

Quelques réflexions à propos du transformateur de sortie « lignes » des téléviseurs et moniteurs.

Claude L. Frantz

20 avril 2022 (version revue et corrigée)

Résumé

Le présent article se propose d'étudier le fonctionnement de l'étage de sortie « lignes » à tubes et à semi-conducteurs dans le but d'essayer d'en déduire des méthodes possibles de test du transformateur de sortie « lignes ».

Bien que le fonctionnement de l'étage de sortie « lignes »¹ ait été décrit par divers auteurs dans de nombreux livres et articles, il faut bien reconnaître qu'il demeure, en grande partie, hermétique pour un grand nombre de techniciens s'occupant de télévision et de moniteurs. Il est probable que de nombreuses de ces descriptions-là restent incomplètes ou plus ou moins impénétrables. Nous entreprendrons donc d'abord un nouvel effort pour tenter d'expliquer le fonctionnement de cet étage. Pour cette explication, nous partirons d'un schéma réduit au strict minimum de composants, afin de ne pas nous encombrer de détails, qui risqueraient de voiler l'essentiel. Les valeurs numériques, données ici, ne sont qu'un ordre de grandeur permettant au lecteur de mieux se faire une idée. Elles n'ont pas valeur d'évangile. Elles se réfèrent au cas d'un balayage entrelacé à 625 lignes et 25 images par seconde, avec un tube à rayons cathodiques noir et blanc ayant un angle de déflexion de 110°.

Notre explication se fera par une séquence de *phases*, qui se répètent dans l'ordre pour chaque ligne. Même si une répétition de certains termes peut conduire à une phrase bancale, nous préférons accepter ce défaut plutôt que de risquer une possible confusion.

Le présent article se réfère principalement aux circuits utilisés sur les téléviseurs. On peut aussi les retrouver sur les moniteurs simples. Dans le cas des moniteurs « multisync », les choses sont plus complexes et les circuits aussi. Pourtant, les bases restent les mêmes.

1. Brevet britannique 400976, Alan Blumlein, avril 1932. Brevet allemand 889309, Robert Andieu, février 1935. Brevet britannique 482370, Eric Lawrence White & Alan Blumlein, août 1936.

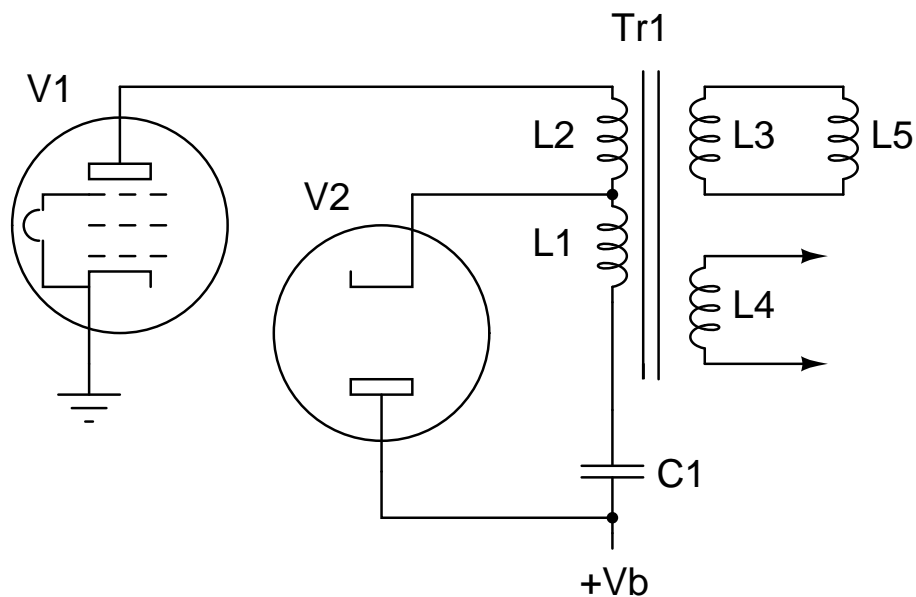


FIGURE 1 – Le circuit à tubes

1 L'étage à tubes

1.1 Structure de l'étage

Le circuit (Figure 1) est construit autour du transformateur de sortie « lignes » Tr1, ayant de multiples enroulements. Pour l'explication, qui va suivre, nous nous limiterons d'abord à trois de ces enroulements. L'enroulement L4 ne sert que d'exemple pour un enroulement additionnel. Le tube pentode V1² est commandé par un signal presque rectangulaire, si bien qu'on peut presque considérer qu'il est soit bloqué, soit conducteur au maximum. La diode V2 ainsi que le condensateur C1, dits « de récupération », jouent un rôle assez particulier qui va être décrit plus en détails. Les bobinages de déflexion L5 sont connectés à l'enroulement secondaire L3. Le fonctionnement du circuit doit toujours être analysé avec les bobinages de déflexion connectés à L3. L'influence de ceux-ci importe beaucoup. L'enroulement L1 constitue le primaire proprement dit. L'enroulement L2 est une sorte de rallonge du primaire, mais son rôle est important.

1.2 Fonctionnement

1.2.1 Spot allant du centre vers la droite de la ligne

Au début de la phase : C1 est chargé par la tension récupérée à environ 700 V, sa tension est négative au point relié à +Vb. V1 et V2 sont bloqués.

Durée de la phase : Environ 25 μ s.

2. Il s'agit presque toujours d'une penthode à faisceaux.

Évènement déclenchant la phase : V1 devient conducteur en raison du signal de commande à sa grille.

Un courant grandissant commence à circuler de +Vb, par C1, L1, L2 et V1. La tension sur C1 étant en série avec la tension d'alimentation +Vb, c'est comme si l'ensemble L1, L2 et V1 était alimenté par une source, dont la tension serait égale à la somme de la tension d'alimentation +Vb augmentée de la tension de récupération présente sur C1. Un courant, transformé par le rapport de transformation, se retrouve au secondaire auquel sont raccordés les bobinages de déflexion. C1 se décharge quelque peu en raison du courant qui le traverse. En raison du rapport des choses entre elles, la tension à la cathode de V2 dépasse celle de +Vb au début de la phase, bloquant donc V2. Mais cette tension à la cathode diminue progressivement. Lorsqu'elle devient inférieure à +Vb, le tube V2 devient conducteur, si bien que le tube V1 doit fournir le courant traversant V2 en plus de celui traversant déjà L1. En raison de l'inductance propre de L2 et en raison de son couplage à L1, le courant traversant L1 augmente moins vite dans L1, dès que V2 commence à conduire. Cela aide accessoirement à contrecarrer la distorsion tangentielle inévitable dans le cas de tubes à rayons cathodiques ayant un angle de déflexion non négligeable. L'interaction des choses est assez complexe durant cette phase. Elle résulte surtout du couplage entre L1 et L2.

1.2.2 Spot allant de la droite vers le centre de la ligne (balayage de retour)

Au début de la phase : Le transformateur a emmagasiné de l'énergie.

Durée de la phase : Environ 5 μ s.

Évènement déclenchant la phase : V1 se bloque en raison du signal de commande à sa grille.

Le transformateur tente de maintenir le courant dans ses enroulements, produisant une surtension de rupture aux bornes de tous ses enroulements. Le signe de cette surtension de rupture est inverse de celui de la tension, qui était présente sur l'enroulement juste auparavant (loi de Lenz-Faraday³). V1 et V2 étant maintenant bloqués, un courant ne peut s'établir dans L1 que sous la forme d'une oscillation sur les capacités parasites de l'enroulement auxquelles s'ajoutent les capacités transformées par l'effet du transformateur. Dans certains cas pratiques, une capacité matérielle peut y être ajoutée. Le courant est de nouveau répercuté sur l'enroulement secondaire L3 et donc sur les bobinages de déflexion. Cette oscillation provoque ainsi une montée de la tension aux bornes des enroulements en même temps qu'une diminution du courant y affaissant. C'est la première partie du balayage de retour.

3. Un changement d'état d'un système électromagnétique provoque un phénomène dont les effets tendent à s'opposer à ce changement. La polarité de la tension induite est telle que si le courant peut circuler, il génère un flux qui tend à s'opposer à la variation du flux inducteur.

1.2.3 Spot allant du centre vers la gauche de la ligne (balayage de retour)

Au début de la phase : L'oscillation continue son cours.

Durée de la phase : Environ 5 μ s.

Évènement déclenchant la phase : Toute l'énergie est passée de l'inductance au condensateur. Le courant dans L1 est devenu nul, la surtension est à son maximum.

La polarité des tensions et courants s'inverse sur et dans les enroulements. L'énergie emmagasinée dans le condensateur est repassée à l'inductance.

1.2.4 Spot allant de la gauche vers le centre de la ligne

Au début de la phase : L'oscillation tente de continuer son cours.

Durée de la phase : Environ 25 μ s.

Évènement déclenchant la phase : Toute l'énergie est passée du condensateur à l'inductance. Le courant a atteint un maximum, la tension est devenue nulle sur l'inductance.

L'énergie emmagasinée dans l'inductance est prête à être repassée au condensateur. La polarité des tensions et courants s'inverse à nouveau sur et dans les enroulements. Mais comme la tension à la cathode de V2 devient maintenant inférieure à $+V_b$, la diode V2 commence à conduire. Rappelons que V1 est et reste bloqué. Un courant circule donc maintenant dans l'ensemble L1, V2 et C1 en série. Le condensateur de récupération C1 se recharge avec l'énergie emmagasinée par L1; il forme un circuit oscillant avec lui et entre en oscillation sur une fréquence bien plus faible qu'auparavant, car la capacité de C1 est bien plus grande que les capacités parasites (et autres) avec lesquelles l'oscillation venait de se faire durant le balayage de retour.

1.3 Notes à propos du fonctionnement

Nous remarquons que l'énergie n'est puisée sur la source d'alimentation que pendant que V1 est conducteur, c'est à dire durant la seconde moitié du balayage avant (voir 1.2.1). L'énergie, utilisée pour toutes les autres phases, ne provient que de l'énergie emmagasinée durant cette seconde moitié du balayage avant. C'est aussi de cette énergie-là que provient celle emmagasinée par le condensateur de récupération.

Le déblocage de V1 ne s'effectue qu'assez progressivement en raison du circuit de mise en forme (appelé « peaking » en bon français) présent dans le circuit de la grille de commande de V1. Le blocage de V1, par contre, s'effectue de façon bien plus brutale.

Les bobinages de déflexion forment un ensemble très solidaire avec le transformateur de sortie « lignes ». Ces deux composants sont faits pour fonctionner l'un avec l'autre. Leurs caractéristiques se complètent. L'étage de sortie « lignes »

ne peut pas fonctionner correctement sans les bobinages de déflexion. En pratique, la prise, par laquelle les bobinages de déflexion sont connectés au reste de l'appareil, comporte un moyen d'interrompre le fonctionnement de l'étage de sortie « lignes » si les bobinages de déflexion sont déconnectés, afin d'éviter d'endommager certains éléments de l'appareil. L'analyse du fonctionnement de l'étage de sortie « lignes » ne peut se faire qu'en tenant compte des bobinages de déflexion.

Le courant dans l'enroulement primaire L1 est toujours lié à une oscillation avec un condensateur, mais ce dernier n'est pas toujours le même, selon la phase. De même en est-il de la fréquence de résonance du circuit oscillant que forme L1 avec le condensateur. C'est donc un peu comme si cette fréquence de résonance était commutée d'une valeur à une autre, selon la phase. Contrairement à ce que certains auteurs ont écrit, la diode de récupération V2 n'est pas, à elle seule, responsable de cette commutation. Ceci ressort bien de l'analyse précédente.

1.4 Notes à propos du circuit

Les variantes de ce circuit, rencontrées en pratique, sont innombrables. Pourtant, elles ont toutes les mêmes bases communes exposées ici, même si l'examen du schéma laisse souvent difficilement apparaître le circuit de base. S'ajoutent à ce circuit de base, selon les cas, divers circuits accessoires. Le plus important d'entre eux est l'enroulement THT monté sur le transformateur, avec son circuit redresseur. Si ce dernier comporte un tube, un autre enroulement du transformateur se chargera d'obtenir le courant de chauffage de la cathode de ce tube redresseur. Ce circuit accessoire est toujours présent. On rencontre souvent divers enroulements additionnels sur le transformateur ou bien des prises sur les enroulements déjà décrits. Ils servent à fournir le signal présent sur le transformateur, à une amplitude plus réduite, à d'autres circuits de l'appareil. Cela peut servir à obscurcir la trace sur l'écran durant le retour, à fournir un signal à une VDR afin de pouvoir disposer d'un signal destiné à stabiliser la largeur de l'image et la tension THT ou bien encore à alimenter un discriminateur de phase dans le cas d'un système de synchronisation horizontale indirecte. Sur certains appareils plus anciens, la largeur de l'image pouvait aussi être ajustée en modifiant la connection des bobinages de déflexion sur diverses prises du transformateur. Voici quelques variantes rencontrées en pratique, avec le circuit à tubes :

- Le condensateur de récupération retourne à la masse plutôt qu'à la haute tension.
- Les bobinages de déflexion sont connectés sur L1 à la manière d'un auto-transformateur. L1 et L3 sont alors partiellement confondus. Habituellement, l'enroulement THT fait suite à L2, constituant alors aussi un auto-transformateur. Occasionnellement, les bobinages de déflexion peuvent être connectés à un enroulement, faisant partie de l'auto-transformateur, à un bout, et à un enroulement séparé, à l'autre bout.
- Le condensateur de récupération peut être intercalé entre deux enroulements du transformateur, plutôt que d'être connecté à l'extrémité. Cette

manière de faire se rencontre dans le cas du cadrage électrique. Occasionnellement, un condensateur de récupération intercalé peut se rencontrer en même temps qu'un second condensateur de récupération monté à l'extrémité.

L'étage de sortie « lignes » est un circuit fort complexe où toutes les choses doivent avoir une certaine structure et une certaine valeur pour pouvoir fonctionner correctement avec le reste. Dès que cet équilibre est rompu, le circuit ne fonctionne plus correctement. Cela explique pourquoi il est si difficile de remplacer un transformateur de sortie « lignes », un ensemble de bobinages de déflexion ou un condensateur de récupération, par un composant initialement non prévu pour servir de remplaçant dans un appareil donné.

2 L'étage à semi-conducteurs

L'auteur ne connaît que deux circuits de balayage à thyristors, qui ont été proposés. Le premier, qui n'utilise qu'un seul thyristor, n'a guère fait d'apparition sur le marché. Le second circuit, qui utilise deux thyristors, a connu une popularité assez éphémère sur les appareils d'un seul constructeur. Les espoirs mis dans ces circuits ont vite été déçus en raison de la nécessité d'un circuit de stabilisation assez particulier, de l'utilisation de composants assez peu courants et du manque de sources alternatives pour ces composants.

Il existe essentiellement deux circuits de balayage à transistors, qui se ressemblent notablement. Nous examinerons le plus courant ici.

2.1 Structure de l'étage

Le transformateur Tr1 (Figure 2) comporte différents enroulements secondaires (qui ne sont pas tous représentés sur le schéma), entre autres celui destiné à fournir la THT. Contrairement au circuit à tubes, les bobinages de déflexion n'y sont pas reliés. Le transistor Q1 est commandé par un signal presque rectangulaire, si bien qu'on peut presque considérer qu'il est soit bloqué, soit conducteur au maximum. Q1 est connecté à la tension d'alimentation +Vb à travers l'enroulement primaire L2 du transformateur Tr1. Les bobinages de déflexion L1, qui sont en série avec le condensateur Cs, sont connectés en parallèle sur Q1. En outre, se trouvent aussi encore connectés en parallèle sur Q1, la diode de commutation D1 et le condensateur Cp. Certains transistors spécialement prévus pour l'utilisation dans cet étage, peuvent comporter une diode D1 incorporée.

2.2 Fonctionnement

2.2.1 Spot allant du centre vers la droite de la ligne

Au début de la phase : Cs est chargé, sa tension est négative au point allant à la masse.

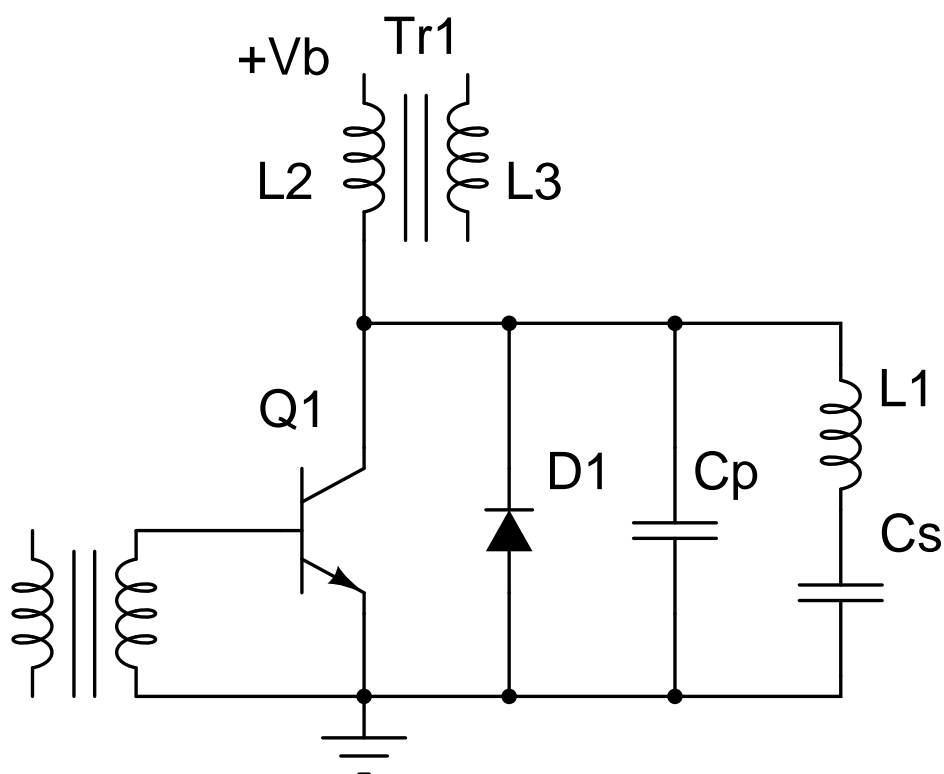


FIGURE 2 – Le circuit à semi-conducteurs

Durée de la phase : Environ 25 μ s.

Évènement déclenchant la phase : Q1 devient conducteur en raison du signal de commande à sa base.

Cs se décharge à travers L1 et Q1. Le courant à travers L1 augmente. Comme Q1 conducteur correspond pratiquement à un court-circuit de son collecteur à la masse, Cs se trouve pratiquement connecté en parallèle sur L1 et Q1 empêche Cp de se charger. De même, le primaire L2 de Tr1 se trouve connecté à la tension d'alimentation. Le courant traversant L2 augmente ; L2 emmagasine de l'énergie.

2.2.2 Spot allant de la droite vers le centre de la ligne (balayage de retour)

Au début de la phase : Les courants à travers L1 et à travers L2 sont à leur maximum. De même en est-il du champ magnétique correspondant.

Durée de la phase : Environ 5 μ s.

Évènement déclenchant la phase : Q1 se bloque en raison du signal de commande à sa base.

L1 tente de maintenir le courant qui le traverse. Cp, qui était déchargé, se substitue à Q1, qui était conducteur auparavant. Le courant passe maintenant par L1,

Cs et Cp, tous en série. L2 tente aussi de maintenir son courant qui passe maintenant par L2 et Cp en série. Pour ces raisons, Cp se charge encore davantage, ce qui conduit à la montée de la tension aux bornes de Cp. Cette tension peut alors atteindre jusqu'à 1 à 1,5 kV. Lorsque cette tension dépasse la tension d'alimentation, le courant dans L2 s'inverse. De l'énergie est passée de Cp à l'alimentation. C'est là la récupération qui s'effectue ici sur la capacité de découplage de l'alimentation et non pas sur un condensateur particulier. Voici donc la première partie du balayage de retour.

2.2.3 Spot allant du centre vers la gauche de la ligne (balayage de retour)

Au début de la phase : Cp et Cs se sont chargés par l'énergie qui était dans L1 et partiellement en L2.

Durée de la phase : Environ 5 μ s.

Évènement déclenchant la phase : Les courants traversant L1 et L2 sont devenus nuls.

L'oscillation continue. Le courant traversant L1 s'inverse. Cp et Cs se déchargent sur L1. Ces trois composants continuent d'opérer en série. La récupération de Cp vers l'alimentation continue tant que celle-ci reste possible, donc selon la tension sur Cp.

2.2.4 Spot allant de la gauche vers le centre de la ligne

Au début de la phase : L'oscillation tente de continuer son cours.

Durée de la phase : Environ 25 μ s.

Évènement déclenchant la phase : Le courant traversant L1 est maximum, Cp et Cs sont déchargés.

En raison de l'oscillation en cours, l'énergie maintenant stockée en L1 tente de repasser sur Cs et Cp. Le courant s'inverse dans ces composants, la tension aux bornes de ceux-ci aussi. Pour cette raison, la diode D1 devient conductrice. Le courant passe maintenant par D1, Cs et L1 en diminuant progressivement d'amplitude. En raison de la conduction de D1, Cp ne peut plus se charger.

2.3 Notes à propos du fonctionnement

Comme dans le cas du circuit à tubes, les bobinages de déflexion forment un circuit oscillant avec un condensateur qui change selon la phase. Il peut s'agir ici de Cs seul ou bien de Cs en série avec Cp. La capacité de Cs est toujours sensiblement supérieure à celle de Cp. Pourtant, en raison de la séparation des bobinages de déflexion du transformateur THT, les choses se compliquent. S'il était légitime, dans le cas du circuit à tubes, de reporter l'influence des bobinages de déflexion sur le transformateur pour ne plus considérer que l'ensemble, une pareille simplification n'est plus applicable ici. La complexité accrue se fait surtout remarquer

lors du balayage de retour. Tandis que nous pouvions encore nous limiter à considérer l'inductance du primaire du transformateur et de ses capacités parasites, dans le cas du circuit à tubes, nous sommes maintenant forcés de reconnaître que le nombre des protagonistes à considérer est bien plus important. Il s'agit de L1, Cs, Cp et de L2. Il importe que chacun d'eux joue exactement le rôle qui lui revient. En d'autres termes : Un défaut, même parfois minime de l'un d'eux, peut mettre en cause le bon fonctionnement de tout le circuit. C'est surtout le phénomène de la récupération qui est bien plus complexe ici.

Nous remarquons, ici encore, que l'énergie n'est puisée sur la source d'alimentation que pendant que Q1 est conducteur, c'est à dire durant la seconde moitié du balayage avant (voir 2.2.1). L'énergie, utilisée pour toutes les autres phases, ne provient que de l'énergie emmagasinée durant cette seconde moitié du balayage avant.

Outre sa fonction décrite jusque là, Cs fait aussi fonction de condensateur de correction « S », corrigeant donc la distorsion tangentielle due au tube à rayons cathodiques.

2.4 Notes à propos du circuit

Ici encore, les variantes de ce circuit sont innombrables, mais elle ont toutes les mêmes bases communes exposées ici.

3 Différences et similitudes entre l'étage à tubes et à semi-conducteurs

Pour certains esprits mal entraînés, le circuit à semi-conducteurs peut sembler complètement différent du circuit à tubes. En fait, il ne l'est pas. Il est tout juste l'adaptation du circuit à tubes au monde des semi-conducteurs. Un transistor n'étant pas un tube, une adaptation devient nécessaire et celle-ci peut sembler aller bien au-delà, alors qu'il n'en est rien.

Avec un tube, le facteur limitatif primaire est le courant maximum moyen et le courant maximum de crête de cathode du tube pentode. Par contre, un tube supporte assez bien une tension anodique élevée, même négative. Tant que la tension de commande ne devient pas positive, le tube peut être commandé par une puissance très faible. Avec un transistor, tout au contraire, le facteur limitatif primaire est la tension, au collecteur surtout. Un transistor peut tirer assez facilement un courant fort important. Un transistor est commandé par son courant de base, qui peut devenir important. Ainsi faut-il de la puissance pour le commander. Afin de pouvoir adapter au mieux les besoins de la base du transistor de l'étage final aux possibilités de l'étage driver, un couplage par transformateur est la solution habituellement préférée. Contrairement au tube, un transistor bipolaire ne supporte pas l'inversion de la polarité de la tension à son collecteur.

On peut être surpris de constater que la tension d'alimentation du circuit à semi-conducteurs n'est souvent que peu inférieure à la moitié de la tension d'alimentation d'un circuit à tubes. Une importante différence se rencontre pourtant au niveau de la récupération. Avec un tube, la récupération se fait sur un condensateur particulier et la tension récupérée se met en série avec la tension d'alimentation pour alimenter le tube pentode durant sa période de conduction. Dans le cas du circuit à semi-conducteurs, la récupération se fait sur le condensateur de découplage de l'alimentation. Durant sa période de conduction, le transistor n'est alimenté que par la tension d'alimentation seule. Il n'y a pas de mise en série d'une tension récupérée. Ainsi, le transistor travaille avec une tension bien plus faible que le tube, même si la différence entre les tensions d'alimentation, dans les deux cas, est bien moindre.

Les caractéristiques des bobinages de déflexion sont telles qu'ils ne peuvent être alimentés qu'à travers un transformateur, dans le cas du circuit à tubes. Dans le cas du circuit à semi-conducteurs, tout au contraire, un tel transformateur n'est pas nécessaire. Cette situation ressemble à celle du transformateur de sortie, dans le cas d'un amplificateur BF. Le transformateur du circuit à semi-conducteurs ne sert qu'à fournir la THT et diverses autres tensions nécessaires au tube à rayons cathodiques, ainsi que certains signaux auxiliaires, comme dans le cas du circuit à tubes. Dans ce dernier cas, certaines tensions nécessaires au tube à rayons cathodiques pouvaient être prélevées sur le condensateur de récupération. Dans le circuit à semi-conducteurs, il n'y a plus de condensateur de récupération séparé, si bien que ces tensions doivent être produites d'une autre manière. C'est maintenant le transformateur THT, qui s'en occupe. Ces différences expliquent que le transformateur THT est plus petit, dans le cas du circuit à semi-conducteurs, car il n'alimente plus les bobinages de déflexion.

4 Le test du transformateur de sortie « lignes » et THT

4.1 Lamentations à propos des constructeurs

Le dépanneur est un être délaissé et incompris. Son rôle est dévalorisé et ainsi est-il traité par les constructeurs. C'est déjà une grande chance si le dépanneur dispose du schéma de l'appareil qu'il doit réparer. Les constructeurs refoulent l'idée qu'ils devraient venir en aide aux dépanneurs, qui jouent pourtant un rôle important dans le système commercial. Même en considérant très égoïstement leur rôle, les constructeurs devraient au moins comprendre son importance durant la période de garantie. Mais il n'en est rien, bien souvent. Même le schéma des appareils est souvent gardé comme un secret défense. Les dépanneurs jouant le jeu, ils se passent confidentiellement ces schémas comme un secret bien gardé. En Allemagne, à une certaine époque, il était habituel que les constructeurs fixent le schéma à l'intérieur de l'appareil ou bien qu'ils le joignent aux documents fournis au client. Certains vendeurs n'ont alors rien trouvé de mieux que de le retirer.

Le schéma est une chose fort utile, mais parfois insuffisante. Si bien peu d'informations suffisent souvent à trouver les caractéristiques, que devrait avoir une résistance qui devient suspecte, il en est tout autrement quand il s'agit d'inductances de toutes sortes. Il est absolument exceptionnel que les constructeurs donnent des détails à ce sujet. Si on peut encore deviner certaines choses, dans le cas d'un transformateur d'alimentation ou d'une inductance de filtrage, il n'en est plus de même dans le cas d'un transformateur de sortie « lignes ». C'est l'obscurité totale, totalement incompréhensible. Même si l'on consulte les catalogues des constructeurs de ces composants-là, on n'y trouve souvent que des descriptions telles que « transformateur pour tubes... , bobinages de déflexion de type... , avec inductance de linéarité de type... , etc. ». Pour un dépanneur, cela n'est d'aucune utilité. Il pourra tout juste reconnaître si ces recommandations ont été respectées sur l'appareil auquel il se trouve confronté. Cela ne lui sera d'aucune utilité dans son travail. Le dépanneur a besoin de connaître les informations à propos des caractéristiques que les composants devraient avoir, afin qu'il puisse les comparer aux caractéristiques des composants douteux qu'il a devant lui. Il ne serait pas difficile, aux constructeurs, de mettre la description des méthodes de test qu'ils utilisent eux-mêmes et les valeurs y affiant, à la disposition des dépanneurs. Car ils doivent nécessairement disposer de ces informations afin de pouvoir tester leurs composants durant la fabrication. Or, de telles informations ne sont jamais fournies au dépanneur. Pour celui-ci, cela conduit alors à une sorte de jeu de devinettes.

Il ressort des considérations précédentes, que le dépanneur se retrouve donc devant un transformateur de sortie « lignes » où il connaît tout au plus l'existence des enroulements que celui-ci doit avoir. Il ignore la valeur nominale de l'inductance et de la résistance des enroulements, de même que le facteur de couplage nominal entre eux. Il pourra donc, tout au plus, mesurer ces valeurs sur son transformateur douteux. Ce n'est que s'il découvre des valeurs complètement saugrenues, qu'il pourra en déduire que le transformateur est défectueux. Dans le cas contraire, le doute subsistera. Le dépanneur ne pourra comparer les valeurs mesurées que s'il dispose d'un transformateur du même type en parfait état de fonctionnement. Mais dans ce cas, il sera probablement plus simple de le substituer au transformateur douteux. Une idée bien sage serait d'effectuer les mesures sur le transformateur en parfait état et de les noter soigneusement, afin de pouvoir s'en servir ultérieurement, si le dépanneur devait se retrouver avec un transformateur douteux du même type.

Si le dépanneur ne veut pas se retrouver à chercher un nègre noir dans un tunnel obscur, il doit donc se questionner à propos du peu de possibilités qui lui restent pour pouvoir tester son transformateur douteux.

4.2 Réflexions à propos des possibilités de test du transformateur de sortie « lignes »

Partant des considérations précédentes, on peut découvrir que certaines choses sont intimement liées au principe de fonctionnement du circuit et à la norme du ba-

layage employée. Selon la phase de fonctionnement, le primaire du transformateur fera partie d'un circuit accordé par une capacité que l'on peut déduire du schéma. Deux états sont possibles selon que le balayage va de l'avant ou en retour. Les capacités parasites doivent être appréciées au pifomètre numérique. Dans le cas du circuit à tubes, il importe de se souvenir de l'importance des bobinages de déflection. Ces deux fréquences d'accord ne peuvent pas être quelconques car elles se trouvent liées à la norme du balayage. Dans le cas du standard à 625 lignes et 25 images par seconde, la fréquence d'accord, correspondant au balayage avant, est d'environ 5 à 8 kHz. Celle correspondant au balayage de retour est d'environ 50 à 80 kHz. On peut déduire de cela, en gros, l'inductance que doit avoir l'enroulement primaire. Si l'inductance mesurée sur le transformateur douteux s'en écarte complètement, on pourra en conclure qu'il est défectueux. Contrairement à l'affirmation de certains auteurs, il est évident que le test du transformateur ne peut se faire que s'il est complètement déconnecté de tout, y compris du tube redresseur THT.

Comme nous venons de le voir, l'énergie n'est puisée sur la source d'alimentation, et éventuellement sur le condensateur de récupération (dans le cas du circuit à tubes), que durant la seconde moitié du balayage avant. Toutes les autres phases ne sont possibles que grâce à l'oscillation de l'inductance avec certaines capacités. Mais tout cela n'est possible que si les pertes restent limitées. Un facteur Q suffisant est donc impératif. Certains appareils de mesure permettent de mesurer le facteur Q indépendamment de l'inductance. C'est là une excellente méthode pour détecter d'éventuels court-circuits dans certains enroulements du transformateur, sans qu'il soit nécessaire de connaître l'inductance nominale des enroulements. On peut se servir d'un pont de mesure ou d'un Q-mètre.

Une autre indication du bon fonctionnement de l'étage est donnée par la tension récupérée, dans le cas d'un circuit à tubes. Comme cette tension récupérée provient de l'énergie qu'avait emmagasinée le transformateur, une valeur correcte de cette tension récupérée indique que l'étage est capable de dérouler correctement toutes les phases du cycle de balayage. Il convient de mesurer la tension récupérée aux bornes du condensateur de récupération et non pas simplement par rapport à la masse. Une indication supplémentaire est donnée par l'amplitude de la composante alternative aux bornes du condensateur de récupération. Celle-ci est liée à la faculté de stockage de l'énergie dans le transformateur.

Une méthode de test simple a souvent été préconisée sous différentes variantes. Elle consiste à injecter un signal rectangulaire au primaire du transformateur à travers une impédance assez élevée et à observer à l'oscilloscope l'oscillation qui se produit sur cet enroulement. Ce qu'il importe d'observer est la fréquence de l'oscillation amortie qui correspond à la fréquence utilisée pour le balayage de retour, ainsi que le déclin de cette oscillation, indiquant indirectement le facteur Q⁴. Une fréquence d'oscillation trop élevée accompagnée d'un déclin trop rapide de l'oscillation indiquent un amortissement trop important, qui est un signe indicateur d'un

4. Brevet US 3.990.002, Robert Baum, mai 1975.

court-circuit plus ou moins important sur le transformateur. La fréquence du signal rectangulaire d'entrée n'est pas critique et elle doit être telle que l'on puisse observer suffisamment de cycles de l'oscillation amortie. La tension n'est pas critique, elle non plus. Quelques volts suffisent. Un générateur fort simple peut être construit autour d'un circuit intégré NE555. Une fréquence de l'ordre de 300 Hz peut convenir. Le couplage du générateur au primaire du transformateur à tester est souvent effectué à travers un condensateur. C'est là une méthode possible, à condition que la valeur de la capacité reste assez faible pour ne pas avoir d'influence néfaste sur la fréquence naturelle d'oscillation du transformateur et pour ne pas l'amortir sensiblement. Une résistance est certainement préférable. L'amortissement causé par la sonde de l'oscilloscope doit aussi être considéré.

Dans cet ordre d'idée, un certain Monsieur Doyer de Rouen avait indiqué un schéma fort simple. Il avait alimenté une diode Zener de 6,3 V par le secteur à 220 V, à travers une résistance de 100 k Ω , formant ainsi le générateur. Le primaire du transformateur était alimenté à travers un condensateur de 0,1 μ F. C'est certainement là une valeur bien élevée, qu'il ne serait pas bon de prendre en exemple. L'utilisation de la tension du secteur, sans transformateur séparateur intercalé, n'est certainement pas non plus à recommander.

Le problème général de ce genre de circuit réside dans la difficulté d'apprécier l'amortissement, donc le facteur Q. Si ce dernier est très faible, il n'y aura guère de difficultés pour s'en rendre compte à l'observation du tracé sur l'oscilloscope. Pourtant, sur un transformateur défectueux, la diminution du facteur Q par rapport à la valeur nominale, peut rester assez faible. Un observateur entraîné peut probablement s'en rendre compte, mais un débutant aura des difficultés. La mesure du facteur Q sur un pont ou un Q-mètre donne une valeur numérique qui n'a pas besoin d'être appréciée à l'œil. Bien que des ponts existent pour différentes fréquences, les plus usuels travaillent à la fréquence de 1 kHz. Ce n'est certainement pas là la fréquence la plus désirable pour le test que nous envisageons. Pourtant, cela reste possible. Un facteur Q de l'ordre de 12, à cette fréquence-là, indique généralement un transformateur en bon état.

Un instrument de test autonome très astucieux et d'une extraordinaire simplicité a été proposé par un certain Wayne Horner. Un petit tube au néon NE-2⁵, en série avec une résistance de 47 k Ω , est connecté aux bornes de l'enroulement primaire du transformateur à tester. Une pile de 6 V, en série avec un interrupteur poussoir, se trouve connectée au même endroit. La valeur de ces composants n'est guère critique. M. Horner explique ainsi le mode d'utilisation : L'opérateur appuie rapidement sur le bouton et le relâche aussitôt tout en observant le petit tube au néon. Si ce dernier s'illumine et émet un court éclair bien lumineux, l'opérateur pourra en conclure que le transformateur est bon. Si le petit tube au néon ne s'éclaire pas du tout, l'opérateur en conclura que le transformateur est sérieusement court-circuité. Par contre, si l'éclat reste assez faible, un court-circuit partiel est probable. Ici encore, l'opérateur doit être entraîné pour pouvoir juger et interpréter

5. C'est probablement le plus connu et le plus répandu des petits tubes au néon.

l'éclat de la lampe. En appuyant sur le bouton, l'opérateur fait passer un courant dans l'enroulement. Quand il le relâche, le transformateur produit une surtension de rupture. Dès que celle-ci dépasse au moins 75 V, la lampe s'illumine. Cela se répète à chaque alternance de l'oscillation déclinante, tant que la tension reste suffisante. La durée durant laquelle la lampe peut s'illuminer est d'autant plus longue que le transformateur est moins amorti. En réalité, le temps de désionisation de la lampe est probablement tel, qu'à la fréquence d'oscillation, la lampe ne sera guère capable de se désioniser. Mais cela importe peu ici. Considérant l'énorme simplicité du montage et la curiosité aidant, nous avons testé cet instrument. Avec un transformateur en bon état pour circuit à tubes, l'éclat n'était que bien faible mais clairement visible. L'inductance du primaire était de 17,5 mH avec un facteur Q de 11,8 à 1 kHz. Avec un transformateur en bon état pour circuit à semi-conducteurs, par contre, aucun éclat n'était visible. Les conclusions sont faciles à tirer.

On pourrait aussi songer à construire un appareil de test autonome autour d'un oscillateur dont le primaire du transformateur constituerait le circuit oscillant. Cet oscillateur ne devrait nécessiter ni prise sur l'enroulement ni enroulement couplé. Il devrait aussi n'amortir que très peu le circuit oscillant. Un oscillateur Franklin ou bien un oscillateur à couplage cathodique devraient être un bon point de départ pour les réflexions. Cet oscillateur devrait avoir un moyen gradué pour régler le couplage. L'opérateur devrait chercher le taux de couplage nécessaire pour faire partir l'oscillation. Il pourrait en déduire l'amortissement du transformateur. En faisant suivre l'oscillateur par un étage accordé à fréquence d'accord variable et d'un indicateur de niveau (un œil magique, par exemple), on pourrait déterminer la fréquence de l'oscillation. Un tel appareil de test autonome ne nécessiterait pas d'appareils de mesure extérieurs. Il conviendrait pourtant de trouver une bonne solution afin que des transformateurs fort différents puissent être testés sur le même appareil. Un transformateur THT d'un circuit à semi-conducteurs est assez différent d'un transformateur d'un circuit à tubes.

Certains auteurs ont proposé de tester le transformateur en appliquant un signal carré à la fréquence du balayage lignes à son enroulement primaire. Cette manière de faire soulève certaines réserves. Dans le cas d'un transformateur pour circuit à semi-conducteurs, cette méthode est envisageable même si l'amplitude de la tension appliquée au primaire reste plus faible que dans le cas du service normal. Dans le cas d'un transformateur pour circuit à tubes, le test devrait au moins se faire avec les bobinages de déflexion connectés. Si le redresseur utilisé est un tube à vide, il faudra faire le test avec une amplitude de signal telle que le tube redresseur soit chauffé correctement. Le résultat du test se déduit habituellement de la tension redressée obtenue. Mais celle-ci dépend des caractéristiques du transformateur, surtout du rapport de transformation. Mais nous devons nous souvenir, que nous partons de l'hypothèse que les caractéristiques du transformateur ne sont connues.

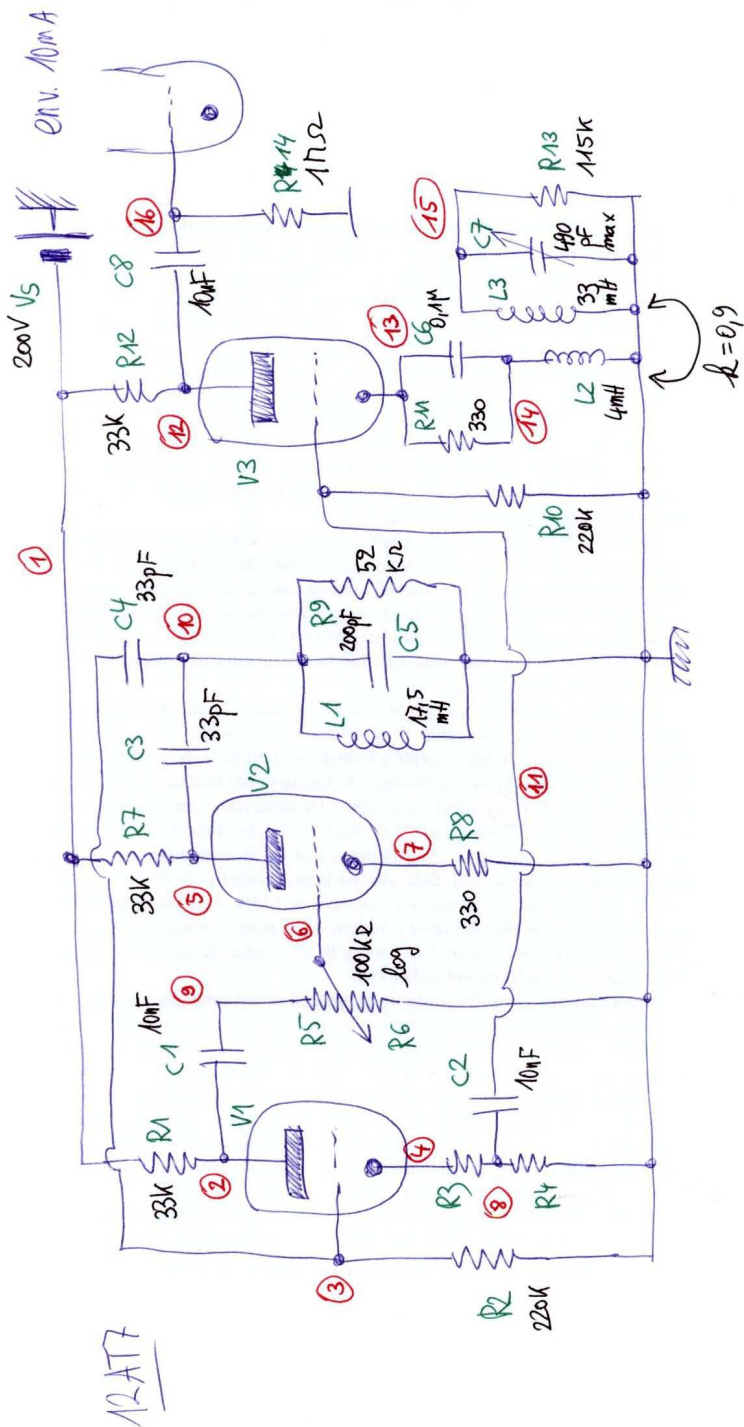


FIGURE 3 – Gribouillis d'un montage de testeur tel qu'il a servi de base à une simulation. L'amplificateur sélectif utilise ici un réjecteur, ce qui a été jugé plus avantageux. L'indicateur est un œil magique dont on ne voit apparaître que la grille de commande.