

## Émetteur - récepteur à ultra-sons

par D. ARCHINARD et Y. CAULET (†)  
Lycée Boissy d'Anglas, 07100 Annonay

---

### 1. OBJET

Il s'agit de regrouper dans un même boîtier, alimenté en tension symétrique 15 V ou 12 V :

1°) Un générateur de signaux quasi sinusoïdaux de fréquence ajustable autour de 40 kHz, destiné à alimenter un émetteur U.S. type MA40 L1 S ou UST 40T.

2°) Deux amplificateurs sélectifs, éliminant les composantes B.F. (notamment 50 Hz) qui parasitent la réception 40 kHz, adaptés aux récepteurs US type MA40 L1 R UST 40T.

Le montage doit être d'un emploi facile en TP même pour des élèves peu expérimentés.

### 2. USAGE

L'ensemble est utilisé avec le matériel «banc de focométrie» pour l'étude de la propagation des signaux dans l'air. Sans entrer dans le détail de manipulations par ailleurs abondamment décrites, quatre expériences sont possibles \*:

1°) Avec un émetteur, un récepteur, un oscillographe bicourbes : Étude de la propagation, longueur d'onde, célérité. (signal émetteur en YA-synchro, signal récepteur en YB).

2°) Avec un émetteur et deux récepteurs, expérience du même type qu'au 1°). L'adjonction d'un commutateur électronique (décrit par ailleurs en utilisant le C.I.L. TL 604) permet d'observer 3 signaux sur l'écran de l'oscillo bicourbe : Le signal émetteur sur YA-synchro, les deux signaux récepteurs en échantillonnage sur YB.

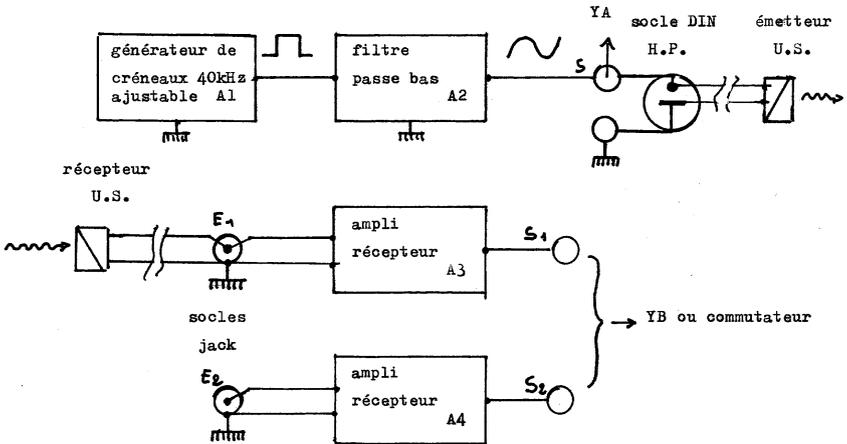
\* — Se reporter aux articles de R. GENER et de R. ALLARD (B.U.P. N° 649) ainsi que de B. VELAY et J. COHEN-TANNOUJJI (B.U.P. N° 717, p. 1126)

3°) Avec un émetteur, un récepteur, et un écran convenablement placé, on arrive à montrer (en déplaçant rapidement le récepteur entre l'émetteur et l'écran) des ondes stationnaires avec des nœuds de faible amplitude sur l'écran de l'oscillo. (Signal émetteur en YA pour la synchro, signal récepteur sur YB).

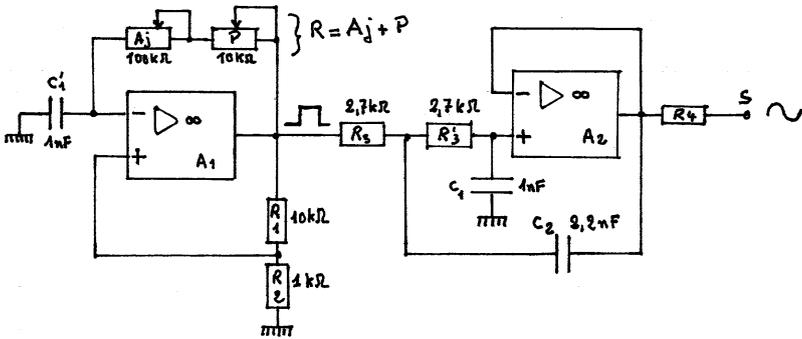
4°) Avec deux émetteurs montés en série (signal YA-synchro) placés côte à côte (quelques cm) et un récepteur se déplaçant dans un plan parallèle à celui des sources, on peut qualitativement mettre en évidence des interférences (minima non nuls).

5°) Enfin (expérience de cours) avec un montage (décrit en annexe) mettant en œuvre un compteur binaire utilisé comme diviseur de fréquence par  $2^n$  il est possible de moduler en tout ou rien l'amplitude de l'émetteur et d'obtenir un générateur de salves. La fréquence des salves étant  $40000/2^n$  (Hz), les valeurs intéressantes de  $n$  variant de 3 à 7. On peut ainsi faire d'intéressantes observations et avoir une image simplifiée de la modulation d'amplitude.

### 3. SCHÉMA FONCTIONNEL

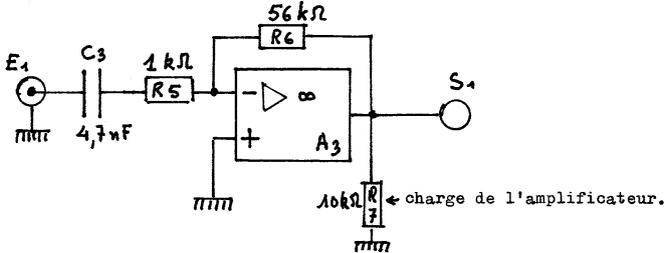


4. SCHÉMA DU MONTAGE



4.1. Émetteur

4.2. Récepteur



Les amplificateurs A3 et A4 sont identiques.

5. FONCTIONNEMENT

A1 et A2 d'une part, A3 et A4 d'autre part sont des amplificateurs opérationnels (A. Op.) doubles possédant une bonne vitesse de montée (13 V/μs), par exemple le TL 082C ou le TL 072C.

5.1 Émetteur

A1 est monté en multivibrateur («trigger»); il délivre des signaux approximativement rectangulaires, alternativement positifs et négatifs, de valeur maximale proche de  $V_{cc}$ . ( $\pm V_{cc}$  est la valeur de la tension symétrique d'alimentation).

La fréquence de ces signaux est donnée par la relation :

$$f = \frac{1}{2 RC'_1 \operatorname{Ln} \left( 1 + \frac{2R_2}{R_1} \right)}$$

Avec  $C'_1 = 1 \text{ nF}$  ;  $R = A_j + P = 68,6 \text{ k}\Omega$  ;  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$  ;  $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$  ; on obtient :  $f \approx 40 \text{ kHz}$ .

A2 est montée en filtre passe bas du second ordre du type Sallen et Key\*. Sa pente est de  $-40 \text{ dB/décade}$  ( $-12 \text{ dB/octave}$ ). En continu et aux très basses fréquences son gain est de 1 (montage suiveur).

La fréquence de coupure est donnée par la relation :

$$f_0 = \frac{1}{2 \pi R_3 \sqrt{C_1 \cdot C_2}} \quad (\text{à } -2,6 \text{ dB})$$

avec  $R_3 = 2700 \text{ }\Omega$  ;  $C_1 = 1 \text{ nF}$  ;  $C_2 = 2,2 \text{ nF}$  ; on obtient :  $f_0 \approx 40 \text{ kHz}$ .

A la fréquence  $f_0$  le gain du filtre est donc 0,74 ( $-2,6 \text{ dB}$ ) ; pour l'harmonique  $f = 3.f_0$  le gain tombe à 0,11 ( $-19 \text{ dB}$ ) ; pour l'harmonique  $f = 5.f_0$  le gain n'est plus que 0,04 ( $-28 \text{ dB}$ )...

On obtient donc sur la sortie S de A2 une pseudo sinusoïde de fréquence  $f_0^{**}$ .

## 5.2 Récepteur :

A3 (et A4) sont montés en passe-haut. Le gain dépend de la fréquence, il est donné par la relation :

$$\left| A_v \right| = \frac{R_6}{\sqrt{R_5^2 + \frac{1}{4 \pi^2 f^2 C_3^2}}}$$

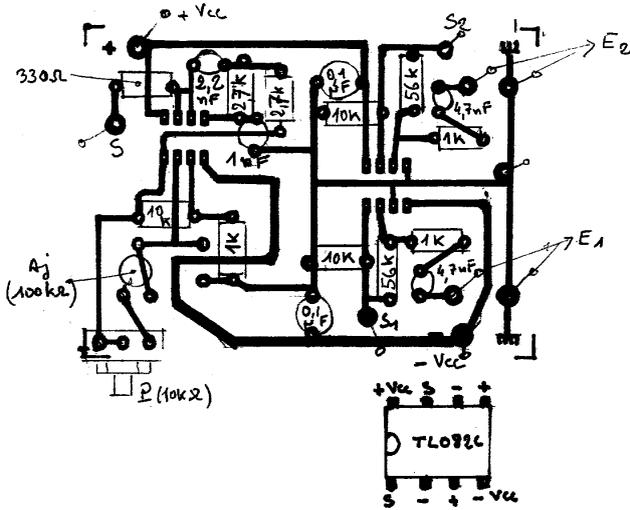
avec  $R_5 = 1 \text{ k}\Omega$  ;  $R_6 = 56 \text{ k}\Omega$  ;  $C_3 = 4,7 \text{ nF}$  ; ce gain en tension vaut plus de 40 pour la fréquence 40 kHz et moins de 0,1 pour la fréquence 50 Hz.

\* Se reporter à l'article de G. LAVERTU, B.U.P. N° 687, page 1298.

\*\* Le transducteur U.S. se comporte comme un passe-bande et renforce l'effet du filtre passe-bas (N.D.L.R.).

Ce dispositif permet donc d'éliminer le parasitage 50 Hz, abondant dans nos salles de TP, et qui perturbe l'observation des signaux de petite amplitude sur nos oscillographes dépourvus de prises coaxiales.

## 6. RÉALISATION



Le schéma du circuit imprimé format 85.62 est donné ci-dessous, ainsi que l'implantation des composants, et les emplacements des entrées, sorties et points d'alimentation.

Souder dans l'ordre : résistances, ajustable, supports de circuits intégrés, cosses poignard, condensateurs, potentiomètre, câblage pour les liaisons extérieures.

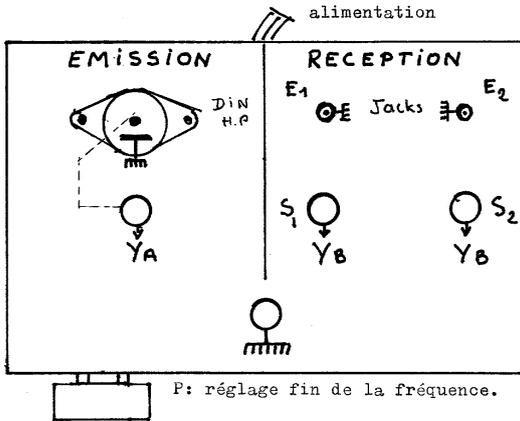
## 7. MATÉRIEL

- 1 paire des transducteurs U.S. ;
- 11 résistances 0,25 W : 330 Ω (1) ; 1 kΩ (3) ; 2,7 kΩ (2) ; 10 kΩ (3) ; 56 kΩ ( 2) ;
- 1 ajustable 100 kΩ (horizontal) ; 1 potentiomètre linéaire 10 kΩ ; 1 bouton ;
- 7 condensateurs céramique : 1 nF (2) ; 2,2 nF (1) ; 4,7 nF (2) ; 100 nF ( 2) ;

- 2 A.Op. doubles TL 082C support ;
- 1 circuit imprimé ;
- 1 socle et prise DIN HP ; 1 prise DIN 3 broches (ou 3 fiches banane) pour alimentation ;
- 2 socles jack 2,5 mm ; 1 prise jack 2,5 mm ;
- 4 douilles 4 mm (2 blanches, 1 jaune, 1 noire) ;
- 1 coffret (type Teko P2) ; câble 0,4 mm<sup>2</sup> (2 m) ; câble coaxial fin (1 m).
- 7 cosses poignard ; 4 cosses pour douilles ; soudure.

Le coût de l'ensemble (avec paire de transducteurs à 70 F) est de l'ordre de 200 F.

## 8. MISE EN COFFRET



Faute de mieux le potentiomètre peut maintenir le circuit imprimé à l'intérieur du coffret convenablement percé sur sa face avant.

Les liaisons à réaliser par câblage sont indiquées sur les schémas : câble ordinaire partout éventuellement coaxial sur les entrées récepteurs E<sub>1</sub> et E<sub>2</sub>.

## 9. MONTAGE DES TRANSDUCTEURS

Il s'agit d'adapter les transducteurs pour les monter sur les bancs de focométrie pour TP. (mesure précise des distances).

### 9.1. Supports lentilles à lunette (figure 1)

Disque diamètre 40 mm en carton fort ou contreplaqué mince.

Transducteur collé ou simplement maintenu par clipsage.

L'ensemble se monte comme une lentille dans la lunette.

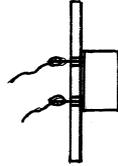


Figure 1

### 9.2. Supports à pinces (figure 2)

Certains bancs de focométrie ont été livrés avec des supports à pinces ou à clips. On peut y adapter les transducteurs de la manière schématisée ci-contre, à l'aide d'un domino double (15.15 mm<sup>2</sup>) vissé en bout d'une section de carret bois (12.12 ou 15.15 mm<sup>2</sup>).

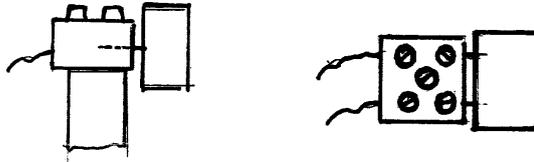


Figure 2

## 10. RÉGLAGE

Un seul réglage suffit : celui de  $A_j$  pour obtenir la résonance des transducteurs au voisinage de 40 kHz. Procéder comme suit :

– installer émetteur et récepteur sur le banc d'optique à quelques dizaines de cm l'un de l'autre ; réaliser les connexions (émetteur, récepteur, oscillographe, alimentation). Placer le bouton de commande de P à mi-course et régler  $A_j$  de façon à obtenir un maximum d'amplitude du signal récepteur.

On observe parfois des résonances multiples, choisir la meilleure (on peut avoir aussi des ondes stationnaires si un obstacle fait face d'un peu trop près à l'émetteur).

Le réglage étant réalisé, le potentiomètre P permet un réglage assez fin de la fréquence, approximativement dans la gamme 37 à 43 kHz. Cette disposition permet de rattraper une éventuelle dérive du montage et de pallier à une probable dispersion dans les fréquences de résonance des transducteurs.