

Décembre 1967

LRP 34/67

LABORATOIRE DE RECHERCHES SUR LA PHYSIQUE DES PLASMAS
FINANCÉ PAR LE FONDS NATIONAL SUISSE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

OSCILLOSCOPE A 12 VOIES VERTICALES

J.-P. Perotti

LAUSANNE

OSCILLOSCOPE A 12 VOIES VERTICALES

J.-P. Perotti

A b s t r a c t

In this paper, a 12 beam oscilloscope is described. The Y amplifiers, the response of which extends from 10 c/s to 25 Mc/s and the sensitivity from 50 mV. to 5 V./cm, are transistorized. The power consumption, 1 Kw, is reasonably low. The sweep rates range from 0,1 to 500 μ sec/cm.

R é s u m é

Cet article décrit la réalisation d'un oscilloscope à 12 entrées verticales, composé de 6 tubes cathodiques à 2 faisceaux. La bande passante s'étend de 10 Hz à 25 Mhz à 3 db pour des sensibilités de 50 mV à 5 V par cm de déviation.

Lausanne

Introduction

L'analyse des raies spectrales émises par un plasma au moyen d'un interféromètre de Fabry-Perot multicanal rend nécessaire la photo simultanée des tensions issues de 12 photo-multiplificateurs. La nécessité d'étalonner chaque canal de mesure impose le groupement de 12 tubes cathodiques ou de 6 tubes double-faisceau dans un espace assez restreint, afin de permettre une comparaison rapide des amplitudes respectives. Enfin, l'enregistrement de 12 traces simultanées sur une même photographie, avec indication des sensibilités utilisées dans chaque canal de mesure, est particulièrement agréable.

L'oscilloscope décrit répond à ces exigences. Il est composé de 6 tubes cathodiques à 2 faisceaux dont les écrans sont aussi proche l'un de l'autre que possible, chaque voie verticale étant équipée d'un amplificateur à large bande. L'espace disponible pour chaque trace est de 4 cm en hauteur sur 10 cm en largeur. La base de temps est commune aux 12 traces.

La consommation d'énergie de 12 amplificateurs verticaux à large bande équipés de tubes électroniques ayant été jugée prohibitive, compte tenu également de l'échauffement produit, un amplificateur vertical à transistors a été conçu. Les plaques de déviation étant portées à un potentiel voisin de 300 volts, une liaison par condensateur aux plaques de déviation verticales s'impose.

Le dispositif photographique est composé d'un cône, vissé sur le panneau avant de l'oscilloscope, portant 2 caméras. Un miroir à 45° envoie l'image de l'ensemble des écrans sur l'une ou l'autre de ces caméras.

Le repérage des sensibilités verticales est assuré, pour chaque trace, par une série d'ampoules miniatures au néon placées en face de repères gravés sur le réticule. De même, les vitesses de balayage sont affichées par une série de 11 ampoules au néon.

L'appareil a été conçu autour de tubes cathodiques Tektronix T 5511. Certains circuits sont tirés du manuel d'instruction de l'oscilloscope type 551, avec quelques modifications et adaptations (1).

Caractéristiques techniques

L'appareil est composé de deux blocs principaux montés sur un chariot:

- a) le bloc "indicateur", formé de 8 tiroirs enfichables
- b) l'alimentation générale.

Déviation verticale

12 voies, sensibilités 50, 100, 200, 500 mV., 1, 2, 5 volts par cm, atténuateurs compensés en fréquence, précision 3 %.

Impédance d'entrée: 1M Ω shuntée par 40 pF.

Bande passante: 10 Hz à 25 Mhz à 3 dB.

Couplage de l'entrée de l'amplificateur par capacité de 0,1 μ F.

Couplage de l'amplificateur aux plaques de déviation verticale par condensateurs sans interposition de ligne de retard.

Déflexion verticale: 4 cm.

Déviation horizontale

Une seule base de temps pour les 12 traces horizontales.

Balayage: 0,1 0,2 0,5 1 2 5 10 20 50 100 500 μ sec/cm.

Précision 3 %. Longueur de la trace: 10 cm.

Il n'y a pas de dispositif d'expansion de la trace.

Déclenchement extérieur par signal de 0,5 volt crête à crête minimum. Aucun dispositif de synchronisation par les voies verticales n'a été prévu. Balayage déclenché ou monocourse.

Tubes cathodiques

6 tubes Tektronix 5511 à écran P11. Tension d'accélération 10 kV.

Sensibilité de déviation: verticale 7 volts/cm, horizontale 30 volts/cm.

Tensions calibrees

Tension en créneaux sortie sur le panneau de la base de temps. De 50 mV. à 100 V. crête à crête. Précision 3%. Fréquence environ 1000 imp. par seconde.

Alimentation réseau

Tension 220 volts, puissance 1 kW.

Description de l'appareil

Planche 1. Schéma-blocs.- L'oscilloscope proprement dit se compose de 8 tiroirs: 6 tiroirs "oscilloscope", 1 tiroir "base de temps et calibrage", 1 tiroir "alimentation tubes cathodiques" comprenant les alimentations -1350, -1500 et +8650 V. Un bloc d'alimentation générale complète l'ensemble.

Toutes les tensions nécessaires au fonctionnement des circuits sont prises en parallèle avec ou sans interposition d'un élément de découplage. Seules la tension de balayage horizontal (dent de scie) et l'impulsion d'allumage du spot font exception: deux circuits distincts alimentent chacun 3 tiroirs.

Planche 2. Tensions calibrées et trigger base de temps.- Ces 2 circuits sont montés dans le même tiroir pour des raisons de commodité: lors de l'utilisation du calibre, une fraction de la tension de sortie est envoyée sur le sélecteur de triggering de la base de temps. On peut ainsi synchroniser cette dernière sans avoir à établir une connexion extérieure.

a) Générateur de tensions calibrées (calibrateur).- C'est un multivibrateur formé de V 334b et de la section cathode-grille-écran de V 875. Les créneaux produits par ce multivibrateur attaquent un cathode-follower V 334a dont le débit maximum est réglé par le potentiomètre R 879 lorsque V 875 est bloquée. On a alors exactement +100 volts sur la cathode de V 334a. Le réglage se fait en position 0 de SW5.

Du point 2 volts, une dérivation attaque le commutateur de source de triggering SW1 et synchronise la base de temps lors du calibrage des amplificateurs verticaux.

b) Trigger.- Le tube V 24 est monté en amplificateur à cathode commune et joue aussi le rôle d'inverseur de polarité de la tension de synchronisation.

V 24 attaque, par couplage continu, un trigger de Schmitt V 45 qui transforme les tensions issues de l'ampli V 24 en créneaux. Le flanc descendant de ces créneaux sert, après dérivation, au déclenchement de la base de temps.

Les points de fonctionnement sont tels que le trigger V 45 bascule (flanc descendant) lorsque la grille de V 24a ou V 24b passe par zéro et que le potentiomètre R 17 "niveau trigger" est à mi-course.

Planche 3. Base de temps.- Les tubes V 135 et V 145 fonctionnent en multivibrateur à 2 états d'équilibre stables. Au repos, V 135a est conductrice et son anode a un potentiel bas. Ce potentiel est transmis par le cathode-follower V 135b à la grille de V 145 qui est bloquée. Lorsque V 145 est bloquée, son anode est à environ -3 volts par le courant circulant à travers R 147, les diodes V 152 et R 160 vers le -150 V. La grille de l'intégrateur de Miller V 161 est alors à -3,5 V. Le circuit de l'intégrateur de Miller est tel que son anode se trouve à environ +50 volts au repos, donc dans la région linéaire d'amplification.

L'arrivée d'une impulsion de triggering par C 131 fait basculer le système V 135 - V 145. Alors, V 135 est bloquée et V 145 conduit. Son anode tombe à -6V. et bloque les diodes V 152. C 150 - R 150 coupent les pointes de tension qui peuvent apparaître pendant la transition. Avec les diodes bloquées, la grille de l'intégrateur de Miller peut changer librement de potentiel.

C 160 se charge à courant constant à travers R 160 par le mécanisme bien connu de l'intégrateur. La tension en dent de scie est prélevée sur les cathodes V 173. Deux cathode-followers V 186 et V 193 transmettent la tension de balayage respectivement à trois amplificateurs horizontaux. Si R 160 et C 160 déterminent la pente de la dent de scie, donc la vitesse du spot en cm/ μ sec, la longueur de la trace horizontale est réglée par le potentiomètre R 176. Le curseur de ce potentiomètre transmet une fraction

de la montée linéaire de potentiel des cathodes de V 173 aux deux cathode-followers en cascade V 183b et V 133b. La cathode de V 133b commande le potentiel du pied de la résistance de grille R 131 de V 135a. Lorsque cette tension est remontée suffisamment, le tube V 135a n'est plus bloqué, le multivibrateur V 135 - V 145 bascule dans l'autre état stable avec V 145 bloquée. La diode V 152a redevient conductrice. C 160 se décharge à travers R 147, R 148 et les résistances de cathode de V 173. Le potentiel de grille de V 183b suit le potentiel du curseur du potentiomètre R 176, mais la cathode est liée à la constante de temps R 181 - C 181 pour les tensions descendantes. Donc la grille de V 133b est commandée par la décharge exponentielle de C 181 à travers R 181.

La durée de cette décharge est indépendante de celle du retour du spot. La base de temps est mise au repos aussi longtemps que le potentiel de grille de V 135a est trop élevé pour que les impulsions négatives transmises par C 131 puissent bloquer ce tube.

Le potentiomètre R 110 (stabilité) permet de faire fonctionner la base de temps en récurrence lorsqu'il est tourné à fond du côté -150 volts.

Le balayage monocourse est enclenché par la rotation de SW 3. Les tubes V 125 et V 133a forment un trigger de Schmitt. Une pression sur le bouton de réarmement provoque la conduction de V 125 et le blocage de V 133a. La base de temps peut être déclenchée par une impulsion de C 131. A la fin du balayage, les deux tubes V 125 et V 133a sont bloqués (les cathodes sont liées à celle de V 133b). Le potentiel des cathodes redescend sous l'effet de la décharge de C 181. La tension grille de V 133a est telle que ce tube redevient conducteur le premier; par le jeu du couplage cathodique, V 125 reste bloquée. Seule, une pression sur le bouton de réarmement permet l'accomplissement d'un nouveau cycle de balayage.

Sur la cathode V 135b apparaît une impulsion rectangulaire dont le début et la durée coïncident avec ceux de la trace "aller" du spot. C'est l'impulsion d'allumage des tubes cathodiques. Elle est transmise par deux voies différentes: a) par V 184 et V 185 respectivement à 2 groupes de 3 wehnelts à travers les condensateurs C 855 et 857 (planche 10). Ce premier circuit d'allumage agit pendant les périodes très courtes de balayage. b) par le tube V 183a qui modifie le potentiel du zéro de l'alimentation -1500 V. des wehnelts. L'action combinée de ces 2 modes de couplage permet une illumination régulière de la trace à toutes les vitesses de balayage.

Planche 4. Amplificateur horizontal.- C'est un amplificateur push-pull à déphaseur cathodique. La dent de scie attaque, par un atténuateur compensé en fréquence, un cathode-follower V 343b. Le pied de cet atténuateur est relié au potentiomètre de réglage de la position horizontale.

Le gain est surtout déterminé par les résistances de contre-réaction R 355, R 349 et R 350. La résistance R 375 commune aux cathodes V 364a et V 384a n'a que peu d'influence sur le gain. La résistance R 356 définit le potentiel grille de V 343a de façon que le spot occupe, au repos, la gauche de l'écran du tube cathodique lorsque le réglage horizontal R 333 est à mi-course.

Les étages amplificateurs sont couplés aux plaques de déviation par des cathodes-followers V 364b et V 384b. Le tube V 364b travaillant sur des dents de scie descendantes, il est nécessaire de lui adjoindre la pentode V 394, attaquée par la dérivée de la tension présente sur l'autre branche du push-pull, pour conserver une bonne linéarité aux plus grandes vitesses de balayage. V 394 joue en quelque sorte le rôle de résistance de cathode variable pour V 364b.

Planche 5. Atténuateur vertical.- La tension d'entrée est couplée, par C 301, à 2 groupes d'atténuateurs en cascade. Cette disposition a été dictée avant tout par le souci de réduire l'encombrement de ce dispositif sur le panneau frontal.

Dans la première section, on a les atténuateurs 1:1, 10:1, 100:1. Dans la deuxième section, séparée de la première par une cloison de blindage, les atténuateurs 1:1, 2:1, 4:1. Les atténuateurs sont compensés en fréquence. Les capacités C 315, C 319, C 305, C 311 servent à l'égalisation des capacités parasites de façon que l'entrée soit toujours chargée par la même valeur de capacité.

La résistance, vue de l'entrée, est de 1 M Ω sur toutes les positions.

Les atténuateurs non utilisés doivent être court-circuités sinon les couplages parasites entre les plots des commutateurs introduisent des déformations sur les signaux rectangulaires, déformations se traduisant par de petites oscillations amorties visibles au début des paliers horizontaux.

Planche 6. Amplificateur vertical.- L'utilisation de transistors dans les 12 amplificateurs permet une sérieuse économie d'énergie électrique. Le seul inconvénient majeur est la nécessité de coupler l'amplificateur par condensateurs aux plaques de déviation.

Un autre problème est celui de la plage de fonctionnement linéaire de l'étage final. La déflexion verticale permise à chaque trace verticale est de 4 cm. On peut aller jusqu'à 5 cm en utilisant une partie de la zone réservée à la deuxième trace du tube cathodique. La sensibilité de déviation verticale étant de 7 volts par cm, on doit exiger une variation de 35 volts crête à crête de la tension de sortie. Mais ce chiffre n'est valable que pour l'observation de tensions symétriques par rapport au niveau zéro. Pour toutes les tensions asymétri-

ques, comme les impulsions, seule la moitié de cette plage est utilisée, ce qui limiterait la déviation linéaire à 2,5 cm. On serait donc amené à exiger, de l'amplificateur, une déviation crête à crête de 70 volts pour pouvoir garantir une élongation de 5 cm dans tous les cas.

Il est difficile d'obtenir une telle déviation au moyen de transistors, surtout si l'on désire une bande de fréquences assez étendue.

Le problème est différent pour un amplificateur à couplage direct aux plaques de déviation car, dans ce cas, le déplacement de la trace sur l'écran est obtenu par un déséquilibre du push-pull. Une plage linéaire de 35 Vcc pourrait donc suffire. La difficulté a été tournée, dans notre appareil, par l'utilisation d'un potentiomètre couplé au réglage de position verticale qui provoque, dans l'amplificateur, le même décalage de tension que celui qui apparaît sur les plaques de déviation. Tout se passe comme si un couplage direct était réalisé.

Etage final.- Il est équipé de 8 transistors Philips BFX 44 en push-pull, chaque branche étant composée de 2 cascades en parallèle. Ce montage peut délivrer une tension dépassant 40 volts crête à crête (2). La résistance de charge est de 500 Ω . Une telle valeur, associée à une capacité parasite d'environ 15 pF, permet d'obtenir une bande passante de 20 Mhz au moins à 3 dB.

Les résistances R 225 et 229 définissent le gain de l'étage. Elles sont pontées par C 225 et 229 qui apportent un surcroît de gain aux fréquences élevées. Le couplage au préamplificateur est direct.

Etage préamplificateur.- Cet étage reprend le montage cascade de l'étage final. Le couplage des émetteurs permet d'obtenir, sur les

collecteurs de sortie, deux tensions en opposition de phase. La résistance variable R 217 règle le gain total aux fréquences basses. Les réseaux RC sur les résistances d'émetteurs compensent la perte d'amplification entre 3 et 8 Mhz. Le réseau R 248 C 215 corrige l'amplification entre 10 et 20 Mhz.

La tension d'entrée est transmise par une triode subminiature 7586 Nuvisitor. R 211 limite le courant grille en cas de surcharge. Le chauffage de ce tube est pris sur la tension d'alimentation du préamplificateur. Deux filaments sont mis en série, c'est la raison du choix de la valeur 12,6 V. La cathode du Nuvisitor attaque la base du transistor d'entrée Q 211. Les 2 diodes OA 95 limitent l'excursion de tension à une valeur non dangereuse pour les transistors.

Q 241 reçoit normalement une tension correspondant à celle développée sur la cathode de V 210. Dans ce préamplificateur, Q 241 reçoit la tension du potentiomètre couplé au réglage de position verticale, dont il a été question plus haut.

L'accouplement mécanique de R 232 et R 241 est conçu de façon à permettre, par la rotation de R 241 seulement, d'égaliser les tensions sur les résistances de charge finales lorsque la trace horizontale est centrée.

Afin d'éviter tout déséquilibre non contrôlé de l'amplificateur, dû principalement aux variations de l'émission cathodique du Nuvisitor, un dispositif de correction de dérive a été ajouté. Il est constitué de la diode Zener D 238 et du transistor Q 243. Ce système introduit une contre-réaction énergétique en courant continu et compense tout déséquilibre dû à V 210 (la plage linéaire de l'étage de sortie étant relativement étroite, il est important que l'équilibrage soit stable). On n'utilise qu'une faible partie de

la variation totale de tension développée sur R 241 et R 242 et des butées mécaniques limitent la course de ces potentiomètres. Il n'est donc pas nécessaire de protéger les transistors Q 241 et Q 243 contre des tensions excessives.

Planche 7. Alimentation générale.- Les circuits figurés sur les planches 7 et 8 sont montés sur le même châssis.

L'alimentation de la planche 7 donne les tensions aux circuits à tubes électroniques, amplis horizontaux, oscillatrice T.H.T., tensions des électrodes des tubes cathodiques. Ces tensions sont -150 V., +100 V., +225 V., +350 V., +500 V.

L'alimentation -150 V. sert de référence. Les redresseurs des alimentations +100 et +350 V. d'une part, +225 et +500 V. d'autre part, sont en série. Il n'y a pas de bobine de filtrage, par contre, les condensateurs électrolytiques sont de fortes valeurs. Les schémas des régulateurs +100 à + 500 V. sont semblables. Seul le régulateur -150 V. est plus élaboré pour augmenter la stabilité et diminuer la tension de ronflement. Le chauffage est pris sur le transformateur T1 qui fonctionne sitôt l'interrupteur général enclenché. (voir Planche 11). Les tensions aux différents redresseurs sont fournies par T2 dont l'enclenchement est retardé de 30 secondes par un relais thermique. Lorsque le courant demandé à une sortie dépasse le courant maximum que peut fournir le tube régulateur, ce dernier est shunté par une ou plusieurs résistances qui écoulent environ la moitié du courant demandé. La longévité du tube est alors augmentée sans que les performances du régulateur soient altérées. C'est le cas de V 637 par exemple.

Pour le régulateur +100 V., le problème est différent. De nombreux ponts de résistances débitent du courant provenant des alimentations à tension plus élevée. La résistance R 659 dérive ces courants vers

la masse et permet un fonctionnement normal de régulateur.

Planche 8. Alimentation générale.- Cette planche représente l'alimentation à transistors des amplificateurs verticaux. Les débits demandés sont de l'ordre de l'ampère au +12,6 et + 45 V. Chaque circuit est indépendant car sa tension de référence est donnée par une diode Zener propre. Les redresseurs sont des modèles plats, au sélénium, vissés directement sur le châssis. Les trois circuits sont construits sur le même schéma (3). Les tensions régulées sont prises sur les collecteurs des transistors de puissance. Les courants de sortie maxima sont limités grâce à la combinaison NPN-PNP. C'est la résistance d'émetteur de la paire NPN qui fixe le courant à partir duquel la tension de sortie décroît à mesure que le débit augmente. On peut donc court-circuiter les sorties sans dommage pour les transistors de puissance.

Planche 9. Alimentation des tubes cathodiques.- Le couplage continu de la tension d'allumage du spot exige des alimentations séparées pour la cathode et le Wehnelt des tubes cathodiques. L'alimentation -1350 V. donne la tension des cathodes, l'alimentation -1500 V., flottante, est réservée aux Wehnelts. La très haute tension de 8650 V. est fournie par un oscillateur travaillant sur 20 kHz.

Régulateurs -1350 et -1500 V.- Le redresseur est un doubleur de tension. Le tube régulateur EL 34 est monté en pentode. De cette façon, il supporte, sur son anode, 2 KV. à froid et un maximum de 800 V. en fonctionnement.

La tension d'erreur est amplifiée par l'ampli différentiel composé de 2 pentodes EF 94. La tension de référence est celle d'un tube 85 A2. La stabilité de la tension en fonction du temps implique l'utilisation de résistances de haute stabilité dans le pont fixant la valeur de la tension de sortie. Les résistances utilisées sont des modèles à oxyde métallique de forte puissance.

Le régulateur -1500 V. est complètement isolé de la masse. Le point zéro est relié à la cathode de V 183a (planche 3): c'est la transmission de la composante continue de la tension d'allumage du spot.

Les résistances R 500 et R 530 empêchent l'oscillation des circuits d'alimentation sous l'influence de l'impulsion d'allumage du spot.

Circuit +8650 V.- On utilise un transformateur du commerce dans un montage Hartley oscillant sur environ 20 kHz. Le secondaire attaque un doubleur de tension dont les diodes sont chauffées par 1 spire passée autour du noyau. La régulation de la T.H.T. est faite en agissant sur la tension d'écran de l'oscillatrice. Un des enroulements secondaires donne la tension de référence; cette tension, redressée par une diode BY 100, charge négativement C 807. Une fraction de cette tension est appliquée à la grille de V 814a dont la cathode est réunie au -150 V. La tension d'erreur est amplifiée par 814b avant d'alimenter l'écran de V 800.

Planche 10. Circuit du tube cathodique.- Chaque tube cathodique à double faisceau est chauffé par un transformateur d'isolation T 5.

Le réglage de luminosité commande l'intensité des deux faisceaux en même temps. Un réglage "balance d'intensité" R 859 permet d'équilibrer l'intensité des 2 traces. Les 2 Wehnelts reçoivent, par C 855 et C 857, l'impulsion d'allumage du spot. Pour les périodes de balayage les plus longues, c'est l'alimentation -1500 V. qui monte d'environ 70 V.

Planche 11. Circuits de chauffage.- Le transformateur de chauffage T1 alimente en 6,3 V. les amplificateurs horizontaux, les tubes cathodiques, les tubes de l'alimentation générale, les tubes du circuit T.H.T.

La cathode de certains tubes travaillant à un potentiel élevé par rapport à la masse, deux enroulements sont portés à +225 et +350 V.

L'interrupteur principal du primaire enclenche aussi les trois ventilateurs de l'appareil.

Conclusion. - L'appareil décrit peut rendre de grands services chaque fois qu'il s'agit de mesurer simultanément un certain nombre de grandeurs.

Une simplification de la construction pourrait résulter de l'utilisation de tubes cathodiques plus sensibles, notamment pour la déviation horizontale.

Remerciements

Nos remerciements vont à A. Lietti qui a supervisé la construction de cet appareil, à A. Berney pour les critiques constructives émises lors de l'utilisation de l'instrument et à Tektronix Inc. qui a accordé la permission de reproduire certains schémas du manuel d'instruction de l'oscilloscope 551.

Références

- 1) Tektronix: manuel d'instruction de l'oscilloscope type 551.
- 2) Philips Transistors Data Handbook, Part 2.
- 3) Electronic Engineering, août 1962: Transistor Power Supplies with limited Overload Current.

Mesure de la stabilité des alimentations

a) Alimentations à transistors + et -12,6 V.

Régulation en fonction du réseau: pour un débit de 1 amp., la tension de sortie varie de 10 mV. pour une variation du réseau de 200 à 240 V.

Régulation en fonction de la charge: la tension de sortie varie de 30 mV. pour une variation de charge de 0 à 1 amp.
Ronflement pour un débit de 1 amp.: 5 mV. crête à crête.

b) Alimentation à transistors +45 V.

Régulation en fonction du réseau: pour un débit de 1 amp., la tension de sortie varie de 20 mV. pour une variation du réseau de 200 à 240 V.

Régulation en fonction de la charge: la tension de sortie varie de 120 mV. pour une variation de charge de 0 à 1 amp.
Ronflement pour un débit de 1 amp.: 5 mV. crête à crête.

c) Alimentation -1350 V.

Variation de 0,5 V. de la tension de sortie pour 10 % de variation du réseau ou pour une charge variant de 0 à 3 mA.
Ronflement: 30 mV. crête à crête à 3 mA.

d) Alimentation -1500 V.

Variation de 0,5 V. de la tension de sortie pour 10 % de variation du réseau ou pour une charge variant de 0 à 3 mA.
Ronflement: 25 mV. crête à crête à 3 mA.

e) Alimentation -150 V.

Variation de 20 mV. de la tension de sortie pour 10 % de variation du réseau. Ronflement 5 mV. crête à crête.

f) Alimentation +100 V.

Variation de 0,2 V. de la tension de sortie pour 10 % de variation du réseau. Ronflement 5 mV. crête à crête.

g) Alimentation +225 V.

Variation de 0,3 V. de la tension de sortie pour 10 % de variation du réseau. Ronflement 10 mV. crête à crête.

h) Alimentation +350 V.

Variation de 0,4 V. de la tension de sortie pour 10 % de variation du réseau. Ronflement 10 mV. crête à crête.

i) Alimentation +500 V.

Variation de 0,8 V. de la tension de sortie pour 10 % de variation du réseau. Ronflement 20 mV. crête à crête.

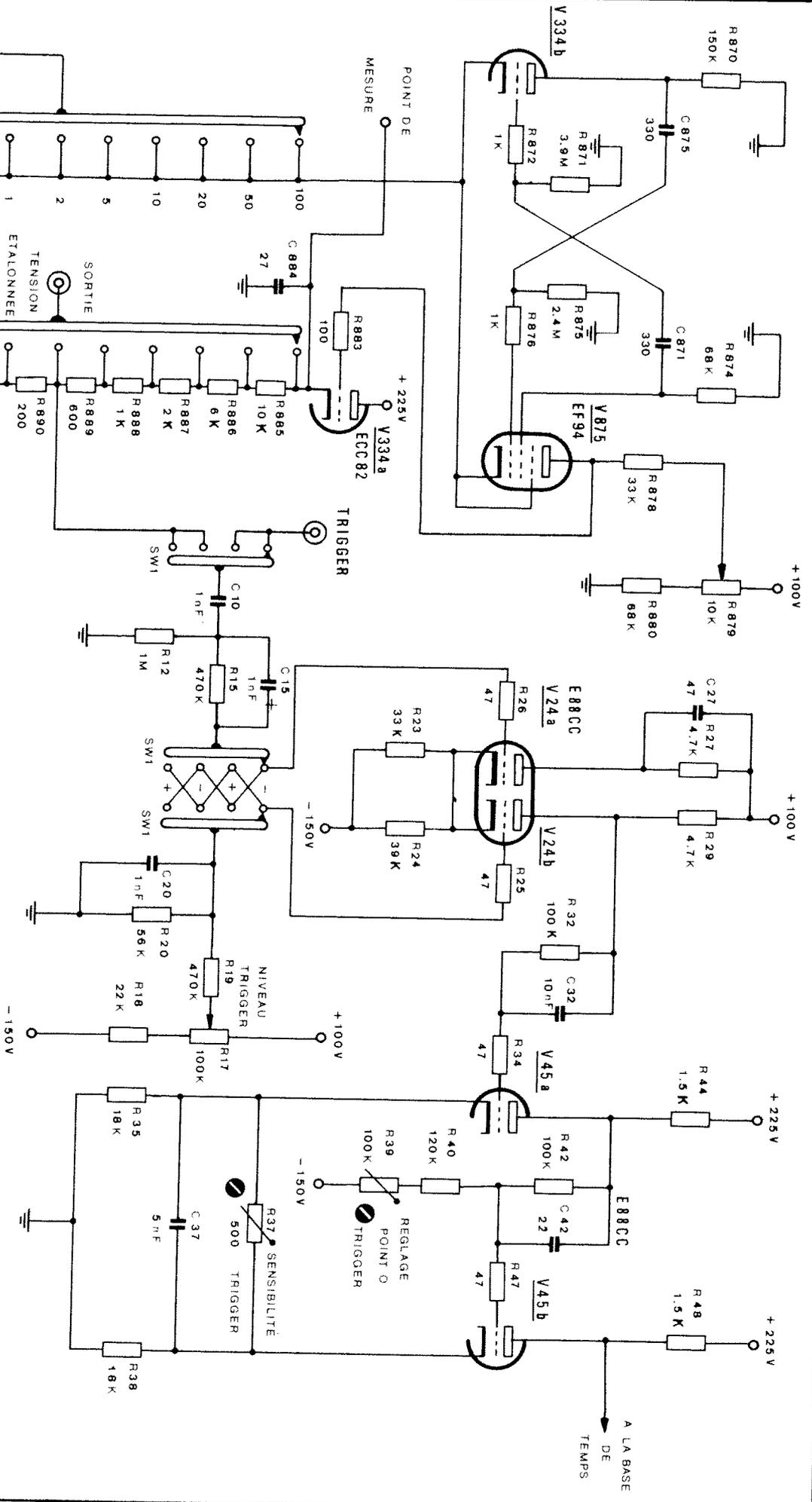
Liste des figures

Planche 1:	schéma-bloc
Planches 2 à 11:	circuits électroniques
Planche 12:	vue d'ensemble de l'appareil
Planche 13:	esquisse de la disposition des éléments dans une unité "oscilloscope".

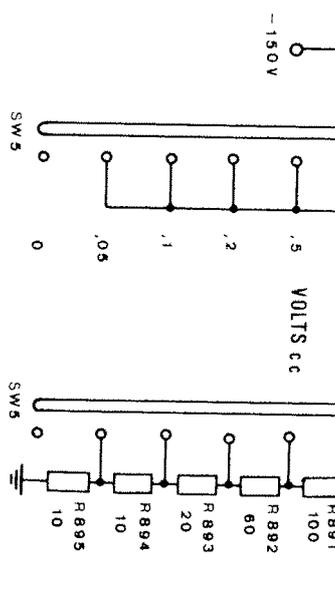
Note concernant les notations des schémas

Les résistances et condensateurs sans indication de valeur sont donnés, respectivement, en Ω et pF.

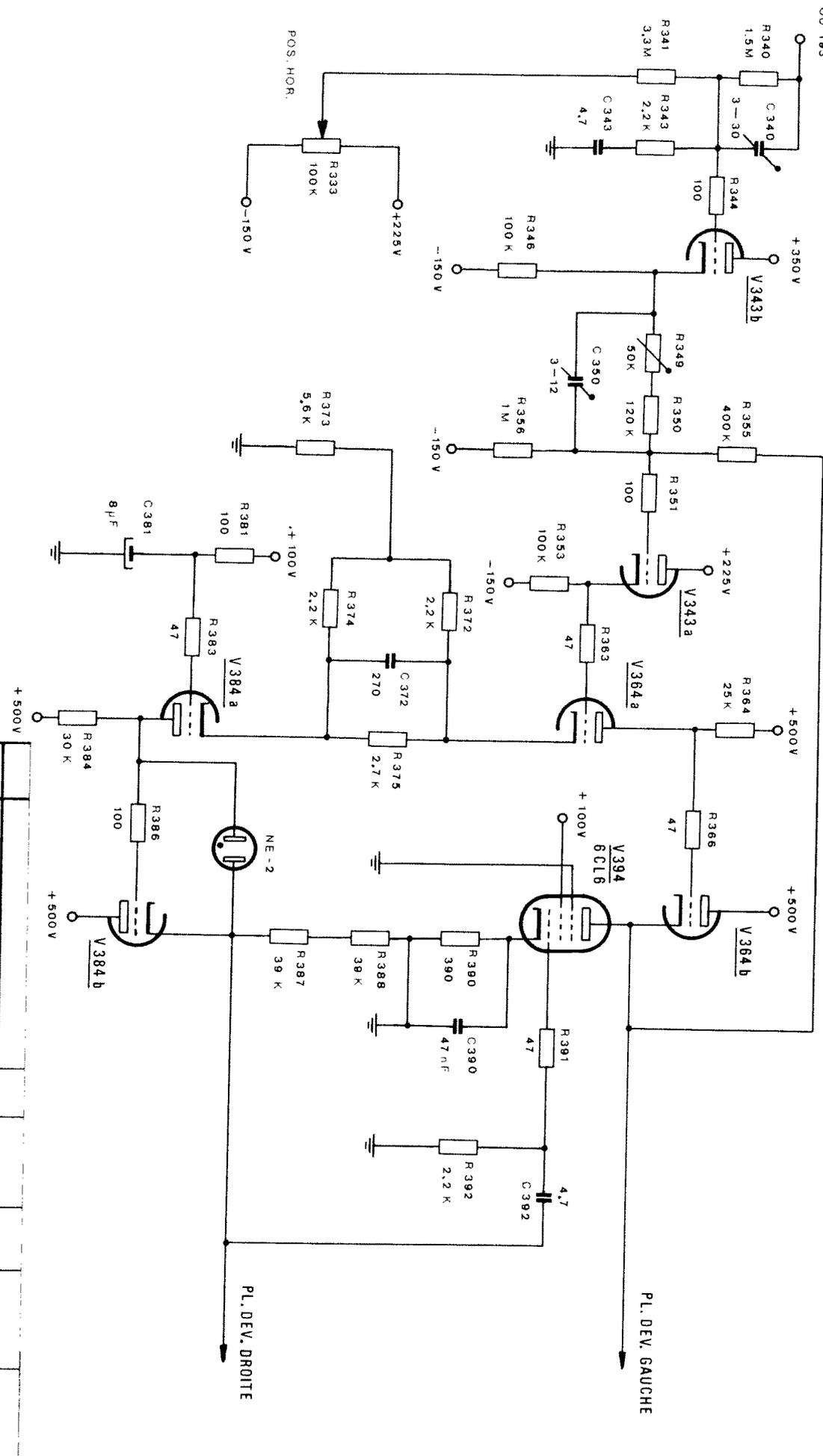
La photographie en dernière page est un agrandissement d'oscillogramme typique obtenu lors de l'analyse d'une raie spectrale. Au-dessus ou au-dessous de chaque réticule se trouve l'indication de sensibilité des amplificateurs verticaux correspondants. Dans la colonne centrale (graduation de 0,1 à 500) est donnée la vitesse de balayage: 2 $\mu\text{sec/cm}$. Dans la partie gauche supérieure: 022 est le numéro d'ordre de la photo.



Reproduit avec la permission de Tektronix, Inc., USA. Tous droits réservés.



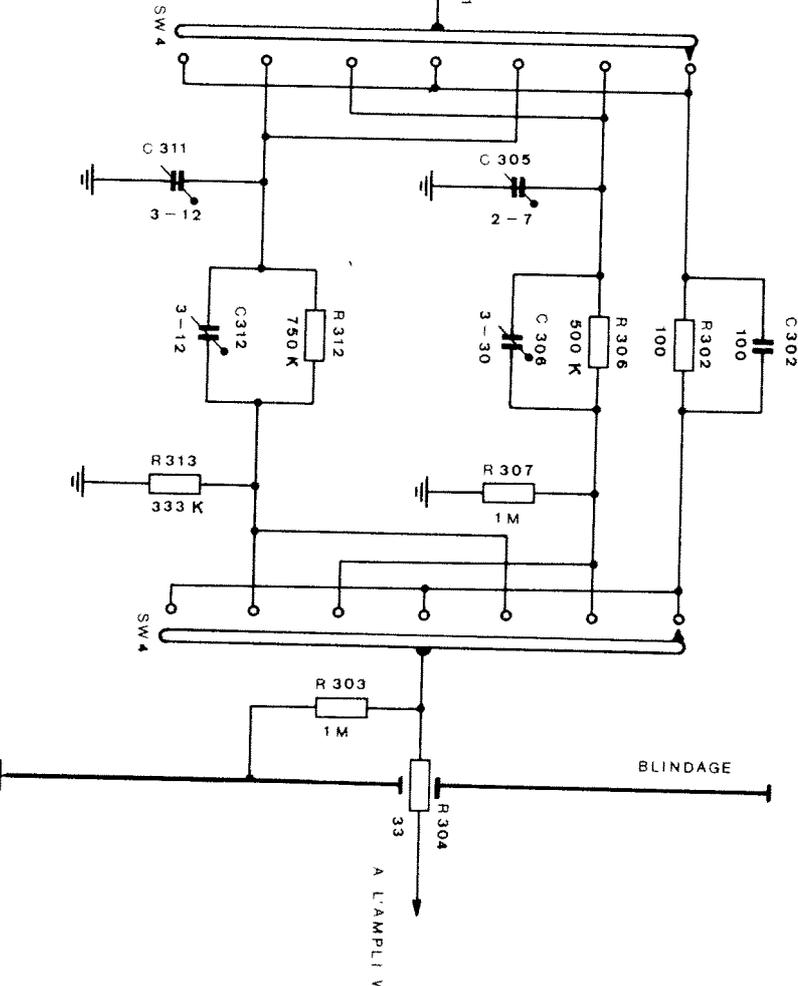
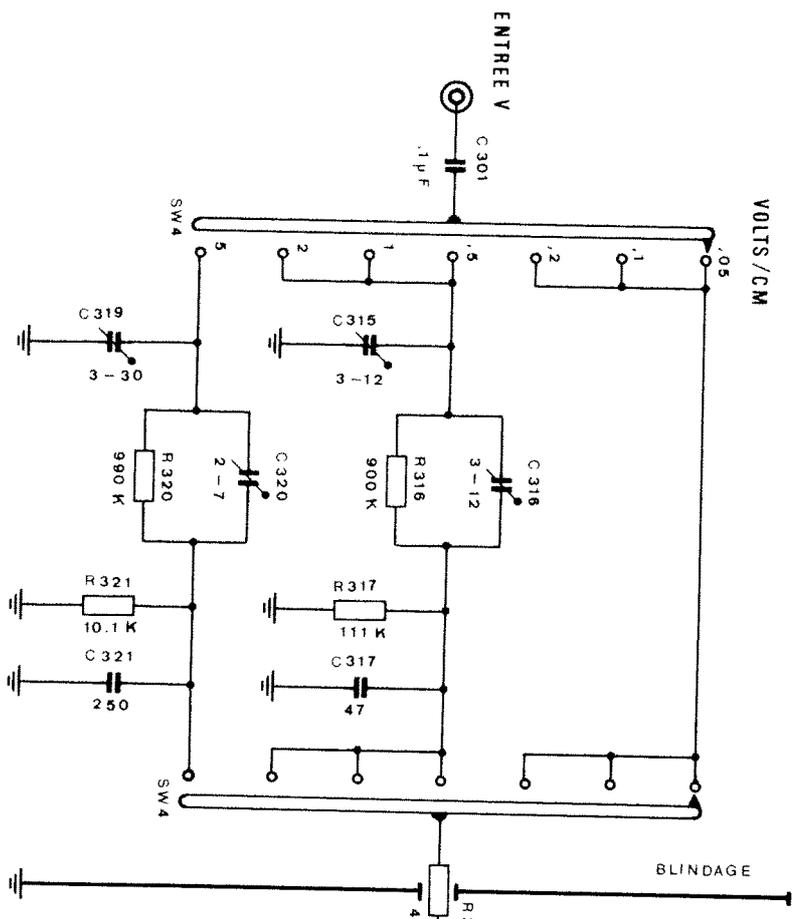
Modifications :		Remplace par		Observations	
Nbr de places	II	I	Rep.	Matière	
<p align="center">OSCILO 12 CANAUX</p> <p align="center">CALIBRATEUR ET TRIGGER BASE DE TEMPS</p> <p align="center">PHYSIQUE DES PLASMAS</p> <p align="center">Fonds National</p>					
Echelle		Remplace			
Canaux					
Général					
VM					
PLANCHE 2					



Reproduit avec la permission de Tektronix, Inc., U.S.A. Tous droits réservés

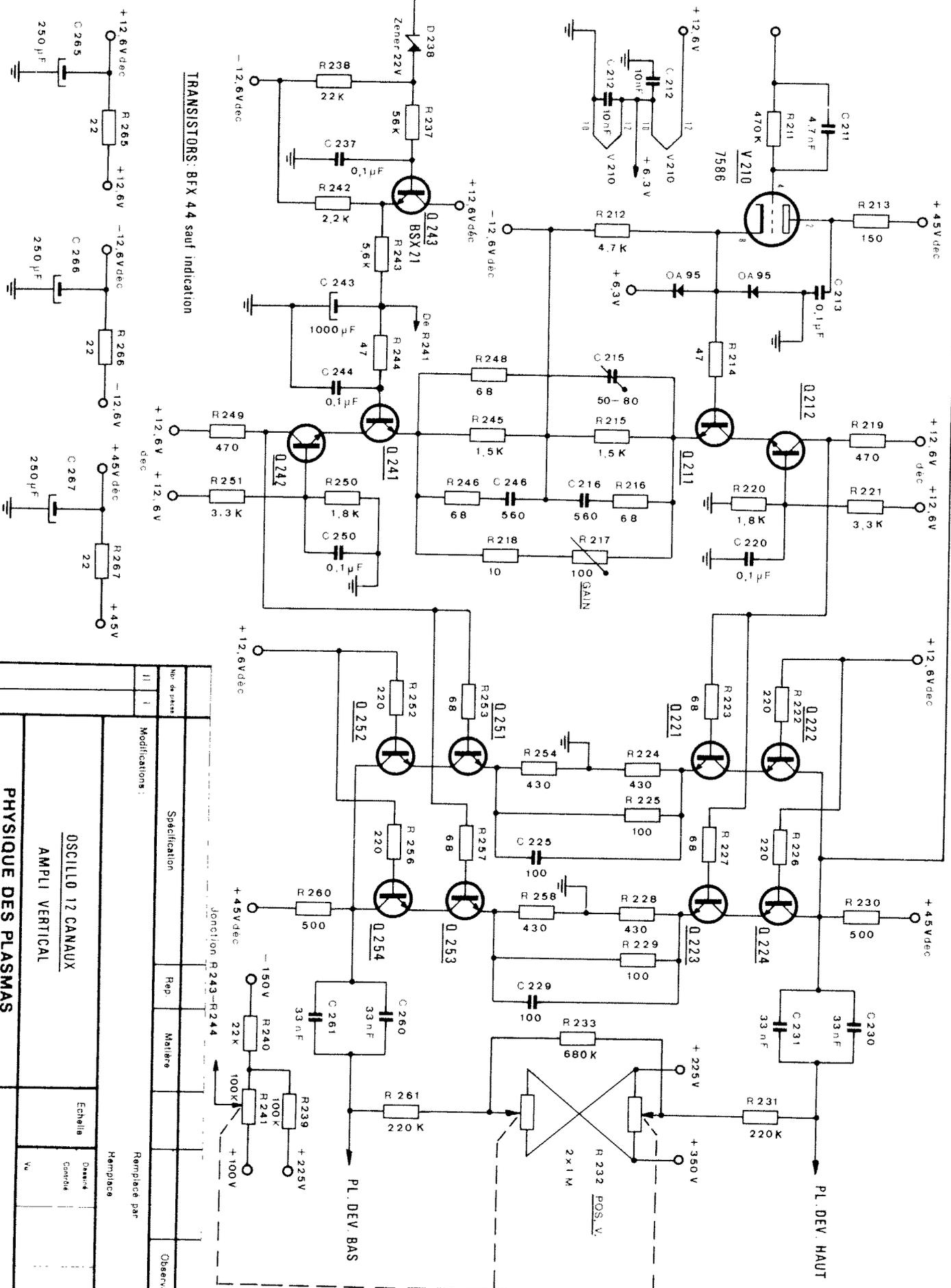
V343, 364, 384 : E88 CC

N° de pièce		Modification :		Specification		Remplacé par		Observations	
II	I			Rep.	Matière	Remplace			
OSCILO 12 CANAUX				PHYSIQUE DES PLASMAS				Echelle	
AMPLI HORIZONTAL				Fonds National				Divers Contrôle VA	
				PLANCHE 4					



NOTE: LES ATTENUATEURS HORS CIRCUIT
DOIVENT ETRE MIS A LA MASSE.

Nbr de pages		Specification		Rap.		Maitre		Observations	
11	1	Modifications:						Remplacé par	
OSCILO 12 CANAUX ATTENUATEUR VERTICAL				Remplacé par		Echelle		Remplacé par	
PHYSIQUE DES PLASMAS				Fonds National		Dessiné		Candida	
						VA		PLANCHE 5	



TRANSISTORS: 8FX 44 sauf indication

dec

Jonction R243-R244

Modifications:	Rep.	Matière	Observations

Remplacé par	Observations

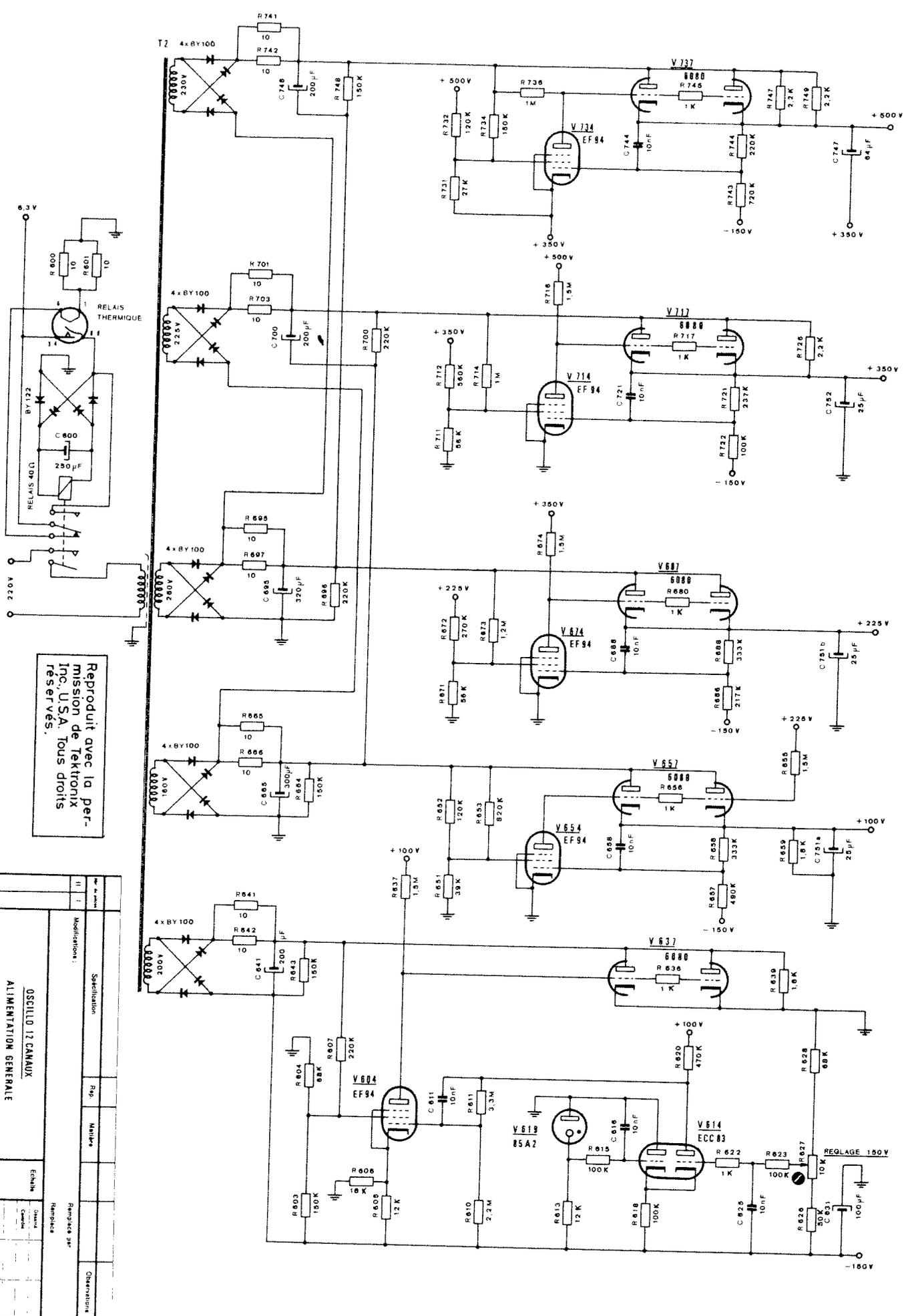
OSCILLO 12 CANAUX

AMPLI VERTICAL

PHYSIQUE DES PLASMAS

Fonds National

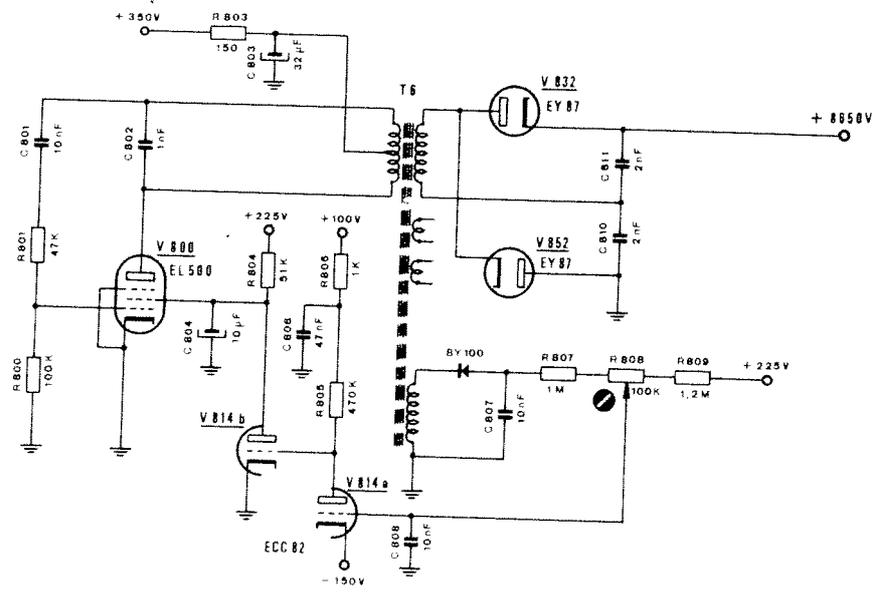
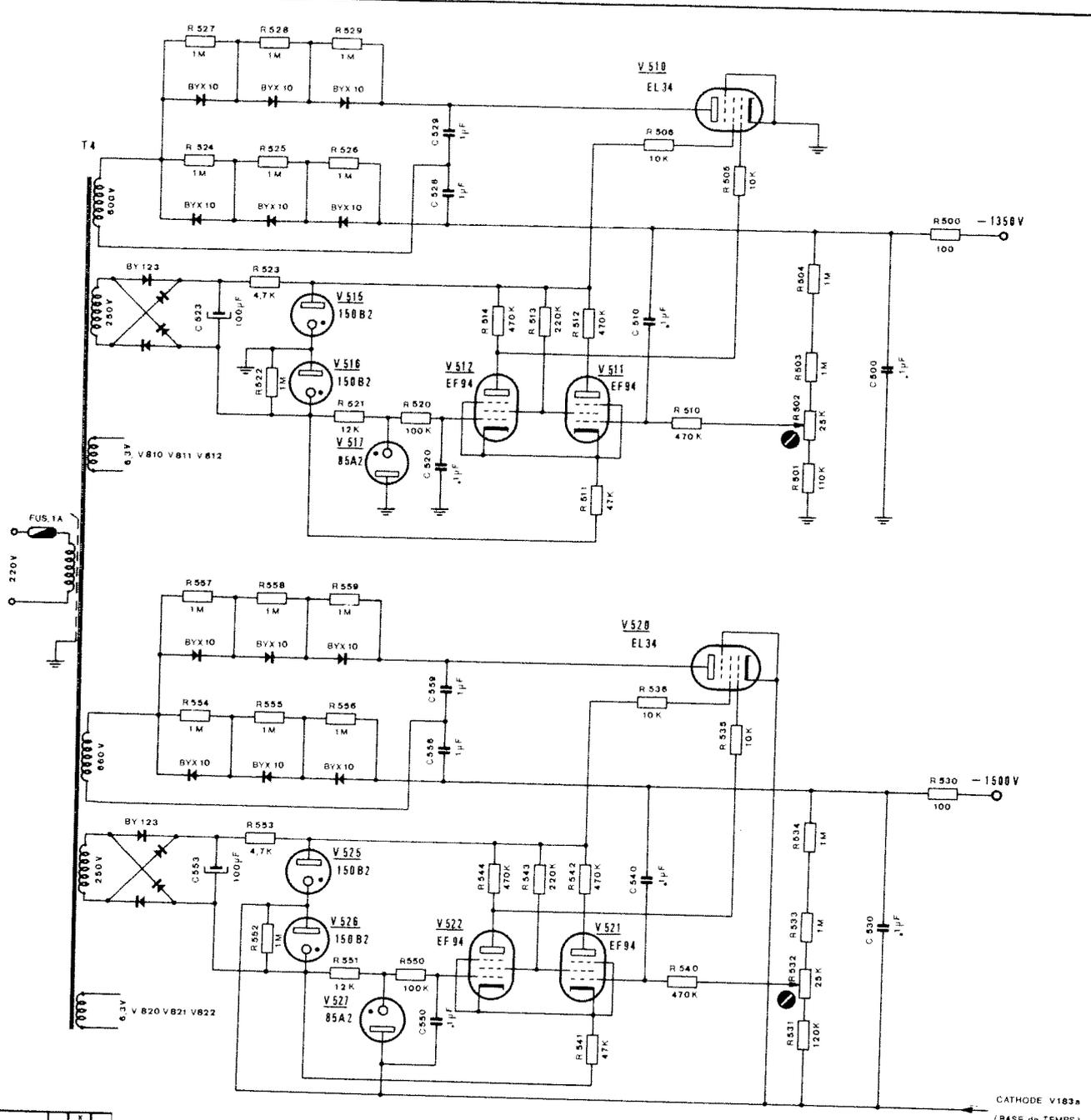
PLANCHE 8



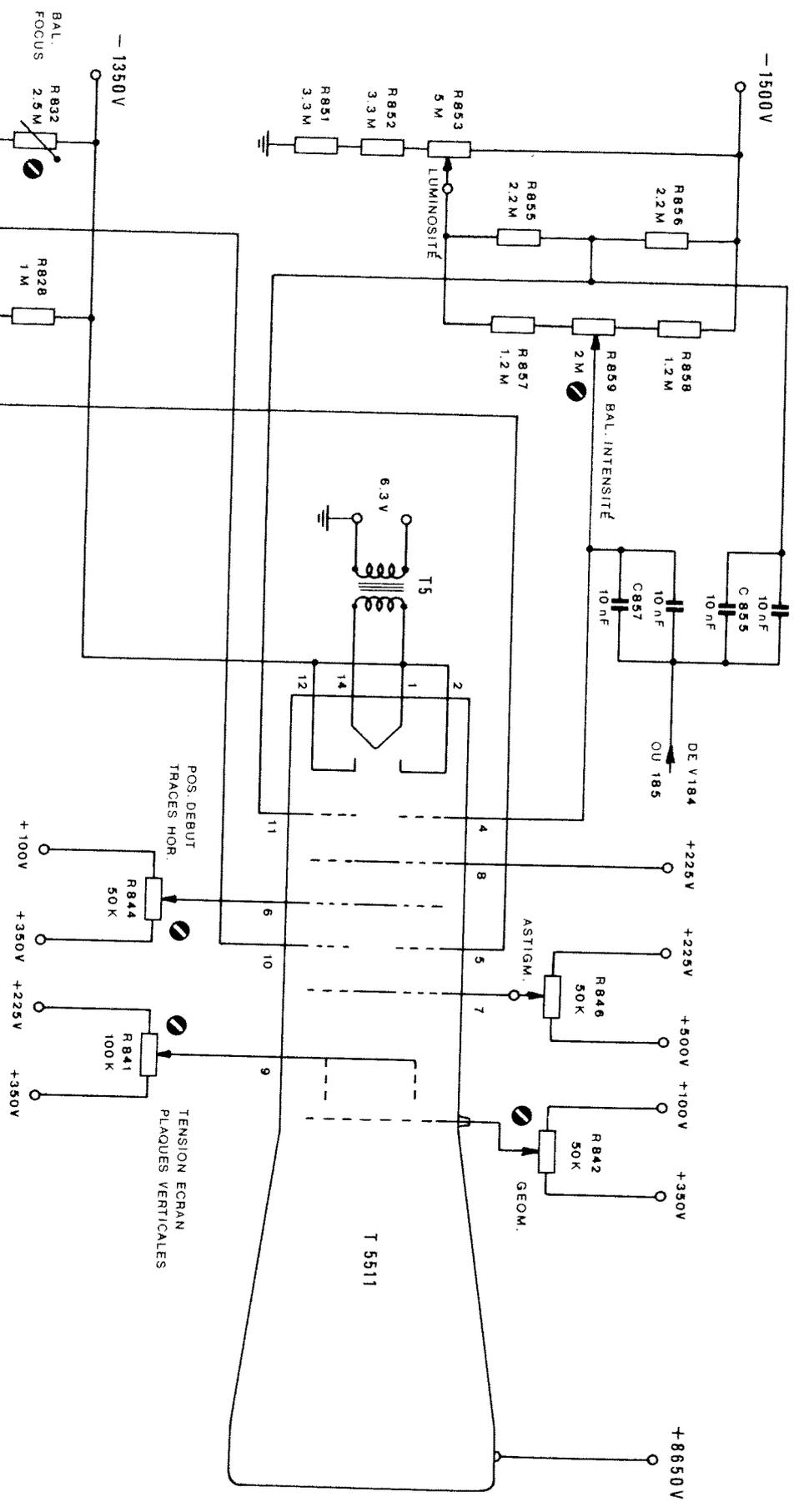
Reproduit avec la permission de Tektronix Inc., U.S.A. tous droits réservés.

Specification		Rep.		Matéria		Remplace par		Observations	
II	I								
Modifications:									

OSCILOSCOPE 12 CANAUX
 ALIMENTATION GENERALE
 PHYSIQUE DES PLASMAS
 Fonds National

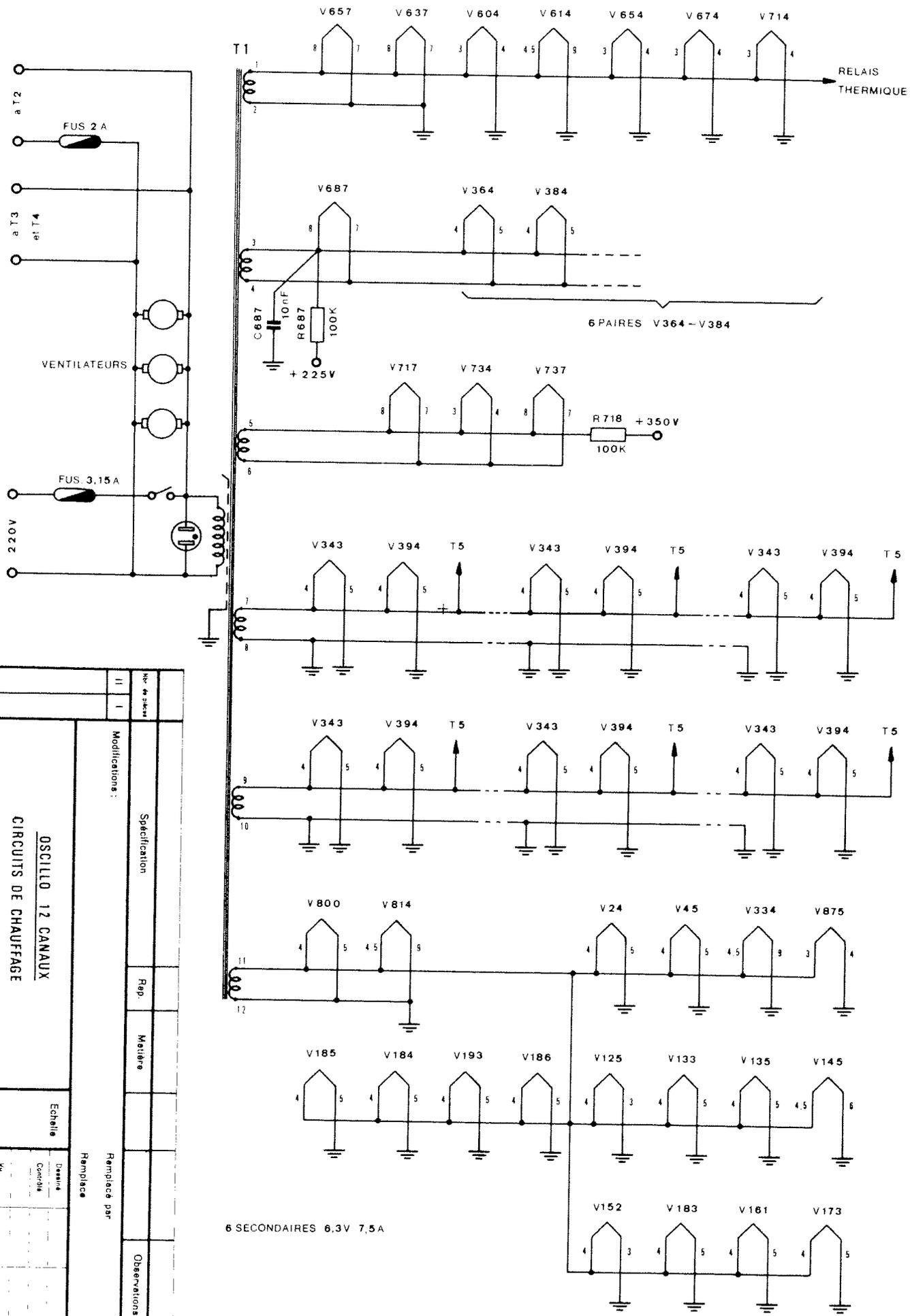


No. de révision		Spécification		Rap		Matière		Particularité	
(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Modifications:									
OSCELLO 17 CANAUX ALIMENTATION TUBES CATHODIQUES PHYSIQUE DES PLASMAS									
								Fonds National	
								PLANCHE 9	
								Remarque: Echelle: 1/1 Date:	
								Distribution: Direction: Service: No.	



Reproduit avec la permission de Tektronix, Inc. U.S.A. Tous droits réservés.

N° de pièce		II		I	
Specification		Rep.		Matière	
Modifications:					
Remplacé par		Remplacé par		Observations	
Echelle		Design		Circuit	
V _h		V _h		V _h	
OSCILLO 12 CANAUX		CIRCUIT TUBE CATHODIQUE		PHYSIQUE DES PLASMAS	
Fonds National				PLANCHE 10	



II		I		I		I		I	
N° de pièce		Specification		Rep.		Matière		Observations	
Modifications:		Remplacé par							
OSCILO 12 CANAUX		Echelle							
CIRCUITS DE CHAUFFAGE		Dessin							
PHYSIQUE DES PLASMAS		Circuit							
Fonds National		Vw							
PLANCHE 11									

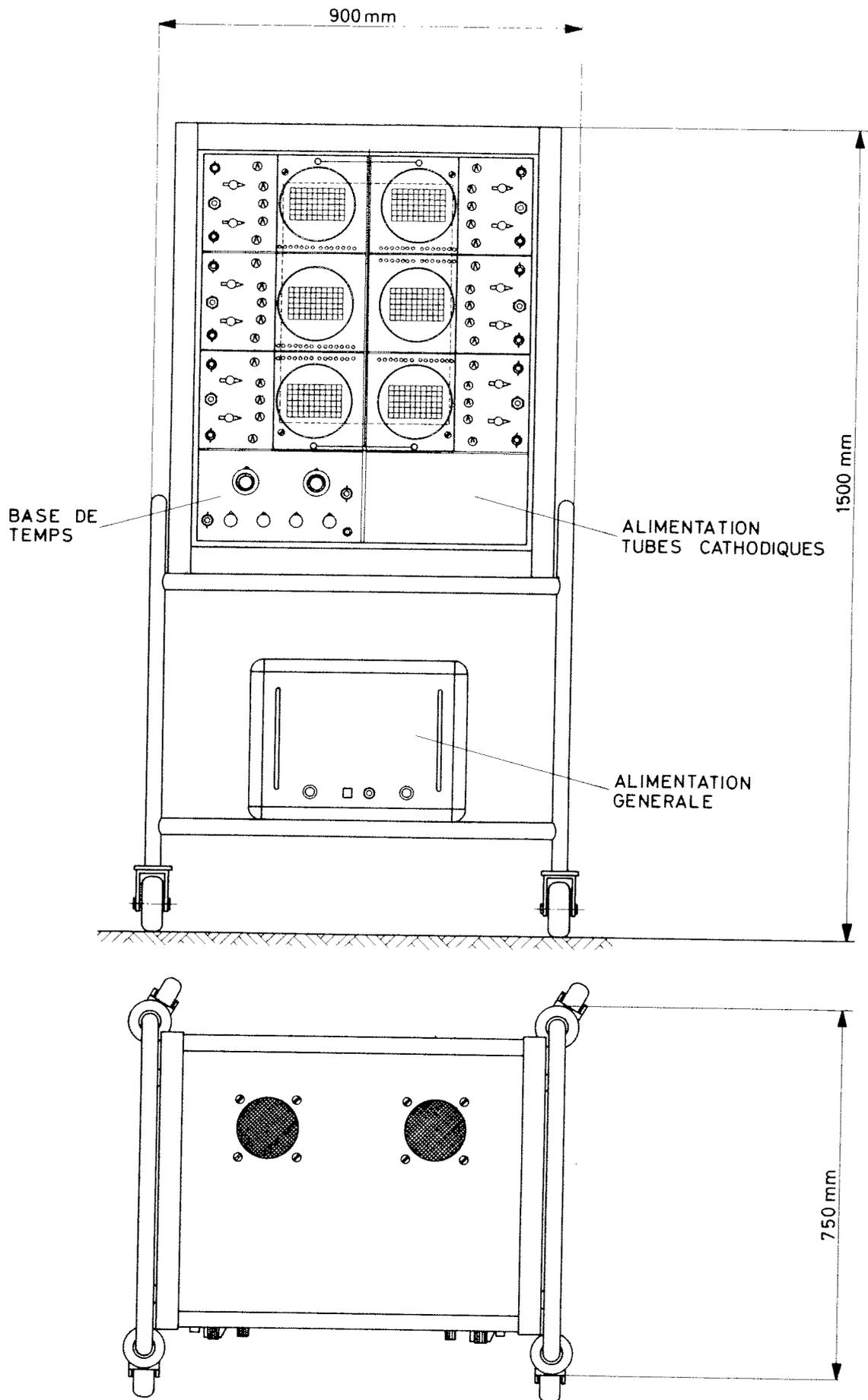


PLANCHE 12
VUE D'ENSEMBLE

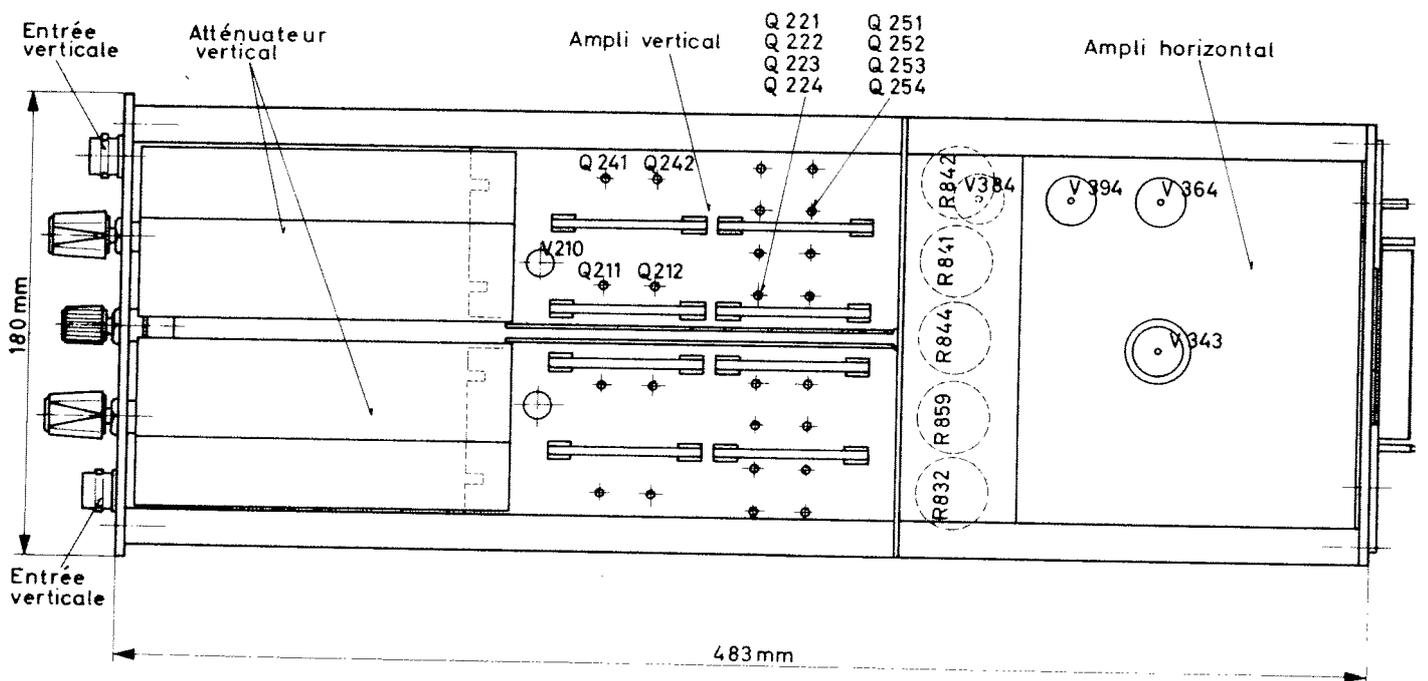
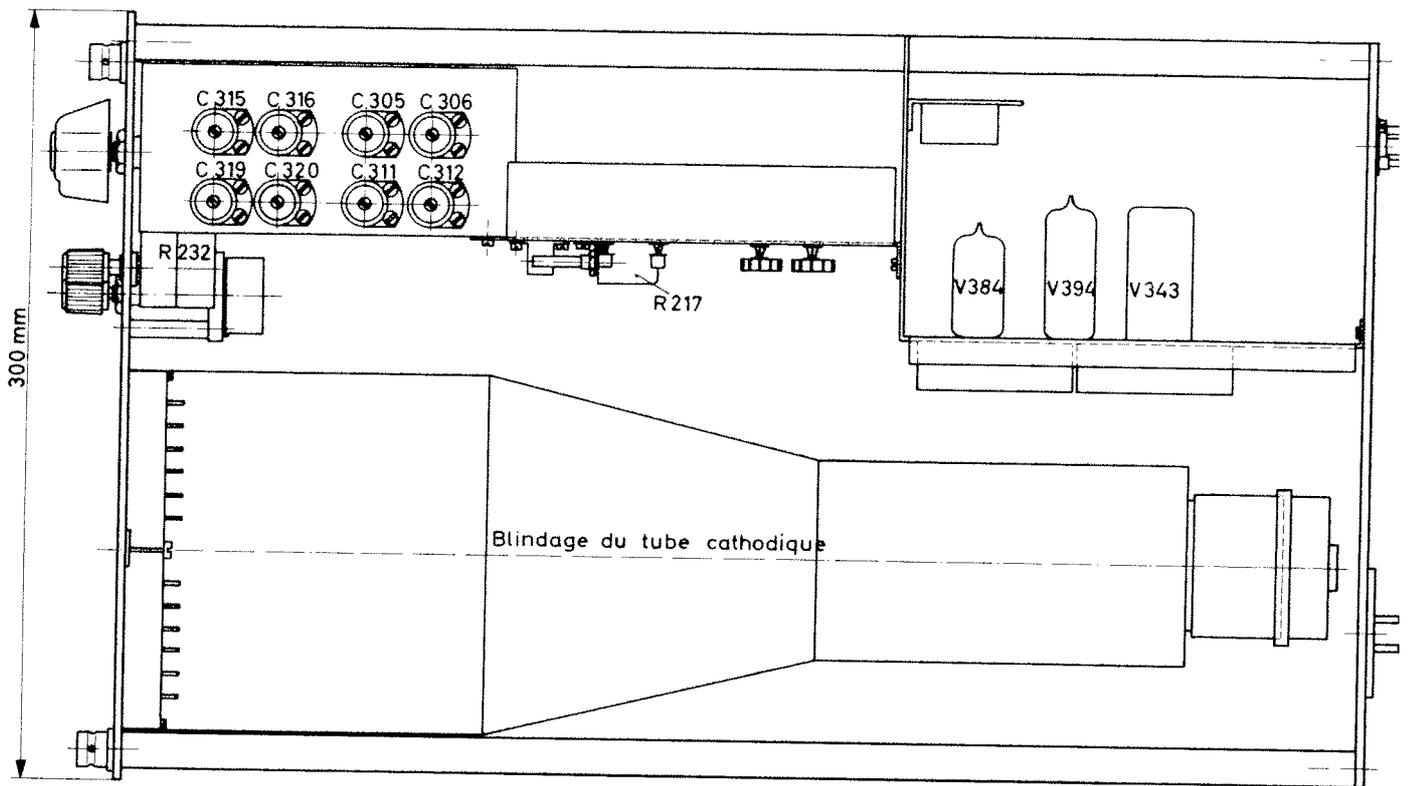
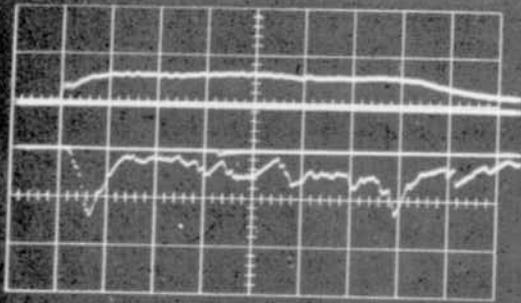
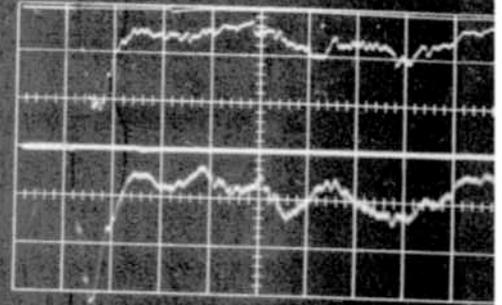


PLANCHE 13
Unité "OSCILLOSCOPE.."



0.2 0.1
1 0.5

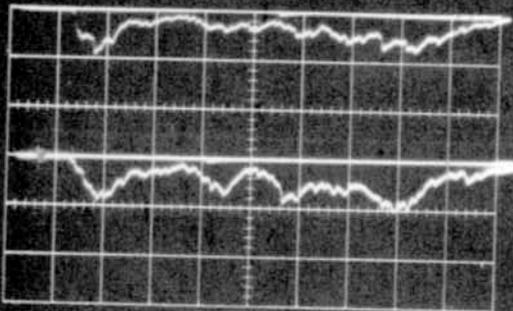


2 1 .5 .2 .1 .05 5 2 1 .5 .2 .1 .05

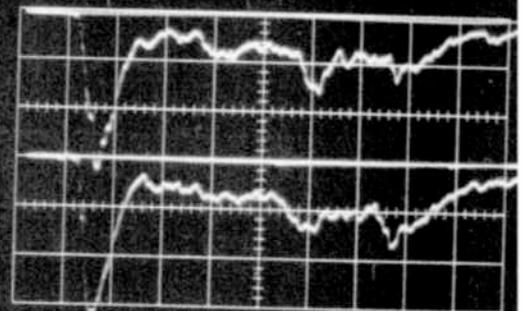
.05 .1 .2 .5 1 2 5 .05 .1 .2 .5 1

0 2 2

.05 .1 .2 .5 1 2 5 .05 .1 .2 .5 1



5 2
20 10

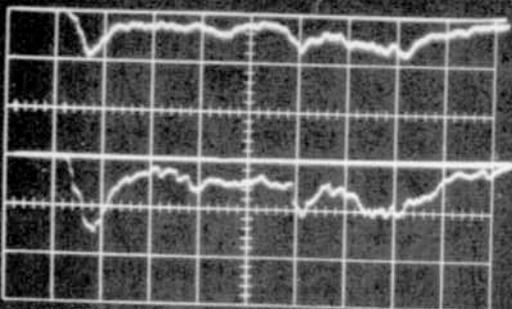


2 1 .5 .2 .1 .05 5 2 1 .5 .2 .1 .05

0

2 1 .5 .2 .1 .05 5 2 1 .5 .2 .1 .05

.05 .1 .2 .5 1 2 5 .05 .1 .2 .5 1 2



100 50
500

