

(VIII) PRATIQUE DE LA MESURE

L'OSCILLOSCOPE

Les articles des mois derniers ont été consacrés à l'étude technologique de l'oscilloscope, tant il est vrai que l'on ne peut vraiment maîtriser l'utilisation d'un appareil qu'en connaissant bien son fonctionnement. Nous avons essayé d'être le plus complet possible, mais il est évident que chaque oscilloscope possédant des caractéristiques particulières et ses commandes propres, il se peut que tel ou tel détail ait échappé à notre étude !

Le sujet n'est d'ailleurs pas épuisé et il est toujours possible de revenir sur une question si des

lecteurs manifestaient le désir de renseignements complémentaires !

Quelques correspondants nous ont demandé de les conseiller, dans l'éventualité de l'achat d'un oscilloscope ! Il s'agit d'un sujet trop délicat pour que nous nous hasardions à des conseils directs. Tout ce que nous pouvons faire est de donner des directives générales, la décision finale étant du ressort de chacun !

Dans le choix d'un oscilloscope, voici les points qui nous semblent importants et qui peuvent intervenir dans cette décision !

Dimensions de l'écran

Elles conditionnent le confort d'utilisation. Plus l'écran est grand et mieux cela vaut ! Hélas, le prix de l'oscilloscope est étroitement lié à ces dimensions. Les appareils de bas de gamme ont toujours un petit écran, de l'ordre de 7 cm de diagonale, donnant une image de 55 x 45 mm environ ! C'est peu, et les oscillogrammes sont souvent difficiles à lire ! Les appareils de classe moyenne ont un écran mesurant une dizaine de centimètres en diagonale. Les meilleurs oscilloscopes présentent un écran plus grand encore ! On trouve dans cette catégorie beaucoup d'écrans de 14 cm de diagonale, donnant une surface utile de cet écran de 100 x 80 mm.

Les tubes récents ne sont plus ronds comme leurs ancêtres, mais rectangulaires, ce qui permet d'aboutir à des appareils bien plus compacts, aucune place n'étant perdue autour du tube ! (Le même progrès s'est fait en TV !). Cet écran est, de plus, plat, alors qu'auparavant il était bombé. Généralement, l'écran est muni d'un graticule interne, ce qui élimine complètement les erreurs de parallaxe, à l'observation. Ce graticule est éventuellement éclairé pour être apparent sur les photographies.

Il faut savoir qu'un bon tube d'oscilloscope est cher ! De l'ordre de 2 000 à 3 000 F, acheté à l'unité ! Et, à ce sujet, nous aimerions ouvrir une parenthèse concernant le projet de réalisation d'oscilloscope haut de gamme que nous avons envisagé pour les lecteurs du *Haut-Parleur* ! Remercions tout d'abord ceux qui ont eu le courage et la gentillesse de nous encourager dans cette voie. Ils ne sont pas légion, mais tout de même plus nombreux que nous ne l'aurions supposé au départ. La chose pourrait donc se faire ! Mais alors, il faut bien dire que le choix du tube cathodique à utiliser est primordial !

— Ou bien on choisit un tube récent, performant... et très cher ! Mais alors il n'y a aucun problème particulier d'approvisionnement !

— Ou bien on joue l'opportunité, en retenant un tube plus ou moins adéquat provenant de lots de surplus. Dans ce cas, le prix dégringole et peut être inférieur à 1 000 F, mais le stock est toujours limité. Les amateurs à la décision lente arrivent en général trop tard !

Puisque vous, lecteurs, êtes directement intéressés par cette question, nous aimerions avoir votre avis ! N'hésitez pas à prendre la plume, il suffit de griffonner quelques mots sur un papier ! Nous vous en remercions à l'avance !

Donc, un bon oscilloscope a un grand écran !

Luminosité

Si la luminosité du tube est toujours satisfaisante aux basses vitesses de balayage, il n'en est souvent plus de même aux grandes vitesses, et surtout lorsque l'on observe des signaux rapides à fréquence de répétition basse. Le test est d'ailleurs facile à faire :

— Observer tout d'abord un signal quelconque de fréquence comprise entre 50 et 100 Hz (période entre 20 et 10 ms), en balayage déclenché, vitesse 2 à 5 ms/div. Régler la luminosité à bonne valeur, ce qui ne pose aucun problème dans ce cas.

— Augmenter alors la vitesse de balayage, ce qui montre sur l'écran une partie de plus en plus réduite de la période, le déclenchement se faisant toujours à la fréquence du signal observé. Vous allez constater que la trace devient de moins en moins lumineuse ! C'est normal ! En effet, à 2 μ s/div., par exemple, la « fenêtre » d'observation est mille fois plus étroite qu'à 2 ms/div. !

Un bon oscilloscope permet cependant d'y voir encore, plus ou moins, en fonction de sa qualité, précisément ! Un appareil de moins bonne qualité finit par ne plus rien montrer du tout ! La caractéristique ainsi mise en évidence dépend encore du tube cathodique ! Pour garder une certaine luminosité

dans ces conditions, il faut faire appel à un tube à post-accélération, alimenté par une THT élevée, de l'ordre de 10 à 20 000 V ! (20 kV). Il est facile de comprendre qu'un tube bas de gamme alimenté tout juste en 2 kV, ne puisse donner le même résultat !

Mais si le tube cathodique est la pièce maîtresse d'un oscilloscope, il ne se suffit quand même pas à lui-même ! Il faut donc considérer aussi « l'électronique d'accompagnement ». Nous avons vu que la formation de l'oscillogramme dépendait des déviations X et Y. Elles sont toutes deux importantes !

Déviations verticales (ou Y)

C'est celle qui est affectée au signal observé. Plusieurs points sont importants.

- La bande passante

Une bande passante de 1 MHz suffisait il y a vingt ans ; de nos jours, c'est bien insuffisant ! A notre avis, la bande passante idéale pour un oscilloscope d'amateur (même très éclairé !) est de l'ordre de 25 MHz ! Cela suffit dans la majorité des cas ! De toute façon, au-delà se posent de difficiles problèmes de prélèvements des signaux, et il n'est pas du tout certain que ce qui est observé à l'écran corresponde bien à la réalité (revoir à ce sujet les photos du mois dernier, montrant la grave perturbation de la forme du signal, simplement parce que le câble de liaison n'était pas correct !). Si des bandes passantes de 50 MHz, voire de 100 MHz ou plus, sont tentantes, elles sont le plus souvent inutiles pour les amateurs que nous sommes ! A noter que le tube cathodique intervient encore fortement dans cette affaire de bande passante ! Un tube haute performance possède des plaques de déviation à accès direct. Les connexions se font sur les parois même du tube, alors que dans les tubes bas de gamme, toutes les connexions sont ramenées au culot, donnant des longueurs de liaison incompatibles avec les hautes fréquences à véhiculer ! Il y a alors trop d'inductance et de capacité parasite pour monter au-dessus d'une vingtaine de mégahertz !

- Transmission de la composante continue

Il est primordial que l'oscilloscope passe la composante continue du signal observé. Cette caractéristique, très rare il y a quelque vingt ans, est heureusement courante aujourd'hui, même sur les oscilloscopes économiques ! Nous n'en parlons donc que

pour mémoire. Voir tout de même si l'entrée comporte le classique commutateur « continu-masse-alternatif ». La position masse est bien utile et parfois absente !

- Double trace

C'est capital ! Il ne faut acheter un oscilloscope simple trace que si vraiment on a des moyens financiers très faibles. Dans ce cas d'ailleurs, il faudra acquérir plus tard « l'extension » permettant de passer à la double trace ! C'est ce que nous avons fait lors de la description dans ces colonnes du TFOX1, accompagné d'un commutateur de trace très simple mais efficace ! Mais le mieux, évidemment, c'est d'avoir ces deux traces tout de suite, dans le montage initial ! Les performances sont toujours bien meilleures.

Bien sûr, il y a mieux ! Des oscilloscopes proposent quatre, voire même huit traces ; mais, une fois encore, nous sortons du domaine de l'amateurisme qui nous est cher ! A noter cependant que les amateurs d'informatique sont très handicapés sur ce plan, même avec un oscilloscope à double trace. En effet, ce sont généralement huit lignes qu'il faut observer simultanément pour pouvoir tirer conclusion ! Mais alors, on s'achemine très vite vers « l'analyseur logique », appareil peu courant sur les établis des non-professionnels !

- Sensibilité

Une bonne sensibilité, sans plus, nous semble nécessaire : 5 à 10 mV/div. nous paraissent suffisants ! Là encore, on voudrait toujours mieux : observer un signal de quelques microvolts, par exemple ! Oui, mais... alors le prélèvement devient très difficile ! Les inductions parasites sont importantes. Il faut de grandes précautions pour tirer parti d'une sensibilité trop forte ! Les signaux très faibles étant souvent délivrés par des montages vulnérables, le prélèvement est souvent perturbateur. Finalement, cette grande sensibilité est quasi inutilisable, et il vaut mieux s'en tenir aux valeurs citées plus haut, dans ce paragraphe.

Déviations horizontales

Cette partie de l'oscilloscope est essentielle et conditionne le confort de l'utilisation.

- Le déclenchement

Si les oscilloscopes très bon marché sont peut-être encore relaxés, heureusement la quasi-totalité des modèles

proposés disposent du déclenchement que nous avons étudié en détail dans les articles précédents.

Nous rappelons que ce mode de fonctionnement assure une stabilité parfaite de l'image, quelle que soit la fréquence du signal observé ! Il est donc essentiel d'acheter un appareil disposant d'un tel perfectionnement !

- Gammes de vitesse

Les vitesses inférieures à 50 ms/div. sont quasi inutiles, car la rémanence du tube classique est trop faible. Le cliquettement qui s'en suit rend l'observation très pénible, sinon impossible. Reste la possibilité, dans ce cas, de photographier les oscillogrammes lents, mais cette méthode nécessite un appareil photo à développement instantané. De tels appareils existent dans les accessoires des fabricants d'oscilloscopes. Ils se fixent directement sur la visière de l'oscilloscope ! Bien sûr, ce n'est pas donné ! Amateurs, s'abstenir !

Les vitesses rapides sont utiles dans la mesure où la luminosité reste bonne ! De toute façon, la vitesse la plus rapide doit être compatible de la bande passante de la voie verticale. Ainsi, pour une bande passante de 25 MHz, une vitesse maximum de 0.1 μ s/div. semble convenable, inscrivant 2,5 périodes par division, pour une onde 25 MHz, ce qui reste parfaitement exploitable !

- Double base de temps

C'est réellement le grand confort, et sans doute plus important qu'une très large bande passante. Malheureusement, il semble que seuls les oscilloscopes très performants en voie Y bénéficient en même temps de cette possibilité. C'est dommage ! En tout cas, si vos moyens financiers vous autorisent ce luxe, n'hésitez pas un seul instant ! A défaut, il faudra vous satisfaire de la loupe électronique du pauvre, consistant en une simple expansion du balayage horizontal. Cela est d'ailleurs présent sur de nombreux appareils.

Ces quelques remarques peuvent vous servir de guide lors de l'acquisition d'un oscilloscope. En conclusion d'ailleurs, c'est très simple : *le meilleur est souvent.. le plus cher !*

Mode simple trace

I. Mise en service

1. Mettre l'oscilloscope sous tension, luminosité à mi-course.
2. Connecter la sonde soit sur la voie 1, soit sur la voie 2.
3. Mettre le commutateur de choix des voies sur la voie choisie au §2.

4. Mettre le commutateur du choix du signal synchronisant sur la même voie.

5. Mettre la base de temps en mode « auto ».

6. Choisir une vitesse de balayage de 2 ms/div.

7. Vérifier que la voie X est bien en « balayage interne ».

8. Vérifier que le déclenchement est bien en « interne » aussi !

Le temps de faire toutes ces vérifications, la trace est normalement apparue sur l'écran de l'oscilloscope. Sinon, pousser un peu la luminosité. Agir sur les commandes de cadrage jusqu'à ramener cette trace dans les limites de l'écran. Certains oscilloscopes comportent une commande de recherche de trace : « beam finder » ou « trace locate », facilitant la récupération d'un spot perdu, hors écran.

N.B. — Seul le mode « auto » permet l'apparition de la trace, en l'absence de signal observé.

9. Placer l'entrée Y utilisée en position « masse ».

Régler alors la luminosité à une valeur correcte.

Retoucher le « focus » (ou netteté) pour que cette trace soit aussi fine que possible.

10. Amener la trace sur l'axe horizontal médian par le « cadrage Y ».

Si l'on constate un défaut de parallélisme entre la trace et cette ligne du graticule, agir sur la commande « rotation de trace » (si elle existe), de manière à annuler ce défaut.

N.B. — Cette correction agit sur le courant passant dans une bobine circulaire enfilée sur le tube et destinée à compenser : d'une part, les imperfections de construction du tube et, d'autre part, les influences magnétiques externes (le champ magnétique terrestre, par exemple).

11. Cadrer la trace horizontalement. Normalement, le graticule comporte dix divisions horizontales, et si l'oscilloscope est parfaitement réglé, la trace mesure exactement dix divisions. La durée correspondant à une division est donnée par le repère du sélecteur de vitesse : x ms/div. La durée de la trace complète étant alors de 10 x ms/div.

La trace étant maintenant correctement située et réglée, l'utilisation peut commencer ! Encore faut-il que la sonde soit correctement compensée.

12. Régler la sonde. Un oscilloscope de qualité fournit un signal carré de référence servant au réglage de la sonde. Repérer la douille distribuant ce signal et voir dans la notice ses caractéristiques. Généralement, la fréquence est de l'ordre de 1 000 Hz et la tension crête-crête de l'ordre du volt (exemple : 300 mVcc / 1 000 Hz).

La sonde commutée en 1/10 pour le réglage envoie alors 1/10 de 300 mV vers l'oscilloscope, soit 30 mV. Choisir une sensibilité de 10 mV/div. donnant une déviation de trois divisions dans l'exemple considéré (ou six divisions, si l'on choisit une sensibilité de 5 mV/div.). 1 000 Hz correspondent à une période de 1 ms. Commuter la base de temps principale sur 200 μs/div., ce qui va donner deux périodes complètes et permettre une observation aisée.

Entrée X en « continu » ou en « alternatif » au choix. Mode « auto » conservé. Déclenchement sur « négatif », par exemple. Jouer sur le niveau

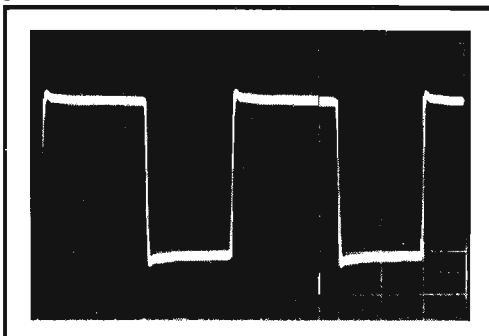


PHOTO A. — Astigmatisme donnant une trace verticale fine et horizontale épaisse.

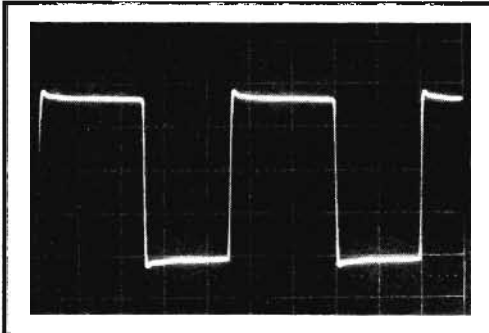


PHOTO B. — Le défaut précédent est maintenant corrigé.

de ce déclenchement (trigger level) pour une parfaite stabilité.

Régler enfin l'ajustable de sonde pour une restitution correcte de la forme du signal de référence : paliers aussi horizontaux que possible. Se reporter aux photos publiées dans le numéro précédent !

13. Corriger l'astigmatisme. Profitez de l'occasion pour vérifier l'astigmatisme du spot. Il s'agit de la netteté simultanée des verticales et des horizontales. Agir alternativement et par retouches successives légères sur la commande normale de concentration

et sur celle d'astigmatisme, jusqu'à obtenir un bon résultat. Paliers et flancs du signal nets en même temps (voir photos A et B).

II. Mesures d'amplitude en continu

L'oscilloscope est un voltmètre ! Il peut donc mesurer les tensions continues. Nous noterons cependant que :

— Sa précision propre est faible, de l'ordre de 3 % pour les meilleurs oscilloscopes.

— Sa résolution est mauvaise. Dans le sens vertical, le graticule comporte huit divisions, chacune redivisée axialement en 5, soit donc 40 échelons appréciables. Le moindre voltmètre à aiguille possède une centaine de divisions et fait donc nettement mieux.

— Sa résistance interne est correcte, sans plus : en direct, elle est de 1 MΩ dans tous les cas ! On peut donc considérer les mesures comme non perturbantes lorsqu'elles se font aux bornes d'impédances trente fois plus faibles. Soit donc de l'ordre de 30 kΩ au plus. Avec la sonde atténuant dix fois (1/10), cette impédance d'entrée passe à 10 MΩ. C'est dix fois mieux et comparable à celle des multimètres numériques. Dans ce cas, pas de perturbation tant que l'impédance sous mesure ne dépasse 300 kΩ.

Quoi qu'il en soit, lorsqu'on travaille dans un montage, oscilloscope en action et sonde à la main, il est particulièrement facile de vérifier qu'une tension continue correcte existe bien en tel ou tel point ! Ne serait-ce que les tensions d'alimentation !

Par ailleurs, la mesure d'une tension continue constitue un contrôle très précis de l'étalonnage de la voie Y de l'oscilloscope. Ainsi, étant en sensibilité 1 V/div., l'application d'une tension de + 5 V à l'entrée doit provoquer une déviation verticale de cinq divisions très exactement, vers le haut, puisque la tension est positive. Bien entendu, si la sonde 1/10 a été utilisée, on n'aura qu'une demi-division dans la même sensibilité. Les cinq divisions seront retrouvées en passant sur une sensibilité dix fois plus forte, soit 0,1 V/div.

Pratiquement, pour procéder à une mesure de tension continue :

1. Vérifier que l'ampli Y est en position « calibré ».

2. Placer le commutateur d'entrée de voie Y sur « masse ».

3. Agir sur la commande de cadrage vertical pour amener la trace sur une des lignes horizontales du graticule : soit la médiane si la polarité de la

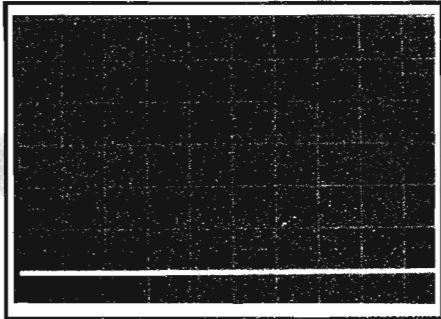


PHOTO C. – Placer la trace horizontale sur une ligne du graticule...

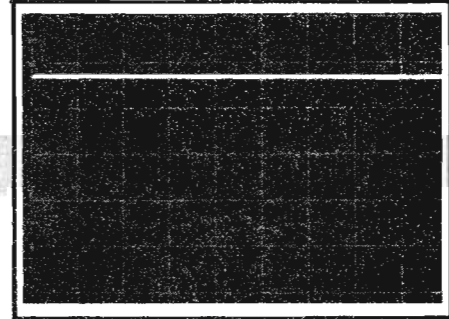


PHOTO D. – Appliquer la tension continue... Compter le nombre de divisions du déplacement et... calculer la tension appliquée !

source est inconnue, soit une ligne inférieure si la tension est positive, supérieure si elle est négative.

4. Placer le commutateur d'entrée sur « continu ».

5. Prélever la tension avec sonde 1/1 ou 1/10, en choisissant le calibre de sensibilité convenable. Généralement, ces calibres vont jusque 20 V par division pour de nombreux oscilloscopes, ce qui permet de mesurer 160 V en direct et 1 600 V avec la sonde 1/10 : attention cependant ! Il est évident que la sonde ne supportera pas une telle tension. Consulter la notice fournie (le maximum généralement admissible est souvent de l'ordre de 750 V).

6. La trace s'est déplacée. Compter le nombre de divisions, en se rappelant que si celles-ci sont subdivisées en 5, alors chaque échelon vaut 0,2 division (photos C et D). Le déplacement de

trace est de 4,7 div., la sensibilité de l'oscilloscope est de 1 V/div. et la sonde est en 1/1. La tension mesurée est donc de + 4,7 V, le déplacement se faisant vers le haut.

Bien entendu, un résultat identique avec sonde 1/10 aurait donné :

$$10 \times 4,7 = + 47 \text{ V.}$$

N.B. – Il va sans dire que, pour la mesure des tensions continues, la base de temps en mode « auto » peut être sur une vitesse quelconque, souvent de l'ordre de la milliseconde par division.

III. Mesure des amplitudes crête à crête

Cette mesure consiste à déterminer la différence de potentiel (en volts donc) existant entre le point le plus

haut d'un oscillogramme et son point le plus bas.

1. Vérifier que l'ampli Y est en mode « calibré ».

2. Prélever le signal à mesurer avec la sonde 1/1 ou 1/10, selon son amplitude et l'impédance de sortie du générateur (voir plus haut !).

3. Amener progressivement le commutateur de sensibilité en partant de 20 V/div., jusqu'à avoir une image couvrant plusieurs divisions verticales.

4. Cela sous-entend :
– un réglage correct du cadrage vertical ;
– un réglage correct du balayage et de la synchronisation, de manière à ce que l'image soit bien « dans l'écran ».

5. Amener le point bas de l'oscillogramme juste sur un trait horizontal du graticule.

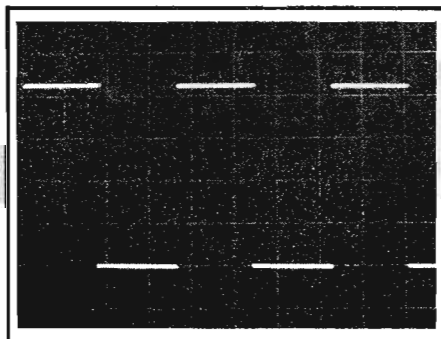


PHOTO E. – Mesure de la tension crête à crête d'un signal rectangulaire.

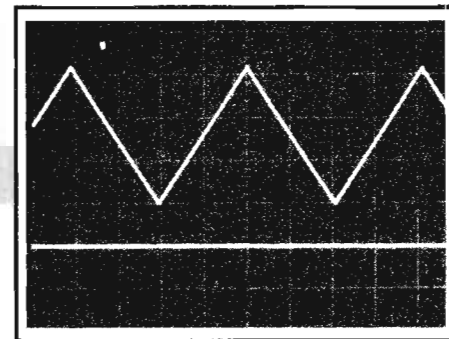


PHOTO F. – Même processus pour un signal triangulaire. Les pointes négatives sont amenées sur une horizontale et la vitesse de balayage ajustée pour que l'une des pointes supérieures coïncide avec l'axe vertical.

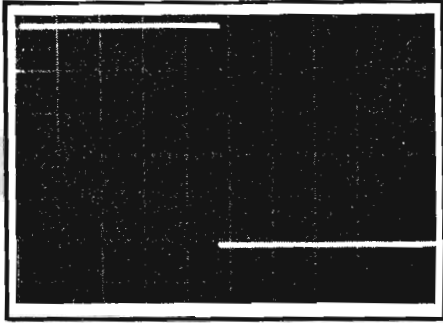


PHOTO G. – Signal rectangulaire 20 Hz passé en continu. Les paliers sont horizontaux.

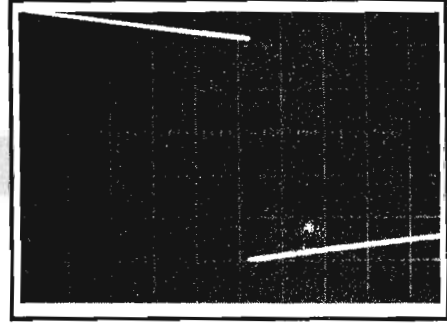


PHOTO H. – Le même signal passé en liaison alternative. La tension Vcc paraît plus élevée, à cause de l'inclinaison des paliers.

6. Compter le nombre exact de graduations entre ce point bas et le point haut. Eventuellement, jouer sur la vitesse et/ou sur le cadrage horizontal pour placer le point haut sur les graduations fines de l'axe vertical.

7. Calculer l'amplitude crête à crête par la relation :

$$U_{cc} = n \times s \times k$$

dans laquelle : n est le nombre de divisions du graticule ; s est la sensibilité par division de l'oscilloscope ; k est le facteur de sonde : 1 en 1/1 et 10 en 1/10.

(photo E).

$$n = 4,2 ; s = 1 \text{ V/div.} ; k = 1$$

d'où,

$$U_{cc} = 4,2 \times 1 \times 1 \text{ V}$$

$$U_{cc} = 4,2 \text{ V}$$

(photo F).

$$n = 3,2 ; s = 0,1 \text{ V/div.} ; k = 10$$

$$U_{cc} = 3,2 \times 0,1 \times 10 \text{ V}$$

$$U_{cc} = 3,2 \text{ V}$$

N.B. – Pour la mesure crête à crête, il est préférable de commuter l'entrée Y en « alternatif », ce qui élimine toute composante continue du signal, cet élément étant ici sans intérêt. Mais attention cependant : si le signal a une fréquence inférieure à 50 Hz, la liaison capacitive de l'entrée Y peut avoir une constante de temps insuffisante pour laisser passer les fréquences basses du signal. Ainsi, observer les photos G et H, correspondant à un signal carré à 20 Hz environ :

– en continu, l'amplitude crête à crête est de 5,1 V (1 V/div.)

– en alternatif, cette amplitude semble être de 6 V.

Ce défaut est provoqué par la différenciation apportée par le condensateur de liaison interne, trop faible pour la fréquence de 20 Hz. C'est évidemment la mesure en continu qui est correcte.

A noter que si la sonde 1/10 est intercalée, le défaut est atténué dans le rapport de 10, comme l'amplitude. Il faudrait alors descendre à 0,2 Hz pour retrouver la même différenciation (voir photo 1).

La photo J correspond aux mêmes mesures que H, mais avec un signal triangulaire. L'effet est moins caractéristique et la mesure exacte dans les deux cas. Par contre, on peut remarquer que les pentes du triangle ne sont plus linéaires lorsque la liaison est capacitive.

F. THOBOIS

N.D.L.R. – Cette série d'articles sur l'utilisation de l'oscilloscope a débuté dans notre n° 1706. Ces numéros sont encore disponibles, vous pouvez les obtenir en vous adressant à notre service « Vente au numéro », contre 17 F par exemplaire.

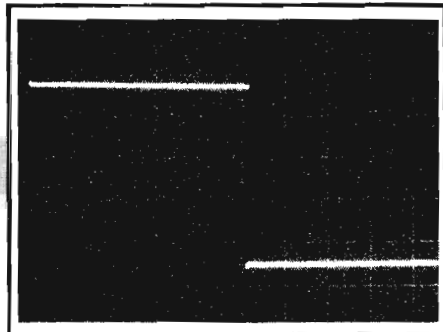


PHOTO I. – Avec la sonde 1/10, le même signal est presque correct !

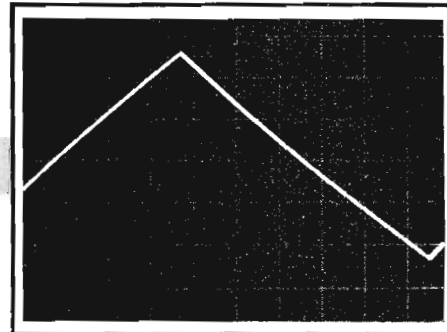


PHOTO J. – La déformation du triangle 20 Hz sans sonde est moins apparente. Observer cependant la courbure des rampes.