

## Quelques manipulations à l'oscilloscope

---

La lecture des nouveaux programmes du 2<sup>e</sup> cycle des lycées montre que l'oscilloscope y joue un grand rôle. Toutes les marques d'appareils, actuellement présentes sur le marché, permettent l'étude d'un certain nombre de fonctions et d'applications, communes pour tous, bien que les faces d'entrée paraissent différentes suivant les marques. Certains appareils, il est vrai, présentent divers sophistications et boutons spéciaux (oscilloscope à mémoire, rémanence balayage monocoup, réparation de téléviseurs, etc.).

Je me propose, dans cet article, de dégager les fonctions communes à tout oscilloscope et de trouver un montage qui permette de les mettre en évidence, en insistant sur les erreurs classiques que font généralement les élèves avec qui je manipule (problème de masse, synchronisation par exemple). Il est évident que ne sont données dans cet article que quelques manipulations qu'il est possible de réaliser à l'oscilloscope et, en particulier, avec l'oscilloscope SCHLUMBERGER 5022 fourni par le centre d'équipement.

Il sera utile, pour compléter cet article, de lire entre autres :  
— pour les problèmes de masse, l'article de J.-P. VALENTIN, paru dans le B.U.P. n° 609 et, pour une étude plus théorique de l'oscilloscope, l'article de R. BEAUVILLAIN, paru dans le B.U.P. n° 592.

### 1. REGLAGES : RECHERCHE DU SPOT.

Mettre l'oscilloscope en marche. Commencer par repérer sur l'appareil les boutons « concentration », « luminosité », astigmatisme », les placer à mi-course.

Repérer aussi les boutons de cadrage horizontaux et verticaux, les mettre en position médiane. Normalement, le spot ou un trait apparaît sur l'écran. S'il n'apparaît pas, vérifier que la voie n'est pas éteinte ; une fois le spot apparu, régler sa qualité à l'aide des boutons précités. NE JAMAIS LAISSER LE SPOT IMMOBILE SUR L'ÉCRAN (mettre en balayage ou l'agrandir).

### 2. SENSIBILITE : UTILISATION EN VOLTMETRE.

2.1. On peut rarement attaquer directement les plaques d'un oscilloscope :

a) si cela est possible (FARKAS, par exemple), déterminer, à l'aide d'une alimentation, la sensibilité de l'oscilloscope; l'étalonner;

b) si cela n'est pas possible (cas général), le signal passe par l'intermédiaire d'un amplificateur (indépendant en X et en Y); dans ce cas, trois possibilités existent :

- α) il y a une capacité en série avec la borne d'entrée ( $\approx$  ou AC); ceci permet de supprimer la composante continue du signal et de ne garder que la partie variable,
- β) soit rentrer directement dans l'amplificateur et la composante continue demeure (= ou DC),
- γ) soit court-circuiter la voie (0) afin de régler le zéro ou l'axe des X.

#### **Expérience.**

Mettre l'oscilloscope en balayage, envoyer un signal BF + une composante continue (possible sur certains BF : IEC ou SCHLUMBERGER par exemple); sinon ajouter une source continue en série.

2.2. L'amplificateur est, en général, étalonné en V/cm ou en V/divisions. Noter l'étendue de la gamme de sensibilités : on peut souvent passer d'un calibre à l'autre à l'aide d'un bouton de réglage continu (PHILIPS, TEKELEC, cette position n'existe pas sur le 5022 de SCHLUMBERGER).

#### **Attention.**

Si le calibre de réglage continu est en position intermédiaire, l'oscilloscope n'est plus étalonné.

#### **Expérience.**

Faire une mesure de tension continue, puis alternative; comparer les résultats obtenus avec ceux donnés par un voltmètre de faible impédance ( $2\,000\ \Omega/V$ ) et de forte impédance ( $1\ M\Omega/V$ ). Le résultat montre que l'oscilloscope est un voltmètre de forte impédance.

#### **Attention.**

La mesure à l'oscilloscope est une mesure « crête à crête ».

Faire le même type de mesure avec un signal carré, puis triangulaire. Quelle est la valeur efficace de ce signal et la comparer avec les valeurs données par différents types de voltmètres (on pourra faire de même avec un signal redressé à une alternance, puis deux, grâce à un pont à diodes).

Faire la même mesure avec un signal alternatif mais en changeant de fréquence afin de déterminer la bande passante du voltmètre étudié conjointement.

**Remarque.**

Un voltmètre thermique est sensible à la valeur efficace, un voltmètre magnéto-électrique à la valeur moyenne de la tension redressée. En général, le voltmètre magnéto-électrique est directement gradué en valeur efficace car il y a proportionnalité entre  $\bar{Y}_{eff.}$  et  $\bar{Y}$ . De plus, il n'est pas dit que, pour un signal carré ou triangulaire, ce type de voltmètre ne filtre pas le signal; de même pour un voltmètre électronique, j'aimerais, d'ailleurs, que l'on m'en donne la réponse, le fait étant qu'en physique, on doit toujours se demander ce que l'on est effectivement en train de mesurer.

**Rappel.**

VALEUR MOYENNE	VALEUR EFFICACE	FACTEUR DE FORME
$\bar{Y} = \frac{1}{T} \int_0^T y(t) dt$	$Y_{eff.} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^L y^2(t) dt}$	$\frac{Y_{eff.}}{\bar{Y}}$
<i>courant alternatif</i>	<i>signal redressé</i>	
	1 alternance	2 alternances
$Y_{eff.} = \frac{Y_{max.}}{\sqrt{2}}$	$Y_{eff.} = \frac{1}{2} Y_{max.}$	$Y_{eff.} = 0,707 Y_{max.}$

**Remarque.**

L'impédance d'entrée d'un oscilloscope est très grande, elle est, en général, donnée par le constructeur, sinon comment la déterminer? (par la méthode de comparaison? je pose ici aussi la question).

**2.3. Remarque : utilisation en ampèremètre.**

Dans l'étude de la résonance, par exemple, on est souvent gêné par la résistance interne et la faible bande passante de l'ampèremètre. On peut y remédier en plaçant l'oscilloscope aux bornes d'une faible résistance ohmique étalon; on obtiendra un signal proportionnel à l'intensité.

**3. ETUDE D'UNE GRANDEUR  $Y = f(x)$ .**

3.1. La courbe est tracée en représentation paramétrique, le paramètre étant le temps. Il faut se procurer deux tensions, l'une étant envoyée en Y, l'autre en X. Il n'y a alors aucun problème de synchronisation; par contre, les deux amplificateurs peuvent être déphasés par construction. On vérifiera si c'est le cas sur l'oscilloscope fourni.

**Expérience.**

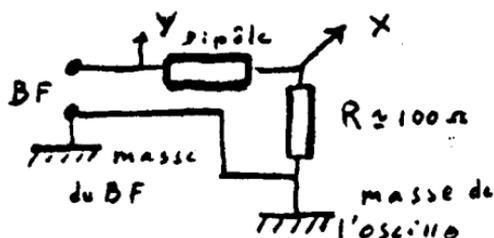
Placer l'oscilloscope en « ampli X ». Centrer le spot. Envoyer le même signal en X et en Y. Régler les amplis X et Y. On doit avoir une droite suivant la première bissectrice. Si un déphasage existe, on obtient une ellipse sur l'écran. Sur le SCHLUMBERGER 5022, la voie A devient horizontale. On a l'avantage d'avoir une voie horizontale étalonnée et de passer des lissajous au balayage sans débrancher de fils.

**Remarque.**

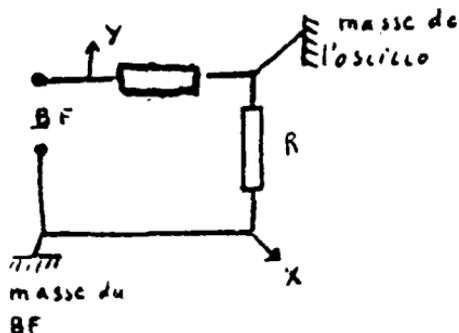
Pour tous les montages qui suivent, brancher l'oscilloscope en dernier afin de faire un montage clair.

**3.2. Tracé de la caractéristique d'un dipôle :  $V = f(I)$ .****Expérience.**

Aux bornes X, on capte un signal proportionnel à l'intensité. Aux bornes Y, on capte la différence de potentiel aux bornes de l'ensemble.



Pourquoi ce montage ? Pour le comprendre faire après, le montage suivant (2 cas peuvent se produire) :



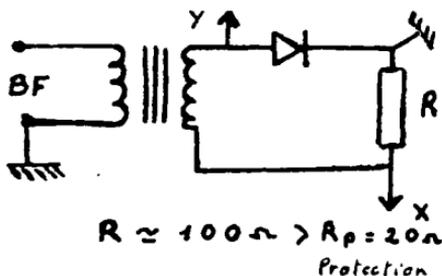
a) l'oscilloscope et le BF sont protégés par une prise de terre. Les masses sont alors associées par l'intermédiaire de la terre du secteur et on court-circuite la résistance R, d'où l'impossibilité de faire la caractéristique de dipôle seul.

En effet, l'oscilloscope, s'il n'est pas différentiel, capte le potentiel par rapport à un point de référence qui est la masse du montage (borne métallique ou noire de l'oscilloscope). Celle-ci étant généralement reliée au châssis de l'appareil, lui-même relié par sécurité à la terre de l'établissement. Il en est de même pour le BF.

Sinon, on pourra remédier à cet inconvénient par l'adjonction, à la sortie du BF, d'un transformateur d'isolement (primaire et secondaire non reliés); la résistance n'est alors plus court-circuitée. On remarque alors que, sur l'oscilloscope, les 2 voies sont déphasées de  $180^\circ$ ; la masse étant point milieu (les BF de marque SATEC n'ont pas de terre, le problème ne se pose pas).

Pour le transformateur d'isolement, de simples transformateurs 1/1 à bobinages indépendants font l'affaire: transformateur démontable LEYBOLD par exemple, ou bien petit transformateur d'adaptation en vente chez les grossistes en électronique, de faible puissance bien que suffisante pour supporter celle d'un BF. Ils valent environ 15 F (Réf. 1208 BP M 41).

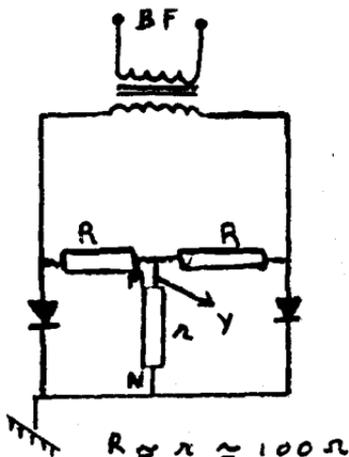
#### Cas d'une diode.



b) afin de voir le redressement d'une alternance du signal, on passera en  $Y = f(T)$  en injectant en Y la tension prise aux bornes de la résistance. On voit que le courant ne peut circuler que dans un sens. On pourra montrer que le redressement sera correct dans un domaine de fréquence dépendant de la qualité de la diode (GERMANIUM pour la HF).

Pour redresser les deux alternances, on utilisera le montage ci-dessous contenant deux redresseurs. Le courant qui traverse la résistance R est toujours dans le même sens mais est loin d'être constant.

A l'aide du montage ci-dessous, examiner l'allure du courant qui traverse la résistance  $r$  (on utilise aussi, pour redresser les deux alternances, un pont à quatre diodes).



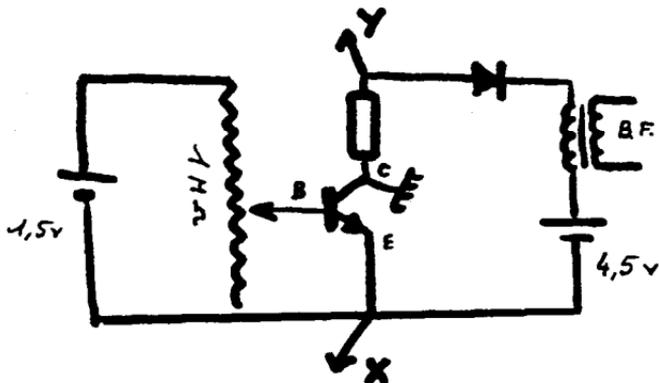
On va essayer, dans la partie suivante (5.1), de visualiser l'ondulation résiduelle.

### 3.3. Caractéristique d'un transistor.

On tracera  $V_{ce} = f(I_c)$ .

On polarise d'abord le transistor en courant continu. Prendre un point de fonctionnement au milieu de la droite de charge afin d'explorer, avec le BF, toute la caractéristique. Ceci peut d'ailleurs être fait à l'oscilloscope : se mettre en DC (ou =), déconnecter la base : on doit avoir 4,5 V pour  $V_{ce}$ . Connecter la base et jouer sur le potentiomètre de 1 M $\Omega$  pour avoir  $V_{ce} = 2,25$  V. On est alors au milieu de la droite de charge.

Transistor utilisé : BD 137, par exemple.



### 3.4. Mesure d'un déphasage.

Les deux signaux X et Y sont de même fréquence mais déphasés.

Equations :

$$\left. \begin{array}{l} x = a \sin(\omega t) \\ y = a \sin(\omega t + \varphi) \end{array} \right\} \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{2xy}{ab} \cos \varphi = \sin^2 \varphi$$

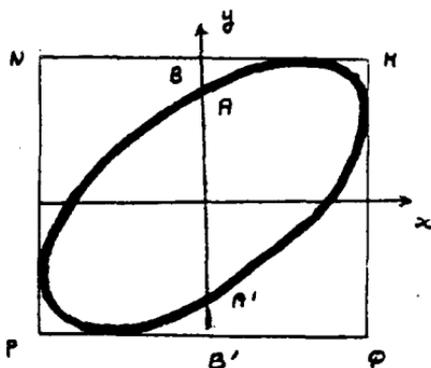
On obtient une ellipse inscrite dans un rectangle de côtés  $2a$  et  $2b$ .

Si  $x = 0$   $y = \pm b \sin \varphi$

d'où :

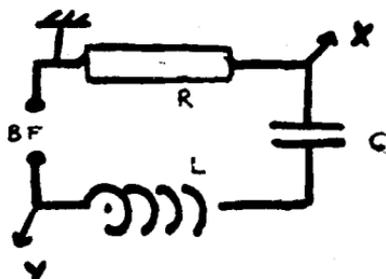
$$|\sin \varphi| = \frac{y}{b} = \frac{AA'}{BB'} = \sin(\pi - \varphi),$$

on obtient  $\varphi$  à  $\pi$  près.



### Expérience.

A la résonance  $LC\omega^2 = 1$   $\varphi = 0$ , faire un calcul approché de la valeur de  $\omega$ . Observer le déphasage en fonction de  $\omega$ . Faire varier  $R$ , voir son rôle sur « l'acuité » de la résonance (variation plus ou moins rapide du déphasage avec  $\omega$ ).



Pour centrer l'ellipse, il suffit : pour l'axe des X, d'annuler le signal en Y, (0) ; pour l'axe des Y, d'annuler le signal en X [pas de fonctions spéciales sur les oscilloscopes, sauf ceux dont la voie A (verticale) devient horizontale (SCHLUMBERGER, TEKELEC), alors (0)].

#### 4. ETUDE D'UNE GRANDEUR Y QUI N'EST PAS FONCTION DE X.

##### 4.1. Mesures de fréquences.

a) Envoyer un signal  $50 \pm 0,05$  Hz (d'après E.d.F.) par l'intermédiaire d'un transformateur 220/6 V en X et un BF en Y. On obtient des figures de LISSAJOUS pour certaines fréquences multiples. Essayer d'obtenir une ellipse.

b) Par utilisation du WEHNELT qui module l'intensité du spot (pas de WEHNELT accessible sur le SCHLUMBERGER 5022). Envoyer le signal BF sur le WEHNELT. Régler la luminosité afin de pouvoir compter le nombre de pointillés (les alternances positives du BF éteignent le spot).

##### Expérience.

Faire quelques mesures de fréquences.

#### 5. ETUDE D'UNE TENSION EN FONCTION DU TEMPS.

Les plaques X sont attaquées par la « base de temps » délivrant une tension en dents de scie de fréquence réglable à l'aide d'un potentiomètre discontinu plus un bouton de relage variable.

##### Attention.

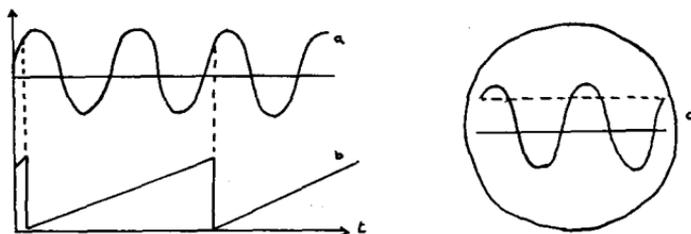
*Celui-ci doit être bloqué pour avoir une base de temps étalonnée.*

##### Problème de la synchronisation d'un signal.

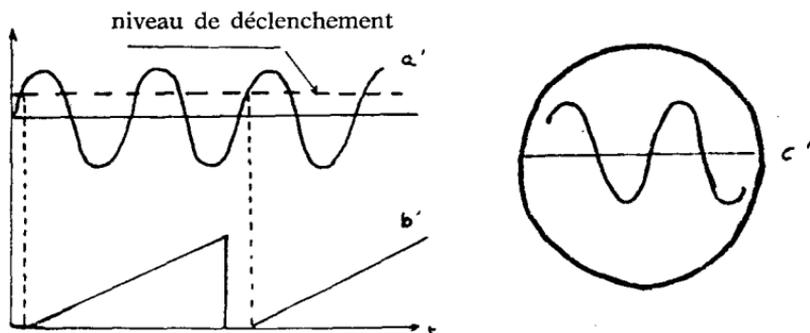
Son rôle est essentiel ; il inscrit la fréquence d'un balayage et la rend sous-multiple exact, soit de la tension injectée dans l'ampli Y (synchro int.), soit d'une tension externe (synchro ext).

Deux modes de synchronisation sont possibles, le plus ancien dit Relaxé et l'actuel dit Déclenché.

Le mode RELAXÉ (AGELEC, FARKAS, RTC) fournit une tension dents de scie sans interruption. Un bouton vernier de fréquence permet d'ajuster celle-ci et lorsqu'on est proche du synchronisme, « l'oscillateur » de relaxation qui la constitue s'accroche à la fréquence du signal. Pendant le retour du balayage, le spot s'éteint grâce à une tension wehnelt convenable. Dans le mode relaxé, à amplitude de balayage constante, c'est la pente de la dent de scie qui varie avec la fréquence. LA VITESSE DE BALAYAGE N'EST DONC PAS ÉTALONNÉE (fig.) (a, b, c).



Dans le mode DÉCLENCHÉ, la fréquence de balayage est rendue variable en introduisant un temps mort variable entre deux dents de scie consécutives. Le départ d'une dent de scie, et donc du balayage du spot, est déclenché par le signal de synchronisation ((fig.) (*a'*, *b'*, *c'*), il n'apparaît pas sur l'écran un nombre entier de périodes mais, par contre, le balayage est étalonné dans le temps et exprimé en sec/div et sous-multiples. Noter les valeurs extrêmes des calibres de la base de temps.



Le bouton de déclenchement (TRIGGER) permet de déclencher le début du balayage par un niveau réglable. Un commutateur (+/-) permettant de choisir le déclenchement sur la portion montante ou descendante du signal. On peut choisir ainsi l'endroit du signal qui apparaît au début de l'écran; avec un balayage plus rapide, on obtient un effet de « loupe ».

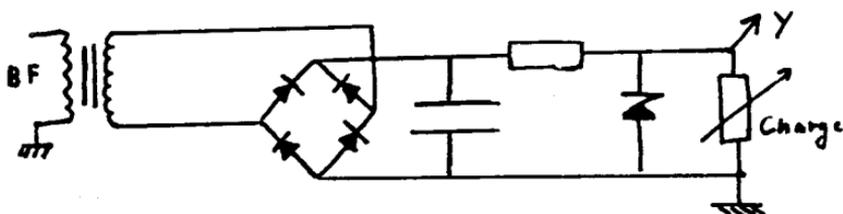
En position « AUTO », le niveau de déclenchement est réglé automatiquement.

## Expérience.

### 5.1. Synchronisation externe.

Nous allons essayer de mesurer l'ondulation résiduelle du signal redressé. Tout d'abord, se placer en DC afin de mesurer la valeur moyenne de la tension redressée; puis passer en AC afin de centrer l'ondulation pour l'amplifier. Si le redressement est correct, l'ondulation est faible et le signal ne peut être syn-

chronisé intérieurement. On utilise alors la synchronisation extérieure (Ext.) en injectant le signal initial fourni par le BF. (On utilise aussi la synchronisation externe dans le cas d'un signal complexe ou perturbé). La position « Line » (Réseau) synchronise sur le 50 Hz et permet de visualiser l'ondulation de tension redressée à partir du secteur.



### 5.2. Synchronisation interne.

Envoyer un signal BF sur l'oscilloscope ; adapter la fréquence de balayage ; régler le « Trigger » pour avoir le niveau de déclenchement voulu ; vérifier que le spot n'est plus synchronisé si le signal est trop faible ou le Trigger mal réglé ; se mettre en réglage auto.

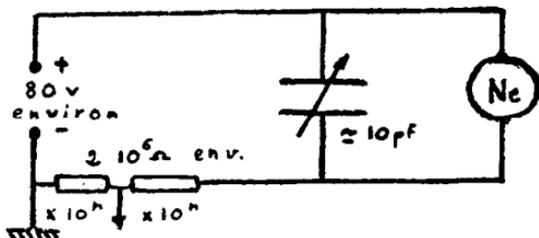
#### Attention.

Synchroniser sur la bonne voie pour les oscilloscopes bi-courbes ; utiliser le bouton ( $\pm$ ).

#### Exemple d'une base de temps.

Oscillations de relaxation.

On les obtient grâce au montage ci-dessous : un condensateur C, dont on peut faire varier la capacité, est chargé par une



source de tension continue (ou utiliser une alimentation stabilisée de 100 volts) à travers une grande résistance de quelques mégaohms. Lorsque la tension aux bornes de la capacité, donc aux bornes de la lampe au néon, atteint une certaine valeur  $V_a$ , la lampe s'allume (éclairage très faible) et la capacité se décharge à travers la lampe dont la résistance est très petite : cette décharge est pratiquement instantanée. En décroissant, la tension aux bornes de la lampe atteint la valeur  $V_e$  ( $V_e < V_a$ ). La

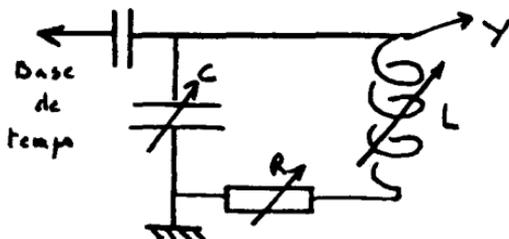
lampe s'éteint. Sa résistance devient infinie, et la capacité recommence à se charger ; et tout recommence.

Vérifier que la période des oscillations est :

$$T = RC \cdot \text{Ln} \frac{V - V_e}{V - V_a}$$

Faire varier  $R$ ,  $C$ ,  $V$  (tension appliquée) pour avoir des oscillations visibles, puis diminuer  $T$  en jouant avec  $C$  pour le visualiser à l'oscilloscope. Cette méthode peut servir à la mesure de grandes résistances.

5.3. Si la base de temps est accessible (PHILIPS 3231), *décharge oscillante*, la décharge est autosynchronisée ; visualiser les divers régimes de décharge ainsi que la valeur de la résistance critique.



Le rôle du condensateur de  $10^4$  pF est de transformer les dents de scie de la base de temps en impulsions.

Si la base de temps n'est pas accessible, on pourra toujours faire ce montage en utilisant un signal carré, la synchronisation étant alors plus délicate.

5.4. Faire aussi quelques mesures de fréquences.

#### Attention.

Le réglage continu doit être alors bloqué. On lit sur l'oscilloscope la période en sec/div.

#### Rappel.

$$\omega = 2\pi N = \frac{2\pi}{T}$$

Il suffit de multiplier le calibre par le nombre de divisions correspondant à une période pour avoir celle-ci ainsi que la fréquence en prenant l'inverse.

## 6. COMMUTATION : BICOURBE.

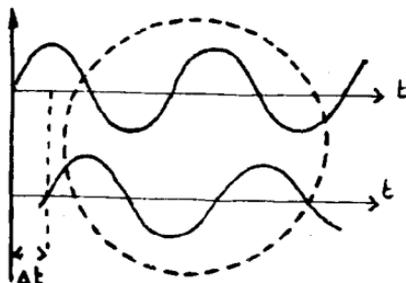
La commutation bicourbe permet l'étude de 2 phénomènes dépendant d'un même paramètre, soit parce que l'oscilloscope possède deux canons (PHILIPS PM 3231), soit par un dispositif de

commutation électronique de fréquence indépendante de celle de balayage (+ rapide); la courbe paraissant continue grâce à la persistance des images sur la rétine. C'est le mode « chopped ». Se mettre sur une faible vitesse de balayage pour le visualiser. On peut aussi faire une commutation en synchronisation avec le balayage (Alt.) : position pour laquelle les deux voies sont balayées en alternance (le visualiser en basse fréquence).

C'est le seul mode capable de suivre la HF.

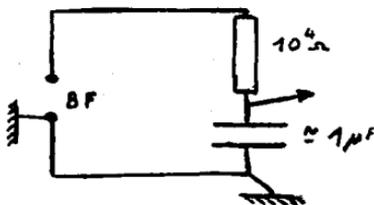
### Expérience.

On reprendra le circuit RLC étudié précédemment et on étudiera cette fois le déphasage en bicourbe. Noter que la courbe qui paraît « en avance » sur l'autre est, en fait, celle qui est en retard.



## 7. AUTRES MONTAGES DE L'OSCILLOSCOPE.

### 7.1. Circuit intégrateur.



Aux bornes du circuit :

$$V = Ri + v \quad \text{avec} \quad v = \frac{q}{C} = \frac{1}{C} \int idt$$

si :  $Ri \gg \frac{q}{C}$      $RC \gg T$  (prendre  $V > 10^3$  Hz)

on a :  $i \approx \frac{V}{R}$     et     $v = \frac{1}{RC} \int Vdt,$

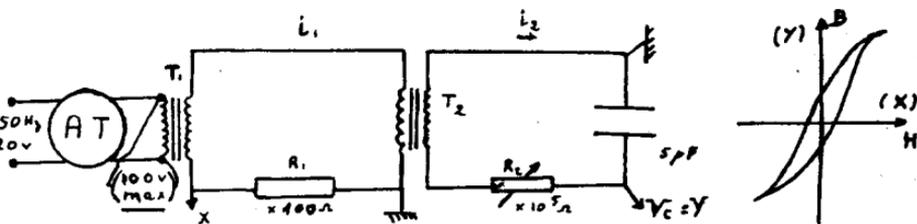
la d.d.p. aux bornes de la capacité est proportionnelle à la primitive de V.

**Expérience.**

Intégrer les différents signaux donnés par le BF.

**Application : Cycle d'hystérésis.**

$T_1$  est un transformateur démontable LEYBOLD.



On étudie le milieu magnétique constitué par le noyau du transformateur  $T_2$ . Les tensions appliquées aux plaques X et Y de l'oscilloscope sont respectivement proportionnelles au champ magnétique H et à l'induction B. En effet, si  $n$  est le nombre de spires par unité de longueur du primaire, on a :

$$H = ni_1 = n \frac{V_{R1}}{R_1},$$

si  $i_1$  est l'intensité dans le primaire  $V_{R1}$ , la d.d.p. aux bornes de  $R_1$ ,  $H$  est donc proportionnelle à  $X$ . Dans le circuit secondaire, la d.d.p.  $V_c$  aux bornes du condensateur est :

$$V_c = \frac{Q}{c} = \frac{1}{c} \int i_2 dt \quad i_2 = \frac{e}{R_2} = \frac{1}{R_2} \frac{d\Phi}{dt} = \frac{1}{R_2} N_2 S \frac{dB}{dt}$$

S : section de la spire,

$$\text{d'où :} \quad V_c = \frac{1}{c} \frac{N_2 S}{R_2} B,$$

$V_c$  appliquée à Y est proportionnelle à B.

**Remarques.**

La d.d.p. aux bornes du secondaire de  $T_2$  était proportion-

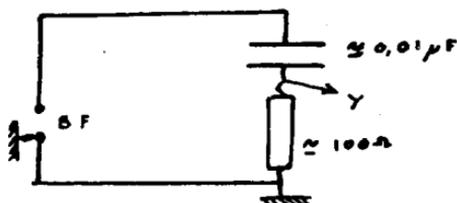
nelle à  $i_2$ ; donc à  $\frac{dB}{dt}$  en prenant la d.d.p. aux bornes de C, on

a :  $V_c$  proportionnelle à B. On a réalisé un *circuit intégrateur*.

Sans un *auto-transformateur*, le primaire et le secondaire sont montés en série, d'où un point commun aux enroulements — l'autre borne du transformateur étant un point mobile (au secondaire) — on dispose donc d'un montage potentiométrique. Cependant, on voit que sans l'emploi d'un transformateur d'isolement, les risques de claquage sont pratiquement inévitables

pour des raisons de masses (B.U.P. n° 609). Soit, on fait un court-circuit, soit on grille les premières spires de l'auto-transformateur. Il faut que le transformateur d'isolement puisse supporter la tension au secteur (LEYBOLD démontable).

### 7.2. Circuit différenciateur.



Aux bornes du circuit :  $V = \frac{q}{C} + v$  :

$$v = Ri = R \frac{dq}{dt} \quad \text{si} \quad v = Ri \ll \frac{q}{C},$$

RC petit par rapport à la période du courant.

$$\text{On a : } V = \frac{q}{C} \quad \text{et} \quad v = R \frac{dq}{dt} = RC \frac{dV}{dt}.$$

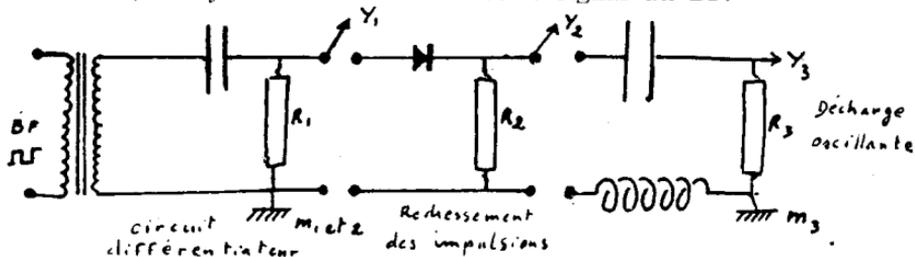
#### Expérience.

La d.d.p. aux bornes de la résistance est proportionnelle à la dérivée de V ; on a un circuit différenciateur. Dériver les signaux donnés par le BF.

#### Application.

On va réaliser un circuit différenciateur permettant d'avoir des impulsions qui serviront à étudier une décharge oscillante.

La qualité des impulsions dépend, en grande partie, du temps de montée de BF, donc de sa qualité. Pour visualiser les impulsions, on synchronise en ext. avec le signal du BF.



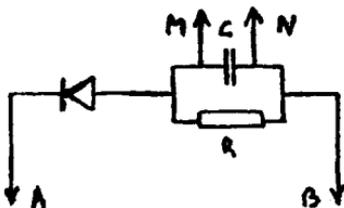
en  $Y_1$  : impulsions alternées

en  $Y_2$  : impulsions redressées

en  $Y_3$  : décharge apériodique ou oscillante.

## 7.3. Voltmètre de crête.

On réalise le montage ci-dessous.



Si, à l'instant  $t = 0$ , on applique entre les points A et B une différence de potentiel alternative :  $v = V_B - V_A = V_0 \sin \omega t$ , la diode laisse passer le courant ; si  $v$  est positif, le condensateur C se charge et si la « résistance » de la diode est faible par rapport à R, la différence de potentiel :  $u = V_N - V_M$  aux bornes du condensateur est égale à  $v$ .

Ceci jusqu'à l'instant  $t = \frac{T}{4}$  où  $u = V_0$ .

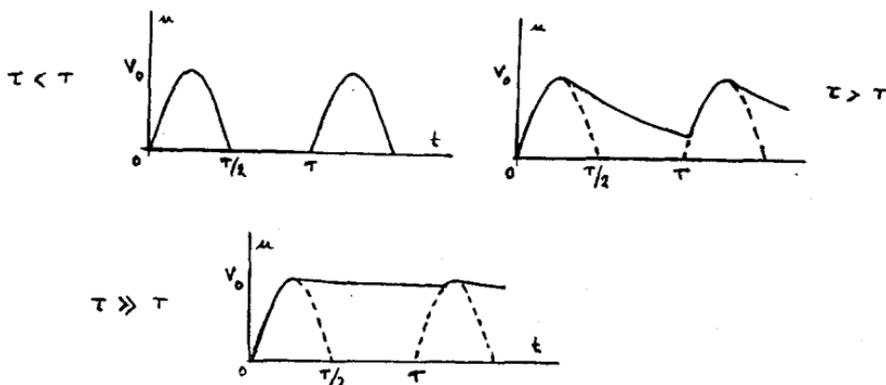
A partir de cet instant, la différence de potentiel  $v$  diminue, il devrait en être de même pour  $u$  ; mais pour ce faire, il faudrait que les charges négatives accumulées sur l'armature de gauche du condensateur puissent la quitter. Pour ce faire, il n'est pas question qu'elles traversent la diode qui fonctionnerait alors en « sens interdit » ; il ne leur reste plus que la ressource de s'en aller à travers la résistance R. Si celle-ci est faible (plus précisément si  $RC = \tau$  est petit par rapport à la période T du courant alternatif), la manœuvre est facile et le condensateur se décharge « instantanément », la différence de potentiel  $u$  reste constamment égale à  $v$ . Si, au contraire,  $\tau > T$ , le condensateur se décharge lentement selon une loi exponentielle.

A l'instant  $t = \frac{T}{2}$  pour  $\tau < T$ , le condensateur se trouve

déchargé et le restera jusqu'à l'instant  $t = T$ , la « résistance » de la diode étant très grande pour les potentiels négatifs. A partir de cet instant T, tout recommence (fig. ci-dessous).

Pour  $\tau > T$ , à partir de l'instant  $t = \frac{T}{2}$ , le condensateur

continue à se décharger plus ou moins lentement. Cette décharge se poursuivra durant la seconde demi-période (jusqu'à l'instant T) et ne s'arrêtera que lorsque la différence de potentiel  $v$  est redevenue positive et supérieure à  $u$ .

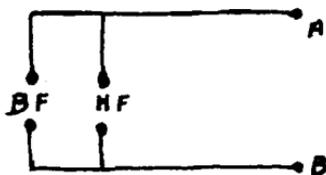


Si la résistance  $R$  est très grande ( $\tau \gg T$ ), la décharge du condensateur est très lente, si bien que  $u$  reste pratiquement toujours égal à  $V_0$  : on a ainsi la possibilité de mesurer, avec un voltmètre « continu » une tension alternative : on donne à ce montage le nom de « voltmètre de crête » puisqu'il mesure la tension maximale.

On pourrait se demander à quoi sert la résistance  $R$  : si on la supprimait, on aurait bien toujours :  $u = V_0$ . Mais le montage ainsi réalisé ne serait pas capable de mesurer une différence de potentiel alternative dont l'amplitude varierait en fonction du temps ; il faudra même que la « constante de temps »  $RC$  du circuit ainsi réalisé ne soit pas trop grande si on veut que les variations de  $u$  « suivent pas à pas » celles de  $v$ .

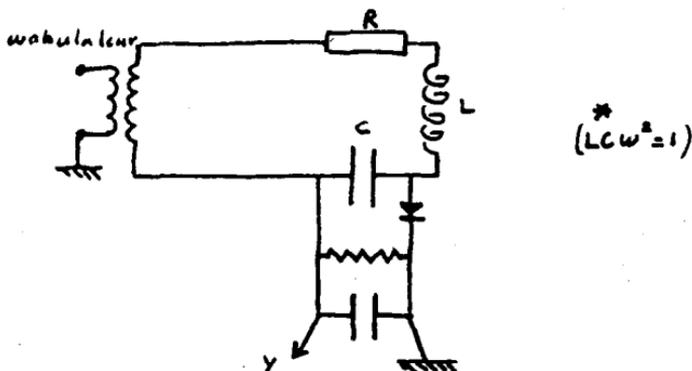
#### 7.4. Application : modulation - détection.

On fabriquera, à l'aide de 2 BF et d'une diode, un signal HF modulé par une BF (la diode ne servant qu'à garder la partie positive du signal). On peut ainsi utiliser un circuit accordé de poste radio. Le signal sera envoyé aux bornes AB. Le voltmètre de crête va donc éliminer la HF afin de ne garder que la BF ; il faut choisir  $\tau$  tel que si  $T_B$  est la période de BF et  $T_H$  celle en HF :  $T_B \gg \tau \gg T_H$  afin de ne pas déformer aussi la BF. Dans un poste radio, la BF (voix humaine) module la HF (porteuse) ; le même montage avec une diode au germanium constitue le circuit de détection.



### 7.5. Courbe de résonance à l'oscilloscope.

Si l'on dispose d'un BF wobulable (fréquence variable en fonction du temps), on peut, pour finir, faire ce montage un peu délicat : si l'on place l'oscilloscope aux bornes d'un des compo-



sants du circuit, on obtient une sinusoïde dont l'amplitude augmente lorsque la fréquence passe à la résonance (un calcul préliminaire sera utile) ( $LC\omega^2 = 1$ ). Il faut tout d'abord régler le balayage en fréquence pour que la synchronisation soit telle que le spot soit au milieu de l'écran pour la fréquence de résonance (on a intérêt à synchroniser sur la fréquence de wobulation). On peut alors placer la diode qui ne laisse passer qu'une partie (positive de préférence) du signal et le voltmètre de crête qui donnera l'enveloppe du signal, c'est-à-dire la courbe de résonance. Il faut choisir un produit RC pour le voltmètre de crête tel que RC soit grand devant la période du signal et petit devant la période de wobulation. On peut, de même, tracer la bande passante d'un amplificateur ou la courbe de résonance de circuits couplés.

Si l'on dispose, en plus, d'une sortie  $\log f$  sur le wobulateur et d'une table traçante, on pourra tracer la courbe sur papier à condition d'employer un décaleur de tension sur la voie X afin de mieux la centrer. En effet, pour la voie X ( $\log f$ ), la variation  $\Delta V$  correspondant à la variation de fréquence  $\Delta f$  du domaine étudié autour de la fréquence de résonance est petit devant la tension V correspondant à cette fréquence, le signal de sortie  $\log f$  étant un signal proportionnel à la fréquence (à l'oscilloscope, on évite ce problème en se plaçant sur AC).

J'espère que ces quelques idées de montages classiques vous seront utiles et vous permettront de mieux tirer profit de votre

oscilloscope. Je remercie mes collègues du lycée Thiers avec qui j'ai mis au point ces manipulations, en particulier, MM. JEAN et THOMASSIER qui m'ont permis d'utiliser leurs travaux personnels.

Patrick NÉEL,  
(*Lycée Thiers - Marseille*).

---