

ATELIER de FABRICATION

de

MATÉRIEL ÉLECTRONIQUE

pour l'enseignement

17 JIII 1986

U.N.E.S.C.O.

C.I.F.E.C.

ENS. TAKADDOUM

RABAT - 1985

ATELIER de FABRICATION

de

MATERIEL ELECTRONIQUE

pour l'enseignement

U.N.E.S.C.O.

C.I.F.E.C.

ENS. TAKADDOUM

RABAT - 1985

(SC.86/WS/20)

S O M M A I R E

	Page
Introduction	1
Rappel de quelques notions d'électronique	3
pH mètre autonome	13
pH mètre	19
Alimentation stabilisée	27
Agitateur magnétique chauffant I	31
Agitateur magnétique chauffant II	43
Régulateur de température	49
ANNEXE 1 : liste des participants	57
ANNEXE 2 : liste du matériel de base	61

INTRODUCTION

Le premier atelier de fabrication locale de matériel électronique peu coûteux, s'est déroulé à l'Ecole Normale Supérieure TAKADDOUM, Rabat, Maroc, du 23 au 30 octobre 1985. Il était organisé conjointement par le Centre International Francophone pour l'Education en Chimie et l'Ecole Normale Supérieure Takaddoum avec le soutien de l'UNESCO.

Les participants au nombre de 17 (cf. Annexe 1) étaient répartis en ateliers de 3 à 4 personnes. Après une brève initiation en électronique, ils ont réalisé eux-mêmes :

- 2 agitateurs magnétiques chauffants
- 1 pH mètre sans alimentation
- 1 alimentation stabilisée
- 1 pH mètre
- 1 régulateur de température

Tous les prototypes réalisés localement, à coût extrêmement faible par rapport aux appareils du commerce, ont été testés sur place et ont donné d'excellents résultats.

Au cours d'un deuxième atelier, il sera procédé à une mise au point définitive des appareils déjà réalisés et à la réalisation d'autres appareils.

La réussite de ce premier atelier a été rendue possible non seulement par l'extrême dévouement de Mr Jilali ARIDE, chargé de l'organisation locale et de ses collègues qui ont favorisé l'unité du groupe, mais également par l'enthousiasme et la compétence des participants qui se sont adaptés très facilement aux problèmes posés par l'électronique et par l'assistance très appréciée de 2 spécialistes en électronique.

Je souhaite que les ateliers de Fabrication de matériel électronique qui succéderont à celui-ci soient d'égale qualité et permettent la réalisation à faible prix de matériel indispensable dans l'enseignement de la chimie et donc la valorisation de l'Enseignement Expérimental à l' Université.

Danièle CROS

RAPPEL DE QUELQUES NOTIONS D'ELECTRONIQUE

INTRODUCTION :

Elle portera essentiellement sur le rappel de quelques notions élémentaires de type pratique sur les composants et l'initiation à la technique de réalisation.

1) - Les composants

a) les résistances (Fig 1)

Exprimées en Ω (Ohms), K Ω , M Ω , elles sont repérées par le code de couleurs et existent pour différentes puissances (1/8W, 1/4W, 1/2W et plus pour des applications de puissance).

b) Les condensateurs (Fig 2)

Système de 2 conducteurs séparés par un isolant (diélectrique). Ils sont exprimés en micro-Farad (μ F), nano-Farad (nF) et pico-Farad (pF). On distingue :
les condensateurs à diélectrique solide (mica, céramique, papier, film plastique) (a)
les condensateurs électrolytiques (à anode d'aluminium ou au tantale) (b)

c) Les semi-conducteurs

D'une très grande variété nous avons utilisé principalement dans cet atelier des diodes, des transistors, des triacs, des Ampli opérationnels.

Les diodes : Elles servent à éliminer l'une des parties (positive ou négative) d'un signal alternatif. On peut distinguer :

les diodes à pointe (faible tension de seuil, qui sont utilisées pour la détection à bas niveau de tension). (Fig 3)

les diodes à jonction utilisées principalement pour le redressement. (Fig 4)

les diodes Zener servent à la régulation de tension. (Fig 5)

Les transistors : ils permettent de commander, à partir de courants faibles, des courants importants. Ils permettent de réaliser de multiples applications : les fonctions d'amplification, d'adaptation, de génération de signaux, de commutation etc...

En fonction de la gamme de puissance, ils se présentent sous des géométries différentes (Fig 6). Sans entrer dans les détails il convient de signaler les principaux types : Transistors NPN, PNP, à effet de champ -FET- (Fig 7).

Les circuits intégrés : Ce sont des dispositifs micro-électronique de grande densité de composants où tous les composants sont interconnectés lors de la fabrication. Ils permettent de réaliser des fonctions très complexes. On distingue essentiellement :

Les circuits linéaires (Ampli Opérationnels, Régulateurs de tension ...) et les circuits logiques (Fig 9)

Composants plus spécifiques (Fig 10) : les triacs qui permettent une commande de puissance sur le secteur et les composants associés.

2 - La technique de réalisation

La réalisation d'un appareil nécessite une étude en plusieurs points :

- étude de l'implantation à partir d'un schéma théorique.
- réalisation de l'implantation soit sur transparent (photogravure) soit sur le support du circuit imprimé (gravure directe).
- gravure, perçage, mise en place des composants, montage mécanique.
- essai et réglages.

Remarque : les dimensions du circuit imprimé devront tenir compte du boîtier qui recevra le dispositif et des différents éléments qui seront fixés sur ce boîtier.

*Généralités

Le circuit imprimé est un support rigide, isolant possédant sur 1 ou 2 faces un revêtement de cuivre de 30 à 70 microns d'épaisseur. Les techniques de réalisation à la portée des amateurs sont : la gravure directe et la photogravure. Dans cet atelier, les circuits ont été réalisés en gravure directe.

*Implantation à partir du schéma théorique. L'étude est généralement réalisée sur du papier calque (Fig 11), la disposition des éléments devant obéir à des impératifs techniques. A partir d'une grille standard au pas de 5.08 mm (= 2 mailles), l'implantation se fait en tenant compte de l'encombrement des composants et du brochage à savoir :

Résistances 1/4W : 5 mailles
Condensateurs : dépend du type
Diodes : 4 à 5 mailles
Transistors
Circuits intégrés 8,14 ou 16 pattes : voir figure 12.

A ce stade de l'étude il est important de s'assurer de la concordance entre schéma théorique et schéma d'implantation.

*Réalisation

Il s'agit de reporter sur la partie cuivrée du support rigide le dessin de l'implantation. Ceci se réalise avec des transferts adhésifs (pastilles et pistes de différentes grosseurs) (Fig 13).

Le dessin une fois reporté, une très grande importance doit être apportée à la vérification avant de passer à l'étape suivante.

*Gravure, perçage, mise en place des composants.

On attaque la plaque par du FeCl_3 jusqu'à disparition du cuivre non recouvert. Après neutralisation, rinçage et nettoyage on réalise le perçage avec des forêts de 0.8 à 1.2 mm de diamètre.

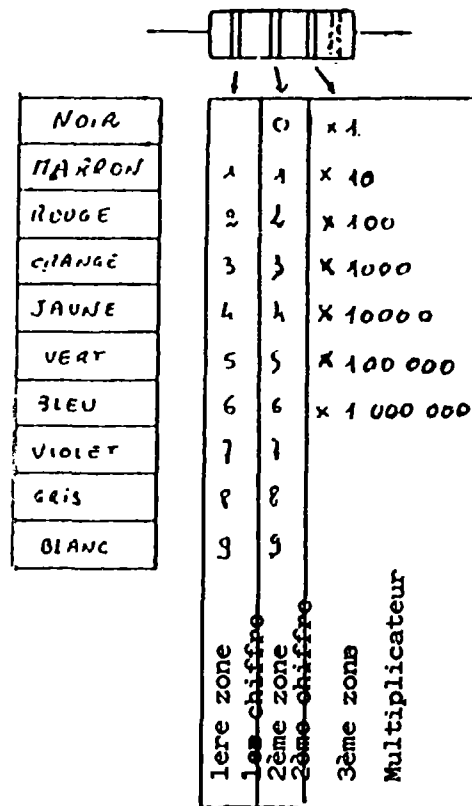
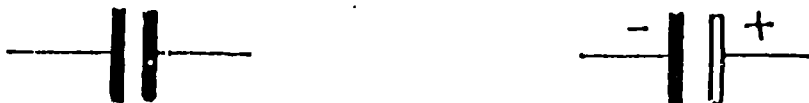
Puis on procède à la mise en place des composants en commençant par les plus petits. Un soin particulier doit être apporté aux soudures, qui évitera une cause de panne. La bonne soudure doit être brillante, la mauvaise (soudure sèche) est d'aspect mat.

*Essai et réglages.

Voir les réalisations de chaque groupe, chaque montage ayant sa propre procédure d'essai et de réglages.

"La réalisation des appareils électroniques présentés dans ce fascicule nécessite un outillage décrit dans l'annexe 2."

Philippe VARRIN

Fig 1 : Les résistancesFig 2 : Les condensateurs

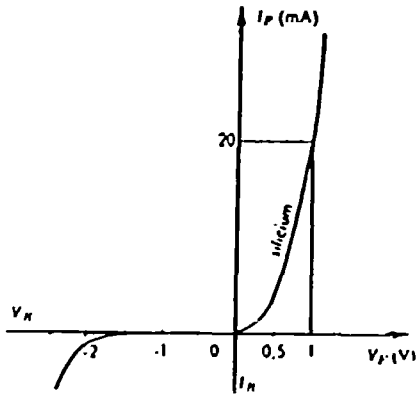


Fig 3

DIODE A POINTE

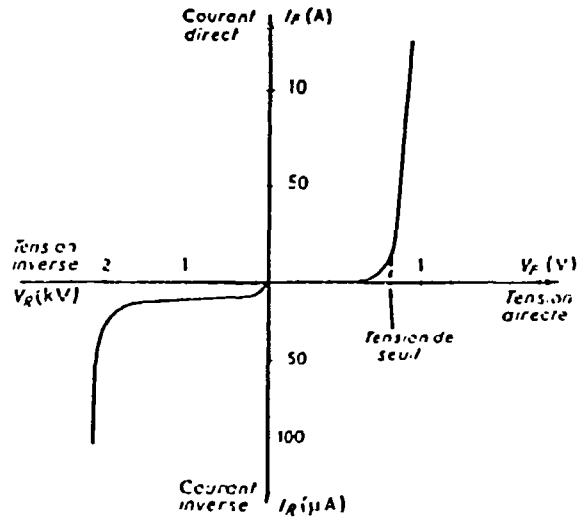


Fig 4

DIODE REDRESSEUSE

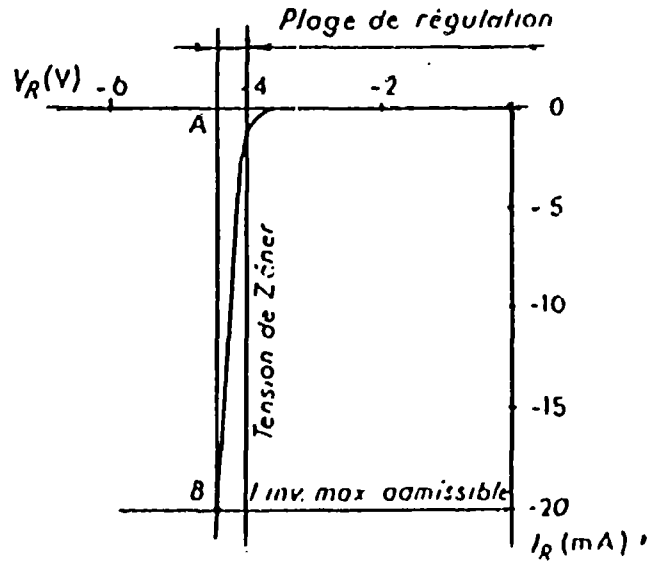


Fig 5

DIODE ZENER

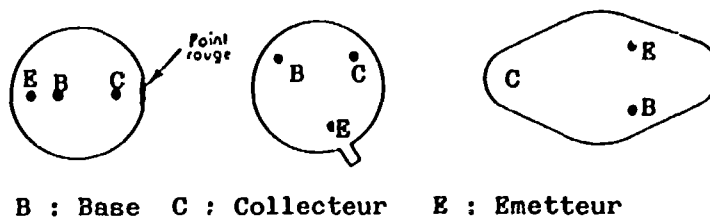


Fig. 6

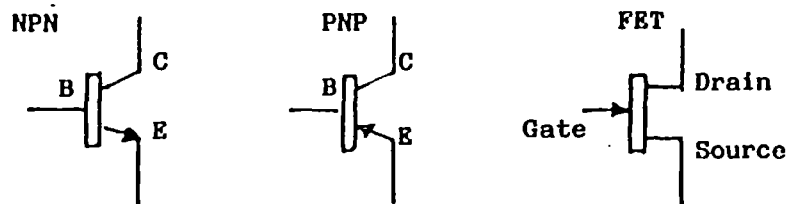


Fig. 7

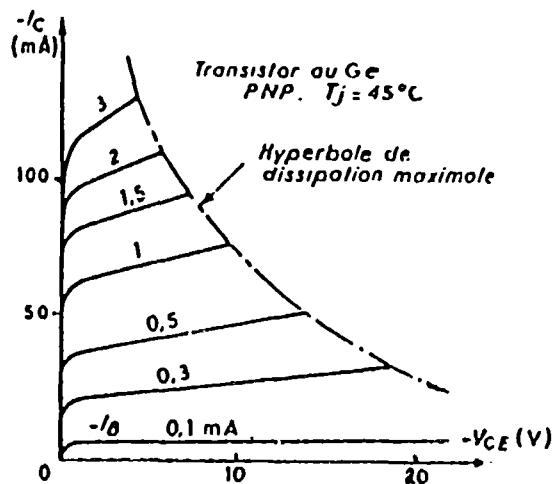
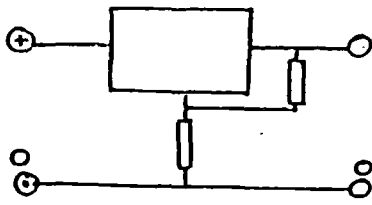
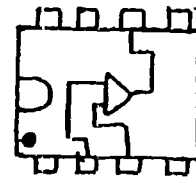


Fig. 8

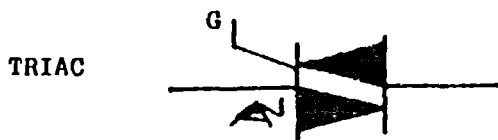


régulateur de Tension



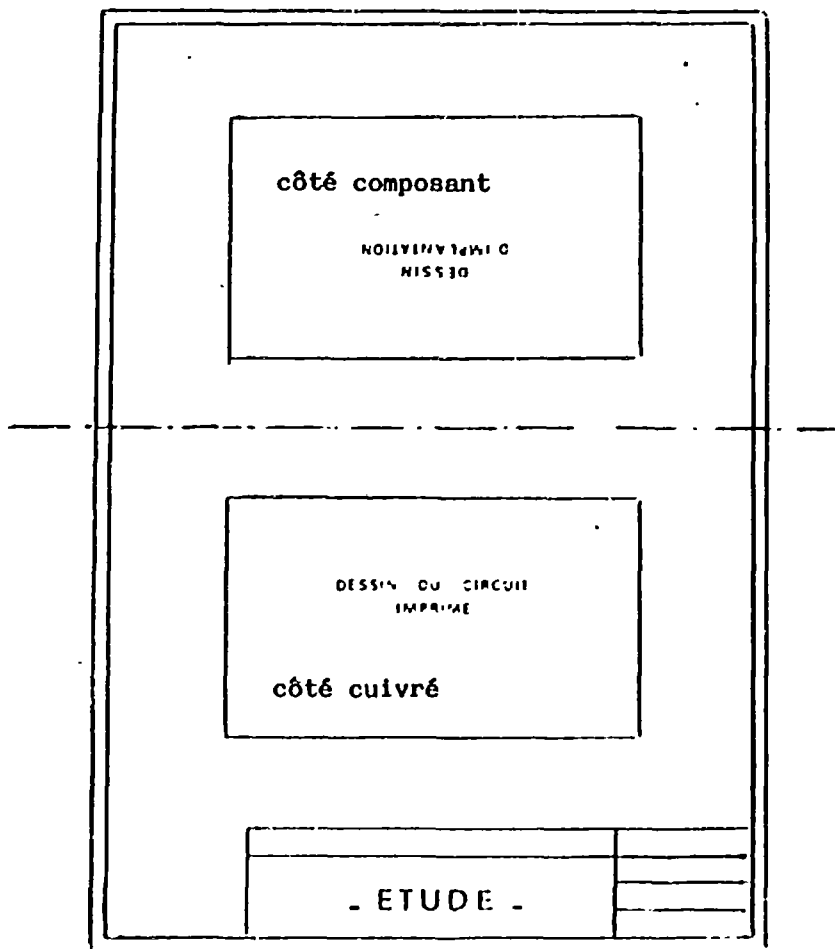
Ampli Opérationnel

Fig. 9



DIAC

Fig. 10



Etude de circuit imprimé sur papier calque. Les deux dessins se superposent suivant l'axe de pliage.

Fig. 11

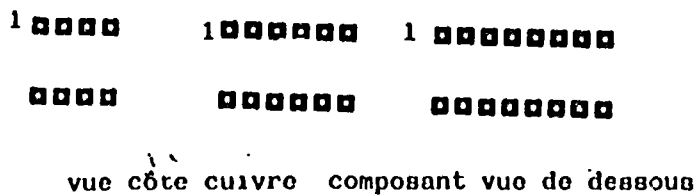


Fig. 12

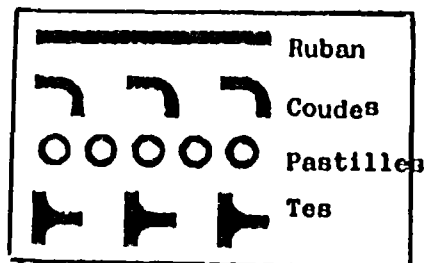
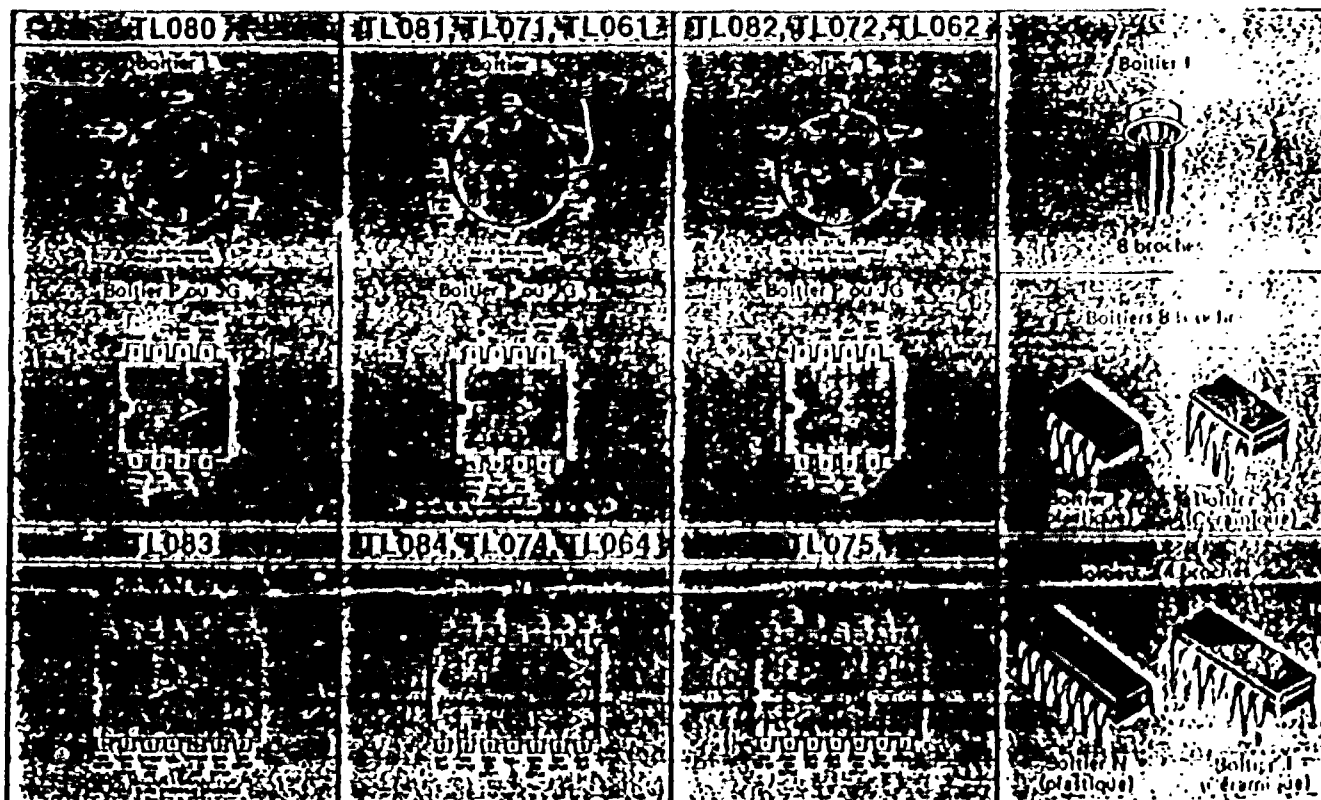


Fig. 13

Les amplificateurs opérationnels BIFET



N.B. : La série TL 061 n'est pas disponible en boîtier métallique.

Série TL 080

La série TL 080 combine les avantages d'une entrée J-FET à haute impédance et d'une sortie bipolaire à faible distorsion. Les caractéristiques exceptionnelles de cette série sont obtenues avec un circuit de base extrêmement simple. Il en résulte une puce de silicium de taille réduite, un rendement de fabrication élevé et donc, un prix de vente qui permet au TL081 de remplacer le μ A741 dès aujourd'hui.

Série TL 071

La série TL071 est similaire à la série TL080 mais avec des caractéristiques de bruit améliorées et une distorsion

harmonique encore plus faible. Le faible taux de distorsion harmonique et ses performances en bruit rendent cette famille d'amplificateurs opérationnels particulièrement utile dans les préamplificateurs audio et les circuits à grand gain.

Série TL 061

La série TL 061 a été spécialement étudiée pour les applications où la consommation est un facteur capital. Elle offre une rapidité très supérieure aux amplificateurs opérationnels classiques pour une consommation inférieure à 250 μ A. Le TL 066 possède même une entrée de programmation qui permet à l'utilisateur de déterminer la puissance consommée.

REALISATION D'UN PH-METRE AUTONOME

But :

Les pH-mètres commerciaux coûtent chers, aussi avons-nous cherché à réaliser un appareil de mesure de pH autonome à faible coût.

Principe :

Une électrode se comporte, lorsqu'elle est plongée dans une solution, comme une fem. La tension délivrée entre dans un premier Ampli où elle est amplifiée. Ce premier Ampli réalise également la fonction d'adaptation d'impédance. La tension amplifiée est ajoutée à une tension continue issue du pont R6-R9-R7. (Fig 1). On dispose donc en sortie d'une tension de la forme :

$$V_B = K V_e + \text{Décalage}$$

Cette tension disponible pourra être lue par n'importe quel voltmètre.

Circuit théorique :

Il est composé de deux parties : l'alimentation stabilisée (-12,0 + 12 V) et le circuit de mesure de pH d'une solution. Ces deux parties sont montées sur la même plaque (compacité, adaptation au boîtier).

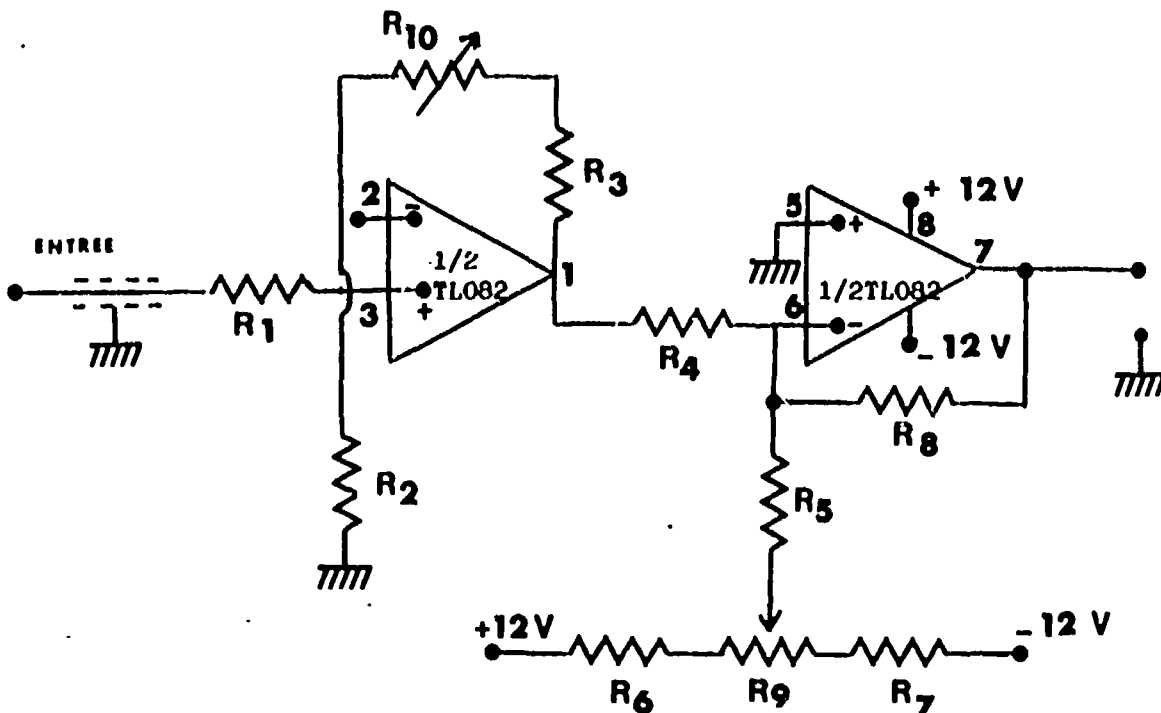


Figure 1 - Schéma théorique du pH-mètre (circuit de mesure)

$$\begin{aligned} R_1 &= 10^6 \Omega \\ R_2 &= 1,5 \cdot 10^3 \Omega \\ R_3 &= 10^3 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_4 &= 10^4 \Omega \\ R_5 &= 47 \cdot 10^3 \Omega \\ R_6 &= 1,5 \cdot 10^3 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_7 &= 1,5 \cdot 10^3 \Omega \\ R_8 &= 10^3 \Omega \end{aligned}$$

R_9 et R_{10} sont des résistances ajustables de $2 \text{ k}\Omega$ et $10 \text{ k}\Omega$ respectivement. R_9 est fixé dans le circuit alors que R_{10} est placée à l'extérieur (potentiomètre).

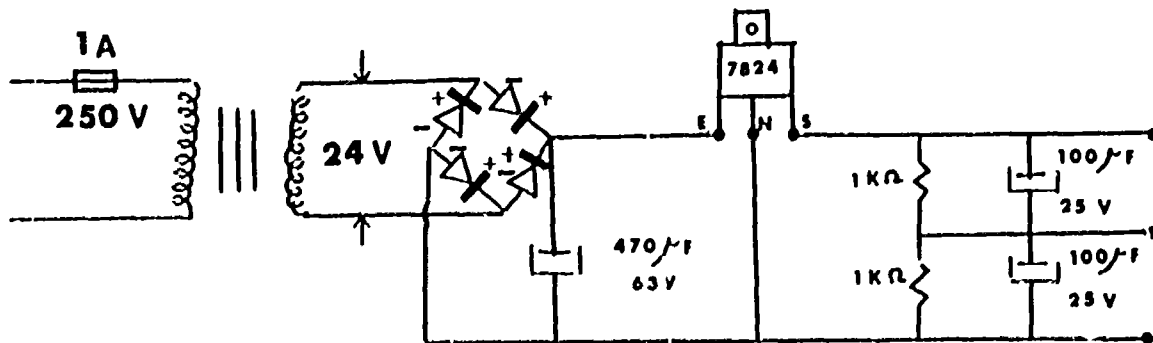


Figure 2 : Schéma théorique de l'alimentation stabilisée

Diode : 1N4007

régulateur de tension 24V : 7824CV

Implantation pratique : voir Figures 3 et 4

Liste du matériel utilisé :

a) Composants électroniques

- 2 amplisopérateurs : 1/2 TL082 x 2 (2 amplis dans un même boîtier)
- Résistances : $1 \text{ M}\Omega$ (1), $100 \text{ k}\Omega$ (1), $47 \text{ k}\Omega$ (1), $1,5 \text{ k}\Omega$ (2), $1 \text{ k}\Omega$ (4), $1 \text{ k}\Omega$ (4)
- Résistance ajustable : $2,2 \text{ k}\Omega$ 10 tours (1),
- 1 potentiomètre $10 \text{ k}\Omega$
- Condensateurs: $100 \mu\text{F}$ 25 V (2), $470 \mu\text{F}$ 63 V (1)
- Diode de redressement 1N4007 (4) ou modèle équivalent

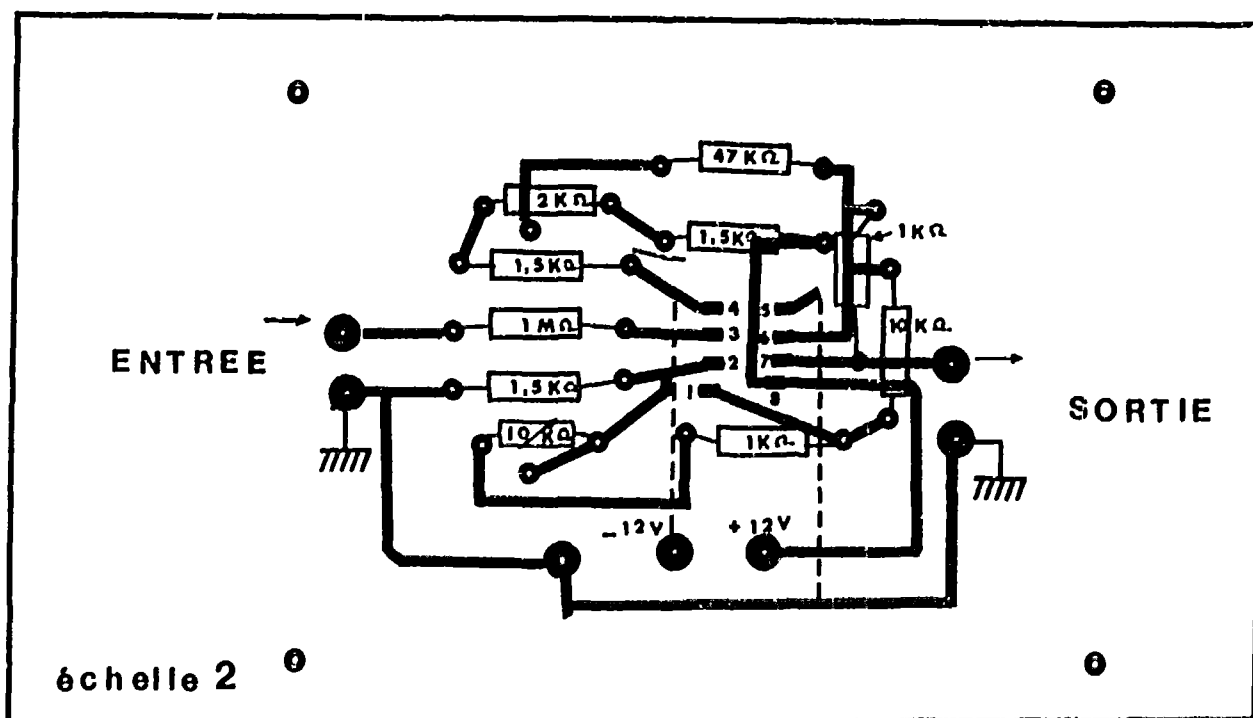


Figure 3 : circuit imprimé (partie mesure pH)
(l'implantation des composants se fait sur la
face opposée aux pistes)

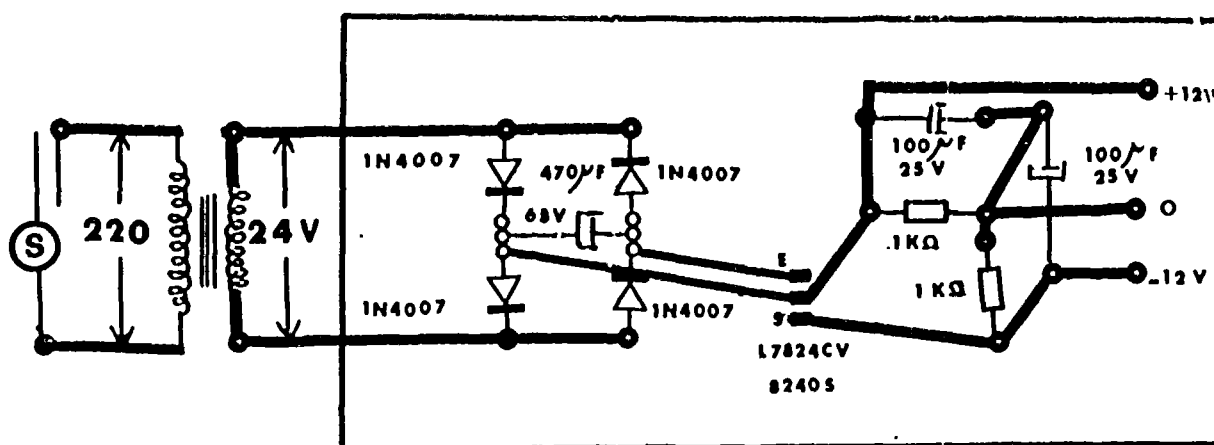


Figure 4 : circuit imprimé (partie alimentation)

Régulateur de tension : 7824 (1)

Transformateur : 220 V, 24 V, 15 VA (1)

b) Accessoires :

- 1 boîtier
- 1 bouton
- 4 bornes femelles 4 mm \varnothing
- 1 fiche secteur tripole
- câble 1,5 m.

Difficultés rencontrées : Les difficultés rencontrées résident particulièrement dans le réglage et la standardisation, (la standardisation a été effectuée à l'aide de 2 solutions tampons acétique pH = 4,7 et borique pH = 9,2), le choix des composants (potentiomètre linéaire ou logarithmique), la mise en place des composants polarisés (diodes, triac, capacité chimique).

REGLAGE :

La procédure de réglage se fait par approches successives en utilisant 2 solutions de pH connu et différent. En jouant successivement sur R10 et R9 on arrive assez rapidement au bon réglage.

1-On positionne R10 à une valeur quelconque

2-On règle R9 -avec la solution 1- pour avoir la bonne lecture

3-On plonge l'électrode dans la solution 2; le résultat lu est
soit: trop fort a)

trop faible b)

a) - Par R10 on réduit le gain (la tension diminue), puis on joue sur R9 pour avoir une bonne lecture.

b) - Par R10 on augmente le gain (la tension diminue), puis on joue sur R9 pour avoir une bonne lecture.

4-On plonge de nouveau l'électrode dans la solution 1. On se retrouve alors au point 3.

En 2 ou 3 essais successifs on doit trouver le bon réglage.

Réalisation des tests : titrage de $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ 0,2 M par NaOH 0,1 M. Les valeurs obtenues sont identiques à celles calculées théoriquement et celles obtenues avec un appareil commercial. (Lecture sur un millivoltmètre digital de 10 M Ω d'entrée)
pK_a = 4,65, pH de neutralisation = 8,4 (8,4 calculé)
pH initial = 3,3 - voir courbe de neutralisation (figure 5)

TEST REALISE :

Titration de l'Acide Acétique 0,2 M par la soude 0,1 M.

Dans un bécher de 200 cm³, on introduit 10 cm³ d'acide et 150 cm³ d'eau.

On place 2 électrodes -verre
-réf. Calomel

On effectue la neutralisation

VNaOH	0	2	3	4	6	8	10	12	14	16	17	18	20	22	25
pH	3,3	3,9	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,1	5,4	6,3	10,6	11,1	11,5	11,7	11,8

On trace la courbe $\text{pH} = f(V_{\text{cm}^3 \text{ NaOH}})$ (figure 5)

On détermine le point de neutralisation

$$V_{\text{neutralisation}} = 16,6 \text{ cm}^3$$

A la demi neutralisation on lit

$$\text{pH} = 4,65 = \text{pKa}$$

pH initial : lu = 3,3

calculé 3,3

pH de neutralisation : lu = 8,4

calculé 8,4

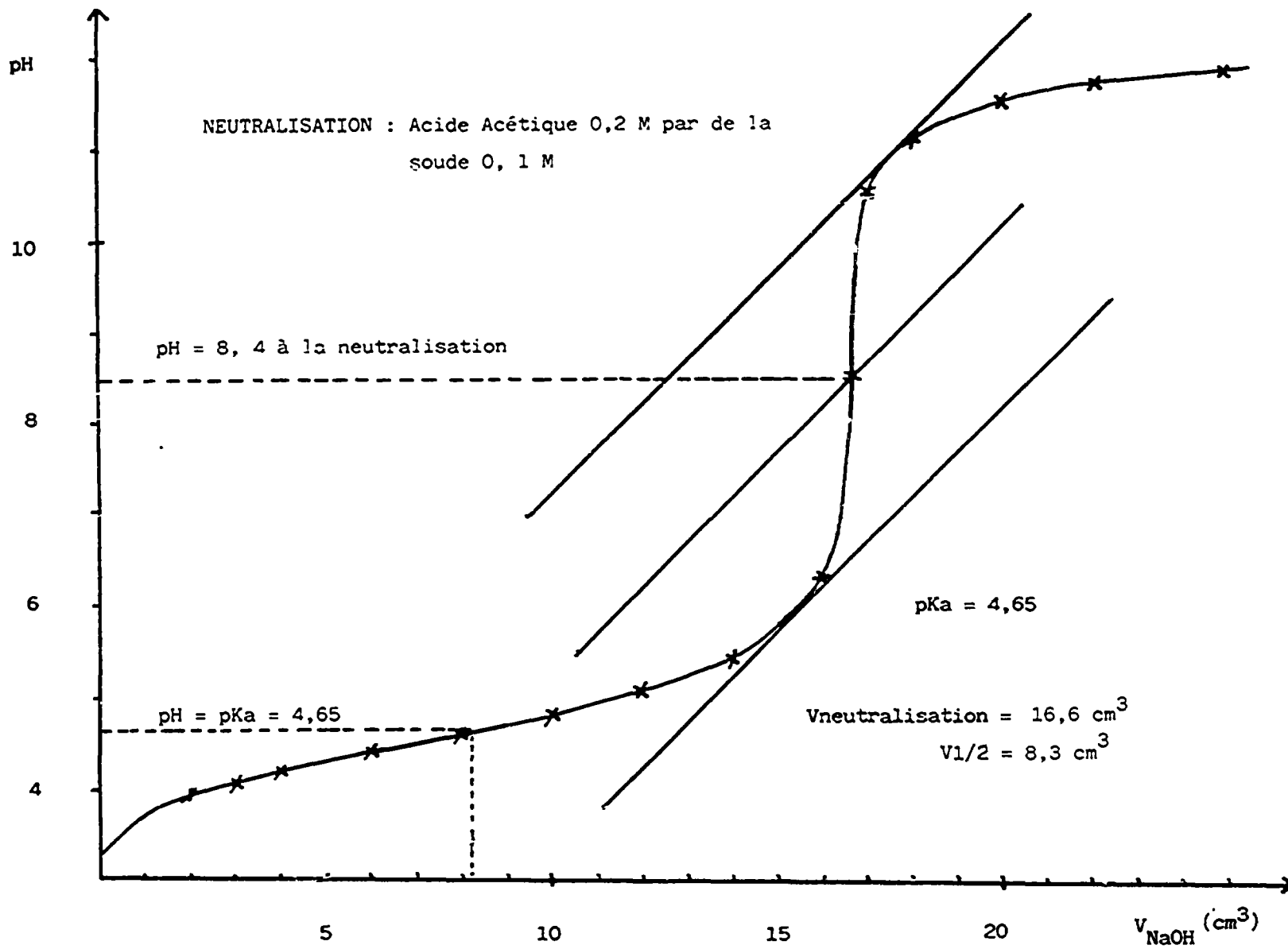


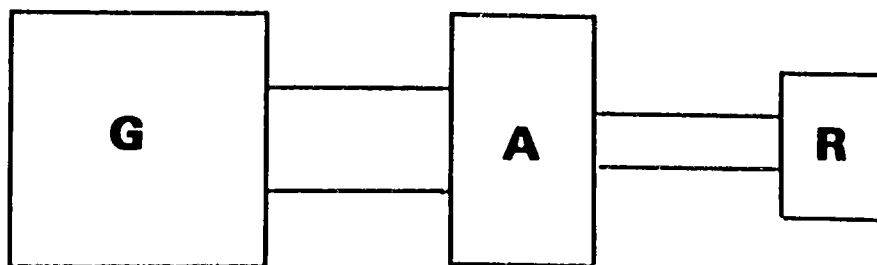
Figure 5

REALISATION D'UN PH-METRE

But : Construction d'un pH-mètre à faible coût.

Principe :

Pour réaliser un pH-mètre, nous sommes partis de l'idée qu'il fallait concevoir un appareil capable de convertir la fem des électrodes (référence et mesure) en pH (lecture sur un voltmètre extérieur). Ce qui nous conduit au schéma général suivant :



où G est le générateur (électrodes)

A est l'adaptateur d'impédance

R est le récepteur

Rôle de l'adaptateur d'impédance : Il permet d'isoler l'entrée mesure de la sortie mesure, sans perturber cette dernière à cause de la très grande résistance d'entrée du montage.

I CIRCUIT THEORIQUE :

Il est composé de 2 parties : le circuit d'adaptation
le circuit de calibration

II Schéma théorique :

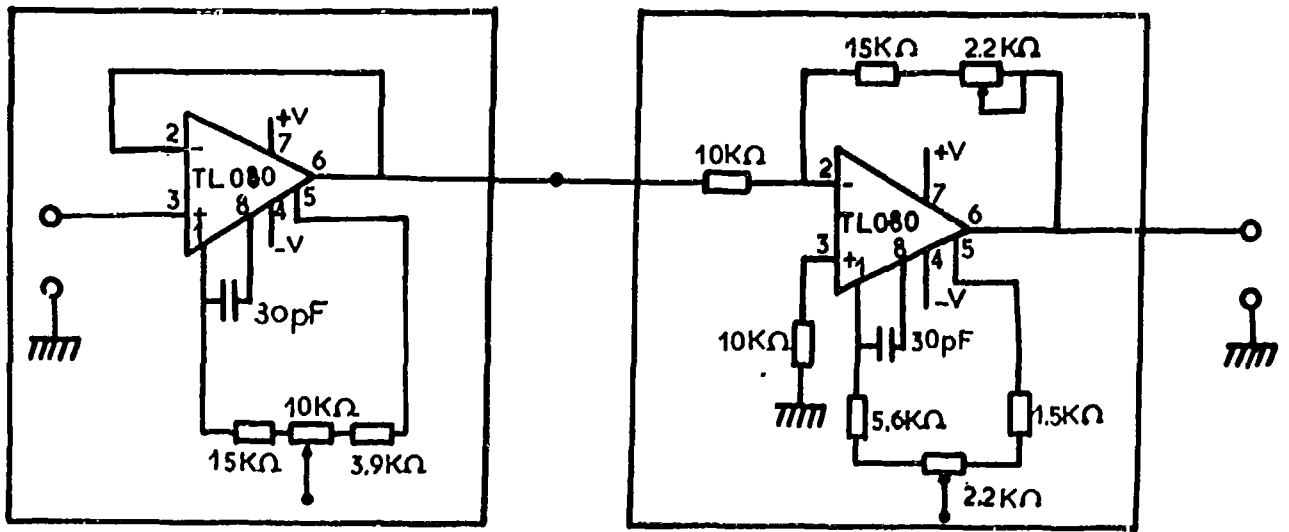


Figure 1

III Schéma d'implantation

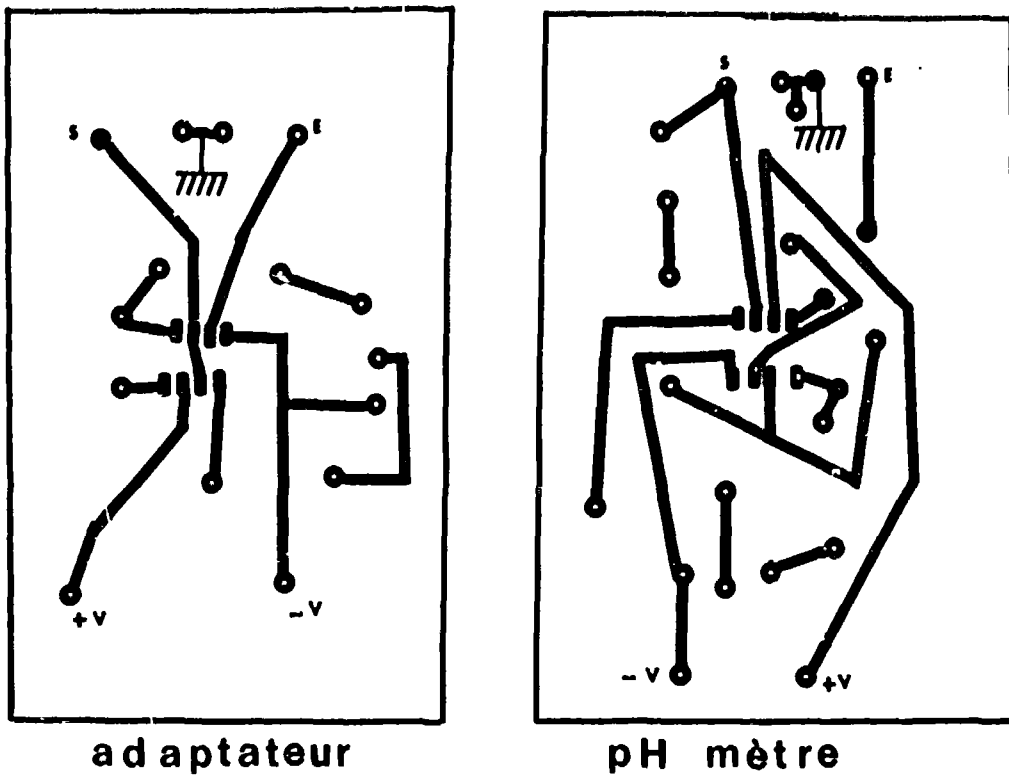


Figure 2

* Implantation pratique :

Après étude sur le papier calque, le circuit est réalisé sur une plaque cuivrée à l'aide de pastilles (Transfert adhésif). On assure la liaison entre les points par un ruban adhésif. La plaque est ensuite plongée dans une solution de $FeCl_3$ concentrée afin d'éliminer la partie du cuivre non désirée. On rince la plaque dans une solution de soude puis à l'acétone. A la fin on obtient une plaque avec le dessin du circuit. Pour implanter les éléments sur la plaque, nous avons percé des trous avec une mèche de 1.5 mm aux différents points des pastilles. la soudure des éléments est réalisée à l'aide d'un fer à souder et de l'étain.

* Boîtier :

Nous avons utilisé une boîte métallique de dimension 13 cm x 20 cm x 7 cm. Pour fixer les deux plaques portant les circuits imprimés, nous avons collé deux bouchons en plastique avec de l'Araldite sur le couvercle de la boîte. Les deux plaques sont fixées par des vis parker.

Sur la face avant du boîtier nous avons percé 5 trous, 2 pour assurer le branchement des électrodes, 2 autres pour brancher le voltmètre et le cinquième pour fixer le potentiomètre.

Trois prises femelles sur une face latérale permettent d'alimenter le dispositif par une source de tension extérieure. (cf fig. 4a-4b-5)

* Difficultés :

Les difficultés rencontrées ont été les problèmes de réglage suivants :

REGLAGES :

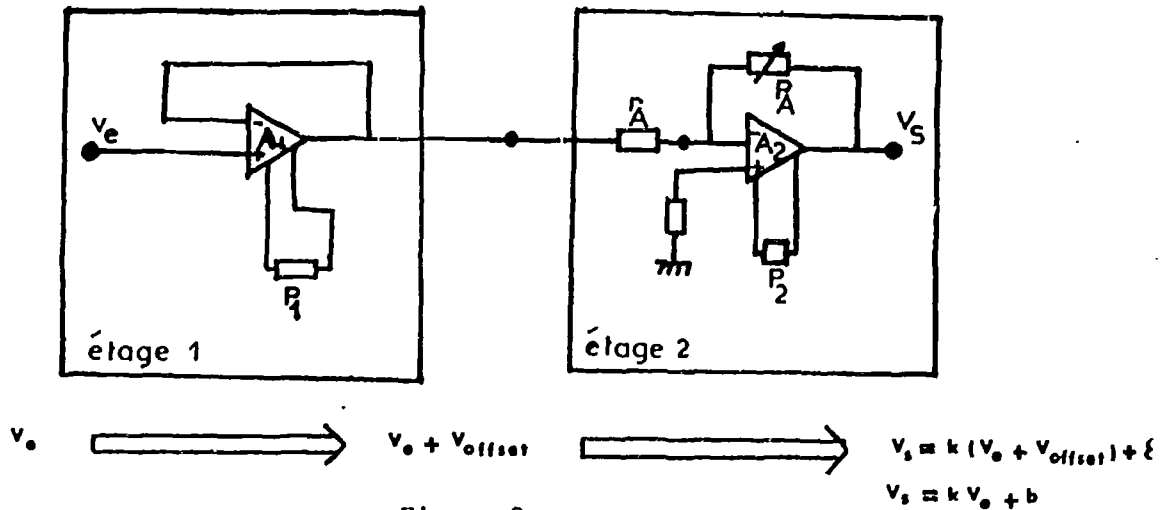


Figure 3

1) Description de l'appareil.

Si une tension V_e est appliquée à l'entrée de l'étage 1, on obtient à la sortie une tension $V_{B1} = -V_e + V_{offset1}$. Cette tension V_{B1} attaque l'étage 2 ; on retrouve en sortie une tension $V_S = kV_e + b$ ou k est l'amplification et b une tension continue ($b = -kV_{offset1} + V_{offset2}$).

P_1 règle $V_{offset1}$, P_2 règle $V_{offset2}$, P_A règle l'amplification.

2) Règlages

a) Minimisation de $V_{offset2}$

On relie le point 1 à la masse. On connecte un voltmètre à la sortie. On ajuste P_2 pour avoir une tension nulle.

b) Règlage du facteur d'amplification k

Ce facteur dépend de l'électrode. Il est fait une fois pour toutes tant que l'on utilise le même type d'électrode.

Exemple : une électrode de verre donne 58 mV/pH (à 25°C) et on désire lire directement 100 mV par unité pH. Le facteur sera donc $100/58 = 1,724$

On déconnecte le point 1 de la masse.

On relie les 2 bornes d'entrée par un cordon.

On mesure alors avec un voltmètre la tension au point 1 puis on règle P_A pour avoir $V_S = 1,724$ au point 1.

Ces deux réglages étant internes, le dernier se fera boîtier refermé.

c) Règlage du décalage b

On ajuste b par le potentiomètre P_1 situé sur la face avant de l'appareil.

Les électrodes sont plongées dans une solution de pH connu : en jouant sur P_1 on doit obtenir une lecture égale au pH de la solution. En plongeant des électrodes dans une deuxième solution de pH différent on doit lire la bonne valeur.

Résistances :

15 k Ω (x3)

10 k Ω (x2)

5,6 K Ω (x1)

3,9 K Ω (x1)

Circuits intégrés : TL 080 (x2)

Electrodes

Voltmètre

Alimentation stabilisée.

Capacité : 30 pF (x2)

Potentiomètres :

2.2 k Ω (x2) 10 tours ajustables

10 k Ω (x1)

Fiches bananes femelles :

3 rouges (+)

3 noires (-)

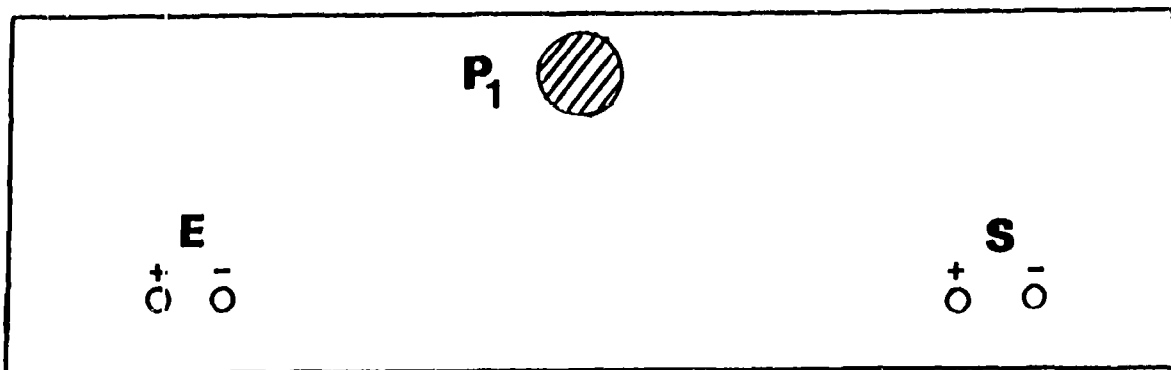
1 bleue (0)

Deux plaquettes pour circuit imprimé

(9 x 6) cm²

* Vue externe du boîtier :

face avant : Figure 4a

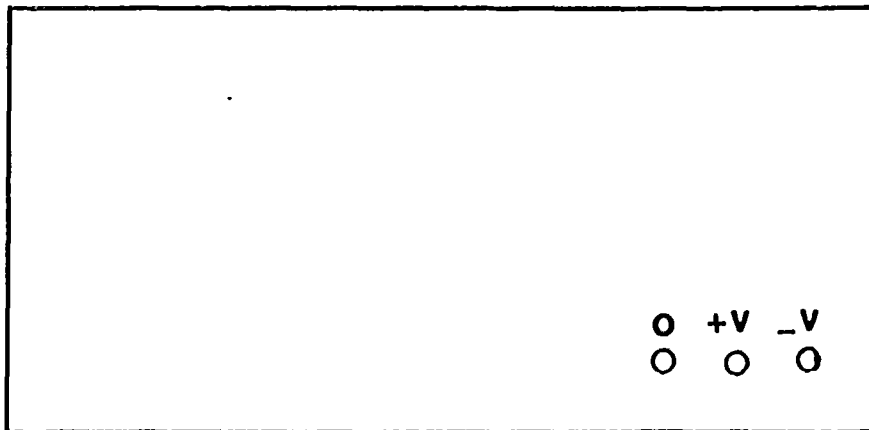


E : branchement des électrodes

S : branchement du voltmètre

P₁ : potentiomètre

face latérale : Figure 4b



L'alimentation de notre appareil est assurée par une source d'alimentation stabilisée indépendante. La tension d'alimentation est de + 12 V et -12 V.

TEST REALISE :

Titration de l'Acide Acétique 0,2 M par la soude 0,1 M (Fig 5)

ADAPTATEUR d'IMPEDANCE

pH METRE

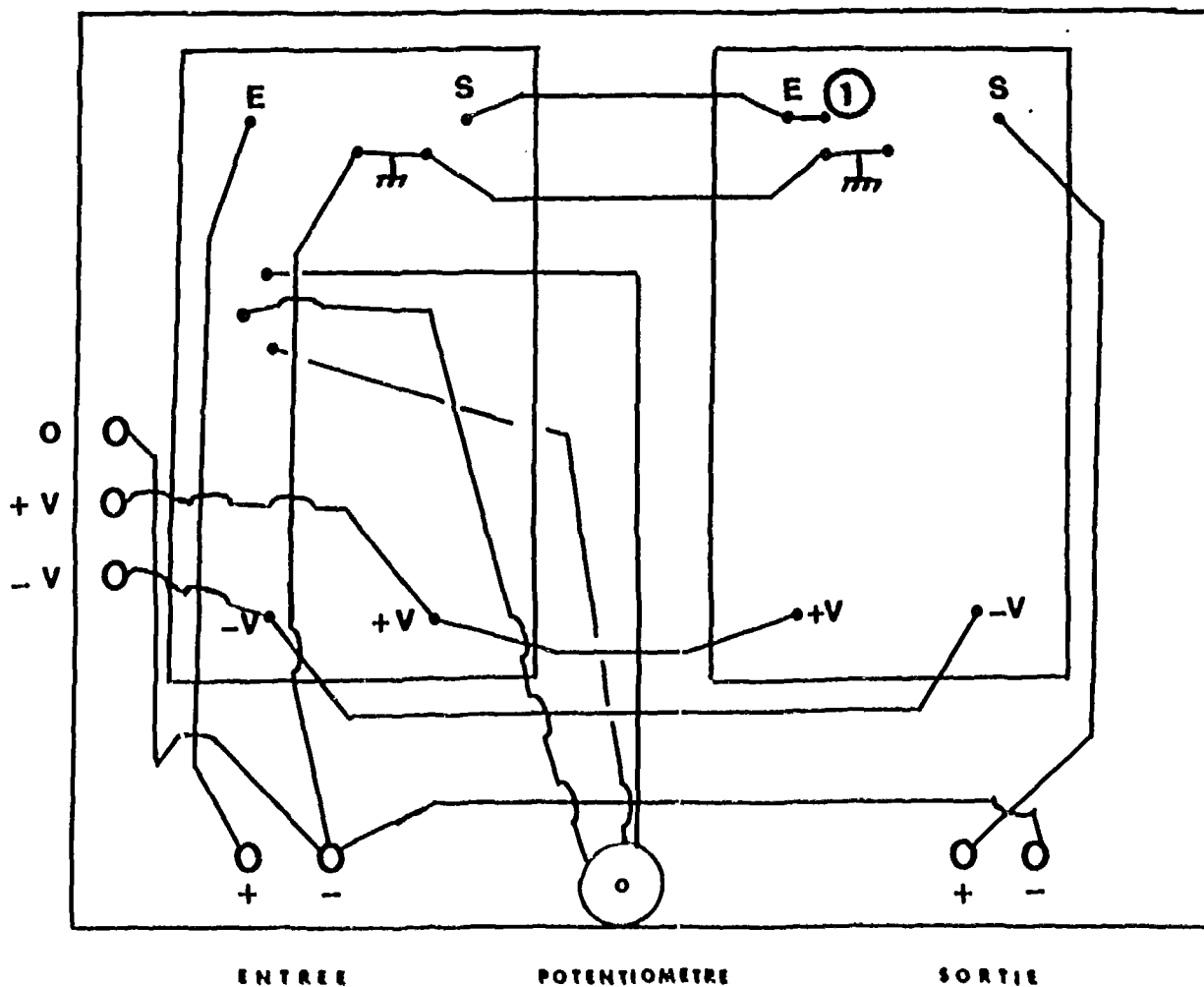


Figure 5 : schéma de connexion des deux plaques du pH-mètre et adaptateur en impédance.

* Remarque : Pour la procédure de réglage l'implantation d'une borne de connexion serait à prévoir en 1.

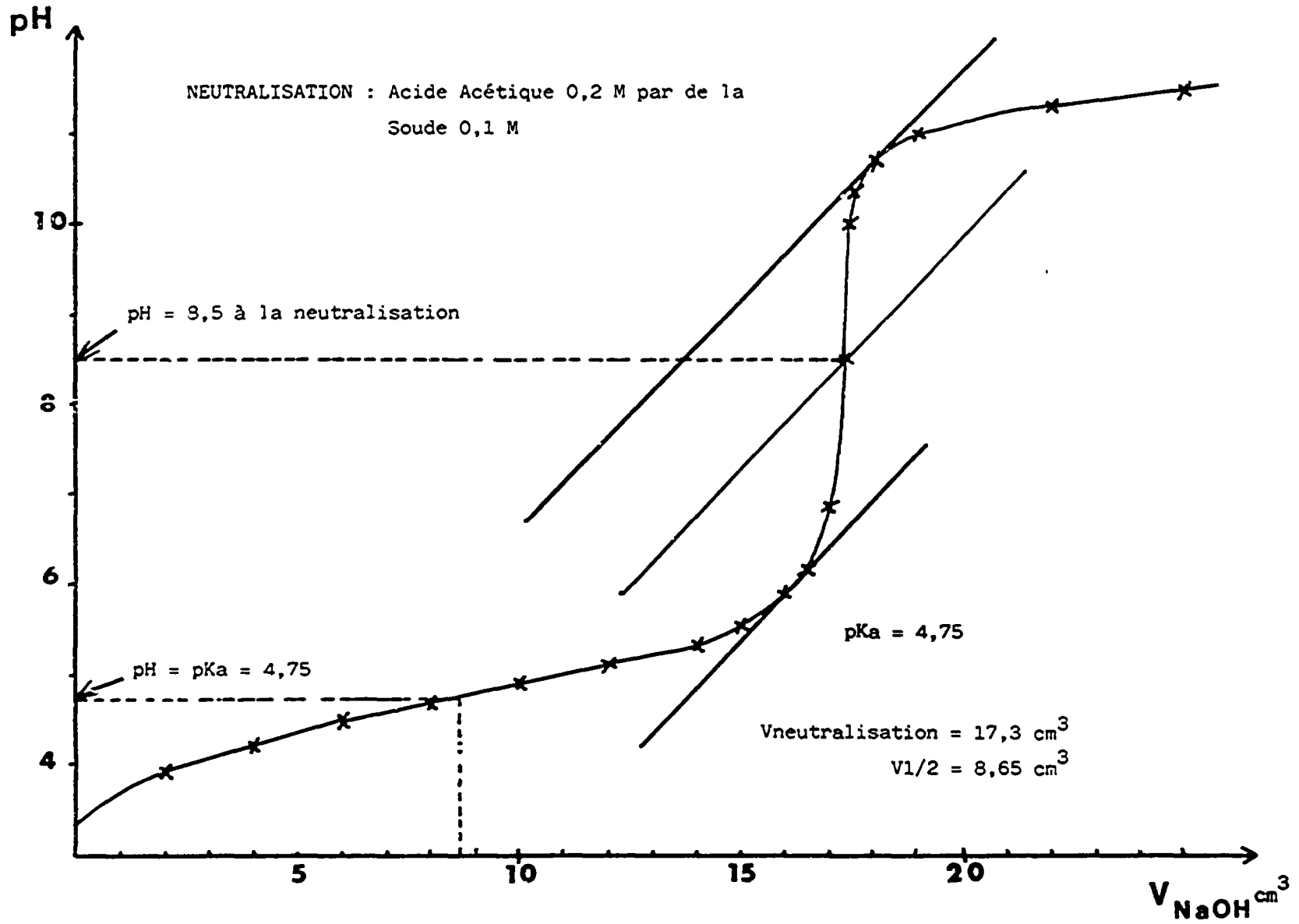


Figure 6

ALIMENTATION STABILISEE 5-24 Volts 1 Ampère

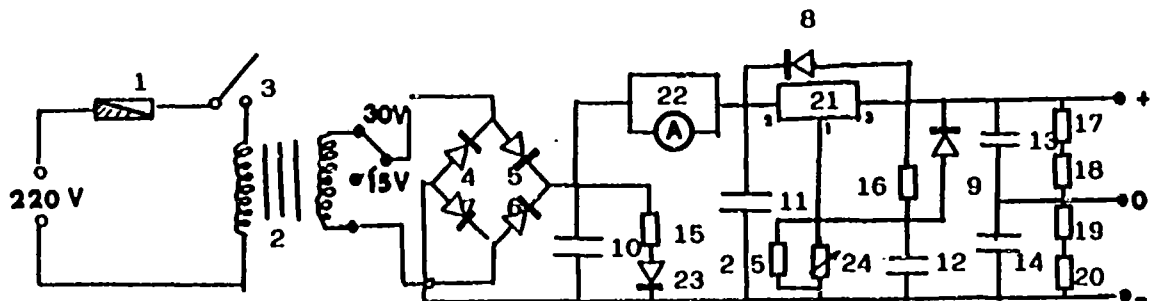
But : On se propose de réaliser une alimentation permettant le fonctionnement de petits dispositifs électronique tels que le pH-mètre.

On doit pouvoir disposer en sortie de 2 tensions symétriques ou d'une seule tension monopolaire.

I SCHEMA THEORIQUE :

Description du montage

On redresse la tension alternative du secondaire du transformateur, par le pont de diodes puis après filtrage (rôle des condensateurs) on attaque le circuit régulateur de tension. A la sortie le pont de résistance constitué par R16 et R5//Pot 24 permet de prélever tout ou partie de la tension maximale. L'ensemble des deux associations R17+R18//C13 et R19+R20//C14 permet de pouvoir disposer de 2 tensions égales et symétriques.

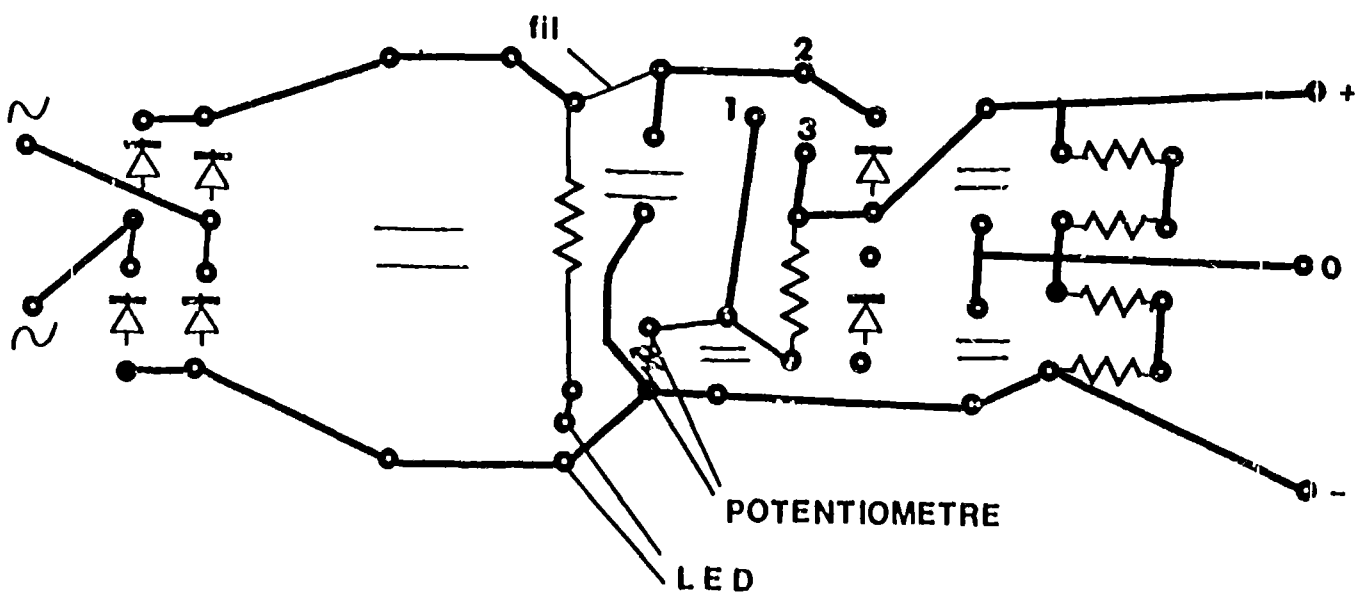


II LEGENDE DES COMPOSANTS UTILISES :

- 1 - Fusible (3A)
- 2 - Transformateur (220 V / 2 x 15 V)
- 3 - Inverseur
- 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 : Diodes
- 10 - Capacité 470 μ F
- 11 - Capacité 100 μ F

- 12- Capacité $47 \mu F$
- 13 - 14 : Capacité $2,2 \mu F$
- 15- Résistance $1,2 k\Omega$
- 16- Résistance 220Ω
- 17 - 18 - 19 - 20 : Résistances $1 k\Omega$
- 21- Régulateur de tension LM 317 (les points 1,2,3 indiquent le numéro de chaque patte)
- 22- Résistance nulle (fil)
- 23- Voyant (LED)
- 24- potentiomètre 1 tour $4,7 k\Omega$
- 25- Résistance ajustable $2,2 k\Omega$

III SCHEMA D'IMPLANTATION :



IV LES DIFFERENTES ETAPES DE LA REALISATION DU CIRCUIT IMPRIME.

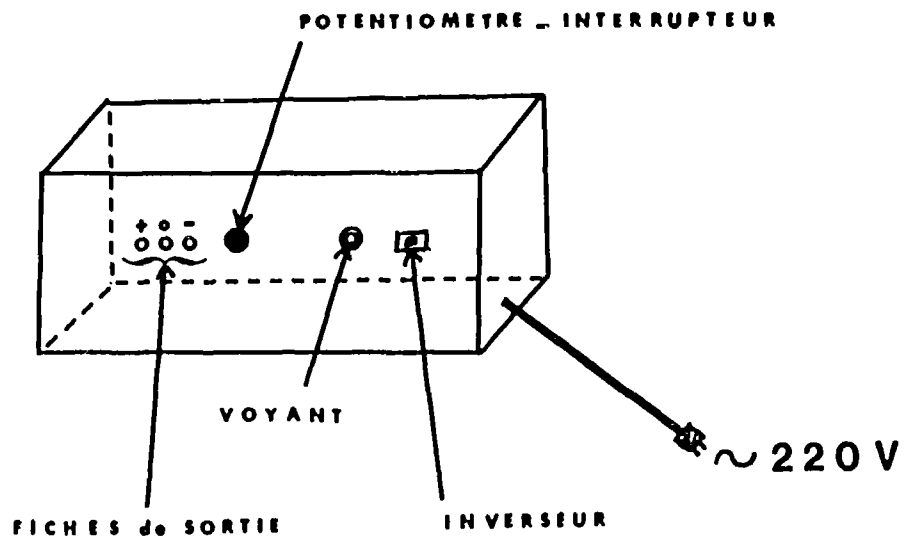
- Réalisation du schéma d'implantation sur une plaque cuivrée en utilisant des pastilles et des rubans adhésifs.
- Attaque du cuivre non protégé par une solution de chlorure ferrique très concentrée.
- Pose des différents composants sur le circuit imprimé après avoir percé les trous, et les souder ensuite.

V BOITIER :

La boîte a été réalisée en bois (contreplaqué) de longueur 25 cm, de largeur 13,5 cm et de hauteur 8 cm.

A l'intérieur de la boîte on a fixé le circuit imprimé, le transformateur et le fusible.

Sur une face, on a placé l'inverseur, le voyant, le potentiomètre-interrupteur et les 3 fiches de sortie pour l'alimentation du pH-mètre.



VI REALISATION DU TEST

En testant l'alimentation on n'a pas obtenu les valeurs de tension de sortie désirées. On a alors placé en parallèle avec le potentiomètre une résistance variable de 2,2 K Ω . Le bouton du potentiomètre est tourné au maximum et la résistance variable est réglée de telle façon qu'on obtienne une tension continue de 24 V.

AGITATEUR MAGNETIQUE CHAUFFANT I

Les agitateurs chauffants commerciaux sont des appareils coûteux regroupant les 2 fonctions en un seul boîtier comprenant :

- 1 plaque chauffante circulaire \varnothing 120-150 mm avec son alimentation
- 1 moteur électrique alimenté en 220 V en général avec son alimentation

Les 2 fonctions sont séparées (2 alimentations).

Puissance requise : Moteur 10-20 W. Résistance 400-500 W.

De plus on doit faire varier indépendamment la vitesse de rotation du moteur et le chauffage de la plaque.

I ETUDE DU SCHEMA THEORIQUE

Etude en fonction des performances.

Bien que les puissances requises soient très différentes, nous avons décidé de faire 2 fois le même circuit d'alimentation sur une seule plaque.

Ce circuit double doit pouvoir délivrer 500 W environ.

Le schéma doit être simple afin de :

- abaisser le coût de fabrication
- minimiser les risques de panne.

Sur les conseils d'un électronicien nous avons étudié le schéma théorique (figure 1).

Dans une seconde étape nous avons dessiné le schéma d'implantation ce qui a créé quelques petits problèmes à savoir :

- comment faire croiser 2 conducteurs sur un circuit imprimé qui est plan.

Une mise au point succincte en électronique nous a appris que l'on pouvait "ponter" les éléments (figure 2).

Après vérification du schéma d'implantation à l'échelle 2/1 nous

avons réalisé ce schéma sur un calque à l'échelle 1/1 puis sur une plaque de cuivre - epoxy (figure 3).

Pour dessiner le schéma il a fallu du matériel de dessin type Mecanorma ou Decadry de qualité électronique.

- ruban
 - pastilles pour composants
 - pastilles pour circuits intégrés
- } diamètre normalisé

ainsi que :

- pinces brucelle
- crayon

L'expérience des électroniciens, fort utile, nous apprend qu'il faut de plus faire des pistes les plus simples et les plus courtes et prévoir l'emplacement des potentiomètres de réglage le plus près possible du circuit imprimé.

Réalisation du circuit imprimé :

Après avoir fait le dessin sur le côté cuivre du circuit et donc dessiné à l'envers, on effectue l'attaque par une solution de $FeCl_3$ pendant quelques minutes, on lave, on neutralise l'excès d'acidité par une solution diluée de soude ou de savon et on rince une seconde fois.

Le circuit est donc prêt et on perce à l'emplacement des pastilles.

Il faut une perceuse avec une ou plusieurs mèches de 0,8 - 1 - 1,5 mm.

Ce type de perceuse existe dans le commerce (perceuse pour circuit imprimé). Toutefois, une perceuse de bricolage peut être utilisée, à condition de doser son effort (les mèches sont fines!).

Ensuite on place les composants et on soude avec un petit fer à souder à panne droite de puissance 20-25 W.

Vérification du moteur et de la plaque

Nous avons extrait le moteur d'un agitateur hors d'usage. Après vérification de celui-ci, nous l'avons réparé (simple fil coupé!).

Nous avons vérifié la résistance de la plaque chauffante.

Celà permet de visualiser rapidement la régulation. L'ampoule doit s'allumer progressivement et son éclat varier avec la rotation du potentiomètre de commande.

Difficultés

Il y a eu de nombreuses modifications techniques dues à des résultats médiocres au départ :

- la variation de puissance est insuffisante. La lampe varie de pleine puissance à 3/4 puissance environ.
- la plage de variation est trop faible. La lampe s'éteint et s'allume à pleine puissance pour une très faible rotation du potentiomètre : l'effet de variation n'est pas correct.

Nous avons alors :

- ajouté des résistances
- changé de type de potentiomètre

Pour terminer, nous avons :

- changé les valeurs des résistances
- rajouté le diac qui avait été supprimé.

Matériel

- une perceuse + forêts de 1 à 10 mm - Acier qualité HSS
- Petit outillage = pince coupante, pince brucelle, couteau, cutter, tournevis.
- Fer à souder, soudure
- Fil électrique
- Visserie (vis, écrous, boulons)
- Entretoise - Pieds caoutchoutés
- Nécessaire pour circuit imprimé
- Scie - lime - papier de verre
- Controleur Universel
- Ampoule 220 V , 100 W + douille.

Implantation dans le boîtier

A ce stade, nous avons rencontré LE PROBLEME - Pas de boîtier !

Le boîtier doit contenir le moteur de l'agitateur, le circuit imprimé, les potentiomètres de réglage, les porte-fusibles, le passage pour l'axe du moteur et les vis de fixation de la plaque chauffante.

Un forgeron local a réalisé un boîtier, très rapidement dans de la tôle récupérée ! (figures 4 à 8).

Les passages des potentiomètres et des porte-fusibles étant assez grands, l'utilisation d'une perceuse est nécessaire.

De plus, le circuit imprimé est fixé sur le fond du boîtier et doit absolument être isolé de celui-ci. Il a donc fallu le surélever et fabriquer des pastilles isolantes percées de trous.

A ce stade, nous avons rencontré une seconde difficulté majeure :
LA VISSERIE.

Il faut absolument prévoir tout un jeu de vis Parker, de boulons et d'écrous de petites dimensions (2 à 3 mm de diamètre, 20 à 25 mm de long).

Implantation

En fin de réalisation, il a fallu réfléchir à l'installation définitive et en particulier comment relier les différents fils entre eux (figure 9) :

- alimentation générale
- fils des potentiomètres
- voyant marche-arrêt
- alimentation des 2 circuits de commande.

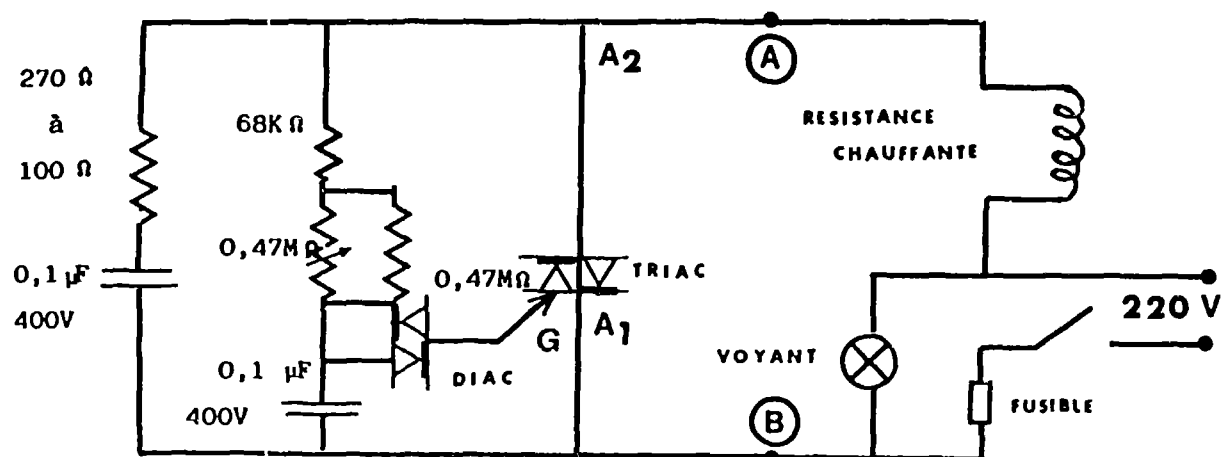
Vérification

Nous avons vérifié les 2 circuits = chauffage et agitation.

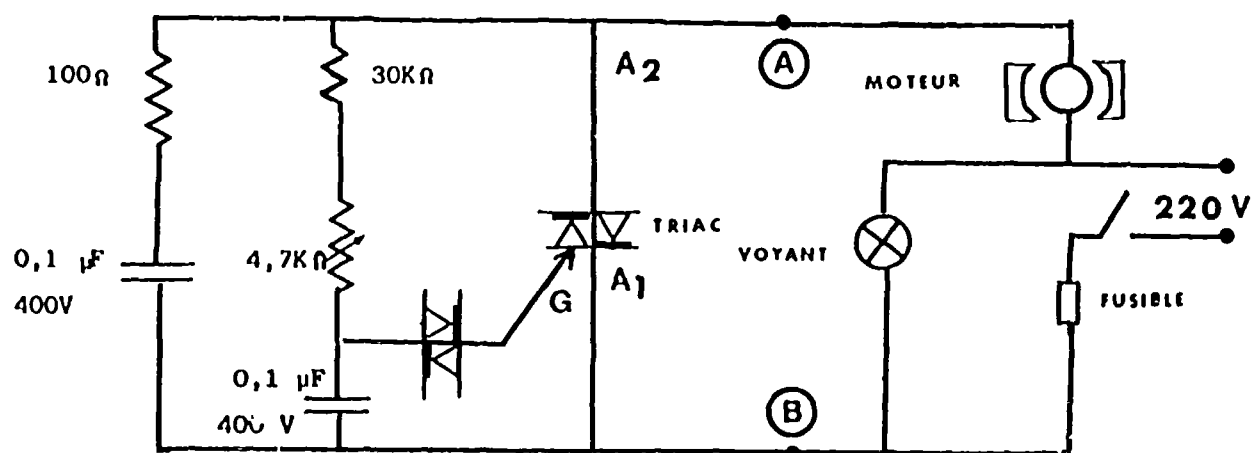
Nous avons alors constaté que les régulations fonctionnaient mal, bien que le moteur tournait et que la résistance chauffait.

Nous avons alors modifié certains composants (changement de résistances, de capacité).

Un test simple consiste en fait à simuler le chauffage ou le moteur par une simple ampoule avec une douille branchée directement en lieu et place du circuit de chauffage.

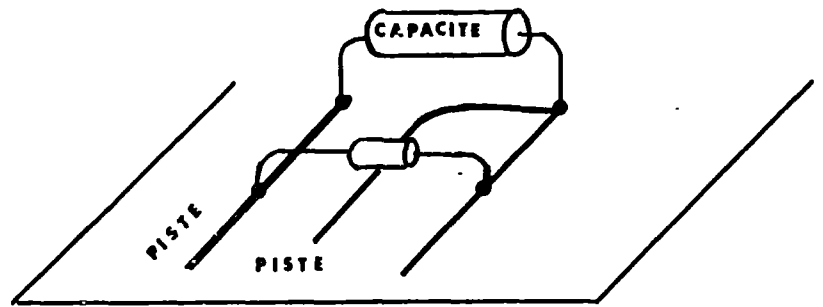
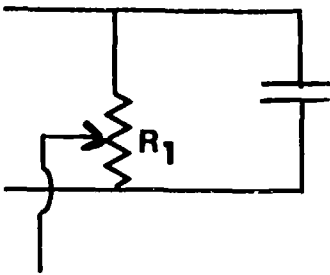


Plaque chauffante



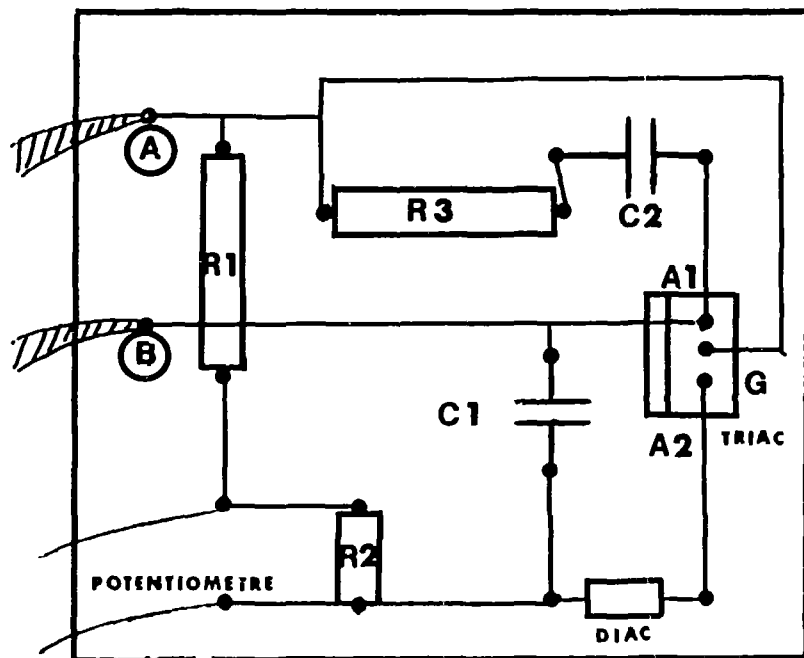
Alimentation du moteur

Figure 1 : Schéma théorique

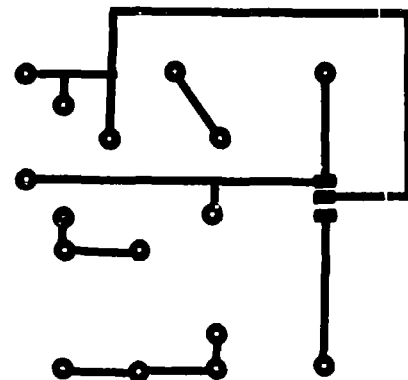


Piste passant sous un composant

Figure 2 : Pontage



échelle 2/1



échelle 1/1

Figure 3 : Schéma d'implantation

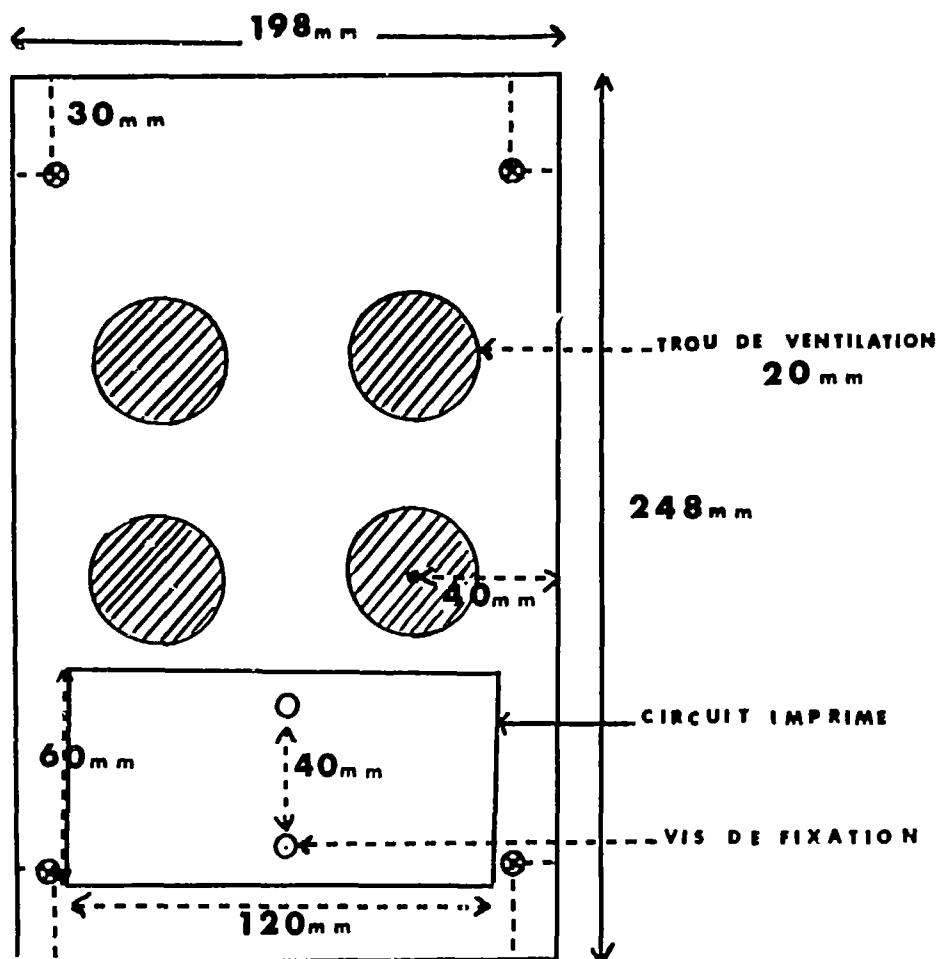
Attention : - les pistes sont du côté cuivre
 - les éléments sont de l'autre côté
du circuit.

Chauffage

R1 = 68 K Ω
 R2 = 470 K Ω ajustable
 R3 = 270 Ω à 100 Ω
 C1 = 0,1 μ F
 C2 = 4,7 μ F (non critique)
 TRIAC = 400V - 6 à 8 A
 DIAC
 R4 = Potentiomètre

Agitation

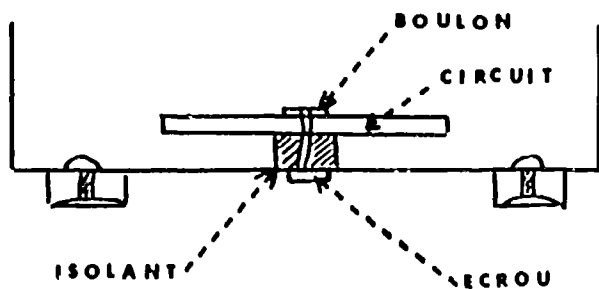
R1 = 30 K Ω
 R2 = Supprimé
 R3 = 100 Ω
 C1 = 0,1 μ F
 C2 = 0,1 μ F
 TRIAC = 40CV - 6 à 8 A
 DIAC



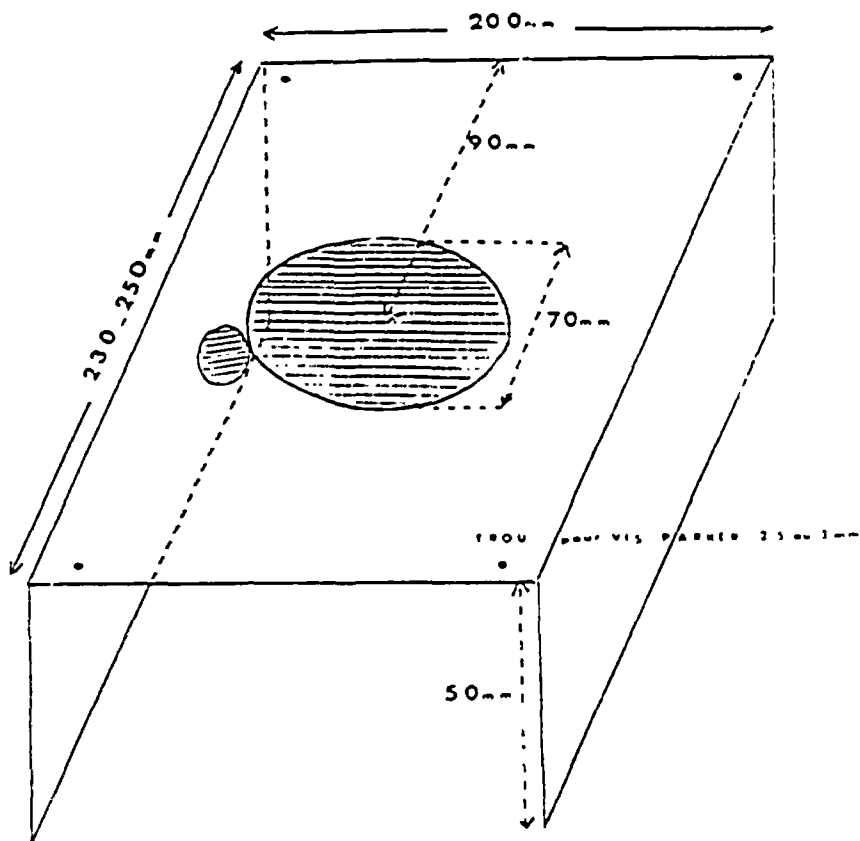
PLANCHER

Figure 4 : Plancher du boîtier

Pied : hauteur = 10 à 20 mm et circuit imprimé fixé avec 2 vis, hauteur = 20 mm surélevé de 7 à 10 mm.



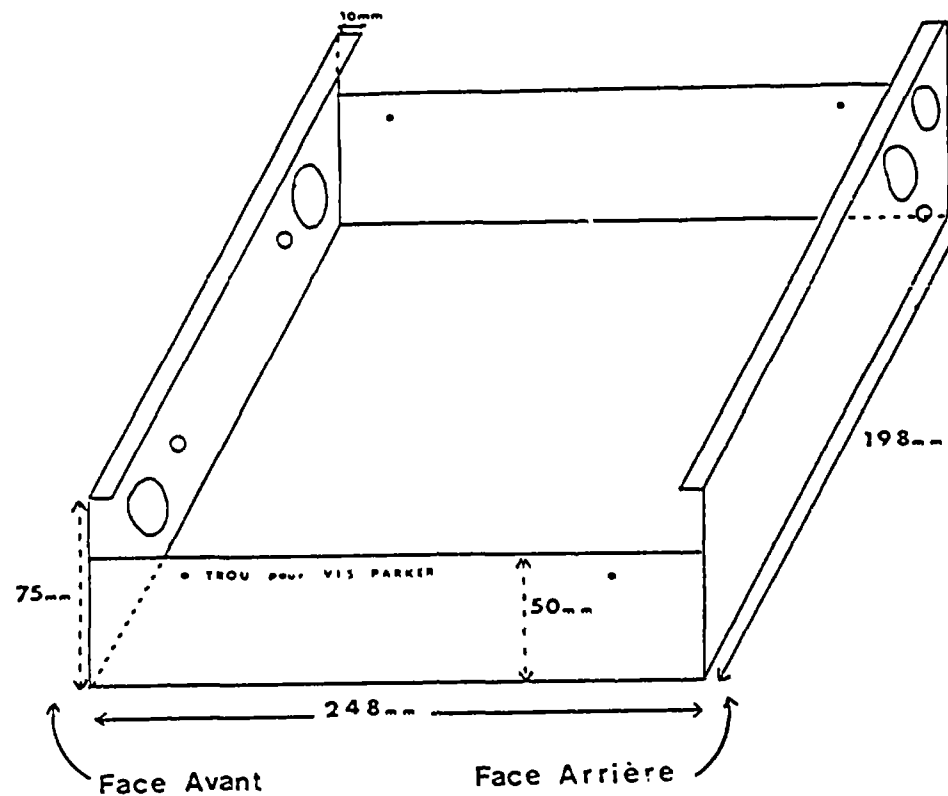
Pastille isolante carrée réalisée dans une plaque de plastique 10 X 10 mm épaisseur



CAPOT : Dessus

Figure 5 : Dessus du boîtier

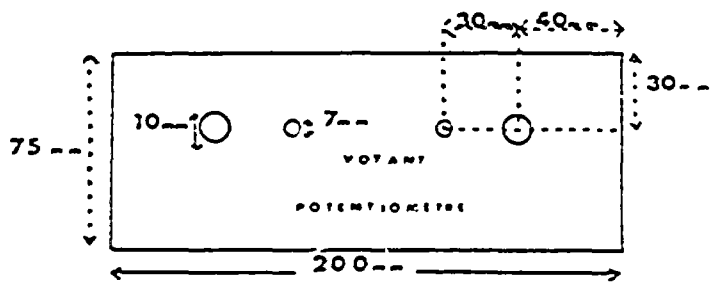
Découpe : \varnothing 70 mm à 90 mm du bord arrière
 \varnothing 20 mm à côté (Passage des fils de chauffage)



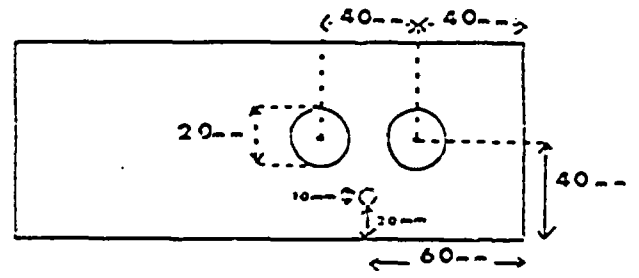
BOITIER

Figure 6

Remarque : La hauteur du boîtier doit être choisie en fonction du type de moteur et de la longueur de la tige portant le barreau magnétique.



Face AVANT



Face ARRIERE

Figure 7

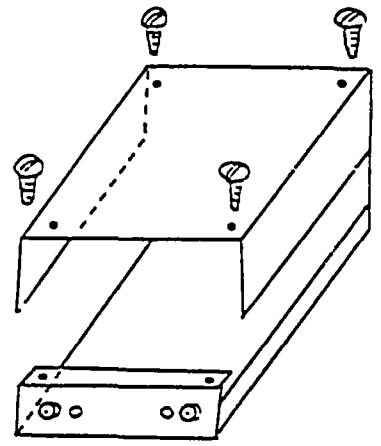
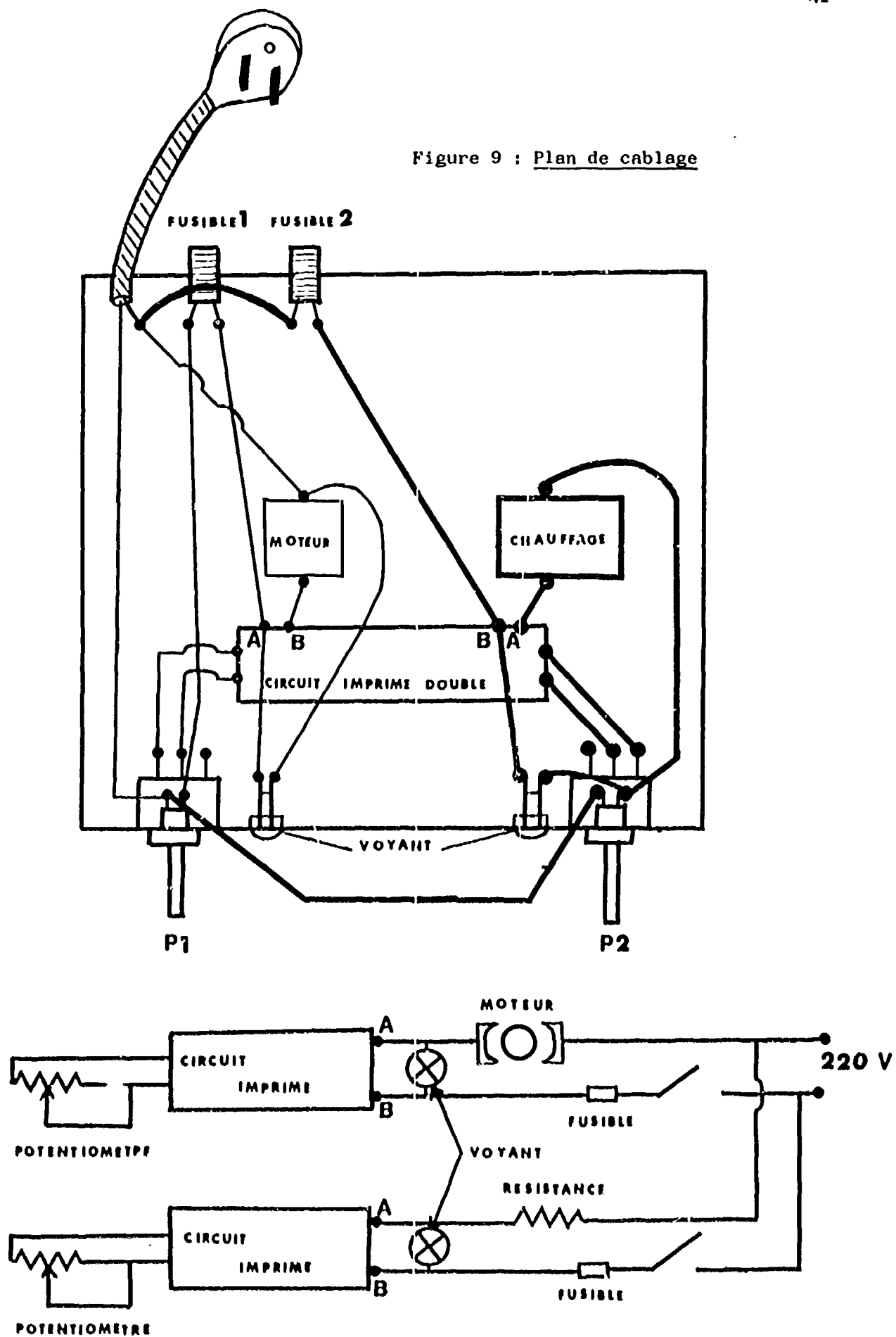


Figure 8

Figure 9 : Plan de câblage

AGITATEUR MAGNETIQUE CHAUFFANT II

Le but essentiel de l'atelier était de faire acquérir aux participants les connaissances de base élémentaires sur les circuits électroniques et les différents composants utilisés lors de leur montage ainsi que les fonctions qu'ils peuvent assurer.

Ceci devait leur permettre par la suite de fabriquer du matériel simple.

Schéma théorique :

Le schéma proposé pour assurer la commande d'un agitateur magnétique chauffant est celui de la figure 1.

Ce circuit comporte deux résistances et deux potentiomètres (ou résistances ajustables) ainsi que deux capacités, un triac et un diac.

Implantation pratique :

On essaie dans le schéma d'implantation de réarranger les éléments de façon à avoir un circuit imprimé le moins étalé (mais non encombré) tout en respectant les dimensions des différents composants ce qui revient à faire un schéma à l'échelle.

Celui-ci est dessiné sur un papier calque que l'on colle par la suite contre une plaque de cuivre et on repère les positions des différents noeuds à l'aide d'un clou (ou tout objet pointu).

Ces positions sont ensuite marquées à l'aide de transferts adhésifs (Pastilles noires), que l'on relie par un ruban collant pour réaliser le dessin du circuit.

On attaque la plaque par une solution de FeCl_3 30 % afin d'éliminer le cuivre non protégé (cuivre non utile pour le circuit).

Après rinçage à l'eau et l'acétone, on perce et on soude les différents composants à leur place.

On a fabriqué au cours de ce premier travail deux plaques du même genre, l'une servant au chauffage et l'autre à l'agitation.

La liste ci-dessous rassemble les différents composants nécessaires :

- 2 résistances 100 Ω
- 2 résistances 68 K Ω
- 2 potentiomètres 10 K Ω
- 2 potentiomètres 470 K Ω
- 4 capacités 0,1 μ F
- 2 diacs TXAL. 2210 B
- 2 triacs
- un moteur 220V
- une plaque chauffante
- boîtier
- 2 voyants
- 2 fusibles de 0,5 et 5 A

Remarque :

Il est plus commode de réaliser les deux circuits sur une même plaque

Nous n'avons pas rencontré de difficultés majeures pour rassembler les différents éléments électroniques.

Ont manqué : le moteur, la plaque chauffante, et un boîtier pour loger les circuits imprimés.

Les deux premiers éléments (moteur et plaque chauffante) ont donc été directement récupérés sur un agitateur en panne.

Nous avons essayé de fabriquer un boîtier en bois, mais le manque d'un bois convenable nous a rendu la tâche très difficile, ce qui nous a conduit à renoncer à cette fabrication et à utiliser la carcasse de l'agitateur précédemment mentionné.

Avant le montage des deux plaques sur la carcasse, nous avons procédé à plusieurs modifications qui ont consisté en :

- Remplacement de la résistance de 68 K Ω par une autre de 30 K Ω de même puissance
- élimination du potentiomètre de 10 K Ω
- mise en court-circuit du diac

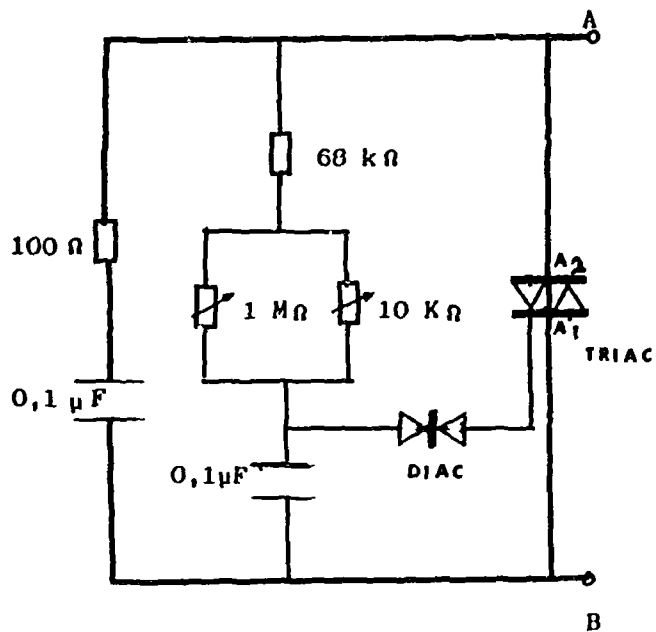
Ceci revient à faire le circuit représenté sur la figure 2, ainsi que son schéma d'implantation. Pour compléter le circuit nous avons inséré deux voyants et deux fusibles, les premiers indiquant la mise sous tension de l'appareil, alors que les deuxièmes protègent le moteur ainsi que la résistance.

Le circuit de branchement définitif est représenté sur la figure 3.

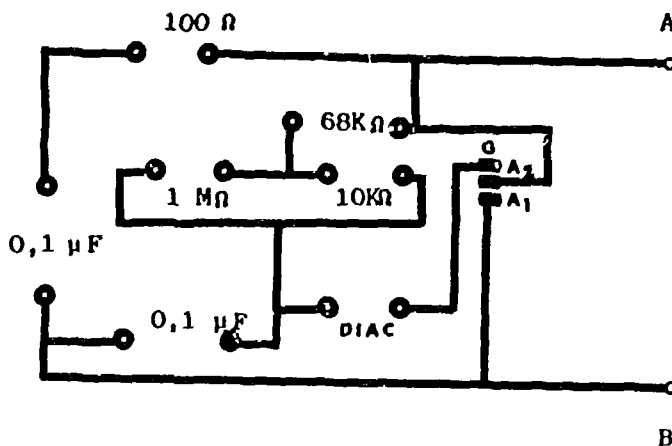
Après mise en marche de notre dispositif, nous avons constaté les inconvénients suivants :

- la sensibilité du moteur ainsi que celle de la plaque chauffante sont très petites.
- le moteur ne tourne que lorsque le bouton du potentiomètre est presque à fond.
- le chauffage est très lent, et n'est appréciable que pour la position maximum du potentiomètre d'où une plage de réglage réduite.

Ces inconvénients proviennent d'un mauvais choix des composants du circuit de régulation. Le manque de temps ne nous a pas permis de faire d'autres essais plus concluants.

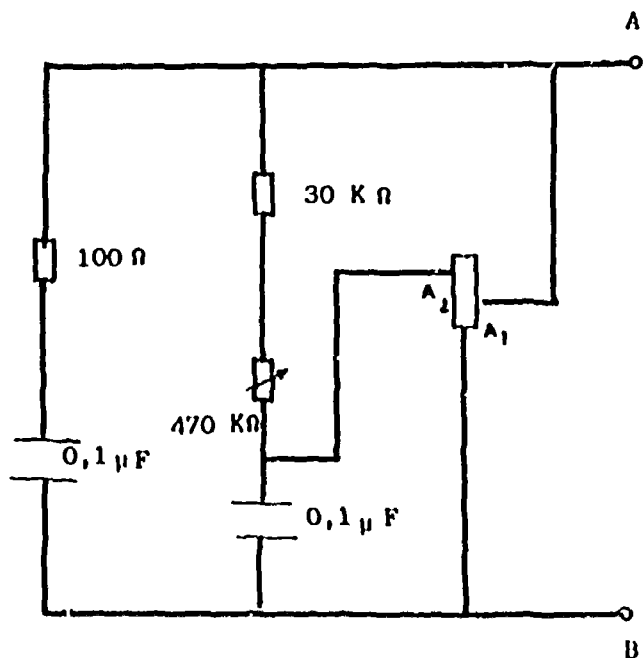


SCHEMA THEORIQUE INITIAL

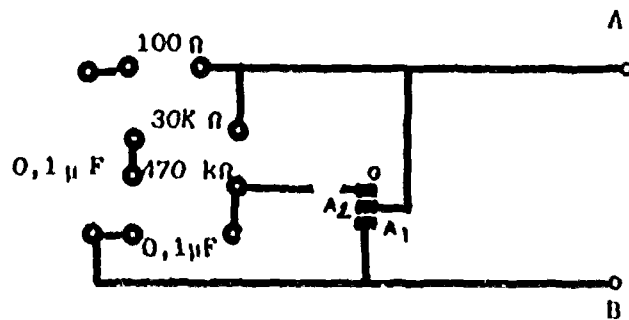


SCHEMA D'IMPLANTATION INITIAL

Figure 1



SCHEMA THEORIQUE MODIFIE



SCHEMA D'IMPLANTATION MODIFIE

Figure 2

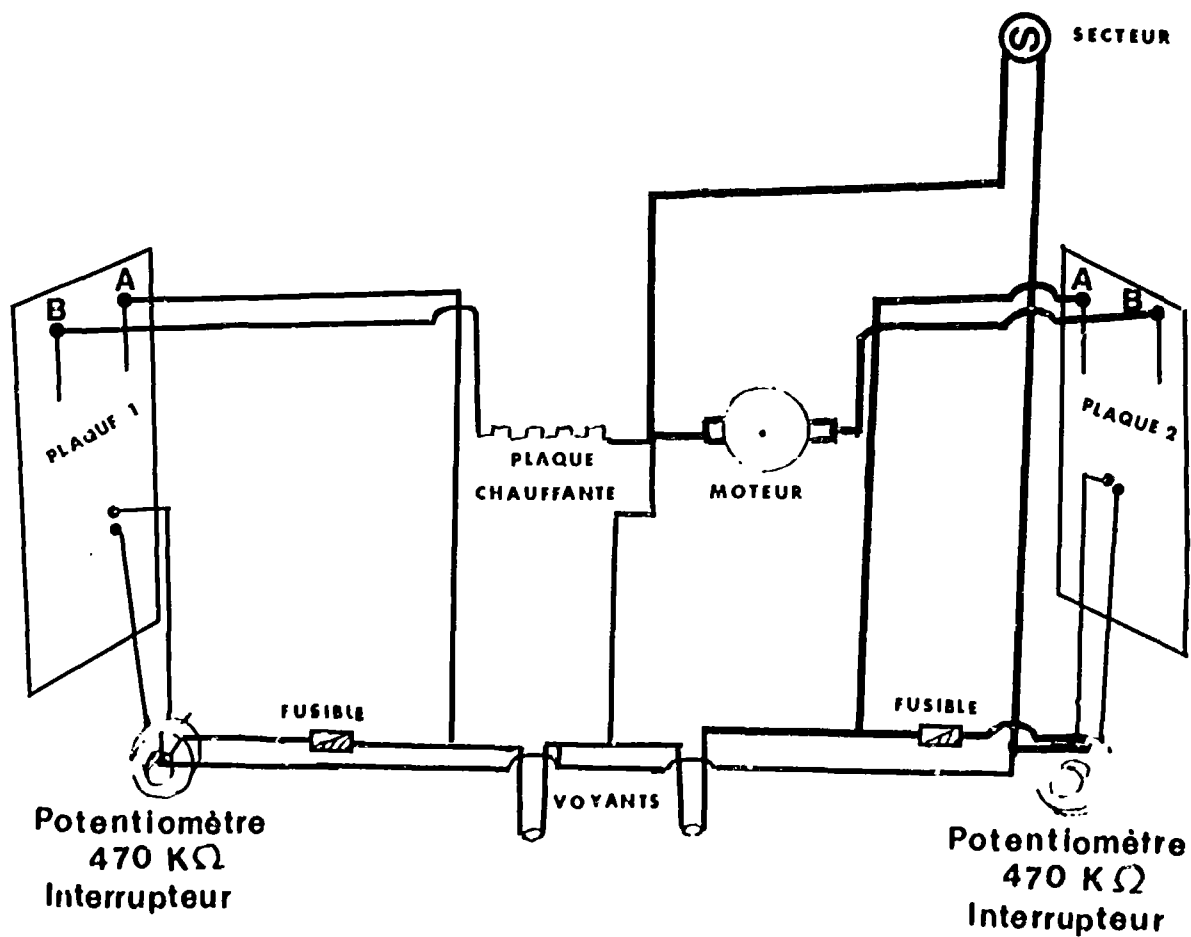


Figure 3 : CIRCUIT DE BRANCHEMENT

REGULATEUR DE TEMPERATURE

But : Réalisation d'un régulateur de température de chauffage d'une puissance de 1000 W à partir d'une résistance convenablement choisie. Cette résistance peut être utilisée dans un four pour les besoins de calcination de composés minéraux destinés au dosage (exemple Travaux Pratiques de PC₂ : deuxième année de 1er cycle Universitaire.)

Circuit théorique

Le circuit comprend trois parties :

- 1 - l'alimentation stabilisée de 24 V continu pour alimenter l'amplificateur et le relai (figure 1).
- 2 - L'étage de puissance nécessaire pour faire varier la puissance de chauffe de la résistance (four) (figure 2).
- 3 - L'amplification et la commande (figure 3).

Circuit d'implantation :

- alimentation + puissance (figure 4).
- amplification et commande (figure 5).

Matériel

1) Alimentation :

- 1 transformateur : 220/30 V
- 1 fusible et porte fusible : (5A)
- 4 diodes : 1 N 4004 - 1 pont de redressement

- 1 capacité 470 μ F (63V)
- 1 capacité 100 μ F (25V)
- 1 régulateur de tension : 7824

2) Puissance

- un relai 24 V avec au moins un contact inverseur
- 1 triac 10 A/400V
- 1 diac
- 1 capacité 0,1 μ F (400V)
- 1 potentiomètre 4,7 K Ω
- 1 résistance 10 K Ω
- 1 résistance 4,7 K Ω (que l'on peut changer)
- 1 voyant (220V)

3) Amplification et commande :

- 2 diodes signal : 1N914
- 2 diodes Zener 10 V
- 1 transistor 2N 174
- 1 Ampli opérationnel TL 080

Résistances ;

- 2 résistances 22 Ω
- 1 résistance 100 Ω
- 6 résistances 1 K Ω
- 1 résistance 1,5 K Ω
- 1 résistance 4,7 K Ω
- 1 résistance 68 K Ω
- 1 résistance 1 M Ω (a été enlevée)
- 1 résistance ajustable 2,2 K Ω 10 tours
- 1 résistance ajustable 200 Ω 10 tours
- 1 potentiomètre 100 K Ω
- 2 condensateurs 100 μ F 25 V

Boitier :

- en plastique
- dimensions (18,5 x 14,5 x 7,5)cm

Difficultés :

Certaines modifications ont été portées sur les schémas de base et le schéma théorique.

1) Amplification et commande :

Suppression de la résistance de 2,2 k Ω (ajustable)

- 2) Puissance : changement de la résistance ajustable par un potentiomètre (4,7 K Ω) en série avec une résistance de 4,7 K Ω .
- 3) Montage du diac afin d'avoir des réglages fins du potentiomètre de puissance. (Étage de puissance).

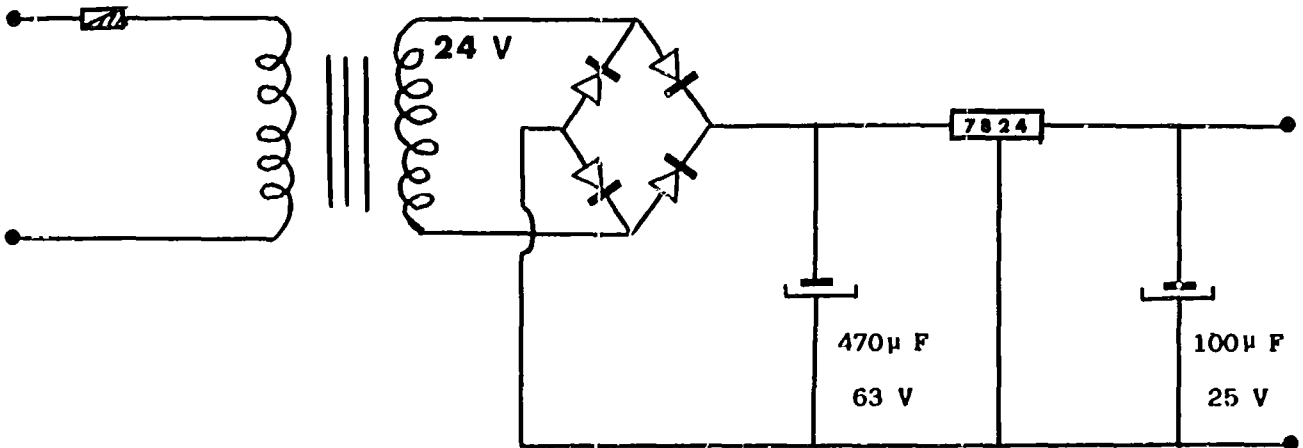


Figure 1 = Alimentation

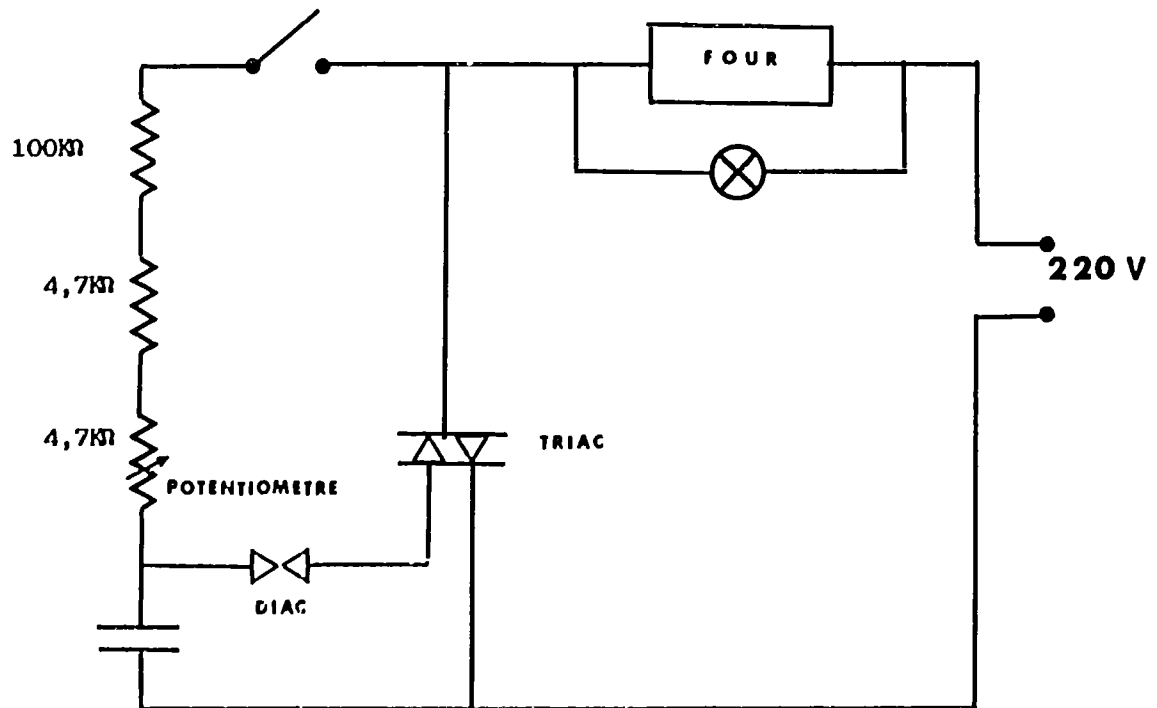


Figure 2 : Puissance

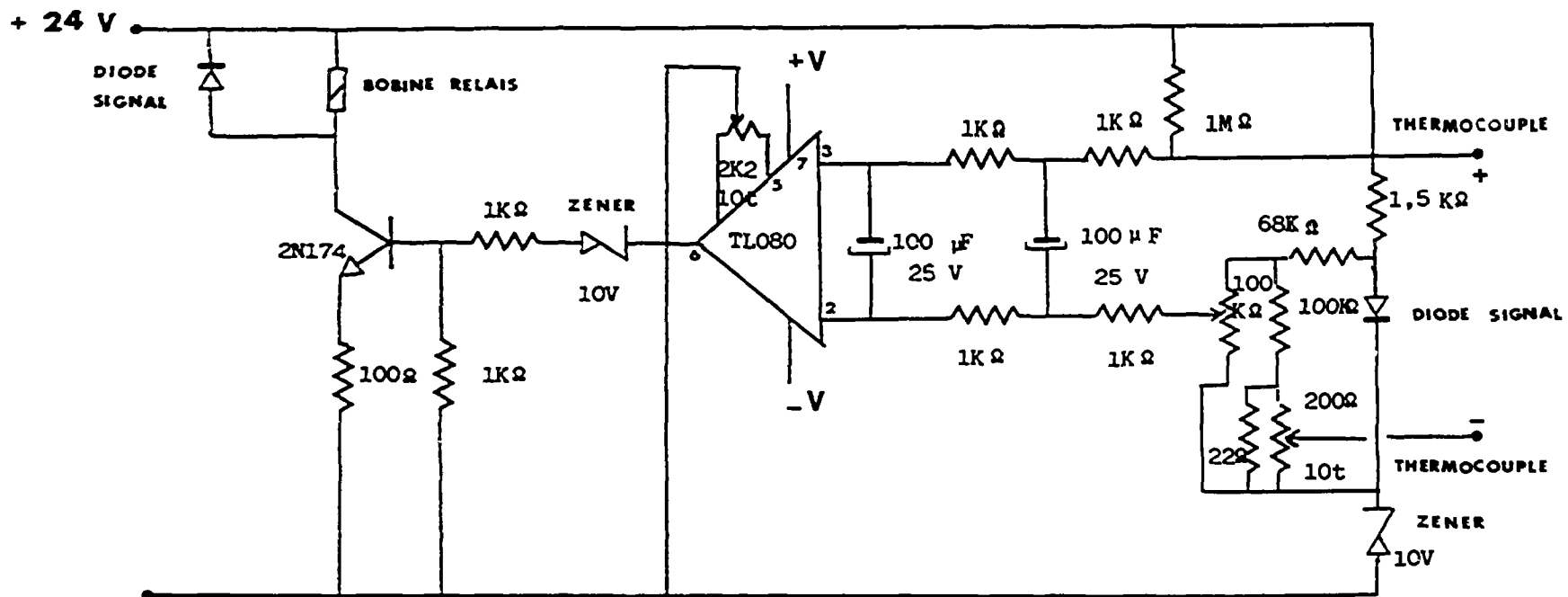


Figure 3 : Amplification et Commande

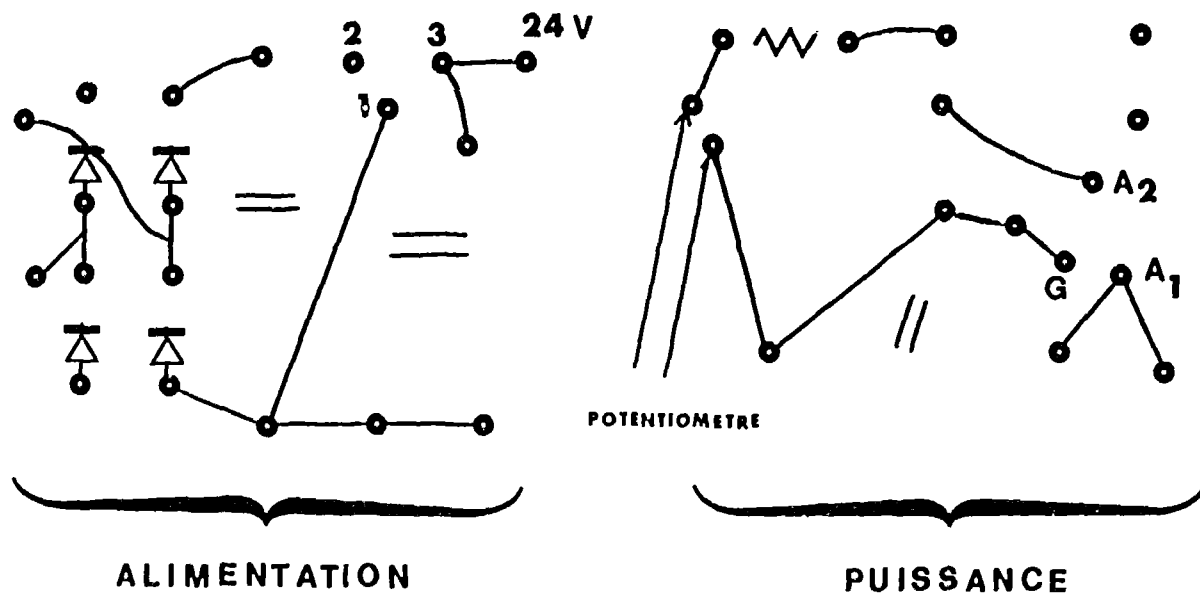


Figure 4
les 2 circuits sont sur la même plaque.

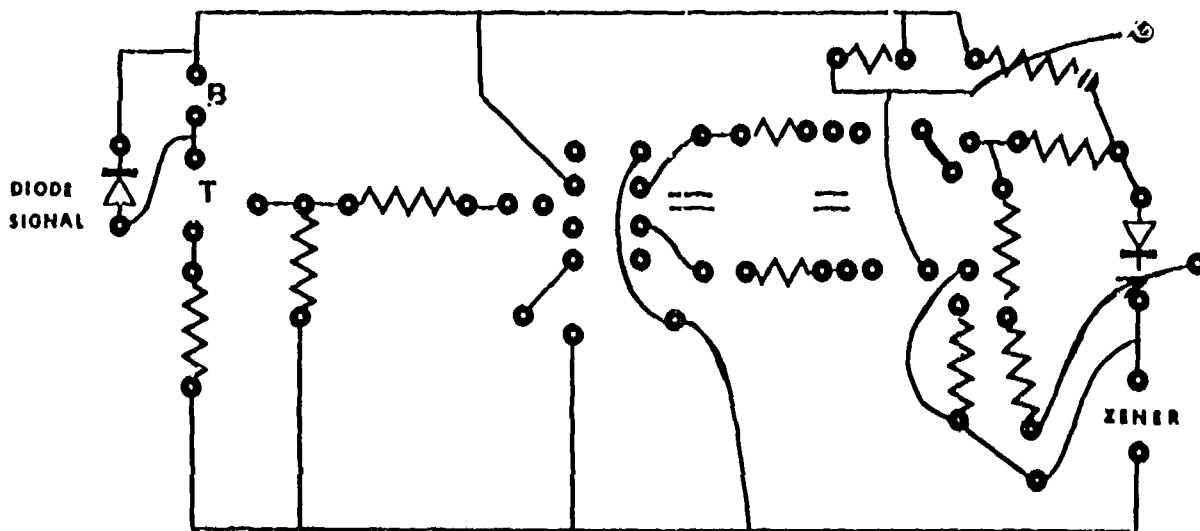


Figure 5

ANNEXE 1LISTE DES PARTICIPANTS**ARIDE Jilali**

École Normale Supérieure de TAKADDOUM
Avenue Oued AKREUCH
B.P. 5118
RABAT - MAROC
Tél. (7) 500-25 ou (7) 500 - 47

BATIS Habib

Université de Tunis
Faculté des Sciences - Département de chimie
1060 LE BELVEDERE
TUNIS - TUNISIE
Tél. Fac. : 512-600 Poste 242
Pers. : 510-304

BOUBRAHMI Saïd

École Normale Supérieure de FES
FES - MAROC

BOUKHARI Ali

Université Mohammed V
Faculté des Sciences - Département de chimie
Avenue Ibn Batoutat
RABAT - MAROC
Tél. : (7) 718-34 (35)

CROS Danièle

Centre International Francophone pour l'Education
en Chimie
Université des Sciences et Techniques du Languedoc
Place Eugène Bataillon
34060 Montpellier Cedex - FRANCE
Tél. : Uni : 67-54-29-44
Pers : 67-59-13-69

GARBOWSKI Edouard

Institut de la Catalyse
2 avenue A. EINSTEIN
69626 VILLEURBANNE - FRANCE
Tél. : 78-93-34-71

KHAOULANI IDRIBSI Abdallah

Faculté des Sciences de Fès
B.P. 1796
ATLAS FES - MAROC
Tél. : (6) 423-82 Poste 25

LOFTI EL Mostapha

E.N.S.E.T.
B.P. 6207-RABAT INSTITUS
RABAT - MAROC

M'GAFAD Najib

Ecole Normale Supérieure de Takaddoum
Avenue Oued AKREUCH
B.P. 5118
RABAT - MAROC

MOQINE Abdellatif

Ecole Normale Supérieure de Tadaddoum
Avenue Oued AKREUCH
B.P. 5118
RABAT - MAROC

REERE Philippe

Ecole Nationale Supérieure de chimie
Département science des matériaux
1 rue B. PASCAL
67000 STRASBOURG - FRANCE
Tél : 88-61-48-02
Pers : 74 avenue de la Forêt Noire
67000 STRASBOURG - FRANCE
Tél : 88-61-60-98

RIH Nour-Eddine

Ecole Normale Supérieure de Takaddoum
Avenue Oued AKREUCH
B.P. 5118
RABAT - MAROC

ROUIMI Mohamed

Ecole Normale Supérieure De Takaddoum
Avenue Oued AKREUCH
B.P. 5118
RABAT - MAROC

SALEM Moussa

Ecole normale Supérieure de Takaddoum
Avenue Oued AKREUCH
B.P. 5118
RABAT - MAROC

SASSI Omar

Ecole Normale Supérieure de Takaddoum
Avenue Oued AKREUCH
B.P. 5118
RABAT - MAROC

TAIBI M'hamed

Ecole Normale Supérieure de Takaddoum
Avenue Oued AKREUCH
B.P. 5118
RABAT - MAROC

VARRIN Philippe

Ecole Normale Supérieure de SAINT-CLOUD
Laboratoire de Physique
92211 SAINT-CLOUD - FRANCE
Tél. : 46-02-41-03 Poste 323 ou 324

ANNEXE 2LISTE DU MATERIEL DE BASE1) MATERIEL GENERAL

- 1 jeu de tournevis plats
- 1 jeu de tournevis cruciformes
- 1 pince plate
- 1 pince coupante (pour fil de grosse section)
- 1 petite pince plate (série électronique)
- 1 petite pince coupante (série électronique)
- 1 fer à souder 25 watts
- 1 pince à dénuder
- 1 marteau
- 1 jeu de clefs plates (N° 3 à 15)
- 1 jeu de clefs tubes (N° 3 à 15)
- 1 scie à métaux (et lames)
- 1 jeu de petite limes
- 1 étau
- 1 ensemble perceuse/forêts tôle (\varnothing 2 à \varnothing 13)/potence
- 1 petit stock de visserie \varnothing 3, \varnothing 4, \varnothing 5 (vis tête plate, vis Parker)
soudure

2) MATERIEL ELECTRONIQUE

- 1 contrôleur
- 1 Oscilloscope
- 1 alimentation 30 volts- 2 ampères
- Fil pour connexions
- Cordon + Cables coaxiaux
- Pointes de touche
- Pinces "crococ"
- 1 bombe anti-oxydante
- Petit stock de composants :
 - Résistances 1/4 et 1/2 Watt de 10 Ω à 1M Ω)
 - Condensateurs 35 et 63 Volt de 100pF à 1 μ F
 - Condensateurs chimiques de 1 μ F à 2200 μ F
 - Quelques potentiomètres
 - diodes et transistors courants
 - (1N4004, 1N914, 2N1711, BC107, 2N2222, ..)

Documentation (brochage des composants, table d'équivalence, Data Book)

3) MATERIEL POUR CIRCUITS IMPRIMES

1 pointe à tracer

1 chassis à insoler (procédé par photogravure)

1 bac à graver

Perchlorure de fer

Acétone

Transferts normaux et pour gravure directe (type Mécanorma ou Alfac)

1 perceuse miniature (mandrin pour forets \varnothing 0.6 minimum)