

# Générateur d'impulsions Générateur de courant Interrupteur électronique

par R. KERAVEC

La maquette que nous proposons ici rassemble trois éléments distincts et indépendants, mais dont l'association présente de nombreux avantages pédagogiques :

- **un générateur d'impulsions** quasi rectangulaires, d'amplitude 1,4 V environ et de durée voisine de 50  $\mu$ s. La fréquence de récurrence des impulsions est réglable entre 0,2 et 5 ms ; l'impédance interne du G.I. est 20  $\Omega$  environ.
- **Un générateur de courant** à transistor. L'intensité du courant est réglable entre 0,1 et 1 mA.
- **Un interrupteur électronique** constitué par un simple transistor fonctionnant en commutation. Il peut être commandé par les impulsions issues du générateur d'impulsions.

## 1. PRÉSENTATION DE LA MAQUETTE

La face supérieure est représentée figure 1.

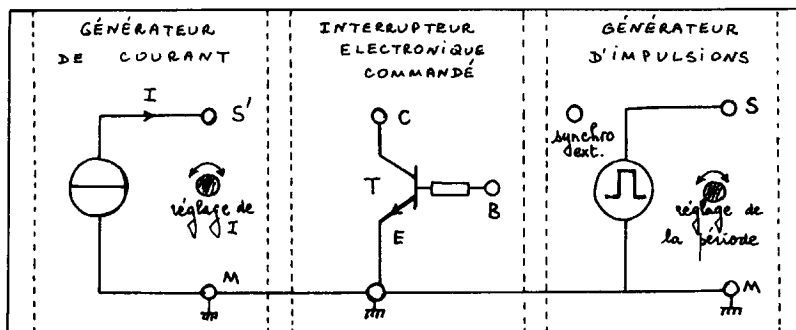


Figure 1

L'alimentation (0 - 15 V) pour le générateur de courant est placée sur la face latérale gauche de la maquette ; celle correspondant au générateur d'impulsions, sur la face latérale droite. Toutes les masses sont reliées entre-elles.

### 1.1. Le générateur d'impulsions (figure 2)

Il est construit autour de deux circuits intégrés 555 selon la figure 2.

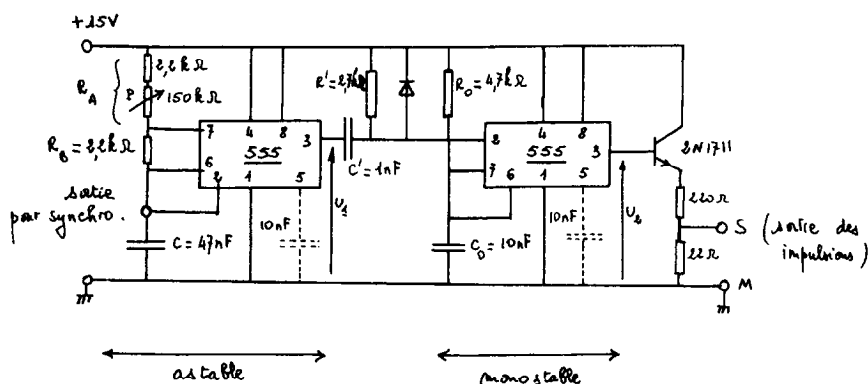
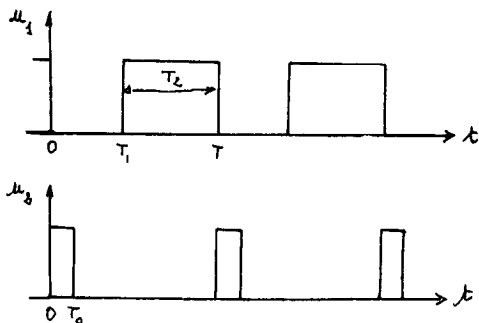


Figure 2

Le 555 a fait l'objet d'une étude dans le B.U.P. n° 661.

Le premier 555 est monté en astable, le second en monostable déclenché à partir du signal délivré par le premier à l'aide d'un circuit dérivateur  $R'C'$  :





c) Nous proposons ci-dessous (figure 4) un montage didactique ayant des caractéristiques analogues. Son analyse est à la portée des élèves qui peuvent suivre pas à pas la génération des différents signaux.

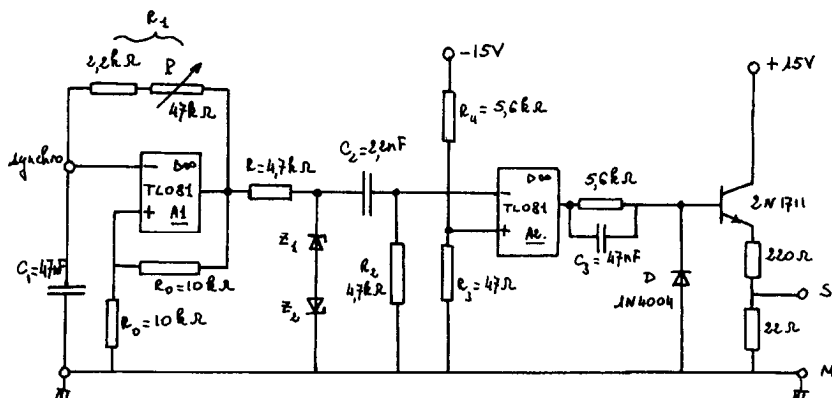


Figure 4

Les deux A.O.P. sont alimentés en +15 V, -15 V.

Le premier, A1, avec son environnement  $R_1$ ,  $C_1$  et  $R_0$  constitue un multivibrateur astable de période  $T = 2R_1 C_1 \ln 3 \approx 2,2 R_1 C_1$ . Avec les valeurs indiquées et suivant les valeurs prises par P, cette période varie de manière continue de 0,2 ms à 5 ms. En raison de la boucle de réaction positive constituée par les deux résistances  $R_0$ , la tension de sortie de A1 est toujours  $\pm V_{SAT}$ ; le condensateur  $C_1$  est chargé à travers  $R_1$  par ces tensions alternativement. Le basculement se fait lorsque la tension aux bornes de  $C_1$  passe par la valeur  $\pm V_{SAT}/2$ .

L'ensemble R,  $Z_1$  et  $Z_2$  (diodes Zener BZX avec  $V_Z = 4,7$  V) permet d'obtenir une tension rectangulaire symétrique de valeur maximale d'environ 5,5 V, dont le signal dérivé (par  $R_2$ ,  $C_2$ ) est appliqué à l'entrée inverseuse du comparateur A2 où l'entrée non inverseuse est à potentiel légèrement négatif.

L'ensemble A2,  $R_2$ ,  $C_2$  et  $R_3$ ,  $R_4$  détermine la largeur de l'impulsion positive apparaissant à la sortie de A2 et qui est transmise à la sortie S par l'intermédiaire du transistor.

Lorsque A2 est en saturation basse (-15 V), la diode D limite la

tension inverse supportée par la jonction B - E du transistor ; la résistance de  $5,6 \text{ k}\Omega$  limite le courant de sortie de l'ampli op.

Le condensateur  $C_3$  permet d'obtenir un front de montée plus raide de l'impulsion.

### 1.2. Le générateur de courant (figure 5)

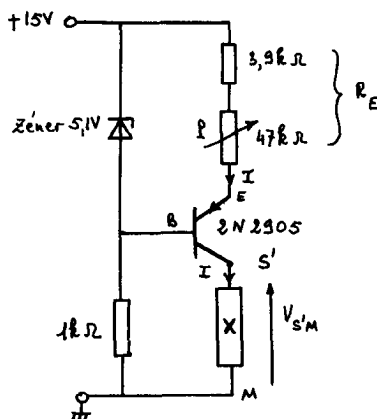


Figure 5

Dans le transistor (2N 2905), on a pratiquement égalité entre le courant d'émetteur  $I$  et le courant collecteur : le courant de base est en effet  $\beta$  fois plus faible, avec  $\beta = 100$  à  $300$  pour le 2N 2905.

Dans le circuit émetteur du transistor, nous pouvons écrire :

$$V_Z = V_{EB} + R_E I$$

relation dans laquelle  $V_Z$  et  $V_{EB}$  sont pratiquement des constantes.

Le courant  $I$  qui traverse le dipôle  $X$  est donc réglable par la valeur donnée à  $R_E$  c'est-à-dire en faisant varier  $P$ .

$$I = \frac{V_Z - V_{EB}}{R_E}$$

Dans ce montage,  $I$  peut varier de  $0,1 \text{ mA}$  à  $1,1 \text{ mA}$  (un

court-circuit entre S' et M ne perturbe pas le fonctionnement du générateur de courant).

La condition de fonctionnement en générateur de courant, implique que le transistor ne soit pas saturé soit  $V_{ES'} > 0,5 \text{ V}$  ;

or 
$$V_{S'M} + V_{ES'} + R_E I = 15 \text{ V}$$

La valeur maximale possible pour  $V_{S'M}$  ne peut donc dépasser 10 V.

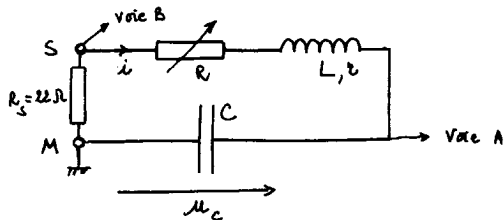
### 1.3. L'interrupteur électronique (voir figure 1)

C'est un transistor 2N 1711 associé avec une résistance de  $200 \Omega$  dans la base.

## 2. UTILISATION DU GÉNÉRATEUR D'IMPULSIONS POUR L'ÉTUDE DES CIRCUITS OSCILLANTS

En général, l'étude des oscillations libres d'un circuit RLC s'effectue à l'aide d'un GBF délivrant des signaux rectangulaires symétriques ou non.

Afin de ne pas faire apparaître aux élèves la réponse du circuit à un échelon de tension, nous préconisons l'utilisation du générateur d'impulsions précédemment décrit. Dans l'intervalle de temps qui sépare deux impulsions successives, le circuit RLC effectue des oscillations totalement libres (figure 6)



L : bobine de 500 ou 1000 spires

C :  $0,2 \mu\text{F}$

R : boîte de résistances  $\times 100 - \times 10$ .

S et M sont les bornes de sortie du générateur d'impulsions.

Figure 6

Nous proposons la démarche suivante :

1 - Visualiser sur la voie B à l'oscilloscope, les impulsions avant toute étude des oscillations du circuit RLC. L'utilisation de la synchronisation externe donnera aux images une stabilité remarquable.

Mesurer le niveau, la durée de l'impulsion ainsi que le domaine de variation de leur période de répétition.

2 - Faire le montage de la figure 6.

Observer sur la voie A, les oscillations pseudo-périodiques de la tension  $u_c$ . Le large domaine de variation de la fréquence de répétition des impulsions permet non seulement une étude qualitative des phénomènes, mais si besoin est, tous les calculs concernant les oscillations pseudo-périodiques amorties :

- pseudo-période  $T$  ; influences de  $R$ ,  $L$  ou  $C$ ,
- détermination de  $L$  si on se donne  $C$ ,
- détermination de la résistance critique.

Pour des classes post-baccalauréat, on peut envisager la détermination expérimentale du coefficient d'amortissement  $\lambda$  du circuit

( $\lambda = \frac{R_t}{2L}$ , avec  $R_t$  : résistance totale d'amortissement comprenant  $r$ ,

$R$  et  $R_s$ ) ; pour cela, relever les valeurs maximales positives de  $\hat{u}_c$  :  $\hat{u}_{c0}$ ,  $\hat{u}_{c1}$ ,  $\hat{u}_{c2}$ ,...  $\hat{u}_{cn}$  correspondant aux instants  $0$ ,  $T$ ,  $2T$ ,...  $nT$  et tracer  $\ln \hat{u}_{cn} = f(nT)$ .

Voir figures 7 et 8.

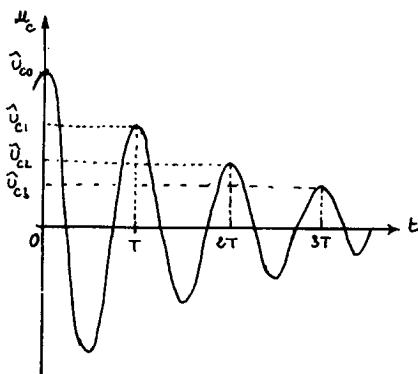


Figure 7

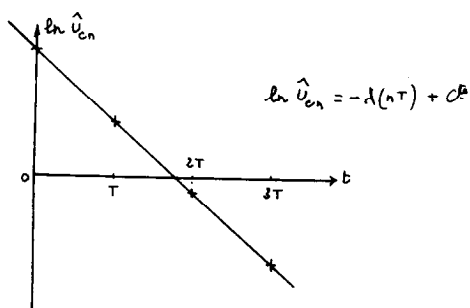


Figure 8

3 - Par un choix convenable de la fréquence de répétition des impulsions, on peut mettre en évidence des phénomènes de résonance (analogie avec des impulsions mécaniques agissant sur une balançoire). Noter alors la «place» de l'impulsion et la distorsion éventuelle de l'oscillation.

En agissant sur R on peut parvenir à réduire cette distorsion.

4 - Sur la voie B de l'oscilloscope, on observe l'impulsion excitatrice du circuit et entre deux impulsions successives une image de l'intensité  $i$  dans le circuit RLC. Avec les notations de la figure 6 on a :

$$i = C \frac{du_c}{dt} \quad \text{et} \quad V_{SM} = -R_S i$$

En utilisant la touche «-Y<sub>B</sub>» on affichera  $R_S i$ . Pour des oscillations peu amorties, on peut vérifier que le courant est en avance d'un quart de période sur la tension  $u_c$ .

5 - Passer alors en mode XY ; on observe, avec des amplifications convenables en X et Y, une belle spirale que l'on peut enrouler ou dérouler en agissant sur le réglage de la période des impulsions.

### 3. UTILISATION DU GÉNÉRATEUR DU COURANT

#### 3.1. Générateur de courant seul

– Brancher un milliampèremètre entre S' et M. Faire varier le courant I en agissant sur le réglage. Noter l'amplitude de variation de I.

– Régler  $I = 1 \text{ mA}$ . Brancher en série avec le milliampèremètre, une résistance R variable (AOIP  $\times 1000$  par ex.) Faire varier R de 0 au maximum. Relever I et  $U_{S'M}$  avec un voltmètre de résistance élevée ou à l'oscilloscope. En déduire la limite de fonctionnement à courant constant du générateur de courant.

– Reprendre l'expérience précédente :  $I = 1 \text{ mA}$  et  $R = 5 \text{ k}\Omega$ . Sans toucher au réglage de I, insérer en série une pile de 1,5 V dans un sens ou dans l'autre. Conclure.

– Placer entre S' et M une capacité  $C = 4700 \text{ }\mu\text{F}$ . Noter l'évolution de  $u_c$  à l'aide d'un voltmètre de grande résistance ou à l'oscilloscope. Court-circuiter C afin de reprendre avec une autre valeur de I, éventuellement.

### 3.2. Générateur de courant associé au générateur d'impulsions et à l'interrupteur électronique.

Un dipôle X étant placé entre S' et M, relier S' à C et S à B.  
(figure 9).

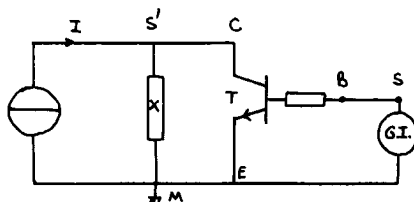


Figure 9

En l'absence d'impulsion, le transistor T est bloqué et le générateur de courant alimente le dipôle X à courant I constant.

Pendant la durée de l'impulsion, le transistor T se sature et met en court-circuit le dipôle X et le générateur de courant.

#### a) Premier exemple

Le dipôle X est un condensateur ( $C = 47 \text{ nF}$  par exemple). Ce condensateur va se charger à courant constant réglable et sa décharge sera commandée par l'arrivée de l'impulsion.

Ces deux réglages sont indépendants.

– Régler I et la fréquence de récurrence des impulsions à leurs valeurs minimales. Contrôler la linéarité de la charge du condensateur à l'oscilloscope

$$\frac{du_c}{dt} = \frac{I}{C}$$

Augmenter progressivement I. Observer.

– Montrer que pour une fréquence donnée pour les impulsions, le réglage de I permet d'obtenir une rampe de tension d'amplitude et de pente réglables entre certaines limites.

#### b) Deuxième exemple

Le dipôle X est constitué par une résistance  $R = 5 \text{ k}\Omega$  en série avec une pile de 1,5 V (figure 10).

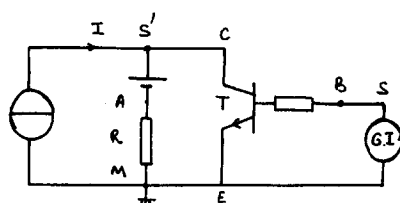


Figure 10

- La connexion S'C étant momentanément défectueuse, régler  $u_{AM}$  à 5V (à l'oscilloscope). Dans ces conditions  $I = 1 \text{ mA}$ .
- Rétablir la connexion S'C. Observer les tensions  $U_{S'M}$  et  $U_{AM}$ , pour une fréquence  $f$  du générateur d'impulsions. Interpréter.
- Permuter les bornes de la pile. Interpréter.

## BIBLIOGRAPHIE

- Comprendre le 555 (J.P. CARON) B.U.P. n° 661
- Étude du condensateur en T.P. (LETZGUS). B.U.P. n° 634