

Pratique de la Mesure

L'OSCILLOSCOPE

(Suite voir nos 1707 et 1708)

Nous avons parlé, le mois dernier, du balayage relaxé et vu quelques-uns de ses inconvénients. Rappelons qu'il s'agit d'un balayage spontané du tube, à vitesse réglable, amenée à égalité avec celle du signal observé, lequel apparaît alors immobile sur l'écran. L'immobilisation peut être rendue stable par le mécanisme de la synchronisation.

Le balayage déclenché

C'est le procédé utilisé sur la quasi-totalité des oscilloscopes modernes. Cette fois, l'oscillation en dents de scie produisant le balayage, n'est plus spontanée, mais elle est provoquée, « déclenchée » par le signal à observer.

Nous avons vu que le balayage relaxé pouvait être produit par un tran-

sistor du type unijonction. C'est un procédé très simple, mais il y en a d'autres peut-être plus souples. C'est le cas du montage de la figure 1.

Le condensateur C se charge à courant constant I_k , donc linéairement. Sa tension aux bornes augmente. Lorsque cette tension dépasse le seuil du comparateur, celui-ci bascule, fait conduire T qui décharge C et le phénomène peut recommencer. La synchronisation se fait encore, avec

ce montage, en provoquant une décharge anticipée de C, par commande directe du transistor T.

Modifions maintenant ce montage, en ajoutant une bascule B (voir fig. 2). A la mise sous tension du système, le circuit R_1/C_1 active la bascule et la fait passer au « travail », donnant $Q = 1$. De ce fait, le transistor T conduit et court-circuite le condensateur C, qui ne peut se charger.

Les choses restent en l'état jusqu'à l'arrivée d'un top de synchro sur l'entrée de remise à zéro de la bascule. Alors Q revient à 0 et T se bloque, permettant la charge du condensateur C, dont la tension croissante atteint le seuil de basculement du comparateur. La sortie de ce dernier, passant au niveau haut déclenche à

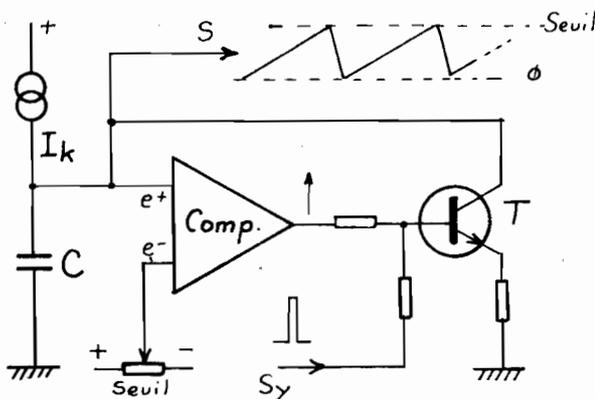


Fig. 1. - Balayage relaxé.

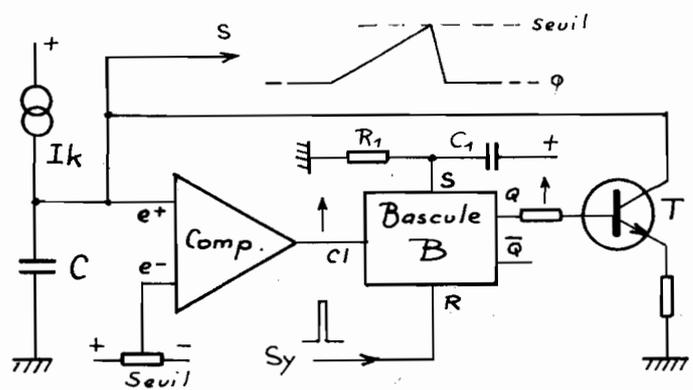


Fig. 2. - Balayage déclenché.

son tour la bascule qui se remet en position travail. Le transistor T décharge C. Il faut attendre un nouveau top de synchro, pour avoir un second cycle charge/décharge de C.

La rampe de balayage ne se produit ainsi qu'à la demande, donnant par exemple les signaux illustrés en figure 3.

Chaque top déclenche une rampe, c'est-à-dire un aller de balayage. Nous pouvons remarquer que le troisième top qui se produit pendant un aller, ne peut rien déclencher, puis que ce top agit sur la remise à 0 d'une bascule qui y est déjà. Bien entendu,

les tops de synchro sont fabriqués à partir du signal à observer. Ce signal impose donc sa propre vitesse à ces tops et par conséquent au balayage lui-même. Il ne peut donc plus y avoir de problème de synchronisation : aucun défilement de l'image n'est possible ! Il y a aussi séparation totale entre la vitesse du signal et la vitesse du balayage. Cette dernière peut donc varier dans de très grandes limites sans le moindre inconvénient. Ainsi, comme le montre la figure 4, en faisant varier progressivement cette vitesse, on passe de l'oscillogramme 1 à l'oscillogramme 3, ce qui est très

pratique, l'impulsion pouvant être observée exactement à l'échelle voulue.

L'impulsion de synchro n'agissant plus du tout sur la fin de charge de C, mais sur son instant de démarrage, il est possible d'étalonner soigneusement la durée de la rampe et ainsi de faire des mesures de temps très précises sur les signaux observés. Les vitesses de balayage sont d'ailleurs données en tps/div. Pour un oscilloscope performant, on va ainsi de 2s/div à 0.1 μ s/div. Soit pour un graticule de 10 divisions, des durées de rampe allant de 20 s à 1 μ s. La variation n'est pas continue entre ces deux valeurs extrêmes, mais elle se fait par bonds respectant les coefficients 1, 2 et 5. Ainsi, dans l'exemple ci-dessus, aurions-nous une commutation de vitesse à 23 positions :

- 2, 1, 0.5, 0.2, 0.1 seconde/div.
- 50, 20, 10, 5, 2, 1 milliseconde/div.
- 500, 200, 100, 50, 20, 10, 5, 2, 1, 0.5, 0.2, 0.1 microseconde/div.

Ces 23 positions sont généralement très suffisantes en pratique (des oscilloscopes plus modestes n'en ayant qu'une bonne dizaine !). Cependant, un vernier de réglage fin est toujours prévu. Cela pour faire certaines observations particulières dont nous aurons plus tard l'occasion de reparler. Si le vernier est utilisé, l'étalonnage précis de la vitesse de balayage est évidemment perdu.

Dans le mode « balayage relaxé », le mouvement du spot sur l'écran est permanent, puisque l'oscillation n'est jamais arrêtée. Ce n'est pas le cas du balayage déclenché pour lequel le spot est souvent immobile, à gauche de l'écran, attendant le top de déclenchement. Or, cet état est très dangereux pour le phosphore de l'écran qui risque d'être irrémédiablement brûlé, au point d'immobilité. Un tel point très lumineux serait d'ailleurs particulièrement désagréable pour l'observateur.

Pour supprimer ce phénomène et en même temps supprimer la trace de retour du spot (le même problème existe pour cette trace de retour, en relaxé !), le spot n'est « allumé » que pendant l'aller du balayage. Il est éteint pendant le retour et pendant l'attente du top de déclenchement.

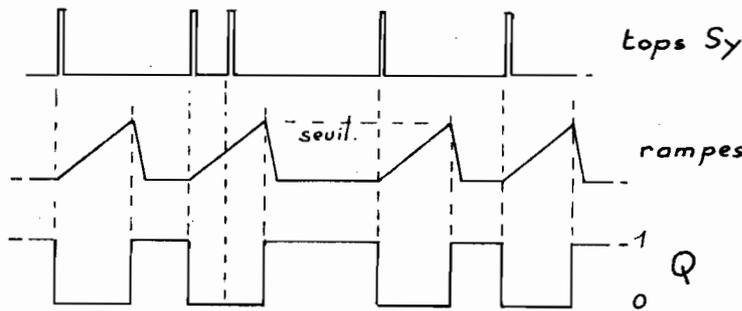


Fig. 3. - Signaux du circuit de la figure 2.

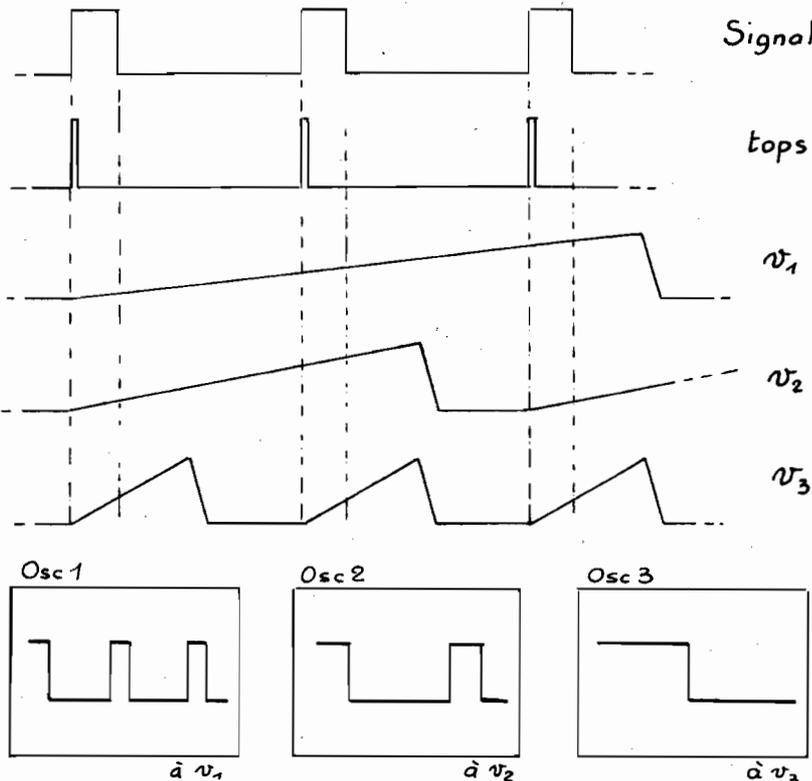


Fig. 4. - Effet de la variation de la vitesse de balayage.

La figure 5 montre comment on peut obtenir ce résultat simplement, en même temps que la commande de luminosité du tube. Rappelons que celle-ci est déterminée par la tension existant entre la cathode et la grille (ou wehnelt) du tube cathodique. Le wehnelt est négatif par rapport à la cathode. Plus la différence de potentiel est importante et plus le faisceau est réduit et la luminosité faible. Dans le cas de la figure 5, si le potentiomètre de lumière est tourné vers la masse, on a une différence de potentiel de $1\ 100 - 1\ 000 = 100\text{ V}$ entre cathode et wehnelt : le tube est bloqué (cut-off). Par contre, lorsque le potentiomètre est tourné vers le $+ 100\text{ V}$, la tension de wehnelt devient : $- 1\ 100 + 100 = - 1\ 000\text{ V}$, donc égale à la tension de cathode : le tube est au maximum de luminosité. On peut alors régler la lumière en réglant P.

Par ailleurs, le transistor T, dont nous n'avons pas encore parlé, peut

court-circuiter la tension du curseur de P et ainsi la mettre à 0 V. Dans ce cas, quel que soit le réglage du potentiomètre, le tube se bloque et passe au cut-off. Le transistor T est simplement commandé par la bascule B du montage de la figure 2. Comme on peut le voir sur les signaux représentés en figure 3, Q est à 0 uniquement pendant l'aller du balayage. T est alors bloqué et la luminosité réglable par P. Par contre, pendant le retour de rampe et pendant l'attente du top, Q est à 1, donc T conducteur et le tube est éteint.

Ce mode de fonctionnement est évidemment indispensable en mode déclenché. Il présente peut-être un petit inconvénient : lorsque l'oscilloscope ne reçoit pas de top de déclenchement, le tube est éteint ! C'est normal, mais l'observateur peut aussi se demander si son appareil n'est pas... en panne ! Pour rassurer les anxieux et aussi, bien sûr, parce que c'est utile dans certains cas, un mode

de balayage « automatique » est prévu. En somme, en absence de top de synchro, le balayage déclenché se transforme en relaxé !

Pour obtenir ce résultat, on peut faire appel à un montage, tel celui de la figure 6. Nous constatons que le générateur de rampe peut être déclenché, soit par les tops normaux, soit par des tops créés artificiellement par un générateur « de secours » démarrant avec un délai de retard. Un détecteur de tops normaux passe en action dès qu'il constate leur absence et fait démarrer le générateur de remplacement. Bien entendu, le délai de détection d'absence doit être assez long pour permettre le fonctionnement avec synchro sur des signaux lents. Ce délai est souvent de l'ordre de la demi-seconde. Si l'on veut observer des signaux plus lents que le délai ci-dessus, il n'est plus possible de choisir ce mode « auto » et il faut revenir en mode normal.

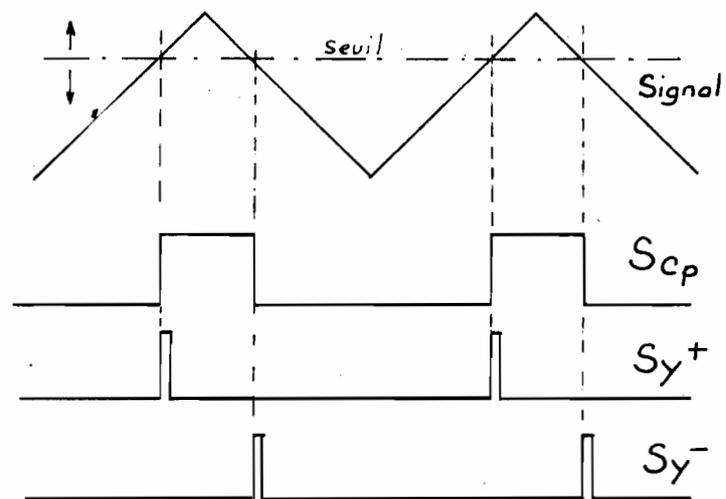
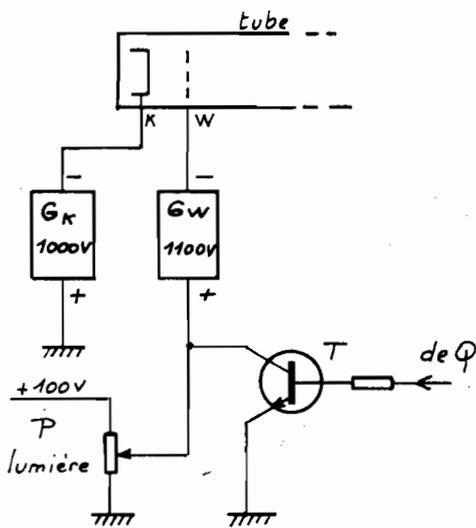


Fig. 5. - Commande de luminosité et extinction du tube cathodique.

Fig. 7. - Formation des tops de synchro.

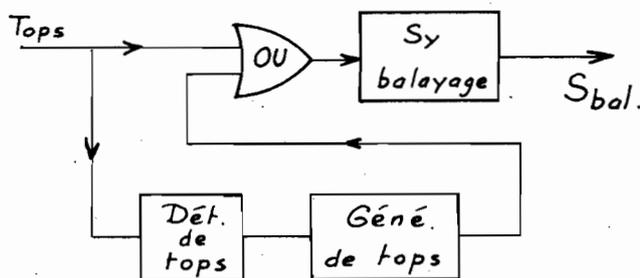


Fig. 6. - Balayage en mode « Auto ».

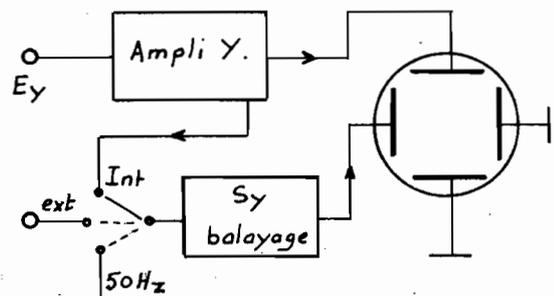


Fig. 8. - Choix de la nature du signal synchronisant.

Choix du signal déclencheur

Origine (fig. 8)

– **Interne.** C'est le signal observé lui-même qui fournit les tops de synchro. Rappelons le mécanisme de cette formation, en observant la figure 7. Le signal est appliqué à l'entrée d'un comparateur dont la tension de seuil est ajustable. A la sortie du comparateur, on obtient un signal rectangulaire dont les flancs montants et descendants sont extraits par différenciation. On a alors deux signaux, l'un correspondant au flanc montant du signal et l'autre au flanc descendant et constitué des fameux

tops servant au déclenchement. Chaque top donne le début exact de l'aller du balayage et par conséquent fixe le début de la période du signal observée. Si le seuil de comparaison change, ce point de début change aussi. Cela est évidemment très pratique et permet de choisir la partie du signal que l'on désire étudier.

– **Externe.** C'est un signal prélevé hors oscilloscope qui sert à fabriquer les tops de synchro. Cette méthode, un peu exceptionnelle, est retenue lorsque le signal observé est trop complexe pour se prêter à la génération des tops. Par exemple, si ce signal est un signal vidéo, issu d'une caméra !

– **50 Hz.** Cette position est parfois

utile pour l'observation de signaux en relation directe avec le secteur : par exemple, pour observer la tension de ronflement existant à la sortie d'une alimentation. Cette tension est souvent faible et se prête mal à la synchronisation. En mode « 50 Hz », il n'y aura plus de problème.

Nature

– **Continu.** Le signal servant à fabriquer les tops de synchro est le signal observé, y compris la tension continue de cadrage. Cette tension permettant de placer l'oscillogramme à la hauteur désirée sur l'écran. Le potentiomètre de seuil de la figure 7 permet alors de choisir à quel niveau vertical de l'écran se fera le déclenchement. Le point de déclenchement est ainsi fixé par rapport au graticule, indépendamment du signal. Bien sûr si le signal existe à ce niveau, il y aura déclenchement effectif, par contre, s'il ne s'y trouve pas, le balayage ne se produira pas. Les photos A et B montrent bien le phénomène.

– **Alternatif.** Le signal retenu est ici le signal observé débarrassé de la composante continue de cadrage. Le réglage de seuil se fait alors par réfé-

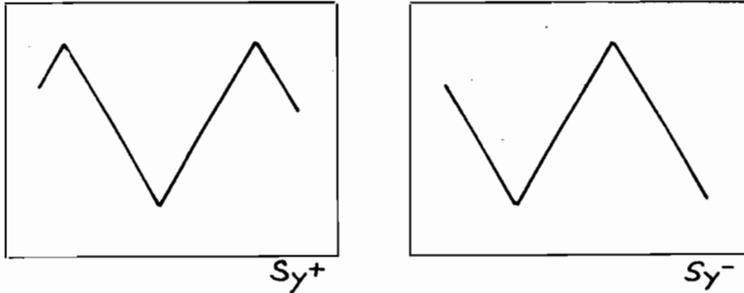


Fig. 9. – Oscillogrammes obtenus en Sy^+ et Sy^- du signal triangulaire de la figure 8.

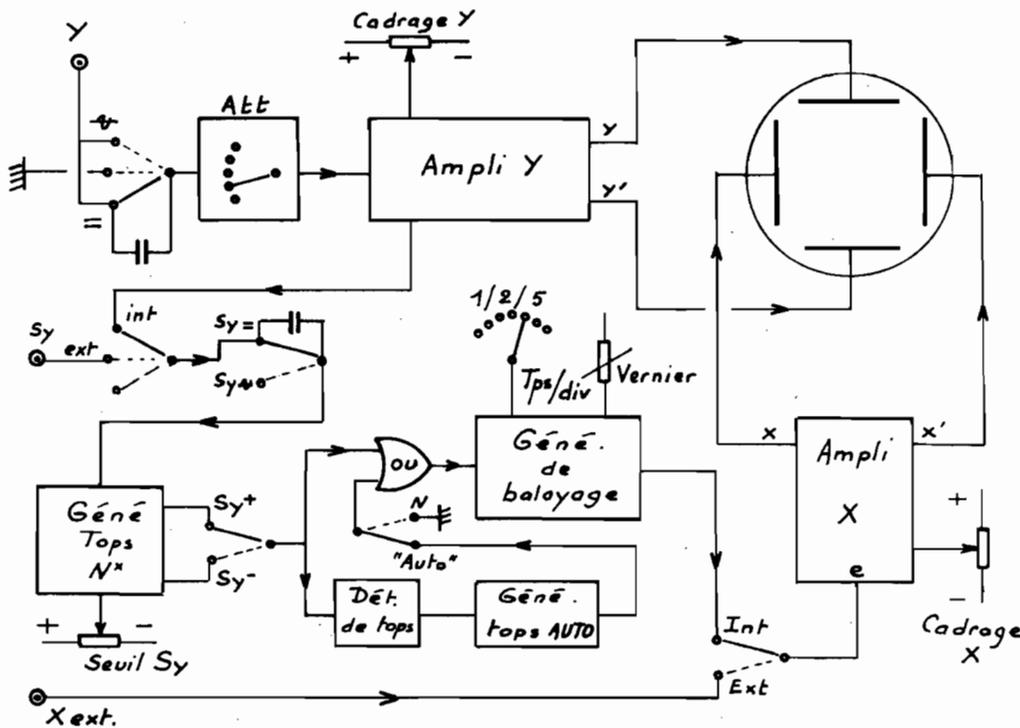
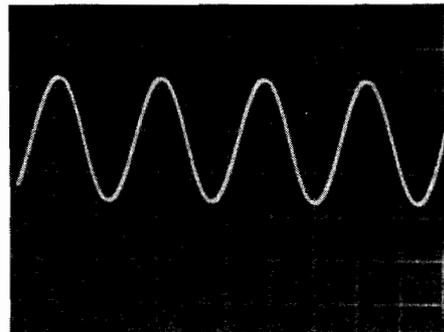
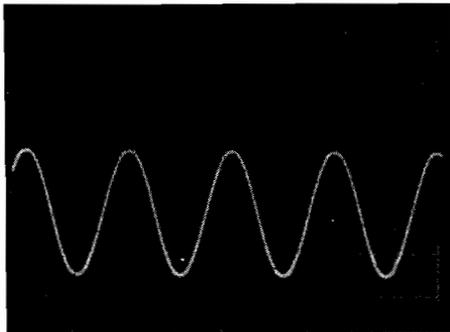
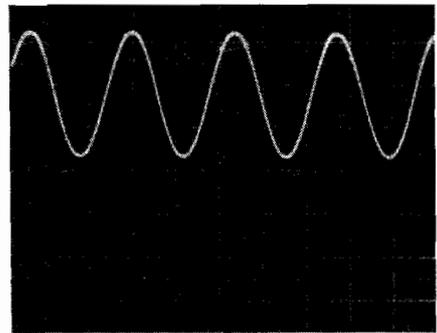
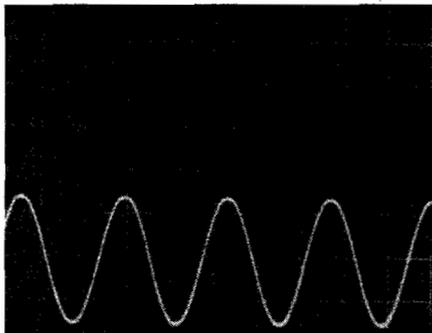


Fig. 10. – Structure d'un oscilloscope regroupant les différentes fonctions étudiées.



Photos A et B. – Synchro en mode continu. Remarquer que le niveau du déclenchement est fixe par rapport à l'écran. Il ne suit pas le cadrage.



Photos C et D. – Synchro en mode alternatif. Le point de déclenchement suit le signal, même en jouant sur le cadrage.

rence au signal seul et le point de départ de l'oscillogramme observé ne dépend pas du réglage de cadrage. Voir photos C et D.

Polarité (fig. 9)

Nous avons vu, lors de l'examen de la figure 7, que le générateur de tops de synchro fournissait deux types d'impulsions notées Sy^+ et Sy^- . Un commutateur permet le choix entre ces deux signaux.

- Lorsque Sy^+ est choisi, le déclenchement se fait sur le flanc montant du signal visualisé.

- Lorsque c'est Sy^- qui est retenu, ce déclenchement se fait sur le flanc descendant.

Dans le premier cas la synchronisation est dite « positive », dans le second elle est dite « négative ». Cette possibilité est très utile pour choisir la partie visible du signal en début de trace. Dans le cas de l'observation d'une impulsion, c'est très important :

si vous choisissez la Sy^+ , en observant une impulsion négative, vous allez déclencher sur le front montant, donc sur le front arrière. C'est lui qui va se placer en début de trace. Résultat pratique : vous ne verrez rien ! L'impulsion se produisant avant le déclenchement ! Dans ce cas, il fallait évidemment choisir Sy^- !

Balayage extérieur

Le balayage généré intérieurement par l'oscilloscope est toujours linéaire. C'est une rampe à pente constante, donnant un déplacement du spot proportionnel au temps. C'est d'ailleurs presque toujours ce qui est demandé par l'observateur qui désire connaître les variations d'un signal en fonction du temps : $Y = f(t)$.

Pourtant, il existe d'autres cas où le déplacement horizontal du spot doit

suivre une autre loi. C'est par exemple le cas des fameuses figures de Lissajous, dont nous reparlerons plus tard. C'est aussi le cas lorsque l'oscilloscope est associé à un wobulateur. Dans cet appareil, pour des raisons de simplicité, la wobulation, c'est-à-dire le glissement de la fréquence est souvent provoquée par un signal sinusoïdal à 50 Hz. Dans ces conditions, il faut que le balayage soit également sinusoïdal, pour retrouver une représentation linéaire.

Pour toutes ces applications, un peu spéciales, le balayage interne ne convient plus. C'est pourquoi tous les oscilloscopes comportent toujours une entrée de balayage par signal externe. Un simple commutateur suffit d'ailleurs, comme le montre la figure 10, sur laquelle nous avons regroupé les différentes possibilités présentées dans les lignes précédentes.

F. THOBOIS