

MESRS

2/82  
USTHB

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

led

C.S.T.N. laboratoire de teledection

THESE D'INGENIORAT  
OPTION ELECTRONIQUE

ETUDE ET REALISATION D'UNE CHAINE  
DE MESURE DE LA TEMPERATURE DU SOL  
UTILISEE EN TELEDETECTION



PROPOSE PAR

A abdellaoui  
docteur de specialite

ETUDIE PAR

Abdelaziz aillane  
Ancene hamdi

JANVIER 82

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

C.S.T.N. laboratoire de teledetection

THESE D'INGENIORAT  
OPTION ELECTRONIQUE

ETUDE ET REALISATION D'UNE CHAINE  
DE MESURE DE LA TEMPERATURE DU SOL  
UTILISEE EN TELEDETECTION

PROPOSE PAR

A abdellaoui  
docteur de specialite

ETUDIE PAR

Abdelaziz allane  
Ahcene hamdi

REMERCIEMENTS :

Nous tenons à remercier M. ABDELLAOUI directeur du groupe de recherche en télédétection d'Alger qui a bien voulu nous accueillir dans son laboratoire et qui nous a guidé pendant la réalisation de ce projet de fin d'étude.

JARNOT

Nos remerciements vont également à Mr. qui n'a pas hésité à nous aider tout au long de notre travail.

Nous remercions également Mr. ABERKANE et Mr. BOUMGHAR pour avoir mis à notre disposition le laboratoire qui nous a permis de faire nos essais.

Nos vifs remerciements à Mr. HALIMI, dont les conseils nous ont été très utiles.

Nous n'oublions pas de remercier Mr. BOUDRAA pour nous avoir initié à l'utilisation des circuits *intégrés*

Nous tenons aussi à remercier M. GOHA, G. BAHIA, S. ~~S~~FATIHA, M. KAMEL pour leur aide pratique et morale ainsi que Ridane HAMMICHE qui a contribué à la dactylographie de cet ouvrage.

DEDICACES

A LA MEMOIRE DE MON PERE

A MA MERE

A MES ONCLES

A MES FRERES ET SOEURS

A MES AMIS

AHCENE

A MON PERE ET A MA MERE

A MON ONGLE

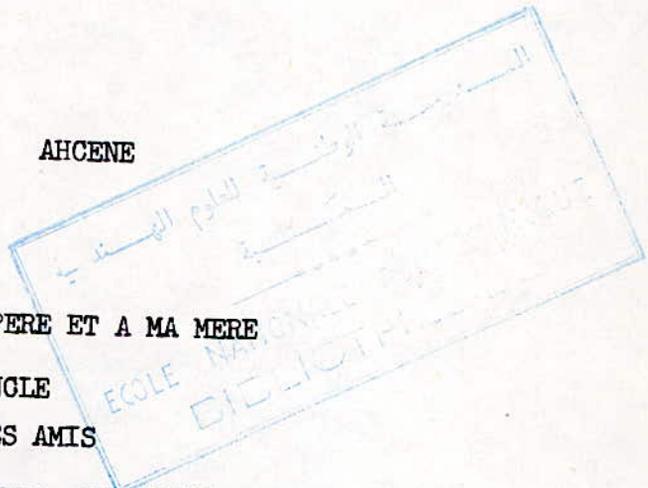
A TOUS MES AMIS

A MES FRERES ET SOEURS

A TOUTE MA FAMILLE

A TOUS MES CAMARADES DU LABO DE TELEDETECTION

ABDELAZIZ



## SOMMAIRE

### INTRODUCTION

#### CHAPITRE I : POSITION DU PROBLEME

1. Présentation de la teledetection
2. Grandeurs mesurables en teledetection
- 3 Bilan energetique et radiatif
- 4 Synoptique de l' appareil de mesure

#### CHAPITRE II : RAPPELS THEORIQUES SUR LE CAPTEUR DE TEMPERATURE

- II 1 Etablissement de la formule de variation de la resistance avec la temperature
- 2 Mecanisme de semi conductibilité
  - a) defaut de SCHOTTKY
  - b) defaut de FRENKEL
  - c) imperfection chimique
- 3 Caracteristique thermique
  - a) temperature maximale admise
  - b) puissance maximale admise
  - c) facteur de dissipation thermique
  - d) constante de temps thermique

#### 4 EXEMPLE D'UTILISATION

#### CHAPITRE III : ACQUISITION DES DONNEES

#### CHAPITRE IV : FONCTIONNEMENT DE LA STATION

- IV 1 Principe de fonctionnement
- 2 Le circuit monostable et la minuterie
- 3 commutateur electronique
  - a) compteur
  - b) le decodeur
  - c) le multiplexeur

#### CHAPITRE V : PRESENTATION DES MESURES

- V 1 Convertisseur courant tension
- V 2 Convertisseur tension frequence
  - a) schema simple
  - b) schema plus ameliore
- V 3 Enregistrement et lecture

#### CHAPITRE VI : RESULTATS EXPERIMENTAUX

Interpretation

### CONCLUSION

## INTRODUCTION

Pour de très diverses applications dans le domaine de l'agronomie de l'hydrologie, de la microclimatologie, la connaissance de la température dans le sol revêt un grand intérêt.

En particulier la température à la surface du sol qui est l'un des paramètres importants intervenant dans l'équation du bilan énergétique traduisant la conservation de l'énergie à l'interface sol atmosphère.

La température de surface ne peut pas être atteinte avec des appareils ou instruments de mesure usuels.

On utilise actuellement en laboratoire la radionétrie.

Nous ~~avons~~ proposons de réaliser une chaîne de mesure de la température dans le sol; cette chaîne est constituée par:

- Une sonde de température
- un système de conversion
- un système d'enregistrement.

## CHAPITRE I POSITION DU PROBLEME

### I-1 Présentation de la télédétection

La télédétection désigne tout système ou processus permettant d'acquérir des informations à distance, c'est à dire sans qu'il y ait contact entre l'appareil de mesure (capteur) et l'objet étudié.

La télédétection est basée sur le principe que chaque objet absorbe, émet diffuse et réfléchit des rayonnements qui lui sont propres. Elle consiste précisément en :

- l'acquisition d'informations se présentent sous forme de rayonnements électromagnétiques émis ou réfléchis par les objets du sol.
  - un traitement de ces données permettant leur restitution et leur transformation en une forme assimilable par l'interprète .
  - un ensemble de méthodes d'interprétation
- un système de télédétection comprend.
- une zone émettant un certain rayonnement (exemple: le soleil).
  - un milieu de propagation (exemple: l'air).
  - une plate forme d'observation (capteur)
  - un système de transmission par télémesure
  - un système d'enregistrement
  - un centre de recueil des données et de prétraitement
  - des centres d'interprétation dont le but est d'établir une corrélation entre le rayonnement mesuré et la nature des objets au sol.

### I-2 Les grandeurs mesurables en télédétection

Les différentes grandeurs mesurables en télédétection sont regroupées dans le tableau I. Les paramètres peuvent être analysés suivant le lieu et la nature dont ils interviennent. Parmi ces paramètres il y a ceux qui décrivent les propriétés des divers milieux (sol, atmosphère, plantes, eau) intéressant les divers spécialistes.

.../...

Ces paramètres sont appelés paramètres thématiques pour être différenciés de ceux qui interviennent directement dans les équations gouvernant les divers flux d'énergie et de masse et qui sont appelés paramètres physiques. Par exemple la température à la surface du sol.

A l'aide de modèles appropriés on établit les liens entre ces différents paramètres.

<b>Atmosphère</b>	<b>Météorologie</b>	<b>Atmosphère</b>
Composition moléculaire	-Position du soleil	perturbe le
Distribution et composition des aérosols	-Couverture nuageuse	signal reçu et
	<b>-Température des nuages</b>	remis par
	-Pluie	l'interphase
	-Turbulence	

<u>Paramètres</u>	<u>Paramètres</u>	<u>Paramètre</u>	
<b>Microclimatiques</b>	<b>Physiques</b>	<b>Thématiques</b>	<b>Interface</b>
Température au sol	Optique	-Nature du couvert	- Couplage sol atmosphère
pression de vapeur de l'air	Emissivité	-Etat phéno-que	- Lieu des bilans
pression de vapeur saturante	Réfectance	-Contraintes diverses	-d'énergie
vitesse du vent	Thermique		-de masse
rigidité orodynamique.	chaleur spécifique	rugosité du sol	- Lieu d'émission du signal télé-
	géomorphologique	profil thermique	dection.
	pente etc	profil d'humidité	
	!	!	!

Humidité des surfaces		Température de surface	Sol
Paramètres thématiques	!	Paramètres physiques	Sous Sol
-Nature du sol	!	Thermiques	Essentielle-
-Dimension	!	- Conductibilité	ment.
-Humidité	!	- Chaleur spécifique	Conduction
<b>-Salinité</b>	! Modèles	<b>hydrique</b>	thermique
-Composition minérale	! insitu	Conductibilité	Transferts
-Structure.	!	Capacité <b>hydrique</b>	<b>hydriques</b>
	!	électromagnétique	
	!	<b>Constante diélectrique</b>	
	!	Conductibilité	
	!		

Tableau I- Les divers paramètres intervenant en télédétection

### I-3 Le bilan énergétique et radiatif

L'une des tâches de télédétection électromagnétique est l'analyse quantitative des thermographies aériennes et spéciales. .../...

Cette analyse exige la connaissance de la réponse de la surface du sol aux excitations extérieures. On est ainsi amené à résoudre une équation différentielle aux dérivées partielles, telle que celle traduisant l'évolution dans le temps et dans l'espace de la température du sol.

Comme on s'intéresse à une seule direction qui est suivant la profondeur du sol on a l'équation suivante.

Soit

$$C_v(Z) \frac{DT}{dt} = K(Z) \frac{\partial^2 T}{\partial Z^2}$$

avec  $C_v(Z)$  = capacité calorifique du sol par unité de volume

$K(Z)$  = conductibilité thermique

$(T, Z)$  = température du sol

$t, x$  = temps

$Z$  = profondeur comptée vers le bas à partir de l'interface sol atmosphère

Quel que soit le mode de résolution, la solution effective exige des conditions aux limites. L'une de ces conditions aux limites est donnée par l'équation du bilan énergétique.

$$R_n + H + LE + G = 0$$

Qui traduit la conservation de l'énergie c'est à dire l'équilibre naturel à l'interface sol atmosphère.

$R_n$  : désigne le rayonnement net (chaleur gagnée ou cédée)  
 $H$  : le flux de chaleur sensible (par le sol.)

$LE$  : le flux de chaleur latente : ( évaporation ou évapotranspiration )

$G$  : désigne le grain de chaleur du sol.

Ces grandeurs sont des flux de chaleur ou rayonnements électromagnétiques décrivant les échanges physico-chimiques entre le sol et l'atmosphère, la description de ces échanges est donnée par des modèles visant à simplifier leur expressions.

L'expression du rayonnement net est la suivante:

$$R_n(t) = (1-A)R_s(t) + \epsilon R_a(t) - \epsilon \sigma T_s^4$$

où  $(1-A) R_s(t)$  est la fraction du rayonnement solaire et dirigé vers le sol.

$R_a$ : le flux de radiation de grande longueur d'onde émise par le ciel et dirigé vers le sol.

$A$ : coefficient de réflexion pour les radiations de grande longueur d'onde.

$R_s(t)$ : la radiation solaire incidente.

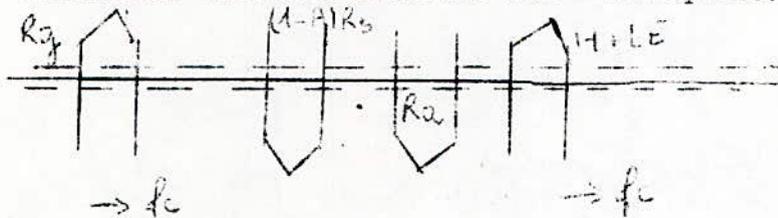
$\epsilon$  : l'emistivité

$T_s$  : température de la surface du sol.

$\sigma$  : constante de stefan Boltzman =  $5,6 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$

$t$  : temps.

Differents flux à l'interface sol - atmosphère.



$R_g$  : rayonnement émis par le sol et dirigé vers le haut

$F_c$  : dissipation de chaleur dans le sol par conduction.

Trois paramètres importants influent considérablement sur l'expression du bilan énergétique il s'agit:

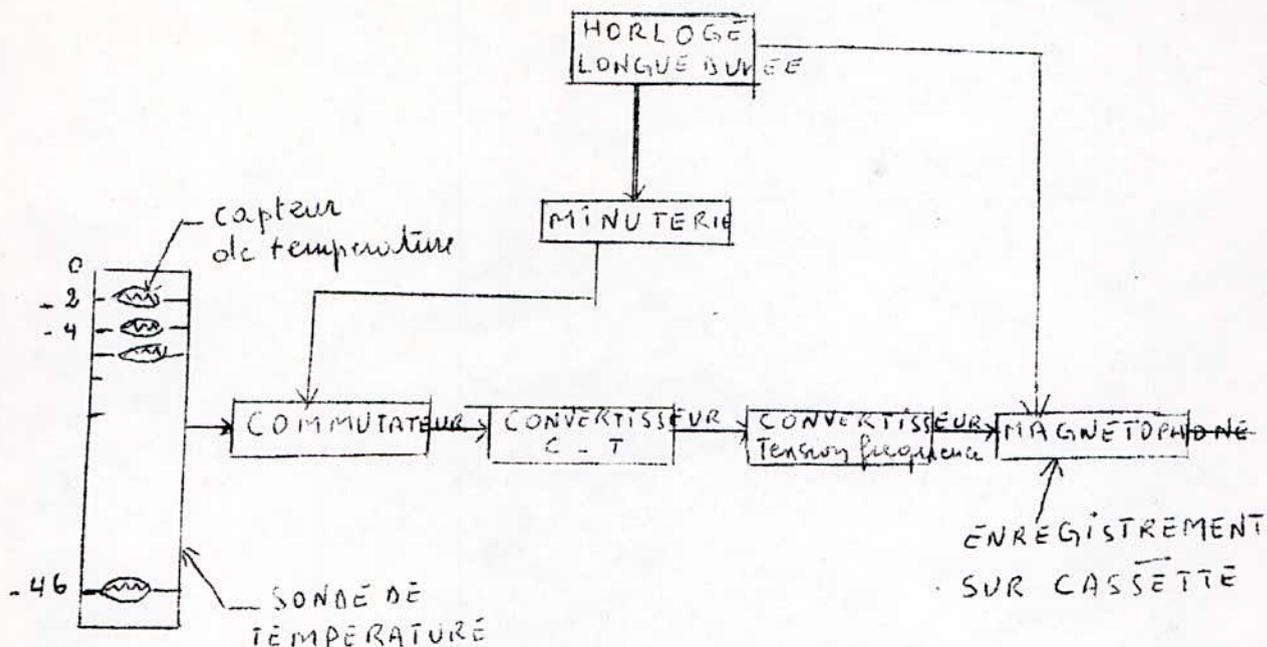
- du rayonnement net

- de la température  $T_s$  de la surface du sol qui intervient explicitement dans les expressions de  $H$  et de  $LE$

L'importance de la température  $T_s$  de la surface du sol dans l'équation du bilan énergétique et en télédétection en général nous a conduit à concevoir un appareil qui nous permet de la mesurer.

I-4 Synoptique de l'appareil de mesure.

.../...



### SCHEMA SYNOPTIQUE DE L'APPAREIL DE MESURE

#### Principe de fonctionnement

Notre appareil comprend en première partie une sonde dans laquelle se trouvent des capteurs de température situés à différents niveaux au dessous de la surface du sol.

Alimentés par une tension, ces capteurs induisent un courant dépendant de la température, lequel sera converti en fréquence par l'intermédiaire des convertisseurs courant tension, tension fréquence. Le signal recueilli à la sortie des convertisseurs sera enregistré sur bande cassette. On mesure ainsi la température des différents niveaux de la profondeur du sol et par extrapolation on estime la température de surface du sol.

Une horloge de longue durée commande un monostable qui permet la mise en marche et l'arrêt du magnetophone cassette. Cette dernière agit également sur une minuterie qui déclenche par l'intermédiaire d'un commutateur électronique la mesure des différents courants induit par les capteurs de température.

## CHAPITRE<sub>1</sub> II

### RAPPELS THEORIQUES SUR LE CAPTEUR DE TEMPERATURE

Notre capteur de temperature est une thermistance car elle presente beaucoup d'avantage dans la gamme de temperature à etudier .On appelle thermistance une resistance sensible à l'influence de la temperature C'est une resistance dont la conductance varie d'une maniere importante en fonction de la temperature .

Il existe deux sortes de thermistances.

Les thermistances à coefficient de temperature negative (CTN) dont la resistivite diminue lorsque la temperature augmente et les thermistances à coefficient de temperature positive (CTP) dont la resistivite augmente lorsque la temperature augmente.

Les thermistances à coefficient de temperature negative sont en general des ceramiques composées d'oxyde metallique pris des metaux de transition tandisque les thermistances à coefficient de temperature positive sont des ceramiques à base de titanique de borym dope.

Dans ce qui suit nous etudierons les thermistances à coefficient de temperature negative.Pour les (CTP) elles presentent en general le meme principe de fonctionnement.

II-1 Etablissement de la formule de variation de la résistance avec la température.

La concentration des porteurs augmente si la température augmente selon l'expression

$$N(T) = N_0 e^{W/kT}$$

$k$ : constante de Boltzmon =  $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} = 8,61 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K}$

$W$ : énergie cinétique moyenne due à l'agitation thermique.

$W(eV)$ : largeur de bande interdite (différence d'énergie entre bande de valence et bande de conduction).

$N_0$ : Concentration des porteurs au niveau d'énergie pris comme référence.

La variation de la mobilité des porteurs en fonction de la température peut être négligée devant la variation de la concentration. On obtient alors:

$$B/T$$

$$R(T) = A e^{\frac{B}{T}}$$

$$R = R_0 e^{B \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

$B (K)$ : indice de sensibilité thermique constant pour une thermistance donnée, égal à  $w/k$  de la formule de concentration.

$R$ : Résistance à la température  $T$

$R_0$ : Résistance à la température  $T_0$

$T_0$ : température de référence.

Par dérivation on obtient le coefficient de température

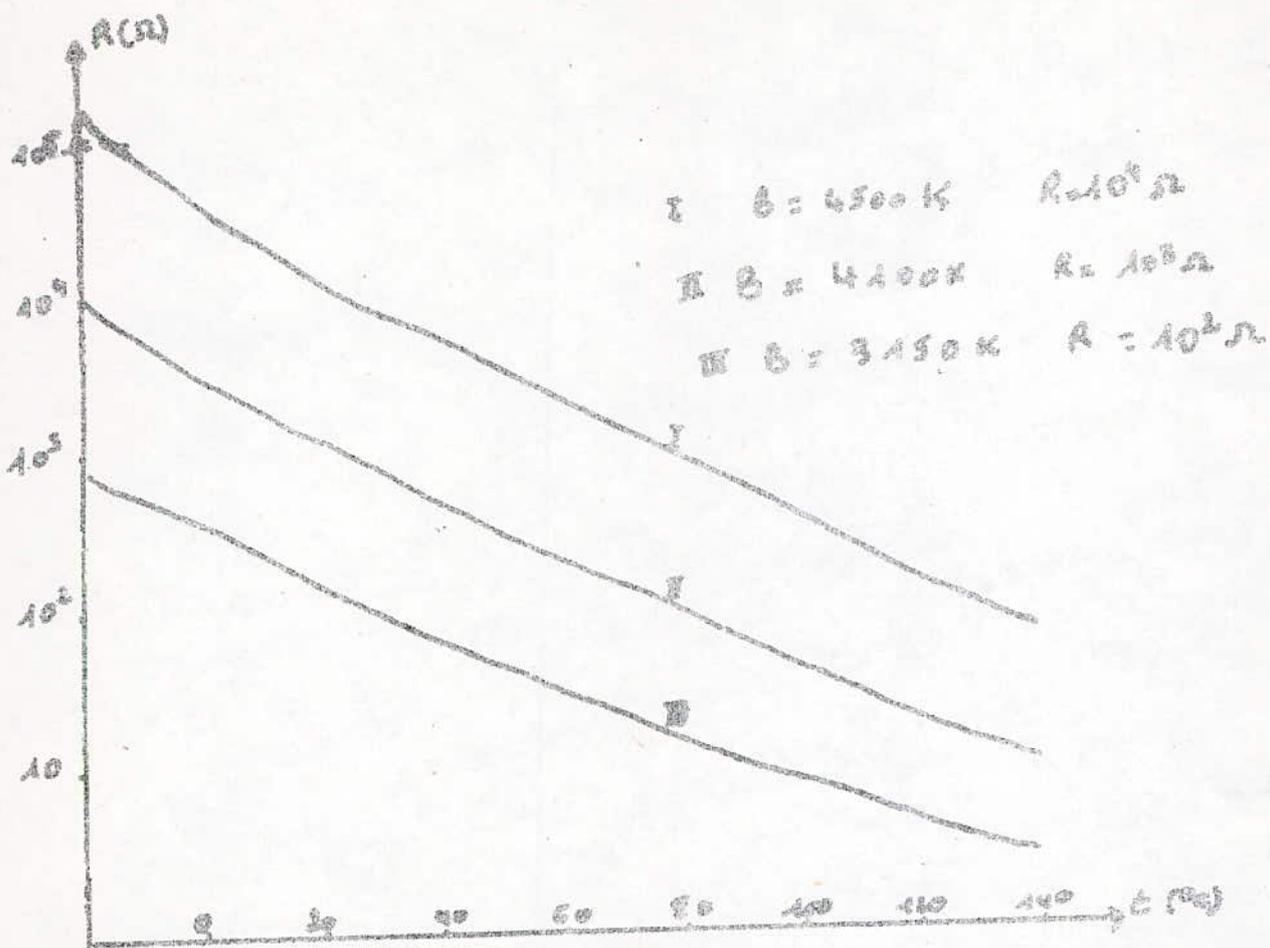
$$\alpha = \frac{1}{R} \frac{dR}{dT} = -\frac{B}{T^2}$$

Il s'exprime en %° et diminue en valeur absolue lorsque la température augmente.

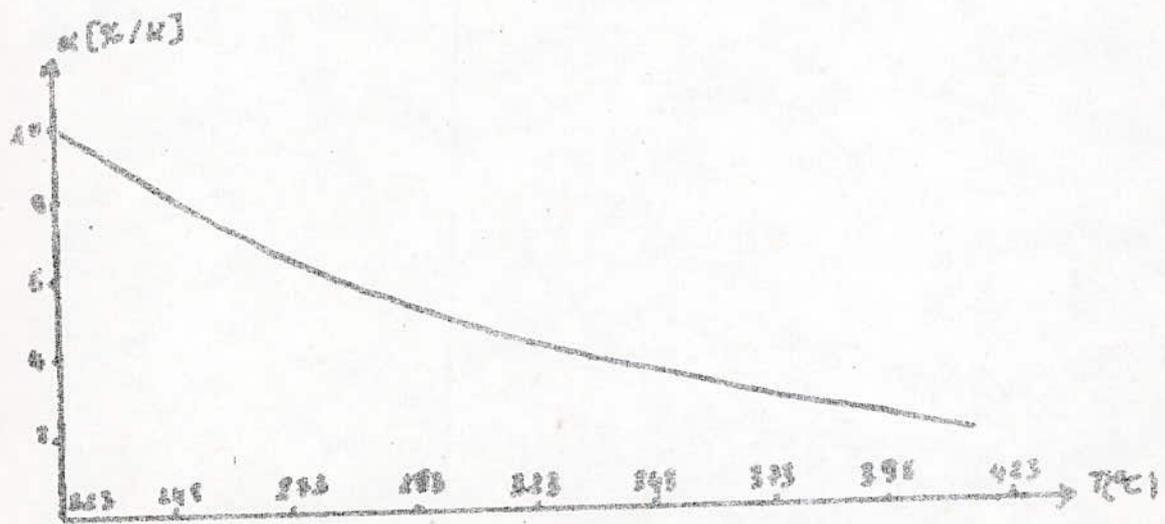
Suivante les valeurs de  $B$  et de  $R$  (à 25 °) ou a différentes courbes de la variation de la résistance en fonction de la température (voir figure).

Pour  $B$  donne vraie en fonction de la température (voir figure).

.../...



VARIATION DE LA RESISTANCE EN FONCTION DE LA TEMPERATURE  
 COURBES THEORIQUES



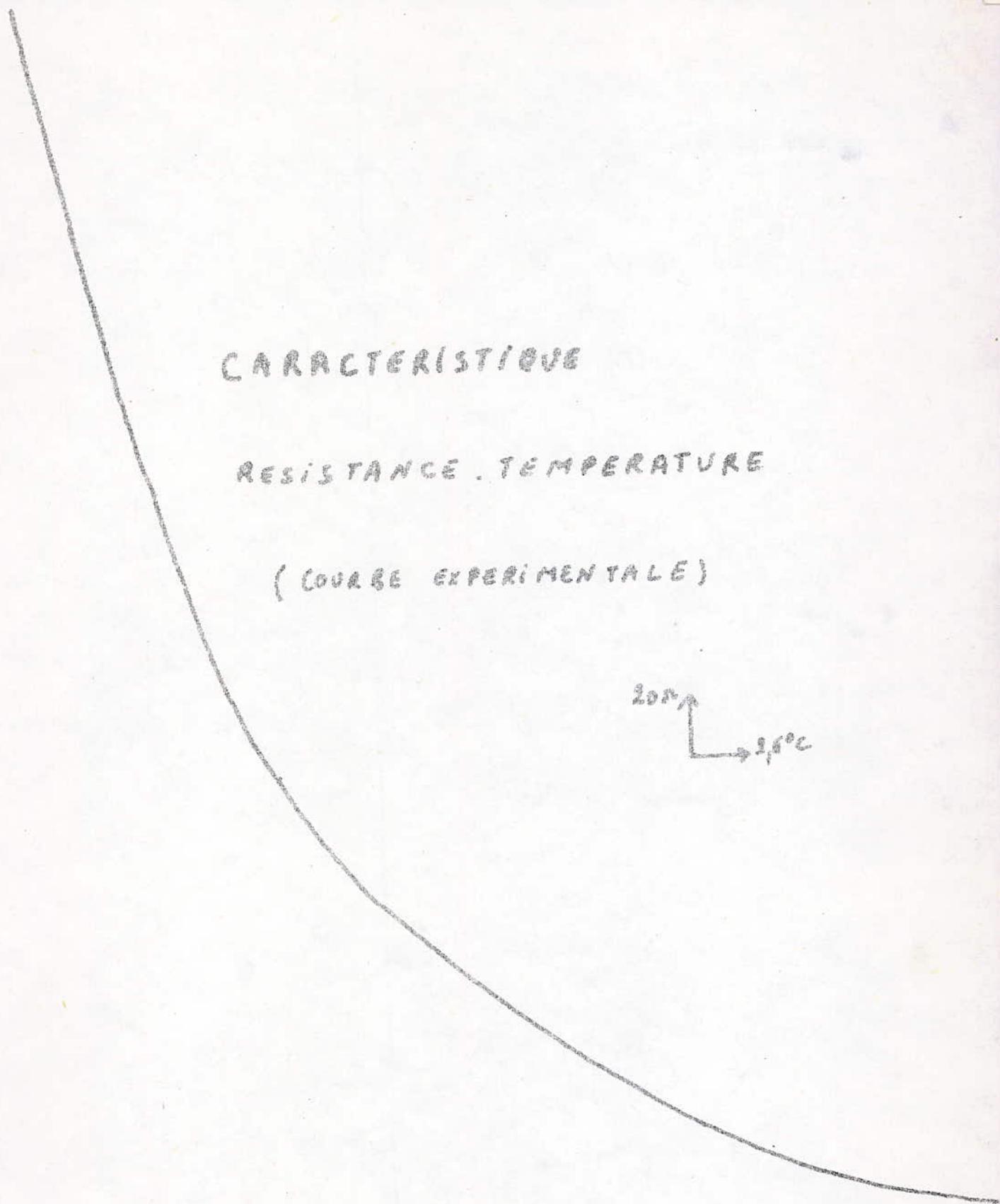
VARIATION DU COEFFICIENT DE TEMPERATURE  
 EN FONCTION DE LA TEMPERATURE (COURBE THEORIQUE)

500  
400  
300  
200  
100  
0

CARACTERISTIQUE  
RESISTANCE . TEMPERATURE  
( COURBE EXPERIMENTALE )

20Ω  
→ 1,5°C

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100  
T(°C)



$T (^{\circ}C)$

40

30

20

10

CARACTERISTIQUE  
TEMPERATURE - COURANT  
SOUS UNE TENSION D'ALIMENTATION  
DE 1V  
(COURBE EXPERIMENTALE)

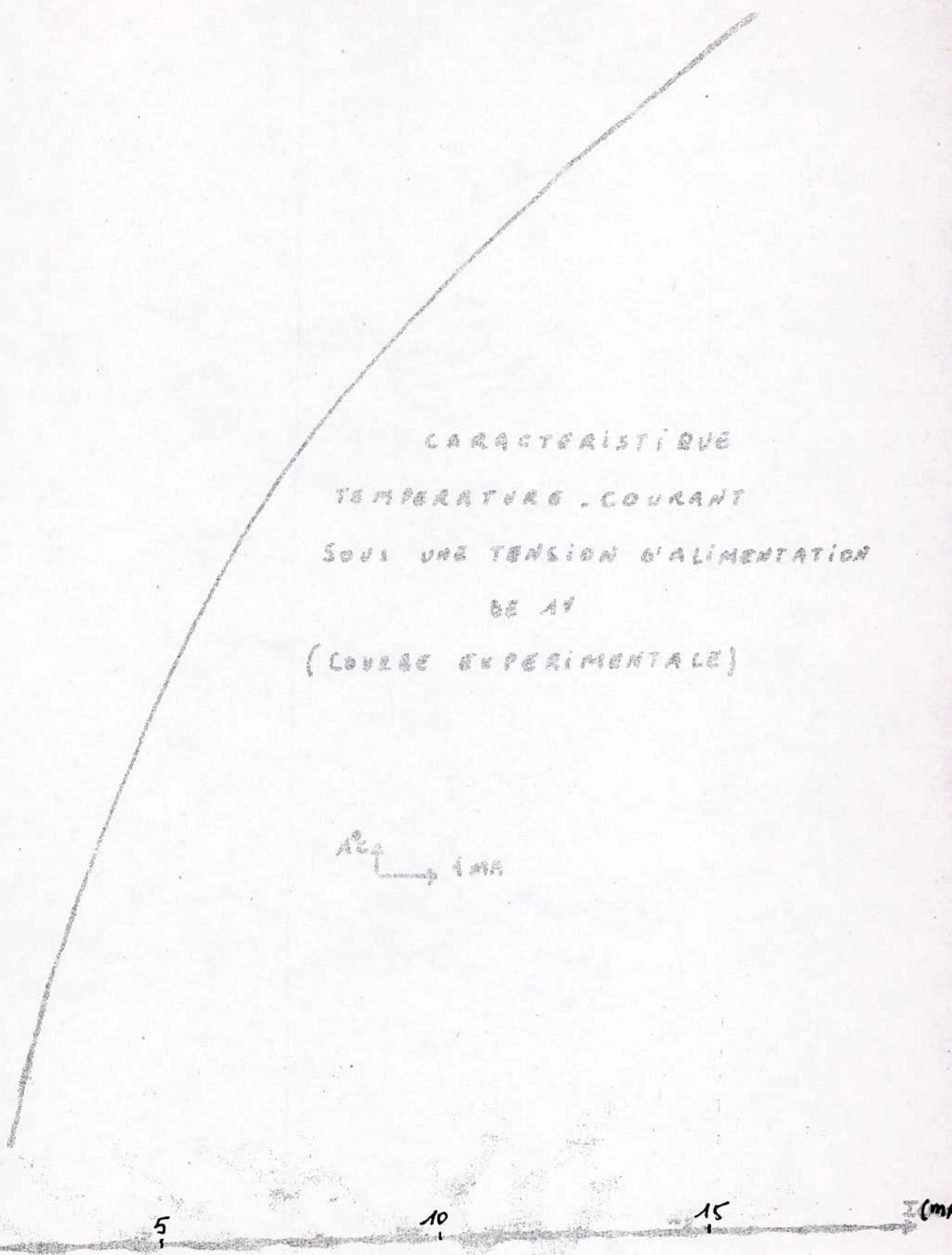
$I_{CC}$  → 1mA

5

10

15

$I$  (mA)



## II II-2 Mécanisme de semiconductibilité

Les thermistances C T N sont des céramiques à base d'oxydes semi-conducteurs leur semi-conductibilité naît des défauts de structure dans la milieu cristallin.

Les défauts peuvent être d'ordre physique (défaut de shottky, défaut de frenkel) ou d'ordre chimique (induction de valence).

### II-2-a défaut de schottky

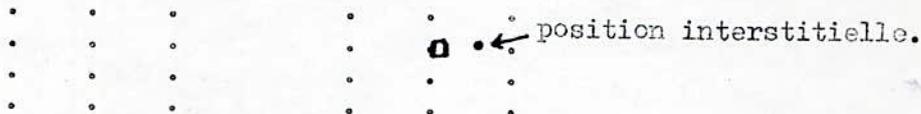
Sous l'effet de l'agitation thermique un atome de la surface du cristal peut passer à l'intérieur il y a donc absence d'un atome dans le réseau, c'est à dire création d'une lacune. Cette lacune peut se propager à l'intérieur du cristal. D'autre part il faut que la neutralité du métal soit maintenue, soit par création d'une paire de lacune (lacune anion, lacune cation), soit par la variation de valence d'un autre cation dans ce cas il y a appauvrissement du cristal en métal.

Dans un oxyde métallique, la formation de lacune fait que le cation doit passer d'un état d'oxydation à un autre.

C'est le cas des métaux de transition on a alors un défaut dans le métal et une conductibilité par trou donc de type P (absence de cation).

### II-2-b) défaut de frenkel

Sous l'effet de l'agitation thermique un atome peut quitter sa place et vient se mettre en position interstitielle (voir figure).



Pour cela les autres atomes doivent lui céder le passage il faut donc un atome relativement petit pour que la création de ce défaut soit possible. Dans ce cas une lacune et un atome interstitiel coexiste il peut dans d'autre cas y avoir un excès d'ions qui se placent en position interstitielle si le cation est en excès ou a une semi-conductibilité de type N. c'est le cas de  $ZnO$  chauffé en présence de vapeur de  $Zn$ .

### II-2-c imperfection chimique

Une impureté de nature différente des atomes du cristal peut pénétrer soit en position interstitielle soit en position substitutionnelle à la place d'un atome du réseau.

En position substitutionnelle, l'ion remplacé doit être de dimension comparable à l'impureté s'ils ont la même valence, l'électronéneutralité est maintenue si la valence est différente, il y a soit création de valence, soit changement de valence d'un autre ion (induction de valence) pour maintenir la neutralité électrique dans le cristal ou obtient une semi-conductibilité de type N non de type P.

Exemples:

$Fe_2O_3$  dopé par  $TiO_2$  un ion  $Fe^{+++}$  est remplacé par un ion  $Ti^{+++}$ ...

Pour maintenir l'électroneutralité un ion  $Fe^{+++}$  passe à l'état  $Fe^{++}$  il s'agit d'une semi-conductibilité de type N.  
Nio dopé par du lithium un ion  $Ni^{++}$  est remplacé par un ion  $Li^{+}$ .  
Donc pour conserver la neutralité il y a création du ion  $Ne^{+++}$  il s'agit donc d'un semi-conducteur de type P.

## II-3 caractéristiques thermiques

### a) température maximale admise

C'est la température ambiante maximale à laquelle la thermistance peut être mise en fonctionnement continu à dissipation nulle.

En général, la température d'utilisation maximale est de  $150^{\circ}C$ . Pour les hautes températures on entre dans la catégorie des thermistances refractaires de  $650$  à  $1000^{\circ}C$ .

### b) puissance maximale admissible

C'est la puissance maximale admissible par la thermistance en service continu à l'air calme à  $25^{\circ}C$ . En générale elle dépend de la nature du matériau utilisé et de la dimension des pièces. On adjoint dès fois des ailettes de refroidissement pour augmenter la dissipation.

### c) facteur de dissipation thermique

D'après norme (N F C - 93- 271) on appelle facteur de dissipation thermique la puissance  $W$  dissipée dans la thermistance par la variation de température  $T$  qui en résulte. Il s'exprime en (MW / $^{\circ}C$ ) l'écart de température est choisi entre  $25^{\circ}C$  et  $85^{\circ}C$ .

### d) constante de temps thermique $\tau$ d'après norme (Nf-c-93-271)

C'est le temps nécessaire à une thermistance pour que sa température varie de 63,2 % de la différence totale entre sa température initiale et sa température finale, lorsqu'elle est soumise à un échelon de température dans des conditions de dissipation nulle on choisit la variation de température entre  $25^{\circ}C$  et  $85^{\circ}C$ .

## II-4 Exemples d'utilisation

Les thermistances ont trouvé un large emploi dans tous les secteurs de l'activité industrielle. Parmi les domaines les plus représentatifs citons:

- la météorologie
- la recherche médicale
- l'aéronautique
- la régulation des processus thermiques industriels.
- la régulation des chaudières

### CHAPITRE III

Acquisition des données.

Le champ de température du sol est mesuré par ensemble de thermistances implantées verticalement aux profondeurs suivantes:

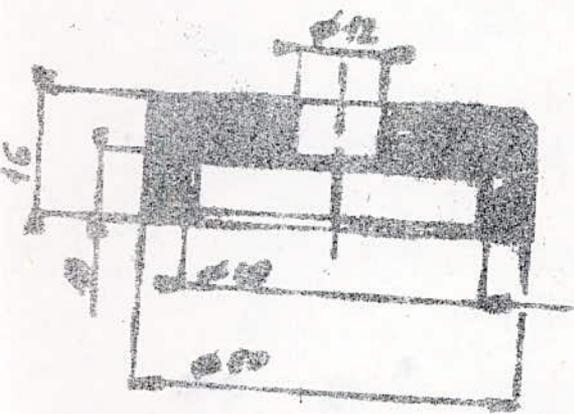
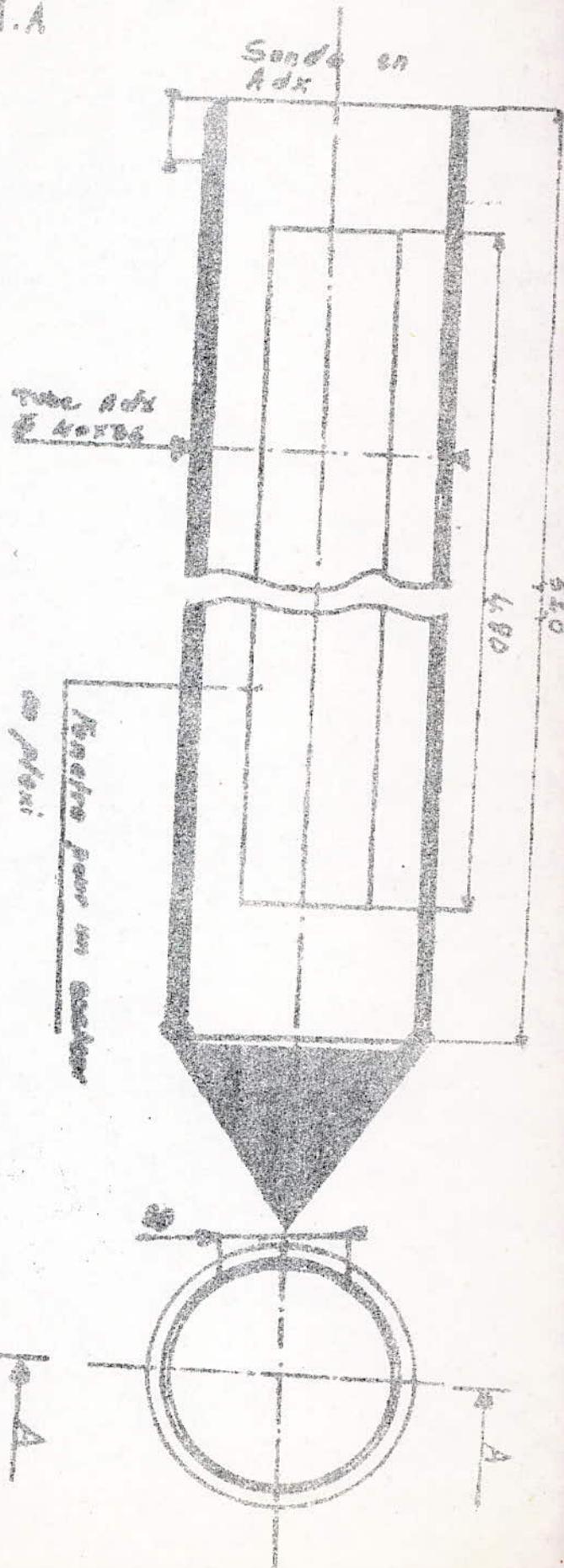
2 cm - 4 cm - 8 cm - 12 cm - 15 cm - 30 cm - 46 cm, dans une so de métallique.

L'échelle a été retrécie au début pour pourvoir mieux estimer la température de surface du sol qui est détruite par extrapolation graphique.

La so de est constituée d'un tube en *Adx* de longueur 520 mm. Sur lequel est percé une fenêtre. Sur cette fenêtre est fixée une plaque en plexi - glasse trouvée aux différents niveaux cités précédement. Par ces trous sortent des thermistances de manières à ce qu'elles soient en contact avec le sol et collées grace à de l'*avaldite* au plexi glasse (voir figure).

# Coupe A.A

Secteur en plan



Bouche en Laiton

## CHAPITRE IV

### FONCTIONNEMENT DE LA STATION

Notre station est composée d'une horloge de longue durée qui délivre une impulsion toutes les deux heures. Cette horloge sert à déclencher une minuterie par l'intermédiaire d'un monostable et d'un relai.

A la sortie de la minuterie on insère un commutateur électronique qui permet la connexion successive des différentes thermistances.

IV 1 L'horloge de longue durée

Elle est composée d'un circuit intégré UA555 et d'un compteur diviseur CD4520 .

Le circuit intégré UA555 est un oscillateur dont le circuit extérieur comprend deux résistances  $R_a$  et  $R_b$  et un condensateur C (voir figure)

Le condensateur C se charge à travers les résistances  $R_a$ ,  $R_b$  et après commutation il se charge à travers  $R_b$ .

La période de l'oscillation est donnée par la relation

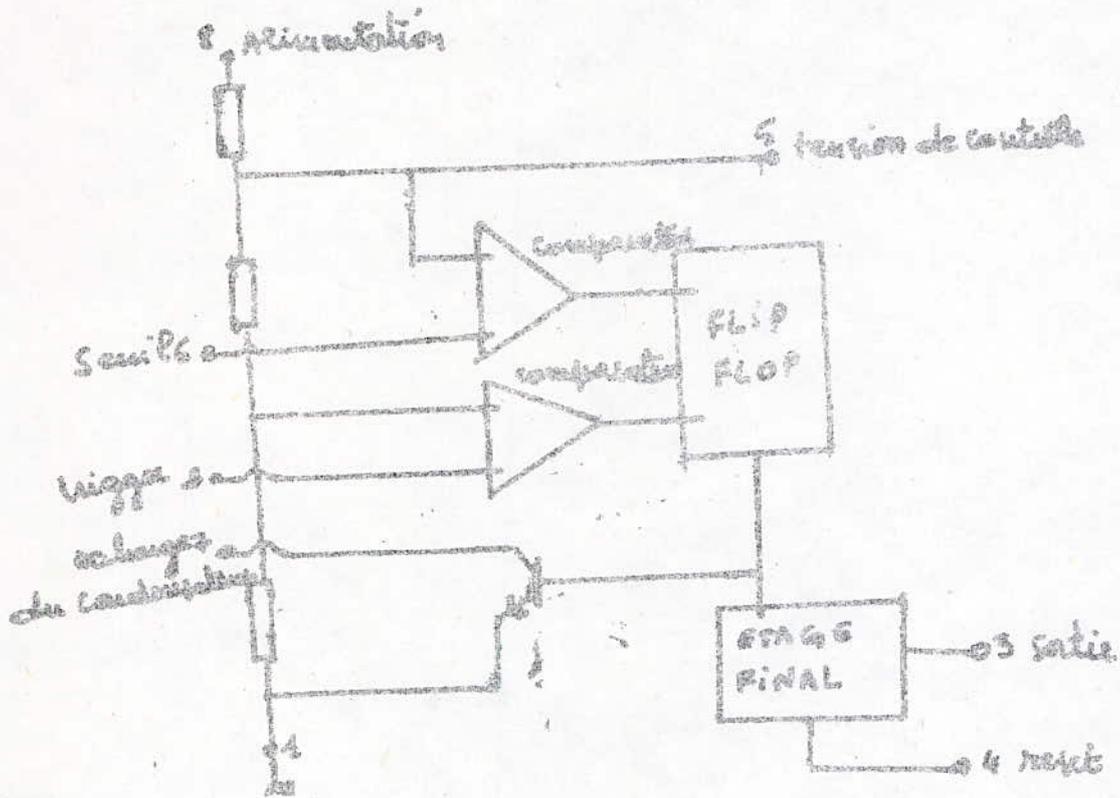
$$T = 0,69(R_a + 2R_b) C$$

Les éléments internes de l'UA555 sont donnés par la figure

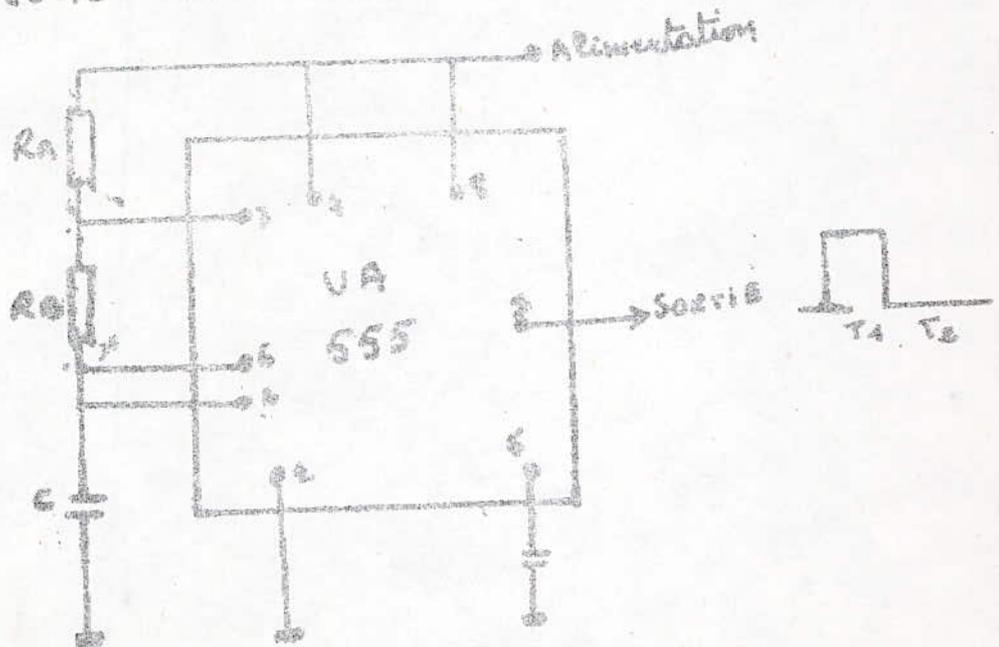
Le compteur CD4520 divise la fréquence 256 fois. Pour avoir une impulsion qui dure toutes les deux heures on doit vérifier la relation suivante:

$$T \times 256 = 7200 \text{ secondes} \quad \text{donc } T = 28 \text{ secondes} .$$

# CONSTITUTION DU CIRCUIT INTEGRE UA565



# HORLOGE AVEC CIRCUIT INTEGRE UA555



L'oscillateur U A 555 doit donc nous délivrer une impulsion que dure 285.

## II-2 Le circuit monostable et la minuterie.

Le monostable est un circuit à deux états dont l'un est stable et l'autre instable. En l'absence de signal extérieur le circuit reste indéfiniment dans son état stable. En présence d'un signal extérieur (impulsion), le circuit passe de l'état stable à son dernier état instable et revient à son état stable après un certain temps déterminé par les éléments R et C du circuit.

On obtient ainsi une impulsion de durée t.

Cette impulsion sert à commander l'ouverture et la fermeture d'un relai électromagnétique lequel agit sur le déclenchement et l'arrêt de la minuterie. Notre monostable et un circuit intégré SN 74121. On règle la durée de l'impulsion à 40 s.

La minuterie est réalisée par l'intermédiaire d'un circuit intégré U A 555.

L'oscillation qu'elle délivre est réglée à 5s ainsi pendant les 40s de son fonctionnement, elle délivre 8 impulsions de durée 5s.

## II-3 Le commutateur électronique.

Le commutateur comprend un compteur binaire SN 94 L 93 un décodeur à 4 bits MC 140 28 B et un multiplieur MC 14016.

### a) le compteur:

Les compteurs sont des dispositifs capables de compter les impulsions qui leur sont appliquées à l'entrée.

Il existe plusieurs types de compteurs qui diffèrent les uns des autres par:

- Les structures internes
- Les modes de fonctionnement synchrone ou asynchrone
- Les codes utilisés: binaire pur, binaire code decima, code

ou GRAY. Dans le cadre de notre travail nous avons utilisé un compteur binaire.

Le compteur binaire le plus simple est formé de bascules bistables dont la position représente en binaire le nombre d'impulsions appliquées à l'entrée.

### b) Les décodeurs:

Un décodeur est un circuit combinatoire à l'entrée duquel on applique un code binaire de n bits. Deux variantes de circuit se présentent:

- Le décodeur à n bits ou sélecteur de sortie.
- Le transducteur ou convertisseur de code.

Notre application nécessite l'utilisation d'un décodeur n bits ou sélecteur de sortie.

- Le décodeur n bits.

avec n bits on peut avoir  $2^n$  combinaisons et donc désigner  $2^n$  directions. Dans ce cas décodé une information de bits consiste à restituer à partir de ces n bits une information discrète on pourra par exemple sélectionner un chiffre, une lettre, un symbole etc parmi  $2^n$ .

.../...

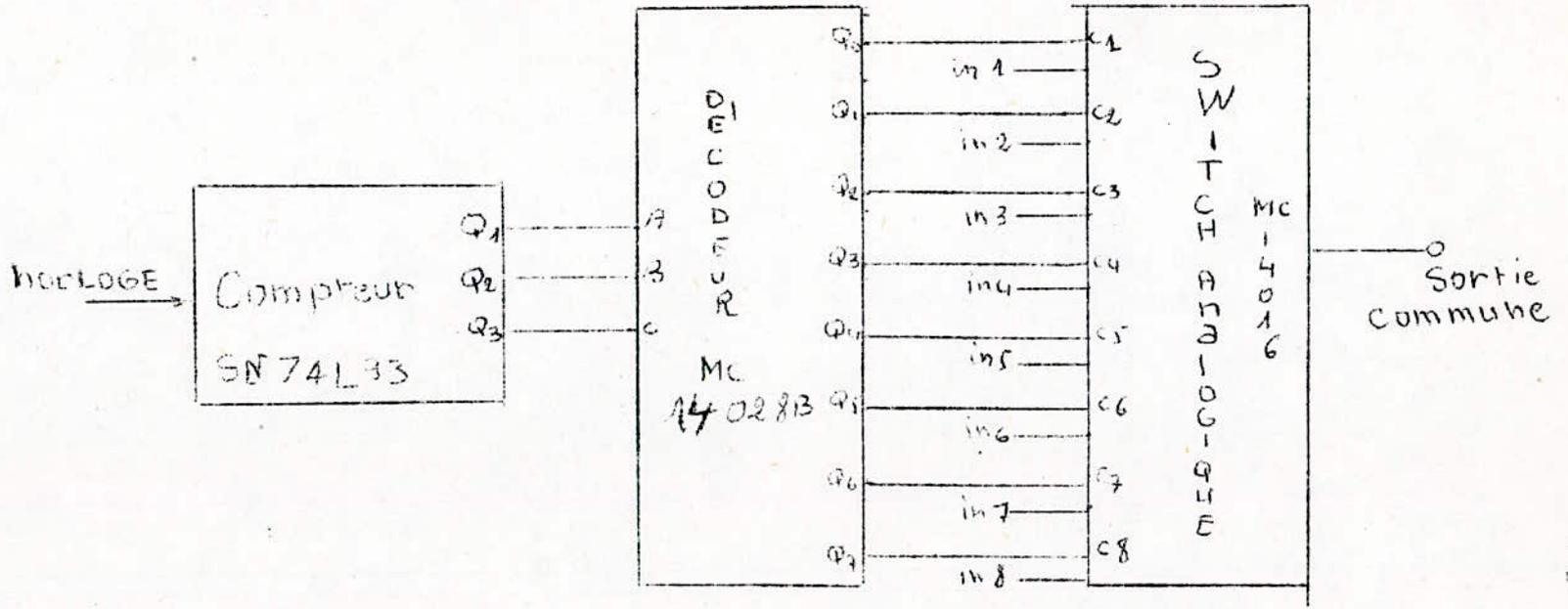
### C- Multipl~~is~~eur.

Un multiplisseur est un dispositif muni de N entrées et d'une seule sortie. Sous l'effet d'une **commande** envoyée sous forme d'adresse codée de n bits, il est possible de transmettre en sortie le signal présente à l'une des entrées.

Les grandeurs n et N sont reliées par la relation  $N=2^n$ .

### d- Principe de fonctionnement.

Le compteur binaire compte les impulsions écrivant de la minuterie. A chaque état du compteur correspond une sortie du décodeur. Cette sortie va commander l'entrée contrôle des **SWITCHS** analogiques, ce qui lui permet de transmettre à sa sortie le signal présent à l'une de ses entrées.



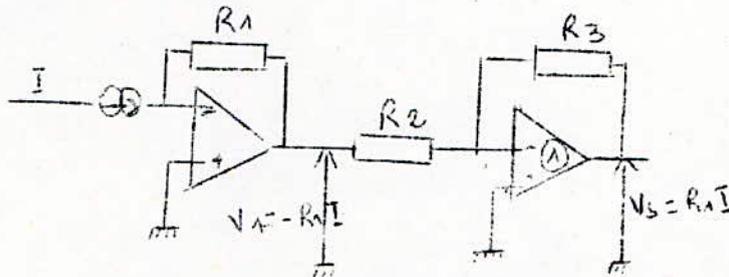
Schema SYNOPTIQUE du COMMUTATEUR ELECTRONIQUE

## CHAPITRE 5

### Présentation des mesures

On fait d'abord une conversion courant tension puis tension fréquence et on enregistre le signal à la sortie du convertisseur tension fréquence sur une bande cassette.

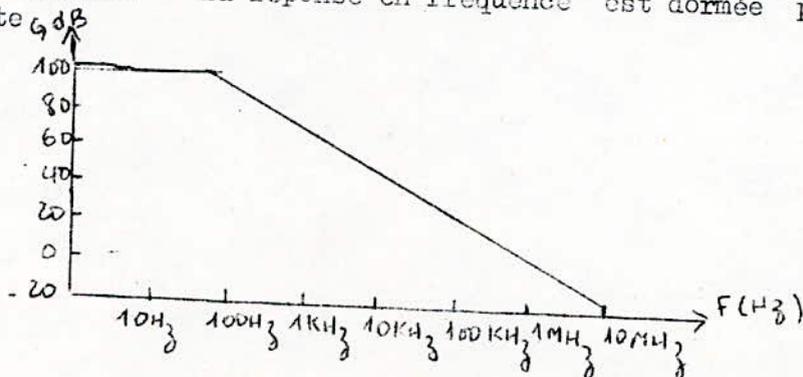
#### 5-1 Convertisseur courant tension



Le courant  $I$  fourni par la source circule dans la résistance  $R_1$  puisqu'il ne peut entrer dans l'amplificateur l'entrée inverseuse se trouvant au potentiel de la masse on dispose à la sortie du premier amplificateur d'une tension  $V_1$  proportionnelle à  $I$  mais négative  $V_1 = -R_1 I$  on inverse cette tension à l'aide d'un deuxième amplificateur inverseur de gain égal à un pour cela  $R_3$  doit être égal à  $R_2$  on aura à la sortie une tension  $V_2$  positive égale à  $R_1 I$  qui va attaquer notre convertisseur tension fréquence les amplificateurs opérationnels utilisés sont des V A 741 voici leurs caractéristiques.

$A_o$	Gain en boucle ouverte	100 db
$Z$	impédance d'entrée	1 M $\Omega$
$Z_s$	impédance de sortie	150 $\Omega$
$I_B$	Courant de polarisation d'entrée	20 nA
$V_O$	Tension d'alimentation maximale	$\pm 18$ v
$V_s \text{ max}$	Tension de sortie maximale	$\pm 14$ v
$V_i \text{ (max)}$	Tension d'entrée maximale	$\pm 13$ v
C.M.V.R.	Rapport de rejection en mode commun	90 db
$V_{ic}$	Tension d'offset à l'entrée	2 mV
$F_t$	Fréquence de transition	1 MHz

L'amplificateur V A 741 est protégé contre le verrouillage à l'entrée (blocage du circuit d'entrée) et contre les courts circuits il est compensé en fréquence ce qui évite l'instabilité en régime linéaire la réponse en fréquence est donnée par la figure suivante



L'appareil peut être équipé d'un potentiomètre de 10K alimenté par la borne négative afin d'appliquer une tension d'offset extérieur.



## 5-2 Convertisseur tension fréquence.

- a) schéma simple: voir figure  
- principe de fonctionnement

Les jonctions base-emetteur des transistors constituent en fait des diodes Zener de 8v de tension de référence.

T1 agit en commutateur d'entrée.

Supposons que la tension de sortie du comparateur soit à sa valeur maximale négative, un courant circule dans  $R_3$  de telle façon que la jonction base emetteur de T2 se trouve polarisée en direct et conductrice, en revanche la jonction base emetteur de T1 est polarisée en inverse, une tension de 9v apparait sur la branche non inverseuse du comparateur.

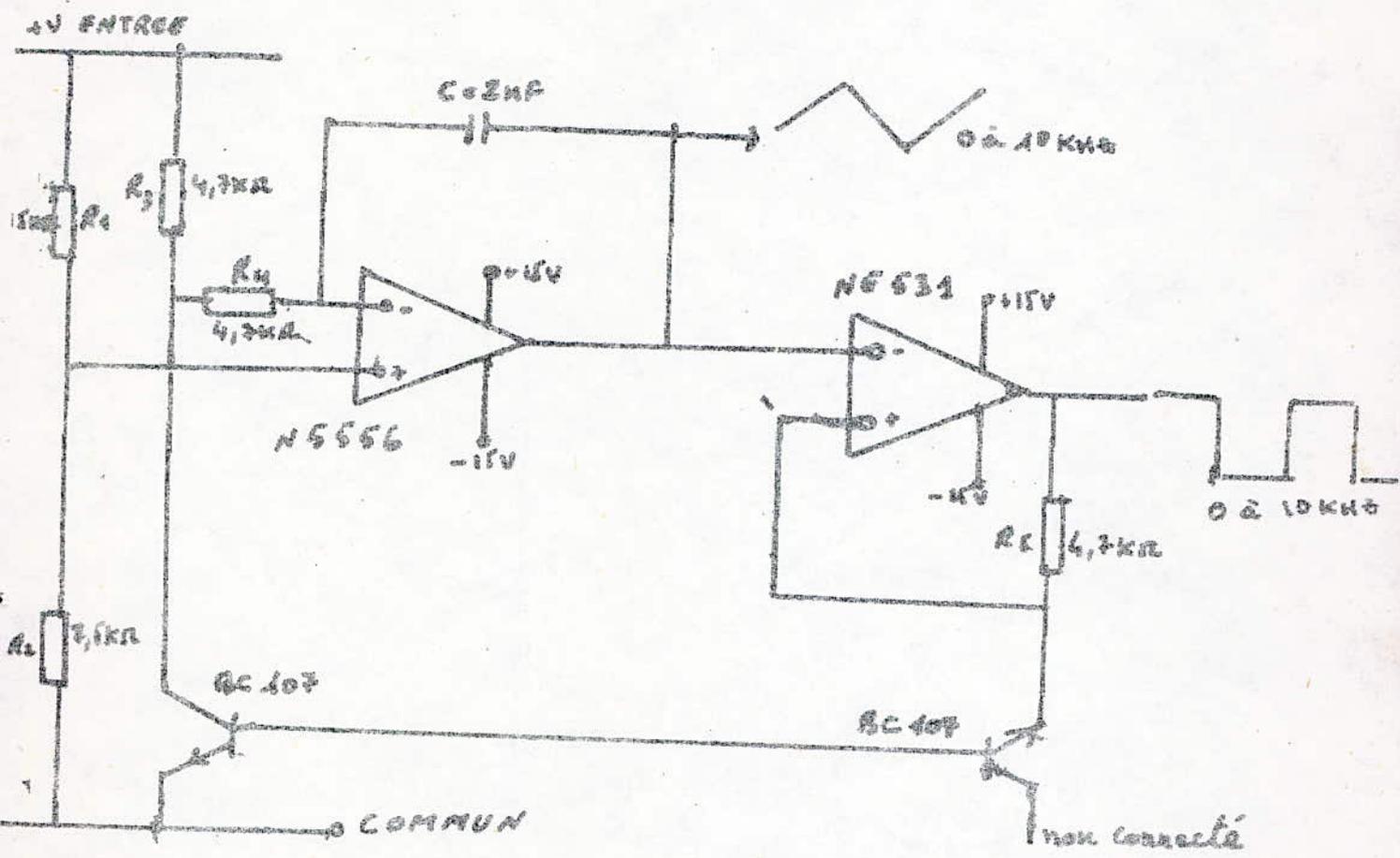
Pour une certaine valeur de la tension  $V$  d'entrée la sortie non inverseuse du comparateur présente une tension  $U = V \left( \frac{R_2}{R_1} + R_2 \right)$

Cette valeur représente également la tension sur la sortie inverseuse à cause de la réaction négative présente dans le circuit de l'intégrateur. Dès le moment où cette tension atteint la tension maximale  $V$  (à travers les résistances  $R_3$  et  $R_4$ ), l'intégrateur délivre une rampe de tension variable de polarité négative. Lorsque la tension de sortie de l'intégrateur atteint  $-9V$ , le signal issu du comparateur change de polarité et acquiert une valeur positive. La jonction base emetteur de T2 est alors polarisée en inverse, tandis que celle de T1 est polarisée en sens direct. une tension de  $-9V$  apparait à la borne non inverseuse du comparateur. A ce moment T1 devient conducteur et relie à la ligne commune  $R_3-R_4$  la tension aux bornes de  $R_4$  change de polarité, l'intégrateur fournit maintenant une rampe de tension positive et ce jusqu'à ce que le comparateur change d'état de nouveau. Ainsi les sorties de l'intégrateur et du comparateur délivrent des signaux respectivement rectangulaires et carrés la fréquence de fonctionnement proportionnelle au courant traversant  $R_4$  dépend de la tension d'entrée  $V$ .

Pour une forme d'onde bien symétrique, l'on doit respecter la relation suivante.

$$\frac{R_1}{R_2} = 1 + \frac{R_3}{R_4}$$

.../...



CONVERTISSEUR TENSION . FREQUENCE

Le montage peut fonctionner avec une linéarité proche de 1% dans une étendue de fréquence de 0 à 10 KHZ : correspondant à des tensions d'entrée échelonnées entre 0 et 10 v A des fréquences supérieures à 10 K H Z, le temps nécessaire aux changements d'états du comparateur et du commutateur à transistors introduit une erreur croissante.

Par exemple le retard de commutateur est de 500 ns à 10 KHZ.

b- Schéma plus amélioré:

-- Principe de fonctionnement (voir figure).

Le convertisseur tension fréquence amélioré présente un réseau R<sub>c</sub> de déphasage (avance) agissant entre la sortie de l'intégrateur et l'entrée du comparateur il permet de corriger le retard de commutation.

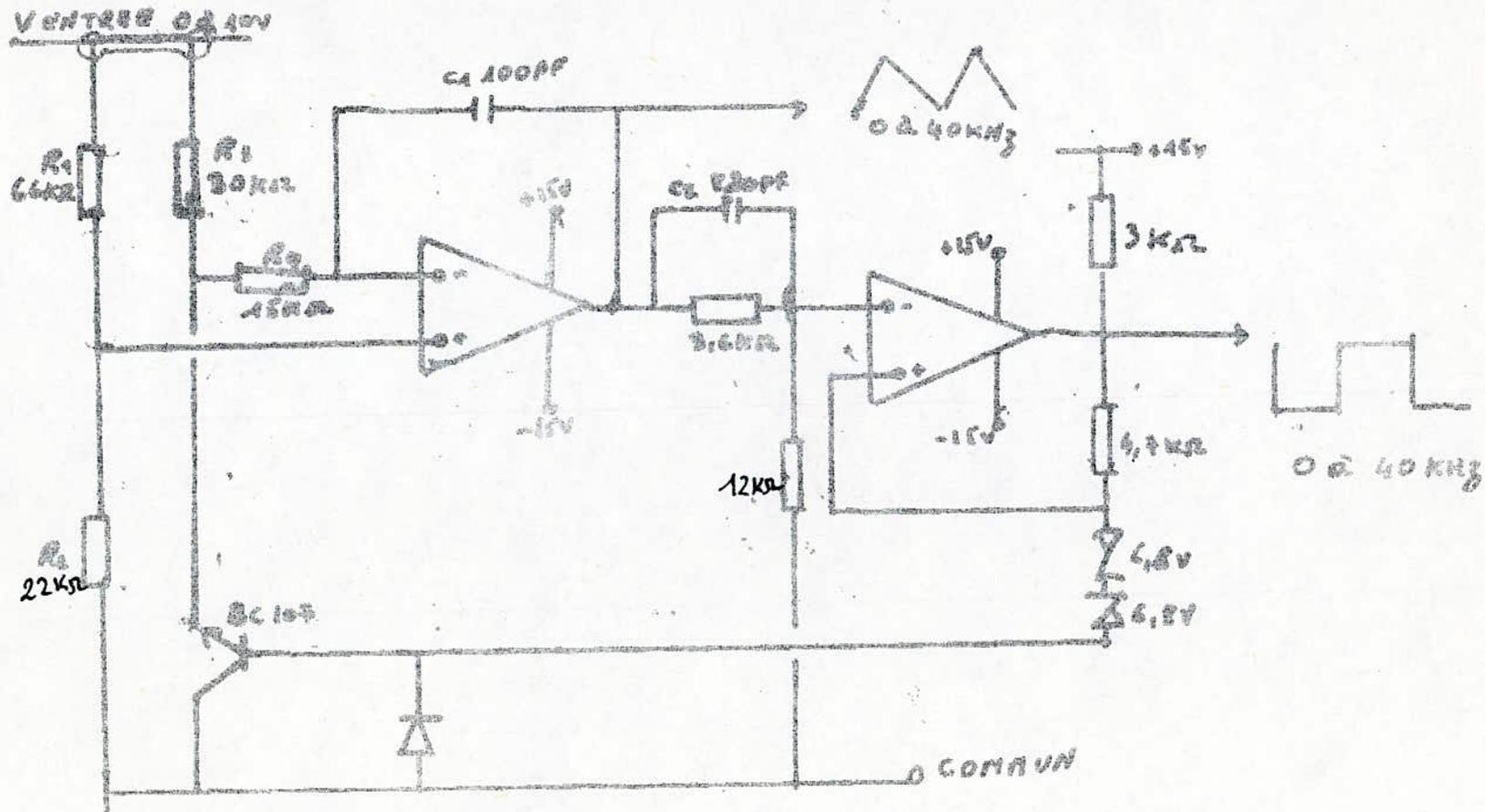
Un commutateur à transistor modifié de façon à minimiser l'erreur en tension émetteur collecteur lors de la conduction. Aux fréquences peu élevées c'est à dire à des tension d'entrée de faible valeur, l'influence de la capacité C<sub>2</sub> est faible si bien que le circuit de déphasage se comporte comme un diviseur de tension.

A mesure qu'augmente la tension d'entrée et la fréquence l'impédance de C<sub>c</sub> diminue ce qui autorise un transfert d'une fraction de plus en plus grande de la tension de sortie de l'intégrateur vers le comparateur. Ce dernier fonctionne de plus en plus rapidement ce qui neutralise le coefficient de retard du circuit.

c- Observations : pour chacun des deux montages, la source de tension d'entrée doit avoir une impédance relativement basse sur toute la gamme de fréquence.

Des conformateurs à diodes ou a transistors peuvent être utilisés pour **CONVERTIR** les signaux triangulaires en signaux sinusoïdaux

Le rapport R<sub>1</sub>/R<sub>2</sub> peut varier de façon à obtenir une tension rectangulaire d'asymétrie plus ou moins prononcée.



CONVERTISSEUR TENSION FREQUENCE  
 ALLANT JUSQU'A 40 KHz

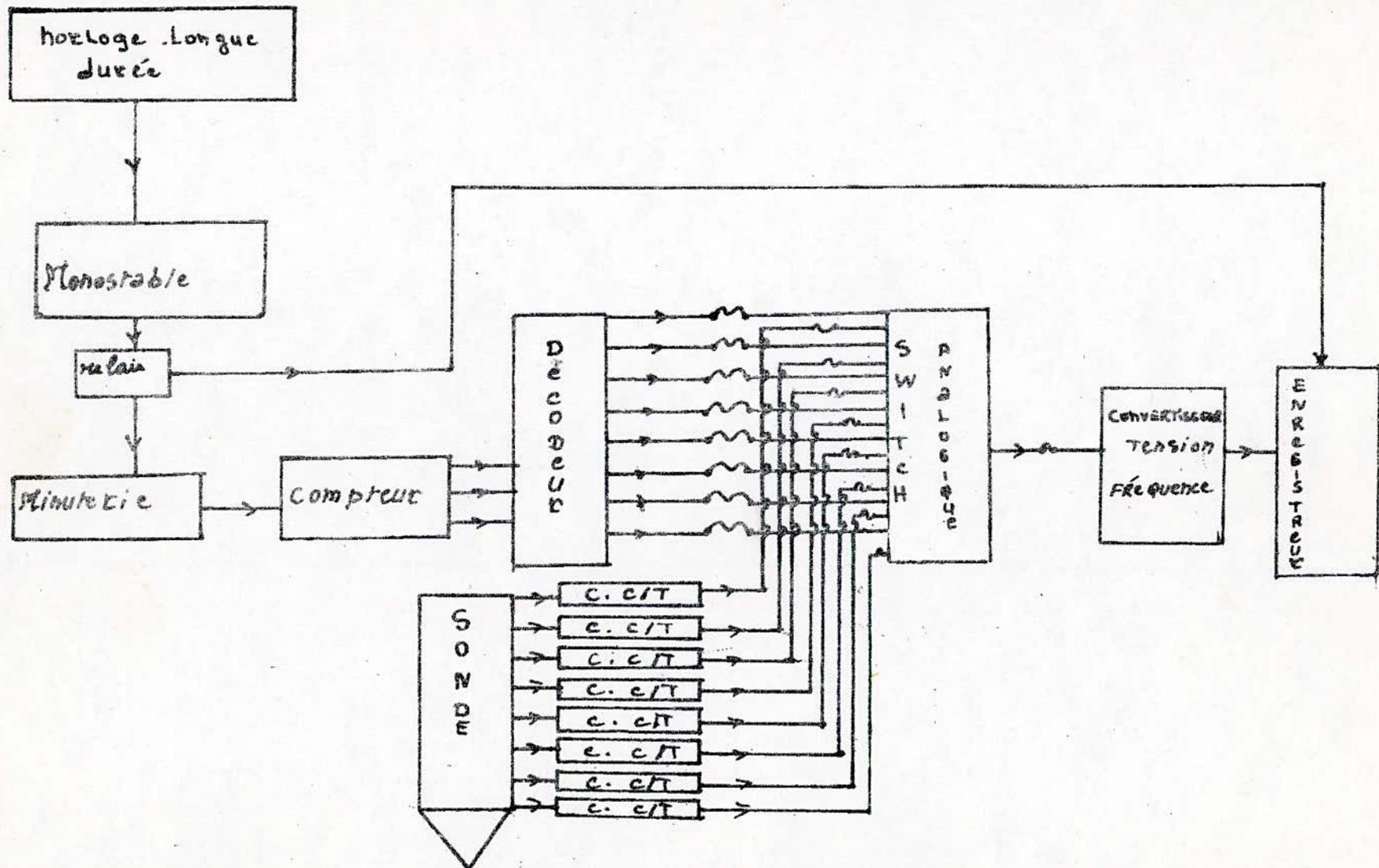
### 5-3 Enregistrement et lecture

L'enregistrement se fait à l'aide d'un magnétophone cassette.

Le signal issu du convertisseur tension fréquence est injecté directement à l'entrée enregistreuse du magnétophone.

L'impulsion délivrée par le monostable actionne un relai qui permet l'ouverture et la fermeture de l'alimentation du magnétophone cassette.

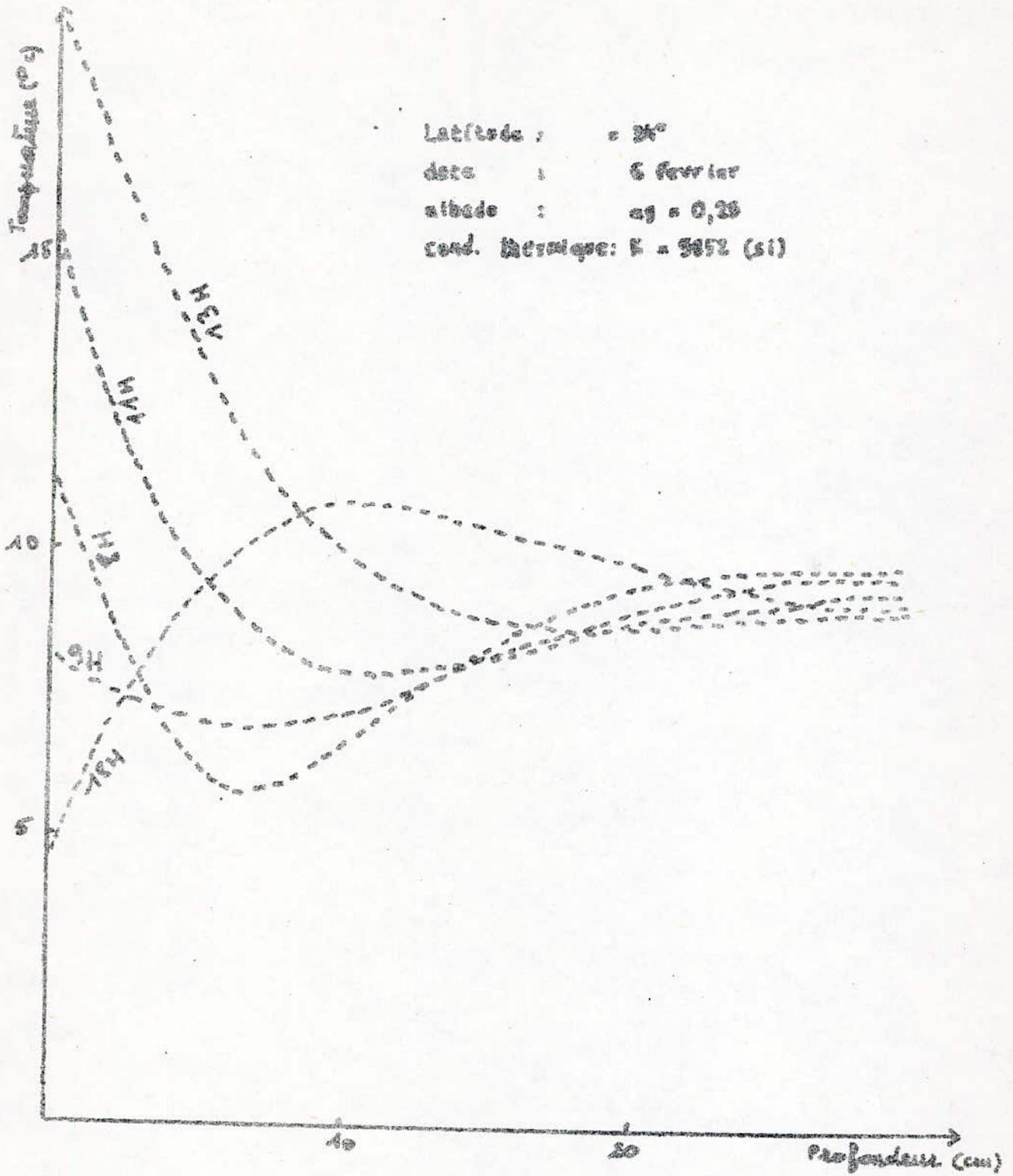
Sa mise en marche est assurée pendant toute la durée de l'impulsion ce qui permet l'enregistrement. La lecture des impulsions enregistrées se fait à l'aide d'un oscilloscope ou d'un fréquence-mètre. Ces derniers sont reliés directement à la sortie du magnétophone.



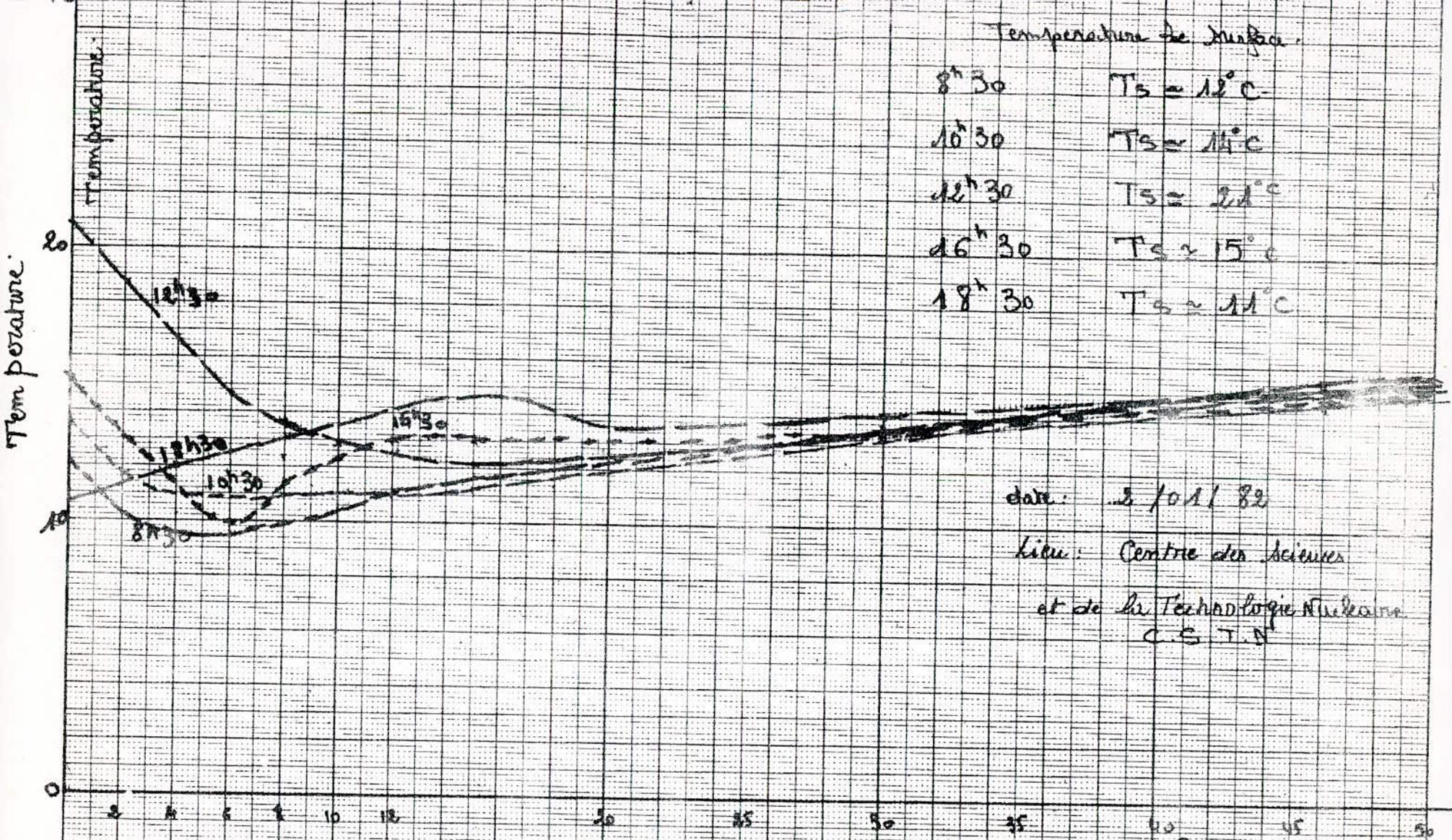
Schema synoptique du fonctionnement général

CHAPITRE VI

RESULTATS EXPERIMENTAUX

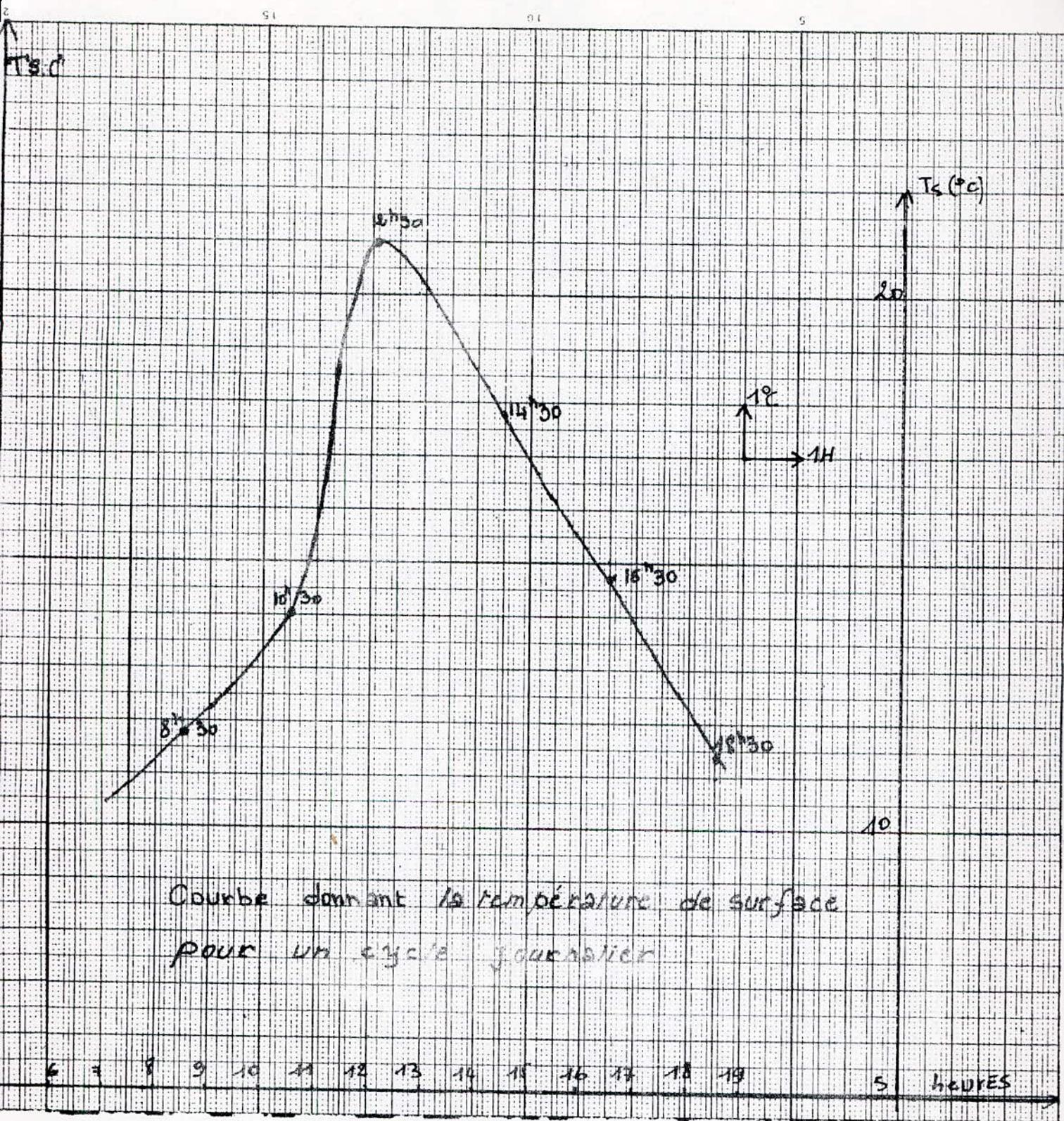


Etude de la température dans le sol pour un cycle journalier  
 Courbes théoriques

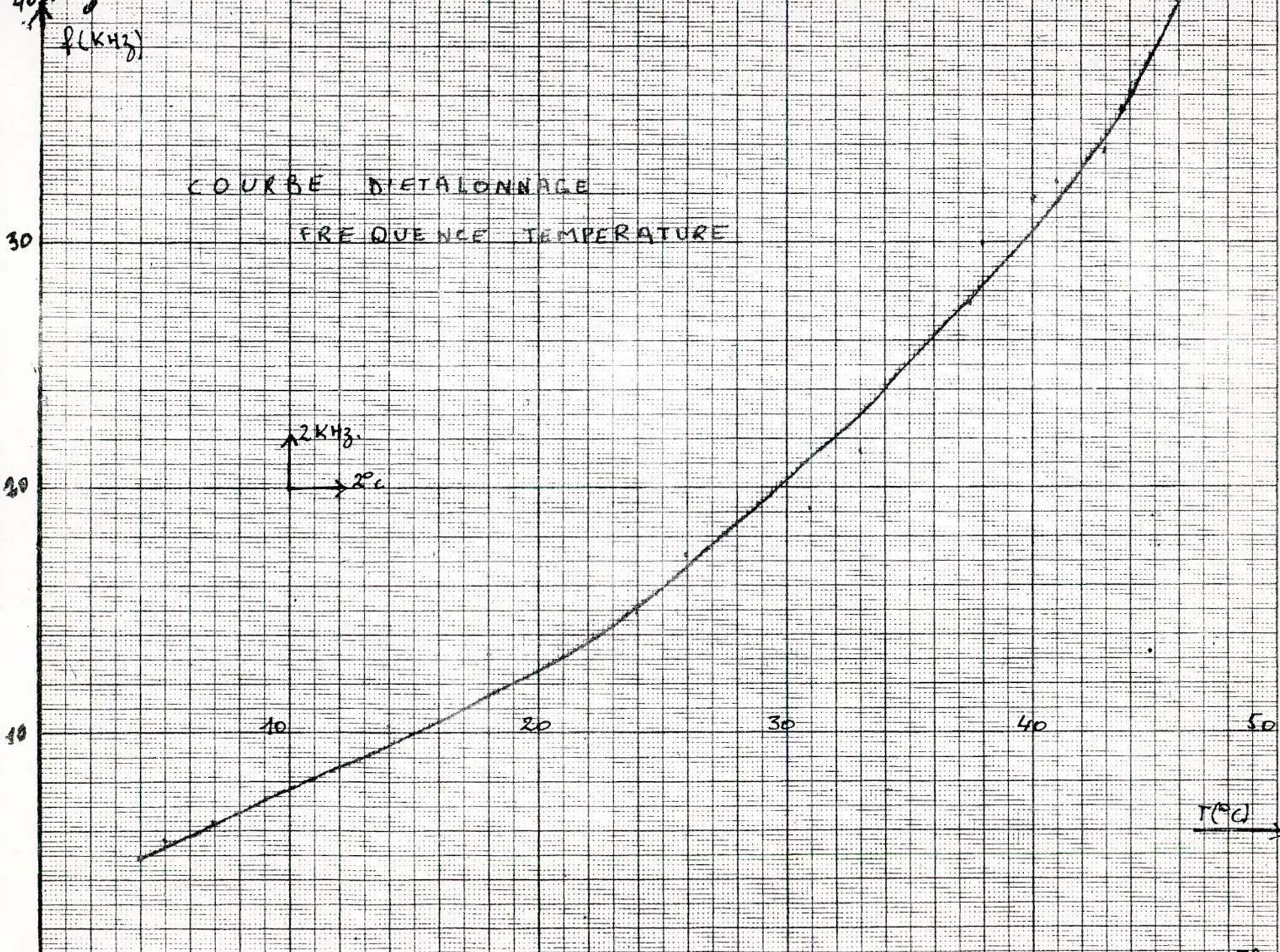


COURBES EXPERIMENTALES

Etude de la température dans le sol pour un cycle journalier



Courbe donnant la température de surface  
 pour un cycle journalier



## INTERPRETATION :

La valeur de la fréquence lue sur un oscilloscope ou un fréquencesmètre trouvera son équivalence en température grâce à la courbe d'étalonnage expérimentale suivante  $T = f (F)$  qui traduit la correspondance entre la fréquence enregistrée et la température donnée par les différentes thermistances.

Les courbes expérimentales traduisant la variation de la température en fonction des profondeurs concordent bien avec celles données par la théorie.

De même la courbe donnant la variation de la température de surface du sol en fonction du temps  $T = f (t)$  nous permet d'affirmer que cette température augmente avec l'intensité solaires.

## CONCLUSION :

Le sujet de notre thèse consistait à étudier et réaliser une chaîne de mesure de la température du sol utilisée en télédétection. Notre but a été atteint car nous avons mesuré la température dans le sol et à sa surface pour un cycle journalier. Le sol transmet la chaleur selon un mode propre ce qui nous permet alors de le caractériser. Lors de la réalisation de notre travail certains problèmes ont été rencontrés.

Le choix des composants utilisés était très restreint, notamment celui du multiplexeur. Nous avons été contraints d'utiliser un décodeur et des switches à la place d'un multiplexeur qui assure la même fonction. Nous avons utilisé des moyens empirique lors de l'étalonnage résistance - température et fréquence température, car nous ne disposions pas d'une source variable en température néanmoins aux erreurs d'expériences près nous avons pu obtenir des courbes conformes aux résultats attendus.

En dernier lieu nous proposons à ce que l'enregistrement se fasse à l'aide de Mémoires RAM car elles présentent l'avantage de lire simultanément les différentes valeurs de température du sol délivrées par les thermistances.

Nous souhaitons que ce modeste travail puisse contribuer à la résolution de certains problèmes rencontrés en télédétection.

# SN54LS90/SN74LS90 • SN54LS92/SN74LS92

## DECADE COUNTER      DIVIDE-BY-TWELVE COUNTER

# SN54LS93/SN74LS93

## 4-BIT BINARY COUNTER

**DESCRIPTION** - The SN54LS90/SN74LS90, SN54LS92/SN74LS92 and SN54LS93/SN74LS93 are high-speed 4-bit ripple type counters partitioned into two sections. Each counter has a divide-by-two section and either a divide-by-five (LS90), divide-by-six (LS92) or divide-by-eight (LS93) section which are triggered by a HIGH-to-LOW transition on the clock inputs. Each section can be used separately or tied together (Q to  $\overline{CP}$ ) to form BCD, bi-quinary, modulo-12, or modulo-18 counters. All of the counters have a 2-input gated Master Reset (Clear), and the LS90 also has a 2-input gated Master Set (Preset 9).

- LOW POWER CONSUMPTION . . . TYPICALLY 45 mW
- HIGH COUNT RATES . . . TYPICALLY 50 MHz
- CHOICE OF COUNTING MODES . . . BCD, BI-QUINARY, DIVIDE-BY-TWELVE, BINARY
- INPUT CLAMP DIODES LIMIT HIGH SPEED TERMINATION EFFECTS
- FULLY TTL AND CMOS COMPATIBLE

### PIN NAMES

$\overline{CP}_0$	Clock (Active LOW going edge) Input to #2 Section
$\overline{CP}_1$	Clock (Active LOW going edge) Input to #5 Section (LS90), #6 Section (LS92)
$\overline{CP}_1$	Clock (Active LOW going edge) Input to #8 Section (LS93)
MR <sub>1</sub> , MR <sub>2</sub>	Master Reset (Clear) Inputs
MS <sub>1</sub> , MS <sub>2</sub>	Master Set (Preset-9, LS90) Inputs
Q <sub>0</sub>	Output from #2 Section (Notes b, & c)
Q <sub>1</sub> , Q <sub>2</sub> , Q <sub>3</sub>	Outputs from #5 (LS90), #6 (LS92) #8 (LS93) Sections (Note b)

### LOADING (Note a)

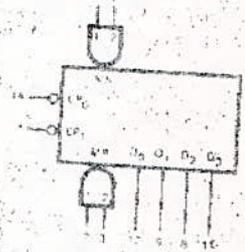
	HIGH	LOW
$\overline{CP}_0$	3.0 U.L.	1.5 U.L.
$\overline{CP}_1$	2.0 U.L.	2.0 U.L.
MR <sub>1</sub> , MR <sub>2</sub>	1.0 U.L.	1.0 U.L.
MS <sub>1</sub> , MS <sub>2</sub>	0.5 U.L.	0.25 U.L.
Q <sub>0</sub>	0.5 U.L.	0.25 U.L.
Q <sub>1</sub> , Q <sub>2</sub> , Q <sub>3</sub>	10 U.L.	5(2.5) U.L.
	10 U.L.	5(2.5) U.L.

### NOTES:

- TTL Unit Load (U.L.) = 40 mA HIGH/1.6 mA LOW
- The Output LOW drive factor is 2.5 U.L. for Military (54) and 5 U.L. for Commercial (74) Temperature Ranges.
- The Q<sub>0</sub> Outputs are guaranteed to drive the full fan-out plus the  $\overline{CP}_1$  input of the device.

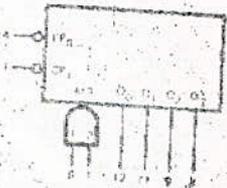
### LOGIC SYMBOL

LS90



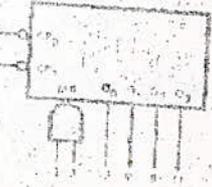
V<sub>CC</sub> = Pin 5  
GND = Pin 10  
NC = Pins 4, 13

LS92



V<sub>CC</sub> = Pin 5  
GND = Pin 10  
NC = Pins 2, 3, 4, 13

LS93

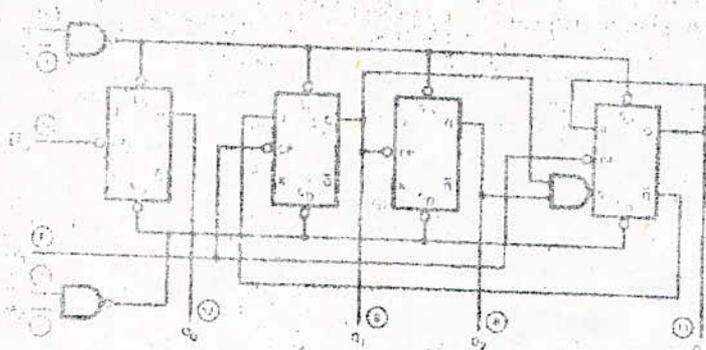


V<sub>CC</sub> = Pin 5  
GND = Pin 10  
NC = Pins 4, 6, 7, 13

LS90 • LS92 • LS93

LOGIC DIAGRAM

LS90



○ = Pin Numbers  
V<sub>CC</sub> = Pin 5  
GND = Pin 10

CONNECTION DIAGRAM  
DIP (TOP VIEW)

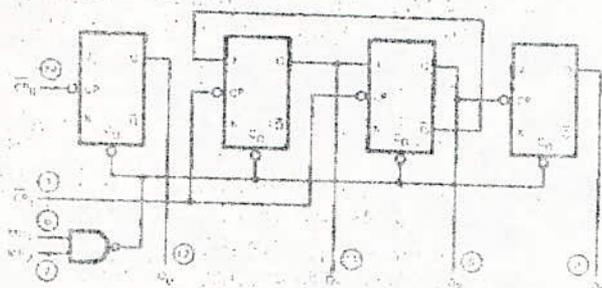


NC = No Internal Connection

NOTE:  
The Flatpak version has the same pinouts (Connection Diagram) as the Dual In-Line Package.

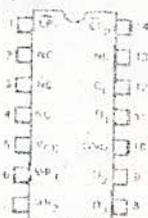
LOGIC DIAGRAM

LS92



○ = Pin Numbers  
V<sub>CC</sub> = Pin 5  
GND = Pin 10

CONNECTION DIAGRAM  
DIP (TOP VIEW)

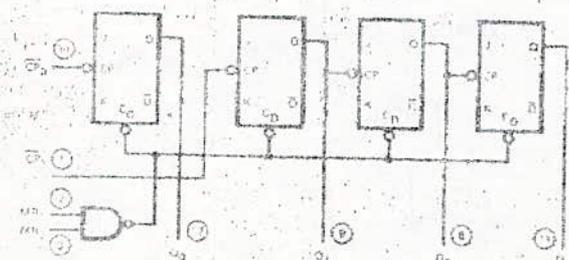


NC = No Internal Connection

NOTE:  
The Flatpak version has the same pinouts (Connection Diagram) as the Dual In-Line Package.

LOGIC DIAGRAM

LS93



○ = Pin Numbers  
V<sub>CC</sub> = Pin 5  
GND = Pin 10

CONNECTION DIAGRAM  
DIP (TOP VIEW)



NC = No Internal Connection

NOTE:  
The Flatpak version has the same pinouts (Connection Diagram) as the Dual In-Line Package.



**MOTOROLA**  
Semiconductors

BOX 20912 • PHOENIX, ARIZONA 85036

**MC14028B**

**BCD-TO-DECIMAL DECODER  
BINARY-TO-OCTAL DECODER**

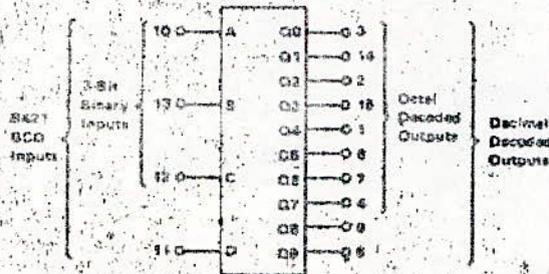
The MC14028B decoder is constructed so that an 8421 BCD code on the four inputs provides a decimal (one-of-ten) decoded output, while a 3-bit binary input provides a decoded octal (one-of-eight) code output with D forced to a logic "0". Expanded decoding such as binary-to-hexadecimal (one-of-16), etc., can be achieved by using other MC14028B devices. The part is useful for code conversion, address decoding, memory selection control, demultiplexing, or read-out decoding.

- Diode Protection on All Inputs
- Noise Immunity = 45% of  $V_{DD}$  typical
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Capable of Driving Two Low-power TTL Loads, One Low-power Schottky TTL Load or Two HTL Loads Over the Rated Temperature Range
- Positive Logic Design
- Quiescent Current 5.0 nA/package typical @ 5 Vdc
- Low Outputs on All Illegal Input Combinations
- Pin-for-Pin Replacement for CD4028

**MAXIMUM RATINGS (Voltages referenced to  $V_{SS}$ )**

Rating	Symbol	Value	Unit
DC Supply Voltage	$V_{DD}$	-0.5 to +18	Vdc
Input Voltage, All Inputs	$V_{IK}$	-0.5 to $V_{DD} + 0.5$	Vdc
DC Current Drain per Pin	I	10	mAdc
Operating Temperature Range - AI Device	$T_A$	-55 to +125	°C
Operating Temperature Range - CL/CP Device		-40 to +85	°C
Storage Temperature Range	$T_{stg}$	-85 to +150	°C

**BLOCK DIAGRAM**

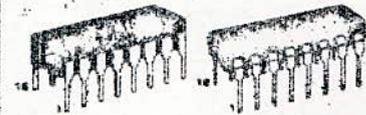


$V_{DD}$  = Pin 16  
 $V_{SS}$  = Pin 8

**CMOS MSI**

(LOW-POWER COMPLEMENTARY MOS)

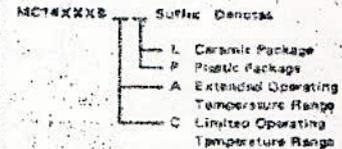
**BCD-TO-DECIMAL DECODER  
BINARY-TO-OCTAL DECODER**



**L SUFFIX**  
CERAMIC PACKAGE  
CASE 920

**P SUFFIX**  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 648

**ORDERING INFORMATION**



**TRUTH TABLE**

INPUT				OUTPUT									
C	B	A	D	Q0	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



MC14015B

**QUAD ANALOG SWITCH/QUAD MULTIPLEXER**

The MC14015B quad bilateral switch is constructed with MOS FET channel and Bi-channel enhancement mode devices in a single monolithic structure. Each MC14015B consists of four independent switches capable of controlling either digital or analog signals. The quad bilateral switch is used in signal gating, choppers, modulators, demodulators and CMOS logic implementation.

- High On/Off Output Voltage Ratio - 55 dB Typical
- Quiescent Current = 0.5 nA/package typical @ 5 Vdc
- Low Crosstalk Between Switches - 80 dB typical @ 1.0 MHz
- Diode Protection on All Inputs
- Supply Voltage Range - 3.0 Vdc to 10 Vdc
- Transmits Frequencies Up to 54 MHz @ 5 Vdc
- Unloaded Transfer Characteristics
- Low Noise -  $12nV/\sqrt{\text{Cycle}}$ ,  $f > 1 \text{ kHz}$  typical
- Pin for Pin Replacement for CM4015B, CD4056B

**CMOS SSI**

LOW POWER COMPLEMENTARY MOS

**QUAD ANALOG SWITCH  
QUAD MULTIPLEXER**



E SUFFIX CERAMIC PACKAGE CASE 902  
P SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 946

**ORDERING INFORMATION**

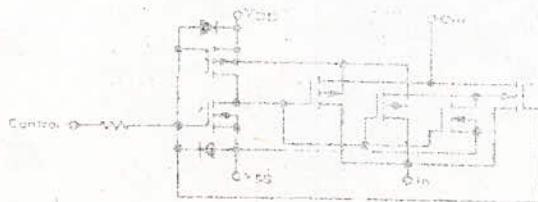


**MAXIMUM RATINGS** (Voltages referenced to  $V_{SS}$ )

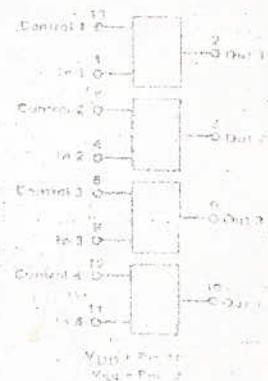
Rating	Symbol	Value	Unit
DC Supply Voltage	$V_{DD}$	-0.5 to +10	Vdc
Input Voltage on All Inputs	$V_{IN}$	-0.5 to $V_{DD} + 0.5$	Vdc
Threshold Voltage	$V_T$	0	Volts
Operating Temperature Range - AL Device CLICP Device	$T_A$	-55 to +125 -40 to 185	$^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature Range	$T_{STG}$	-65 to +150	$^{\circ}\text{C}$

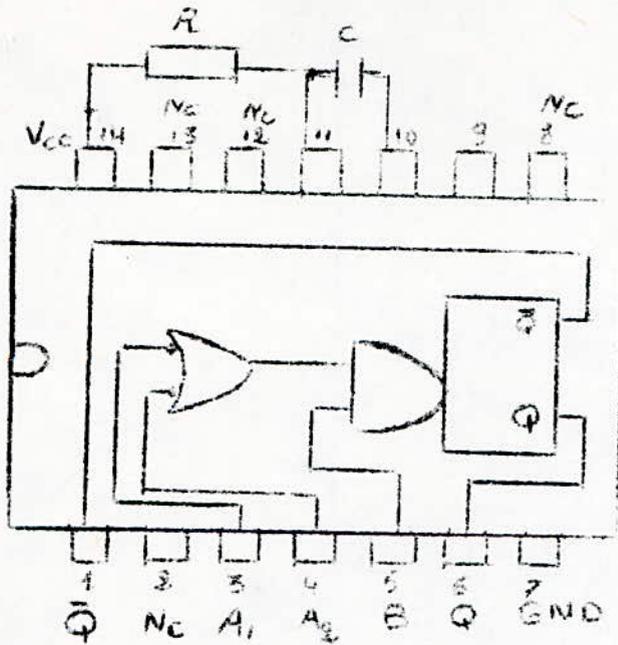
This device contains circuitry to protect the internal circuitry against damage due to high static voltages on input leads; however, it is advised that normal precautions be taken to avoid application of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. A destructive high-current mode may occur if  $V_{IN}$  and  $V_{DD}$  are not constrained to the range  $V_{DD} - 0.5 \text{ Vdc}$  to  $V_{DD} + 0.5 \text{ Vdc}$ .

**CIRCUIT SCHEMATIC  
(1/4 OF DEVICE SHOWN)**



**BLOCK DIAGRAM**





SN74121 monostable

ENTRÉES			SORTIES	
A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B	Q	Q̄
0	x	1	0	1
x	0	1	0	1
x	x	0	0	1
1	1	x	0	1
1	↓	1	⌋	⌋
↓	1	1	⌋	⌋
↓	↓	1	⌋	⌋
0	x	↑	⌋	⌋
x	0	↑	⌋	⌋

Table de vérité  
du monostable SN74121

## BIBLIOGRAPHIE

DEMAYE

L'amplificateur operationnel

B. LORIFERNE

La conversion analogique - numerique

A.T.P. HYDROLOGIE

Influence des gradients thermiques sur

les transfert d'humidite dans la zone non saturée(rapport final)

Technique de l'Ingenieur

Electronique : notion sur les thermistances