

ETUDE D'UNE DECADE ROCHAR A474 A TUBES

Rubrique : Histoire des techniques

Niveau de difficulté : moyen

Chapeau Grâce à cet article, nous pouvons « toucher du doigt » l'audace qu'il a fallu à des industriels pour offrir des moyens de métrologie innovants avant l'ère des semiconducteurs et des circuits intégrés « logiques ». Par contraste on mesure mieux, bien que nous le sachions déjà, l'immense apport des transistors.

Notez bien que cet article ne décrit que le module à décade de référence A 474, partie intégrante, du fréquencemètre Rochar A 477

Voici une introduction à l'électronique numérique au temps des tubes.

Au début des années 50, tous les appareils de mesure utilisaient comme interface avec l'opérateur un appareil à aiguille présentant plusieurs défauts, en particulier un manque de précision et le nécessité de convertir en chiffres la lecture avec des résultats différents d'un opérateur à un autre. Le besoin se fait donc sentir d'avoir un appareil donnant directement une lecture sous forme de chiffres.

Au niveau de l'affichage, le plus connu d'entre vous est sûrement le tube Nixie, inventé en 1954 par Burroughs, Nixie est d'ailleurs un marque déposée par ce fabricant. Mais il n'apparaîtra sur les appareils de mesure qu'à la fin de la décennie, utilisé d'abord sur les machines à calculer. Le système à rangée de néons est l'un des plus utilisés par de nombreux constructeurs dont HP jusqu'en 1957. D'autres systèmes existent depuis la fin des années 40 (E1T PHILIPS qui est un tube à déviation de faisceau ou le chiffre apparaît dans une petite fenêtre parmi 10, Dekatrons tubes spéciaux, utilisés aussi par ROCHAR sur le A770 qui utilise la même technologie de comptage que le A477, décades à lampes et compteur de LEWIS)

Une décade c'est quoi? C'est un compteur qui doit présenter 10 états stables pour représenter les chiffres de 0 à 9, dans sa version électronique, elle compte des impulsions, transition de faible durée d'un état de repos stable, présence de tension positive par exemple à une tension nulle ou presque dans le cas d'une impulsion négative.

Pour réaliser un affichage, on met en cascade plusieurs décades. Au départ une commande générale met toutes les décades avec l'affichage 0 c'est le RAZ! Chaque impulsion fait avancer la décade d'un chiffre, à la dixième impulsion, elle revient à son état initial mais transmet à la suivante une impulsion qui la fait avancer d'un chiffre, un peu comme dans les compteurs mécaniques ou une dent fait avancer la roue suivante au passage à 0.

On verra que l'électronique n'est pas du tout adaptée au comptage que nous utilisons tous les jours dit "en base 10", elle s'accommode mieux de la "base 2", les fameux 0 et 1 des états logiques. Pour compter par 10 il a donc fallu trouver des astuces, objet de la présente étude.

Si les premiers appareils apparus sur le marché étaient des fréquencemètres, période mètres, chronomètres, c'est qu'il est très facile de convertir électroniquement un signal périodique en impulsions et d'en autoriser le comptage pendant un temps très précis, basé sur une référence à quartz dans ces appareils. Pour convertir d'autres mesures comme des tensions en impulsions, c'est un peu plus compliqué surtout avec des tubes, cela pourra éventuellement faire l'objet d'un autre article, mais les premiers "multimètres" à tubes sont apparus assez vite.

ROCHAR a été le premier et même le seul constructeur Français à se lancer dans la course au milieu des années 50 et a essayé de se démarquer en proposant une décade originale dont l'idée initiale était de compter directement par dix, but pas tout à fait atteint, on verra pourquoi.

L'histoire des décades à tubes est loin d'être une anecdote, comme j'ai pu l'entendre, puisqu'elle a duré près de 15 ans et marquée une révolution dans l'histoire de la mesure. Même ans la première moitié des années 60 où les transistors font leur apparition, mais sont extrêmement chers, FERISOL a encore utilisé des décades à tubes, pas des doubles triodes, mais des tubes à gaz à cathode froide type Z70U, qui permettait la réalisation d'une décade très simple et économique.

Dans ma collection, je possède un HP524 B de 1957, affichage néons, et un 524 C à Nixies de 1959.



Le HP 524 De 1957



Décade HP à néons



Décade HP à Nixies

Mon HP524C a d'ailleurs une histoire fantastique, il m'a été donné par un ancien de mon école (hélas décédé depuis, il avait alors presque 96 balais) qui en 1960 travaillait à la Thomson sur le programme de mesure du premier essai nucléaire Français dans le Sahara, une pression terrible, le Général avait fixé le jour et l'heure et pas question du moindre retard.

Voilà donc mon 524 dans le Sahara, en plein air dans une petite enclave à coté du blockhaus d'observation. Comme il fallait garder trace de la mesure, mon ancien avait imaginé de photographier l'affichage, il avait donc fait un montage avec des noix de chimiste et des barres pour relier l'appareil (argentique, bien sur) aux poignées. Le petit déclencheur flexible que certains ont connu et un électroaimant à noyau plongeur et le tour était joué. Malgré la distance, le souffle de l'explosion a démoli ce montage fragile mais la photo avait été prise et bonne. Le 524 avec ses 55 kg n'a pas bougé!

De retour à Paris le 524 a fini dans le sous sol de mon ancien et maintenant à Désertines dans mon atelier, je n'est pas vérifié si il restait des traces de radioactivité!

Si je vous compte cette anecdote c'est pour montrer l'apport de ces technologies au développement de l'arme nucléaire française qui demandait des mesures de temps très précises et l'apparition d'un nouveau besoin qui est de pouvoir enregistrer et conserver la mesure, satisfaite ici de manière un peu rocambolesque, mais qui entraînera l'apparition des bus sur les appareils de mesure, d'abord vers des machines comptable imprimantes, puis vers des calculateurs, naissance du bus IEEE, une autre histoire de la mesure à compter!

Revenons en à nos ROCHAR, Il y a quelque temps, j'ai eu la chance de faire l'acquisition d' un fréquencemètre ROCHAR A477.

Magnifique appareil sorti en 1955 équipé de 47 tubes et pesant un poids respectable qui dépasse largement les capacités d'envoi standards (30kg)!



Le ROCHAR A477



A477 Intérieur, 47 tubes!

Un bon nettoyage et quelques travaux de peinture sont à prévoir!

Les performances de l'appareil sont extraordinaires pour l'époque: imaginez lecture directe jusque 100 KHZ avec une précision de 10⁻⁵. Comme dit en introduction, ces premiers appareils a lecture directe commencent juste a apparaître sur le marché, d'ailleurs ROCHAR proposera encore en 1956 un fréquencesmètre a aiguille le A 562.

UNE RÉALISATION FRANÇAISE

DE CLASSE INTERNATIONALE

MESURE DES FRÉQUENCES

LECTURE DIRECTE
EN CHIFFRES
DES FRÉQUENCES (F), DE
0 A 100.000 Hz
ERREUR DE MESURE:
 $\pm \frac{1}{100.000} \pm \frac{1}{T}$ (T = TEMPS
DE MESURE, COMPRIS
ENTRE 0,01 ET 10 SEC.)

précision
+10⁻⁵

FRÉQUENCESMÈTRE
TACHYMÈTRE
CHRONOMÈTRE
PÉRIODEMÈTRE
ÉLECTRONIQUE

MODÈLE A-477

MESURE DES VITESSES

LECTURE DIRECTE
EN CHIFFRES
DES VITESSES DE ROTATION (V)
EN TOURS/MINUTE
A L'AIDE DE GÉNÉRATRICES
D'IMPULSIONS A-064/60
ERREUR DE MESURE:
 $\pm \frac{V}{100.000} \pm \frac{1}{T}$ (T = TEMPS
DE MESURE, COMPRIS
ENTRE 0,01 ET 10 SEC.)



MESURE DES TEMPS

LECTURE DIRECTE
EN CHIFFRES
DES INTERVALLES DE TEMPS (T)
EN DIZAINES DE
MICROSECONDES

ERREUR DE MESURE:
 $\pm \frac{T}{100.000} \pm 10$ MICRO-
SECONDES

CAPACITÉ DE COMPTAGE
100.000 SECONDES

MESURE DES PÉRIODES

(PROCÉDÉ DE MESURE
DE HAUTE PRÉCISION
DES T.B.F.)
LECTURE DIRECTE
EN CHIFFRES
DE LA DURÉE DE PÉRIODES
EN DIZAINES DE
MICROSECONDES
(SUIVANT MODÈLE)

INDUSTRIES ET LABORATOIRES

- Applications de la Base Fréquence, Electromécanique, Aéronautique, Automobile, Industrie Horlogère...
- Mesure précise des B.F. et T.B.F. de 0 à 100.000 Hz.
- Étude des filtres B.F.
- Mesure précise des intervalles de temps.
- Ballistique - Contrôle des relais, contacteurs, retardateurs, etc.)
- Mesure précise des vitesses de rotation (0 à 100.000 tours/minute)
- Contrôle instantané et précis de la fréquence des Réseaux.
- Documentation technique et offres de fournitures sur demande à :

Rochar

électronique

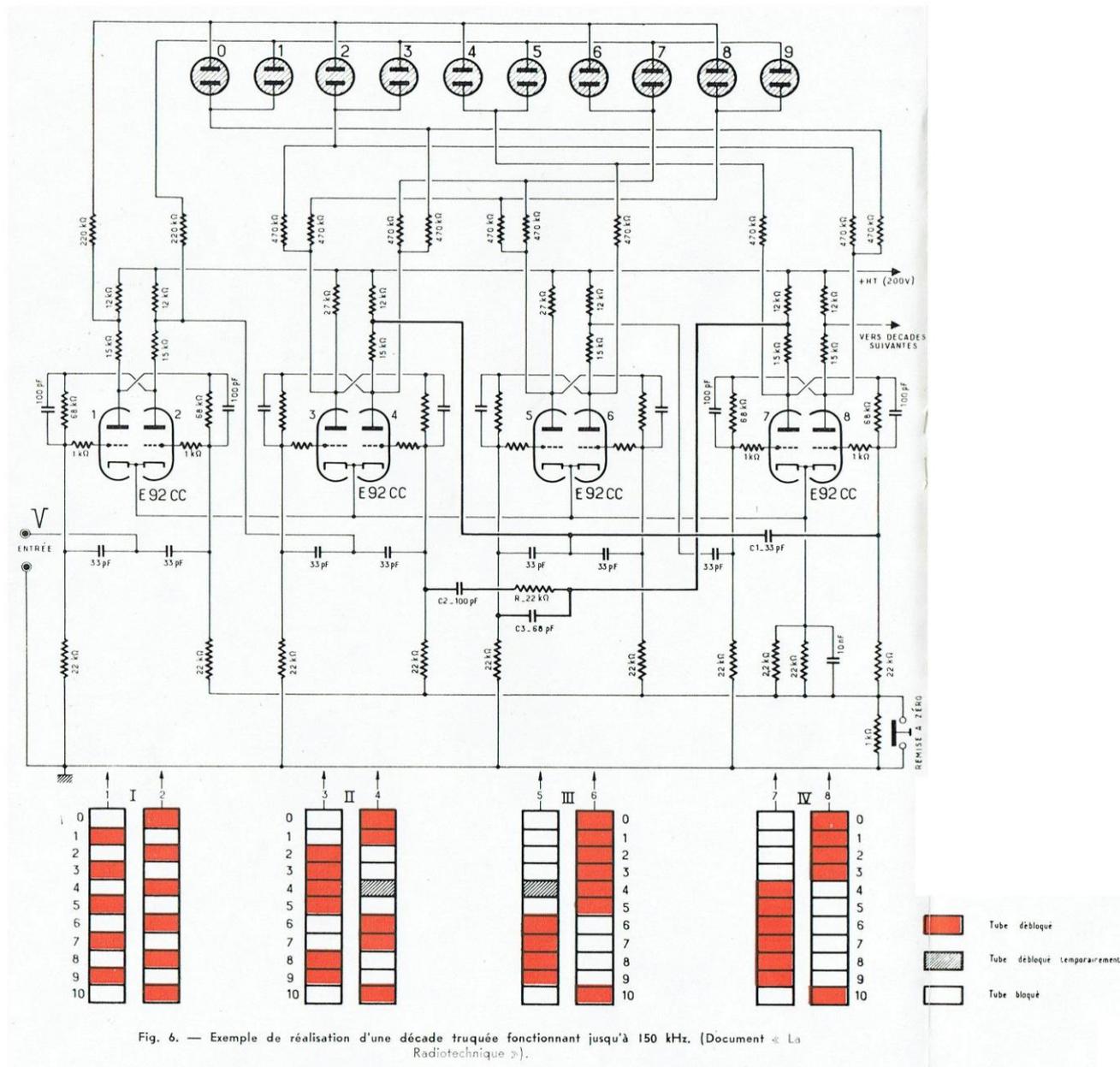
71, RUE RACINE - MONTROUGE - SEINE - TÉL : ALÉ. 00-07

S. E. T. P.

Petermann

Grâce a l'aide de membre RADIOFIL j'ai pu récupérer a RADIOMANIA 2022 un deuxième A477 en bon état , même essayé par le vendeur du bon coin car il a son connecteur d'alimentation, pièce rare! Merci a Marcel de Nancy et Christian de Metz pour le transport.

Quand j'ai commencé a analyser la décade A474 présente en 5 exemplaires sur l'appareil et équipées de 4 x 12AU7 chacune, je m'attendais a trouver une variante de la classique décade dite truquée (origine du nom: PHILIPS) comme sur les HP et autres constructeurs. Ce montage est parfaitement décrit dans Electronique Industrielle N° 19, que j'ai scanné et placé sur Doctsf, dont je conseille vivement la lecture pour la compréhension de la suite.



Décade truquée classique

Le module de base et le bascule Eccles Jordan ou bistable, qui est un compteur par 2, composé de deux triodes dont une seule conduit et bloque l'autre. Une impulsion négative envoyée simultanément aux deux grilles par des capacités de faible valeur bloque le tube qui conduit et n'a aucun effet sur celui bloqué, la remontée de la tension d'anode du tube qui se bloque est transmise a la grille de celui bloqué par un circuit RC ce qui le rend conducteur. Une impulsion positive n'a aucun effet car le tube conducteur maintient la grille de celui bloqué a un potentiel bas par le couplage anode grille. On peut donc relier par une capa l'anode du tube bloqué aux deux grilles de l'étage suivant, rien ne produira sur ce deuxième étage au premier changement. Par contre a la deuxième impulsion, ce tube va se re bloquer et la chute de la tension anodique va transmettre une impulsion négative au deuxième étage qui va cette fois basculer.

Avec quatre bascules de ce type on obtient un ensemble a 16 états stables, ou compteur binaire par 16, ou encore appelé compteur hexadécimal (les états sont représentés par les chiffres de 0 à 9 et les lettres ABCDEF, bien connus des anciens

informaticiens qui comptaient de tête dans cette base), ce n'est pas tout a fait ce que l'on veut puisque on souhaite un compteur décimal a 10 états stables! C'est ici qu'intervient le "truc"

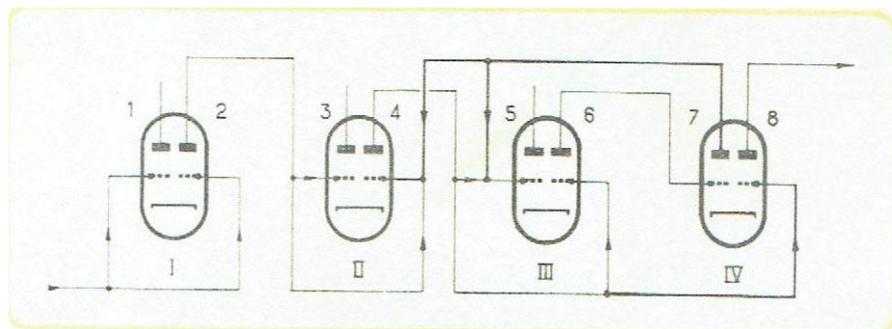


Fig. 8. — Squelette de la décade truquée dont le schéma complet est donné à la figure 6; les couplages « anormaux » sont indiqués en trait gras.

Le "truc"

Des condensateurs supplémentaires (3) renvoient des impulsions en amont ou en aval ce qui provoque le déblocage temporaire de certains tubes a partir de la quatrième impulsion (invisibles sur l'affichage) selon l'explication de l'article d'Electronique Industrielle. On obtient ainsi dix état stables qu'il suffit de décoder en plaçant les néons entre un tube bloqué et un tube déblocué avec les résistances de limitation de courant (en fait c'est un peu plus compliqué car cet état peut ce présenter dans deux cas et il faut différencier par un procédé expliqué dans le cas de la décade A474). Pour rappel la tension d'amorçage de ce genre de tubes néon est de l'ordre de 60 volts.

Quand j'ai commencé a regarder la décade A474 de mon compteur, je pensais trouver quelque chose de proche de cette structure! Surprise le montage de la deuxième et troisième double triode ne sont pas les bascules attendues.

Par chance la bascule A474 est commune au compteur A479 dont le schéma est partiellement disponible.

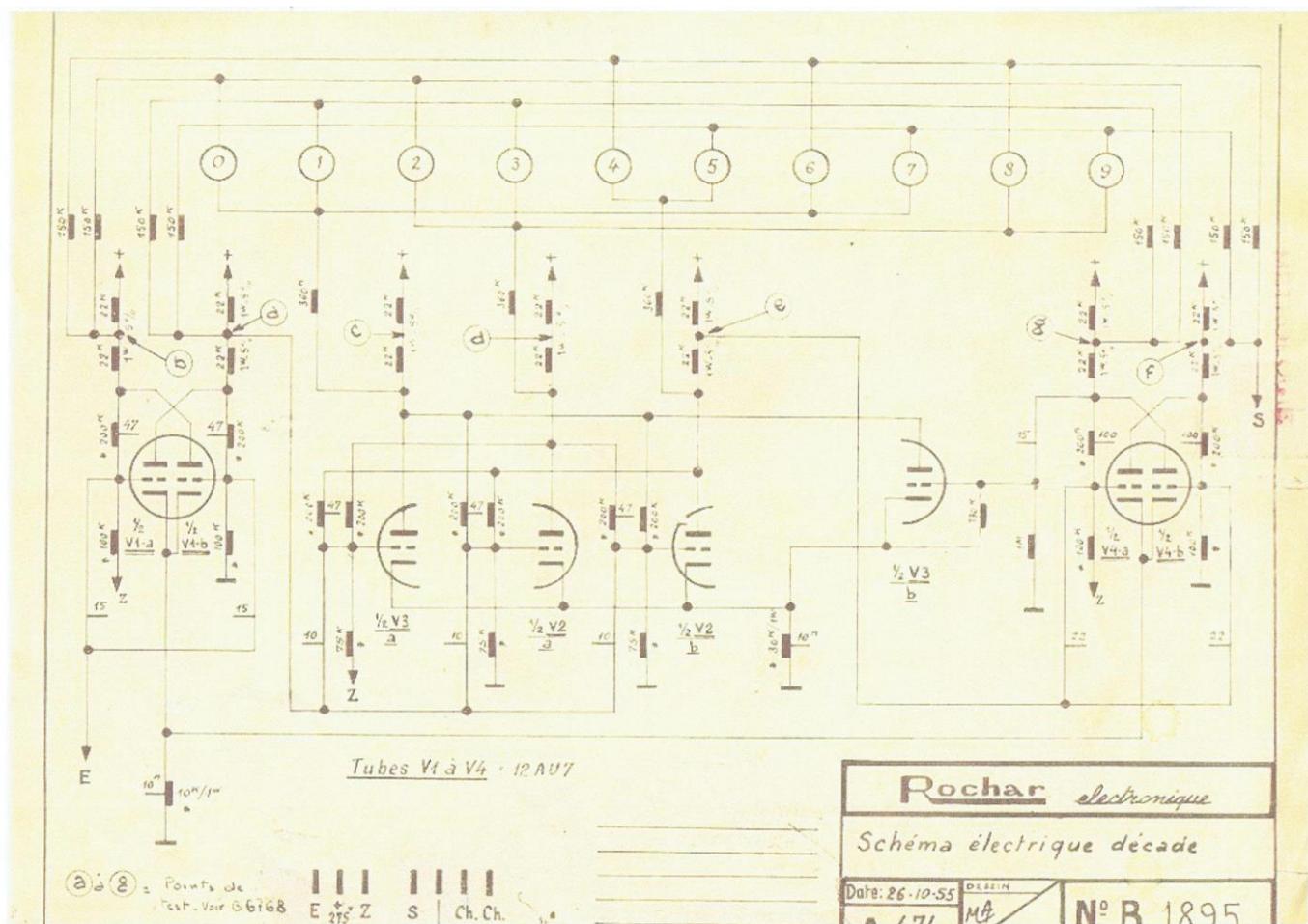
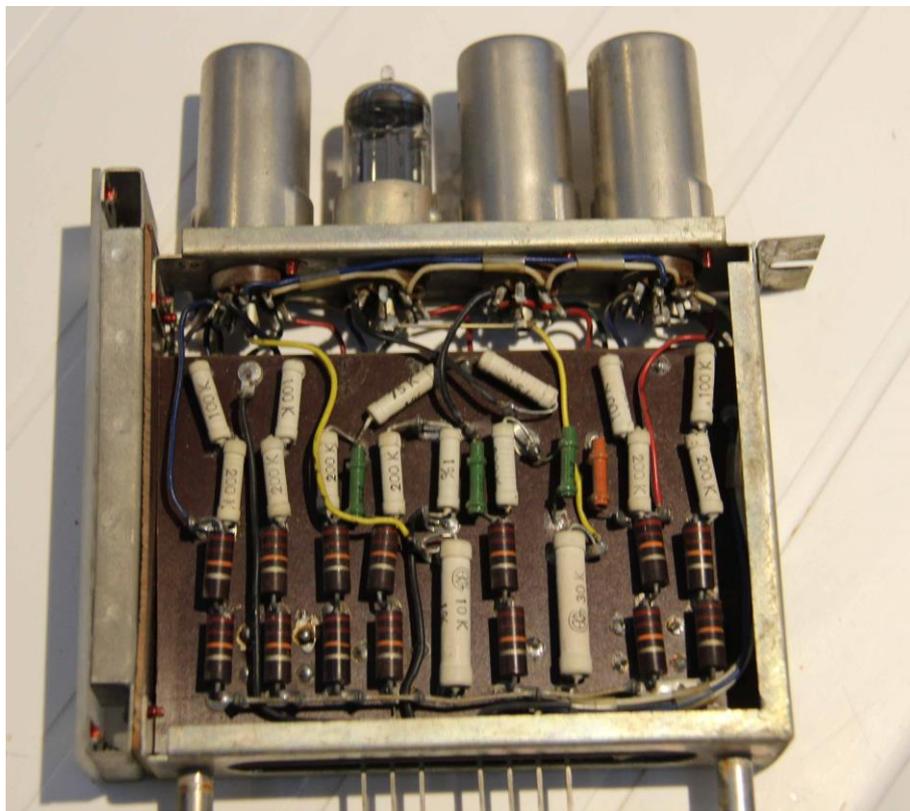
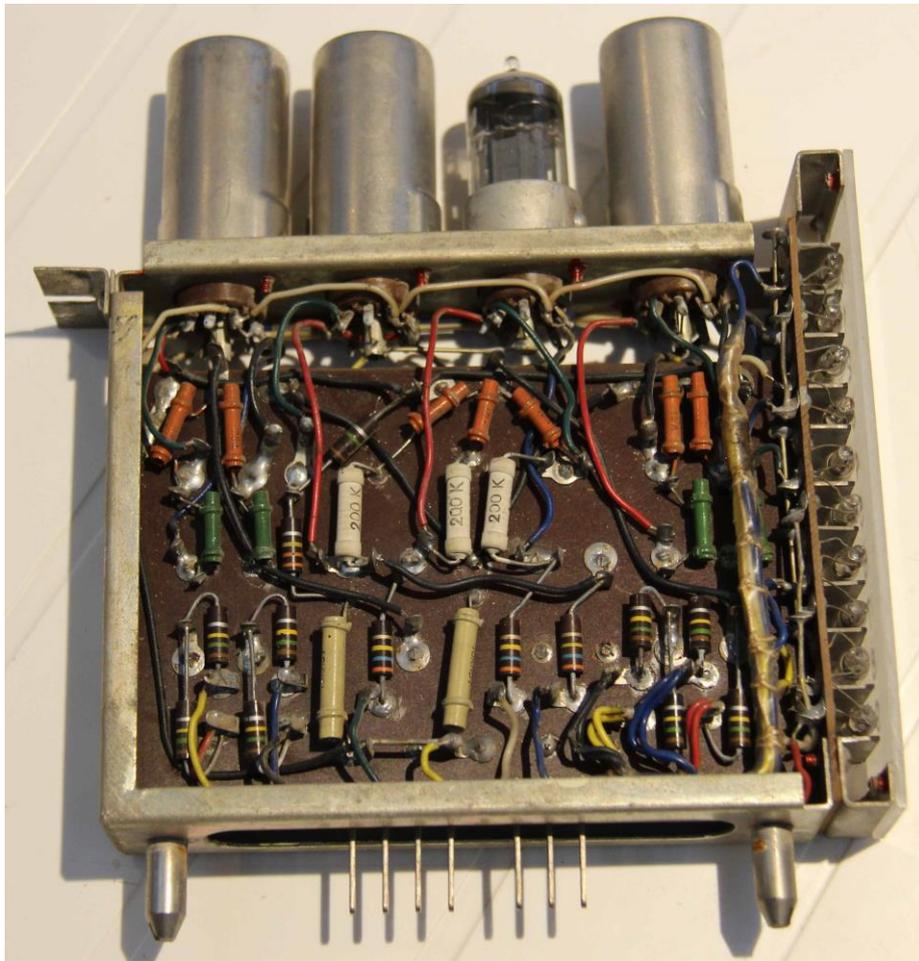
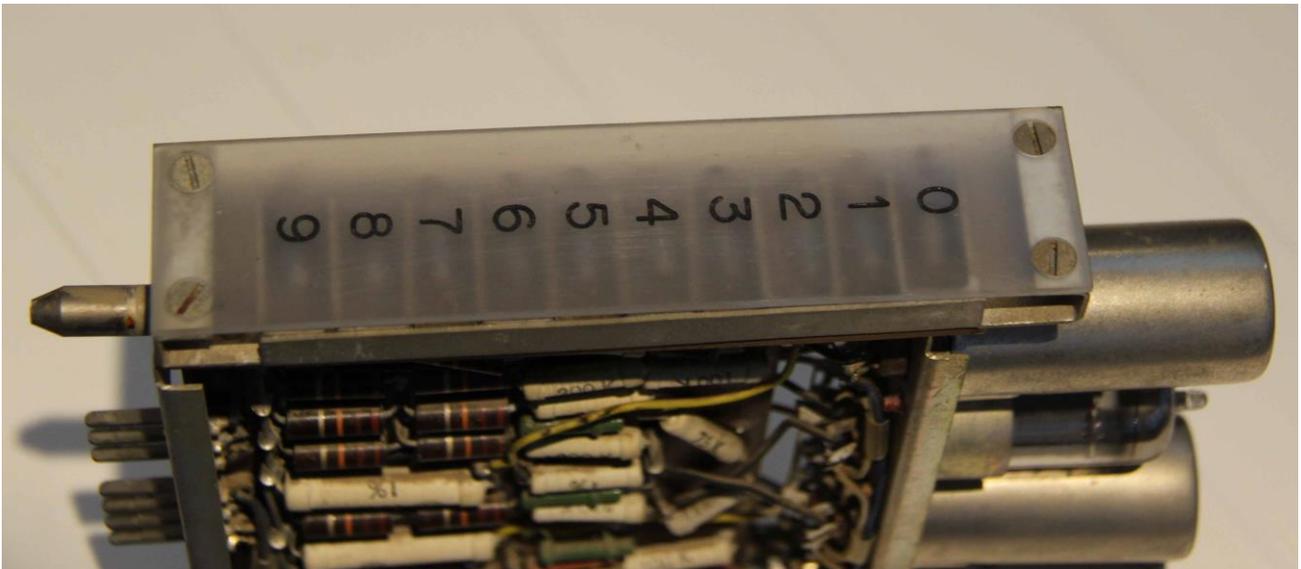


Schéma d'origine de la décade A474 (commune au A479)





Photos de la Décade A474

Remarquez la représentation particulière des schémas ROCHAR ou un condensateur en parallèle sur une résistance est figuré par un trait perpendiculaire avec la valeur du condensateur ou perpendiculaire au fil quand elle est en série. Je pense qu'il faut garder ce schéma dans son état d'origine et en comprendre les principes de représentation, cela fait partie de l'histoire de la marque et se retrouve dans tous les manuels techniques qui ne donnent que très peu ou pas du tout d'informations sur le fonctionnement contrairement aux autres marques comme METRIX.

La première et la dernière double triode sont bien montées en bascules, mais qu'en est il des deux du milieu? Montage pour le moins bizarre en premier examen.

Qu'a voulu faire monsieur Charbonnier?

La encore la solution est dans l'article du n° 19 .

On y parle au début d'un compteur particulier, le compteur de LEWIS, ou serpent qui se mort la queue!

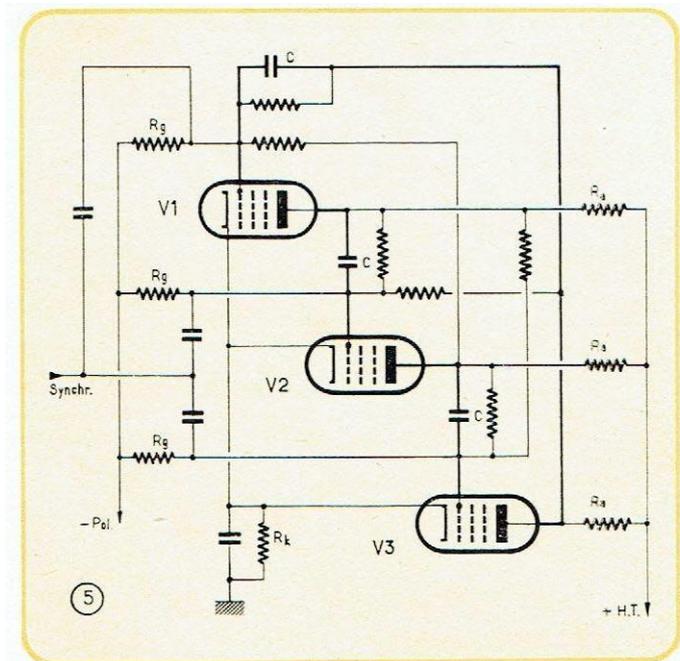
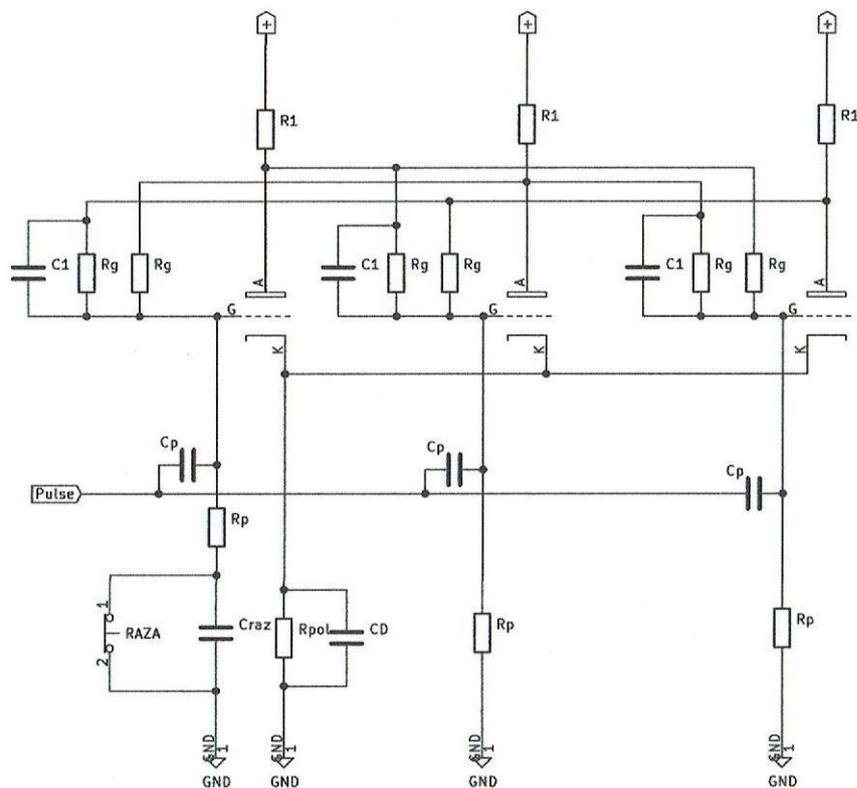


Fig. 5. — Schéma de principe d'un cycle de Lewis à 3 tubes ; les connexions indiquées en trait gras mettent bien en évidence la structure « en anneau » du circuit.

Redessiné avec des triodes dans le cas du ROCHAR avec une polarisation a la masse:



La grille de chaque tube est reliée à l'anode des deux autres par une résistance et l'anode de chaque tube est couplée à la grille du suivant par un condensateur qui transmet l'impulsion de basculement, le dernier tube étant couplé ainsi au premier ce qui ferme la boucle.

Les valeurs des composants sont choisies pour qu'un seul tube puisse conduire à la fois et sa tension d'anode bloque tous les autres. Une impulsion négative sur toutes les grilles n'agit que sur celui qui conduit et le bloque, la remontée de sa tension d'anode entraîne la mise en conduction du suivant par la liaison capacitive, et ainsi de suite.

On comprends l'idée de monsieur Charbonnier qui était sûrement de réaliser directement un compteur décimal en mettant un premier bascule, diviseur par deux, suivi d'un compteur de LEWIS à cinq étages.

Hélas si ce compteur de LEWIS est théoriquement extensible à n étages, il souffre de nombreux défauts et devient vite instable, les composants doivent être rigoureusement identiques.

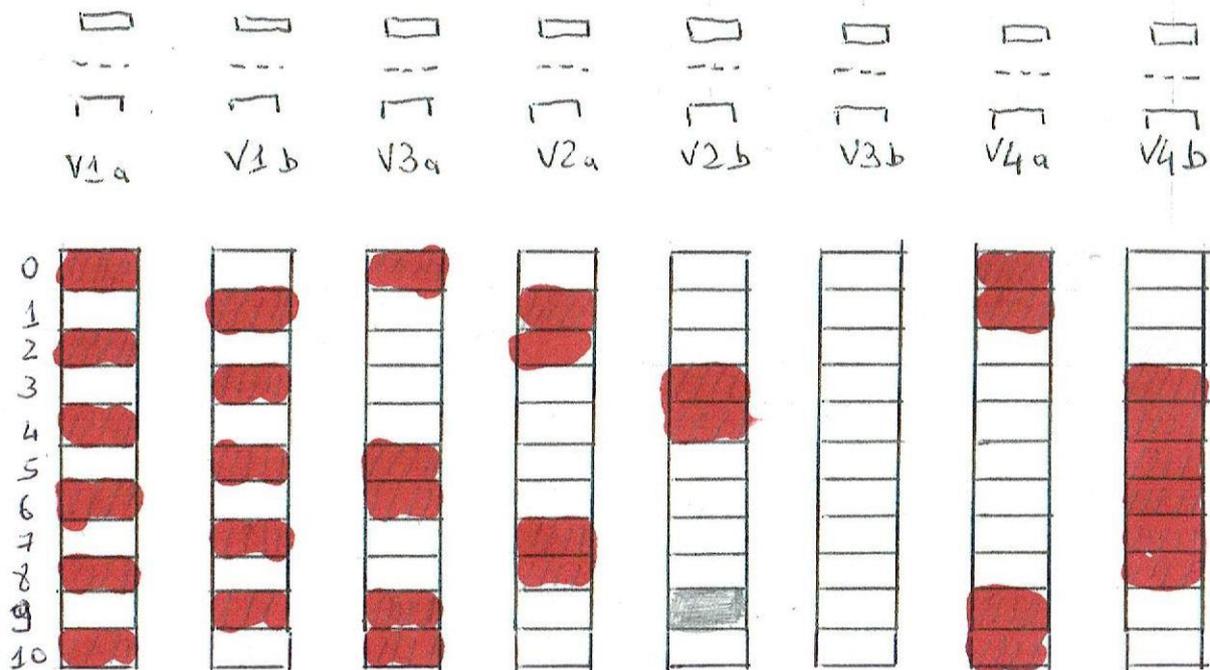
Pour que le blocage des tubes non conducteurs soit confortable il faut que la variation de potentiel de l'anode du tube qui conduit soit grande, des pentodes sont donc plus adaptées, c'est pourquoi beaucoup de montages existants sont faits avec ce type de tubes. Avec des triodes on est conduit à augmenter fortement les résistances d'anode mais alors la cadence, ou vitesse de comptage, en prends un coup! (voir toujours l'article du n° 19 pour des explications plus précises)

Comme il n'existait pas de double pentodes, le nombre de tubes sur l'appareil aurait été de +10! Compromis économie, vitesse de comptage, monsieur Charbonnier a dû revoir sa copie et se limiter à un LEWIS de trois étages, l'obligeant à faire suivre d'un deuxième bascule, réalisant ainsi un compteur par 12 ($2 \times 3 \times 2$).

Pour compter par 10 il a donc fallu le truquer aussi!

Examinons maintenant le fonctionnement du A474. Il faut savoir que sur ces ROCHAR, la remise à zéro s'effectue par la mise en série dans la résistance de polarisation d'un condensateur qui en se chargeant provoque la mise en conduction du tube relié à la ligne Z. Outre la représentation spéciale des liaisons capacitives, les bascules sont aussi présentées de façon non conventionnelle, au lieu du traditionnel croisement des couplages de grilles, ici ce sont les charges anodiques qui sont croisées, ce qui complique un peu la compréhension par rapport à des schémas classiques, mais encore une fois c'est l'histoire de la marque !

Le tube V3b dont l'anode est reliée à celle de V3a, ce qui m'a surpris à la première analyse, ne sert jute qu'à mettre en forme l'impulsion de trucage pour la transmettre au compteur de LEWIS, il n'intervient donc pas dans le comptage. Pour tromper l'ennemi, le premier étage du LEWIS est V3a!



● Tube Conducteur
 ■ Conduction Transitoire

Table de conduction

- Mise a zéro: A la montée de Z V1a, V3a, et V4a conduisent.
- Première impulsion négative sur E : V1b entre en conduction et la remontée d'anode de V1a provoque la mise en conduction de V2a du LEWIS.
- Deuxième impulsion sur E : V1a conduit, pas d'effet sur le LEWIS.
- Troisième impulsion : V1b conduit et la remontée d'anode de V1a provoque l'avance du LEWIS et la conduction de V2b, sa chute de tension d'anode entraîne la mise en conduction de V4b.
- Quatrième impulsion : V1a conduit, aucun changement pour le reste.
- Cinquième impulsion : V1b conduit, la remontée d'anode de V1a provoque l'avance du LEWIS et donc son retour a zéro par conduction de V3a. Le blocage de V2b n'a pas d'influence sur V4 (impulsion positive).
- Sixième impulsion : V1a conduit, aucun changement pour le reste.
- Septième impulsion : V1b conduit et la remontée d'anode de V1a provoque l'avance du LEWIS et la conduction de V2a
- Huitième impulsion : V1a conduit, aucun changement pour le reste.
- Neuvième impulsion : V1b conduit, et la remontée d'anode de V1a provoque l'avance du LEWIS et la conduction de V2b, la chute de tension d'anode de celle ci fait basculer V4a en conduction. La remontée de tension d'anode de V4b transmise a la grille de V3b provoque la mise en conduction de celle ci qui force le blocage de V2b (et de V2a qui était déjà dans cet état) donc la remise a zéro du Lewis. La conduction de V2b dans cette étape est donc un transitoire de très courte durée qui passe invisible pour le décodeur.
- Dixième impulsion : V1a conduit, aucun effet pour le reste, on est revenu a l'état initial zéro!

On a donc bien dix états stables et ainsi un compteur par 10.

Décodage d'affichage : Il suffit pour chaque état de placer le néon entre l'anode d'un tube qui est bloqué (potentiel haut) et celle d'un tube qui conduit (potentiel bas), avec une résistance en série dans chaque branche pour limiter le courant, on peut calculer que dans ce cas la tension aux bornes du néon est supérieure à 60V. Par exemple le zéro est placé entre l'anode de V1b, bloquée, et celle de V3a qui conduit, mais pour différencier du cas 6 où la configuration de V1b et V3a est la même on relie aussi le point chaud (en haut) du néon 0 à l'anode de V4b qui est différente dans les deux cas. Dans le cas 0 les tensions amenées au point chaud de ce néon sont à l'état haut et débitent donc pour moitié chacune dans le néon, dans le cas 6 V4b étant à l'état bas les deux résistances série se comportent comme un diviseur de tension et la tension au point chaud de néon est moitié du cas précédent, calculée pour être en dessous du seuil d'amorçage de celui ci. Le choix judicieux des résistances série conduit à l'allumage ou non des néons. Il suffit d'appliquer ce raisonnement pour chaque néon.

Une autre spécificité des bascules ROCHAR est la division de la résistance d'anode en deux et le placement de la charge utile sur ce point milieu pour diminuer la perturbation apportée par celle ci.

On a beaucoup parlé aussi de la dégradation de la cathode des tubes soumis a un fonctionnement long a l'état bloqué (cut-off), C'est pourquoi des tubes spéciaux ont été développés 5963, ExxCC dit séries computers, HP utilise les 5963 sur le 524, mais ROCHAR a toujours utilisé des tubes standards (WA quand même) bien que les décades des digits de poids fort restent souvent dans le même état à chaque comptage et cela sans problèmes majeurs.

Il existe aussi le compteur a DEKATRON A770 (fiche 66189), dont j'ai un exemplaire dont les décades on exactement la même structure, il diffèrent par le système de décodage pour les points de l'afficheur.

ROCHAR a pris un brevet 1354830 tardif (1964) , brevet que vous trouverez sur la fiche du A477, ou l'on mixe tubes et transistors, ce qui laisse supposer que les décades à transistors du constructeur utilisent aussi ce principe et peut être que Charbonnier a réussi a faire un 2x5 avec les transistors (je n'ai pas encore étudié ces décades)!

Patrick Binon
RFL 522

Nota: Cette article initialement destiné a Radiofil a été refusé par le grand "Responsable scientifique" Motif "L'histoire de la radio mérite mieux" (je croyais avoir écrit un article sur la mesure!)

Je tiens a votre disposition le rapport du "comité de lecture" édifiant sur la compétence et l'objectivité de celui-ci!

Prenez le N°119, est ce que vous pensez que l'article de 10 pages de notre grand "responsable scientifique" sur le NE555 (copie sans valeur ajoutée de Wikipédia, ou d'autres sites) apporte une contribution significative à "L'histoire de la radio" et a une place dans Radiofil?

Prenez tous ses articles (facile il y en a deux, voir trois par numéro, puisque c'est "sa revue") et posez vous la même question!

Puisque la liberté d'expression n'existe pas dans la revue chez Radiofil je met donc mon article sur Rétrotechnique.

J'attends vos commentaires ou remarques