

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
«O»

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER
«O»

DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE
«O»

PROJET DE FIN D'ETUDES
«O»

en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

THEME

*Etude et réalisation d'interfaces pour
capteurs météorologiques*

Proposé par :

Mr B. HADJ - AISSA

Suivi par :

Mr B. HADJ - AISSA

Etudié par :

Melle Yasmina KERBOUA

Melle Houria HAMOUCHE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
«O»

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
«O»

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER
«O»

DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE
«O»

PROJET DE FIN D'ETUDES
«O»

en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

THEME

*Etude et réalisation d'interfaces pour
capteurs météorologiques*

Proposé par :

Mr B. HADJ - AISSA

Suivi par :

Mr B. HADJ - AISSA

Etudié par :

Melle Yasmina KERBOUA

Melle Houria HAMOUCHE

Promotion Janvier 1985

- 17) E D I C A C E S -

A mes parents pour tout ce qu'ils m'ont donné.

A mon oncle Omar

A mes frères et Soeurs

A Chafia

A Tous ceux qui me sont chers

Yasmina.

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment

Houria.

R E M E R C I E M E N T S

Au terme de notre travail, nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance à Mr. A.ABDELLAOUI, Directeur du C.D.T.A pour nous avoir si aimablement accueillies dans son centre.

MM.B.HADJ-AISSA et N.KANDI pour nous avoir proposé le sujet pour l'aide morale et matérielle qu'ils n'ont pas cessé de nous prodiguer durant notre travail.

Nous remercions également tout le personnel du laboratoire E.S.R. Melle BENKACI, Mr.ZOUAQUI et Mr.MAUCHE, Mr HALIMI.

Nous n'oublions pas de témoigner notre profonde gratitude à Messieurs ZIARI Habib et Kamel pour l'aide précieuse qu'ils nous ont apporté.

Que Mademoiselle BOUSLAMA trouve ici l'expression de nos sincères remerciements pour nous avoir aidé à la mise au point de ce polycopie.

-17- O M M A I R E _

Presentation du laboratoire d'études
Spatiales et de rayonnement du C.E.N.

INTRODUCTION

Presentation de la Station météorologique

Chapitre 1. Capteur de vitesse du vent...1

1

I. Généralites

II. Mesure de la vitesse du vent

III. Instruments de mesure de la
vitesse du vent

2

IV. Adaptation du transmetteur de vitesse
du vent

5

-Rappel sur la génératrice à courant
continu

6

-Principe de fonctionnement

V. Realisation de l'interface capteur
de vent centrale d'acquisition

7

1-Cahier de charge

2-Etalonnage du capteur

VI. Schéma de principe de la chaine de
mesure

8

CHAPITRE 2: Capteur de rayonnement

14

I. Généralités

II. Repartition spectrale du rayonnement
solaireIII. Classification des instruments
de mesure du rayonnement

15

IV. Présentation des capteurs utilisés
par la station météorologique du C.E.N.

-Thermocouples

17

-Mesures

18

V. Capteur de mesure du bilan de
radiation

19

VI. Réalisation de l'interface capteur de
rayonnement centrale d'acquisition

-Principe du pont de wheastone

20

-Etalonnage.

CHAPITRE 3. CAPTEUR DE PRESSION

25

- I. Généralités
- II. Mesure de la pression
 - Baromètre anéroïde 26
 - Barographe
 - Capteur de pression au si
 - Capteur de pression pour l'industrie aéronautique 27
- III. Présentation du capteur utilisé par la station météorologique
- IV. Principe de mesure 28
- V. Valeurs de résistances du télétransmetteurs
- VI. Carte d'interface du capteur de pression 30
 - Caractéristiques
 - Réalisation de l'adaptateur

CHAPITRE 4. CAPTEUR D'HUMIDITE

33

- I. Généralités
- II. Définitions et unités
- III. Instruments de mesure de l'humidité 37
- IV. Présentation du capteur utilisé par la Station météorologique 35
 - Valeurs de base du télétransmetteur à résistance 37
- V. Carte interface du capteur d'humidité 42

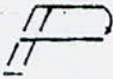
CHAPITRE 5. CAPTEUR DE TEMPERATURE

43

- I. Généralités
 - Classement des sondes 45
 - Principe des sondes à thermistances 42
 - Thermistances interchangeables 47
 - Thermistances linéaires
 - Caractéristiques résistances températures 49
 - Précautions d'emploi des thermistances 50
 - Capteur de température à semi-conducteur 57
 - Capteur à circuit intégré 58
 - Capteur de température à quartz 54
 - Pyromètre
- II. Présentation du capteur utilisé par la Station météorologique. 55

L'imagerie satellite est utilisée pour l'étude et l'exploitation des ressources terrestres (Etude de sites, inventaires forestiers, inventaires agricoles, étude des zones semi-arides et étude de sites archéologiques). Le dépouillement et l'exploitation des données satellites nécessitent tout un traitement informatique. Pour manipuler cette masse importante d'informations des connaissances à priori du terrain (vérités terrain sont nécessaires). Pour cela la réalisation d'une station d'acquisition météorologique s'avère indispensable pour les activités du laboratoire d'étude spatiale et de rayonnement du C.E.N. et ainsi aboutir à une démarche et à un modèle d'exploitation automatique des données météorologiques et d'imagerie spatiale, pour l'établissement d'un atlas des facteurs du bilan, énergétique au niveau du sol.

Cette centrale est basée essentiellement autour de capteurs. Ces derniers traduisent fidèlement les paramètres physiques en une information électrique notre travail consiste à traiter ces signaux afin de les rendre exploitables par la centrale d'acquisition.



PRESENTATION DU LABORATOIRE
D'ETUDES SPATIALES ET DE RAYONNEMENT

Le centre d'études spatiales d'Alger est l'un des centres de recherche du Commissariat aux Energies Nouvelles.(C.E.N.)

Les activités du laboratoire E.S.R. se répartissent entre les différents secteurs suivants.

A Traitement numérique d'image

- 1- Méthodologie
- 2- Acquisition d'image

B Atlas des facteurs du bilan énergétique

- 1- Mise au point d'un modèle
- 2- Etude expérimentale des facteurs du bilan
- 3- Constitution de l'atlas.

C Physique de l'atmosphère

- 1- L'atmosphère milieu de propagation
- 2- Le problème radiométrique inverse

D Physique spatiale

- 1- Echange d'information entre le satellite et le sol
- 2- Etude de l'atmosphère
- 3- Proposition d'un programme spatiale national

Le C.E.N. comprend

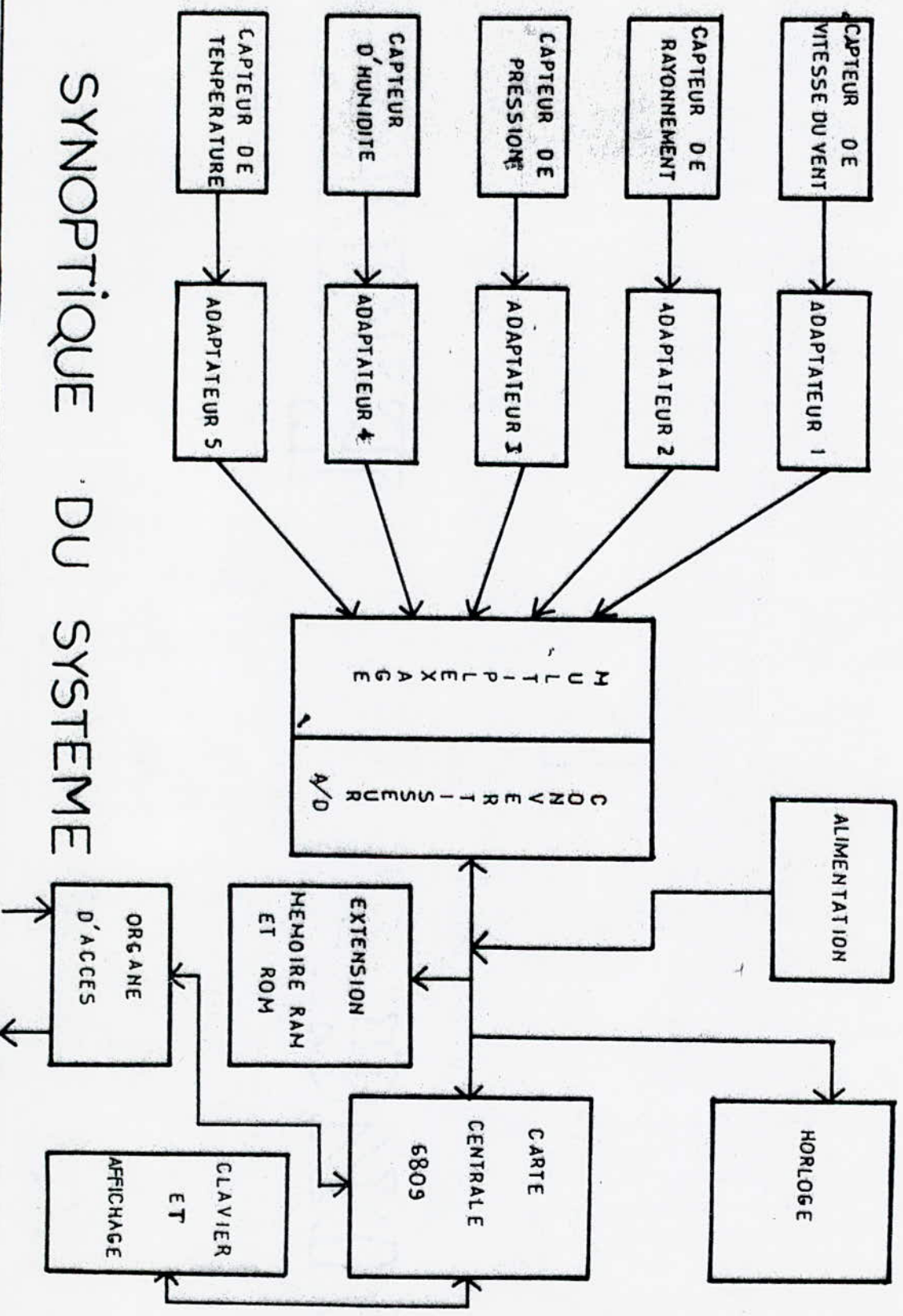
-Des unités de recherches responsables de la réalisation des divers programmes, correspondant à ces activités.

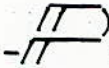
-Des unités de services scientifiques et techniques communs chargées

de fournir aux unités de recherche le support technique qui leur sont nécessaires.

Le laboratoire dans lequel nous avons travaillé s'intitule Laboratoire d'instrumentation .

SYNOPTIQUE DU SYSTEME





PRESENTATION DE LA STATION METEOROLOGIQUE-

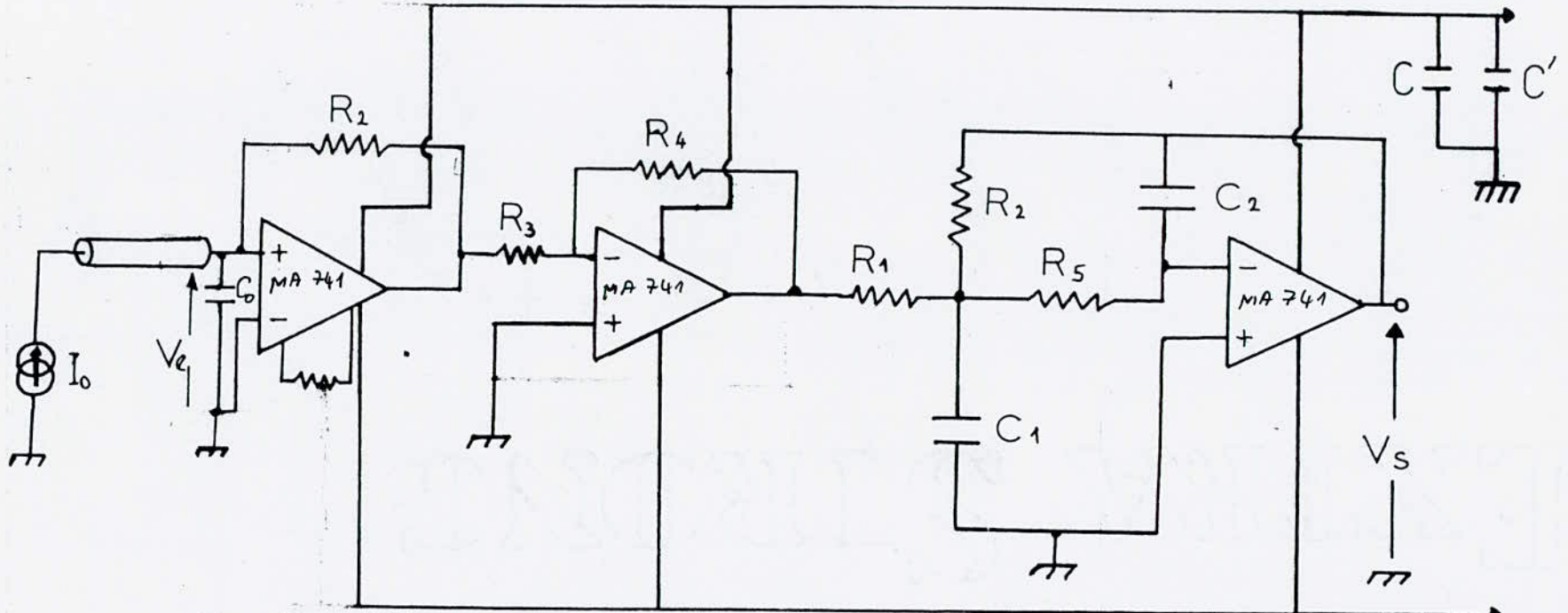
Les données analogiques issues des capteurs sont aiguilées à travers des adaptateurs appropriés vers un bloc de multiplexage analogique et de conversion A/D. Qui sera relié directement au bloc central (microordinateur) organe de traitement et de commande.

Le but de notre travail est l'étude détaillée et la réalisation d'interfaces.

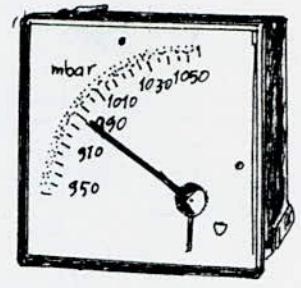
La Station Météorologique est constituée d'une chaîne de Capteurs disposés en des endroits différents et d'un bloc renfermant tous les appareils de traitement et d'enregistrement des données:

- Mesure du vent en vitesse et direction
- Mesure du rayonnement
- Mesure de la pression
- Mesure de l'humidité
- Mesure de la température à 1,5 m du sol.

ADAPTATEUR POUR Capteur de Vitesse du Vent

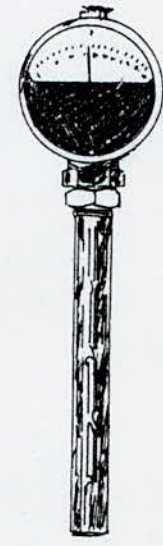
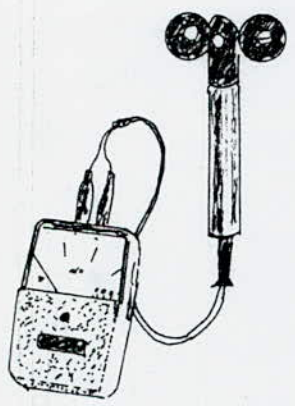


- $R_1 = R_2 = 10\text{ k}$
- $R_3 = 1\text{ k} ; R_4 = 10\text{ k}$
- $C_1 = 1,5\text{ }\mu\text{F}$
- $C_2 = 0,33\text{ }\mu\text{F}$
- $C = 1\text{ }\mu\text{F}$
- $C' = 10\text{ }\mu\text{F}$
- $C_0 = 22\text{ }\mu\text{F}$
- $C = 0,1\text{ }\mu\text{F}$
- $C' = 10\text{ }\mu\text{F}$



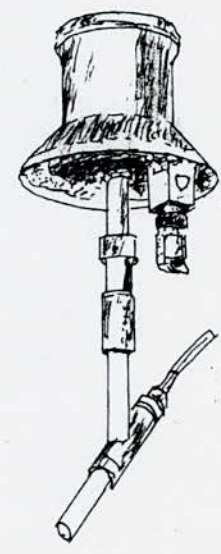
CAPTEUR DE RAYONNEMENT I

CAPTEUR DE PRESSION



CAPTEUR DE VITESSE DU VENT

CAPTEUR D'HUMIDITÉ



CAPTEUR DE RAYONNEMENT II

CAPTEUR DE TEMPERATUR

CHAPITRE I

II - ANÉMOLOGUE DE VITESSE DU VENT

I. Généralités:

Le vent est le mouvement de l'air atmosphérique. La mesure du vent est définie par sa direction et sa vitesse sachant que:

-La direction du vent; c'est celle d'où souffle le vent. Elle est exprimée en degrés, comptes dans le sens des aiguilles d'une montre à partir du nord géographique.

-La vitesse du vent; c'est le chemin parcouru par une particule d'air en mouvement pendant l'unité de temps. Elle est exprimée en mètre par seconde ou en noeud.

1 noeud = 0,51 m/s = 1 mille marin par heure

II. Mesure de la vitesse du vent:

a- Mesure de la vitesse du vent en surface

L'instrument de mesure de la vitesse du vent est appelé anémomètre.

On parlera de mesure de la vitesse du vent en surface lorsque l'instrument de mesure se trouve au plus placé à une distance de dix mètres au dessus du sol, en terrain plat découvert :

Ce terrain découvert est le terrain où la distance entre l'instrument de mesure et tout obstacle est au moins égale à dix fois la hauteur de cet obstacle.

Le déplacement de l'air sous l'effet de différences climatiques provoque des flux dont la puissance et la directivité sont constamment variables. Pour cela, dans la plupart des cas, il faut connaître la vitesse moyenne du vent sur un certain intervalle.

b-En l'absence d'équipement de mesure de la vitesse du vent, l'observation doit être faite par estimation de la force de celui-ci. Ces évaluations sont basées sur l'effet du vent sur les objets mobiles.

L'équivalent de la vitesse du vent est donnée par le tableau I.

III. Instruments de mesures de la vitesse du vent:

on note un grand nombre d'instruments de mesure conçus autour de différents principes.

Cependant il s'en détache deux principaux types

- Les anémomètres rotatifs
- Les anémomètres tubulaires à prévision

On se penchera un peu plus sur:

- Les anémomètres rotatifs

L'anémomètre rotatifs le plus fréquemment utilisé est l'anémomètre à coupelles (moulinet). Les moulinets sont généralement composés de trois ou quatre coupelles hémisphériques ou convexes. Le mouvement de rotation des machines de ce type est dû au fait que l'air en mouvement exerce sur les corps creux des forces d'intensités très différentes selon l'orientation des corps par rapport à la direction du vent.

Chiffre beaufort	Description	Equivalent de vitesse à une hauteur standard de 10m au dessus d'un terrain plat et découvert.				Spécification pour l'estimation de la vitesse sur terre.
		Noeuds	m/s	Km/h	Miles/h	
0	Calme	1	0-0,2	< 1	< 1	La vitesse s'élève verticalement.
1	Très légère brise	1-3	0,3-1,5	1-5	1-3	La direction du vent est relevée par l'entraînement de la fumée, mais non par les girouettes.
2	Légère brise	4-6	1,6-3,3	6-11	4-7	Le vent est perçu au visage. Les feuilles fremissent; une girouette ordinaire est mise en mouvement.
3	Petite brise	7-10	3,4-5,4	12-19	8-12	Feuilles et petites branches constamment agitées, le vent déploie les drapeaux légers.
4	Jolie brise	11-16	5,5-7,9	20-28	13-18	Le vent soulève la poussière et les feuilles de papiers. Les petites branches sont agitées.
5	Bonne brise	17-21	8-10,7	29-38	19-24	Les arbustes et feuilles commencent à se balancer; de petites vagues avec crête se forment sur les eaux intérieures.
6	Vent frais	22-27	10,8-13,8	39-49	25-31	Les grandes branches sont agitées. Les fils télégraphiques font entendre un sifflement; l'usage des parapluies est rendu difficile.

7	Grand frais	28 - 33	13,9 - 17,1	50 - 61	32 - 38	Les arbres sont agités en entier ; la marche contre le vent est assez pénible.
8	Coup de vent	34 - 40	17,2 - 20,7	62 - 74	39 - 46	Le vent casse les rameaux ; la marche contre le vent est rendue généralement très difficile.
9	Fort coup de vent.	41 - 47	20,3 - 24,4	75 - 88	47 - 54	Le vent occasionne de légers dommages aux habitations (arrachement de tuyaux de cheminées et d'arboises).
10	Tempête	48 - 55	24,4 - 28,4	89 - 102	55 - 63	Rare à l'intérieur des terres ; arbres déracinés ; importants dommages aux habitations.
11	Violente tempête	56 - 63	28,5 - 32,6	103 - 117	64 - 72	Très rarement observée ; accompagnée de ravages étendus.
12	Ouagan	64 et plus	32,7 et plus	117 et plus	73 et plus	

Ainsi le vent souffle sur la partie creuse d'une demi-sphère le coefficient aérodynamique C qui intervient dans la force agissant F telque:

$$F = \frac{1}{2} S \cdot v^2 \cdot C \cdot \rho$$

S: Surface balayée

V: Vitesse du vent

ρ : densité des particules en mouvement

est égale à 1,33

Il existe plusieurs types d'anémomètres basés sur ce même principe Citons quelques un:

-L'anémomètre à coupelles de papillon et Robinson

-L'anémomètre à ailettes obliques de Jules Richard.

-L'anémomètre à gouttières d'ailleret

L'anémomètre Richard est le plus sensible, il est surtout utilisé comme appareil de Laboratoire. Les autres équipent pratiquement toutes les Stations Météorologiques.

IV. Adaptation du transmetteur de vitesse du vent.

L'objectif est d'obtenir une réponse rapide fidèle et indépendante de la température associée à une bonne fiabilité, une bonne résistance aux rafales de vent, ainsi qu'à une grande sensibilité au vent pour pouvoir tourner avec une faible brise.

- 1-Présentation du capteur de vent utilisé par la Station météorologique du C.E.N. (C.D.T.A. Laboratoire E.S.R.)

Tenant compte des critères de choix cités précédemment il convient au laboratoire de fixer son choix sur un capteur léger et solide à la fois, constitué de trois cupules, pour des raisons de sensibilité Il possède une génératrice à courant continu accouplée pour la conversion du nombre de tours de l'étoile à cupules, proportionnel à la vitesse du vent, en valeurs de tensions analogues.

-Rappels sur la génératrice à courant -continu

Elle comporte deux parties principales.

-L'une fixe, appelé stator est un électro-aimant et aura le rôle d'inducteur.

-L'autre mobile, appelé rotor est l'armature tournante (de l'électroaimant) et aura le rôle d'induit, celui-ci tourne dans un champ magnétique fixé.

-Principe de fonctionnement en génératrice .

Un conducteur placé sur l'induit qui tourne est le siège d'une force électromotrice induite E.

$$E = N \cdot \omega \cdot \phi$$

N: nombre de conducteurs de l'induit

ω : Fréquence de rotation en tours par seconde

ϕ : Flux sous un pôle en webers

E : en volts.

2. Caracteristiques du capteur

-Décharge de courant de la génératrice à $v = 35$ m/s et à $R_a = 2000 \Omega$: 1 mA

-Résistance en ligne négligeable (10Ω)

-Vitesse maximum du transmetteur environ 60 m/s

-Utilisable dans l'étendue de température de -35°C à $+80^\circ\text{C}$.

V. Réalisation de l'interface capteur de vent centrale - d'acquisition

1- Cahier de charge

La source du signal, ici l'anémomètre délivre un courant stable. Son utilisation est destinée à une centrale d'acquisition, dont les valeurs normalisée varient de 0 à 5 volts.

La plage de variation de la vitesse du vent a été choisie entre 1 et 14 m/s.

2. Etalonnage du capteur

L'expérience nous a donné les résultats suivants :

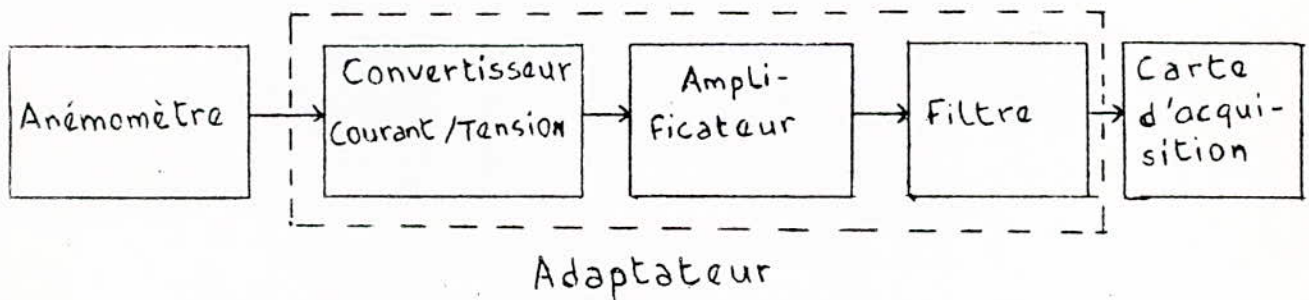
VITESSE (m/s)	COURANT (mA)
1	0, 05
3	0; 15
6	0, 25
8	0,35
9	0, 40
10	0, 45
11	0, 50
12	0, 55
13	0; 60
14	0, 65

Voir courbe $I = f(V)$

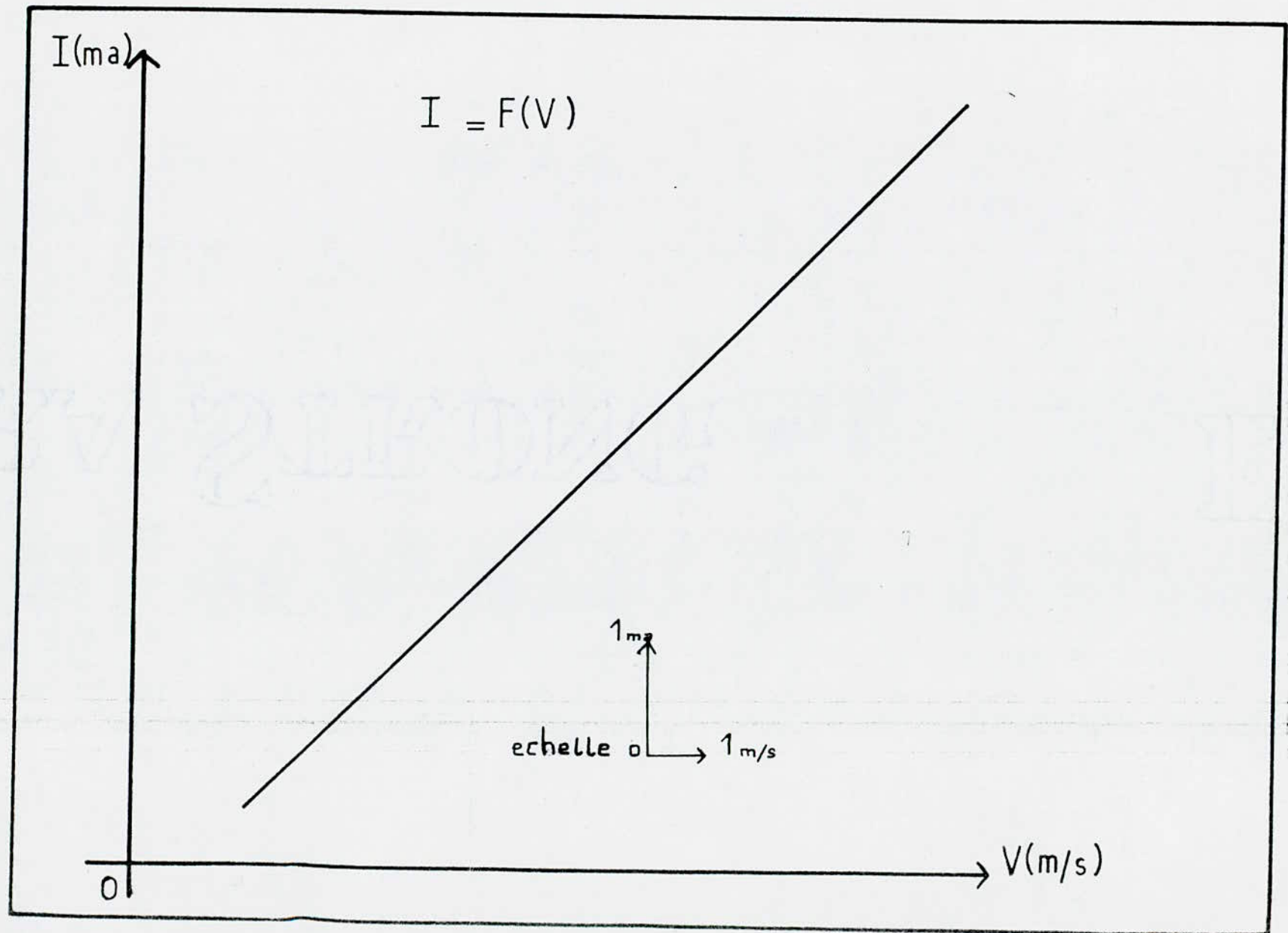
VI. Schéma de principe de la chaîne de mesure

L'anémomètre utilisé est une génératrice à courant continu.

Il délivre un courant stable compris entre 0,05 mA et 0,65 mA correspondant à une vitesse de 1 m/s à 14 m/s. Cette variation de courant doit être convertie en une tension variant de 0 à 5 V (valeurs normalisées pour les tensions d'entrées de la carte d'acquisition).



9-



L'anémomètre est placé dans un endroit bien précis, il a un temps de réponse assez lent, l'information issue de ce dernier est véhiculée à travers un câble de 15 mètres de long. Ce qui risquerait de perturber le signal et l'atténuer.

Un filtrage est donc nécessaire après conversion et amplification du signal (voir synoptique Fig a b c).

1. Convertisseur courant tension

La conversion est réalisée par un amplificateur opérationnel (µA 741) monté suivant le schéma (Fig D).

-L'ensemble anémomètre et capacité forme un filtre (passe-bas) intégrant ainsi le signal d'entrée.

- R_1 potentiomètre de 10 k Ω pour annuler la tension d'offset.

-Dans ce montage le générateur de courant (Anémomètre) débite un courant qui circule uniquement à travers la résistance R_2 (l'impédance d'entrée de l'amplificateur est très grande) créant ainsi une chute de tension $R_2 I_0$ que l'on retrouvera en sortie de l'amplificateur opérationnel donc à très basse impédance, de sortie par rapport à la masse.

-Seuil de démarrage de l'anémomètre 1 m/s

V : Varie de 1 m/s à 14 m/s

I_0 : Varie de 0,05 mA à 0,65 mA

On désire avoir une tension $V_S = 0,5$ Volts ce qui donne une résistance $R_2 = \frac{0,5}{0,65} = 0,77$ k Ω .

donc $R_2 = 770 \Omega$

Valeur normalisées $R_2 = 680 \Omega$

à la sortie du convertisseur la tension est de 0,5 volts une amplification est donc nécessaire.

2. Amplificateur

L'amplification est réalisée par un amplificateur opérationnel ($\mu A 741$) monté suivant le schéma (FIG I.b) Il est utilisé en amplificateur de tension inverseur .

Son gain est : $G = \frac{R_4}{R_3}$

De cette condition découle les valeurs des résistances

R_4 et R_3 Telque : $R_4 = 10 \text{ K}\Omega$ $R_3 = 1 \text{ K}\Omega$.

La tension de sortie étant de 5 Volts le signal est donc prêt à être traité par la carte d'acquisition mais un filtrage préalable est nécessaire.

3. FILTRAGE (Voir fig I-c)

C'est UN Filtre passe-bas du second ordre servant à éliminer les perturbations introduitent par le câble de transmission (Voir partie filtre).

CAPTEUR DE LA VITESSE DU VENT

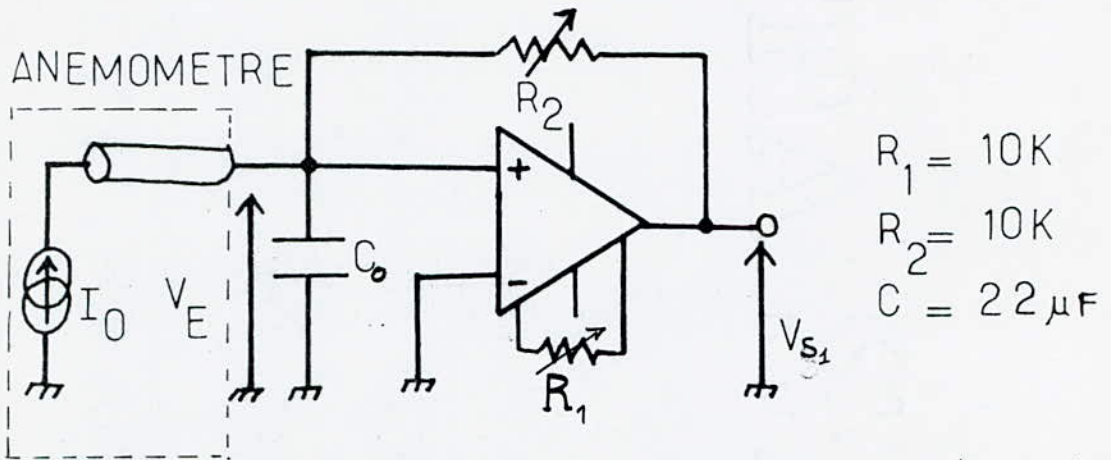


FIG: Ia CONVERTISSEUR COURANT/TENSION

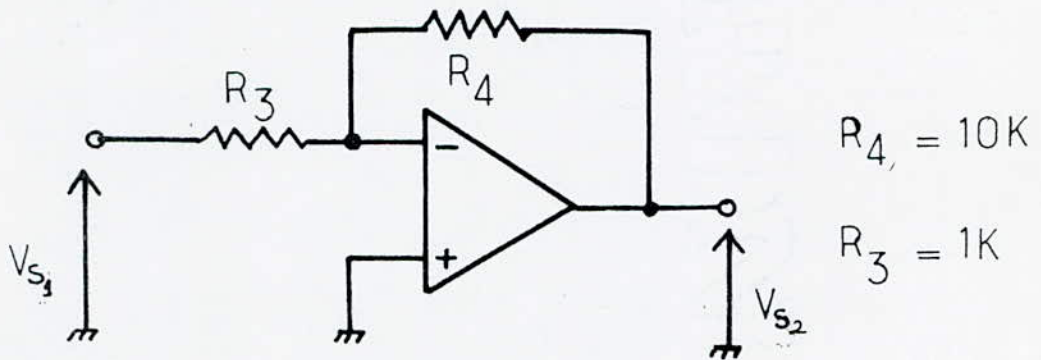


FIG: Ib AMPLIFICATEUR

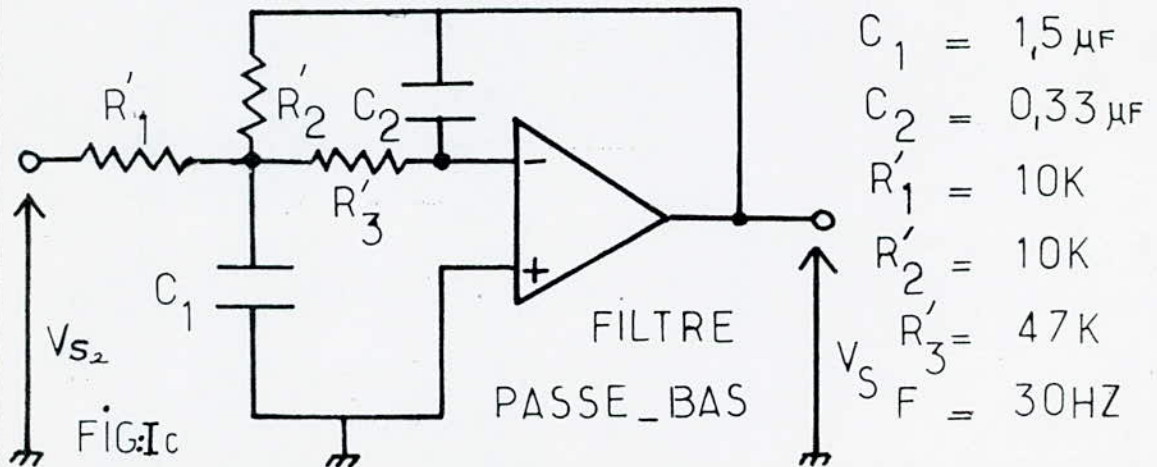


FIG: Ic

CHAPITRE II

I. Généralités:

Les mesures du rayonnement revêtent une grande importance lorsque l'on désire répondre aux besoins de la biologie de la médecine, de l'agriculture de l'architecture et de l'industrie en matière de rayonnement .

Le rayonnement solaire qui peut être subdivisé en deux catégories.

1-Le terrestre est égal au rayonnement thermique de la terre et de l'atmosphère.

2-Le total est égal à l'énergie solaire et le terrestre.

II. Répartition Spectrale du rayonnement solaire

Le soleil rayonne comme un corps noir à la température de 6000°K l'énergie solaire se situe dans la bande spectrale allant de $0,25 \mu$ à 5μ

Repartie comme suit :

- 8% à des longueurs d'ondes inférieures à $0,4 \mu$ (ultra-violet).
- 41 % entre $0,4$ et $0,7 \mu$ (domaine du visible).
- 51 % à des longueurs supérieures à $0,7 \mu$ (domaine infrarouge).

-Constante solaire S_0 .

On la définit comme étant la puissance reçue par une surface de 1m^2 situé à la limite supérieure de l'atmosphère et exposée normalement aux rayons solaires quand la distance de la terre au soleil est égale à sa valeur moyenne. Généralement on prend $S_0 \approx 1393 \text{ W/m}^2$.

-Rayonnement solaire reçu au sol.

Un élément de sol exposé au soleil reçoit un rayonnement solaire direct R_S et un rayonnement diffusé $R_{S\downarrow}$. On appelle rayonnement solaire reçu au sol la somme des deux rayonnements

$$R_G = R_S + R_{S\downarrow}$$

-Albédo solaire a :

Comme tout corps recevant de l'énergie, la surface terrestre absorbe une fraction "a" du rayonnement solaire global R_G et réfléchit le reste vers l'atmosphère

$$a = \frac{R_G - R_G(\text{abs})}{R_G} \quad 0 < a < 1$$

-La fraction du rayonnement réfléchi est:

$$R_G(\text{Ref}) = a \cdot R_G$$

-Le flux solaire absorbé par la surface est:

$$R_G(\text{abs}) = (1 - a) R_G$$

- Le tableau suivant donne les valeurs moyennes d'albédo.

NATURE	a
Neige fra'che	0,8 à 0,9
Neige ancienne	0,5 à 0,7
Pierres-Roches	0,15 à 0,25
Sols cultivés	0,07 à 0,14
Forêts	0,06 à 0,2
Herbes cultures	0,12 à 0,25
Mer	0,05 à 0,4

III. Classification des instruments de mesure du rayonnement

- 1) Pyrhéliomètre : Instrument destiné à mesurer l'intensité du rayonnement solaire sous une incidence normale. C'est soit un étalon primaire ou un instrument secondaire.
- 2) Pyranomètre: Mesure le rayonnement solaire diffusé par l'ensemble de l'hémisphère. Il convient pour les mesures du rayonnement global ou celui du ciel.
- 3) Pygéomètre: Mesure le rayonnement terrestre au niveau d'une surface noire horizontale dirigée vers le haut à la température de l'air.
- 4) Pyrاديومتر : Destiné à mesurer le rayonnement solaire et le rayonnement terrestre.

Notre étude s'est portée sur deux capteurs .

IV Présentation des capteurs utilisés par la station Météorologique du C.E.N. (C.D.T.A. Laboratoire E.S.R.)

1- Pyranomètre étoile D'après Dimbim capteur II .

a- Présentation

Pour la mesure de composantes à onde courte des courants énergétiques qui atteignent la surface horizontale de la terre sous forme de lumière et rayonnement calorifique dans la gamme de longueur d'onde de 0,3 à 3 μ .

Cette radiation totale se compose du rayonnement direct du soleil du rayonnement du ciel et du rayonnement réfléchi. L'appareil comporte 16 plaquettes de cuivre laquées alternativement noires et blanches, disposées en étoile à échauffements divers.

- Résistance interne environ 25 Ω .
- Durée de réglage pour la pleine échelle est de 20 secondes.
- Linéarité totale entre tensions aux bornes et intensité de radiation.
- Demi coupole en cristal poli, sans onde réfléchie pour la protection contre les influences atmosphérique avec cuve en pléxiglas.

Ce capteur mesure la différence de température à l'aide de thermocouple, celui-ci développe une tension proportionnelle à l'intensité de radiation.

- Thermocouple (Fig II 2)

Le thermocouple est constitué de deux conducteurs de matériaux homogènes A et B soudés et dont les soudures sont portées à des températures différentes T_1 et T_2 , sont parcourues par un courant.

Toute coupure de ce circuit fermé créera une force électromotrice entre les deux extrémités de la coupure, quel que soit l'endroit de la coupure. En choisissant cet endroit à l'une des soudures nous obtenons un thermocouple apte à délivrer une différence de potentiel V telle que:

$$V = K(T_2 - T_1)$$

K : pouvoir thermoelectrique du couple AB.

Un thermocouple comprend normalement une jonction de référence appelée soudure froide et une jonction de mesure appelée soudure chaude. La mesure de la force électromotrice fournit une différence de température, -aussi il est impératif de connaître la température de la jonction de référence.

Les tables d'étalonnage des thermocouples sont généralement établies en prenant 0°C pour la température de référence. Cette température de référence est fournie par une enceinte isotherme portée la plupart du temps à une température supérieure à l'ambiante.

Les principaux couples de matériau utilisés sont:

- CHROMEL -ALUMEL Jusqu'à +800°C: 40 μ V /°C
- Fer-Constantan jusqu'à + 600°C: 40 μ V /°C
- Cuivre-constantan jusqu'à + 200°C: 54 μ V/°C
- Platine-Platine RHODIE de 200°C à 1400 °C: 13 μ V/°C

Le couple est choisi en fonction de sa gamme de température, de sa sensibilité et dans une moindre mesure de sa linéarité.

Cette non linéarité peut être corrigée par un circuit électronique de caractéristique non linéaire (c'est un linéarisateur) (Fig II 1.)

-Mesures

Un galvanomètre très sensible (pleine déviation de 15 mv Résistance interne 200 Ω) peut être utilisé pour une lecture directe. La valeur mesurée est transmise du pyranomètre étoile à l'appareil indicateur par un câble à deux conducteurs.

-Pour l'enregistrement de l'intensité de radiation il est nécessaire d'utiliser un enregistreur par points ou à tracé continu en liaison avec un amplificateur à grande amplification de la tension et résistance d'entrée élevée.

V. Capteur de mesure du bilan de radiation *Capteur I.*

L'appareil n° 1612 capte les composantes à ondes courtes et ondes longues du bilan de radiation dans la gamme de 0,3 à 60 μm qui comprend les rayonnements solaires et céleste.

Le rayonnement des sources lumineuses, artificielles et le rayonnement par les surfaces. L'intensité de radiation ne sera pas mesurée directement mais sous forme d'une différence de température produite par le rayonnement.

L'appareil est à cet effet équipé d'un certain nombre de thermocouples raccordés en série. La différence entre les rayonnements incident et réfléchi permet d'avoir immédiatement les renseignements sur les possibilités de chaleur en fonction des radiations.

- Caractéristiques

- Sensibilité est environ $2 \text{ mv} / \text{J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{Min}^{-1}$
- Tension délivrée est linéaire par rapport à la différence de radiation.
- Résistance interne environ 5Ω
- Courant de sortie 0 à 20 mA, courant indépendant de la charge.
- Charge maximale 600Ω

VI Réalisation de l'interface capteur capteur de rayonnement II / centrale d'acquisition

La source du signal ici (le capteur de rayonnement) nous délivre une tension. Son utilisation est destinée à une centrale d'acquisition dont les valeurs normalisées varient de 0 à 5 Volts. Pour répondre à cela, on a choisi un montage qui fait appel à un pont de wheatstone réalisant la consigne du rayonnement ainsi qu'à un amplificateur monté en différentiel.

- principe du pont de wheastone (voir Fig III. 3)

Supposons P, Q et R fixées. La tension V_{AB} est fonction de la valeur S. Le pont de wheastone fait correspondre à la grandeur S la grandeur électrique V_{AB}, c'est un traducteur de mesure on a :

$$E = (R + S) I_1 = (Q + P) I_2$$

$$V_{AB} = P I_2 - S I_1$$

En remplaçant I₁ et I₂ par leurs expressions on a :

$$V_{AB} = P \frac{E}{Q + P} - S \frac{E}{R + S}$$

- Etalonnage (voir Fig II. 4)

Pour les essais et le réglage du montage on utilise des résistances AOIP pouvant varier jusqu'à 100 K.

On impose au pont une symétrie d'où :

$$P = P_1 = P_2$$

$$R = R_2 = R_3$$

Pour la stabilité du courant il s'ensuit un choix pour

$$P \text{ et } R \text{ tel que } P = 10 \text{ K}\Omega$$

$$R = 100 \Omega$$

- Notre but est de réaliser la consigne du rayonnement c'est à dire avoir V_M = 0 quand le capteur est placé dans une enceinte obscure. On obtient ainsi l'équilibrage du pont pour les valeurs suivantes

$$R_a = 484 \Omega$$

$$R_b = 495 \Omega$$

fig II.1 Courbe de linéarisation.

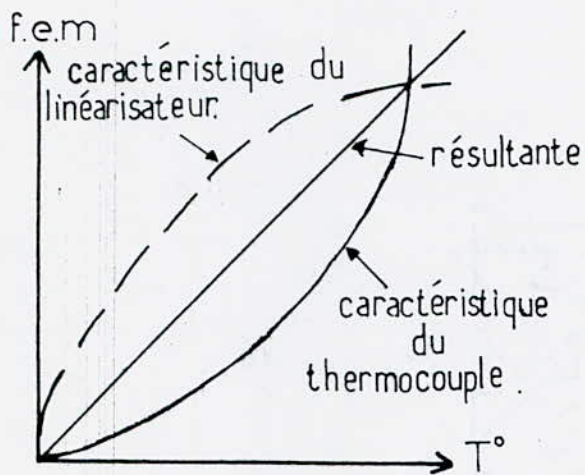


fig II.2

Thermocouple

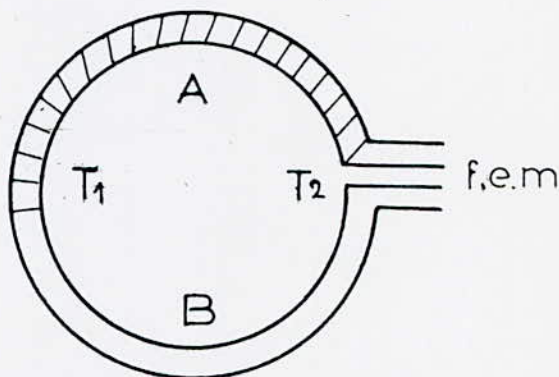


fig II.3

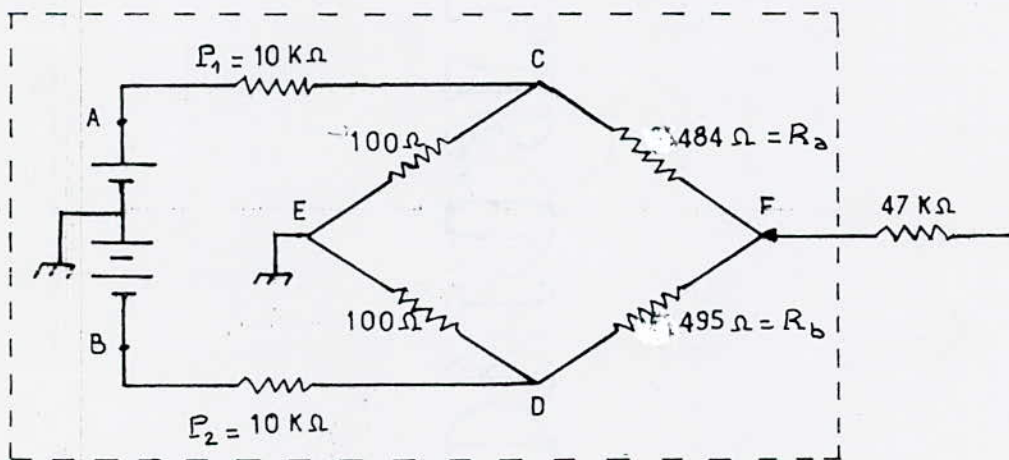
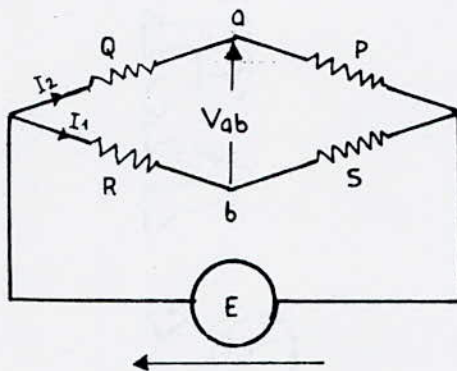


fig II.4 Pont de Wheastone.

-Le signal issu du pont de wheastone est transmis à un amplificateur monté en différentiel.

amplificateur différentiel

L'amplificateur différentiel est réalisé à partir d'un μA 741 monté suivant le schéma (voir Fig. III. 5).

Le pont va lui fournir une tension de référence et le thermocouple une tension variant selon l'éclairement. A son tour l'amplificateur va détecter la différence de tension et l'amplifie

$$V_M = A (V_{th} - V_{réf})$$

A: gain de l'amplificateur en boucle fermée il a été fixé à 10 d'où le choix des résistances.

$$R_7 = 1 \text{ K}\Omega$$

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

$$R_6 = 1 \text{ K}\Omega$$

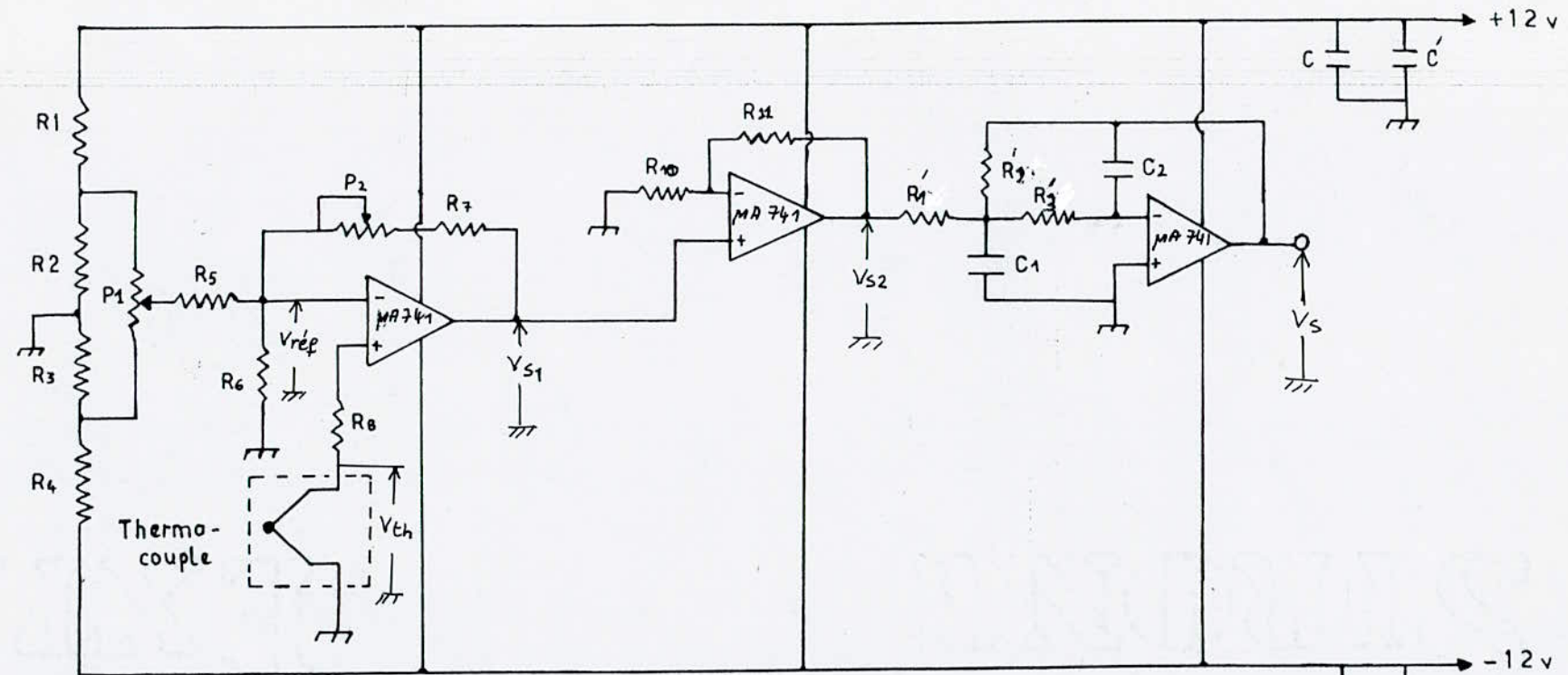
Pour protéger l'entrée non inverseuse de l'amplificateur on intercale une résistance de 200 Ω entre le thermocouple et cette entrée.

En sortie de l'amplificateur pour un rayonnement maximale de 1300 w/cm² correspondant à $V_{th} = 14,8$ mV on a une tension $V_{s_1} = 0,5$ volts une amplification est donc nécessaire la aussi on utilise un μA 741 de gain en boucle fermé $A = 10$ T_q $A = 1 + \frac{R_{II}}{R_{10}}$ avec $R_{II} = 100 \text{ k}\Omega$
 $R_{10} = 10 \text{ k}\Omega$

Le signal issu de l'amplificateur est donc traité par la carte d'acquisition puisque V_s varie de 0 à 5 Volts mais un filtrage préalable est indispensable pour éliminer tous parasites qui risqueraient de perturber le signal (voir partie filtre).

- 24 -

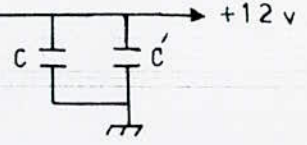
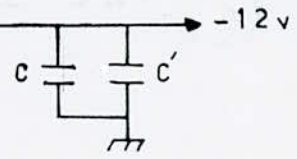
Adaptateur pour capteur de rayonnement



- $R_1 = R_4 = R'_{13} = R'_{14} = 10 \text{ K}\Omega$
- $R_2 = R_3 = 100 \Omega$
- $R_5 = 47 \text{ K}\Omega$
- $R_6 = 1 \text{ K}\Omega$
- $R_8 = 470 \Omega$
- $P_1 = 1 \text{ K}\Omega$
- $P_2 = 10 \text{ K}\Omega$

- $R_{10} = 6,8 \text{ K}\Omega$
- $R_{11} = 100 \text{ K}\Omega$
- $R'_{12} = 4,7 \text{ K}\Omega$
- $C_1 = 1,5 \mu\text{F}$
- $C_2 = 0,33 \mu\text{F}$
- $C = 0,1 \mu\text{F}$
- $C' = 10 \mu\text{F}$

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



II CAPTEUR DE PRESSION

I

I. Généralités:

La pression est une variable déterminée par la densité des divers couches de l'atmosphère situées sur une même verticale

La pression exercée par l'atmosphère est spécifiquement appelée pression atmosphérique. Elle est égale au poids de la colonne d'air au dessus de tout endroit d'observation correspondant à l'unité de surface telle que $P = \frac{F}{S}$

-Unités de la pression atmosphérique:

Les données barométriques du réseau national doivent être exprimées en millibars. Dans des conditions normales Une colonne de mercure d'une hauteur de 760 mm exerce une pression de 1013 1013,25 mb

$$1 \text{ mb} = 0,750062 (\text{ mm hg})$$

II. Mesure de la pression

Il existent différents types de capteurs de pression

-- Baromètres à mercure. Il y a plusieurs types de baromètres à mercure en usage dans les stations météorologiques.

1-Le baromètre à cuvette fixe appelé baromètre à large cuvette.

2-Le baromètre Fortin.

La pression atmosphérique est déterminée en mesurant la distance entre le sommet de la colonne de mercure dans le tube barométrique et le niveau supérieur du mercure de la cuvette. Chaque changement de la longueur de la colonne de

mercure s'accompagne évidemment d'un changement du niveau de mercure dans la cuvette. Il faudra effectuer des corrections de lecture du Baromètre aux conditions normales, car il y a une influence de l'accélération de la pesanteur et de la température.

-Baromètres Anéroïdes (anéroïde = sans liquide)

L'organe sensible du baromètre anéroïde est une boîte métallique hermétiquement fermée dans laquelle on a fait le vide (capsule de vidie)

A toute pression il y aura un équilibre entre la tension du ressort et la force exercée par la pression extérieure.

-Barographe

C'est un baromètre enregistreur qui fournit un relevé continu de la pression atmosphérique sur un intervalle de temps déterminé.

L'élément sensible est constitué par ^{une} pile de capsules de vidie, la pression atmosphérique exerce sur chaque capsule une force et sous l'action de cette force la hauteur totale de la pile augmente (ou diminue) et on peut ainsi faire déplacer par un mécanisme, un stylo devant un cylindre tournant enregistrant les variations de cette pression.

-Capteur de pression au silicium

La mesure de la pression dans ce cas utilise la propriété de la piezorésistivité du silicium.

Une force appliquée sur un barreau de silicium provoque une modification de la mobilité des porteurs majoritaires, ceci se traduit par un changement de la résistivité du barreau:

TABLEAU COMPARATIF

BAROMETRES A MERCURE

- + Instruments de base absolue .
- + Fragiles - encombrants .
- + Non Facilement transportable .
- + La Gravitation influe .
- + Imperfection d'usinaGe et de montage .
- + La temperature influe \Rightarrow correction de la valeur mesurée .
- + Ne peut être équipé d'une resistance teletransmetrice .
- + Peuvent être construits comme des instruments autonomes .
- + Reponse lente .

BAROMETRES ANEROÏDES

- + Instruments relatifs qui doivent être controlés après être fabriqués et demandent des ajustements periodiques .
- + Lorsqu'ils sont en usage : c'est l'interval sur lequel depend la qualite de l'instrument .
- + Facilement transportables puisqu'il ne contiennent aucun liquide .
- + independant de l'influence de la Gravitation .
- + avec d'une compensation correcte ils sont aussi independants de l'influence de la temperature ce qui rend non necessaire la correction des valeurs mesurées .
- + Peut être equipée d'une resistance teletransmetrice d'ou ils peuvent être employés comme appareils

de mesure des valeurs des signaux
transmis pour des instruments élec-
triques de mesures.

+ Peuvent être construits comme
des instruments autonomes.

ex: Barographe

+ Permet d'obtenir rapidement la
Pression atmosphérique.

+ Utilisés là où une Grande
Précision n'est pas exigée.

Il existe deux types de capteurs

-Le MP x 100 A/D : Donne une tension de bas niveau pour la gamme de pression [0 à 100 KPa]

-Le MP x 80 M : Ce type utilise le MP x 100 avec une électronique associée de compensation en température.

-Capteurs de pression pour l'industrie *aéronautique*.

Ce sont des familles de capteurs de pression utilisés pour répondre aux besoins de l'aéronautique .Ils illustrent parfaitement une nouvelle évolution de la mesure des pressions et présentent les caractéristiques suivantes.

-Grande stabilité

-Miniaturisation poussée grâce à la microélectronique

-Information de type numérique

-Grande performance

-Permettent la mesure de pression absolues et différentielles (voir tableau comparatif)

III. Présentation du capteur utilisé par la station météorologique du C.E.N.(C.D.T.A.,Laboratoire ESP)

L'équipe du laboratoire a porter son choix pour le baromètre anéroïde.Ce dernier est constitué d'une resistance télétransmetrice,l'élément de mesure est composé d'un ensemble de 6 boîtes en forme de diaphragmes anéroïdes.Ces boîtes sont placées dans une caisse métallique noire avec un panneau monté dans un cadran,celui-ci est balayé par une aiguille indiquant la valeur de la pression mesurée.

IV Principe de mesure (Voir Fig. III.a)

Le transmetteur est matérialisé par un noyau plongeur relié à un ensemble de diaphragme .La préssion atmosphérique en s'exerçant sur l'ensemble du diaphragme.La pression atmosphérique en s'exerçant sur l'ensemble du diaphragme fait varier sa longueur,d'où il correspond à la pression existante.

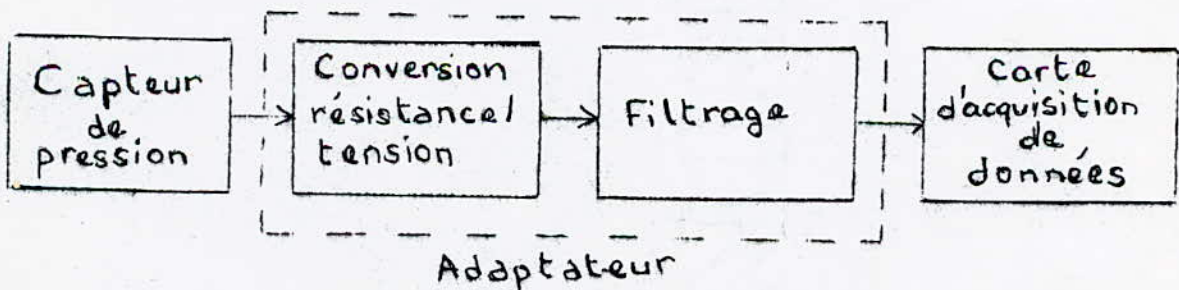
Le transmetteur est connecté au recepteur(dans notre cas la carte d'acquisition)à l'aide d'une ligne à 3 conducteurs en forme de mouvement d'enroulement croisé.La connection électrique est réalisée à l'aide de 3 cosses marquées A.R.E rangées à l'arrière d'une plaque.

V. Valeurs de resistance du télétransmetteur (voir Tableau III.b)

Ce tableau contient les valeurs de résistances, du télétransmetteur effectif sur l'instrument d'enroulement croisé comme fonction de la préssion atmosphérique .ON déduit du tableau la courbe de reponse,pression en fonction de la résistance (voir Fig III.c)

Le capteur délivre une variation de resistance qu'il faudra transformer en une tension variant de 0 à 5 v,exploitable par la carte d'acquisition

VI. Carte d'interface du capteur de pression



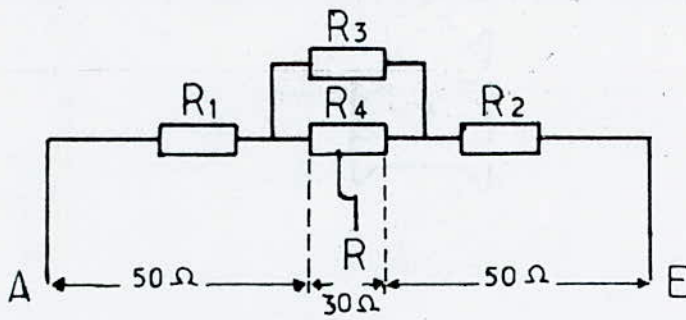


Fig III a

Fig III b. Valeurs de résistances du télétransmetteur.

Position de l'aiguille.	Résistances	
	A-R	E-R
0	50	80
8	53	77
16	56	74
24	59	71
32	62	68
40	65	65
48	68	62
56	71	59
64	74	56
72	77	53
80	80	50

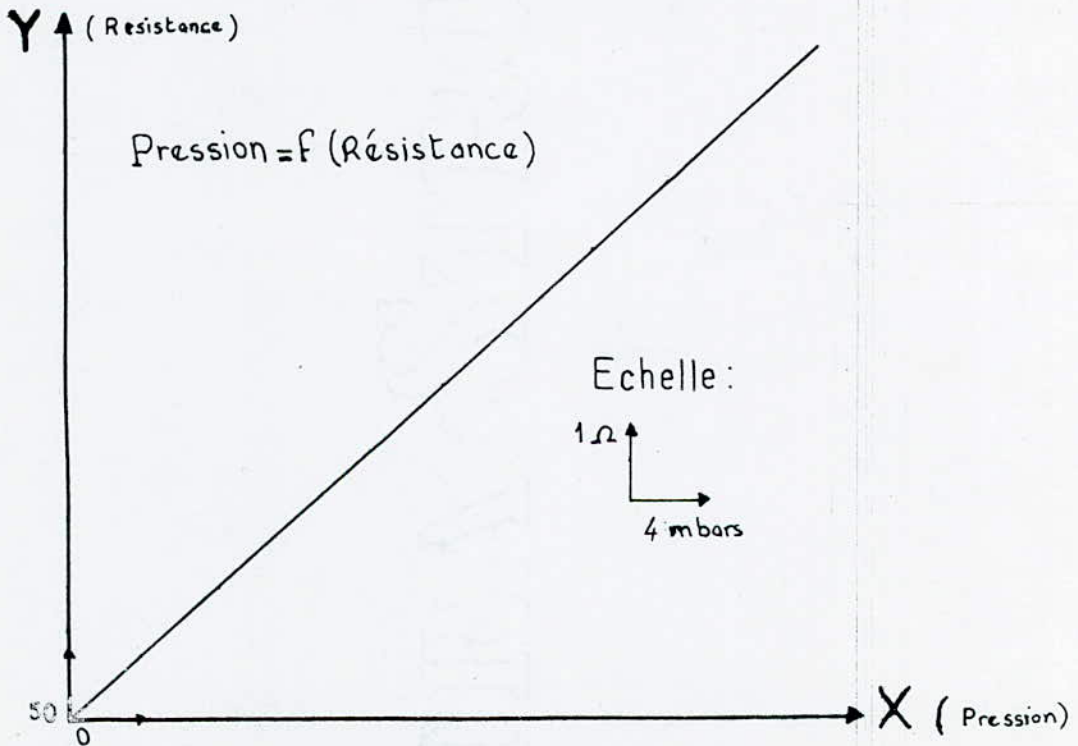


Fig III. c

Caractéristiques du capteur

La puissance de charge est de 0,5 watts quand R_C est parcourue par un courant maximal de 60 mA. L'information fournie par le capteur résulte de la variation d'une thermorésistance dont les valeurs sont comprises dans la gamme (50Ω à 80Ω) correspondant à une variation de pression allant respectivement de 0 à 80 mb.

Réalisation de l'adaptateur

L'adaptateur a comme paramètre d'entrée une résistance variant de 50Ω à 80Ω , cette information doit être convertie en une variation de tension de 0,5 volts.

Conversion

On utilise un amplificateur opérationnel ($\mu A741$) monté en amplificateur différentiel.

L'une de ses bornes est maintenue à une tension de référence (consigne) et l'autre suivra les variations de la résistance du capteur. Cette dernière est parcourue par un courant constant entraînant une variation de tension.

1. Générateur de courant constant.

Notre choix s'est porté sur un transistor P N P (Si) 2 N 2 905 ayant un excellent comportement thermique (caractéristiques voir annexe),

Pour avoir une source de courant constant, il faudra maintenir le courant de base du transistor constant. Pour cela on insère un transistor miroir dont le collecteur est en l'air.

POLARISATION DU TRANSISTOR (VOIR FIG III. 1)

LA PUISSANCE DISSIPÉE DANS LE CAPTEUR EST :

$$P_{diss} = (V_{cc} - V_{ce}) I_c = 20\text{mV avec } V_{ce} = 10\text{V}$$

$$I_c = 10\text{mA.}$$

On trouve après calcul.

$$R1 = \frac{V_{cc} - V_{ce} - R_c I_c}{I_e} = 120 \Omega$$

$$R2 = \frac{R_{ie} + V_{be}}{I_f} \cdot V_d = 1,25 \text{ K} \Omega \text{ Valeurs normalisées } R2 = 1 \text{ K} \Omega$$

Avec $I_p = 10 I_b$ $I_b = 0,1 \text{ mA.}$

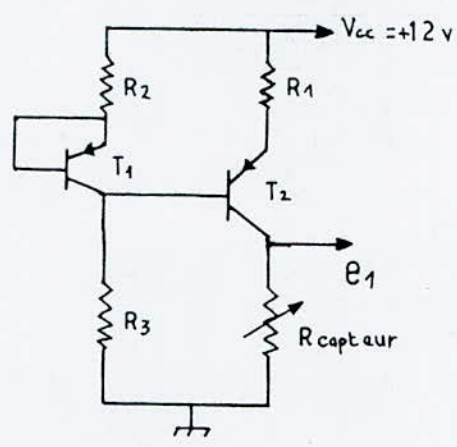
$$R3 = \frac{V_{bc} + R_c I_c}{I_p + I_b} = 9,2 \text{ K} \Omega \text{ Valeurs normalisées } R3 = 8,6 \text{ K}$$

Le rôle du potentiomètre de $1 \text{ M} \Omega$ d'ajuster la tension de consigne (voir FIG III.2)

Le gain de l'amplificateur est fixé à 10 (Voir FIG III.3)

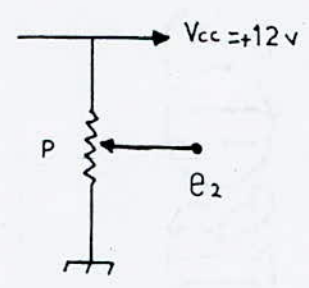
En sortie de l'amplificateur on recueille une tension comprise entre 0 et 5 Volts, cette dernière doit être filtrée avant d'être traitée par la carte d'acquisition.

(Voir partie filtre)



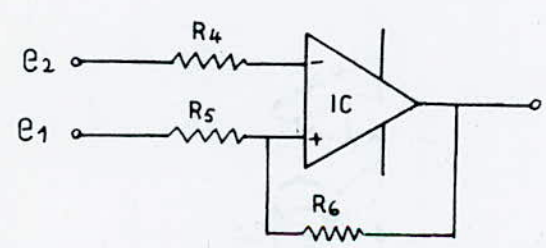
$R_1 = 120 \Omega$
 $R_2 = 1 \text{ K}\Omega$
 $R_3 = 8,6 \text{ K}\Omega$
 $T_1 = T_2 = 2\text{N } 2905$
 $50 \Omega \leq R_{\text{capteur}} \leq 80 \Omega$

fig III.1 Générateur de courant constant.



$P = 1 \text{ M}\Omega$

fig III.2 . Consigne .



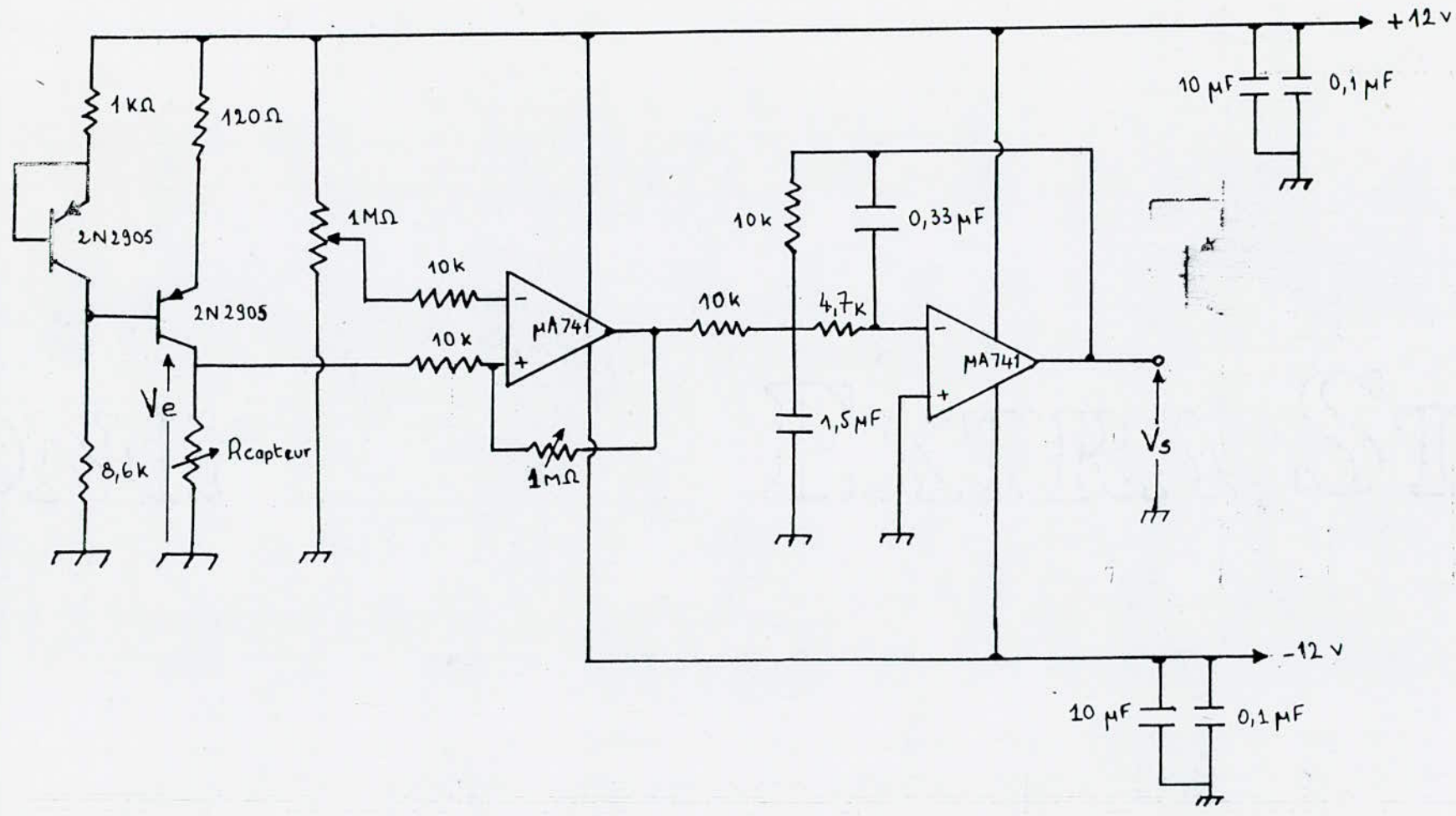
$R_4 = 10 \text{ K}\Omega$
 $R_5 = 10 \text{ K}\Omega$
 $R_6 = 1 \text{ M}\Omega$
 $\text{IC} = \mu\text{A } 741$

fig III.3 Amplificateur différentiel.

Schémas pour capteur de pression

Adaptateur pour capteur de pression

- 35 -



CHAPITRE IV

II APTEUR D'HUMIDITE

I. Généralités:

L'air atmosphérique contient toujours de la vapeur d'eau en quantité variable. L'air rigoureusement sec n'existe pas dans la nature, même dans les régions les plus désertiques. Le mélange d'air sec et de vapeur d'eau est dit air humide.

II. Définitions et unités:

Les caractéristiques essentielles utilisées pour exprimer la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère sont les suivantes.

- a- la tension de la vapeur d'eau
- b- le point de rosée
- c- l'humidité relative

a- Tension de la vapeur d'eau

La vapeur d'eau étant un gaz, elle possède une certaine force élastique ou tension qui exerce une pression sur les corps qu'elle baigne et avec lesquels elle est en contact. Cette pression est appelée la tension de la vapeur d'eau. Elle s'exprime en millibars

b- Le point de rosée

Il est défini comme la température à laquelle doit être portée une masse humide à pression constante POUR qu'elle devienne saturée par rapport à l'eau.

Le point de rosée s'exprime en (°C)

c- L'humidité relative

L'humidité relative d'un gaz (air par exemple) est défini par le rapport $H = \frac{m}{M} \cdot 100 \%$ de la masse m de vapeur d'eau contenue dans l'unité de volume de ce gaz à la masse M de

ce volume pourrait contenir au maximum à la température considérée.

III. Instruments de mesures de l'humidité

Dans les stations météorologiques, on utilise pour la mesure de l'humidité de l'air deux types d'instruments basés sur des principes différents

1-Des psychromètres

2-DES Hygromètres

1-Psychromètres :

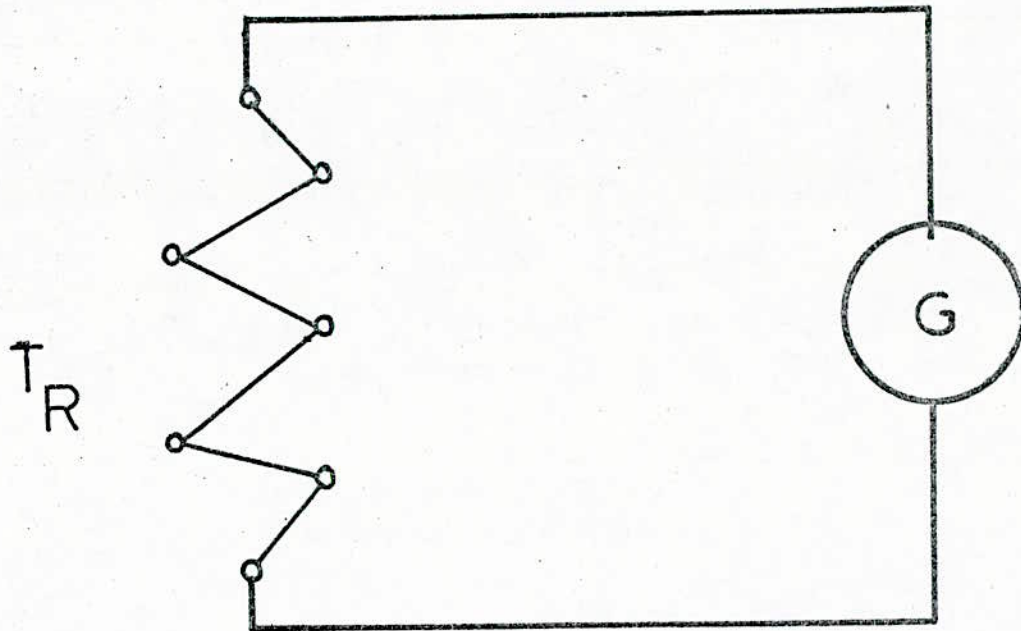
Il comporte deux capteurs de température identiques, l'un sec l'autre est maintenu mouillé à l'aide d'un tissu imbibé par capillarité d'eau distillée. La température indiquée par le thermomètre mouillé, est inférieure à celle du thermomètre sec, par suite de l'évaporation celle-ci d'autant plus faible que l'air est humide. A $H = 100\%$ l'évaporation est nulle et les deux thermomètres indiquent la même température. La différence de leur température permet de calculer l'humidité relative H du gaz.

2-Hygromètres

-Hygromètre à thermocouple (voir Fig IV.-1)

Il est basé sur le fait que la mesure de l'humidité relative H dépend de la différence de température entre les capteurs sec et humide. Pour augmenter la sensibilité du dispositif, il a été monté plusieurs thermocouples en série.

Si la température sèche est à peu près constante, on peut graduer directement en H le cadran du galvanomètre G . Le dernier pourrait également être remplacé par un microprocesseur qui tiendrait compte de la température sèche.



HYGROMETRE A. THERMOCOUPLE

fig: IV 1

-Hygromètre mécanique (à cheveux ou à fibres synthétiques)

Le système est basé sur une propriété qu'ont les cheveux de s'allonger lorsque l'humidité du gaz qui l'environne augmente.

Les variations de la longueur des cheveux n'est pas proportionnelle à celle de l'humidité relative. Si la variation de l'humidité est par exemple de 90% à 95% le cheveu s'allonge beaucoup moins que lorsqu'elle varie de 20% à 25%. Pour cela les instruments sont munis d'un mécanisme qui permet de compenser ces différences.

Cet hygromètre mesure l'humidité relative H entre 20% et 100%, pour des températures de -30°C à $+70^{\circ}\text{C}$.

-Hygromètre Piezo électrique

Cette méthode est utilisée pour mesurer les traces d'humidité dans les gaz. Un cristal de quartz est recouvert d'une résine hygroscopique. Sa fréquence d'oscillation varie en fonction de l'humidité. La mesure de la variation de mesure avec celle d'un cristal de référence ^{est} scellé afin d'être à l'abri des contaminations.

Cet appareil peut détecter des niveaux d'humidité aussi bas que 0,02 p.p.m (p.p.m = millionième = 10^{-6})

IV. Présentation du capteur utilisé par la station météorologique (C.D.T.A. Laboratoire E.S.R.)

Le capteur utilisé est le n°800, il détermine l'humidité relative de l'air, c'est à dire le rapport entre la tension de vapeur réelle et la tension de vapeur maximale possible à la température considérée. Son fonctionnement est basé sur la variation de la longueur d'éléments fibreux en fonction de l'humidité. Ces éléments fibreux se caractérisent par rapport aux cheveux humains traités et normalement utilisés dans les hygromètres par un temps de réponse particulièrement court et une utilisation possible jusqu'à -60°C .

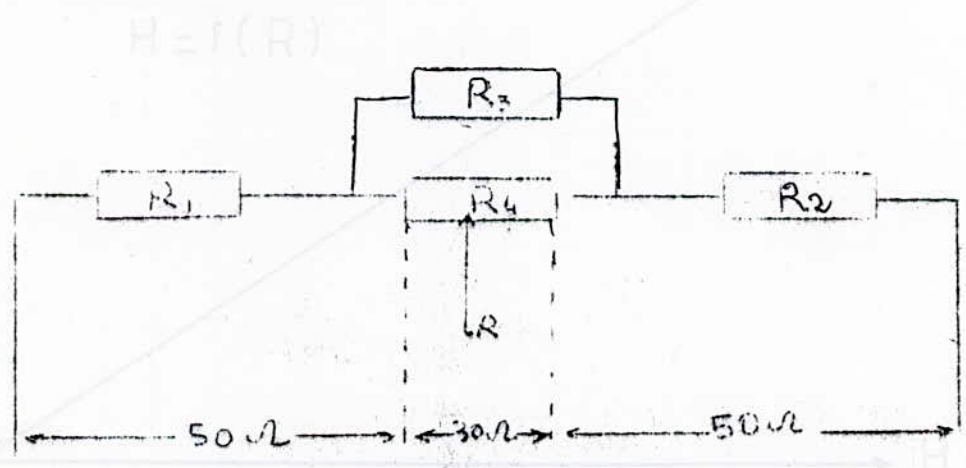
Le cadran est menu d'une aiguille qui permet de lire l'humidité atmosphérique locale sur l'échelle graduée en % d'humidité relative quand l'aiguille indique par exemple 60% de la quantité maximale de vapeur d'eau possible à la température considérée.

Principe

La télétransmission des valeurs mesurées est rendue possible par la transformation des variations de longueur de l'élément de mesure en variation de résistance. Ces appareils sont équipés dans ce but d'un télétransmetteur à résistance, dont le curseur est disposé sur l'axe de l'aiguille. Le curseur divise l'enroulement du télétransmetteur en deux branches dont le rapport de résistance varie avec la position du curseur, c'est à dire avec l'humidité. Le raccordement s'effectue généralement sur un appareil à cadres croisés (indicateur enregistreur ou régulateur) dont l'aiguille décrit pratiquement sans retard et en synchronisation avec l'aiguille du transmetteur, selon le rapport des courants partiels dans les deux branches résistantes.

Caractéristiques du transmetteur d'humidité n°=800

C'est un transmetteur d'humidité avec un élément de mesure à fibres et un transmetteur à résistance équilibré à la valeur standard (50 - 30 - 50) Ω.



HUMIDITE RELATIVE FN %	RESISTANCE FN (50 - 30 - 50) Ω	
	A-R	F-R
0	50,00	80,00
5	52,83	77,17
10	55,32	74,68
15	57,55	72,45
20	59,57	70,43
25	61,43	68,57
30	63,10	66,90
35	64,63	65,37
40	65,97	64,03
45	67,27	62,73
50	68,47	61,53
55	69,57	60,43
60	70,67	59,33
65	71,72	58,28
70	72,77	57,23
75	73,83	56,17
80	74,88	55,12
85	76,00	54,00
90	77,17	52,83
95	78,48	51,52
100	80,00	50,00

D'après ces valeurs de résistance on a la courbe caractéristique du télétransmetteur à résistance

V. Carte interface du capteur d'humidité

Vu que le capteur d'humidité utilisé par la station météorologique (C.D.T.A, Laboratoire ESR) est basé sur le même principe que celui du capteur de pression donc la partie électronique sera la même (voir chapitre III.)

CHAPITRE V

17 CAPTEUR DE TEMPERATURE

I. Généralités

La notion de la température a son origine dans la sensation qui nous fait dire qu'un corps est chaud ou froid la température agit sur un nombre considérable de phénomènes et très souvent on cherche à en minimiser les effets. Pour la mesure des températures, on exploitera ses influences les plus marquées et les plus pures qui se traduisent par des lois simples linéaires de préférence.

Ainsi les effets suivants sont les plus utilisés:

- 1) Dilation d'un solide, d'un liquide, ou d'un gaz
- 2) La force électromotrice de contact entre deux corps différents.
- 3) Variation de résistance électrique
- 4) Variation de fréquence
- 5) Variation du courant d'un semi conducteur
- 6) Rayonnement
- 7) Effet photoélectrique ou photovoltaïque
- 8) Emission thermo-électronique
- 9) Ampleur du bruit thermique

d'une résistance

Mesure de température:

La mesure et le contrôle des températures nécessitent l'emploi de capteurs ou de sondes souvent très élaborés et une mise au point délicate.

a) les sondes à thermoresistances

Elle sont basées sur la variation de la résistivité des métaux en fonction de la température. Pour cela, on sait que la résistivité des métaux varie avec la température suivant la température.

$$R_t = R_0 (1 + \alpha T)$$

-R_t Resistance à la température T

R₀ Résistance à 0°C

α Coefficient de température du métal

T Température en °C

choix du métal

On a intérêt à choisir un métal ayant une résistance élevée, pour deux raisons:

-L'erreur du système est réduite lorsque la valeur nominal de la sonde est élevée.

-Plus la resistivité est élevé moins il faudra de métal ce qui traduira par une sonde plus petite, ayant une réponse rapide aux variations de température.

L'or et l'argent sont rarement utilisés à cause de leur faible résistivité, le Tungstène n'est utilisé qu'aux températures élevées car il est fragile. Le nickel est non linéaire et dérive dans le temps. Le platine a une bonne linéarité mais sa faible resistivite conduit à réaliser des sondes plus encombrantes.

- Classement des sondes

On peut les classer en deux familles: les sondes cylindriques (Fig 5₁ et 5₂) et les sondes plates (Fig 5₃)

Dans les sondes cylindriques, le conducteur est un bobinage simple ou double.

Les sondes plates consistent en une "grille" de fil résistant prise entre deux supports isolants.

1) Les sondes plates en nickel : ressemblent aux jauges de contraintes mais celles-ci ne sont pas linéaires, pour assurer cette linéarité: c'est de shunter par une résistance fixe dont la valeur est triple de celle de la sonde, à 23,9°C soit 150°C. La sensibilité est réduite mais l'erreur de linéarité est réduite à + 2°C pour $- 180^{\circ}\text{C} < T < + 250^{\circ}\text{C}$.

2) Les sondes en cuivre: ont l'avantage d'avoir une bonne linéarité ce qui simplifie les circuits de mesure puisqu'il est inutile d'utiliser les systèmes de linéarisation.

b) Les sondes à thermistances:

Les Thermistances sont des résistances fabriquées à partir de matériaux semi-conducteur sensibles à la température. Elles existent sous plusieurs formes et peuvent être conçues avec des coefficients de température négatifs (C.T.N.) ou positifs (CTP)

Les types CTN sont souvent employés pour la mesure précise et la compensation de température

Les types CTP sont employés pour la protection contre les excès et la compensation de température.

-Principe:

La C.T.N fait partie de la catégorie des résistances non linéaires. En fait, leur résistance varie très fortement avec la température lorsque cette dernière augmente, la résistance diminue et inversement (voir Fig 5.4)

En examinant la courbe de réponse de la CTN, on remarque qu'il n'est pas possible d'exprimer R en fonction de température par le biais d'une fonction hyperbolique simple du type $R = \frac{K}{t + C}$. On peut y arriver en effectuant ce qu'on appelle "Translation de repère orthonormé". En choisissant un nouveau système d'axes orthonormés, on définit deux nouveaux axes qui sont:

$$T = t + c; \text{axe des températures}$$

$$R = R_{ctn} + a; \text{axe des températures}$$

Ainsi l'équation de la courbe de réponse dans l'ancien système d'axes devient

$$R_{ctn} + a = \frac{K}{t + c}$$

linéarisation par assimilation à une hyperbole équilatérale

En partant de courbe de réponse, on peut calculer K, a et C à partir:

t_1	$-1,5^\circ\text{C}$	t_2	$10,5^\circ\text{C}$	t_3	23°C
R_1	$40 \text{ K}\Omega$	R_2	$21 \text{ K}\Omega$	R_3	$12,5 \text{ K}\Omega$

On aboutit alors à trois équations, K, a et C

les valeurs obtenus sont

$$a = 4,35 \text{ K}\Omega$$

$$C = 15^\circ\text{C}$$

- Ces considerations nous ont ramenés à choisir différentes possibilites de linéarisation.
- Soit d'insérer une résistance de 4,39 k en serie avec la CTM d'ajouter systématiquement 15°C au relevé.
- Soit par integration réalisée par microprocesseur
- Soit par circuit adaptateur

Thermistances interchangeables:

C'est en 1955 que fut crée la première thermistance interchangeable C'est à dire que l'on peut remplacer par une autre du même modèle, sans devoir refaire l'étalonnage du système de mesure.

Si l'erreur ne dépasse pas + 0,2°C, on dira que la thermistance est interchangeable à + 0,2°C (voir Fig. 5.5)

Thermistances linéaires

Pour obtenir des caractéristiques résistance température à peu près linéaires, on les combine avec des résistances internes ou externes.

On obtient une linéarité meilleure que 0,2% de 0°C à + 100°C. Le principe ces schémas repose sur le montage d'une thermistance R (T) et d'une résistance fixe R₀ soit en serie, soit en parallèle

Montage en série (voir Fig. 5.6)

LES SONDES

-48-

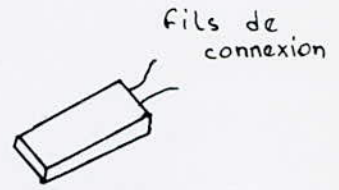
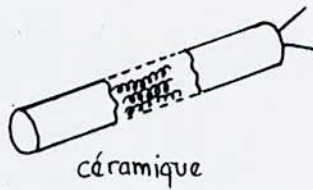
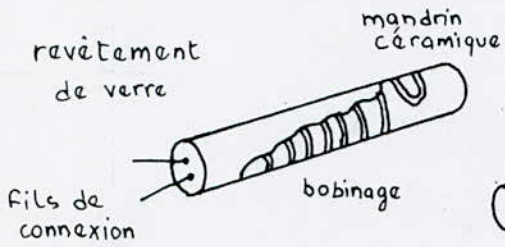
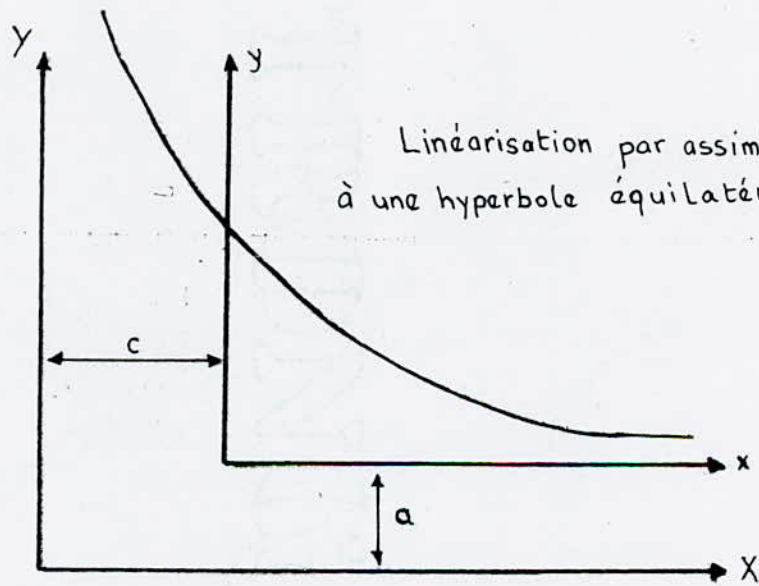
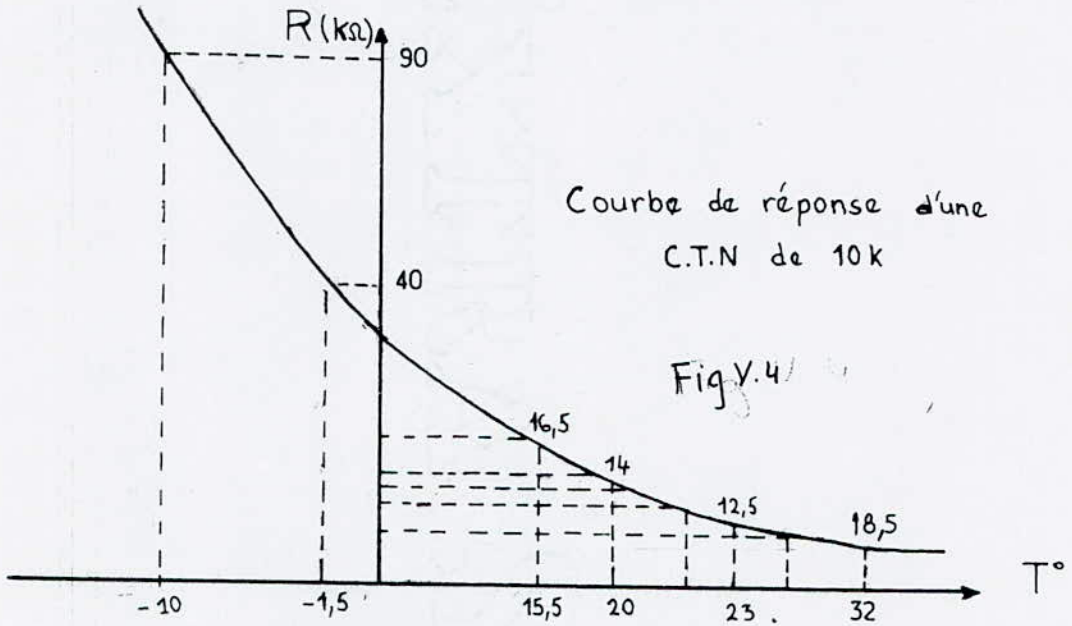


fig V.1

fig V.2

fig V.3



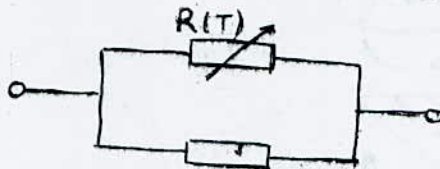
La résistance équivalente est

$$R_e = R(T) + R_0$$

et l'intensité est $I = \frac{E}{R(T) + R_0} = f(T)$

On remarque que la courbe $I = f(T)$ a un point d'inflexion au voisinage duquel la courbe est sensiblement rectiligne. On démontre que la température au point d'inflexion ne dépend que de la nature du matériau constituant la thermistance et du rapport $R(25^\circ\text{C})/R_0$

Montage en : (voir Fig. 5.7)



$$R_{eq} = \frac{R(T) R_0}{R(T) + R_0}$$

Elle **augmente** lorsque la température augmente

.. Caractéristiques résistances températures

La résistance d'une thermistance est liée à sa température pour la formule théorique suivante.

$$\frac{R_1}{R_2} = b \left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right]$$

$R_1 \neq R_2$: résistances aux températures absolues T_1 et T_2

b: indice de sensibilité thermique(en °K)

Cette formule n'est valable que dans une plage étroite de température, car b augmente avec la température, et l'erreur augmente à mesure que l'étendu de mesure augmente.

Par exemple l'erreur est de + 0,3°C pour une thermistance typique dont la gamme de 0°C à + 50°C

Tolérances normalisées à 25 °C.

Classe de Tolérance	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
Ecart (25°C de R en %	0,05	0,1	0,2	0,25	0,5	1	2	2,5	5	10

-Précautions d'emploi des thermistances:

Les thermistances étant constituées de semi-conducteurs, sont plus vulnérables aux hautes températures accidentelles que les thermocouples et les sondes à thermorésistances. On évitera donc de les utiliser là où la température risque de dépasser la température maximale admissible.

Mais les thermistances peuvent provoquer des erreurs par auto-échauffement, ce dernier se traduit par une variation de la valeur de la résistance nominale.

Pour éviter cet auto échauffement on doit limiter à 1% La variation relative de la résistance nominale R

C'est à dire .

Capteurs de température à S.C à jonctions

Pendant longtemps on a considéré que la sensibilité à la température des diodes et des transistors était un inconvénient, mais elle peut être mise à profit pour réaliser des capteurs de température à des gammes de températures faibles et doit être protégé par une résine

Les capteurs à diode

- Mesure du courant inverse:

- Le courant inverse I_0 croit avec la température pour une diode de silicium il double quand la température augmente de 70°C . Ce courant I_0 dépend très peu de la tension d'alimentation.

Ce type de capteur est très sensible et consomme peu de courant.

Mesure de la chute de tension directe

- La chute de tension aux bornes de la diode diminue lorsque la température de celle-ci augmente, puisque sa résistance diminue de 650Ω à 270Ω quand la température passe de 0 à 100°C la sensibilité de ce dispositif est de $3,8\text{mV}/^\circ\text{C}$

d) Les capteurs à transistors:

On pouvait croire que ce sont des capteurs de températures idéaux vu leur linéarité et leur fiabilité. Mais leur principal inconvénient est la dispersion de leurs caractéristiques ce qui ne les rend pas interchangeables.

L'étendue de mesure est de -50°C à $+150^{\circ}\text{C}$. La limite supérieure est due aux courants de fuite, alors que la limite inférieure est le résultat de la diminution du gain du transistor.

On utilise les transistors de deux manières pour mesurer la température. (voir fig V 8 et V 9)

Connexion en diode: la mesure utilise la variation de V_{BE} en fonction de la température. La sensibilité est de 2 à $2,5 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$

- Connexion en transistor: Cette méthode exige un circuit électronique un peu plus important. Aussi est-elle surtout intéressante sous forme de circuit intégré. Elle fournit un signal de sortie linéaire ce qui améliore beaucoup l'interchangeabilité entre capteurs.

Les capteurs à circuits intégrés

Les capteurs de température à circuits intégrés sont disponibles avec sorties en courant ou en tension. Les sensibilités habituelles sont de l'ordre de $1 \text{ A}/^{\circ}\text{C}$ ou $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$.

Leurs principales qualités sont une linéarité exceptionnelle une intégration de tous les éléments sous un très faible volume puisqu'il s'agit d'un circuit intégré.

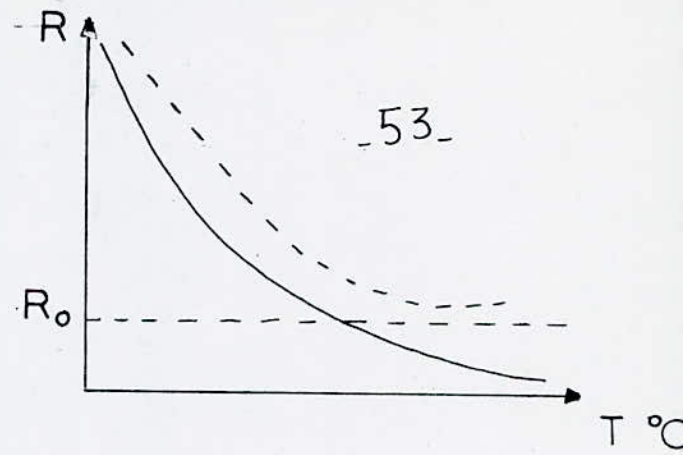
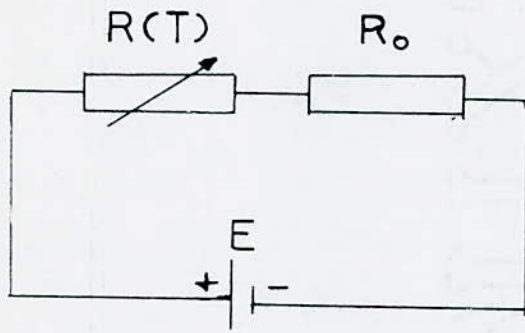


Fig: 5.6 Montage en série

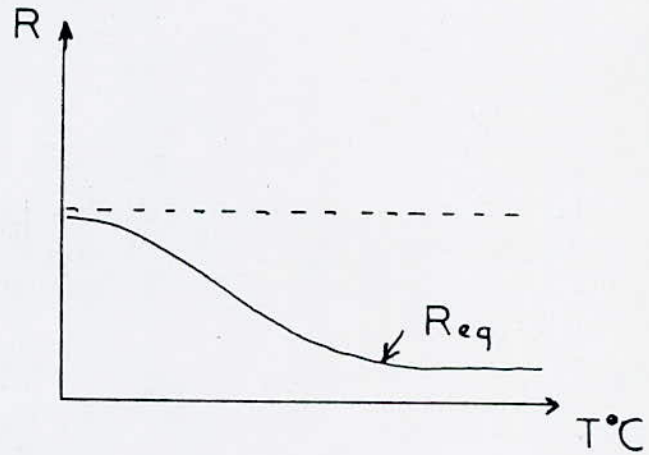
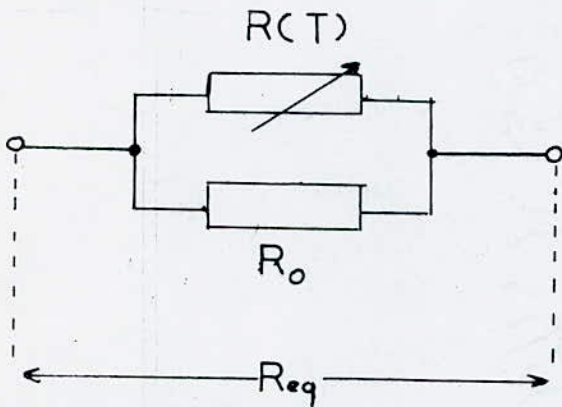


Fig: 5-7 Montage en parallèle

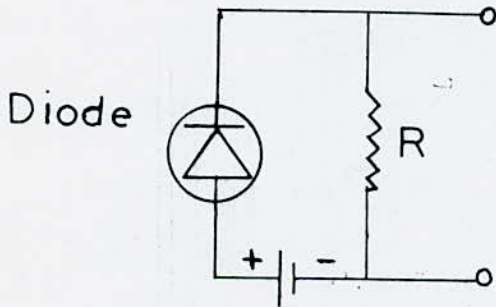


Fig: 5.8

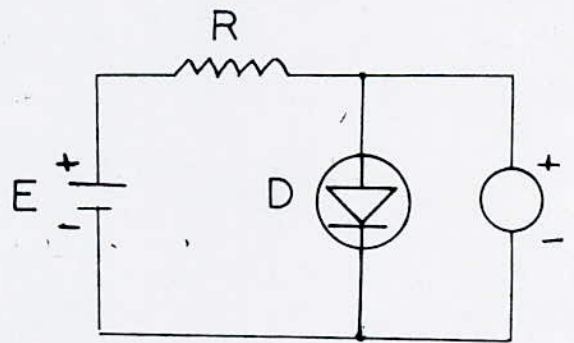


Fig: 5-9

Par contre, ils exigent les mêmes précautions d'emploi que les thermistances et leur étendue de mesure est limitée (- 100°C à + 150°C)

-Capteur de température à quartz

On sait que l'on stabilise la fréquence d'un oscillateur à l'aide d'un cristal de quartz utilisé comme diélectrique dans un condensateur plan. Cependant les variations de la température ambiante font légèrement dériver la fréquence de cet oscillateur, cette sensibilité à la température peut être mise à profit pour réaliser des capteurs de températures. A cet effet, on taille de manière à augmenter cette sensibilité

Il existe également des circuits intégrés remplissant les fonctions d'oscillateur et de fréquence-mètre, qui permettent de réaliser des capteurs à quartz de faible encombrement; Ces capteurs délivrent un signal de fréquence variable avec la température.

-Pyromètres:

Les pyromètres optiques à radiations infrarouges permettent de mesurer les températures sans contact. Leur domaine d'application s'étend au contrôle des températures d'objets en mouvement, peu accessibles et de corps mauvais conducteurs de la chaleur.

Le faible temps de réponse est une autre qualité des pyromètres optiques.

On peut classer les pyromètres en deux catégories:

- Les modèles portatifs qui affichent la température sans délivrer le signal

-Les modèles à poste (capteurs) qui délivrent un signal électrique utilisable en régulation par exemple

↳ -Présentation du capteur utilisé par la station météorologique (C.D.T.A., Laboratoire F.S.R)

Il sert à la mesure de température particulièrement à l'air libre. La mesure de température est faite à l'aide d'une résistance en fil de platine 100Ω à 0°C, introduite dans un abri ventilé, l'abri est constitué d'une cloche. un ventilateur est fixé sur la partie supérieure de la cloche et a pour but d'assurer une ventilation par aspiration dans le cylindre central où est placée la sonde, tout cela est implanté sur un petit pylone orienté au nord, de façon à minimiser l'influence du rayonnement.

-La sonde platine

C'est un composant électronique constitué par un filament résistant de platine enrobé par du verre.

Il existe différents types de thermosondes:

- Thermosonde plate (pour la mesure des températures de surface).
- Thermosonde cylindrique (pour être placée dans une gaine de protection métallique)

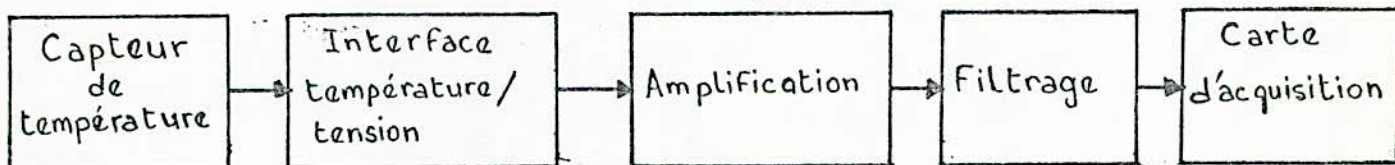
- Propriété des thermosondes

Stabilité: Les caractéristiques électriques du platine sont invariables à une même température, d'où une grande stabilité de la thermosonde dans le temps.

Caracteristiques du Capteur utilisé:

- Puissance consommée 35 V.A pour environ 3000 Heures de fonctionnement.
- La résistance de mesure platine 100 à 0°C correspond à 43 760 Din, mais avec des limites d'erreurs réduites de + 0,1 K et 0°C
- La vitesse de ventilation de l'ampoule de mesure avec moteur en fonctionnement est 3,5m/S

VII. Réalisation de l'adaptateur



-Interface température/ Tension

Le schéma d'un tel circuit est donné à la Fig.V
Le montage permet de traduire les variations de résistance d'une sonde platine 100, en une variation de tension. De plus il élimine toute la dérive en sortie due aux fluctuations de la tension résiduelle d'entrée grâce au potentiometre P₁
Il ne restera donc que la variation due à la dérive du courant résiduel d'entrée du transistor double le 2 N2642(caractéristiques voir annexe).

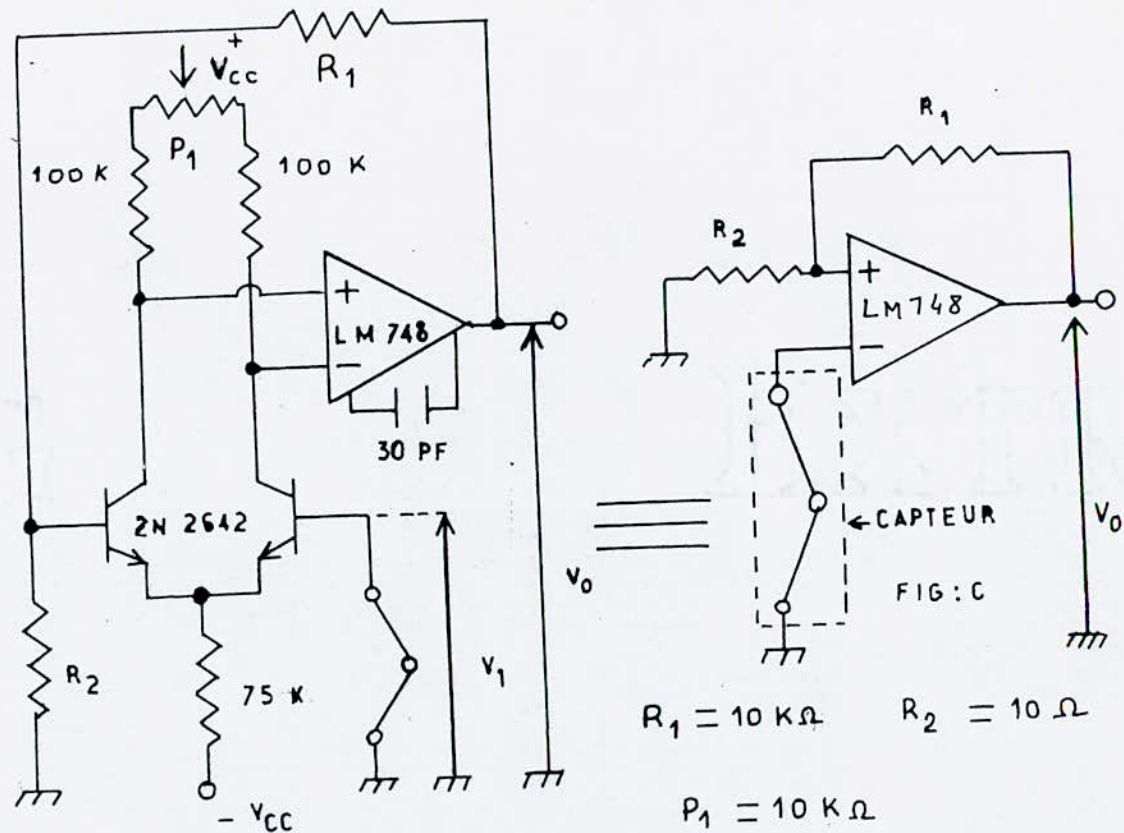
Ce courant est extrêmement réduit et son influence peut encore être minimisé en attaquant le montage par des sources à basses impédances.

La tension V_e aux bornes du capteur varie entre 0,10 et 0,12 mV (correspondant respectivement à une variation de température entre 0°C et 50°C). Une amplification s'impose.

Amplification (Voir Fig. V)

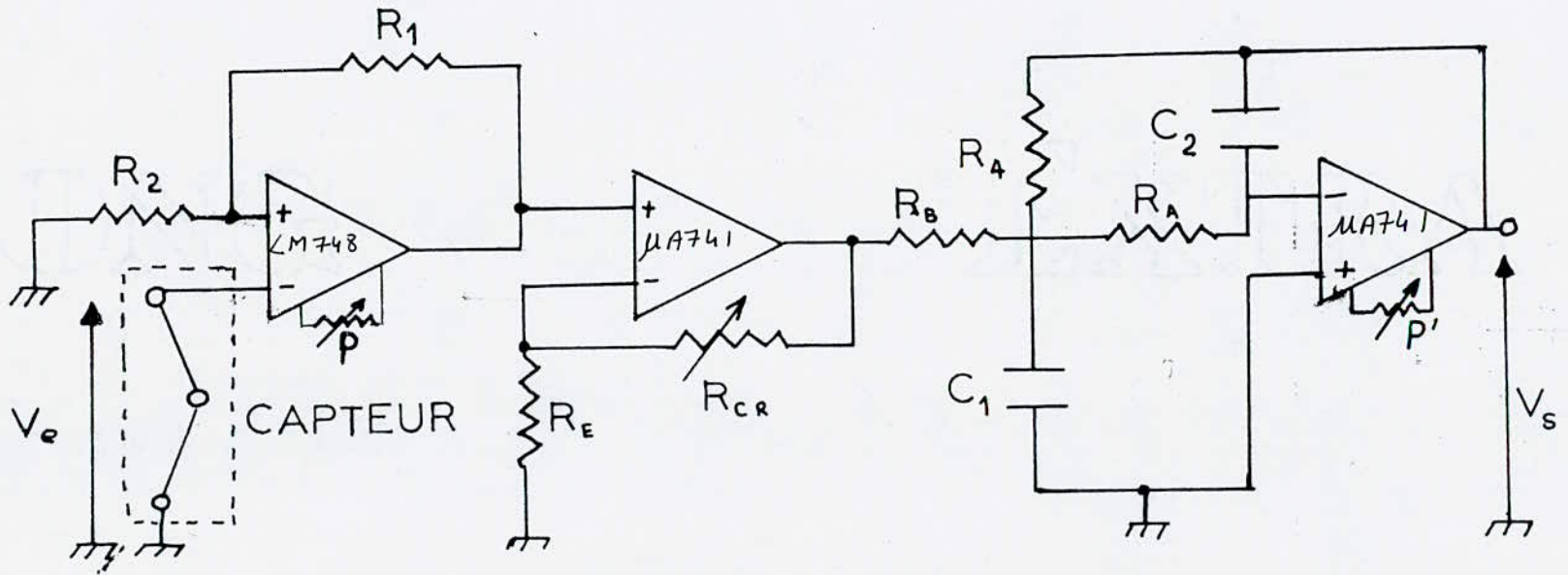
-On utilise le montage amplificateur classique dont le gain est fixé à 10.

De la même manière que pour les autres adaptateurs le signal devra être filtré (voir partie filtre).



AMPLIFICATEUR POUR THERMOSONDE A DERIVE
REDUITE

ADAPTATEUR POUR CAPTEUR DE TEMPERATURE



$$R_1 = 100 \Omega$$

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

$$R_E = 100 \text{ K} \Omega$$

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

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

$$R_4 = 10 \text{ K} \Omega$$

$$R_A = 4,7 \text{ K} \Omega$$

$$C_1 = 1,5 \mu\text{F}$$

$$C_2 = 0,33 \mu\text{F}$$

$$P = P' = 10 \text{ K} \Omega$$

17-2 ALIMENTATION

C'est une alimentation symétrique, régulée et filtrée délivrant une tension ± 12 V avec un débit de courant de 1 A.

Schéma voir Fig VI. -1

Calcul du transformateur

Il doit transmettre une puissance de 36 V.A

Les caractéristiques sont les suivantes:

- Tension du primaire 220 volts.
- Tension du secondaire 2 x 18 volts (en charge)
- Fréquence du courant 50 HZ
- Le noyau a pour références 35 T 13 (selon les disponibilités du laboratoire).

- Le nombre de spires par volts 10,95
- Intensité dans le primaire $I_p = 5$ A

CHAPITRE VI

on calcul:

- Le nombre de spires du primaire

$$10,95 \times 220 = 2409 \text{ spires}$$

- Le nombre de spires au secondaire à vide:

$$N_s = U_s \times \text{Nombre de spires par volts}$$

$$= 10,95 \times 36 = 394,2$$

- Le nombre de spires au secondaire en charge

il faut augmenter N_s par un pourcentage.

$$\frac{P_{\text{max transmise}}}{P_{\text{apparente}}} = \frac{41}{3,6} = 11,38\%$$

Le nombre de spires à ajouter est:

$$\frac{394,2 \times 11,38}{100} = 44,8 \text{ spires}$$

Le nombre de spires au secondaire en charge

$$N = 394 \times 44,8 = 439 \text{ spires}$$

-Le courant du primaire

$$I_P = \frac{P_S}{\eta \times U_P} = \frac{36}{0,84 \times 220} = 0,195 \text{ A}$$

-Le courant dans le secondaire

$$I_S = \frac{P_S}{U_S} = \frac{36}{36} = 1 \text{ A}$$

-La densité de courant Δ est de $5,4 \text{ A/mm}^2$.

-Les diamètres des fils sont:

.diamètre du primaire

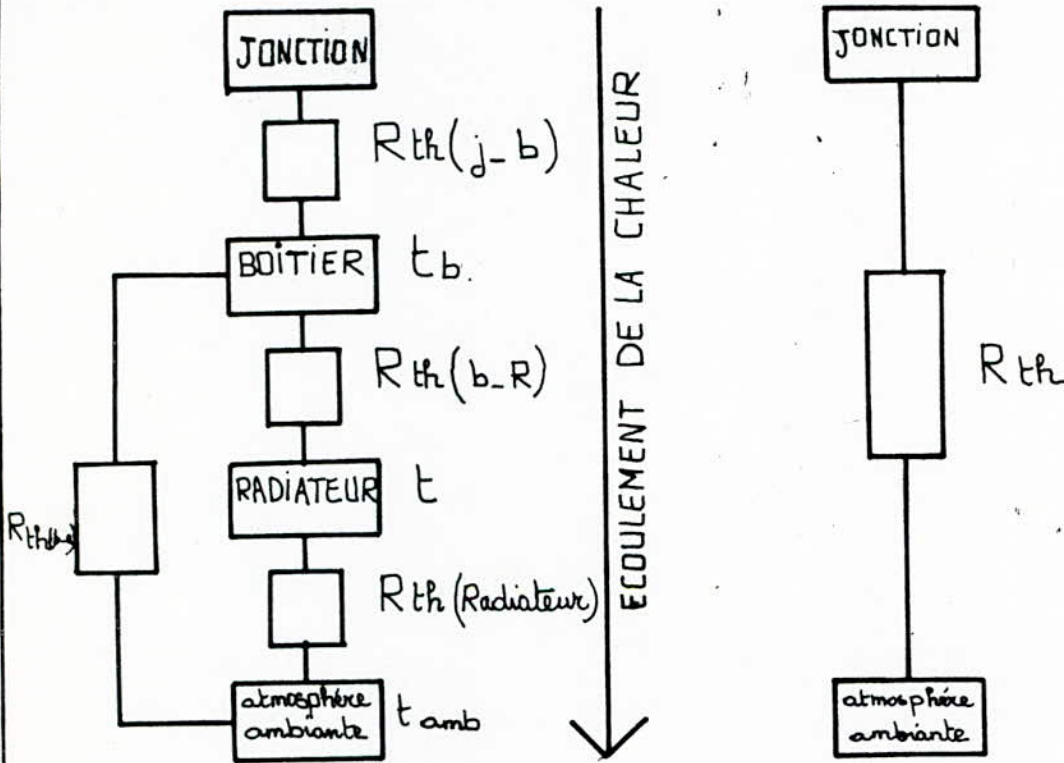
$$d = 1,13 \sqrt{\frac{I_P}{\Delta}} = 1,13 \sqrt{\frac{0,195}{5,4}} = 0,21 \text{ mm}$$

.diamètre du secondaire

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{I_S}{\Delta}} = 1,13 \sqrt{\frac{1}{5,4}} = 0,48 \text{ mm}$$

Les régulateurs utilisés dans l'alimentation doivent faire l'objet d'un refroidissement d'où calcul du radiateur.

CALCUL DU RADIATEUR



La résistance thermique globale R_{th} est donnée par la formule :

$$R_{th} = \frac{T_{jmax} - T_{ambmax}}{P_{dmax}}$$

$$R_{th} = \frac{150 - 40}{50} = 2,2^\circ C/w$$

La résistance thermique du refroidisseur sera :

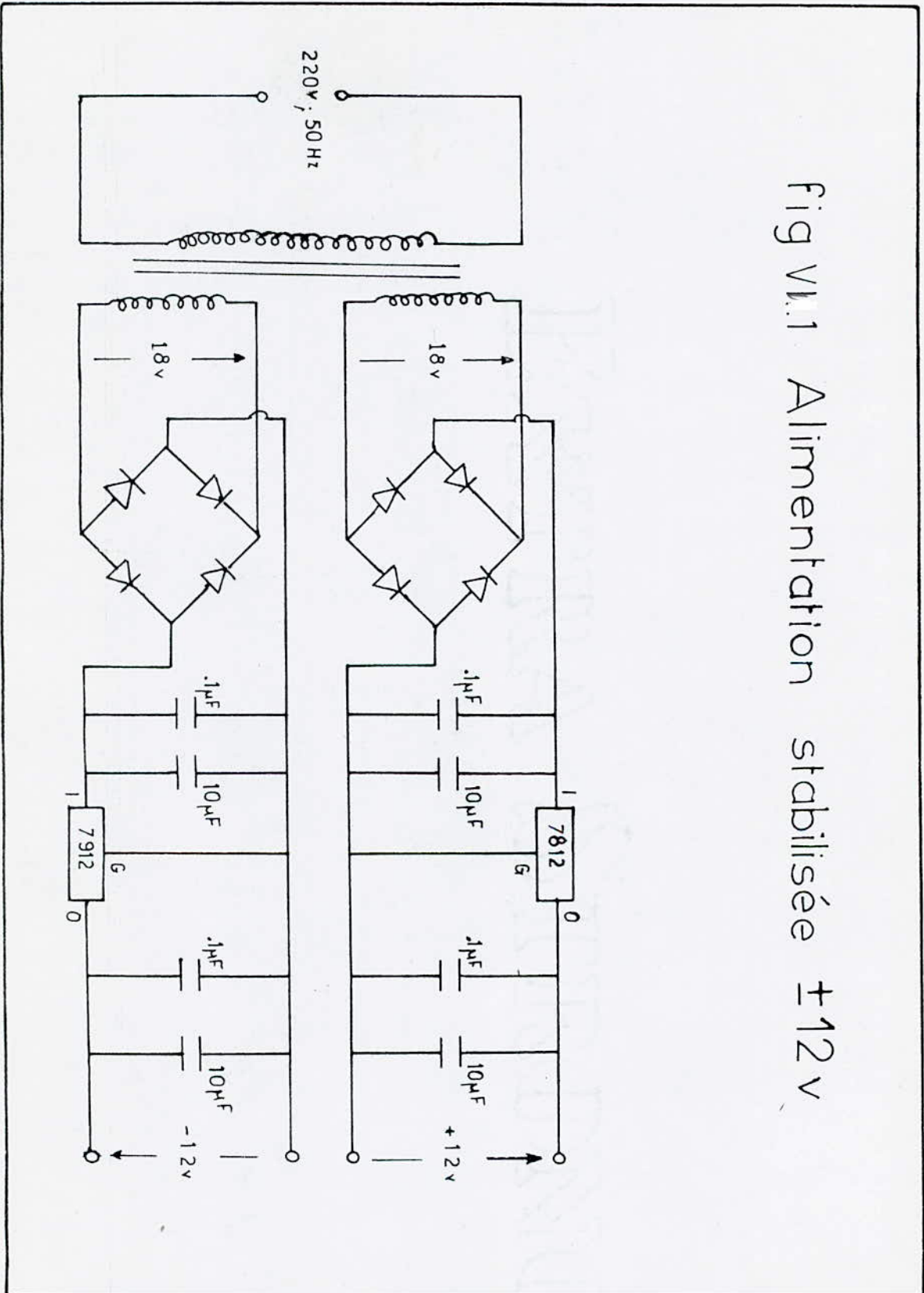
$$R_{th}(radiateur) = \frac{1}{\frac{1}{R_{th} - R_{th}(j-b)} - \frac{1}{R_{th}(b-a)}}$$

$$R_{th}(b-a) = 38^\circ C/w$$

$$R_{th}(j-b) = 2^\circ C/w$$

$$R_{th}(R) = 0,2^\circ C/w$$

Fig VI.1 Alimentation stabilisée $\pm 12\text{ v}$



II CALCUL DU FILTRE

Pour éliminer tout parasite introduite par les câbles de connexion ainsi que par le secteur un filtrage est nécessaire.

On a adopté un filtre passe-bas du second ordre actif.

Le chema est donné à la Fig 1.

-Calcul de la fonction de transfert.

$$V_e = R I + R I_1 + V_s$$

$$R I_1 = (R_3 + \frac{1}{C P}) I_2$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$V_e R I + \frac{1}{C P} I_3 = - C_1 p V_s$$

$$I_1 = (R_3 + \frac{1}{C P}) \frac{1}{R_4} (-C p) V_s$$

$$I_1 = - (C_1 \frac{R_3}{R_4} p + \frac{1}{R_4}) V_s$$

$$\frac{1}{C_2 P} I_3 = R_3 I_2 \quad I_3 = C_2 P R_3 I_2$$

$$I_3 = - C_2 P R_3 C_1 P V_s = C_1 C_2 R_3 P^2 V_s$$

$$V_e = - R_1 (C_1 P + C_1 \frac{R_3}{R_4} P + \frac{1}{R_4} + C_1 C_2 R_3 P^2) V_s$$

$$\frac{V_e}{V_s} = - (R_1 C_1 P + R_1 \frac{R_2}{R_3} C_1 P + \frac{R_1}{R_3} + C_1 C_2 R_1 R_2 P^2 + C_1 R_2 P)$$

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{1}{p^2 + \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) \frac{1}{C_2} p + \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_3}}$$

Elle suit la forme:
$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{H \omega_0^2}{p^2 + a \omega_0 p + \omega_0^2}$$

D'où l'on déduit

$$a = (R_1 + 2R_2) \sqrt{\frac{C_1}{R_1 R_2 C_2}}$$

H représente le gain il est égal à 1

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_2 R_3 C_1 C_2}}$$

-Calcul des éléments du filtre

La fréquence de coupure du filtre doit être inférieure à celle du secteur. Elle est fixée à 30 Hertz

Le calcul des éléments du filtre demandent un développement mathématique très puissant pour cela on utilise directement les équations établies par des laboratoires disposant du matériel et de personnel performant conduisant à leur détermination

$$C_1 = 0,33 \mu\text{F} \quad \text{et } f_0 = 36 \text{ Hz}$$

$$C_1 = \frac{K}{2\pi f_0} \quad K = 74,60 \cdot 10^{-6}$$

a est donné par $\sqrt{2}$

$$C_2 = \frac{4}{a} (H + 1) \frac{K}{2} = 1,31 \mu\text{F}$$

$$R_1 = \frac{a}{2 \text{ HK}} = 9,3 \text{ k valeur normalisée } R_1 = 10 \text{ k } \Omega$$

$$R_2 = \frac{a}{2(H + 1)K} = 4,7 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = H \cdot R_1 \quad R_3 = 10 \text{ k}\Omega$$

Pour une meilleure précision ayant des valeurs normalisées pour les composants $F_0 = 36,18 \text{ Hz}$.

ANNEXE



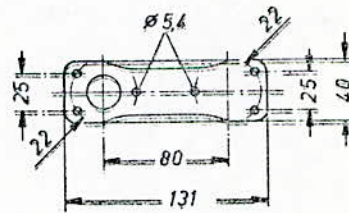
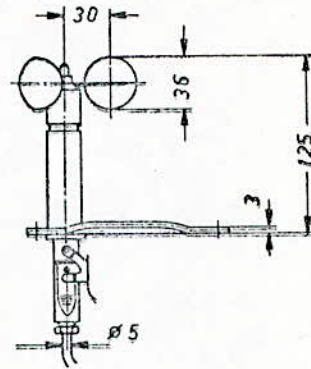
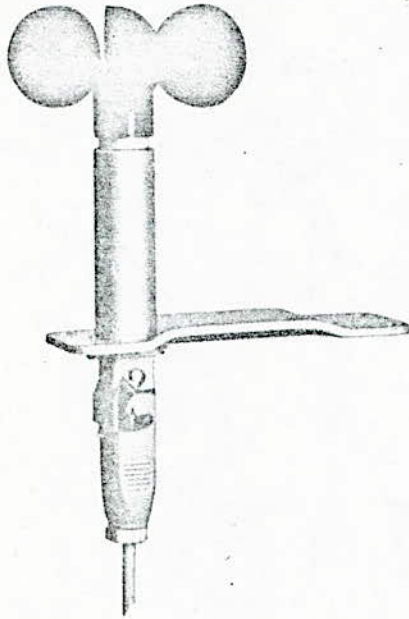
Wilh. Lambrecht GmbH
3400 Göttingen

TRANSMETTEUR POUR LA VITESSE
DU VENT
petit modèle

Pr No. :
1457 S2

- f - | 5,83

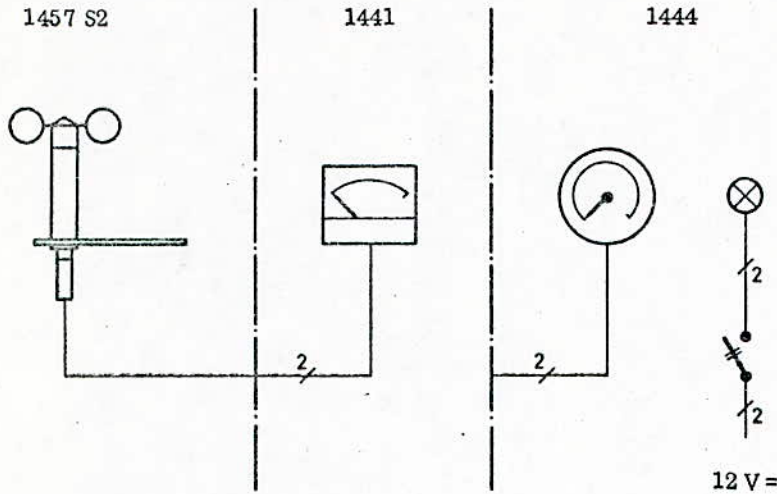
Feuille 1 (1)



No. 1457 S2 Transmetteur pour la vitesse du vent; petit modèle; en aluminium résistant aux intempéries, surface: eloxée; avec étoile à trois cupules comme élément de mesure et avec génératrice à courant continu accouplée pour la conversion du nombre de tours de l'étoile à cupules, proportionnel à la vitesse du vent, en valeurs de tension analogues, servant à l'opération des indicateurs pour la vitesse du vent No. 1441/No.1444 ou des déclencheurs de signal No. 14785... (une connexion d'un maximum de 3 indicateurs, couplés en série, est possible lors d'une réduction correspondante de la résistance interne de l'indicateur). Décharge de courant de la génératrice à $v = 35$ m/s et à $R_a = 2000 \Omega : 1$ mA. Seuil de démarrage de l'étoile à cupules: env. 1 m/s;

axe de l'étoile à cupules tournant dans des paliers à billes inoxydables; collecteur et balais de la génératrice en alliages à base d'or absolument anticorrosifs; charge maximale du transmetteur: env. 60 m/s; utilisable dans l'étendue de température de -35 à $+80^\circ\text{C}$; connexion électrique au moyen d'une combinaison de fiches, étanche à l'eau et fixée à la base, et par les 15 m de câble de connexion à 2 conducteurs fournis; résistance en ligne négligeable chaque conducteur: 10Ω (\approx env. 250 m en cas de 0.5 mm^2); diverses possibilités pour la fixation du transmetteur à l'aide du collier de fixation rivé à la base; dimensions: voir schémas d'encombrement; poids sans câble: env. 0,135 kg; poids avec câble: env. 0,650 kg.

Schémas de connexions pour des installations anémométriques standard
avec le transmetteur No. 1457 S2



Explications des symboles de couplage:



câble de connexion à 2 conducteurs



commutateur "marche - arrêt", bipolaire



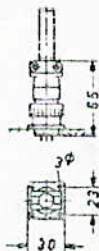
illumination de l'échelle (incorporée dans l'indicateur)

qui concerne les installations anémométriques standard
illumination de l'échelle présentées ci-dessus, le voltage
nécessaire doit être déconnectable. Ci-après un
tateur approprié est spécifié. En outre, il est recom-
d'utiliser pour les installations anémométriques non-
naires une combinaison de fiches à 2 pôles servant à la
tion rapide des câbles.

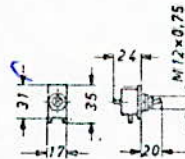
matique; pour montage intérieur; dimensions: voir schémas
d'encombrement; poids: env. 0,020 kg.

utateur "marche - arrêt", bipolaire; avec
ous filetés et contacts à coutes à nettoyage auto-

Combinaison de fiches à 2 pôles, étanche à l'eau; pour la séparation des câbles à 2 conducteurs; comprenant une fiche noyable et vissable et une prise de courant libre; la combinaison contient en outre un bouchon fileté qui ferme la prise étanche à l'eau en cas de câbles séparés; dimensions: voir schémas d'encombrement; poids: env. 0,080 kg.



combinaison de fiches à 2 pôles



commutateur bipolaire

Indicateurs: cf. notice No. 1441, 1444, 1446



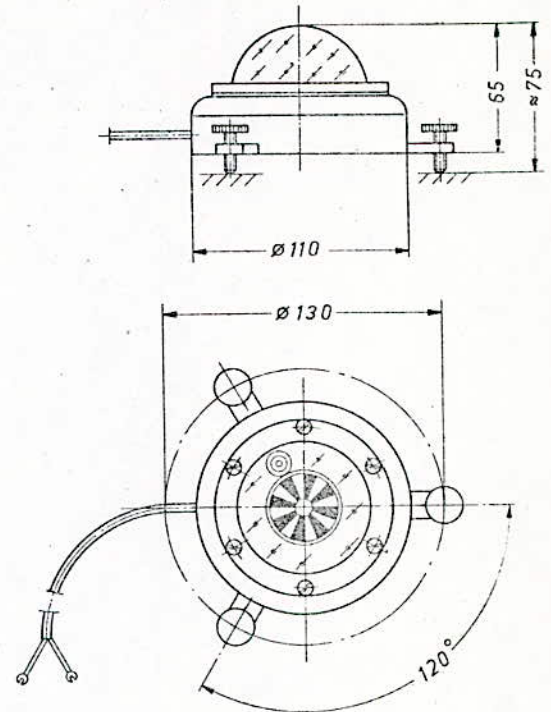
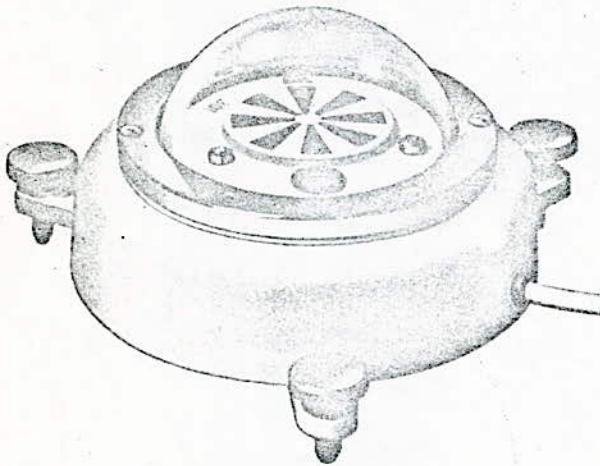
Wilh. Lambrecht KG
34 Göttingen

PYRANOMETRE ETOILE
D'APRES DIRMHIRN

Pr No. :
1610

- f - | 5.79

Feuille 1 (1)



No. 1610 Pyranomètre étoile d'après Dirmhirm; pour la mesure de composantes à onde courte des courants énergétiques qui atteignent la surface horizontale de la terre sous forme de lumière et rayonnement calorifique dans la gamme de longueur d'onde de $0,3$ à $3 \mu\text{m}$. Cette radiation totale se compose du rayonnement direct du soleil, du rayonnement du ciel et du rayonnement réfléchi. L'appareil comporte 16 plaquettes de cuivre, laquées alternativement noires et blanches, disposées en étoile, à échauffements divers. Mesure de la différence de température à l'aide de thermocouples placées du côté inférieur des plaquettes; sensibilité: env. $1,8 \text{ mV/J cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$. Ces thermocouples développent une tension électrique proportionnelle à l'intensité de radiation, qui est envoyée sur un appareil de mesure étalonné en $\text{J/cm}^2 \cdot \text{min}$ ou en mW/cm^2 . Un galvanomètre très sensible à la tension, par exemple avec une déviation pleine de 15 mV et une résistance interne de 200Ω , peut être utilisé pour une lecture directe. La valeur mesurée est transmise du pyranomètre étoile à

l'appareil indicateur par un câble à 2 conducteurs.

Si l'intensité de radiation doit être enregistrée, il est nécessaire d'utiliser un enregistreur par points ou à tracé continu, en liaison avec un amplificateur à grande amplification de la tension et résistance d'entrée élevée. Résistance interne du pyranomètre étoile: env. 25Ω ; durée de réglage (pour la pleine échelle): env. 20 s; linéarité totale entre tension aux bornes et intensité de radiation; réponse exacte en cosinus pour différents angles d'incidence pouvant atteindre une zone marginale de 10 à 15° ; plaquettes de cuivre isolées thermiquement du boîtier; demi-coupe en cristal poli, sans onde réfléchie, pour la protection contre les influences atmosphériques; avec cuve en plexiglas, dévissable, pouvant recevoir un dessiccateur destiné à éviter toute condensation; avec niveau à bulle et 3 vis de réglage pour rendre l'appareil horizontal; avec 2 mètres de câble de raccordement; dimensions: voir schémas d'encombrement; poids: env. $0,9 \text{ kg}$.



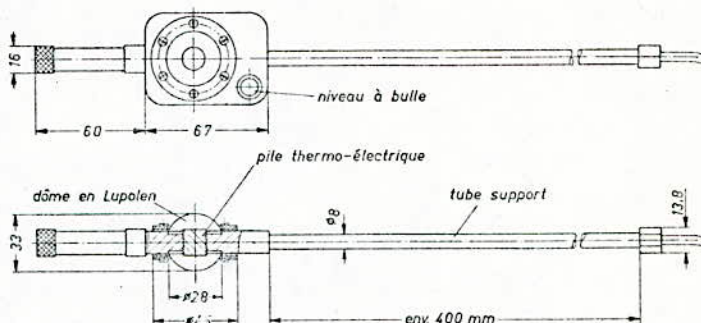
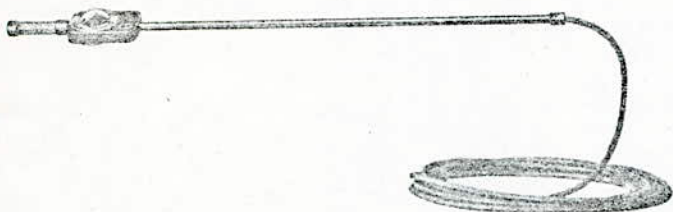
Wilh. Lambrecht GmbH
3400 Göttingen

CAPTEUR DE MESURE DU BILAN DE RADIATION

Pr + Ba No. :
1612

- f - | 1.82

Feuille (1)



L'appareil No. 1612 capte les composantes à onde courte et onde longue du bilan de radiation dans la gamme de 0,3 à 60 μm qui comprend les rayonnements solaires et célestes, le rayonnement des sources lumineuses artificielles et le rayonnement réfléchi par les surfaces.

L'intensité de radiation ne sera pas mesurée directement mais sous forme d'une différence de température produite par le rayonnement. L'appareil est à cet effet équipé d'un certain nombre de thermocouples raccordés en série.

La différence entre les rayonnement incident et réfléchi permet d'avoir immédiatement les renseignements sur les possibilités de chaleur en fonction des radiations.

La sensibilité du capteur de mesure du bilan de radiation est environ $2 \text{ mV/J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$. La tension délivrée est linéaire par rapport à la différence de radiation.

Ces appareils sont électriquement vieillissés et gardent leur sensibilité durant de nombreuses années. La résistance interne est environ 5Ω ; charge maximum: environ 1 mA. Un convertisseur (réf. cat. No. 876... respectivement No. 877...) doit être rajouté par la suite lorsqu'on raccorde le capteur de mesure du bilan de radiation à un système d'acquisition de données électronique ou à plusieurs indicateurs (réf. cat. No. 851 S ou No. 852 S) ou si une digitalisation des valeurs mesurées est nécessaire; entrée: environ $-4 \text{ à } +12 \text{ mV} \hat{=} -2 \text{ à } 6 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$; sortie: 0 à 20 mA courant indépendant de la charge; charge maximum: 600 Ω ; tension d'alimentation: 220 V, 50 Hz. Une partie cylindrique est utilisée comme support pour les thermopiles, qui sont disposées dans des appliques de montage et recouvertes de dômes en Lupolen ayant un diamètre de 28 mm. En cas de précipitations solides, par exemple neige ou gelée blanche, les dômes en Lupolen doivent être nettoyés. Ces dômes doivent être nettoyés de temps en temps, pendant l'été à l'aide d'un linge propre et humide.

l'alignement horizontal de l'instrument. Etant donné que l'appareil est d'une construction complètement symétrique, les côtés supérieur et inférieur sont marqués comme suit:

1 point	[•]	côté supérieur
2 points	[••]	côté inférieur

Le conducteur bleu de la ligne d'alimentation à deux conducteurs correspond à la ligne positive tandis que le conducteur noir correspond à la ligne négative. Le certificat d'épreuve de l'usine ajouté à l'instrument indique les caractéristiques électriques pour l'adaptation des appareils d'évaluation à raccorder, pourvu que nous n'avions pas fourni ces appareils. Un bac, aisément détachable, contenant un dessiccateur bleu, évite toute condensation à l'intérieur des dômes en Lupolen. Cet agent dessiccateur est efficace durant des semaines et parfois des mois. Lorsque l'efficacité de ce gel bleu est épuisée, ce qui signifie qu'il est saturé d'humidité, il présente une couleur rose et doit être changé. Il peut être réutilisé, après lui avoir fait perdre son humidité et obtenu de nouveau une couleur bleue.

No. 1612 Capteur de mesure du bilan de radiation; pour la mesure du bilan de radiation totale dans la gamme de 0,3 à 60 μm ; se composant de deux solarimètres identiques, un solarimètre mesure le rayonnement incident (également dans le cas d'angles d'incidence différents), l'autre mesure le rayonnement réfléchi pour la réalisation de leur différence; les deux solarimètres sont chacun équipés d'une thermopile: sensibilité env. $2 \text{ mV/J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$; charge maximale: env. 1 mA; résistance interne: env. 15Ω (chaque appareil est fourni avec un certificat d'essai en usine qui donne la résistance interne mesurée et la F.E.M. qui sera produite par une radiation de $6 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$; avec des dômes faits en Lupolen (matière plastique) pour la protection contre les influences atmosphériques; avec dessiccateur, avec un niveau à bulle circulaire placé du côté supérieur et du



Wilh. Lambrecht KG
34 Göttingen

TRANSMETTEURS D'HUMIDITE
TRANSMETTEURS D'HUMIDITE ET DE TEMPERATURE

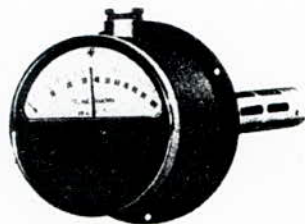
Pr No. :
800...; 806...;
809...; 810...

- f - 3.73

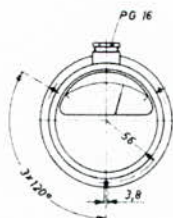
Feuille 1 (2)



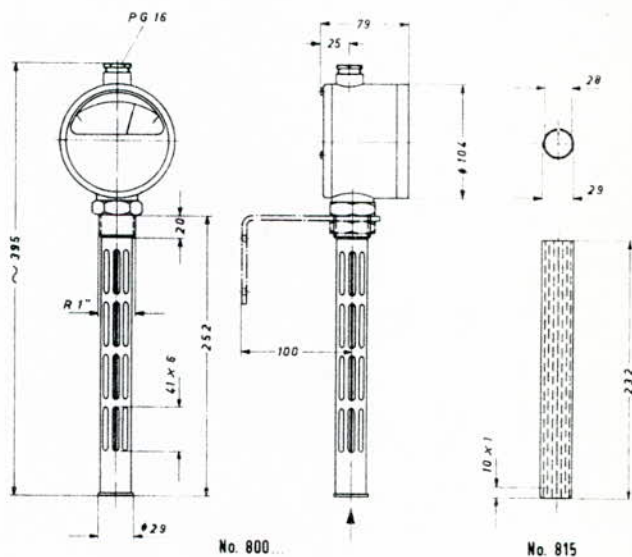
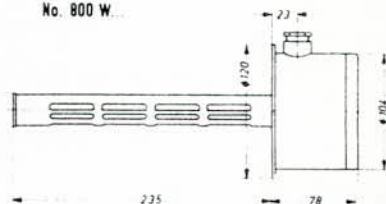
No. 800...



No. 800 W...



No. 800 W...



No. 800

No. 815

UTILISATIONS

Le mélange gazeux environnant la terre - l'air - contient notamment de la vapeur d'eau en quantité extrêmement variable dans le temps et l'espace. Cette teneur en vapeur d'eau exerce une influence décisive sur de multiples phénomènes biologiques, chimiques et physiques - tels que végétation, croissance et santé des êtres vivants, corrosion - et sur des propriétés spécifiques de matériaux hygroscopiques. De nombreux produits exigent une humidité atmosphérique déterminée pour leur fabrication, mise en oeuvre, conservation, stockage ou fonctionnement. La plupart des phénomènes climatiques sont pour l'essentiel une conséquence de la transformation incessante de l'eau dans ses diverses phases.

La mesure de l'humidité atmosphérique présente donc une grande importance économique comme base d'observation et conduite de tels phénomènes ou propriétés des corps. Des hygromètres sont par suite utilisés dans les branches les plus diverses de la science, du commerce et de l'industrie. Citons par exemple les stations météorologiques, salles de séjour et

de réunion, immeubles administratifs et hôpitaux, théâtres, musées, moulins, boulangeries, imprimeries, centres de télécommunications, magasins, serres et entrepôts frigorifiques, ateliers et magasins des industries du papier, des textiles, alimentaires, du tabac et du bois, malteries, poudreries, mines.

Selon le problème considéré, les valeurs mesurées sont seulement indiquées ou - pour une documentation ultérieure - enregistrées automatiquement ou accumulées sur bandes perforées ou utilisées pour une régulation automatique. Les transmetteurs d'humidité Lambrecht sont utilisés dans tous les cas avec succès, en liaison avec des indicateurs, enregistreurs et régulateurs respectivement machines pour le traitement des informations appropriés. Ils sont également réalisables en transmetteurs d'humidité et de température, avec les mêmes dimensions extérieures, et s'utilisent ainsi avantageusement dans tous les cas où la température de l'air exerce une influence notable, en plus de sa teneur en eau de l'air. Les valeurs mesurées, converties en grandeurs électriques, se transmettent à de grandes distances, vers un poste central par exemple.

Les transmetteurs ne se prêtent pas à l'emploi dans un air contenant des fumées ou de l'huile. Ils ne doivent également pas venir en contact avec des vapeurs acides. La plage de température d'utilisation est comprise entre -60 et +70°C. Une variation irréversible des propriétés caractéristiques de l'élément de mesure hygrométrique se produit au-delà de 70°C. L'indication est extrêmement lente au-dessous de -60°C ainsi que pour des valeurs d'humidité inférieures à 5 % environ.

No. 800 N30 Transmetteur d'humidité; avec un élément de mesure PERNIX et un transmetteur à résistance équilibré à la valeur standard de 50 - 30 - 50 Ω; pour la mesure et la transmission de l'humidité relative sur un appareil approprié électrique à cadres croisés; indication locale de l'humidité relative; étendue de mesure: env. 5 à 100 % d'humidité relative; échelle graduée en 1/1 %; limites d'erreur: ± 2.5 % (en cas d'un entretien régulier); utilisable pour des températures de -60 à +70°C; charge du télétransmetteur: maximale 0.5 W pour un courant maximale de 60 mA dans le curseur; raccord du câble par presse-étoupe Pg16 arrangé à la tête; avec vitre en verre et anneau de façade chromé; surface de la tête de mesure et de la tige: peinture martelée noire; accessoires: cornière de fixation et écrou six pans R1"; dimensions: cf. schéma d'encombrement: poids: 1,5 kg env.

No. 806 N30 Transmetteur d'humidité, identique au No. 800 N30, mais avec deux télétransmetteurs à résistance, équilibrés chacun à la valeur standard de 50-30-50 Ω; pour mesure et transmission de l'humidité relative sur deux appareils appropriés électriques à cadres croisés.

No. 809 N30 Transmetteur d'humidité et de température, identique au No. 800 N30, mais avec un thermomètre à résistance incorporé - Pt 100 Ω à 0°C - avec un enroulement de mesure; limites d'erreur de l'enroulement de mesure: ± 0.3 à 0.55 K entre -60 et +70°C selon DIN 43 760; pour mesure et transmission de l'humidité relative et de la température sur chacun d'un appareil approprié électrique à cadres croisés.

No. 810 N30 Transmetteur d'humidité et de température, identique au No. 800 N30, mais avec deux télétransmetteurs à résistance, équilibrés chacun à la valeur standard de 50 - 30 - 50 Ω; avec un thermomètre à résistance incorporé - Pt 100 Ω à 0°C - avec deux enroulements distincts; pour mesure et transmission de l'humidité relative et de la température sur deux appareils appropriés électriques à cadres croisés.

No. 815 Tube protecteur contre l'influence d'un vent intense et les pollutions atmosphériques grossières; en laiton perforé, nickelé; se glisse sur la tige des appareils No. 800... à No. 810...; dimensions: cf. schéma d'encombrement; poids: 0,07 kg env.

Les transmetteurs No. 800 N30 à No. 810 N30 peuvent également être fournis avec tige horizontale; dans ce cas la cornière de fixation et l'écrou six pans R1" ne sont pas livrés. Le tableau suivant indique les numéros et les caractéristiques les plus importantes de nos transmetteurs.

Tableau 3

Classification de tous les transmetteurs livrables

Tige plongeur	verticale		horizontale			
	30 Ω	100 Ω	30 Ω	100 Ω		
Variation de la résistance	30 Ω	100 Ω	30 Ω	100 Ω		
Résistance totale	130 Ω	110 Ω	130 Ω	110 Ω		
	(50 - 30 - 50 Ω)	(5 - 100 - 5 Ω)	(50 - 30 - 50 Ω)	(5 - 100 - 5 Ω)		
Avec des résistances additionnelles	oui	non	oui	non		
Forme caractéristique du télétransmetteur ou des télétransmetteurs à résistance	presque logarithmique		linéaire	presque logarithmique		linéaire
Désignation	No. du catalogue					
Transmetteur d'humidité avec télétransmetteur simple à résistance	800 N30	800 N100	800 L100	800 WN30	800 WN100	800 WL100
Transmetteur d'humidité avec télétransmetteur double à résistance	806 N30	806 N100		806 WN30	806 WN100	
Transmetteur d'humidité et de température avec télétransmetteur simple à résistance et avec un enroulement de mesure Pt 100	809 N30	809 N100	809 L100	809 WN30	809 WN100	809 WL100
Transmetteur d'humidité et de température avec télétransmetteur double à résistance et avec deux	810 N30	810 N100		810 WN30	810 WN100	

Tableau 1

Valeurs de base du télétransmetteur à résistance, équilibré à la valeur standard

humidité relative en %	résistance en Ω			
	A - R (50-30-50 Ω)	E - R	A - R (5-100-5 Ω)	E - R
0	50,00	80,00	5,00	105,00
5	52,83	77,17	14,43	95,57
10	55,32	74,68	22,73	87,27
15	57,55	72,45	30,17	79,83
20	59,57	70,43	36,90	73,10
25	61,43	68,57	43,10	66,90
30	63,10	66,90	48,70	61,30
35	64,63	65,37	53,77	56,23
40	65,97	64,03	58,23	51,77
45	67,27	62,73	62,57	47,43
50	68,47	61,53	66,57	43,43
55	69,57	60,43	70,23	39,77
60	70,67	59,33	73,90	36,10
65	71,72	58,28	77,40	32,60
70	72,77	57,23	80,90	29,10
75	73,83	56,17	84,43	25,57
80	74,88	55,12	87,93	22,07
85	76,00	54,00	91,67	18,33
90	77,17	52,83	95,56	14,44
95	78,48	51,52	99,93	10,07
100	80,00	50,00	105,00	5,00

Tableau 2

Valeurs de base des résistances de mesure en platine (résistance nominale: 100 Ω à 0°C, coefficient de température entre 0 et 100°C: $3,85 \cdot 10^{-3} 1/^\circ\text{C}$).

Température en °C	résistance en Ω
-60	76,28
-50	80,25
-40	84,21
-30	88,17
-20	92,13
-10	96,07
0	100,00
10	103,90
20	107,80
30	111,68
40	115,54
50	119,40
60	123,24

température (lignes aériennes). Il n'est toutefois pas nécessaire quand la résistance de ligne est faible. Le tableau 2 indique les valeurs de base des résistances de mesure utilisées, constituées par un filament en platine sous verre trempé. Ces valeurs sont conformes à la norme DIN 43 760.

Le courant circulant dans la résistance de mesure ne doit pas dépasser 10 mA CC afin que l'échauffement propre demeure négligeable. Les résistances de mesure à double enroulement, du type utilisé dans les appareils No. 810..., permettent le branchement de deux appareils à cadres croisés. La lecture locale de la température sur le transmetteur n'est pas possible. Prévoir le cas échéant un thermomètre à liquide.

Les éléments de mesure, c'est-à-dire la lyre PERNIX de détermination de l'humidité relative et la résistance de mesure de la température, sont disposés dans la tige des appareils émetteurs. Ils sont d'une part largement protégés contre les détériorations mécaniques et d'autre part soumis directement à l'air ambiant par les ouvertures de ventilation largement dimensionnées. Les bornes de branchement des capteurs sont disposées dans la partie arrière de la tête du transmetteur. La tige des transmetteurs avec tige verticale porte, immédiatement sous cette tête, un six pans avec ouverture de clé de 41 mm et un filetage R1" pour le montage. Le transmetteur peut être fixé sur la cornière fournie, au moyen de l'écrou six pans R1", ou aligné dans un raccord taraudé R1". Les transmetteurs avec tige horizontale sont équipés d'une bride de fixation dans la partie arrière de la tête du transmetteur. Monter les transmetteurs à un endroit exempt de vibration avec la tige verticale et dirigée vers le bas ou avec tige horizontale. Quand la tige est dirigée vers le haut, on risque, lors de la régénération de l'élément de mesure d'humidité (tous les 14 jours environ), la pénétration de l'eau dans la tête de mesure et des dérangements en conséquence.

Les transmetteurs d'humidité et les transmetteurs d'humidité et de température sont utilisables en appareils encastrés (avec la sonde pénétrant dans l'enceinte de mesure) ou montés en saillie. Seule la tige est exposée à l'air dans l'enceinte de mesure, dans le premier cas, et l'ensemble de l'appareil dans le second cas. Il faut noter, pour l'utilisation en appareil encastré, que les forces de réglage de l'élément de mesure d'humidité sont faibles. Le mécanisme de transmission entre l'élément de mesure et l'aiguille de l'appareil ou le télétransmetteur à résistance ne peut donc pas être réalisé avec étanchéité à la pression et un certain échange d'air est inévitable entre l'enceinte de mesure et la tête du transmetteur. La température à laquelle la tête du transmetteur doit être exposée ne doit jamais être inférieure à la température du point de rosée dans l'enceinte de mesure, faute de quoi une condensation risque de se produire sur la vitre et sur le télétransmetteur.

Il faut prévoir une déviation mécanique de l'élément de mesure d'humidité par la pression du vent quand la vitesse de l'air dépasse 6 m/s au point de mesure. Il est possible d'éviter les erreurs de mesure résultantes en disposant un déflecteur devant la tige perforée. Le tube protecteur No. 815 est

TABLES DE CORRESPONDANCE RESISTANCE - TEMPERATURE

POUR LES THERMOSONDES A RESISTANCE DE PLATINE

PT 100 Ω ET PT 2x100 Ω

De 0°C à - 220°C

t	Rt	t	Rt	t	Rt	t	Rt	t	Rt	t	Rt
0	100,00	-37	85,40	-73	71,09	-110	56,13	-147	40,89	-184	25,34
-1	99,61	38	85,00	74	70,69	111	55,72	148	40,48	185	24,91
-2	99,21	39	84,61	75	70,28	112	55,31	149	40,06	186	24,49
3	98,82			76	69,88	113	54,90			187	24,06
4	98,43	40	84,21	77	69,48	114	54,49	150	39,65	188	23,63
5	98,03	41	83,81	78	69,08	115	54,08	151	39,23	189	23,21
6	97,64	42	83,42	79	68,68	116	53,68	152	38,82		
7	97,25	43	83,02			117	53,27	153	38,40	190	22,78
8	96,86	44	82,63	80	68,28	118	52,86	154	37,98	191	22,35
9	96,46	45	82,23	81	67,88	119	52,45	155	37,56	192	21,93
		46	81,83	82	67,47			156	37,15	193	21,50
10	96,07	47	81,44	83	67,07	120	52,04	157	36,73	194	21,08
-11	95,68	48	81,04	84	66,67	121	51,63	158	36,31	195	20,65
12	95,28	49	80,65	85	66,26	122	51,22	159	35,90	196	20,23
13	94,89			86	65,86	123	50,81			197	19,80
14	94,49	50	80,25	87	65,46	124	50,40	160	35,48	198	19,38
15	94,10	51	79,85	88	65,06	125	49,98	161	35,06	199	18,95
16	93,71	52	79,46	89	64,65	126	49,57	162	34,64		
17	93,31	53	79,06			127	49,16	163	34,22	200	18,53
18	92,92	54	78,66	90	64,25	128	48,75	164	33,80	201	18,11
19	92,52	55	78,26	91	63,84	129	48,34	165	33,38	202	17,70
		56	77,87	92	63,44			166	32,96	203	17,28
20	92,13	57	77,47	93	63,03	130	47,93	167	32,54	204	16,86
21	91,73	58	77,07	94	62,63	131	47,52	168	32,12	205	16,44
22	91,34	59	76,68	95	62,22	132	47,10	169	31,70	206	16,03
23	90,94			96	61,82	133	46,69	170	31,28	207	15,61
24	90,55	60	76,28	97	61,41	134	46,28	171	30,86	208	15,19
25	90,15	61	75,88	98	61,01	135	45,86	172	30,43	209	14,78
26	89,75	62	75,48	99	60,60	136	45,45	173	30,01	210	14,36
27	89,36	63	75,08			137	45,04	174	29,59	211	13,96
28	88,96	64	74,68	100	60,20	138	44,63	175	29,16	212	13,57
29	88,57	65	74,28	101	59,79	139	44,21	176	28,74	213	13,17
		66	73,89	102	59,39			177	28,32	214	12,78
30	88,17	67	73,49	103	58,98	140	43,80	178	27,90	215	12,38
31	87,77	68	73,09	104	58,57	141	43,38	179	27,47	216	11,99
32	87,38	69	72,69	105	58,16	142	42,97			217	11,59
33	86,98			106	57,76	143	42,55	180	27,05	218	11,20
34	86,59	70	72,29	107	57,35	144	42,14	181	26,62	219	10,80
35	86,19	71	71,89	108	56,94	145	41,72	182	26,20		
36	85,79	72	71,49	109	56,54	146	41,31	183	25,77	-220	10,41

De 0°C à 299°C

t	Rt	t	Rt	t	Rt	t	Rt	t	Rt	t	Rt
0	100,00	50	119,40	100	138,50	150	157,32	200	175,84	250	194,08
1	100,39	51	119,78	101	138,88	151	157,69	201	176,21	251	194,44
2	100,78	52	120,17	102	139,26	152	158,06	202	176,57	252	194,80
3	101,17	53	120,55	103	139,63	153	158,44	203	176,94	253	195,17
4	101,56	54	120,94	104	140,01	154	158,81	204	177,31	254	195,53
5	101,94	55	121,32	105	140,39	155	159,18	205	177,67	255	195,89
5	102,33	56	121,70	106	140,77	156	159,55	206	178,04	256	196,25
7	102,72	57	122,09	107	141,15	157	159,92	207	178,41	257	196,61
8	103,11	58	122,47	108	141,52	158	160,30	208	178,78	258	196,98
9	103,50	59	122,86	109	141,90	159	160,67	209	179,14	259	197,34
10	103,89	60	123,24	110	142,28	160	161,04	210	179,51	260	197,70
11	104,28	61	123,62	111	142,66	161	161,41	211	179,88	261	198,06
12	104,67	62	124,00	112	143,04	162	161,78	212	180,24	262	198,42
13	105,06	63	124,39	113	143,41	163	162,16	213	180,61	263	198,78
14	105,45	64	124,77	114	143,79	164	162,53	214	180,97	264	199,14
15	105,84	65	125,15	115	144,17	165	162,90	215	181,34	265	199,50
16	106,23	66	125,54	116	144,55	166	163,27	216	181,71	266	199,86
17	106,62	67	125,92	117	144,93	167	163,64	217	182,07	267	200,22
18	107,01	68	126,30	118	145,30	168	164,02	218	182,44	268	200,58
19	107,40	69	126,69	119	145,68	169	164,39	219	182,80	269	200,94
20	107,79	70	127,07	120	146,06	170	164,76	220	183,17	270	201,30
21	108,18	71	127,45	121	146,44	171	165,13	221	183,53	271	201,66
22	108,57	72	127,83	122	146,81	172	165,50	222	183,90	272	202,02
23	108,95	73	128,22	123	147,19	173	165,87	223	184,26	273	202,37
24	109,34	74	128,60	124	147,56	174	166,24	224	184,63	274	202,73
25	109,73	75	128,98	125	147,94	175	166,61	225	184,99	275	203,09
26	110,12	76	129,36	126	148,32	176	166,99	226	185,36	276	203,45
27	110,51	77	129,74	127	148,69	177	167,36	227	185,72	277	203,81
28	110,89	78	130,13	128	149,07	178	167,73	228	186,09	278	204,16
29	111,28	79	130,51	129	149,44	179	168,10	229	186,45	279	204,52
30	111,67	80	130,89	130	149,82	180	168,47	230	186,82	280	204,88
31	112,06	81	131,27	131	150,19	181	168,84	231	187,18	281	205,24
32	112,44	82	131,65	132	150,57	182	169,21	232	187,55	282	205,60
33	112,83	83	132,03	133	150,94	183	169,58	233	187,91	283	205,95
34	113,22	84	132,41	134	151,32	184	169,95	234	188,28	284	206,31
35	113,60	85	132,79	135	151,69	185	170,31	235	188,64	285	206,67
36	113,99	86	133,18	136	152,07	186	170,68	236	189,00	286	207,03
37	114,38	87	133,56	137	152,44	187	171,05	237	189,37	287	207,39
38	114,77	88	133,94	138	152,82	188	171,42	238	189,73	288	207,74
39	115,15	89	134,32	139	153,19	189	171,79	239	190,10	289	208,10
40	115,54	90	134,70	140	153,57	190	172,16	240	190,46	290	208,46
41	115,93	91	135,08	141	153,94	191	172,53	241	190,82	291	208,82
42	116,31	92	135,46	142	154,32	192	172,90	242	191,18	292	209,17
43	116,70	93	135,84	143	154,69	193	173,26	243	191,55	293	209,53
44	117,08	94	136,22	144	155,07	194	173,63	244	191,91	294	209,89
45	117,47	95	136,60	145	155,44	195	174,00	245	192,27	295	210,24
46	117,86	96	136,98	146	155,82	196	174,37	246	192,63	296	210,60
47	118,24	97	137,36	147	156,19	197	174,74	247	192,99	297	210,96
48	118,63	98	137,74	148	156,57	198	175,10	248	193,36	298	211,32
49	119,01	99	138,12	149	156,94	199	175,47	249	193,72	299	211,67

See last page of data sheet for ordering information.

MC1741, MC1741C MC1741N, MC1741NC

INTERNALLY COMPENSATED, HIGH PERFORMANCE OPERATIONAL AMPLIFIERS

... designed for use as a summing amplifier, integrator, or amplifier with operating characteristics as a function of the external feedback components.

- No Frequency Compensation Required
- Short-Circuit Protection
- Offset Voltage Null Capability
- Wide Common-Mode and Differential Voltage Ranges
- Low-Power Consumption
- No Latch Up
- Low Noise Selections Offered - N Suffix

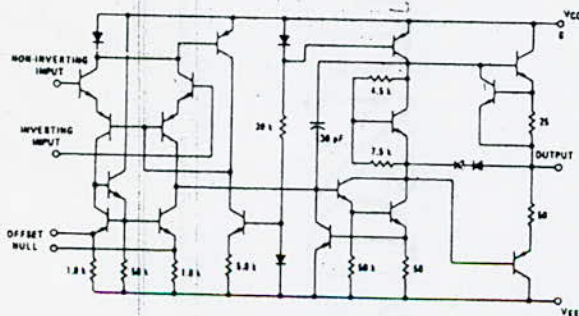
MAXIMUM RATINGS (T_A = +25°C unless otherwise noted)

Rating	Symbol	MC1741C	MC1741	Unit
Power Supply Voltage	V _{CC} V _{EE}	+18 -18	+22 -22	Vdc
Input Differential Voltage	V _{ID}	±30		Volts
Input Common Mode Voltage (Note 1)	V _{ICM}	±15		Volts
Output Short Circuit Duration (Note 2)	t _S	Continuous		
Operating Ambient Temperature Range	T _A	0 to +70	-55 to +125	°C
Storage Temperature Range Metal, Flat and Ceramic Packages	T _{stg}	-65 to +150	-55 to +125	°C
Junction Temperature Range Metal and Ceramic Packages	T _J	175		°C
Junction Temperature Range Plastic Packages		150		

Note 1. For supply voltages less than ±15 V, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

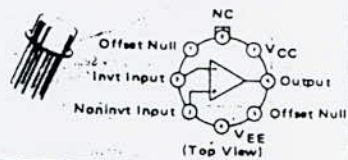
Note 2. Supply voltage equal to or less than 15 V.

EQUIVALENT CIRCUIT SCHEMATIC

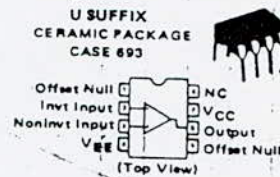


OPERATIONAL AMPLIFIER SILICON MONOLITHIC INTEGRATED CIRCUIT

G SUFFIX METAL PACKAGE CASE 601



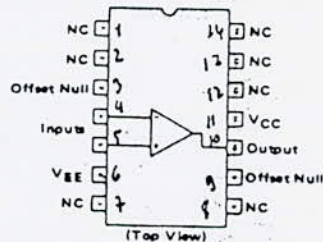
P1 SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 626 (MC1741C, MC1741NC)



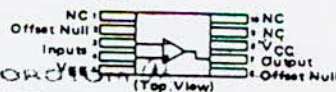
U SUFFIX CERAMIC PACKAGE CASE 693 TO-18



P2 SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 646 (MC1741C, MC1741NC)



F SUFFIX CERAMIC PACKAGE CASE 806-04 TO-91



MC1741, MC1741C, MC1741N, MC1741NC

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 15 V, V_{EE} = -15 V, T_A = 25°C unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC1741			MC1741C			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage (R _G < 10 k)	V _{IO}	-	1.0	5.0	-	2.0	6.0	mV
Input Offset Current	I _{IO}	-	20	200	-	20	200	nA
Input Bias Current	I _{IB}	-	80	500	-	80	500	nA
Input Resistance	r _i	0.3	2.0	-	0.3	2.0	-	MΩ
Input Capacitance	C _i	-	1.4	-	-	1.4	-	pF
Offset Voltage Adjustment Range	V _{IOB}	-	±15	-	-	±15	-	mV
Common Mode Input Voltage Range	V _{ICR}	±12	±13	-	±12	±13	-	V
Large Signal Voltage Gain (V _O = ±10 V, R _L > 2.0 k)	A _v	50	200	-	20	200	-	V/mV
Output Resistance	r _o	-	75	-	-	75	-	Ω
Common Mode Rejection Ratio (R _G < 10 k)	CMRR	70	90	-	70	90	-	dB
Supply Voltage Rejection Ratio (R _G < 10 k)	PSRR	-	30	150	-	30	150	μV/V
Output Voltage Swing (R _L > 10 k) (R _L > 2 k)	V _O	±12 ±10	±14 ±13	-	±12 ±10	±14 ±13	-	V
Output Short-Circuit Current	I _{OS}	-	20	-	-	20	-	mA
Supply Current	I _D	-	1.7	2.8	-	1.7	2.8	mA
Power Consumption	P _C	-	50	85	-	50	85	mW
Transient Response (Unity Gain - Non-Inverting) (V _i = 20 mV, R _L > 2 k, C _L < 100 pF) Rise Time	t _{TLH}	-	0.3	-	-	0.3	-	μs
(V _i = 20 mV, R _L > 2 k, C _L < 100 pF) Overshoot	os	-	15	-	-	15	-	%
(V _i = 10 V, R _L > 2 k, C _L < 100 pF) Slew Rate	SR	-	0.5	-	-	0.5	-	V/μs

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 15 V, V_{EE} = -15 V, T_A = *T_{high} to T_{low} unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC1741			MC1741C			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage (R _G < 10 kΩ)	V _{IO}	-	1.0	6.0	-	-	7.5	mV
Input Offset Current (T _A = 125°C) (T _A = -55°C) (T _A = 0°C to +70°C)	I _{IO}	-	7.0 85	200 500	-	-	- 300	nA
Input Bias Current (T _A = 125°C) (T _A = -55°C) (T _A = 0°C to +70°C)	I _{IB}	-	30 300	500 1500	-	-	- 800	nA
Common Mode Input Voltage Range	V _{ICR}	±12	±13	-	-	-	-	V
Common Mode Rejection Ratio (R _G < 10 k)	CMRR	70	90	-	-	-	-	dB
Supply Voltage Rejection Ratio (R _G < 10 k)	PSRR	-	30	150	-	-	-	μV/V
Output Voltage Swing (R _L > 10 k) (R _L > 2 k)	V _O	±12 ±10	±14 ±13	-	±10	±13	-	V
Large Signal Voltage Gain (R _L > 2 k, V _{out} = ±10 V)	A _v	25	-	-	15	-	-	V/mV
Supply Currents (T _A = 125°C) (T _A = -55°C)	I _D	-	1.5 2.0	2.5 3.3	-	-	-	mA
Power Consumption (T _A = +125°C) (T _A = -55°C)	P _C	-	45 80	75 100	-	-	-	mW

*T_{high} = 125°C for MC1741 and 70°C for MC1741C
T_{low} = -55°C for MC1741 and 0°C for MC1741C

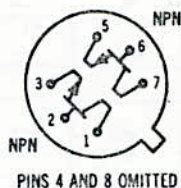


2N2639 thru 2N2644 (SILICON)

Dual NPN silicon annular transistors designed for low-level, low-noise differential amplifier applications. Can be used in complementary circuits with 2N3806 series or 2N2802 series, for TO-89 flat packages see 2N3043-2N3048 series.



CASE 32 C



PINS 4 AND 8 OMITTED

Pin Connections, Bottom View

MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value		Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	45		Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CB}	45		Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EB}	5		Vdc
Collector Current	I_C	30		mA dc
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-65 to +200		$^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	One Side	Both Sides	mW mW/ $^\circ\text{C}$
		300 1.72	600 3.43	
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	600 3.43	1200 6.87	mW mW/ $^\circ\text{C}$

2N2904, A thru 2N2907, A (SILICON)

2N3485, A, 2N3486, A

PNP SILICON ANNULAR HERMETIC TRANSISTORS

... designed for high-speed switching circuits, DC to VHF amplifier applications and complementary circuitry.

- High DC Current Gain Specified – 0.1 to 500 mAdc
- High Current-Gain-Bandwidth Product –
 $f_T = 200 \text{ MHz (Min) @ } I_C = 50 \text{ mAdc}$
- Low Collector-Emitter Saturation Voltage –
 $V_{CE(sat)} = 0.4 \text{ Vdc (Max) @ } I_C = 150 \text{ mAdc}$
- 2N2904, A thru 2N2907, A Complement to NPN 2N2218, A,
 2N2219, A, 2N2221, A, 2N2222, A
- JAN/JANTX Available for 2N2904, A thru 2N2907, A

PNP SILICON SWITCHING AND AMPLIFIER TRANSISTORS

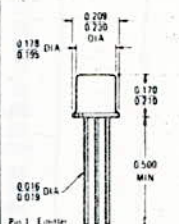
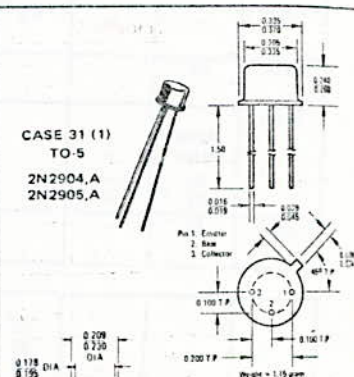
SELECTOR GUIDE

Device Type	Characteristic				Package
	V_{CE0} $I_C = 10 \text{ mAdc}$ Volts	$I_C = 1.0 \text{ mAdc}$ Min	$I_C = 150 \text{ mAdc}$ Min	$I_C = 500 \text{ mAdc}$ Min	
2N2904 2N2905	40	25	40	20	TO-5
		50	100	30	
2N2906 2N2907	↓	25	40	20	TO-18
		50	100	30	
2N3485 2N3486	↓	25	40	20	TO-46
		50	100	30	
2N2904A 2N2905A	60	40	40	40	TO-5
		100	100	50	
2N2906A 2N2907A	↓	40	40	40	TO-18
		100	100	50	
2N3485A 2N3486A	↓	40	40	40	TO-46
		100	100	50	

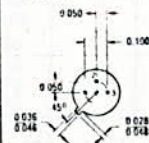
*MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Non-A Suffix	A-Suffix	Unit	
Collector-Emitter Voltage	V_{CE0}	40	60	Vdc	
Collector-Base Voltage	V_{CB}		60	Vdc	
Emitter-Base Voltage	V_{EB}		5.0	Vdc	
Collector Current – Continuous	I_C		600	mAdc	
		2N2904, A 2N2905, A	2N2906, A 2N2907, A	2N3485, A 2N3486, A	
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	600	400	400	mW
		3.43	2.28	2.28	mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	3.0	1.8	2.0	Watts
		17.2	10.3	11.43	mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-65 to +200			$^\circ\text{C}$

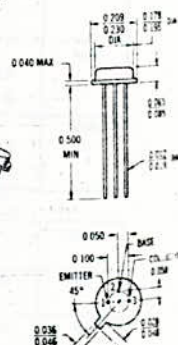
CASE 31 (1)
TO-5
2N2904, A
2N2905, A



CASE 22 (1)
TO-18
2N2906, A
2N2907, A



CASE 26
TO-46
2N3485, A
2N3486, A



The respective JEDEC registered dimensions and notes apply

