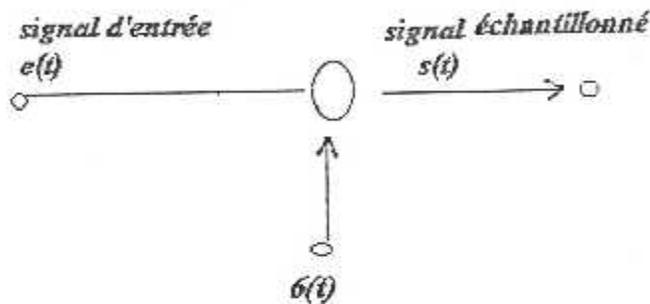


Figure (II-4) : Visualisation du signal échantillonné

II-2-3-Réalisation d'un échantillonneur bloqueur:

II-2-3-1-Principe de fonctionnement d'un échantillonneur bloqueur:

Le schéma d'un échantillonneur bloqueur (voir la figure II-5) est constitué de deux amplificateurs suiveurs de gain $G=1$, qui ont une grande résistance d'entrée et une faible résistance de sortie.

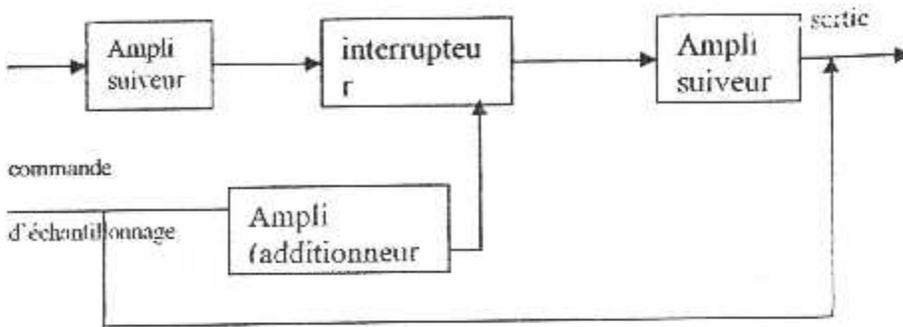
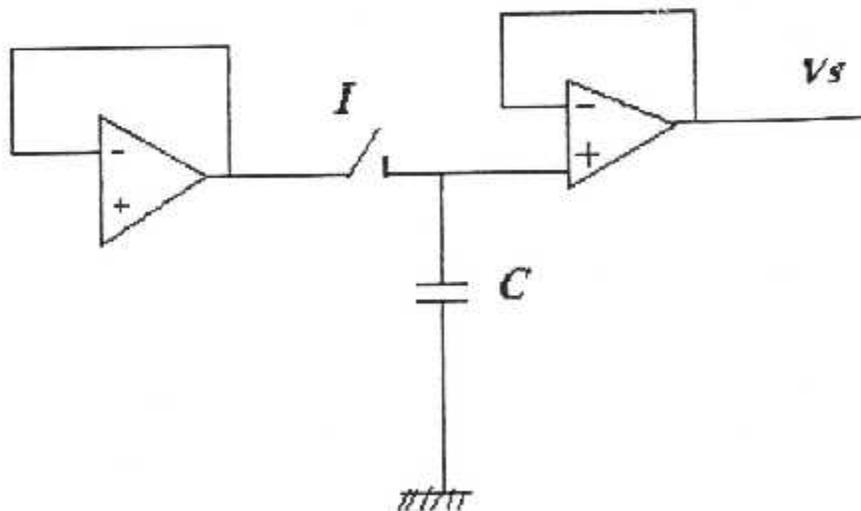


Figure (II-5) :Schéma synoptique d'un échantillonneur bloqueur

Le premier amplificateur à gauche (voir la figure II-6) a pour but de donner un grand courant sans perturbation du signal d'entrée, le deuxième sert à limiter les débits de courant aux bornes de la capacité C .



Figure(II-6) :schéma de principe d'un échantillonneur bloqueur

- Si l'interrupteur I est fermé, la sortie prend la valeur d'entrée. $V_s = V_e$, c'est le mode d'échantillonnage.
- Si non (l'interrupteur I est ouvert) la tension à la sortie reste constante, c'est à dire qu'elle est égale à la tension prise pendant l'échantillonnage, alors c'est le mode de maintien.
- La valeur de la capacité ni grande ni petite, car pour une faible valeur de la capacité on aura un grand débit de courant et une perte en cas de maintien.

II-3-LES CONVERTISSEURS ANALOGIQUES /NUMERIQUES :

Introduction : Dans l'électronique, les techniques actuelles font de plus en plus appel au traitement numérique qui présente d'intéressantes performances et de souplesse. Actuellement la part prise par les circuits logiques binaires est de plus en plus grande. Ceci est dû à la facilité relative de construction et d'utilisation de tels circuits par rapport aux circuits analogiques et classiques.

-Il est cependant nécessaire de faire la liaison entre le monde dans lequel nous vivons qui est analogique et le monde de traitement qui est numérique. C'est pourquoi l'industrie électronique a développé sous forme de circuits intégrés des convertisseurs extrêmement performants et de faible coût pour réaliser ces opérations.

Définition : Un convertisseur analogique numérique est un dispositif qui reçoit un signal analogique A et le transforme en un signal numérique N avec une précision et une résolution données.

En comparant A à une tension de référence, le signal à convertir A peut s'écrire sous la forme :

$$A = F_s (b_1 / 2 + b_2 / 4 + \dots + b_n / 2^n).$$

Où F_s représente l'étendue de la pleine échelle.

La longueur du mot binaire obtenu après conversion étant limitée à « n » bits, il faut arrêter la division à l'ordre « n » et écrire :

$$A = F_s (b_1 / 2 + b_2 / 4 + \dots + b_n / 2^n).$$

Avec n:

b_n	b_{n-1}	B_2	B_1
-------	-----------	-------	-------	-------

II-3-1-Caractéristiques des convertisseurs analogiques/ numériques

Ces caractéristiques sont données dans les DATABOOKS des constructeurs et permettant à l'utilisateur de faire son choix. Parmi ces caractéristiques, on cite :

- 1- fonction de transfert.
- 2- Précision.
- 3- Temps de conversion.
- 4- Résolution.
- 5- Non linéarité intégrale et non linéarité différentielle.
- 6- Gamme de signal d'entrée.
- 7- Consommation.

II-3-2-Différents types de convertisseurs analogique/numérique :

Ils sont classés en quatre groupes fondamentaux :

II-3-2-1-Convertisseurs parallèles ou convertisseurs simultanés :

Toutes les combinaisons possibles sont essayées simultanément. Le gain en vitesse est important puisque un cycle d'horloge seulement suffit pour la conversion, mais la complexité du circuit ne permet pas d'exploiter totalement cet avantage au-delà de cinq bits.

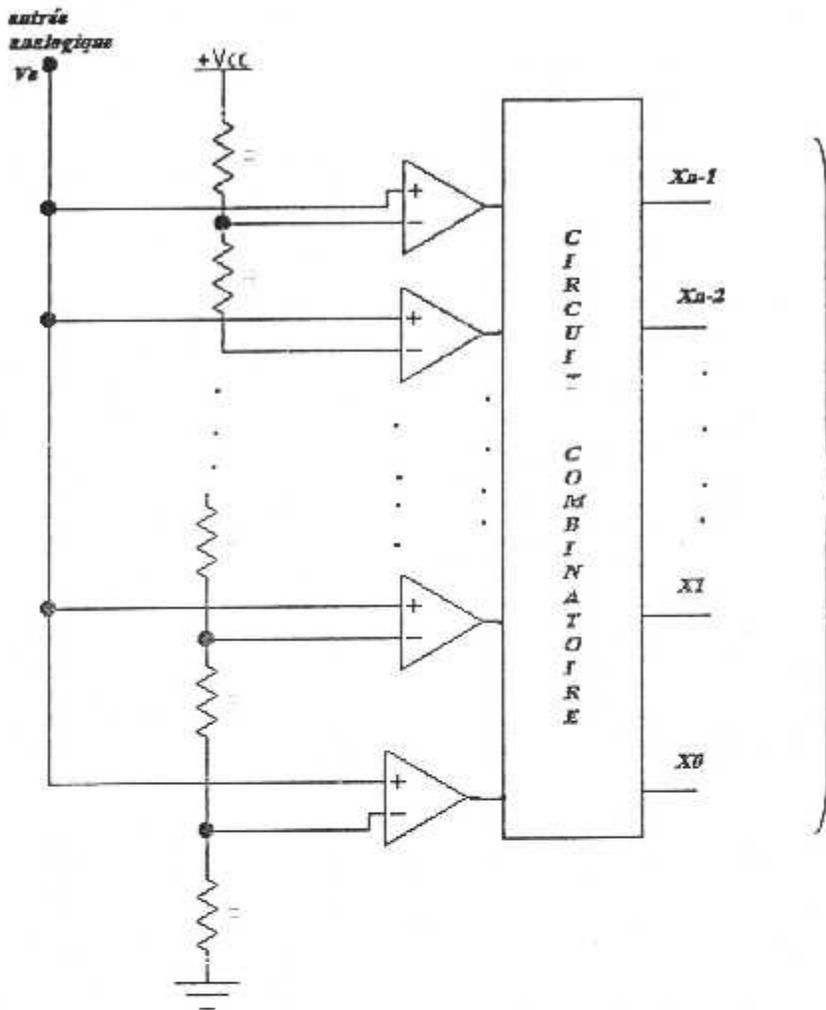


Figure (II-7) : schéma de principe de CAN parallèle.

-les convertisseurs parallèles ou simultanés (high speed /flash) sont utilisés dans les systèmes où la vitesse de conversion est primordiale. Dans ce convertisseur les 2^n valeurs possibles sont comparées, simultanément, dans (2^{n-1}) comparateurs analogiques, au signal d'entrée V_e . Le schéma de principe est donné par la (figure II-7).Le circuit combinatoire est déterminé d'après une table de vérité. Le tableau (II-1) donne l'exemple d'un convertisseur à trois bits. Les sorties digitales déduites de la table de vérité sont :

$$X=A \cdot \bar{B}+C \cdot \bar{D}+E \cdot \bar{F}+G$$

$$X=\bar{B} \cdot D+F$$

$$X=D$$

Tension analogique	Sorties des convertisseurs							Codes binaires $X_2X_1X_0$
	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	
7K → 8K	1	1	1	1	1	1	1	111
6K → 7K	1	1	1	1	1	1	0	110
5K → 6K	1	1	1	1	1	0	0	101
4K → 5K	1	1	1	1	0	0	0	100
3K → 4K	1	1	1	0	0	0	0	011
2K → 3K	1	1	0	0	0	0	0	010
1K → 2K	1	0	0	0	0	0	0	001
0 → K	0	0	0	0	0	0	0	000

Tableau(II-1) : codage entrées/sorties(convertisseur à 3 sorties)

II-3-2-2-Convertisseurs à approximationsuccessives

Ces convertisseurs sont utilisés quand une excellente précision est demandée par exemple pour la conception des appareils de mesure.

- Le principe de fonctionnement du convertisseur analogique/digital « approximation successive » est de comparer une tension d'entrée V_e d'abord avec la tension analogique correspondante au MSB (le poids le plus fort), puis aux bits de poids inférieurs et ainsi de suite jusqu'au bit LSB (le bit du poids le plus faible). Le schéma du principe est donné par la figure (II-8).

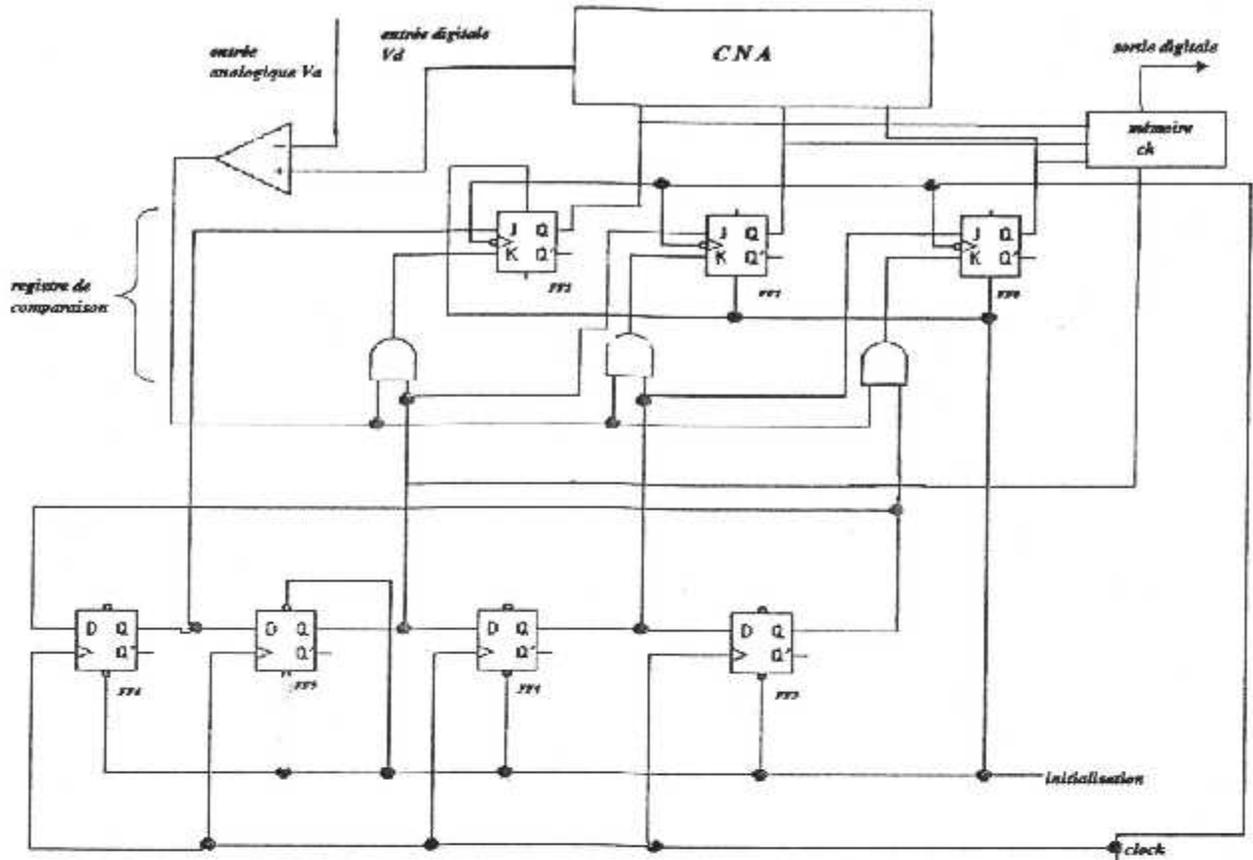


Figure : (II-8) schéma de principe de CAN à approximations successives

Initialement, les bits MSB du compteur en anneau et du registre de comparaison ou de décision sont mis à « 1 » pour comparer l'entrée analogique V_e de la tension V_s qui est la moitié de la tension de référence V_{ref} :

$$V_e < 2^{n-1} \longrightarrow X_{n-1} = 0$$

$$V_e > 2^{n-1} \longrightarrow X_{n-1} = 1$$

La décision de « 1 » ou « 0 » vient de la sortie du comparateur :

-si $V_s < V_e$, la sortie du comparateur sera basse et n'agira pas sur l'entrée K de la bascule qui restera à « 1 ».

-si $V_s > V_e$, il y a dépassement, donc la sortie du comparateur, qui sera au niveau HAUT, mettra la bascule correspondante à « 0 » par l'intermédiaire de l'entrée K.

-après une impulsion d'horloge, c'est les bits de poids inférieurs qui sont mis à « 1 » pour poursuivre la comparaison et la décision dont le raisonnement est similaire, la sortie digitale sera obtenue après exploitation de tous les bits, du MSB au LSB. Le résultat final sera obtenu dans la mémoire.

Pour illustrer le fonctionnement du convertisseur analogique /digital à approximation successive un exemple de conversion est représenté par la figure(II-9).

Impulsions	Compteur en anneau				registre		
	FF ₆	FF ₅	FF ₄	FF ₃	FF ₂	FF ₁	FF ₀
Initialisation	0	1	0	0	1	0	0
1	0	0	1	0	1	1	0
2	0	0	0	1	1	0	1
3(mémorisation)	1	0	0	0	1	0	1
Initialisation	0	1	0	0	1	0	0
1	0	0	1	0	0	1	0
2	0	0	0	1	0	1	1
3(mémorisation)	1	0	0	0	0	1	0
Initialisation	0	1	0	0	1	0	0
.....

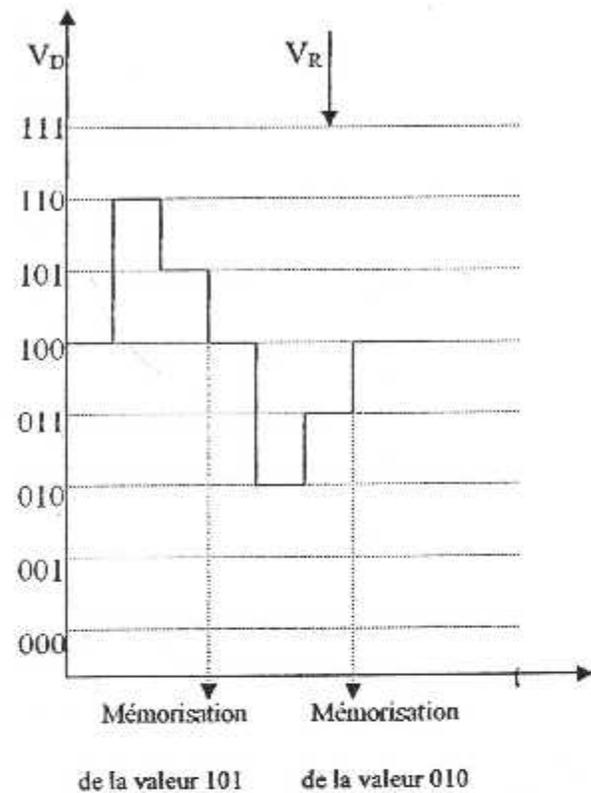


Figure (II-9) : exemple de fonctionnement du CAN à approximations successives

- l'avantage de ce type de convertisseur est sa rapidité. De même sa vitesse de conversion est constante, et indépendante de du niveau d'entrée ou de la donnée digitale.

II-3-2-3-Convertisseur sigma delta :

Apparu plus récemment, le convertisseur sigma delta permet d'obtenir des précisions de codage que ne permettent pas les autres types de convertisseurs. Le principe de fonctionnement est assez complexe, et tiré en partie de techniques numériques de traitement de signal. Le signal d'entrée est échantillonné avec une fréquence très supérieure à celle qui sera nécessaire par application de la règle de SHANON. Le signal, ensuite, sera filtré afin de minimiser le bruit, la linéarité de conversion est également excellente, les précisions assez élevées plus que vingt quatre bits sont possibles, ces convertisseurs sont réalisés en particulier dans l'enregistrement numérique sur les disques lasers.

II-3-2-4-Convertisseurs à rampe numérique :

Un convertisseur analogique numérique est constitué de :

- un compteur binaire à « n » bits, initialement mis à zéro.
- un convertisseur digital/ analogique, qui transforme le nombre affiché par le compteur en signal analogique.
- un comparateur qui compare les valeurs des paliers successifs(dus au compteur) à la tension à convertir.

II-3-2-4-1-Convertisseur ADC à rampe numérique « simple » :

Dans le cas du convertisseur à rampe numérique « simple », il suffit de transférer le contenu du compteur vers une mémoire quand le comparateur bascule pour obtenir le nombre digital correspondant à la tension analogique d'entrée. Les figures(II-10) et (II-11) montre le schéma de principe, ainsi qu'un exemple de conversion.

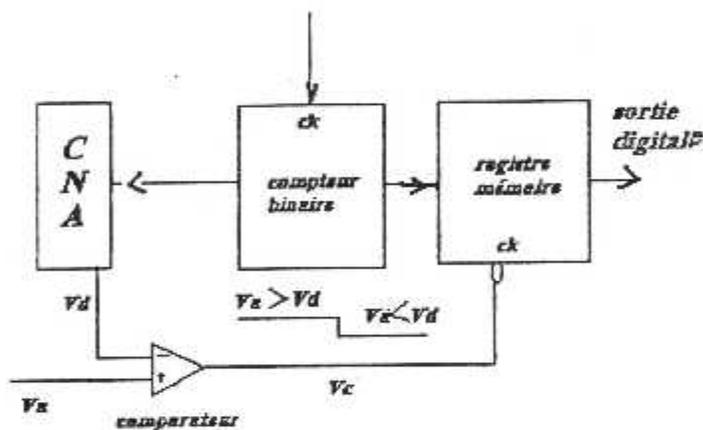
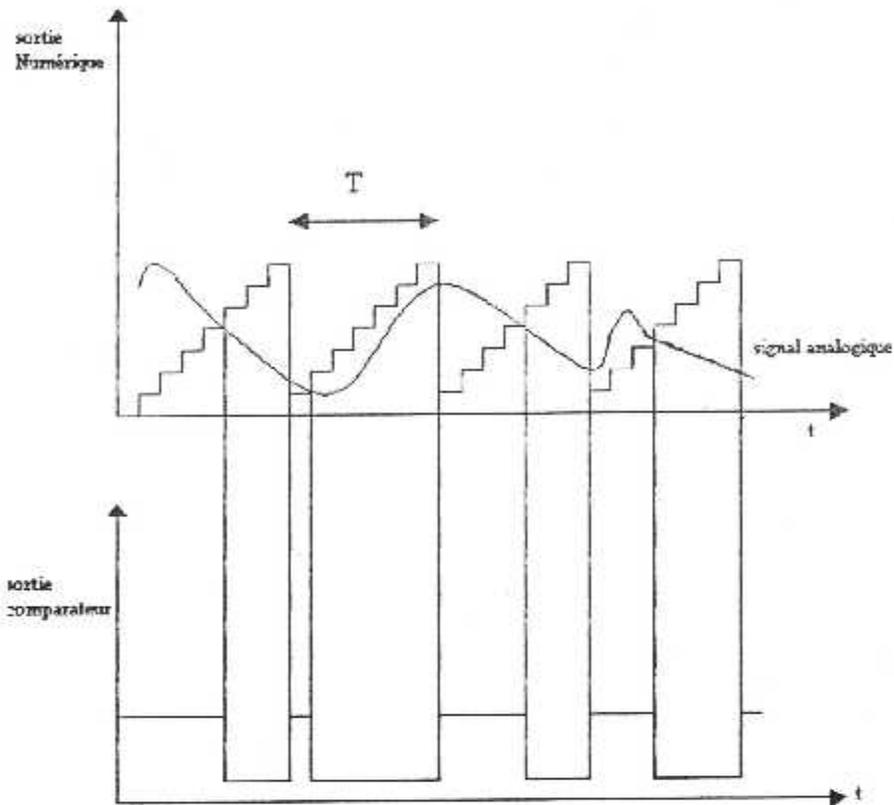


Figure (II-10) :Schéma de principe du convertisseur CAN à rampe « simple »

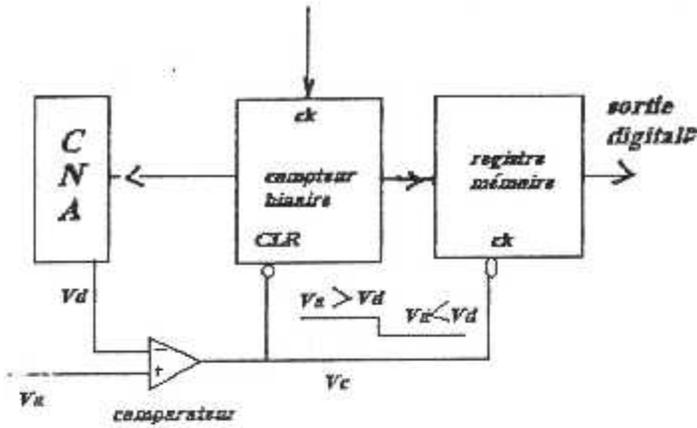
Ce premier système de rampe numérique continue son cycle de comptage quelque soit le moment de transfert de la donnée digitale dans la mémoire. Il possède l'avantage d'avoir une vitesse de conversion constante mais lente.



Figure(II-11) : chronogramme des signaux du CAN à rampe « simple »

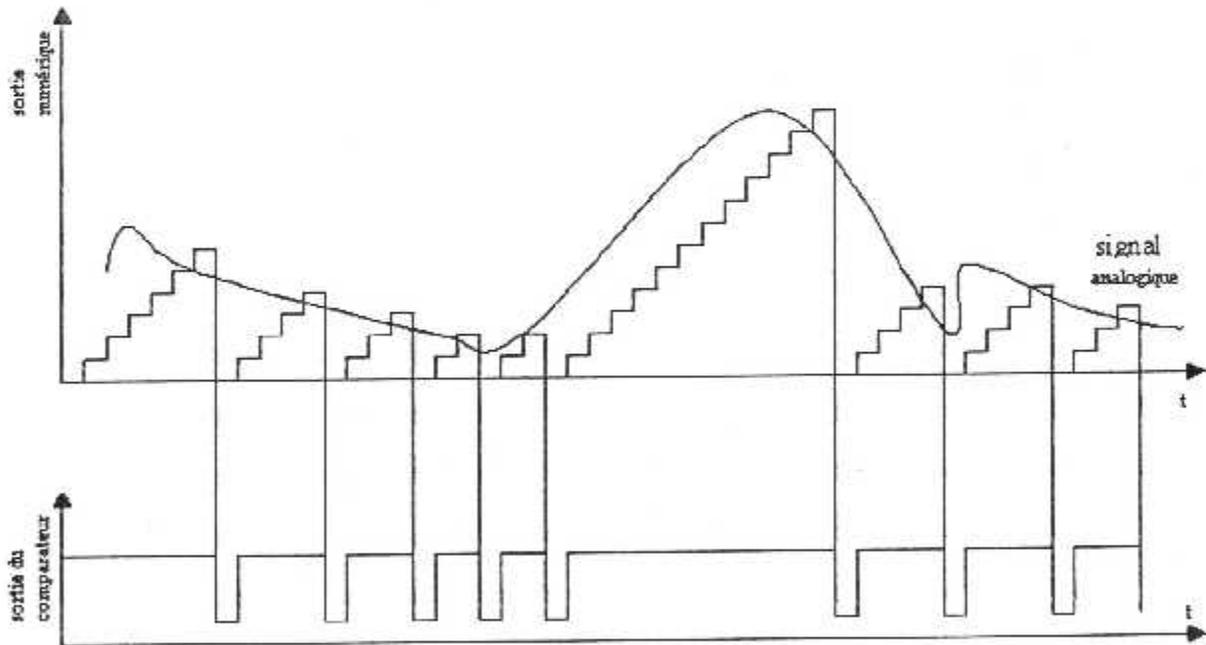
II-3-2-4-2-Convertisseur ADC à rampe numérique « améliorée » :

Pour améliorer le système de la rampe numérique, un deuxième montage est possible. Dans ce cas, le compteur est remis à zéro lorsque le transfert est effectué.



Figure(II-12) :Schéma de principe du convertisseur CAN à rampe « améliorée »

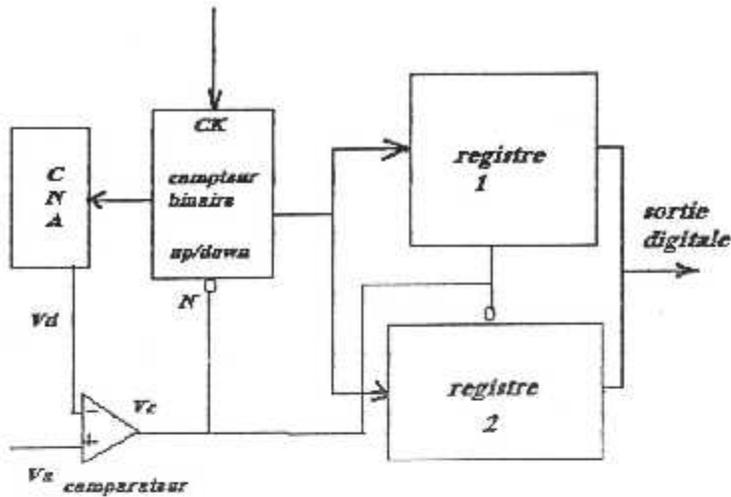
La vitesse de conversion sera plus rapide mais ne sera pas constante. Le schéma de principe ainsi qu'un exemple de conversion sont représentés par les figures (II-12) et (II-13).



Figure(II-13) :Chronogramme des signaux du CAN à rampe « améliorée »

II-3-2-4-3-Convertisseur ADC à rampe numérique « poursuite » :

Un troisième système de rampe numérique qui a l'avantage d'être très rapide, est possible en utilisant un compteur bidirectionnel (up/down) à la place d'un compteur binaire. Le schéma de principe de ce convertisseur (tracking ADC converter) ainsi qu'un exemple de conversion sont représentés par les figures (II-14) et (II-15).



Figure(II-14) :Schéma de principe du convertisseur CAN à rampe « poursuite ».

Le système incrémente le compteur jusqu'à la valeur de l'entrée. Par la suite le tracking ou poursuite se fait par incrémentation ou décrémentation du compteur bidirectionnel. Suivant la sortie du comparateur, le transfert de données digitales se fait pour chaque transition (de haut vers bas, ou de bas vers haut).

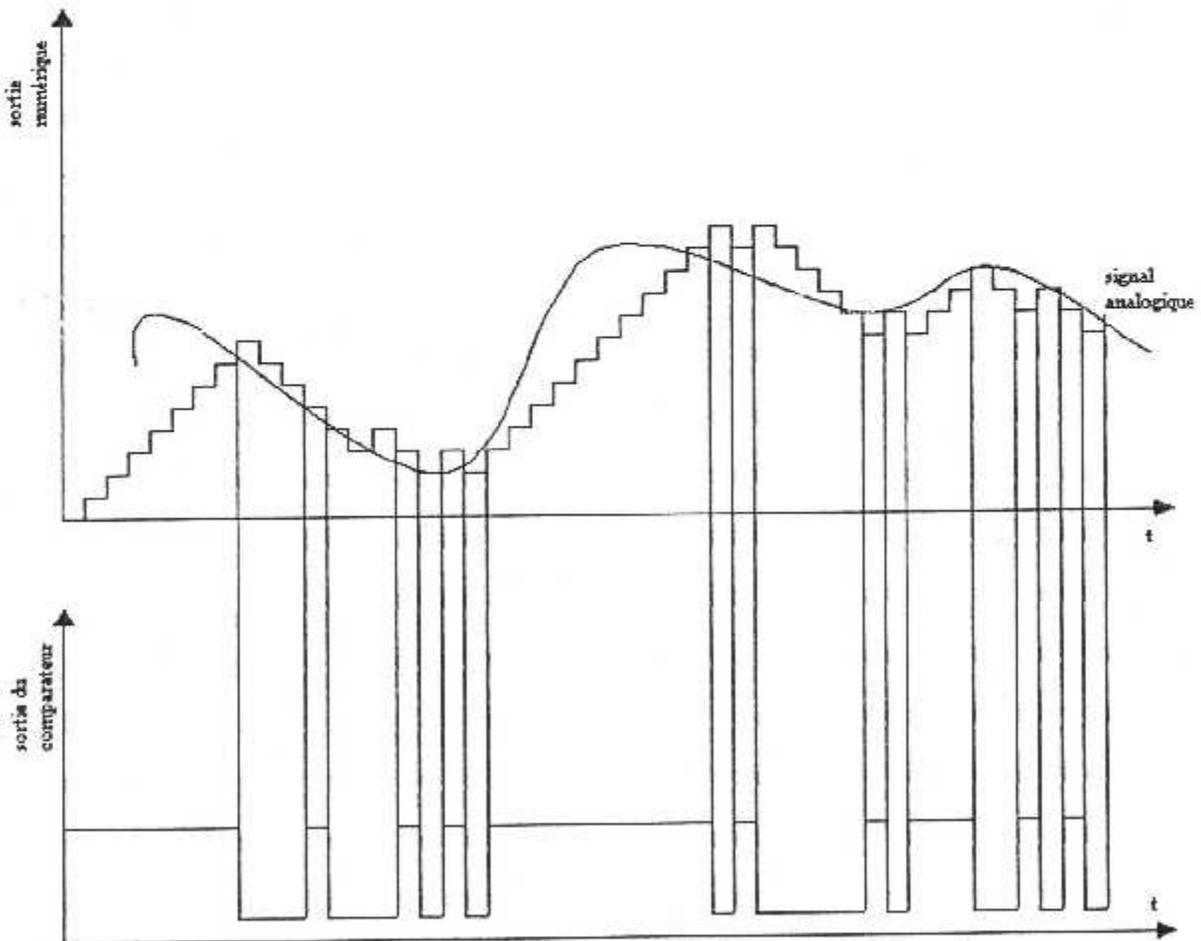
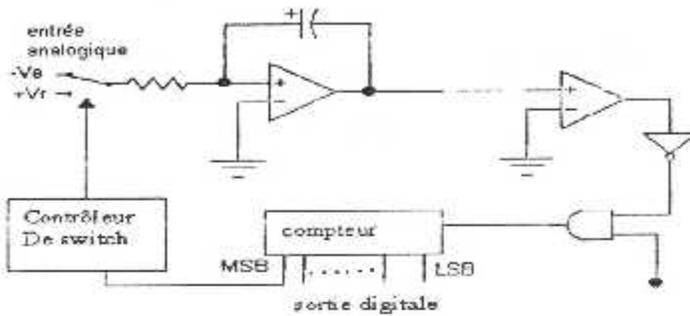


Figure (II-15) :Chronogramme des signaux du CAN à rampe « poursuite »

II-3-2-4-4-Convertisseur ADC à double rampe :

Le schéma de principe de ce convertisseur, qui est très utilisé dans les voltmètres digitaux, est représenté par la figure(II-16). Ce convertisseur est en réalité un convertisseur « tension-temps » où le temps nécessaire pour la conversion de l'entrée analogique inconnue $V_e(t_1)$ est comparé au temps de conversion de référence $V_{ref}(t_2)$.



Figure(II-16) :Schéma de principe de CAN à double rampe

Le principe de fonctionnement est le suivant :

Initialement, la capacité C est déchargée et le compteur mis à zéro, l'interrupteur S est ensuite connecté à $(-V_e)$ pendant un temps fixe t_1 (temps nécessaire au bits de MSB de passer à « 1 » ou au compteur 2^{n-1} cycles d'horloge). Cette durée t_1 , est utilisée pour intégrer l'entrée V_e , ce qui donne :

$$V_{t1} = (1/RC) \int_0^{t1} (-V_e) dt = (t_1/RC) V_e$$

Le passage à « 1 » du bit MSB, relatif à la fin du temps fixe t_1 , fait basculer l'interrupteur S vers la tension de référence V_{ref} ce qui induit une croissance de la tension de sortie V_1 de l'intégrateur, cette intégration continue jusqu'à ce que la tension V_1 devienne nulle (basculement du comparateur). Le temps t_2 est le temps de cette décroissance :

$$V_{t2} = V_{t1} - (1/RC) \int_{t1}^{t2} (+V_{ref}) dt = V_{t1} - ((t_2 - t_1)/RC) \cdot V_{ref} = 0$$

Si la période d'un cycle d'horloge est T , donc :

$$t_1 = 2^{n-1} T \text{ et } t_2 - t_1 = NT$$

Avec N représentant le nombre accumulé pendant l'intervalle de temps $(t_2 - t_1)$, on aura alors :

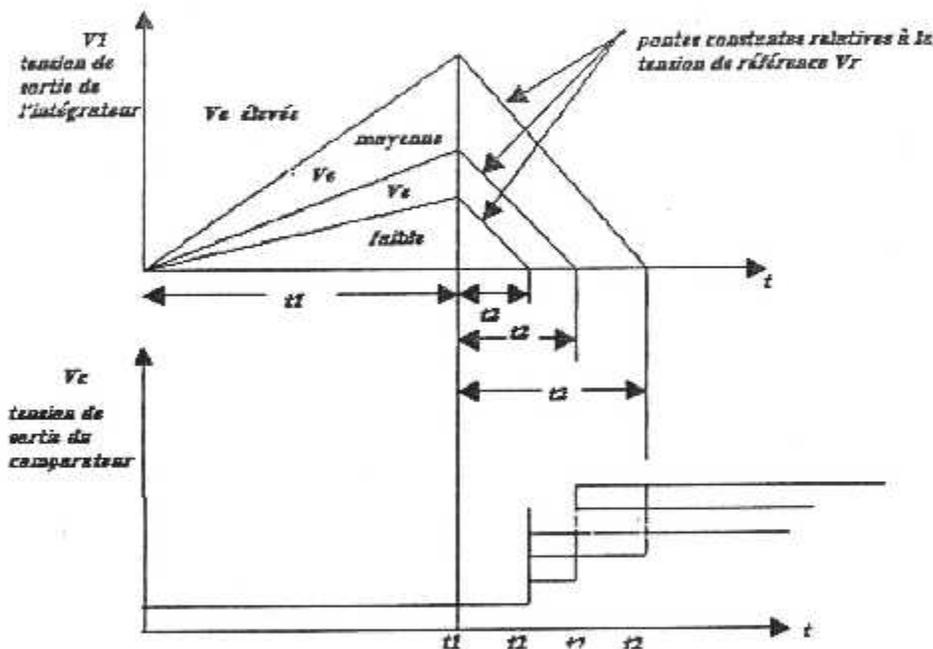
$$V_e + V_{ref}((t_2 - t_1) / t_1) = (V_{ref} / 2^{n-1}) \cdot N$$

Pour illustrer le fonctionnement du convertisseur ADC à double rampe, un exemple de conversion est représenté par la figure (II-17)

- l'inconvénient majeur de ce convertisseur est sa lenteur.

Mais il présente de nombreux avantages parmi lesquels :

- il est économique car il n'utilise pas de convertisseur DAC (digital/analogique) .
- il possède une très bonne précision de conversion. En effet, ce type de convertisseur élimine les erreurs dues aux temps de retard des composants utilisés. C'est un convertisseur « self compensating » puisque les variations dans R, C et la fréquence de l'horloge sont communes pour les deux rampes. Les « offset » (courant et tension) du comparateur sont automatiquement compensés puisque la tension d'entrée V_e passe deux fois par zéro. Seulement, les variations dans V_{ref} ainsi que les « offset » de tension et de courant d'entrée de l'intégrateur ne sont pas compensées.



Figure(II-17) :chronogramme des signaux du CAN à double rampe

II-3-3-Exemples :

Dans le tableau suivant ,on va voir les caractéristiques de quelques convertisseurs :

	AD1776	AD9012	AD7582	DSP56ADC16
Type	Mixte série parallèle	Parallèle	Approximation successive	Sigma delta
Précision	14	08	12	16
conversion	100KHz	100MHz	10KHz	100KHz
Bits effectifs	/	7,5 à12 MHz	/	/
Gamme d'entrée	0 à10 V	0 à10 V	0 à 5 V	0 à 5V
Précision d'échantillonnage	150 Ps	15 Ps	/	/
Non linéarité intégrale	+/-1 LSB	+/-0.6 LSB	+/-1 LSB	/
Non linéarité différentielle	/	+/-0.6 LSB	+/-1 LSB	/
Consommation	560mW	950 mW	75mW	/

Tableau(II-2) :caractéristiques de quelques convertisseurs

II-3-4-Récapitulatif des convertisseurs:

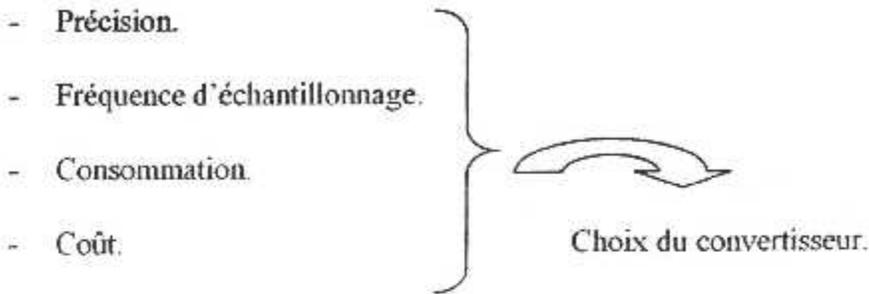
Après avoir exposé les diverses techniques de conversion, la question qui se pose est la suivante :

-Quel type de convertisseur dois-je utiliser dans mon application ?

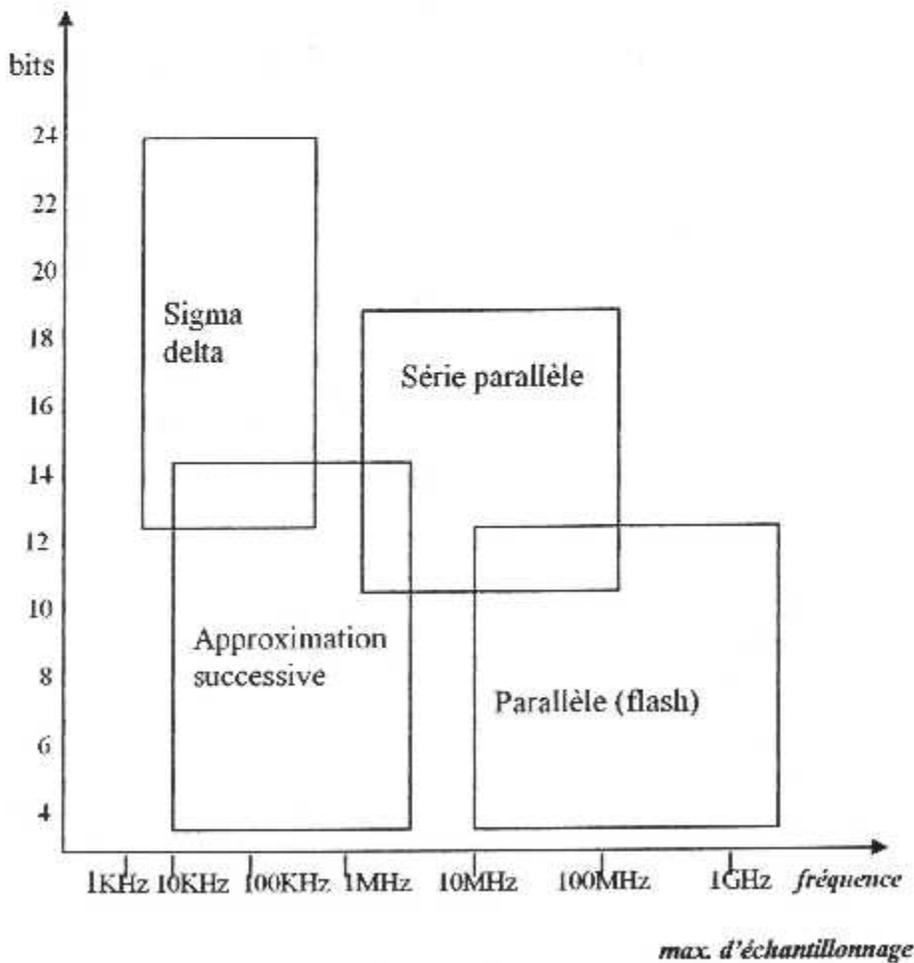
les deux facteurs principaux pris en compte dans la classification proposée sont :

- le nombre de bits de codage.
- La fréquence d'échantillonnage choisie selon les critères exposés précédemment.

D'autres critères sont pris également en considération comme la consommation et le coût du circuit.



La figure suivante résume les propriétés de diverse familles offertes par l'industrie électronique.



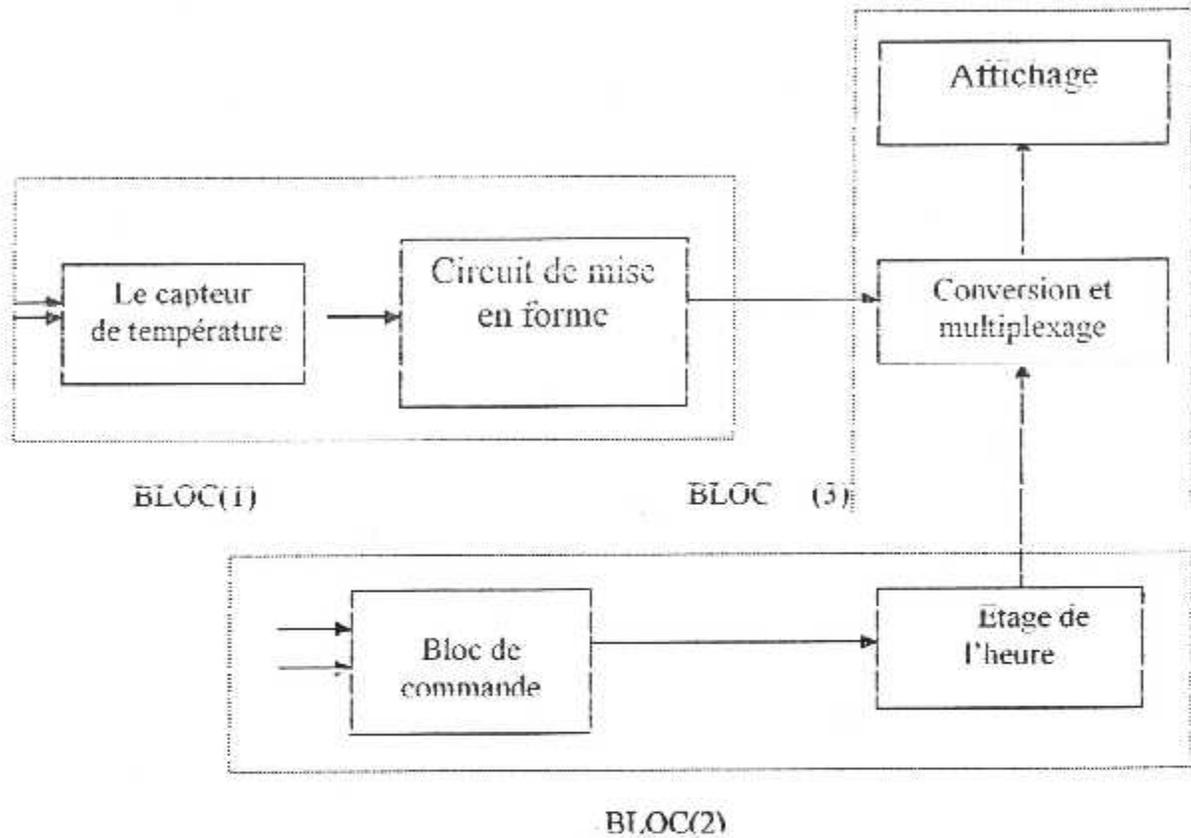
Figure(II-18) : Propriétés des familles des convertisseurs

CHAPITRE III

ETUDE THEORIQUE

III-1-Schéma synoptique général :

Le schéma synoptique général avec tous les étages qu'il comprend est représenté dans la figure (III-1).



Figure(III-2) : le schéma synoptique général

III-1-1 FONNCTIONNEMENT GENERAL :

- Tout d'abord le bloc(1) contient l'information issue du capteur de température .
- Le bloc (2)est le bloc d'heure et des minutes.
- Le bloc (3) est un module (comptage -multiplexage-affichage).qui exploite ces dernières données et nous permet aux moyen des afficheurs d'observer la température en degrés Celsius et l'heure exacte.

III-1-2-DESCRIPTION :

La question qui se pose dans notre projet est : comment mesure-t-on la température ?.

L'élément principal ici est la sonde de température ,malheureusement ce capteur est étudié et calibré pour fournir une information en degrés Kelvin (°K) et sa sensibilité est de 1mV/°K .

Rappelons pour mémoire que : $0^{\circ}\text{C} \rightarrow 273^{\circ}\text{K}$

$$T^{\circ}\text{C} \rightarrow (t+273)^{\circ}\text{K}$$

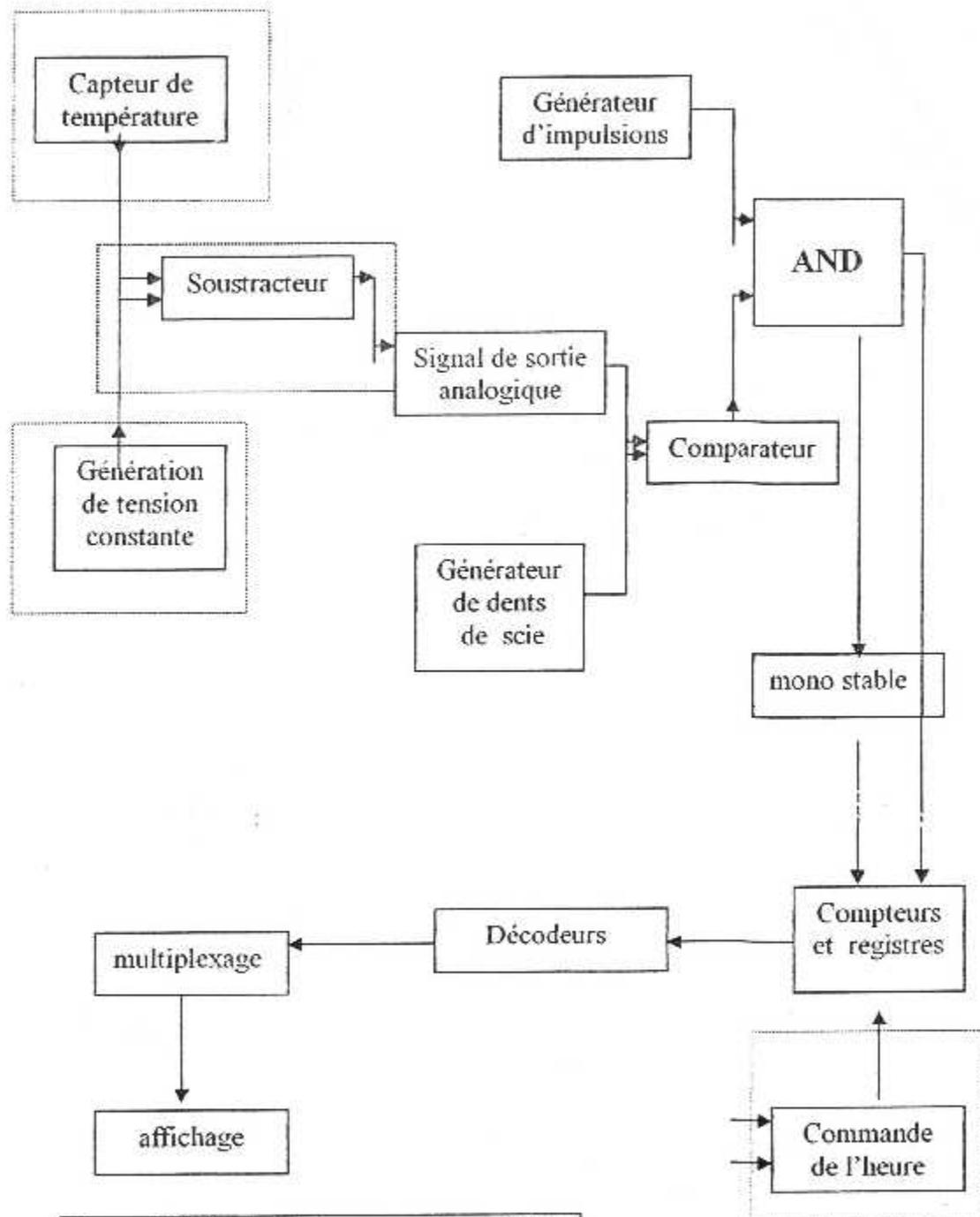
Bien évidemment ,la majorité d'entre nous travaillent en degrés Celsius, il faut donc opérer une conversion adéquate pour obtenir une information analogique directement exploitable que nous appelons V_3 .

Résumons, nous avons un circuit qui est capable de nous fournir une tension V_2 allant de 2.73V à 3.73V de façon proportionnelle à la température.

L'astuce consiste à retrancher en permanence à V_2 ,une tension $V_1=2.73\text{V}$ annulant ce que l'on peut appeler l'effet Kelvin.

III-2 -Schéma synoptique détaillé :

Le schéma synoptique détaillé comprend les étages suivants :



Figure(III-3) : le schéma synoptique détaillé

Nous allons décomposer ce schémas en sept parties différentes qui sont représentées sur la figure (III-3).

III-2-1-Description de chaque bloc :**III-2-1-Bloc de conversion température/tension :**

Cette partie nous permet d'obtenir une tension analogique V_2 proportionnelle à la température acquise par le capteur de température en degré Kelvin, donc V_2 variera entre 2,73v pour 0°C et 3,73 v pour 100 °C.

III-2-1-2-Bloc de génération d'une tension constante V_1 :

Il s'agit de générer une tension stable et précise égale à 2,73 v.

Nous avons vu au cours des parties précédentes la nécessité de cette référence de tension qui a pour rôle d'annuler ce que l'on pourrait appeler « effet Kelvin ».

III-2-1-3-Bloc de soustraction (V_2-V_1) :

Cette partie effectue la différence entre la tension V_2 qui représente la température mesurée en degré kelvin (°K) et la tension constante V_1 . On obtient $V_3=V_2-V_1$, qui représente la température exacte en degrés Celsius.

V_3 peut varier entre 0 et 1 v.

III-2-1-4-Bloc de mise en forme :

Le signal qu'on désire afficher est traité par cette partie pour qu'il puisse être apte à attaquer l'entrée de bloque de conversion.

III-2-1-5-Bloc de conversion A/N et multiplexage:

La conversion analogique numérique consiste à transformé une tension électrique (analogique) en un nombre. Ce nombre est exprimé dans le système binaire, et le multiplexage joue le rôle d'un commutateur d'affichage du température et de l'heure.

III-2-1-6-Bloc de commande de l'heure :

Cette partie nous permet de régler manuellement l'heure et les minutes.

III-2-1-7-Bloc décodeur BCD/7segments et affichage numérique :

Le circuit de conversion binaire -BCD/7 segments commande les décodeurs à 7 segments qui peuvent être considérés comme mémoire ROM de 10 ou 16 mots de 7 bits.

Les sept segments du décodeur sont commandés par les sorties du convertisseur, et suivant la valeur de chacune de ces sorties (0 ou 1 logique) le segment sera éteint ou allumé.

III-3-Les compteurs :

Un compteur est un registre particulier (succession de bascules) dont le contenu passe d'une valeur binaire « n » principalement de la valeur »m » à « m+1 » après application d'une impulsion d'horloge.

Il y a deux catégories de compteurs :

- Les compteurs synchrones.
- Les compteurs asynchrones.

III-3-1-Les compteurs synchrones :

Le compteur est dit synchrone si les impulsions à compter sont appliquées simultanément sur l'entrée CLOCK de toutes les bascules, pour qu'elles commutent alors en même, après un front déterminé de synchronisation (front montant, descendant).

III-3-2-Les compteurs asynchrones :

Le compteur est dit asynchrone, si les impulsions à compter sont appliquées seulement sur l'entrée de la première bascule et l'état de chaque bascule est fonction des états des bascules précédentes.

Les caractéristiques principales d'un compteur sont :

- Capacité maximale du compteur.
- Comptage croissant/décroissant (UP/DOWN) ou aléatoire.
- Fonctionnement synchrone ou asynchrone.
- Fréquence maximale de comptage.
- Fonctionnement permanent ou à arrêt automatique.

III-4- Génération d'impulsion d'horloge :

Le circuit intégré NE555 fonctionne comme une horloge de précision (montage en Astable ou multivibrateur) d'où le nom de TIMER. En plus, de l'Astable, plusieurs autres montages peuvent être réalisés avec ce circuit tels que le mono stable, trigger de Schmitt, modulateur d'impulsions....

La fréquence d'oscillation et le rapport cyclique d'un Astable peuvent être ajustés par le choix des résistances et de la capacité externes.

III-5-Les amplificateurs opérationnels :

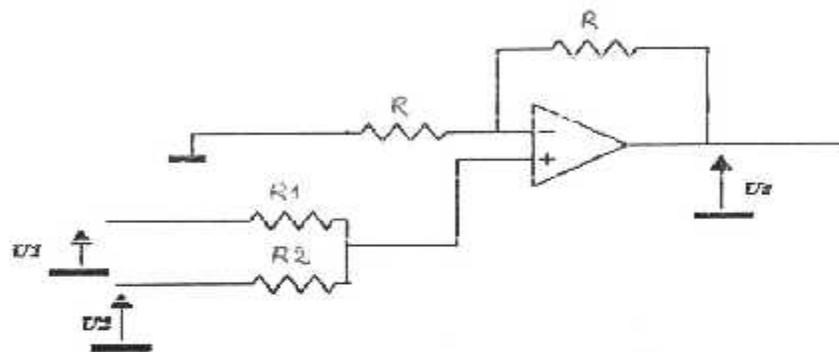
Les amplificateurs opérationnels sont créés à l'origine pour réaliser des opérations d'additions, soustraction, d'intégration....

En réalité, on les utilise actuellement dans de nombreuses applications.

III-5-1-Le sommateur analogique :

C'est intéressant de réaliser une somme sans inverser le signe des tensions d'entrée, la figure donne le schéma d'un sommateur à deux entrées :

$$U_e = U_1 + U_2 \quad \text{avec} \quad R_1 = R_2$$

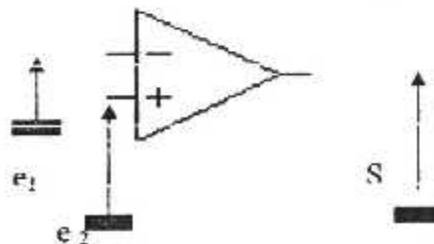


Figure(III-4) :le sommateur

III-5-2-La comparaison:

Le circuit de comparaison est un montage électrique permettant pendant son fonctionnement de comparer deux signaux différents (amplificateur opérationnel de différence).

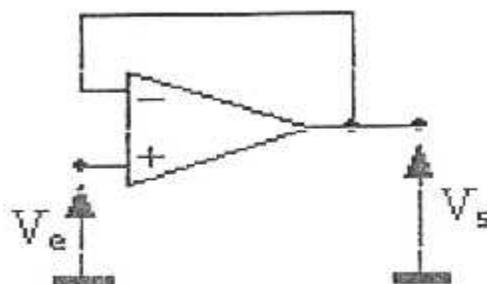
Ainsi, la tension de sortie peut-elle évoluer entre des valeurs positives ou négatives suivant l'alimentation du comparateur.



Figure(III-5) :le comparateur

III-5-3 Montage suiveur :

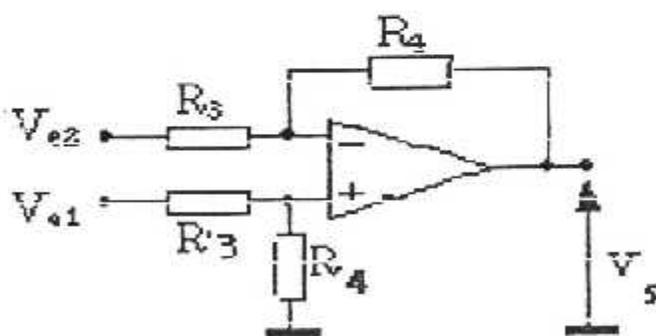
Ce circuit est idéal en entrée et en sortie d'un montage pour bénéficier d'impédance d'entrée infinie (ou presque) et d'impédance de sortie très basse.



Figure(III-6) : amplificateur suiveur

III-5-4-Montage soustracteur (différentiel) :

Ce montage permet d'amplifier la différence de deux signaux. C'est un montage de base très important en mesures.

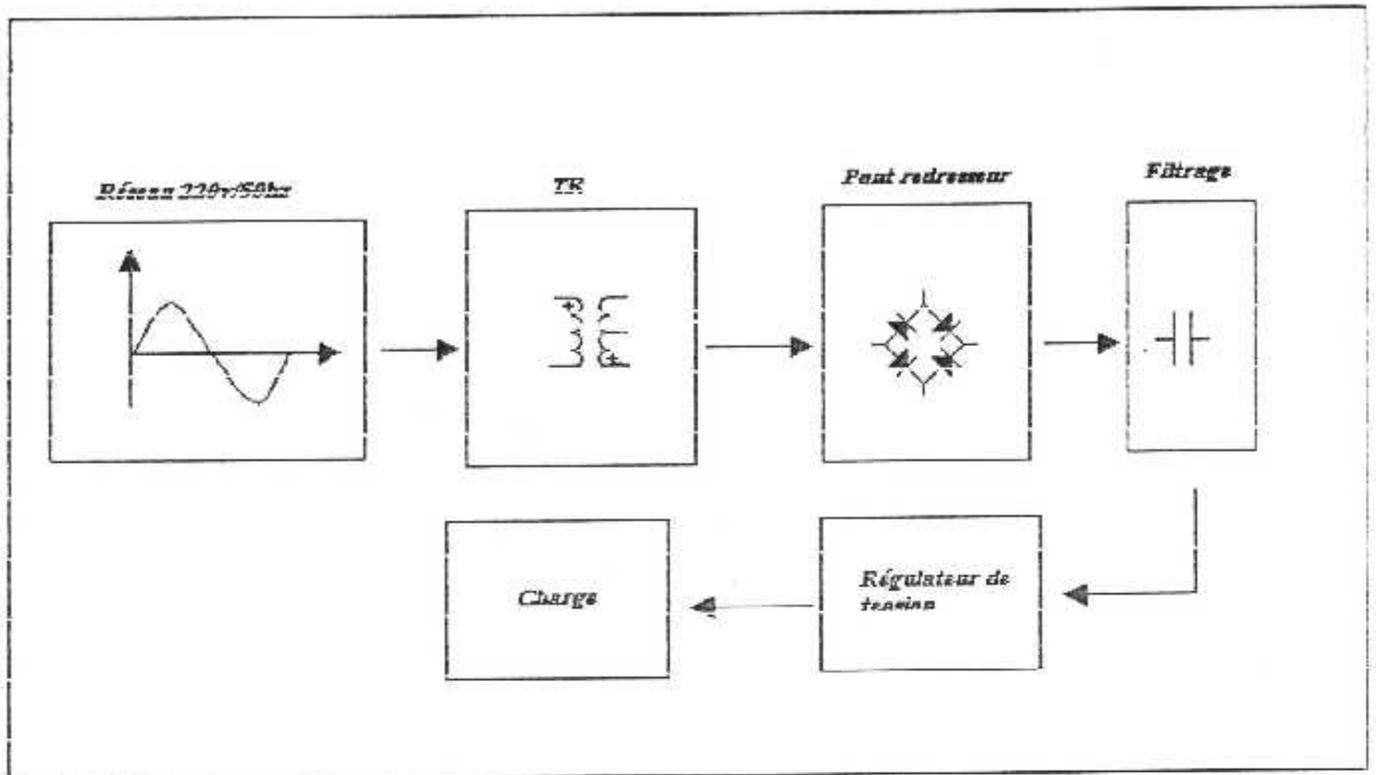


Figure(III-7) : le soustracteur

III-6-Description du bloc d'alimentation :

L'alimentation est assurée à partir d'un réseau alternatif de 220v à travers d'un transformateur abaisseur chargé d'alimenter le pont redresseur dont le but est de fournir le courant continu nécessaire au fonctionnement de notre réalisation. A bord de l'avion un réseau de 26v/400hz assure l'alimentation de ce montage

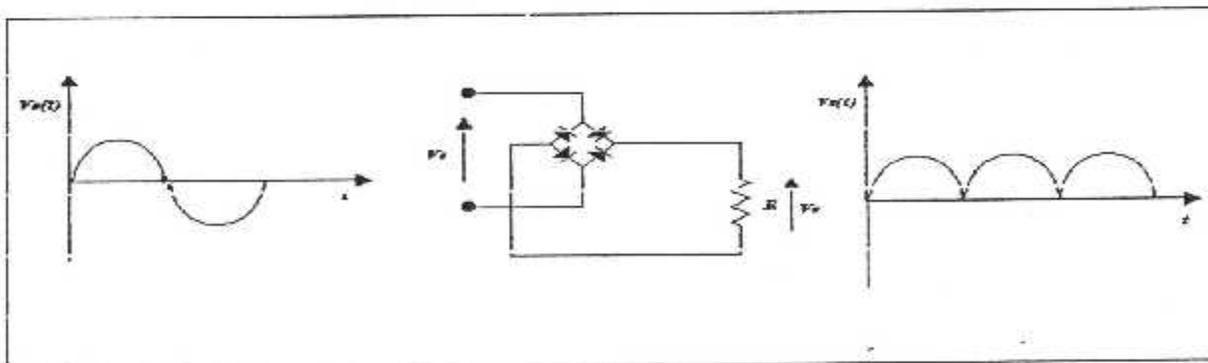
Les différentes étapes de redressements sont représentées sur la figure (III-8).



Figure(III-8) : bloc d'alimentation

III-6-1-redressement :

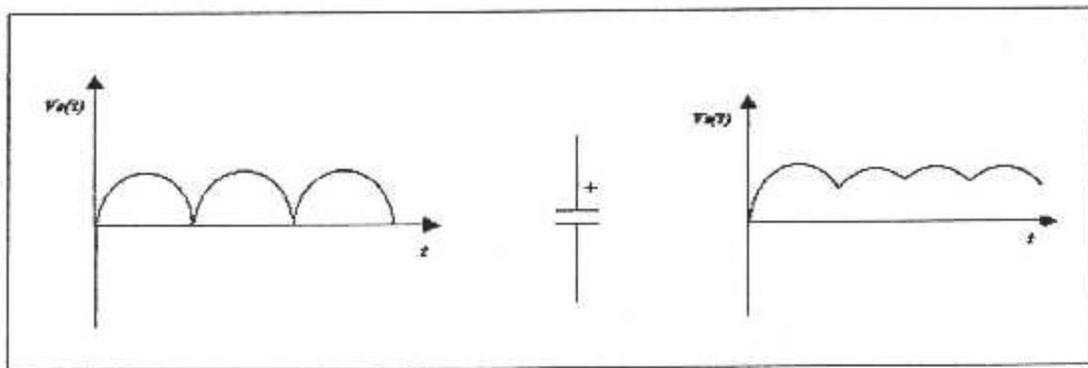
Le redressement est une opération primaire pour obtenir une alimentation continu. elle se fait à partir d'un pont redresseur



Figure(III-9) : redressement

III-6-2-filtrage :

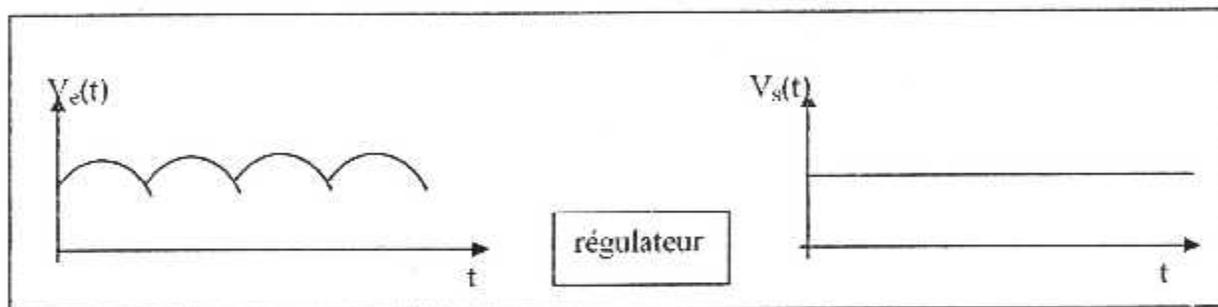
Le filtrage est la deuxième opération de redressement. pour obtenir cette opération il est nécessaire d'insérer dans le circuit un condensateur de filtrage qui se charge au cours de pentes positives de la tension et se décharge lorsque cette dernière avoisine 0.



Figure(III-10) : filtrage

III-6-3-régulation :

Le régulateur de tension est un dispositif électronique qui permet d'ajuster une tension continue à la valeur désirée.



Figure(III-11) : régulation

III-6-4-Différentes tensions délivrées par l'alimentation :

Pour donner vie à notre montage, le bloc d'alimentation délivre les tensions suivantes :

- a) (+12v) nécessaire pour le relais
- b) (+5v) pour alimenter le bloc d'affichage.
- c) (+12v), (-12v) nécessaire pour le système.

CHAPITRE IV

REALISATION PRATIQUE

Introduction :

Dans ce chapitre on va procéder à l'étude détaillée de chaque étage, ainsi que les calculs des valeurs de ses éléments.

Le schéma électrique du montage (figure(IV-1) pour la partie analogique de la température qui est faite par simulation, (figure (IV-2) pour le montage de l'heure, figure(IV-22) pour la partie analogique de température qui est faite dans la réalisation, figure(IV-23) pour la partie numérique de température) représente l'ensemble des étages qu'on va étudier.

On a réalisé notre projet par deux méthodes complémentaires :

- Simulation par le logiciel WORKBENCH
- Par réalisation sur plaquette Hitchman.

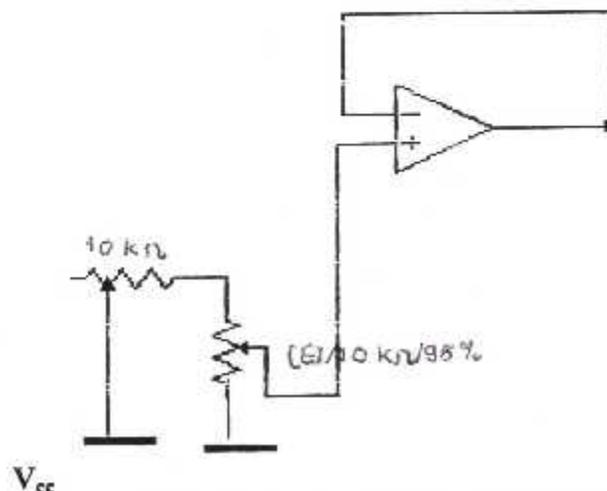
IV-1-Etude des différents étages par simulation :

IV-1-1-Partie analogique : (pour le schéma voir figure(IV-1))

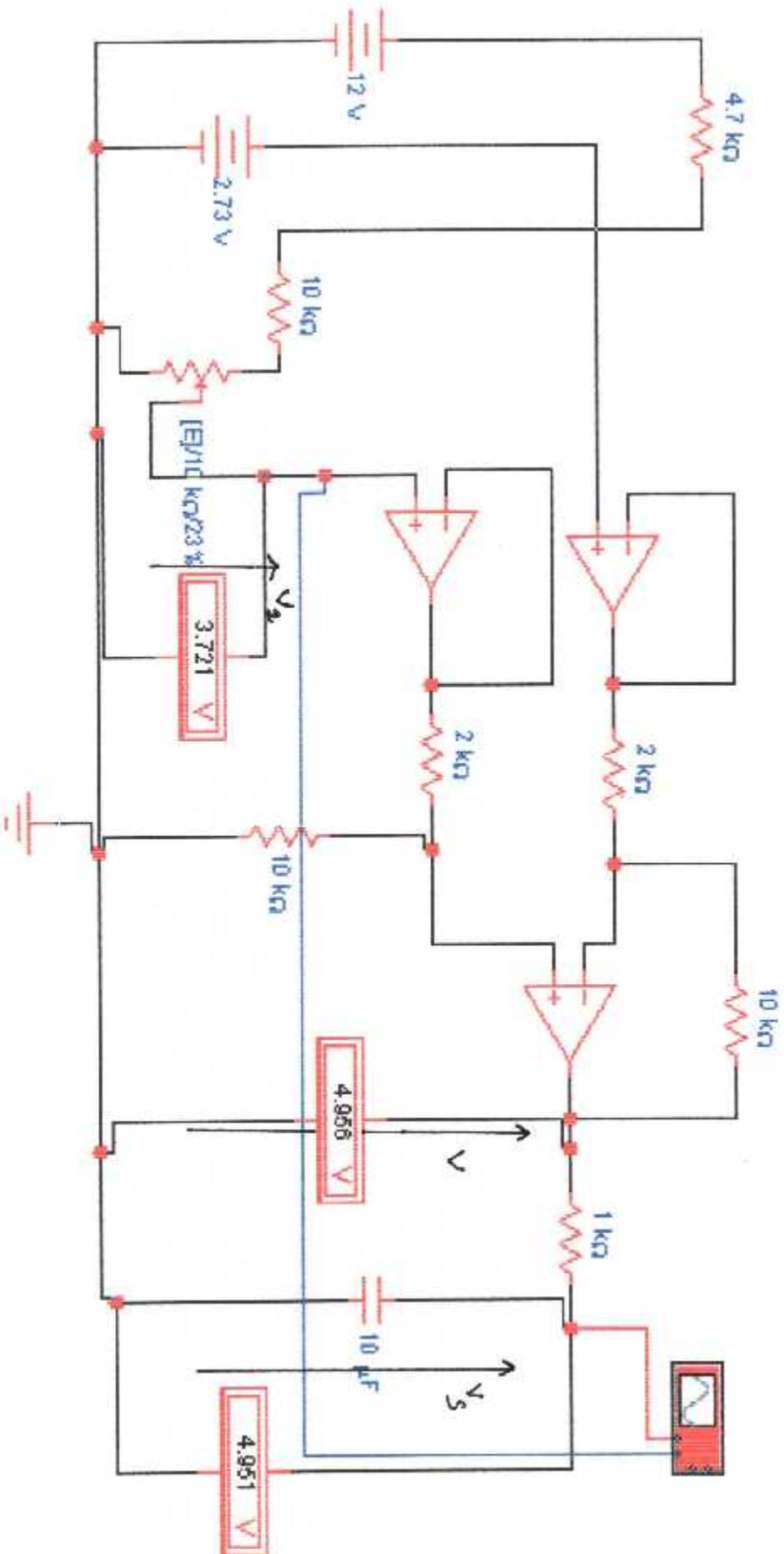
IV-1-1-1-Bloc de conversion température/tension :

Nous avons un circuit qui est capable de nous fournir une tension V_2 allant de 2.33V à 4.73V de façon proportionnelle à la température.

On a remplacé notre capteur par un potentiomètre (résistance ajustable) et une résistance en utilisant le diviseur de tension.



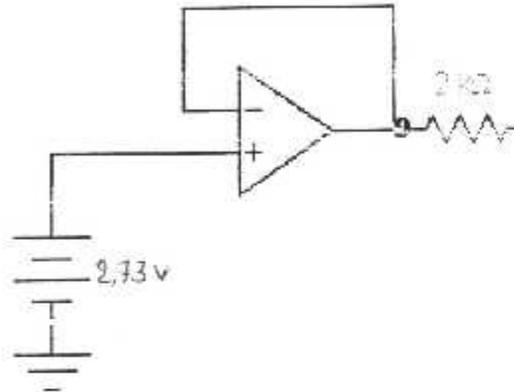
Figure(IV-2) :étage de conversion température/ tension



Figure(IV-1) :schéma analogique de la température(simulation)

IV-1-1-2-Bloc de génération d'une tension constante V_A :

Dans notre simulation on a utilisé un générateur qui fournit une tension stable de 2.73v et un suiveur de tension pour minimiser l'impédance de sortie.

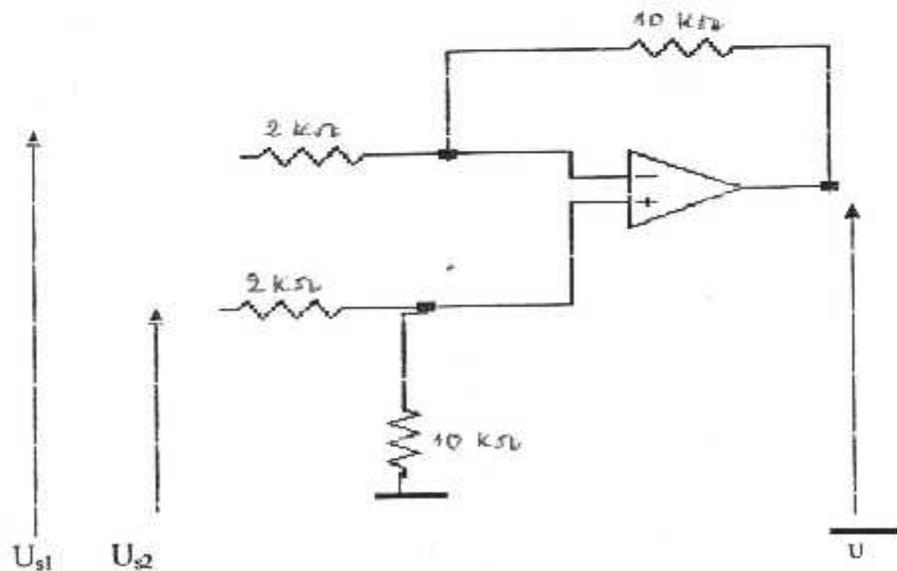


Figure(IV-3) : génération d'une tension constante

IV-1-1-3-Bloc de soustraction $V_3 - V_A$ et d'amplification :

Cet étage effectue une soustraction entre la tension des deux étages précédents ($V_3 = V - V$), nous obtenons une tension proportionnelle à la température multipliée par 10^{-2}

D'autre part cet étage nous permet d'amplifier la tension de sortie cinq fois, puisqu'elle est entre -0.4v et 1v .



Figure(IV-4) :étage de soustraction

Remarque :

Dans notre réalisation on a limité notre étude sur les valeurs positives allant de 0 jusqu'à 100°C.

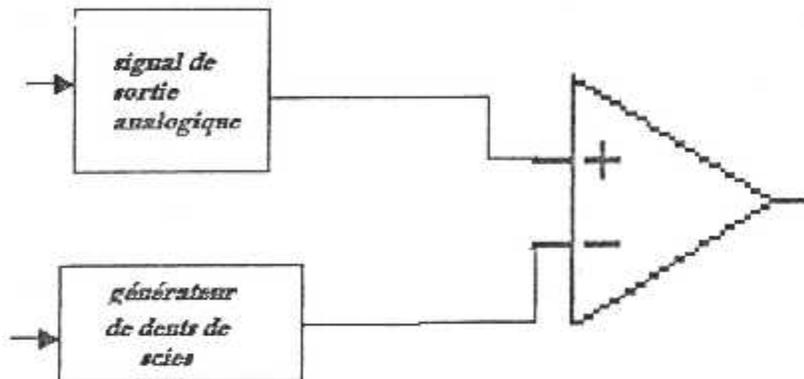
Le tableau présenté ci-dessous indique la correspondance température/tension :

Température (°C)	V ₂	V	V _s
-6.9	2.661V	-346.6 mV	-346.2 mV
-4.8	2.682 V	-240.1 mV	-241.1 mV
-2	2.710 V	-97.83 mV	-98.48 mV
0.5	2.735 V	24.53 mV	23.39 mV
7.5	2.805 V	376.8 mV	376.4 mV
9.2	2.822 V	459.8 mV	458.0 mV
17.2	2.902 V	859.0 mV	858.1 mV
22	2.950 V	1.10 V	1.099 V
26.8	2.998 V	1.341 V	1.340 V
36.5	3.095 V	1.823 V	1.821 V
45.3	3.183 V	2.267 V	2.265 V
50.9	3.239 V	2.546 V	2.544 V
55.7	3.287 V	2.787 V	2.784 V
66.5	3.395 V	3.326 V	3.321 V
72.3	3.453 V	3.615 V	3.611 V
75	3.480 V	3.751 V	3.747 V
80.9	3.539 V	4.046 V	4.041 V
84.7	3.577 V	4.233 V	4.229 V
89.5	3.625 V	4.474 V	4.469 V
92.3	3.653 V	4.617 V	4.611 V
94.3	3.673 V	4.715 V	4.710 V
99.1	3.721 V	4.956 V	4.951 V

Tableau(IV-1) : correspondance température/tension(par simulation)

IV-1-2-Partie de conversion Analogique /Numérique :IV-1-2-1Mise en forme de température :

Le signal qu'on désire afficher est traité par cette partie pour qu'il puisse être apte à attaquer l'entrée du bloc de conversion.



Figure(IV-5) :étage de comparaison

IV-1-2-1-1-Le générateur de dents de scies :

Normalement le signal de dents de scies est constitué des droites en pente, mais à cause de l'absence d'un générateur de dents de scies idéal on va utiliser le NE555 qui génère un signal semblable, qui est efficace.

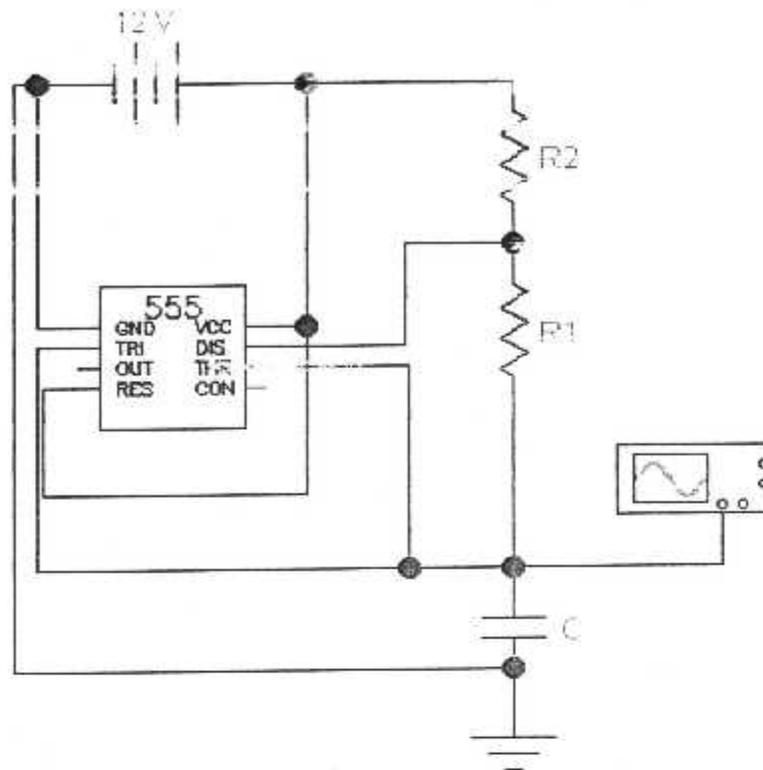
On a la fréquence donnée par la relation suivante : $F=1/T$ et $T=0,7.R.C$

Dans notre cas on veut obtenir une fréquence $F=1$ Hz en donnant :

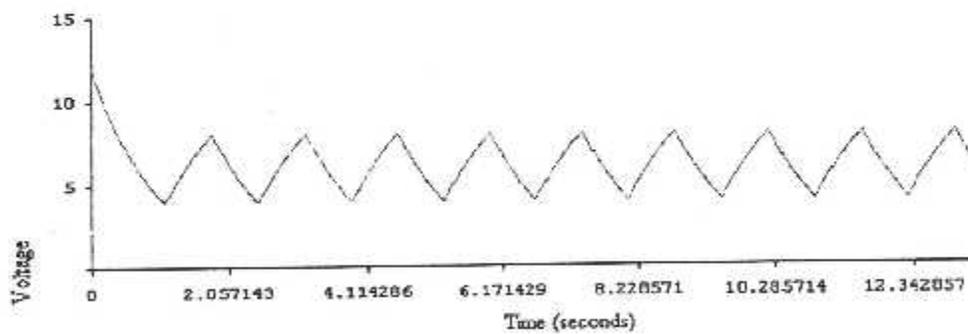
$$R_1=150 \text{ K}\Omega \quad R_2=1 \text{ K}\Omega \quad \text{et} \quad C=4.7\mu\text{F}$$

L'amplitude de notre signal à rampe est comprise entre deux valeurs

$$V_{\min}=4\text{v} \quad \text{et} \quad V_{\max}=8$$



Figure(IV-6):circuit de générateur de dents de scies



Figure(IV-7) : courbe de sortie de générateur de dents de scies

Un comparateur reçoit en même temps, à ses deux entrées, la tension de dents de scies V_s (signal à rampes) et la tension d'entrée V_e provenant du montage analogique. La tension de commande à mesurer dans la sortie est au niveau logique « 1 » tant que $V_e > V_s$

La gamme de tension pour V_e est comprise entre 0 et la valeur crête de dents de scies, et la durée de l'impulsion disponible à la sortie du comparateur est proportionnelle à V_e (signal carré).

Enfin, les sorties du comparateur et de l'horloge (CLK) sont reliées aux entrées d'une porte AND.

Cette porte reste ouverte tant que la sortie du comparateur est au « 1 » logique, laissant passer un certain nombre d'impulsions.

La porte se referme lorsqu'il y a basculement vers le niveau logique « 0 », le circuit de comptage dénombre ces impulsions et indique alors la température en degrés Celsius.

IV-1-2-1-2-L'additionneur :

Le signal sortant du NE555 est margé entre 4 et 8v et nous avons un signal à convertir délivré par le capteur qui va de 0 à 5v, donc nous aurons besoin d'un additionneur qui ajoute les 4v à notre signal. On donne $R=1\text{ k}\Omega$.

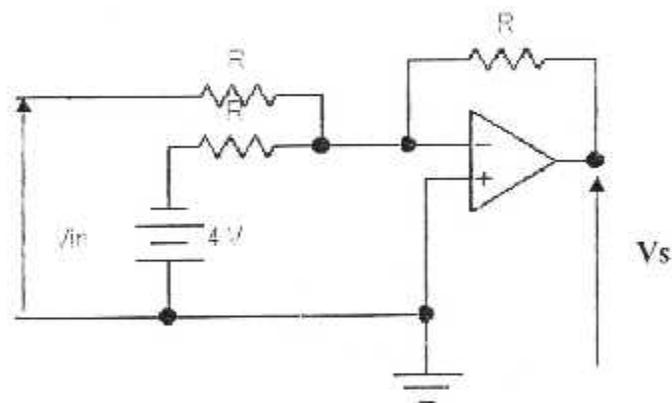
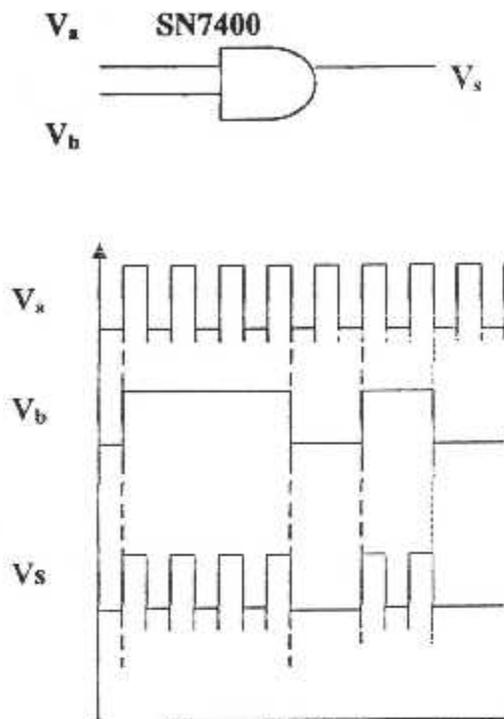


Figure (IV-8) : L'additionneur

IV-1-2-2-Porte AND :

Pour la visualisation des signaux de sortie de la porte AND, voir les exemples de la figure(IV-9), le schéma en couleur rouge, le premier schéma représente les signaux avant agrandissement et le deuxième après.

Appelée aussi multiplieur logique, permet la multiplication logique du signal du générateur d'impulsions avec celui de la sortie du comparateur. Ce qui donnera à la sortie le nombre d'impulsions qui correspond à la température mesurée par le capteur.



Figure(IV-9): Le multiplieur logique (AND)

IV-1-2-3- Générateur d'impulsions :

Comme nous l'avons déjà précisé, ce générateur est construit au-tour de NE 555, montée en Astable, les entrées de déclenchement (2) et (6) sont reliées ensemble (c'est le mode d'auto déclenchement).

Le condensateur C_1 se charge à travers les deux résistances externes R_a et R_b .

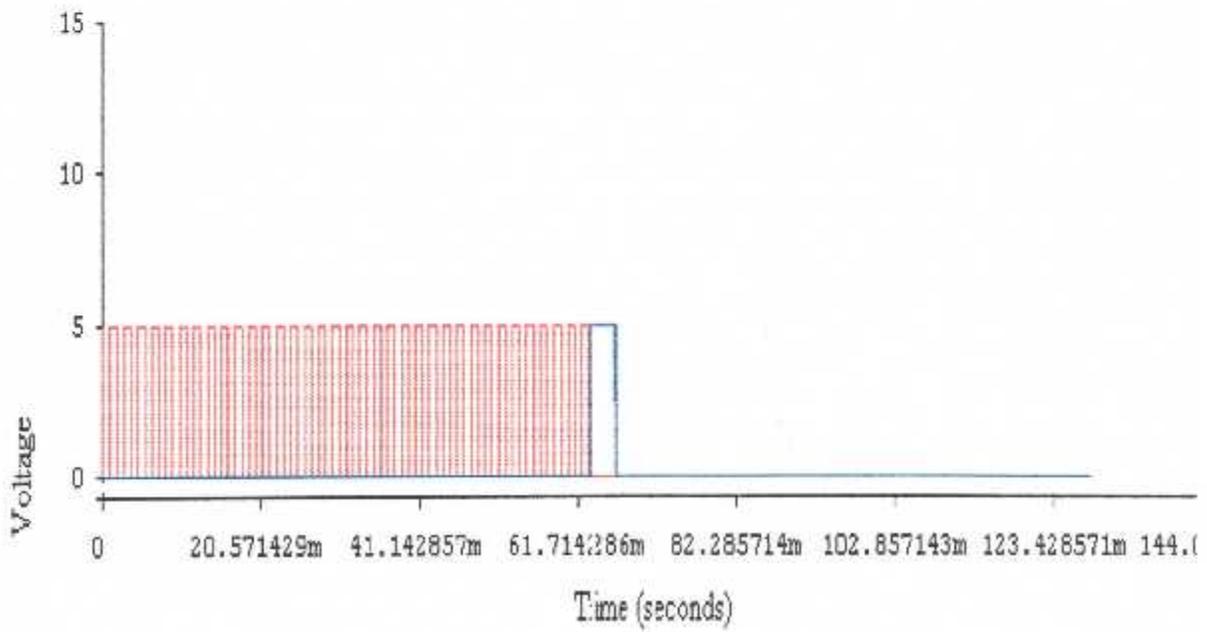
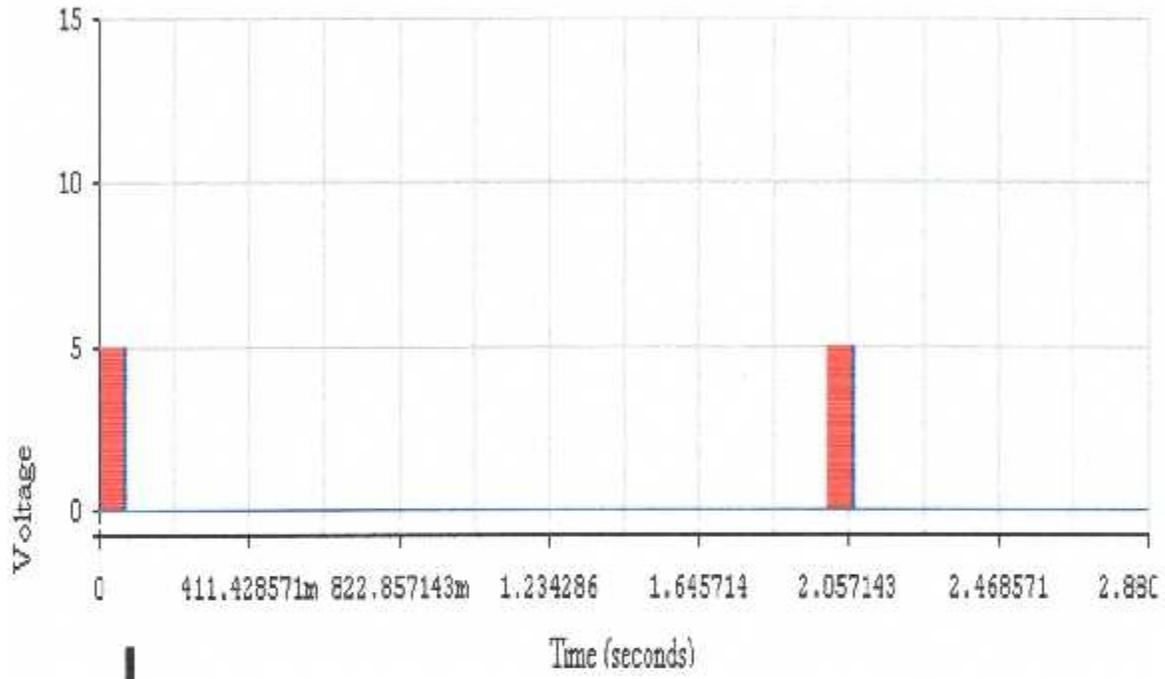
Dès que la tension V_{C1} de la capacité C_1 dépasse les $2/3$ de V_{cc} , l'entrée (7) devient une masse et le condensateur C_1 entame une décharge à travers seulement la résistance R_a .

Cette décharge ne cesse que lorsque la tension V_{C1} atteint le $1/3$ de V_{cc} , car l'entrée (7) n'est plus à la masse, ce qui permet au condensateur de se charger une autre fois et le cycle recommence.

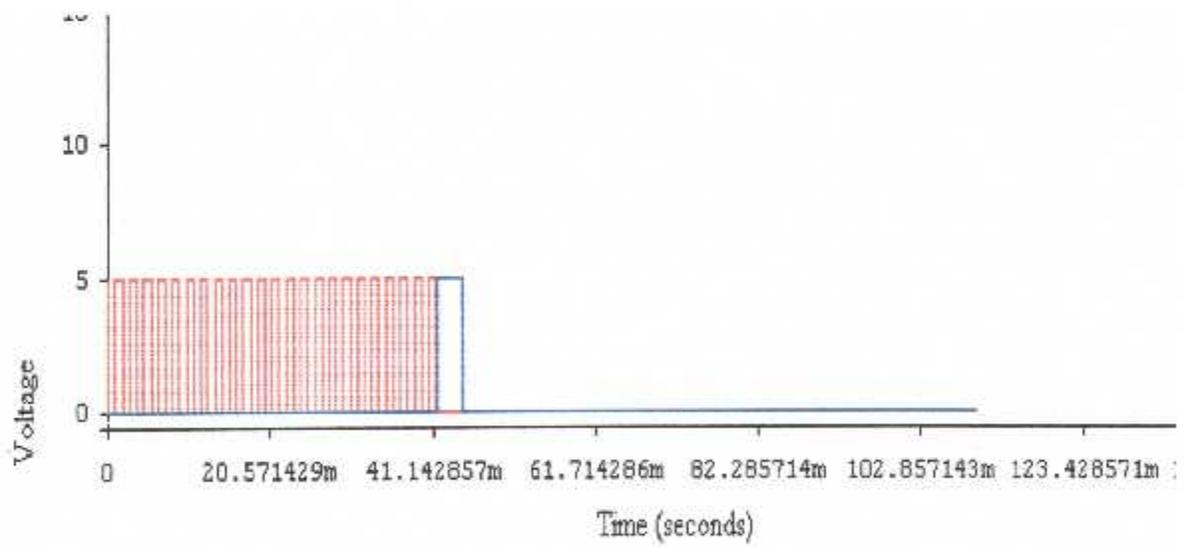
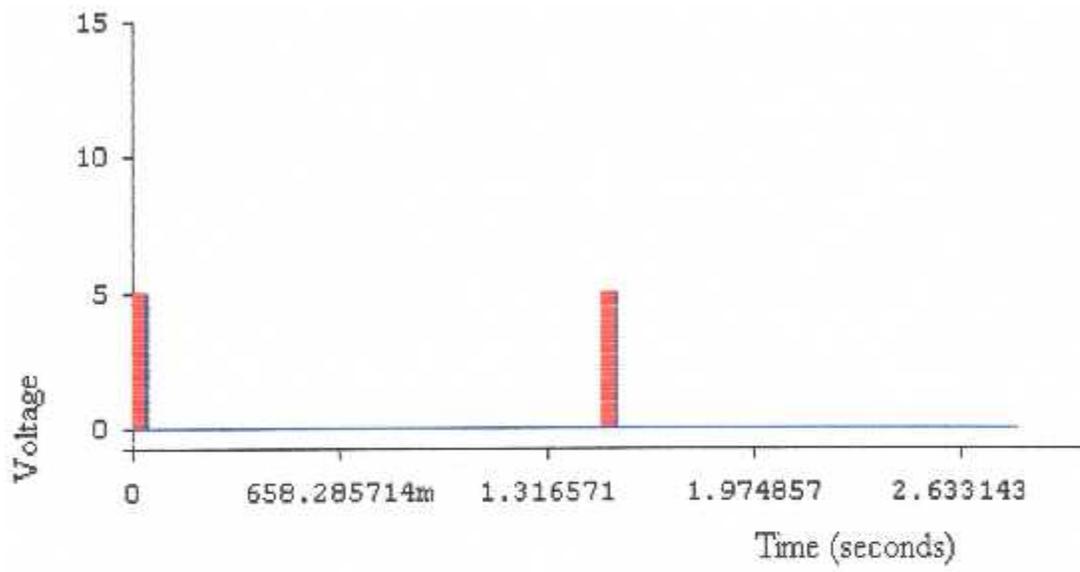
Figure (IV -10) : Signaux de sortie de la porte AND et monostable

T=36°C :

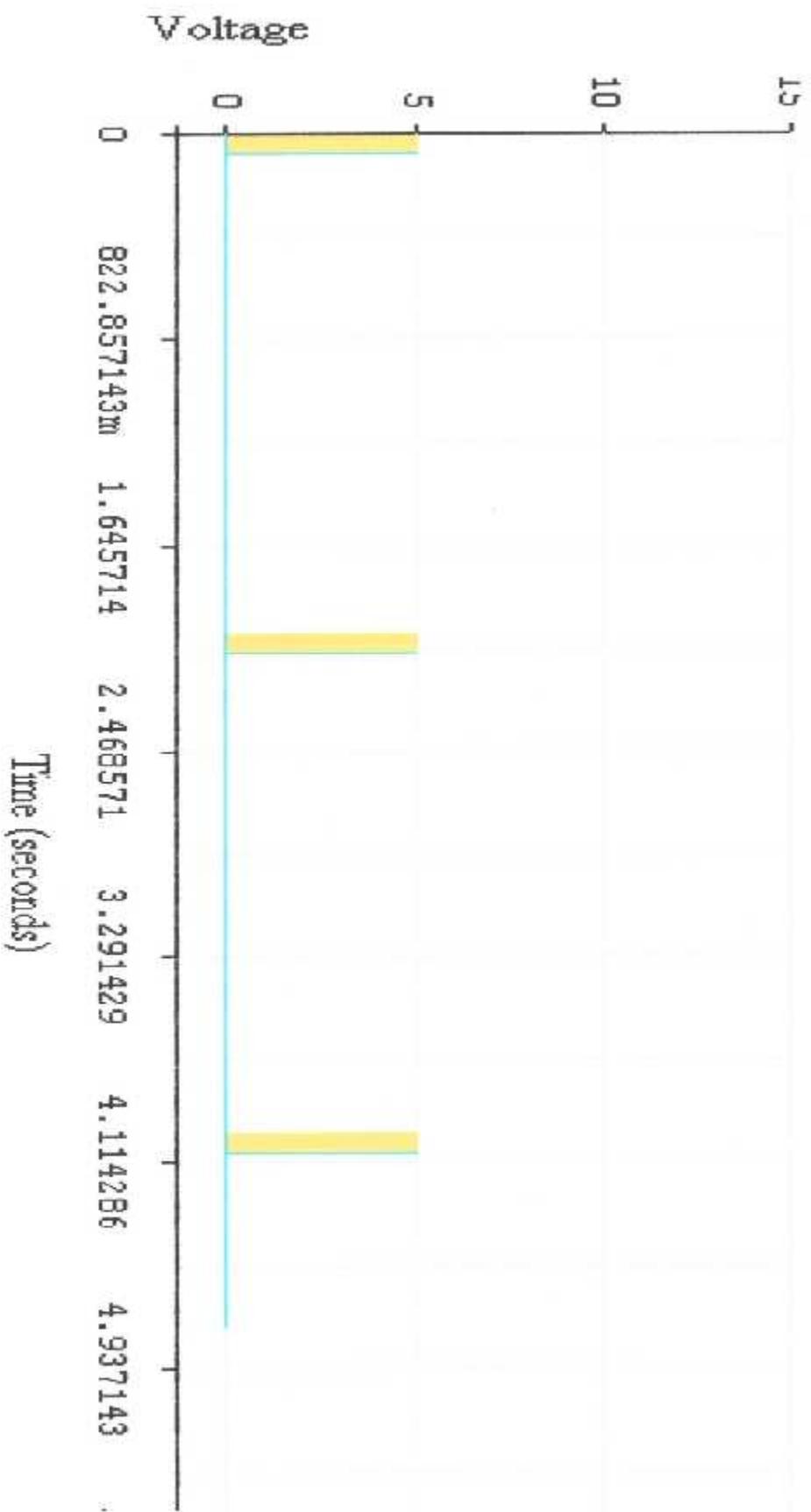
- sortie AND (rouge)
- mono stable (bleu)

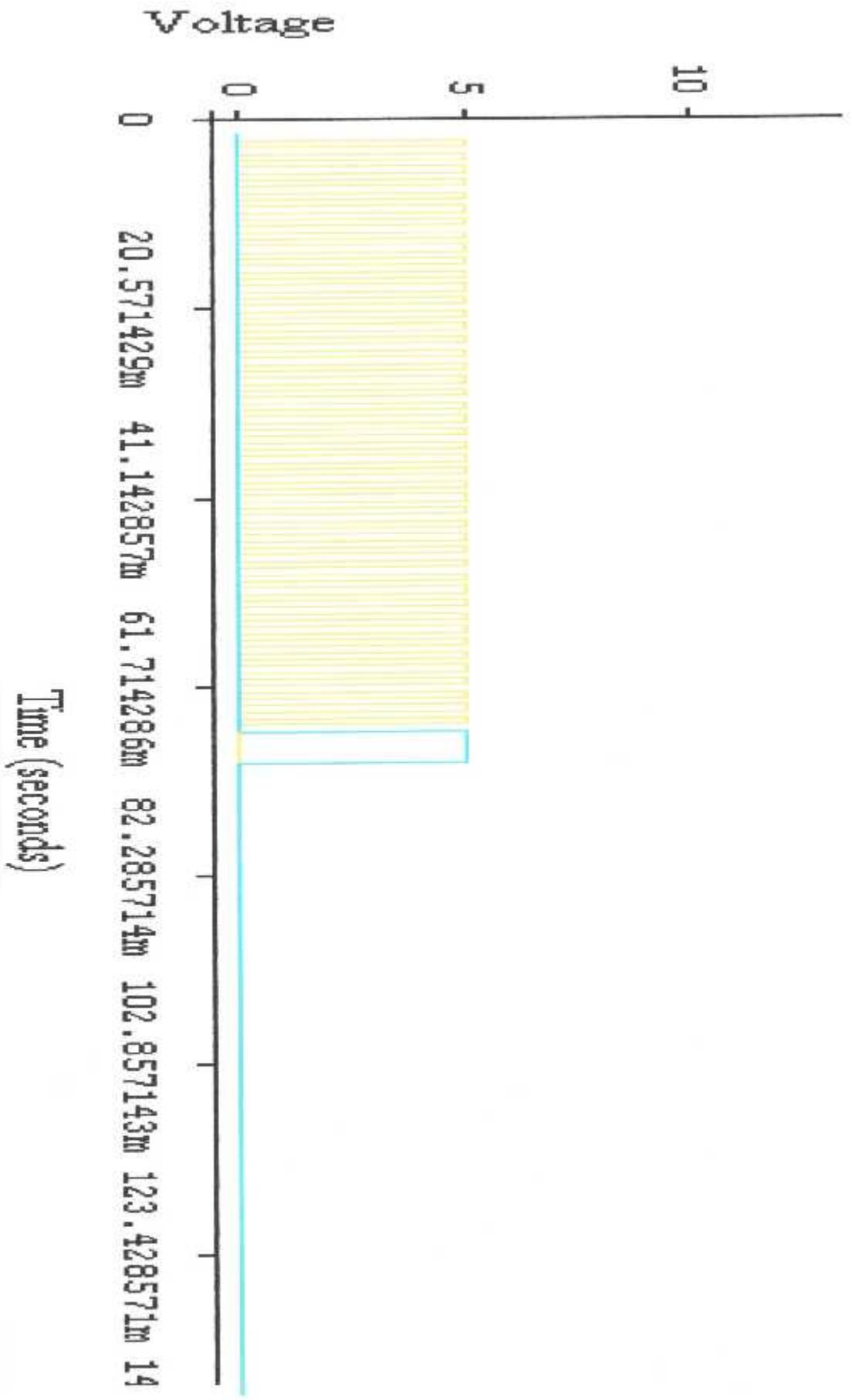


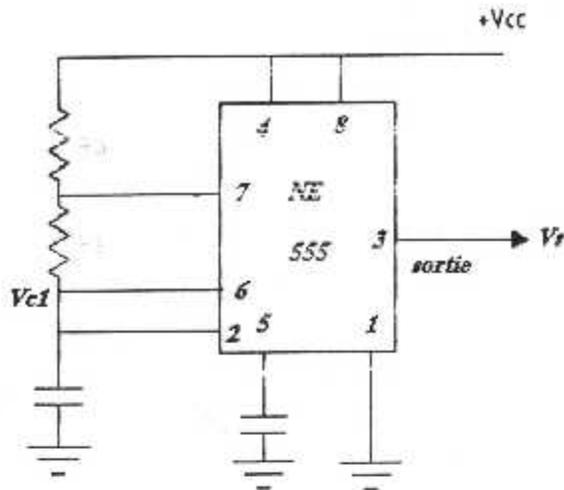
T=24°C



Pour 45°C : sortie AND et mono stable







Figure(IV-11) : générateur d'impulsions

IV-1-2-4 Circuit de comptage- décodage :

Nous avons à notre disposition, une diversité de model de circuit de comptage-affichage.

Nous avons opter pour la réalisation d'un étage de température, d'un étage d'heure, d'un étage de décodage et d'une unité d'affichage.

La gestion de ce système est attribuée à un mono stable.

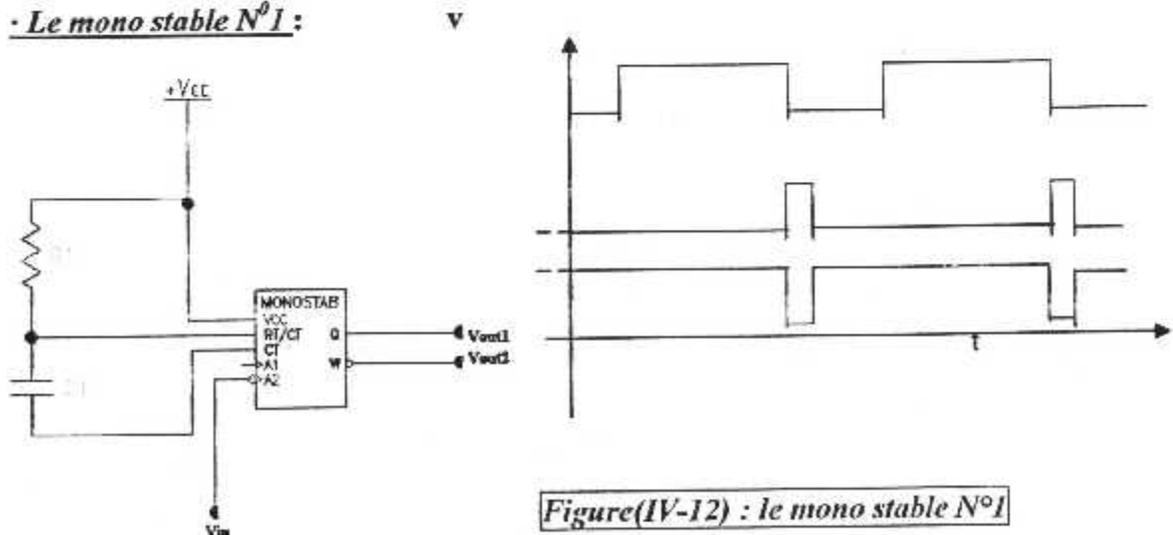
IV-1-2-4-1-Le mono stable :

Pour la visualisation des signaux de sortie du mono stable, voir les exemples de la figure(IV-10), le schéma en bleu, le premier schéma représente les signaux avant agrandissement et le deuxième après.

Le circuit intégré qu'on a utilisé est du type SN74123 qui contient deux mono stables ,(voir annexe).

Pour notre montage nous avons besoin de deux mono stables :

• Le mono stable N°1 :



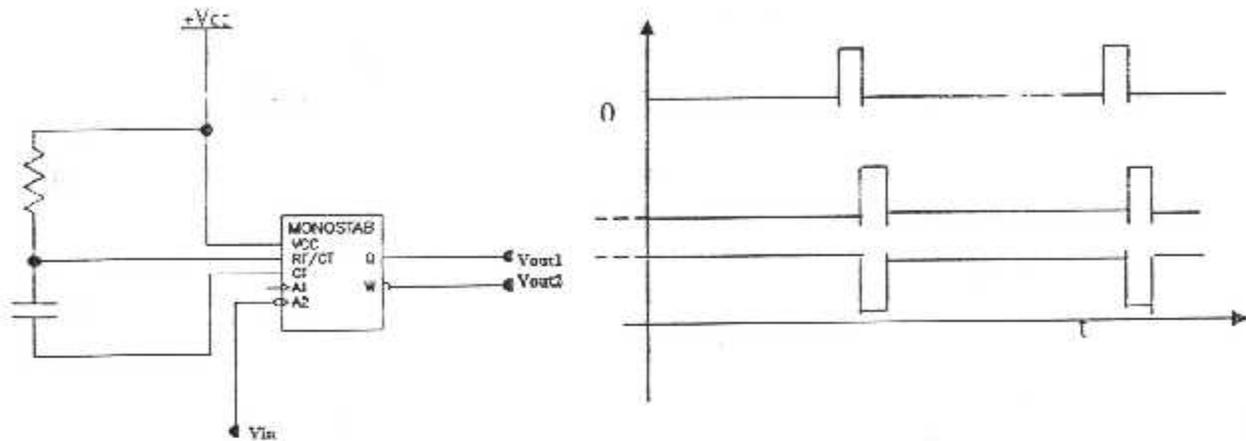
Figure(IV-12) : le mono stable N°1

Lorsque ce mono stable reçoit le signal du comparateur, il produit une impulsion périodique de $T=0.7RC=0.0044s$ ce qui nous donne :

$R=1K\Omega$ et $C=4.7\mu F$

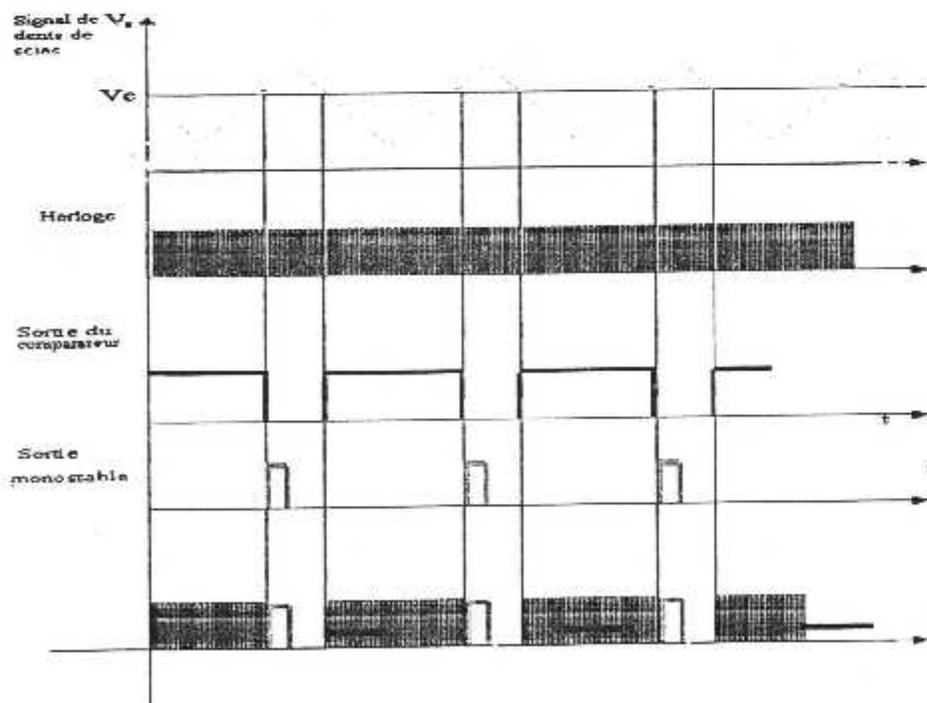
Cette impulsion donne l'ordre de décaler aux données mémorisées dans le registre.

Le mono stable N°2 :



Figure(IV-13) : le mono stable N°2

Dès qu'il reçoit le signal du mono stable N°1, il produit une impulsion similaire au premier, mais celle-ci commande la remise à zéro des compteurs.



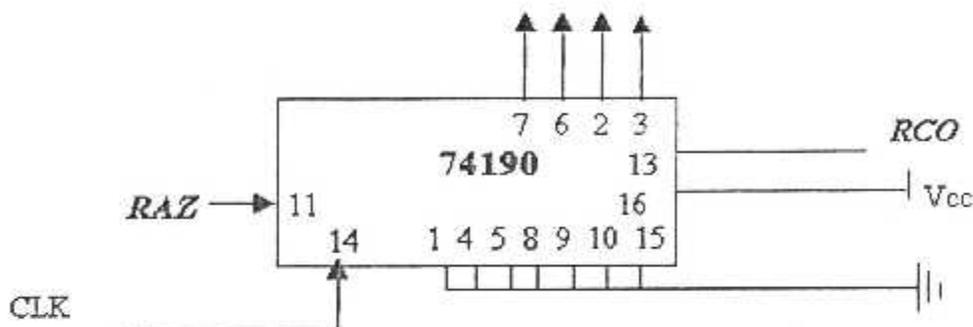
Figure(IV-14) : chronogramme des signaux du circuit de conversion

IV-1-2-4-2-le comptage :

Cette fonction est assurée par des compteurs BCD montés en cascade (type 74190 pour la température et 74191 pour l'heure).

•Pour la température :

Le premier compteur compte jusqu'à 9, incrémente à 1 le deuxième compteur, ce dernier arrivant à 9, fait une remise à 0 des deux compteurs, celle-ci est assurée par toute impulsion positive issue du mono stable et acheminée sur l'entrée (RESET).



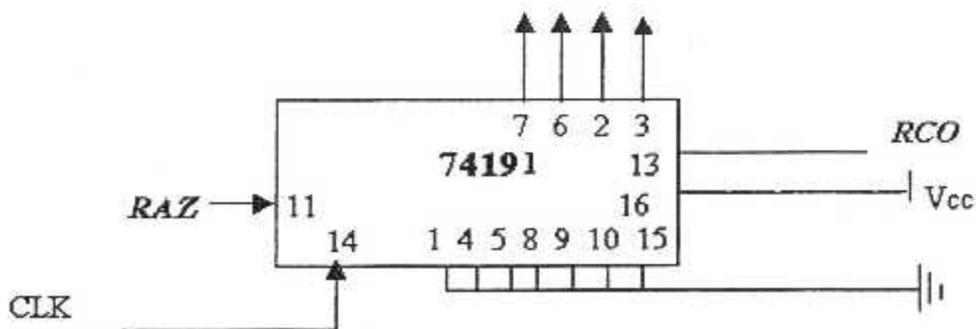
Figure(IV-15) :montage du compteur de température

•Pour l'heure :

Les sorties ϕ_1 à ϕ_4 des quatre compteurs sont reliées aux entrées A à D des quatre décodeurs .

Le premier compteur compte jusqu'à 9, incrémente à 1 le deuxième compteur, ce dernier arrivant à 5 incrémente à 1 le troisième compteur, celui-ci compte deux fois jusqu'à 9 et dans la troisième jusqu'à 3.

***Remarque :** la remise à zéro est faite automatiquement après chaque incrémentation du compteur.

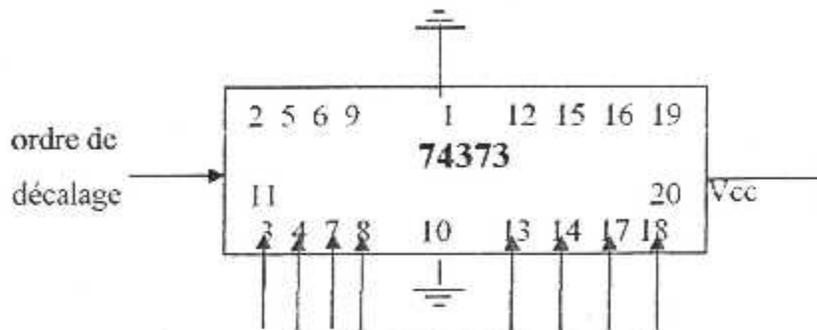


Figure(IV-16) :montage du compteur de l'heure

IV-1-2-4-3-Les registres (pour la température seulement) :

Ils marchent en parallèle avec les compteurs .Après chaque opération effectuée par ces derniers, on doit mémoriser leur contenu pour que l’affichage soit stable.

Le registre utilisé est du type SN74373.

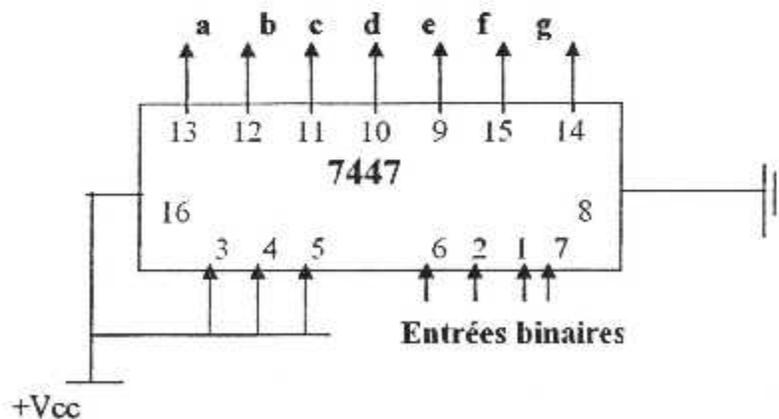


Figure(IV-17) :montage du registre

IV-1-2-4-4-le décodage :

Les décodeurs (type 74SN747) assurent l’interface entre l’information disponible à la sortie des compteurs et l’unité d’affichage.

Donc, le circuit intégré 74SN747 est un circuit logique qui traduit un nombre binaire vers son équivalent décimal.



Figure(IV-18) : montage du décodeur

Nombre A afficher	<u>Segments de sorties</u>							Valeurs binaires d'entrée			
	a	b	c	D	e	f	g	B ₃	B ₂	B ₁	B ₀
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
2	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
3	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1
4	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0
5	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1
6	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0
7	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
9	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1

Tableau (IV-2) : codage entrée/sortie

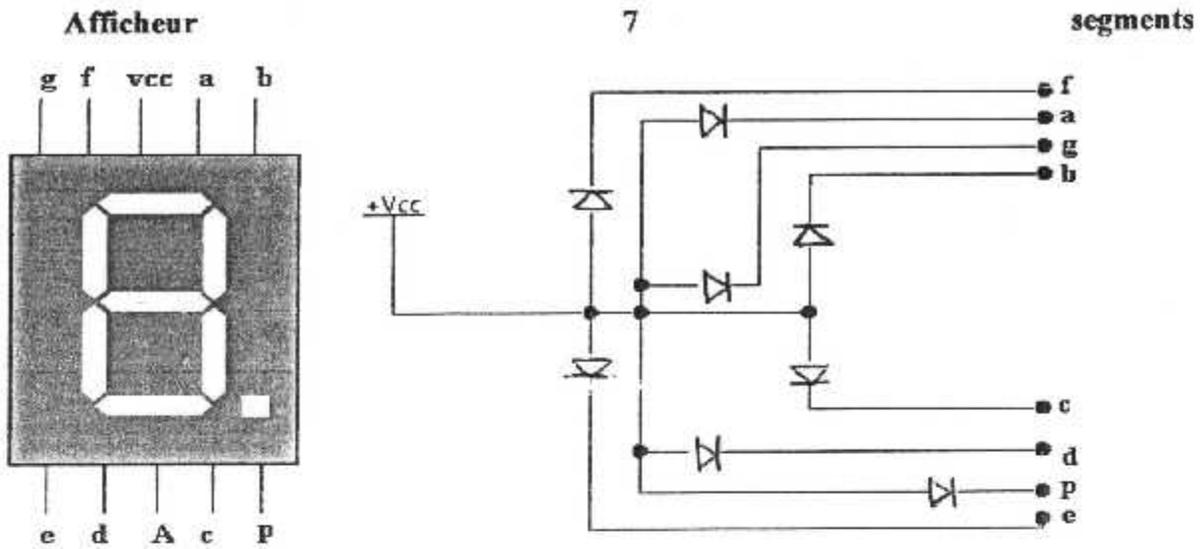
En appelant a, b, c, d, e, f et g les variables logiques correspondant aux tensions de commande des segments et B₀, B₁, B₂ et B₃ les bits de codage du chiffre.

Il est possible d'écrire les équations logiques du circuit à partir de le table de Karnaugh, et de déduire les équations du transcodeur.

IV-1-3-L'affichage :

Il consiste en sept afficheurs à anode commune , permettant de visualiser la température de l'avion et l'heure correspondante.

Un drapeau rouge (LED) pour signaler une mauvaise indication de température.



Figure(IV-19) : l'afficheur à sept segments

IV-1-4 -Bloc d'alimentation :

Nous utilisons un transformateur 220/2 x 15v.

Pour connaître son rapport de transformation on a :

$$m = V_s / V_e$$

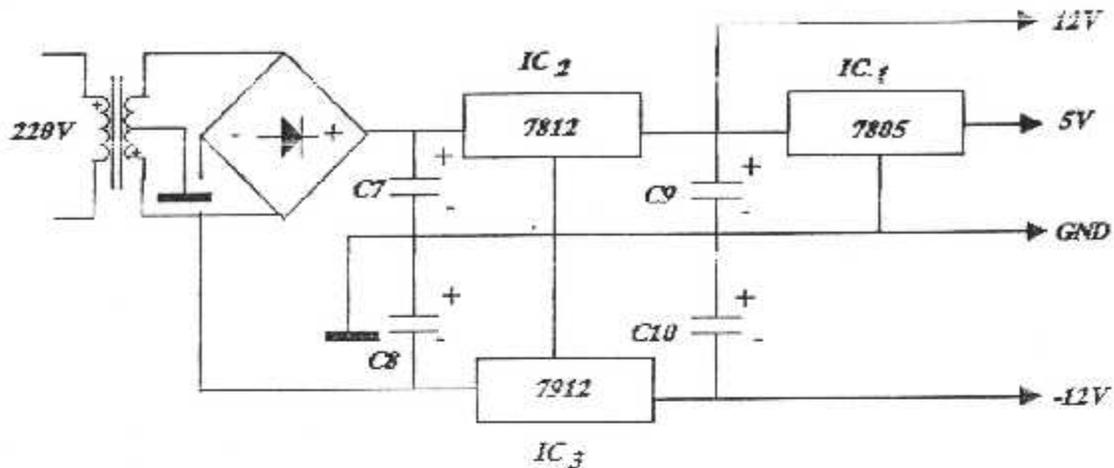
$$m = 15 / 220 \implies m = 0.068$$

$$m = 6.8 \%$$

Cette alimentation est constituée de trois types de régulateur :

- IC₁ (Reg 7805) nous permet d'obtenir une tension de (+5v) pour alimenter le bloc d'affichage.
- IC₂ (Reg 7812) nous permet d'obtenir une tension de (+12v)
- IC₃ (Reg 7912) nous permet d'obtenir une tension de (-12v)

-12v , +12v nécessaire pour le système.



Figure(IV-20) : le circuit de l'alimentation

IV-2-Réalisation pratique :

Dans cette partie, on s'est contenté de réaliser nos deux montages (montage de l'heure et le montage de température) sur une plaquette Hitchman, qui est une plaquette en plastique qui comprend des trous auxquels nous pouvons connecter nos fils d'alimentation et nos composants électroniques, c'est une plaquette d'essais et elle est le plus important transit vers le circuit imprimé, qui lui réalisé sur une fabriquée spécialement pour cette effet.

***Remarque :** nous n'avons pas pu réaliser nos montages sur circuit imprimé et ce faute de moyens et de temps.

IV-2-1-Schéma électrique d'heure : (Voir la figure(IV-21))

Dans le circuit qui nous permet d'afficher la température, nous avons quatre afficheurs à anode commune, qui sont reliés à quatre décodeurs, nous avons aussi quatre LED deux LEDS rouge qui nous permettent d'indiquer les secondes, deux LED vertes pour nous permettre d'indiquer le fonctionnement ou non du bloc de commande.

Le premier compteur des minutes compte jusqu'à neuf, ce qui correspond à « 1 » au niveau de la sortie Q_B et Q_D ces deux bits se dirigent vers l'entrée du CLOCK du deuxième compteur et aussi vers une porte AND suivie d'une porte inverseuse et ensuite dans l'entrée qui nous permet de faire la remise à zéro de ce même compteur, quant au deuxième compteur de minutes, compte seulement jusqu'à cinq, et dès que $Q_B=Q_C=1$, ces deux bits se dirigent vers une porte AND et ensuite le bit sortant dans vers une porte inverseuse, et puis

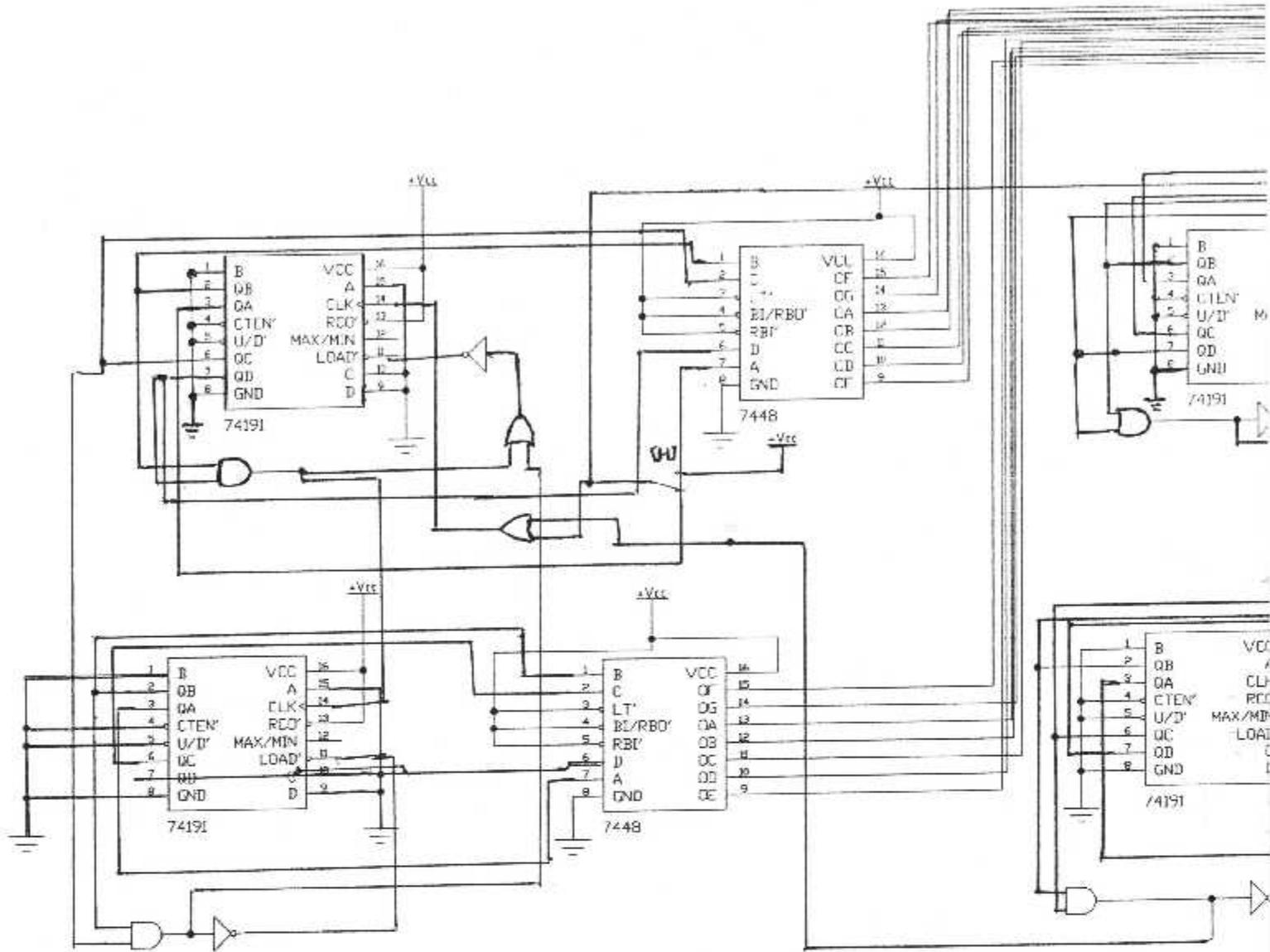
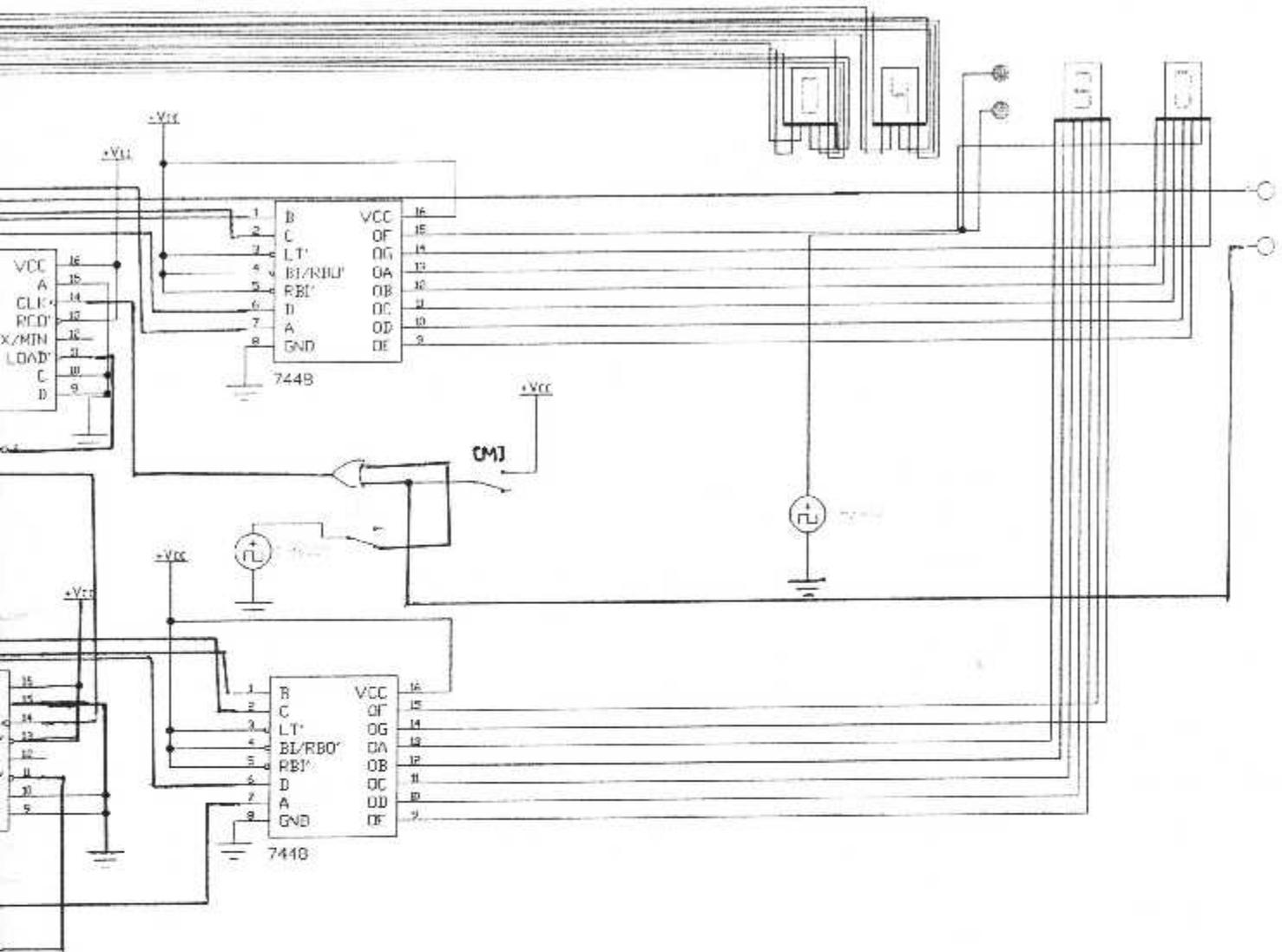


FIGURE IV - 21 SCHEMA ELCTRI



QUE D'HEURE

vers l'entrée qui correspond à la remise à zéro de compteur. Ce même bit (avant d'entamer la porte inverseuse) se dirige vers une des entrées d'une porte OR à la deuxième porte de laquelle est connectée V_{cc} à travers un interrupteur, la sortie de cette porte est reliée à l'entrée qui correspond au CLOCK du premier compteur, incrémentant, qui contribue au calcul des heures.

Le premier compteur des heures compte jusqu'à neuf deux fois et ensuite jusqu'à quatre, quant au deuxième, il compte jusqu'à deux, on obtient ça de la façon suivante :

Quand $Q_D = Q_B = 1$ c'est la même chose que pour les compteurs qui permettent de calculer les minutes qui arrive, mais il faut savoir que pour la remise à zéro, il y a une autre vérification à faire :

la sortie de la porte AND dont les entrées sont reliées à Q_B du deuxième compteur d'heures et Q_C du premier compteur d'heure donc quand $Q_C = Q_B = 1$ alors on va avoir « 1 » ; ce « 1 » va vers une des entrées d'une porte OR (la deuxième entrée est connectée avec sortie d'une porte AND qui a, à ses entrées, les deux bits Q_D et Q_B du premier compteur d'heures), la sortie de cette porte est reliée à une porte inverseuse, ce qui va permettre la remise à zéro anticipée du premier compteur d'heure. D'habitude, cette remise à zéro se fait grâce à $Q_C = Q_B = 1$ (nous avons une porte OR).

vers une porte inverseuse afin d'effectuer la remise à zéro du deuxième compteur d'heure.

Pour régler les minutes ou les heures on doit faire entrer des impulsions dans l'entrée qui correspond au CLOCK du compteur incrémentant (le premier compteur des minutes ou le premier compteur des heures). Et de cette façon on va pouvoir régler les minutes ou les heures. Les impulsions sont entrées grâce à l'interrupteur placé entre l'alimentation V_{cc} et l'une des entrées de la porte OR (la deuxième entrée est reliée à générateur d'impulsion d'horloge).

IV-2-2-Schéma électrique de température :

Le premier compteur compte jusqu'à 9, incrémente à 1 le deuxième compteur, ce dernier arrivant à 9, fait une remise à 0 des deux compteurs, celle-ci est assurée par toute impulsion positive issue du mono stable N°2 et acheminée sur l'entrée (RESET).

Lorsque le premier mono stable reçoit le signal du comparateur, il produit une impulsion périodique de $T = 0.7RC = 0.0044s$ ce qui nous donne :

$$R = 1K\Omega \quad \text{et} \quad C = 4.7\mu F$$

Cette impulsion donne l'ordre de décaler aux données mémorisées dans le registre.

Dès que le deuxième mono stable reçoit le signal du mono stable N°1, il produit une impulsion similaire au premier, mais celle-ci commande la remise à zéro des compteurs.

IV-2-2-1-Partie analogique : Voir la figure(IV-22).

IV-2-2-2-Partie numérique : Voir la figure(IV-23).

IV-2-3-Résultats de la réalisation :

Quand on a fait marcher la partie analogique de notre montage dans le laboratoire, on a pu avoir les résultats inscrits dans le tableau suivant :

* U_1 est la tension constante de notre montage, $U_1=2.73$ V.

U_2 (V)	$U=U_2-U_1$ (V)	U_s (V)	Température correspondante(°C)
3.81	1.1	4.6	108
3.73	1	5	100
3.70	0.95	4.8	97
3.60	0.85	4.20	87
3.50	0.75	3.75	77
3.40	0.65	3.20	67
3.30	0.55	2.81	57
3.20	0.45	2.30	47
3.10	0.35	1.85	37
3.00	0.25	1.35	27
2.95	0.20	0.90	22
2.90	0.15	0.73	17
2.85	0.1	0.5	12
2.80	0.06	0.25	7
2.75	0.02	0.10	2
2.73	0	0	0
2.70	-0.05	-0.12	-3
2.60	-0.15	-0.75	-13
2.50	-0.25	-1.2	-23
2.40	-0.35	-1.8	-33
2.35	-0.4	-1.9	-38

Tableau(IV-3) :correspondance température/tension(dans la pratique)

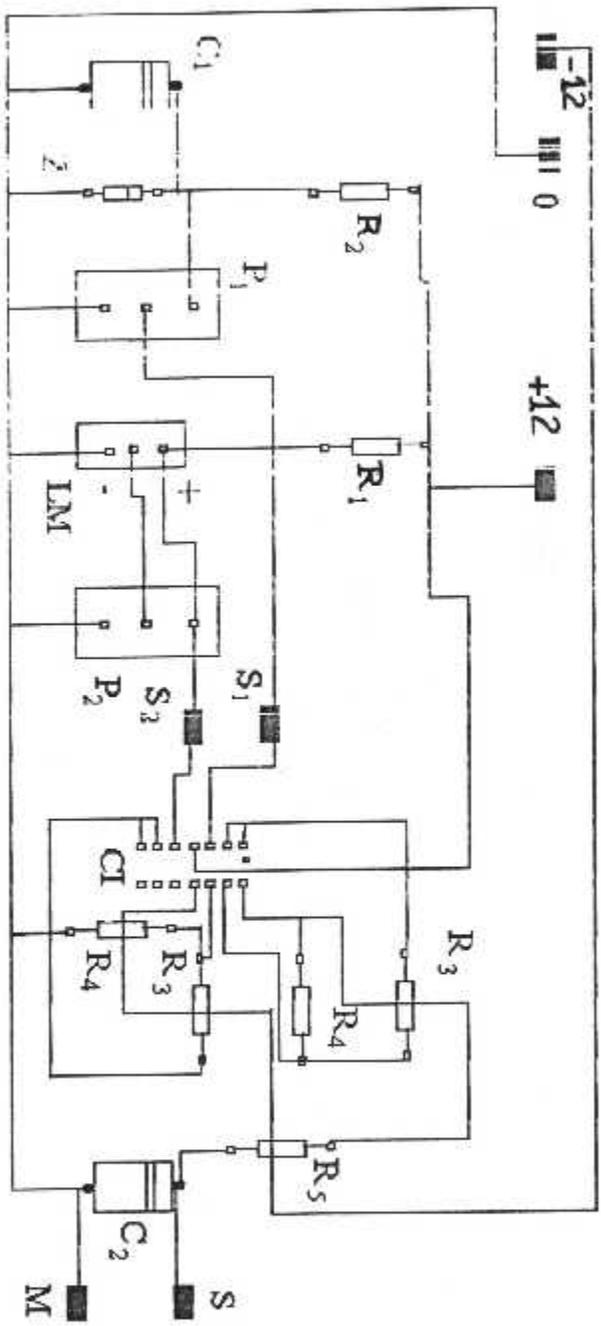


Figure (IV-22) : Schéma électrique de la partie analogique de température

température ewb

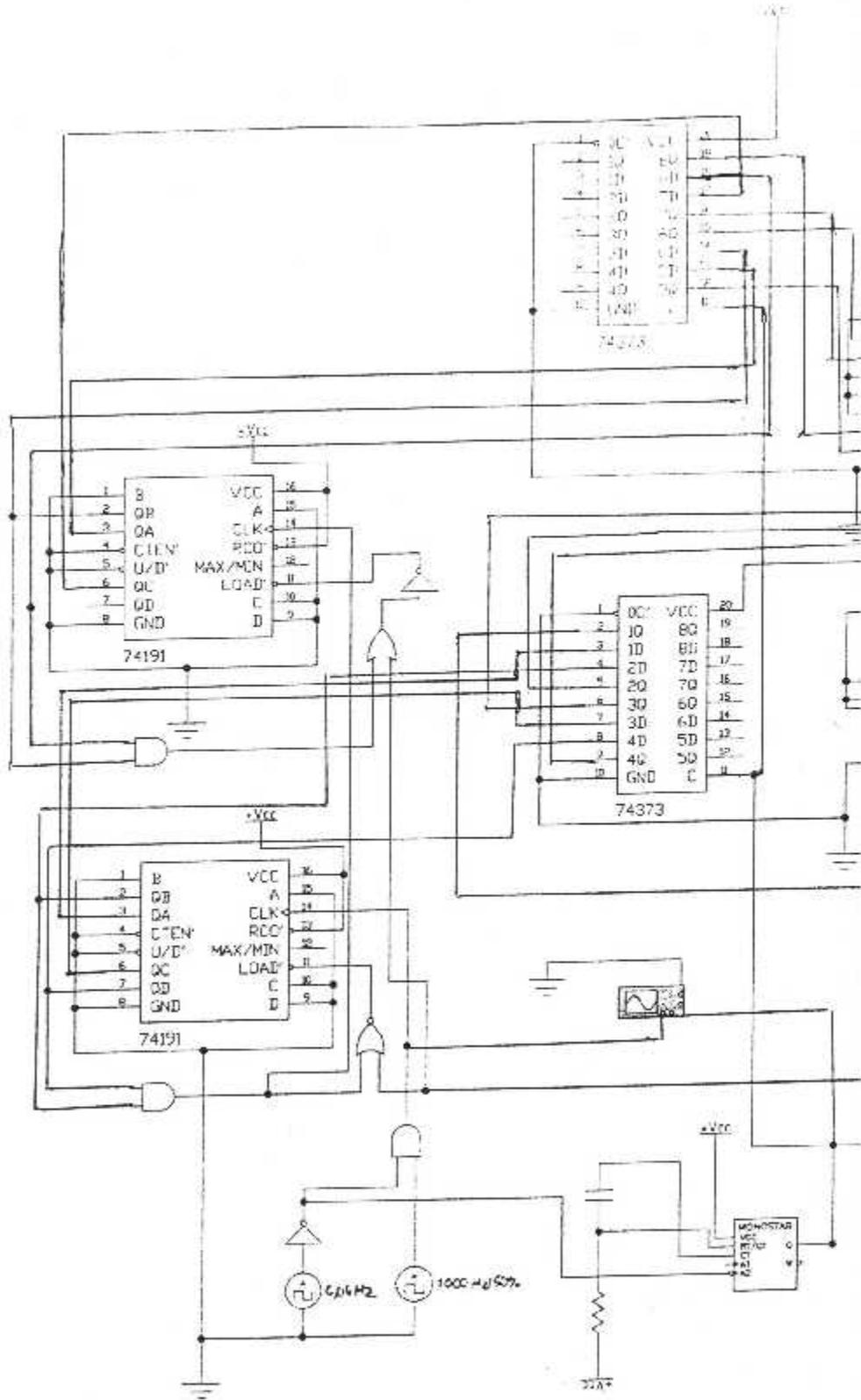
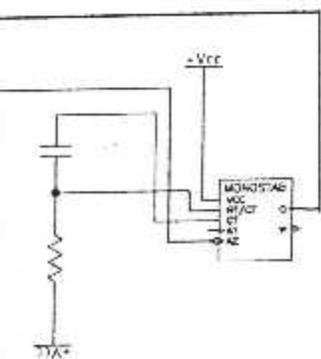
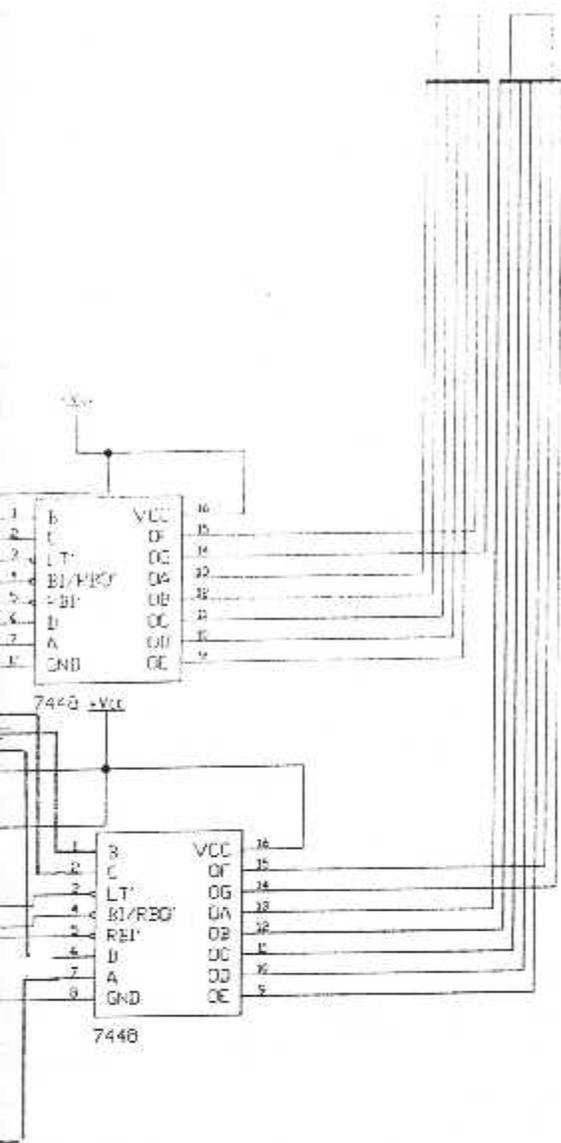


FIGURE IV - 23 SCHEMA ELECTRIQUE DE LA TEMPERATURE



*Nous remarquons que notre capteur est en bonne état et il a une marge de sécurité car bien qu'il soit conçu pour nous donner les température entre (-40°C) et (+100°C), il peut dépasser ces deux marges ; la marge qui est en dehors de ces dernières s'appelle la marge de sécurité.

*Par ailleurs nous remarquons que notre circuit intégré le TL084 est lui aussi précis et en bonne état car il effectue la soustraction et l'amplification sans aucune erreur, et tant mieux.

IV-2-4-Comparaison entre les résultats par simulation et les résultats pratiques :

Nous remarquons que les résultats de la simulation et ceux de la réalisation ne sont pas vraiment différents, la différence apparente n'est due qu'aux erreurs de la manipulation comme les erreurs de lecture et les erreurs du matériel notamment les instruments de mesure comme le voltmètre et l'oscilloscope.

Cet effet (l'effet de la conformité des résultats de la simulation et ceux de la réalisation) est compréhensible, car la simulation si elle est largement utilisée aujourd'hui, c'est parce qu'elle nous permet de gagner du temps et de l'argent. Car souvent les concepteurs conçoivent leurs matériels sur ordinateur (par simulation grâce à des logiciels appropriés) ensuite ils en font une réalisation pratique dans des laboratoires spécialisés.

Certes, la précision qu'on peut avoir dans la pratique n'est pas aussi bonne que celle qu'on peut avoir par simulation mais le jeu vaut la chandelle !!

Pour nous c'est la même chose, car les résultats que nous avons eu par simulation sont meilleurs que ceux que nous avons eu dans la pratique, mais ça ne nie pas le fait que ces derniers sont précis et peuvent être utilisés dans les parties ultérieures du montage sans aucun soucis.

Même chose s'applique aussi aux résultats finals de nos montages, soit le montage de l'heure ou celui de la température car nous avons eu les résultats désirés.

conclusion générale

CONCLUSION GENERALE :

Dans notre projet, nous avons étudié l'afficheur de température et de l'heure que nous pouvons utiliser soit à bord d'un avion ou à n'importe quel endroit dans notre vie quotidienne : à l'aéroport, dans une banque, dans une poste, usine....

Notre afficheur va nous permettre de connaître la température ambiante et l'heure locale, donc il est d'une utilité à ne pas mépriser, d'autant plus que la température et le temps sont deux paramètres essentiels à tout développement économique durable.

Dans le domaine aéronautique la température et le temps sont très important car la moindre erreur dans la mesure de la température peut causer des dégâts énormes, économiques soit-ils ou humains, et ainsi va-il pour le temps.

Si ce n'est faute de moyens (manque de divers circuits électroniques) notre montage serait plus précis et miniature, donc nous espérons bien qu'un certain jour il va y avoir des améliorations qui y seront apportées.

NOMENCLATURE

Nomenclature des composants

Résistances :

$$R_1 = 4.7 \text{ K}\Omega$$

$$R_2 = 1 \text{ K}\Omega$$

$$R_3 = 2.0 \text{ K}\Omega \pm 1\% (2)$$

$$R_4 = 10.0 \text{ K}\Omega \pm 1\% (2)$$

$$R_5 = 1 \text{ K}\Omega$$

$$R_{\text{monostable}} = 10 \text{ K}\Omega$$

$$R_{\text{générateur de dents de scies}} = 400 \text{ K}\Omega$$

$$R = 100\Omega (30)$$

potentiomètres :

$$P_1 = P_2 = 10 \text{ K}\Omega$$

condensateurs :

$$C_1 = 100 \mu\text{F}$$

$$C_2 = 10 \mu\text{F}$$

$$C_{\text{mono stable}} = 55 \mu\text{F}$$

$$C_{\text{générateur de dents de scies}} = 4.7 \mu\text{F}$$

$$C_{\text{générateur dents de scies}} = 47 \text{ nF}$$

Ajustables :

$$A_j = 10 \text{ K}\Omega$$

Circuits intégrés :

- NE555 (générateur de dents de scies)
- SN 74191 (4)
- SN74190 (2)
- ⇒ compteurs
- SN74373 (registre)
- SN7448 (décodeur) (6)
- 7805 (régulateur)
- SN74123 (mono stable)
- TL084
- LM335 (capteur de température)

Diodes :

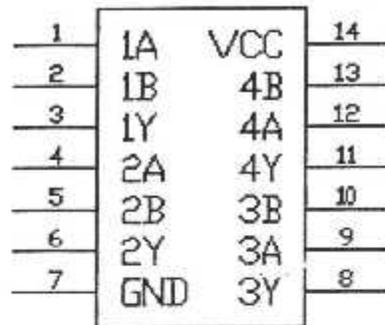
Z=5.6V (diode ZENER)

Divers :

- Transformateur 2x12
- 6 Afficheurs à anode commune
- Pont redresseur moulé
- Leds :rouge, vert, jaune.

ANNEXE

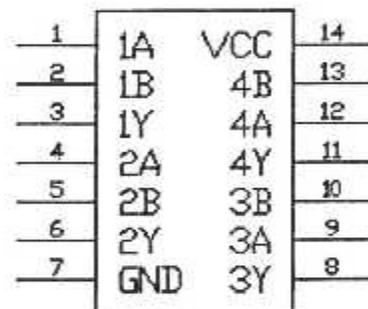
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



7408

Table de vérité du 7408 (AND)

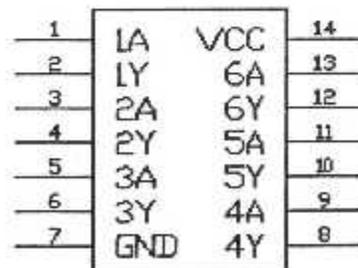
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



7432

Table de vérité du 7432 (OR)

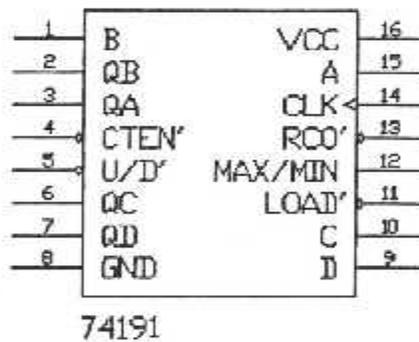
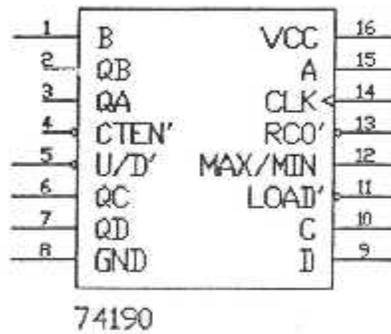
A	Y
0	1
1	0



7404

Table de vérité du 7404 (NOT)

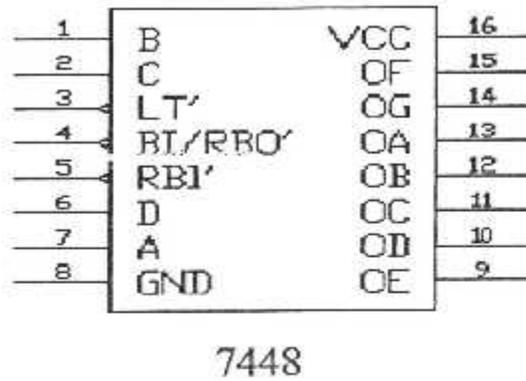
- Les compteurs :



- Le registre :

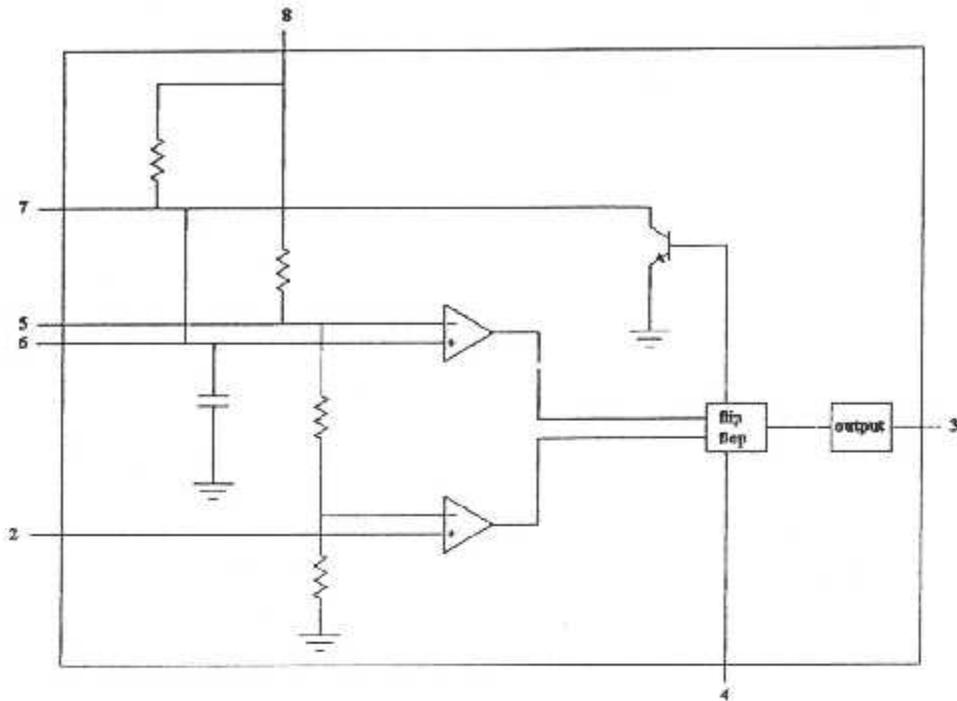


- Le décodeur :



- Horloge NE 555





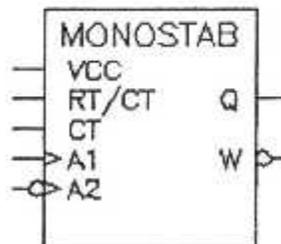
Tension d'alimentation : 4,5v – 16v

Courant de sortie : 200mA

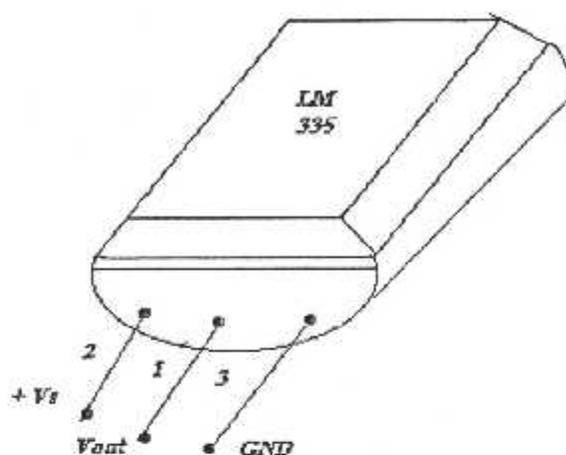
Courant d'alimentation, sortie basse : 15mA

Courant d'alimentation, sortie haute : 13mA

- Mono stable.



- **LM335**



Application
-10 à +100°C
10mV par 1°C
pré :0.5°C à 25 °C

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- Electronique numérique (Tome 2) Edition BERTI 1989
P.DELSOL
- Electronique digitale (Tome 1 et 2) Edition INFO RZ 1990
MENACER Said
MENACER Abderrahmane
MENACER Mohamed
- Capteurs en instrumentation industrielle ASH 1987
George.
- Initiation à l'électricité et à l'électronique Edition ESTF 1986
F. Heure.

- *Thèses :*
 1. Indicateur de rapport de pression moteur.(promotion2004)
Louni Riad [DEUA IAB]
 2. Thermostat à affichage digital. (2000)
Kired Abd El Kader
Ayeche Naima [DEUA IAB]
 3. étude et réalisation d'un indicateur de vitesse d'un avion en
vol. (1999)
Zarat Saadane [DEUA IAB]

ERRATUM :

Dans cette partie, nous allons exposer les différentes erreurs que nous avons commises, les pages où elles se trouvent ainsi que leurs corrections :

Erreur	Page	Correction
Cet	Résumé	cette
ce	résumé	se
a	résumé	à
l	2	la
proportionnels	2	proportionnelles
Elle définit l'écart en % que l'on peut obtenir entre la valeur obtenue en sortie du capteur	7	Elle définit l'écart en % que l'on peut obtenir entre la valeur obtenue en sortie du capteur et la valeur vraie
L'élément d'un capteur définit la plage des valeurs de la mesurande pour lesquelles le capteur répond aux spécifications du constructeur	8	La caractéristique, du capteur, qui définit la plage des valeurs de la mesurande pour lesquelles le capteur répond aux spécifications du constructeur
Un capteur est dit linéaire si dans l'étendu de mesure $s(m)$ est une fonction linéaire de (m)	8	Un capteur est dit linéaire, si dans l'étendu de mesure $s(m)$ est une fonction linéaire de (m)
Elle est donc égale à la perte de la courbe	8	Elle est donc égale à la pente de la courbe
Et de système de mesure	8	Et du système de mesure
Qu'elles sont classée	8	Qu'elles sont classées
Les caractéristiques dynamiques de capteur suivant	8	Les caractéristiques dynamiques du capteur, suivantes
Influence de capteur	9	Influence du capteur
Sont indispensable	10	Sont indispensables
1-5-1-4-la répétition	11	1-5-1-5-la répétition
Des capteurs	11	De capteurs
C'est la mesure d'un rang d'un minimum	11	C'est la mesure du rang minimal
La prise d'information se faisait	12	La prise d'information se fait
Réside dans sensibilité	13	Réside dans sa sensibilité
Est une sensibilité thermique	13	Est sa sensibilité thermique
Il résulte	14	Il en résulte
La mesure de quasi ponctuelle	14	La mesure quasi ponctuelle
Elle sont	14	Elles sont
quia	14	Qui a
Résistance de température	14	Résistance à la température initiale

initiale		
ù	15	où
Le milieu environnement	16	Le milieu environnant
Constitué d'une suite impulsion	17	Constitué d'une suite d'impulsions
Multiplication de signal	19	Multiplication du signal
bloquer	19	bloqueur
A pour bu	20	A pour but
La valeur de la capacité ni grande, ni petite, car pur	21	La valeur de la capacité est ni grande ni petite, car pour
Pour comparer l'entrée analogique V_e de la tension V_s	25	Pour comparer l'entrée analogique V_e avec la tension V_s
V_e, V_s	24,25	V_a, V_d
Indépendante de du niveau d'entrée ou de la donnée digitale	26	Indépendante du niveau d'entrée ou de la donnée digitale
Le signal d'entée	26	Le signal d'entrée
Il sufi	27	Il suffit
De diverse familles	34	De diverses familles
Commutateur d'affichage du température et de l'heure	39	Commutateur d'affichage de température et de l'heure
Alors en même	40	Alors en même temps
Au cours de pentes	43	Au cours des pentes
Procéder à l'étude détaillée de chaque étage, ainsi que les calculs de ses éléments	45	Procéder à l'étude détaillée de chaque étage, ainsi qu'au calcul de ses éléments
Figure(IV-22) pour le montage de l'heure, figure (IV-23) pour la partie analogique de température, figure(IV-24) pour la partie numérique	45	Figure(IV-21) pour le montage de l'heure, figure (IV-22) pour la partie analogique de température, figure(IV-23) pour la partie numérique
Dents de scies	49, 50, 51	Dents de scie
Voir les exemples de la figure (IV-9)	51	Voir les exemples de la figure (IV-10)
Appelée aussi multiplieur logique, permet la multiplication	51	Appelée aussi multiplieur logique, la porte AND permet la multiplication
Ce générateur est construit au tour de NE555, montée en astable	52	Ce générateur est construit au tour de NE555, montée en astable
V1-V2	47	V2 -V1
Une diversité de model	57	Une diversité de models
Cette impulsion donne l'ordre de décaler	58,65	Cette impulsion donne l'ordre de décalage
Permettent de visualiser la température de l'avion et l'heure correspondante	61	Permettent de visualiser la température ambiante et l'heure locale

Qui lui réalisé sur une fabriquée	63	Qui, lui, est réalisé sur une plaquette(circuit imprimé) fabriquée
Ensuite le bit sortant dans vers	63	Ensuite le bit sortant vers
La remise à zéro de compteur	65	La remise à zéro du compteur
A la deuxième porte de laquelle	65	A la deuxième entrée de laquelle
Dont les entées sont	65	Dont les entrées sont
Va-	65	Va :
Est reliée à générateur d'impulsion	65	Est reliée au générateur d'impulsions
Q'on peut	69	Qu'on peut