

CHAPITRE I

GENERALITES

1.1. - PRINCIPE.

Après avoir effectué la mesure des paramètres statiques des tubes électroniques sur l'Analyseur U61B, tous les utilisateurs de cet appareil désiraient compléter leurs relevés par des mesures dynamiques. Le Pont à lampes modèle 661 vient combler cette lacune. Il permet en effet de déterminer très rapidement les caractéristiques dynamiques des tubes électroniques de réception et d'émission de petite puissance, en faisant appel à des méthodes de zéro dans lesquelles l'influence des capacités parasites est éliminée.

Les 3 paramètres, résistance, pente et coefficient d'amplification sont donnés en n'importe quel point de la caractéristique statique, par le rapport de deux tensions alternatives de très faible amplitude, ce qui permet, lorsque l'équilibre du Pont à lampes est réalisé, d'obtenir en lecture directe la valeur de ces paramètres.

Ces deux tensions alternatives, dont l'une est amplifiée par le tube en essai dans la mesure de la pente et du coefficient d'amplification, sont mises en opposition dans un circuit comportant un détecteur de zéro. Une troisième tension, de phase réglable, permet d'annuler la tension résiduelle à l'équilibre, cette dernière étant due aux déphasages provoqués par les éléments réactifs parasites présentés par les circuits.

1.2. - PRESENTATION.

Le Pont à lampes modèle 661 constitue un ensemble complet et autonome du point de vue du fonctionnement alternatif. Il comporte en effet :

- Le Pont proprement dit, avec sa grille de commutation, qui permet d'alimenter n'importe quelle électrode, par les tensions d'alimentation fournies à l'appareil. Les différents circuits de cette grille sont blindés entre eux pour éviter les capacités parasites entre circuits et les erreurs de mesure qui en découleraient. Cette grille permet d'utiliser le recueil de combinaisons livré avec l'appareil ou celui fourni avec l'analyseur U61B.
- Le Générateur basse fréquence, délivrant les deux tensions principales et la tension de compensation.
- Le Détecteur de zéro, avec amplificateur à contrôle automatique de gain, terminé par un galvanomètre.
- La Platine lampemètre, sur laquelle peut se brancher une série de supports intermédiaires, permet de mesurer n'importe quel type de tube. Des cavaliers situés entre la grille de commutation et le support de tube permettent d'atteindre les circuits des diverses électrodes, et d'insérer, entre autre, des bobines anti-scillation dans certains circuits du tube en essai.

La plaque sur laquelle sont fixées les douilles destinées à recevoir les adaptateurs fait partie d'un circuit de garde.

La construction du Pent 661 répond aux normes professionnelles de tropicalisation.

- commutateurs à grains d'argent
- transformateurs imprégnés sous vide
- tubes "série sécurité"
- potentiomètres et condensateurs étanches

Toutes les pièces métalliques sont traitées contre l'oxydation.

CHAPITRE II

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

2.1. - GENERALITES.

Un commutateur permet de choisir le schéma du Pont correspondant au coefficient à mesurer. Un atténuateur décimal et un atténuateur progressif, disposés aux bornes des deux sources de tensions alternatives, permettent d'équilibrer le Pont, et donnent par lecture directe la valeur du coefficient : chiffres significatifs et place de la virgule. Une compensation des pertes permet de parfaire l'accord et d'accroître la précision des résultats obtenus.

Les tensions continues d'alimentation du tube et la tension de chauffage doivent être empruntées à des sources extérieures.

L'alimentation continue, parfaitement indiquée pour le Pont, est l'Analyseur de lampes U 61 B. La présentation et la disposition des commandes du Pont sont telles que ces deux appareils forment un ensemble homogène. Une fois les deux appareils raccordés et sans déplacer le tube monté sur le Pont, on peut effectuer successivement les mesures statiques et dynamiques.

2.2. - PRINCIPE.

Remarque : les capacités C1, C2, C3, C7 n'ont aucun rôle dans l'équilibre du Pont et, de ce fait, ont été supprimées des schémas partiels (voir leur rôle paragraphe 2.4.2. et 2.4.6.)

2.2.1. - Mesure d'une résistance (voir figure 1 schémas partiels).

Insérons une résistance X entre les points A et M de la figure 1.

Les sources e et E sont branchées avec les polarités instantanées indiquées sur la figure.

Considérons le montage lorsque l'équilibre est réalisé, c'est-à-dire qu'il ne circule aucun courant dans l'indicateur M_1 ; la tension V_{AB} est alors nulle.

Dans ce cas, si l'on néglige les valeurs des résistances internes des sources, on peut écrire la loi de Kirchoff pour la maille
E, e, R_5 , X
pour la maille

...../.....

$$e + E = i (X + R_5) \quad (1)$$

$$\text{or } V_{AB} = e - R_5 i = 0 \quad (2)$$

tirons la valeur i de l'équation (2)

$$i = \frac{e}{R_5} \text{ et portons cette valeur dans l'équation (1)}$$

$$e + E = \frac{eX}{R_5} + e \text{ d'ou finalement } X = \frac{R_5 E}{e} \quad (3)$$

En maintenant e constant, cette relation montre que l'on peut étalonner la source variable E directement en ohms.

2.2.2. - Mesure de la résistance interne d'un tube (fig. 2)

On remplace dans le montage de la figure 1 la résistance X par un tube dont la grille ne reçoit aucune tension alternative.

Un raisonnement analogue au précédent conduit à la relation

$$R_i = \frac{R_5 \cdot E}{e}$$

En maintenant e constant, la source variable E peut être étalonnée en valeurs de résistance interne.

2.2.3. - Mesure du coefficient d'amplification d'un tube (voir figure 3)

Si μ est le coefficient d'amplification du tube, la tension e se retrouve entre A et M multipliée par $-\mu$

Le signe $-$ indique que le tube déphase la tension de 180°

En adoptant comme polarités celles de la figure 3, on peut écrire :

$$V_A - V_M = \mu e$$

$$V_B - V_M = E \quad (E \text{ étant en opposition de phase avec } e)$$

En soustrayant membre à membre ces 2 équations, on obtient :

$$V_A - V_B = \mu e - E$$

lorsque $V_A - V_B = V_{AB} = 0$ c'est-à-dire à l'équilibre :

$$\mu = \frac{E}{e} \quad (4)$$

Il suffit de conserver e constant et d'étalonner directement en valeur de μ la source variable.

Remarque : l'équation (4) n'est valable en toute rigueur que lorsque le courant est nul, ce qui est nécessaire pour effectuer la mesure de μ .

Cette mesure est une mesure d'opposition. L'indicateur d'équilibre est en série avec la source E et à l'équilibre, la différence de potentiel entre les points A et B n'est pas nulle.

2.2.4. Mesure de la pente d'un tube (voir figure 4.)

La méthode est identique à la méthode de mesure des résistances. En adoptant les polarités de la Fig. 4, et en se rappelant que la tension e est non seulement amplifiée μ fois, mais changée de signe, on peut écrire : lorsque le courant dans M_1 est nul

dans la maille E, R5, Ri :

$$\mu e + E = i (R_i + R_5) \quad (5)$$

$$V_{AB} = E - R_5 \cdot i \quad (6) \text{ or, à l'équilibre } V_{AB} = 0 \text{ d'où}$$

$$i = \frac{E}{R_5}$$

et (5) devient :

$$\mu e + E = \frac{E R_i}{R_5} + E \quad (7)$$

$$\text{d'où } \frac{\mu}{R_i} = s = \frac{1}{R_5} \cdot \frac{E}{e} \quad (8)$$

En laissant la source e constante, on peut étalonner directement en valeur de la "pente" la source variable E .

Remarque : Dans tous les calculs précédents, nous avons supposé que les résistances des sources e et E étaient nulles; en fait, elles étaient négligeables devant R_5 et R_i . Néanmoins, on doit veiller à ce que :

- les résistances internes des sources e et E soient faibles devant R_5 , lors de la mesure de R_i .
- la résistance interne de la source E soit faible devant R_5 pour la mesure de pentes.
- par contre, le coefficient d'amplification μ se mesurant par opposition, aucune limitation de principe n'est imposée pour les résistances internes de e et E dans cette mesure.

2.3. - LIMITES ET PRECISION DES MESURES.

2.3.1. - Limites des mesures.

Les limites pour la valeur mesurable de la résistance interne et de la pente sont largement suffisantes pour tous les tubes courants dans toutes les conditions d'emploi.

Pour le coefficient d'amplification, la limite supérieure de la gamme (1000) est suffisante pour les tubes triodes et la plus grande partie des tubes pentodes. Cependant, certaines pentodes à très forte résistance interne possèdent des μ supérieurs à 1.000. Il était possible d'en concevoir la mesure. Cette solution a cependant été volontairement écartée. Il faut en effet multiplier par 10 le rapport maximum des tensions $\frac{E}{e}$ et ceci amène une imprécision dans la mesure.

Il est préférable, dans ces cas particuliers, d'effectuer la mesure de S et de R_i et de tirer la valeur de μ de la relation qui lie les 3 paramètres d'un tube $\mu = R_i \cdot S$

2.3.2. - Précision.

Pour les valeurs utiles des différents coefficients, la précision est de $\pm 3\%$, sauf pour les R_i comprises entre 1 et 10 $M\Omega$, où elle est de $\pm 5\%$. Le recoupement des résultats, en faisant le produit résistance interne par pente, et en le comparant au coefficient d'amplification mesuré, donne en pratique une précision de $\pm 5\%$.

Pour les résistances pures comprises entre 100 Ω et 1 $M\Omega$, la précision est de $\pm 3\%$.

Remarques : Il se peut que le recouplement donne une précision inférieure à $\pm 5\%$. Il faut alors se souvenir que, dans le cas de mesure un peu longue, la lampe dérive. Lors du recouplement, on considère des valeurs numériques correspondant à des points de fonctionnement différents, d'où l'incohérence du résultat.

Dans ce cas, une seconde série de mesures (plus rapides puisque l'on connaît l'ordre de grandeur des résultats) donne toujours la précision annoncée.

2.4. - REALISATION ELECTRIQUE DE L'APPAREIL. (Voir schéma électrique.)

Bien que le principe de mesure soit simple, l'application pratique de ces mesures conduit à de nombreuses difficultés, ce qui complique apparemment la simplicité initiale des montages.

En effet, la cathode du tube en essai doit être à la masse, ce qui fixe cette masse au point M et non au point B, ainsi que le voudrait la logique dans la mesure de R_i (Fig. 2)

Les sources de tensions continues ajoutées sur l'appareil sont d'impédance non nulle, et nécessitent l'emploi de self inductances et de condensateurs. Ces sources de tensions comportent toutes un point à la masse. Les capacités propres du tube à mesurer et les capacités dues au câblage imposent également des circuits de compensation.

Examinons les circuits annexes de l'appareil.

2.4.1. Sources e et E.

Elles sont fournies par les secondaires d'un transformateur unique T3. Ces deux tensions sont en phase, leur amplitude est variable et peut être déterminée à chaque instant.

L'amplitude de ces tensions est réglée par des atténuateurs. Dans la pratique, la tension e ne peut demeurer constante lorsque l'on fait varier E; la source e est donc suivie d'un atténuateur décimal à plot, dont la commande est solidaire de celle de l'atténuateur décimal à plot concernant la source E. Un réglage progressif de E est réalisé par un atténuateur progressif placé sur cette source.

2.4.2. Alimentation en courant continu.

Le tube en essai est alimenté en courant continu en fonction des conditions statiques de fonctionnement de ce tube.

Ces sources continues n'apparaissent pas sur les schémas partiels car elles n'interviennent pas dans la mesure.

Si elles étaient placées en série avec les sources alternatives, elles devraient comporter une résistance interne nulle ou négligeable et devraient être connectées à la masse.

L'analyseur U 61 B possède des sources continues ayant un point à la masse, il a fallu donc :

- 2.4.21. Présenter une impédance nulle au courant alternatif à l'aide des condensateurs C7, C2, C3 .
 - 2.4.22. Bloquer le courant alternatif pour l'empêcher de traverser les sources de courant continu à l'aide de R_3 et L_1 .
- 2.4.3. Les capacités parasites des différents éléments et les résistances d'isolement non infinies nécessitent l'emploi d'écrans électrostatiques protégeant les points critiques, ce qui ramène les fuites en parallèle sur le transformateur de sortie.

Capacités et résistances pourraient être mises en parallèle sur le tube s'il n'y avait pas d'écran, et venir ainsi fausser les résultats. En effet, ces impédances parasites se présentent toutes entre les points A et M, et non entre les points A et B.

2.4.4. Induction mutuelle.

Il paraît impossible d'éviter l'existence d'un léger flux de fuite dû à une faible induction mutuelle entre les différents transformateurs.

Les plus grandes précautions ont été prises par une construction soignée de l'appareil :

- 2.4.41 Augmentation sérieuse du volume des circuits magnétiques, selfs et transformateurs.
- 2.4.42 Eloignement des transformateurs les uns par rapport aux autres.
- 2.4.43 Orientation des selfs et transformateurs afin d'obtenir un couplage minimum.
- 2.4.44 Blindage des transformateurs T_2 et T_3
 - isolement de ces transformateurs, de la platine à l'aide de cales.
 - blindage total avec mise à la masse.
 - bague de cuivre placée autour du transformateur, jouant le rôle d'une spire en court-circuit qui annule le champ de fuite en créant un champ antagoniste.

2.4.5. Source de compensation E' (voir schéma partiel de fonctionnement.)

Pour effectuer la mesure d'une manière rigoureuse, il est nécessaire d'obtenir, aux bornes de T₂, soit une tension pratiquement nulle pour la mesure des coefficients résistance et pente, soit un courant nul pour la mesure du coefficient d'amplification.

Si ces conditions ne sont pas remplies, on obtient un minimum assez éloigné du zéro.

Un rapport correct des amplitudes de e et E, et un déphasage nul entre ces deux tensions sont nécessaires pour se rapprocher le plus possible du zéro.

La concordance de phase n'est pas parfaite, il existe une rotation de phase due aux impédances réactives des circuits (capacités parasites).

La source E' fournie par T4 compense cette rotation de phase. Elle permet d'injecter, par l'intermédiaire d'un circuit déphaseur CV I, un courant de phase convenable dans le transformateur de sortie T2.

2.4.6. Rôle des capacités C₁, C₂, C₃.

Leur rôle est analogue, il consiste à :

2.4.61 Empêcher tout courant continu de traverser la résistance étalon R5.

2.4.62 Empêcher tout courant continu de traverser les sources e et E.

2.4.63 Diriger la totalité du courant continu d'anode vers le tube en essai.

C₁ est toujours en série avec R5, C₂ ou C₃ se trouvent eux aussi en série, chacun à leur tour suivant la gamme utilisée.

Bien que C₁ et C₂ aient des valeurs identiques (1 µF) cette commutation ~~supplémentaire~~ est nécessaire pour conserver le déphasage entre les 2 tensions e et E, quelle que soit l'impédance présentée par le tube essayé. Suivant la gamme, l'emplacement de la capacité de protection change par rapport aux sources e et E.

...../.....

2.4.7. Grille de commutation.

On a préféré cette formule à celle d'un sélecteur, car elle présente des capacités parasites encore plus faibles et il est facile de blinder tous les points de cette grille entre eux. De plus, la grille permet éventuellement d'utiliser des cartes perforées pour réaliser la commutation des sources d'alimentation.

2.4.8. Générateur 820 Hz.

Il est constitué par un tube oscillateur V_3 à déphasage par cellule en double T, ce qui permet d'attaquer les amplificateurs V_4 et V_5 dans de bonnes conditions de stabilité et de pureté de l'onde sinusoïdale. V_4 et V_5 sont deux tubes 6005 montés en push pull pour constituer un étage de puissance.

Le signal amplifié attaque ensuite le transformateur T_3 qui fournit les sources E et e.

2.4.9. Indicateur de zéro.

La "tension de zéro" est recueillie par le transformateur T_2 . Après filtrage (filtre passe haut destiné à éliminer complètement les tensions de ronflement à 50 et 100 Hz) ce signal est amplifié par V_6 et V_7 , puis redressé par V_8 .

Un circuit en double T connecté entre anode et grille du tube V_6 applique un taux de contre réaction élevé à cet étage, à toutes les fréquences sauf à la fréquence 820 Hz. Seule, la fréquence utile est amplifiée et l'accord du pont n'est pas masqué par des tensions parasites.

Le galvanomètre mesure le courant redressé par V_8 . Il permet de détecter une tension de 500 μV appliquée à l'entrée de l'amplificateur. Une partie de la tension redressée par la seconde diode de V_8 est appliquée aux grilles des tubes de l'amplificateur afin d'effectuer un contrôle automatique de gain. En cas de surcharge, les grilles de l'amplificateur se trouvent fortement polarisées. L'amplification est ainsi limitée ce qui, d'une part, protège le galvanomètre M_1 et, d'autre part, facilite la recherche de l'équilibre; l'amplificateur n'est, en effet, jamais saturé et toute action sur un élément de réglage du pont est enregistré par le galvanomètre, même lorsqu'on est très loin de l'équilibre.

2.4.10. Alimentation.

Un sélecteur S6 permet d'adapter l'appareil aux tensions secteur suivantes :

115 - 127 - 160 - 220 - 250 V

Le secondaire comporte :

- 2.4.101 un enroulement nécessaire au chauffage des tubes. Le potentiomètre P_2 permet de rechercher le point de mise à la masse donnant le minimum de tension de ronflement à la sortie de l'amplificateur d'équilibre.
- 2.4.102 un enroulement pour le chauffage de la valve V_2 .
- 2.4.103 un enroulement alimentant les deux plaques de V_2 qui fournit la haute tension redressée alimentant les tubes après filtrage par la cellule C8 - L2 - C9.

CHAPITRE IIICARACTERISTIQUES TECHNIQUES.3.1. - CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES.

<u>Paramètres mesurés</u>	<u>Gammes</u>	<u>Précision</u>
Coefficient d'amplification	0,01 à 1.000	3 %
Résistance interne	100 Ω à 10 M Ω	\leq 1 M Ω 3 % $>$ 1 M Ω 5 %
Pente	0,001 à 100	3 %

Possibilités supplémentaires de mesures :

Résistances à coefficient de tension (V.D.R. thyrites.)
 Thermistances
 Pente de cathode
 Pente de cathode froide d'un tube à émission secondaire
 Effet dynatron
 Résistances négatives d'un dipole actif.

- Toutes ces mesures sont des mesures dynamiques autour d'un point de fonctionnement défini par la tension continue appliquée.

Caractéristiques des sources extérieures d'alimentation du tube.

Circuit Anode : courant maximum 200 mA =
 tension " 500 V =

Circuits écrans : courant maximum 50 mA =
 tension " 500 V =

Circuit filament : courant maximum 3 A.

résistance due aux connexions d'alimentation :

0,3 Ω

- Ces valeurs maxima sont imposées par les éléments de filtrage des différents circuits.

Alimentation secteur : 115 - 127 - 160 - 220 - 250 V. 50 - 60 Hz

Consommation : 50 VA.

Tubes utilisés : 3 x 6AU6WA
 2 x 6005/6AQ5W
 1 x 5726/6AL5W
 1 x 5R4GYS

Dimensions : hors tout : longueur 610 mm
 largeur 350 mm
 hauteur 400 mm

Poids : 26 Kg environ

3.2.

ACCESSOIRES LIVRES AVEC L'APPAREIL.

- | | | |
|---|---|--------------|
| 1 | Adaptateur "C" clef | 9 broches |
| | Rimlock | |
| 1 | " " "M" Miniature | 7 broches |
| | | 9 broches |
| 1 | " " "O" Octal | 8 broches |
| | Loctal | 8 broches |
| 1 | " " "T" Transco | grand modèle |
| | " | petit modèle |
| 9 | Fiches pour combinaison. | |
| 1 | Cordon de raccord de grille terminé par une pince crocodile isolée. | |
| 2 | Cavaliers comportant des bobines supprimeuses d'oscillations parasites. | |
| 1 | Plaquette perforée pour blocage de la combinaison sur l'analyseur U 61 B. (voir paragraphe 5.2.5. Chapitre Mise en Oeuvre). | |
| 1 | Notice technique avec recueil de combinaisons | |

3.3.

ACCESSOIRES LIVRES SUR DEMANDE.

- | | | | |
|---|--------------------|------------|----------------|
| 1 | Adaptateur A4 - A5 | Américain | 4 broches |
| | | " | 5 broches |
| 1 | " A6 - A7 | Américain | 6 broches |
| | | " | 7 broches P.M. |
| 1 | " A7 - E5 | Américain | 7 broches G.M. |
| | | Européen | 5 broches |
| 1 | " T.F. | Telefunken | |
| 1 | " G. | Gland | |