

## Un amplificateur de tension et un adaptateur d'impédance pour les T.P.

par Cyril DEICHA  
ESTBA - 56, rue Planchat - 75020 Paris

---

### RÉSUMÉ

Plans pour la construction simplifiée d'un circuit amplificateur de tension et d'un circuit adaptateur d'impédance autour d'un ampli-op. Proposition pour deux applications simples et vraiment utiles : thermocouple et pH-mètre.

### BUT RECHERCHÉ

Avec l'idée de pouvoir utiliser un seul et unique voltmètre pour tout type de mesures, nous avons conçu un circuit d'interface muni d'un A.O. Un premier montage amplificateur sert à mesurer les très faibles tensions produites par un thermocouple (0,4 mV par degré), un deuxième montage suiveur permet de mesurer la f.é.m. d'une pile de pH à faible débit (quelques microampères sous 0,2 V).

### ASTUCES TECHNIQUES

Les problèmes d'offset ou décalage de zéro ont été éludés car dans les deux manipulations on trace une courbe d'étalonnage préalable.

Une pile + 9 V étant plus pratique en classe qu'un encombrant générateur  $\pm 15$  V, nous avons choisi un amplificateur opérationnel de type LM 324 [1] qui accepte une telle alimentation dissymétrique. Ce choix a comme conséquences que le branchement des polarités des bornes d'entrée n'est pas arbitraire, que les tensions mesurées ne peuvent être négatives et que la tension de sortie plafonne à 9 V.

## LE CIRCUIT IMPRIMÉ

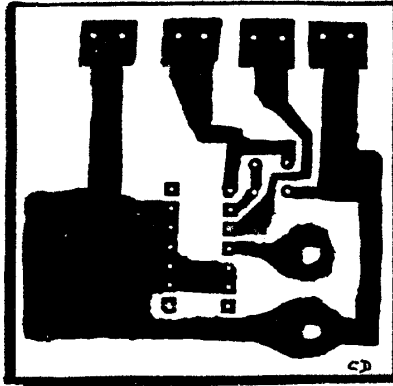
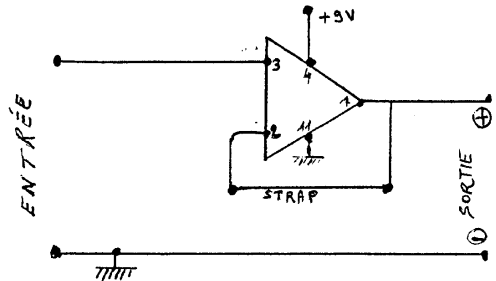
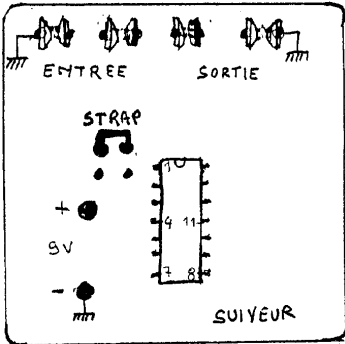


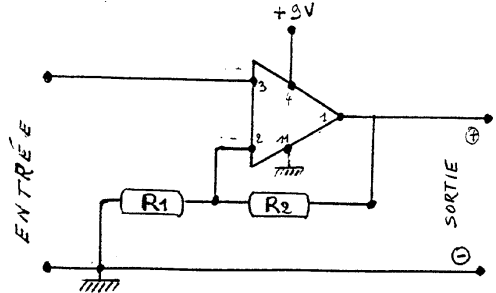
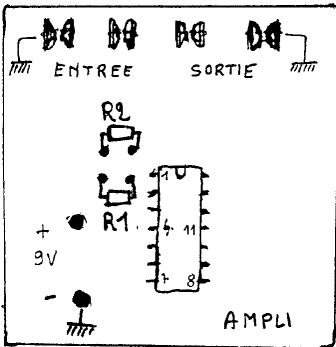
Figure 1 : Circuit imprimé «côté cuivre».

Chaque circuit adaptateur tient sur une plaque 5 × 5 cm avec ses deux bornes d'entrée, ses deux bornes de sortie et sa pile de 9 volts.

Il n'y a qu'un seul composant : le  $\mu A$  324 (ou LM 324) (dont on n'utilise qu'un des quatre AO) à fixer au moyen d'un support DIL à quatorze broches.



Montage suiveur



Montage amplificateur

Figure 2 : Circuit imprimé «côté composants» et schémas.

Le circuit imprimé est le même pour les deux montages. On rajoute un strap pour faire un montage suiveur et deux résistors  $R_1$  et  $R_2$  pour faire le montage amplificateur. Vu le faible coût on peut fabriquer plusieurs circuits. Par exemple :

$R_1 = 1 \Omega$	$R_2 = 5 \text{ k}\Omega$	amplification	5 000 fois env.
$R_1 = 22 \Omega$	$R_2 = 22 \text{ k}\Omega$	amplification	1 000 fois env.
$R_1 = 220 \Omega$	$R_2 = 47 \text{ 000 } \Omega$	amplification	215 fois.

Nous avons utilisé les montages tels quels sans coffret ce qui ne pose pas de problème avec des élèves soigneux. Les quatre bornes femelles pour fiche banane ont été réalisées simplement à l'aide de huit «cosses poignard» incurvées. Une paire de «boutons-pression» récupérée sur une vieille pile 9 V a été vissée par deux petits boulons sur le côté cuivre.

### ESSAI DU CIRCUIT

On branche un voltmètre entre les bornes de sortie. On vérifie que lorsque rien n'est branché aux bornes d'entrée, le voltmètre indique 9 V environ, tandis que lorsque les bornes d'entrée sont en court-circuit, le voltmètre indique zéro.

Pour contrôler le montage suiveur il suffit de brancher une ou plusieurs piles de 1,5 V à l'entrée en respectant les polarités ; le voltmètre indique 1,5 V, 3 V, 4,5 V, etc...

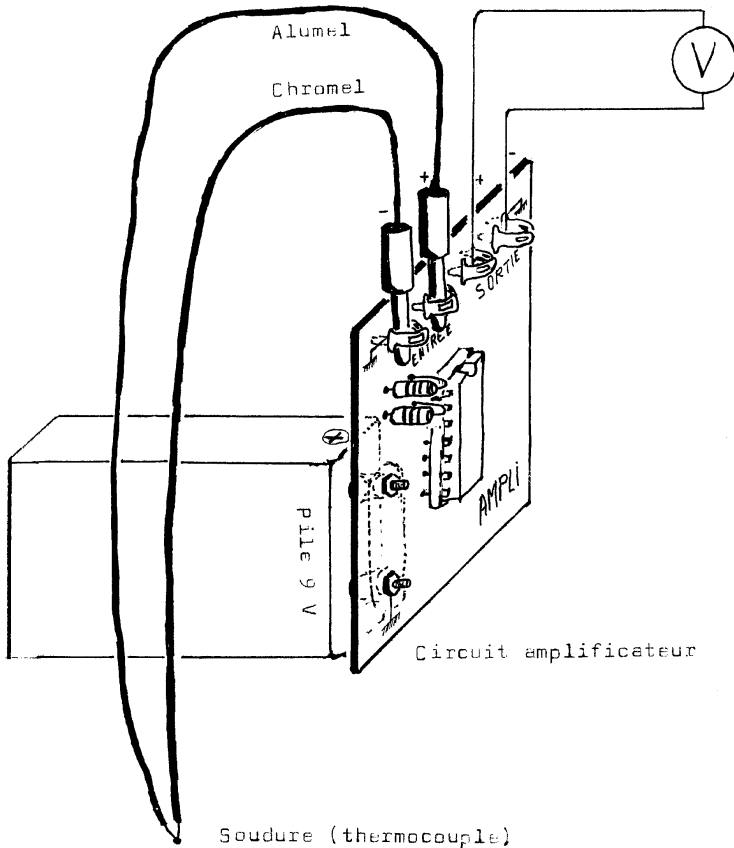


Figure 3 : Montage terminé.

## pH-MÈTRE

Aux bornes d'entrée du montage suiveur l'élève connecte une électrode au calomel et une électrode à antimoine [2] (cette dernière à la masse). Aux bornes de sortie, un voltmètre (calibre 1 à 3 volts, impédance pouvant descendre jusqu'à 0,5 k $\Omega$ /V). A l'aide de solutions tampon l'élève trace la droite d'étalonnage  $E = f(\text{pH})$  (éviter les pH basiques avec l'électrode à antimoine). Le pH d'une solution inconnue peut alors être évalué par interpolation. La manipulation est probablement également faisable avec une électrode de verre, ou une pile à quinhydrone [3].

## THERMOCOUPLE

Aux bornes d'entrée d'un montage amplificateur l'élève branche un thermocouple chromel-alumel [4] (le chromel à la masse). Aux bornes de sortie, le voltmètre.

Pour l'étalonnage, l'élève met en contact thermique la soudure sensible du thermocouple et le réservoir d'un thermomètre à alcool, puis chauffe l'ensemble avec précaution (lampe électrique par exemple). Pendant le refroidissement il relève les couples de valeurs (U, T) et trace la courbe d'étalonnage  $U = f(T)$ .

Le thermocouple ainsi étalonné permet de faire des mesures qu'il serait malaisé de faire directement avec le thermomètre à alcool (par exemple température de la surface de la peau de la main).

La manipulation est également faisable avec un thermocouple fer-cuivre [5]\*.

## AUTRES APPLICATIONS

Nous avons conçu le circuit imprimé pour qu'il puisse servir à d'autres applications de l'AO, au besoin en perçant quelques trous supplémentaires.

Avec un petit potentiomètre miniature à la place d'un des résistors on peut obtenir une amplification réglable.

En connectant les bornes de sortie à une interface adéquate (V.C.O.)\*\* [6] on peut remplacer le voltmètre par un ordinateur et avoir un modèle de chaîne de mesure informatisée à peu de frais.

En résumé, un petit accessoire simple, utile et polyvalent.

---

\* N.D.L.R. : Amélioration : mettre une gaine de céramique aux fils du thermocouple sous peine d'amplifier les parasites captés par la boucle, ou alors ajouter un circuit de filtrage du 50 Hz.

\*\* V.C.O. : Voltage Controlled Oscillator.

**BIBLIOGRAPHIE**

- [1] G. LAVERTU - *L'amplificateur opérationnel*, B.U.P. n° 687 (octobre 1986), p. 1269.
- [2] R. BATES - *Détermination of pH, Theory and Practice*, Wiley, 1973, p. 302.
- [3] E. MULLER - *Fabrication d'électrodes simples, économiques, solides, fiables... pour pH-mètres d'enseignement*, B.U.P. n° 704 (mai 1988), p. 585.
- [4] B. FONDANECHÉ et B. ROULLET - *Électricité - Tome 1 (Première F)*, Nathan, 1972, (chap. 19).
- [5] MIMS F.M.III - *Engineer's Mini-notebook (Science Projects)*, Radio Shack cat. n° 276-5018, Tandy (Fort Worth, 1990) (p. 14).
- [6] C. DEICHA - *Transformation d'un ordinateur de poche en voltmètre*, B.U.P. n° 729 (décembre 1990), p. 1460.