

**FAST EJECTION**  
**OPERATION STRAIGHT FLUSH**

**SERVICE MANUAL**

**VOLUME A**

FAST EJECTION  
"OPERATION STRAIGHT FLUSH"

C O N T E N T S

Foreword

Section 1. INTRODUCTION

- 1.1 Introductory outline
- 1.2 Beam dynamics during ejection
- 1.3 Ejection equipment
- 1.4 Beam sharing schemes
- 1.5 Operational experience

2. KICKER MAGNET

- 2.1 Introduction
- 2.2 Construction
- 2.3 Monitoring and interlock devices
- 2.4 Characteristics
- 2.5 Maintenance of the bare kicker magnet (in French)
- 2.6 The Field Inverter

3. HIGH VOLTAGE PULSE GENERATOR

- 3.1 Introduction
- 3.2 Pulse forming network
- 3.3 Charging circuit and voltage divider
- 3.4 The sparkgaps
- 3.5 Electrolytic end resistor
- \*3.6 Assembling, dismantling and maintenance instructions (in French)

4. FAST CHARGING 100 KV HIGH VOLTAGE POWER SUPPLY (in French)

- 4.1 Introduction
- 4.2 Operating instructions
- 4.3 Input and output characteristics
- 4.4 Functional description
- 4.5 Technical description
- 4.6 Calibration and adjustments

5. MARX TRIGGERS

- 5.1 Introduction
- 5.2 Operating instructions
- 5.3 Characteristics
- 5.4 Circuit description
- 5.5 Maintenance

- Appendix A Influence of the voltage stabilizer (T1 connected)
- B Influence of the voltage stabilizer (T1 disconnect.)
- \*C Electrical parts list I
- \*D Electrical parts list II

Section 6. INTERLOCKS AND CONTROLS

- 6.1 Introduction
- 6.2 Operating instructions
- 6.3 Input and output characteristics
- 6.4 Functional description
- 6.5 Technical description
- 6.6 Calibration

7. PROGRAMMING AND TIMING (in French)

- 7.1 Introduction
- 7.2 Input and output characteristics
- 7.3 Program sequencer
- 7.4 Kick and bunch selector
- 7.5 Pre/Post pulse units
- 7.6 Auxiliary circuits

8. FAST MONITORING (in French)

- 8.1 Introduction
- 8.2 Operating instructions
- 8.3 General characteristics
- 8.4 Functional description
- 8.5 Technical description
- 8.6 Performance and maintenance

## LIST OF FIGURES

### 1. GENERAL

- 1.1 Fast ejection from SS 58 into the east experimental area
- 1.2 Block diagram of the fast ejection "OSF"
- 1.3 Triple fast ejection
- 1.4 Second shot of triple fast ejection
- 1.5 Third shot of triple fast ejection
- 1.6 Single shot FE 74 (multibunching)

### 2. KICKER MAGNET

- 2.1 Principle of the kicker magnet circuit
- 2.2 Sectional view of the kicker magnet in its vacuum tank
- 2.3 Perspective view and partial cut of the kicker magnet
- 2.4 Some components of the kicker magnet
- 2.5 Assembly of a kicker magnet unit
- 2.6 a) End view of magnet  
b) Flexible strip conductors
- 2.7 Field inverter mounted on the bottom of the vacuum tank
- 2.8 Oscillograms of low voltage pulses
- 2.9 Kick, i.e. magnetic induction integrated along magnet, as a function of radial position in gap
- 2.10 Magnetization curve of the kicker magnet
- 2.11 Field inverter assembly
- 2.12 Principle of the field inverter and the pneumatic control
- 2.13 General view of the field inverter
- 2.14 Switching time for the moving contacts
- 2.15 The field inverter mechanism
- 2.16 The pressure regulation and interlock system panel
- 2.17 Front view of the pressure control manifold

### 3. HIGH VOLTAGE PULSE GENERATOR

- 3.1 Block diagram of the half H.V. circuit
- 3.2 Simplified circuit of the H.V. pulse generator
- 3.3 a) Assembly drawing of the H.V. pulse generator (top view)  
b) Assembly drawing of the H.V. pulse generator (side view)
- 3.4 Pulse forming network and adapter circuit
- 3.5 Sparkgaps voltage divider circuit
- 3.6 Reference voltage divider circuit
- 3.7 Schematic circuit of front- or tail gap with clipping gap
- 3.8 Picture of the H.V. pulse generator
- 3.9 a) Frontgap + short circuit sparkgap  
b) Tailgap
- 3.10 Static characteristic of front or tailgap
- 3.11 Equivalent circuit of the middle electrode and trigger
- 3.12 Time jitter of front or tailgap for 2 trigger pulse voltages
- 3.13 Time jitter of front or tailgap as a function of line voltage for  $P = 2,0$  atm. abs.
- 3.14 Time jitter of front or tailgap as a function of line voltage for  $P = 4,5$  atm. abs.

- 3.15 Development of time jitter of front or tailgap during its life test (H.V. = 55 kV, P = 4 atm. abs., trig. volt. = 28 kV)
- 3.16 Short circuit sparkgap
- 3.17 Schematic representation of the SCSG
- 3.18 Time jitter of SCSG as a function of line voltage for pressure maintained according to fig. 3.10b.
- 3.19 Breakdown probability of SCSG as a function of  $d_1$  with  $d_1 + d_2 = 2,6$  mm.
- 3.20 Breakdown probability of SCSG as a function of  $d_1$  with  $d_1 + d_2 = 3,0$  mm.
- 3.21 Time jitter of SCSG as a function of line voltage with  $p = 4,5$  atms. abs.
- 3.22 Time jitter of SCSG as a function of line voltage with  $p = 2,0$  atm. abs.
- 3.23 Picture of front and tailgap parts
- 3.24 Picture of SCSG (2 views)
- 3.25 Electrolytic resistor : assembly drawing
- 3.26 Electrolytic resistor : typical curve of resistance as a function of temperature
- 3.27 Picture of the electrolytic resistors a) ensemble, b) parts
- \*3.28 Electrolytic resistor : electrical connections (FE.EL. 278/1)
- \*3.29 Electrolytic resistor : control box circuit (FE.EL 279/1)
- \*3.30 Line selector (FE.EL 276/1)
- \*3.31 Controls of line selector (FE.EL 277/1)

#### 4. FAST CHARGING 100 KV HIGH VOLTAGE POWER SUPPLY

- \*312.001 Entrées des impulsions START-STOP
- \*312.002 Entrées du verrouillage des zones
- \*312.003 Sorties des trains d'impulsions pour la mesure H.T.
- 312.004 Contrôle et affichage - bloc diagramme
- 312.005 Circuit de H.T. asservie - bloc diagramme
- 312.006 Servo-amplificateur - schéma
- 312.007 Circuit à coupure de phase - schéma
- 312.008 Circuit à coupure de phase - diagramme de temps
- \*312.009 Cuve H.T. - schéma et localisation des éléments
- 312.010 D.A.C. - schéma de la carte
- \*312.011 Circuit des D.A.C. - câblage du tiroir enfichable
- \*312.012 Flip-flop pour D.A.C. - schéma de la carte
- \*312.013 And-gate pour D.A.C. - schéma de la carte
- 312.014 A.D.C. - schéma de la carte
- \*312.015 Contrôle A.D.C. - schéma de la carte
- \*312.016 Compteur pour mesure tension référence et HT lignes schéma de la carte
- \*312.017 Circuit des A.D.C. - câblage du tiroir enfichable
- \*312.018 Câblage des connecteurs des tiroirs enfichables et de la plaque arrière châssis
- \*312.019 Alimentation pour servo, D.A.C, A.D.C
- 312.020 Circuit de contrôle - schéma
- \*312.021 Points de réglage

---

\*) drawing included in the service manual only

## 5. MARX TRIGGERS

- 5.1 Block diagram
- 5.2 Electrical scheme
- \*5.3 Voltage stabilizer description
- \*5.4 Plaquette ST1 avalanche circuit
- \*5.5 Plaquette ST2 blocking
- \*5.6 Plaquette ST3 et ST4 thyatron circuit
- \*5.7 Trigger of the 1st gap
- 5.8 Marx trigger with lid off (back view)
- 5.9 Chassis without pulse generator box (front view)
- 5.10 Oscillograms of some typical pulses
- 5.11 Marx trigger with pulse generator box partly removed
- 5.12 Pulse generator box with Marx generator circuit removed
- 5.13 Pulse generator box with Marx generator circuit removed
- 5.14 Marx generator circuit with trigger system of the first gap
- \*5.15 Mounting jig

## 6. INTERLOCKS AND CONTROLS

- 316.000 Interlock system. Block diagram
- \*316.001 Rack without plug-in units. Front and back views
- 316.002 Rack with plug-in units. Front and back views
- \*316.003 Table of interlock functions
- \*316.004 Abbreviations used on cable lists
- \*316.005 Pressure/HV fault detectors chassis. Cable list
- \*316.006 Pressure regulation readout chassis. Cable list
- \*316.007 Temperature and pressure detectors chassis. Cable list
- \*316.008 Summary interlocks chassis. Cable list
- \*316.009 Pulse balance chassis. Cable list
- \*316.010 Field inverter chassis. Cable list
- \*316.011 Pulse repeater chassis. Cable list
- \*316.012 Supply distributor chassis. Cable list
- \*316.013 Remote control unit. Cable list
- \*316.014 Blocking oscillator type MPS 2812
- \*316.015 Symbols used on rack and chassis drawings
- \*316.016 Pressure/HV fault detectors chassis. Interconnections
- \*316.017 Pressure regulation readout chassis. Interconnections
- \*316.018 Temperature and pressure detectors chassis. Interconnections
- \*316.019 Summary interlocks chassis. Interconnections
- \*316.020 Pulse balance chassis. Interconnections
- \*316.021 Field inverter chassis. Interconnections
- \*316.022 Pulse repeaters chassis. Interconnections
- 316.023 Power supply distributor chassis. Circuit diagram
- 316.024 Remote control unit. Circuit diagram
- \*316.025 Philips power supply. Circuit diagram
- 316.026 Pressure/HV fault detectors chassis. Receiver unit. Circuit diagram and front panel
- 316.027 Pressure/HV fault detectors chassis. Fault counter. Circuit diagram
- \*316.028 Pressure/HV fault detectors chassis. Fault counter. Printed circuit and front panel
- 316.029 Pressure regulation readout chassis. Output driver unit. circuit diagram and front panel

---

\*) drawing included in the service manual only

- 316.030 Pressure regulation readout chassis. Receiver unit. Circuit diagram and front panel.
- \*316.031 Pressure regulation readout chassis. Transducer amplifier. Circuit diagram.
- 316.032 Pressure regulation readout chassis. Pressure readout unit. Logic diagram and front panel.
- \*316.033 Pressure regulation readout chassis. Pressure readout unit. Circuit diagram.
- \*316.034 Pressure regulation readout chassis. Pressure readout unit. Printed circuit cards 1.
- \*316.035 Pressure regulation readout chassis. Pressure readout unit. Printed circuit cards 2.
- 316.036 Temperature detector readout. Circuit diagram.
- \*316.037 Temperature detector readout. Printed circuit and front panel.
- 316.038 Temperature detector unit. Circuit diagram.
- \*316.039 Temperature detector unit. Printed circuit and front panel.
- 316.040A Summary interlocks chassis. Control unit. Circuit diagram part 1.
- 316.040B Summary interlocks chassis. Control unit. Circuit diagram part 2.
- \*316.041 Summary interlocks chassis. General interlocks unit. Control unit. Front panels.
- \*316.042 Summary interlocks chassis. Audible alarm. Circuit diagram.
- \*316.043 Summary interlocks chassis. Audible alarm. Printed circuit.
- 316.044 Summary interlocks chassis. General interlocks unit. Circuit diagram.
- \*316.045 Summary interlocks chassis. General interlocks unit. Printed circuit card 1.
- \*316.046 Summary interlocks chassis. General interlocks unit. Printed circuit card 2.
- 316.047 Summary interlocks chassis. Zone interlocks unit. Circuit diagram and front panel.
- \*316.048 Summary interlocks chassis. Zone interlocks unit. Printed circuit.
- 316.049 Pulse balance chassis. Receiver unit and + 100 power supply. Circuit diagram and front panel.
- 316.050 Pulse balance chassis + 100 unit. Circuit diagram and front panel.
- \*316.051 Pulse balance chassis + 100 unit. Printed circuit card.
- 316.052 Pulse balance chassis. Fault counter. Circuit diagram
- \*316.053 Pulse balance chassis. Fault counter. Printed circuit and front panel.
- 316.054 Pulse balance chassis. HV interlocks unit. Circuit diagram and front panel.
- 316.055 Field inverter chassis. Receiver unit. Circuit diagram and front panel.
- 316.056 Field inverter chassis. D/A converter unit. Circuit diagram.
- \*316.057 Field inverter chassis. D/A converter unit. Logic printed circuit card.
- \*316.058 Field inverter chassis. D/A converter unit. Relay printed circuit cards and front panel.
- 316.059 Field inverter chassis. Zone unit. Circuit diagram and front panel.
- \*316.060 Field inverter chassis. Zone unit. Printed circuit.
- 316.061 Field inverter chassis. Output driver unit. Circuit diagram and front panel.

---

\*) drawing included in the service manual only

- \*316.062 Field inverter chassis. Output driver unit. Printed circuit.
- 316.063 Pulse repeaters chassis. Plug-in unit. Circuit diagram and front panel.
- \*316.064 Pulse repeaters chassis. Plug-in unit. Printed circuit card.
- 316.065 Summary interlocks chassis. Output driver unit. Circuit diagram and front panel.
- \*316.067 Trigger split unit. Circuit diagram and front panel.

## 7. PROGRAMMING AND TIMING

- \*318.000 M-POSTPULSE - schéma d'ensemble
- \*318.001 M-POSTPULSE - plan de bornage
- 318.004 M-POSTPULSE - schéma de fonction
- \*318.005 BLOCKING OSCILLATOR - type MPS 2812
- \*318.010 M-PREPULSE - schéma d'ensemble
- \*318.011 M-PREPULSE - plan de bornage
- 318.014 M-PREPULSE - schéma de fonction
- \*318.020 M-EJECTION - schéma d'ensemble
- \*318.021 M-EJECTION - plan de bornage
- \*318.022 M-EJECTION - amplificateur Prérun M
- 318.024 M-EJECTION - schéma de fonction
- \*318.030 RF-POSTPULSE - schéma d'ensemble
- \*318.031 RF-POSTPULSE - plan de bornage
- 318.034 RF-POSTPULSE - schéma de fonction
- \*318.035 LINE DRIVER - type A
- \*318.036 LINE DRIVER - type B
- \*318.040 RF-PREPULSE - schéma d'ensemble
- \*318.041 RF-PREPULSE - plan de bornage
- 318.044 RF-PREPULSE - schéma de fonction
- \*318.050 FIRST BUNCH - schéma d'ensemble
- \*318.051 FIRST BUNCH - plan de bornage
- 318.054 FIRST BUNCH - schéma de fonction
- \*318.060 EJECTED BUNCHES - schéma d'ensemble
- \*318.061 EJECTED BUNCHES - plan de bornage
- 318.064 EJECTED BUNCHES - schéma de fonction
- \*318.070 BUNCH INDICATION - schéma d'ensemble, first bunch decoder
- \*318.071 BUNCH INDICATION - schéma d'ensemble, lamp register
- \*318.072 BUNCH INDICATION - plan de bornage
- 318.074 BUNCH INDICATION - schéma de fonction
- \*318.080 LINE VOLTAGE - schéma d'ensemble, HV - counter
- \*318.081 LINE VOLTAGE - commandes HV-FI
- \*318.082 LINE VOLTAGE - plan de bornage
- 318.084 LINE VOLTAGE - schéma de fonction
- \*318.090 TAIL TRIGGER - RF-post modifié, schéma d'ensemble
- \*318.091 TAIL TRIGGER - RF-pre modifié, schéma d'ensemble
- 318.092 TAIL TRIGGER - RF-post modifié, schéma de fonction
- 318.093 TAIL TRIGGER - RF-pre modifié, schéma de fonction
- \*318.094 TAIL TRIGGER - RF-post modifié, plan de bornage
- \*318.095 TAIL TRIGGER - RF-pre modifié, plan de bornage
- \*318.100 TEST UNIT - schéma d'ensemble
- \*318.101 TEST UNIT - plan de bornage
- 318.104 TEST UNIT - schéma de fonction
- \*318.110 PROGRAM UNIT - schéma d'ensemble
- \*318.111 PROGRAM UNIT - plan de bornage

---

\*) drawing included in the service manual only



318.114	PROGRAM UNIT - schéma de fonction
*318.120	CHASSIS PRE/POSTPULSES - vues arrières
*318.121	CHASSIS PRE/POSTPULSES - liste de câblage
*318.130	CHASSIS K+B SELECTOR - vues arrières
*318.131	CHASSIS K+B SELECTOR - liste de câblage
318.132	K+B SELECTOR - schéma bloc
318.133	K+B SELECTOR - séquence des impulsions
318.134	PRE/POSTPULSES UNITS - séquence des impulsions
*318.140	CHASSIS PROGRAM SEQUENCER - vues arrières
*318.141	CHASSIS PROGRAM SEQUENCER - liste de câblage
*318.141a	CHASSIS PROGRAM SEQUENCER - liste de câblage
318.142	PROGRAM SEQUENCER - schéma d'ensemble de la programmation
*318.143	PROGRAM SEQUENCER - circuits auxiliaires
*318.150	AMPLIFICATEUR D'ENTREE M
*318.151	AMPLIFICATEUR D'ENTREE RF
*318.152	ALIMENTATIONS AUXILIAIRES +12/-12V
*318.153	AMPLIFICATEUR RF-TRAIN
*318.154	AMPLIFICATEUR DE LIAISON M
*318.155	AMPLIFICATEUR DE LIAISON RF
*318.156	AVALANCHE TRIGGERS
*318.157	AMPLIFICATEUR DE LIAISON RF K+B SELECT.
318.158	FINE DELAYS
318.164	ENERGY INDICATION - schéma de fonction
*318.190	CHASSIS PRE/POSTPULSES - liste des pièces mécaniques
*318.191	TIROIRS PRE/POSTPULSES - liste des pièces mécaniques
*318.250	CABLAGE INTERNE
*318.251	DISTRIBUTION EXTERNE
318.252	DISTRIBUTION DES IMPULSIONS
318.253	SCHEMA BLOC GENERAL

## 8. FAST MONITORING

310.001	Fast monitoring general circuit
*310.002	MCR front panel controls
*310.003	CR front panel controls
*310.004	Faraday cage, bottom connection input
*310.005	Faraday cage, outside rear panel
310.006	High speed pulse balance + sum and signals measurements system
310.007	Integrator electrical scheme
310.008	Integrator isometric projection
*310.009	Photography of elementary parts of an integrator
*310.010	Push buttons selectors, interconnections and wiring diagram
*310.011	Coaxial reed switches selector, wiring diagram
310.012	Coaxial reed switches selector, mechanical projection
*310.013	30 V coaxial selectors, power supply
310.014	Modified AN 100 Mixer $\lesssim$ EGG module
310.015	Blocking oscillator PS, modifié
310.016	Monitoring Trigger selector
310.017	Reference pulse block diagram
310.018	Reference pulse circuit
310.019	Delay line 0 - 99 ns
*310.020	Delay line, local control electrical circuit
*310.021	Remote control delay line 0-99 electrical circuit

\*310.022 Signals measurements  
\*310.023 Trigger signal measurements  
310.024 Integrator input signals  
310.025 Integrator measurements  
310.026 Selector circuits response

---

\*) drawing included in the service manual only

EDITOR'S FOREWORD

During and after the installation period of the newly constructed ejection facilities for the PS in autumn 68, one started to realize the usefulness of a comprehensive documentation, though the principle of a documentation work was already agreed upon at an early stage of the project. The complexity of the different parts as well as the fact that they have to be operated and serviced by people of an other group led us to a substantial documentation effort over a prolonged period.

The present service manual is the result of the collective effort of the designers and the constructors, coordinated by an editor. Primarily their contributions were intended as operation and maintenance instructions for the group who took over the equipment, but later the bare service manual was supplemented by some general descriptions in order to make it more interesting for a larger number of people.

The manual is divided into eight almost independent sections corresponding to the main functions of the ejection system. Each section is shaped whenever possible to the same model and represents the status of the equipment at the transfer date, including some minor modifications which were done later on. The original language of the contribution (English or French) was retained, the advantage being precision of expression. Translation would have resulted in later completion of the manual, involving a disproportionate effort. After all CERN is a bilingual community!

There are two versions of the service manual. The first contains the texts and a selection of the relevant figures together and gives an organized insight into the new ejection facilities. The second version is service and maintenance oriented and comprises all the figures, diagrams and schemata available, except the mechanical ones. Those plans, representing four heavy files have already been given over to the servicing group.

The editor takes the opportunity to thank all the contributors to this manual : Messrs. H. van Breugel, L. Caris, H. Dijkhuizen, R. Downton, Y. Favereau, E. Frick, I. Kamber, A. King, J. Leroux, S. Milner, G. Paillard, H. Rossi, C. Scheffre and E.M. Williams. My thanks are due to other members of the fast ejection group for their administrative support or their contribution to the various stages of the documentation. In this respect, I would specially mention the efficient assistance of our group secretary Mrs. C. Milner-Hunziker; thanks to her the manual came into life.

I am specially indebted to R. Bossart who acted as an "irremplaçable" chairman of the editing team and provided me with competent counsel.

Last but not least I thank our group leader B. Kuiper for his constant support.

J.J. Rège  
Editor

P R E F A C E

C'est pendant l'installation et la mise en service du nouvel équipement d'éjection rapide pour la section droite 58 du synchrotron à protons que l'on a ressenti l'utilité d'une documentation complète sur toutes les parties du système. Une documentation avait d'ailleurs été proposée et acceptée en principe au début du projet OSF. La complexité des différentes parties et le fait que le système doit être surveillé et entretenu par des personnes d'un autre groupe nous ont amenés à faire un important travail de rédaction et de dessin pendant une période prolongée.

Ce manuel est le résultat de l'effort commun des initiateurs du projet et de ses constructeurs; leur travail a été coordonné par un rédacteur. Au début on a surtout mis l'accent sur des instructions opérationnelles et de dépannage mais par la suite on a pensé utile de les compléter par quelques descriptions d'ordre général pour rendre l'ensemble intéressant à un plus grand nombre de personnes.

Le manuel est divisé en 8 parties à peu près indépendantes correspondant aux principales fonctions du système d'éjection. Toutes les parties sont rédigées, autant que faire se peut, sur le même modèle et elles reflètent en principe l'état de l'équipement à la date du transfert, sauf dans quelques cas où l'on a inclu les modifications connues.

Une des caractéristiques de ce manuel est que le langage que l'auteur a choisi (anglais ou français) a été gardé, pour ne pas retarder la parution de ce manuel par une traduction. Cette caractéristique ne devrait pas être un handicap dans une communauté bilingue telle que le CERN.

Il y a deux versions de ce manuel. La première contient tous les textes et un choix des dessins nécessaires à la compréhension du texte. Cette version est destinée à tous ceux qui désirent avoir une bonne connaissance du nouveau système d'éjection et qui ne s'intéressent que peu aux détails de fabrication. La deuxième version au contraire contient tous les textes et tous les dessins dans deux volumes; elle est destinée en principe à l'opération et à l'entretien du système. Les quatre dossiers de dessins de construction mécanique ont déjà été remis au groupe d'entretien et ne font donc pas partie de ce manuel.

Le rédacteur aimerait remercier tous les auteurs pour leur contribution sans laquelle un tel manuel était difficilement réalisable : MM. H. van Breugel, L. Caris, H. Dijkhuizen, R. Downton, Y. Favereau, E. Frick, I. Kamber, A. King, J. Leroux, S. Milner, G. Paillard, H. Rossi, C. Scheffre, et E.M. Williams. Les autres membres du groupe PS/FES qui ont contribué de façon diverse aux différentes étapes de ce manuel ont également droit à notre gratitude. Je voudrais mentionner spécialement l'aide précieuse de notre secrétaire, Mme C. Milner-Hunziker; c'est grâce à elle que le manuel a reçu une présentation convenable.

Je suis spécialement reconnaissant à M. R. Bossart qui a présidé le comité de rédaction et m'a aidé efficacement sur le plan technique et même administratif. Notre chef de groupe B. Kuiper a encouragé ce projet, qu'il en soit remercié.

J.-J. Rège  
Rédacteur

## SECTION 1 - INTRODUCTION

R. Bossart

### Contents

1. INTRODUCTORY OUTLINE
  2. BEAM DYNAMICS DURING EJECTION
  3. EJECTION EQUIPMENT
    - 3.1 Kicker Magnet
    - 3.2 High voltage pulse generator
    - 3.3 Controls
  4. BEAM SHARING SCHEMES
  5. OPERATIONAL EXPERIENCE
- APPENDIX A : REFERENCES

## SECTION 1 - INTRODUCTION

### 1. INTRODUCTORY OUTLINE

In 1963 a mobile small aperture kicker magnet in straight section 97 with a mobile septum magnet  $\lambda/4$  downstream in straight section 1 provided fast ejection into the south hall<sup>1)</sup>. Later, the fast ejection system was improved and extended for new experimental areas<sup>2)</sup>: one stationary septum magnet was installed in straight section 74 for the neutrino experiment and another in straight section 58 for the 2m hydrogen bubble chamber situated in the east hall.

As only 1 to 3 bunches were usually required for the bubble chamber experiments, further partial ejections of the internal beam during the same cycle became an interesting proposition. In order to satisfy the fast cycling rate of the 2m hydrogen bubble chamber, multiple fast ejection was necessary. Moreover, a new fast ejection channel for the storage rings will be installed with a septum magnet in straight section 16. To share the beam amongst the different experimental areas, supplementary fast ejection facilities were proposed for multiple ejection with the septum magnets in straight sections 58, 74, 16<sup>3)</sup>.

Under the nickname "Operation Straight Flush" a new fast ejection equipment has been installed in the PS in 1968. The fast ejection system now provides during the same machine cycle, up to three different partial fast ejections to the same or different experimental areas at short intervals. Any number of proton bunches can be ejected. Beam sharing from one acceleration cycle to another is possible for three different ejection channels.

To synchronize all the septum magnets, bumps and beam steering RF-perturbations of the different ejection channels with the kicker magnet, a new control system was built. With these controls, all main ejection parameters can be selected separately for three partial ejections. These parameters are : energy of ejected beam, number of ejected bunches, amplitude and polarity of the magnetic pulse in the kicker magnet.

## 2. BEAM DYNAMICS DURING EJECTION

Two types of magnets are necessary to eject the beam out of the PS : a kicker magnet with a fast response time and a septum magnet with a strong magnetic field. The kicker magnet kicks the beam into the septum magnet, which ejects the beam out of the PS towards the experiments. Before ejection, the position of the beam is adjusted by the beam steering RF perturbation and the bump coils of the PS.

The septum magnets are placed 60 mm outwards of the centre of the machine aperture (see fig. 1.1). A bump of 50 mm amplitude, i.e. a local adiabatic closed orbit deformation places the beam in front of the septum. A fast pulse in the kicker magnet then produces a betatronic oscillation of 27 mm amplitude around the closed orbit. The kicked bunches are swept into the aperture of the septum magnet and are ejected into the experimental area. The local bump of the closed orbit is generated by the backleg windings on main magnet units found up and downstream of the septum magnet. In the ejection scheme, a fine adjustment of the bump provided by the backleg windings is derived from the beam steering RF perturbation. This adjustment is employed only directly before the kicker magnet is excited, and in this way beam losses at the septum are minimized. For an excitation pulse of 2500 A in the kicker magnet, the radial displacement of the beam by the betatronic oscillation amounts to 18 mm at 19,2 GeV in the region of the septum magnets. For a nominal beam diameter of 12 mm and a septum of thickness 3 mm, this allows a margin of 3 mm in positioning the beam at the septum.

## 3. EJECTION EQUIPMENT

The ejection equipment is located in three different areas, see block diagram fig.1.2. The kicker magnet and its accessories are in the PS ring. All other equipment is outside the ring to have access to it when the PS is working. The high voltage pulse generator, the Marx triggers, the high voltage power supply, the controls and interlocks and the monitoring have been installed in the computer room (CR). All equipment needed by the operators has been installed in the main control room (MCR): programming and timing, remote controls and displays of monitoring, interlocks and hydraulics.

### 3.1 Kicker Magnet

The central part of the fast ejection system is a mobile small aperture kicker magnet of  $20 \times 22 \text{ mm}^2$  useful beam aperture installed in 1967<sup>4</sup>). The rectangular magnetic field pulse of rise time  $0,1 \mu\text{s}$  and flat top  $2,1 \mu\text{s}$  is achieved by building the kicker magnet as a delay line which forms part of a matched transmission line. The ferrite rings of the kicker magnet are distributed between air condensers and form together a coaxial delay line of 85 ns delay time and 10 ohms characteristic impedance. The aperture for the beam is cut out of the ferrite rings and capacitor plates. There are two magnet units fixed to a central support, and each of the magnet units is energized separately. The nominal excitation current for each kicker magnet unit is 3000 A, corresponding to a high voltage pulse of 30 kV.

To deflect the beam inwards and outwards, field inverters are employed to reverse the current direction in the kicker magnet. This method avoids flashover difficulties encountered with reversal of voltage polarity.

### 3.2 High voltage pulse generator

The excitation pulse for the kicker magnet is generated by discharging a lumped element delay line of 10 ohms characteristic impedance into the kicker magnet unit. There are two separate storage lines, each energizing a kicker magnet unit, and they can be operated together or separately. Due to the adaptation of the load, the pulse voltage on the KM is half the line voltage which can be set at any voltage between 30 and 70 kV. The storage line is connected at both ends to a matched transmission line by means of spark gaps. By varying the instants of triggering the front and tail gap the pulse can arbitrarily be divided between the kicker magnet and the tail resistor. The pulse length at the magnet can then be varied between  $0,1$  and  $2,1 \mu\text{s}$ . In order to obtain a fast rise of the field in the kicker magnet, the pulse voltage is sharpened by a RC section before the front gap. In order to obtain a corresponding fall time of the magnetic field, the clipping gap short circuits the line at the relevant moment.



The spark gaps are based on the principle of three electrode, swinging-cascade gap<sup>5)</sup>. To reduce the influence of erosion, the electrodes are of annular construction. The spark gaps are triggered by 30 kV pulses derived from Marx pulse generators driven by hydrogen thyratrons.

The storage lines are charged by a high voltage power supply providing 30 to 70 kV within 150 to 200 ms. The high voltage is stabilized to 1% by a controlled phase cutting rectifier.

### 3.3 Controls

The new fast ejection facilities are controlled by a comprehensive electronic system. Its main features derived from operational experience are :

- automatic control where possible
- simple and fool-proof operation
- adequate displays.

The kicker magnet is moved by an electrohydraulic servosystem which is remote controlled. Any movement within 250 mm stroke and 10 g acceleration can be programmed. The magnet and the vacuum tank are protected against mechanical overstresses by the hydraulic interlock system.

The programming and timing part receives the control signals for the beam sharing, and transmits the preselected ejection parameters to the kicker magnet and its pulse generator. The program sequencer repeats and distributes the program of the main control room for the five ejection areas. If the accelerator does not run, the program sequencer can generate an autonomous program for high voltage tests. The kick and bunch selector chassis contain and act on all the essential ejection parameters for an ejection burst, such as energy of ejected beam, number of bunches, high voltage of pulse generator, etc. The trigger pulses for septum magnet, bump, RF perturbation, RF separators, monitoring, etc. are locked to the ejection moment by the pre- and postpulse units. If the ejection moment is changed, the pre- and post-pulses follow automatically maintaining the preset time interval before or after ejection.

An interlock system protects ejection channels, kicker magnet and pulse generator in case of failures. There are general interlocks and area interlocks. The general interlocks switch off the power supply of the high voltage pulse generator in conditions of alarm from vacuum, temperature, overvoltage and overcurrent detectors in the kicker magnet or pulse generator. The area interlocks inhibit the firing of the pulse generator at ejection channels, in which ejection is forbidden by personal protection or by the pulse balance detecting improper pulsing of the kicker magnets.

The monitoring of all relevant signals in the kicker magnet and pulse generator enables a quick fault diagnosis. All fast high voltage signals and some low level signals as for example the magnetic flux of the kicker magnet, can be selected on an oscilloscope by a remote coaxial signal selector. The observation pulses are in most cases time differentiated by electrostatic pickups and reintegrated by passive integrators.

#### 4. BEAM SHARING SCHEMES

The new ejection equipment offers a variety of beam sharing schemes composed of three basic features :

- total or partial ejection of any number of bunches between 1 and 20;
- single, double or triple ejection in intervals of 150 to 200 ms into the same or different experimental areas;
- sequencing of ejection programs for each machine cycle.

The bunches not ejected by fast ejection are ejected by slow ejection. Typical combinations for fast ejection have been tested during the machine development sessions. Single bursts of one to twenty bunches were ejected at 19.2 GeV into the neutrino channel, see fig. 1.6.

For the external target of the 2 m hydrogen bubble chamber. two bursts each with two bunches have been ejected within 200 ms. The energy of ejection was varied within 19.2 and 24 GeV. At 19,2 GeV the ejection efficiency for the first shot was 90<sup>0</sup>/o and for the second shot 80<sup>0</sup>/o. The lower efficiency for the second shot was caused by an unstable flat top of the PS ring magnets.

Triple ejection was tested at 19.2 GeV at intervals of 200 ms, see Figs. 1.3, 1.4, 1.5. The first two shots of one to three bunches were directed to the east hall channel emerging from septum magnet 58. The third burst of five bunches was ejected by septum magnet 74 to the neutrino channel.

The beam control after ejection can be maintained for 5 or more bunches remaining in the accelerator. For a single fast ejection of a few bunches an ejection efficiency better than 95 % can be obtained.

## 5. OPERATIONAL EXPERIENCE

The new ejection equipment has been operational since November 68 and is continuously running since then for bubble chamber experiments with HBC 200 and HLBC 120. No major failures occurred in the fast ejection equipment. Over a total of 2800 hours of scheduled ejection, the fast ejection equipment failed for about 1% of the time. As most of the equipment is outside of the PS ring, the PS was stopped only for some hours.

Nearly all the time, one to three bunches were ejected at 21 to 24 GeV for the external target of the 2m hydrogen bubble chamber in the east hall. When the bubble chamber was ready for double expansion, twice two bunches were ejected at 15 GeV in an interval of 150 ms. The 2m hydrogen bubble chamber took twice the number of pictures during a week than before.

For several weeks, single bursts of two to five bunches were ejected at 19 to 22 GeV to the neutrino area for the experiments k11.

Double ejection at different energy into different areas was used for three weeks. Two to five bunches were ejected at 19 GeV for the neutrino channel, and 200 ms afterwards, two to four bunches were ejected at 24 GeV for the east hall.

Sequencing was used for three weeks to eject three bunches for the east hall during four subsequent machine cycles, and then for each fifth cycle to eject the whole beam into the neutrino channel.

With the new power supply of the main magnets it is possible to stay with the accelerated beam at an intermediate energy and then to accelerate again to higher energy. With this arrangement for one week two shots of two bunches were ejected within 140 ms at 15 GeV for the HBC 200 in the east hall, and then after further acceleration of the internal beam one shot of five bunches was ejected at 19,2 GeV for the HLBC 120 in the neutrino area.

The operational experiences gained during several months prove that for a stable PS, bursts of several bunches are perfectly ejected up to 24 GeV. With competent and careful servicing, the equipment has shown a high degree of reliability. The new control system provides easy and flexible beam sharing among different experiments.

APPENDIX A

REFERENCES

1. R. Bertolotto et al., Proc. International Conference on High Energy Accelerators, Dubna, USSR, 1963, p.669.
2. B. Kuiper and G. Plass, Proc. International Conference on High Energy Accelerators, Frascati, Italy, 1965, p. 597.
3. H. van Breugel et al., Operation Straight Flush, NPA/int. 67-11.
4. B. Kuiper and S. Milner, Proc. International Conference on Magnet Technology, Oxford, U.K., 1967, p.204.
5. R.A. Fitch and N.R. Mc Cornick, Proc. of the Institution of Electrical Engineers, London, 1959, Part A, Volume 106, Supplement 2, p.117.

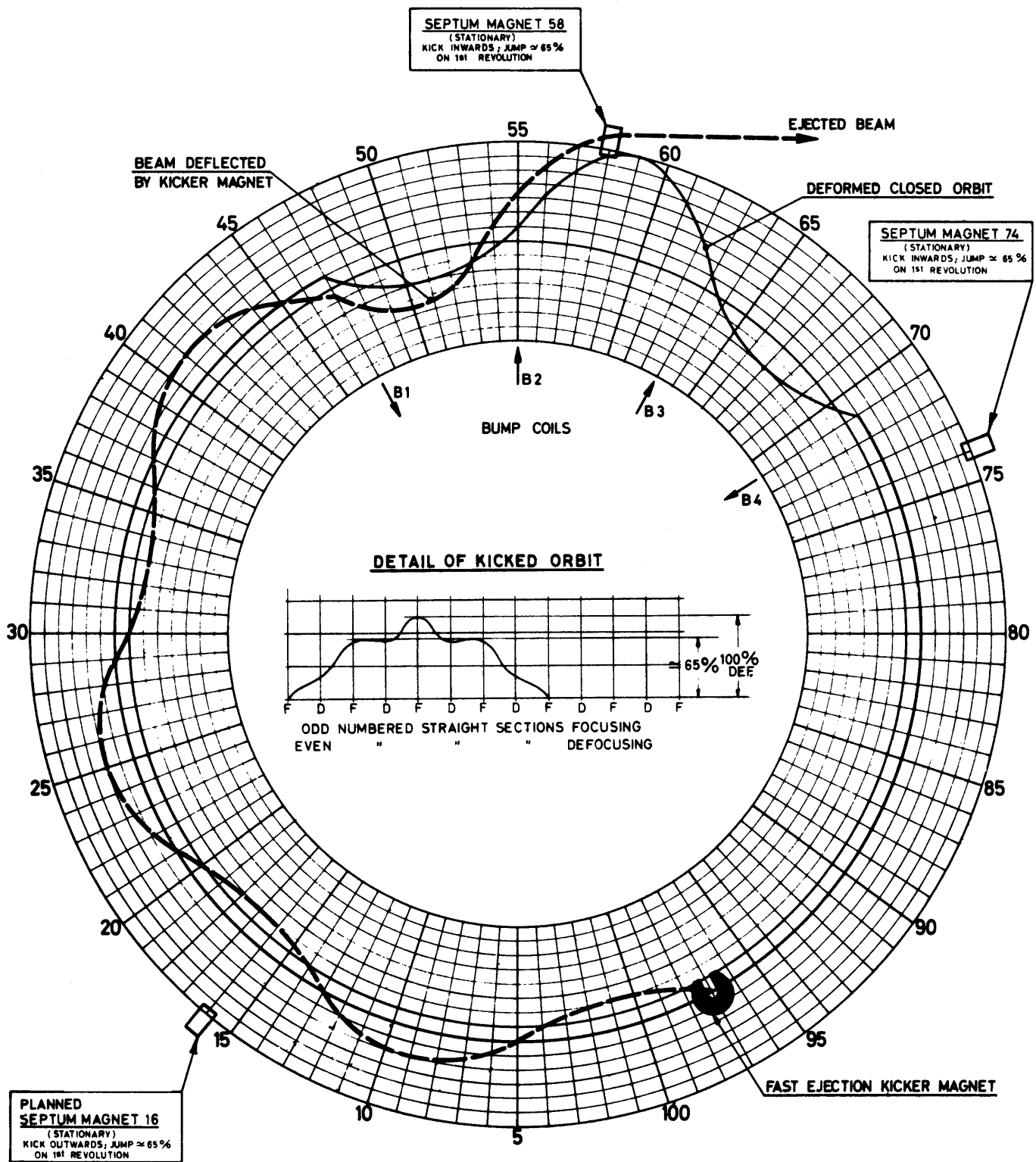


Figure 1.1 Fast ejection from straight section 58 into the east experimental area

Average closed orbit position is displaced between 10 and 20 mm outward. A local closed orbit distortion, centered around straight section 59, is created by a double pair of bump coils B1B2B3B4. This places the beam in front of the septum of the ejection magnet. The kicker magnet deflects the beam inwards, creating a betatron oscillation of enough amplitude to jump the septum.

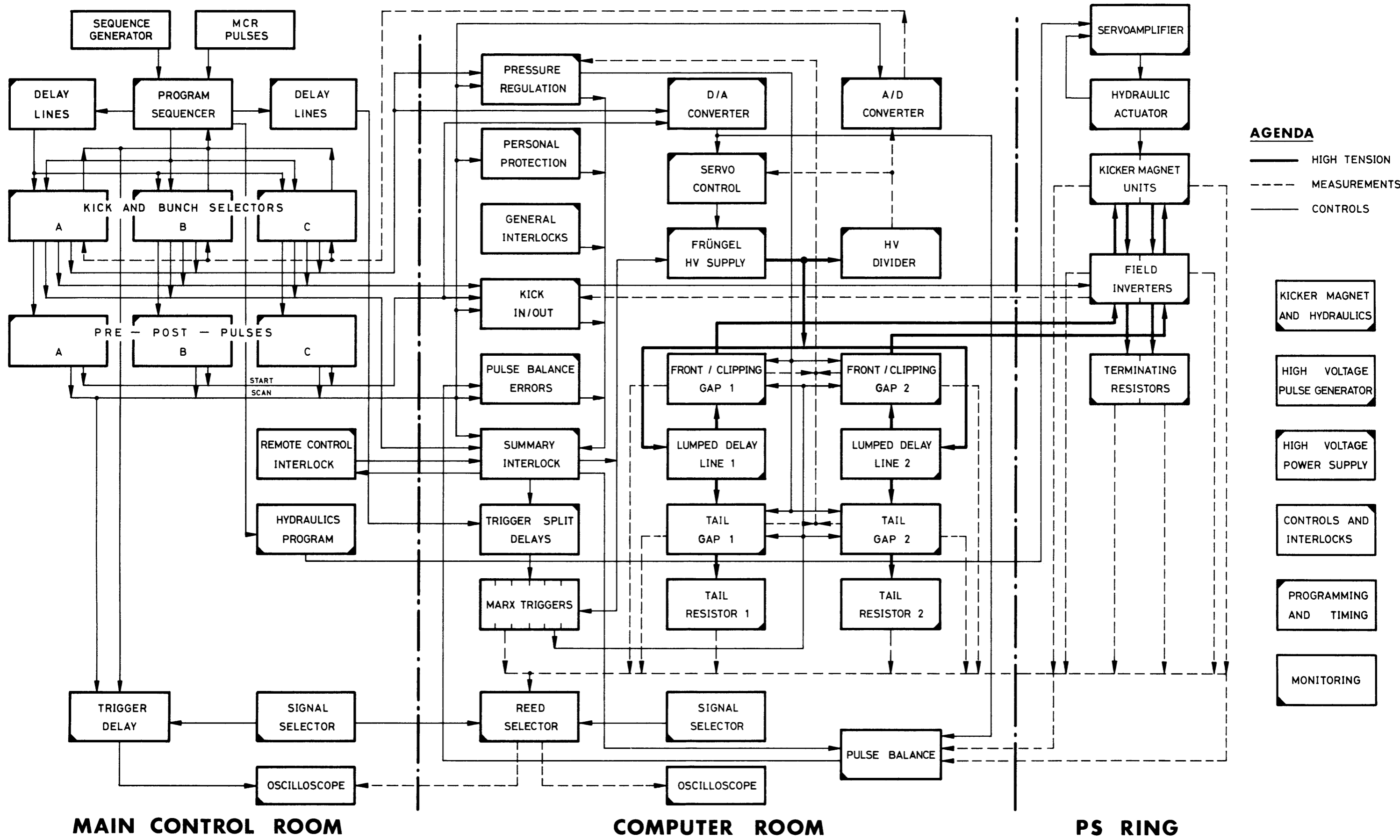


FIG. 1.2 BLOCK DIAGRAM FAST EJECTION "STRAIGHT FLUSH"

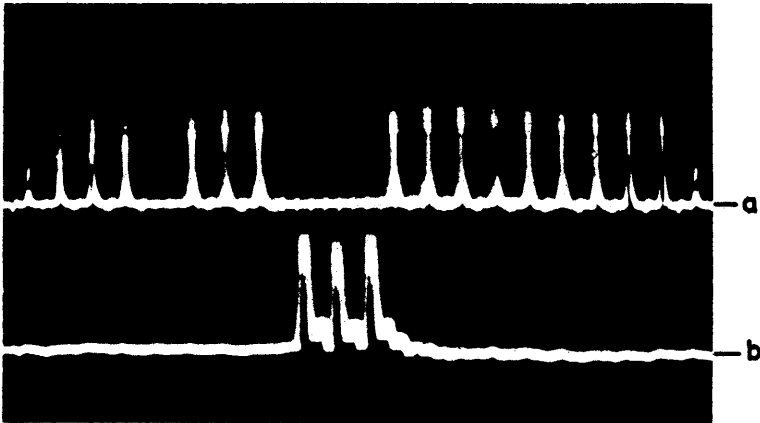
PS/FES 318.500



**Figure 1.3 Triple fast ejection**

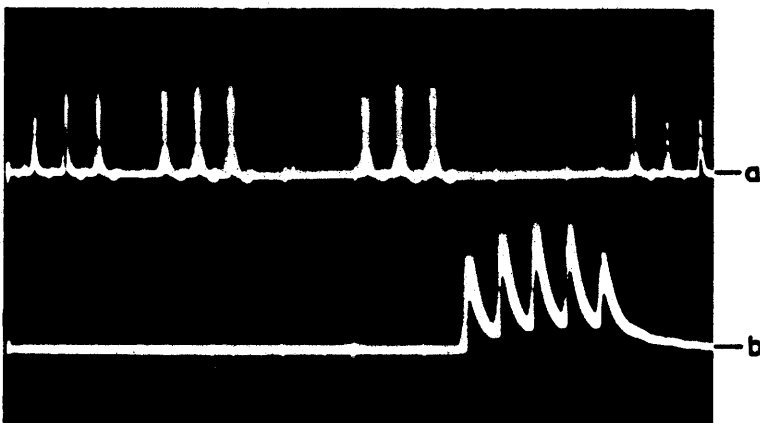
Two shots are ejected into the bubble chamber channel and then one shot into the neutrino channel, all in intervals of 200 ms at 19.2 GeV/c. The oscillogrammes (100 ms/div) show

- a) kicker movement
- b) line voltage
- c) bump current during ejection into bubble chamber channel
- d) bump current during ejection into the neutrino channel
- e) RF-perturbations
- f) internal beam current trafo



**Figure 1.4 Second shot of triple fast ejection**

The oscillogramme a) shows the bunch structure with 105 ns from bunch to bunch of the internal beam just after the second shot, 1 bunch having been ejected by the first shot and 3 bunches by the second shot. The oscillogramme b) shows the three ejected bunches of the second shot passing the bubble chamber channel.



**Figure 1.5 Third shot of triple fast ejection**

The oscillogramme a) shows the bunch structure with 105 ns from bunch to bunch of the internal beam just after the third shot, 1 bunch having been ejected by the first shot, 3 bunches by the second shot and 5 bunches by the third shot. The oscillogramme b) shows the 5 ejected bunches of the third shot in the neutrino channel.



# FIG. 1.6 SINGLE SHOT FE 74

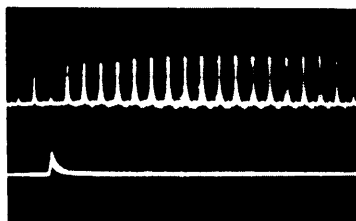
MULTIBUNCHING, I.E. THE CHOICE BY REMOTE SELECTION OF ANY NUMBER OF BUNCHES BETWEEN 1 AND 20 FOR THE NEUTRINO CHANNEL AT 19,2 GeV/c.

UPPER TRACE: WIDE BAND PICK UP STATION SS 92 DURING FIRST REVOLUTION OF INTERNAL BEAM AFTER EJECTION INTO THE NEUTRINO AREA (10 SWEEPS ON SCOPE TEKTRONIX 585)

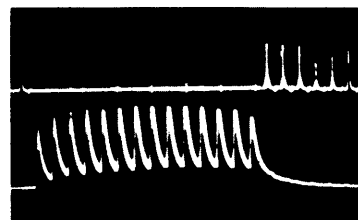
LOWER TRACE: BEAM CURRENT TRANSFORMER BEFORE THE BEAM STOPPERS TO THE NEUTRINO AREA, IN THE RING (10 SWEEPS ON SCOPE TEKTRONIX 585)

TIME BASE: 105 ns BUNCH TO BUNCH.

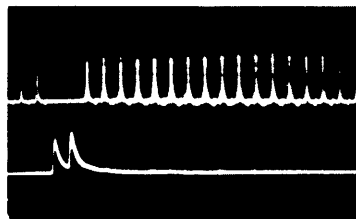
AMPLITUDE: 35.....50 x 10<sup>9</sup> PROTONS PER BUNCH.



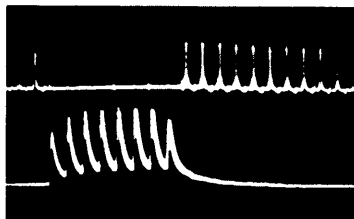
1 BUNCH EJECTED



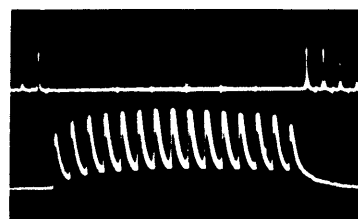
13 BUNCHES EJECTED



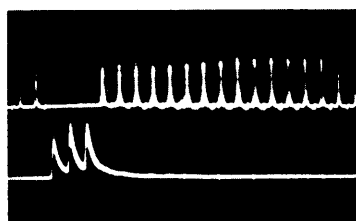
2 BUNCHES EJECTED



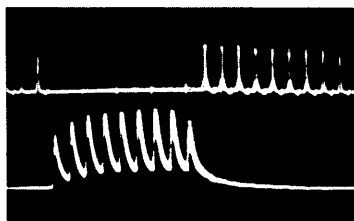
8 BUNCHES EJECTED



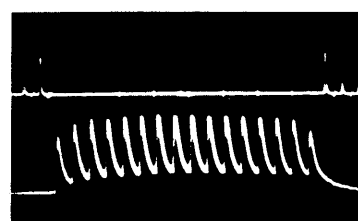
14 BUNCHES EJECTED



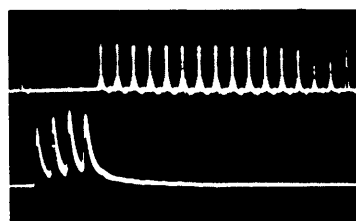
3 BUNCHES EJECTED



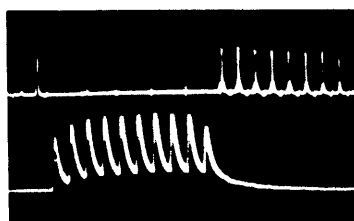
9 BUNCHES EJECTED



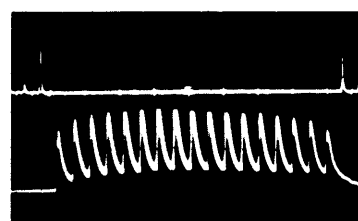
16 BUNCHES EJECTED



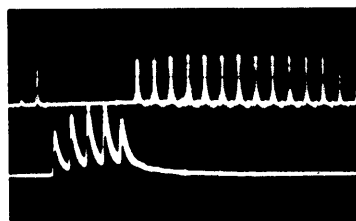
4 BUNCHES EJECTED



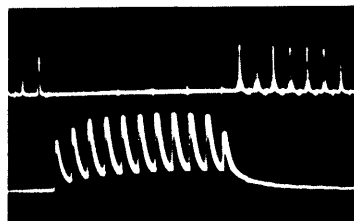
10 BUNCHES EJECTED



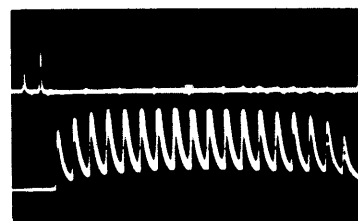
17 BUNCHES EJECTED



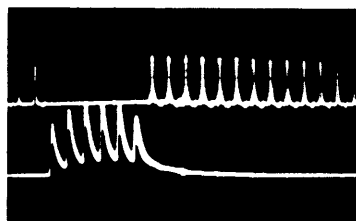
5 BUNCHES EJECTED



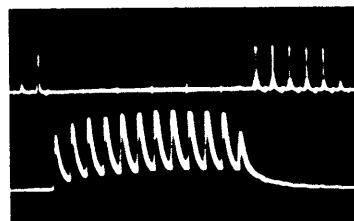
11 BUNCHES EJECTED



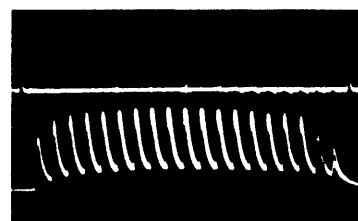
18 BUNCHES EJECTED



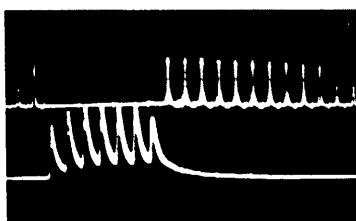
6 BUNCHES EJECTED



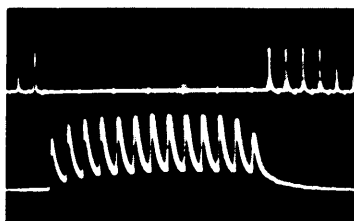
12 BUNCHES EJECTED



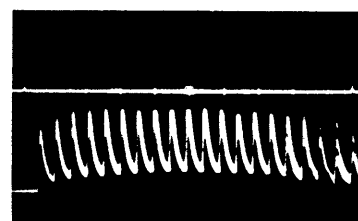
19 BUNCHES EJECTED



7 BUNCHES EJECTED



13 BUNCHES EJECTED



20 BUNCHES EJECTED

## SECTION 2 - THE KICKER MAGNET

Y. Favereau + S. Milner

### Contents

1. INTRODUCTION
  2. CONSTRUCTION
  3. MONITORING AND INTERLOCK DEVICES
  4. CHARACTERISTICS
    - 4.1 Table of main parameters
  5. MAINTENANCE OF THE BARE KICKER MAGNET (in French)
    - 5.1 Introduction
    - 5.2 Safety prescriptions
    - 5.3 Dismantling
    - 5.4 Remounting
    - 5.5 Replacing of the units in PS vacuum tank
  6. FIELD INVERTER
    - 6.1 Introduction
    - 6.2 Operation
    - 6.3 Construction
    - 6.4 Pneumatic control + interlocks
- APPENDIX A : REFERENCES

## SECTION 2 - THE KICKER MAGNET

### 1. INTRODUCTION

The fast pulsed beam deflector called "Kicker Magnet" causes a high amplitude betatron oscillation in the proton beam. The required magnetic pulse rise time of  $\leq 0.1 \mu\text{s}$  and flat top of  $0.1 - 2.1 \mu\text{s}$  leads to a solution where the magnet is incorporated as a matched element into a low impedance transmission line circuit (cp. fig. 2.1). The magnet is hence executed as an artificial transmission line. i.e. a four-pole. The flux return path is made of ferrite. For reasons of voltage reduction the magnet is composed of two separately excited half length units. The main parameters of the two identical circuits are collected in table 1 of page 2.5.

The magnet has a small aperture, i.e. just enough to engage the circulating proton beam with adequate margin. The magnet is withdrawn from its working position before each acceleration cycle to allow for a thicker proton beam during and after injection. The accelerator vacuum chamber is locally enlarged to a tank containing the kicker magnet and permitting its movement (cp. fig. 2.2). A hydraulic actuator<sup>3)</sup> outside the tank moves the magnet by a transmission shaft sliding through a seal between air and vacuum.

### 2. CONSTRUCTION

The kicker magnet proper is essentially a ferrite loaded coaxial line (cp. fig. 2.3), the ferrite having a cut to provide the beam aperture. Polished aluminium plates connected to the inner and outer conductors provide the additional capacitance to reduce the characteristic impedance of the structure to the required  $10 \Omega$ . The magnet consists of two symmetrical units supported and insulated by a central supporting plate of glass fiber reinforced epoxy resin<sup>1)</sup> (cp. fig. 2.4). The latter shows two concentric circles of studs. that are mutually insulated and anchored to steel rings cast into the plate. The solid inner conductor with its flange (cp. fig. 2.5) carries the ferrite rings with the large thick capaci-

tor plates between them (cp. fig. 2.4). The outer conductor consists of 11 longitudinal steel rods carrying the small thin capacitor plates, that are accurately spaced by ring-shaped brass spacers. This inner conductor is bolted with its flange onto the outer circle of studs on the epoxy supporting plate (cp. fig. 2.4). The steel rods of the outer conductor are screwed into inner circle of studs. Once the inner conductor and the 11 steel rods of the outer conductor are screwed to the central plate, the ferrite rings, capacitor plates and spacers are stacked (cp. fig. 2.5) in the correct order. The stack is finished by the outer flange that is bolted to the inner conductor. The bolts tying the stacks together are tightened with a dynamometric spanner to ensure a very close tolerance in the spacing of the plates and uniform electrical contacts. The outer and inner conductors form two interlaced but entirely independent structures, only supported by the central plate. The two extreme plates at each end of the magnet unit are shaped to permit connection of parallel strip transmission lines for entry and exit of the excitation current pulse.

The magnet has "bare" vacuum insulated flexible strip line conductors between each magnet unit and the two coaxial feed-throughs (field inverters) in the bottom of the tank (cp. fig. 2.6). Each flexible strip conductor consists of two layers of four parallel beryllium bronze spring blades. They derive their shape and their particular deformation during movement from a judiciously chosen combination of thickness and a slight lateral curvature. Their good performance requires a correct choice of their material, their thickness, a good surface condition, correct heat treatment and meticulous handling and inspection<sup>2)</sup>.

The whole magnet is borne by a chariot, moving on two rails on the bottom of the vacuum tank. Adequate degrees of freedom are incorporated in the connection between magnet and chariot, in the vacuum seal and in the connection to the actuator, so as to allow reasonable misalignments in angle and position without disastrous consequences.

The two pairs of coaxial feed-throughs in the bottom of the tank lead into two cylindrical boxes, called field inverters (cp. fig. 2.7). Description of these field inverters is given in section 6.

### 3. MONITORING AND INTERLOCK DEVICES

The voltage of the incoming excitation current pulse can be observed from an electrostatic pick-up electrode (cp. fig. 2.7) in the field inverter boxes.

The magnetic field pulses can be observed from long wire loops (cp. fig. 2.3) in the leakage field of each kicker magnet unit.

The coaxial cables from the field measurement coils go out through the transmission shaft. There is a vacuum interlock that cuts the H.V. of the pulse generator if the vacuum is not adequate.

The pulse generator cannot be operated when the microswitches in the field inverter do not indicate that the contacts are in one of the three regular positions.

### 4. CHARACTERISTICS

The measured total inductance and capacitance of one magnet unit proper are respectively  $L = 0.9 \pm 0.1 \mu\text{H}$  and  $C = 7700 \pm 70 \text{ pF}$ . These values yield a characteristic impedance of  $Z_0 = 10.8 \pm 0.5 \Omega$  and a delay time of  $\tau = 83 \pm 5 \text{ ns}$ .

When discharging a magnet unit through a mercury wetted Reed-relay one finds a characteristic impedance of  $Z_0 = 10.5 \pm 0.5 \Omega$  and a delay time of  $\tau = 85 \pm 3 \text{ ns}$ . The delay time of the magnet can also be inferred from the integrated kick as shown in fig. 2.8.

Low voltage pulse transmission tests have been carried out with pulse duration of 100 ns and 200 ns, using charged cables as pulse forming networks and a mercury wetted Reed-relay as switching element. The pulses were transmitted to the magnet through two BICC 40 P 3 cables of  $20 \Omega$  impedance. The transmission length was 80 m. From each magnet unit twice 10 m of the same cable in parallel lead to the termination resistors. In fig. 2.8 oscillograms are shown of the voltage pulse shape and the magnetic field integrated along the magnet (kick) as measured with a long coil. With the shown voltage pulse shape the rise time and fall time (from 5 - 95 %) of the magnetic pulse as measured

with the long coil is around 90 ns and 100 ns respectively, i.e. adequate for use in partial ejection. This value is in keeping with the measured delay time of a magnet unit and the rise time of the current pulse. The rise time of the latter is increased to 20 ns by transmission over 80 m.

In fig. 2.9 the radial dependence of the kick is given as measured on a resistive paper model (curve 1), as measured on the low voltage model of the kicker magnet (curve 2) and as measured with 2000 A (20 kV) current pulses exciting the present magnet.

One observes that there is a 1 % variation of the field over a radial width of 12 mm, i.e. one proton beam diameter. The 5 % plateau has a radial width of 18 mm. This is a consequence of the extended radial aperture which permits the field lines to diverge also towards the yoke.

An absolute field measurement at current pulses of 2350 A (line voltage of 47 kV) yields an integrated field (kick) of 0.111 Wb/m. This must be compared to the magnetization curve (cp. fig. 2.10) calculated from the published data for Philips grade 4 B ferrite.

The magnet when pulsed has, like electrostatic separators, an electrode surface formation process during which the stand-off voltage of the magnet is a fraction of the finally attainable value. During formation the electrodes are cleaned of absorbed gas and protrusions of the surfaces are burned off by a sort of glow discharge and by sparking.

Formation can typically start with 10 kV pulses and a few sparks will be observed even at this low voltage. From there on the H.V. can be increased typically by 1 kV in 1000 pulses until 30 kV on the lines is reached. From 30 kV on the H.V. can be increased by 2 kV in 100.000 pulses until 50 kV is reached. From this voltage, 1 kV is added each 100.000 pulses until 70 kV is reached. One can expect 5-10 sparks for each 10 kV in the lines.

4.1 Table 1

Main Parameters of Kicker Magnet and Circuit

Number of units	N	=	2
Useful beam aperture (height x width)	h x d	=	22 x 20 mm <sup>2</sup>
Magnetic length per unit	ℓ	=	400 mm
Kick per unit (for 3500 A pulse)	K <sub>1</sub>	=	0.075 Wb/m
Total kick for 2 units (for 3500 A pulse)	K	=	0.15 Wb/m
Magnetic field in gap (for 3500 A pulse)	B	=	0.186 Wb/m <sup>2</sup>
Magnetic field in ferrite (for 3500 A pulse)	B <sub>f</sub>	=	0.270 Wb/m <sup>2</sup>
Inductance per unit	L <sub>K</sub>	=	0.9 μH
Capacitance per unit	C <sub>K</sub>	=	7700 pF
Characteristic impedance	Z <sub>o</sub>	=	10.8 Ω
Delay time	τ <sub>K</sub>	=	85 ns
Max. kicker magnet current	i	=	3500 A
Max. kicker magnet voltage	V <sub>K</sub>	=	35 kV
Duration excitation pulse	T <sub>p</sub>	=	0.1 - 2.1 μs
Rise time excitation pulse	τ <sub>p</sub>	=	20 ns
RC compensation	{	Resistance	R <sub>RC</sub> = 10 Ω
		Capacitance	C <sub>RC</sub> = 1000 pF
Moving mass of kicker magnet	M	=	200 kg
Stroke of movement	S	=	250 mm
Min. plunging time (start-to-stop)	t <sub>in</sub>	=	100 ms
Min. withdrawal time (start-to-stop)	t <sub>out</sub>	=	100 ms

## 5. ENTRETIEN DE L'AIMANT KICKER NU

### 5.1 Introduction

Les quelques lignes qui suivent sont le reflet condensé de l'expérience pratique acquise à la suite de plusieurs exercices de répétition, qui permettent de déterminer avec sûreté la méthode la plus efficace pour réaliser ce travail, compte tenu des moyens à disposition.

### 5.2 Sécurité radiations

Si l'ensemble aimants a été installé dans l'anneau PS, avant toute intervention, contacter la Physique de Santé pour obtenir son accord et ensuite appliquer toutes les règles de sécurité nécessitées par la manipulation de pièces radio-actives.

### 5.3 Démontage

L'ensemble aimants est composé de deux unités reliées par une pièce centrale à la fois isolante et portante. Tout au début, les unités étaient dénommées Km1 et Km2; ceci portant à confusion, il a été décidé de les appeler : unité "upstream" (amont) c'est-à-dire celle qui reçoit la première le faisceau (ce dernier tournant dans le sens des aiguilles d'une montre) et unité "downstream" (aval), celle qui reçoit le faisceau en second. Procédure de démontage et remontage relative à la visite, entretien et polissage des plaques, se référer au dessin No 229-119-0 A.

L'ensemble aimants reposant sur son châssis-chariot de transport, à la position horizontale, enlever les protections cache-poussière plexi, les bobines de mesure, les pièces (rouges) No 221-169-2 d'alignement des ferrites en les retirant par le bout dans le sens longitudinal de l'aimant, la coupe des ferrites ne passant pas par le centre il est impossible de les retirer radialement.

Desserrer les deux demi-coquilles bloquant les manetons de pivotement de la pièce support verte sur le chariot, tourner l'ensemble aimants à la verticale, rebloquer les demi-coquilles sur les manetons



pour immobiliser et assurer l'ensemble dans cette position. Se procurer suffisamment de tables pour pouvoir étaler toutes les pièces pour contrôle visuel. Débloquer progressivement 1/10ème de tour à la fois les vis imbus M12x35, ceci afin d'éviter un contre-tirage de la plaque 221-105-1 (ou 221-106-1 suivant par quelle unité on a commencé) sur les anneaux de ferrite qui se casseraient inmanquablement.

Enlever les onze écrous noirs No 221-107-1 P4 et procéder au démontage en enlevant par le haut les plaques, disques antico, anneaux ferrite et entretoises bronze. Au fur et à mesure du démontage, glisser les plaques "antico" dans des sachets plastiques et les placer dans leur compartiment respectif dans les caisses en bois fabriquées à cet usage. Placer les ferrites bien à plat sur des tables en évitant de les entrechoquer. Manipuler soigneusement les bagues entretoises car de leur précision dépendent la distance cumulative et le parallélisme entre les plaques. La description ci-dessus est valable pour les deux unités.

Contrôle visuel des surfaces : ce dernier déterminera l'importance du travail impliqué dans le polissage des plaques. Ce travail sera confié aux bons soins de l'Atelier Godet, traitement des surfaces, qui est très au courant de ce genre d'opération l'ayant déjà plusieurs fois exécuté et possédant les outillages de fixation et de protection des parties critiques de référence de montage sur les pièces à polir. L'atelier Godet se charge aussi du dégraissage des pièces après polissage.

Contrôle des anneaux ferrite : si le diamètre extérieur présente des traces de métallisation par claquage, les enlever à l'aide de toile émeri.

#### 5.4 Remontage

Outillage et équipement nécessaires :

Gants plastiques Semadeï

Gabarit d'alignement des plaques, se fixant sur la plaque No 20

Plusieurs bacs de lavage, plastiques

1 clé dynamométrique jusqu'à 1 MKP avec douille 17 mm

1 clé dynamométrique jusqu'à 4 MKP avec mâle hexagonal de 10 mm.

3 douilles de centrage téflon

Tissu ou linge sans peluche, anti-statique, fournisseur : magasin régional Sud

Diverses brosses rondes de petits diamètres, genre brosse à bouteille pour les trous

1 tige plexi fraisée à 21.9 mm pour alignement provisoire dans ouverture.

Dans un local suffisamment ventilé, avec les mains gantées, laver entièrement à l'acétone, sans oublier l'intérieur des trous, toutes les plaques, anneaux ferrite, pièces d'alignement, etc., les rincer dans l'alcool et les essuyer avec le tissu sans peluche, déposer les pièces, ainsi préparées, dans l'ordre sur des tables recouvertes de papier Bristol blanc, neuf, en attendant de les monter. Si l'on dispose de suffisamment de personnel, on peut laver, rincer, essuyer et monter les pièces dans l'ordre de remontage sans avoir à les déposer en attente. On diminue ainsi les risques de rayures et d'empoussiéage.

La pièce centrale support isolant étant placée à l'horizontale sur le chariot, s'assurer qu'il ne reste pas de rondelle-éventail dans les trous des têtes M-10 x 1 des segments intérieurs, placer de nouvelles rondelles-éventail M-4, remonter les tiges de fixation 10 mm, les serrer à 1 MKP. Enfiler les 3 douilles de centrage téflon dans 3 trous  $\varnothing$  27, équidistants à  $120^{\circ}$  d'un des arbres principaux 221-102-0 ou 221-103-0 suivant l'unité en cours de remontage, glisser ce dernier sur les tiges  $\varnothing$  10, le fixer à l'aide des vis imbus inox M-12, bloquer ces dernières à 3 MKP.

Note : il est important de remonter toutes les plaques dans leur ordre car elles ont été formées électriquement dans cet ordre, chacune avec sa voisine immédiate.

Retirer les 3 douilles de centrage téflon et placer les 11 entretoises antico No 221-107-P2, le rayon contre les têtes de la pièce centrale et le chanfrein en haut. Placer la plaque ép. 8.7 mm, No 20 l'étepage du No en bas, monter la ferrite No 20, la coupe vers le bas, la coupe ne passant pas par le centre, elles doivent toutes être orientées dans la même direction. Placer ensuite la plaque ép. 4.6 mm No 19, l'étepage du No au-dessus, continuer par les entretoises bronze

No 221-107-1P3, surtout ne pas en oublier, car au serrage, toutes les plaques seraient irrémédiablement déformées. Procéder en suivant jusqu'à la plaque 221-105-1 ou 106-1, placer les vis imbus M-12 x 35 sans les bloquer, remplacer la tige plexi d'alignement provisoire par une des pièces rouges d'alignement No 221-169-2 (celles-ci sont interchangeables) la bloquer en place. Monter le gabarit d'alignement, le fixer sur la plaque 20 A (arbre principal) à l'endroit de la connexion, aligner la face des plaques 1 A et 1 d'après gabarit et serrer progressivement, chacune leur tour à l'aide de la clé dynamométrique, les vis imbus M-12 x 35 à 1,2,3,3 1/2 puis 4 MKP à l'aide de la clé dynamométrique. Serrer les écrous M10-1, No 221-107-1 P4 progressivement à 1 MKP (le dessin préconise un couple de serrage de 0,5 MKP mais par expérience, 1 MKP est préférable). Procéder de la même façon pour la 2ème unité. Remonter les bobines de mesure et les couvercles cache-poussière plexi. L'ensemble est ainsi de nouveau prêt à être utilisé.

#### 5.5 Remplacement de l'aimant dans le tank 97

Faire rétablir la pression atmosphérique dans le tank par les soins du groupe vide ou toute autre personne autorisée.

Enlever le couvercle, le déposer de façon à libérer le pont roulant, sur une unité d'aimant PS, après avoir intercalé 2 pièces de bois pour protection. Soigneusement déconnecter et démonter les conducteurs flexibles des traversées FI<sup>2</sup>) aux aimants, déconnecter les bobines de mesure de champ, enlever les brides de sécurité inox assurant la fixation des demi-coquilles sur l'ouverture de la pièce centrale. A l'aide d'une clé à douille de 30 mm enlever les 4 écrous M-20 sur la partie arrière des deux demi-coquilles, à l'aide de la vis d'extraction M-12 décolletée longue, décoller et enlever la demi-coquille supérieure. Introduire le crochet spécial de levage dans l'ouverture de la pièce centrale (cet engin de levage testé et approuvé par la sécurité est auto-verrouillant) à l'aide d'une boucle au grelin, d'une manille et du pont, enlever l'ensemble aimants du tank, déposer l'ensemble sur un lit de chiffons assez épais, pour libérer le système de levage.

Amener le chariot avec l'ensemble-aimants remis en état sous le pont roulant, enlever les couvercles cache poussière, enlever la demi-

coquille verte, se munir de gants de façon à pouvoir guider la charge sans la toucher à main nue; à l'aide du système de levage, prendre l'ensemble-aimants de la façon décrite au paragraphe précédent, descendre le tout dans le tank en le guidant dans le support inférieur du chariot en ayant soin de soulager l'ensemble aimants en saisissant la pièce centrale par son ouverture pour faire basculer légèrement le tout vers l'arrière et s'assurer que la clavette de positionnement en araldite "B" chargée se trouve bien dans son logement avant que la pièce centrale ne soit complètement assise dans son support et descendre le tout en place. Remettre la demi-coquille supérieure en place, bloquer les 4 écrous M-20 à 6 MKP. Replacer les deux brides inox de sécurité sur le bord avant des demi-coquilles. Rebrancher les prises aux bobines de mesure de champ.

Note : les plaques de connexion aux aimants No 221-174-1A ne sont pas interchangeables et en conséquence ne peuvent être prélevées d'un aimant pour être remontées sur une autre unité.

Remonter avec précaution dans la manutention les conducteurs flexibles, s'assurer que tout soit bien bloqué et en bonne position. Si le vérin a été déverrouillé, à l'aide de la vis au mur du PS, le ramener en position arrière et reverrouiller le tout, ramener le vérin contre les verrous et enlever la goupille d'accouplement de la vis, sur la tringlerie. Refermer le tank et pomper.

A l'aide du pont, remonter l'aimant à réviser sur le chariot support, recouvrir de cache-poussière plexi.

Contactez la Physique de Santé avant toute tentative de manutention vers l'extérieur de l'anneau.

## 6. FIELD INVERTER

### 6.1 Introduction

One of the features in the straight flush program is that the direction of the kick can be changed from one machine cycle to another, or within the same machine cycle in less than 100 ms. The kick direction is given by the polarity of the kicker magnet field which is determined by the direction of current flow in the magnet. The current direction is controlled by mechanical current commutators, also called field inverters, which are simple mechanical switches operated by means of small pneumatic actuators. The assembly can be seen in Fig. 2.11 and the principle in Fig. 2.12. There is one field inverter for each magnet unit (see Fig. 2.3). Two coaxial pulse transmission cables ( $2 \times 20 \Omega$  in parallel) coming from the pulse generator, and two others leading to the terminating resistors, are plugged into the bottom plate. Each field inverter has two coaxial feed-throughs connected to the flexible strip conductors of the kicker magnet. In the combination of field inverter and flexible strip conductors, there is a remaining mismatch i.e. excess inductance. This mismatch is partially compensated by an R-C filter such that  $RC = L/Z_0$  where  $L$  is the excess inductance and  $R = Z_0 = 10 \Omega$  is the line impedance. The assembled field inverter and its internal mechanism are shown in Fig. 2.13 and 2.15.

The field inverters have been mechanically operated for up to 15 millions cycles and no sign of wear was visible on the contacts nor on the actuators. Since sequenced in-out operation has not been required until now, the field inverters have only been working in one position. However, 10 millions 30 kV pulses have been applied during the normal ejection cycles. No sign of sparking has been observed and the contacts are in perfect condition.

### 6.2 Operation

The position of the moving contacts for kick in, kick out or by-pass are selected from the kick and bunch selector system in the MCR. The preselected position signal is collected in the control and interlock system in the CR which convert the signal to the right power level and transmit it at the right instance to the electropneumatic control of the

field inverters. The actual position of the contacts are indicated and signaled back to the interlock system for comparison with the given input signal. All contacts must be in the preselected position before the kicker magnet can be pulsed.

The contact positions out-in as indicated in Fig. 2.12 correspond to kick out or in, when the charging voltage is positive and the 2 incoming pulse cables are inserted in the two left sockets. The contacts move symmetrically, they are either in the out or in position. The moving by-pass contact is during those operations always in the top position. For by-pass operation the two moving contacts are in the middle position and the by-pass contact in the lower position.

The switching time for the in to out position is 60 ms and is indicated in Fig. 2.14, to this time must be added a pneumatic delay of 20 ms. The maximum bouncing time observed was 6 ms. The jitter observed was between 5-8 ms. So the total switching time is between 91 - 94 ms.

### 6.3 Construction

Fig. 2.11 shows the construction, Fig. 2.13 and 2.15 a general view and the internal mechanism, drawing FES 221-221-0 shows all details.

In the lower part of the housing is inserted an easily removable bottom plate on which are mounted : the pulse cable sockets, pneumatic actuators, moving and fixed contacts, isolating supports on which conductor plates and position indicators are fixed. The bottom plate has furthermore the air pressure connections for the position control, supply of isolation pressure and the pressure indications. The R-C filter is fed through the side of the housing. At the top side are placed the two coaxial feed-throughs with connection for the flexible strip conductors of the kicker magnet.

The moving contacts are made of thin silver plates which are clamped to the flexible spring blades providing play-free flexure pivot bearings. Four levers are also screwed to the clamps. The two levers to the outside are of isolating reinforced araldite and are connected with a ball linkage to the pistons of the actuators which control the

the in-out position. The two other levers to the inside constitute the by-pass conductors, they are made of brass and are provided with flexible silver plated contacts.

The actuators are pneumatically controlled and work with an on-off pressure of maximum 6 bar in the down-side compartments and a constant pressure of 3 bar in the up-side compartments. The pressures in the up-side compartments are always equal to the isolation pressure inside the housing which is set to 3 bar.

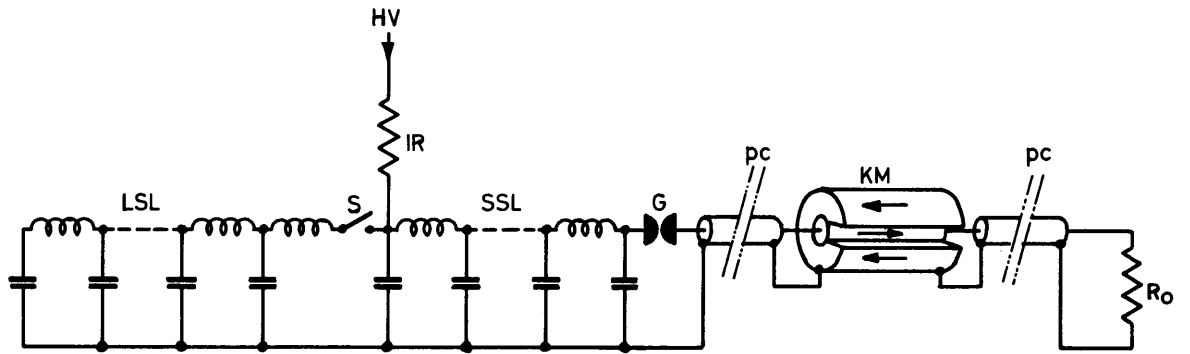
For the in position 6 bar is supplied to the down-side compartments, for the out position zero pressures are maintained. For the operation in-out a constant pressure of 6 bar is maintained in the down-side compartment of the by-pass actuator.

For the by-pass operation itself, the pressure in the by-pass actuator is zero in the down-side compartment and 3 bar in the up-side compartment. The pressures in the out-in actuators are then nearly equalized; the pressure is 0,1 bar higher in the up-side than in the down-side compartment. This secures a sufficiently high contact force on the moving by-pass contact.

#### 6.4 Pneumatic control and interlock

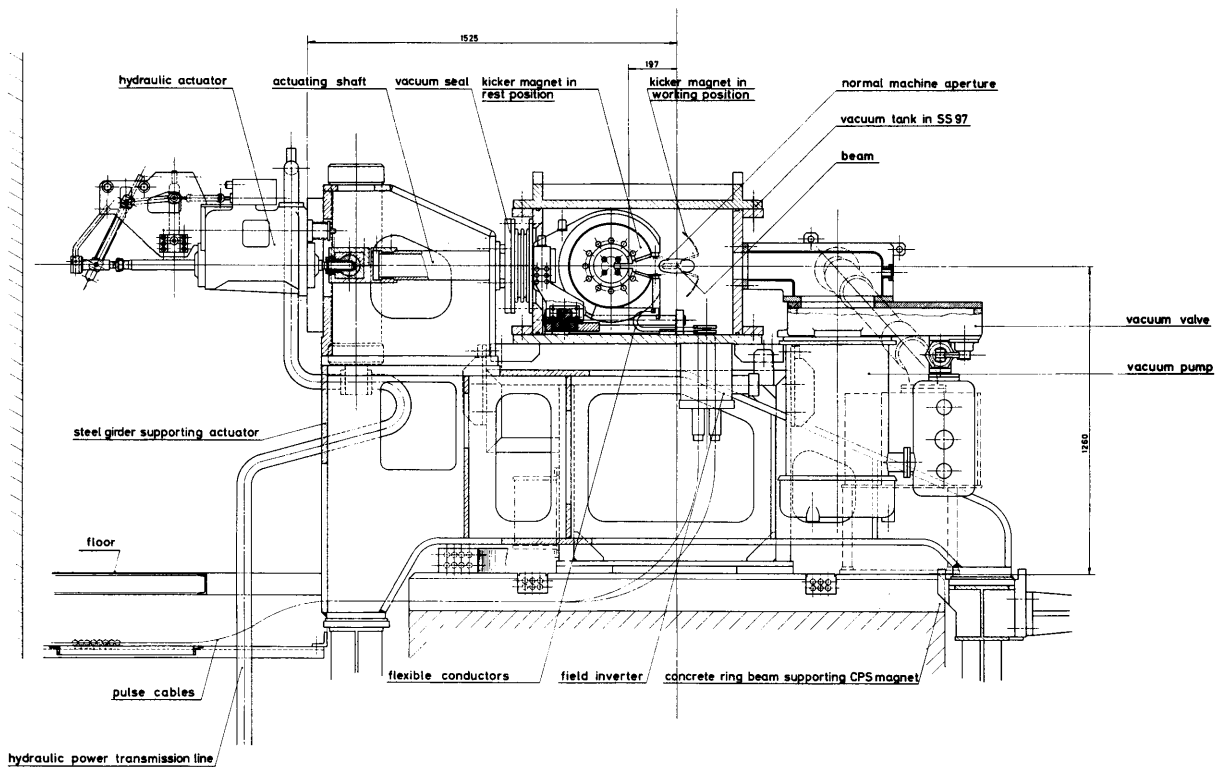
The actuators are controlled by the 4 electropneumatic valves for which the working principle can be seen in Fig. 2.12. The valves are operated by a 24 V dc supply. The pneumatic supply line is provided with a small accumulator for shock observation purposes, the supply pressure is between 6-7 bar. The valves are mounted directly on the field inverters in order to minimize the pneumatic signal delay, see Fig. 2.17.

The pressure regulation, the pressure indication and the interlock switches are placed a few meters from the pressure control manifold in order to have good access to the pressure indicators. The pressure regulator regulates the isolation pressure in the housing. The pressure switches no 11, 12, 13 are set to interlock if the pressure is below 2,8 bar, no 10 is set to interlock if the input pressure drops below 5.8 bar, see Fig. 2.16.



**Fig. 2.1** Principle of the kicker magnet circuit.

H.V. = charging line from high voltage set;  
 IR = isolating resistors; LSL = long storage line;  
 S = switch (when closed: 2  $\mu$ s pulse; when open:  
 100 ns pulse); SSL = short storage line; G = sparkgap;  
 pc = pulse cables; KM = kicker magnet; R = matched  
 terminating resistors.



**Fig. 2.2** Sectional view of the kicker magnet in its vacuum tank.



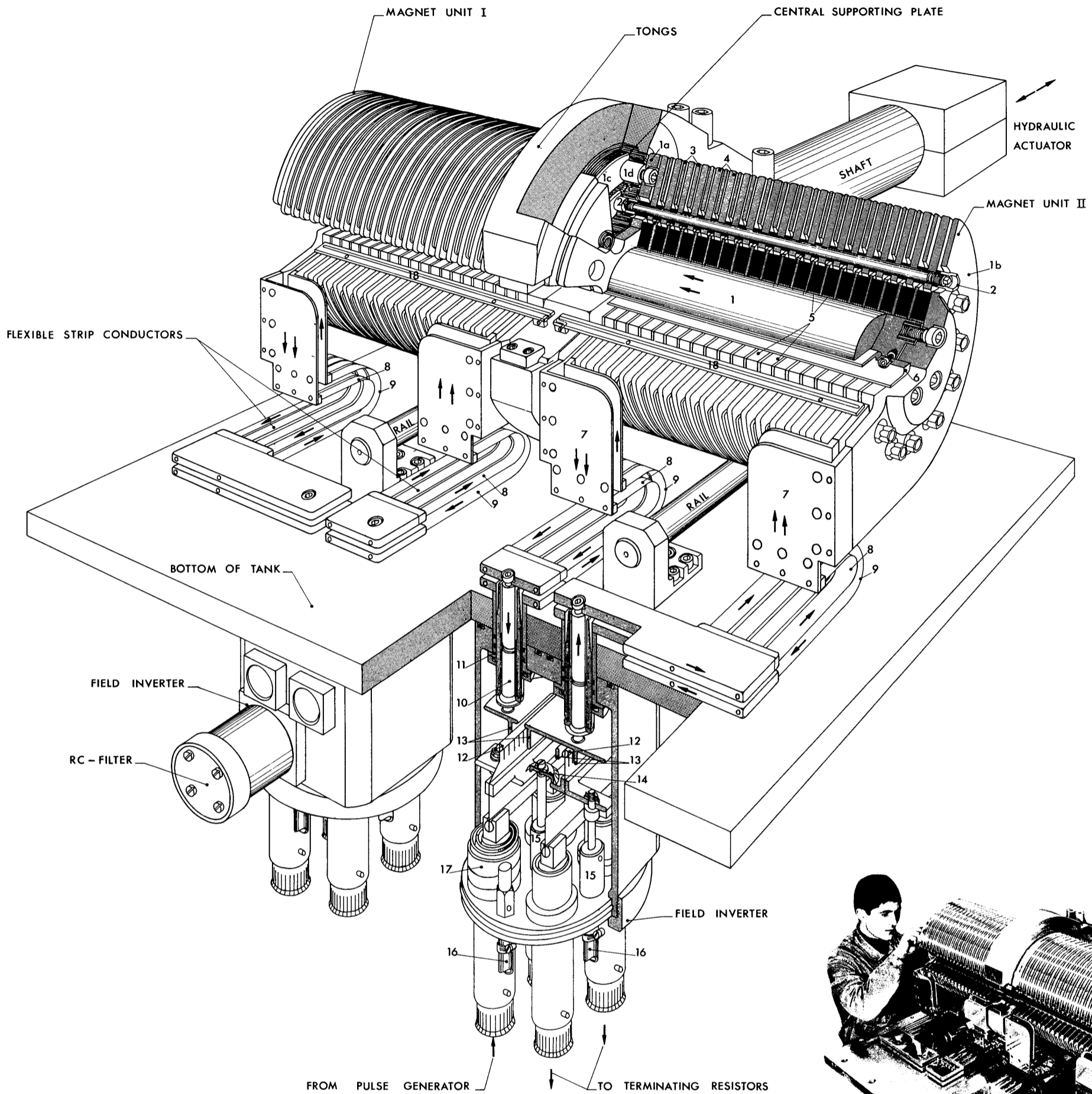
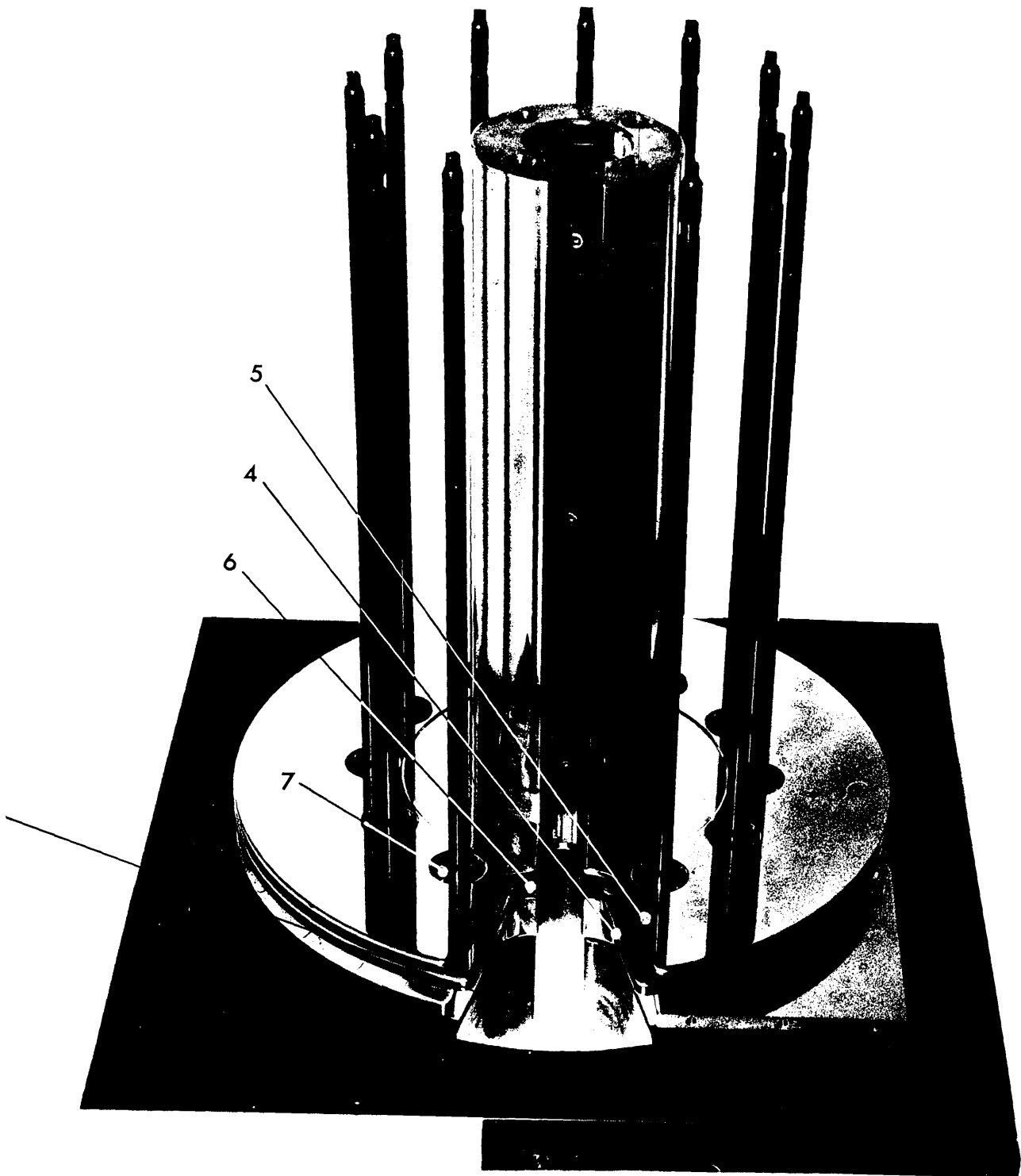


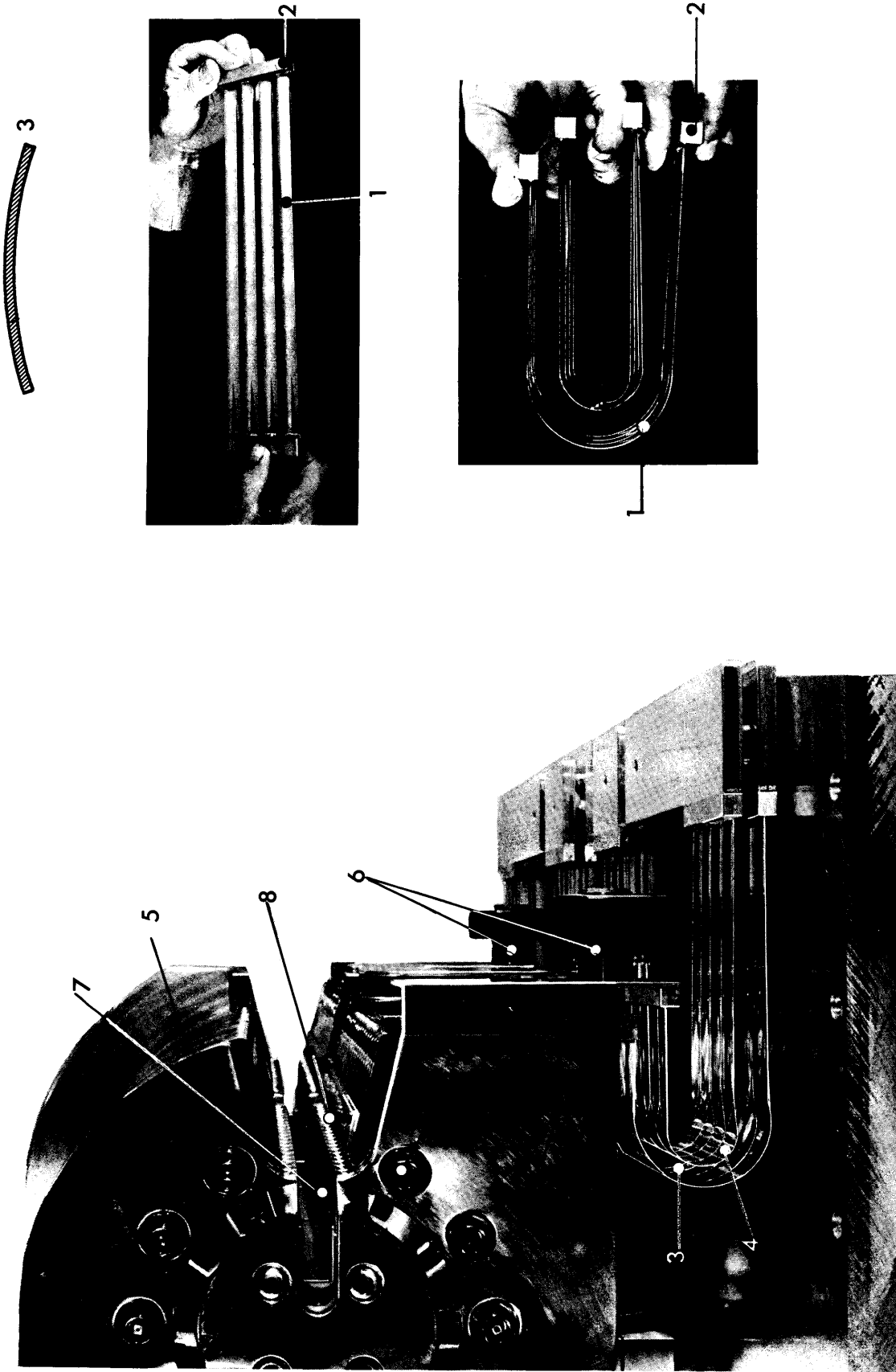
Fig. 2.3

Perspective view and partial cut of the kicker magnet:

(1) inner conductor with (1 a) inner flange and (1 b) outer flange; (2) outer conductors, (1 c), (2 c) rings cast into central supporting plates; (1 d), (2 d) stubs welded onto rings; (3) large, thin capacitor plates of inner conductor; (4) small, thick capacitor plates of outer conductor; (5) ferrite rings, borne by inner conductor; (6) profile aligning ferrite rings; (7) plates supporting flexible strip conductors; (8) flexible strip conductors connected to inner conductor; (9) flexible strip conductors connected to outer conductor; (10) inner conductor of coaxial traversal connected to inner conductor of magnet unit; (11) earthed outer conductor connected to outer conductor of magnet; (12) moving contacts of field inverter; (13) fixed contacts of field inverter; (14) moving bypass contact; (15) pneumatic cylinders actuating field inverter; (16) pressurized air connections to cylinders; (17) electrostatic pickup ring for observation of incoming pulse; (18) long pickup loops for observing time dependence of magnetic kick.



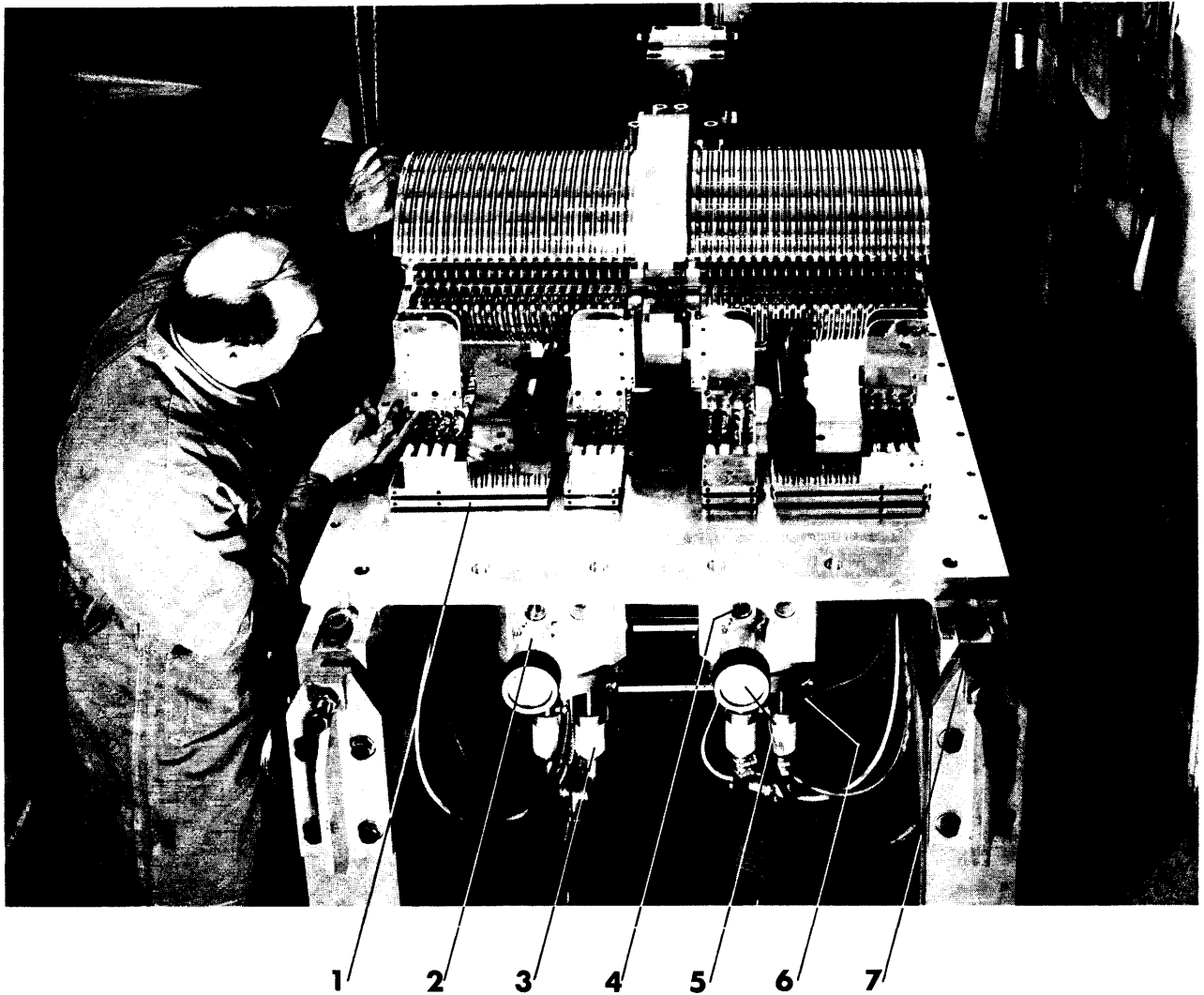
1) solid inner conductor with flange;  
3) central epoxy supporting plate;  
4) conductor; (5) large capacitor plate  
6); (7) spacer between capacitor plates



**Fig. 2.6** (a) End view of magnet: (1) outer terminating flange of inner conductor; (2) rods of outer conductor; (3), (4) flexible strip conductors from respectively outer and inner conductors; (5) tongs holding central epoxy supporting plate; (6) rails on which chariot moves; (7) ferrite poleface; (8) long pickup loops for observing time dependence of magnetic kick. (b) Flexible strip conductors; (1) beryllium bronze spring blades; (2) connection bar; (3) characteristic curvature of blades.

**B**

**A**



**Fig. 2.7** Field inverters mounted on the bottom of the vacuum tank

1) Outer and inner conductor plates connected to the coaxial traversals; 2) field inverter; 3) pulse cable sockets; 4) inspection windows; 5) R-C filter; 6) air pressure connections; 7) bottom plate for the vacuum tank.

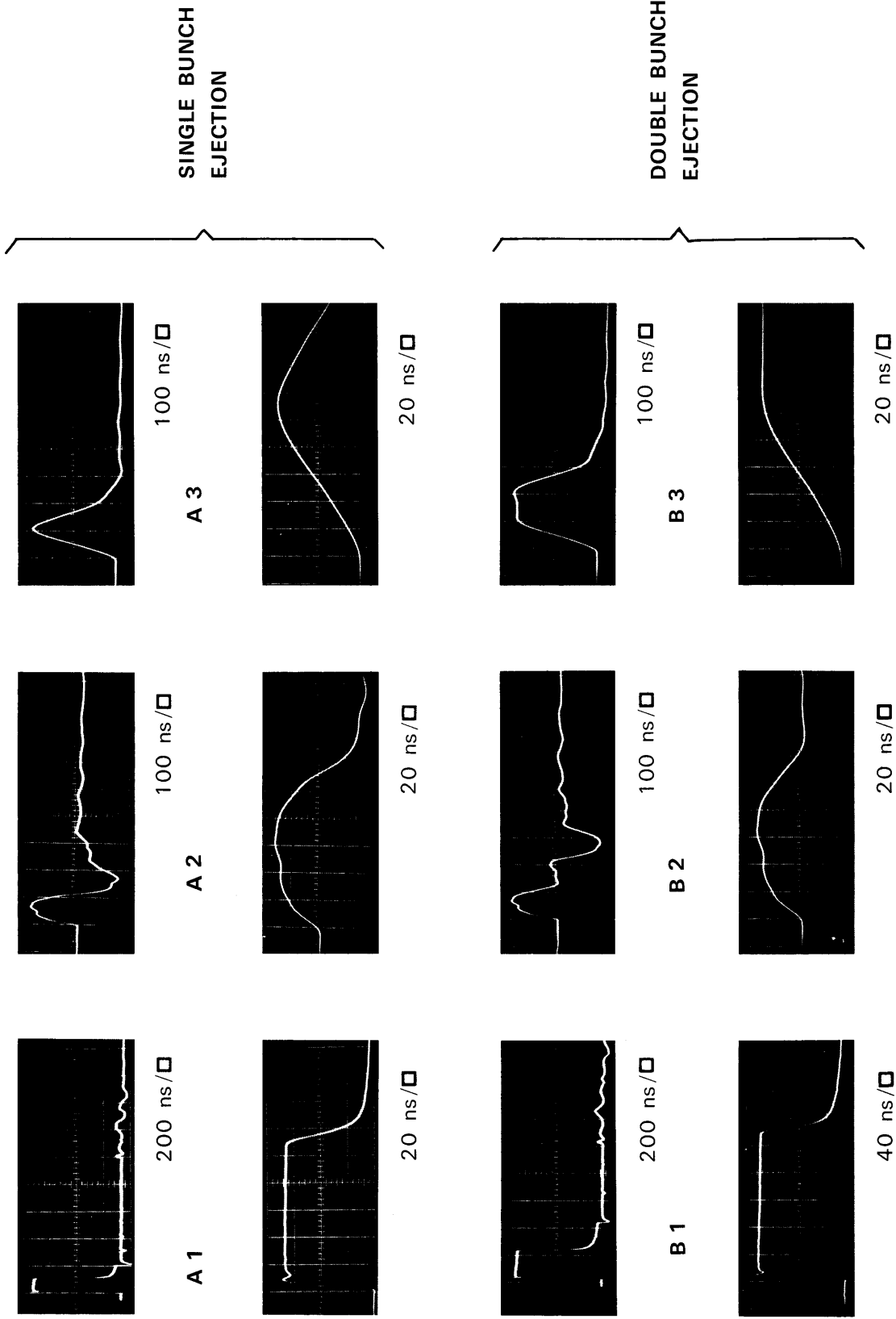
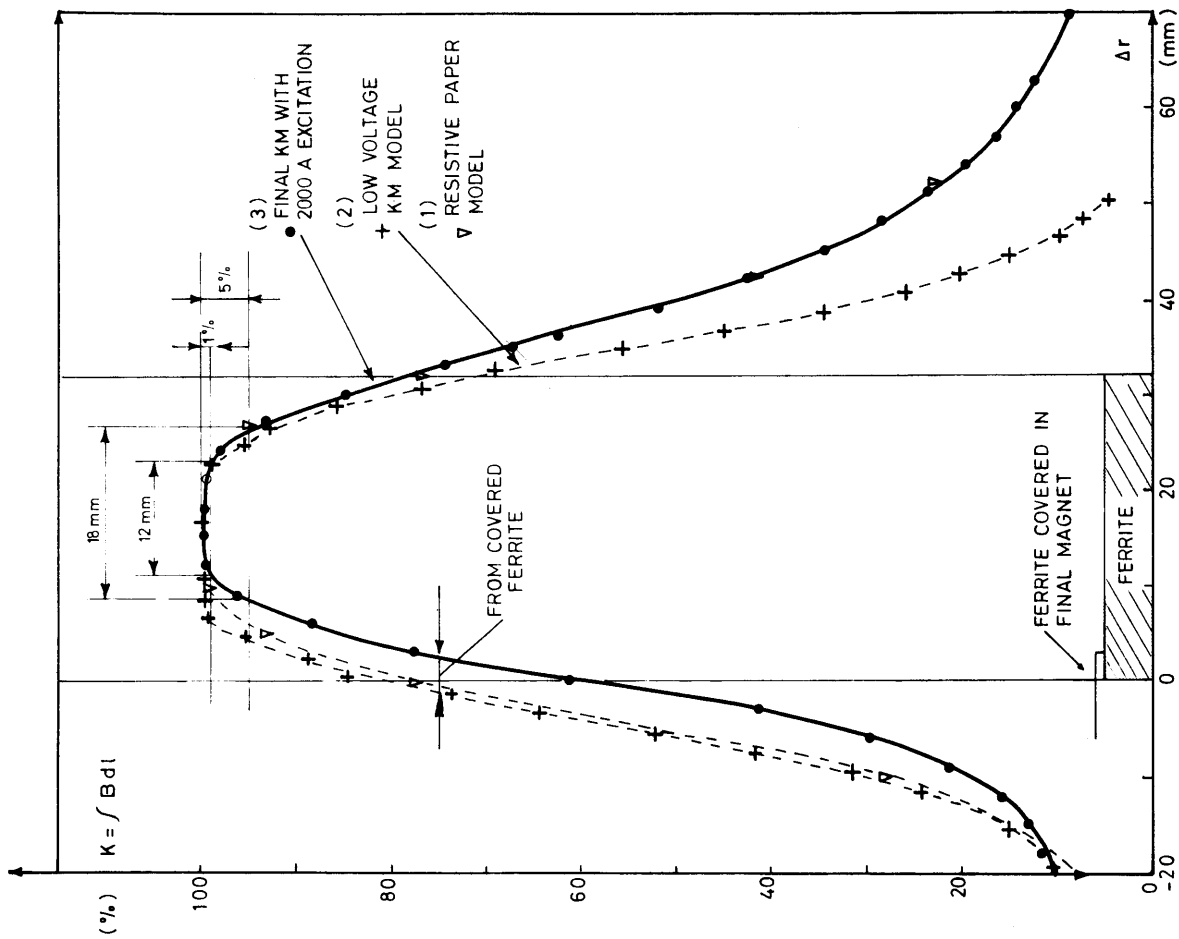
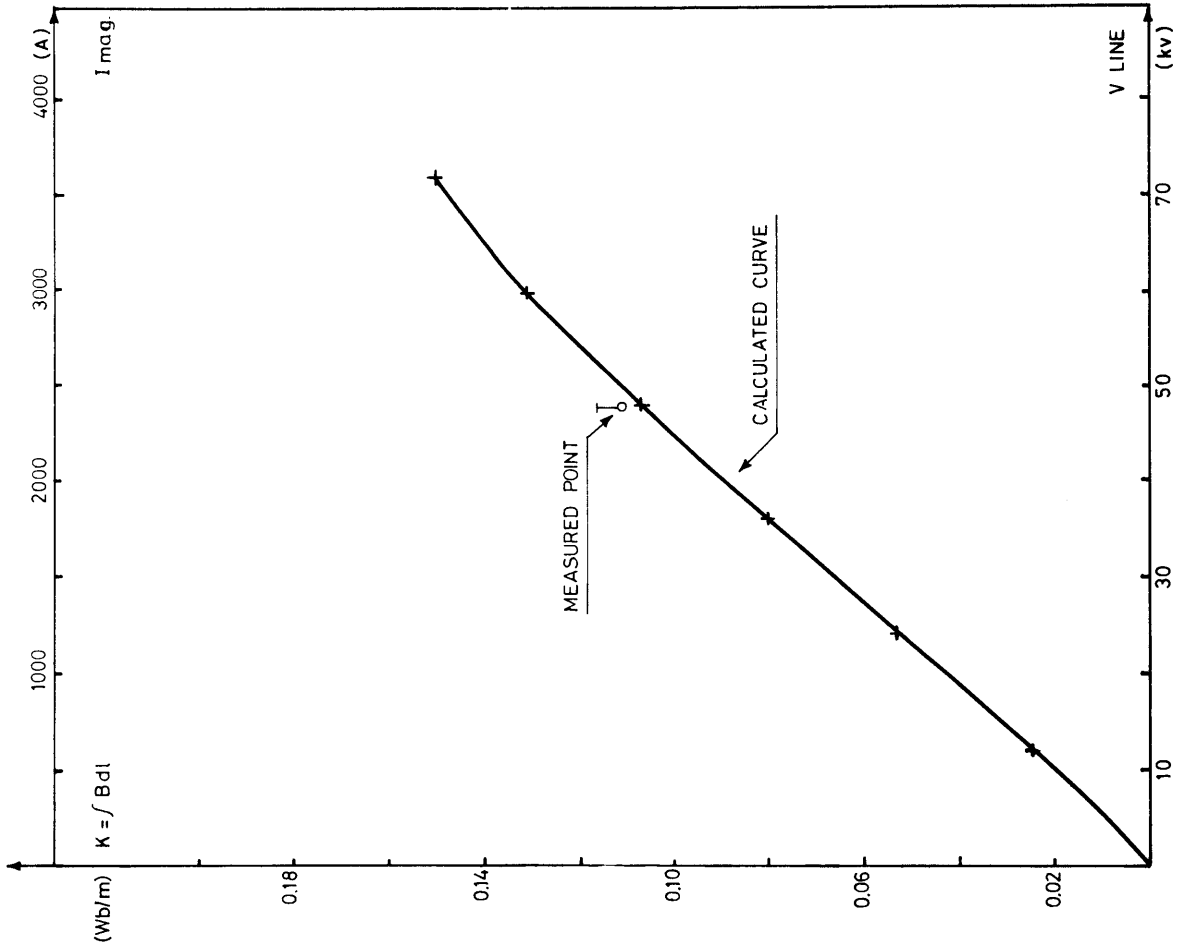


Fig. 2.8 Oscillograms of low voltage pulses: (A) Pulse of 100 ns duration for single bunch ejection; (B) Pulse of 200 ns duration for double bunch ejection; (1) current pulses; (2) non-integrated magnetic field pulses "kicks" from a long measuring loop through the magnet; (3) integrated field pulses from the same measuring loop.



**Fig. 2.9** Kick, i.e. magnetic induction integrated along magnet, as a function of radial position in gap: (1) resistive paper model; (2) low voltage full scale model; (3) actual kicker magnet excited with 2000 A pulse of 2  $\mu$ s duration. Discrepancy between (1), (3) and (2) (right) is due to stray field shield in low voltage model. Discrepancy between (1), (2) and (3) (left) due to rail in actual kicker magnet covering 3 mm of ferrite.



**Fig. 2.10** Magnetization curve of the kicker magnet. Kick, i.e. magnetic induction integrated along the magnet, as a function of magnet current  $I$  mag and charging voltage  $V$  line of the pulse-forming network.

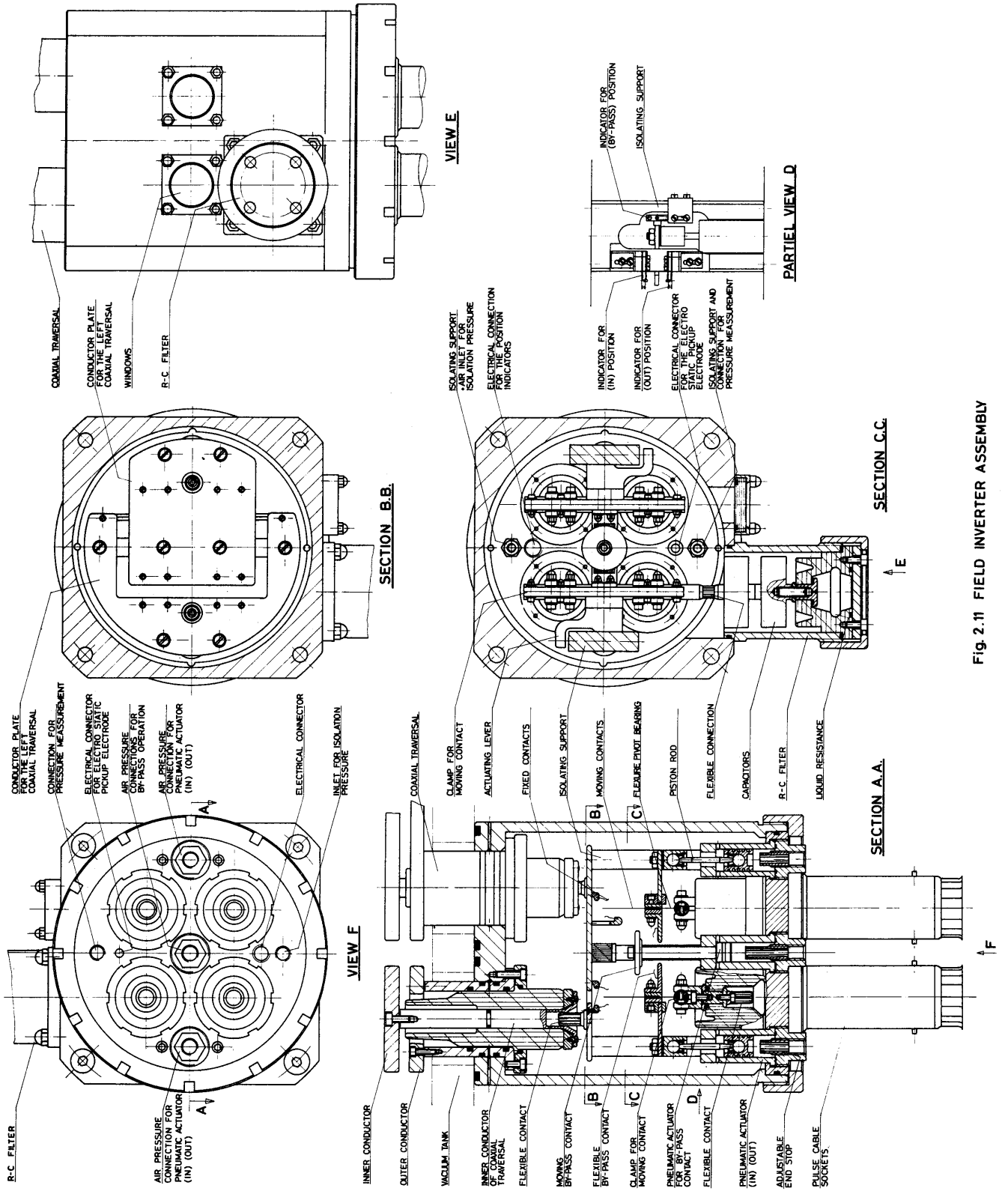


Fig. 2.11 FIELD INVERTER ASSEMBLY

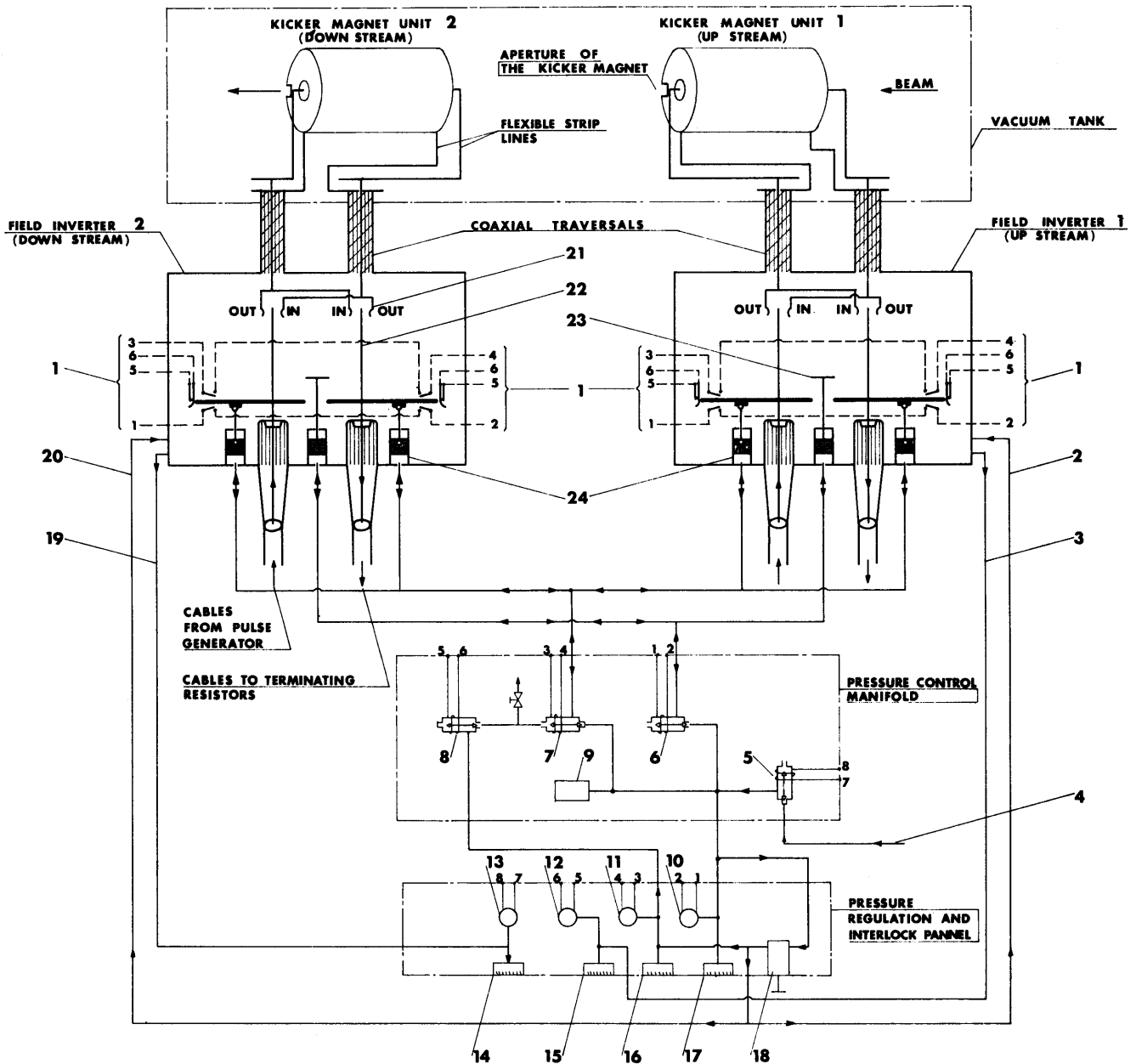


Fig. 2.12 Principle of the field inverter and the pneumatic control

(1) electrical connections for the interlock system of the contact positions (in) (out) or by-pass; (2) isolation pressure supply; (3) isolation pressure indication tube; field inverter no 1; (4) pressure supply; (5) main valve for the air supply; (6) valve for by-pass operation; (7) valve for the (in) (out) operation; (8) pressure equalizing valve; (9) air accumulator; (10) pressure switch for the supply pressure; (11) pressure switch for the general isolation pressure; (12) pressure switch for the isolation pressure in field inverter no 1; (13) pressure switch for the isolation pressure in field inverter no 2; (14), (15), (16), (17) manometers; (18) pressure regulator for the isolation pressure; (19) isolation pressure indication tube, field inverter no 2; (20) isolation pressure supply; (21) fixed contacts; (22) moving contacts; (23) moving by-pass contact; (24) pneumatic actuator.



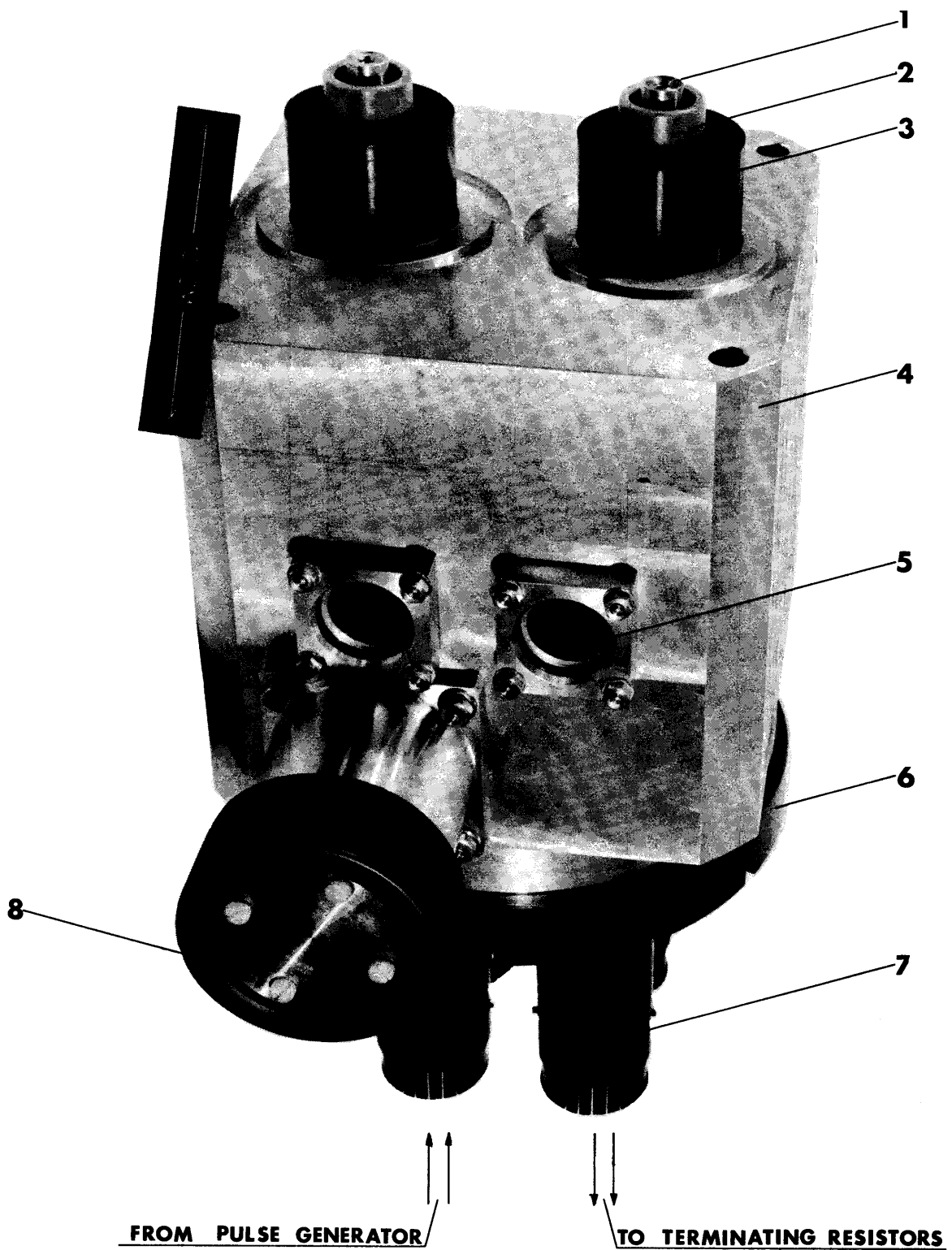


Fig. 2.13 General view of the field inverter

(1) inner conductor of coaxial traversal; (2) araldite isolation; (3) earthed outer conductor; (4) aluminium housing; (5) windows to observe contact points; (6) nut for cover plate; (7) pulse cable sockets; (8) R-C filter.

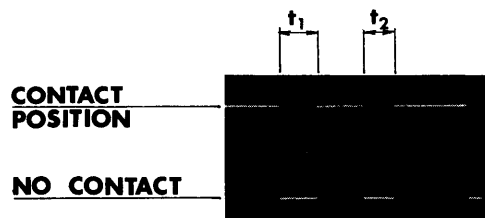


Fig. 2.14 Switching time for the moving contacts  
 $t_1$  time for (in) to (out) position;  $t_2$  time for (out) to (in) position, time scale 50 ms per division.

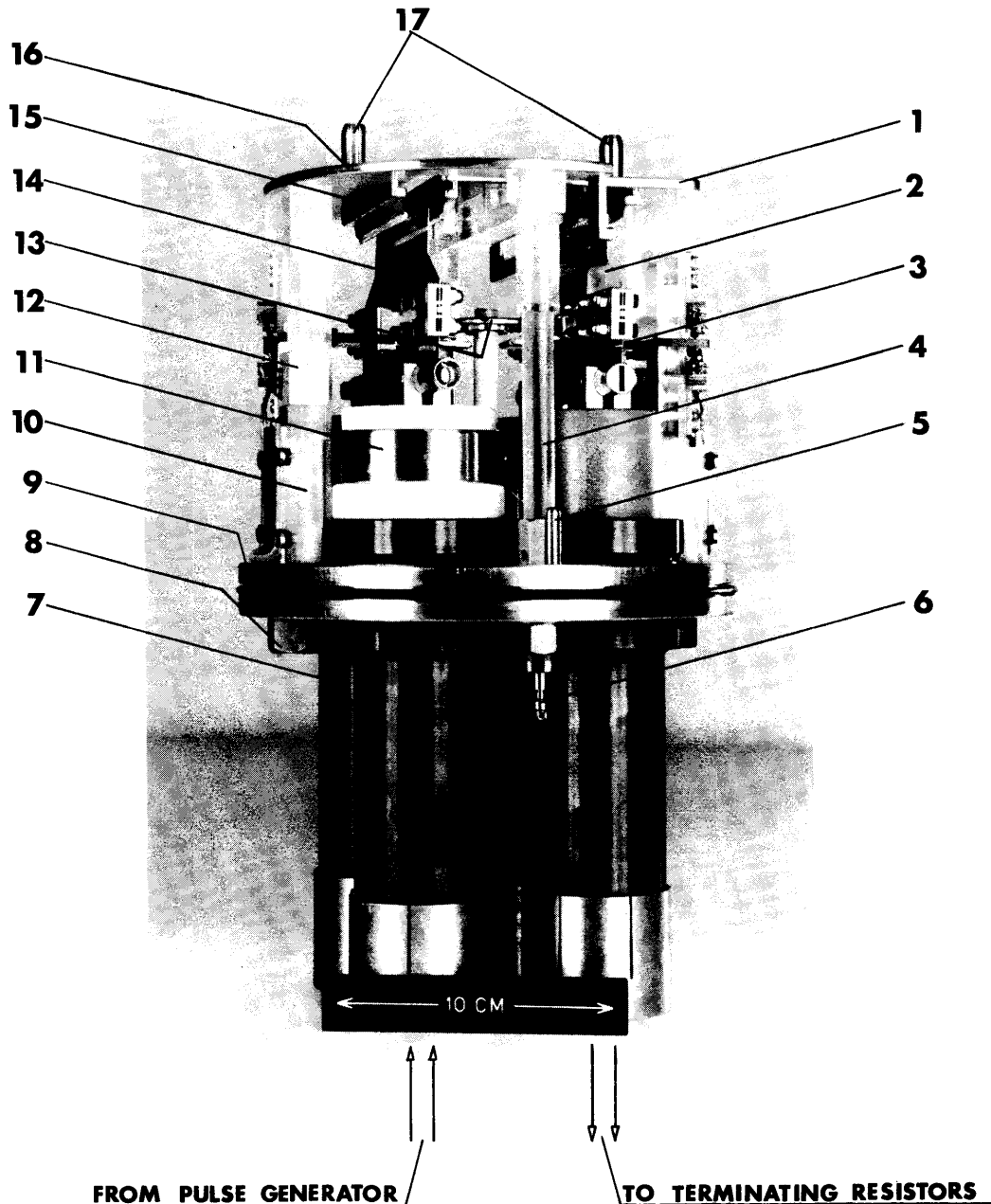


Fig. 2.15 The field inverter mechanism  
 (1) conductor plate for the left coaxial traversal; (2) moving contacts; (3) flexure pivot bearing; (4) isolating support for the conductor plates; (5) guiding pin; (6) air pressure connection; (7) pulse cable sockets; (8) air pressure connection for the pneumatic actuator (in) (out); (9) cover plate; (10) isolating support for the conductor plate and position indicators; (11) electrostatic pick up for observation of incoming pulse; (12) indicator contact for the by-pass position; (13) moving by-pass contact; (14) moving contact; (15) fixed contact; (16) conductor plate for the right coaxial traversal; (17) flexible contacts for the coaxial traversal.

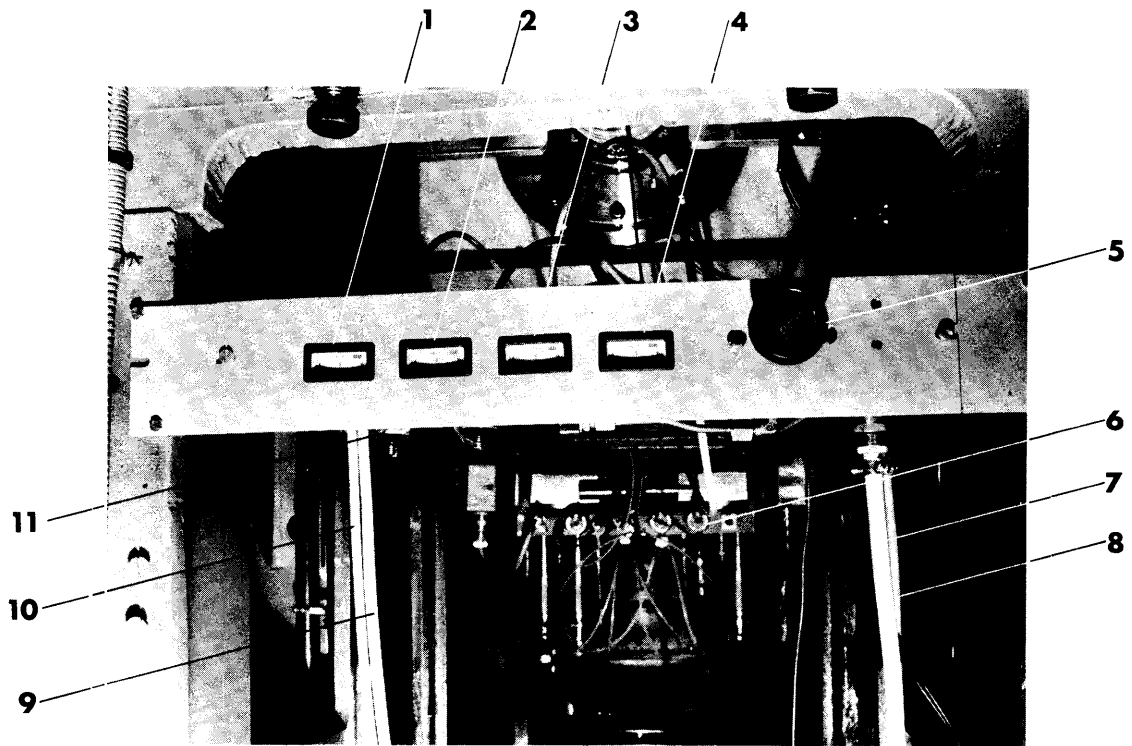


Fig. 2.16 The pressure regulation and interlock system panel

(1) isolation pressure, field inverter no 2; (2) isolation pressure, field inverter no 1; (3) general isolation pressure; (4) supply pressure; (5) pressure regulator; (6) manifold for the pressure control; (7) cable for pressure interlock system; (8) cable for interlock system of the contact positions (in) (out) or (by-pass), field inverter (1); (9) cable for control of the pneumatic valves; (10) cable for interlock system of the contact positions (in)(out) or (by-pass); (11) pressure switch.

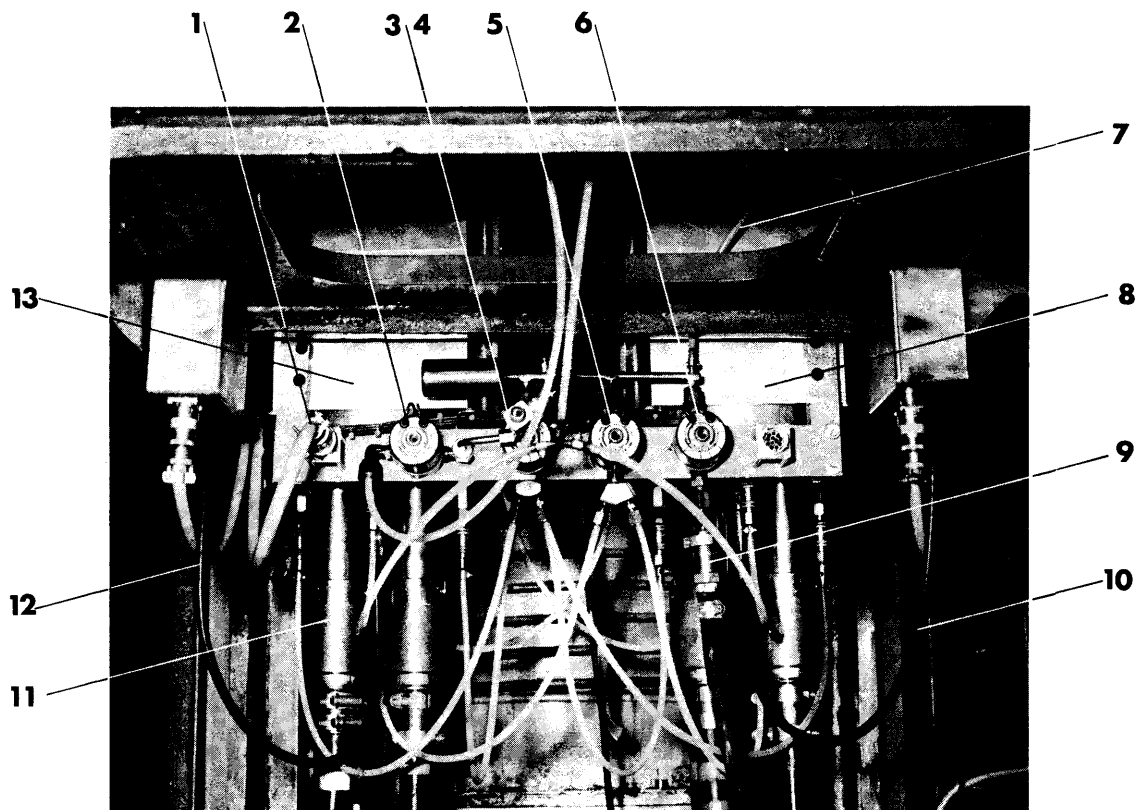


Fig. 2.17 Front view of the pressure control manifold

(1) cable for control of the pneumatic valves; (2) pressure equalizing valve; (3) bleeding valve; (4) valve for the (in) (out) operation; (5) valve for the (by-pass) operation; (6) main valve for the air supply; (7) supply tube for the pressure regulator; (8) field inverter no 1, upstream; (9) air main supply; (10) cable for interlock system of the contact positions (in) (out) or (by-pass), field inverter no 1; (11) pulse cable sockets; (12) cable for interlock system of the contact positions (in) (out) or (by-pass), field inverter no 2; (13) Field inverter no 2, downstream.

## SECTION 3 - THE HIGH VOLTAGE PULSE GENERATOR

H. van Breugel, L. Caris, A. King, C. Scheffre, E.M. Williams

### CONTENTS

1. INTRODUCTION
2. THE PULSE FORMING NETWORK
3. CHARGING CIRCUIT AND VOLTAGE DIVIDER
  - 3.1 Line charging circuit
  - 3.2 Sparkgap voltage divider
  - 3.3 The reference voltage divider
4. THE SPARKGAPS
  - 4.1 Introduction
  - 4.2 The front and tail gaps
    - 4.2.1 Mechanical layout
    - 4.2.2 Operational characteristics of the sparkgaps
    - 4.2.3 Life test and stability considerations
    - 4.2.4 Maintenance, cleaning and renewed setting up of the sparkgap
  - 4.3 The short-circuit sparkgap
    - 4.3.1 Mechanical layout
    - 4.3.2 Principle of operation and characteristics
    - 4.3.3 Life tests and stability considerations
    - 4.3.4 Maintenance, etc.
5. ELECTROLYTIC END RESISTOR
  - 5.1 Composition and characteristics of the electrolyte
  - 5.2 Operation of temperature regulation system
- \*6. ASSEMBLING, DISMANTLING AND MAINTENANCE INSTRUCTIONS (in French)

PRESCRIPTIONS DE MONTAGE, DE DEMONTAGE ET D'ENTRETIEN POUR LE GENERATEUR D'IMPULSION HT ET LA RESISTANCE DE TERMINAISON

  - 6.1 Couvercles de protection
  - 6.2 Interrupteur de ligne et diviseur de tension
  - 6.3 Eclateurs, résistance électrolytique
    - 6.3.1 Eclateur de tête, éclateur de queue
    - 6.3.2 Eclateur de court-circuit
    - 6.3.3 Résistance électrolytique (Trigger)
  - 6.4 Résistance électrolytique et connexion entre l'adaptateur et l'éclateur
  - 6.5 Cuve des condensateurs gauche et droite
  - 6.6 Résistance de terminaison électrolytique
- \*7. APPENDIX A : LIST OF DRAWINGS

## SECTION 3 - HIGH VOLTAGE PULSE GENERATOR

### 1. INTRODUCTION

The block diagram Fig. 3.1 shows the HV circuit of the fast ejection system (OSF), which consists of a double circuit with a common H.T. power supply. In fact two K.M. units are in parallel. The kicker magnet (KM) and its field inverter (FI) are described in the section 2 of the OSF manual, whereas the H.T. power supply (PS) and the Marx trigger (MT) are described in section 4 and 5 respectively of this manual.

The following parts are therefore belonging to the present section entitled the H.V. pulse generator :

- the pulse forming network (PFN)
- the charging circuit (CC) and the voltage dividers (VD)
- the sparkgaps (SG)
- the electrolytic resistors.

The simplified circuit of the H.V. pulse generator is represented on fig. 3.2.

### 2. THE PULSE FORMING NETWORK (PFN)

The PFN is a low impedance LC delay line which accumulates the energy provided by the H.T. fast charging power supply and discharges it through controlled sparkgaps into an adapted load of the same impedance. On one side the load is made of the KM unit in series with an electrolytic end resistor and on the other side of an electrolytic end resistor.

The matching of all these elements provides a reflection free transfer of the pulses from the line to the dissipating resistors. Due to this matching the KM gets only half of the voltage on the line.

The main characteristics of the line are

$$Z = (L/C)^{1/2} = 10 \Omega$$

and  $\tau = (L \times C)^{1/2} = 1,1 \mu s$  (being half the pulse length)

The circuit of the PFN is shown in fig. 3.4. As the self-inductances of C1 and C2 are not negligible, they are included in the fig. 3.3 as series-inductances L4 and L5. The values of inductance L1 and capacitor C1 give a rise and fall time of the pulse which is too long for the ejection. The rise time is then improved by an adapter and the fall time by the clipping gap. The adapter element is composed of a capacitor C2 and a resistor R in series, with  $C2 = C1$  and  $R = Z$ . However, in order to compensate the losses in rise time in the front gap and pulse transport cables, the values of L2 and R are smaller than the theoretical value. This creates an overshoot in the voltage pulse and therefore a better form of the magnetic pulse.

Mechanical layout (see assembly drawings 3-3a and 3-3b)

The delay-line part of the two PFN's is situated in a separate oiltank, each with a voltage divider for the power supply reference voltage.

The adapter is situated directly near the FG, so limiting the series inductance. The whole PFN is earthed at two points, near the adapter capacitor and the tail gap. The delay-line capacitors are rectangular boxes with a cone-shaped H.T. connector on top, (see PS/FES/Int. 69-3), the boxes forming the ground electrode.

The capacitors are mounted on an isolated lid in a C-shape. The inductances are connected between the H.T. connectors; the current-return path is formed by rectangular plates at the bottom of the cones, connected together by strip-shaped plugs. This system allows the possibility of reducing the number of line elements and thus the pulse length in case such a configuration is needed for a longer time with a gain in charging time and energy. Also the replacement of a capacitor is much easier.

Between the H.T. connectors, where they form a parallel row, shielding plates, connected to the return path at one side, have been added, eliminating stray-fields of the coils which deform the pulse shape quite seriously. The inductances are air-coils, made of  $\varnothing 1,5$  mm copper wire wound around a plexiglas form.

The inductances  $L_2$  and  $L_3$  are formed by the proper coils, together with the feed-through of the oiltank and the connections to the F.G. and T.G. The adapter capacitor is a special low inductance capacitor. It has a cylindrical housing of isolating material and two metallic flanges forming the two connections.

The adapter resistor is an electrolytic resistor of cylindrical shape. The liquid is a solution of  $\text{Cu SO}_4$  (pure) in distilled water. The value can easily be changed by changing the concentration.

Characteristics	Symbol	Number	Unit
Line impedance	$Z =$	10	ohm
Line delay time	$\tau =$	1.1	$\mu\text{s}$
Total capacity	$11 \times C_1 + C_2$	.12	$\mu\text{F}$
Total inductance	$10 \times L_1 + L_2 + L_3$	12.9	$\mu\text{H}$
Capacity per element	$C_1$	.01	$\mu\text{F}$
Capacity per element	$C_2$	.01	$\mu\text{F}$
Inductivity per element	$L_1$	.96	$\mu\text{H}$
Inductivity per element	$L_2$	.8	$\mu\text{H}$
Inductivity per element	$L_3$	2.5	$\mu\text{H}$
Series inductance of cap. $C_1$	$L_4$	.25	$\mu\text{H}$
Series inductance of cap. $C_2$	$L_5$	.1	$\mu\text{H}$
Adapter resistance	$R$	8	ohm
Test voltage		70	kV
Working voltage		20-60	kV

### 3. CHARGING CIRCUIT AND VOLTAGE DIVIDER

Each line has its own voltage divider and line charging circuit. Each voltage divider serves both the FG and TG of that line : sparkgap voltage divider (fig. 3.5 and 3.7).

In both lines a separate voltage divider for reference voltages is added : reference voltage divider (fig. 3.6).

#### 3.1 Line charging circuit

The pulse generator has a common H.T. input P1 (fig. 3.3) to which each line can be connected separately by a switch, that normally keeps the line to earth, (short - circuit). This allows the possibility of using only one line for ejection.

The charging circuit is placed between the switch and the line consisting of three resistive coils. The sparkgap voltage divider is connected between the first and second coil.

This charging circuit, being a part of the line construction, is not a charging-current limiting device, but a stop element for the h.f. line-pulses. Pure ohmic elements like carbon or metal-layer resistors suffer largely from h.f. pulses if not extremely overrated, while liquid resistors are quite unstable in a simple form. Pure inductive elements can form resonance-circuits with the charging cables, so a one layer-coil of resistive wire has been chosen (L6, RL6).

#### Coil characteristics

Coil body	:	plexiglas
coil length	:	335 mm
coil diameter	:	59 mm
turns / mm	:	2
number of turns	:	558
wire diameter	:	∅ 0,2 mm
wire length	:	103 m



spec. wire resistance : 15.4 ohm/m  
total resistance : 1580 ohm  
total inductance : 27 mH  
  
Drawing No : 236-178-2B

### 3.2 Sparkgap voltage divider

For reasons discussed below one voltage divider serves both sparkgaps of one line. The middle electrodes are normally kept at 50% of the line voltage (see fig. 3.5 and fig. 3.7).

Some provisions have to be made that the middle electrodes charge at least as rapidly as the lines, otherwise over voltage of the upper part of the sparkgaps and breakdown can occur.

From the input P1 of the tank the lines and the voltage dividers are charged from the same point, as the charging resistor value between voltage divider and line is negligible ( $\sim 5$  k ohm). A higher value of this resistor will result in a longer charging time of the lines, which should be kept as short as possible.

On the other side the resistive value of the voltage divider must have a certain minimum value because of the dissipation. A good compromise is found by using 8 standard resistors of 10 Mohm, 20 W, 25 kV in series.

If the earth capacity of the middle electrode and its triggering system is estimated at 500 pF, the charging time would be delayed about 10 ms to the lines, with a resistive divider only.

There are two solutions to this problem :

- A) Compensation of the earth capacity with a capacity of equal value in the upper branch of the divider. The middle electrodes are then immediately charged to half the line voltage if those cap. are properly matched. This matching however can be rather difficult, when using standard material and an acceptable mechanical execution, so the solution B was preferred.

B) A capacity voltage divider parallel to the resistive one. The total capacity must be much bigger than the earth capacity. Between this capacity divider and the sparkgaps a resistive network (R4) must be added to serve as stop resistor, as FG and TG are normally fired at different times, the one should not be able to influence the other.

With the values chosen, a 90% charging of the middle electrode, immediately after firing is obtained.

For the monitoring system a voltage pick up is realized by an RC network. The execution is different for both lines, caused by the capacitor values, as an equal impedance and time constant is needed. This circuits are protected by a surge arrestor.

Characteristics of voltage divider

Total resistance = 80 MΩ  
 Total capacity = 10 nF  
 Time constant = 0,8 sec

Symbol	No of units per divider	Value	Make	Type
R <sub>3</sub>	8	10 MΩ, 20W, 25 kV 2°/o	I.R.C.	MVA 15
R <sub>4</sub>	4	1 MΩ, 20W, 25 kV 5°/o	I.R.C.	MVA 15
R <sub>5a</sub>	1	Line I 12 kΩ, 1/2 W 22 kΩ, 1/2 W 8k	Allen Bradley	5°/o
R <sub>6a</sub>	1			
R <sub>7</sub>	1	Line II 39 kΩ, 1/2 W 33 kΩ, 1/2 W 12 kΩ, 1/2 W 22 kΩ, 1/2 W 9k 8k	"	5°/o
R <sub>8</sub>	1			
R <sub>5b</sub>	1			
R <sub>6b</sub>	1			
C <sub>3</sub>	8	20 nF, 30 kV	I.C.A.R	TA 31 T 3
C <sub>4</sub>	1	100 μF		
C <sub>5</sub>	1	81,4 μF		

### 3.3 The reference voltage divider

The high voltage power supply needs a reference signal for its servo system and for the voltage measurement. Two special wide band voltage dividers were constructed and one placed in each of the delay-line oil tanks (see fig. 3.6).

The high voltage part of the divider is composed of 120 resistors ( $R_9$ ) and capacitors ( $C_6$ ), divided in 15 discs that are stacked together. The low voltage side is so dimensioned that for 80 kV the servo signal is 12 V (P8) and the voltage measuring signal is 2,5 V (P9). For over-voltage protection a surge arrestor is added.

#### Characteristics :

Symbol	No of units	Value	Make	Type
$R_9$	120	1.5 Mohm 1 W 5 <sup>0</sup> /o	Allen Bradley	carbon <sup>1)</sup>
$R_{10}$	1	22 kohm 2 W 5 <sup>0</sup> /o	"	
$R_{11}$	1	6.8 kohm 2 W 5 <sup>0</sup> /o	"	
$C_6$	120	2200 pF 1000 V		
$C_7$	1	1.1 $\mu$ F		
$C_8$	1	4.2 $\mu$ F		

The measured ratios are :

Ratios HV/LV	line 1	line 2
for servo amplifier	$6,6666 \times 10^3$	$6,5253 \times 10^3$
for display (ADC)	$32,00 \times 10^3$	$31,35 \times 10^3$

---

1) This kind of resistor shows a negative resistance-voltage characteristic.

## 4. THE SPARKGAPS

### 4.1 Introduction

From the description of the HV-pulse generator system, it may be remembered that the sparkgaps constitute the switches which, at the moment given by the trigger pulses, connect a charged delay-line to a load of the same impedance. This load consists of either a coaxial cable plus an end resistor in the case of the tail-gap or of a coaxial cable plus the kicker magnet followed by an end resistor in the case of the front gap.

The pulse produced by this system must fulfil several requirements with regard to its shape and stability in length and height. The rise and fall time of the pulse produced by a lumped delay line with a time constant of 100 nsec. per section are too long for ejection purposes, and for this reason two additional devices have been incorporated into the system. The one which affects the risetime is called the adapter (see R and C<sub>2</sub>) and forms essentially a pulse peaking device in such a way that an exponentially decaying pulse is created in front of the main pulse. The risetime of the output pulse is therefore mainly given by the loop inductance of the adapter. The second device called the short circuit sparkgap (SCSG) shortens the pulse tail by short circuiting the pulse within a short time to earth, and so sharpening its trailing edge.

In the following sections, a description of the mechanical and the electrical properties of the sparkgaps will be given together with the rules for operation. Finally, there will be given the procedure for maintenance and renewed setting up of the sparkgaps.

### 4.2 The front and tail sparkgaps (see figs. 3.9a and 3.9b)

#### 4.2.1 Mechanical layout

The sparkgaps are of the so-called swinging cascade type and have essentially three electrodes; the HV electrode (1), the middle electrode (2), which in rest position is maintained at half the charging HV, and the output electrode (3) connected with the load. These three

electrodes are ring-shaped and their edges are made of tungsten. The middle electrode includes two other distinct pieces called trigger (4) and pin (5) connected to the middle electrode by biasing resistors of  $1\text{ M}\Omega$ , 1 Watt. The insulation around the pin (5) consists of an Al-oxide tube (6) with a high  $\epsilon$ , so as to create high electrical field strength in the gaps between trigger and pin and between pin and electrode (2) at the moment the trigger pulse is applied.

The outer central Al-ring (7) is connected via a biasing resistor (9) to the middle electrode and serves essentially as a potential grading ring between the HV and the output electrode.

The whole gap is tightened down by a spring-loaded bridge (8) so strongly that the displacement of the HV electrode is  $\leq 0,05\text{ mm}$  for highest permissible inside air pressure of about 4,5 atm. absol.

#### 4.2.2 Operational characteristics of the sparkgaps

If the desired voltage pulse amplitude is  $1/2 V$  volts (that means the charging line voltage is  $V$  volts), then the required air pressure  $P$  in the sparkgap in order to assure best switching when triggering is given by Fig. 3.10, curve b. In this fig. is represented the static breakdown voltage  $V_s = f(P)$  (curve a) and  $kV_s = f(P)$  (curve b). These curves are valid for electrode spacings  $D_1 = D_2 = 3.0\text{ mm}$  ( $D_1 = D_2$  assumes a symmetrical HV divider).  $k$  varies from  $k = 0,9$  for lowest pressure to  $k = 0,85$  for highest pressure. A  $k$  of 0,85 for highest  $P$  (and voltage) has proven to give a negligible fraction of faulty triggers. The exponential decaying trigger signal of amplitude of about  $-30\text{ kV}$  and time constant  $\sim 10^{-7}$  sec is applied to the point called trigger (4) via a coupling condenser  $C$ . The equivalent circuit to which this pulse is applied is given by Fig. 3.11.

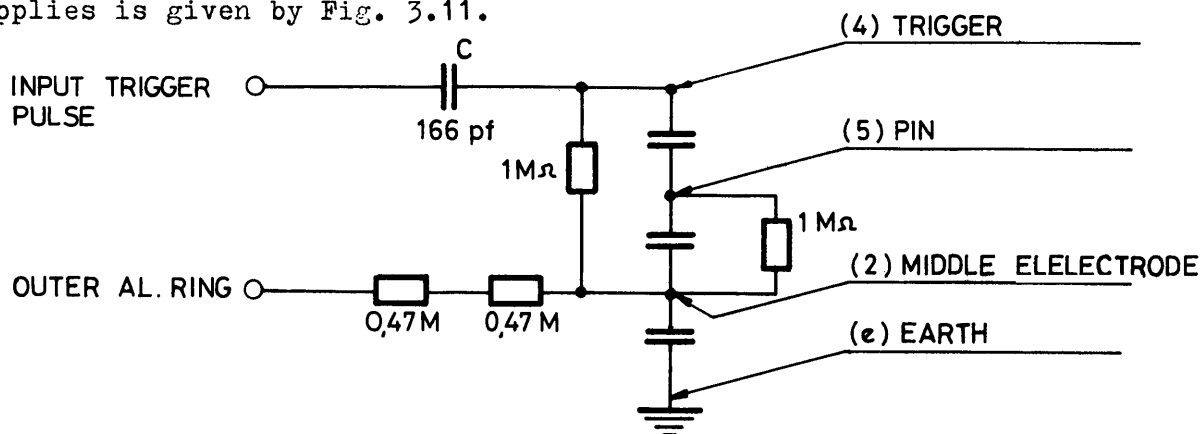


Fig. 3.11

This fig. shows that when  $C_{2e} \gg C_{45}$  and  $C_{52}$ , the trigger pulse is essentially applied to the gaps 4-5 and 5-2. When these gaps fire, there occurs an irradiation of the gaps  $D_1$  and  $D_2$ , and first  $D_2$  will be overvolted and will fire. After,  $D_1$  will fire and so a conduction is provided across the sparkgap, connecting the line to the load.

Each individual sparkgap will show a time jitter in its switching action with respect to the instant of triggering. So the output pulse-length shows variation corresponding to the sum of the individual time jitters of front and short circuit sparkgap.

The time jitter of the front (and tail) gap is mainly dependent on three parameters : the air pressure  $P$  in the sparkgap, the charging line voltage  $V$  and the trigger pulse amplitude. The time jitter  $T_j$  as a function of line voltage  $V$ , with pressure maintained according to curve b of fig. 3.10, is shown in fig. 3.12. Data are presented for two values of trigger pulse voltage.

The sensitivity of these jitter figures with respect to variations in line voltage at constant pressure can be seen from figs. 3.13 and 3.14. These figures show the jitter  $T_j = f(V)$  for two fixed pressures (the min. and the max. used within the working range of line voltages).

One observes that near the working points these curves are rather flat, so that the voltage and/or the pressure settings are not very critical from the point of view of their influence on the time jitter. However, from the point of view of warranty against premature statical breakdown of the sparkgap, the pressure  $P$  must, for any fixed line voltage be at least equal to the value as given by curve b of fig. 3.10.

#### 4.2.3 Life test and stability considerations

It has been shown that the static breakdown voltage  $V_s$  as a function of pressure of a new sparkgap can be expressed by a straight line according to curve c of fig. 3.10. After a certain number of triggers this  $V_s$  curve starts to lower and becomes bent, see curve a.

This behaviour is not yet fully understood. It seems that once the situation as represented by curve a has been attained, this condition tends to be stable.

With  $P = 4$  atm and HV of 55 kV (as according to curve b of fig. 3.10) experiments have shown that the time jitter, starting from a clean gap, grows from the original value of  $\pm 3$  nsec to about  $\pm 6$  nsec after about 150.000 shots. Between 150.000 shots and  $10^6$  shots the jitter value remains roughly constant, see fig. 3.15.

Probably this increase in the jitter value is connected with the conditioning of the trigger pin. A further phenomenon, which has shown up during life tests of the sparkgap is the building of a conductive layer on the inside of the araldite spacers. This layer is believed to result from tungsten evaporated from electrode surfaces, and it was seen that this conductive film could not be removed simply by cleaning with alcohol. It thus appears that the film was more or less penetrated into the surface of the araldite.

#### 4.2.4 Maintenance, cleaning and renewed setting up of the sparkgap

After  $10^6$  shots the sparkgap contains a lot of dirt and should be taken apart and cleaned. Four points need special attention :

- a) the pin (5) and the insulating tube around it are to be replaced;
- b) the electrode surfaces are to be polished mechanically;
- c) the inside of the araldite spacers are to be cleaned by abrasive ways;
- d) all pieces are then cleaned by alcohol.

When building the sparkgap again together one is mainly concerned with three points :

- A) verification of the three bias resistors;
- B) the electrodes are to be mounted parallel;

- C) the gap distances  $D_1$  and  $D_2$  are to be so that the ratio of  $D_1$  and  $D_2$  corresponds to the HV divider ratio.

Concerning

- B) On the basis that the sparkgap is mechanically correct, the height difference between surfaces X and Y (see fig. 3.9a) should be the same at the three possible measuring points, and equal to about 4 mm.
- C) Following point B), one changes the position of the middle electrode in little steps using the three position screws (10), until the measured static breakdown voltage is maximum. At that position, the gaps  $D_1$  and  $D_2$  correspond to the divider ratio.

#### 4.3 The short-circuit sparkgap (SCSG)

##### 4.3.1 Mechanical layout

The SCSG contains essentially two sparkgaps functioning as one - namely a trigatron arrangement, being the triggering device and a cascade swinging gap acting as the real switch, see figs. 3.16 and 3.17.

The cascade part contains three ringshaped electrodes again with tungsten borders, i.e. the HV electrode (1) screwed to the output electrode of the front gap, the earth electrode (3) connected to the base plate, and the middle electrode (2) connected via biasing resistors to the surround (4) and to the trigger pin (5). The middle electrode together with the surround and the trigger pin form the trigatron part of the SCSG. Here again the trigger pin is isolated from the surround by an Al-oxide insulating tube.

##### 4.3.2 Principle of operation and characteristics

The principle of operation is most easily explained making reference to fig. 3.17. In static conditions, the middle electrode (2), the surround (4) and the trigger pin (5) are on ground potential via the lead of the trigger pulse generator. At the moment the front gap



starts to conduct, the HV pulse appears on the HV electrode (1) and the middle electrode (2) takes a potential level corresponding to the capacitive division given by  $C_{1-2}$  and  $C_{2-3}$ . When the trigger pulse arrives at (5), gap 4-5 will fire and gap 2-4 becomes irradiated and overvolted. So gap 2-4 will fire and finally gap 1-2 and gap 2-3 will fire in succession.

From the operators point of view, the correct functioning of the SCSG depends mainly on a) the setting of the distance  $y$  between the surround (4) and the bolt on the centre electrode, and on b) the setting of the gap distances  $d_1$  and  $d_2$ . Experience has shown that a distance  $y$  of 1.8 mm is quite satisfactory. As regards to the values of  $d_1$  and  $d_2$ , they should be in any case above a certain minimum value to avoid spontaneous breakdown; the voltage and the pressure for the SCSG are, of course, prescribed according to curve b of fig. 3.10. As front gap and SCSG receive the same pressure, it is clear that the gap distances  $d_1$  and  $d_2$  are the only free parameters in the SCSG. These distances must be big enough to prevent breakdown of the SCSG on arrival of the HV pulse on the front gap output electrode (1). The best means for choosing the correct values for  $d_1$  and  $d_2$  consists of investigating the induced voltage breakdown probability for the SCSG as a function of  $d_1$  and of  $d_1 + d_2$ . Typical results obtained in this way are shown in figs. 3.19 and 3.20. Note, the safe region for the setting of the middle electrode is most narrow at the highest pressure and voltage.

Values of  $d_1 + d_2 = 3,0$  mm and  $d_1 = 1,5$  mm would seem to provide sufficient warranty against spontaneous breakdown. The measured characteristics of the breakdown probability do, however, depend on the value of  $R$  of the adapter (10 ohm for these measurements) and on the value of the final inductance of the line (1.8  $\mu$ H for these measurements).

With  $d_1 + d_2 = 2,6$  mm and  $d_1 = 1,3$  mm, and also with  $d_1 + d_2 = 3,0$  mm with  $d_1 = 1,5$  mm, the sparkgap works properly, i.e. the time jitter is small  $\pm 3$  nsec over the whole normal range of operation - see fig. 3.18. The sensitivity of the time jitter with respect to variations in line voltage at constant pressure can be seen from figs. 3.21 and 3.22. These data also show that the performance is not significantly altered in changing from  $d_1 + d_2 = 2,6$  mm to  $d_1 + d_2 = 3,0$  mm.

Note : With the SCSG a stop resistor 1 kohm in the trigger lead is necessary to obtain a satisfactory performance.

#### 4.3.3 Life tests and stability considerations

Tests using a Marx trigger (28 kV) amplitude showed that in a million operations the characteristics of time jitter of the SCSG at 4 atm and 55 kV charging voltage increased from  $\pm 3$  ns to  $\pm 6$  ns. For all operating voltages of the system (following curve b of fig. 10.), the jitter should always be found to be within the limit  $\pm 6$  ns.

#### 4.3.4 Maintenance, etc.

The routine cleaning of the sparkgap follows closely the procedure described for the main gap - see 4.2.4.

When building the sparkgap together, attention is drawn to the need for checking

- A) the bias resistors;
- B) the condition of the trigger pin and its insulating surround
- and C) the zero settings of the scales indicating the gap distances  $d_1$  and  $d_1 + d_2$ .

### 5. ELECTROLYTIC END RESISTOR

As the kicker magnet consumes only a fraction of the energy delivered by the lines, the rest has to be dissipated in an adapted end resistor. The pulse energy corresponding to  $\sim 180$  J for the 20 bunches ejection (30 kV; 3kA; 2,1  $\mu$ s) led to the construction of an electrolytic resistor, which was found the best device to stand these severe conditions.

The following description is based on drawing No 3.25.

The resistor consists of :

1. A cylindrical tank of anticorrosive material.
2. A 2kW heating element (26) and a 1kW heating element (27) incorporated into the tank.
3. A brass entry bushing (2) enclosing the H.T. cable connectors.
4. An araldite supporting insulator (4) for the resistive element inside the conical H.T. cables entry.
5. A brass clamp (5) to centre the connector between the H.T. cables and the resistive element.
6. A brass clamp (8) to provide position and earth connection for the resistive element.
7. An oil stirrer consisting of a perspex rod (11) with an impeller at one end.
8. A brass cover (6) on which are mounted the stirring motor, the thermal switches and electrically operated valve.
9. A resistive element (see description).
10. A water circulation cooling element (17).

The resistive element is immersed in oil (DIALA C) inside the tank (1). Approximately two litres of the aqueous electrolyte solution which forms the resistance, is enclosed between two perspex cylinders (10) 370 mm in length. Annular electrodes (9) are mounted inside water-tight seals at the ends of the cylinders.

#### 5.1 Composition and characteristics of the electrolyte

The solution is made in the proportions 240 g of chemically pure copper sulphate to one litre of distilled water. An element filled with such a solution has a resistance of approximately  $12.5 \Omega$  at  $20^{\circ}\text{C}$  and a negative temperature coefficient, that is to say that as the temperature rises, the resistance decreases (see graph 3.17). Because of small variations between individual units each resistor must be calibrated with respect to temperature so that identical values of  $10 \Omega$  may be assured.

## 5.2 Operation of temperature regulation system

Each resistor assembly includes :

1. A 3 kW element for rapid heating of the oil
2. A 1 kW heating element which is used for temperature regulation
3. A thermal switch (T1) for the 3 kW heating element
4. A thermal switch (T2) for the 1 kW heating element
5. A thermal switch (T3) for the maximum temperature safety interlock
6. An electric motor for driving the oil stirring impeller
7. An electrically operated valve for the cooling water.

### Operation

Switching on in the "cold" condition causes both heating elements and the stirring motor to be powered but leaves the electrically operated valve unpowered, thus preventing circulation of cooling water. The oil temperature rises rapidly to a point several degrees below the minimum regulation temperature whereupon the thermal switch T1 disables the 3 kW heating element and causes the signal "TEMP OK" to be illuminated. The 1 kW heating element continues to operate until the preset maximum temperature is attained at which point it is disabled by thermal switch T2 which also actuates the signal "WATER CIR" and the electrically operated valve, allowing cooling water to circulate. The oil temperature is thus reduced to the minimum regulation temperature whereupon the thermal switch T2 disables the valve which permits the flow of cooling water and re-energizes the 1 kW heating element. The temperature regulation cycle continues thus over a temperature range of about 2°C corresponding to a change of about  $\pm 0,1\Omega$  about the mean set value of 10 $\Omega$ .

### Fault conditions in the regulation cycle

- 1) In the event of a temperature rise above the maximum safe limit (50°C) due to the passage of excessive current in the resistance, the thermal switch T3 disconnects both heating elements whilst allowing the electrically operated valve to stay open; at the same time the signal "OVER TEMP" is illuminated.

- 2) In the event of excessive temperature rise due to malfunction of thermal switches T1 or T2, the general power supply is disconnected by thermal switch T3 which also illuminates the signal "OVER TEMP."

In both cases it is necessary to wait until the signal "OVER TEMP" extinguishes before attempting to restart the system.

6. PRESCRIPTIONS DE MONTAGE, DE DEMONTAGE ET D'ENTRETIEN POUR LE  
GENERATEUR D'IMPULSION HT ET LA RESISTANCE DE TERMINAISON

6.1 Couvercle de protection

Dessin 236-216-0A (ensemble)

Avant d'enlever les couvercles du générateur d'impulsion, il faut s'assurer que toute alimentation HT est coupée.

Eviter de toucher les bandes de contact qui se trouvent tout autour des couvercles, car elles sont très fragiles.

Il ne faut donc jamais essayer tout seul d'enlever ces couvercles.

Les couvercles latéraux (4) s'enlèvent toujours avant le couvercle supérieur (5).

Les basculer un peu en avant, avant de les sortir de leurs ceintures (3).

Les couvercles ne sont pas interchangeables à cause du réglage des interrupteurs de sécurité et de l'ajustage des crochets et poignées de fermeture. (Voir repère ligne 1 gauche, ligne 2 droit).

Au remontage, contrôler le réglage des interrupteurs de sécurité.

## 6.2 Interrupteur de ligne et diviseur de tension

Dessin 236-173-0B (ensemble)

Dessin 236-172-1 Diviseur de tension (sous-ensemble)

### Outillage

- 1 Clef mâle pour six-pans, forme tournevis 4mm, 5mm
- 1 Clef mâle pour six-pans, 2mm, 2,5mm, 3mm, 4mm, 5mm, 6mm, 8mm, 10mm
- 1 Clef plate 5,5mm, 7mm, 10mm, 4mm, 19(22)mm, 41mm
- 1 Clef à tube 17mm, 22mm
- 1 Jeu de tournevis
- 1 Pince pour circlips, bec droit Ø 1mm.

(Les numéros de position sans numéro de dessin concernent le dessin d'ensemble. Les numéros de position avec numéro de dessin concernent le sous-ensemble ou les dessins de détails.)

### Démontage

Décharger et mettre les lignes à la masse.

Enlever le câble "Seifert" et mettre la protection sur son embout.

Démonter, et poser tous les éléments sur des chiffons pour ne pas endommager leurs surfaces qui sont d'une finition impeccable. Eviter d'endommager les surfaces des résistances IRC.

Dévisser les écrous (236-221-1A/5) du pick-up (qui remplace le montant (38)), avant de desserrer la douille (37), ceci pour éviter de faire un effort sur le tube en Plexiglas (236-221-1A/1) et de le casser.

Pour démonter l'aimant (55) il faut d'abord dévisser la cloche (8) et enlever la vis Imbus modifiée (59) pour séparer les 2 axes (5, 6).

### Entretien

Enlever la vieille graisse dans le cône de l'isolateur (30) et sur les cônes des isolateurs (30,28) avec un chiffon sec, puis bien nettoyer avec un chiffon imbibé d'alcool. Attention, l'Araldit se détériore s'il est mis en contact prolongé avec l'alcool.

N'employer que du méthanol pour le nettoyage des résistances de ligne (40) et les manteaux (29) en Plexiglas car l'alcool pourrait produire des craquelures superficielles.

### Remontage

Fixer le manchon (15) et le flasque (18) et remonter l'isolateur (30) sans les rondelles en "Mylar" (236-174-2A/2).

Coller avec de la graisse silicone (Rhodorsil B431) l'anneau en deux pièces (16) dans son logement et poser la plaque de base (13) en prenant soin de ne pas endommager les angles vifs.

Ensuite dévisser de nouveau le flasque (18) et serrer les rondelles "Mylar" (236-174-2A/2) entre celle-ci et l'isolateur (30) pour supprimer le jeu et ainsi empêcher l'isolateur (30) de tourner, pour qu'il puisse maintenir la plaque de contact (14) en position.

Enduire les cônes des isolateurs (30,28) d'une mince et uniforme couche de graisse silicone (Rhodorsil B431) et mettre les manteaux en Plexiglas (29).

Ne serrer les écrous (236-221-1A/5) du pick-up qu'après avoir serré la douille (37).

Monter l'aimant (55) de l'interrupteur bien vertical pour avoir un déplacement bien droit de l'axe du plongeur de l'aimant et de l'axe (6).

Quand le levier de contact (21) se trouve dans sa position supérieure, le plongeur de l'aimant doit encore pouvoir monter de 4 à 5 mm avant de buter dans son boîtier, ceci pour comprimer le ressort (11) et bien appuyer le levier contre le contact dans la plaque de contact (14).

Quand le levier de contact (21) se trouve dans sa position inférieure, le plongeur de l'aimant (55) doit, tiré par le contre-poids dans l'amortisseur (236-280-2), encore descendre de 2mm. Graisser l'axe (6) et le manchon (7) avec du Molicote, ainsi que l'axe de l'amortisseur (236-280-2).

Régler les micro-switch pour qu'ils ne commencent pas à se déclencher avant que le levier de contact (21) n'appuie sur les contacts.

La longueur des tubes (47) est ajustée selon l'épaisseur des plaques en "Vétronit" (42, 43) et la douille (50) pour pouvoir comprimer de 0,5mm la rondelle en caoutchouc (51) en serrant la vis (66).

Le tube (47) avec le repère 1 se monte avec la plaque gauche (42), le tube (47) avec le repère 2 avec la plaque droite (43).

L'épaisseur des rondelles (48) est déterminée selon l'épaisseur des plaques en "Vétronit" (42, 43), aussi pour pouvoir comprimer les rondelles (48) de 0,5mm en serrant les supports (49).

La longueur des douilles (236-172-1/4) est déterminée selon la longueur respective de chaque condensateur.

La longueur totale avec les 2 douilles (236-172-1/3,4) doit être ~370mm.

(Longueurs des condensateurs 331 à 335,5mm, mesurés sans les embouts filetés.)



Protéger les douilles (236-172-1/4) d'une tôle en laiton mince en lesserrant sur les condensateurs.

Au montage des résistances IRC, vérifier le bon serrage des pinces (236-172-1/9, 10, 11, 21, 22), car les diamètres des résistances varient entre 28,3mm et 28,8mm.  
(Longueurs des résistances IRC 165,5 à 166mm.)

### 6.3 Eclateurs, résistance électrolytique

#### 6.3.1 Eclateur de tête et éclateur de queue

##### Eclateur de tête

Dessin 236-108-0A(ensemble)  
" 236-109-0C connexions d'air et HT (sous-ensemble)  
" 236-110-0A Electrode centrale (sous-ensemble)  
" 236-141-1A Pick-up (détails)

##### Eclateur de queue

Dessin 236-164-0A (ensemble)  
" 236-165-0C connexions d'air et HT (sous-ensemble)  
" 236-110-0A électrode centrale (sous-ensemble)  
" 236-141-1A pick-up (détails)

##### Outillage

1 Clef polygone 32mm  
1 Clef plate 5mm  
1 Clef mâle pour six-pans 10mm, 6mm, 4mm, 3mm, 1,5mm  
1 Tournevis no. 0, 2, 3  
1 Pince coudée pour circlips  $\phi$  bec 3mm  
1 Pied à coulisse de profondeur  
1 Chasse-goupille  $\phi$  2,8mm  
  
2 Plaques de mesure dessin 236-284-4  
1 Pièce de mesure " 236-283-4  
1 Dispositif de réglage " 236-285-4

L'éclateur de tête ne diffère de l'éclateur de queue, que par l'éclateur court-circuit (37); donc la description du premier est aussi valable pour le deuxième.

(Les numéros de position sans numéro de dessin concernent le dessin d'ensemble. Les numéros de position avec numéro de dessin concernent les sous-ensembles ou les dessins de détails.)

##### Démontage

##### Ensemble éclateur

Décharger et mettre les lignes à la masse.  
Vérifier s'il n'ya plus de pression d'air dans l'éclateur.  
Sortir les câbles 40P3(34) et mettre les protections (205-141-4) sur les embouts de câble.  
Protéger les contacts de blindage par des protections (205-142-4).  
Enlever les connexions flexibles.

Sortir les fourreaux isolants (236-141-1A/3) et tiges-guides (236-141-1A/1,2) des pick-up vers le haut.

Enlever les guides (236-141-1A/4) et pièces de raccordement (236-141-1A/6).

Déconnecter le fil de raccordement de la résistance électrolytique (35).

Dévisser progressivement les écrous (17), sortir le bras (11) et la coupelle (12).

Enlever tous les éléments, sauf l'anneau inférieur (236-109-0C/14), et les poser sur des chiffons pour ne pas les rayer.

#### Electrode centrale (236-110-0A)

Déconnecter la fiche banane (42) et sortir le croisillon de réglage (30). Dévisser l'isolant (7).

Retirer à l'aide d'une vis M3 les pinces (20, 19) avec les 2 résistances.(44).

Enlever les 2 résistances à l'intérieur du porte-électrode (1). Sortir le support (3), les douilles-électrode (18), les douilles (16) et le porte-électrode (15) avec son électrode (14).

Desserrer la vis (26), sortir la vis spéciale (13) et puis la pince (12), l'entretoise (11) et la douille isolante (10).

Démonter le circlips (4) en l'ouvrant au maximum pour ne pas endommager le porte-électrode (1) et sortir celui-ci.

#### Entretien

Nettoyer toutes les pièces à l'alcool.

Enlever la vieille graisse dans les cônes de l'entrée de l'air et HT (236-109-0C/13) avec un chiffon sec, puis bien nettoyer avec un chiffon imbibé d'alcool. Attention, l'Araldit se détériore s'il est mis en contact prolongé avec l'alcool.

Eviter d'enlever la peinture argent dans l'alésage au bout des cônes.

Ne pas oublier de nettoyer les trous de passage de l'air comprimé dans l'entrée d'air et HT (236-109-0C/13).

Polir les électrodes en tungstène au tour à la toile d'émeri 320 et 400. Eviter de polir les surfaces en laiton avec un abrasif pour ne pas changer les dimensions.

Si les pièces sont trop oxydées, les nettoyer avec de la paille de fer fine (tampons "JEX") ou du "Sigolin", en évitant d'arrondir les angles vifs. Protéger les surfaces en laiton avec du papier, en serrant les pièces dans le mandrin du tour.

Retoucher les électrodes, si les rayons sont trop aplatis.

Retoucher toujours bien parallèlement et perpendiculairement à l'axe, selon tolérances sur les dessins.

Chasser les isolants (236-110-0A/17) des douilles-électrodes (236-110-0A/18).

Nettoyer l'alésage et la face des douilles-électrodes et coller un isolant neuf (236-110-0A/17) avec de la colle "Eastman 910".

Remplacer l'électrode(236-110-0A/14) par une neuve et l'ajuster selon la longueur totale des 2 douilles-électrodes(18) les 2 douilles en Teflon (16) et le porte-électrode (15).

### Remontage

Au cas où l'éclateur court-circuit (37) aurait été démonté, visser celui-ci en arrière.  
Déterminer la distance  $f$  (voir "Réglage de l'électrode centrale") et remonter toutes les pièces dans l'ordre inverse du démontage, en observant ceci:

Contrôler toutes les pièces pour voir si elles sont bien propres et en bon état. Les faces d'appui des bagues et anneaux doivent être bien lisses pour avoir un parallélisme impeccable, aussi bien pour les mesures des distances des électrodes, que pour le montage définitif.

Eviter de tourner une pièce contre l'autre car elles grippent facilement.

Ne plus toucher les parois intérieures et extérieures des bagues et anneaux en Araldit après le nettoyage pour éviter d'y déposer de la saleté qui pourrait entraîner un claquage de surface.

Changer les O-Ring s'ils sont trop écrasés ou abîmés et les enduire de graisse à vide pour les fixer dans leurs rainures et ainsi faciliter le montage.

Serrer la vis (236-110-0A/26) seulement après avoir connecté le fil isolé (236-110-0A/43) avec la tige de contact (236-110-0A/8).

Vérifier le centrage (distance  $f$ ) de l'électrode centrale, dévisser les 3 vis de réglage supérieures (236-110-0A/35) avant de poser l'anneau (4) et mettre les vis de réglage supérieures et inférieures\* Les repères FG ou TG doivent être bien en face du repère correspondant sur la plaque de base.

Vérifier le bon centrage des bagues en Araldit (2) avec les anneaux en Antico (3, 4, 5).

Graisser les filetages des bielles (16) et les rondelles (18) avec du "Molicote".

Serrer progressivement les 2 écrous (17) jusqu'à ce que le bras (11) soit bien serré sur les colonnes (19).

Vérifier la position du piston (13) lequel doit descendre à la même hauteur que le couvercle (14), ceci correspond à une pression de 2800 à 3000 kg.

Ne déplacer la vis de réglage (15) qu'après avoir dévissé les 2 écrous (17).

Revisser les 3 vis de réglage supérieures (236-110-0A/35) sans les serrer.

Contrôler l'état des embouts de câbles 40P3 (34) et ses pinces de contact.

Nettoyer et enduire les cônes d'une mince et uniforme couche de graisse silicone (Rhodorsil B431).

Il faut toujours engager les câbles bien dans l'axe des entrées de câbles pour éviter d'endommager les pinces de contact.

---

\*) (236-110-0A/35) bien en face (voir repère).

Ne pas trop serrer les pièces de raccordement (236-141-1A/6) des pick-up et enduire l'alésage des guides (236-141-1A/4) de graisse silicone (Rhodorsil B431).

Bien que tous les éléments des éclateurs soient interchangeable, certaines pièces ont été repérées à cause du réglage très précis des électrodes.

Repère	FG 1 et FG 2	=	Eclateurs de tête
"	TG 1 et TG 2	=	Eclateurs de queue
"	BOTTOM	=	Bagues isolantes (2) inférieures
"	TOP	=	" " (2) supérieures
"	1	=	Détails de l'électrode centrale FG 1
"	2	=	" " FG 2
"	3	=	" " TG 1
"	4	=	" " TG 2

#### Réglage de l'électrode centrale (dessin 236-299-4)

Mesurer la largeur  $c$  de l'électrode centrale.

Mesurer la distance  $e$  à l'aide de la plaque de mesure(236-284-4/1).

Bien nettoyer les faces d'appui des anneaux et bagues et monter ces pièces sans les O-Ring selon le dessin (236-299-4)

Eviter de tourner une pièce contre l'autre.

Mesurer la distance  $a$  et  $b$ .

Déterminer ainsi  $f$  et régler la position du croisillon de réglage (236-110-0A/30) en vissant ou dévissant progressivement les 3 vis de réglage inférieures (236-110-0A/35).

On peut vérifier la côte  $a + b$ , soit la distance totale entre l'électrode supérieure (7) et l'électrode inférieure (31) de la façon suivante:

Dévisser les 3 vis M6 sur la pièce de mesure (dessin 236-283-4) et faire ressortir les 3 goupilles d'environ 8mm.

Placer la pièce de mesure avec son centrage sur l'électrode inférieure (31) après avoir enlevé le croisillon de réglage (236-110-0A/30) avec l'électrode centrale.

Remonter l'éclateur (voir Remontage) et bien serrer les 2 écrous (17).

Démonter l'éclateur et retirer soigneusement la pièce de mesure.

Bloquer les 3 goupilles avec les 3 vis dans leurs positions acquises et mesurer la distance  $g$ .

Au lieu de mesurer la distance  $e$ , on peut mettre la petite plaque de mesure (dessin 236-284-4/2) entre l'électrode inférieure (31) et l'électrode centrale, mesurer  $f$  et déterminer le réglage selon la différence entre la plaque de mesure (4mm) et la distance  $d$ .

On peut diminuer la distance  $d$  en plaçant une rondelle entre les porte-électrodes (8,30) et les entretoises (6,29) ou l'augmenter en changeant les entretoises (6,29).

Il est possible de déplacer le croisillon de réglage (236-110-0A/30).

sans démonter l'éclateur à condition de l'avoir réglé avant le montage, pour avoir une côte (d) de référence.  
Dévisser les 3 vis de réglage supérieures (236-110-0A/35) et déplacer progressivement les 3 vis de réglage inférieures (236-110-0A/35) à l'aide du dispositif de réglage (dessin 236-285-4) qui est muni d'un vernier gradué à 0,05mm.  
Revisser ensuite les 3 vis de réglage supérieures (236-110-0A/35) sans les serrer.

### 6.3.2 Eclateur court-circuit

Dessin 236-111-1A (ensemble)

#### Procédé de démontage, entretien et remontage

##### Outillage

- 1 clef mâle pour six-pans, forme tournevis, 5 mm
- 1 clef mâle pour six-pans, 5 mm, 4mm, 2,5 mm, 1,5 mm
- 1 clef plate 5,5 mm
- 1 clef plate 27 mm
- 1 tournevis No 2
  
- 1 clef (No 9 ) dessin 236-290-4
- 1 clef (No 35 ) " 236-293-4
- 1 clef (No 36 ) " 236-294-4
- 1 clef (No 39 ) " 236-296-4
- 1 clef (No 40 ) " 236-297-4
- 1 mandrin de montage avec contre-écrou (No 38) dessin 236-295-4

Les divers éléments de l'éclateur sont d'une grande précision et très fragiles, il faut donc les manipuler avec soin, les poser toujours sur des chiffons propres, ne pas serrer l'ensemble ou des pièces dans l'étau ou les traiter avec le marteau ou outils semblables.

##### Démontage

Décharger et mettre les lignes à la masse.  
Enlever le câble type 16 (RG14).

Dévisser progressivement les 6 vis (65)  
Tenir l'éclateur vers le haut et enlever les vis (65)  
Sortir l'éclateur en le tenant bien droit pour éviter qu'il ne se coince.  
Ne pas forcer, car l'éclateur doit sortir tout seul.

Démonter la coupelle (14) et l'électrode fixe (15).

Tenir l'éclateur à l'envers et dévisser l'électrode réglable (16) avec le support isolant (17).  
Sortir et démonter toutes les petites pièces à l'intérieur du support isolant (17).

Dévisser à l'aide des clefs no 39 et 40 le manchon (31) et enlever le mandrin (30) et le vernier (56).

Fixer le mandrin de montage (38) avec son contre-écrou sur la vis de réglage (29) et dévisser celle-ci.

Attention, ne pas perdre les 3 ressorts ! (43)

Démonter le vernier (55), la douille (57), le mandrin de réglage (41) et le collier de fixation (48).

Dévisser la bride filetée (39) et sortir la rondelle de frottement (49) avec les 3 ressorts (51).

Retirer l'électrode réglable (37) après avoir enlevé la poussière autour de l'électrode devant la pince (63).

### Entretien

Nettoyer toutes les pièces à l'alcool.

Polir les électrodes en tungstène au tour à la toile d'émeri 320 et 400. Eviter de polir les surfaces en laiton avec un abrasif pour ne pas changer les dimensions. Si les pièces sont trop oxydées, les nettoyer avec de la paille de fer fine (tampons "JEX") ou du "Sigolin", en évitant d'arrondir les angles vifs. Protéger les surfaces en laiton avec du papier, en serrant les pièces dans le mandrin du tour.

Retoucher les électrodes, si les rayons sont trop aplatis.

Retoucher toujours bien parallèlement et perpendiculairement à l'axe, selon tolérances sur les dessins. Si besoin est, remplacer l'électrode (11) avec le tube isolant (62), collé à l'"Eastman 910", ou meuler le bout seulement.

### Montage

Contrôler toutes les pièces pour voir si elles sont bien propres et en bon état, surtout les filetages et les faces de frottement.

Changer les O-Ring, s'ils sont trop écrasés et les enduire de graisse à vide pour faciliter le montage et diminuer le frottement des pièces mobiles.

Mettre un peu de "Molicote" en tube sur l'intérieur de la pièce de centrage (47) et remonter l'électrode réglable (37). Mettre en place les trois ressorts (51) et la rondelle de frottement (49).

Enduire les deux faces de frottement et le filetage de la bride filetée (39), de "Molicote" et revisser celle-ci.

Monter le collier de fixation (48).

Fixer le mandrin de réglage (41), le vernier (55) et la douille (57).

Mettre du "Molicote" sur le filetage intérieur de l'électrode réglable (37) et un peu de graisse à vide sur la surface de la douille de réglage (28) pour diminuer le frottement de l'Araldit B chargée.

Fixer le mandrin de montage et son contre-écrou et visser la douille de réglage (28) et la vis de réglage (29) jusqu'à ce que son filet se trouve à la même hauteur que l'électrode réglable (37).

Mettre en place les trois ressorts (43) et le contre-écrou (40).

Appuyer sur celui-ci et continuer à visser la vis de réglage (29).

Choisir une des trois positions du contre-écrou (40) qui donne le plus petit jeu entre celui-ci et l'électrode réglable (37).

Remonter le mandrin (30) le manchon (31) et le vernier (56).

Placer l'électrode (11) dans la pince (2) et le tout dans la douille (5), muni de l'électrode (1).

Régler la position de l'électrode (11) et serrer l'écrou (3).

Monter les résistances avec la pièce intermédiaire (7) et le ressort (4)

Placer toutes ces pièces dans le support isolant (17), assemblé avec l'électrode réglable (16).



Tenir l'éclateur à l'envers et visser le support isolant (17) sur la douille de réglage.

Placer les 2 résistances dans le support isolant (17) et fixer la barrette (19).

Mettre en place la coupelle (14) avec l'électrode fixe (15).

Visser, à l'aide du vernier (56), l'électrode réglable (16) sur l'anneau électrode (38) sans forcer, et puis l'ensemble avec le mandrin de réglage (41) en arrière.

Tenir l'éclateur bien dans l'axe de l'éclateur de tête, et l'engager dans la plaque de base en le tournant légèrement.

Serrer progressivement les six vis (65) et procéder au réglage de l'ensemble avant de remonter le câble type 16 (RG 14).

6.3.3 Résistance électrolytique (Trigger)

Dessin 236-169-0B (ensemble et détails)

Outillage

- 1 Tournevis no. 5
- 1 Clef (no. 37) dessin 236-286-4
- 1 Entonnoir dessin 236-289-4

Décharger les lignes et les mettre à la masse.  
Déconnecter le câble R6 14 (33).  
Sortir l'ensemble des 3 condensateurs (12).  
Dévisser la vis spéciale (8).  
Sortir la résistance vers le haut en évitant qu'elle ne se déboîte.

Vider et déboîter la résistance.  
Ne nettoyer les tubes en Plexiglas (3, 4) qu'avec du méthanol.

Changer les O-Ring s'ils sont abimés ou trop écrasés.  
Assembler, remplir et remonter la résistance.  
Eviter de trop serrer les condensateurs (12).

4. 6.4 Résistance électrolytique et connexion entre l'adaptateur et l'éclateur

dessin 236-137-0B (ensemble et détails)  
dessin 236-197-1A (ensemble et détails)

Outillage

1 Clef mâle pour six-pans 5mm, 6mm, 8mm.  
1 Tournevis no. 6  
1 Entonnoir dessin 236-189-4

Démontage

Enlever l'ensemble cloche, plaque et ruban de contact (236-197-1A/1,2,3) en évitant d'endommager le ruban de contact.  
Démonter l'ensemble résistance électrolytique (236-137-0B)  
Protéger l'ouverture du condensateur "Häfli" avec un ruban adhésif.  
Vider et déboîter la résistance.

Remontage

Ne nettoyer les tubes en Plexiglas (236-137-0B/5, 6) qu'avec du méthanol.  
Changer les O-Ring s'ils sont abimés ou trop écrasés.  
Assembler et remplir la résistance.  
Eviter de mettre du sulfate de cuivre sur les plaques en Antico B (236-137-0B/1, 2).

Enlever le ruban adhésif sur le condensateur "Häfli" et remonter l'ensemble résistance.  
Dévisser la vis (236-137-0B/13) et aligner les trous filetés dans le couvercle (236-137-0B/2) bien dans l'axe des plaques de base du générateur d'impulsion.

Remonter l'ensemble cloche, plaque et ruban de contact (236-197-1A/1,2,3) en veillant que le ruban de contact appuie bien régulièrement sur l'anneau supérieure de l'éclateur de tête.

## 6.5 Cuve des condensateurs gauche et droite

Dessin 236-202-1A Montage cuve des condensateurs gauche  
" 236-214-1A " " " " droite

Dessin 236-166-0 Traversée isolante (ensemble et détails)  
" 236-211-0A Diviseur de tension (ensemble et détails)  
" 236-298-1 Inductances de ligne (ensemble et détails)  
" 207-398-3A Isolateur complet pour condensateurs  
ICAR (ensemble)

### Outillage

1 Clef mâle pour six-pans 4mm, 5mm, 6mm, 8mm, 0,89mm  
1 Clef plate 12mm, 13mm, 19mm  
1 Clef en tube 24mm  
1 Jeu de tournevis

1 Clef (no. 28) dessin 236-287-4  
1 Clef (no. 41) " 236-288-4

(Les numéros de position sans numéro de dessin concernent les dessins d'ensemble, ceux-ci avec le numéro de dessin les dessins sous-ensembles et détails.)

### Démontage

Vider la cuve.

Décharger les condensateurs et les mettre à la masse.

Sortir les inductances (16).

Enlever les serrages et contacts (6).

Déconnecter les raccords du diviseur de tension (2).

Fixer 4 câbles de la même longueur à la plaque support (18).

Protéger les condensateurs en mettant des chiffons propres entre ceux-ci et les câbles.

Sortir l'ensemble bien droit en évitant d'endommager les traversées isolantes (236-166-0A).

Eviter d'endommager le ressort (236-211-0A/9) du diviseur de tension (2) en posant la plaque support (18).

Si besoin, démonter les serrages et contacts (4, 5), les condensateurs et le diviseur de tension (2).

Dévisser les chapeaux (12, 13, 14) des condensateurs et enlever les manteaux en Plexiglas (236-176-3).

### Entretien

Nettoyer soigneusement toutes les pièces à l'alcool, en évitant d'enlever la peinture grise des condensateurs.

Attention, l'Araldit se détériore s'il est mis en contact prolongé avec l'alcool.

N'employer que du méthanol pour nettoyer les manteaux (236-176-3) et inductances (15, 16) en Plexiglas, car l'alcool pourrait produire des craquelures superficielles.

### Remontage

Si besoin est, reserrer l'écrou (clé no 28) des condensateurs en retenant l'axe avec une vis M8 et un contre-écrou.

Enduire les cônes des condensateurs d'une mince et uniforme couche de graisse silicone (Rhodorsil B431) et remonter les manteaux en Plexiglas.

Ne serrer les condensateurs sur la plaque support (18) qu'après avoir mis en place toutes les pièces de serrages (3).

Aligner les chapeaux (12, 13, 14) avec une tige laiton  $\varnothing 8$ mm et serrer progressivement les vis M8 (236-298-1/15) pour permettre à la graisse de bien se répartir.

Fixer les serrages et contacts (6) et les inductances (15).

Replacer la plaque support (18) dans la cuve, remettre les inductances (16) et les serrages et contacts (6).

Remplir la cuve de l'huile pour transformateur (Diala C) jusqu'à 10mm du bord de la cuve.

Il est très important que la cuve et tous les éléments y installés, ainsi que l'huile, soient parfaitement propres, car sous l'effet de la haute-tension la poussière en suspension dans l'huile se rassemble et forme des chemins de claquage.

### Traversée isolante

Au cas d'un démontage des traversées isolantes, éviter d'abîmer les angles vifs de l'anneau (236-166-0A/3).

Nettoyer et remonter le cône (236-166-0A/1) et le manteau en Plexiglas (236-166-0A/14) comme décrit pour les condensateurs.

### Diviseur de tension

Il est possible de sortir le diviseur de tension (2) sans enlever la plaque support des condensateurs (18) en sortant seulement les vis (236-211-0A/23) avec la clef no 41.

Au remontage, vérifier la position de la couronne (236-211-0A/1) avant de serrer l'écrou (236-211-0A/33) supérieur

Vérifier si le ressort (236-211-0A/9) est assez long pour faire contact avec la rondelle (236-211-0A/8) qui est fixée dans le fond de la cuve (19).

Si non, placer une ou deux rondelles (236-211-0A/36) entre le ressort (236-211-0A/9) et la rondelle (236-211-0A/7).

## 6.6 Résistance de terminaison électrolytique

Dessin 236-220-0A (236-140-0A) ensemble

### Procédé de démontage, entretien et remontage

#### Outillage

1 clé mâle pour six-pans 3 mm  
1 " " " " " 4 mm  
1 " " " " " 6 mm  
1 clé plate 8 mm  
1 clé plate 13 mm  
2 clés plates 17 mm  
1 tournevis No 7  
  
1 clé (no 18) dessin 236-291-4  
1 clé (no 20) dessin 236-292-4  
1 dispositif de montage dessin 236-281-4  
1 dispositif de montage dessin 236-282-1  
1 entonnoir dessin 236-289-4

#### Démontage (pour changer la résistance électrolytique)

Déconnecter les raccords électriques (prise "Souriau") et les tuyaux en caoutchouc (raccords "Walther").

Enlever le capot (7)

Sortir les 8 vis (37) du couvercle (6).

Enlever l'ensemble couvercle (6), moteur (23) et réfrigérant (17) en le tenant bien droit pour éviter de casser l'arbre de l'hélice (11) qui est très fragile.

Sortir les 6 vis (40), démonter la pince (8) et sortir l'arbre et l'hélice (11).

Visser la tige (236-281-4/2) dans l'extracteur (236-281-4/3) se trouvant sous la résistance, placer le centrage (236-281-4/1) sur la résistance et sortir celle-ci.

Vider et démonter la résistance électrolytique (9,11).

#### Démontage complet

Enlever les câbles 40 P 3 et mettre les protections (205-141-4) sur ses embouts.

Vider la cuve (1) par le robinet (28).

Remplacer les 2 vis (41) et les 2 pinces mâles (14) par les 2 tiges (236-282-1/1).

Mettre en place le tube (236-282-1/3) et le flasque (236-282.1/4) et fixer ainsi le corps isolant (4) dans le pot d'entrée (2).

Retirer les 8 vis (36) et enlever la cuve (1) en la tournant et la tenant bien dans l'axe de l'ensemble.

Dévisser l'appui (12), mettre le flasque (236-282-1/4) sur le corps isolant (4) et retirer le porte-pince (5)  
Sortir le corps isolant (4).  
Le manipuler avec soin, car les entrées de câble sont très fragiles.

#### Entretien

Nettoyer toutes les pièces.

Enlever la vieille graisse dans les cônes du corps isolant (4) avec un chiffon sec, puis bien nettoyer avec un chiffon, imbibé d'alcool. Attention, l'Araldit se détériore s'il est mis en contact prolongé avec l'alcool.

Eviter d'enlever la peinture argent sur le corps isolant (4). N'employer que du méthanol pour le nettoyage du Flexiglas, car l'alcool pourrait produire des craquelures superficielles.

#### Remontage

Changer les O-ring s'ils sont trop écrasés ou abîmés.  
Contrôler l'état des pinces mâles (14).  
Enduire de graisse à vide les O-ring pour faciliter le remontage.

Mettre en place le corps isolant (4).

Fixer avec un peu de graisse silicone (Rhodorsil B 431) les deux cônes de centrage (236-282-1/2) dans les entrées de câble. Mettre le tube (236-282-1/3) et le flasque (236-282-1/4) et visser progressivement les 2 vis M5 pour tirer le porte-pince (5) dans sa position.

Revisser l'appui (12)

Remonter la cuve (1) en serrant progressivement les 8 vis (36)

Sortir les tiges et cônes de centrage et revisser les pinces mâles (14).

Monter et remplir la résistance électrolytique (9,10)

La placer dans la cuve à l'aide du dispositif de montage (236-281-4)

Remonter l'arbre et l'hélice (11) et la pince (8).

Remplir la cuve (1) d'huile "Dialac" jusqu'à 25 mm du bord.

Poser le couvercle (6) en faisant attention que l'arbre d'hélice (11) soit bien engagé dans le raccord (16) du moteur.

Remettre les vis (37), fixer le capot (7) et connecter les tuyaux en caoutchouc et raccords électriques.

Contrôler l'état des embouts de câble 40 P 3 et ses pinces de contact.

Nettoyer et enduire les cônes des embouts de câble d'une mince et uniforme couche de graisse silicone (Rhodorsil B 431) et remonter les câbles.


Il faut toujours engager les câbles bien dans l'axe de l'entrée de câble pour éviter d'abîmer les pinces de contact.

7. LIST OF DRAWINGS

a) The high voltage pulse generator

<u>Désignation</u>	<u>No de dessin</u>	<u>format</u>
Blindage	236.107	0
Eclateur principal M.G.	236.108	0
Eclateur connexions d'air et HT sous-ensemble	236.109	0
Eclateur electrode centrale sous-ensemble	236.110	0
Eclateur de court-circuit sous-ensemble	236.111	1
Eclateur anneau electrode détails	236.112	0
Eclateur dispositif de serrage	236.113	1
Eclateur usinage et outillage (cône 2° 10)	236.114	3
Eclateur usinage et outillage (cône 15°)	236.115	3
Eclateur entrée d'air et H.T.	236.116	1
Eclateur entrée d'air et H.T.	236.117	1
Eclateur isolant	236.118	2
Eclateur anneau	236.119	2
Eclateur anneau	236.120	2
Eclateur anneau inférieur	236.121	1
Eclateur anneau inférieur	236.122	1
Eclateur entrée d'air	236.123	4
Eclateur sortie d'air	236.124	4
Eclateur prise de blindage	236.125	4
Détails pour éclateur court-circuit	236.126	1
Détails pour éclateur court-circuit	236.127	1
Détails pour éclateur court-circuit	236.128	1
Détails pour éclateur court-circuit	236.129	1
Détails pour éclateur court-circuit	236.130	1
Détails pour éclateur court-circuit	236.131	1
Détails electrode centrale	236.132	0
Croision de réglage	236.133	2
Détails electrode (centrale) inf.	236.134	3
Blindage	236.135	0



Tubes isolants en Saphir blanc (dessin d'offre)	236.136	4
Résist. électrolytique	236.137	0
Clefs éclateur (236.138 annulé)	236.293	4
Clefs éclateur (236.138 annulé)	236.294.4	4
Pince détails pour éclateur court-circuit	236.139	3
Résist. de termin. électrolytique 10, (voir 236.169 modifié)	236.140	0
Détails pick-up	236.141	1
Résist. électrolytique : Cuve	236.142	0
Résist. électrolytique : Pot d'entrée	236.143	2
Résist. électrolytique : Corps isolant	236.144	2
Résist. électrolytique : Port-pince	236.145	3
Résist. électrolytique : Couronne de contact	236.146	3
Résist. électrolytique : Pince	236.147	3
Résist. électrolytique : Tubes	236.148	3
Résist. électrolytique : Raccord	236.149	4
Résist. électrolytique : Vis spécial	236.150	4
Résist. électrolytique : Arbre et hélice	236.151	3
Résist. électrolytique : Couvercle	236.152	2
Résist. électrolytique : Supports	236.153	3
Résist. électrolytique : Protection	236.154	2
Résist. électrolytique : Réfrigérant	236.155	3
Résist. électrolytique : Raccords	236.156	4
Résist. électrolytique : Support mobile	236.157	1
Résist. électrolytique : Pivot	236.158	4
Résist. électrolytique : prise veltrawo PW 135	236.159	4
Résist. électrolytique : raccord	236.160	4
Blindage	236.161	0
Distributeur d'eau	236.162	4
Chassis mobiles (pr. 4 résist.)	236.163	0
Eclateur de queue	236.164	0
Connexions d'air et H.T.	236.165	0
Traversée isolante	236.166	0
Prise Subner 50 	236.167	4
Capacité	236.168	3
Résistance électrolytique ligne	236.169	0

Détails diviseur de tension	236.170	1
Détails diviseur de tension	236.171	1
S. Ensemble diviseur de tension éclateur	236.172	1
Interrupteur de ligne - ensemble	236.173	0
Interrupteur isolateur de traversée	236.174	2
Interrupteur isolateur support	236.175	3
Interrupteur manteau	236.176	3
Interrupteur détails	236.177	0
Interrupteur résistance de ligne	236.178	2
Interrupteur C. d'interrupteur de ligne	236.179	1
Schéma pneumatique (sans commande électrique)	236.180	1
Plaque avant	236.181	1
Réservoir de stockage	236.182	1
Plats de distribution	236.183	2
Ensemble ossature	236.184	0
Ensemble général régulateur de pression pr. éclat.	236.185	0
Contre plaque	236.186	3
Plaque support condensateurs gauche	236.187	1
Cuve	236.188	0
Couvercle de la cuve	236.189	0
Résistance de mesure	236.190	2
Détails des connexions du divis. de tension	236.191	1
Plaque isol. et détails du divis. de tension	236.192	1
Couvercle (base de l'interr. de ligne)	236.193	1
Bâti	236.194	0
Plaque de base gauche (pr. éclateur)	236.195	1
Plaque de base droit (pr. éclateur)	236.196	1
Connexion entre adaptateur - éclateur (FG)	236.197	1
Montant pour Bâti	236.198	2
Mises à terre	236.199	0
Mise à terre des condensateurs	236.201	0
Montage cuve des condens. (gauche)	236.202	1
Pince sur bague	236.203	3
Ceinture	236.204	2
Couvercle latéral	236.205	0
Couvercle supérieur	236.206	0

Rails de contact	236.207	1
Fermeture pour couvercles	236.208	2
Pneumatique Raccord mâle NPT	236.210	4
Diviseur de tension (dans la cuve des condens.)	236.211	0
Plaque support condensateurs droite	236.212	1
Connexion : résistance-éclateur	236.213	2
Montage cuve des condens. (droite)	236.214	1
Générateur d'impulsions - ensemble (vue en plan)	236.215	0
Générateur d'impulsions - ensemble (vue de face)	236.216	0
Résist. de terminaison 10 $\Omega$ cuve	236.219	0
Résist. de terminaison 10 $\Omega$ ensemble	236.220	0
Pick-up pour diviseur de tension	236.221	1
Diviseur de tension	236.222	2
Flasque pour prise Suhner	236.223	3
Installation de vidange, générateur, Computer room	236.224	0
Réservoirs et supports	236.225	0
Bride pour prises "Suhner" 50 $\Omega$	236.226	3
Résist. électrolytique 10 $\Omega$ - support	236.227	3
Source de rayons U.V.	236.228	1
Interrupteur de ligne - amortisseur	236.280	2
Dispositif démontage résist. électro.	236.281	4
Dispositif démontage résist. électro.	236.282	1
Inductances de ligne	236.298	1

b) Assembling, dismantling and maintenance instructions

Pièces de mesure pour éclateur	236.283	4
Plaques de mesure pour éclateur	236.284	4
Dispositif de réglage pour éclateur	236.285	4
Clé no 37 pour résistance électrolytique	236.286	4
Clé no 38 pour condensateur Icor	236.287	4
Clé no 41 pour diviseur de tension	236.288	4
Entonnoir pour résistance électrolytique	236.289	4
Clé no 9	236.290	4
Clé no 18	236.291	4

Clé no 20	236.292	4
Clé no 35	236.293	4
Clé no 36	236.294	4
Clé no 38	236.295	4
Clé no 39	236.296	4
Clé no 40	236.297	4
Mesure de distance des électrodes	236.299	4
Pulse cable type 40 P.3	236.300	4
Clé no 42	236.301	4
Outil de perçage pour embout de câble	236.302	4
Gabarit de centrage	236.303	4
Outil de perçage pour embout de câble	236.304	4
Jauge	236.305	4
Jauges	236.306	4
Ebauche du cône 207.333-3A	236.307	4
Embout de câble 120 kV	236.308	3
Clé no 1	236.309	4
Clé no 2	236.310	4
Clé no 3	236.311	4
Clé no 4	236.312	4
Clé no 5	236.313	4
Clé no 6	236.314	4
Clé no 7	236.315	4
Clé no 8	236.316	4
Clé no 10	236.317	4
Clé no 11	236.318	4
Clé no 12	236.319	4
Clé no 13	236.320	4
Clé no 14	236.321	4
Clé no 15	236.322	4
Clé no 17	236.323	4
Clé no 19	236.324	4
Clé no 21	236.325	4
Clé no 22	236.326	4
Clé no 23	236.327	4
Clé no 24	236.328	4

Clé no 25	236.329	4
Clé no 26	236.330	4
Clé no 27	236.331	4
Clé no 29	236.332	4
Clé no 33	236.333	4
Clé no 34	236.334	4
Clé no 43	236.335	4
Gabarit de montage (MARX TRIGGER)	236.336	4
Clé no 32	236.337	4
Jonction de câble (1)	236.338	3
Jonction de câble (2)	236.339	3

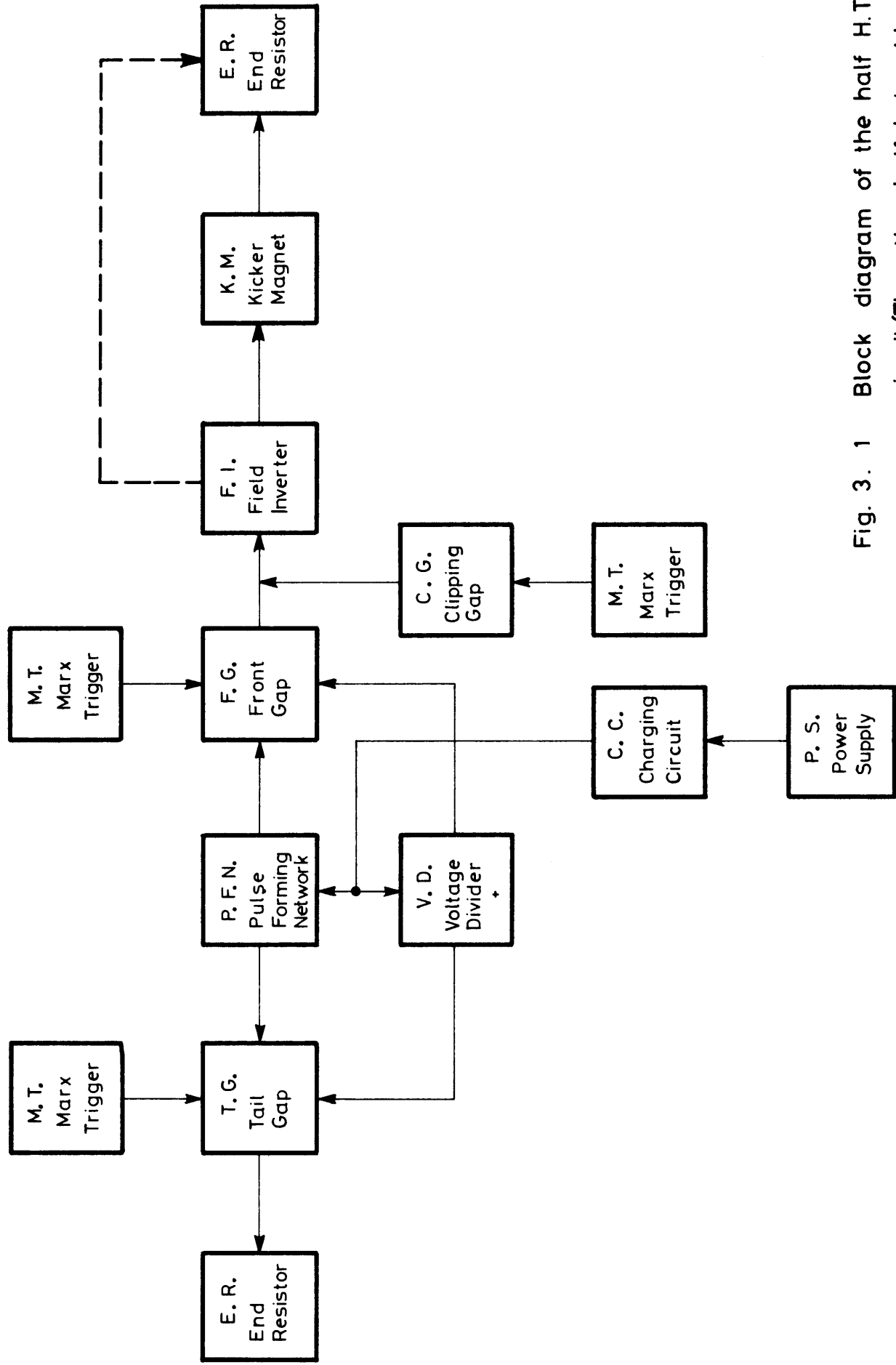
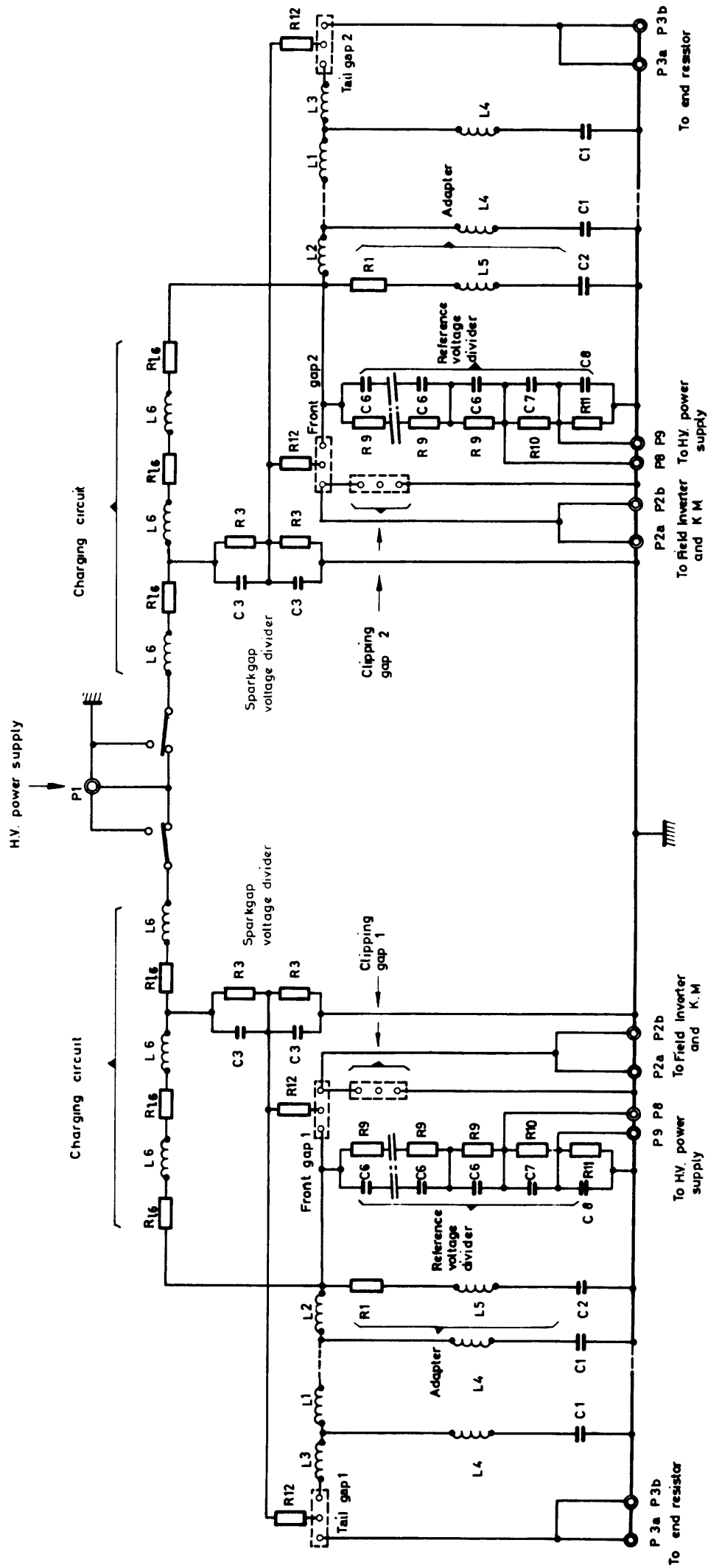


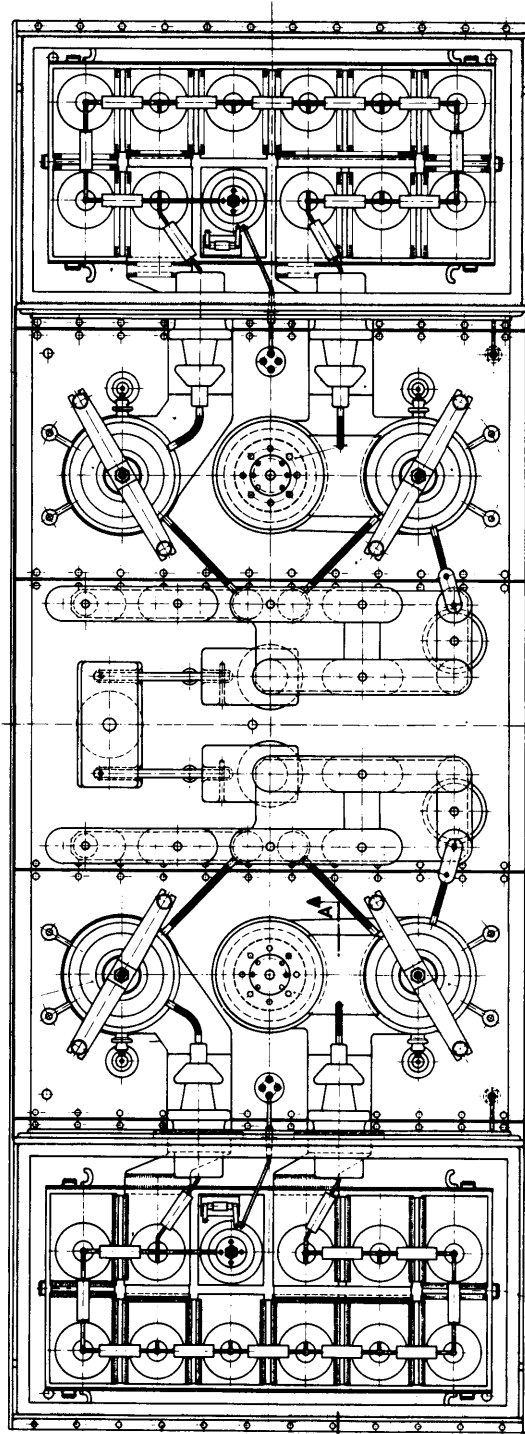
Fig. 3. 1 Block diagram of the half H.T. circuit (The other half being identical)



3.2 Simplified circuit of the H.V. pulse generator

2 10

9 2



A  
↑  
Voir dessin  
236.216.D

5

1 6 8

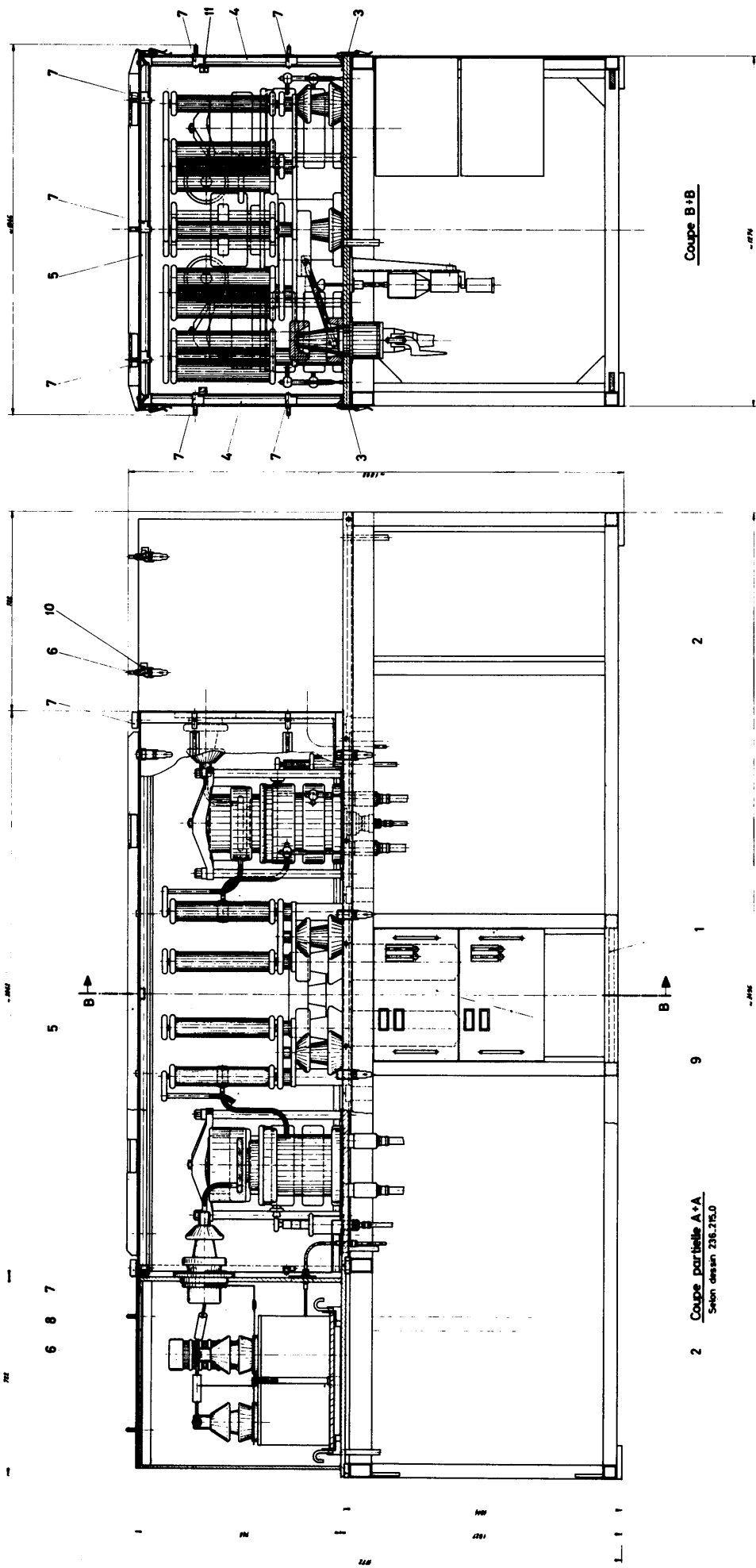
3

7 6 1

4

3.3a Assembly drawing of the H.V. pulse generator (top view)





3.3b Assembly drawing of the H.V. pulse generator (side view)

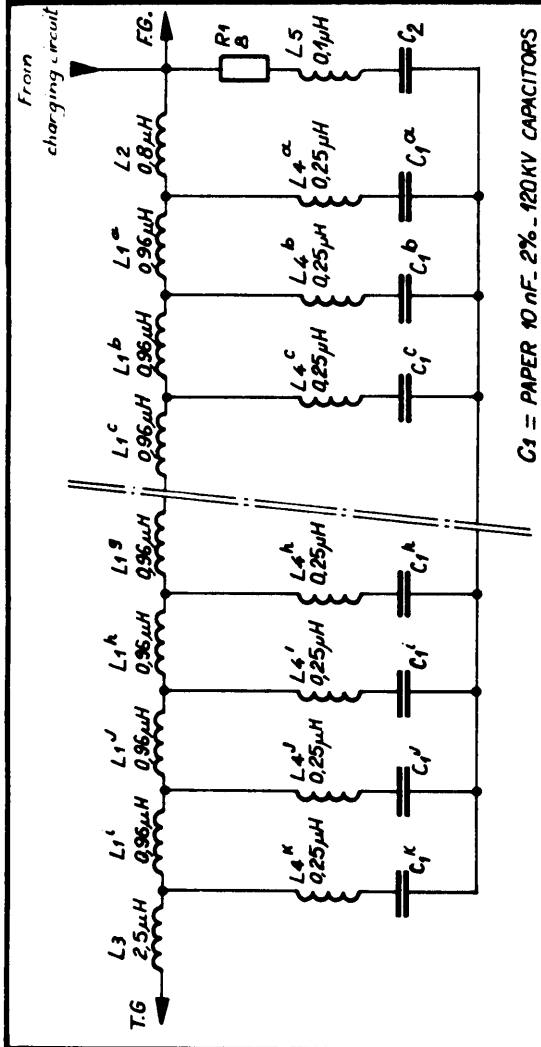


FIG. 3.4 REF. CIRCUIT

FIG. 3.5 SPARKGAP VOLTAGE DIVIDER

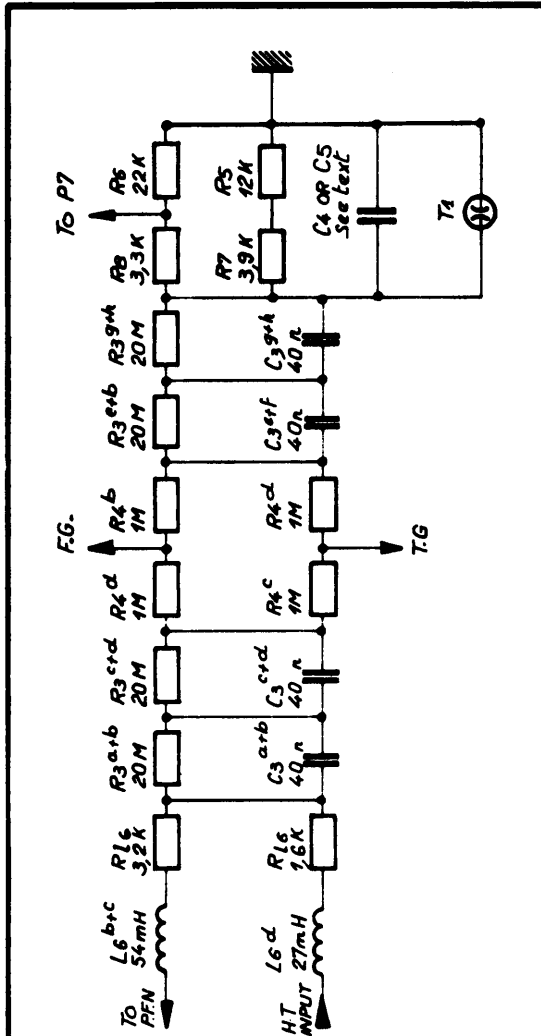


FIG. 3.7 SCHEMATIC CIRCUIT FG. OR FG. WITH CG.

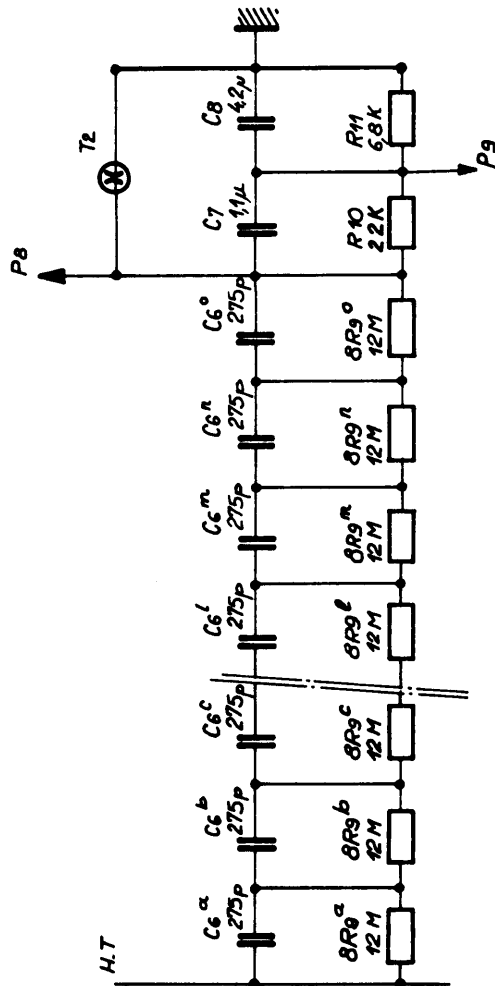


FIG. 3.6 REFERENCE VOLTAGE DIVIDER

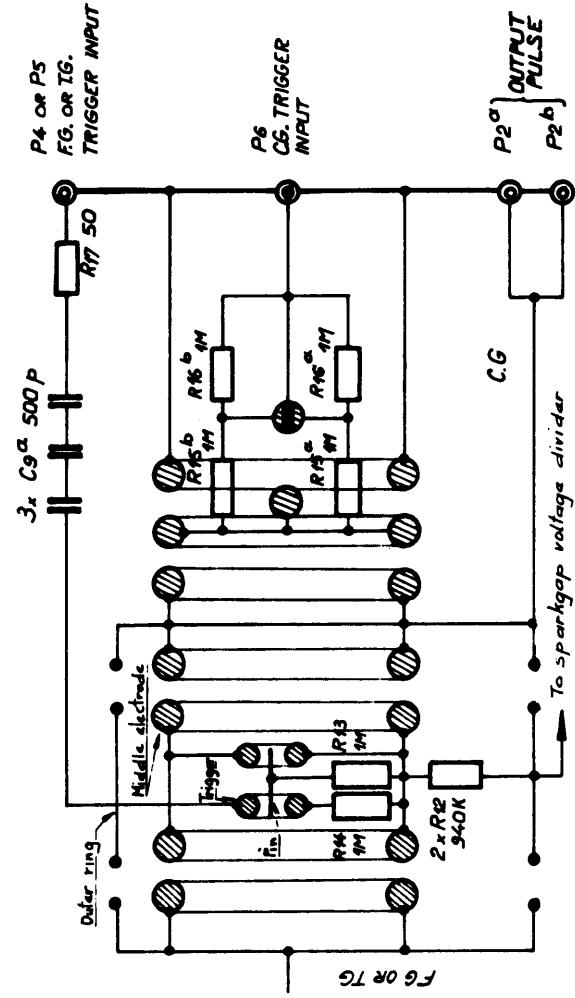
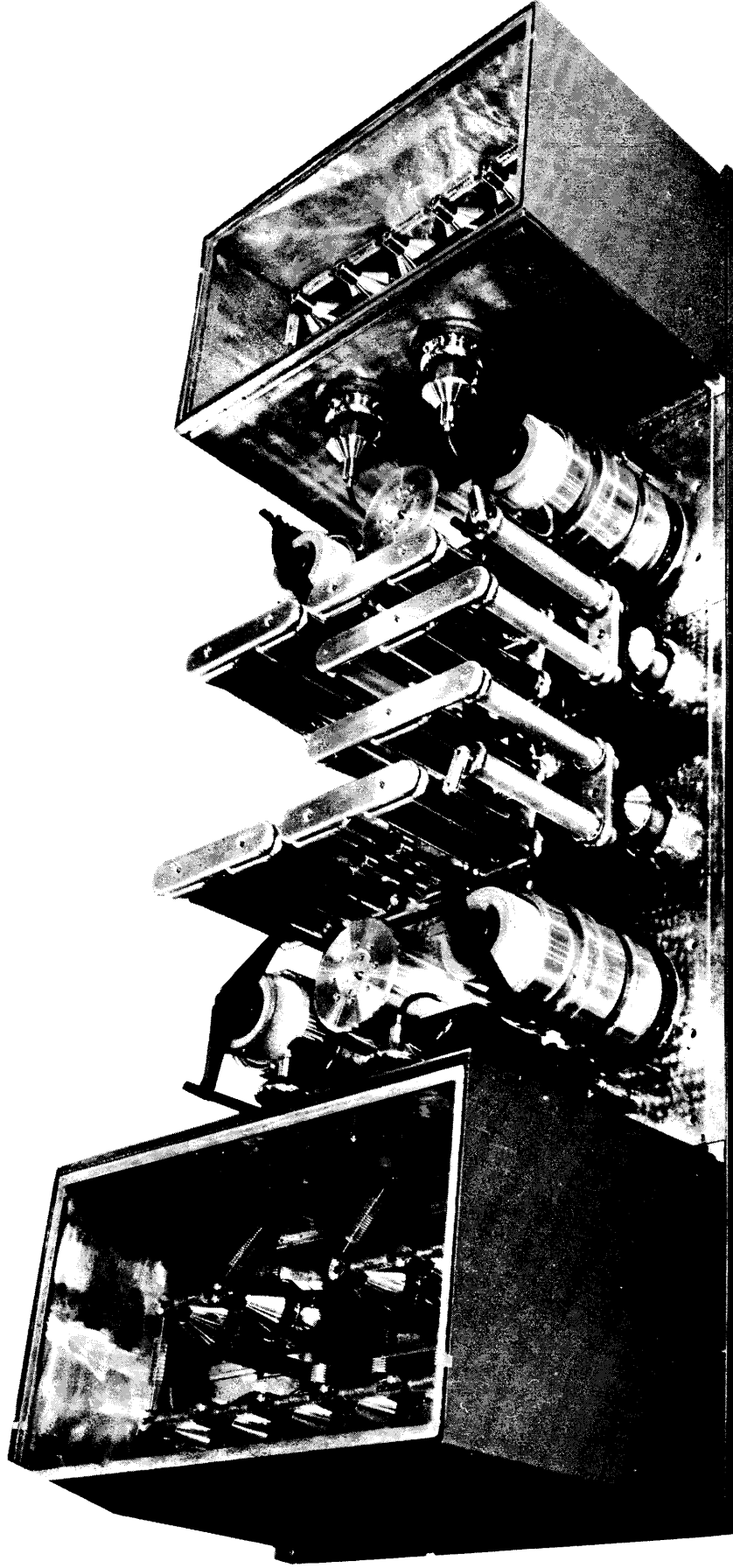


FIG. 3.7 SCHEMATIC CIRCUIT FG. OR FG. WITH CG.



3.8 Picture of the H.V. pulse generator

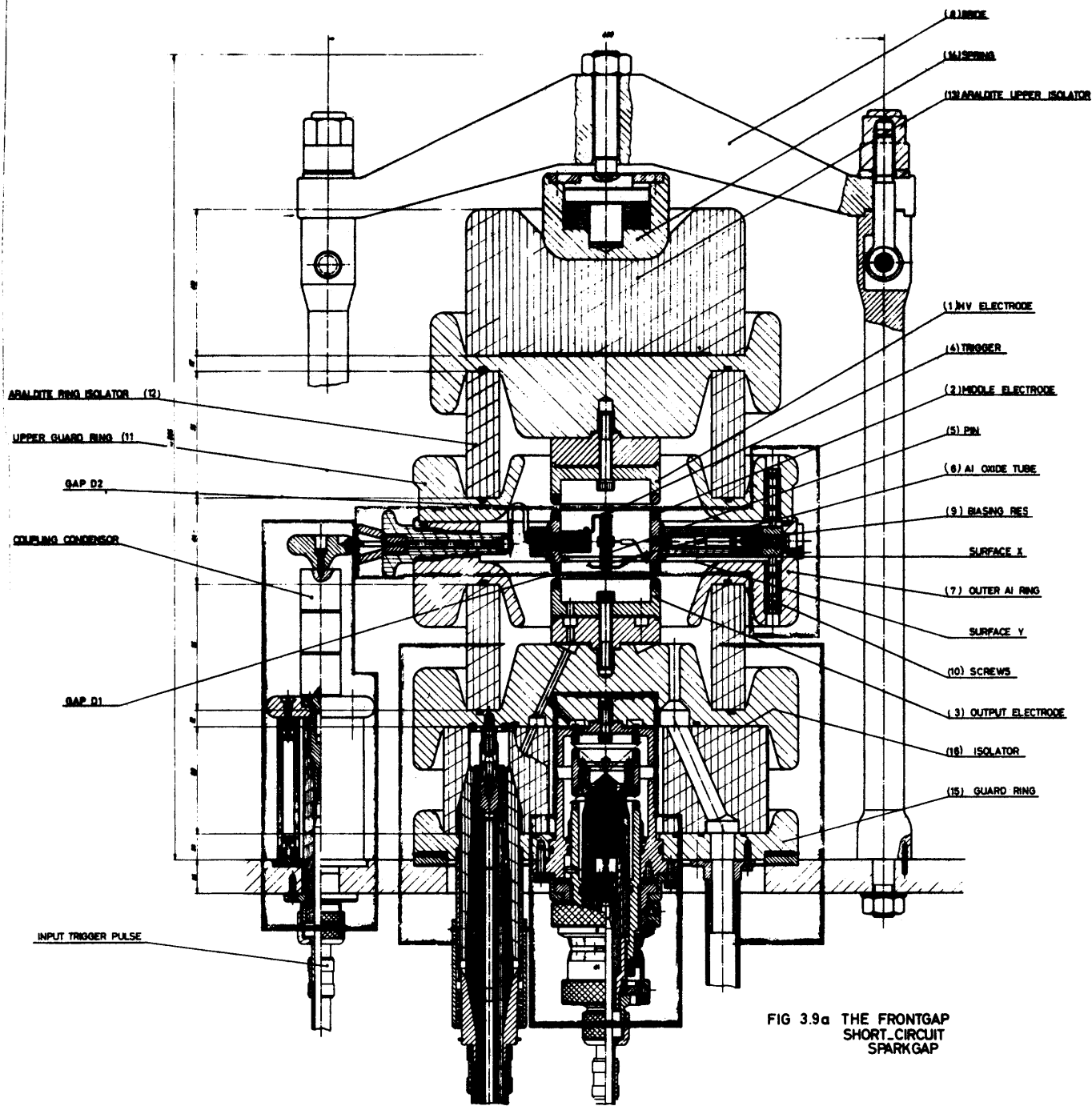


FIG 3.9a THE FRONTGAP SHORT CIRCUIT SPARKGAP

3.9a Frontgap + short circuit sparkgap

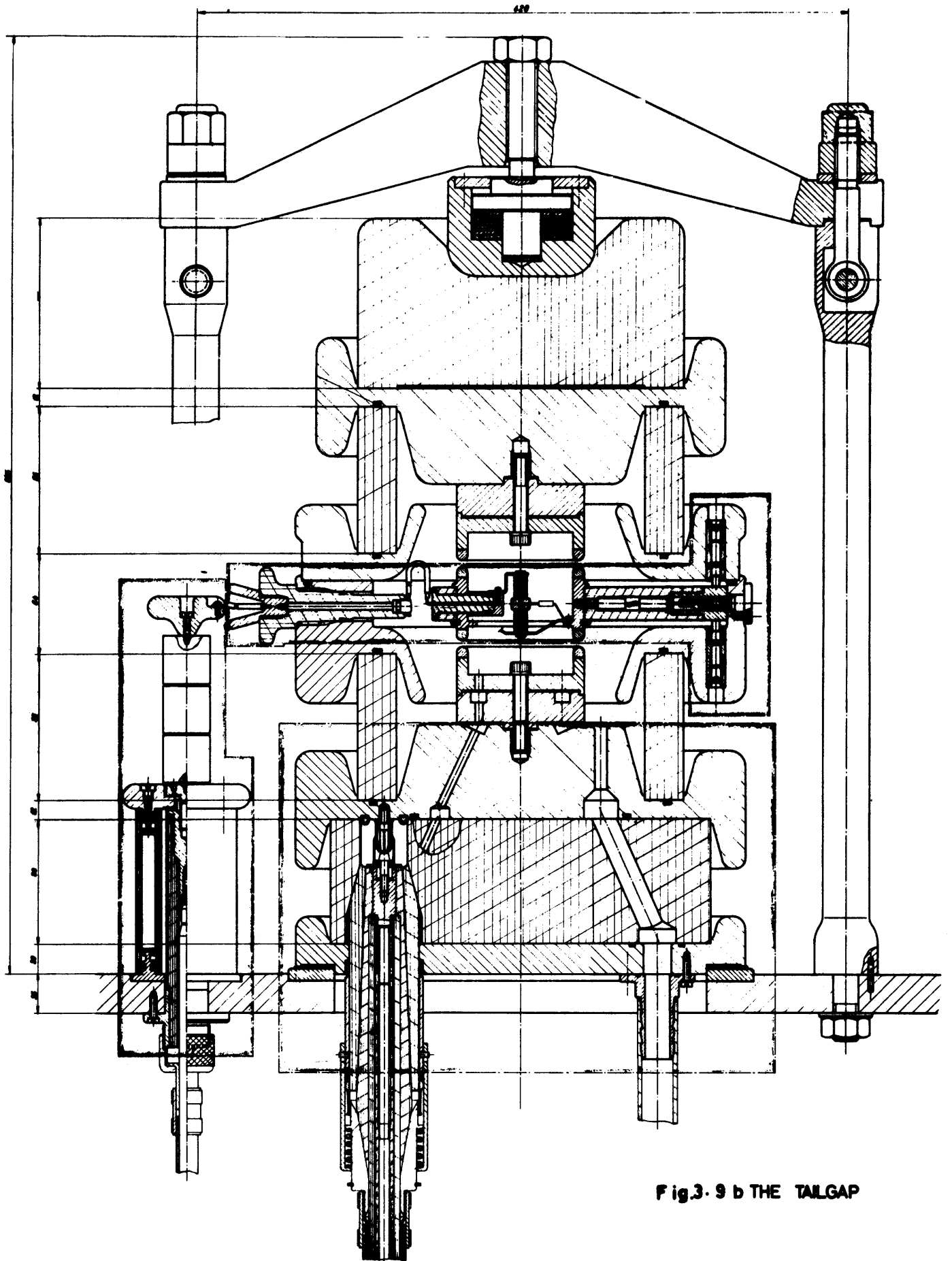


Fig.3.9 b THE TALGAP

BREAKDOWN VOLTAGE  $V_b$   
(KV)

80  
50  
40  
30  
20  
10

PRESSURE (atm. abs)

10 20 30 40

**FIG. 3.10** STATIC CHARACTERISTICS OF FRONT OR TAILGAP

- a)  $V_b$  in stable situation
- b) Working setting for line voltage
- c)  $V_b$  for new spark gap

TIME JITTER  
 $\pm$  (n. sec)

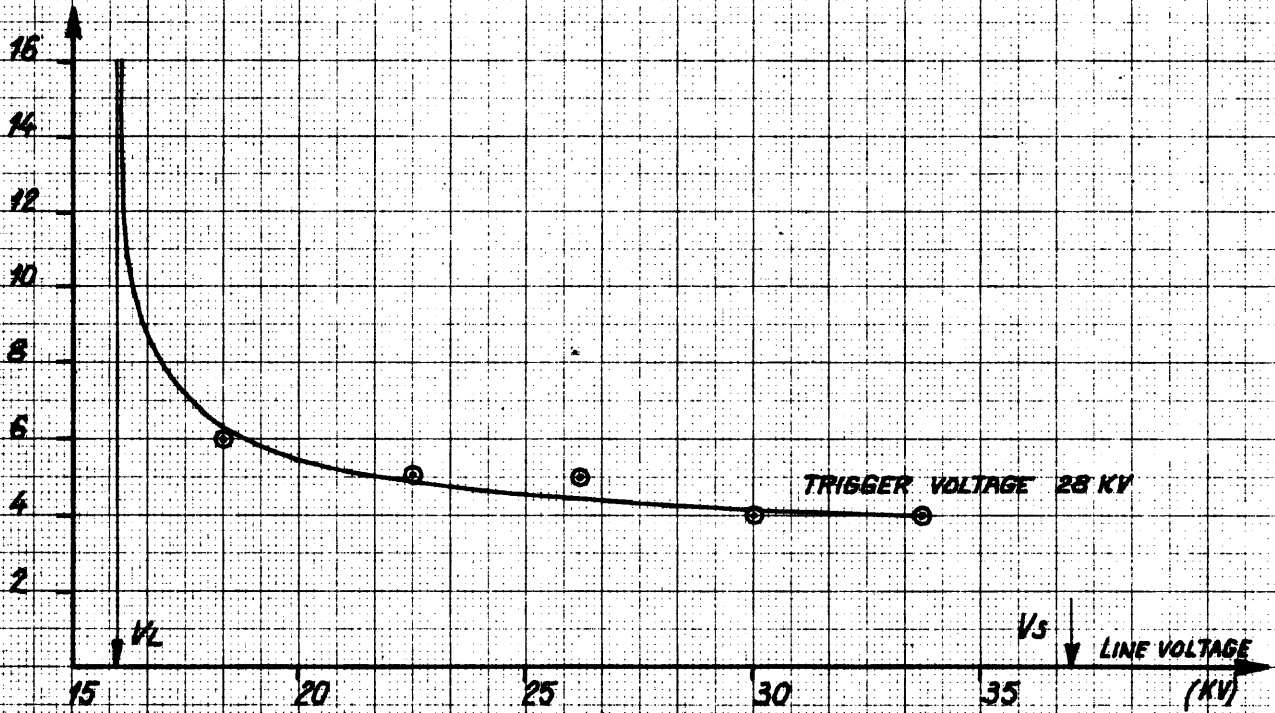
14  
12  
10  
8  
6  
4  
2

LINE VOLTAGE (KV)

30 40 50 60 70

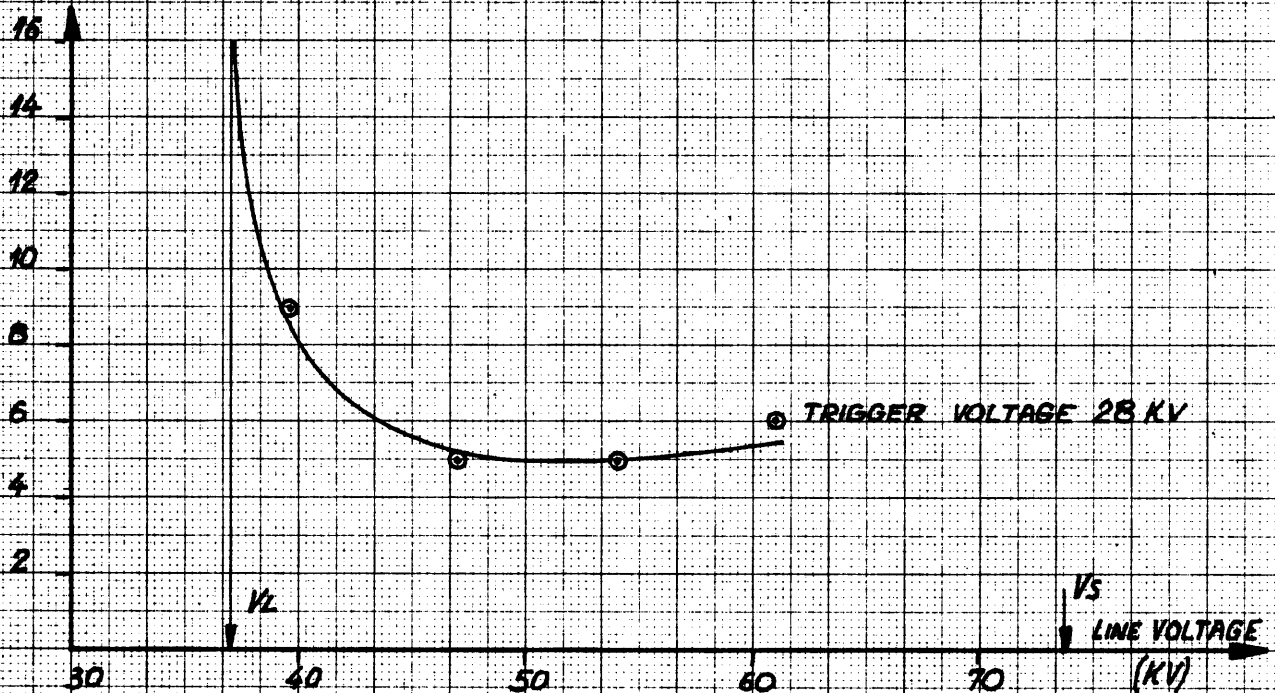
**FIG. 3.12** TIME JITTER OF FRONT OR TAILGAP AFTER 600 000 SHOTS OVER THE RANGE OF OPERATION WITH TRIGGER PULSE AMPLITUDE a) 18KV AND b) 28KV

TIME JITTER ( $\pm$  n. SEC.)

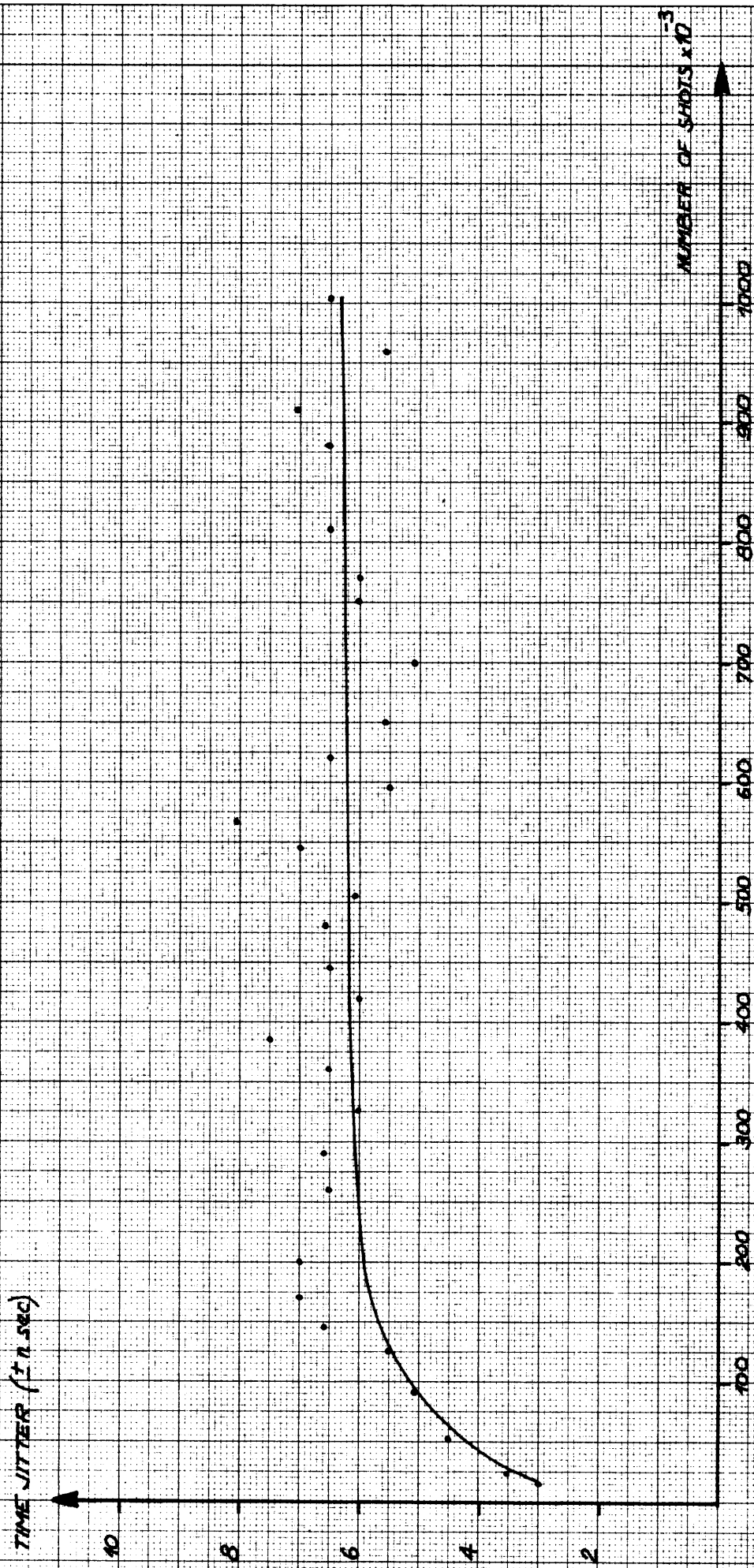


**FIG. 3.13** TIME JITTER OF FRONT OR TAILGAP AFTER 600,000 SHOTS AS A FUNCTION OF LINE VOLTAGE FOR FIXED PRESSURE  $P = 2.0$  atm abs  
 $V_L$  = LOWER FIRING LIMIT  $V_S$  = BREAKDOWN VOLTAGE

TIME JITTER ( $\pm$  n. SEC.)



**FIG. 3.14** TIME JITTER OF FRONT OR TAILGAP AFTER 600,000 SHOTS AS A FUNCTION OF LINE VOLTAGE FOR FIXED PRESSURE  $P = 4.5$  atm abs  
 $V_L$  = LOWER FIRING LIMIT  $V_S$  = BREAKDOWN VOLTAGE



**FIG. 3.15 DEVELOPMENT OF TIME JITTER OF FRONT OR TAIL GAP DURING ITS LIFE TEST - LINE VOLTAGE 55 KV, P = 4  $\mu$ m abs, TRIGGER VOLTAGE 25 KV.**



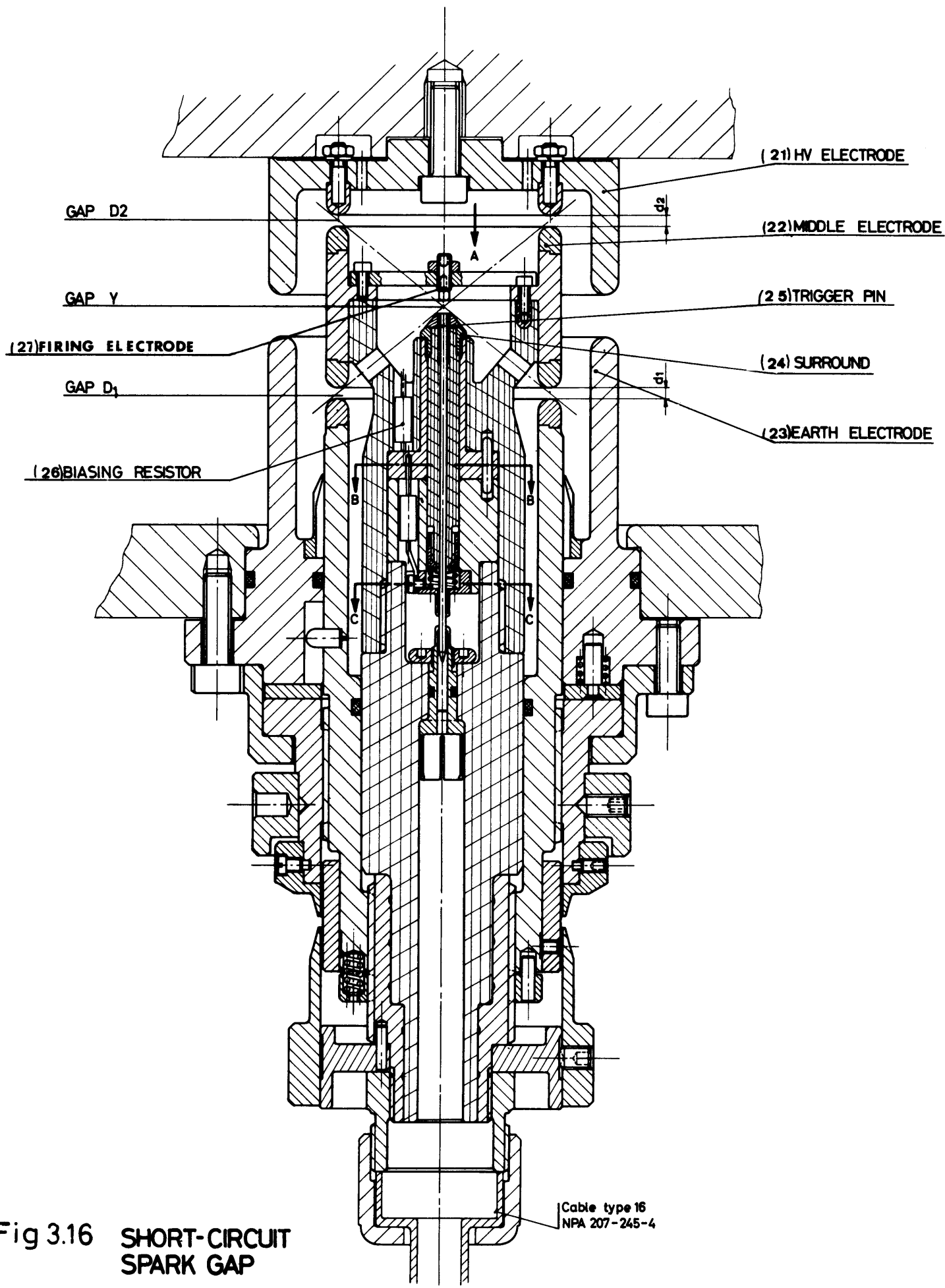
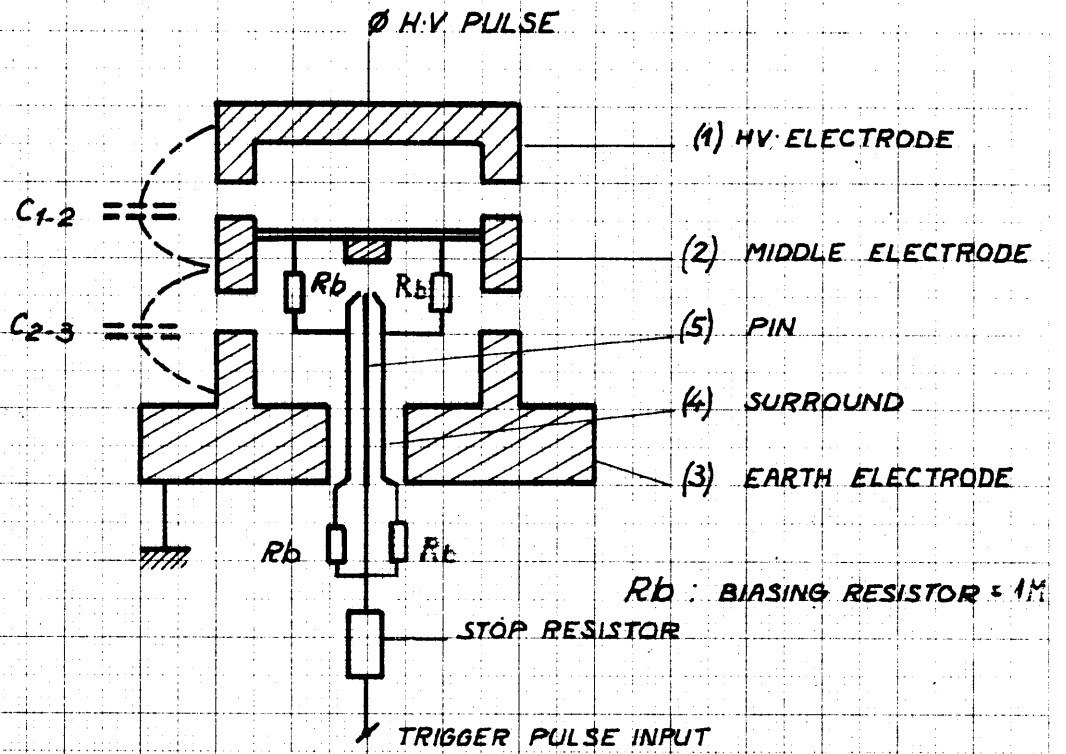
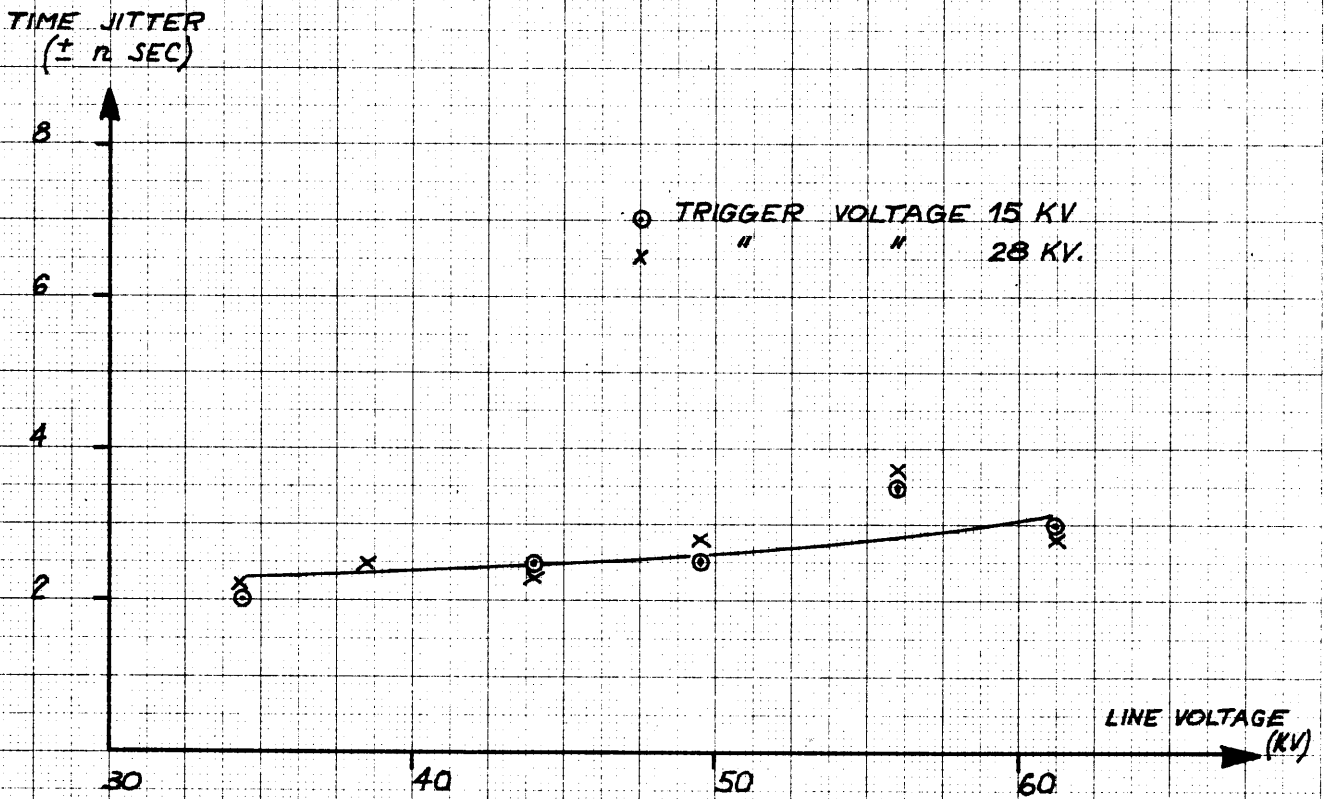


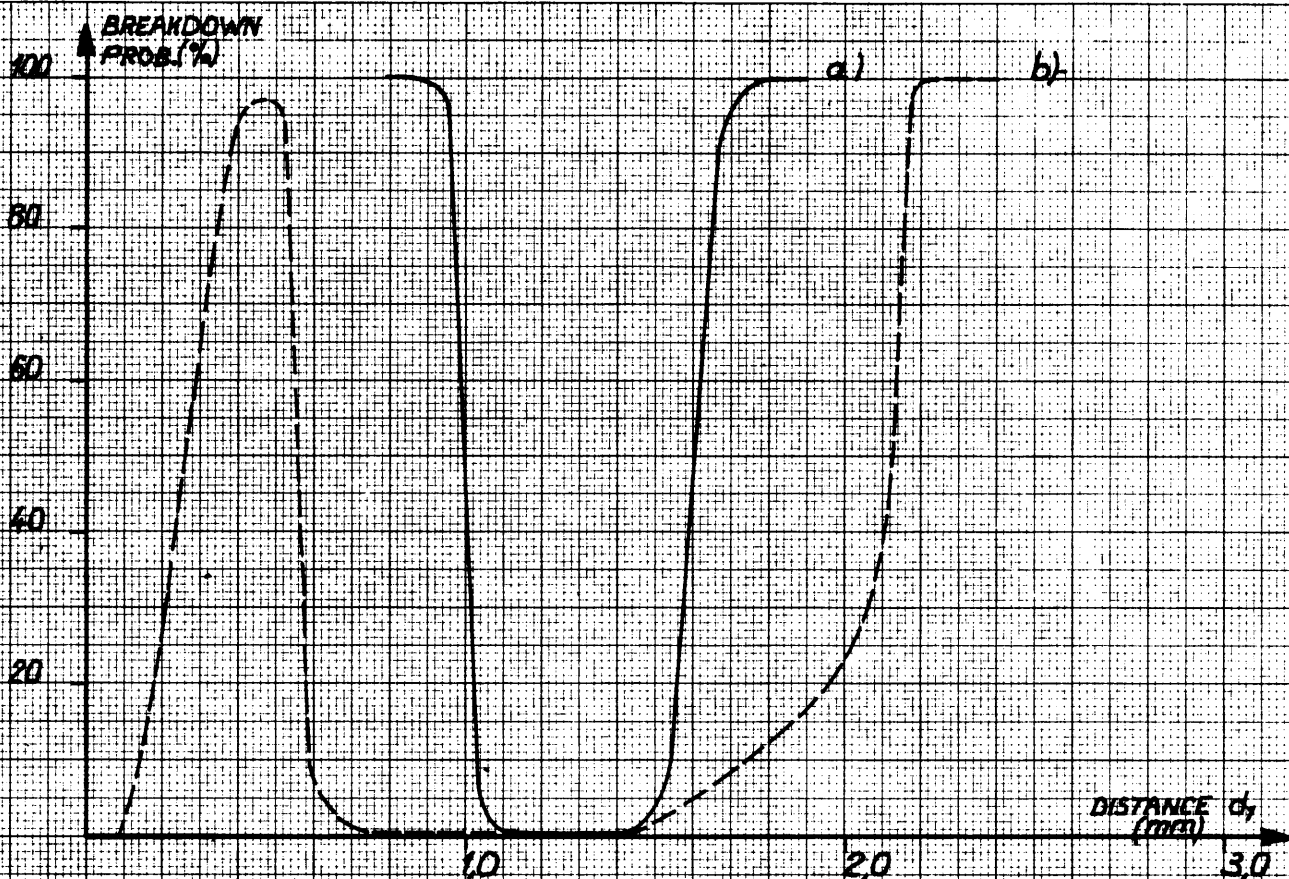
Fig 3.16 SHORT-CIRCUIT SPARK GAP



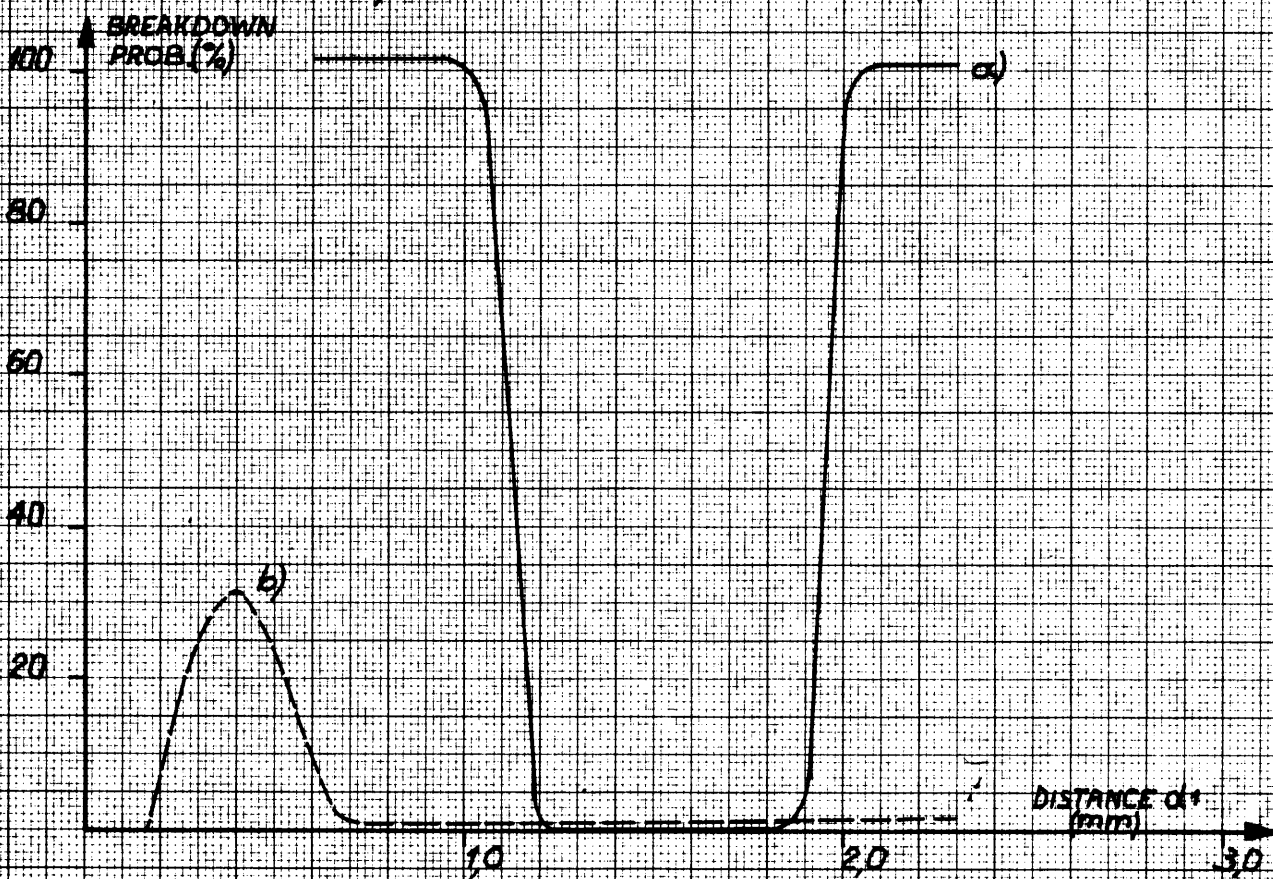
**FIG-3.17** SCHEMATIC REPRESENTATION OF THE SCSSG



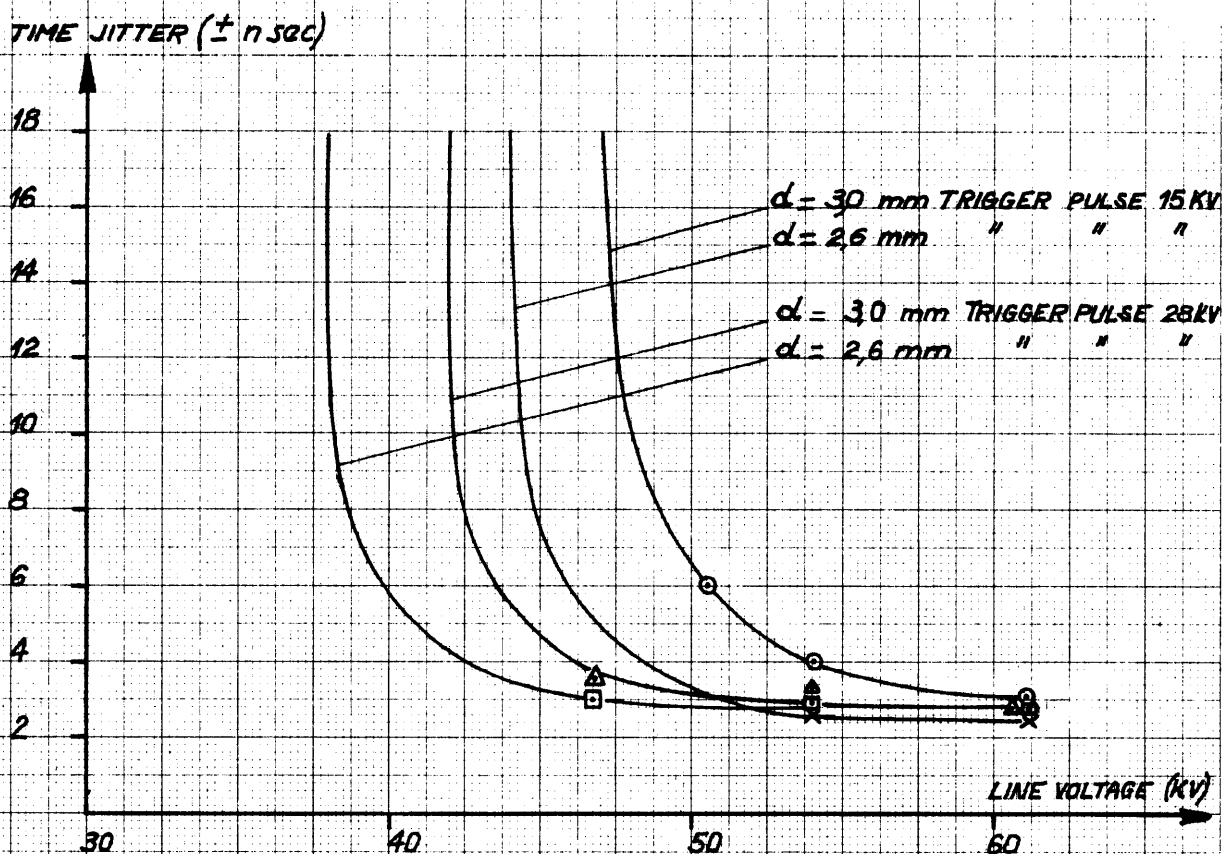
**FIG-3.18** TIME JITTER OF SCSSG AS A FUNCTION OF LINE VOLTAGE FOR PRESSURE MAINTAINED ACCORDING TO FIG2 CURVE b .  $d = 2,6mm$   $d_1 = 1,3mm$



**FIG 3.19 BREAKDOWN PROBABILITY OF SCSG WITH  $d_1+d_2 = 25$ mm AS A FUNCTION OF  $d_1$  WITH**  
 a)  $P = 45$  atm AND LINE VOLTAGE = 61 KV.  
 b)  $P = 20$  atm AND LINE VOLTAGE = 33,3 KV



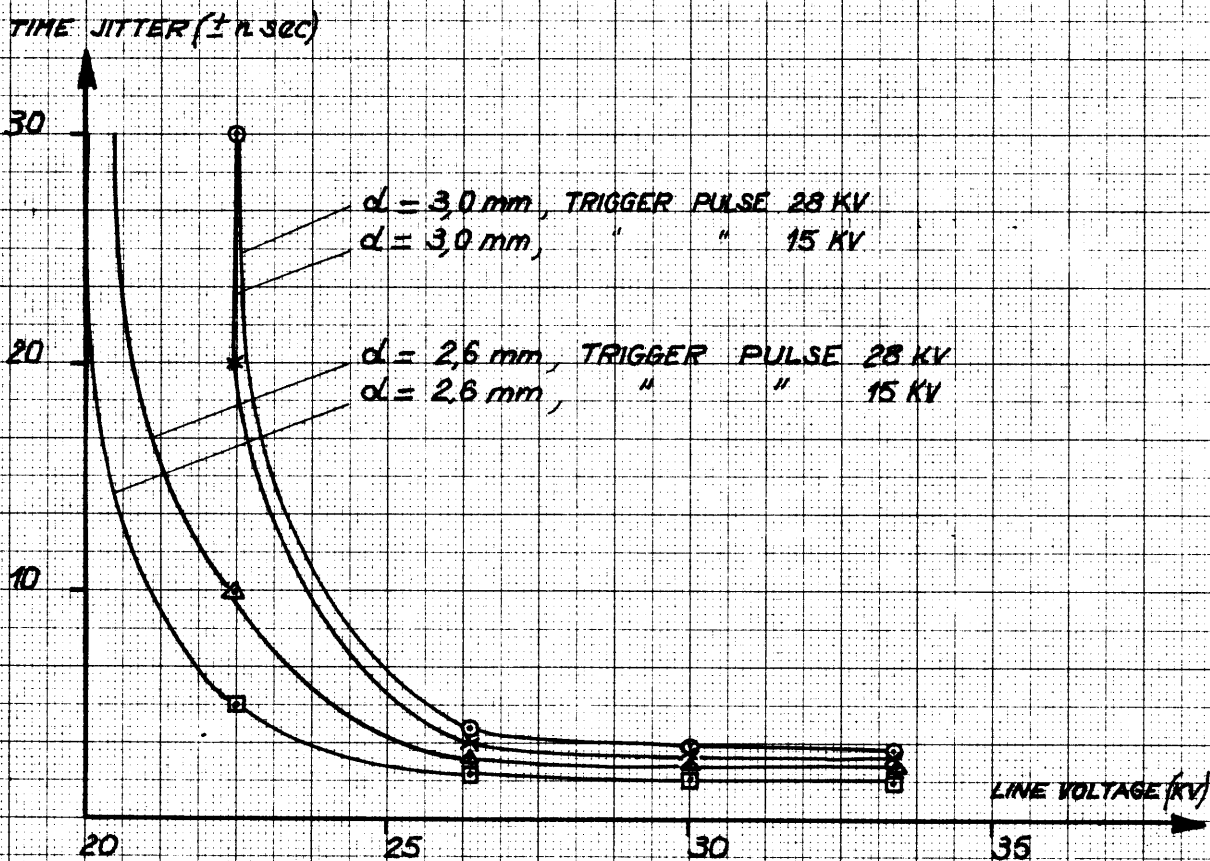
**FIG 3.20 BREAKDOWN PROBABILITY OF SCSG WITH  $d_1+d_2 = 3,0$  mm AS A FUNCTION OF  $d_1$  WITH**  
 a)  $P = 4,5$  atm abs AND LINE VOLTAGE = 61 KV  
 b)  $P = 2,0$  atm abs AND LINE VOLTAGE = 33,3 KV.



**FIG.3.21** TIME JITTER OF SC5G AS A FUNCTION OF LINE VOLTAGE WITH FIXED PRESSURE  $P = 4,5$  atm abs

For  $d = 3,0$ mm  $d_1 = 1,5$ mm

For  $d = 2,6$ mm  $d_1 = 1,3$ mm



**FIG.3.22** TIME JITTER OF SC5G AS A FUNCTION OF LINE VOLTAGE WITH FIXED PRESSURE

$P = 2,0$  atm abs

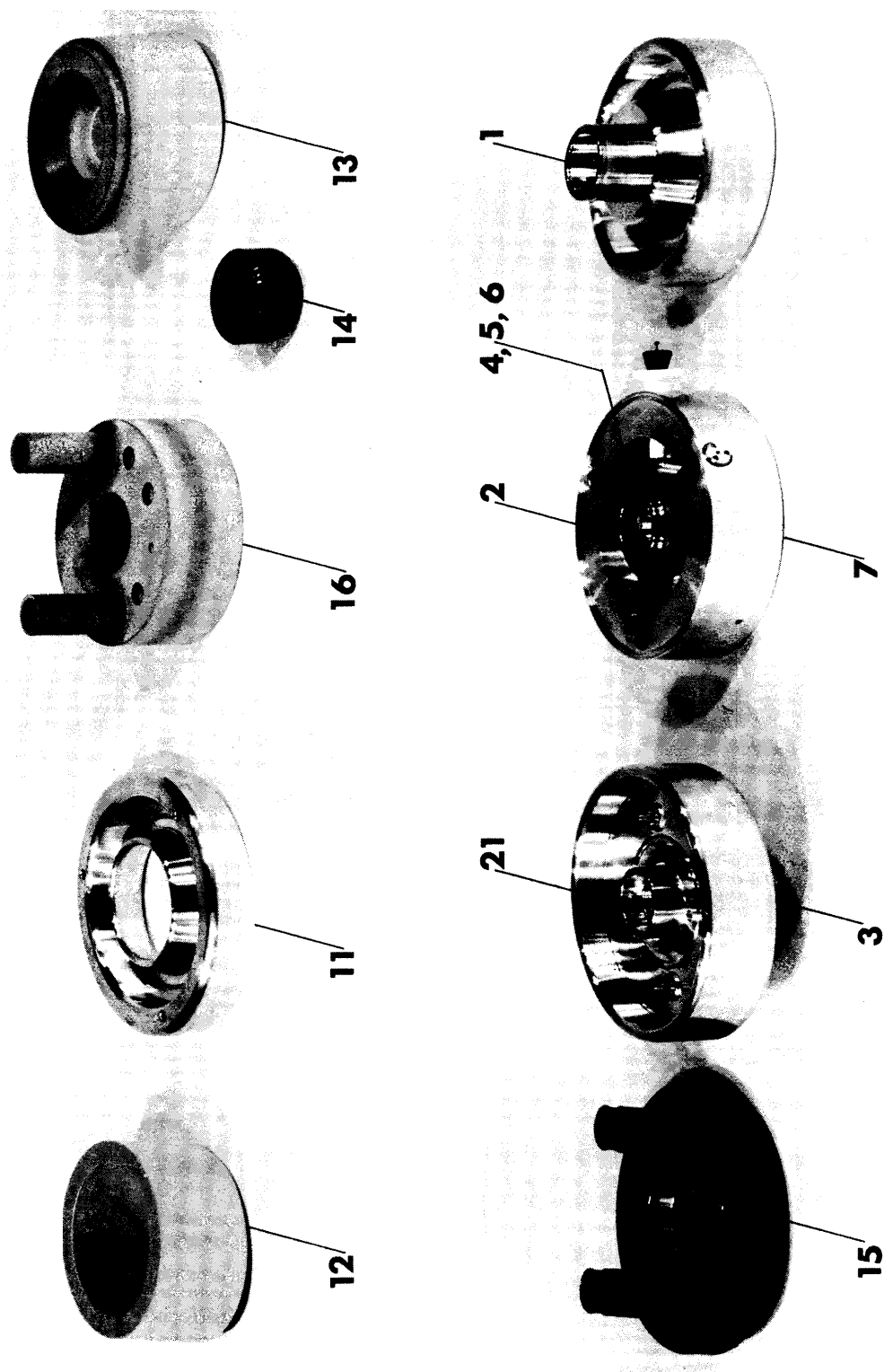
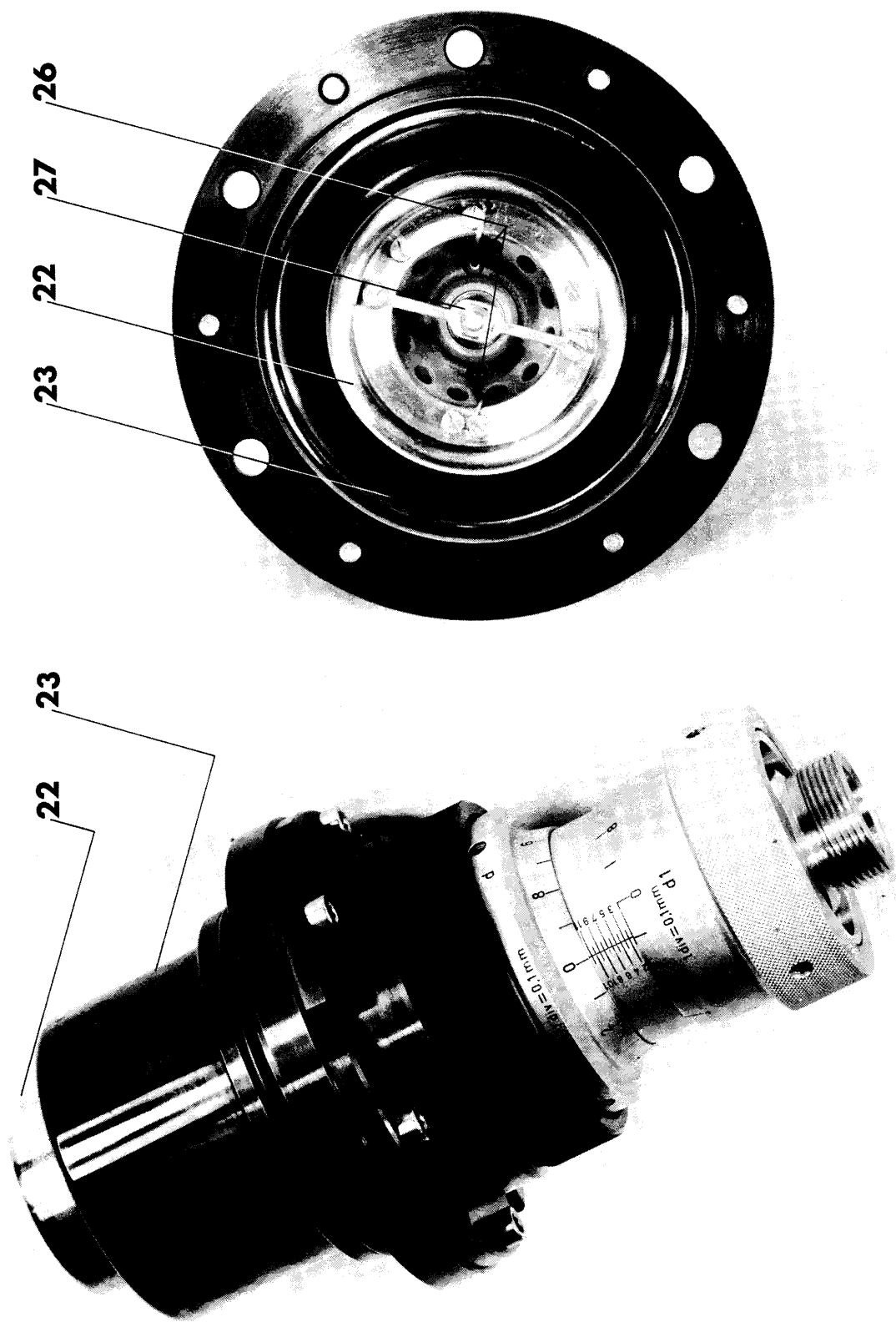


Fig. 3.23 Front and tailgaps components  
The number indicates the components on figs 3,9a and 3,9b

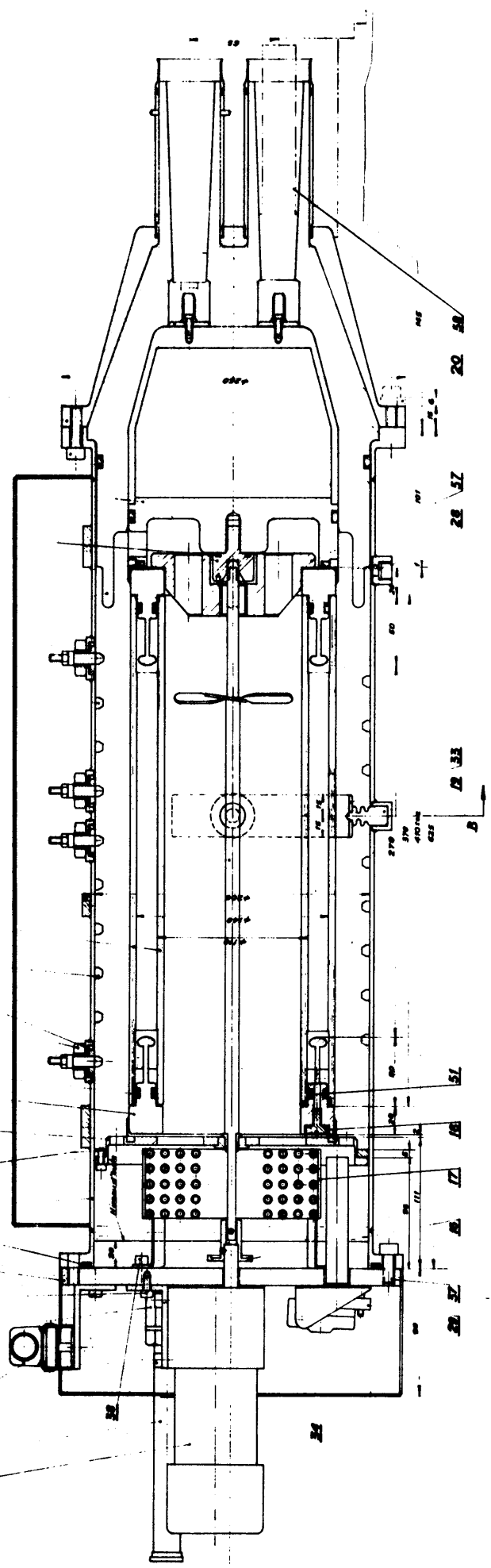


a)

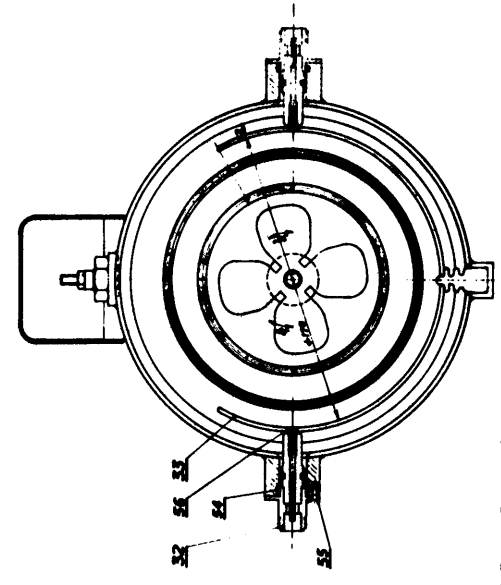
b)

Fig. 3. 24 Short-circuit sparkgaps  
 a) side view b) top view

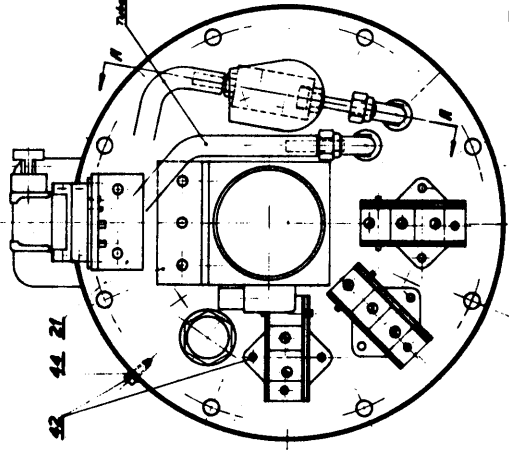
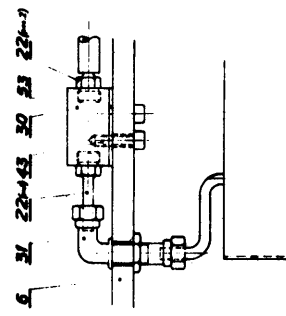
23 24 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100



Coupe: B-B



Coupe: F-F



3.25 Electrolytic resistor : assembly drawing.

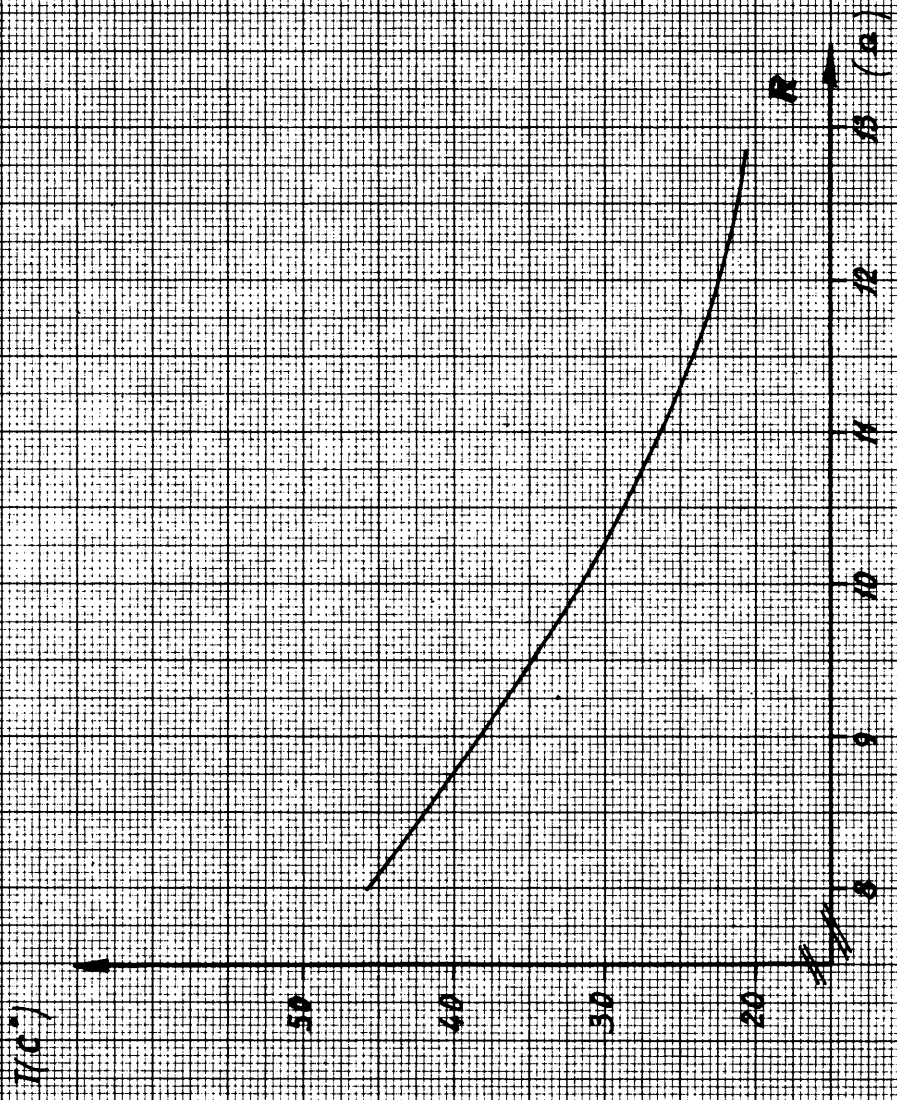
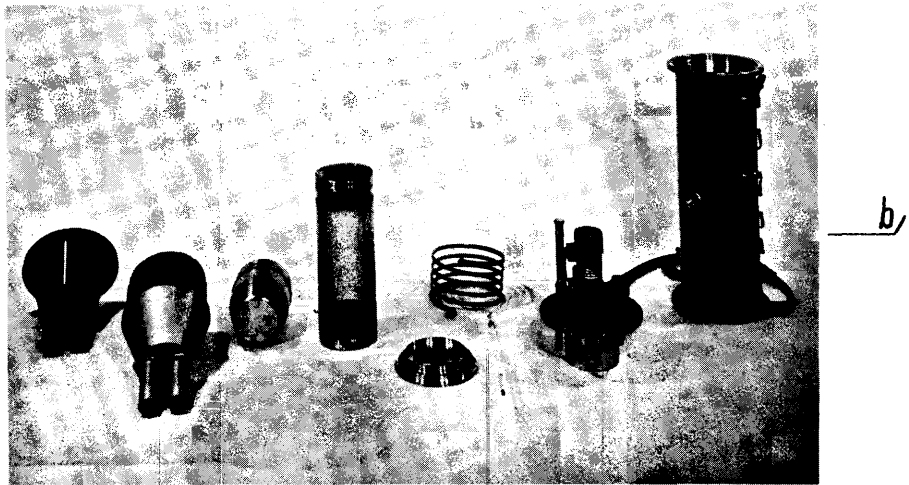
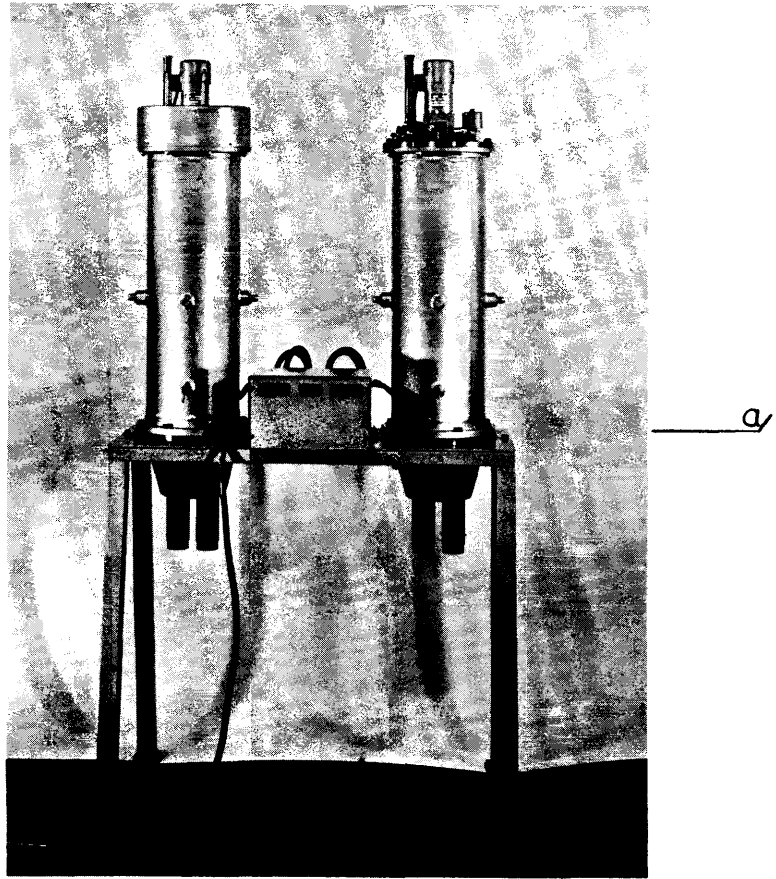
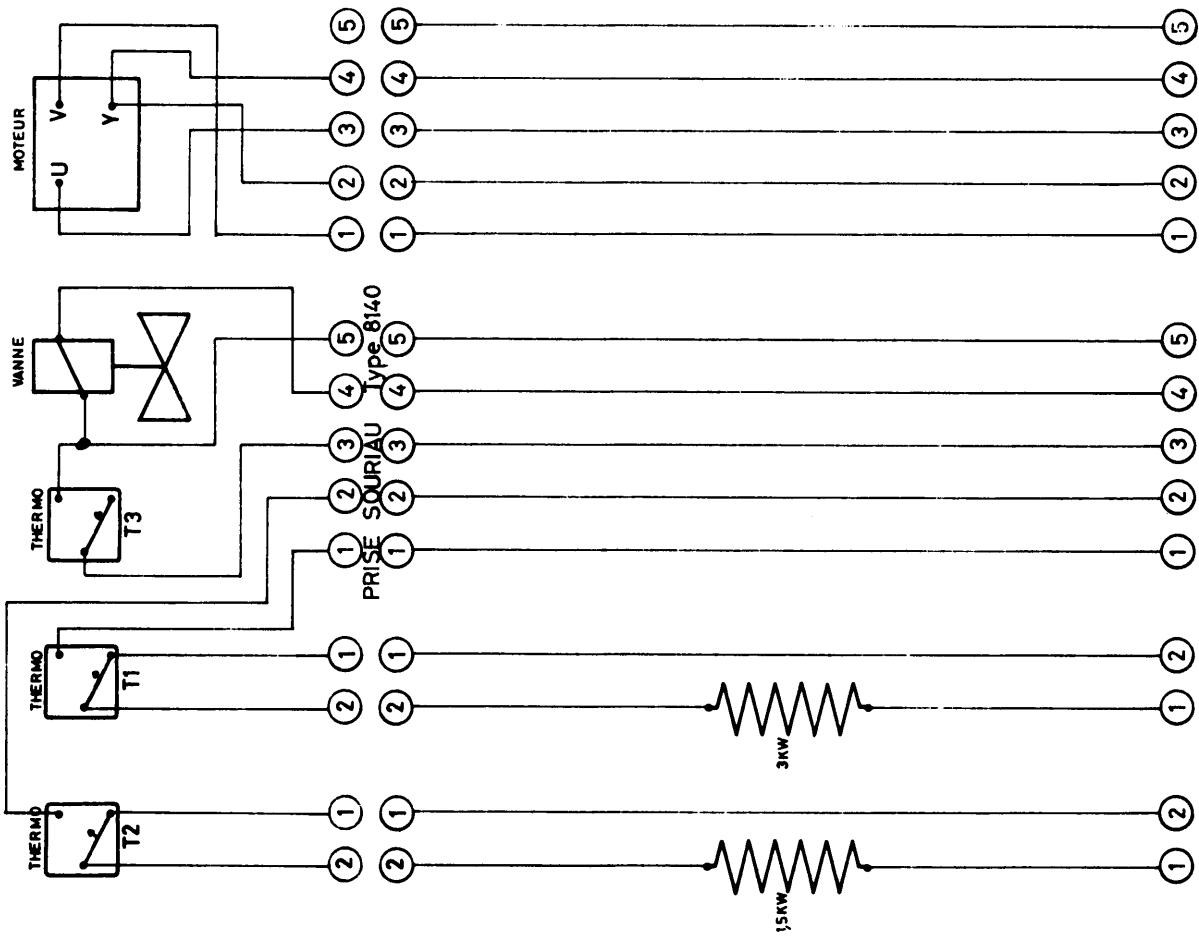


FIG 3.26 ELECTROLYTIC END RESISTOR RESISTANCE AS A FUNCTION OF TEMPERATURE



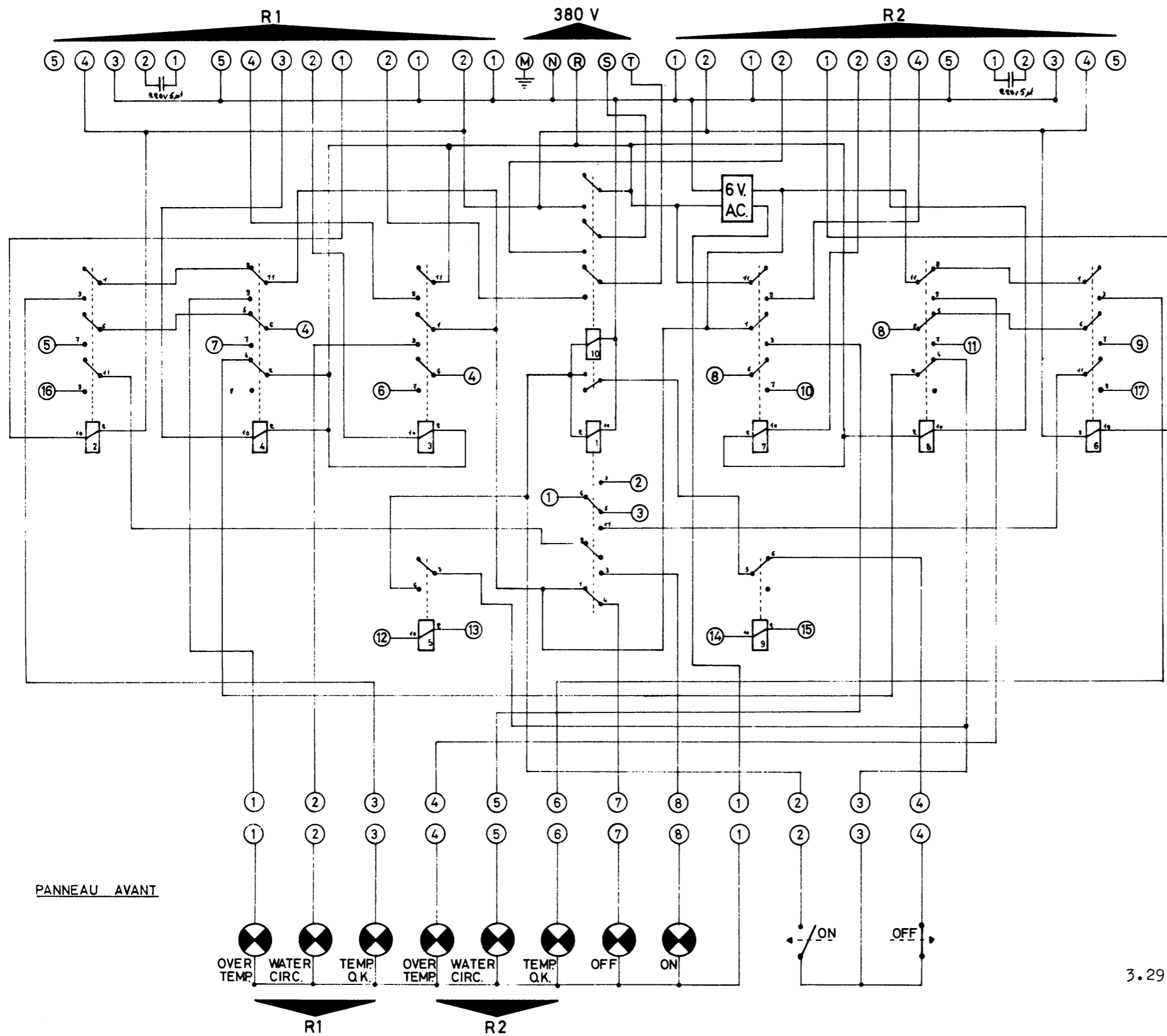


3.27 Picture of the electrolytic resistors a) ensemble, b) parts.



- |   |                     |
|---|---------------------|
| ① | Neutre              |
| ② | Phase R (15A)       |
| ③ | Neutre              |
| ④ | Phase S ou T (15A)  |
| ⑤ | Neutre              |
| ⑥ | Température O.K.    |
| ⑦ | Water Circulation   |
| ⑧ | Over Température    |
| ⑨ | Phase R Vanne d'eau |
| ⑩ | Neutre              |
| ⑪ | Condensateur Moteur |
| ⑫ | "                   |
| ⑬ | Neutre              |
| ⑭ | Phase R Moteur      |
| ⑮ | "                   |

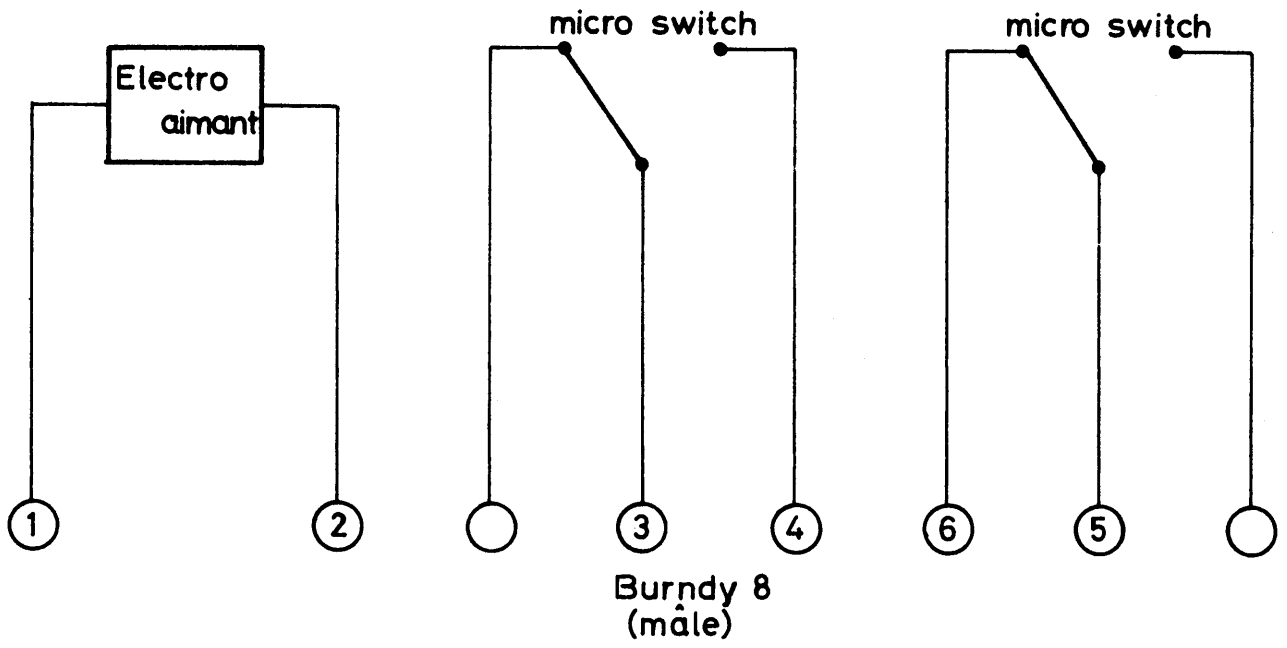
PRISE SOURIAU  
type 8140



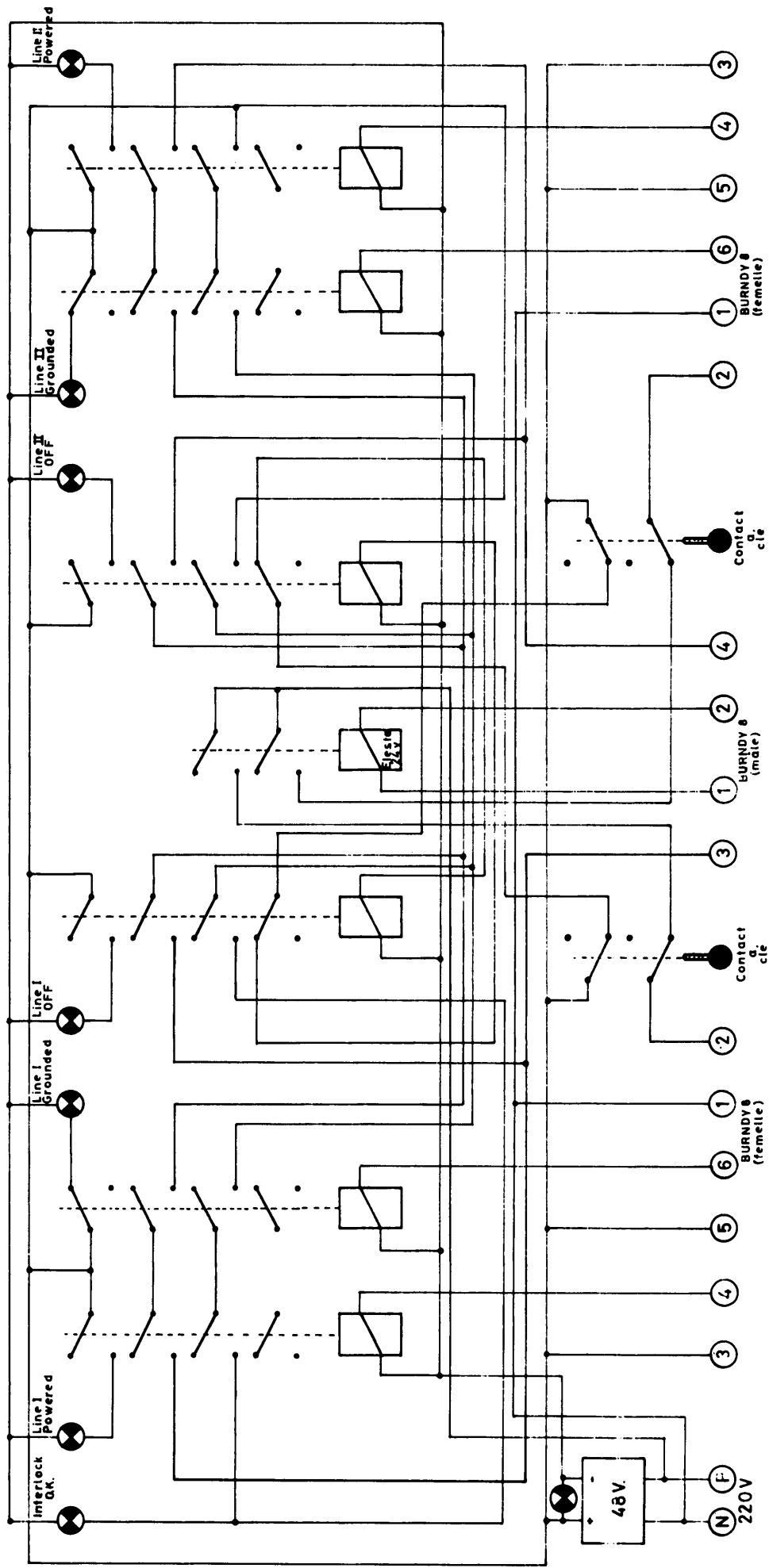
**BRANCHEMENT INTERLOCK**

- ① Centre contact ON-OFF
- ② Contact ON
- ③ " OFF
- ④ Centre contact TEMP. O.K.-WATER CIRC.-OVER TEMP. R1
- ⑤ Contact TEMP. O.K. R1
- ⑥ " WATER CIRC R1
- ⑦ " OVER TEMP R1
- ⑧ Centre contact TEMP. O.K.-WATER CIRC.-OVER TEMP R2
- ⑨ Contact TEMP. O.K. R2
- ⑩ " WATER CIRC R2
- ⑪ " OVER TEMP R2
- ⑫ Bobine relais ON
- ⑬ " " ON
- ⑭ " " OFF
- ⑮ " " OFF
- ⑯ Contact interlock HT
- ⑰ " " HT

3.29 Electrolytic resistor : control box circuit



3.30 Line selector



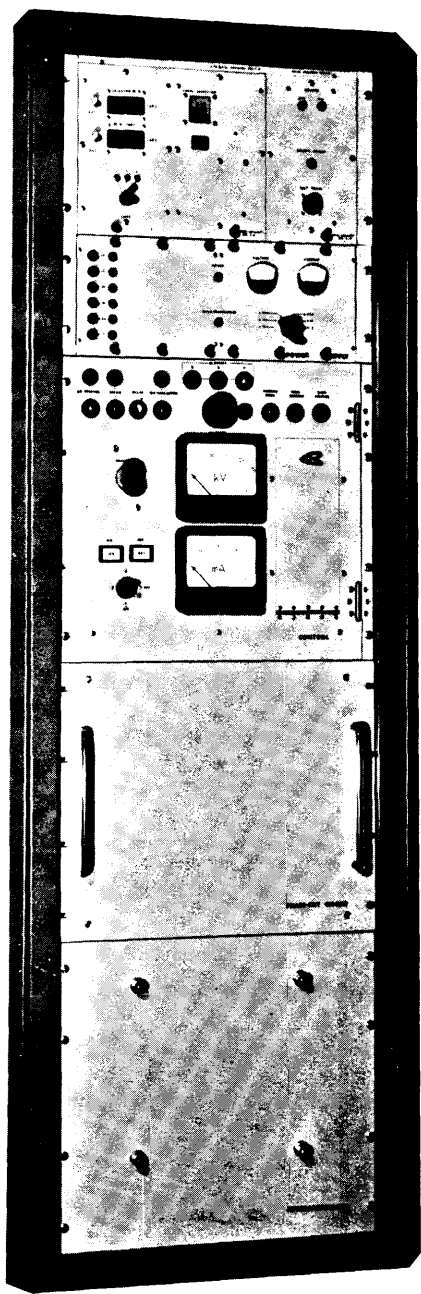
3.31 Controls of line selector

## SECTION 4 - ALIMENTATION HT 100kV A CHARGE RAPIDE

G. Paillard

### Table des matières

1. INTRODUCTION
2. MISE EN SERVICE
  - 2.1 Introduction
  - 2.2 Conditions préliminaires
  - 2.3 Choix du mode
  - 2.4 Enclenchement général
  - 2.5 Utilisation des différents modes
  - 2.6 Impulsions de commandes
  - 2.7 Arrêts
3. CARACTERISTIQUES ENTREES et SORTIES
  - 3.1 Entrées
  - 3.2 Sorties
4. DESCRIPTION FONCTIONNELLE
  - 4.1 Cuve HT
  - 4.2 Regulation
  - 4.3 Conversion digital-analogique
  - 4.4 Affichage des tensions + conversion analogique-digital
  - 4.5 Verrouillages et circuits auxiliaires
5. DESCRIPTION TECHNIQUE
  - 5.1 Cuve HT
  - 5.2 Amplificateur asservi et regulateur
  - 5.3 Conversion digital-analogique
  - 5.4 Conversion analogique-digital
  - 5.5 Circuits auxiliaires
6. REGLAGES
  - 6.1 Servo-amplificateur
  - 6.2 Circuit DAC
  - 6.3 DAC de zone
  - 6.4 Circuit ADC



RACK DE L'ALIMENTATION HAUTE-TENSION

## SECTION 4 - ALIMENTATION HT 100 KV A CHARGE RAPIDE

### 1. INTRODUCTION

Cette alimentation à charge rapide fournit, à partir du réseau triphasé 220 V, la haute tension stabilisée à 1<sup>o</sup>/o pour le nouveau dispositif d'éjection rapide, installé sous le nom d'Opération Straight Flush (OSF).

Par rapport à l'alimentation, type Früngel, utilisée dans l'ancienne éjection rapide et dont elle est dérivée, elle présente certaines améliorations importantes. Le taux de répétition de la charge a pu être abaissé à 200 ms pour 60 kV (tension nécessaire pour l'éjection à une énergie de 24 GeV). D'autre part, elle permet une programmation simple des tensions par zone et la commande à distance (MCR). De plus, on a profité de ces indispensables modifications pour introduire un affichage digital de la HT prescrite et mesurée.

Cette alimentation placée dans la "computer room" (CR) est constituée de deux parties :

- 1) un transformateur élévateur monophasé et des redresseurs en cascades, le tout dans une cuve à huile;
- 2) l'électronique de réglage et d'affichage dans l'armoire RR10. Les diviseurs H.T. de mesure se trouvent incorporés dans les lignes.

### 2. MISE EN SERVICE

#### 2.1 Introduction

L'ensemble FRUNGEL peut fonctionner selon 5 modes différents : le mode NORMAL, qui est celui d'opération, et quatre modes de test qui sont : "SERVO", "SERVO + THYRATRONS + OFF IGNITRONS", "RESISTIVE LOAD", "MANUAL".

L'ensemble est soumis à différents verrouillages et a besoin pour fonctionner d'impulsions de commandes (START, STOP).



## 2.2 Conditions préliminaires pour la mise en service

Avant toute mise en service en mode NORMAL ou MANUAL, après un arrêt d'entretien, il faut vérifier soigneusement les points suivants :

- 1) sens des phases RST du réseau ( $3 \times 220 \text{ V}/60 \text{ A}$ )
- 2) connexion entre le diviseur HT et l'entrée servo-amplificateur.  
Un défaut de connexion supprimerait l'asservissement de la HT qui tendrait à monter à 150 kV. Dans le cas de modifications sur le circuit des lignes, il faut veiller aux 2 points suivants :
  - a) le diviseur HT gradué doit toujours être connecté directement à la capacité de charge, jamais avant une éventuelle résistance de charge;
  - b) la capacité de charge ne doit jamais être inférieure à  $0,05 \mu\text{F}$ .
- 3) mise à la terre de la cuve HT.

## 2.3 Choix du mode

Le commutateur à 5 positions de choix de mode, ainsi que les poussoirs > et < et le voltmètre indiquant la position de l'autotransfo, se trouvent derrière la fenêtre du panneau CONTROL.

Le choix du mode s'effectue de la façon suivante :

- 1) vérifier que les lampes RST du panneau CONTROL sont éclairées.  
Si toutes sont éteintes, il faut enclencher le sectionneur de l'armoire de distribution générale. Si l'une d'entre elles n'éclaire pas, une phase manque ou un fusible interne est coupé.
- 2) tourner la clef sur "ON", la lampe CONTROL doit s'allumer.
- 3) choisir le mode par le commutateur à 5 positions. Le choix n'est possible (verrouillage interne) que si le contacteur principal est déclenché. (poussoir "OFF") et cette condition est indiquée par la lampe SERVO qui doit être éteinte.

## 2.4 Enclenchement général

Pour commander l'enclenchement général, on peut soit presser le poussoir "ON" du panneau CONTROL de l'ensemble FRUNGEL, soit presser le poussoir "HV ON" du panneau verrouillage général au MCR.

Selon le mode choisi, l'appareillage est alors prêt à fonctionner :

- soit instantanément pour les modes SERVO et MANUAL,
- soit après un délai de cinq minutes (chauffage thyatron) pour les autres modes (ce délai pourra être by-passé, si l'on juge la température des thyatrons suffisante. Dans ce cas, presser le poussoir BY-PASS DELAY derrière la fenêtre du panneau CONTROL).

Après l'enclenchement général, la signalisation du panneau CONTROL est la suivante :

MODE	LAMPE NORMAL MODE	LAMPE ABNORM MODE	LAMPE DELAY		LAMPE HV THYRATRON		LAMPE HV READY
			A l'enclenchement	Après 5 min.	A l'enclenchement	Après 5 min.	
NORMAL	oui	non	oui	non	non	oui	oui, après 5 minutes
SERVO	non	oui	non	non	non	non	non
SERVO + THYRATRON + OFF IGNITRON	non	oui	oui	non	non	oui	non
RESISTIVE LOAD	non	oui	oui	non	non	oui	oui, après 5 minutes
MANUAL	non	oui	non	non	non	non	oui

NOTE : La lampe HV indique qu'il est possible mais pas obligatoire que la HT soit présente à la sortie.

Pour obtenir le fonctionnement du dispositif d'éjection rapide, il suffit :

- 1) en mode NORMAL:
  - d'enclencher au MCR
  - a) sur le panneau de verrouillage général : le contrôle des zones nécessaires;
  - b) sur l'ensemble PROGRAMMING ET TIMING, les tensions et les impulsions START-STOP des zones.

2) en MANUAL:

de régler la HT en pressant les poussoirs > , < .

Après l'enclenchement général et dès que les impulsions START-STOP et les contrôles de zones seront enclenchés les signalisations suivantes seront présentes sur l'armoire RR 10 :

- 1) chaque lampe de zone ( tiroir ADC ) clignote au rythme de ses propres impulsions START-STOP;
- 2) les lampes OFF et ON ( tiroir SERVO ) clignotent au rythme des impulsions START-STOP de toutes les zones;
- 3) les "NIXIE" SELECTED VOLTAGE ( tiroir ADC ) indiquent la tension de référence de la zone choisie par le commutateur de zone ( tiroir ADC );
- 4) les "NIXIE" VOLTAGE LINE ( tiroir ADC ) indiquent ( mais seulement 5 minutes après l'enclenchement général et en mode NORMAL ou éventuellement MANUAL ) la tension sur les lignes, pour la zone choisie par le commutateur de zone ( tiroir ADC ).

## 2.5 Utilisation des différents modes

Le mode NORMAL désigne l'opération en HT asservie. Cette opération nécessite l'emploi des tensions de référence et des impulsions START-STOP.

Les tensions de références sont données :

- i) soit localement ( poussoir "LOCAL ON" éclairé, mais seulement visible après l'enclenchement général ). Dans ce cas, les trois zones auront la même tension de référence;
- ii) soit à distance ( poussoir "LOCAL ON" éteint, après enclenchement général ). Dans ce cas, la tension des trois zones dépend de la position des trois groupes de commutateurs digitaux du MCR ( PRESELECTION "HV" de AREA A,B,C ).

Dans les deux cas i) et ii), les nombres inscrits sur les commutateurs digitaux indiquent la valeur en kV de la HT prescrite.

Il faut vérifier après l'enclenchement général sur quelle position ( LOCAL ou à distance ) est le contrôle de référence. Sinon, on pourrait

avoir une valeur de HT différente de celle que l'on a choisie. A noter que la HT résiduelle est de 10 kV pour une référence égale à zéro.

Le mode SERVO est un mode de test pour le servo-amplificateur, les DAC et les ADC qui seuls sont alimentés.

Le mode SERVO + THYRATRONS + OFF IGNITRONS est une position qui permet de tester le servo-amplificateur, les DAC, les ADC et les thyratrons.

Le mode RESISTIVE LOAD est une position de test où tous les circuits sont en fonction, sauf la cuve HT qui est déconnectée et remplacée par une charge résistive.

Le mode MANUAL est une position de test ou d'opération. Dans ce cas les thyratrons ne fonctionnent pas, les ignitrons sont court-circuités et l'enclenchement général ne peut se faire que si la position de l'autotransfo a été au préalable ramenée à zéro (voltmètre et poussoir  $<$ ).

Le réglage de la HT se fait par l'autotransfo [poussoir ( $>$ ,  $<$ )]. La valeur de la HT et du courant se liront sur les deux instruments du panneau CONTROL. Mais on peut lire aussi la valeur de la HT par l'ADC "VOLTAGE LINE" du tiroir ADC. Pour cela il faudra des impulsions de STOP pour le moment de la lecture.

## 2.6 Impulsions de commande

En mode NORMAL, il faut que l'impulsion STOP soit proche du moment d'éjection, car toute impulsion STOP arrête la charge et alors les lignes commencent à se décharger à travers les différents diviseurs. Quant à l'impulsion START, elle doit venir suffisamment tôt avant l'impulsion STOP pour permettre aux lignes de se charger à la valeur de HT sélectionnée.

Dans l'OSF, la temporisation a été fixée aux valeurs suivantes :

START = 300 ms avant l'éjection, soit 100 PREPULSES M

STOP = 6 ms avant l'éjection, soit 2 PREPULSES M.

Dans le cas de test, il est possible de rapprocher l'impulsion START de l'impulsion STOP. Il faut alors tenir compte de la valeur de HT choisie et de la capacité de charge.

Voici quelques valeurs d'intervalles minimums qu'il est possible d'utiliser en fonction de la HT et pour une capacité de charge de 0,2  $\mu$ F (correspondant à celle des deux lignes utilisées actuellement) :

H.T.	Intervalles minimums START-STOP
30 kV	70 ms
40 kV	100 ms
50 kV	150 ms
60 kV	200 ms

## 2.7 Arrêts

Il faut distinguer deux sortes d'arrêt : l'arrêt de charge et l'arrêt général.

### Arrêt de charge

- 1) l'arrêt de la charge HT peut se faire en NORMAL pour une ou plusieurs zones. Il s'effectue en déclenchant le contrôle de zone correspondant (MCR);
- 2) l'arrêt de la charge HT en MANUAL s'effectue en pressant le poussoir  $\leftarrow$ , de façon à ramener à zéro la position de l'autotransfo, indiquée par le voltmètre situé derrière la fenêtre du panneau CONTROL de l'ensemble FRUNGEL.

### Arrêt général

Il s'effectue :

- 1) soit depuis le panneau CONTROL de l'ensemble FRUNGEL en pressant le poussoir "OFF" ou le gros bouton rouge EMERGENCY;
- 2) soit depuis le panneau de verrouillage général au MCR en pressant le poussoir "HV OFF".

Il faut préciser qu'en NORMAL ou MANUAL et en dehors des cas d'urgence, il est recommandé de ne provoquer l'arrêt général que lorsque les lignes sont déchargées (10 kV), sinon la décharge se fait par le contacteur de court-circuit de la cuve (usure). Pour cela, il faut : (i) en NORMAL, couper d'abord tous les contrôles de zone (MCR), laisser décharger, puis arrêter; (ii) en MANUAL, ramener l'autotransfo à zéro, laisser décharger, puis arrêter.

3.1 CARACTERISTIQUES des ENTREES et SORTIES

3.1 Entrées

Désignation et destination	Origine	Caractéristique	Remarques
1. Alimentation BT	Réseau triphasé	220V/60A	La phase T alimente le circuit de contrôle et les thyratrons. La phase R le reste. La phase S n'est pas utilisée.
2. Impulsions de commande (Start-Stop)	Timing à travers le verrouillage général		
3. Servo amplificateur	Diviseur HT 1*) Sortie 1	12V = 80kV R = 27k $\Omega$	Ne rien brancher en parallèle
4. ADC	Diviseur HT 1*) Sortie 2	2,5V, sur charge capacitive 2,5nF	Même remarque que 3
5. DAC	Tension digitale de référence (MCR programming)	Codées BCD 60mA/digit sous 24V	
6. Relais de verrouillage	Verrouillage de zone et verrouillage général	+24V/12mA	Isolé de la masse commune

\*) Pour les caractéristiques des diviseurs, voir section 3.3.3

### 3.2 Sorties

Haute tension

-----

Haute tension asservie maximum = 80 kV

" " " minimum = 20 kV

Puissance = 3 charges par seconde à 80 kV pour une capacité de charge de 0,2  $\mu$ F, soit 1920 W.

Temps de charge (pour 0,2  $\mu$ F) :

30 kV = 50 ms

40 kV = 100 ms

50 kV = 150 ms

60 kV = 200 ms

Stabilité de la HT pour variation du réseau de  $\pm 20$  V =  $\pm 1^{\circ}/o$ .

Linéarité en fonction de la tension de référence (de 20 kV à 60 kV)  
=  $\pm 1^{\circ}/o$ .

La sortie HT se fait sur la cuve HT par un connecteur spécial FRUNGEL.

Trains d'impulsions pour la mesure de la HT

-----

1 train d'impulsions par zone pour chacun des trois compteurs "HV"  
(AREA A, B et C) du MCR.

Définition = 1 impulsion = 0,1 kV

Amplitude + 4 V sous 50  $\Omega$

Largeur de l'impulsion = 300 ns

Espace entre deux impulsions = 300 ns

Fréquence  $\approx$  1,6 MHz

Sorties sur BNC 50  $\Omega$

Sortie digitale de la tension de référence :

-----

Elles est destinée à la référence de la pression d'air des éclateurs

Chaque digit nécessite 20 mA sous 24 V.

Sortie diviseur HT haute impédance

Destinée au système de verrouillage général. 2,5 V pour 80 kV.

Résistance de sortie = 100 k $\Omega$

Sortie sur BNC 50  $\Omega$  .

4. DESCRIPTION FONCTIONNELLE

4.1 Fonctionnement des différentes parties

Le bloc diagramme 312 005 donne une vue d'ensemble du fonctionnement de cette alimentation H.T., que l'on peut diviser en cinq parties ou sous-ensembles :

4.1 Cuve H.T. (transfo + redresseurs)

4.2 Régulateur + ampli asservi

4.3 Conversion digital-analogique (D.A.C.)

4.4 Affichages des tensions + conversion analogique-digital

4.5 Verrouillages et circuits auxiliaires.

Dans la première partie de ce chapitre, on s'efforcera d'expliquer le rôle des différents sous-ensembles; dans la deuxième partie, on analysera, en détail lorsque nécessaire, les circuits de ces sous-ensembles.

4.1 Cuve HT

La cuve H.T. est composée d'un transformateur élévateur monophasé et de redresseurs montés en multiplicateurs de tension, le tout plongé dans l'huile.

Le transformateur reçoit la tension réglée à travers un autotransfo réglable. Le montage quadrupleur de tension délivre une HT stabilisée et réglée, normalement comprise entre 30 et 80 kV. L'accroissement de tension de sortie n'a lieu que pour une alternance de tension sur deux, quant A est positif par rapport à B; pendant l'autre alternance, les condensateurs C1 et C3 se chargent.

Si l'autotransfo est alimenté par 220 V et que son curseur se trouve à 250 V, la HT à la sortie serait de 150 kV.



## 4.2 Régulation

Le circuit de régulation se compose d'un amplificateur terminé par des thyratrons qui commandent deux ignitrons montés en tête-bêche. Ceux-ci sont placés en série, entre le réseau alternatif 220 V, phase R et l'autotransformateur. En variant le moment d'enclenchement des ignitrons au cours des alternances, on varie la tension appliquée à l'autotransformateur et on contrôle de la sorte la HT de sortie.

Le système réalisé ici présente deux caractéristiques :

- 1) l'élément régulateur n'est pas contrôlable de façon continue, puisqu'il s'agit d'ignitrons, pour lesquels seul le moment d'enclenchement peut être varié, le déclenchement ne pouvant avoir lieu qu'à un passage par zéro de la tension alternative appliquée à l'espace cathode-anode.
- 2) la caractéristique d'asservissement n'est pas linéaire, ceci pour réaliser deux objectifs a) une charge rapide au début du processus, b) une tension de sortie toujours identique, une fois la référence fixée, et stable à 1<sup>0</sup>/o près. On obtient ces résultats en donnant des valeurs différentes aux parties de tension réglée : grands au début de la charge, ils deviennent de plus en plus petits à partir d'un certain seuil.

Le fonctionnement de la régulation ressort du diagramme 312 008.

Le servo-amplificateur possède un 1er étage à 2 entrées; l'une reçoit la tension de référence d'une des zones à travers une porte OU, tandis que l'autre entrée reçoit un signal proportionnel à la HT des lignes (diviseur). La sortie du 1er étage délivre une tension de signe opposé qui est inversement proportionnelle à la différence des signaux d'entrée, si cette différence est inférieure à un facteur K. K est un facteur fixé par un réglage du 1er étage. On applique la sortie du 1er étage à l'une des entrées du 2ème étage dont l'autre entrée reçoit un signal en dent de scie délivré par une base de temps synchronisée par la même phase du réseau que celle qui alimente l'autotransformateur (phase R). A chaque alternance correspond un signal en dent de scie (100 Hz).

Le deuxième étage délivre des impulsions rectangulaires, dont la fin est fixe et coïncide avec le passage par zéro de l'alternance de tension de la phase R, et dont le début est variable et correspond au moment où le signal de la base de temps devient égal ou supérieur à la tension continue de sortie du premier étage. On fixe le début de l'impulsion rectangulaire entre deux valeurs extrêmes  $t_1$  et  $t_2$  de l'alternance  $t \approx \frac{\pi}{3}$  correspondant à REFERENCE  $\gg$  diviseur et  $t_2 \approx \frac{9}{10} \pi$  correspondant à REFERENCE  $\cong$  diviseur (temps correspondant à la charge nécessaire pour compenser la décharge dans les diviseurs de lignes).

Ces impulsions rectangulaires sont différenciées, puis mises en forme par un monostable (= one-shot). On a donc, à la sortie de celui-ci, une impulsion à chaque alternance de la phase R à un moment qui est fonction de la différence "référence - diviseur". Pour commander les thyratrons, il est nécessaire de transformer ce train unique en 2 trains correspondant aux alternances positives et négatives de la phase R. La sélection est réalisée par les portes ET 11 et ET 12. La première entrée des 2 portes est reliée au monostable, et chacune des 2 autres est reliée à un circuit qui fournit un signal rectangulaire négatif qui apparaît, pour le circuit 1, pendant la durée de l'alternance positive de la phase R et, pour le circuit 2, pendant la durée de l'alternance négative de la phase R. La sortie de chaque porte est reliée à un amplificateur d'impulsion (pulse ampli) par l'intermédiaire des portes ET 13 et ET 14, ceci afin de pouvoir verrouiller les impulsions de déclenchement des ignitrons lors de la décharge des lignes par les éclateurs. La porte ET 14 est également contrôlée par un circuit de blocage, décrit plus loin.

La sortie de chaque amplificateur d'impulsion est reliée à la grille d'un thyatron (sortie isolée par transformateur). Chaque thyatron possède sa propre alimentation connectée à une phase en avance de  $120^\circ$  (phase T) par rapport à la phase alimentant l'autotransfo. Chaque thyatron décharge sa propre alimentation à travers l'espace igniteur - cathode correspondant, ce qui provoque l'enclenchement de l'ignitron.

Il y a certains points qui méritent une description un peu plus détaillée, ce sont a) le circuit de blocage de début de charge et b) l'alimentation des thyratrons.

#### 4.2.1 Circuit de blocage du début de charge

Ce circuit améliore le fonctionnement du circuit H.T. car il permet de reproduire parfaitement, d'une fois à l'autre, la courbe de charge des lignes.

Pour réduire au minimum le temps de charge des lignes à une tension donnée on fournit le plus possible de charges commençant à  $\frac{\pi}{3}$  et lorsque la différence devient K, le servo porte progressivement l'enclenchement des ignitrons vers la fin de l'alternance ( $\frac{9}{10}\pi$ ); on comprend donc que pour obtenir le temps de charge minimum, il faut réduire K le plus possible. Mais alors, le fonctionnement devient relativement critique d'une charge à l'autre et l'on constate qu'il se produit parfois des "over-shots" de hauteurs inacceptables. Cela est dû aux conditions dans lesquelles s'effectue le début de la charge.

Les impulsions "START" générées par le train M du PS apparaissent d'une charge à l'autre à des moments tout à fait arbitraires par rapport à la phase du réseau 50 Hz. Au début d'une charge, le premier secteur d'alternance appliqué au transfo HT de la cuve peut donc être positif ou négatif, de plus sa surface sera de grandeur variable. Si bien que le quadrupleur de tension délivrera un premier palier différent d'une fois à l'autre.

Pour éviter cet inconvénient, les deux conditions suivantes sont imposées à chaque début de charge des lignes :

- 1) la première alternance appliquée doit toujours être de même signe (on a choisi l'alternance positive de la phase R qui est celle qui charge les lignes car alors  $A > B$  dans la cuve ).
- 2) La surface du premier secteur d'alternance appliqué sera maximum (enclenchement ignitron à  $t_1 = \frac{\pi}{3}$  ).

Ces conditions sont imposées par le circuit de blocage du début de charge qui fonctionne de la façon suivante au repos (avant une charge) :

- 1) il bloque la porte ET 14 (qui est aussi bloquée par le Flip-Flop 4).
- 2) il porte la sortie du 1er étage du servo-ampli à son niveau minimum, qui existerait si référence  $\gg$  diviseur, bien que la référence ne soit pas encore appliquée.

Dès l'apparition d'un "START", seule la porte ET 13 est ouverte. Ce sera donc l'ignitron 1 qui sera le premier enclenché et la première alternance appliquée sera donc bien positive. Le "pulse ampli" 1 est relié au circuit de blocage, si bien que la 1ère impulsion du "pulse ampli" neutralise le circuit de blocage de manière qu'il ouvre la porte ET 14 et qu'il libère le 1er étage. Ces deux opérations ne s'effectuent que lorsque l'ignitron 1 est déjà enclenché. A l'alternance négative suivante et, durant toute la charge, le circuit de blocage restera neutralisé et il ne redeviendra actif qu'avec l'impulsion "STOP" qui fermera la porte ET 13.

#### 4.2.2 Alimentation des thyratrons

Les alimentations thyratrons sont reliées à la phase T (en avance de  $\frac{2}{3} \pi$  sur la phase R). Le diagramme de temps est donné par la Fig.312.008.

Dès l'amorçage du thyatron, qui se fait au plus tôt au temps  $t_1$  ( $\frac{\pi}{3}$ ) de l'alternance qui rend positive l'anode ignitron, la capacité du circuit d'anode se décharge et après 2 ms, le thyatron se désionise, car l'alternance qui avait chargé sa capacité est devenue négative. Le condensateur ne se rechargera que lorsque l'alternance T deviendra à nouveau positive, c'est-à-dire au temps  $\frac{\pi}{3}$  après le déclenchement de l'ignitron. C'est là l'avantage d'utiliser la phase T pour l'alimentation des thyratrons : lorsque l'amorçage de l'ignitron a lieu vers la fin de l'alternance ( $t_2 = \frac{9}{10} \pi$ ), la désionisation aura lieu après le déclenchement de l'ignitron, mais à un moment où l'alternance T est encore négative. Si l'on utilisait la phase R opposée de  $180^\circ$  pour charger le circuit des thyratrons, ils resteraient constamment enclenchés pour  $t_2 = 0,9 \pi$ , ce qui empêcherait toute régulation.

#### 4.3 Circuit des D A C (Digital to Analogue Converter)

Chacune des 3 zones possède sa propre tension de référence. Cette tension de référence est transmise en mode digital selon un code BCD de poids 1 . 2 . 4 . 8 permettant un réglage par pas de 1 kV, depuis 0 jusqu'à 99 kV (bien qu'en réalité, on n'utilise pas toute cette course de réglage). Chaque zone fournit donc 8 bits (4 bits pour les unités et 4 bits pour les dizaines). Trois D A C transforment l'information digitale de référence de chacune des zones en une tension analogique pour

l'entrée du servo-ampli. Le bloc diagramme 312 004 montre comment est constitué le circuit D A C.

#### 4.4 Circuit des A D C (Analogue to Digital Converter)

Le bloc diagramme 312 004 montre que l'on mesure d'une part la tension analogique de référence et d'autre part la H.T. des lignes. Chacune de ces mesures est faite par un A D C. Sur le rack local on affiche la valeur de la tension de référence et de la H.T. correspondant à la zone choisie par le commutateur S, tandis qu'à distance (MCR), on n'affiche que la valeur mesurée de la H.T. des 3 zones. Pour la sélection locale de la zone, on utilise une série de délais et de portes actionnées par les impulsions "STOP", tandis qu'un système retardateur, bloque l'entrée des compteurs locaux ainsi que les "pulse amplis" au moment de l'éjection, afin d'éviter les comptages parasites.

Le principe de fonctionnement de l'ADC est le suivant. On charge une capacité de valeur connue à la tension à mesurer (V). Au temps de lecture on isole la capacité de la source de tension à mesurer et on la décharge à travers un circuit à courant constant. Un comparateur, dont les entrées sont reliées aux bornes de la capacité, indique le temps nécessaire pour rendre nulle la tension de celle-ci. Ce temps est proportionnel à la tension à mesurer et est mesuré par le comptage d'un train d'impulsions de fréquence calibrée (oscillateur à quartz).

#### 4.5 Verrouillages et circuits de contrôle

Le verrouillage de la H.T. qui produit un arrêt de la charge des lignes est assuré de deux façons.

- 1 - par les verrouillages qui provoquent un arrêt total, coupant l'alimentation à l'entrée ( $HT_{\text{résiduelle}} = 0 \text{ kV}$ ).
- 2 - par les verrouillages qui portent la tension de référence à zéro, en laissant l'ensemble alimenté. ( $HT_{\text{résiduelle}} = 10 \text{ kV}$ ).

##### 1) Verrouillages d'arrêt total

Ce sont des verrouillages autonomes de la partie H.T. qui agissent en mode NORMAL et MANUAL. Ils sont actionnés soit par une surintensité, soit par une surtension, mesurées par des galva-

nomètres PYROTACT. (voir schéma). Le réglage du seuil de déclenchement des PYROTACT se fait par un index placé sur ceux-ci. Ils sont accessibles en ouvrant le panneau CONTROL.

Quand on a déterminé la raison de l'arrêt, on réenclenche au moyen de la clé du panneau de contrôle, que l'on tourne sur OFF et que l'on remet sur ON. L'ensemble est de nouveau prêt à fonctionner.

## 2) Verrouillages annulant la tension de référence

Les tensions de référence de toutes les zones peuvent être bloquées à zéro, soit par un verrouillage interne, soit par des verrouillages externes commandés par le système de verrouillage général.

Verrouillage interne : c'est une protection contre un enclenchement de la référence de plus d'une zone à la fois (erreur de programmation des impulsions START-STOP ou impulsion parasite). Dans ce cas tous les DAC sont bloqués. On remarque cette situation si plus d'une des lampes placées sur le panneau du tiroir DAC et ADC est allumée.

Verrouillage externe : en cas de défaut soit dans une zone (area interlock) soit dans les parties principales de l'éjection rapide (summary interlock), les signaux de verrouillage bloquent le passage des impulsions START et ouvrent le circuit entre les DAC et le servo-amplificateur. (voir Interlock bloc diagramme).

## 5. DESCRIPTION TECHNIQUE

### 5.1 Cuve H.T.

Le schéma de détail de la cuve H.T. ainsi que le plan de localisation des principaux éléments sont donnés par le dessin 312 009.

### 5.2 Amplificateur asservi et régulateur

#### 5.2.1 Ampli asservi

Le servo-amplificateur est monté dans un tiroir enfichable (4 unités de large et 6 unités de hauteur) placé à droite du châssis placé en haut de l'armoire RR 10.

Le schéma est donné par le dessin 312 006. Dans la description qui va suivre, on ne précisera que les points importants.

Les tiroirs sont connectés au châssis par des connecteurs AMPHENOL - 24 pins. Le schéma de câblage de la plaque supportant les connecteurs Amphenol ainsi que le schéma de câblage des connecteurs de sortie fixés sur la plaque arrière du châssis sont donnés par le dessin 312 022.

Le servo amplificateur a été conçu de façon à présenter une bonne immunité contre les parasites (éclateurs lignes) et une bonne stabilité en température.

On reconnaît sur le schéma les différentes parties traitées dans le bloc diagramme 312 005. On voit à gauche du schéma que les tensions de références sont appliquées par des filtres RC ( $100\ \Omega$ ,  $220\ \text{pF}$ ) aux diodes D1, D2, D3 qui forment la porte OU. Les autres diodes protègent l'entrée du 1er étage contre d'éventuelles surtensions. De plus, D4 permet de limiter la tension de référence (REF) à une valeur qui dépend de la position du potentiomètre de  $500\ \Omega$ , ceci afin de limiter la H.T. de sortie (car les commutateurs digitaux permettent de monter la H.T. jusqu'à  $100\ \text{kV}$ ).

Le 1er étage est constitué par 5 transistors (T1, T2, T3, T4 et T25). C'est un amplificateur différentiel à grande résistance d'entrée ( $1\ \text{M}\Omega$ ) grâce à T1 et T4 montés en "emitter follower". La somme des courants d'émetteur T2 et T3 est gardée constante ( $20\ \text{mA}$ ) par T25, ceci afin d'éviter la saturation de T3 ou T2 quand l'étage est très déséquilibré ( $\text{REF} \gg \text{Diviseur}$ ) et d'obtenir alors des niveaux bien déterminés quel que soit le gain du 1er étage (potentiomètre double dans les émetteurs T2 et T3) dont dépend le facteur K. Ce facteur K correspond à une certaine valeur de la différence de tension entre les deux entrées du 1er étage tel que si  $(\text{REF} - \text{DIVISEUR}) \gg K$ , alors T2 est bloqué et T3 est en conduction maximum ( $20\ \text{mA}$ ) et si  $\text{REF} - \text{DIVISEUR} < K$ , les  $20\ \text{mA}$  (fixés par T25) se répartissent entre T2 et T3 selon la valeur de la différence.

Si on règle P1 à  $125\ \Omega$ , on aura

$$K = 20 \times 10^{-3} \times 125 = 2,5\ \text{Volts.}$$

Ainsi, si  $\text{REF} - \text{Diviseur} > 2,5\ \text{volts}$ , the 1er étage sera bloqué (et la surface des secteurs d'alternance fournis à l'auto transformateur sera maximum. Elle décroîtra lorsque la ligne se chargeant accroîtra la

tension du diviseur de façon que  $\text{REFERENCE} - \text{Diviseur} < 2,5 \text{ volts}$ .

En poursuivant la description du 1er étage, il faut préciser le rôle des diodes D 11, D 12, D 13. Elles protègent l'espace base-émetteur des transistors sur lesquelles elles sont branchées lorsque le 1er étage est fortement déséquilibré. En effet, supposons qu'on applique une référence de + 9 V (60 kV); au début de la charge des lignes, la tension du diviseur est pratiquement nulle, donc T2 est bloqué. Le courant maximum (20 mA) circule dans T3 dont l'émetteur est à environ + 1,2 V (BE de T4 et T3). Supposons que la résistance d'émetteur de T3 soit réglée à  $100 \Omega$ , on aura donc sur le collecteur de T25 une tension de  $+ 1,2 + (20 \text{ mA} \times 100 \Omega) \simeq 3,2 \text{ V}$  que l'on retrouvera sur l'émetteur de T2 (puisque le courant dans T2 est nul). On aura donc sur l'espace base-émetteur de T2, une tension inverse 5,8 V, supérieure à ce que cet espace peut supporter. La diode D13 évite cet inconvénient qui se retrouverait sur T1 si la D12 n'était pas là. Mais pour éviter le fort courant qu'alors la source de référence devrait débiter (les espaces base-émetteur de T1 et T2 étant court-circuités), et qui viendrait s'ajouter au courant collecteur de T3, on a prévu la diode D11 qui permet à la base de T1 de trouver un niveau convenable, environ 4,6 V (chute de tension dans D12 et D13) quand  $\text{REF} = 9 \text{ V}$  et  $\text{DIVISEUR} = 0$ . On remarque qu'alors on n'a pas la vraie valeur de la référence au point B, mais dès que la différence  $\text{REFERENCE} - \text{DIVISEUR} < K$ , la tension du point B s'approchera de celle du point A.

Les diodes D16, D15 et D14 ont le même rôle que respectivement D11, D12, D13, cela dans le cas où  $\text{DIVISEUR} \gg \text{REF}$  (cas qui ne se rencontre que pendant des tests). Elles assurent aussi la symétrie du 1er étage du point de vue dérive thermique.

La sortie du 1er étage se fait par T5 sur le collecteur duquel est branché un réseau constitué par les résistances R1 et R2 et un potentiomètre de  $500 \Omega (P_2)$  dont le curseur est relié à 3 diodes Zener de 6 volts et à l'entrée 1 du 2ème étage. Ce réseau permet de donner les niveaux convenables correspondant à la hauteur du signal en dent de scie qui attaque l'entrée 2 de ce 2ème étage. En effet, quand  $\text{REF} \gg \text{Diviseur}$ , T5 conduit au maximum et on aurait aux bornes du potentiomètre une tension de  $\pm 10 \text{ V}$ , mais les diodes Zener qui se comportent, pour les tensions négatives, comme des diodes ordinaires, limitent en



réalité la tension disponible sur le potentiomètre de -2 à +10 volts. Lorsque REF = Diviseur, T5 conduit peu, donc la tension sur le potentiomètre montera vers le positif jusqu'à la limite imposée par les 3 diodes Zener (qui fonctionnent alors en Zener). On aura donc alors sur le curseur une tension de 18 V ( $3 \times ZF6$ ). La tension en dent de scie appliquée à l'entrée 2 du 2ème étage varie linéairement de 0 - 20 V pendant l'intervalle d'une alternance de la phase R. On voit donc qu'en réglant le potentiomètre de sortie ( $P_2$ ) 1er étage de façon à obtenir environ 6,3 V quand REF  $\gg$  Diviseur, on obtiendra le temps  $t_1 = \frac{\pi}{3}$  puis lorsque la tension du diviseur montera de façon que REF - DIVISEUR  $\leq K$ , la tension sur le curseur du potentiomètre montera progressivement depuis 6,3 Volts pour atteindre 18 V quand REF = Diviseur ce qui correspond à  $t_2 = 0,9 \pi$ .

Le 2ème étage est un amplificateur différentiel à 2 étages (T7, T9 et T6, T10). Chaque étage fonctionne à courant constant (T8 et T11). Les résistances de 680 k $\Omega$  provoquent une contre-réaction afin d'obtenir un changement rapide du niveau de sortie quand la tension de l'entrée 2  $\gg$  tension d'entrée 1. Les transistors sont protégés par des diodes contre les inconvénients d'un grand déséquilibre, de la même façon que le 1er étage. La sortie du 2ème étage se fait par T12.

La base de temps fournit le signal en dent de scie qui est essentiellement donné par la charge à courant constant (T13) d'un condensateur de 6,6  $\mu$ F. Celui-ci est déchargé lorsque la phase R (qui alimente le redresseur en pont) passe par zéro. La pente de la dent de scie est réglable par un potentiomètre de 200  $\Omega$ . Cela permet d'obtenir une amplitude réglable en fonction du temps.

#### Différentiation et mise en forme

La différenciation du changement positif du niveau de la sortie du 2ème étage est effectuée par le transformateur TR1. L'impulsion positive qui apparaît sur le secondaire est transmise au monostable constitué par T17 et T18, et par un réseau de diodes et de Zener qui lui assurent une immunité contre les parasites.

La sortie du monostable est connectée à deux diodes qui appartiennent aux portes ET11 et ET12. Chacune de ces portes a une entrée qui va à une diode Zener alimentée à travers une résistance par 57 Volts alternatifs. Ces 2 tensions de 57 Volts proviennent de la

phase R, et sont en opposition de phase.

Les "pulses amplis" sont constitués par T19, T20 et T21, T22. Sur la base de T19 viennent deux diodes qui forment la porte ET13 tandis que sur la base de T21 viennent 3 diodes qui forment la porte ET14.

La sortie des "pulses amplis" est faite par des transformateurs qui ne sont pas placés dans le tiroir SERVO mais sur la plaque arrière du châssis qui le reçoit.

Le flip-flop 4 est constitué par T23 et T24, il est aussi immunisé contre les parasites par des Zeners et des diodes. Les 2 portes OU (5 et 6), qui reçoivent les impulsions START - STOP, sont placées sur la plaque arrière du châssis recevant le tiroir servo.

Le circuit de blocage début de charge est constitué par T28 et T29. Au repos (c'est-à-dire en dehors d'une charge), ces transistors ne conduisent pas. Dès l'apparition de la première impulsion en provenance du pulse ampli 1, les 2 transistors conduisent et le condensateur de 10  $\mu$ F maintient cette conduction entre 2 impulsions successives (20 ms). Si plus de 3 impulsions manquent (STOP), les transistors sont à nouveau interdits.

#### 5.2.2 Circuit à coupure de phase

Il est groupé dans un tiroir (10 unités x 10 unités) coulissant sur 2 rails fixés au rack afin de permettre une bonne accessibilité. Le tiroir comporte les 2 thyratrons, les 2 alimentations des thyratrons et les 2 ignitrons, ainsi que 4 ventilateurs (Centaure 16 W) un pour chaque ignitron et un pour chaque alimentation thyatron.

Le dessin 312 007 donne le schéma du circuit. On reconnaît les 2 ignitrons montés en tête bêche et placés en série dans l'alimentation de l'autotransformateur. Chaque ignitron est piloté par un thyatron qui possède sa propre alimentation lui fournissant son chauffage de filament, sa polarisation négative de grille et sa tension anodique. Chaque alimentation thyatron est constituée par :

1) un transformateur dont le primaire est alimenté en 220 V et dont l'enroulement secondaire a 2 sorties : l'une à 2,5 V - 6 A pour le filament et l'autre à 12 V suivie d'un redresseur doubleur de tension qui permet de polariser la grille du thyatron à - 30 V environ.

2) un transformateur 220/250/-250 VA suivi d'un redresseur mono-alternance qui permet de charger 2 condensateurs en parallèle de 20  $\mu$ F à travers une résistance de 7  $\Omega$  20 W. La constante de temps de charge étant petite, permet de charger ces condensateurs en une alternance. A remarquer que le sens des enroulements de ces transformateurs est opposé.

Signalons, pour terminer, que de part et d'autre du tiroir de circuit à coupure de phase, il existe des points de test qui sont utiles pour le dépannage.

### 5.3 Conversion digital-analogue (DAC)

Le circuit DAC est placé dans une moitié du tiroir enfichable (8 unités de large par 4 unités de haut) situé en haut du rack. Ce circuit est réalisé au moyen de 7 circuits imprimés enfichables, soit :

- 3 grandes cartes imprimées (1 DAC par carte)
- 3 petites cartes (1 flip-flop par carte)
- 1 petite carte (porte ET 1,2,3)

Le schéma du DAC est donné par le dessin 312 010.

La chaîne de résistances alimentée entre le + 30 V et le commun comporte un point milieu d'où se fait la sortie de la tension analogique. En parallèle, sur chaque résistance se trouve un contact. Les contacts notés U et  $\bar{U}$  sont actionnés par les relais alimentés par les bits du commutateur digital "UNITES" et les contacts notés T et  $\bar{T}$  sont actionnés par les relais alimentés par les bits du commutateur digital "DIZAINES" (TENTHS). On remarque que les résistances de la chaîne ont des valeurs proportionnelles aux poids 1, 2, 4, 8 du code BCD (unité 1 = 20  $\Omega$ , unité 2 = 40  $\Omega$ , unité 4 = 80  $\Omega$ , etc.). Les contacts U et  $\bar{U}$  sont complémentaires, de même que les contacts T et  $\bar{T}$ . On aurait donc pu utiliser des relais à deux contacts complémentaires, mais pour des raisons de fiabilité (les "Reeds-relays" à contact de repos sont moins

fiables que ceux à contact de travail), on a préféré utiliser pour chaque bit deux relais ( $T_1$  et  $\bar{T}_1$ , etc) à contact de travail et branchés de telle façon que si l'un est excité, l'autre est au repos.

Lorsque les deux commutateurs digitaux affichent 00, (mais en présence du + 24 V) tous les relais T et U sont excités alors que tous les relais  $\bar{T}$  et  $\bar{U}$  sont en repos. Donc, tous les contacts T et U sont fermés alors que tous les contacts  $\bar{T}$  et  $\bar{U}$  sont ouverts. Ainsi le potentiel de sortie est nul et le courant I délivré par le + 30 V est déterminé par la somme des résistances  $\bar{T}$  (en supposant le potentiomètre réglé à 0). Maintenant affichons, par exemple, 80 sur les commutateurs digitaux. Le relais T8 va se mettre au repos tandis que le relais  $\bar{T}_8$  va s'exciter. Ceci provoquera l'ouverture du contact T8 et la fermeture du contact  $\bar{T}_8$ . Autrement dit, entre le + 30 V et le commun, on a ajouté la résistance T8 mais on a retranché la résistance  $\bar{T}_8$ , la résistance totale n'a donc pas changé et le courant garde toujours la même valeur I que lors de l'affichage 00 (on néglige le courant de sortie, la charge extérieure étant d'environ 300 k $\Omega$ ). La tension de sortie sera donc : Résistance T8  $\times$  I. On voit ainsi que le circuit travaille à courant constant et que la tension de sortie est directement proportionnelle aux résistances T (ou U) en service, c'est-à-dire à l'affichage des commutateurs digitaux, puisque la valeur des résistances est proportionnelle aux poids des bits. Signalons encore que le potentiomètre permet d'ajuster I, donc la valeur de la tension analogique de référence.

L'entrée sur chaque partie de relais se fait par deux diodes afin de commander les DAC, soit localement, soit à distance (l'une des commandes exclut l'autre). Le point commun aux deux diodes permet de sortir l'information digitale nécessaire à la commande de pression des éclateurs.

Le contact en série avec la sortie assure le verrouillage de la tension de référence (3 x 2 x 2 x 2b).

Il faut remarquer aussi que les chaînes de résistances des DAC sont reliées au commun par une résistance de  $10\ \Omega$  dans laquelle circule un courant venant du  $-12\text{ V}$ . Ce courant peut être réglé grâce au potentiomètre. Ce circuit permet le réglage de "l'offset" du servo amplificateur afin d'obtenir une courbe  $\frac{K\ V\ Sortie}{V\ Référence}$  passant par l'origine 0.

#### 5.4 Conversion analogique - digital

##### 5.4.1 ADC

Le circuit ADC est placé dans la moitié gauche du tiroir enfichable (8 unités de large par 4 unités de haut) situé en haut du rack. Il se compose de 5 cartes imprimées enfichables, soit :

- 2 x 1 carte ADC
- 1 carte (comportant les délais et les portes) appelée contrôle ADC
- 2 x 1 carte compteur.

Le schéma de l'ADC est donné par le dessin 312 014. La tension à mesurer est appliquée au point 4. Elle charge C1 à travers le transistor double émetteur 3N74 qui fonctionne comme un contact fermé ou ouvert selon qu'on applique ou non une tension entre sa base et son collecteur. Le circuit à courant constant est constitué par T3, T4 et T5. La comparaison du passage par zéro de la tension de C1 est faite par BFX 36 dont les collecteurs sont reliés aux entrées de l'amplificateur 710 (qui fonctionne comme un trigger de Schmitt) afin d'avoir un brusque changement de niveau lorsque la tension aux bornes de C1 devient nulle. A remarquer le réglage "d'offset" sur BFX 36. Afin d'éviter une décharge de D1 par des courants parasites, pendant la lecture, l'alimentation base-collecteur du 3 N74 est faite par une source de tension isolée

de la masse. On utilise pour cela un transformateur dont la tension secondaire est redressée, alors que le primaire est excité par un amplificateur push-pull. Les bases de celui-ci sont commandées par un signal dont la fréquence est la moitié de celle fournie par l'oscillateur à quartz (3,2 MHz); ceci afin de rendre symétrique (flip-flop) le temps de commande de chaque base.

L'application d'un signal "START READING" au point 19 arrête l'amplificateur push-pull et déconnecte le condensateur C1 de l'entrée 4. T4 est enclenché et décharge C1 à zéro par un courant constant de 100  $\mu$ A. Pendant toute la décharge un train d'impulsions de 1,6 MHz est présent sur la sortie (point P). Le diviseur de sortie, fournissant environ 2,5 V pour 80 kV, et le réglage du courant constant de décharge de C1 permettent d'obtenir une impulsion de sortie par  $\approx$  3 mV (0,1 kV).

Voici les caractéristiques de l'ADC :

Temps de charge de C1 : il dépend de la résistance de la source à mesurer. Dans le cas de la mesure H.T., la résistance (R) diviseur 7 k $\Omega$  donc après 5 RC soit  $5 \times 7 \cdot 10^3 \times 20 \cdot 10^{-9} = 0,7$  mS, C1 sera chargé à 99,5% de la tension donnée par le diviseur.

Tension maximum d'entrée = 3 V (correspondant à 100 kV)

Nombre d'impulsions de sortie pour 3 V d'entrée = 1000

Temps de lecture maximum et durée du train d'impulsions de sortie (pour 3 V) =  $\frac{1000}{1,6 \cdot 10^6} \approx 0,6$  mS.

Linéarité (  $\frac{\text{Nombre pulse de sortie}}{V (\text{entrée})}$  ) entre 60 mV et 3000 mV

d'entrée :

1) à 20° C : - 1 pulse

2) à 60° C :  $\pm$  3 pulses

pour V (entrée) < 60 mV (correspondant à 2 kV), l'indication est incertaine.

#### 5.4.2 Commande des ADC et affichage

Grâce à la porte OU (F1), toute impulsion "STOP" de zone, provoque la lecture des 2 ADC.

Signalons que la tension de référence est atténuée avant d'être mesurée, ceci afin de rendre cette tension compatible avec le niveau maximum de tension accepté par l'ADC.

On voit aussi comment, grâce aux monostables, toute impulsion "STOP" d'une zone, ouvre pendant 1 mS (temps supérieur à la durée d'un train de mesure) le canal correspondant à sa zone.

Le blocage des compteurs et des amplificateurs, pendant le moment de l'éjection, est assuré par le circuit blocage antiparasite. Le type de "gate ampli" constitué par T1 et T2 a été choisi à cause de sa grande insensibilité aux parasites.

## 5.5 Circuits auxiliaires

Ils comprennent d'une part les alimentations et d'autre part les circuits de sélection et de contrôle.

Les alimentations pour les circuits servo amplificateur, DAC, ADC sont rassemblés dans un tiroir enfichable, 4 unités de haut par 10 unités de large, situé sous le châssis Servo - DAC - ADC.

Les différentes tensions sont essentiellement fournies par des alimentations stabilisées S.E.N. (standard CERN). Le + 24 V nécessaire à l'alimentation des commutateurs digitaux (Référence digitale), ainsi que le +250 V nécessaire aux tubes "NIXIE" (affichage mesure tension de référence et H.T.) sont faits spécialement et ne sont pas stabilisés.

Les tensions alternatives (50 V, 250 V) servent à la synchronisation du servo amplificateur. Le châssis est entièrement blindé. Sa ventilation est assurée par deux ventilateurs placés à l'arrière pulsant l'air à l'intérieur du tiroir, pour en ressortir en haut, par

trois cheminées qui viennent s'emboîter dans le châssis situé au-dessus et qui reçoit les tiroirs SERVO et DAC - ADC. Le système OVER - TEMPERATURE coupe les alimentations si l'un ou l'autre des ventilateurs cesse de fonctionner.

Les circuits de contrôle permettent la mise en service ou l'arrêt de l'ensemble FRUNGEL, le choix des modes de fonctionnement, le positionnement de l'autotransformateur, le délai "H.V. Thyatron". Il comporte aussi les appareils de mesures (milliampèremètres) mesurant directement la H.T. et le courant de sortie de la cuve H.T., ainsi que les verrouillages "OVER CURRENT" et "OVER VOLTAGE".

Il est réalisé par un ensemble de pièces (relais, contacteurs, boutons poussoirs, lampe de signalisation, fusibles, etc.) situées à mi-hauteur de l'armoire RR10, soit sur le panneau frontal (s'ouvrant comme une porte) soit à l'intérieur, de part et d'autre du rack.

Le dessin 312 020 représente le schéma du circuit de contrôle. Pour situer le circuit, par rapport à l'ensemble, on a représenté les ignitrons, l'autotransfo et la cuve H.T. Dans la description qui va suivre, on ne donnera que quelques points de repères importants.

Le contacteur principal M est alimenté à travers les contacts (en parallèle) A/2, B/2, C/2, D/2 E2/2. Cela est fait pour ne pas permettre l'enclenchement de M si, en position "MANUAL", on n'a pas auparavant ramené l'autotransformateur en position zéro.

Signalons aussi que les relais A, B, C, D, E1 et E2 (choix du mode), ne peuvent pas être enclenchés tant que M n'est pas au repos. (Ainsi, après l'enclenchement de M. on ne peut plus changer de mode). A remarquer aussi que l'alimentation des trois moteurs de positionnement de l'autotransfo est indépendante de l'enclenchement de M, afin de pouvoir ramener l'autotransfo à zéro avant l'enclenchement général (condition du mode "MANUAL").

L'alimentation des relais K et L ("over CURRENT" et "over VOLTAGE") est également indépendante de l'enclenchement de M. La remise à zéro de ces relais, le cas échéant, se fera donc en ramenant la clé sur "OFF".



L'état des relais et contacteurs après l'enclenchement de M et selon le mode utilisé est donné par le tableau du dessin 312 020. On voit que, dans certains cas, les contacteurs F et G sont actionnés avec un retard de 5 minutes; cela est dû au préchauffage des filaments thyratrons qui doit commencer 5 minutes avant l'application de la tension anodique.

## 6. REGLAGES

Il n'est question ici que des réglages finaux qui portent sur trois points :

- 1) réglage du SERVO-AMPLIFICATEUR, permettant d'obtenir une courbe de charge correcte;
- 2) réglage du circuit DAC, permettant d'obtenir, pour chaque zone, la valeur H.T. correspondant à la tension de référence;
- 3) réglage du circuit ADC, permettant d'obtenir un affichage exact de la tension de référence et de la H.T. ligne.

### 6.1 Réglage du SERVO-AMPLIFICATEUR

Pour faire les réglages suivants, on sortira du châssis le tiroir servo-amplificateur et on le connectera par des rallonges.

Passer en mode "SERVO" pour régler les temps  $t_1$  et  $t_2$

- a) ajuster P2 pour obtenir  $t_1 = \frac{\pi}{3}$  pour Référence = 60 kV
- b) ajuster P3 pour obtenir  $t_2 = \frac{9}{10} \pi$  pour Référence = 0

Ces deux réglages se feront en observant, sur un oscilloscope à deux traces, d'une part la phase R et d'autre part le collecteur de T10.

Passer en mode normal et observer la courbe de charge des lignes sur le diviseur non utilisé.

- a) régler P1 afin que le temps de charge soit le plus court possible sans "over shot" excessif (voir photo p. 4.25 a).

- b) retoucher P3 si nécessaire de façon que le plateau de charge reste rectiligne.

## 6.2 Réglage du circuit DAC

On règle ici, la valeur de la tension analogique de référence de chaque zone afin que l'affichage des commutateurs digitaux corresponde à la valeur de la H.T. lignes. La valeur de cette H.T. s'obtient en connaissant le rapport des diviseurs H.T. (voir section 3.3.3).

## 6.3 Réglage du DAC de chaque zone

Le servo amplificateur étant correctement connecté à un des diviseurs, on mesure la H.T. ligne en branchant la sortie (rouge) de l'autre diviseur à un voltmètre digital (V.D.) et en multipliant la lecture ainsi obtenue par le rapport de division correspondant.

On commence par le réglage du DAC de la 1ère zone en utilisant les impulsions de commande appropriées, puis

- 1) à l'aide des commutateurs digitaux (LOCAL), on accroît la H.T. lignes jusqu'à ce que l'indication du V.D. corresponde à 60 kV.
- 2) on ajuste PD1 (potentiomètre de la carte DAC zone 1) de façon que la valeur correspondant à 60 kV indiquée par le V.D. coïncide avec l'affichage 60 kV sur les commutateurs digitaux.
- 3) on affiche 20 kV sur les commutateurs digitaux.
- 4) on ajuste P5 (contrôle "d'offset" du servo amplificateur) afin d'obtenir la valeur correspondant à 20 kV sur le V.D.
- 5) on refait les opérations 1,2 et 3,4 jusqu'à ce que la valeur de H.T. corresponde à l'affichage des commutateurs digitaux.

Pour régler les DAC des zones 2 et 3, on procédera comme en 1,2 du présent paragraphe, mais en ajustant les potentiomètres des DAC respectifs (PD2 et PD3) afin d'obtenir la valeur de H.T. lignes correspondante (on ne touchera pas au réglage "d'offset").

#### 6.4 Réglage du circuit des ADC

Ce réglage se fera après les réglages du SERVO amplificateur et ceux du circuit DAC.

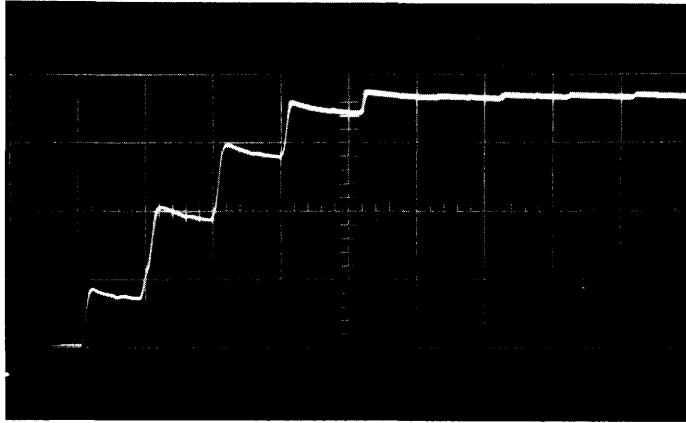
Chaque ADC comporte deux réglages interdépendants, c'est-à-dire un réglage "d'offset" (PA1) et un réglage du courant de décharge (PA2)

##### Réglage ADC référence

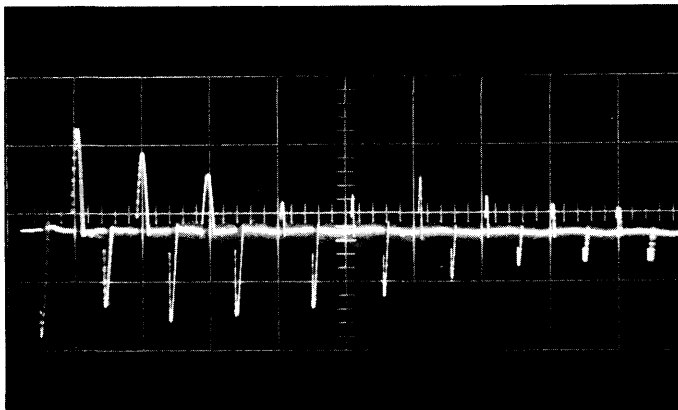
- 1) afficher 60 kV sur les commutateurs digitaux et contrôler avec un V.D. si la H.T. lignes correspond.
- 2) ajuster PA2 (sur ADC référence) pour que l'affichage des NIXIES - référence - indique 60.0 kV.
- 3) afficher 20 kV et contrôler si la H.T. lignes correspond
- 4) ajuster PA1 (sur ADC référence) pour que l'affichage des NIXIES - références - indique 20.0 kV
- 5) répéter les opérations 1,2 et 3,4 jusqu'à ce que l'affichage des NIXIES - référence - corresponde à l'affichage des commutateurs digitaux (avec un tolérance de  $\pm 3$  unités sur les NIXIES).

##### Réglage ADC - Tension lignes

Procédure identique à celle utilisée pour l'ADC de référence.



COURBE DE CHARGE DES LIGNES POUR 60kV  
ECHELLE 20ms/cm - 2V/cm -



COURANT DANS L'AUTOTRANSFORMATEUR  
POUR CHARGE DES LIGNES À 60kV  
ECHELLE 20ms/cm - 0,1V/cm -

## SECTION 5 - MARX TRIGGERS

H. van Breugel

### Contents

1. INTRODUCTION
  2. OPERATING INSTRUCTIONS
    - 2.1 Description of the M.T.
    - 2.2 Operation with the FE system
    - 2.3 Other operation-settings
  3. CHARACTERISTICS
  4. CIRCUIT DESCRIPTION
    - 4.1 Power supplies
      - 4.1.1 Input and interlock circuit
      - 4.1.2 Voltage stabilizer
      - 4.1.3 Blocking oscillator power supply
      - 4.1.4 Thyratron circuit power supply
      - 4.1.5 Marx generator power supply
    - 4.2 Electronic amplifier
      - 4.2.1 Avalanche-circuit
      - 4.2.2 Blocking oscillator
      - 4.2.3 Thyratron-circuit
    - 4.3 Marx generator
    - 4.4 List of additional connectors
  5. MAINTENANCE
    - 5.1 Pulse dependent maintenance
    - 5.2 Time dependent maintenance
    - 5.3 Dismantling and mounting of the spark gaps
      - 5.3.1 First spark gap
      - 5.3.2 Other spark gap
    - 5.4 Cleaning and calibration
- APPENDIX A Influence of the voltage stabilizer (T1 connected)  
B Influence of the voltage stabilizer (T1 disconnected)  
\*C Electrical parts list I  
\*D Electrical parts list II

---

\*) included in the service manual only

## SECTION 5 - MARX TRIGGERS

H. van Breugel

### 1. INTRODUCTION

Each of the two pulse generators for the fast ejection kicker magnets includes three spark gaps (F.G., T.G., C.G.). In order to gain a maximum in flexibility, each of the six spark gaps is fired by a separate trigger unit. The input pulse for these units will be a square avalanche pulse of  $+ 60 \pm 10$  V and  $\sim 100$  ns length. The output pulse must be a  $+ 30$  kV pulse into a 50 ohm load with a RC-decay time in the order of 100 ns. The repetition rate must be  $> 100$  ms for multiple shot operation. Starting from these data a relatively small and universal trigger unit was developed with in addition a second input for a  $+ 10 \pm 5$  V pulse to trigger an internal avalanche circuit, a possibility of polarity-reversal of the output pulse and a second parallel output connector.

In principle, the trigger unit is composed of three main parts, being the electronic amplifier and the Marx-generator, forming together the pulse generator, and the power supply. A detailed block diagram is shown in Fig. 5.1.

The electronic amplifier consists of three parts :

- 1) The avalanche-circuit, to be triggered by pulse of  $+ 10 \pm 5$  V and 50 - 1000 ns length into a 50 ohm load.
- 2) The blocking oscillator, that can be triggered either by the avalanche-pulse or by a similar one from a separate input. As a one-shot pulse generator it creates a square pulse of  $+350 \pm 20$  V and 1.5  $\mu$ s length into a 100 ohm load.
- 3) The thyatron circuit that used a hydrogen-filled thyatron, which, triggered from the blocking oscillator-pulse, give an output pulse of - 6.0 kV with a RC decay of 50 ns if terminated by a 50 ohm load.

The Marx-generator is a 5-stage cascade pulse-generator with spark gaps as switches. The first spark gap is triggered with an additional middle-electrode from the thyatron-circuit. The other spark gaps break

down by U.V. illumination from the previous ones and by over voltage. The generator has two 50 ohm output connectors either to be used alone or in parallel. For a charging voltage of  $\pm 9$  kV, in the first case the output pulse is  $\pm 30$  kV with 100 ns RC decay time; in the second case  $\pm 24$  kV with 50 ns decay time.

A view of an open Marx trigger is given on Fig. 5.11. See also Figs. 5.8 and 5.9.

## 2. OPERATION INSTRUCTIONS

### 2.1 Description of the M.T.

All connectors are mounted on the back side panel; the switches are either located on the front panel or inside the chassis (see Figs. 5.8 and 5.9).

Indica- tion	Description	Location
P <sub>1</sub>	Mains input connector for 220 VAC, 50 Hertz	Back panel
P <sub>2</sub>	Avalanche-circuit input connector for $10 \pm 5$ V, 50 ohm	" "
P <sub>3</sub>	Blocking oscillator input connector for $60 \pm 10$ V, 50 ohm	" "
P <sub>4</sub>	Interlock output connector for H.T. indication	" "
P <sub>5</sub>	Marx-generator output connectors for $\pm 30$ kV, 50 ohm	" "
P <sub>6</sub>	Monitor output connector for thy. circuit charging	" "
P <sub>7</sub>	Monitor output connector for Marx-generator charg.	" "
P <sub>8</sub>	Monitor output connector for thy. circuit output pulse	" "
P <sub>9</sub>	Monitor output connector for Marx-generator output pulse	" "
S <sub>1</sub>	Mains switch on/off	Front panel
S <sub>2</sub>	H.T. supply switch on/off	" "
S <sub>3</sub>	Input selection switch for avalanche-circuit blocking oscillator	Inside
S <sub>4</sub>	Polarity reversal switch for Marx-generator H.T. supply	"
S <sub>5</sub>	Voltmeter selection switch for thy. circuit Marx-generator	Front panel

M	Voltmeter for thyr. circuit - Marx generator charge	Front panel
LS1	Mains-on indicator lamp	" "
LS2	Delay indicator lamp	" "
LS3	H.T. supply-on indicator lamp	" "

## 2.2 Operation with the FE system

Warning !! Before switching on the apparatus, check that all cables are properly connected on both sides, specially the pulse output cable(s) and that all switches are properly set.

Before starting, check that  $S_1$  and  $S_2$  are both in the "off" position. Check that  $S_3$  is in the position "60 V", being the blocking oscillator input, and that  $S_4$  is set for a positive polarity by removing the lid temporarily. Connect the mains to  $P_1$ , the trigger input pulse cable from the trigger-split to  $P_3$ , the interlock cable to  $P_4$ , the pulse output cable to  $P_5^b$  and the monitor cable "MT high" to  $P_9$ . Check that the pulse output cable is properly connected at the other end to its proper spark gap. Switch on the mains by  $S_1$  and control if the indicator lamps LS1 and LS2 are on. After about 5 minutes, LS2 is switched off automatically by the delay-circuit and the H.T. can be switched on.

Switch on the H.T. which will be indicated by LS3. Control the voltage and polarity of the thyatron-circuit and Marx-generator on the voltmeter M with the selector-switch  $S_5$ . Check the input and output pulses for form, delay and jitter on the monitor oscilloscope in the MCR in the positions "MT low" and "MT high".

Check the sound of the trigger unit when pulsing.

## 2.3 Other operation-settings

If the trigger-unit is to be used for other applications, follow the same procedure of 2.2. However, the input connector and the position of  $S_3$  has to be chosen according to the mode of triggering. Also the polarity of the Marx-generator H.T. supply has to be set for the desired output-pulse polarity. A positive supply voltage corresponds with a negative output pulse and vice-versa. If one output cable only will be used, always use the lower connector  $P_5^b$  as to this one the monitor pick-up electrode is connected.



Remember that by using both output connectors, the RC-decay time of the output pulse as well as the peak-voltage will be different from the case when one output connector is used. The best results are normally obtained by terminating the output pulse cable (s) with a 50 ohm load, either with a series-resistor (for a low impedance load) or with a parallel resistor (for a high impedance load).

3. CHARACTERISTICS (some typical pulses are shown on Fig. 5.10)

a) Avalanche circuit

	Value	Unit
Charging voltage	190	V
" current	< 0.5	mA
Input pulse voltage	10 ± 5	V
" " load	50	ohm
" " shape + length	any ≥ 50	ns
Output pulse voltage	60 ± 10	V
" " load	50	ohm
" " rise time	10	ns
" " shape + length	square, 100	ns
Circuit delay time	20	ns

b) Blocking oscillator

Anode voltage	475	V
" current	3.5	mA
Grid potential 1st and 2nd stage	- 30	V
Cathode potential 1st and 2nd stage	0	V
Heater voltage 1st stage	6.3	V
" current 1st stage	0.65	A
Heater voltage 2nd stage	12.6	V
" current 2nd stage	0.65	A
" potential 2nd stage	110	V
Input pulse voltage 1st stage	50 — 100	V
" " load	50	ohm
" " shape + length	square // 50	ns
Output pulse voltage	340	V
" " load	100	ohm
" " rise time	25	ns
" " shape + length into res. load	square, 1.5	μS
Circuit delay time	0	ns

c) Thyratron - circuit

Anode voltage	7.6	kV
" current	< 5	mA
Heater voltage	6.3	V
" current	6.0	A
Input pulse voltage	≥ 300	V
" " load	100 - 1000	ohm
" " shape + length	square ≥ 0.5	μS
Output pulse voltage	6.0	kV
" " load	50	ohm
" " rise time	20	ns
" " shape + length into res. load	RC-decay 50	ns
Circuit delay	80 - 150	ns

d) Marx-generator

Charging voltage	9 ± 0.5	kV
" Current	< 20	mA
Input pulse voltage	≥ 5	kV
" " load	50	ohm
" " shape + length	square // 50	ns

	Value	Unit
Output pulse voltage, one output connected	30	kV
" " load, " " "	50	ohm
" " shape + length, one output connected	RC-decay,	
	100	ns
Output pulse voltage, two outputs connected	24	kV
" " load, " " "	25	ohm
" " shape + length, two outputs connected	RC-decay	ns
" " rise time	20	ns
" " jitter	≤ 10	ns
Circuit delay	60 ± 10	ns
<u>Complete Marx-trigger</u>		
Circuit delay	200 ± 40	ns

#### 4. CIRCUIT DESCRIPTION

The description is based on the electrical schema shown in Fig. 5.2.

##### 4.1 The power supplies

The power supply can be divided into several parts :

- 1) Input and interlock circuit
- 2) Voltage stabilizer
- 3) Power supply blocking oscillator
- 4) Power supply thyatron circuit
- 5) Power supply Marx-generator

##### 4.1.1 Input and interlock circuit

The mains input circuit consists mainly of filters, delay and interlock elements.

The mains connected to  $P_1$  is protected by the 1.6A fuses F and switched on by  $S_1$ , after which two noise filters FT are connected back-to-back in order to reduce the H.F. noise from and to the mains.

The interlock micro-switches  $S_6$ , that follow, are activated by the lid and side panel, when they are properly mounted. The thermic switch S7 guards the system against overheating as it is set at  $80^{\circ}\text{C}$ , while LS1 indicates "mains on", if everything is O.K. At this point a part of the circuit is connected directly to the mains, the rest over the voltage stabilizer VS. Directly connected are the ventilator VT, the blocking oscillator power supply transformer  $T_1$  and the time delay relay RS1. The voltage stabilizer VS serves directly the thyatron heating transformer  $T_2$ .

After the delay time of RS1 has passed, which is set at 5 min. in order to allow the thyatron-tube to be heated, which is indicated by LS2 being switched off, the H.T. circuits of the thyatron and Marx-generator can be switched on by  $S_2$ . This switch commands the relay RS2 which connects the H.T. transformers  $T_3$  and  $T_4$ , the latter over the variac  $T_5$ , to the stabilized mains, indicated by LS3. A separate contact of RS2 serves the "H.T. on" indication of the general interlock system over  $P_4$ .

The charging voltage indicator circuit consists of a 100-0-100  $\mu$ A-meter M, a selector switch  $S_5$ , two series resistors  $R_{22}$  and  $R_{31}$ , one for each input (thyatron or Marx-generator) and two parallel pot-meters  $R_{23}$  and  $R_{32}$  for meter calibration. The voltage-reading accuracy is too small for voltage calibration, but gives an indication of the charging voltage value and polarity.

#### 4.1.2 Voltage stabilizer

The voltage stabilizer VS is a one-core magnetic stabilizer K with two additional filters X and Y, which reduce the 3rd and 5th harmonics to about 3% Fig. 6.3.

For a nominal voltage of 220 VAC and at maximum power charge of 60 W, a voltage change of + 10% to - 20% at the input is reduced to  $\leq 1\%$  at the output. Because of the nature of the load, the output voltage is slightly lower. See appendix B.

In appendix A the influence is shown on the output voltage in case of a serious overcharge, in this case when  $T_1$  is also connected to the stabilizer.

#### 4.1.3 Power supply blocking oscillator

The power supply for the blocking oscillator and avalanche circuit supplies + 475 VDC, + 110 VDC, - 30 VDC, 6.3 VAC and 12,6 VAC, all from one transformer  $T_1$ .

The 475 VDC is rectified by the circuit  $Z_1, R_1, C_1$ , the voltage divider  $R_2, R_3$  supplies the 110 VDC and discharges  $C_1$  after use. The -30 VDC is rectified by  $Z_2, C_2$ , the latter being discharged by  $R_4$ . The 6.3 VAC and 12.6 VAC are taken directly from independent windings of the transformer.

The power supply is connected to the blocking-oscillator by  $P_{10}$ .

#### 4.1.4 Power supply thyatron-circuit

The power supply consists of two independent parts. The 6.3 VAC, 6A heater supply is generated by the transformer  $T_2$  and connected to the thyatron by  $P_{10}$ . The 7.6KVDC anode voltage is supplies by a 2 KVAC

transformer  $T_3$ , together with a 3-stage cascade circuit  $Z_3$ ,  $C_3$  and connected to the thyatron by  $P_{11}$ . Notice the distribution of the  $C_3$  capacitors in this circuit.

#### 4.1.5 Power supply Marx-generator

The Marx-generator H.T. supply has an adjustable and polarity-reversible output of  $\pm 5 - 10$  KVDC derived from a 7 KVAC transformer  $T_4$  with a Graetz circuit  $Z_4$ . The voltage adjustment necessary for the adaption to and setting of the statical breakdown voltage of the spark gaps is realised at the input of  $T_4$  by the variable transformer  $T_5$  which has an adjustable output between 120 VAC and 240 VAC. The polarity can be inversed by  $S_4$  which either directly or cross-connects the Graetz circuit output to the one side earthed H.T. input connector  $P_{12}$  of the Marx-generator.

#### 4.2 The electronic amplifier

The electronic amplifier is the collective name for three independent circuits connected in series :

- 1) the avalanche circuit (part B on Fig. 5.2)
- 2) the blocking oscillator (part C on Fig. 5.2)
- 3) the thyatron circuit (part E on Fig. 5.2)

As for the mechanical execution, the avalanche circuit, together with the blocking oscillator is mounted on the lid of the tube, connected to the Marx-generator box, which contains the thyatron tube. The thyatron circuit is partly mounted on the socket and partly in the M.G. box. Drawing 236.261-0.

##### 4.2.1 The avalanche circuit

The avalanche circuit transfers an input pulse of  $10 \pm 5$  V and undefined length and rise time, e.g. a standard pulse of 1  $\mu$ s, into a  $60 \pm 10$  V square output pulse with a steep rise time of  $\ll 10$  ns and a given length, fixed by the cable length of CC, here 50 ns. The input is terminated by  $R_5$  and connected with  $R_6$  to the base of the avalanche transistor TR.

The coax cable CC forming the P.F.N. in the collector circuit of TR is charged to 190 VDC by the voltage divider  $R_7$ ,  $R_8$  from the 475 VDC blocking oscillator anode supply over the current limiting resistor  $R_9$ . When triggered TR avalanche discharges CC into the load resistors  $R_{11}$  or  $R_{12}$ . The transistor circuit is protected against load short circuiting by  $R_{10}^{a+b}$ ,  $L_1$ . The inductance  $L_1$  is composed of 12 turns of  $\varnothing$  0.4 mm copper wire around  $R_{10}^a$ . The input connector  $P_2$  is connected to the lid input connector  $P_2^a$  by a coax. cable. The complete circuit is mounted on an isolated strip  $ST_1$ . The coax. cable C.C. is wound around the outside of the tube, and connected to the lid by  $P_{19}$ .

#### 4.2.2 The blocking oscillator

The blocking oscillator is designed as a single shot oscillator for the generation of a + 350 V square wave output pulse of  $> 0.5 \mu\text{s}$  length and  $< 20$  ns rise time to drive the grid of a 8 KV thyatron.

When the thyatron is conducting, the grid potential can rise to a not negligible percentage (2-3 KV) of the anode voltage, so some provisions are made to protect the oscillator circuit. The oscillator has two anode coupled stages formed by the double triodes  $V_1$  and  $V_2$  with their circuits. The first stage can be triggered by the avalanche circuit or from a similar pulse generator connected to  $P_3$ , in which case the avalanche circuit is to be disconnected by  $S_3$  and terminated with R11. The input is terminated by R12 and coupled to the grid of  $V_1$  by C4. The grids of  $V_1$  and  $V_2$  are connected to the -30 VDC source over R13 respectively R14, the latter decoupled by C8. The cathode of  $V_1$  is earthed directly, the heater connected to the 6.3 VAC supply and decoupled by C5.

The end stage is a cathode follower and has two tubes  $V_2$  in parallel in order to gain a higher pulse current. The cathodes are grounded over the load resistor R15. The heaters are connected to the + 110 VDC supply from the voltage divider R2, R3 in order to reduce the potential differences introduced by the thyatron grid to the cathode, they are powered by the 12.6 VAC supply and decoupled by C6. The anodes of  $V_1$  and  $V_2$  are connected together and coupled to the grids of  $V_2$  by a 1:1 pulse transformer  $T_6$ , which has a high  $\mu$  ferrox cube core.

The + 475 VDC anode voltage is supplied over the stop resistor R16, charges C7 and is connected to the anodes of  $V_1$  and  $V_2$  by R17 in parallel with the primary of  $T_6$ . When  $V_1$  is triggered, its anode current induces a voltage over the secondary of  $T_6$  that raises the grid potential of  $V_2$  and opens  $V_2$ . When  $T_6$  is saturated, no voltage is induced any more and  $V_2$  closes. The output pulse thus generated is + 340 V and has a length of 1.5  $\mu$ S. The input connector  $P_3$  is connected to the lid input connector  $P_3^a$  by a coax. cable. The tubes are mounted on the outside of the lid, the rest of the circuit on the inside on an isolated strip ST 2.

#### 4.2.3 The thyatron-circuit

For triggering the first spark gap of the Marx-generator a H.T. pulse of  $> 5$  kV is needed, for the generation of which a 8 kV hydrogen-filled thyatron  $V_3$  is used. The input with the load resistor R15 is connected to the grid by the current limiting resistor R18. The cathode is grounded directly, the heater powered from the 6.3 VAC transformer  $T_2$  and de-coupled by  $L_2$ , C9. The pulse forming capacitor C11 is charged from the + 7.6 KVDC supply via the filter R19, C10 and on the other side connected to the earth by R20.

When  $V_3$  is fired the H.T. side of C11 is grounded and a negative pulse is generated over R20. C12 couples the output to the Marx-generator trigger system. A voltage divider R21, C13, R22 C14 is connected to the anode of  $V_3$  serving the charge-indicator circuit M, R23 and via R24 the monitor output P6.

The neon-indicator lamp LS4 is used as a surge-arrestor. The heating part of the circuit is mounted directly on the lamp socket. The H.T. part is located inside the M.G. box  $C_{10}$  is connected to the box beside the H.T. input connector  $P_{11}$ , while  $C_{11}$  and  $C_{12}$  are connected directly to the anode.

The charging resistor  $R_{19}$  is mounted on the strip ST 3 and connected to the anode by  $P_{14}$   $P_{15}$  is a connector for a pulse observation circuit. The voltage divider circuit  $R_{21}$ ,  $C_{13}$  is mounted on strip ST 4. The blocking oscillator and the thyatron circuit are shown in Figs. 5.12 and 5.13.



#### 4.3 The Marx-generator

The Marx-generator is a cascade pulse generator in which a number of capacitors is charged in parallel and discharged in series by an equal number of spark gap switches, (part D of Fig. 5.2). All spark gaps are identical but for the first one, which is triggered from an additional middle electrode by the thyatron pulse. The charging voltage is  $\pm 9$  kV while to get an output pulse of 30 kV 5 stages are needed. The advantage of a cascade generator over a single stage generator are in this case a better ratio of trigger - to charging voltage of the triggered spark gap and a smaller H.T. supply while a simpler construction can be used with respect to H.T. isolation and corona problems.

The complete pulse generator is mounted in a metal box, part of which forms the return path of the Marx-generator, (see fig. 5.14). The H.T. supply voltage passes the input filter R25 C15 and charges the cascade capacitors C16 over the charging resistors R26 and the network resistors R27. The function of R27 is to pulse separately the capacitors when the spark gap is charged to half the supply voltage by the voltage divider R28. Parallel to the lower half of the voltage divider are connected the capacitors C18 which dominate the total earth capacity of the middle electrode. The capacitors C17 parallel to the upper half of the voltage divider compensate C12 + C18 for fast charging of the middle electrode. R29 is a trigger pulse stop resistor.

The voltage divider R30 C19, R31 C20, connected directly to the charging point of the Marx-generator circuit, is identical to the thyatron voltage divider R21 C13, R22 C14 and serves the charge-indicator circuit, M, R32 and via R33 the monitor output  $P_7$ .

A pick-up electrode on the pulse output connector  $P_5^b$  forms the two capacitors C21 - C22, the latter in parallel with R34, and is connected to the monitor output  $P_9$  called "MT high". The trigger pulse input circuit consists of the coupling capacitor C12, the current limiting resistor R35 and the pulse isolating resistor R36 (Fig. 5.7).

When the trigger pulse arrives, the trigger pin is charged immediately, while the middle electrode cannot follow because of R36 and is

capacitively charged to only about 10<sup>0</sup>/o because of C18, after which breakdown will occur over the ceramic tube surrounding the trigger pin. This causes either the upper half or the lower half of the spark gap to break down by over voltage and U.V. illumination, depending on the charging voltage polarity, after which the other half will follow. This doubles the voltage at the second spark gap which will also break down, the other spark gaps following in cascade. So a H.T. pulse will be applied to the output connectors P<sub>5</sub> with a polarity opposite to the charging voltage polarity. This charging voltage is normally 90<sup>0</sup>/o of the statical breakdown voltage to which the spark gaps are set. The complete circuit is mounted inside the M.G. box. C15 is connected to the box beside the H.T. input connector P<sub>12</sub>. The charging resistors R25, R26 and the middle electrode voltage divider R28, C17, C18 are mounted on the strip ST<sub>3</sub>, the voltage divider R30, C19 on ST<sub>4</sub>.

The trigger input circuit R35, R36 is located inside the adjustable middle electrode system, which with the Marx-circuit R27, C16 is assembled into a mechanically independent unit, into which also the pulse observing circuit R34, C21, C22, is located on the output connector P<sub>5</sub><sup>b</sup>. The trigger pulse is applied over a flexible spring contact P<sub>16</sub>, the circuit voltage over P<sub>17</sub> and the middle electrode voltage over P<sub>18</sub>. P<sub>13</sub> is the charging voltage indicator and ventilator mains supply connector.

The charging voltage indicator circuit consists of a 100-0-100  $\mu$ A-meter M, a selector switch S5, two series resistors R22 and R31, one for each input (thyatron or Marx-generator) and two parallel pot. meters R23 and R32 for meter calibration. The voltage-reading accuracy is too small for voltage calibration, but gives an indication of the charging voltage value and polarity.

4.4 List of additional connectors

<u>Indication</u>	<u>Description</u>	<u>Location</u>
P2 <sup>a</sup>	Avalanche circuit lid input connector	Lid thyr. tube
P3 <sup>a</sup>	Blocking oscillator lid input connector	" " "
P10	Blocking oscillator power supply + thyr. heating connector	" " "
P11	Thyratron H.T. connector	M.G. box
P12	Marx-generator H.T. connector	" "
P13	Ventilator and charging indicator connector	" "
P14	Thyratron charging resistor to anode connector	Inside M.G. Box
P15	Thyratron pulse load circuit connector	" " "
P16	Thyratron to M.G. trigger pulse contact	" " "
P17	M.G. charging resistor to circuit connector	" " "
P18	M.G. middle electrode voltage connector	" " "
P19	Avalanche circuit P.F.N. connector	Lid thyr. tube

5. MAINTENANCE

The maintenance of the Marx-triggers can be divided in two parts :

- 1) The pulse dependent maintenance, concerning the spark gaps;
- 2) The time dependent maintenance, concerning the electronics.

5.1 The pulse-dependent maintenance

In the Marx-generator spark gaps tungsten-copper rods are used as switches, the first gap moreover is supplied with a tungsten trigger pin surrounded by a ceramic tube (pure  $Al_2O_3$ ). All these parts tend to wear off in dependence to the number of pulses, the charge per pulse and the polarity. This results in a change of electrode form and surface and so in the statical breakdown and trigger characteristics effecting the delay and jitter of the output pulses. As the charge and polarity are constant in their actual use, the degeneration of the behaviour depends on the number of pulses. The data obtained until now suggest a recalibration of the Marx-generation every  $2 \times 10^6$  shots which is roughly every 3 months.

The mechanical implications are discussed in section 5.3, the cleaning and calibration of the spark gaps in section 5.4.

## 5.2 The time-dependent maintenance

In the electronic part of the trigger hot-cathode tubes are used in the blocking-oscillator and the thyatron circuit ( $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ ). Independent of the number of pulses these tubes age and wear off by the time they are heated. Experience with other apparatus has proved that indirectly heated tubes last for years, so one control per year (big shutdown) seems sufficient, while replacement must be decided on their behaviour. Specially in the case of the thyatron valve  $V_3$ , replacement must only be considered when aging symptoms appear, as the natural spread in delay-times urges a new calibration of the total delay-time. A yearly inspection and cleaning of the relays, diodes, capacitors (leakage current check!) and other hardware is desirable.

## 5.3 Dismantling and mounting of the spark gaps

Warning! Switch off  $S_1$  and  $S_2$  and only then remove all the cables from the backside :  $P_1 - P_9$ . Unscrew the lid of the chassis, demount the pulse generator box from the chassis, to which it is fixed by two bolts on the bottom side of the latter, and slide the box partly backward ( $\sim 10$  cm), see Fig. 5.11 (lid of box is normally not demounted in this state). Disconnect  $P_2^a$ ,  $P_3^a$  and  $P_{10}$  from the blocking osc. housing after which the pulse generator box can be removed completely and its lid unscrewed, see Fig. 5.12. Now demount the female connectors  $P_5$ , disconnect  $P_9^a$  and  $P_{17}$  and unsolder the middle electrode voltage connection from  $ST_3$ . Now the right side pannel, to which the Marx-generator circuit is fixed, can be demounted from the box and removed.

The trigger system of the first spark gap can be demounted from the left side of the Marx generator circuit to which it is fixed by four  $M_{10}$  nylon bolts, see Fig. 5.14

### 5.3.1 First spark gap assembly : see drawing No 236-264-1

Remove  $P_{18}$  at the front side and the four  $M_5$  nylon bolts on the back side after which the middle electrode sub-unit can be parted from the spark gap assembly. By unscrewing the araldite nut, the middle electrode

circuit can be removed from its housing. The middle electrode can be parted from the rest by demounting the  $M_2$  Allen screws, which fix the  $R_{36}$  resistors, with a special 0.89 mm Allen key and then unscrew the nylon trigger pin holders, from which the trigger pin can be removed. Now the parts are ready for inspection, cleaning and polishing.

When the trigger pin is mounted again, take care that its surface is flush with the middle electrode surface. After the middle electrode unit is mounted together, check that the hot and cold electrode bars are parallel with the middle electrode bars.

#### 5.3.2 Other spark gaps : see drawing No 236-260-0<sup>A</sup>.

The spark gap electrodes of both sides can be demounted by unscrewing them completely. After cleaning they can be mounted again in the same way, but take care that the electrode heads are all flush and the gapwidth symmetrical with regard to the heart line.

If for a complete cleaning, also the capacitors  $C_{16}$  and the charging resistors  $R_{27}$  must be demounted, take care not to mix the contact plates of the capacitors and use for remounting the special tool.

#### 5.4 Cleaning and calibration

In general all parts can best be cleaning with alcohol, although care must be taken when using it on plexiglas, as this material tend to show little cracks afterwards. The tungsten electrode parts must be polished with fine emery-paper No 320 and No 400.

After cleaning and assembly of the trigger circuit, the electrodes can be fitted again and the gap width set a  $2 \times 1.5$  mm for the first spark gap and at 3 mm for the others. The distance between the two main electrodes of the first spark gap are fixed at 6 mm as they must spark towards the middle electrode rods and not to each other.

Note: The actual calibration must be executed with the H.T. on an  $S_6^a$  short-circuited (as the lids are off) after the Marx-trigger has been connected to a 50 ohm pulse dissipation resistor with an output pulse cable. The voltage can be checked with a high ohmic voltmeter e.g. Heathkit Im-13 E with 30 kV probe No 336 ( $R_i = 1100$  Mohm).

The H.T. of the Marx generator can be varied with  $T_5$ , the shaft being accessible by a hole in the front panel. The spark gaps must all be set for a statical break down of  $9.8 \pm 0.2$  kV, with a spread of max. 0.1 kV.

First set the 2nd - 5th gap by isolating them all but one with a p.v.c. strip and by turning the upper (= cold) electrode with an isolated Allen-key. Then isolate them all and set the first spark gap by turning the big nylon nut (Fig. 5.14). Turning anti-clock wise it will reduce the gap width.

Now reduce the H.T. to  $8.9 \pm 0.1$  kV (working voltage) and check the Marx trigger for double triggering delay and jitter. Then cut of the mains and close the pulse gen. box and chassis, after which the apparatus is ready for use.

5. M.A.R.X. - T R I G G E R S Appendix A

C O D E	O B J E C T	V O L T A G E I N V O L T			C U R R E N T I N m A			P O W E R I N W A T T		
		W I T H O U T H. T.	W I T H H. T.	W I T H H. T. pulsing 3p.p.s.	W I T H O U T H. T.	W I T H H. T.	W I T H H. T. pulsing 3p.p.s.	W I T H O U T H. T.	W I T H H. T.	W I T H H. T. pulsing 3p.p.s.
1.	INPUT MAINS COMPLETE UNIT	222	222	222	480	500	540	109	111	120
1.1.	INPUT MAINS VENTILATOR	222	222	222	48	48	48	10.5	10.5	10.5
1.2.	INPUT MAINS RELAYS	222	222	222	17.5	30	30	3.9	6.7	6.7
1.3.1.A	INPUT MAINS VOLT. STAB.	222	222	222	415	422	460	92.5	94	100
1.3.2.A	OUTPUT "MAINS" VOLT. STAB.	217	197	190	345	430	460	75	85	88
1.4.1.A	INPUT "MAINS" AMPLI SUPPLY	217	197	190	125	108	103	27	21	19.5
1.4.2.A	OUTPUT 320V AMPLI SUPPLY	338	305	295	4.5	4.0	3.9	1.5	1.2	1.1
1.4.3.A	OUTPUT -20V AMPLI SUPPLY	20.8	18.9	18.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1
1.4.4.A	OUTPUT 12.6V AMPLI SUPPLY	12.8	11.6	11.2	671	632	620	8.6	7.3	7.0
1.4.5.A	OUTPUT 6.3V AMPLI SUPPLY	6.4	5.8	5.6	665	628	615	4.3	3.6	3.5
1.5.1.A	INPUT "MAINS" THYR. HEAT SUPPLY	217	197	190	223	208	200	48.5	41.0	38.0
1.5.2.A	OUTPUT 6.3V THYR. HEAT SUPPLY	6.5	5.9	5.6	6080	5700	5500	39.2	33.3	30.8
1.6.1.A	INPUT "MAINS" THYR. ANODE SUPPLY	0	197	190	0	21	21	0	4.0	4.0
1.6.2.A	OUTPUT 2KV THYR. ANODE SUPPLY									
1.7.1.A	INPUT "MAINS" MARX GEN. VARIAC	0	197	190	0	108	150	0	21.0	27.5
1.7.2.A	INPUT "MAINS" MARX GEN. SUPPLY	0	182	175	0	112	155	0	20.0	27.0
1.7.3.A	OUTPUT 7KV MARX GEN. SUPPLY									

5. M A R X - T R I G G E R S Appendix B

C O D E	O B J E C T	V O L T A G E I N V O L T		C U R R E N T I N m A		P O W E R I N W A T T		
		W I T H O U T H. T.	W I T H H. T. pulsing 3p.p.s.	W I T H O U T H. T.	W I T H H. T. pulsing 3p.p.s.	W I T H O U T H. T.	W I T H H. T. pulsing 3p.p.s.	W I T H H. T. pulsing 3p.p.s.
1. B	INPUT MAINS COMPLETE UNIT	223	223	537	570	120	127	136
1.1. B	INPUT MAINS VENTILATOR	223	223	48	48	10.7	10.7	10.7
1.2. B	INPUT MAINS RELAYS	223	223	17.5	30	3.9	6.7	6.7
1.3.1.B	INPUT MAINS AMPLI SUPPLY	223	223	132	132	29.4	29.4	29.4
1.3.2.B	OUTPUT 320V AMPLI SUPPLY	342	342	5.0	5.0	1.7	1.7	1.7
1.3.3.B	OUTPUT -20V AMPLI SUPPLY	21.5	21.5	0.4	0.4	0.1	0.1	0.1
1.3.4.B	OUTPUT 12.6V AMPLI SUPPLY	13.1	13.1	675	675	8.9	8.9	8.9
1.3.5.B	OUTPUT 6.3V AMPLI SUPPLY	6.7	6.7	670	670	4.5	4.5	4.5
1.4.1.B	INPUT MAINS VOLT. STAB.	223	223	340	360	76	80	88
1.4.2.B	OUTPUT "MAINS" VOLT. STAB.	232	219	235	315	54.5	69	75
1.5.1.B	INPUT "MAINS" THYR. HEAT SUPPLY	232	219	231	221	54	48.5	46.5
1.5.2.B	OUTPUT 6.3V THYR. HEAT SUPPLY	6.1	6.5	6200	5000	42.5	38.7	37.5
1.6.1.B	INPUT "MAINS" THYR. ANODE SUPPLY	0	219					
1.6.2.B	OUTPUT 2KV THYR. ANODE SUPPLY							
1.7.1.B	INPUT "MAINS" MARX GEN. VARIAC	0	219					
1.7.2.B	INPUT "MAINS" MARX GEN. SUPPLY							
1.7.3.B	OUTPUT 7KV MARX GEN. SUPPLY							



APPENDIX C

ELECTRICAL PARTS LIST I

Part Code	Number	Part	Description + values + tolerances	Make	Type No	Store No	Price F.S.
C1	1	Condensateur	Electrolytique 32 µF 500 V +50/-10%	Siemens	B43691-A6326-T	10.71.44.130.0	
C2	1	"	" 500 µF 70 V	Hydramerke	CF500/70 S	10.71.31.210.3	
C3	15	"	Céramique 10 nF 3 kV	L.C.C.	DKX 625		f.04
C4	1	"	Polyester 10 nF 1000 V	Philips	C280 AE/A 10 k	10.36.06.610.0	
C5	2	"	Papier 10 nF 1000 V	ERIFOL 1	Ho 310/10	10.36.21.200.0	
C6	3	"	" 2200 pF 1000 V	"	Ho 222/10	10.36.21.122.0	
C7	1	"	" 0.5 µF 630 V	Bosch	KO/MP 20/0.5 G	10.31.44.050.0	
C8	1	"	" 0.1 µF 1000 V	EROFOL 1	Ho 410/10	10.36.21.300.0	
C9	2	"	" 2200 pF 1000 V	"	Ho 222/10	10.36.21.122.0	
C10	1	"	Céramique 1000 pF 20 kV	L.C.C.	HTD 40	10.11.81.710.7	
C11	1	"	" 1000 pF 20 kV	"	HTD 40	10.11.81.710.7	
C12	1	"	" 1000 pF 20 kV	"	HTD 40	10.11.81.710.7	
C13	5	"	" 1800 pF 4 kV	ERIE	K 1200/CD 7	10.11.81.810.0	
C14	1	"	Polyester 33 nF 250 V	Philips	C280 AE/A 330 k	10.36.06.733.0	
C15	1	"	Céramique 1000 pF 20 kV	L.C.C.	HTD 40	10.11.81.710.7	
C16	5	"	" 9600 pF 10 kV	Sprague	706 C 8		§ 8.30
C17	2	"	" 2500 pF 3 kV	ERIE	K 3500 / CD7	10.11.81.825.0	
C18	4	"	" 470 pF 4 kV	"	K 1200 / CD7	10.11.81.805.0	
C19	5	"	" 1800 pF 4 kV	"	K 1200 / CD 8	10.11.81.818.0	
C20	1	"	Polyester 33 nF 250 V	Philips	C 280 AE/A 330 k	10.36.06.733.0	
C21	1	"	See text				
C22)							
C10,							
11,12	4	"	Céramique 1000 pF 20 kV	L.C.C.	HTX x 340	10.11.81.748.0	
15							
R1	3	Résistor	Carbon 330 kΩ 1 W 5%	Allen Bradley	GB	11.01.41.633.0	
R2	1	"	" 330 kΩ 1 W "	"	"	11.01.41.633.0	
R3	1	"	" 100 kΩ 1 W "	"	"	11.01.41.600.0	
R4	1	"	" 100 kΩ 1 W "	"	"	11.01.41.600.0	
R5	1	"	" 47 Ω 1/2 W "	"	EB	11.01.31.247.0	
R6	1	"	" 1 kΩ 1/2 W "	"	"	11.01.31.410.0	
R7	1	"	" 330 kΩ 1/2 W "	"	"	11.01.31.633.0	
R8	1	"	" 220 kΩ 1/2 W "	"	"	11.01.31.622.0	
R9	1	"	" 1 MΩ 1/2 W "	"	"	11.01.31.710.0	
R10	2	"	" 10 Ω 1/2 W "	"	"	11.01.31.210.0	
R11	1	"	" 47 Ω 1/2 W "	"	"	11.01.31.247.0	
R12	1	"	" 47 Ω 1/2 W "	"	"	11.01.31.247.0	
R13	1	"	" 10 kΩ 1 W "	"	GB	11.01.41.510.0	
R14	1	"	" 10 kΩ 2 W "	"	"	11.01.41.510.0	
R15	1	"	" 1 kΩ 2 W "	"	HB	11.01.51.410.0	
R16	1	"	" 100 Ω 1 W "	"	GB	11.01.41.310.0	
R17	1	"	" 220 Ω 1 W "	"	"	11.01.41.322.0	
R18	1	"	" 100 Ω 1 W "	"	"	11.01.41.310.0	
R19	2	"	" 470 kΩ 2 W "	"	HB	11.01.51.647.0	
R20	2	"	" 4.7 kΩ 1 W "	"	GB	11.01.41.447.0	
R21	10	"	" 10 MΩ 1 W "	"	"	11.01.41.810.0	
R22	1	"	" 100 kΩ 1 W "	"	"	11.01.41.610.0	
R23	1	" var.	" 100 kΩ 3/4 W "	Helitrim	79 PR 100 k	11.65.63.858.0	
R24	1	"	" 10 MΩ 1 W "	Allen Bradl.	GB	11.01.41.810.0	
R25	2	"	" 1 kΩ 1 W "	"	"	11.01.41.410.0	
R26	6	"	" 15 kΩ 2 W "	"	HB	11.01.51.515.0	
R27	9	"	" 1 kΩ 1 W "	"	GB	11.01.41.410.0	
R28	8	"	" 10 MΩ 1 W "	"	"	11.01.41.810.0	
R29	1	"	" 4.7 kΩ 2 W "	"	HB	11.01.51.547.0	
R30	10	"	" 10 MΩ 1 W "	"	GB	11.01.41.810.0	
R31	1	"	" 100 kΩ 1 W "	"	"	11.01.41.610.0	
R32	1	" var.	" 100 kΩ 3/4 W "	Helitrim	79 PR 100 k	11.65.63.858.0	
R33	1	"	" 10 MΩ 1 W "	Allen Bradl.	GB	11.01.41.810.0	
R34	1	"	" 47 Ω 1/2 W "	"	EB	11.01.31.247.0	
R35	2	"	" 100 Ω 1 W "	"	GB	11.01.41.310.0	
R36	2	"	" 10 kΩ 1 W "	"	"	11.01.41.510.0	
Z1	3	Diode	Silicon 1 kV 1 A	I.R.	10 D 10	08.51.32.150.0	
Z2	1	"	" 1 kV 1 A	I.R.	10 D 10	08.51.32.150.0	
Z3	3	"	" 6 kV 5 A	I.R.	LA 60		9.84
Z4	4	"	" 12 kV 5 A	I.R.	LA 120		19.68
TR	1	Transistor	Silicon avalanche	Raython	RT 3333 A		
V1	1	Electron tube	Double triode	Philips	E 182 CC	08.81.07.250.0	
V2	2	"	"	"	E 182 CC	08.81.07.250.0	
V3	1	"	Hydrogen thyratron	E.E.V.	4 C 35	08.81.91.120.0	115.00

APPENDIX D

ELECTRICAL PARTS LIST II

Part Code	Number	Part	Description + values + tolerances	Make	Type No	Store No	Price P.S.
T1	1	Transformer	Power 380 V, 175 mA, 6,3 V, 3 A; 2x6.3 V, 2A	Gardners	BS 3060	08.71.05.830.0	54.67
T2	1	"	" 6.3 V, 8 A	"	LS 4065	08.71.01.265.0	34.31
T3	1	"	" 2 kV, 10 mA, 6.3 V, 2A; 4 V, 2 A	Parmeko	P 2560	08.71.09.560.0	70.63
T4	1	"	" 7 kV, 10 mA	E.A.B.	W 7638/2		103.60
T5	1	"	Variac 120 - 240 V, 0.5 A	Philips	E 401 ZZ/02		35.23
T6	1	"	Toroid Fxc 3 E2 blue 2x14 turns $\phi$ 0.6 mm	Philips/CERN	2 P 653.34		3.21
L1	1	Inductor	Air, 12 turns $\phi$ 0.4 mm around R10 <sup>a</sup>	CERN			
L2	2	"	Air, 8 turns $\phi$ 2.0 mm, core $\phi$ 10	"			
FT	2	Filter	Low-pass for mains 2 A	CERN	PS-EW 1	08.21.10.200.0	
ST	1	Stabilizer	Voltage stab. for mains 60 W	Kuhnke	KS 60-2		185.45
M	1	Amp. meter	Coil, 100-0-100 $\mu$ A 1.5 k 2.5 <sup>o</sup> / <sub>o</sub>	Gossen	PMMI - RAL 9005	14.01.27.230.0	
RS1	1	Relay	Thermal 220 V 3 min.	Brown-Boveri	TS 2	06.86.01.300.0	
RS2	1	"	Elec. magn. 220 V 3x3 poles 6A	Elesta	KR 11 S/220 VAC	06.75.51.420.0	
LS1	1	Bulb	Neon, signal 220 V	Schurter	TFE 506	03.75.45.320.0	
LS2	1	"	" " 220 V	"	TFE 506	03.75.45.320.0	
LS3	1	"	" " 220 V	"	TFE 506	03.75.45.320.0	
LS4	1	"	" " 220 V	"	TFE 506	03.75.45.320.0	
LS5	1	"	" " 220 V	"	RPE 506	03.75.45.320.0	
S1	1	Switch	Toggle, 220 V 3 A 2x3 poles	N.S.F.	8370/K8	06.92.56.580.0	
S2	1	"	" 220 V 3 A 2x3 poles	"	8370/K8	06.92.56.580.0	
S3	1	"	" 115 V 5 A 1x3 poles	Fujisoku	MST 105 D	06.92.56.400.0	
S4	1	Selector	Polarity selector see drawing	CERN	236-246-2		
S5	1	Switch	Rotary, 115 V 5 A 3x3 poles	Fujisoku	MSRC 3-3	06.92.01.708.0	
S6	2	"	Micro, 1x3 poles	Burgess	V3-Miniature	06.92.32.560.0	
S7	1	Cutout	Thermal, 80 <sup>o</sup> C $\pm$ 5 <sup>o</sup> normally closed	Elmwood	2455	07.23.83.680.0	
VT	1	Fan	Cage 220 V 50 Hz 9 W 13 l/s	Rotron	Sprite SP 2A7		89.40
F	2	Fuse	Slow-blo 1.5 A	Schurter	1.5 A	06.73.51.352.0	
P1	1	Connector	Male, chassis 3 poles 250 V 6 A	Feller	8343 mK	09.11.03.120.1	
P2	1	"	Coax. BNC double female chassis 50	Suhner	UG-492 D/U	09.46.11.460.0	
	1	Adaptor	" BNC male - Lemo female 50	Lemo	Modide	09.46.86.230.0	
	1	Connector	" Lemo male cable 50	"	F 00 C 50	09.46.11.100.0	
P2 <sup>a</sup>	1	"	" Lemo " " 50	"	F 00 C 50	09.46.11.100.0	
	1	"	" Lemo female chassis 50	"	RA 00 C 50	09.46.11.110.0	
P3	1	"	" BNC double female chassis 50	Suhner	UG-492 D/U	09.46.11.460.0	
	1	Adaptor	" BNC male-Lemo female 50	Lemo	Modidie	09.46.86.230.0	
	1	Connector	" Lemo male cable 50	"	F 00 C 50	09.46.11.100.0	
P3 <sup>a</sup>	1	"	" Lemo " " 50	"	F 00 C 50	09.46.11.110.0	
	1	"	" Lemo female chassis 50	"	RA 00 C 50	09.46.11.110.0	
P4	1	"	Male chassis 4 poles	Burndy	UTO 2-10-4P-5T	09.31.05.100.0	
P5	2	"	Coax. female chassis 30 kV 50	CERN	236-260-0 <sup>a</sup>		
P6	1	"	" BNC female chassis 50	Suhner	UG - 657/U	09.46.11.360.0	
P7	1	"	" BNC " " 50	"	UG - 657/U	09.46.11.360.0	
P8	1	"	" BNC " " 50	"	UG - 657/U	09.46.11.360.0	
P9	1	"	" BNC " " 50	"	UG - 657/U	09.46.11.360.0	
P9 <sup>a</sup>	1	"	" Lemo " " 50	Lemo	RA 00 C 50	09.46.11.110.0	
	1	"	" Lemo male cable 50	"	F 00 C 50	09.46.11.100.0	
P10	1	"	Male chassis 12 poles	Burndy	UTO 2-14-12P-5T	09.31.05.132.0	
	1	"	Female cable 12 poles	"	UTO 6-AC14-12S-5T	09.31.05.236.0	
P11	1	"	Male chassis 1 pole 10 kV	Cannon	MS 3100-A18-16P	09.41.20.140.0	
	1	"	Female cable 1 pole 10 kV	"	MS 3106-B18-16S/	09.41.20.120.0	
P12	1	"	Male chassis 1 pole 10 kV	"	MS 3100-A18-16P	09.41.20.140.0	
	1	"	Female cable 1 pole 10 kV	"	MS3106-B18-16S/C	09.41.20.120.0	
P13	1	"	Male chassis 4 poles	Burndy	UTO2-10-4P-5T	09.31.05.100.0	
	1	"	Female cable 4 poles	"	UTO6-AC10-4S-5T	09.31.05.204.0	
P14	1	"	Coax. Lemo female chassis 50	Lemo	RA 00 C 50	09.46.11.110.0	
	1	"	" Lemo male cable 50	"	F 00 C 50	09.46.11.100.0	
C	1	Cable	Coax. Pilotex 5 m 50	DRAVEIL	RG 178/BU	04.61.11.100.0	

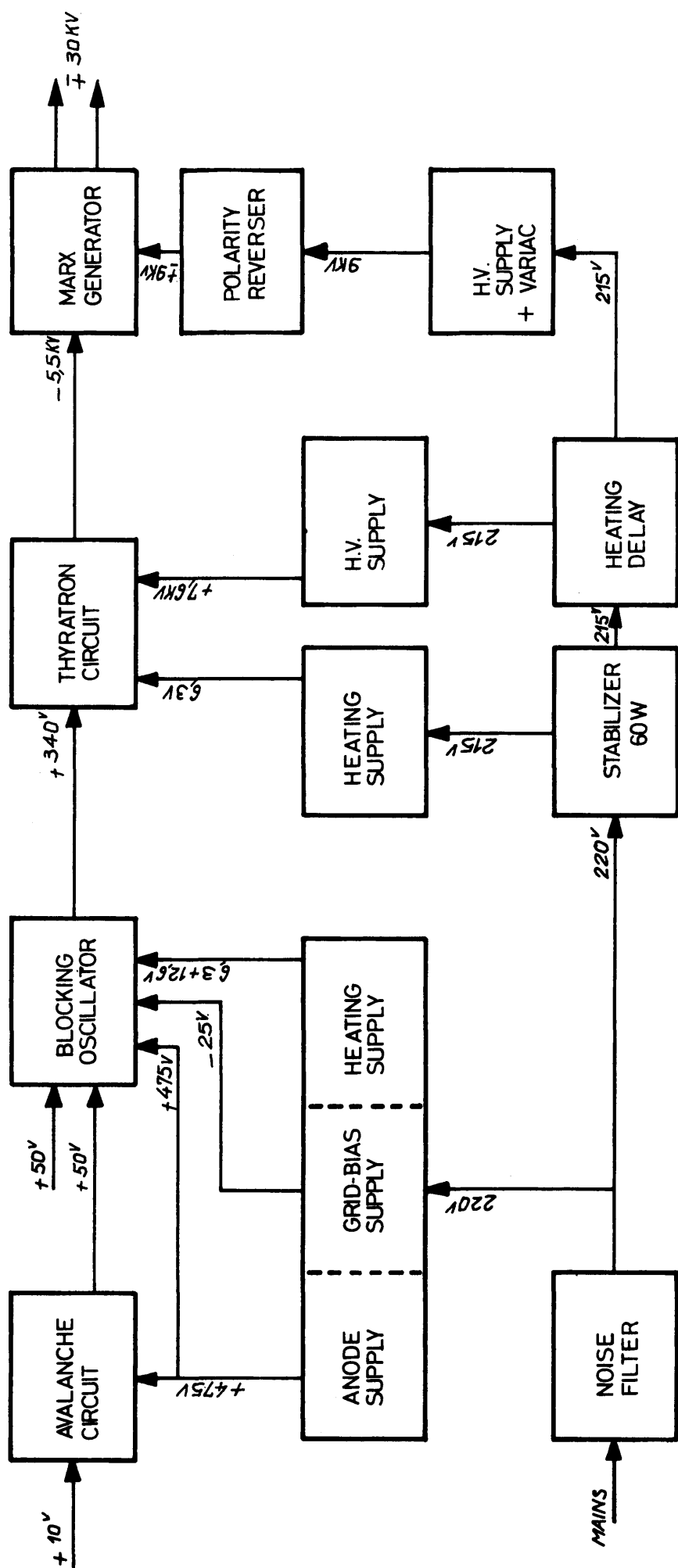
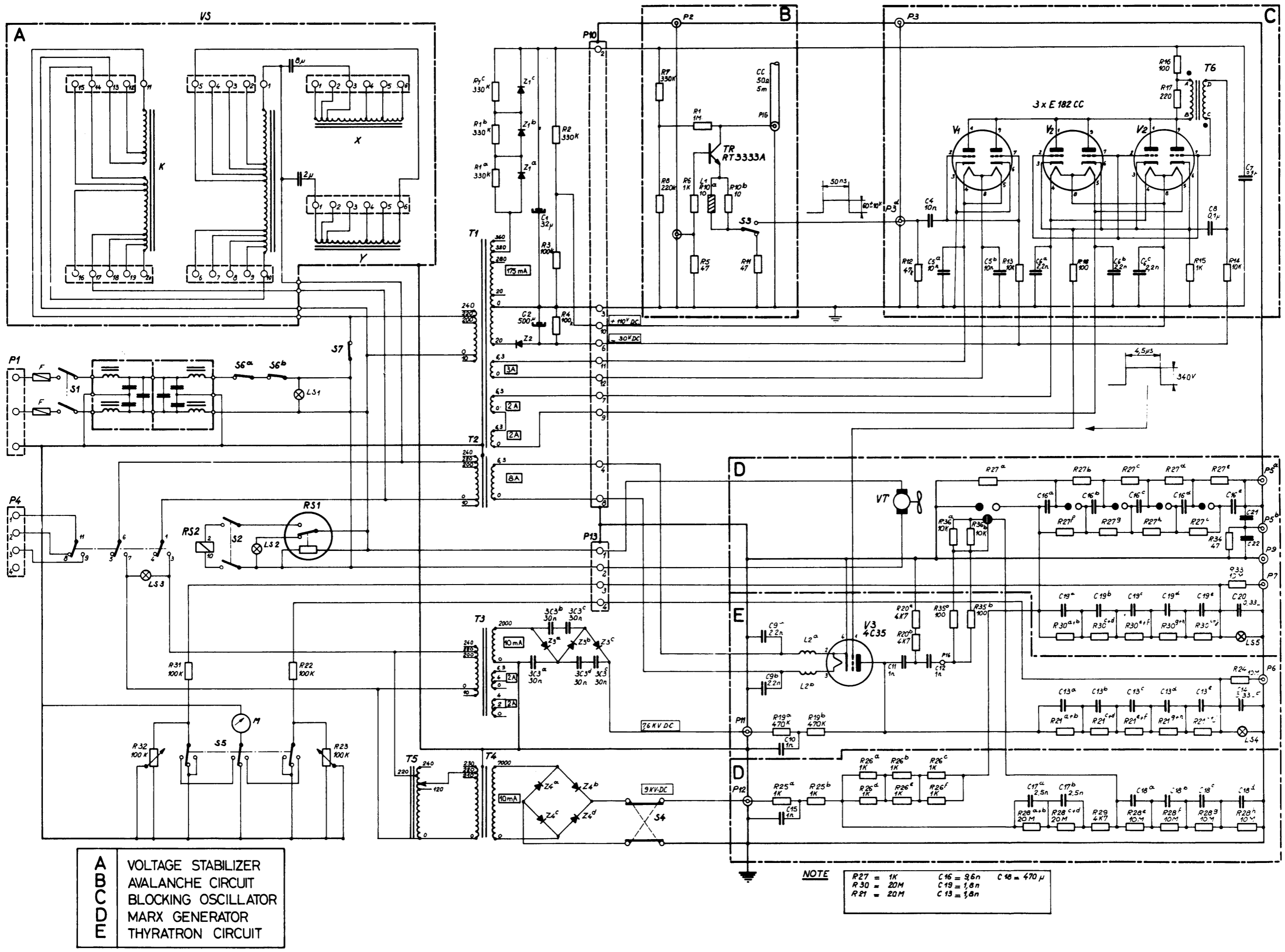


FIG. 5.1 Block diagram of the Marx-Trigger



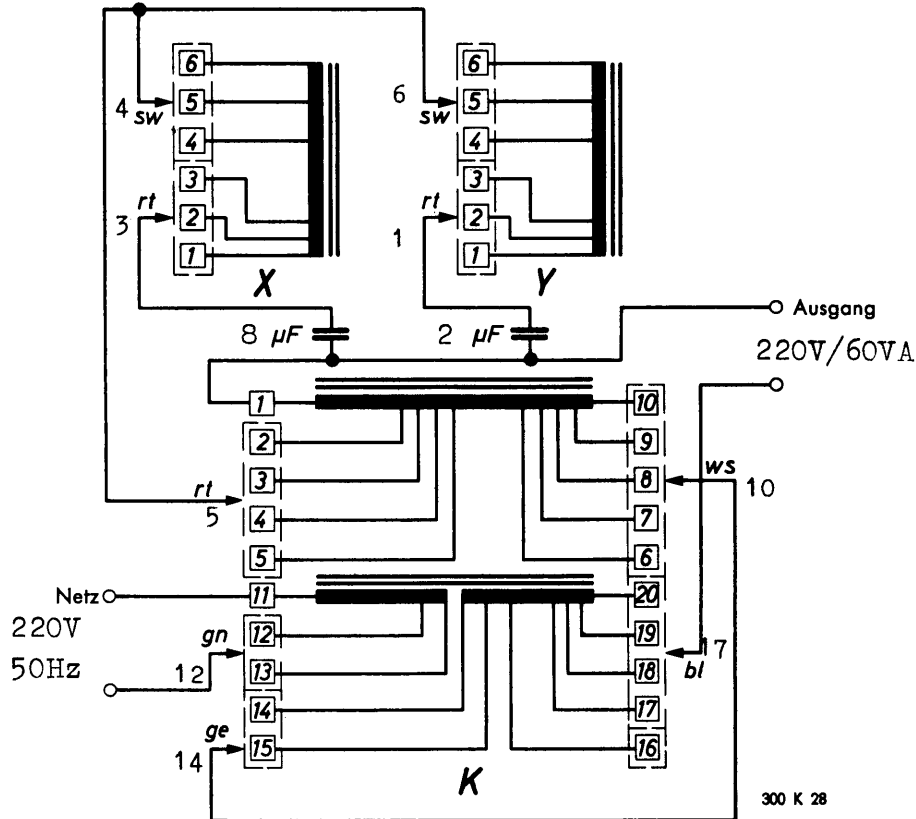
A VOLTAGE STABILIZER  
 B AVALANCHE CIRCUIT  
 C BLOCKING OSCILLATOR  
 D MARX GENERATOR  
 E THYRATRON CIRCUIT

NOTE  
 R27 = 1K      C16 = 9.6n      C18 = 470 μ  
 R30 = 20M    C19 = 1.8n  
 R21 = 20M    C13 = 1.8n

FIG. 5.2 MARX TRIGGER CIRCUIT

**Schaltbild**

(KS; eine Netzspannung)



**Abgleichmöglichkeiten**

**Regeltendenz:** Wenn die Ausgangsspannung bei steigender Netzspannung fällt, so ist Kge in Richtung 16, bzw. Kbl in Richtung 17 zu verschieben (Kbl = Feinabgleich). Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Ausgangsspannungshöhe sich ändert.

**Regelersatz:** Setzt die Regelung zu spät ein, so ist Kgn in Richtung 12 zu verschieben.

**Spannungshöhe:** Ist die Ausgangsspannung zu hoch, so ist Kws in Richtung 6 zu verschieben.

Wird der Punkt Krt verschoben, so ändern sich die Spannungshöhe und die Regeltendenz.

Eine Verschiebung der Punkte xsw, xrt, ysw und yrt hat eine Änderung des Oberwellengehaltes der Ausgangsspannung zur Folge.

- |                   |                       |                |
|-------------------|-----------------------|----------------|
| Krt = 2, 3, 4, 5; | Kws = 6, 7, 8, 9, 10; | Kgn = 12, 13;  |
| Kge = 14, 15, 16; | Kbl = 17, 18, 19, 20; | ysw = 4, 5, 6; |
| xrt = 1, 2, 3;    | xsw = 4, 5, 6;        | yrt = 1, 2, 3; |

Fig 5.3

Technische Hinweise, siehe Rückseite

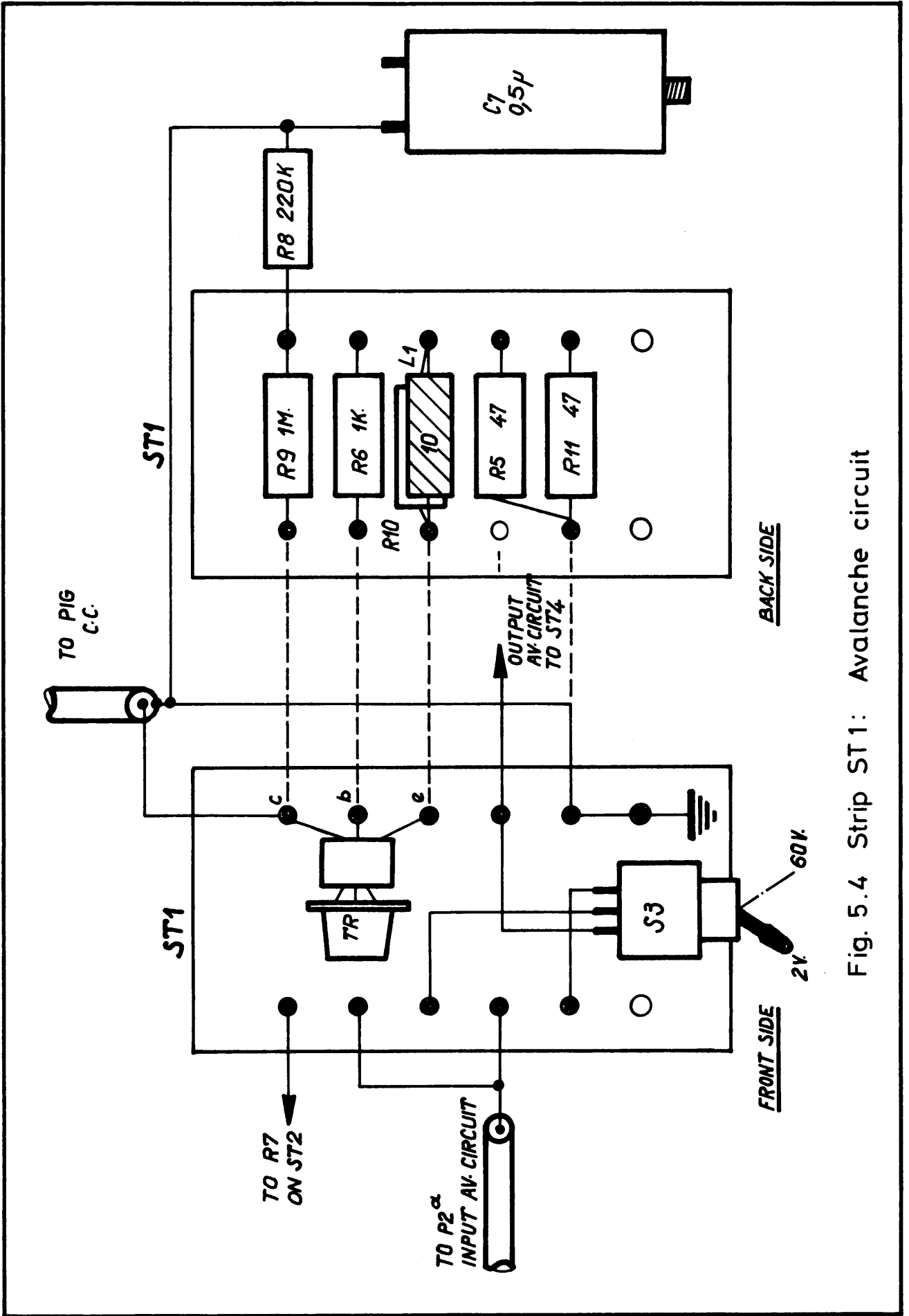
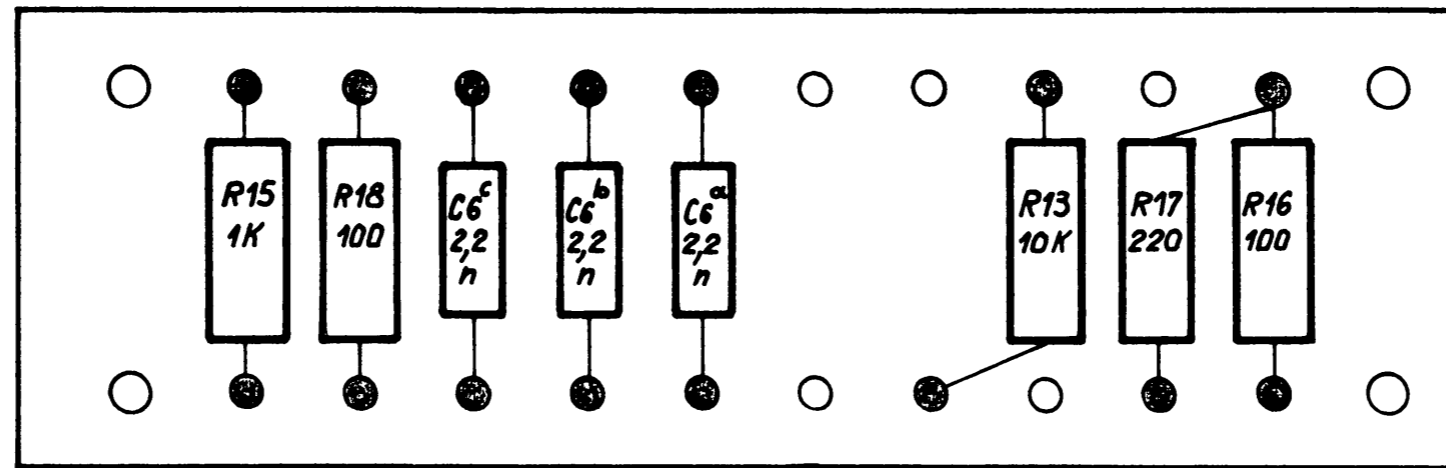
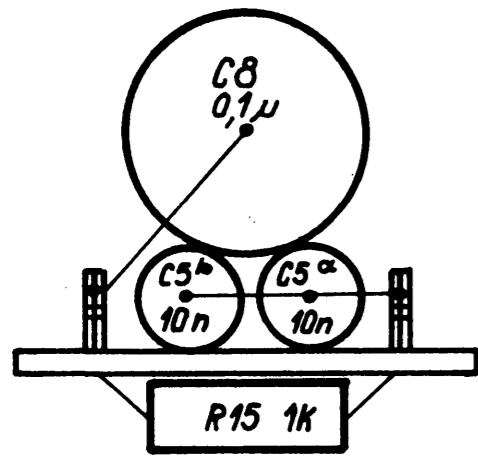


Fig. 5.4 Strip ST1: Avalanche circuit

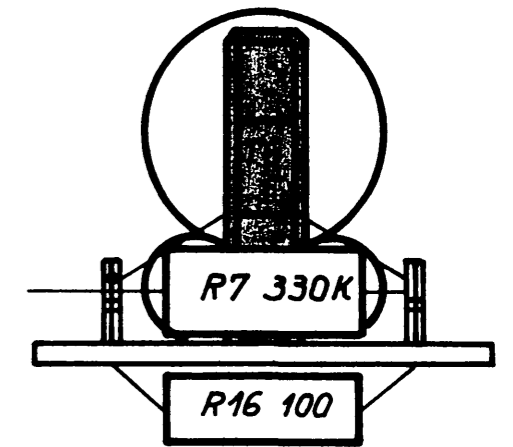
ST2



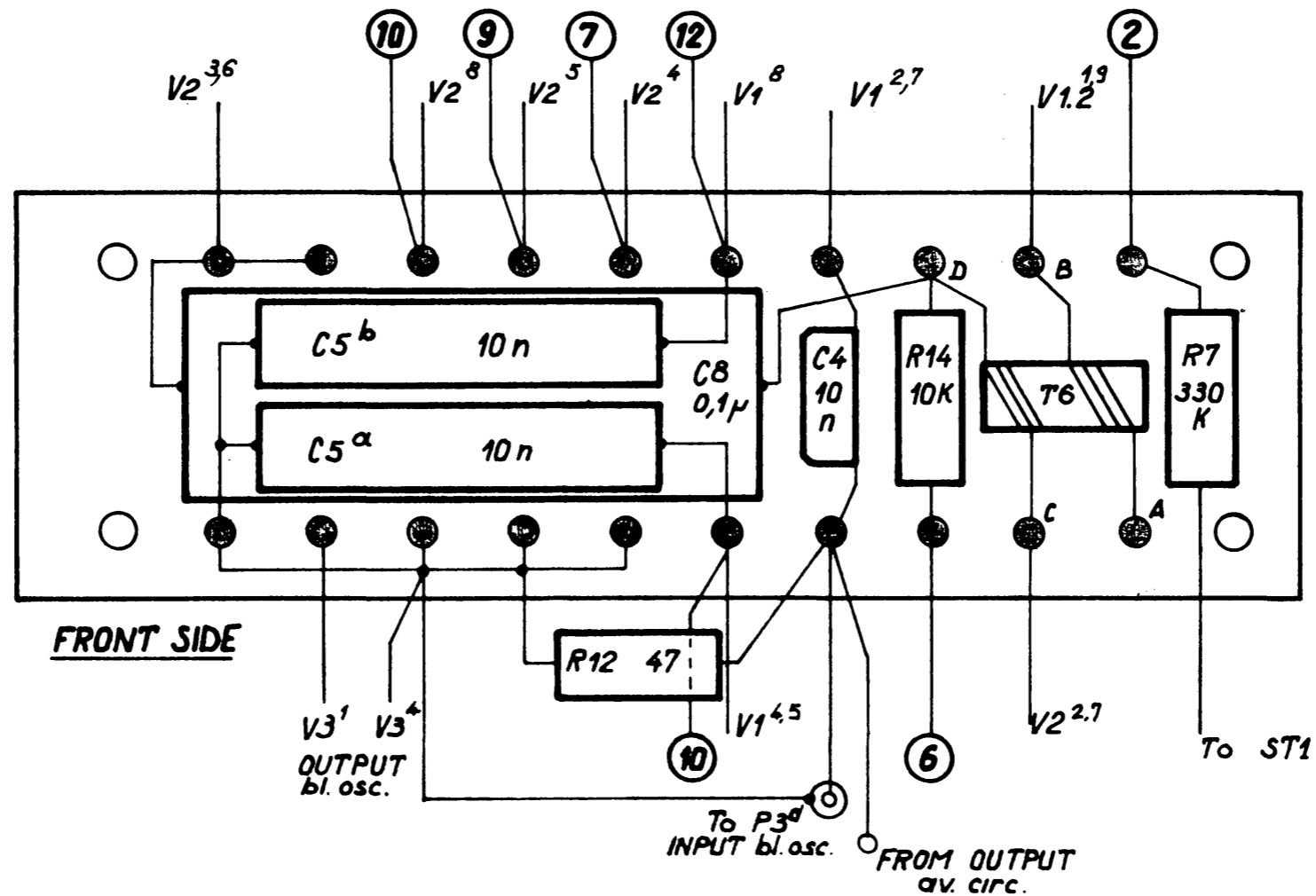
BACK SIDE



SIDE VIEW



SIDE VIEW



FRONT SIDE

Fig. 5.5 ST 2: Blocking oscillator circuit

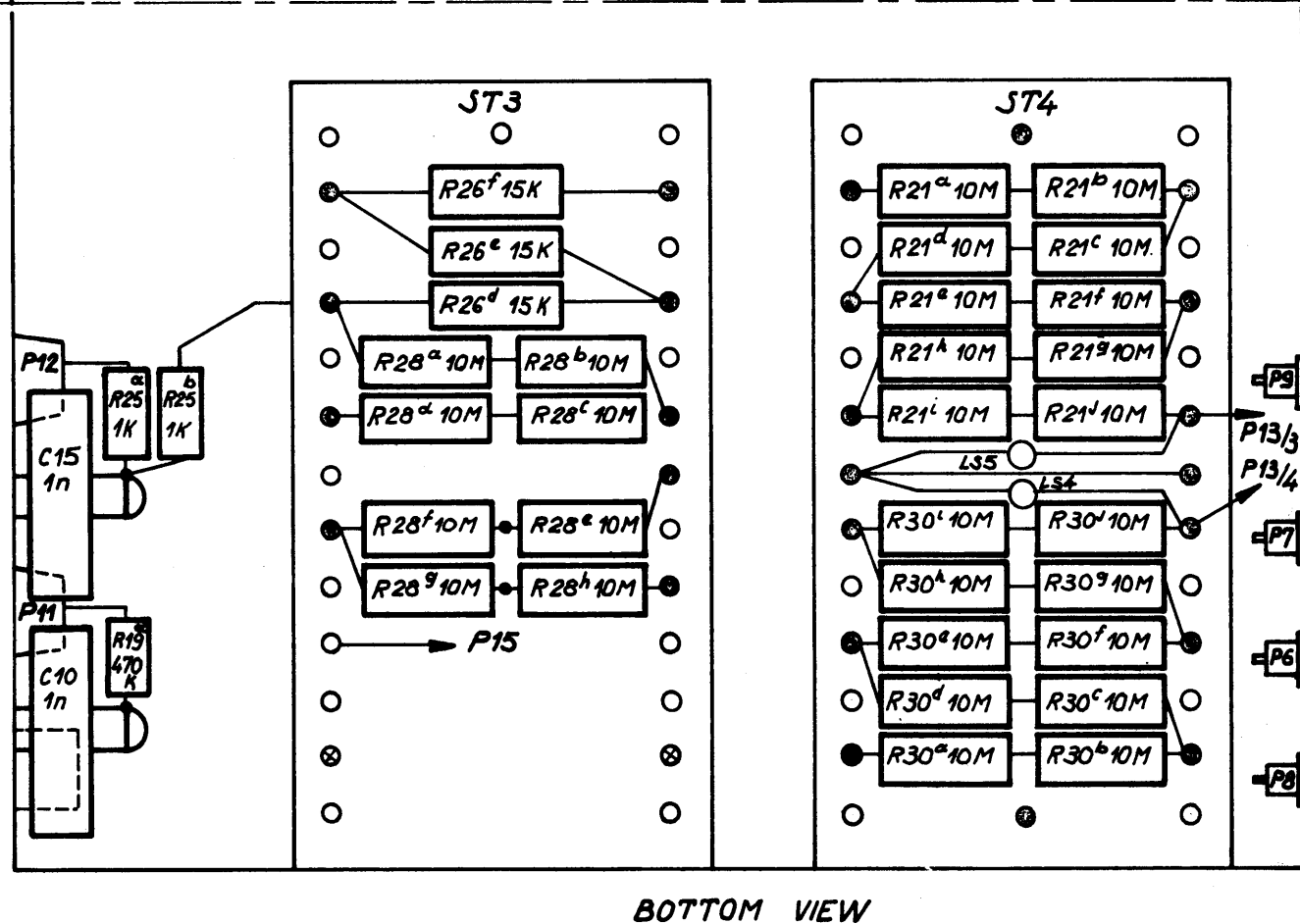
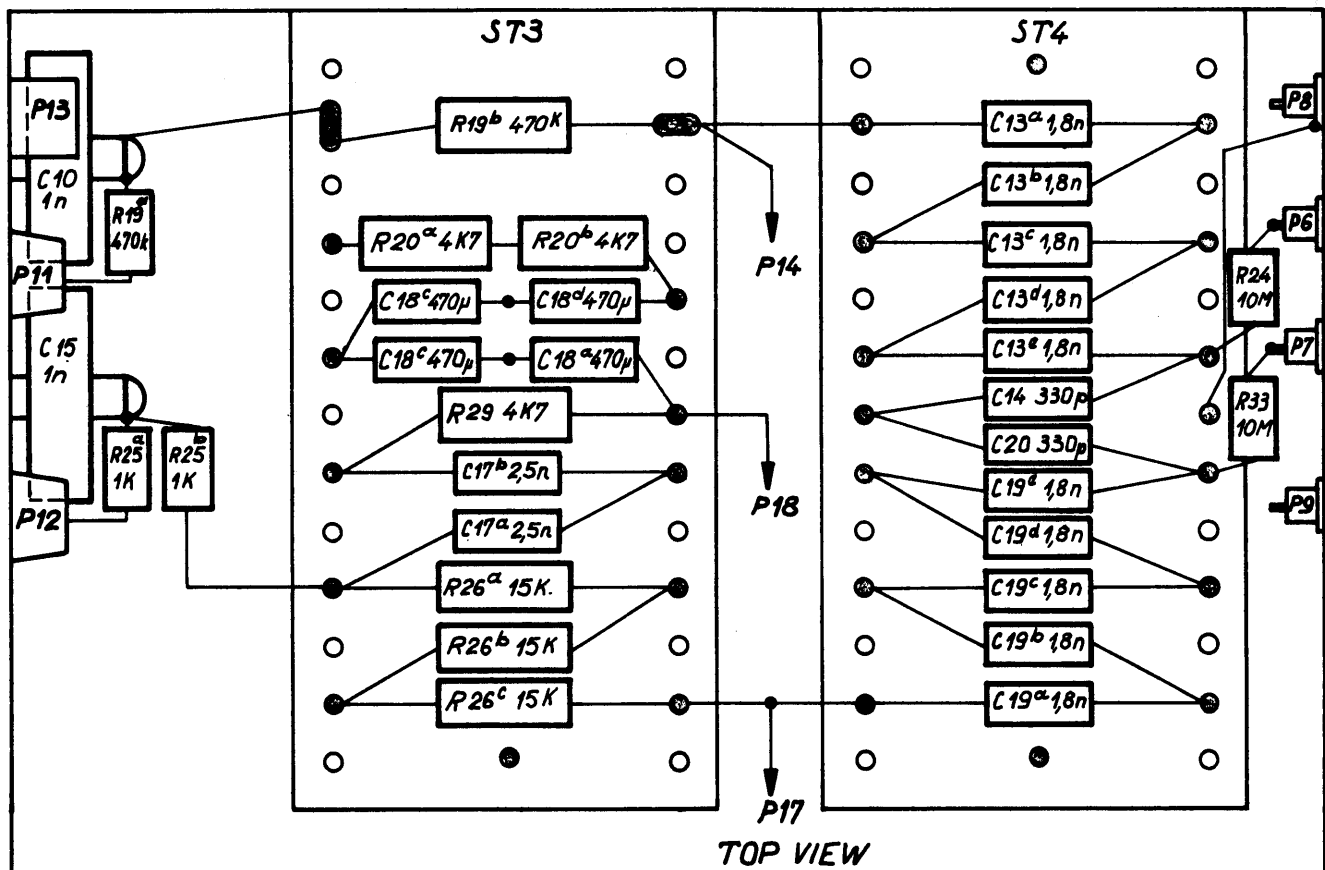
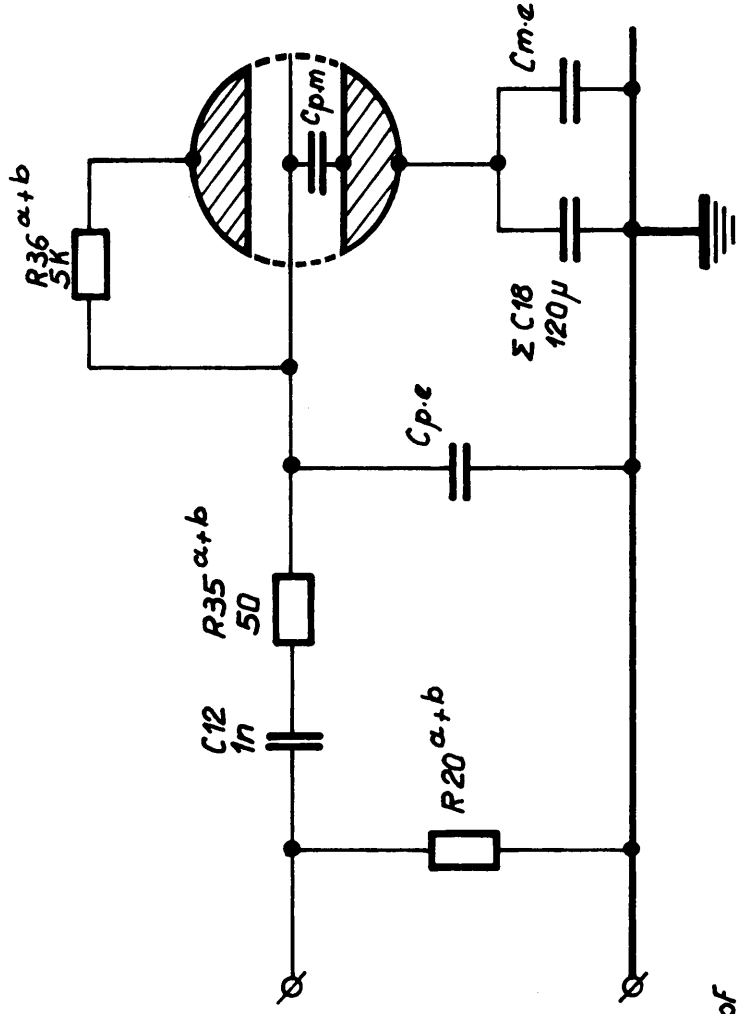
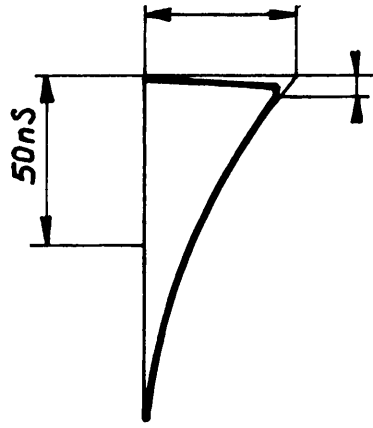


FIG. 5.6 LOCATION OF THYRATRON AND M.G. CIRCUIT COMPONENTS





$C_{p.e}$  = Trigger pin to earth capacity  $\approx 10\text{pF}$

$C_{p.m}$  = Trigger pin to middle el. cap  $\approx 10\text{pF}$

$C_{m.e}$  = Middle el. to earth capacity  $\approx 10\text{pF}$

Fig. 5.7 Trigger of the first gap

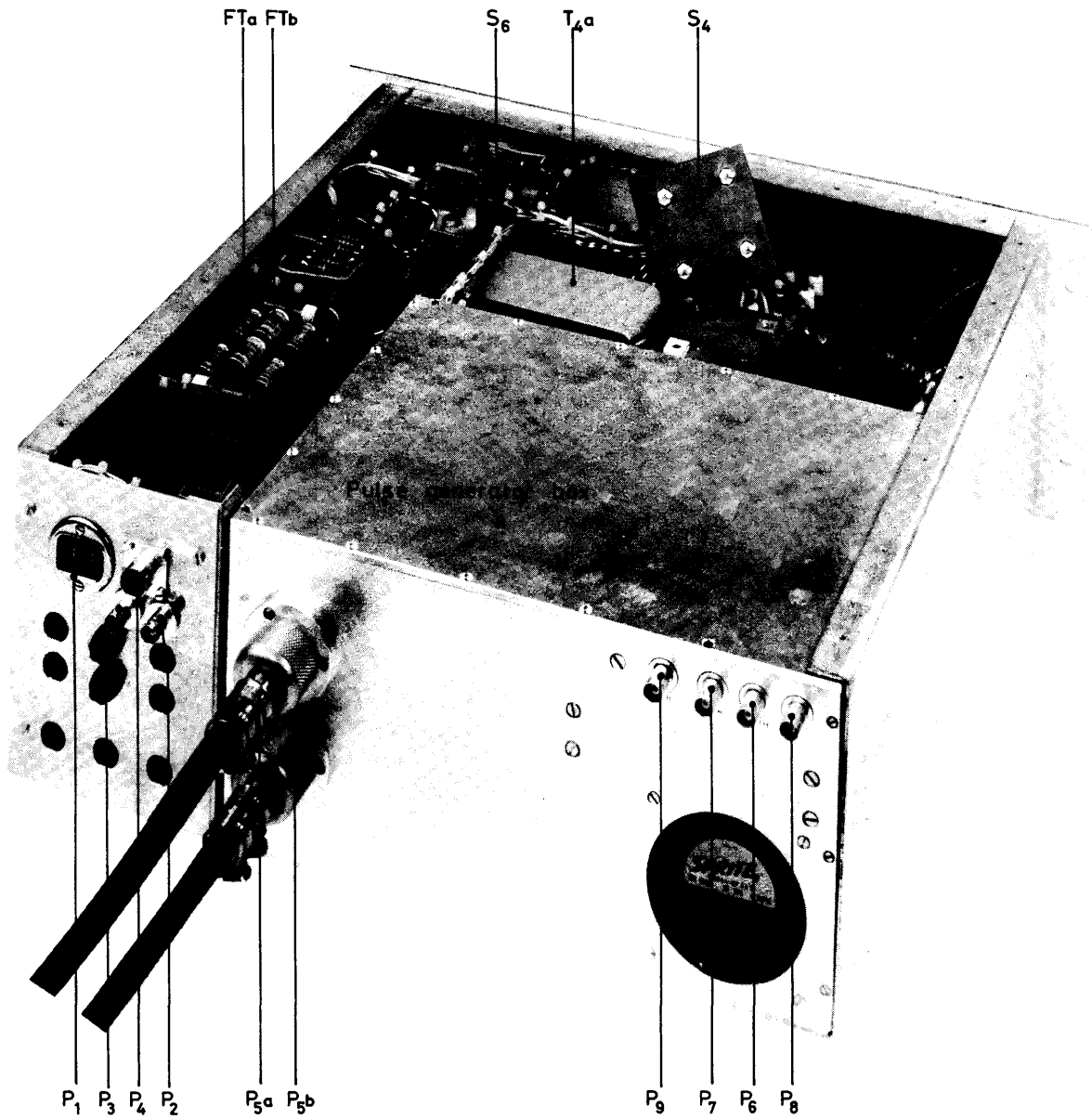
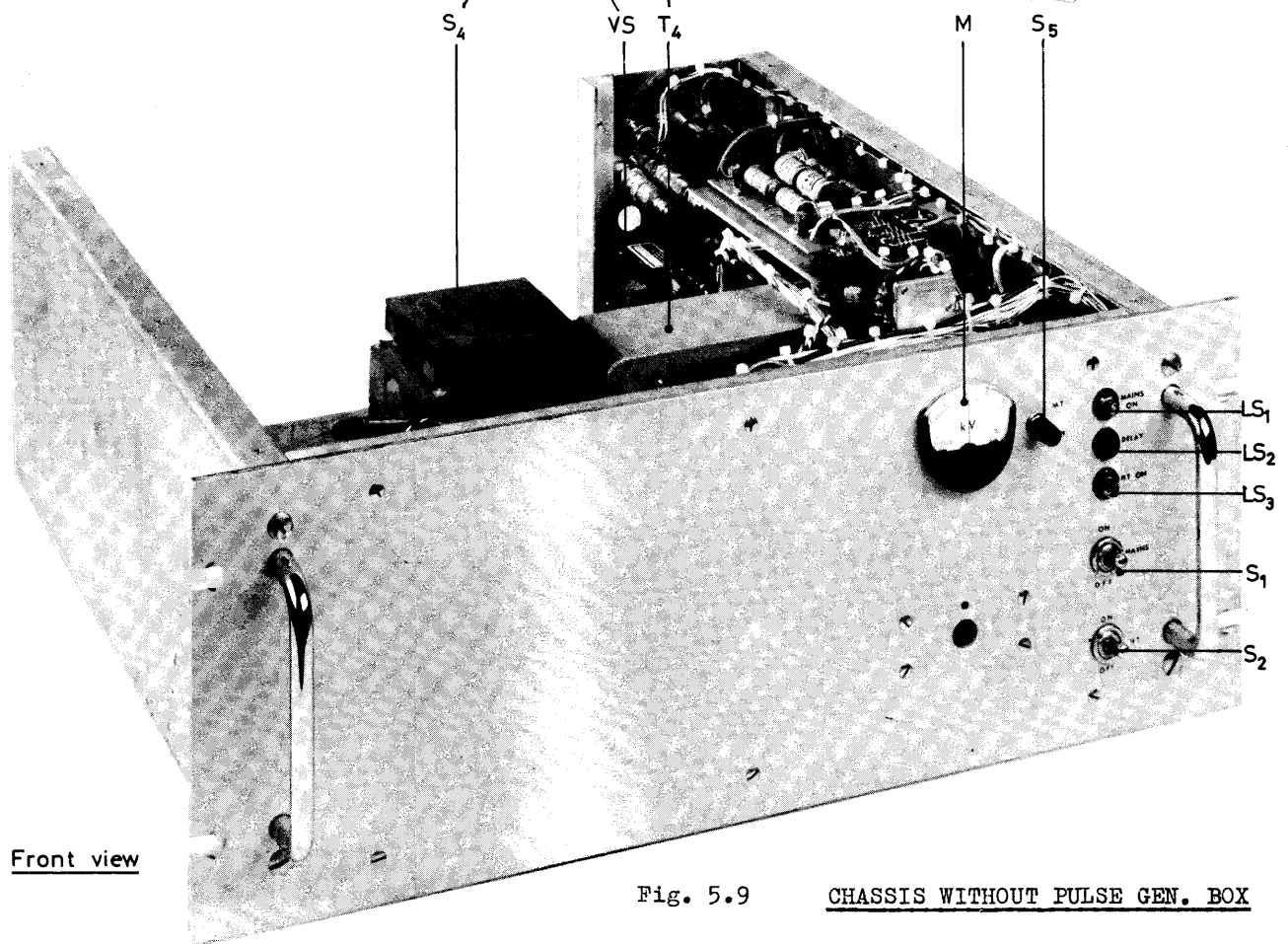
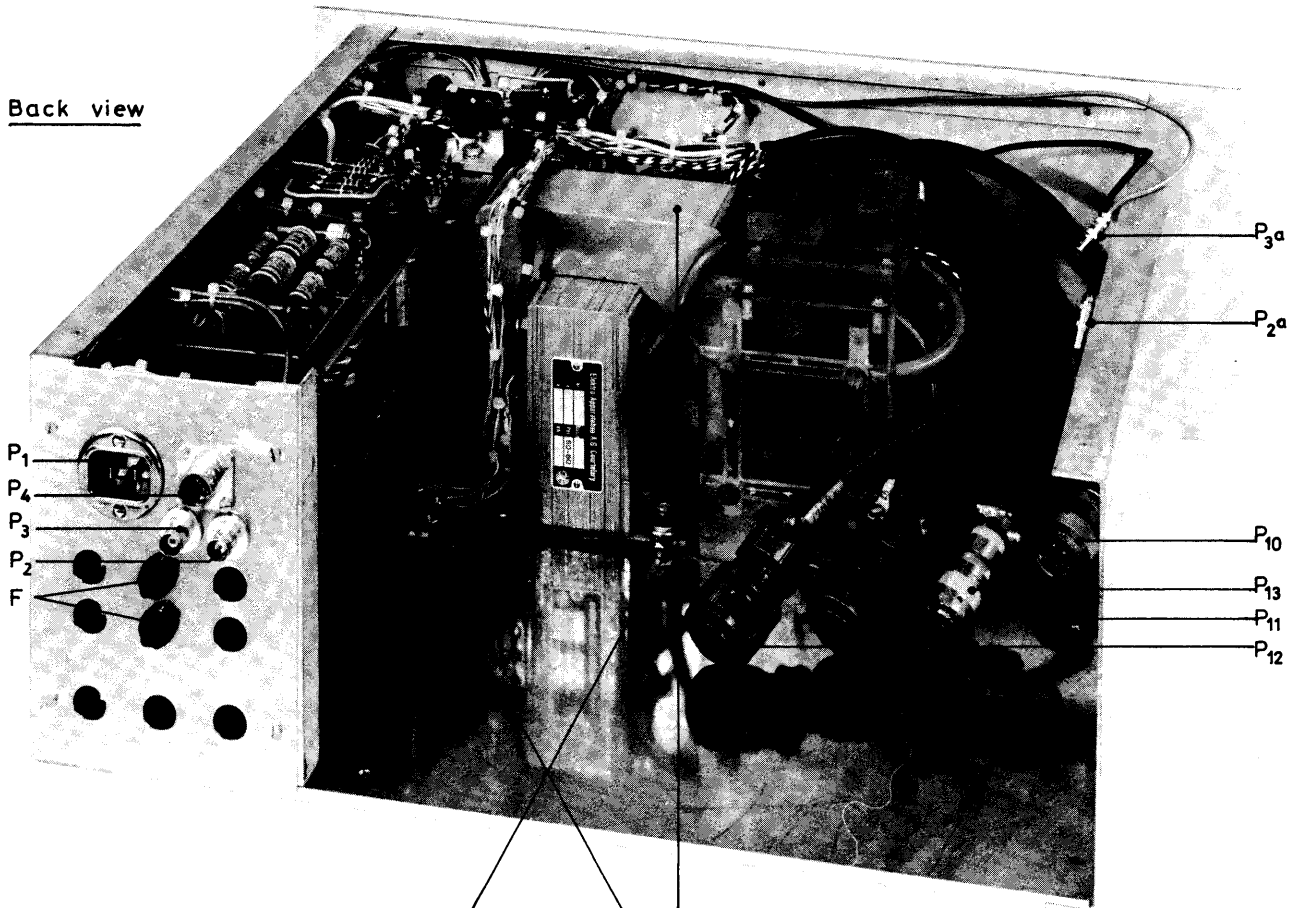


Fig. 5.8 MARX-TRIGGER WITH LID OFF (BACK VIEW)

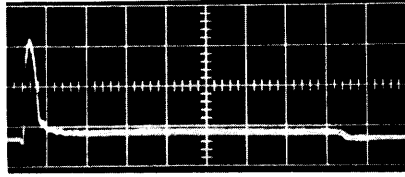
Back view



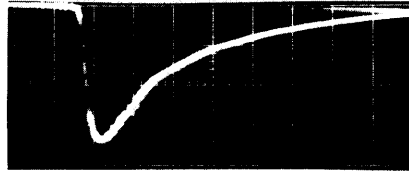
Front view

Fig. 5.9

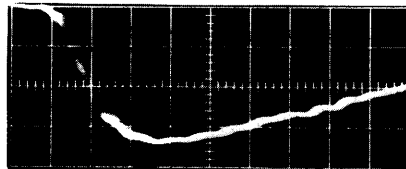
CHASSIS WITHOUT PULSE GEN. BOX



OUTPUT PULSE OF BLOCKING OSCILLATOR  
(GRID THYRATRON)  
200V/div. 200 ns/div.



OUTPUT PULSE OF MARX TRIGGER  
(LOADED WITH 50 OHMS)  
40 kV/div. 50 ns/div.



OUTPUT PULSE OF MARX TRIGGER  
(LOADED WITH 50 OHMS)  
40 kV/div. 10 ns/div.

FIG. 5.10 OSCILLOGRAMM OF TYPICAL PULSES

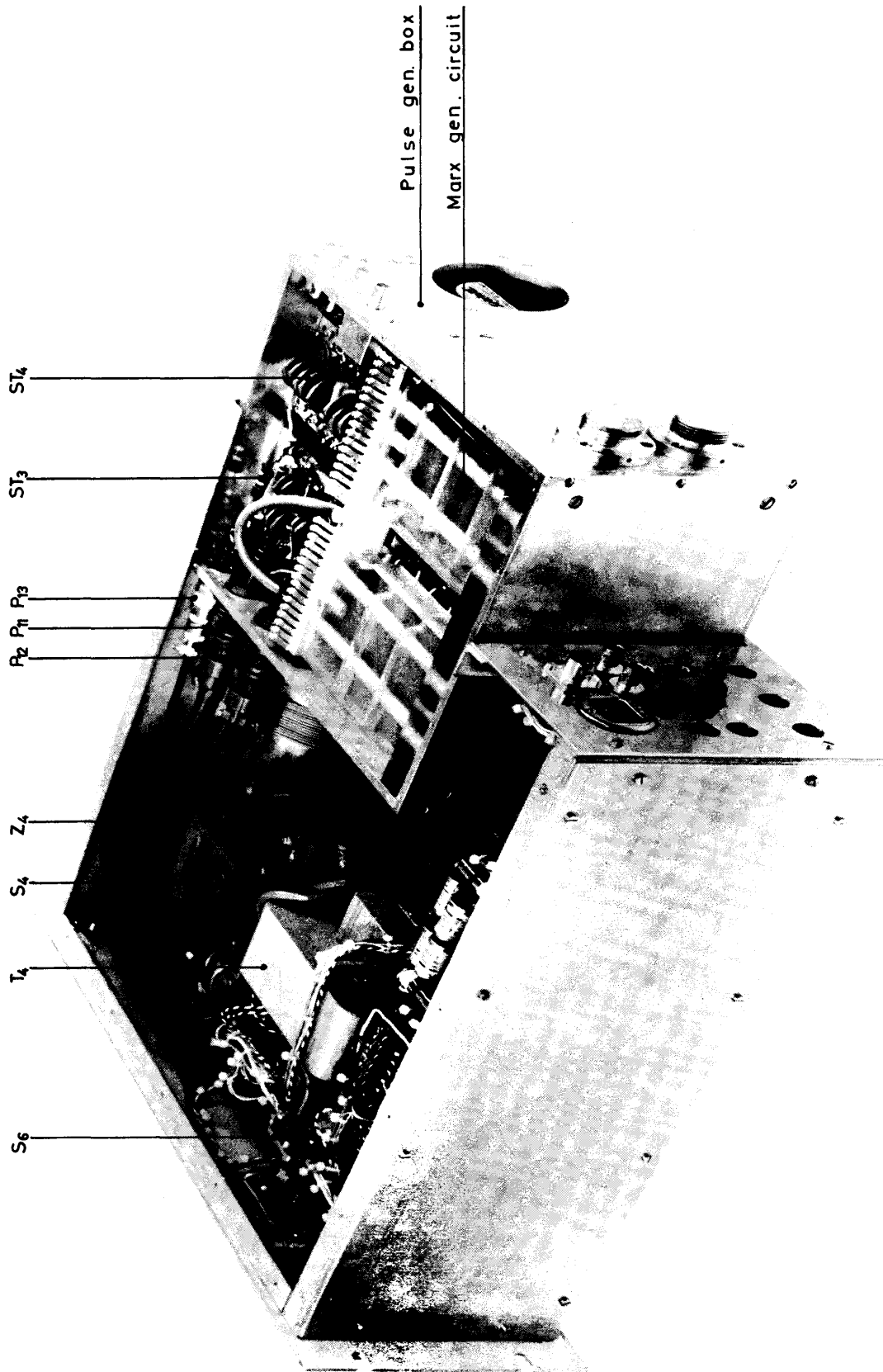


Fig. 5.11 MARX-TRIGGER WITH PULSE-GEN. BOX PARTLY REMOVED

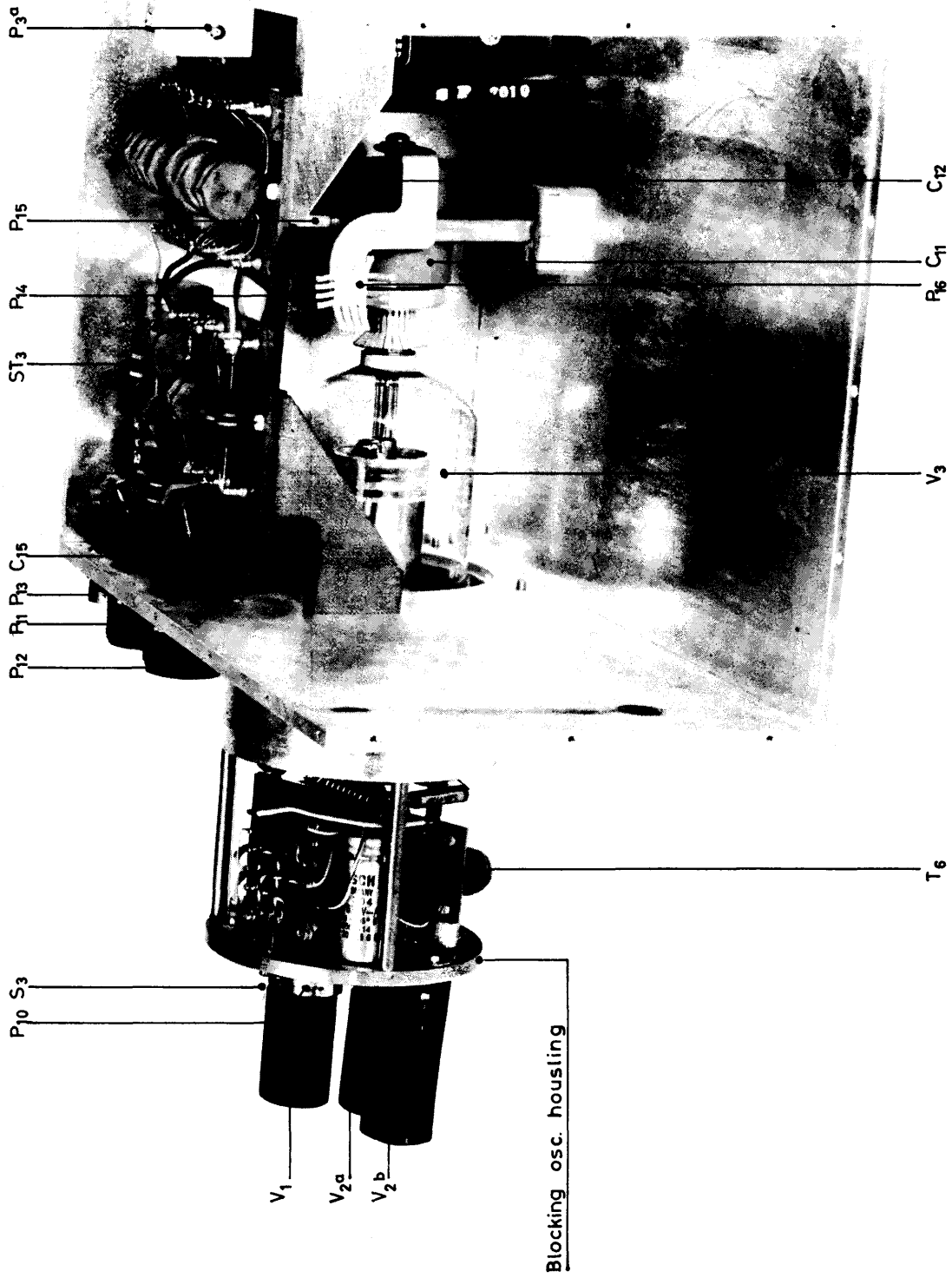


Fig. 5.12 PULSE GENERATOR BOX WITH MARX-GEN. CIRCUIT REMOVED

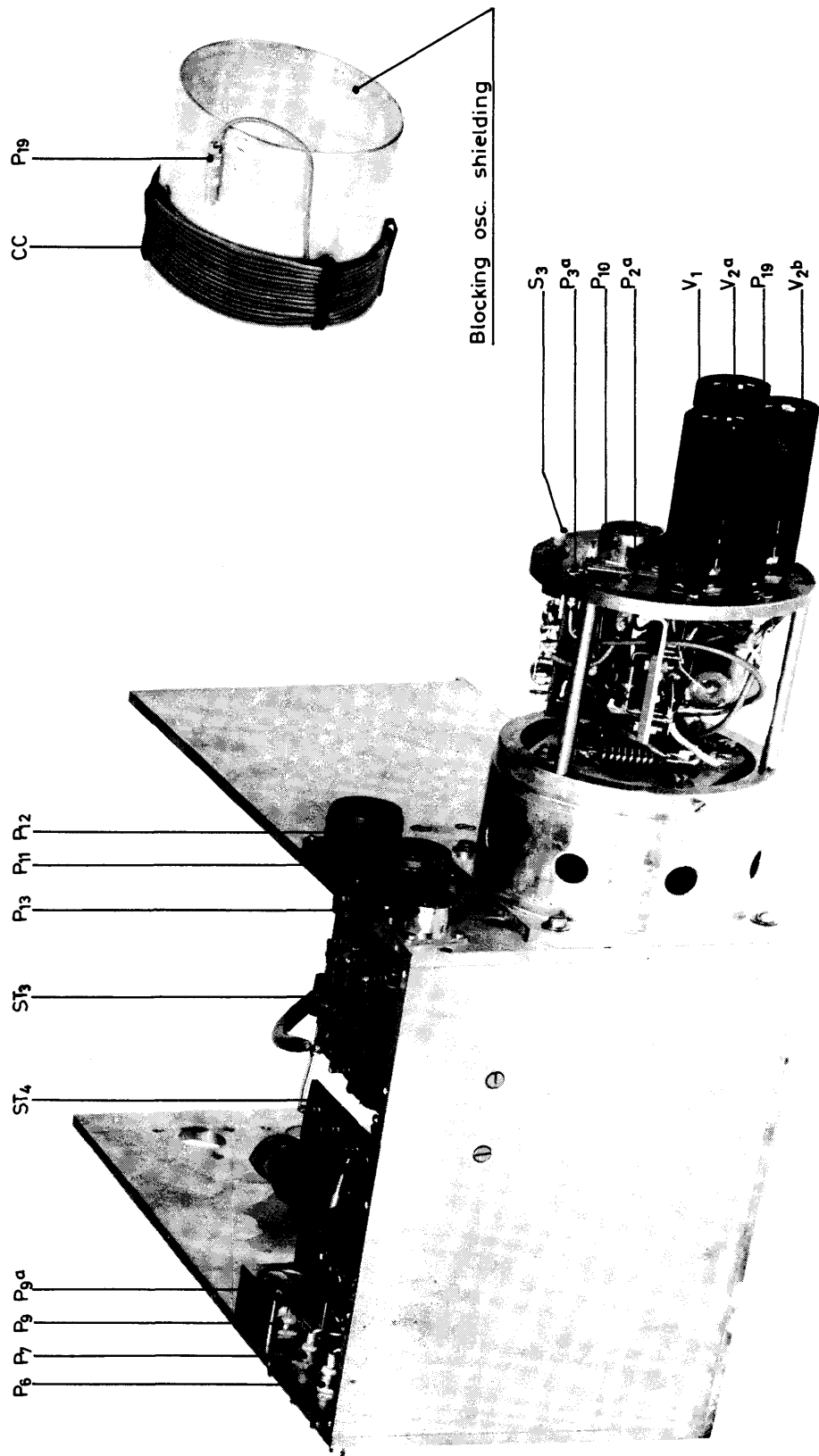


Fig. 5.13 PULSE GEN. BOX WITH MARK.GEN. CIRCUIT REMOVED

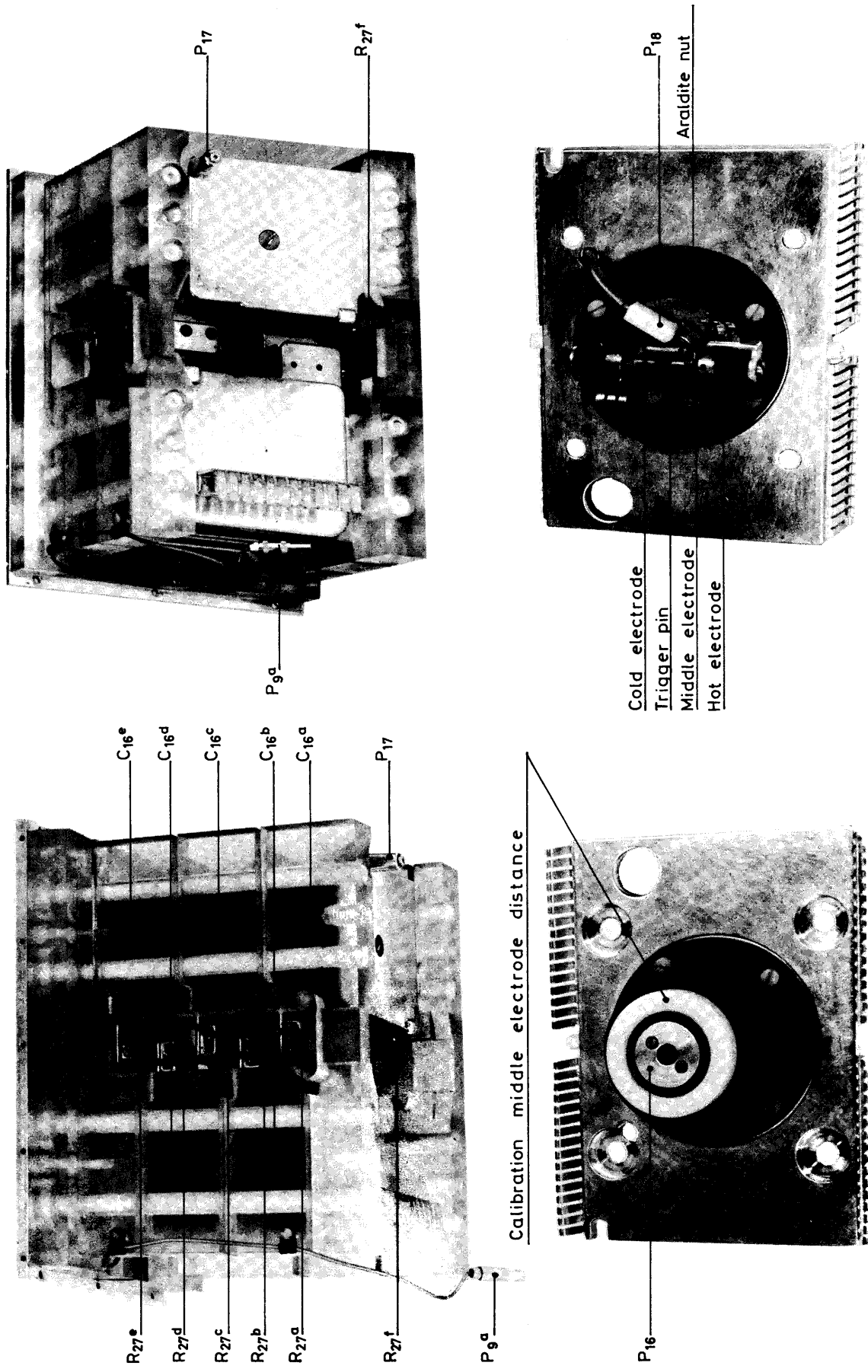
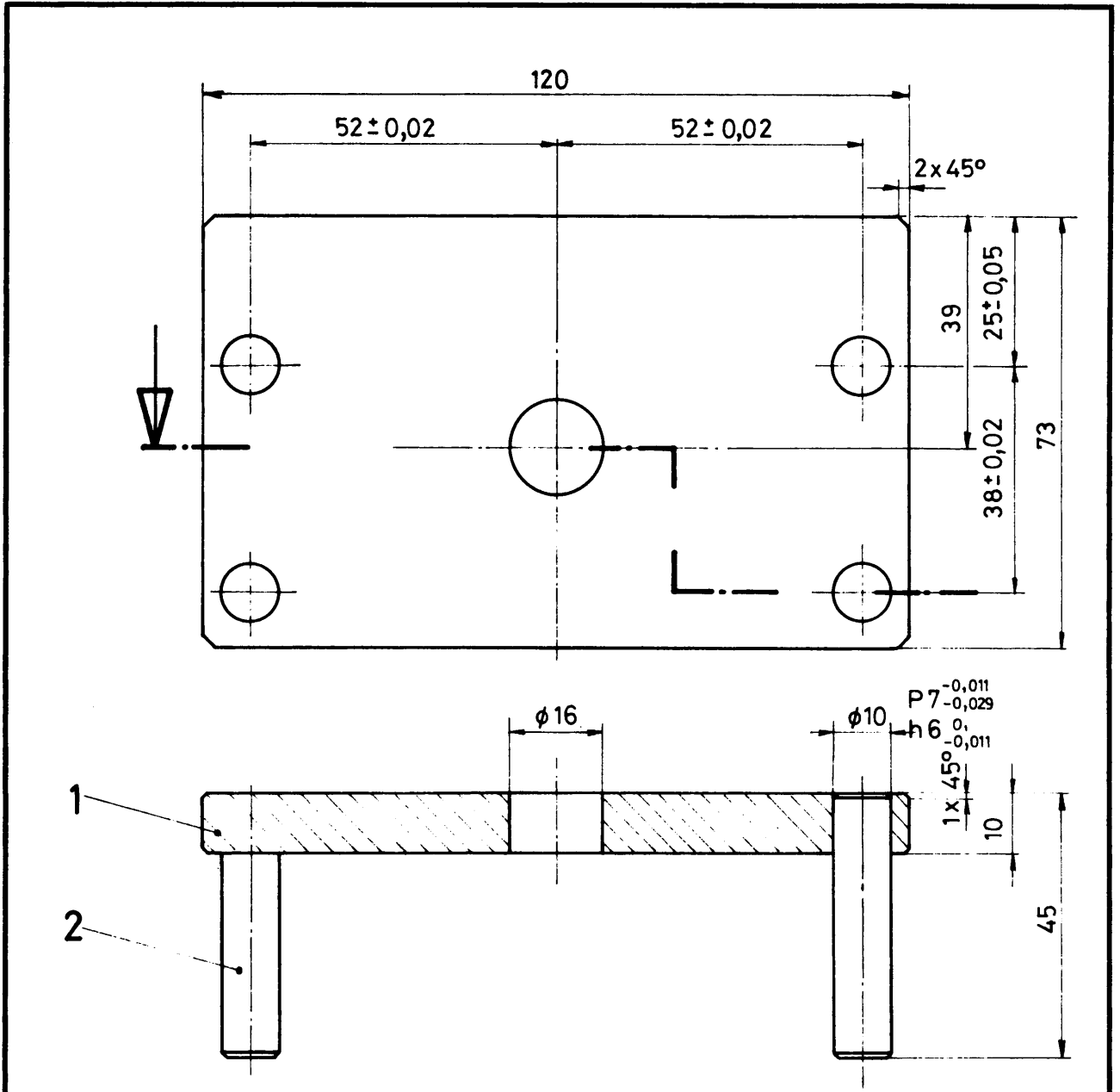


FIG. 5.14 MARX GEN. CIRCUIT WITH TRIGGER SYSTEM OF THE FIRST SPARKGAP DISMOUNTED

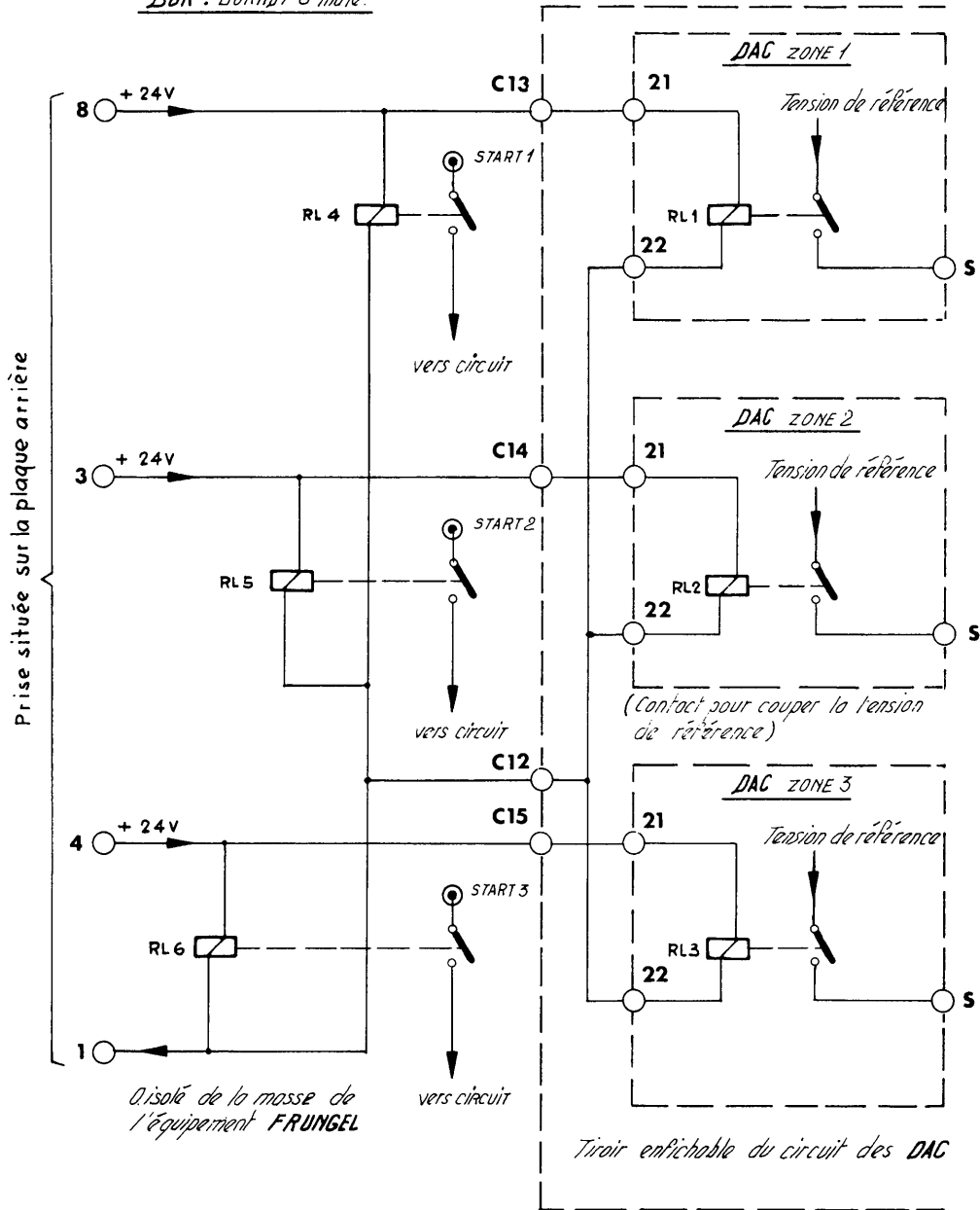




**FIG. 5.15**

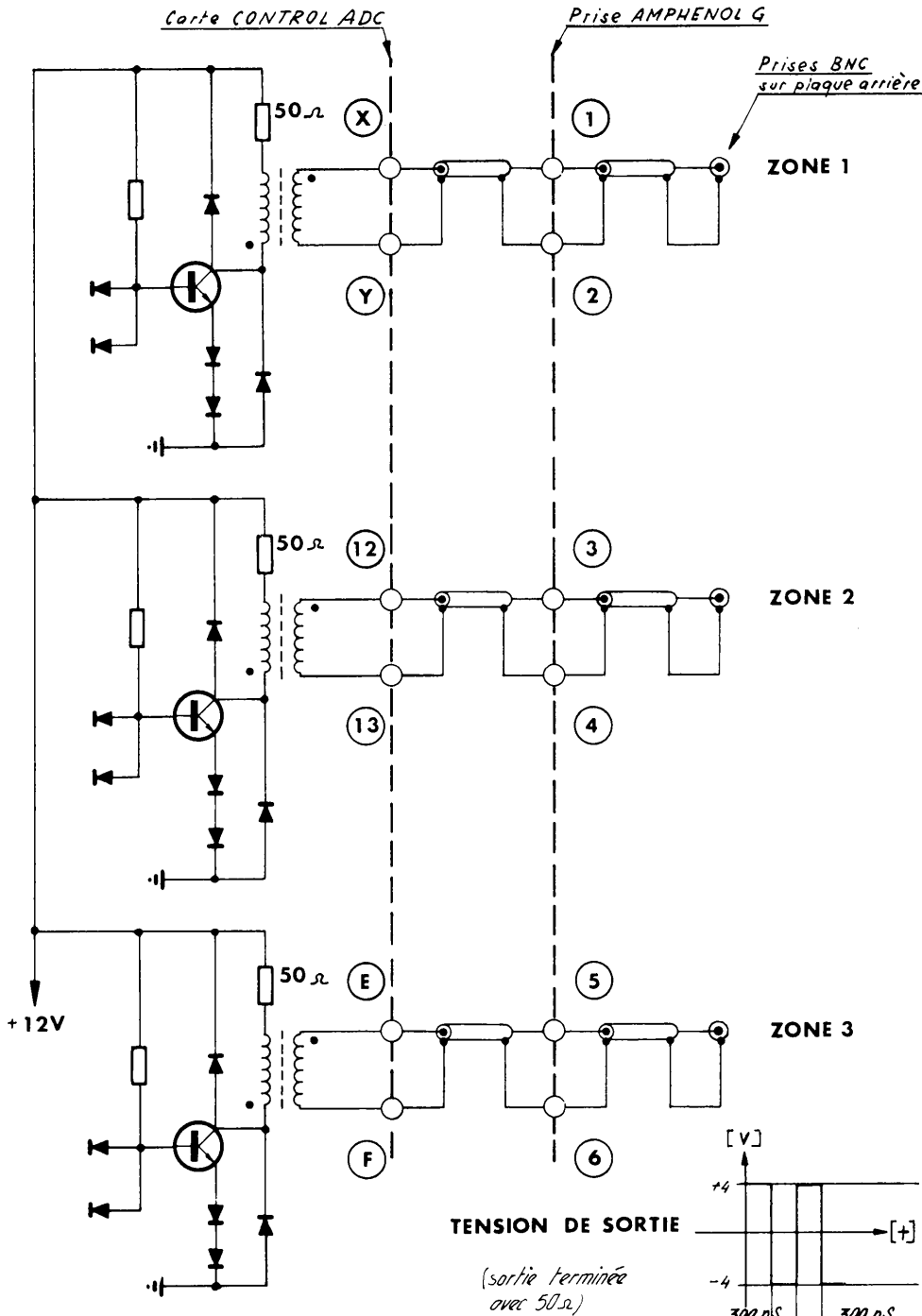
		4	Goupille $\phi$ 10 x 45	2	Ac. Ag.	trempe		
		1	Plaque	1	Laiton 58			
Nombre de pièces		Désignation			Pos.	Matière	Observations	
III	II	I	Mod.	Date	Nom		Tolérances générales	
			A				de 0 à 120 $\pm$ 0,2	
			B				de à $\pm$	
			C				de à $\pm$	
			Ensemble 236-261-0		S. Ensemble		Dessiné 18-2-1969 <i>Pantic</i>	
			STRAIGHT-FLUSH				Echelle	Contrôlé <i>A. King</i>
			GABARIT DE MONTAGE POUR „MARX TRIGGER”				1:1	Vu
			ORGANISATION EUROPÉENNE POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE <b>CERN</b> EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH				FES	Remplace
			1211 GENÈVE 23					Remplacé par
Dossier N°	Dossier N°	Dossier N°						236.336.4

BUR : BURNDY 8 male.

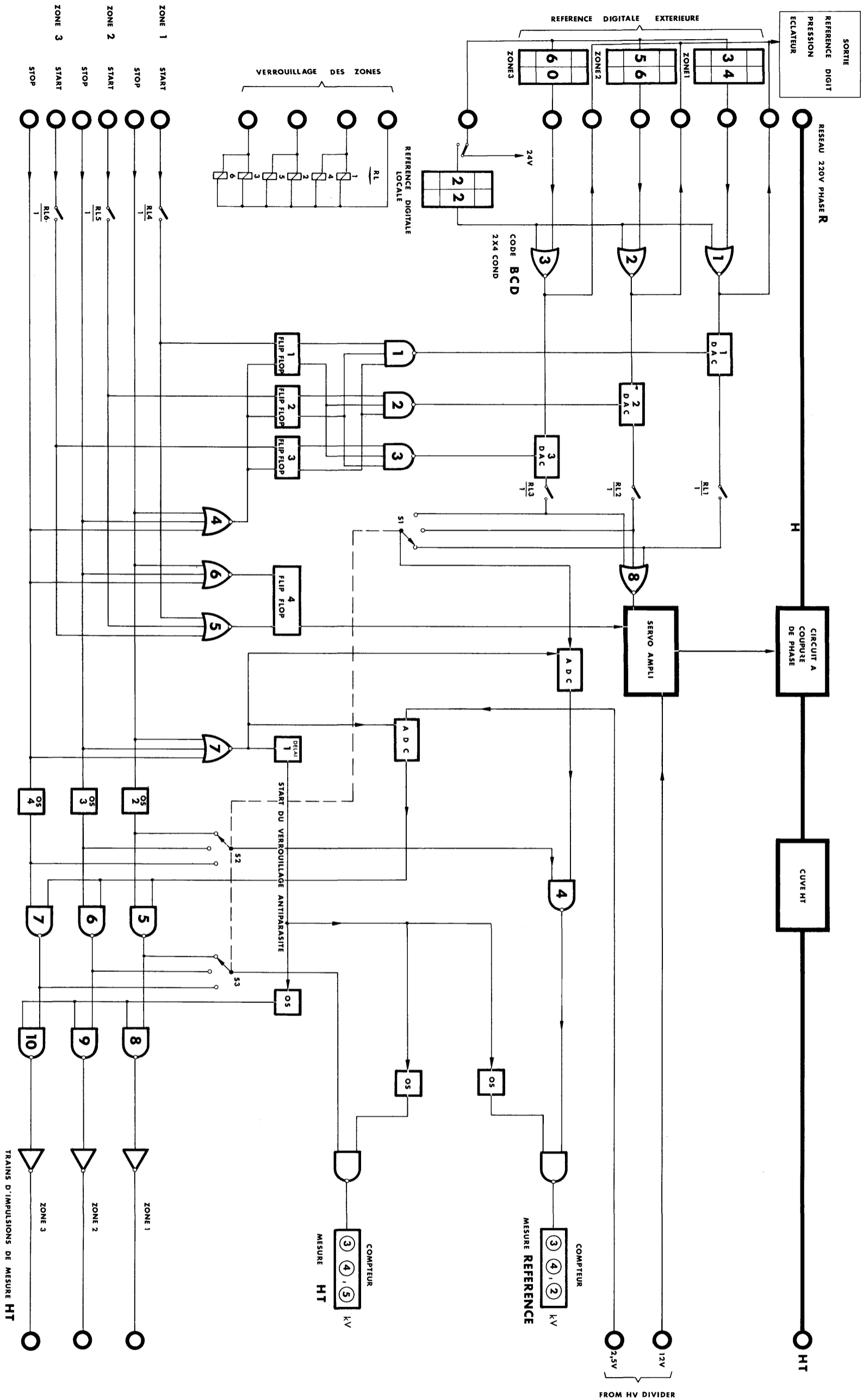


**NOTA** Tous les relais sont des Reed relay ERNI 11/11 - 4,9K $\Omega$

<b>OSF</b>	ALIMENTATION HAUTE TENSION	Modif. F	
	ENTREES DU VERROUILLAGE DES ZONES	Contrôle	Modif. E
		Modif. A	Modif. D
		Modif. B	Modif. C
		9.7.69	312 002
		K. Legeu	
		J. Paillard	

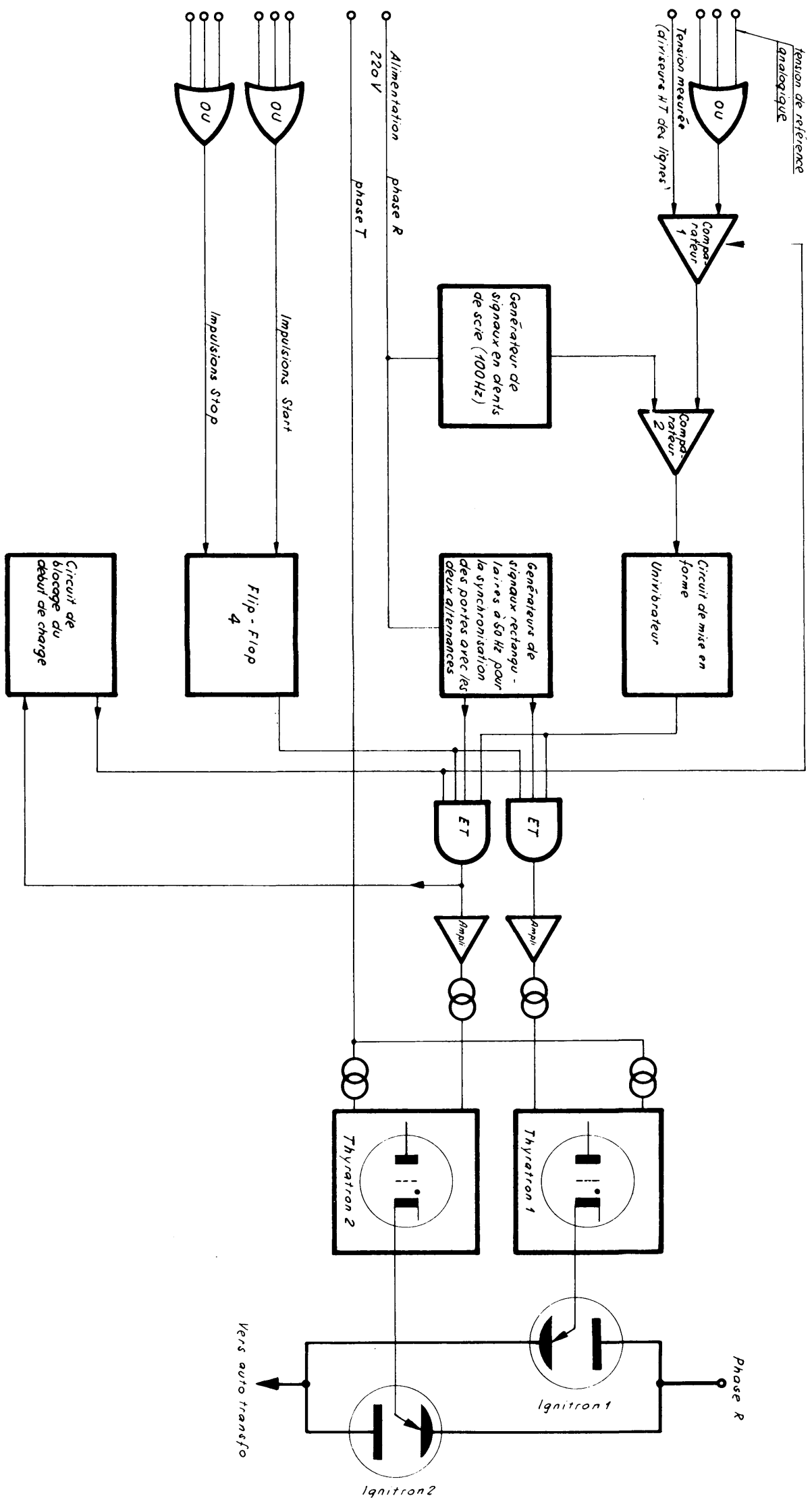


<b>OSF ALIMENTATION HAUTE TENSION</b>  <b>SORTIES DES TRAINS D'IMPULSIONS</b> <b>POUR LA MESURE H.T.</b>	Dessiné	9.7.69	K. Suga	Modif. F
	Contrôlé		g. Pailhard	Modif. E
	Modif. A			Modif. D
	Modif. B			Modif. C
<b>PS / FES</b>				<b>312 003</b>



**OSF – ALIMENTATION HAUTE TENSION**  
**CONTROLE ET AFFICHAGE**  
**BLOC DIAGRAMME**

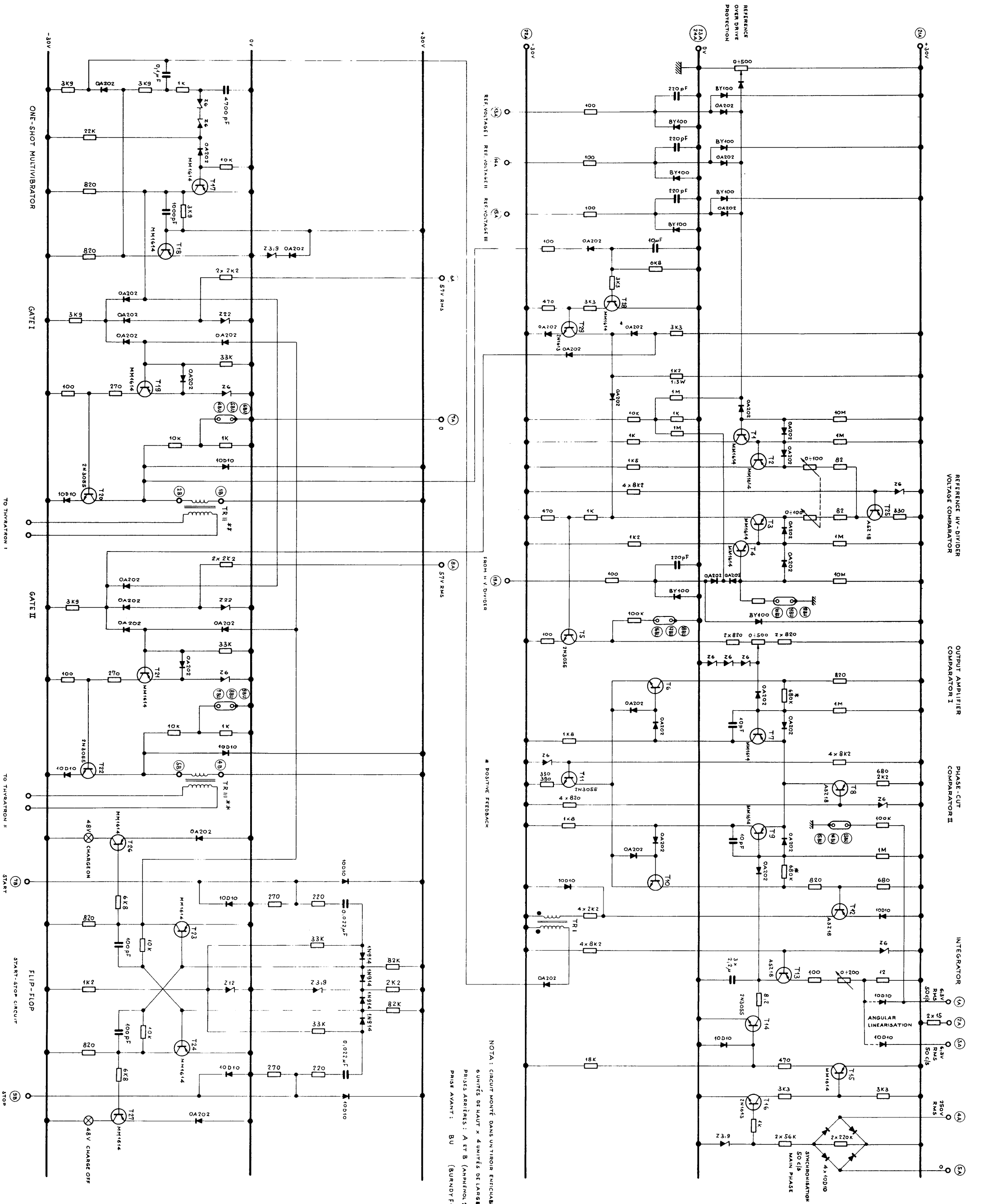
Dessiné	23.6.69	<i>H. Ferry</i>	Modif. F	
Contrôlé		<i>G. Paillard</i>	Modif. E	
Modif. A			Modif. D	
Modif. B			Modif. C	
<b>PS/FES</b>	<b>312 004</b>			



**OSF ALIMENTATION HAUTE TENSION**

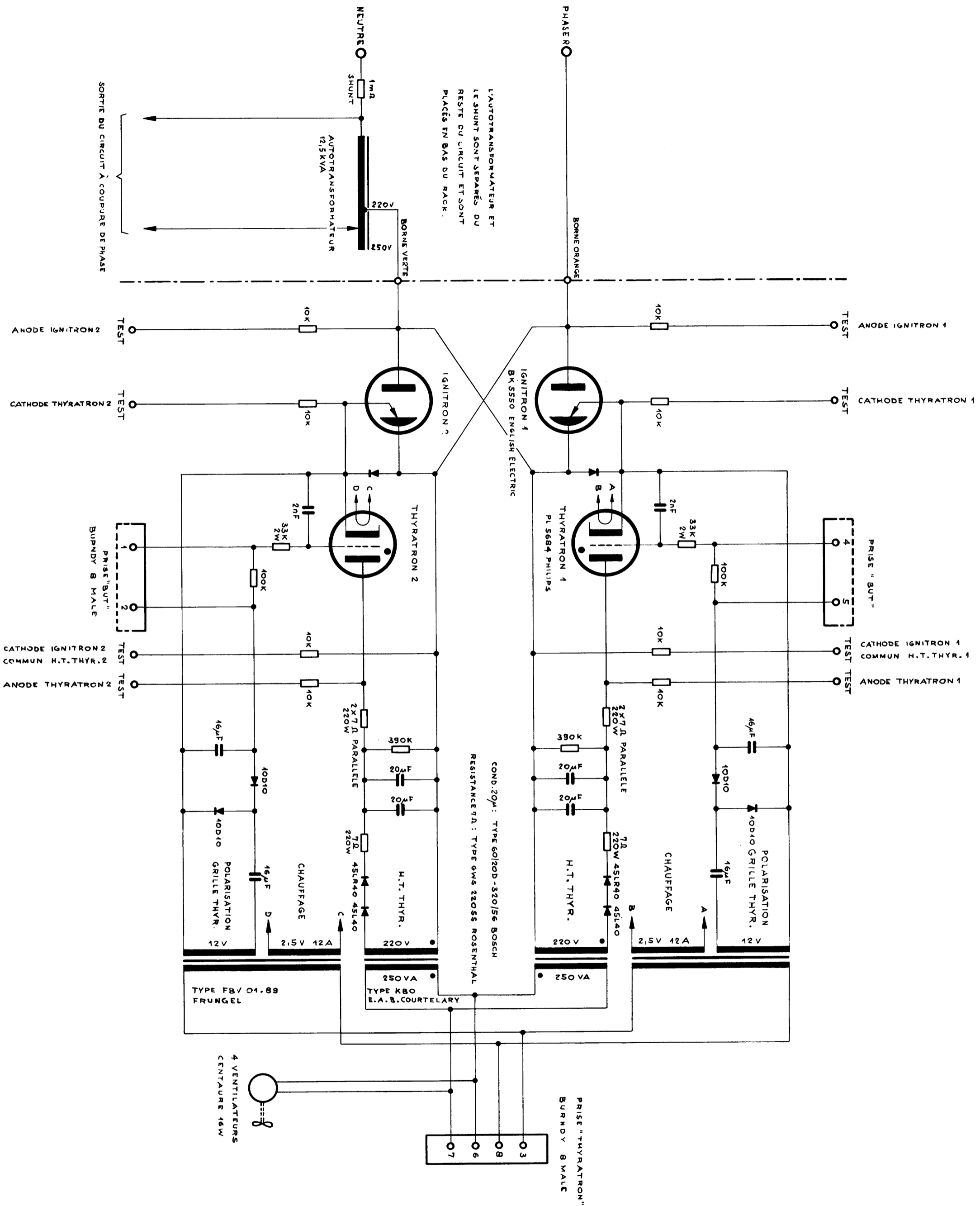
**CIRCUIT DE H.T. ASSERVIE  
BLOC DIAGRAMME**

Dessiné	25.6.69	<i>H. Suge</i>	Modif. F		
Contrôlé		<i>g. Paillard</i>	Modif. E		
Modif. A			Modif. D		
Modif. B			Modif. C		
<b>PS / FES</b>			<b>312 005</b>		

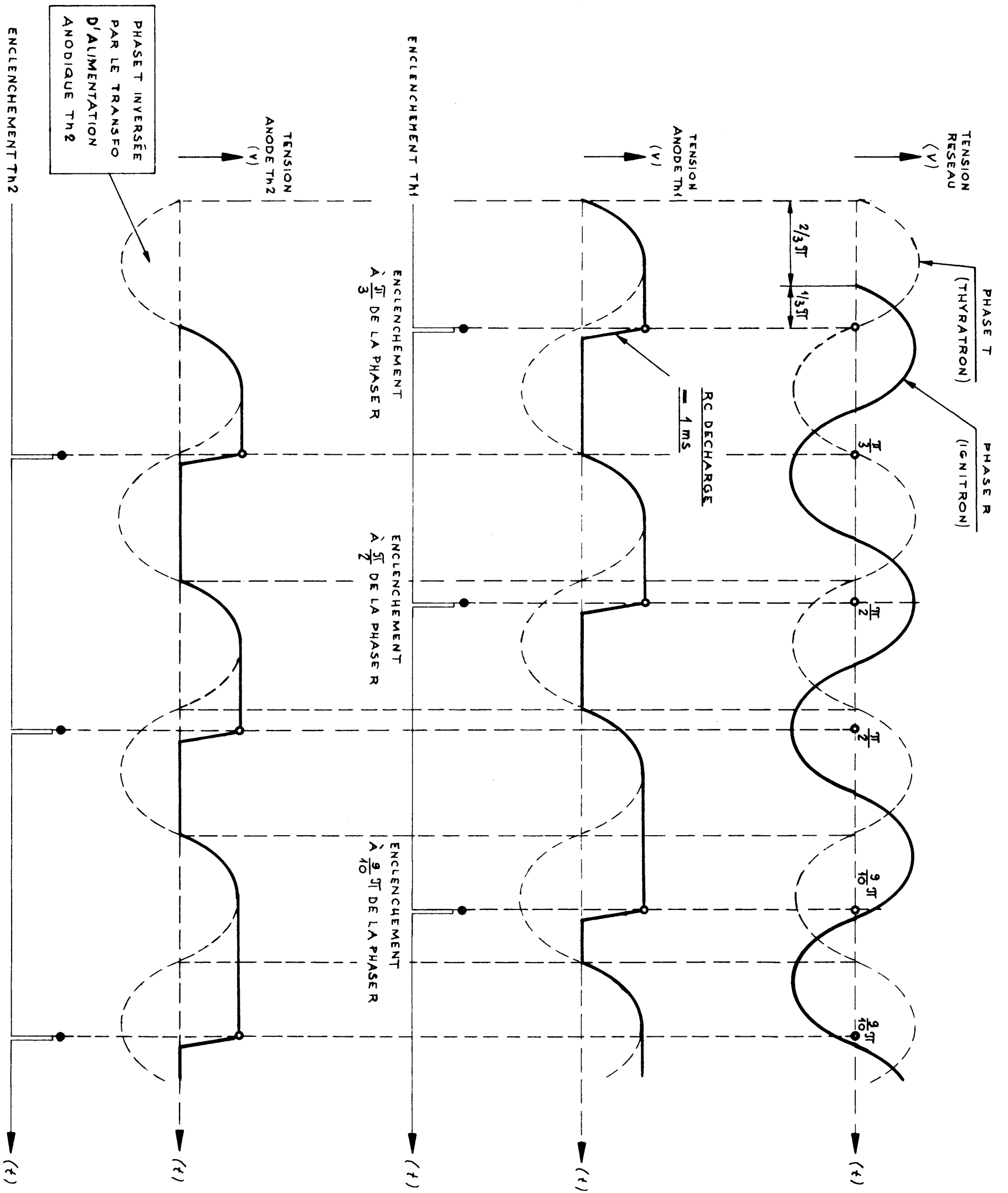


**OSF - ALIMENTATION HAUTE TENSION**  
**SERVO AMPLIFICATEUR**  
**SCHEMA**

Dessiné	23. 6. 69	<i>g. Paillard</i>	Modif. F
Contrôle		g. Paillard.	Modif. E
Modif. A			Modif. D
Modif. B			Modif. C
<b>PS/FES</b>		<b>312 006</b>	



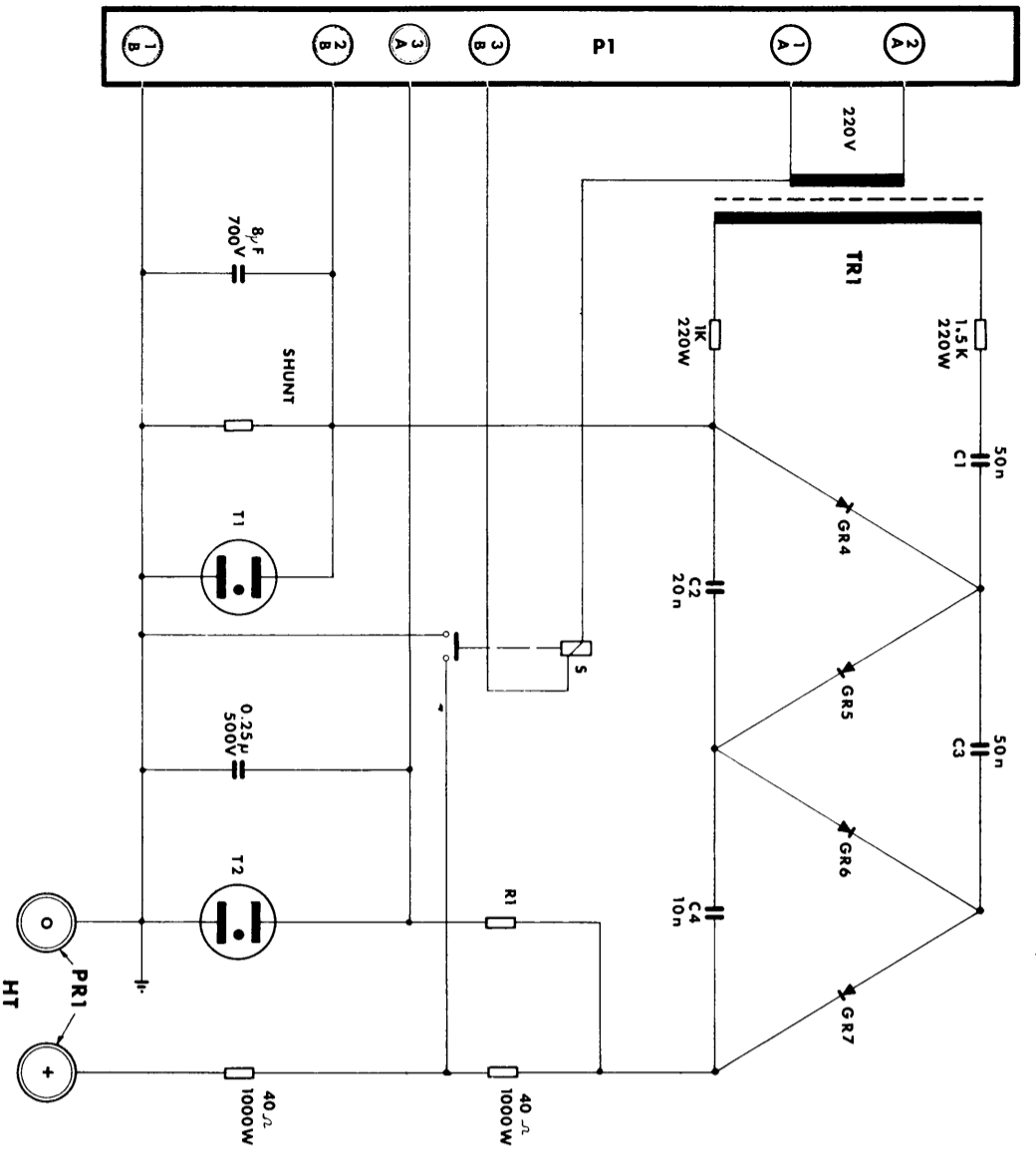
<b>OSF ALIMENTATION HAUTE TENSION</b>  <b>CIRCUIT A COUPURE DE PHASE</b> <b>SCHEMA</b>	Dessiné	27.6.69	<i>K. Berger</i>	Modif. F		
	Contrôlé		<i>S. Paillard</i>	Modif. E		
	Modif. A			Modif. D		
	Modif. B			Modif. C		
	<b>PS / FES</b>			<b>312 007</b>		



<b>OSF – ALIMENTATION H.T.</b> <b>CIRCUIT A COUPURE DE PHASE</b> <b>DIAGRAMME DE TEMPS</b>	Dessiné	<i>h. Berger</i>	30.6.69	Modif. F		
	Contrôlé	Paillard		Modif. E		
	Modif. A			Modif. D		
	Modif. B			Modif. C		
	<b>PS / FES</b>			<b>312 008</b>		



SCHEMA DE LA CUVE HT FRUNGEL

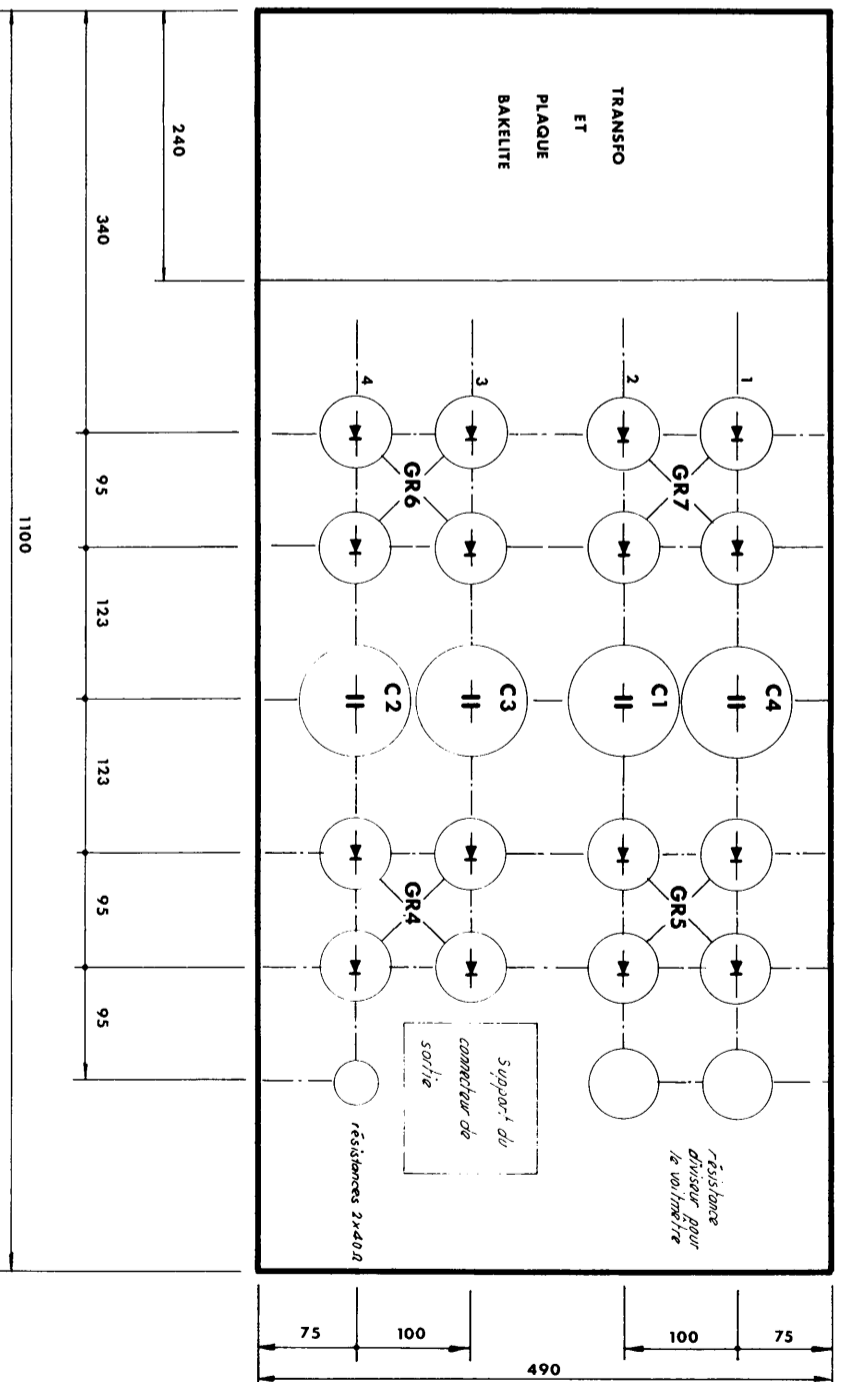


NOTA  
Tous les éléments de la cuve  
baignent dans l'huile (DIÉLAC)

MATERIEL DE LA CUVE

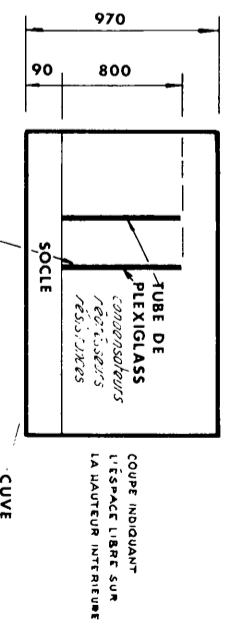
REPÈRE	VALEUR	U SERV. V	W	DESIGNATION	FOURNISSEUR	REF. FOURNIS.	NOTA
S	220V	220V		ELECTROAIMANT	FRUNGEL		
C1	HT 50nF	tens.ép.80kV tens.tr.53kV		CONDENSATEUR	HYDRA	005/82G	DIMENSION 406 x 85
C2	HT 20nF	tens.ép.110kV tens.tr.75kV		CONDENSATEUR	HYDRA	002/122G	DIMENSION 535 x 85
C3	HT 50nF	tens.ép.80kV tens.tr.53kV		CONDENSATEUR	HYDRA	005/82G	DIMENSION 406 x 85
C4	HT 10nF	tens.ép.160kV tens.tr.75kV		CONDENSATEUR	HYDRA	001/162G	DIMENSION 535 x 80
T1 T2		350V		TUBE LIMITEUR DE TENSION			
PR1		150kV		PRISE	SEYFFERT		
P1				CONNECTEUR	TUCHEL	T3090	6 PINS
R1	150MΩ	270 x 560kV	2W	RESISTANCE			
TR1	HT	220V/27kV 0,22A		TRANSFORMATEUR	KENTLER+CO		
GR4 GR5 GR6 GR7				REDRESSEUR	SIEMENS	E250 C85 KCQ6b 11/6	GRUPE SERIE-PARALELE DE REDRESSEURS SELENIUM. 400RED. PAR GROUPE

VUE DE DESSUS INTERIEUR CUVE FRUNGEL

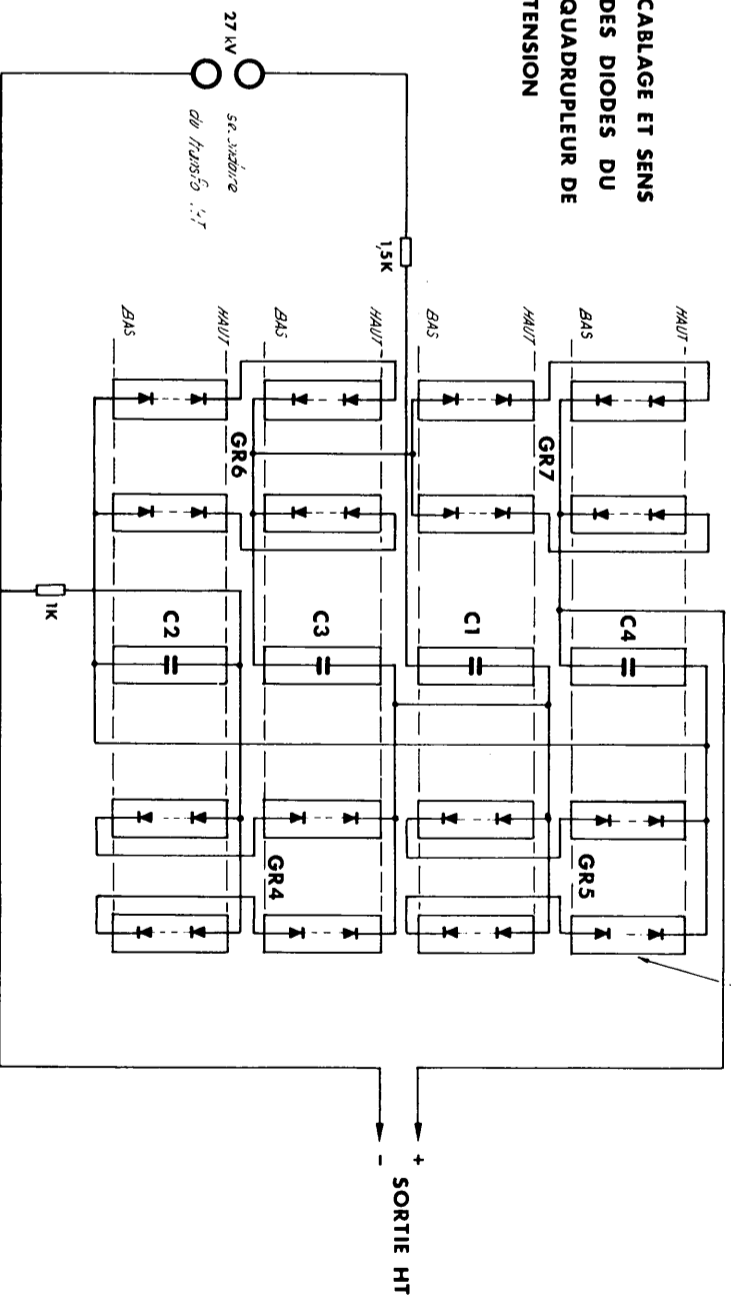


DIMENSIONS ET DISPOSITIONS DES PRINCIPAUX ELEMENTS DE LA CUVE HT

Hauteur hors tout : 1,6 m Poids sans huile : 370 kg  
 Longueur : 1,2 m Poids avec huile : 770 kg  
 Largeur : 0,53 m Poids de l'huile : 380 kg



CABLAGE ET SENS DES DIODES DU QUADRUPLEUR DE TENSION



NOTA

La cuve par elle-même peut fournir une tension de sortie à vide de 150kV et un courant de sortie de court-circuit de 100mA

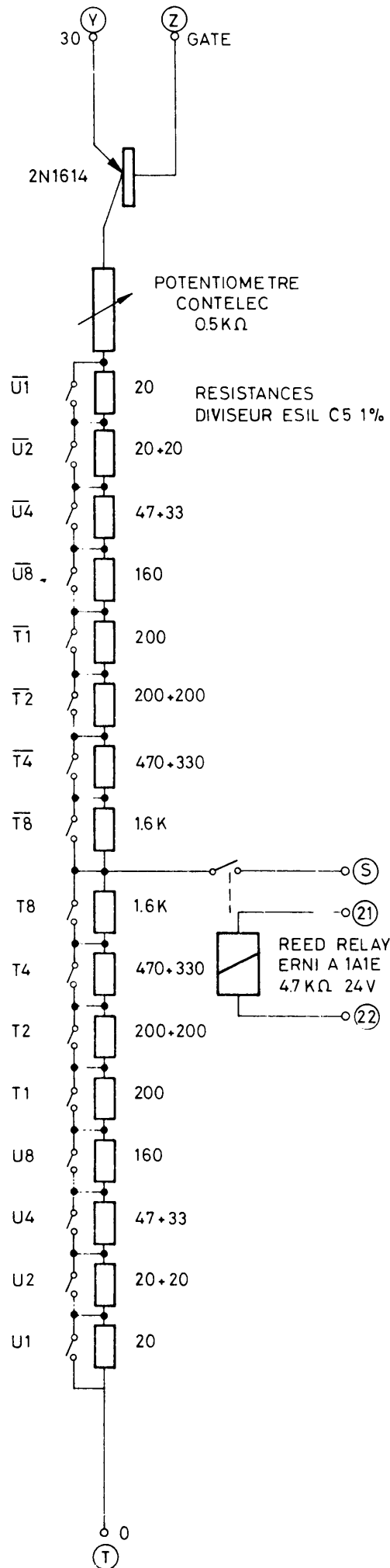
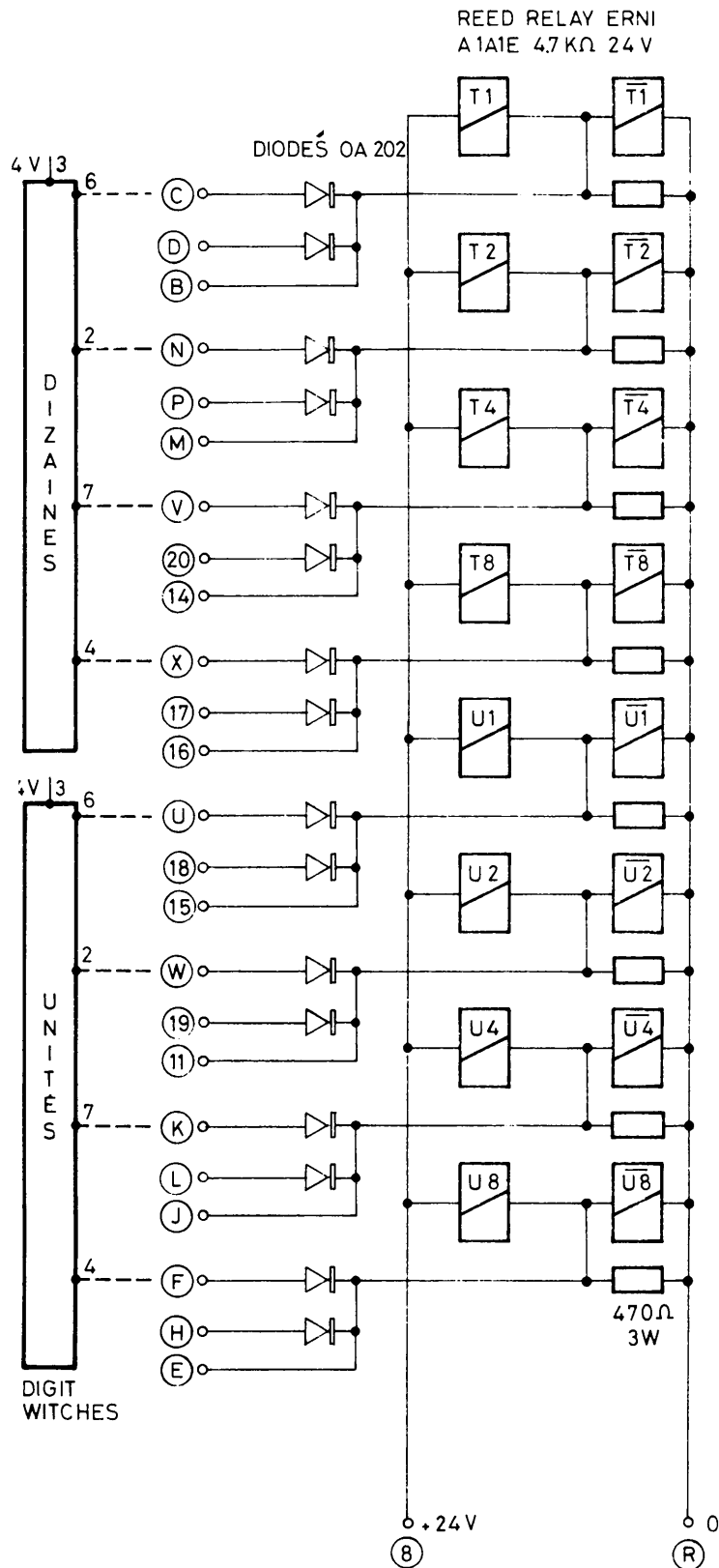
OSF - ALIMENTATION HAUTE TENSION

CUVE H.T.

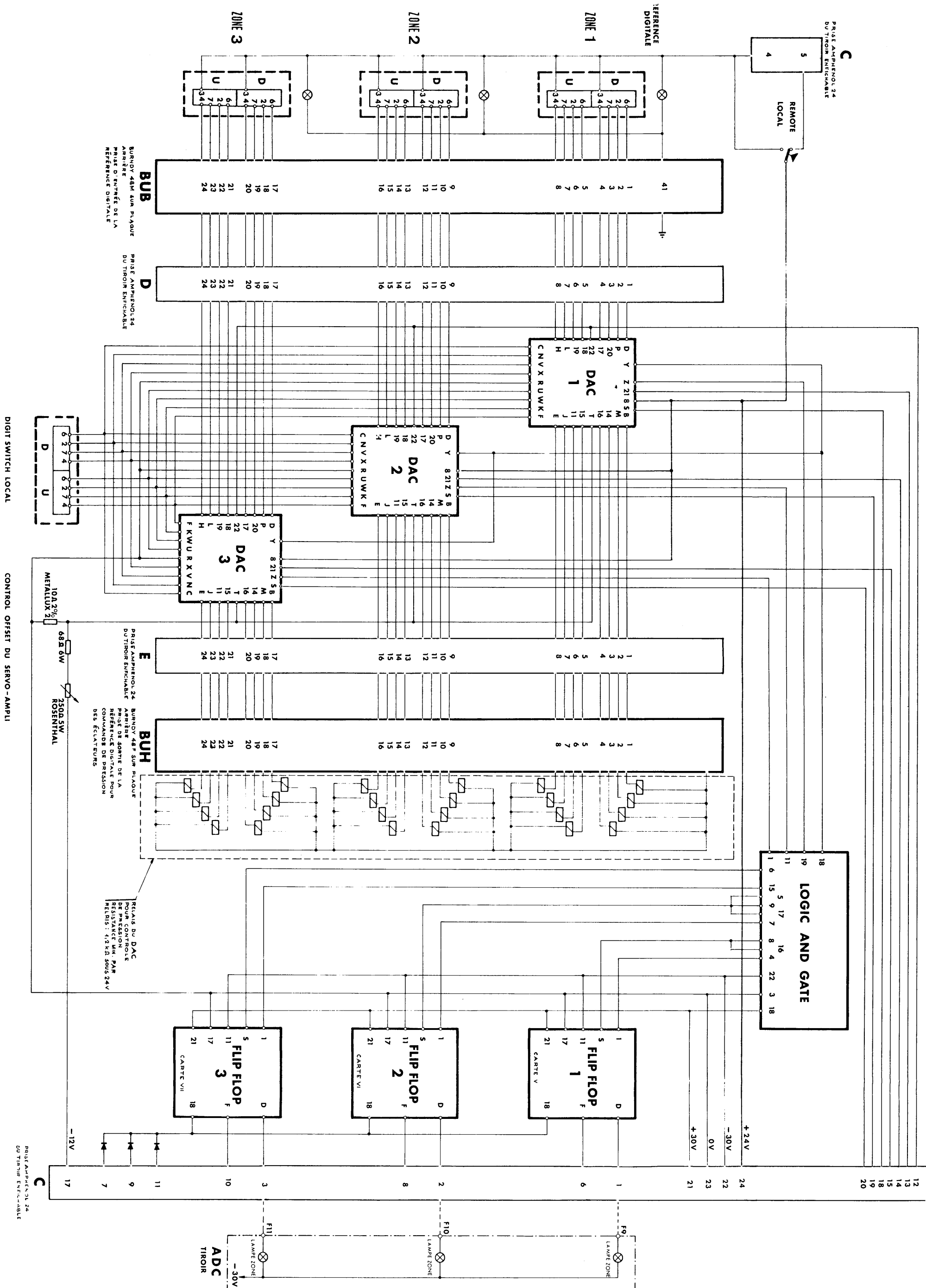
SCHEMA ET LOCALISATION DES ELEMENTS

Dessiné	23.6.69	J. Feuga	Modif. F
Contrôle		g. Paillard	Modif. E
Modif. A			Modif. D
Modif. B			Modif. C
PS/FES		312 009	

CIRCUIT IMPRIME SUR CARTE ENFICHABLE  
CONNECTEUR 44 PINS UECL



Dessiné		WIDMEL	Modif. F
Contrôlé		Paillard	Modif. E
Modif. A			Modif. D
Modif. B			Modif. C
<b>OSF - ALIMENTATION H.T.</b>			<b>312 010</b>
			<b>PS / FES</b>
<b>D A C</b>			
<b>SCHEMA DE LA CARTE</b>			

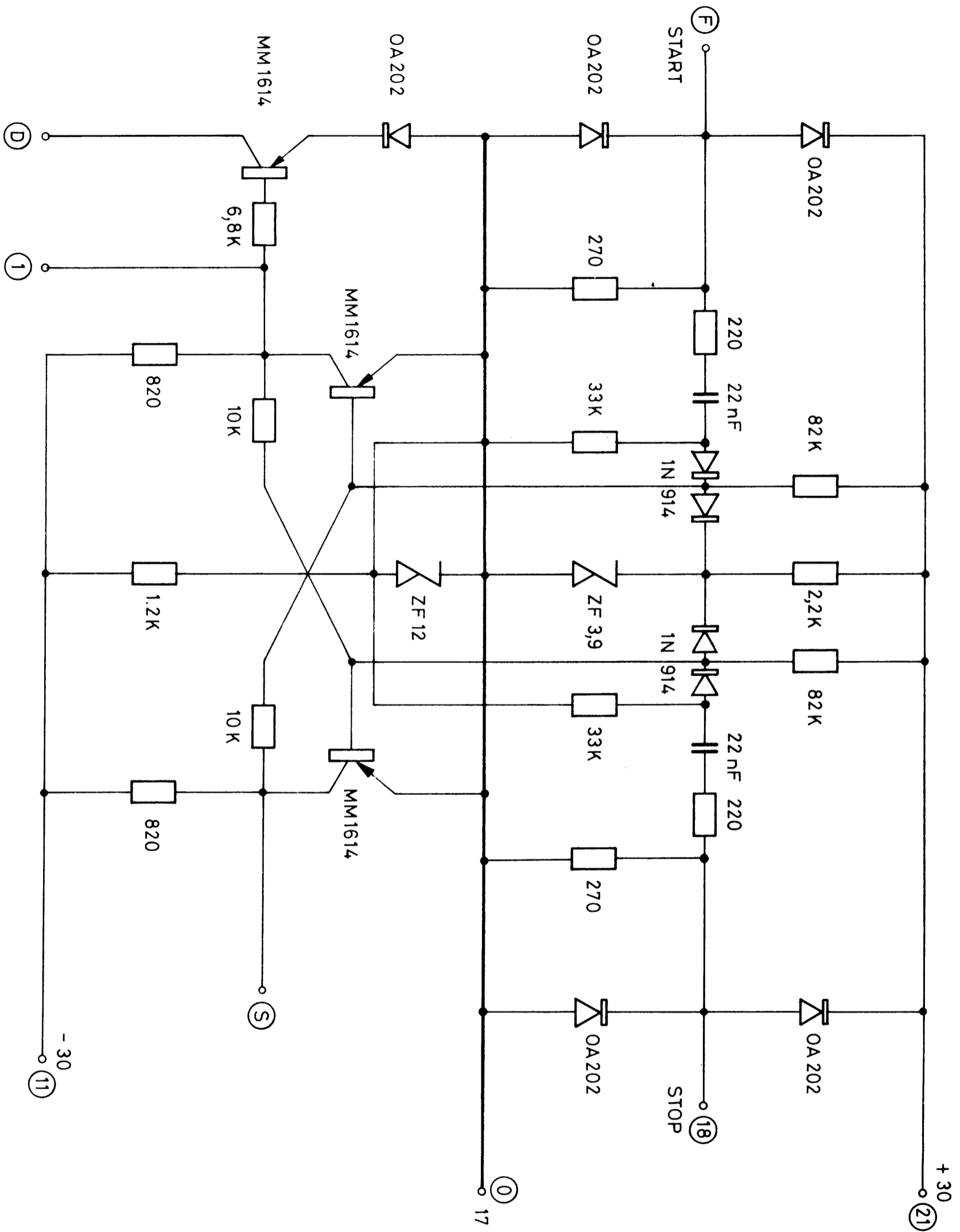


**OSF – ALIMENTATION HAUTE TENSION**

**CIRCUIT DES DAC**  
CABLAGE DU TIROIR ENFICHABLE

Dessiné	24.6.69	<i>U. Boesp</i>	Modif. F
Contrôlé		<i>g. Paillard</i>	Modif. E
Modif. A			Modif. D
Modif. B			Modif. C
<b>PS/FES</b>		<b>312 011</b>	

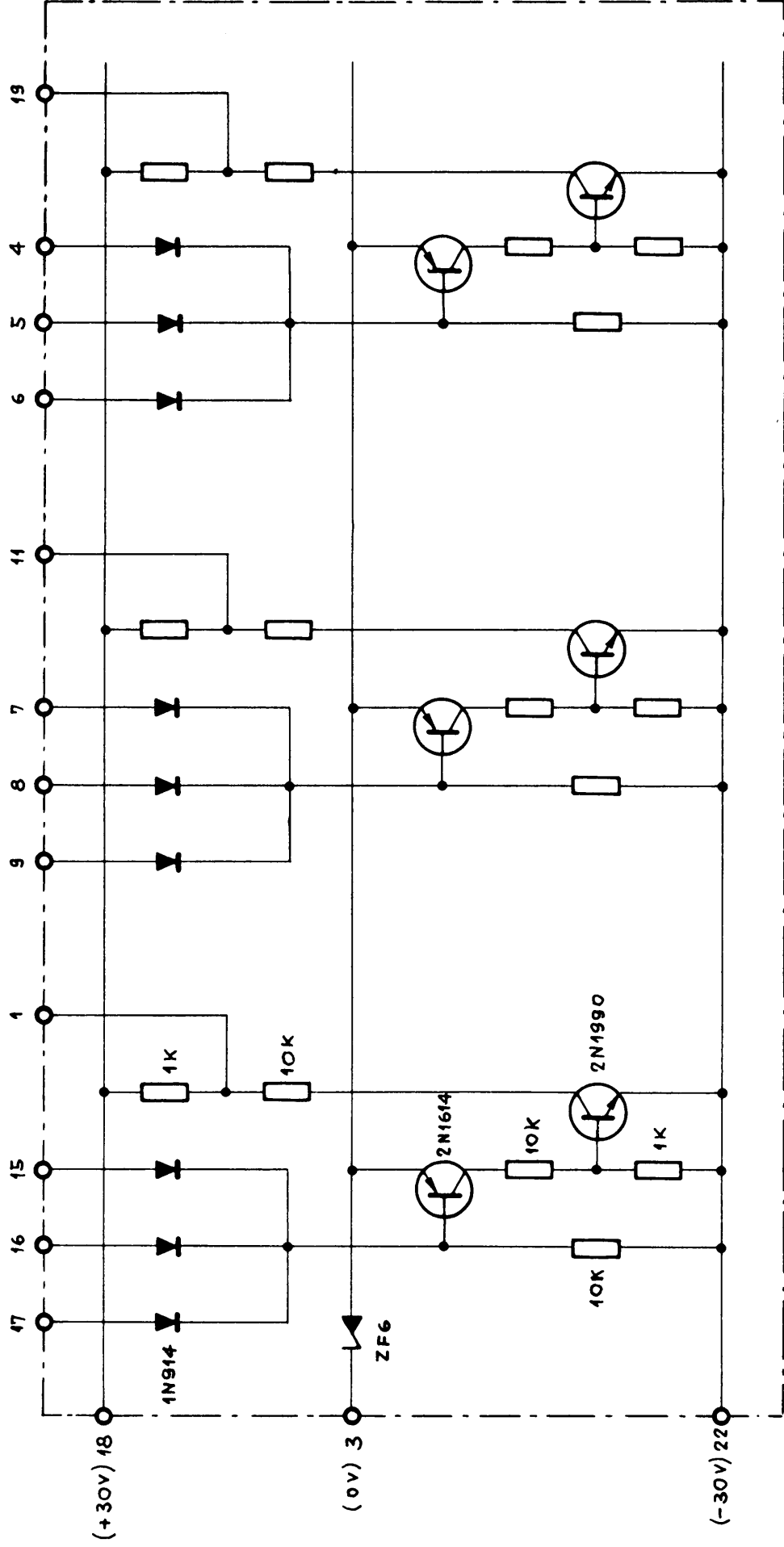
CIRCUIT IMPRIMÉ SUR CARTE ENFICHABLE AVEC CONNECTEUR 44 PINS UECL.



**OSF – ALIMENTATION H.T.**

**FLIP – FLOP POUR DAC  
SCHEMA DE LA CARTE**

Dessiné	<i>A. Renard</i>	9.7.69	Modif. F		
Contrôlé	Paillard		Modif. E		
Modif. A			Modif. D		
Modif. B			Modif. C		
<b>PS / FES</b>			<b>312 012</b>		

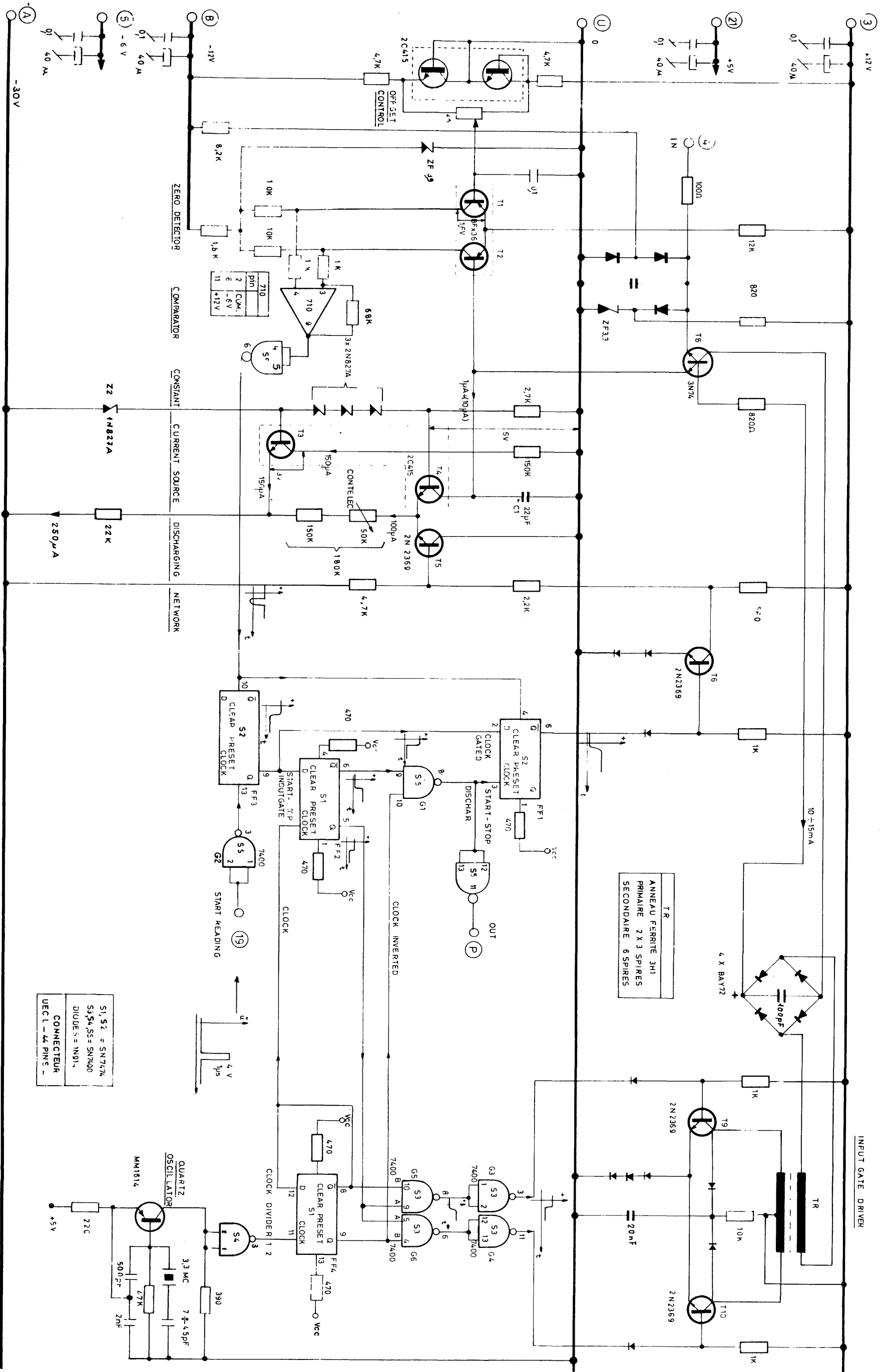


CIRCUIT IMPRIMÉ ENFICHABLE  
 CONNECTIONS SUR PRISE  
 VECL 44 PINS

**OSF - ALIMENTATION H.T.**

**AND GATE POUR DAC  
 SCHEMA DE LA CARTE**

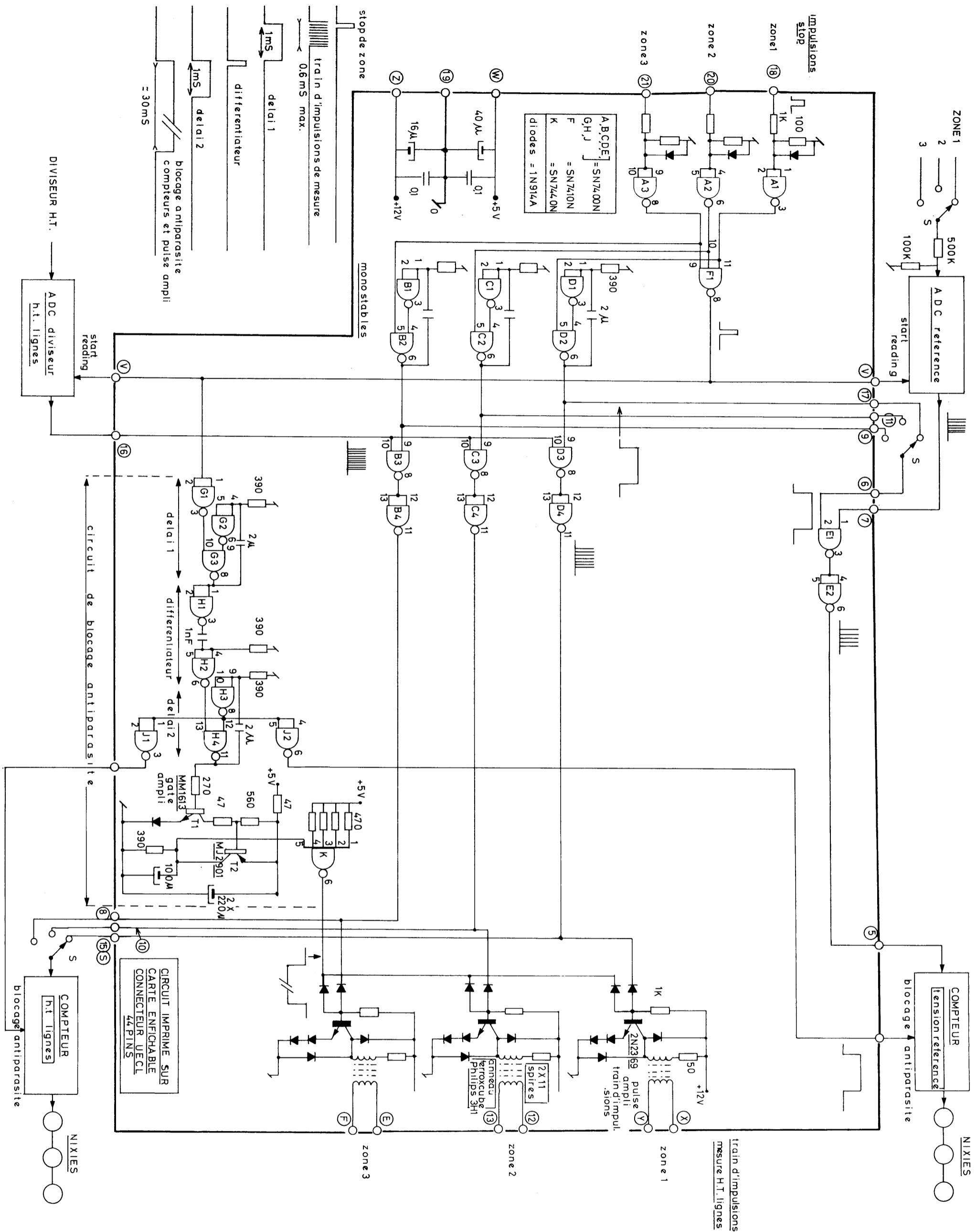
Dessiné	<i>V. Tanguy</i>	30.6.69	Modif. F
Contrôlé	Paillard		Modif. E
Modif. A			Modif. D
Modif. B			Modif. C
<b>PS / FES</b>		<b>312 013</b>	



S1, S2 = SN747L  
 S3, S4, S5 = SN7400  
 DIODES = IN91L  
 CONNECTEUR  
 UCL - 44 PINS -

**OSF ALIMENTATION HAUTE TENSION**  
**A D C**  
**SCHEMA DE LA CARTE**

Dessiné	24. 6. 69	<i>B. Boque</i>	Modif. F	
Controlé		<i>J. Paillier</i>	Modif. E	
Modif. A			Modif. D	
Modif. B			Modif. C	
<b>PS / FES</b>		<b>312 014</b>		

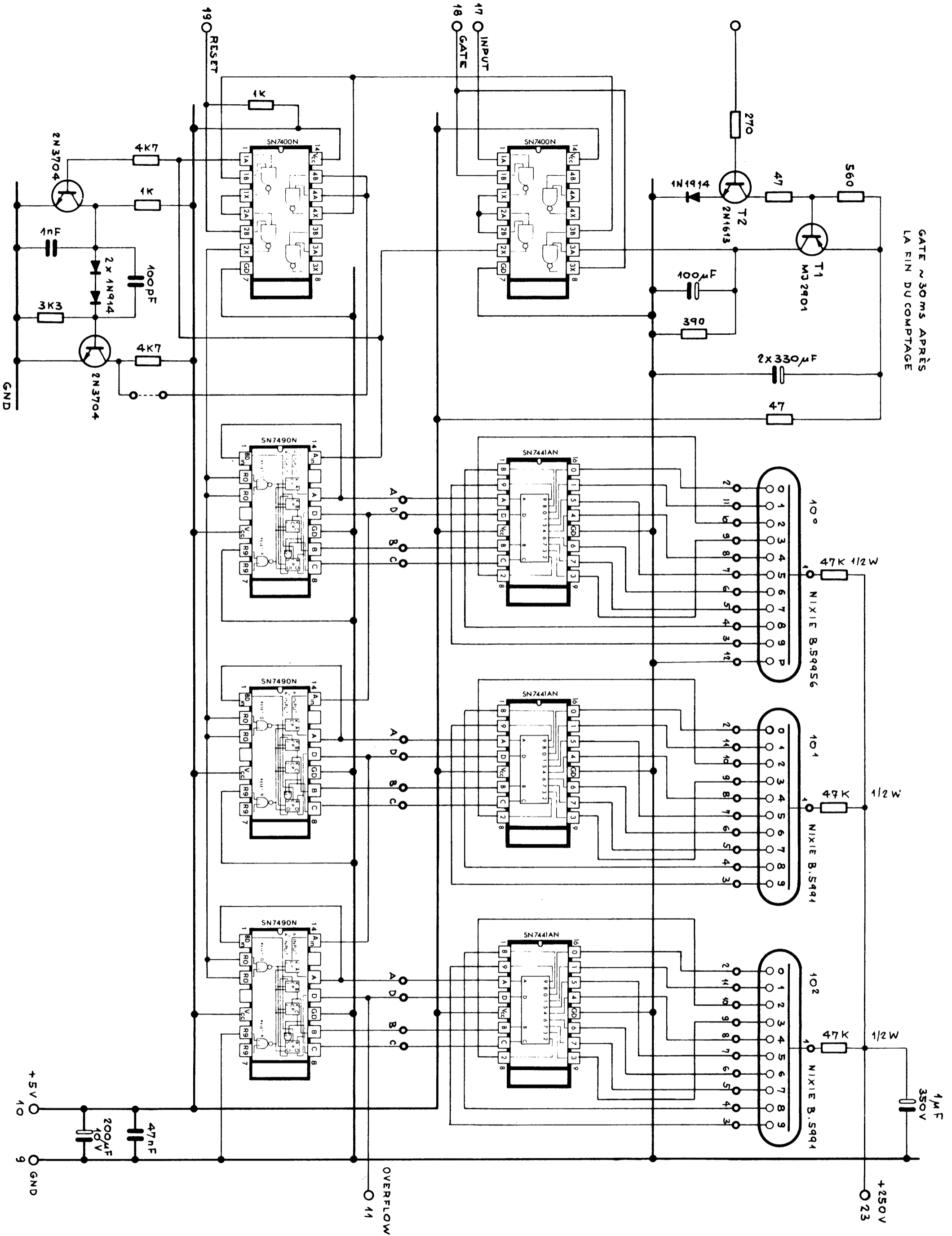


**OSF — ALIMENTATION HAUTE TENSION**

**CONTROLE A D C**

SCHEMA DE LA CARTE

Dessiné	23.6.69	G.PAILLARD	Modif. F	
Contrôlé		g.Paillard.	Modif. E	
Modif. A			Modif. D	
Modif. B			Modif. C	
<b>PS/FES</b>		<b>312 015</b>		

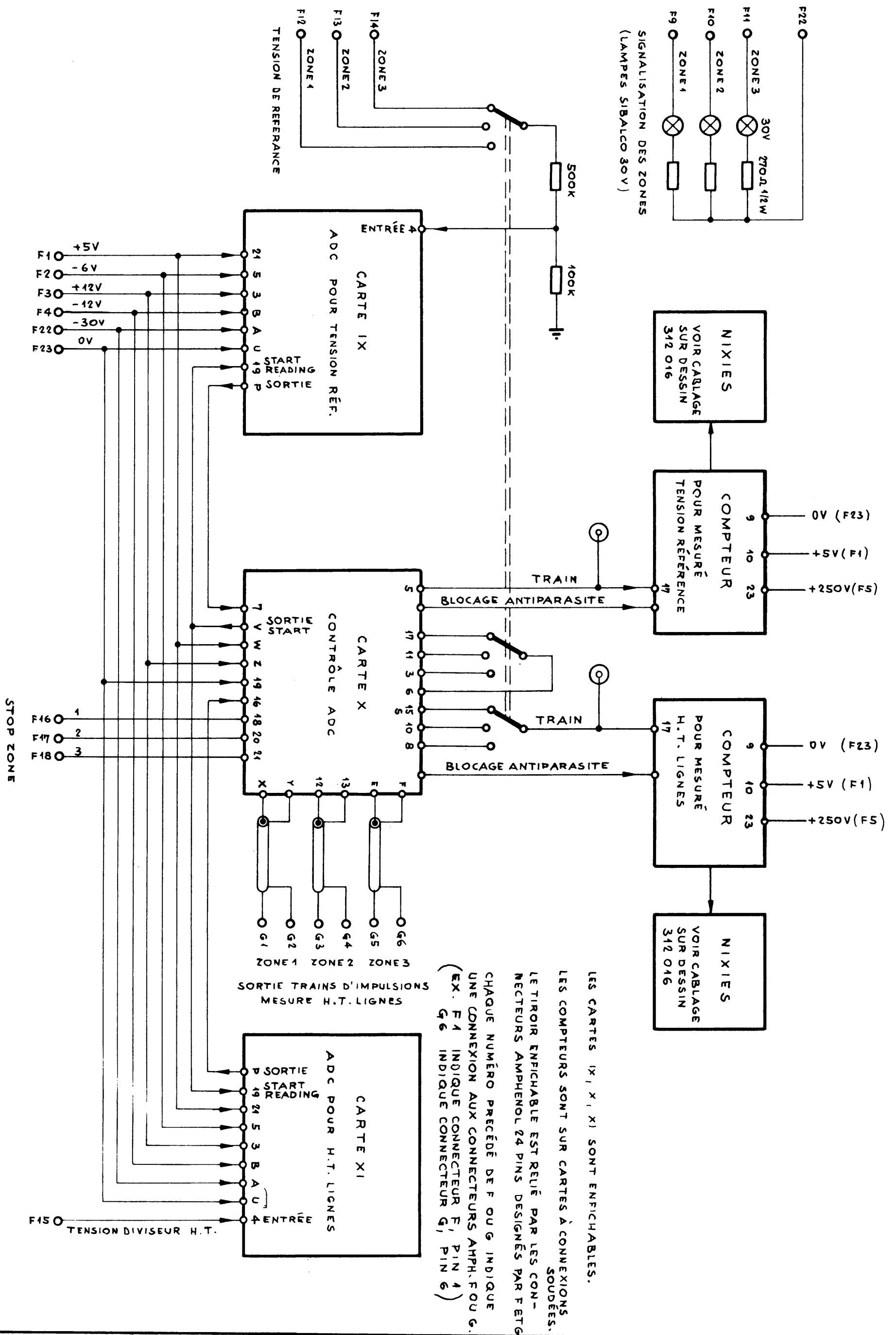


# OSF - ALIMENTATION H.T.

**COMPTEUR POUR MESURE  
TENSION REFERENCE ET H.T. LIGNES**  
SCHEMA DE LA CARTE

Dessiné	<i>U. Berger</i>	2.7.69	Modif. F		
Contrôlé	Paillard		Modif. E		
Modif. A			Modif. D		
Modif. B			Modif. C		
<b>PS/ FES</b>			<b>312 016</b>		





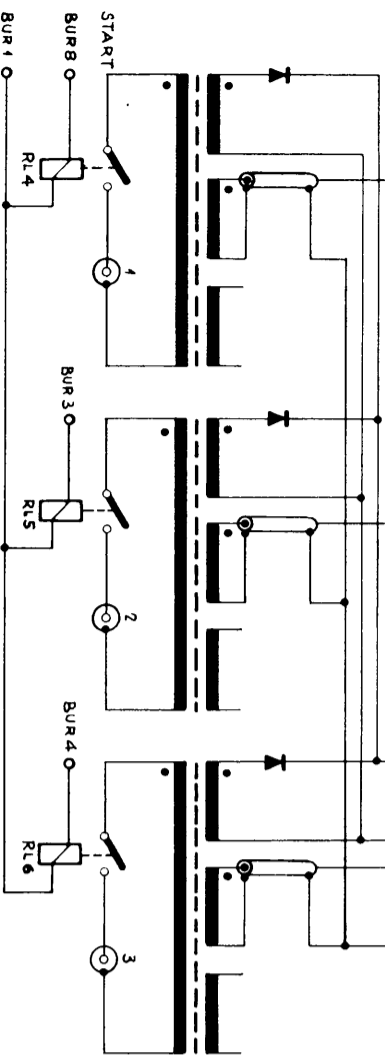
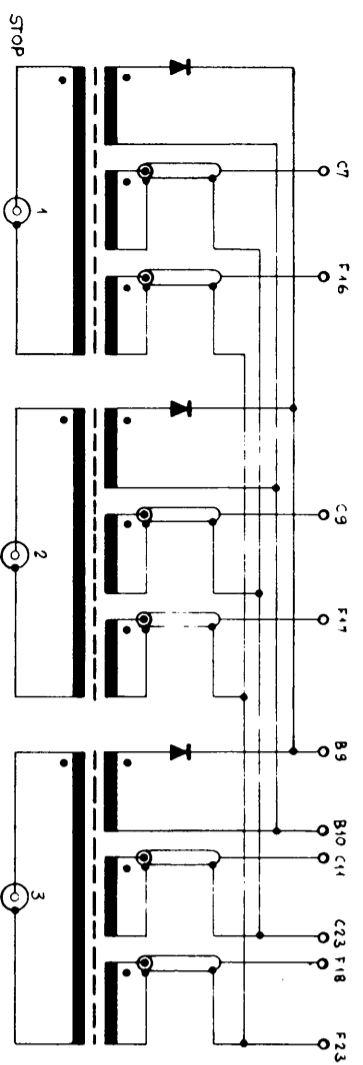
LES CARTES IX, X, XI SONT ENFICHABLES.  
 LES COMPTEURS SONT SUR CARTES À CONNEXIONS SOUDÉES.  
 LE TIROIR ENFICHABLE EST RELIÉ PAR LES CONNECTEURS AMPHENOL 24 PINS DESIGNÉS PAR FETG.  
 CHAQUE NUMÉRO PRÉCÉDÉ DE F OU G INDIQUE UNE CONNEXION AUX CONNECTEURS AMPH. F OU G. (EX. F1 INDIQUE CONNECTEUR F, PIN 1) (EX. G6 INDIQUE CONNECTEUR G, PIN 6)

<b>OSF – ALIMENTATION H.T.</b>	Dessiné	<i>H. Rege</i>	3.7.69	Modif. F		
	Contrôlé	Paillard		Modif. E		
	Modif. A			Modif. D		
	Modif. B			Modif. C		
	<b>PS / FES</b>			<b>312 017</b>		
<b>CIRCUIT DES ADC CABLAGE DU TIROIR ENFICHABLE</b>						

TIROIR SERVO-AMPLIFICATEUR		AMPHENOL A		AMPHENOL B		1/2 TIROIR DAC		AMPHENOL C		AMPHENOL D		AMPHENOL E		1/2 TIROIR ADC		AMPHENOL F		AMPHENOL G			
PIN	FONCTION	CONNECTE AVEC	PIN	FONCTION	CONNECTE AVEC	PIN	FONCTION	CONNECTE AVEC	PIN	FONCTION	CONNECTE AVEC	PIN	FONCTION	CONNECTE AVEC	PIN	FONCTION	CONNECTE AVEC	PIN	FONCTION	CONNECTE AVEC	
1	6.3V	BUA 15	1	PULSE THYR.	TRANSFO POUR GRILLE THYR. SUR PLAQUE ARRIERE	1	LAMPE F.F. 1	F9	1	T1*	BUA 1	1	T1*	BUH 1	1	+5V	BUA 9	1	OUT 1	} ZONE 1	
2	0V	BUA 16	2	PULSE THYR.	TRANSFO POUR GRILLE THYR. SUR PLAQUE ARRIERE	2	LAMPE F.F. 2	F10	2	T2	BUA 2	2	T2	BUH 2	2	-6V	BUA 8	2	OUT 1		} ZONE 2
3	6.3V	BUA 17	3	BLINDAGE	TRANSFO POUR GRILLE THYR. SUR PLAQUE ARRIERE	3	LAMPE F.F. 3	F11	3	T4	BUA 3	3	T4	BUH 3	3	+12V	BUA 6	3	OUT 2		
4	250V	BUA 13	4	PULSE THYR.	TRANSFO POUR GRILLE THYR. SUR PLAQUE ARRIERE	4	24V LOCAL	BUA 46	4	T8	BUA 4	4	T8	BUH 4	4	-12V	BUA 7	4	OUT 2		
5	0V	BUA 14	5	PULSE THYR.	TRANSFO POUR GRILLE THYR. SUR PLAQUE ARRIERE	5	24V REMOTE	BUA 47	5	U1**	BUA 5	5	U1**	BUH 5	5	+250V	BUA 2	5	OUT 3	} ZONE 3	
6	57V	BUA 10	6	BLINDAGE	TRANSFO POUR GRILLE THYR. SUR PLAQUE ARRIERE	6	START 1	BUA 47	6	U2	BUA 6	6	U2	BUH 6	6		BUA 7	6	OUT 3		
7	0V	BUA 11	7	START	DISTRIBUTION START SUR PLAQUE ARRIERE	7	STOP 1	BUA 47	7	U4	BUA 7	7	U4	BUH 7	7		BUA 8	7			
8	57V	BUA 42	8	BLINDAGE	DISTRIBUTION START SUR PLAQUE ARRIERE	8	START 2	BUA 47	8	U8	BUA 8	8	U8	BUH 8	8		BUA 9	8		* PULSE TRAIN CONNECTE A LA PLAQUE ARRIERE DU CHASSIS	
9			9	STOP	DISTRIBUTION STOP SUR PLAQUE ARRIERE	9	STOP 2	BUA 47	9	T1	BUA 9	9	T1	BUH 9	9	LAMPE F.F. 1	BUA 10	9			
10			10	BLINDAGE	DISTRIBUTION STOP SUR PLAQUE ARRIERE	10	START 3	BUA 47	10	T2	BUA 10	10	T2	BUH 10	10	LAMPE F.F. 2	BUA 11	10			
11			11			11	STOP 3	BUA 47	11	T4	BUA 11	11	T4	BUH 11	11	LAMPE F.F. 3	BUA 12	11			
12			12			12	COMMON	BUA 47	12	T8	BUA 12	12	T8	BUH 12	12	REF. 1	BUA 13	12			
13	REF. 1	C18	13	SHUNT	BUA 4	13	REF. 1	BUA 8	13	U1	BUA 13	13	U1	BUH 13	13	REF. 2	BUA 14	13			
14	REF. 2	C19	14	SHUNT	BUA 5	14	REF. 2	BUA 3	14	U2	BUA 14	14	U2	BUH 14	14	REF. 3	BUA 15	14			
15	REF. 3	C20	15	BLINDAGE	BUA 1	15	REF. 3	BUA 4	15	U4	BUA 15	15	U4	BUH 15	15	DIVISEUR 2.5V	BUA 16	15			
16			16			16	DIVISEUR	A19	16	U8	BUA 16	16	U8	BUH 16	16	STOP 1	BUA 17	16			
17			17			17	-12V	F4	17	T1	BUA 17	17	T1	BUH 17	17	STOP 2	BUA 18	17			
18	BLINDAGE		18			18	OUT REF. 1	A13	18	T2	BUA 18	18	T2	BUH 18	18	STOP 3	BUA 19	18			
19	ENTREE SERVO DIVISEUR		19			19	OUT REF. 2	A14	19	T4	BUA 19	19	T4	BUH 19	19		BUA 20	19			
20	BLINDAGE		20			20	OUT REF. 3	A15	20	T8	BUA 20	20	T8	BUH 20	20		BUA 21	20			
21	+30V	BUA 4	21			21	+30V	F21	21	U1	BUA 21	21	U1	BUH 21	21	+30V	BUA 22	21			
22	-30V	BUA 5	22			22	-30V	F22	22	U2	BUA 22	22	U2	BUH 22	22	-30V	BUA 23	22			
23	0V	BUA 1	23			23	0V	F23	23	U4	BUA 23	23	U4	BUH 23	23	0V	BUA 24	23			
24			24			24	+24V	BUA 3	24	U8	BUA 24	24	U8	BUH 24	24			24			

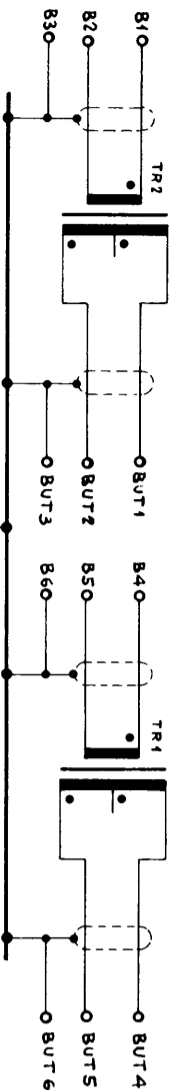
\* TENTH 4

\*\* UNIT 1

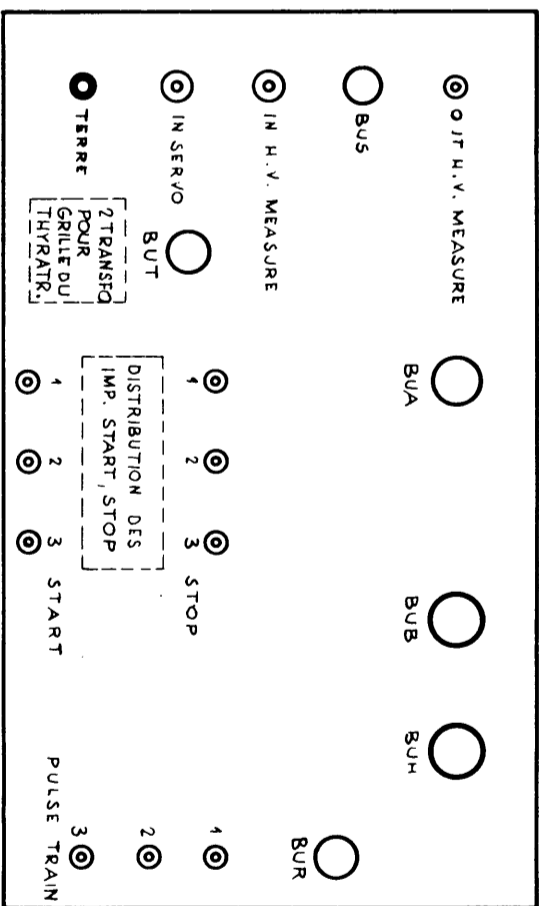


DISTRIBUTION DES IMPULSIONS START, STOP (SUR PLAQUE ARRIERE CHASSIS)

TRANSFORMATEURS : 4 X 30 SPIRES SUR ANNEAU FERRITE PHILLIPS 3H4  
 RL4, RL5, RL6 : REED RELAIS ERNI AYA1E  
 DIODES : OAZ02



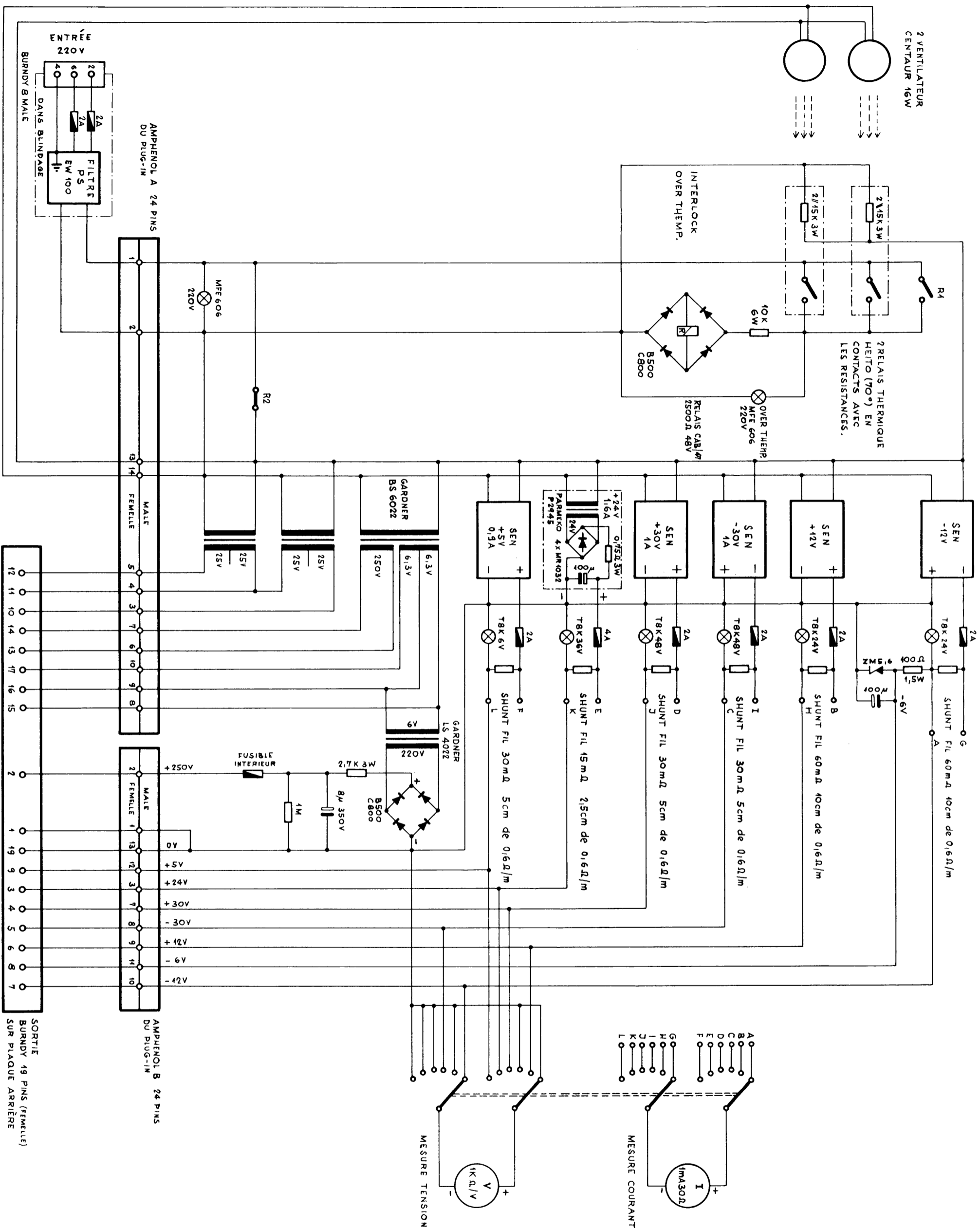
TRANSFORMATEUR BLOCKING OSCILLATOR GARDNER GR 26162 (TR1, TR2)  
 TRANSFORMATEURS POUR GRILLE DES THYRATRONS



PLAQUE ARRIERE DU CHASSIS SERVO-DAC-ADC

PRISE	TYPE	FONCTION
OUT H.V. MEASURE	BNC 50 Ω	SIGNAL DIVISEUR POUR SYSTEME DE VERROUILLAGE GENERALE
BUS	BURNODY 5M	SIGNAL SHUNT POUR POINTS DE TEST SUR TIROIR SERVO
IN SERVO	SUNNER 50Ω	ENTREE SERVO AMPLIFICATEUR DE LA TENSION DIVISEUR
IN H.V. MEASURE	SUNNER 50Ω	ENTREE SUR LE ABC DE LA TENSION DIVISEUR
TERRE	BANANE FEM. CHASSIS	PRISE TERRE DU CHASSIS
BUA	BURNODY 49M	ALIMENTATION SERVO, DAC, ADC
BUT	BURNODY 8F	SORTIE DES IMPULSIONS DE SYNCHRONISATION SUR THYRATRONS
BUB	BURNODY 48F	ENTREE REFERENCE DIGITALE
BUM	BURNODY 48F	SORTIE REFERENCE DIGITALE POUR PRESSION
BUR	BURNODY 8M	VERROUILLAGE DES TENSIONS DE REFERENCE
STOP 1, 2, 3	BNC 50Ω	ENTREE IMPULSION "STOP" DE ZONE
START 1, 2, 3	BNC 50Ω	ENTREE IMPULSION "START" DE ZONE
PULSE TRAIN 1, 2, 3	BNC 50Ω	SORTIE TRAIN D'IMPULSION DE MESURE H.T.

<b>OSF ALIMENTATION HAUTE TENSION</b> <b>CABLAGE DES CONNECTEURS DES TIROIRS ENFICHABLES ET DE LA PLAQUE ARRIERE CHASSIS</b>	Dessiné	7.7.69	<i>K. Berger</i>	Modif. F	
	Contrôlé		<i>q. Paillard</i>	Modif. E	
	Modif. A			Modif. D	
	Modif. B			Modif. C	
<b>PS / FES</b>			<b>312 018</b>		



# OSF ALIMENTATION HAUTE TENSION

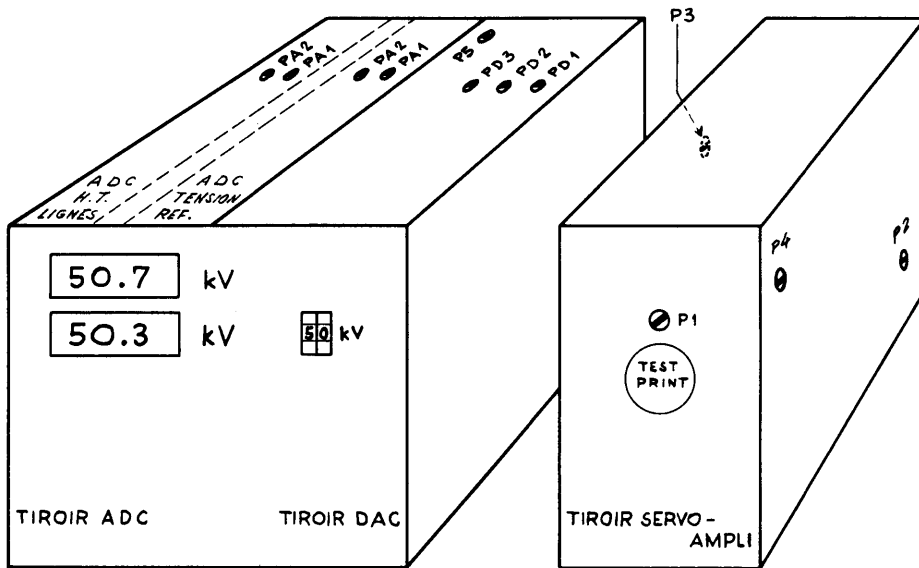
ALIMENTATIONS POUR SERVO, DAC, ADC

Dessiné	8.7.69	<i>k. Lange</i>	Modif. F		
Contrôlé		<i>g. Paillard</i>	Modif. E		
Modif. A			Modif. D		
Modif. B			Modif. C		
<b>PS / FES</b>			<b>312 019</b>		



LES REGLAGES DES TIROIRS ADC-DAC PEUVENT ETRE EFFECTUES AVEC LES BLINDAGES SUR LES TIROIRS. UTILISER ALORS UN TOURNEVIS SPECIAL.

LES REGLAGES P2, P3, P4 NE SONT ACCESSIBLES QUE SI LE BLINDAGES DU TIROIR EST OTE.



PA1, P5 = OFFSET-SERVO

<b>OSF - ALIMENTATION HAUTE TENSION</b>	Dessiné	9. 7. 69	<i>M. J. Legz</i>	Modif. F
	Contrôlé		<i>g. Paillard</i>	Modif. E
	Modif. A			Modif. D
	Modif. B			Modif. C
<b>POINTS DE REGLAGE</b>		<b>PS/FES 312 021</b>		