

Pratique de la Mesure

L'OSCILLOSCOPE

Nous avons discuté, dans les derniers articles, de la manière d'obtenir la représentation graphique des signaux observés sur l'écran de l'oscilloscope. Nous avons vu qu'il fallait provoquer un « balayage horizontal linéaire de l'écran » à vitesse réglable, selon la propre vitesse du signal observé. Ce balayage linéaire pouvant soit se produire spontanément – et alors il faut le synchroniser sur le signal –, soit être déclenché par le signal lui-même. La seconde solution étant de loin la meilleure, c'est elle qui est retenue sur tous les oscilloscopes de fabrication récente.

Avant de passer aux chapitres concernant l'utilisation proprement dite de l'oscilloscope, nous allons encore étudier quelques perfectionnements de cet appareil qui en augmentent beaucoup l'efficacité et le confort !

La double base de temps

Lors de la visualisation d'un signal, il peut être utile d'observer de plus près un détail apparaissant en un point quelconque de la courbe. Il peut, par exemple, exister un petit accident sur un des flancs du signal rectangulaire de la figure 1.

Notons que cet accident se situe sur le front montant du créneau. Il sera donc préférable d'adopter un déclenchement négatif, plaçant le front descendant en début de balayage. Le choix de la vitesse d'observation nous permet alors de visualiser une « tranche de temps » plus ou moins longue du signal.

Ainsi, avec t_1 , nous verrons... n périodes. Avec t_2 , nous verrons deux périodes (donc deux fois l'accident), avec t_3 , une seule période et une fois l'accident. Enfin, avec t_4 , une demi-période et une fois aussi le détail en question. C'est bien entendu avec t_4 que le « grossissement » sera le plus fort ! Pourtant l'accident, tout « grossi » qu'il est, n'en reste que peu visible, occupant une partie insignifiante de l'écran.

Pour pallier cette difficulté, on peut faire appel à deux techniques :

METHODE DE L'EXPANSION HORIZONTALE

Pour bien voir le détail de la deuxième impulsion de l'oscillogramme A, il suffit de le regarder « à la loupe », c'est-à-dire d'en donner

une image dilatée agrandie. Pour obtenir ce résultat à l'écran, c'est très simple : imaginons un instant que, en mode normal, la dent de scie de balayage ait une amplitude de 50 Vcc, donnant une longueur de 10 cm. Multiplions par 10 la tension de balayage, la portant à 500 Vcc. Dans ces conditions, sur l'écran, la balayage aura une longueur de 10×10 cm, soit 100 cm ! Pratiquement, bien sûr, ce n'est pas possible, le tube ne faisant toujours que 10 cm : le balayage va donc déborder du tube, 45 cm à gauche perdus, 45 cm à droite de même, et il reste les 10 cm du centre qui vont effectivement balayer le tube. On ne verra donc à l'écran que la partie centrale de l'ancien balayage, soit 10 cm sur 100 ou 1/10. Les détails se trouvant précisément dans cette

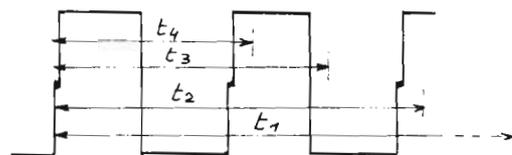


Fig. 1. – Examen d'un détail en simple balayage.

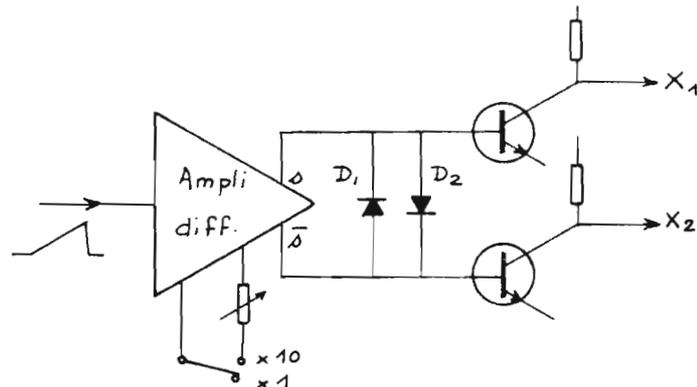


Fig. 2. – Circuit d'expansion de balayage.

partie centrale seront aussi dilatés 10 fois dans le sens horizontal et ainsi bien visibles.

Pour obtenir ce résultat, de nombreux oscilloscopes disposent d'une commande « d'expansion horizontale » de facteur 10, car c'est plus pratique !

Ainsi, en actionnant cette commande, l'impulsion centrale de l'oscillogramme A apparaît-elle suivant l'oscillogramme B. Gros avantage : elle est bien centrée dans l'écran et on voit parfaitement tant le flanc montant que le descendant.

Sur le plan de la réalisation de l'oscilloscope, la complication est relativement minime, comme le montre la figure 2. Il suffit, en effet, de prévoir une commutation de gain d'un étage de l'amplificateur horizontal. Dans la figure, il s'agit de l'étage différentiel attaquant la paire de transistors de

« puissance » de la déviation. Le gain est multiplié par 10 et les tensions d'attaque du final sont 10 fois plus élevées. Toutefois, afin d'éviter d'appliquer des tensions excessives sur les bases, en risquant le claquage, des diodes D_1 et D_2 font un écrêtage sévère. Le balayage ne fait donc pas 1 m mais reste à amplitude relativement constante, comme le montre la figure 3.

Inconvénients de la méthode

Si la calibration du balayage en « normal » est facile et précise, généralement elle est beaucoup moins bonne en mode « expansé ». Il est donc plus difficile d'y faire des mesures exactes.

De par le principe même de l'expansion, c'est la partie centrale de la trace qui est visible. Pour observer ainsi un détail, il est donc nécessaire de l'amener d'abord au centre de

l'écran, ce qui n'est pas toujours facile, puis d'actionner l'expansion. Les détails en dehors de la partie centrale ne sont jamais visibles.

C'est bien pourquoi les fabricants d'oscilloscopes ont mis au point une seconde technique, plus efficace que la première, mais beaucoup plus coûteuse et beaucoup plus complexe.

METHODE DU DOUBLE BALAYAGE

L'oscilloscope possède cette fois deux bases de temps générant des rampes. Ces deux bases de temps sont identiques. Par exemple, si l'une a 23 positions, l'autre aussi ! Elles sont par ailleurs absolument indépendantes.

Le signal servant au balayage effectif de l'oscilloscope sera issu de l'une ou de l'autre, ou des deux en même temps.

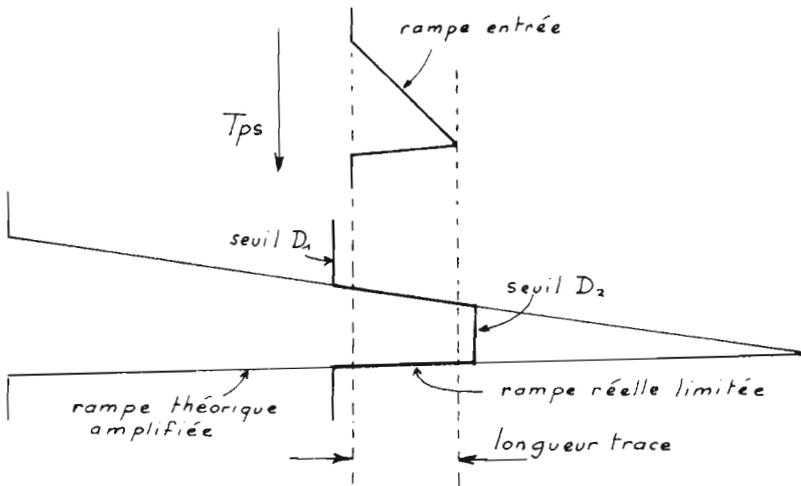


Fig. 3. — Signaux en expansion X 10.

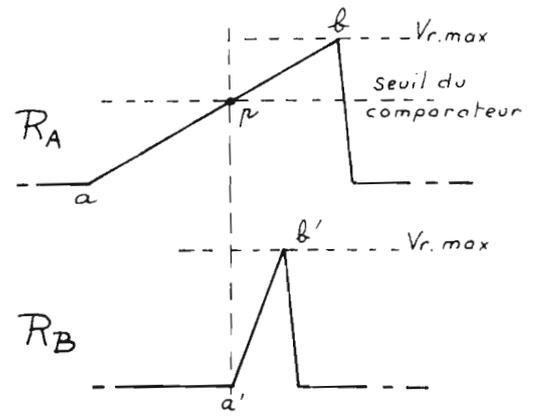
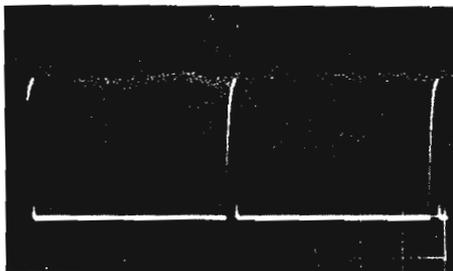


Fig. 4. — Les rampes A et B du double balayage.



Oscillogramme A. — Observation d'impulsions positives fines. L'impulsion centrale va subir une expansion dans la vue suivante.



Oscillogramme B. — La commande d'expansion X 10 permet de dilater 10 fois l'impulsion centrale précédente. L'impulsion étant centrée, on distingue parfaitement les flancs montant et descendant.



Oscillogramme C. — Un train de six impulsions observé en mode normal.

La première de ces bases de temps, que nous nommerons A, est parfaitement conforme aux descriptions précédentes et possède les mêmes possibilités de fonctionnement : Sy^+ , Sy^- , Auto, $Sy^{continu}$, Sy^{altern} ...

La seconde base de temps, que nous nommerons B, est auxiliaire. Elle est déclenchée par un comparateur sensible au niveau de la rampe A. La base de temps B va donc démarrer au moment où la rampe issue de A atteint le niveau p variable de a à b (voir fig. 4.)

La rampe B a la même amplitude que celle de A, mais a une durée variable indépendante de celle de A.

Que fera-t-on de la rampe B ? Eh bien, plusieurs choses, selon le choix de l'utilisateur.

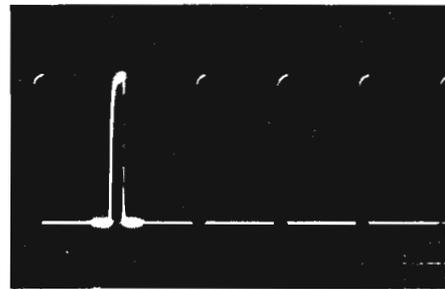
A avec surbrillance par B

Rappelons que le tube est allumé par un signal rectangulaire issu de la bascule de base de temps (voir numéro précédent). Ce créneau a la même durée que l'aller du balayage. (donc de a à b). Bien sûr, la section B possède aussi sa propre bascule. Dans le mode « A intensifié par B », le créneau venant de B est ajouté à celui de A, de manière à augmenter la luminosité pendant la durée de l'aller a'b' (voir fig. 5).

Ainsi B va-t-il provoquer une surbrillance de la trace normale A, celle-ci commençant au point p et durant

la rampe B (théoriquement de 20 s à $1 \mu s$ pour une base de temps à 23 positions). La surbrillance démarre donc après le début de la trace A, avec un retard ou délai ajustable très finement (généralement par un potentiomètre multitours).

Si le balayage B ne servait qu'à intensifier la luminosité de la trace A, son utilité serait bien mince ! En fait, cette première possibilité sert à « repérer » une partie intéressante de la courbe que l'on désire observer de plus près. Par exemple, dans l'oscillogramme D, nous mettons ainsi en évidence, une impulsion que nous désirons examiner plus en détail. Les deux réglages : position du point p et durée t permettant « d'encadrer »



Oscillogramme D. - Utilisation de la surbrillance par la base de temps B. On constate que B est 10 fois plus rapide que A (1 division pour les 10 du balayage total). Le départ de la surbrillance est ajusté par le point p.

exactement la partie jugée intéressante. A ce moment, on passe à la deuxième possibilité.

B retardé par A

Sur l'écran, le balayage A est remplacé par B, toujours déclenché par A, dans les conditions exactes du mode précédent. Par conséquent, l'observateur va voir sur l'écran la partie du signal correspondant à la surbrillance du mode précédent. La trace va donc débiter au point p et durer le temps t, l'oscillogramme ayant exactement la longueur de celui donné par A.

Avantages de la méthode

La base de temps B est parfaitement calibrée, comme A, donc toutes les mesures de temps ont exactement la même précision.

Cette fois, l'observateur peut amener le point p exactement où il le veut (de a à b). Il n'est plus limité à la partie centrale seule. L'avantage est très important et la souplesse d'emploi appréciable !

La partie a'b' étant maintenant « étalée » sur la longueur totale de l'écran, soit sur ab, le grossissement est égal à $ab/a'b'$ ou ab/t . (ab étant la durée de la rampe A et t; celle de B).

Mais comme t peut varier à volonté, l'observateur est parfaitement maître du « grossissement » à choisir.

Ainsi, par exemple, si $ab = 1 ms$

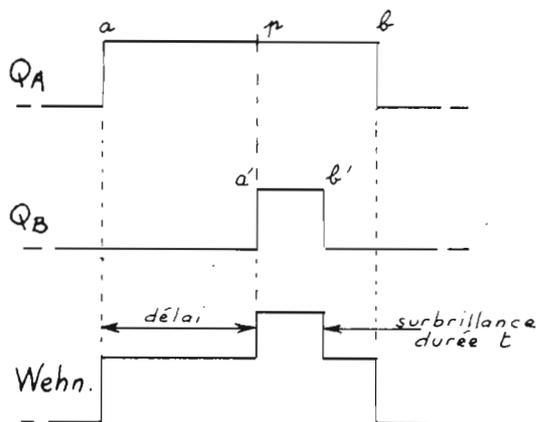


Fig. 5. - Signaux de surbrillance.

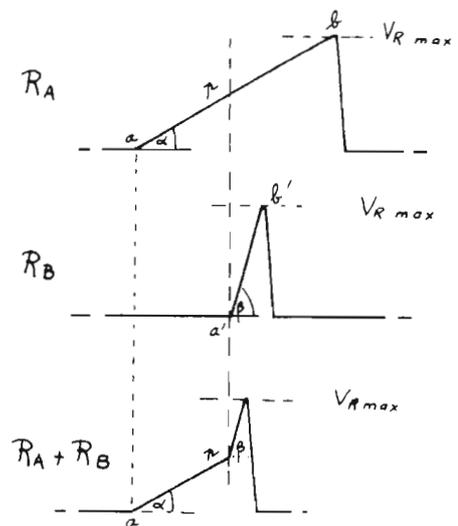
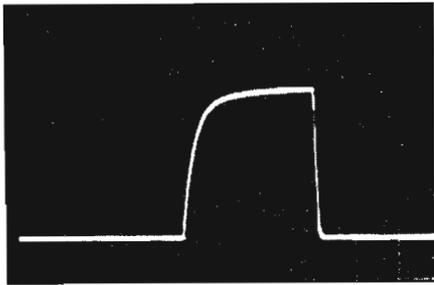
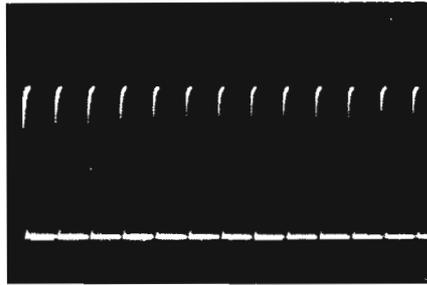


Fig. 8. - Mélange des rampes A et B.

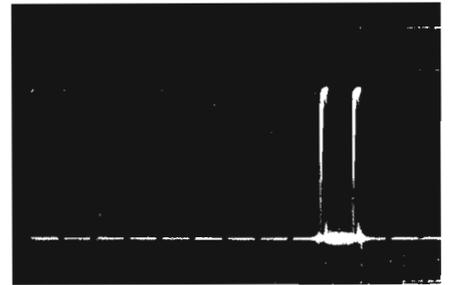
INITIATION



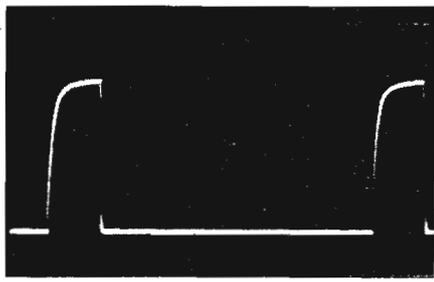
Oscillogramme E. — Mode B retardé par A. Réglages identiques à ceux du cliché précédent. On voit donc « grossie 10 fois » l'impulsion en surbrillance de l'oscillogramme D.



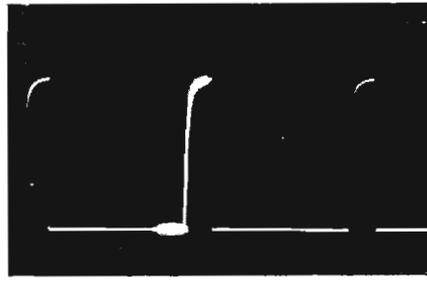
Oscillogramme F. — Mêmes impulsions qu'en oscillogramme D, mais à une fréquence un peu plus rapide. Balayage normal par A.



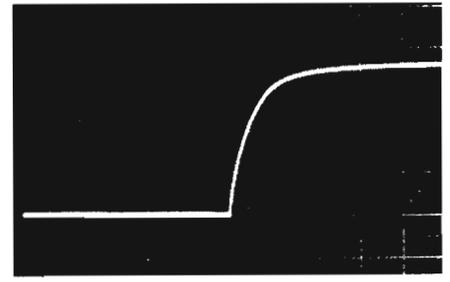
Oscillogramme G. — Surbrillance par B, amenée sur deux impulsions que l'on désire observer en détail.



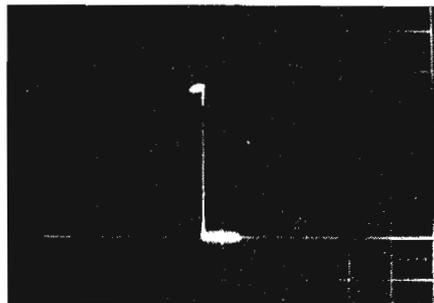
Oscillogramme H. — Mode B retardé par A, donnant un gros plan des impulsions précédentes.



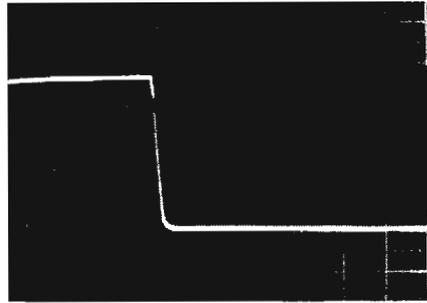
Oscillogramme I. — La surbrillance est amenée sur le flanc montant de l'une des impulsions.



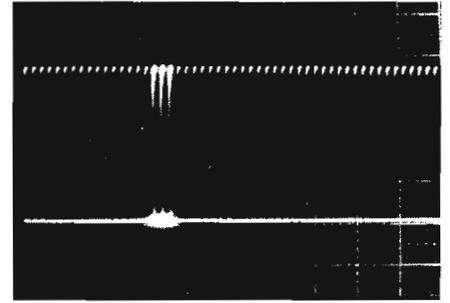
Oscillogramme J. — Mode B retardé par A, avec gros plan sur le flanc montant.



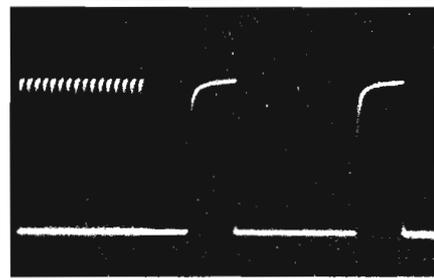
Oscillogramme K. — Surbrillance amenée cette fois sur le flanc descendant.



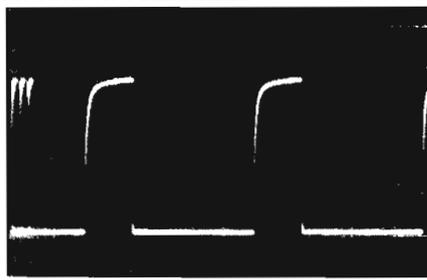
Oscillogramme L. — Le flanc arrière dans tous ses détails, en mode B retardé par A.



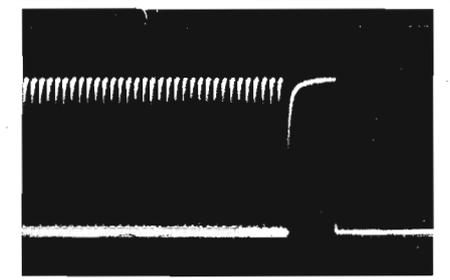
Oscillogramme M. — Mêmes impulsions à fréquence encore plus élevée et en balayage normal, avec surbrillance des 17^e, 18^e et 19^e impulsions.



Oscillogramme O. — Mode « A et B mélangés ». La première partie du balayage est identique à celle du cliché M précédent. On y voit donc les 16 premières impulsions. La seconde partie du balayage est faite par B, à une vitesse plus grande. On voit ainsi en gros plan les 17^e et 18^e impulsions.



Oscillogramme P. — Même observation que ci-dessus, mais avec modification du point p. Cela permet de voir la 4^e et la 5^e impulsions.



Oscillogramme Q. — Mêmes conditions avec gros plan sur la 34^e impulsion.

et $t = 100 \mu\text{s}$, on a :

$$G = 10 \cdot 10^{-3} / 100 \cdot 10^{-6} = 10.$$

Si $ab = 1 \text{ ms}$ et $t = 10 \mu\text{s}$, alors

$$G = 1 \cdot 10^{-3} / 10 \cdot 10^{-6} = 100.$$

En faisant $t = 1 \mu\text{s}$ on aurait...

$$G = 1000 !$$

Oui, mais !

L'oscillogramme initial avait une certaine luminosité, dépendant du réglage de « lumière », bien sûr, mais aussi de la durée relative du balayage dans le temps. N'oublions pas que le spot est tantôt allumé, tantôt éteint, et que la luminosité résultante est fonction étroite de cette alternative.

Ainsi un balayage de 1 ms se répétant toutes les 5 ms est beaucoup plus lumineux que le même balayage de 1 ms se répétant toutes les 100 ms ! (probablement à peu près 20 fois plus !).

C'est bien ce qui se passe avec le balayage retardé, car les allers de B se répètent à la même cadence que ceux de A (puisque c'est A qui provoque le déclenchement de B), mais ils durent autant de fois moins que le « grossissement » choisi est fort. Soit 10 fois ou 100 fois ou... 1 000 fois ! Les luminosités qui en résultent décroissent d'autant ! Dans ces conditions, on devine que la dernière éventualité est inexploitable, car l'image existante serait invisible, même à fond de la commande de lumière.

Un autre problème apparaît d'ailleurs : c'est le jitter !

C'est le point p qui provoque le déclenchement de la base de temps B, mais il est certain qu'une certaine imprécision préside à la détermination exacte de ce point : la rampe A ne se reproduit jamais exactement identique à elle-même. Le comparateur a, lui aussi, ses imperfections de basculement ! Ce point p n'est donc pas en béton ! Il bouge très légèrement, sa position est entachée de « bruit », il est affligé de « jitter », comme disent les Anglo-Saxons !

Tant que le « grossissement » est raisonnable, ce jitter passe inaperçu, mais si on demande trop, l'oscillogramme donné par B devient quelque peu tremblotant et finalement d'observation incertaine et désagréable. Bien sûr, à ce niveau, la qualité de l'oscilloscope intervient beaucoup !

Quoi qu'il en soit, malgré les limites pratiques évoquées ci-dessus, le

double balayage est un progrès considérable dans l'observation, permettant un examen minutieux de n'importe quel détail d'une courbe.

A et B mélangés

La longueur de l'écran est balayée d'abord par A, de a à p, puis la fin du balayage est assurée par B. Chaque balayage ayant sa vitesse propre, mais B devant être au moins aussi rapide que A (voir fig. 6). Le balayage commence donc avec la rampe A. Quand le point p est atteint, le balayage est assuré par B, prenant le relais, exactement là où A a été remplacé. C'est alors la rampe B qui termine le balayage, l'amplitude finale étant constante et égale à celle que A aurait donnée seule.

Ainsi sur l'oscillogramme O, la partie gauche est explorée à 10 ms/div, tandis que la partie droite l'est à 2 $\mu\text{s}/\text{div}$. La manœuvre du potentiomètre de retard (point p) donne l'impression d'un « déroulement » du signal. Les impulsions tassées à gauche sont détassées à droite et observables à grande échelle UNE à UNE. C'est très efficace et spectaculaire !

Si toutes les impulsions sont identiques, l'intérêt peut être faible. Il n'en est pas de même, lorsque l'on observe un signal vidéo, par exemple ! On peut alors visualiser, par A seule, une trame entière, puis avec A et B mélangées, observer cette trame ligne après ligne, jusqu'à la ligne n° XXX, si le cœur vous en dit et si vous avez la patience de compter !

Bien entendu, nous aurons l'occasion de revenir plus tard aux possibilités de la double base de temps, lors des chapitres « Utilisation ». Nous donnons cependant déjà, ce mois, un certain nombre de photos commentées, montrant les grandes possibilités de cette technique. Dommage que ce perfectionnement n'existe que sur les appareils d'un certain prix. Cependant, si vous êtes sur le point de choisir un oscilloscope, réfléchissez bien ! Il s'agit d'un appareil que vous conserverez sans doute des années. Il vaut donc mieux consentir un effort supplémentaire pour des mois et des mois de plaisir et de satisfaction ! Les articles prochains vous permettront d'ailleurs, nous l'espérons, d'y voir

encore plus clair, et ce sera une de leur raison d'être, s'il fallait leur trouver justification !

Sur un autre plan, ayant déjà décrit dans les colonnes du « Haut-Parleur », au moins un bon oscilloscope, le TFOX1, de performances modestes tout de même, nous nous sommes souvent demandé s'il intéresserait les lecteurs de trouver la description d'un modèle beaucoup plus performant : large bande passante, double trace, double balayage, etc. Certes, il n'est pas du tout évident que l'opération soit rentable, financièrement parlant, mais simplement passionnante dans son étude et sa concrétisation ! Le plaisir de « l'avoir fait soi-même » est inappréciable, sans parler de la facilité ultérieure du dépannage d'un engin que l'on connaît par cœur... et pour cause !

Nous serions heureux d'avoir l'avis des lecteurs intéressés par ce projet ! Il s'agit d'une étude assez longue et difficile. La mener à bien pour deux ou trois lecteurs est stupide ! Il n'en serait pas de même si ce nombre était de plusieurs dizaines ! Il en sera donc comme vous le désirez !

F. THOBOIS