

*UN NOUVEL APPAREILLAGE POUR LA MESURE  
DE L'HUMIDITE DES SOLS PAR LA METHODE  
DES CHOCS THERMIQUES*

Toulouse le 13/11/78

La théorie de la mesure de l'humidité des sols par la méthode des chocs thermiques a été présentée par B. POUYAUD dans un article des Cahiers d'Hydrologie de l'ORSTOM, volume VIII n° 1 1971 : "Méthode thermodynamique de mesure de l'humidité des sols". B. POUYAUD et R. CHARTIER ont mis au point au Centre ORSTOM de OUAGADOUGOU (république de HauteVolta) un appareillage permettant de réaliser d'une manière fiable et répétitive ces mesures sur le terrain. Cet appareillage a été décrit dans un article des cahiers d'Hydrologie de l'ORSTOM de B. POUYAUD : "La mesure de l'humidité des sols par chocs thermiques." (Volume XII n°4.1975).

Nous ne reprendrons pas la description détaillée de ce matériel, nous donnerons rapidement un aperçu général de l'appareillage puis nous décrirons le prototype mis au point en 1976 par les Etablissements FRON à TOULOUSE.

#### APPAREILLAGE DE B. POUYAUD.

Nous reproduisons ci-dessous le schéma de principe de l'appareillage donné par B. POUYAUD dans l'article des Cahiers d'Hydrologie déjà cité.

Le matériel comprend :

- des sondes placées dans le profil étudié. On peut utiliser jusqu'à 8 sondes.

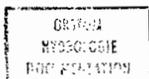
- une centrale de commande qui sélectionne la sonde, réalise le choc thermique, puis renvoie la réponse de cette sonde dans le circuit de mesure. Le fonctionnement peut être soit manuel, soit automatique les diverses opérations étant alors préprogrammées (programmateur à cames). Dans ce cas les ordres de sélection des sondes se fait par l'intermédiaire d'une boîte relais.

- un appareil de mesure qui sera soit un microvoltmètre à cadran ou digital susceptible de mesurer 100  $\mu$ V à pleine échelle, soit un enregistreur dans le cas de mesures en automatique.

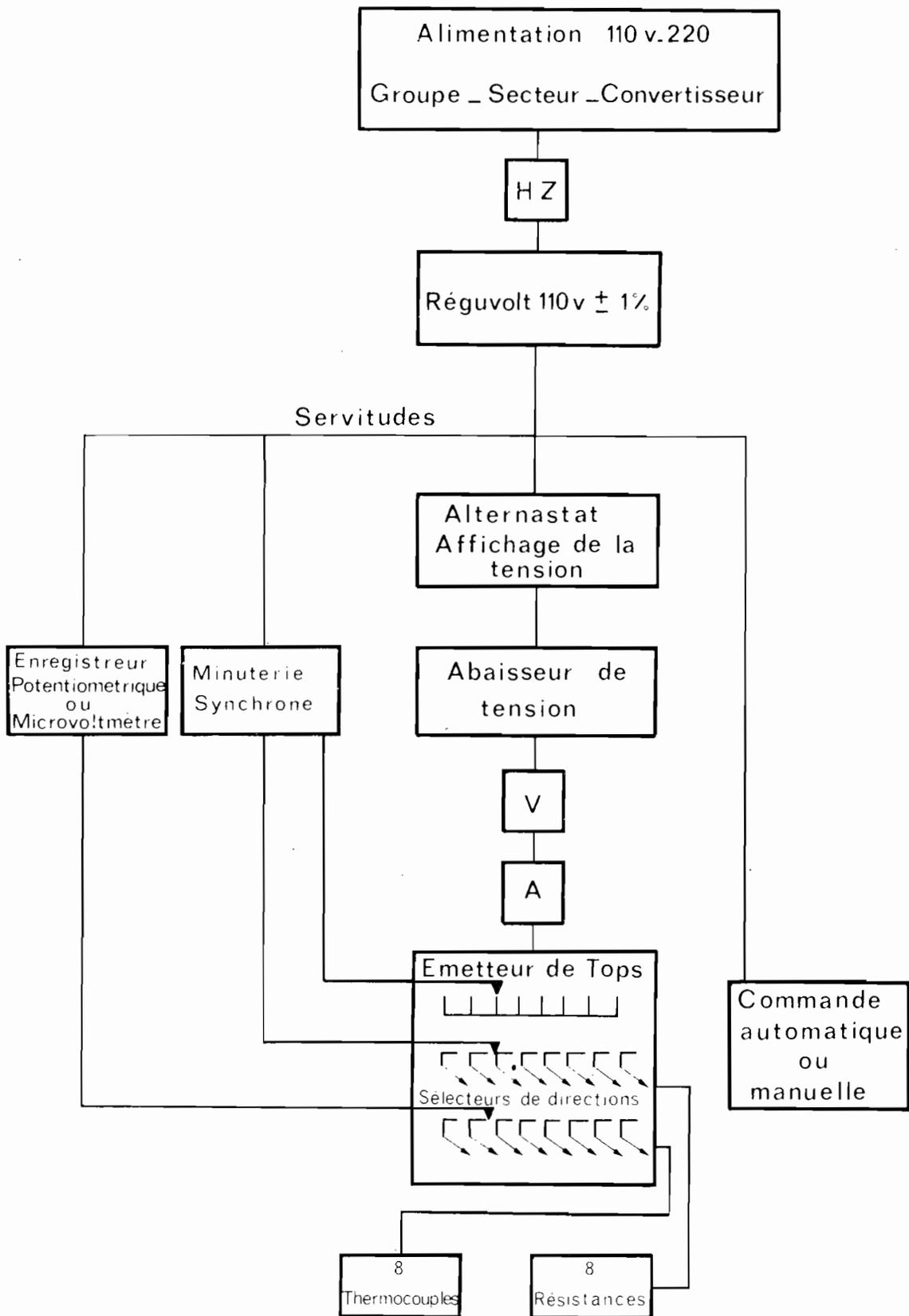
- une source d'énergie qui au laboratoire sera le secteur et sur le terrain une alimentation régulée à partir de batteries d'accumulateurs et d'un convertisseur statique ou d'un groupe électrogène.

Les sondes sont constituées par une résistance chauffante placée dans un tube d'acier de 1 mm et un thermocouple Cuivre Constantan placée également dans un tube de 1 mm comme le montre le schéma ci-dessous. La soudure froide est noyée dans le bloc d'araldite maintenant les deux tubes.

La partie alimentation électrique est relativement complexe étant donné qu'on doit avoir une énergie de chauffe stable et rigoureusement identique dans le temps.



71841



\_ DISPOSITIF SCHEMATIQUE DE L'APPAREILLAGE

L'appareillage complet est assez volumineux et lourd. Mais il n'était pas possible de réduire l'encombrement et le poids avec le matériel et les composants dont disposaient les constructeurs. Bien que le maniement de cet appareil soit relativement compliqué on a pu faire des mesures sur divers profils dans des conditions parfois difficiles avec une bonne précision. Les difficultés principales qui ont été rencontrées durant les campagnes de mesure avec cet appareillage proviennent surtout de l'étalonnage (ceci est d'ailleurs valable pour toutes les méthodes de mesure de l'humidité non destructrices du sol) et aussi aux risques d'erreurs dûs à la ponctualité de la mesure par suite du manque d'homogénéité du sol.

### NOUVEL APPAREILLAGE FRON

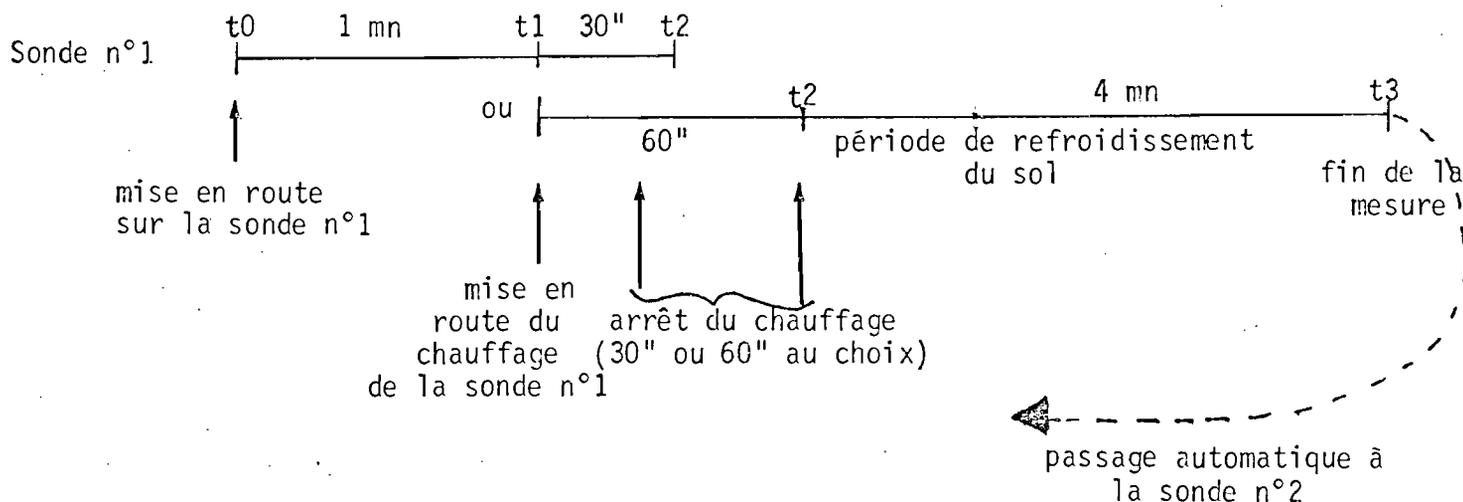
En 1976, à la demande du Service Hydrologique de l'ORSTOM, les établissements FRON mettent au point un prototype d'appareillage pour la mesure de l'humidité des sols par la méthode des chocs thermiques et fonctionnant sur batterie.

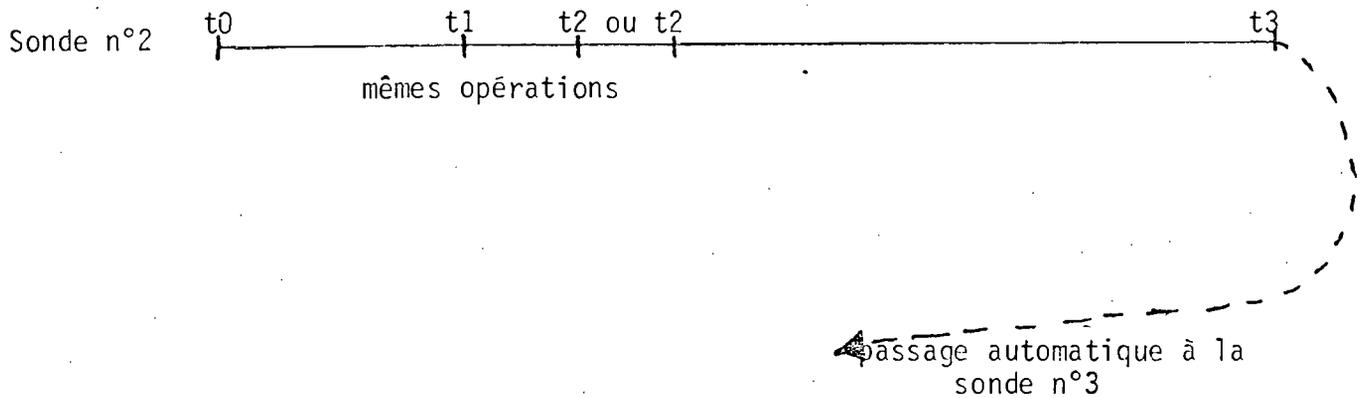
On a cherché à simplifier au maximum l'appareillage POUYAUD en utilisant la technologie des circuits intégrés CMOS. Un circuit imprimé unique regroupe tous les organes de commande et de mesure. Un voltmètre et un ampèremètre permettent de contrôler la tension et l'intensité de chauffe ainsi que l'état de la batterie d'alimentation. L'appareil est protégé contre toute inversion de polarité de l'alimentation.

Un interrupteur général autorise la mise en service après réalisation des raccordements des sondes par des prises rapides. Un voyant digital LED permet de connaître à tout instant la sonde qui est en service.

### PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Une horloge statique démarre le cycle à la demande et ce cycle se déroule automatiquement conformément au schéma suivant :





etc...

Lorsque les sondes sont connectées à l'appareil et après avoir choisi un temps de chauffe de 30"ou 60" on met en route la mesure à l'aide de l'interrupteur général et après avoir appuyé sur le bouton "départ". La sonde n°1 est mise en circuit. Pendant 1 minute les appareils de mesure donnent la température de la sonde au repos. Ensuite le chauffage est mis en route pendant le temps précédemment présélectionné en tension et courant stabilisé. Un voltmètre numérique  $3\frac{1}{2}$  digits à LED permet de suivre l'évolution de la température au 1/100 de degré. A la fin des 30"ou 60" secondes, le chauffage est coupé et on passe à la période de refroidissement qui dure 4 minutes. On trace point par point la courbe de décroissance de la température en fonction du temps. Sur le prototype il n'a pas été demandé la possibilité de brancher un enregistreur à la sortie. Cette solution est facilement réalisable.

La mesure étant terminée sur la sonde n°1 l'appareil passe automatiquement à la sonde n°2 et ainsi de suite. Un poussoir "défilement rapide" permet de changer rapidement de sonde pour mieux préciser le déroulement du phénomène observé, par exemple.

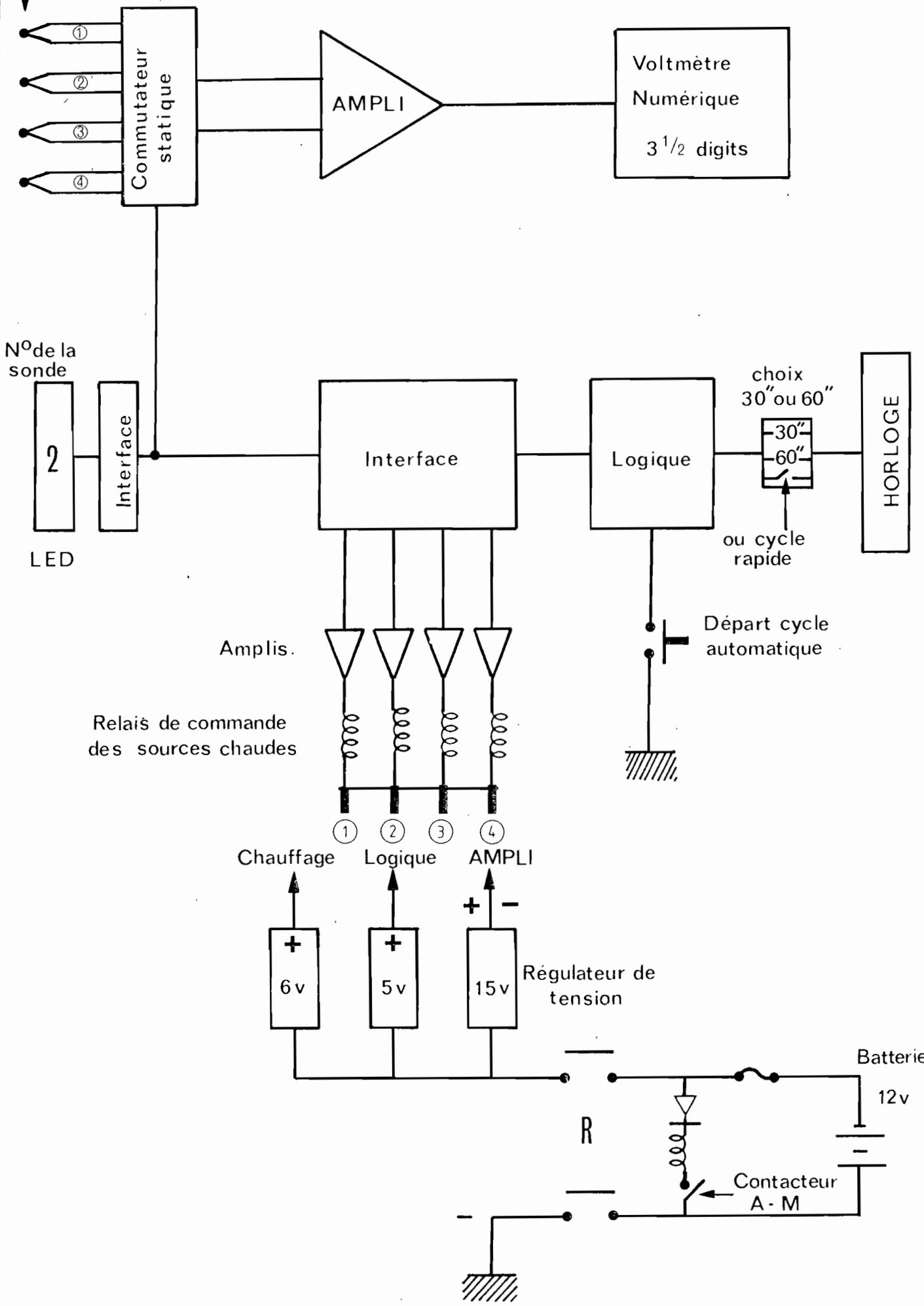
La commutation des thermocouples se fait par intermédiaire de circuits intégrés statiques ce qui supprime tous les ennuis provoqués par les relais plus ou moins fiables dans des conditions de travail difficiles. Le schéma de principe est donné ci-après.

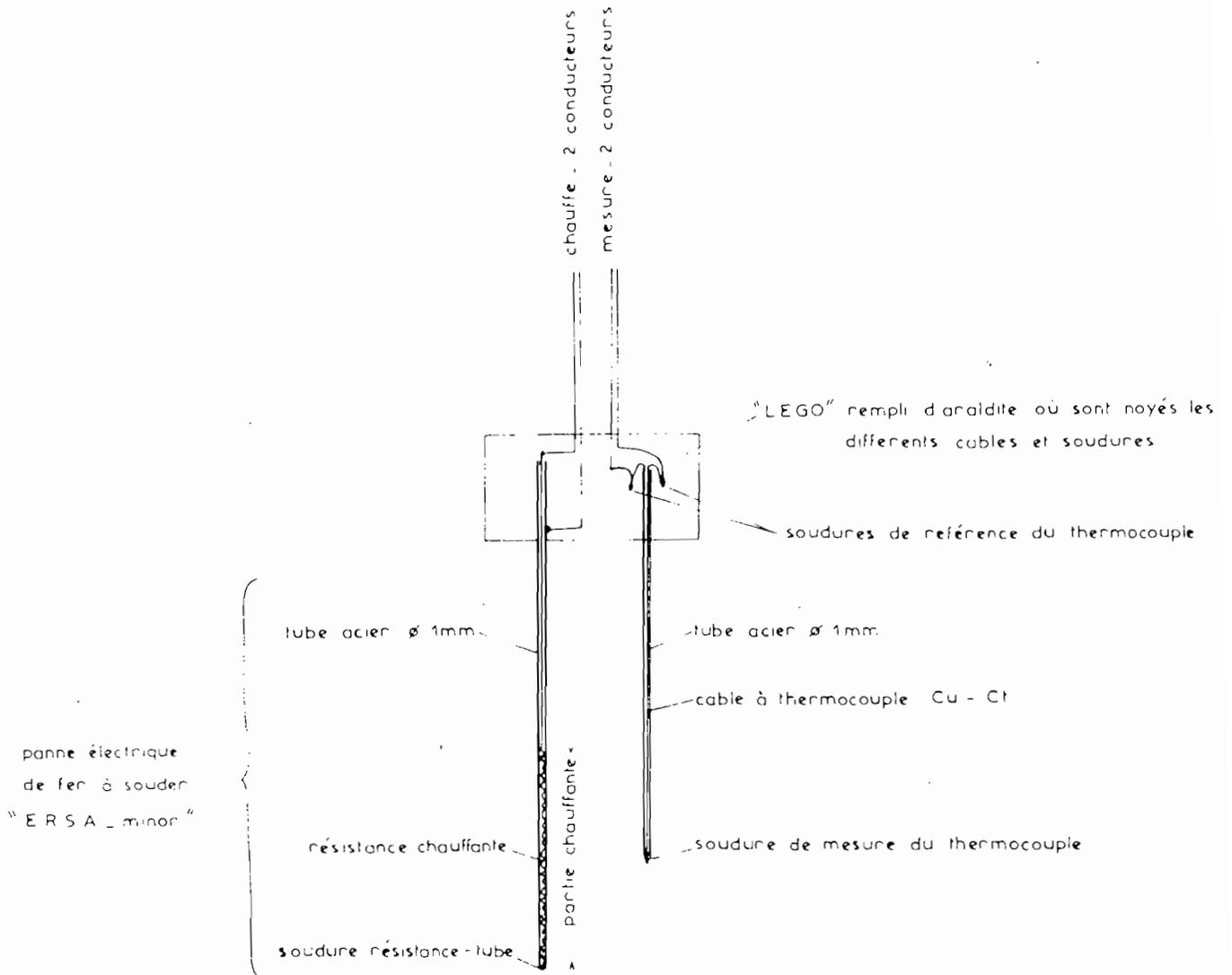
#### PRESENTATION DU MATERIEL

Les circuits imprimés les appareils de mesure sont groupés dans un coffret de 360 x 230 x 60 mm. Tous les boutons de commande sont protégés contre les chocs et logés dans un enfoncement du coffret. L'alimentation de l'ensemble est réalisé à partir d'une prise différenciée pouvant être branchée à une batterie de

# SCHEMA DE PRINCIPE

Thermocouples.





— Schéma des sondes de mesures utilisées

12 V d'un véhicule. La consommation est toujours inférieure à 3 A.

Deux connecteurs permettent le raccordement rapide d'un groupe de 4 sondes. Chaque sonde est constituée par un bloc moulé maintenant la source chaude de 6 W montée dans un tube de 1 mm de diamètre et 7 cm de long placée à 15 mm d'un tube de 1 mm contenant le thermocouple chromel-alumel. La soudure chaude affleure le bout du tube et est bloquée par de l'araldite à hauteur du milieu de la source chauffante. Un gabarit de même forme et de mêmes dimensions permet l'enfoncement de la sonde sans la détériorer et sans modifier sa géométrie.

#### CONCLUSIONS RELATIVES AUX ESSAIS AVEC CE PROTOTYPE

Cet appareil est en service depuis deux ans aux Centres ORSTOM de Côte d'Ivoire et de Haute Volta. Son fonctionnement est très satisfaisant en ce qui concerne les facilités de manipulations et la précision de mesures.

Il faut noter toutefois quelques petits ennuis dûs aux courants de circulation thermoélectrique entre source chaude et thermocouples dans des sols très humides. Ces courants avaient déjà été constatés avec l'appareillage POUYAUD et ils avaient été éliminés en utilisant une boîte relais double. Pour l'instant ces courants n'ont pas été éliminés sur le prototype. Ils le seront très facilement sur les appareils qui seront construits prochainement.

#### AMELIORATIONS POSSIBLES

La direction du Service Hydrologique a l'intention de demander aux Etablissements FRON la construction de sept appareils pour la mesure de l'humidité des sols.

Par suite de l'évolution rapide des composants électroniques il sera possible de réaliser des appareils avec une technologie plus simple et plus fiable. En particulier il sera possible de remplacer les thermocouples par des sondes électroniques dont le rendement est meilleur ce qui permet de simplifier le circuit interne en supprimant l'amplificateur qui risque d'être une source d'erreur. A l'aide de ce montage les difficultés rencontrées concernant les courants de circulation entre la source chaude et le thermocouple n'existent plus.

Mr ALDEGHERI  
Directeur de Recherche à  
l'ORSTOM

Toulouse le 13/11/78