

ABC DE L'OSCILLOGRAPHIE LA MESURE DES TENSIONS (1)

Par Roger DAMAN Ingénieur E. S. E.

Dans l'article précédent nous avons, d'abord, défini ce qu'était un faisceau de rayons cathodiques. C'est un pinceau délié constitué par des électrons en mouvement rapide. Dans le tube à rayons cathodiques, on trouvera donc, d'abord, une source d'électrons qui est la CATHODE. Mais les électrons ainsi produits fourniraient un nuage diffus et n'auraient que des vitesses insuffisantes. Il faut les grouper, ou, comme on dit, les CONCENTRER. Après quoi, il faut leur communiquer la vitesse nécessaire. Toutes ces opérations : production d'électrons, con-

centration et accélération sont obtenues au moyen d'un ensemble d'électrodes constituant le CANON A ÉLECTRONS.

Le tube destiné à servir d'oscillographe comporte des dispositifs de DÉVIATION. Il y en a généralement deux qui sont constitués par deux paires de plaques entre lesquelles on fait naître un champ électrique par l'application d'une tension. Une des paires de plaques fournit la DÉVIATION HORIZONTALE, l'autre paire fournit la DÉVIATION VERTICALE.

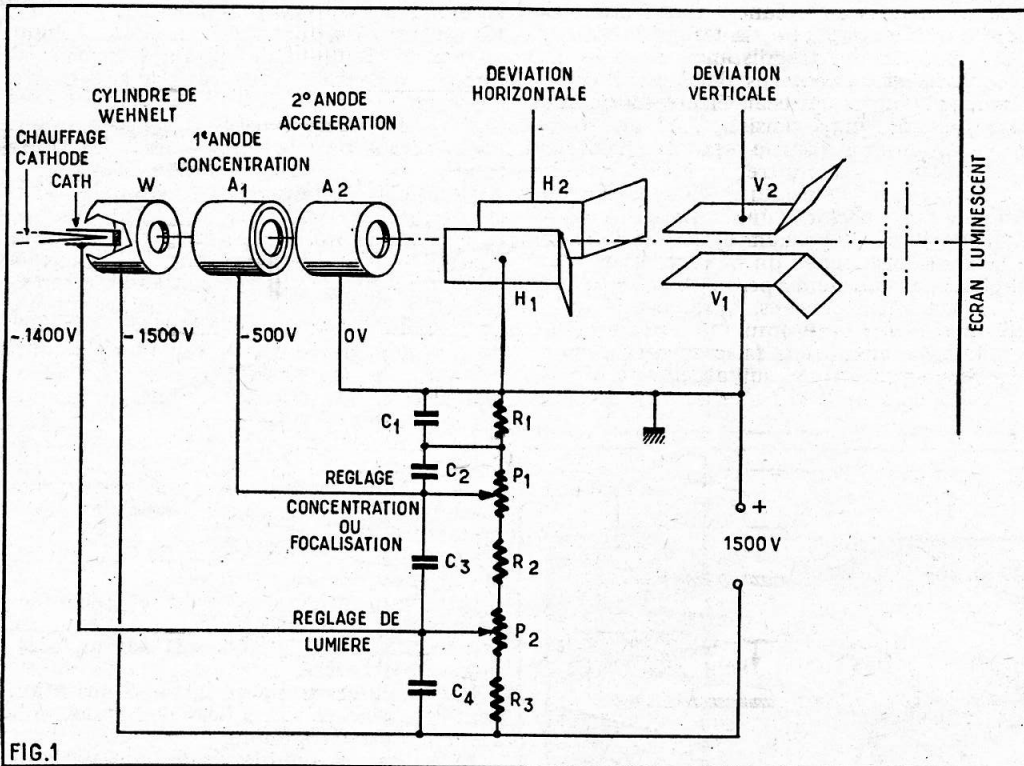


FIG. 1.

FIG. 1. — Disposition et branchement des éléments dans un oscillographe.

PRÉCISIONS SUR LE FONCTIONNEMENT BRANCHEMENT DES CIRCUITS

Sur la figure 1, nous avons représenté la disposition générale et le branchement d'un tube oscillographique le plus simple. En pratique, il peut y avoir plus de 2 anodes. Cela ne change rien au principe, d'autant plus que ces anodes sont intérieurement reliées entre elles (voir notre précédent article).

On remarquera qu'à l'inverse d'une pratique généralement employée dans les récepteurs de radiodiffusion et les téléviseurs, c'est le pôle positif de la source de haute

tension qui est relié à la masse de l'appareil et non pas le pôle négatif. La raison en est facile à comprendre. Dans un oscillographe, ce sont les plaques de déviation qui doivent être accessibles. En effet, les tensions de déviation doivent être mises en relation avec ces électrodes. Au cours d'une série de mesures ou d'observations on est amené à y brancher des circuits, puis à les débrancher pour en rebrancher d'autres.

Or, ces plaques doivent être portées au potentiel moyen de l'anode d'accélération. S'il en était autrement, il y aurait formation d'un champ électrique de freinage qui bloquerait le faisceau électronique.

Si l'on reliait le pôle négatif de la haute tension à la masse, il serait nécessaire de couper le circuit et de décharger les conden-

sateurs chaque fois qu'il s'agirait de modifier un branchement quelconque. Ce serait fastidieux. Il est beaucoup plus rationnel de relier ces plaques de déviation à la masse du châssis, c'est-à-dire à la terre, ce qui entraîne obligatoirement la nécessité de relier aussi l'anode.

Toutefois, il en résulte que le cylindre de Wehnelt, la cathode, le circuit de chauffage présentent une différence de potentiel très élevée par rapport à la masse. Il faut en tenir compte quand on établit le montage de l'appareil. La construction du transformateur d'alimentation doit être établie spécialement pour qu'il n'en résulte aucun inconvénient. Enfin, si l'on est amené à toucher aux circuits d'un oscillographe en cours de fonctionnement, il ne faut pas perdre de vue cette particularité, sinon, on risque des surprises cuisantes et désagréables.

L'ACTION DES DIFFÉRENTS RÉGLAGES

Ces réglages, constitués par des potentiomètres, sont au nombre de deux :

P1, réglage de concentration, focalisation ou finesse ;

P2, réglage de luminosité ou de brillance.

Réglage de P2.

Par rapport à la masse, considérée comme potentiel zéro, les tensions sont celles qui sont indiquées sur la figure 1. Cette répartition illustre ce que nous exposons dans le paragraphe précédent.

On peut impunément toucher aux plaques de déviation, on ne risque pas d'éprouver une secousse désagréable.

On voit aussi sur la figure 1 que le cylindre de Wehnelt, encore appelé « grille », est toujours négatif par rapport à la cathode. Même si l'on place le curseur du potentiomètre à l'extrémité de P2, la résistance R3 sert de « talon ». A mesure qu'on écarte le curseur P2 de l'extrémité reliée à R3, on rend la cathode plus positive par rapport au cylindre de Wehnelt, c'est-à-dire qu'on rend ce dernier plus négatif par rapport à la cathode.

Or, nous avons expliqué dans l'article précédent que le cylindre de Wehnelt, dans un tube à rayons cathodiques, remplit le même office que la grille dans un tube amplificateur.

(1) Voir le précédent numéro.

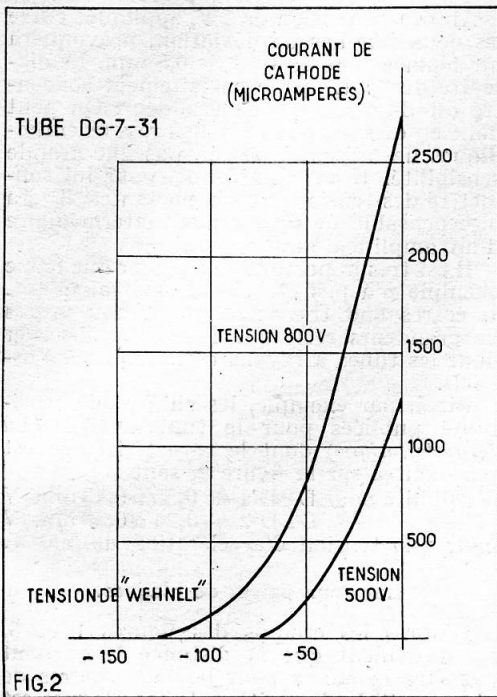


FIG. 2. — Caractéristique d'un tube oscillographique usuel (DG 7-31, La Radiotechnique).

Ainsi, en appliquant une tension négative assez élevée entre cylindre et cathode, on coupe le faisceau cathodique, c'est-à-dire qu'on éteint le tube. Pour une tension intermédiaire, on contrôle le courant de cathode, c'est-à-dire qu'on obtient un « spot » plus ou moins lumineux.

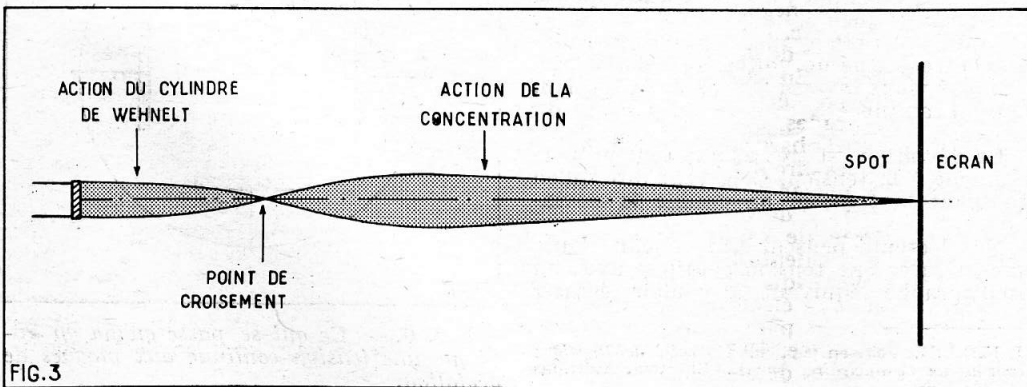
La figure 2 illustre cette observation. Elle représente les caractéristiques d'un tube industriel (DG-7-31 de La Radiotechnique). On voit que, pour une tension d'accélération de 800 V, le faisceau est complètement éteint pour une tension d'environ 125 V entre le cylindre de Wehnelt et la cathode.

On remarquera que l'intensité consommée par le tube est beaucoup plus faible que celle d'un tube amplificateur. Dans les conditions de fonctionnement normales, un tube EF80 peut consommer environ 8 à 10 mA, or, on constate sur la figure 2 que, même pour une tension de polarisation nulle et pour la tension d'accélération maximale, l'intensité de courant est d'environ 2,5 mA. Cela nous permettra de comprendre pourquoi on peut notablement simplifier les circuits d'alimentation d'un oscillographe.

Il serait d'ailleurs dangereux pour le tube de le faire fonctionner avec une tension nulle entre la cathode et le cylindre.

La résistance R3 constitue donc une protection.

FIG. 3. — Marche du faisceau dans un tube à rayons cathodiques.



Réglage de P1.

Le potentiomètre P1, commande la finesse du spot, ou comme on dit plus volontiers, la concentration. Il agit sur le rapport des tensions entre les deux anodes.

En modifiant la position du curseur de P1, on change la valeur de ce rapport. On peut ainsi très facilement déterminer la position pour laquelle le faisceau électronique vient exactement converger sur la surface de l'écran, ce qui correspond au spot le plus fin.

On peut donc finalement représenter la

LA DÉVIATION DU FAISCEAU

Les plaques de déviation sont disposées comme nous l'avons indiqué sur la figure 1. Les deux paires sont placées l'une derrière l'autre. C'est une chose qu'il faut bien comprendre, pour ne pas faire de confusion quand on considère la représentation conventionnelle que nous avons reproduite sur la figure 4. On pourrait croire d'après cette disposition que les deux groupes de plaques agissent au même endroit du faisceau. Or, il n'en est pas ainsi.

C'est fort important, si l'on considère la sensibilité de déviation.

Le mécanisme de la déviation.

Considérons le croquis de la figure 5 qui représente le système de déviation. Il s'agit de deux plaques planes, parallèles, dont l'écartement est de a , la longueur l et qui sont placées à une distance L de l'écran. On applique entre ces deux plaques une tension V_a . Le faisceau électronique a été accéléré par une tension V .

L'application d'une tension entre les deux plaques fait naître un champ électrique. Toute charge électrique placée dans ce champ est soumise à une force (c'est la définition même du champ) qui est dans la direction des lignes du champ, c'est-à-dire, dans le cas présent, perpendiculairement à la surface des plaques. C'est la force F représentée sur le croquis.

Il en résulte que le faisceau sera dévié de la ligne droite qu'il suivait avant d'entrer

dans l'espace compris entre les deux plaques. Une étude complète que l'on trouvera dans les ouvrages spéciaux (1) permet d'établir que la trajectoire devient parabolique.

A la sortie des plaques de déviation, c'est-à-dire au point P2, la force de déviation cesse de s'exercer. Mais la direction du faisceau n'est plus la même. Il vient frapper l'écran au point O' et la déviation OO' est égale à D .

Il est évident que cette déviation est

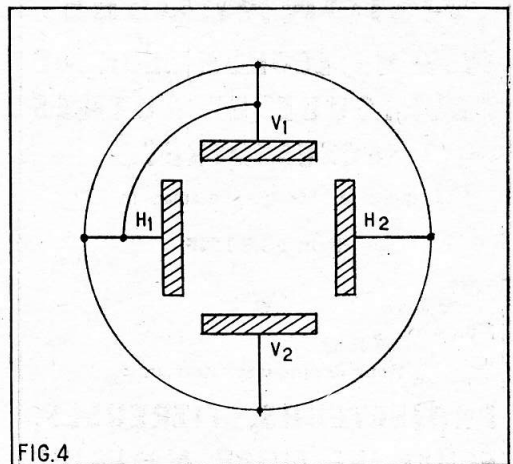


FIG. 4.

FIG. 4. — Représentation schématique du système de déviation.

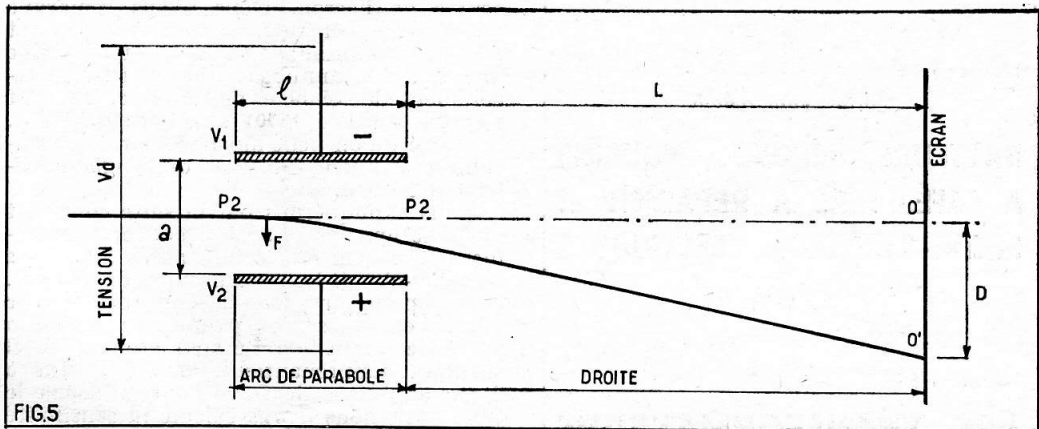


FIG. 5.

FIG. 5. — Fonctionnement du système de déviation.

De quoi dépend cette déviation ? On peut naturellement soumettre la question au calcul. On peut aussi, ce qui est infiniment plus profitable, essayer avec le simple bon sens de chercher à déterminer les facteurs agissants.

La formule de la déviation.

Proportionnelle à la distance L qui sépare la sortie des plaques de l'écran. Cette distance constitue un véritable bras de levier opto-électronique.

Elle dépend aussi du temps pendant le-

COLLECTION
les SÉLECTIONS de SYSTÈME "D"

Numéro 42

ENREGISTREURS

A DISQUES — A FIL — A RUBAN
ET 2 MODÈLES DE

MICROPHONES

ÉLECTRONIQUE ET A RUBAN

Prix : 0,75 NF

Numéro 47

**FLASHES
VISIONNEUSES**
SYSTÈME ÉCONOMISEUR DE
PELLICULE ET AUTRES
ACCESSOIRES

pour le photographe amateur.

Prix : 1,50 NF

Numéro 48

Pour le cinéaste amateur :

**PROJECTEURS, TITREUSES,
ÉCRAN ET AUTRE MATÉRIEL**

pour le montage et la projection.

Prix : 0,75 NF

Numéro 56

Faites vous-même

**BATTEURS, MIXERS, MOULINS
A CAFÉ, FERS A REPASSER et
SÈCHE-CHEVEUX ÉLECTRIQUES**

Prix : 0,75 NF

Numéro 64

LES TRANSFORMATEURS
STATIQUES, MONO ET TRIPHASÉS

Principe - Réalisation - Réparation - Transforma-
tion - Choix de la puissance en fonctions de
l'utilisation - Applications diverses.

Prix : 1,50 NF

Ajoutez pour frais d'expédition 0,10 NF par
brochure à votre chèque postal (C.C.P. 259-10)
adressé à « Système D », 43, rue de Dunkerque,
PARIS-X^e, ou demandez-les à votre marchand
de journaux.

quel s'est exercée la force de déviation. Or, ce temps est proportionnel à l longueur des plaques de déviation. Il est aussi inversement proportionnel à la vitesse des électrons. Si ceux-ci vont très vite, ils ne séjourneront pas longtemps entre les plaques V1 et V2 et la force de déviation n'aura que peu d'action. Mais cette vitesse sera elle-même déterminée par la tension d'accélération.

Enfin, la force de déviation proportionnelle au champ électrique est sous la dépendance obligatoire de a . En rapprochant les plaques V1 et V2, c'est-à-dire en diminuant a nous augmentons le champ électrique dans le même rapport.

Tout cela se trouve très exactement confirmé par le calcul. On peut, en effet, établir que la déviation est très approximativement donné par la formule très simple :

$$D = \frac{1}{2} \frac{Vd}{V \times a} \times l \times L$$

Si l'on suppose que la tension appliquée entre les plaques de déviation est de 1 V, la formule nous permettra de calculer pour une tension d'accélération donnée la sensibilité de déviation d'un tube à rayons cathodiques.

Cette formule sera tout simplement :

$$S = \frac{1}{2} \frac{l \times L}{a \times V}$$

Un exemple.

Supposons que la longueur (L) des plaques de déviation soit de 4 cm ou 40 mm et leur distance (a) de 10 mm. La distance $L = 20$ cm ou 200 mm. Pour une tension d'accélération de 800 V, on obtiendra une sensibilité, exprimée en millimètres par volt de :

$$\frac{1}{2} \times \frac{40 \times 200}{10 \times 800}$$

soit 0,5 mm/V.

L'OSCILLOGRAPHE COMME VOLTMÈTRE

Appliquons une tension continue.

Nous avons allumé le tube et nous avons réglé les deux potentiomètres P1 et P2, de manière à obtenir un spot bien net au centre de l'écran. Nous avons remarqué qu'en règle générale, le spot est d'autant plus fin, d'autant plus net, qu'on exige une moindre luminosité : En poussant exagérément le réglage de lumière, le spot s'écrase sur l'écran et s'entoure de halos. Le tracé qu'on peut ainsi obtenir est beaucoup moins net. De plus, on fatigue inutilement l'écran.

Nous expliquerons par la suite comment on peut amener le spot à occuper exactement le centre de l'écran, après avoir mis en court-circuit les deux groupes de plaques. Nous appliquons une tension continue de x volts entre les deux plaques de déviation verticale V1 et V2. Le spot était en O. Il se place maintenant au point O', situé à 2 cm au-dessus de O. Si nous utilisons le tube dont nous avons calculé la sensibilité plus haut, nous pouvons en déduire que la tension appliquée était de $20/0,5 = 40$ V.

Ainsi, première application, notre oscillographe constitue un voltmètre polarisé car, si nous avons inversé le sens de la tension, le spot aurait été déplacé au-dessous du centre.

La déviation est très exactement proportionnelle à la tension. Cela veut dire qu'en doublant la tension, on double la déviation.

Nos lecteurs pensent sans aucun doute que mesurer une tension continue avec un oscillographe équivaut à vouloir écraser

Ainsi, une tension de 1 V, appliquée entre les deux plaques de déviation, provoquera un déplacement du spot de 0,5 mm. Le diamètre du spot, même parfaitement concentré est de cet ordre de grandeur. On peut donc en déduire que le tube à rayons cathodiques ne présente, en soi, pas une grande sensibilité. Il en résulte que, pour lui soumettre des tensions peu importantes, il sera indispensable de passer par l'intermédiaire d'un amplificateur.

Il est très important de signaler que notre exemple n'a pas été choisi arbitrairement. Il correspond très exactement aux ordres de grandeurs réels que l'on peut observer pour les tubes à rayons cathodiques industriels.

Ainsi, par exemple, les chiffres de sensibilité publiés pour le tube DG7-31 (*La Radiotechnique*) dont le caractéristique est représentée sur la figure 2, sont :
Sensibilité pour D1 D'1 de 0,35 à 0,43 mm/V
— — D2 D'2 — 0,24 à 0,30 mm/V
pour une tension d'accélération de 500 V.

Les deux paires de plaques.

D'après les croquis des figures 1 et 5, il est évident que la distance L ne peut pas être la même pour les deux paires de plaques. Si la disposition de ces plaques est identique, il en résulte que les sensibilités ne sont pas les mêmes. C'est ce que nous venons de constater d'après les chiffres précédents.

En pratique, les tensions que l'on veut observer seront appliquées sur les plaques qui suivent immédiatement le canon à électrons et qui correspondent à la sensibilité la plus grande.

Sur l'autre groupe, on applique les tensions fournies par la base de temps. Comme il est facile d'obtenir une amplitude aussi grande qu'on le désire, il importe assez peu que la sensibilité soit plus petite.

une mouche avec un marteau-pilon. C'est exact. Mais nous constaterons par la suite que nous n'avons pas perdu notre temps à vouloir entrer dans les plus petits détails.

Ce qui est particulièrement précieux dans notre voltmètre oscillographe, c'est qu'il ne comporte aucune pièce inerte. En appliquant une tension entre les plaques de déviation, nous provoquons tout simplement le changement de déviation d'un faisceau d'électrons. Or, jusqu'à preuve du contraire, il n'existe au monde rien qui soit plus léger qu'un électron et qui soit, cependant, matériel.

L'aiguille invisible de notre voltmètre obéit instantanément. Et cela veut dire que

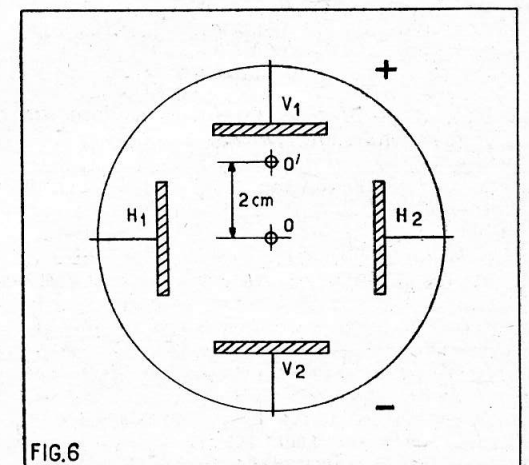


FIG. 6. — Ce qui se passe quand on applique une tension continue aux plaques de déviation.

(1) N.D.L.R. Voir, en particulier *Traité de Physique électronique et nucléaire*, par L. Chrétien, Editions E. CHIRON.

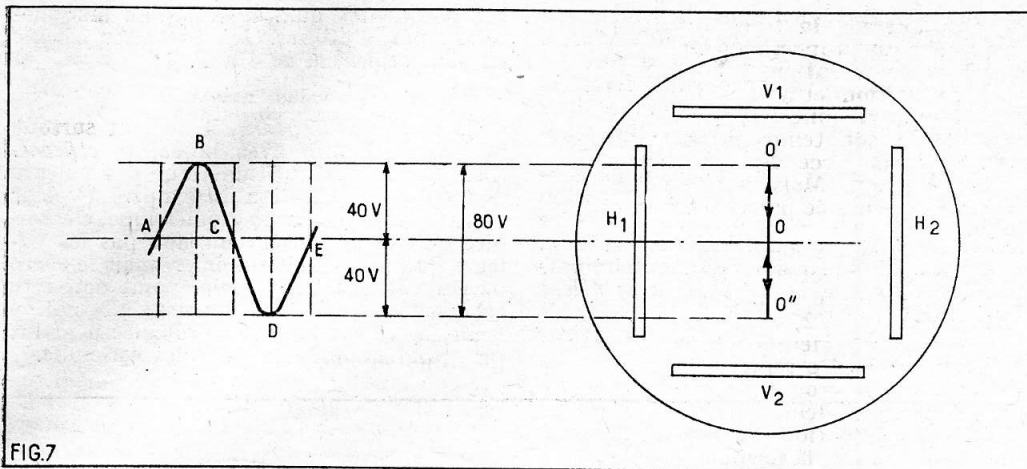


FIG. 7. — Ce qui se passe quand on applique une tension alternative entre les plaques de déviation.

si nous appliquons une tension alternative entre les plaques de déviation, les déplacements du spot suivront toutes les variations quelle que soit leur fréquence.

LE CAS D'UNE TENSION ALTERNATIVE

Essayons d'y voir clair.

D'abord, de quelle tension s'agit-il ? Dans ce domaine, la plus grande confusion règne souvent. Le *Courrier technique* nous révèle que de nombreux lecteurs ne savent pas exactement à quelle tension se vouer. Il faut convenir qu'ils ne sont pas sans excuse...

Comment pourraient-ils se retrouver dans la multitude des termes utilisés :

- Tension efficace.
- Tension maximale.
- Tension moyenne.
- Tension de crête.
- Tension de pointe.
- Tension de crête à crête, etc...

Classons d'abord un peu tout cela. Les termes : tension maximale (ou maxima), tension de pointe, tension de crête sont synonymes ou, si l'on préfère, signifient exactement la même chose.

Nous allons supposer pour commencer que nous appliquons une tension alternative *sinusoïdale* entre les plaques de déviation V_1 et V_2 et nous allons admettre que la fréquence est assez faible pour qu'il nous soit possible de suivre tous les mouvements du spot.

Une tension *alternative*, c'est une tension qui passe *alternativement* d'une valeur nulle à une valeur *maximale* (ou de *crête*, ou de *pointe*), puis revient à une valeur nulle, ce qui constitue une demi-période. Après quoi, de la valeur nulle, elle passe à une valeur maximale égale, mais dans l'*autre sens*. Il y a une infinité de formes possibles de variation de tension en fonction du temps. Une forme particulièrement commode est la forme *sinusoïdale*. Mais il convient de souligner, dès maintenant, et avec la plus grande énergie, que ce n'est qu'un *cas particulier*...

Donc, au début de l'expérience (point A, fig. 7) la tension est nulle et le spot est au point O. Mais la tension s'accroît pendant un quart de période jusqu'au point B et atteint la valeur *maximale*. Le spot, pendant ce quart de période est passé de O en O'. Nous voyons bien ainsi que la déviation OO' représente la valeur maximale. Si elle est, comme précédemment, de 2 cm, cela veut dire que la tension maximale alternative est de 40 V.

Pendant le quart de période suivant, la tension redevient nulle, en allant de B en C

et — naturellement, le spot revient de O' en O. Les mêmes mouvements, mais en sens inverse, se reproduisant pendant la *demi-période* (ou *alternance*) suivante. Le spot va d'abord de O en O'' (CD) puis de O'' en O (DE).

Ainsi se termine la *période*.

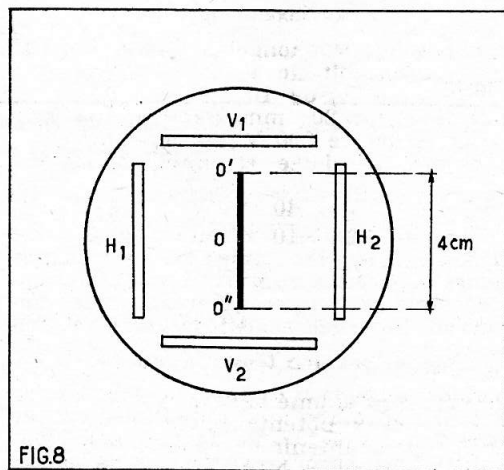


FIG. 8. — Ce qu'on observe sur l'écran. De la longueur $O'O$ on peut déduire la valeur de crête à crête, mais pas autre chose.

Nous ne pouvons suivre à l'œil tous ces mouvements que, si la fréquence était, par exemple, de l'ordre d'une période par seconde. Mais la fréquence du courant alternatif industriel est de 50 périodes par

seconde (on dit encore : 50 cycles par seconde, ou plus rapidement, 50 Hz) et il est tout à fait impossible de suivre le spot dans ses vibrations. Tout ce qu'on peut apercevoir sur l'écran (fig. 8) c'est une ligne verticale d'une longueur de 4 cm. La tension correspondante, dans le cas présent, est de 80 V. C'est ce qu'on appelle la *tension de crête à crête*. Le terme s'explique de lui-même si l'on considère maintenant la figure 7.

Ainsi, quand il s'agit de tensions alternatives, on peut dire que l'oscillographe est un instrument qui fournit directement les *tensions de crête à crête*.

Quand il s'agit d'une vraie tension alternative, la valeur de crête à crête représente le double de la valeur maximale, mais cela devient totalement faux quand il s'agit d'une fausse tension alternative, comme celle dont nous représentons le diagramme sur la figure 9...

Et la valeur efficace ?

Si je consulte l'indication portée sur la plaque de mon compteur électrique je constate que l'Electricité de France me fournit du courant alternatif à 50 périodes par seconde dont la valeur *efficace* est de 125 V...

L'oscillographe ignore complètement la *valeur efficace*. Quelle en est donc la définition ? C'est la tension continue qui donnerait la même dissipation de puissance que la tension alternative, quand elles sont reliées à une même résistance...

Pour répondre exactement à la définition, on procéderait donc de la manière suivante (fig. 10) :

1° On relierait la source alternative à une certaine résistance R. Celle ci fournirait un certain nombre de calories par seconde, par effet Joule. On mesurerait cette quantité de chaleur ;

2° On chercherait ensuite quelle est la tension *continue* qu'il faut appliquer entre les extrémités de la *même* résistance R pour obtenir exactement le même nombre de calories par seconde. Cette tension serait la *valeur efficace* de la tension alternative...

Une seule catégorie de voltmètre donne directement la valeur efficace d'un courant alternatif de forme quelconque : ce sont les appareils dits *thermiques*, basés sur la mesure de la dilatation d'un fil. Il y a fort longtemps qu'ils sont abandonnés. Ceux qui ont eu (comme moi) l'occasion de les utiliser ne les regrettent pas.

Mais cela laisse le problème entier... Comment mesurer les valeurs efficaces ?

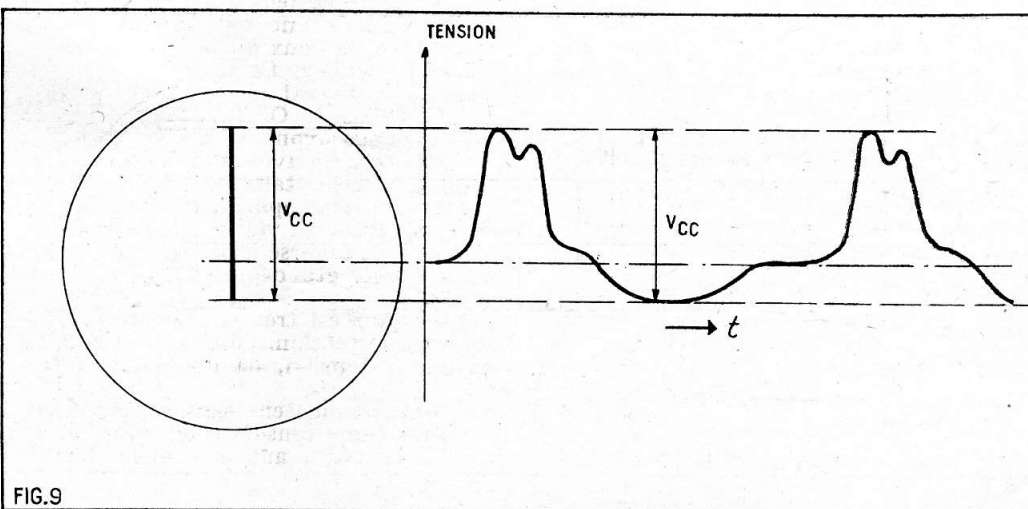


FIG. 9. — Une tension alternative de forme particulière.

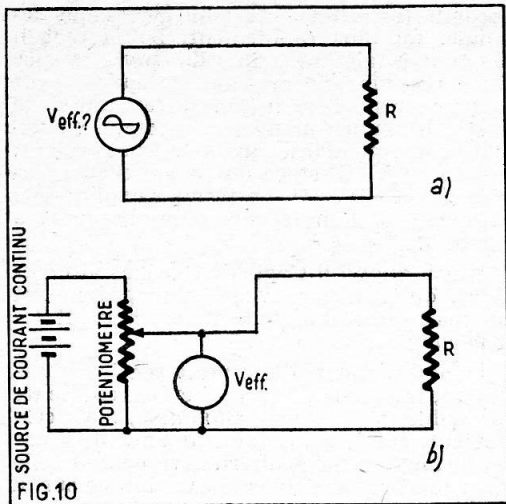


FIG. 10

FIG. 10. — Avec ces deux montages on peut déterminer, du moins théoriquement, la valeur efficace d'une tension de forme quelconque.

Cas d'une tension sinusoïdale.

La réponse est simple dans le cas général. En effet, on peut établir qu'entre les valeurs maximales et la valeur efficace d'un courant alternatif vrai existe toujours une relation de la forme :

$$V_{eff} = KV \max$$

K étant un coefficient compris entre zéro et un...

Quand il s'agit d'une tension sinusoïdale, on peut facilement démontrer que $K = 1/\sqrt{2}$ ou 0,707. Ainsi en admettant que la tension distribuée par E.D.F. soit parfaitement sinusoïdale, celle qui m'est fournie correspond à une valeur maximale de $\frac{125}{0,71}$ ou environ 177 V.

Mais il faut encore souligner très lourdement que ce n'est vrai que dans le cas particulier d'une tension sinusoïdale. Dans ce cas (et dans ce cas seulement) on peut utiliser un voltmètre quelconque mesurant la tension maximale et le graduer directement en valeurs efficaces. Mais cette graduation deviendra fautive dès que la forme ne sera plus sinusoïdale.

Beaucoup de techniciens font des erreurs considérables en oubliant que la plupart des voltmètres sont, en réalité, des voltmètres mesurant la valeur maximale... transposée en valeur efficace.

Un premier exemple.

Nous appliquons sur les plaques V1 V2 de notre oscillographe une tension rec-

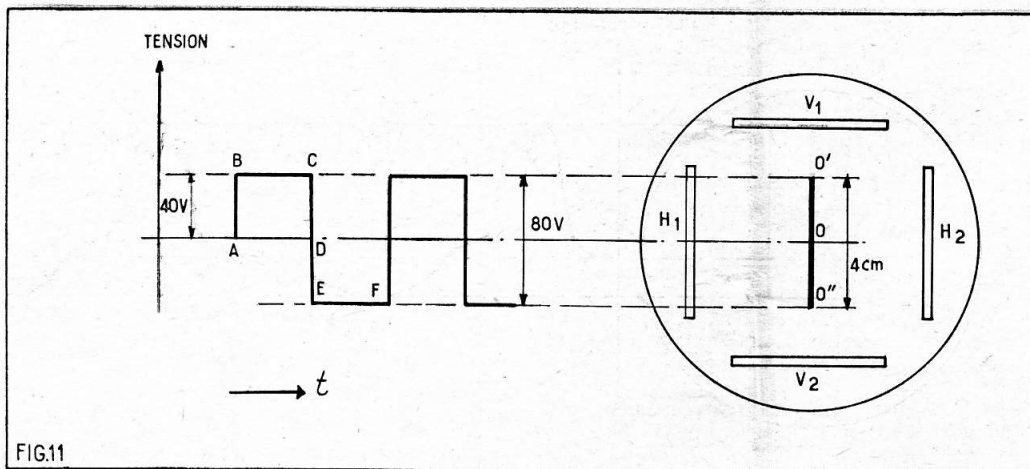


FIG. 11

FIG. 11. — Une tension rectangulaire alternative d'amplitude 40 V donne le même tracé qu'une tension sinusoïdale de même valeur maximale... c'est-à-dire un trait de 4 cm. Mais la valeur efficace n'est pas la même. Elle est alors de 40 V.

tangulaire A B C D E dont la valeur de crête ou maximale est encore de 40 V (fig. 2). La tension de crête à crête est encore de 80 V et nous obtiendrons sur l'écran la même ligne verticale de 4 cm, comme dans l'expérience représentée figure 7. quand il s'agissait d'une tension sinusoïdale.

Devant cette situation, allons-nous conclure que la valeur efficace de la tension appliquée est de $40 \times 0,707$, c'est-à-dire environ 28 V ? Ce serait grossièrement faux. Dans le cas d'une tension rectangulaire parfaite la valeur efficace est égale à la valeur de crête. Ce serait donc 40 V...

Le coefficient K, ou facteur de forme (voir plus haut) est ici égal à 1.

inexpérimentés ou... distraits ne manqueraient pas d'utiliser. Ici, la valeur efficace est donc seulement de 4 mV.

La valeur moyenne.

Cette valeur moyenne, il ne faut surtout pas la confondre avec la valeur efficace. C'est la moyenne arithmétique des valeurs de tensions en fonction du temps. La valeur efficace est la moyenne géométrique, c'est-à-dire qu'elle fait intervenir non pas les valeurs de tensions elles-mêmes, mais le carré de ces valeurs. Un premier point doit être très net : pour une tension alternative vraie, la valeur moyenne, calculée pendant un grand nombre de périodes est nulle.

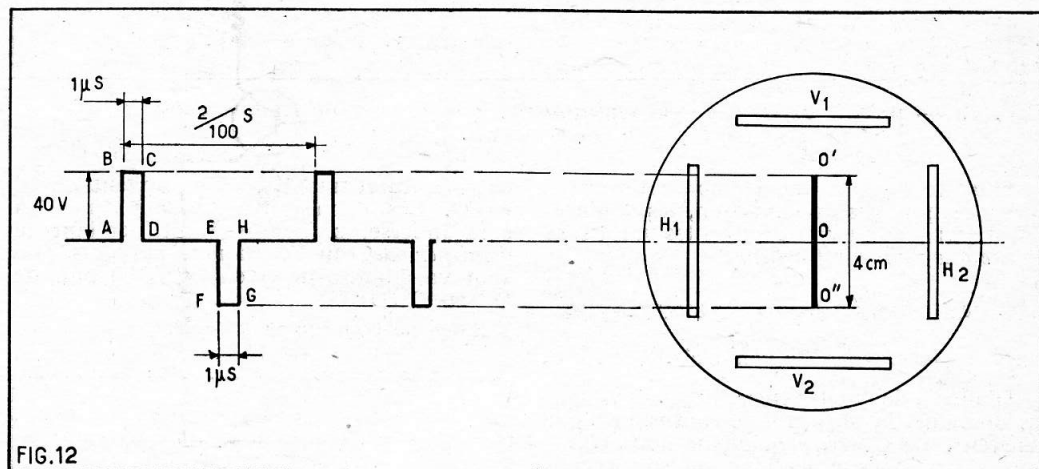


FIG. 12

FIG. 12. — Dans ce cas, on obtient encore le même tracé... mais la valeur efficace n'est plus que de 4 millièmes de volts.

Un second exemple.

Supposons maintenant qu'il s'agisse d'une tension dont la forme est représentée figure 12. C'est encore une tension alternative vraie. Elle est constituée par des impulsions alternativement positives et négatives d'une amplitude de 40 V et dont la fréquence est de 50 Hz. La durée de la période est ainsi de $1/50$ de seconde ou $2/100$. La durée des impulsions est de $1 \mu s$ (ou 1 millionième de seconde). Nous obtiendrons encore exactement la même forme sur l'écran de tube à rayons cathodiques, c'est-à-dire une ligne dont la hauteur est de 4 cm. Nous pourrions en déduire que la valeur de crête est de 40 V, la valeur de crête à crête étant de 80 V. Cela c'est un résultat certain. Mais quelle serait la valeur efficace ? Le calcul du facteur de forme est ici très simple. C'est le rapport entre la durée de la période et celle des impulsions, c'est-à-dire $1/10\ 000$... c'est donc bien loin des 0,71 que des opérateurs

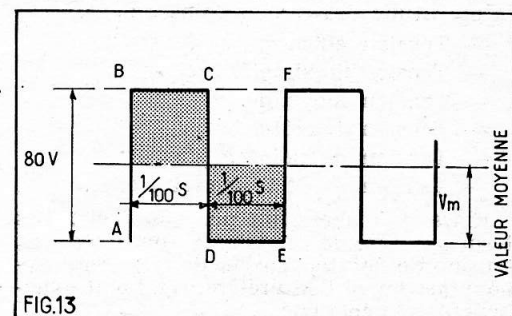


FIG. 13

FIG. 13. — Définition de la valeur moyenne. Les parties hachurées doivent être de même surface. Cette valeur moyenne est encore désignée sous le nom de composante continue.

Si l'on fait la moyenne pendant une période complète, elle est encore nulle. Si l'opération est effectuée pendant une alternance ou demi-période, le résultat dépend encore de la forme. Pour une forme sinusoïdale c'est $V_{max}/3,14$. Pour une forme rectangulaire, valeur de crête, efficace et moyenne se confondent. Considérons maintenant une tension comme celle qui est représentée figure 13, en A B C D, etc. Elle est constituée d'impulsions rectangulaires positives d'une certaine durée séparée par des intervalles égaux à cette durée. La valeur moyenne est telle que les espaces hachurés correspondent à des surfaces égales. Cette notion peut d'ailleurs être étendue à des formes quelconques de tensions. Et cela nous permet de conclure que la tension représentée peut être considérée comme la somme, ou la superposition d'une tension invariable (donc continue) V_m , et d'une tension alternative vraie A B C D etc... C'est pour cette raison que V_m est appelée la composante continue.

Cette dernière notion est particulièrement importante en oscillographie et plus spécialement encore en télévision. Nous aurons l'occasion d'y revenir dans la suite de cette étude.