

13. LES GENERATEURS D'IMPULSIONS =

LES impulsions sont utilisées dans beaucoup d'appareils électroniques modernes, du plus modeste récepteur de télévision jusqu'aux ordinateurs. L'essor des techniques digitales, qui font une orgie de ces « pulses », nous incitent à décrire des dispositifs, capables de les produire afin de permettre à l'amateur éclairé d'exercer ses talents sur des montages évolués.

Il n'est pas besoin d'être un technicien très spécialisé pour construire des appareils produisant ou utilisant des impulsions ; il est seulement indispensable de travailler avec soin et méthode et de disposer d'un bon oscilloscope, de pré-

férence déclenché et à double trace.

Nous donnons des indications précises pour la réalisation de générateurs d'impulsions, dont le dernier, assez évolué, permettra d'effectuer des mesures assez précises dans des cas d'application typique que nous citerons.

QU'EST-CE QU'UNE IMPULSION ?

Tout le monde sait, au moins intuitivement, qu'une impulsion est une variation brusque et brève de tension. Peu d'amateurs savent en définir toutes les caractéristiques. On confond quelquefois un signal rectangulaire et une

série d'impulsions qui ont, bien sûr, quelques analogies, mais dont la largeur est petite devant la demi-période.

La figure 1a indique clairement les principales définitions qu'il faut connaître à propos de ces signaux.

La **hauteur** de l'impulsion est égale à son amplitude crête.

La **largeur** correspond à sa durée.

La **période** est le temps séparant le début de deux impulsions.

En théorie, une impulsion est représentée par une forme bien caractéristique aux angles vifs, aux flancs perpendiculaires à l'axe des temps et au sommet plat.

En réalité il n'en est rien. Lorsqu'on examine une impulsion courte au moyen d'un oscilloscope à large bande, on peut découvrir de nombreuses imperfections qui sont représentées sur la figure 1b.

Le **temps de montée** est le temps mis par la tension pour croître de 10 % à 90 % de l'amplitude crête.

Le **temps de descente** est le temps mis par la tension pour décroître de 90 % à 10 % de l'amplitude crête.

La **largeur à mi-hauteur** est la durée de l'impulsion prise à 50 % de l'amplitude crête.

On définit aussi quelquefois la pente au sommet qui correspond à la diminution d'ampli-

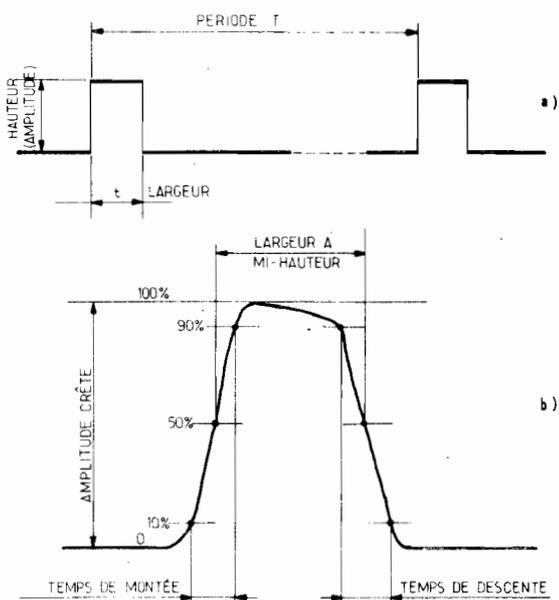


Fig. 1. - Définition d'une impulsion.

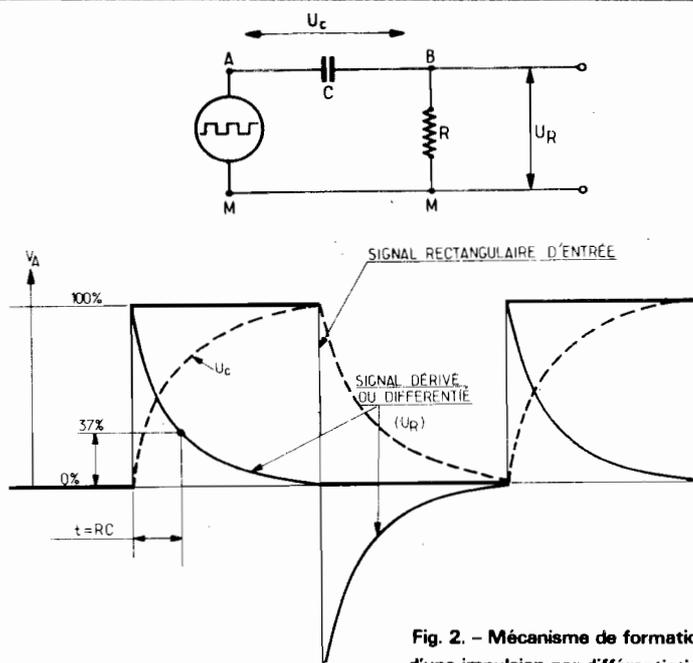


Fig. 2. - Mécanisme de formation d'une impulsion par différentiation.

tude exprimée en pourcentage.

Ces imperfections sont d'autant plus accentuées que la bande passante de l'amplificateur recevant ces impulsions est limitée et/ou que sa courbe caractéristique de phase est irrégulière. C'est donc un moyen rapide et commode de réaliser un essai global de performances d'un appareil. On sait, par exemple, que le temps de montée d'une impulsion amplifiée est d'autant plus long que l'amplificateur a une bande passante limitée vers les fréquences élevées. Ces propriétés avaient déjà été citées à propos des signaux rectangulaires.

Nous aurons l'occasion de passer en revue à la fin de ce chapitre quelques applications spécifiques des impulsions.

COMMENT OBTENIR DES IMPULSIONS : MÉTHODES ÉLÉMENTAIRES

Ce qui caractérise les impulsions étant principalement leur courte durée, il peut venir à l'idée d'obtenir cette forme d'onde par la charge brusque d'un condensateur. C'est ce que l'on réalise sur le montage de la figure 2.

Un générateur de signaux rectangulaires attaque en AM un circuit RC. La tension est recueillie aux bornes de la résistance en BM. Lorsque le signal croît brusquement en A, la charge du condensateur s'amorce par un courant instantané important qui décroît au fur et à mesure que le condensateur se charge. Le phénomène inverse se produit à la décroissance brusque de la tension en A, de sorte que la tension recueillie en B a l'allure indiquée sur la figure.

On notera que la largeur des pointes de courant ainsi obtenues est proportionnelle à la constante de temps $t = RC$ du circuit. A cette durée correspond approximativement 37 % de l'amplitude crête (voir figure).

Bien entendu, ces impulsions sont loin d'être parfaites

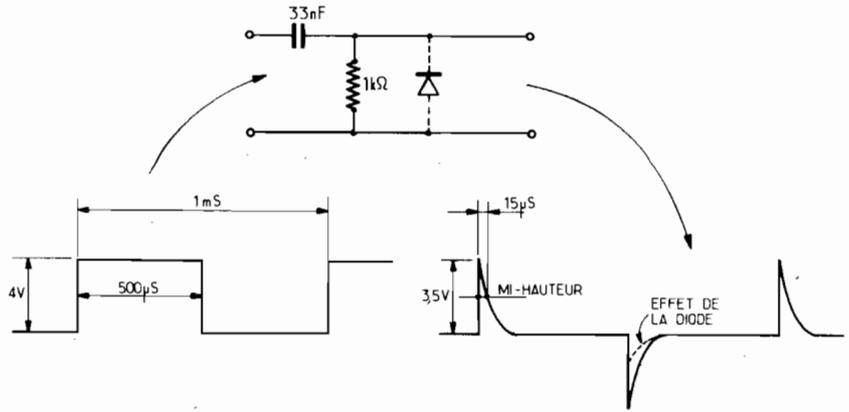


Fig. 3. - Générateur d'impulsions à partir d'un créneau à 1000 Hz.

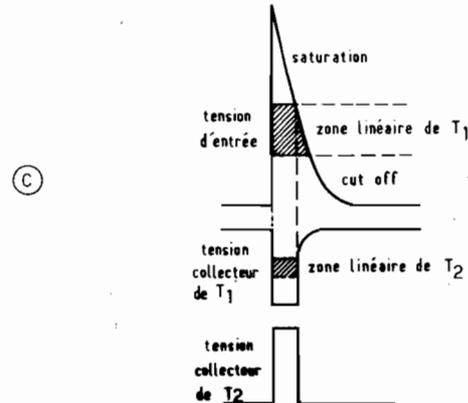
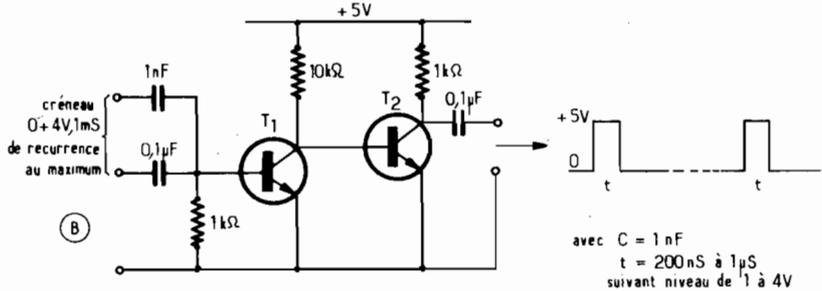
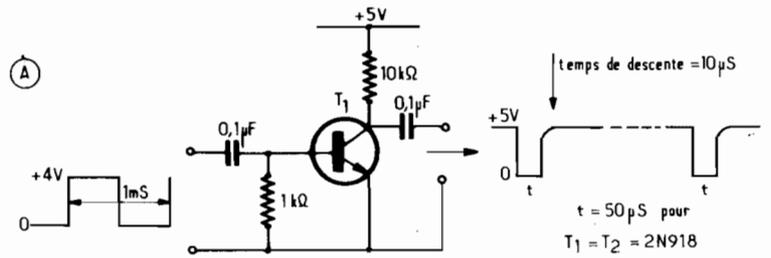


Fig. 4. - Le transistor en impulsions.

mais le temps de montée est très court, ce qui peut être intéressant.

Pour donner des valeurs pratiques, considérons le circuit de la figure 3, qui, fonctionnant à partir d'un créneau rectangulaire à 1000 Hz, donnera, avec les valeurs de la figure, des impulsions larges de 15 μ s à mi-hauteur à raison d'une toutes les millisecondes. L'impulsion négative qui s'intercale peut être, en partie, effacée par la présence d'une diode montée comme sur la figure.

Ce montage complémentaire du générateur de signaux rectangulaires décrit dans le chapitre précédent permettra d'obtenir des résultats intéressants chaque fois que l'on ne s'attachera qu'au temps de montée.

Pour améliorer encore la forme d'impulsion et faire apparaître un plat au sommet, il faut faire appel à un transistor comme l'indique la figure 4A.

Le circuit de base de T1 (2N918) comporte un circuit différentiateur. Seules les impulsions positives sont amplifiées, les négatives sont coupées par la jonction base-émetteur. On recueille sur le collecteur des impulsions assez correctes, parfaitement écartées. La durée est de 50 μ s

avec des signaux rectangulaires de 1000 Hz de 4 V d'amplitude crête. Toutefois, le temps de descente, dont on ne se préoccupe guère dans les applications, reste cependant élevé soit 10 μ s.

Pour le réduire, on fera appel au montage de la figure 4B beaucoup plus élaboré. Les deux transistors T1 et T2 sont montés en cascade, ce qui redresse la phase de la tension de sortie et permet d'obtenir des impulsions de 5 V dont la durée dépend du niveau et de la valeur du condensateur à l'entrée : c'est ainsi que pour l'exemple choisi, on peut obtenir de 200 ns à 50 μ s entre 1 V et 4 V avec $C = 1$ nF à 0,1 μ F. La figure 4C explique le mécanisme de formation d'une impulsion propre par double écrêtage.

Le fait de dépendre d'un oscillateur extérieur est parfois contraignant et certains lecteurs préféreront utiliser le petit montage de la figure 5 qui génère de très bonnes impulsions avec des moyens simples. L'âme du montage est un oscillateur « blocking » utilisant un transformateur de récupération (transfo subminiature de sortie Push-Pull d'un poste à transistors).

L'enroulement primaire à haute impédance est monté dans le circuit collecteur,

l'enroulement de sortie haut-parleur dans le circuit de base.

Lorsqu'on mène l'appareil sous tension, le condensateur C se charge à travers R ; dès que sa charge atteint le seuil de conduction, une oscillation s'amorce qui entraîne un fort courant dans le transistor dont l'impédance base diminue très sensiblement, ce qui décharge C et arrête l'impulsion. La charge reprend alors et le phénomène se reproduit dans les mêmes conditions. Le sens de branchement n'est pas arbitraire et il faudra évidemment inverser l'un des bobinages du transformateur si l'on n'obtient pas d'oscillation.

La largeur de l'impulsion n'est pas modifiable dans de grandes limites : ses caractéristiques dépendent du transformateur utilisé. On peut jouer, cependant sur la fréquence de répétition au moyen des éléments R et C. On trouvera sur la figure, 2 exemples concrets.

La diode en parallèle sur le primaire du transformateur amortit la partie négative de l'oscillation. Pour rendre tout à fait propres les impulsions et isoler le circuit de l'oscillateur de l'utilisation, on dispose un étage de sortie comme le montre la figure.

Les montages décrits sur les figure 4 et 5 font appel à

des transistors UHF (2N918) alimentés sous 5 volts de façon à ce que le temps de montée soit très bref et que la tension de sortie reste compatible avec les circuits intégrés logiques les plus courants.

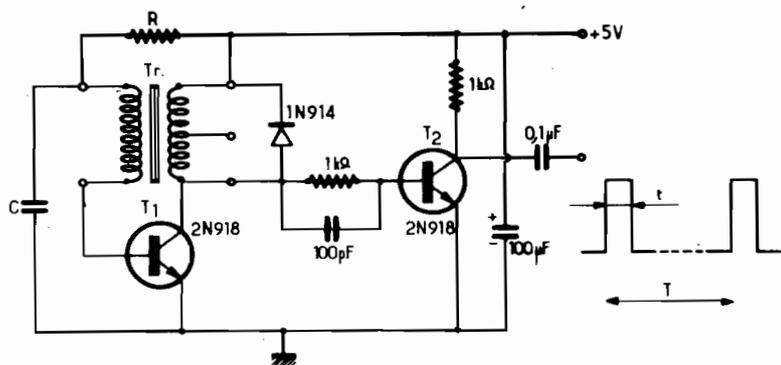
UN VÉRITABLE GÉNÉRATEUR D'IMPULSIONS

Les montages précédents pourront satisfaire l'amateur peu exigeant. Il n'en sera pas de même de l'expérimentateur évolué qui recherchera, comme le professionnel, des caractéristiques poussées et précises.

C'est le but que poursuit le générateur d'impulsions que nous décrivons ensuite.

Le principe est indiqué sur la figure 6. L'appareil comporte deux parties essentielles. L'une fournit une base de temps interne dont la fréquence de répétition donne la récurrence des impulsions. Cette fréquence peut être ajustée. L'autre partie correspond à la formation des impulsions qui sortent en direct ou en inverse. La largeur des impulsions est continûment variable.

Un inverseur, enfin, permet de choisir la synchronisation interne ou externe.



Tr = Transformateur de sortie push-pull de récepteur de poche à transistors.

Exemples d'utilisation :

$R = 100 \text{ k}\Omega$	$\rightarrow t = 1 \mu\text{s}, T = 550 \mu\text{s}$
$C = 1000 \text{ pF}$	
$R = 1 \text{ M}\Omega$	$\rightarrow t = 2 \mu\text{s}, T = 5 \text{ ms}$
$C = 10 \text{ nF}$	

Fig. 5. - Oscillateur blocking délivrant des impulsions de courte durée.

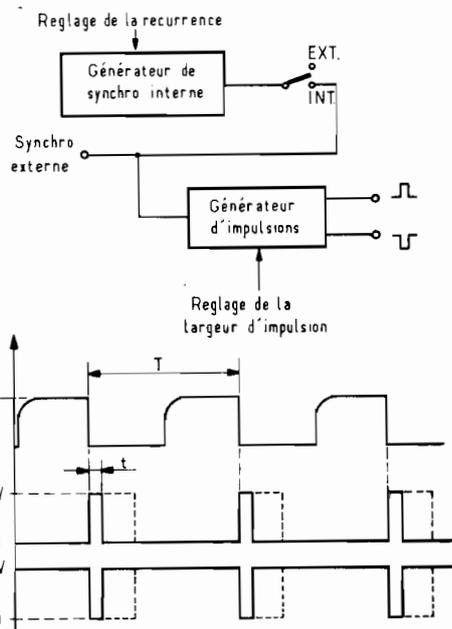


Fig. 6. - Principe du générateur d'impulsions.

Le diagramme de la figure 6 montre les caractéristiques des différents signaux à la sortie du générateur de synchro interne et à la sortie des impulsions.

La figure 7 représente le schéma complet de l'appareil. On reconnaît à la partie supérieure le schéma classique d'un multivibrateur qui délivre la synchro dont la récurrence peut être commutée de 100 Hz à 1 MHz en cinq positions correspondant à des périodes respectives de 10 ms à 1 μ s.

Les condensateurs de liaison de 100 pF sont montés à demeure sur le montage. On pourra ajuster leur valeur avec plus de précision pour obtenir exactement 1 MHz.

L'étage T3 de sortie améliore la forme du signal et abaisse l'impédance.

En synchronisation intérieure, le commutateur S3 est fermé et la tension envoyée vers le générateur d'impulsions est disponible sur la prise synchro. Avec S3 ouvert, cette même prise sert d'entrée à une tension extérieure.

Le générateur d'impulsions proprement dit comporte un circuit intégré monostable SFC4121E qui possède la propriété de produire une impulsion de largeur bien définie chaque fois qu'un front raide est envoyé sur une entrée appropriée. La largeur de l'impulsion est déterminée par les valeurs de deux composants simples : une résistance et un condensateur. En jouant sur ces deux composants on aboutit à une gamme importante de valeurs s'échelonnant de 20 ns à 20 ms : on commute les condensateurs sur cinq positions et l'on obtient une variation continue dans un rapport de 2 à 20 entre chaque position au moyen d'un potentiomètre. Le réglage de la plus faible largeur se fait par un condensateur ajustable de 3 à 30 pF situé sur le circuit imprimé.

La diode sert à protéger l'entrée du circuit OU de Synchro contre les surtensions.

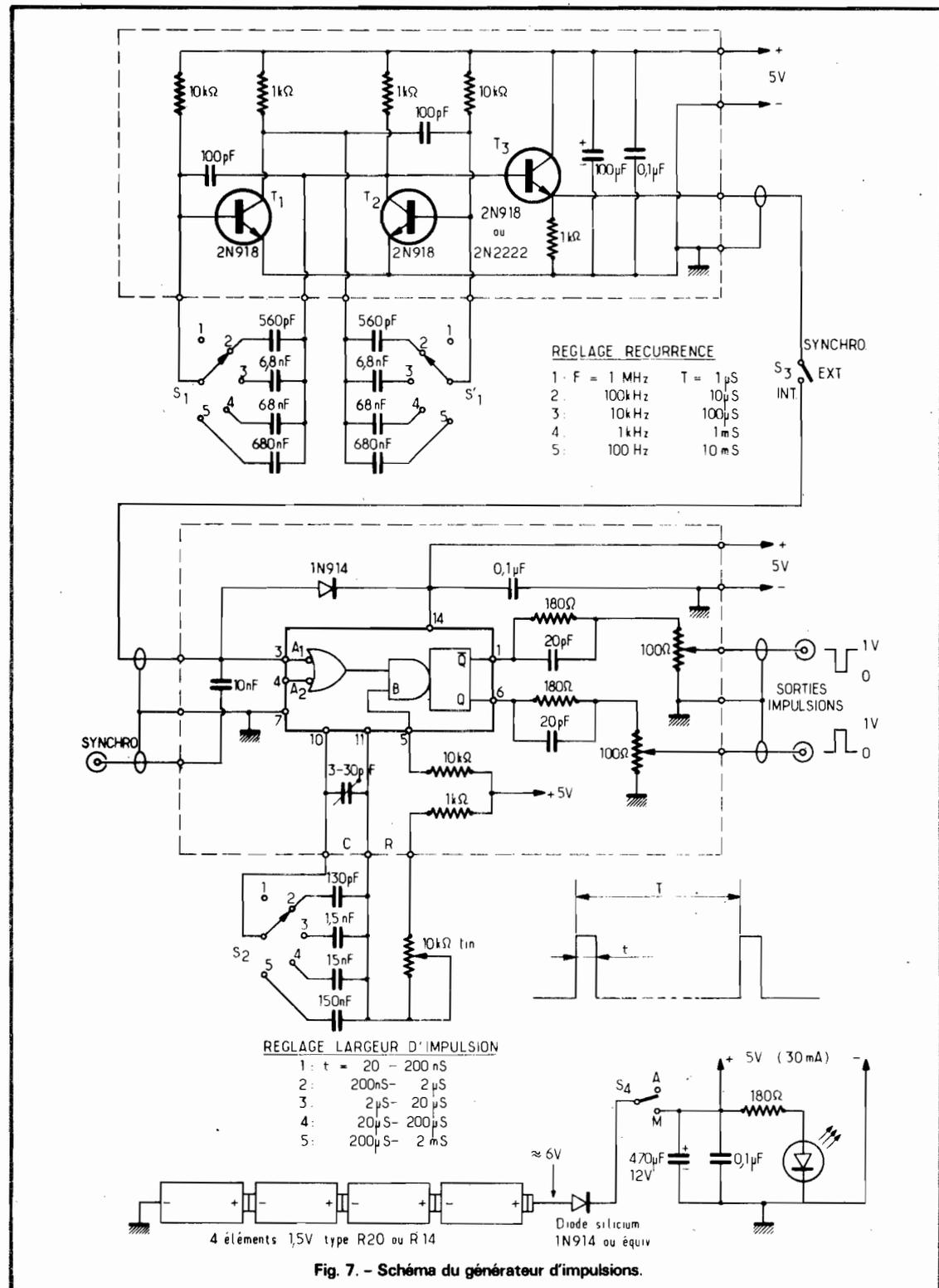


Fig. 7. - Schéma du générateur d'impulsions.

Il existe comme sur la plupart des circuits de ce genre deux sorties complémentaires Q et \bar{Q} qui donnent des impulsions dont la forme est indiquée sur la figure 7.

Nous avons disposé, en sortie, des atténuateurs à faible impédance qui abaissent la tension crête de sortie à 1 V ($Z_c = 50$ ohms). Ces dispositifs sont facultatifs et peuvent

être retirés si l'on désire obtenir des impulsions de 3,5 V crête.

L'alimentation est très simple : elle se fait au moyen de quatre éléments de pile R20 ou R14 en série avec une diode silicium afin de diminuer la tension à 5,3 V environ et d'éviter la destruction du circuit au cas où l'on inverserait accidentellement le sens

de branchement des piles. Un voyant à LED (diode électroluminescente, indique que l'appareil est sous tension).

On veillera à respecter les différents découplages de l'alimentation pour diminuer au maximum l'impédance dynamique de celle-ci.

Les figures 8 et 9 montrent respectivement le dessin des cartes base de temps et géné-

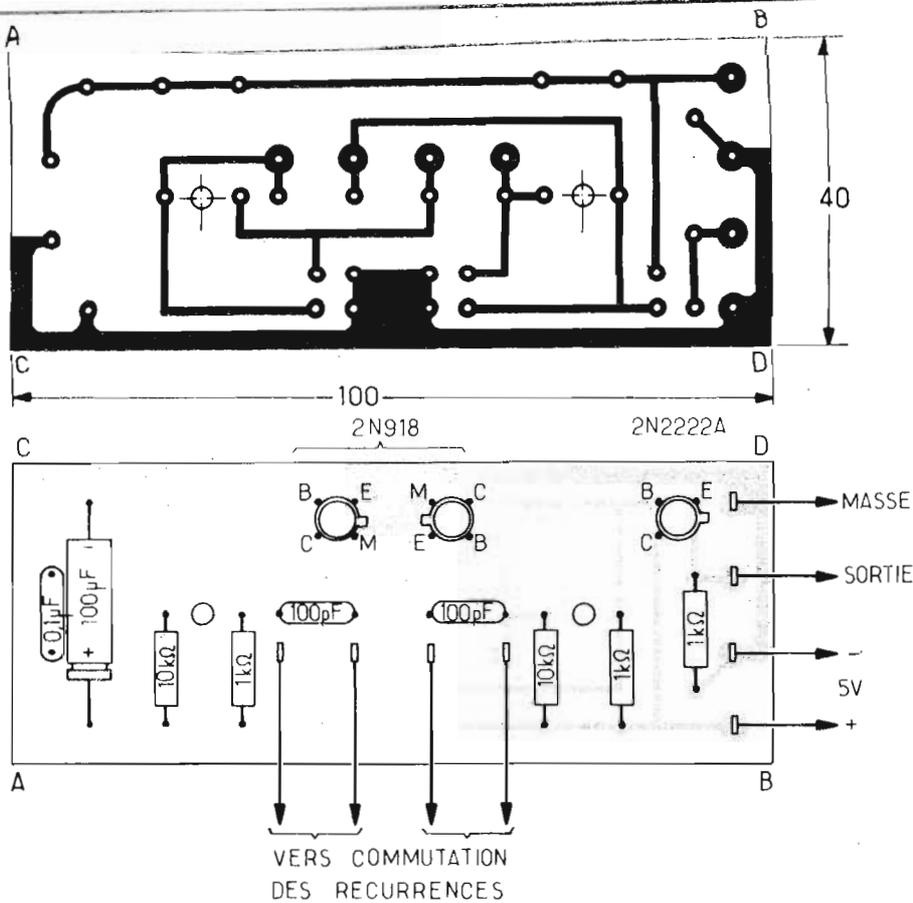


Fig. 8. - Carte imprimée de la base de temps à multivibrateur.

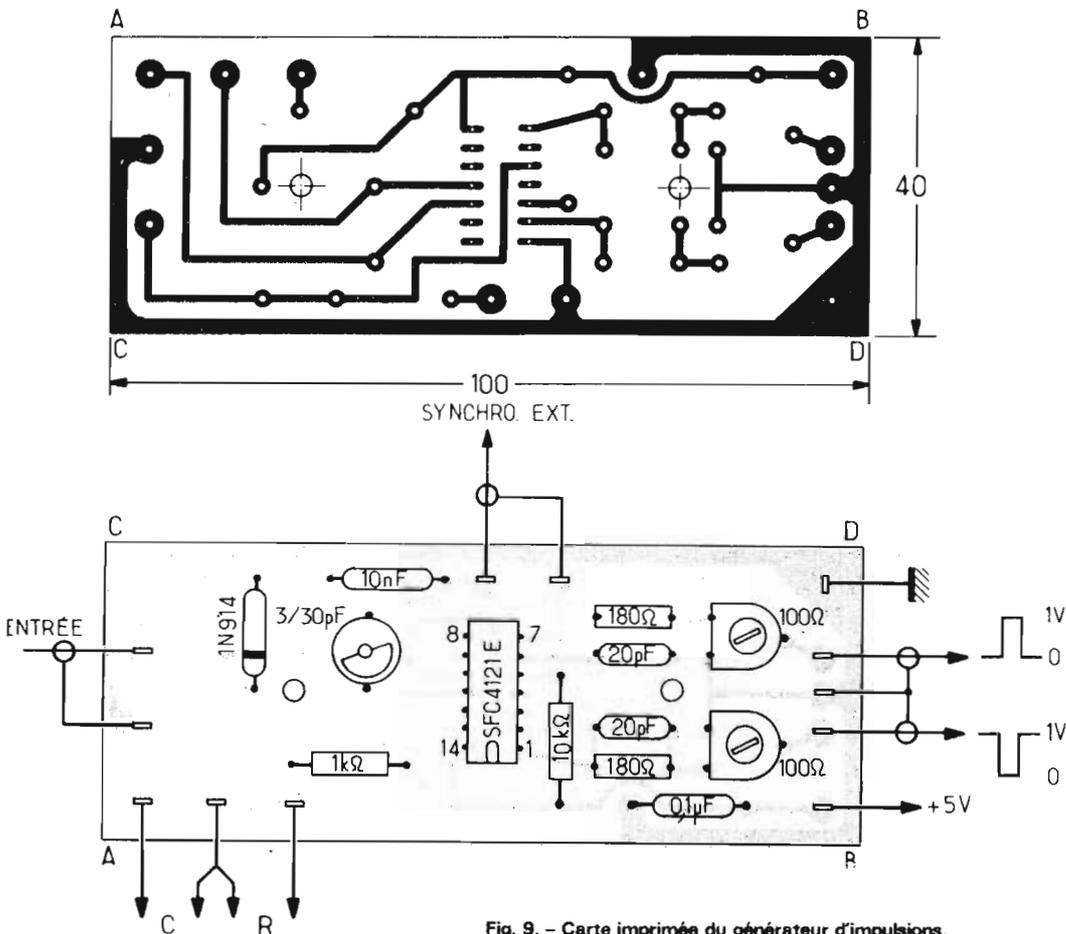


Fig. 9. - Carte imprimée du générateur d'impulsions.

rateur d'impulsions côté cuivre et côté composants.

Le plan de câblage général est représenté sur la figure 10. On respectera scrupuleusement la disposition des éléments et des blindages des circuits de synchronisation afin d'éviter les couplages indésirables.

Bien que l'alimentation soit à piles, il est évidemment possible de la prévoir à partir du secteur. Dans ce cas, on s'inspirera de celle du générateur de signaux rectangulaires et « Tone Burst » du chapitre précédent, qui possède en outre une régulation.

La figure 11 présente la face avant gravée du générateur. On remarquera que l'on peut y lire :

- la fréquence de répétition des impulsions ou la période de récurrence en cinq valeurs,
- la largeur de l'impulsion en cinq gammes et variation continue.

FONCTIONNEMENT DU GÉNÉRATEUR D'IMPULSIONS

Pour le réglage du générateur il est indispensable de disposer d'un bon oscilloscope déclenché étalonné qui sera d'ailleurs indispensable pour exploiter ce générateur.

On vérifiera les fréquences de récurrence de la base de temps, particulièrement sur la position 1 MHz. Si nécessaire on modifiera la valeur du condensateur de couplage de $\pm 20\%$ jusqu'à obtenir la fréquence désirée (période 1 μ s).

Le réglage de la largeur d'impulsion se fera de la façon suivante :

- on étalonnera les graduations du potentiomètre de façon à lire de 2 à 20 lorsque la résistance va de 10 k Ω à 1 k Ω (graduations proportionnelles),

- après exécution de l'opération précédente, on mettra le commutateur de récurrence sur la position 1 MHz (1 μ s), le commutateur de largeur d'impulsion sur la

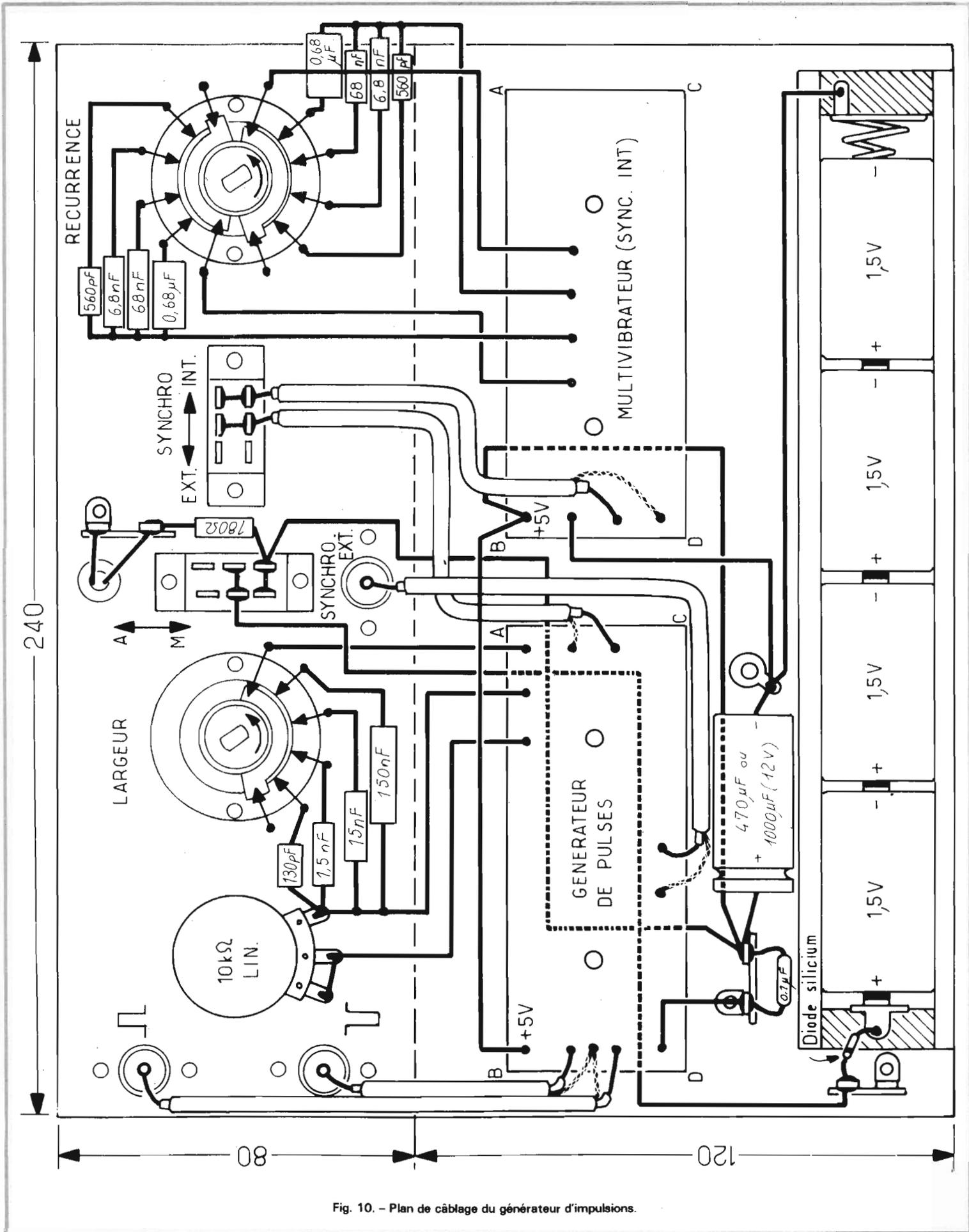


Fig. 10. - Plan de câblage du générateur d'impulsions.

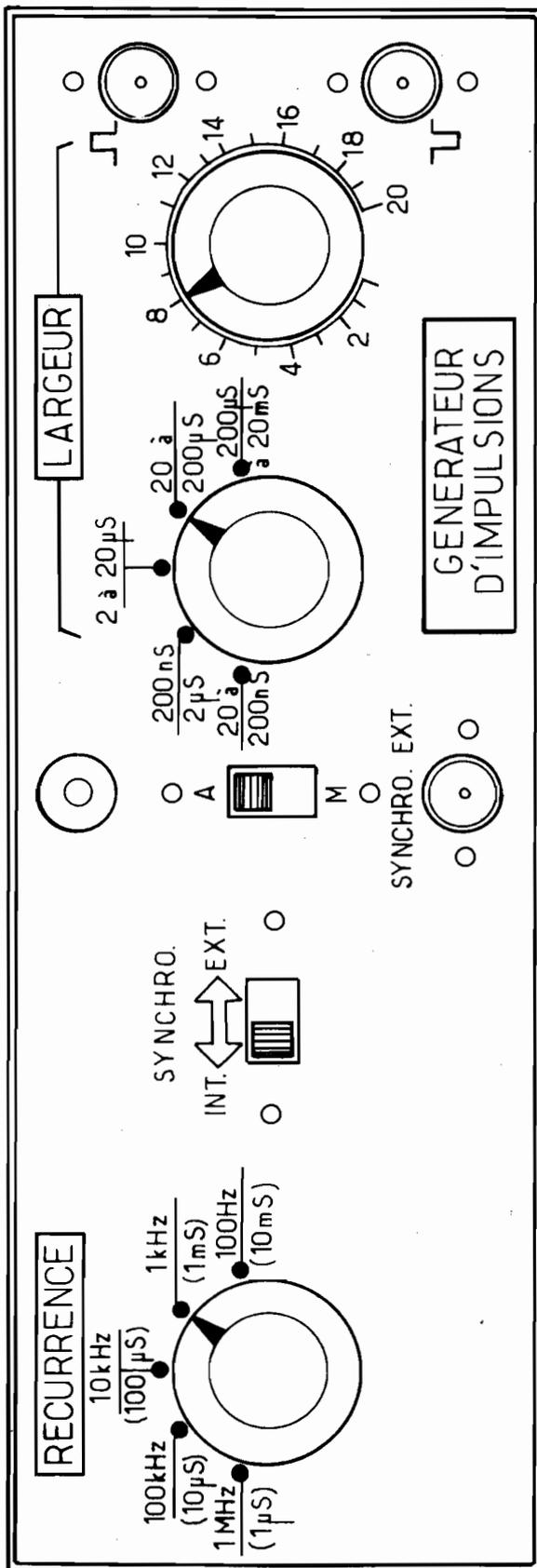


Fig. 11. - Face avant du générateur d'impulsions.

position 20-200 ns et le potentiomètre sur la graduation 2. On réglera le condensateur ajustable 3-30 pF du circuit générateur d'impulsions jusqu'à ce que la largeur de l'impulsion soit exactement de 20 ns à mi-hauteur.

Ceci termine la mise au point de l'appareil.

Il faut bien noter qu'il peut exister des incompatibilités de réglage si la largeur d'impulsion excède la demi-période de récurrence. Dans ce cas, la sortie n'est plus contrôlée et des phénomènes transitoires apparaissent qui peuvent troubler les mesures. Pour éviter cela, on respectera les limites suivantes :

- pour $T = 1 \mu s$ il faut $t < 500 ns$;
- pour $T = 10 \mu s$ il faut $t < 5 \mu s$;
- pour $T = 100 \mu s$ il faut $t < 50 \mu s$;
- pour $T = 1 ms$ il faut $t < 500 \mu s$.

Par ailleurs, pour permettre un examen oscillographique dans des conditions acceptables de luminosité, il est recommandé d'avoir une fréquence de récurrence aussi élevée que possible tout en respectant les limites de compatibilité précédemment citées.

En pratique, on obtiendra une bonne présentation oscillographique pour $t = T/10$, alors que la luminosité risque d'être insuffisante, avec un oscilloscope ordinaire si $t < T/100$, par exemple.

Il est également indispensable, si l'on désire conserver à l'impulsion originelle toute sa pureté, de ne véhiculer le signal qu'à travers des coaxiaux adaptés (par exemple $Z_c = 50 \Omega$) ou un fil blindé assez court : le temps de montée sera, dans ces conditions, de 10 ns environ.

LES APPLICATIONS DES IMPULSIONS

Elles sont fort nombreuses et nous ne pouvons toutes les passer en revue. Nous nous bornerons à en examiner quel-

ques unes parmi les plus marquantes.

Pour mémoire, rappelons le classique essai des amplificateurs Hi-Fi et des enceintes acoustiques encore que, pour ce test, on préfère plutôt utiliser des signaux rectangulaires ou Tone Burst.

Les impulsions peuvent servir à vérifier et étalonner la base de temps d'un oscilloscope et à vérifier ses performances. On peut aussi les utiliser pour faire un essai global des circuits vidéo et base de temps d'un récepteur de télévision.

Citons également les circuits de logique (simples ou séquentiels) que nous verrons dans le chapitre suivant, qui peuvent être testés au moyen d'impulsions ou de trains d'impulsions.

Quelques autres applications, peut-être moins connues des amateurs, sont présentées sur la figure 12.

En 12A, un circuit différentiateur, donc très simple, attaqué par une impulsion de largeur variable peut servir à réaliser une synchronisation variable dans le temps : c'est l'impulsion dérivée négative qui est utilisée dans le cas présenté (une impulsion inversée à l'entrée aurait permis de faire varier la synchro positive). Ceci peut être intéressant pour permettre l'examen d'un phénomène décalé sur l'écran d'un oscilloscope ou de déclencher un signal avec un retard réglable. La valeur du décalage correspond à la largeur de l'impulsion.

En 12B, on indique la manière d'évaluer le temps de montée τ d'un amplificateur : cette méthode est particulièrement recommandée pour les amplificateurs Hi-Fi. On règle la récurrence sur 1 ou 10 kHz et l'on place le commutateur de largeur sur la position 2 à 20 μs . En examinant l'allure de l'impulsion amplifiée, on peut s'apercevoir que si l'on diminue progressivement la largeur de 20 à 2 μs on finira par diminuer l'amplitude crête si $\tau > t$, alors que pour $\tau < t$ la

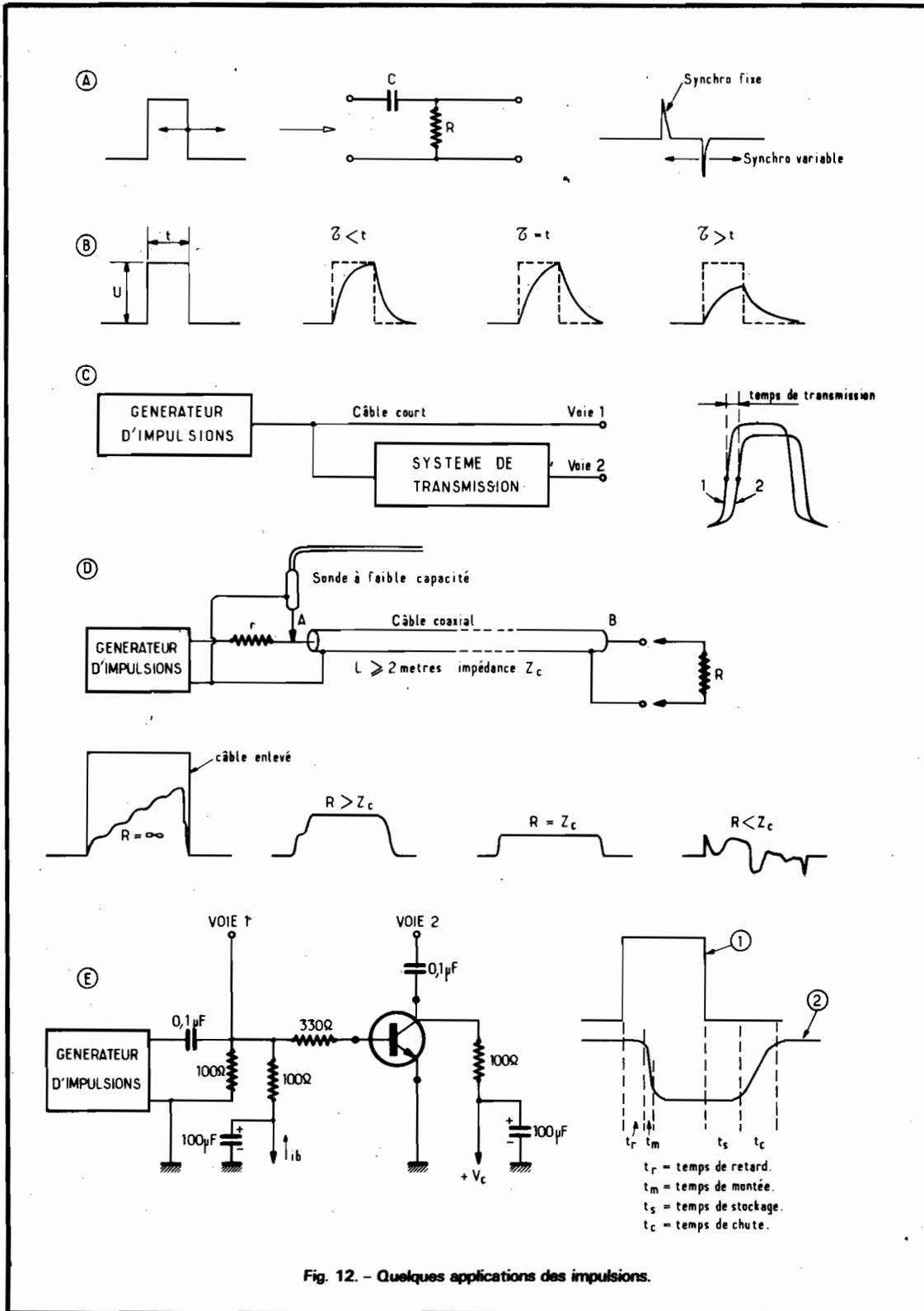


Fig. 12. - Quelques applications des impulsions.

valeur crête reste constante (voir figure).

Il suffit donc de régler le potentiomètre de largeur à la naissance de la diminution d'amplitude et de lire la valeur obtenue puisque $\tau = t$.

En 12C on a représenté une application très classique des impulsions qui est la mesure du temps de transmission

d'une ligne ou d'un amplificateur. On peut, notamment vérifier une ligne à retard. Cette méthode implique l'utilisation d'un oscilloscope à double trace de bonne classe (faible écart entre voies). Un canal est attaqué par l'impulsion de référence envoyée à l'entrée du système de transmission. L'autre canal

l'impulsion retardée. On corrigera, éventuellement les amplitudes de façon à présenter des oscillogrammes faciles à interpréter. Le temps de transmission est égal à l'écart horizontal existant entre deux points du front de montée de même amplitude.

En 12D est représenté le montage permettant de mesu-

rer l'impédance caractéristique d'une ligne ou d'un câble coaxial ou de vérifier si une ligne est correctement adaptée à une extrémité. Ceci est particulièrement intéressant pour les installations d'antennes TV ou FM. On opérera avec une impulsion de $1 \mu s$ envoyée à travers une résistance r de 50 ou 100 ohms. La sonde de l'oscilloscope sera du type à faible capacité (10 pF). Si la longueur du câble est suffisante ($L \geq 2$ mètres), on observera, en présence d'une ligne fermée sur une résistance R les oscillogrammes de la figure. Seule la solution $R = Z_c$ (Z_c : impédance caractéristique du câble) fera apparaître une impulsion propre mais atténuée.

Signalons enfin qu'un générateur d'impulsions peut être très utile pour faire un test de réponse transitoire sur un transistor en émetteur commun ou comparer les performances de deux transistors. Il est nécessaire de disposer d'un oscilloscope à double trace. Le montage est celui de la figure 12E. On notera que les deux résistances de 100Ω , en parallèle du point de vue dynamique, adaptent la sortie du générateur. On utilisera une source de courant base i_b au moyen d'une pile de 4,5 V en série avec une résistance R_b de sorte que $i_b = 4,5/R_b$ (ainsi, pour $i_b = 100 \mu A$, on aura $R_b = 47 k\Omega$).

La charge de collecteur doit être de faible valeur. La tension d'alimentation collecteur dépend du transistor utilisé (une tension de 9 V peut convenir à la plupart des cas).

On observera alors les oscillogrammes 1 et 2 et l'on déterminera les valeurs des différents temps indiqués sur la figure: plus ces temps sont réduits, meilleur est le transistor.

(à suivre)