

FAST EJECTION
OPERATION STRAIGHT FLUSH

CONDENSED MANUAL

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

- 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 "irremplacable" 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 inclus 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 hall¹⁾. Later, the fast ejection system was improved and extended for new experimental areas²⁾: 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 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, 16³⁾.

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 1967⁴⁾. 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 gap⁵⁾. 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 90⁰/o and for the second shot 80⁰/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.

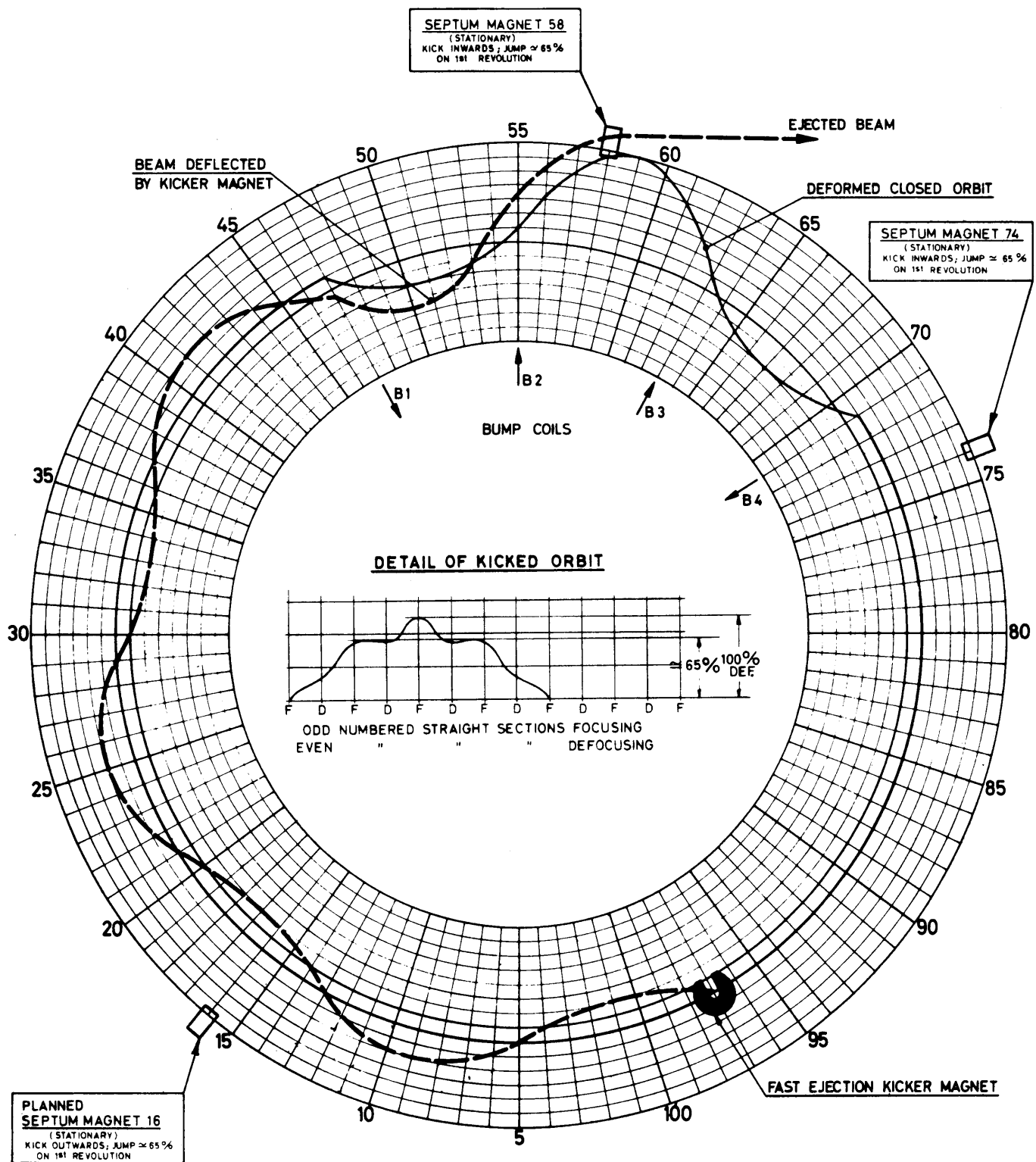


Figure 1.1 Fast ejection from straight section 58 into the east experimental area

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.

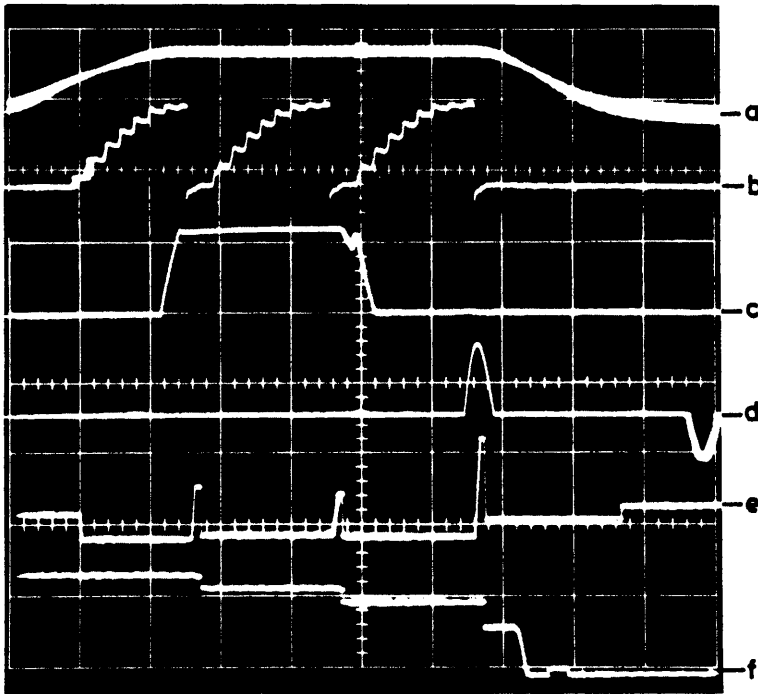


Figure 1.3 Triple fast ejection

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

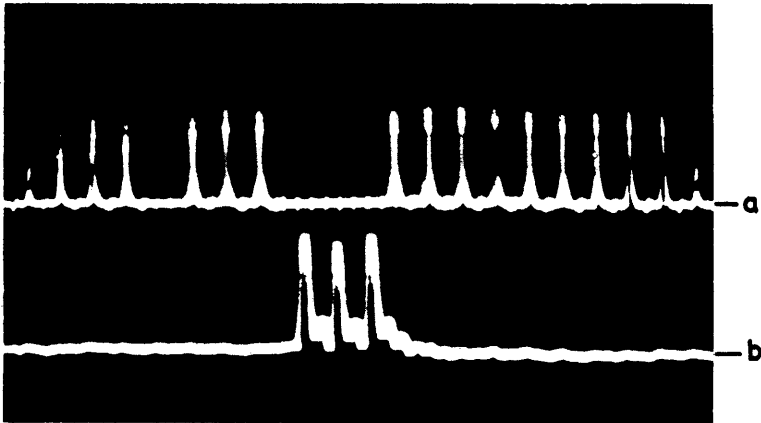


Figure 1.4 Second shot of triple fast ejection

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.

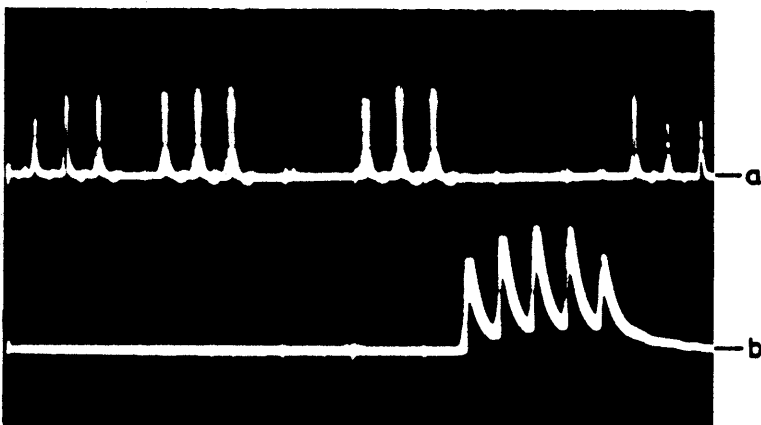


Figure 1.5 Third shot of triple fast ejection

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

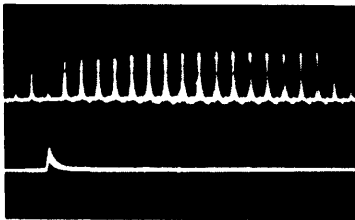
MULTIBUNCHING, I.E. THE CHOICE BY REMOTE SELECTION OF ANY NUMBER OF BUNCHES BETWEEN 1 AND 20 FOR THE NEUTRINO CHANNEL AT 19,2 GeV/c.

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)

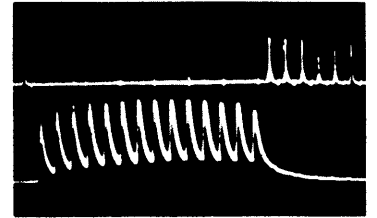
LOWER TRACE: BEAM CURRENT TRANSFORMER BEFORE THE BEAM STOPPERS TO THE NEUTRINO AREA, IN THE RING (10 SWEEPS ON SCOPE TEKTRONIX 585)

TIME BASE: 105 ns BUNCH TO BUNCH.

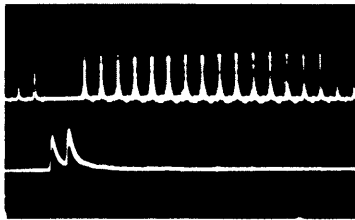
AMPLITUDE: 35.....50 x 10⁹ PROTONS PER BUNCH.



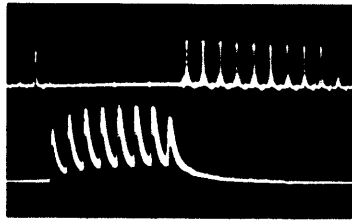
1 BUNCH EJECTED



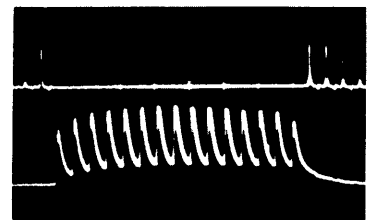
13 BUNCHES EJECTED



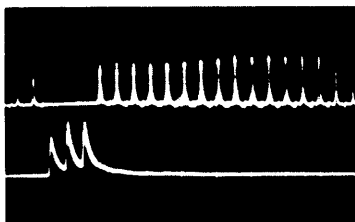
2 BUNCHES EJECTED



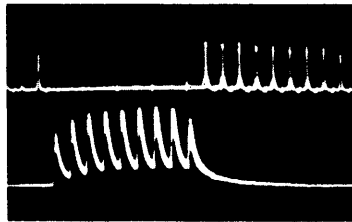
8 BUNCHES EJECTED



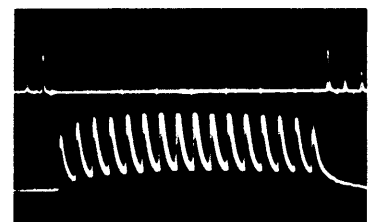
14 BUNCHES EJECTED



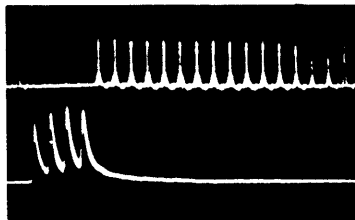
3 BUNCHES EJECTED



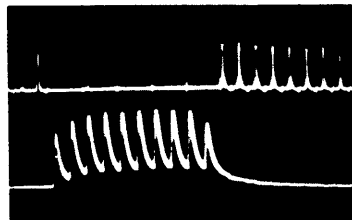
9 BUNCHES EJECTED



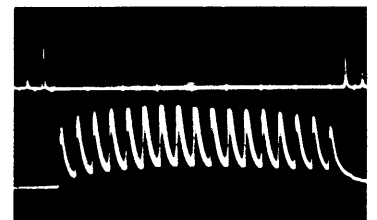
16 BUNCHES EJECTED



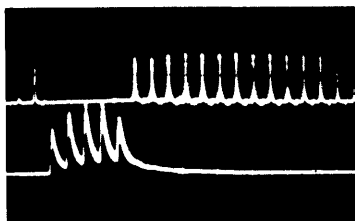
4 BUNCHES EJECTED



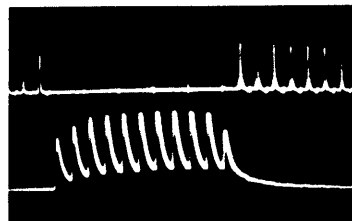
10 BUNCHES EJECTED



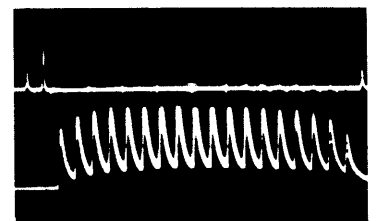
17 BUNCHES EJECTED



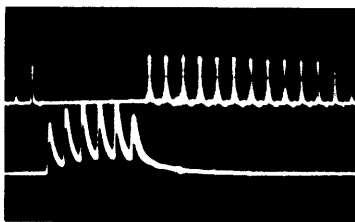
5 BUNCHES EJECTED



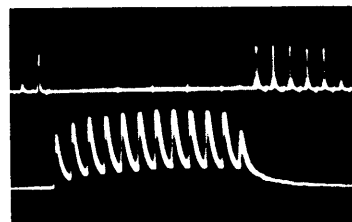
11 BUNCHES EJECTED



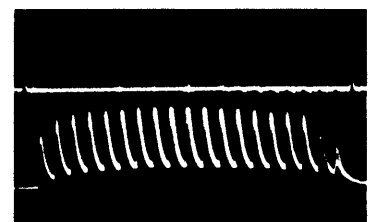
18 BUNCHES EJECTED



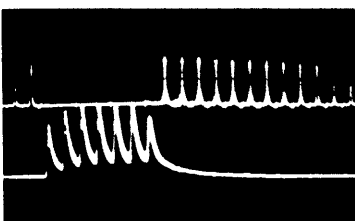
6 BUNCHES EJECTED



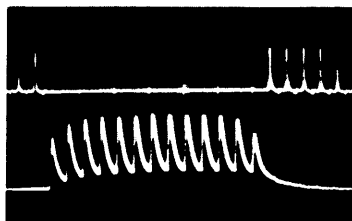
12 BUNCHES EJECTED



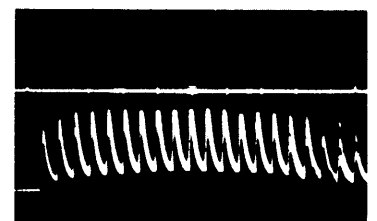
19 BUNCHES EJECTED



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 actuator³⁾ 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 10Ω . The magnet consists of two symmetrical units supported and insulated by a central supporting plate of glass fiber reinforced epoxy resin¹⁾ (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 inspection²⁾.

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 20Ω 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 × width)	h × d	=	22 × 20 mm ²
Magnetic length per unit	ℓ	=	400 mm
Kick per unit (for 3500 A pulse)	K ₁	=	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 ²
Magnetic field in ferrite (for 3500 A pulse)	B _f	=	0.270 Wb/m ²
Inductance per unit	L _K	=	0.9 μH
Capacitance per unit	C _K	=	7700 pF
Characteristic impedance	Z ₀	=	10.8 Ω
Delay time	τ _K	=	85 ns
Max. kicker magnet current	i	=	3500 A
Max. kicker magnet voltage	V _K	=	35 kV
Duration excitation pulse	T _p	=	0.1 - 2.1 μs
Rise time excitation pulse	τ _p	=	20 ns
RC compensation	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Resistance} \\ \text{Capacitance} \end{array} \right.$	R _{RC}	= 10 Ω
		C _{RC}	= 1000 pF
Moving mass of kicker magnet	M	=	200 kg
Stroke of movement	S	=	250 mm
Min. plunging time (start-to-stop)	t _{in}	=	100 ms
Min. withdrawal time (start-to-stop)	t _{out}	=	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 tétons 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° 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 tétons de la pièce centrale et le chanfrein en haut. Placer la plaque ép. 8.7 mm, No 20 l'étempage 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'étempage 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 FI²⁾ 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 décollée 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.

Contacter 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 signalized 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.

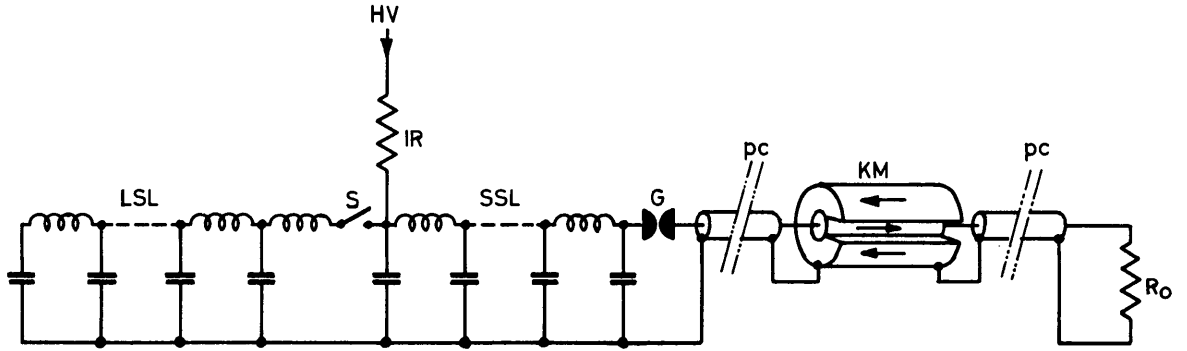


Fig. 2.1 Principle of the kicker magnet circuit.

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

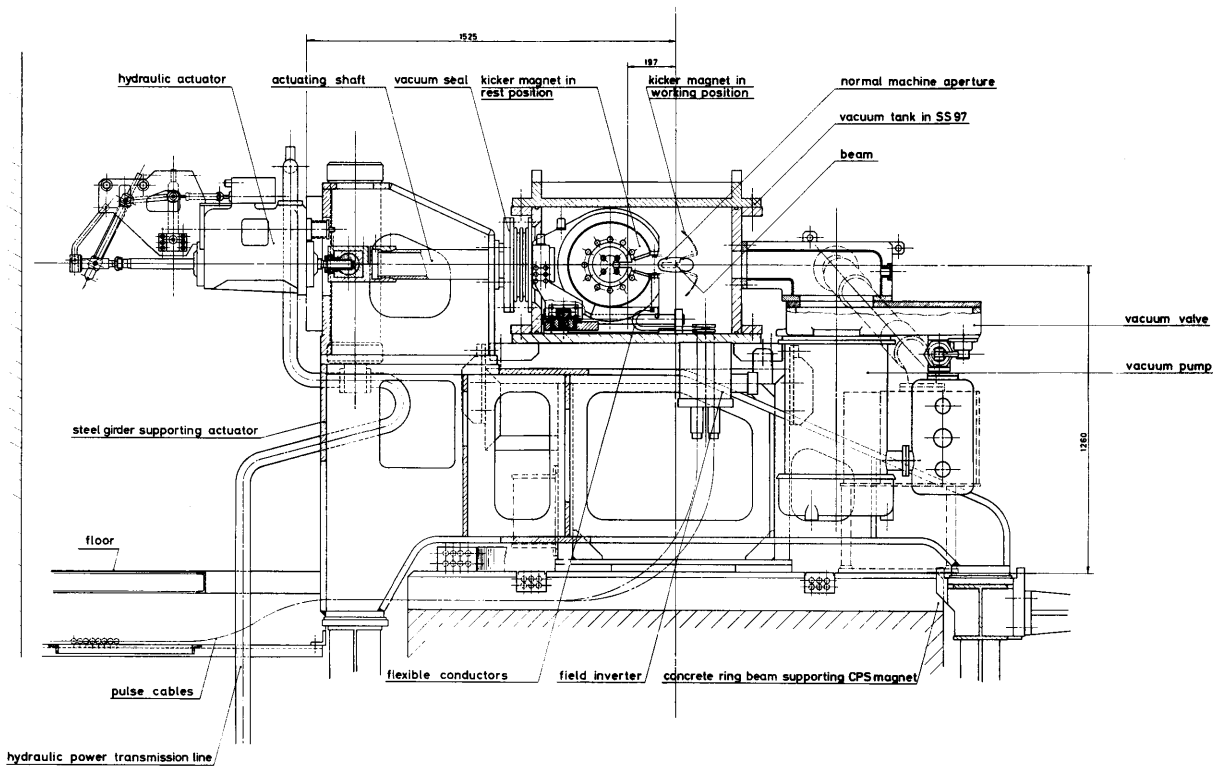


Fig. 2.2 Sectional view of the kicker magnet in its vacuum tank.

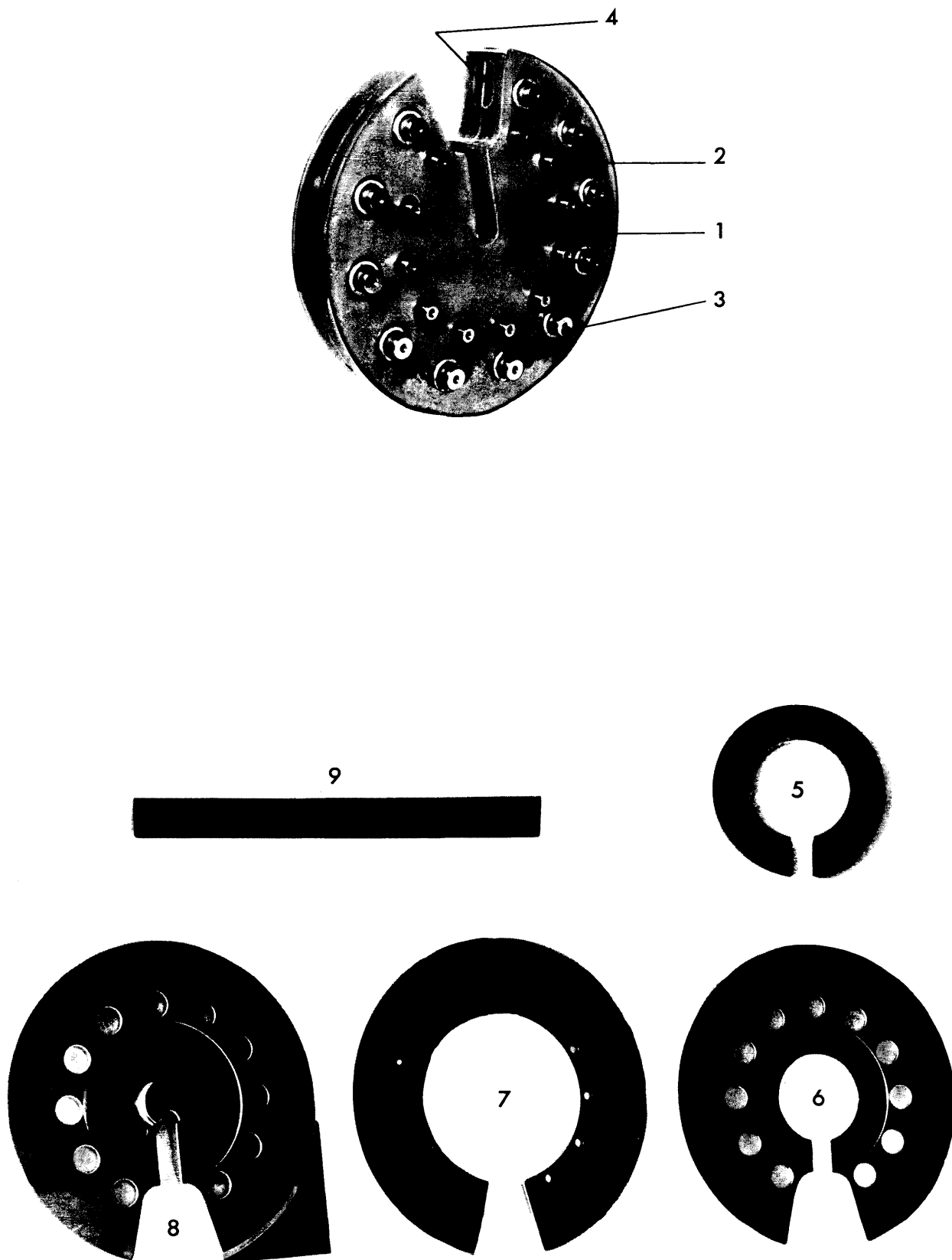


Fig. 2.4

Some components of the kicker magnet.

- (1) central supporting plate;
- (2) inner ring of stubs;
- (3) outer ring of stubs;
- (4) end of cast-in steel rings;
- (5) ferrite ring;
- (6) large capacitor plate of inner conductor;
- (7) small capacitor plate of outer conductor;
- (8) outer terminating flange of inner conductor;
- (9) profile for alignment of ferrite.

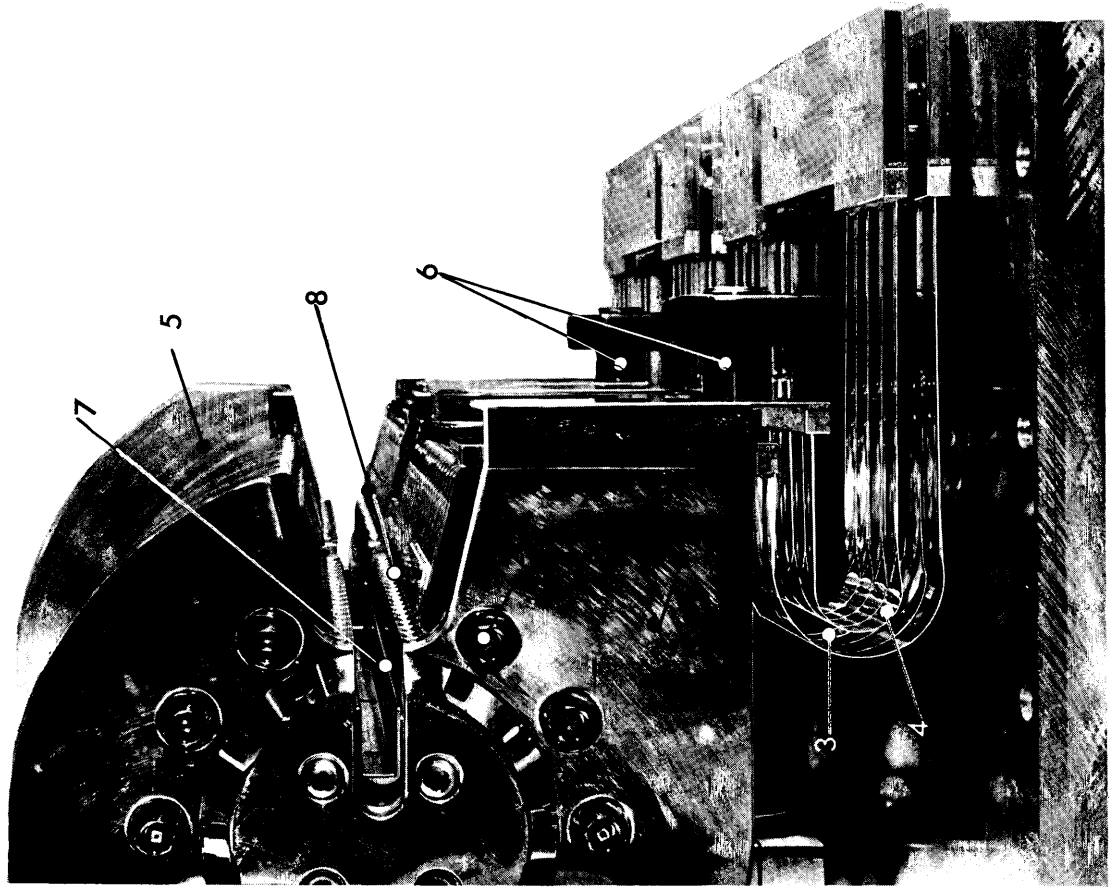
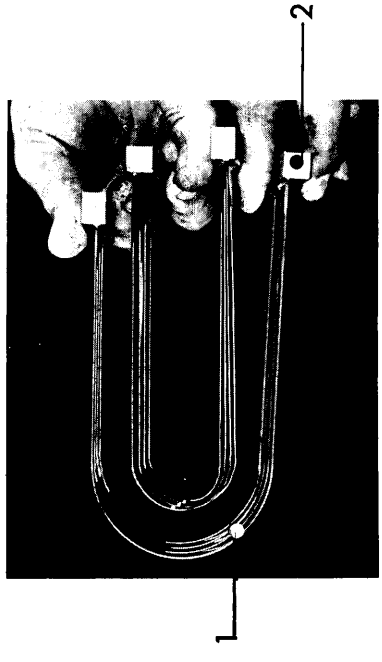
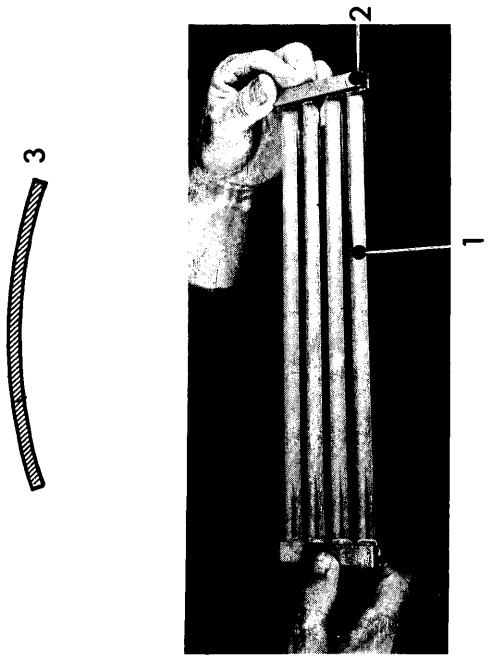


Fig. 2.6
 (a) End view of magnet: (1) outer terminating flange of inner conductor; (2) rods of outer conductor; (3), (4) flexible strip conductors from respectively outer and inner conductors; (5) tongs holding central epoxy supporting plate; (6) rails on which chariot moves; (7) ferrite poleface; (8) 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

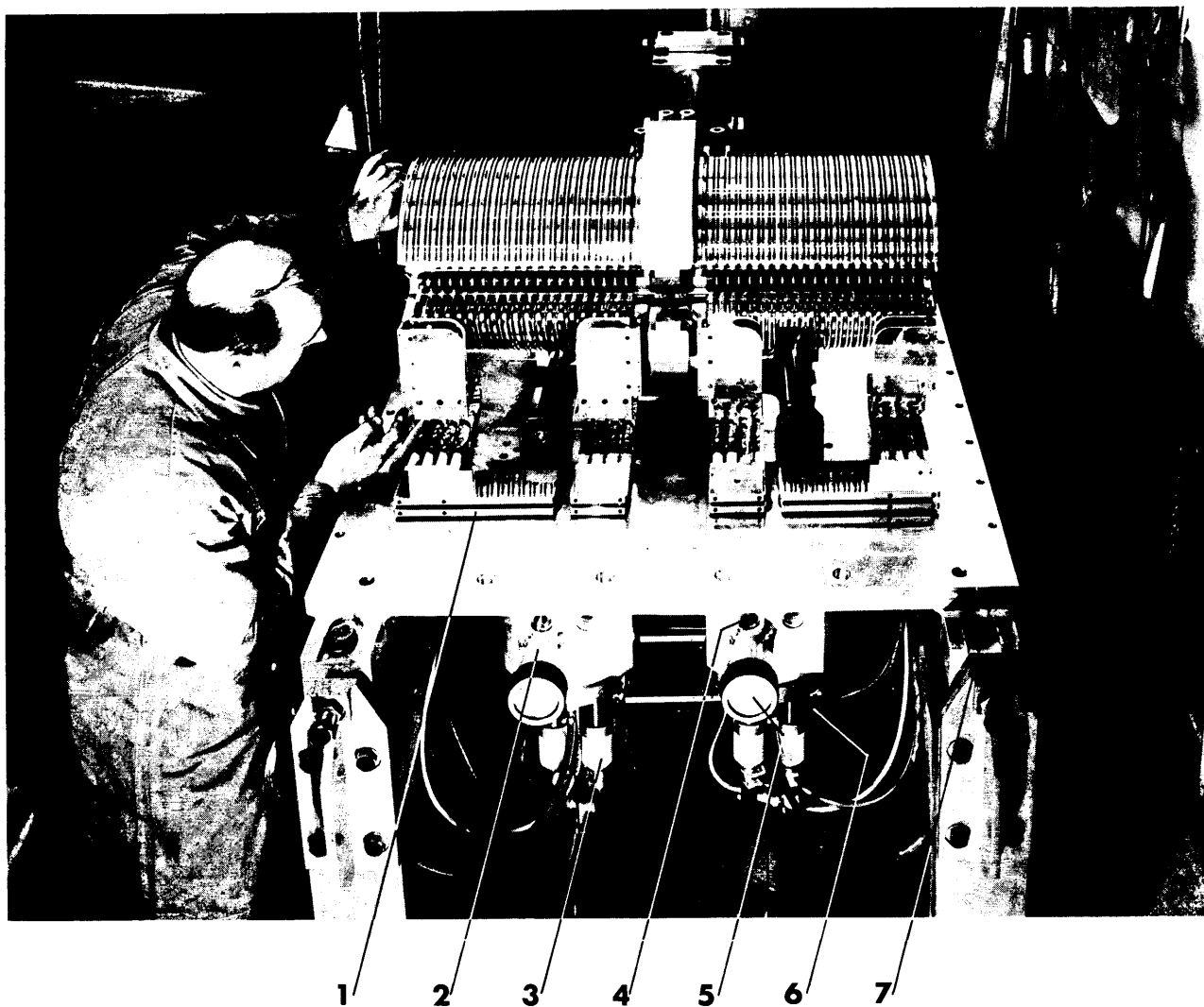


Fig. 2.7 Field inverters mounted on the bottom of the vacuum tank

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.

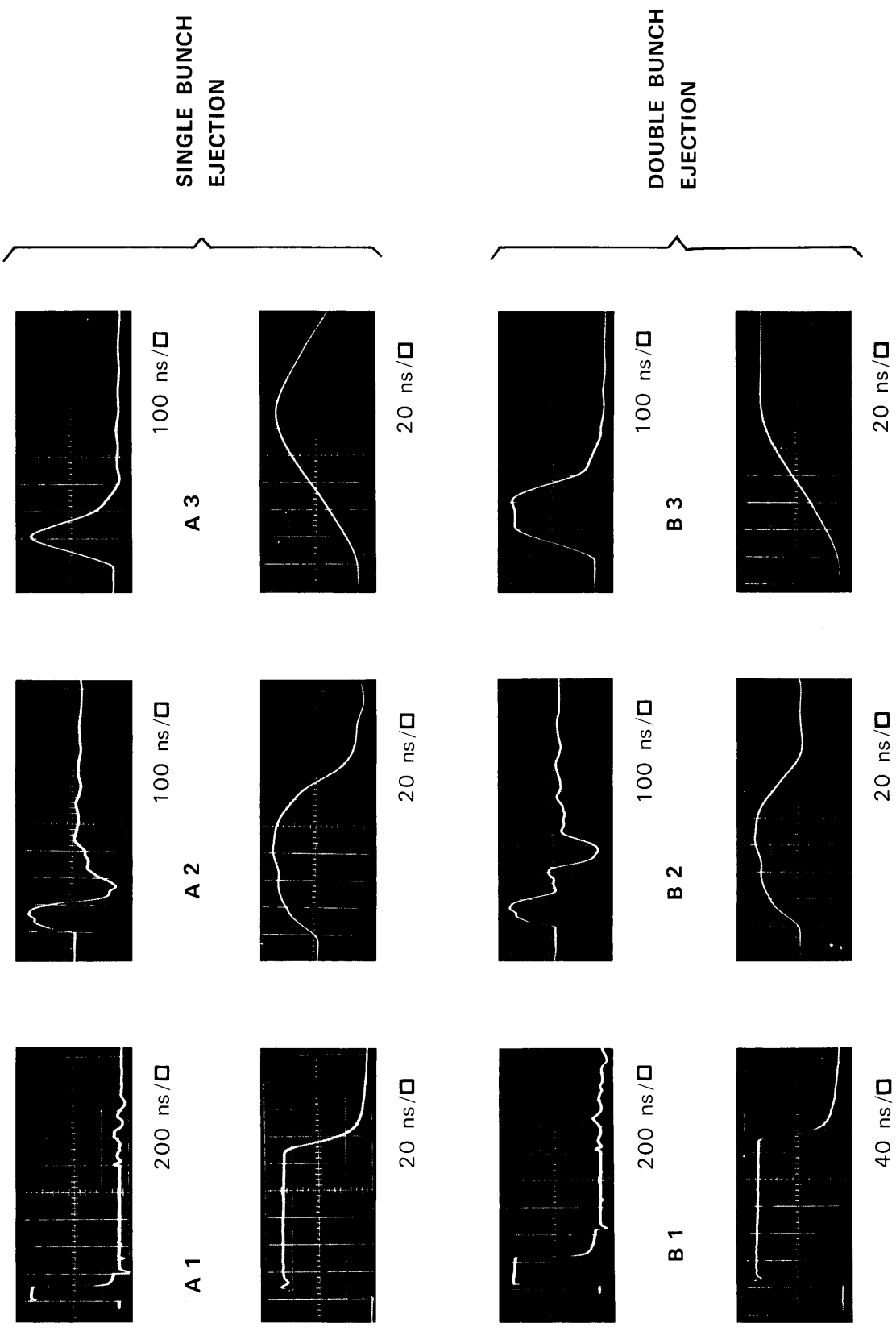


Fig. 2.8 Oscillograms of low voltage pulses: (A) Pulse of 100 ns duration for single bunch ejection; (B) Pulse of 200 ns duration for double bunch ejection; (1) current pulses; (2) non-integrated magnetic field pulses "kicks" from a long measuring loop through the magnet; (3) integrated field pulses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

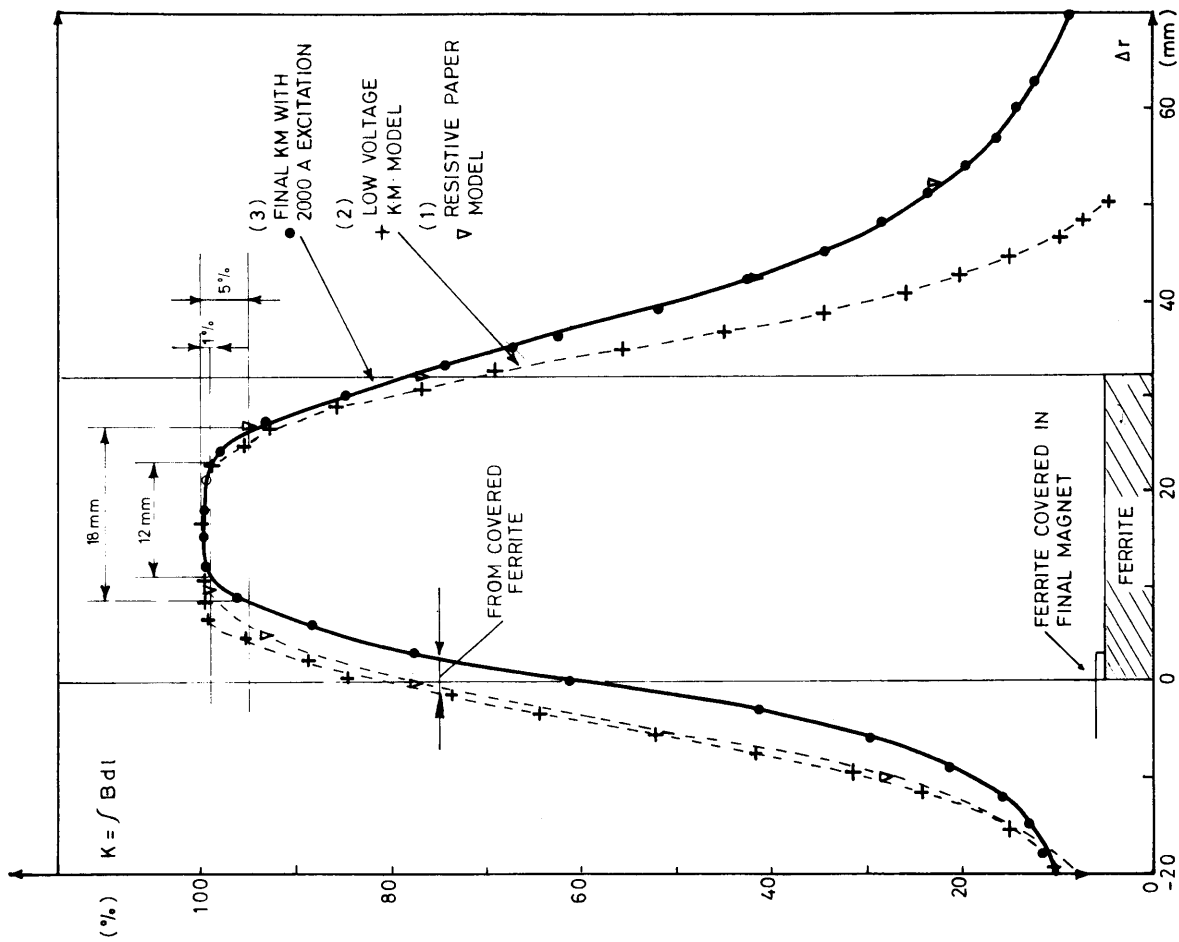


Fig. 2.9 Kick, i.e. magnetic induction integrated along magnet, as a function of radial position in gap: (1) resistive paper model; (2) low voltage full scale model; (3) actual kicker magnet excited with 2000 A pulse of 2 μ s duration. Discrepancy between (1), (3) and (2) (right) is due to stray field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

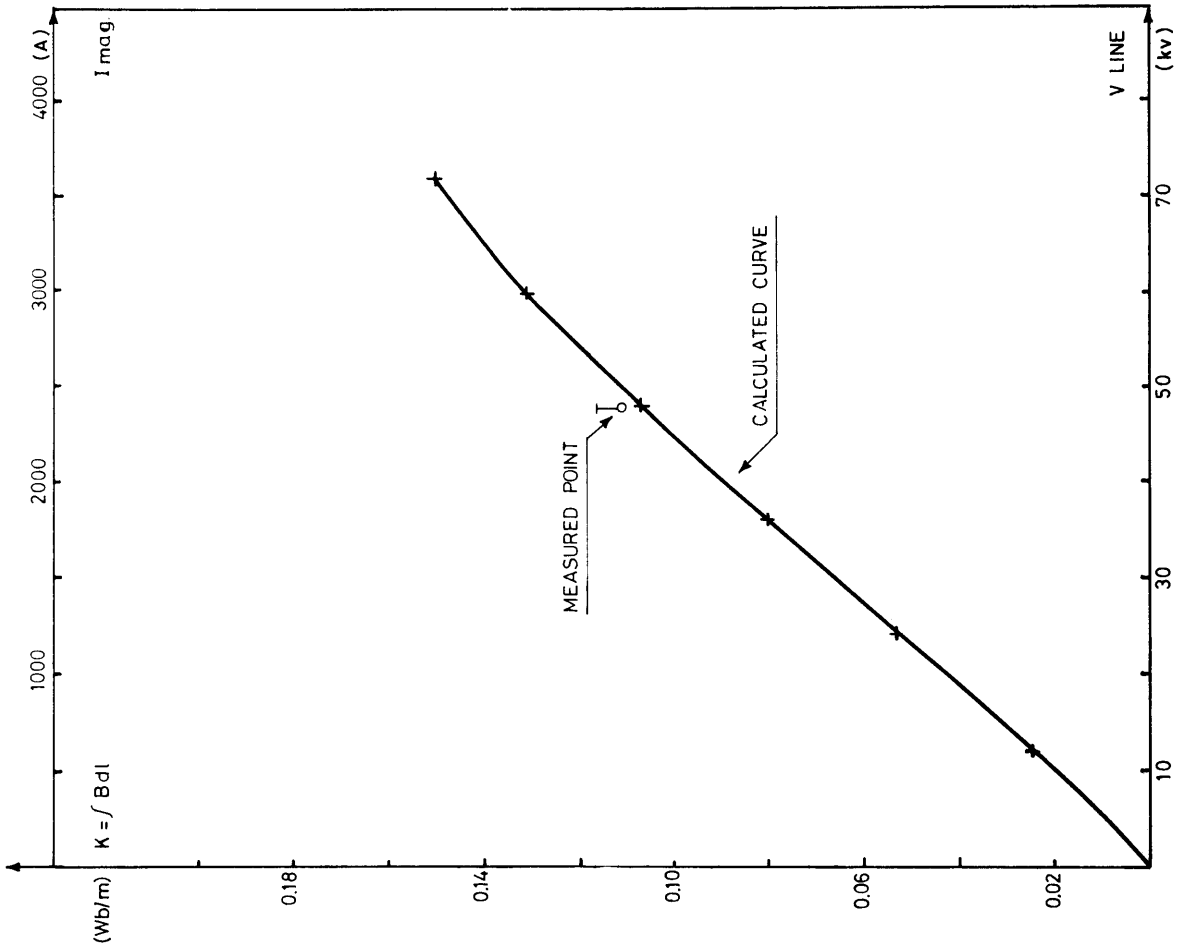


Fig. 2.10 Magnetization curve of the kicker magnet. Kick, i.e. magnetic induction integrated along the magnet, as a function of magnet current I_{mag} and charging voltage V_{LINE} of the pulse-forming network.

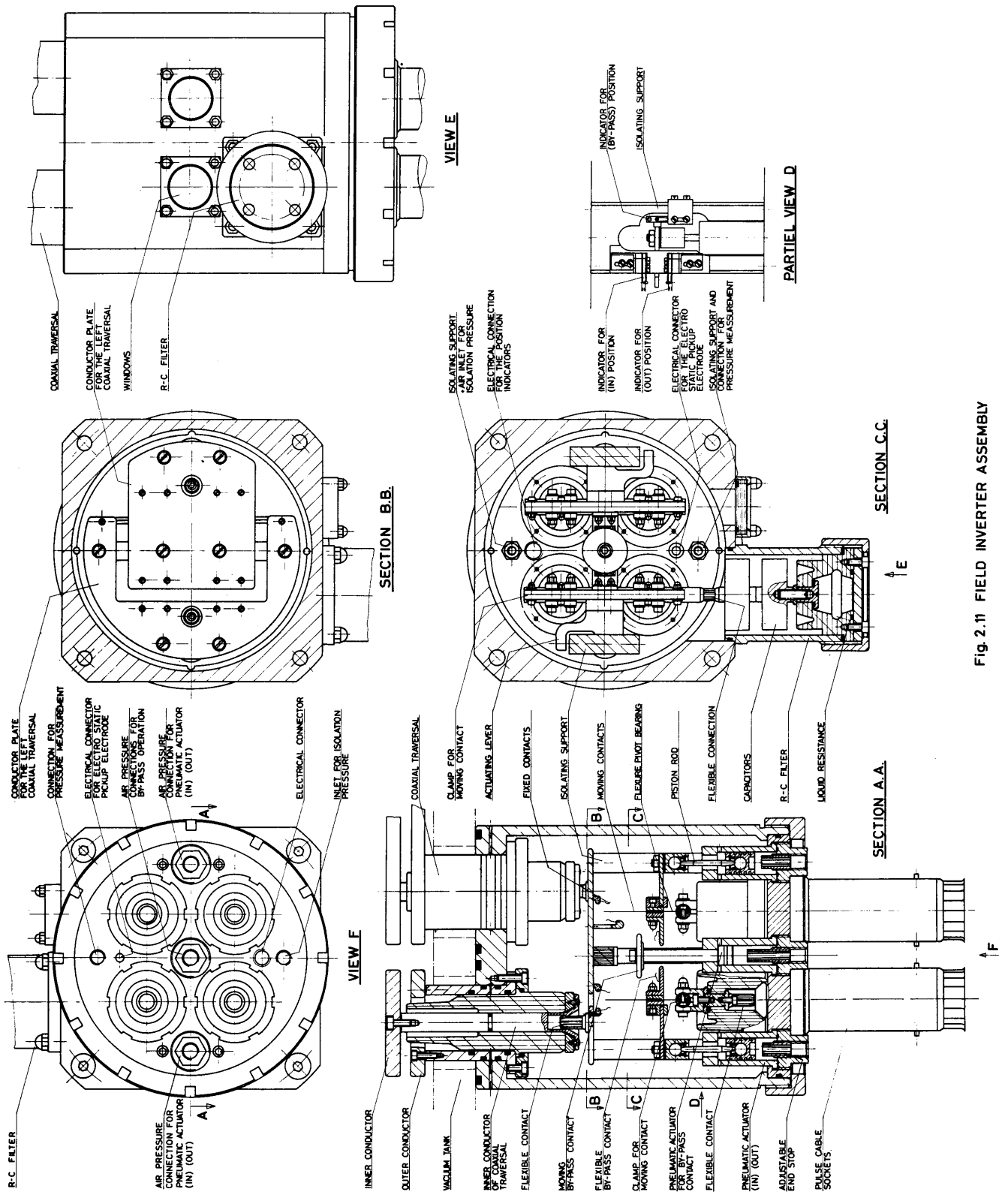


Fig. 2.11 FIELD INVERTER ASSEMBLY

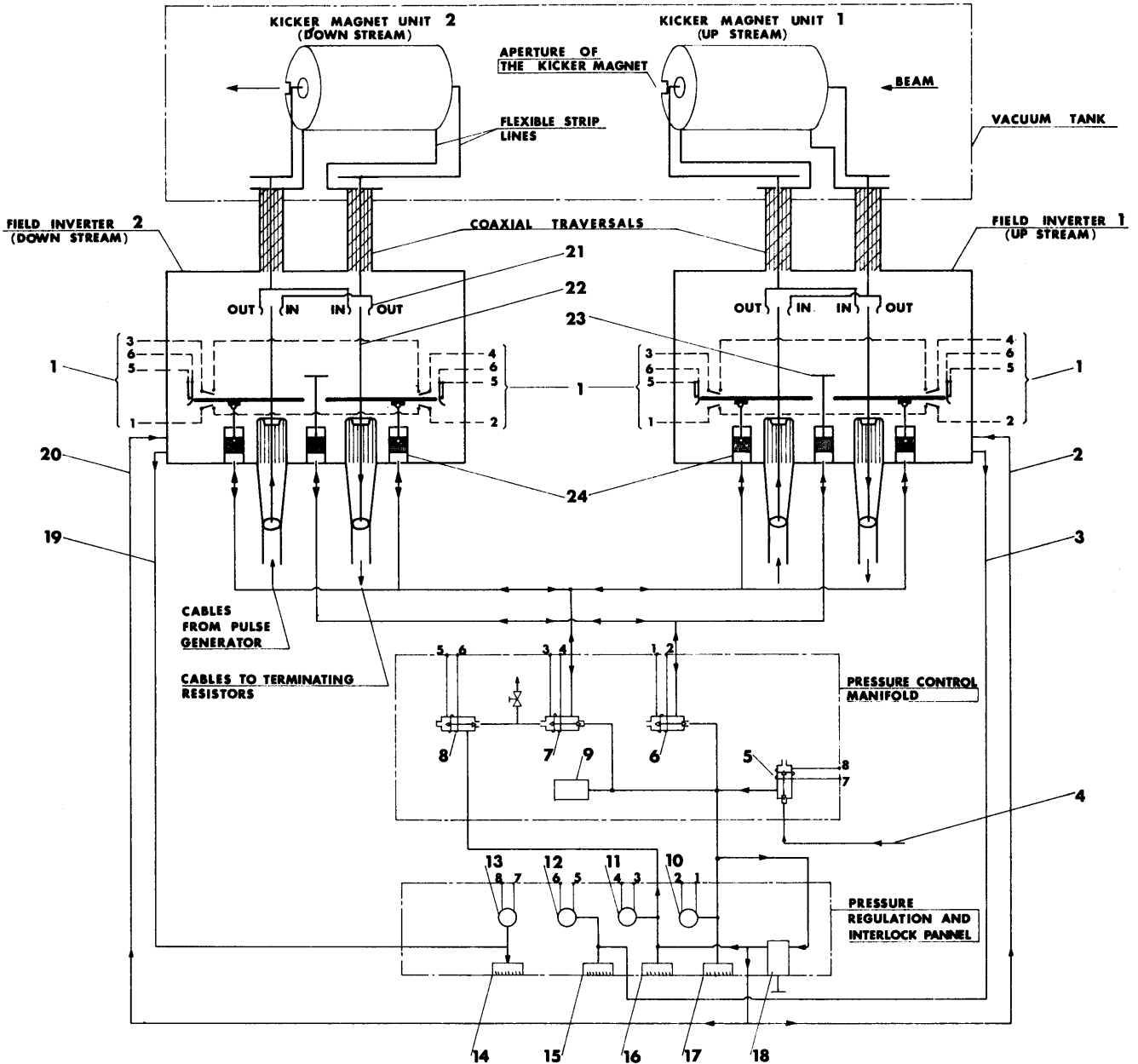


Fig. 2.12 Principle of the field inverter and the pneumatic control

(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.

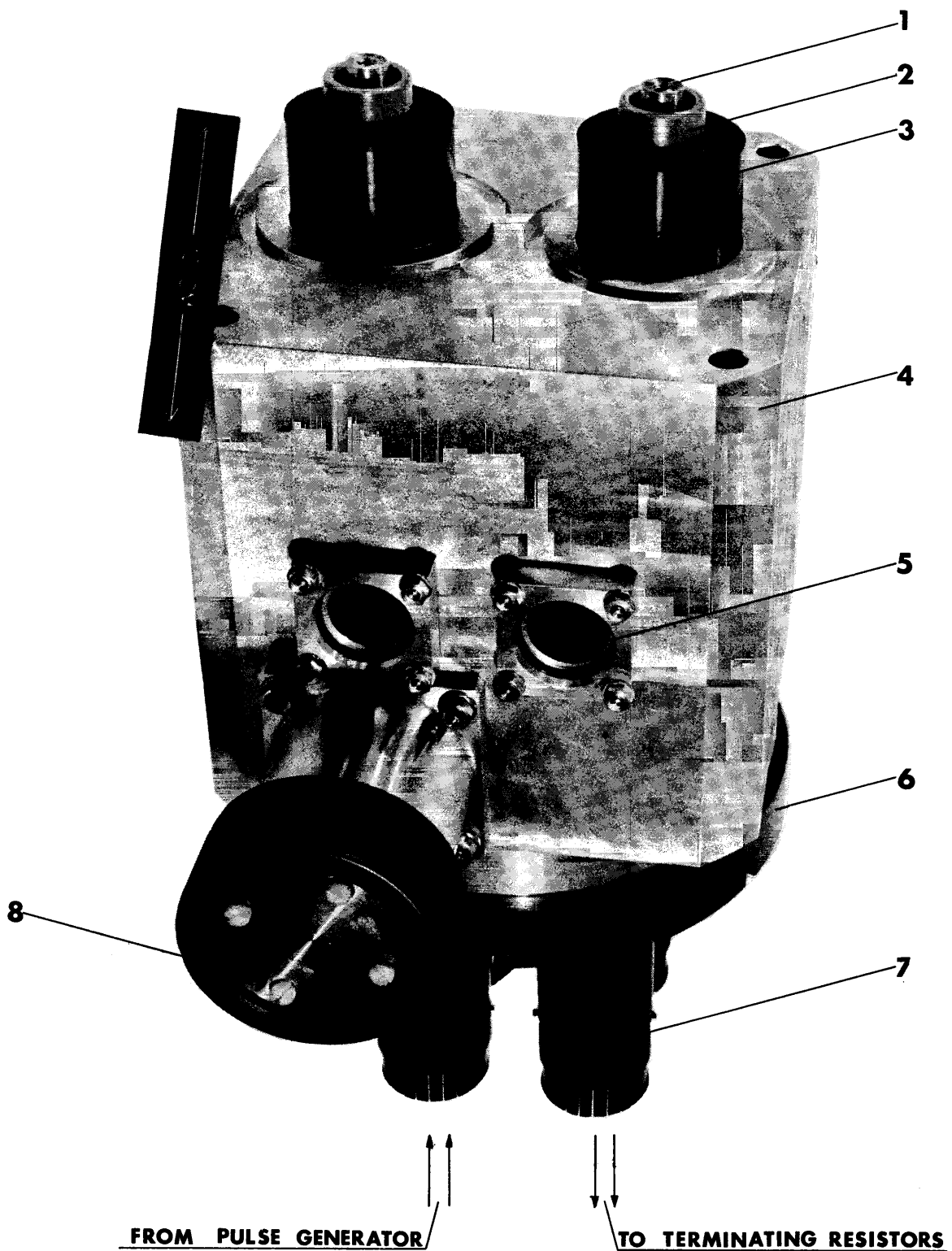


Fig. 2.13 General view of the field inverter

(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.

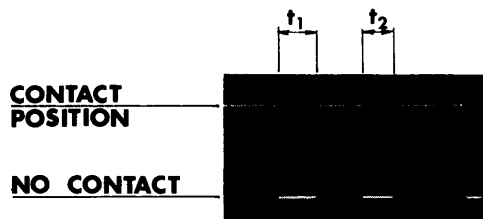


Fig. 2.14 Switching time for the moving contacts

t_1 time for (in) to (out) position; t_2 time for (out) to (in) position, time scale 50 ms per division.

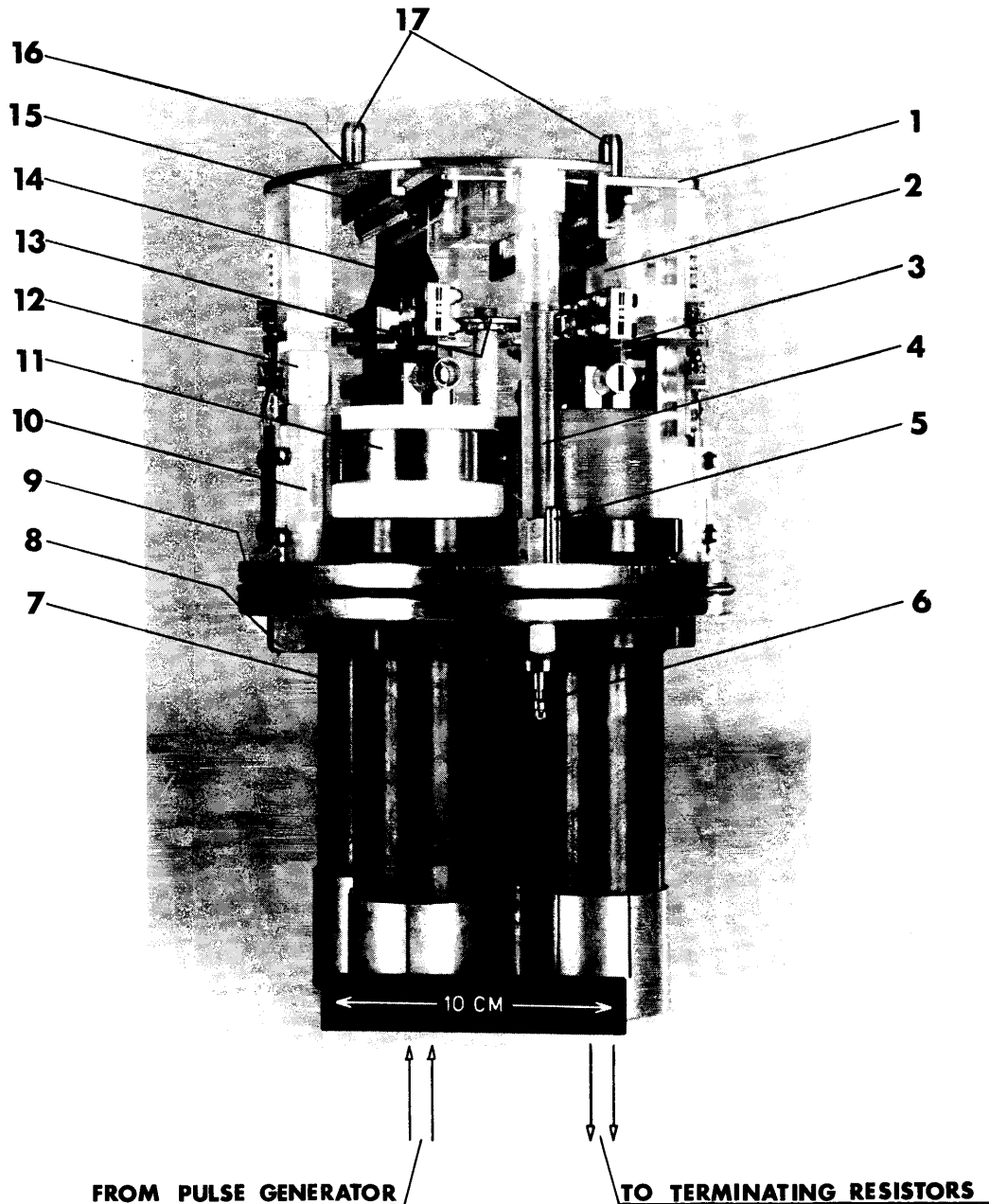


Fig. 2.15 The field inverter mechanism

(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.

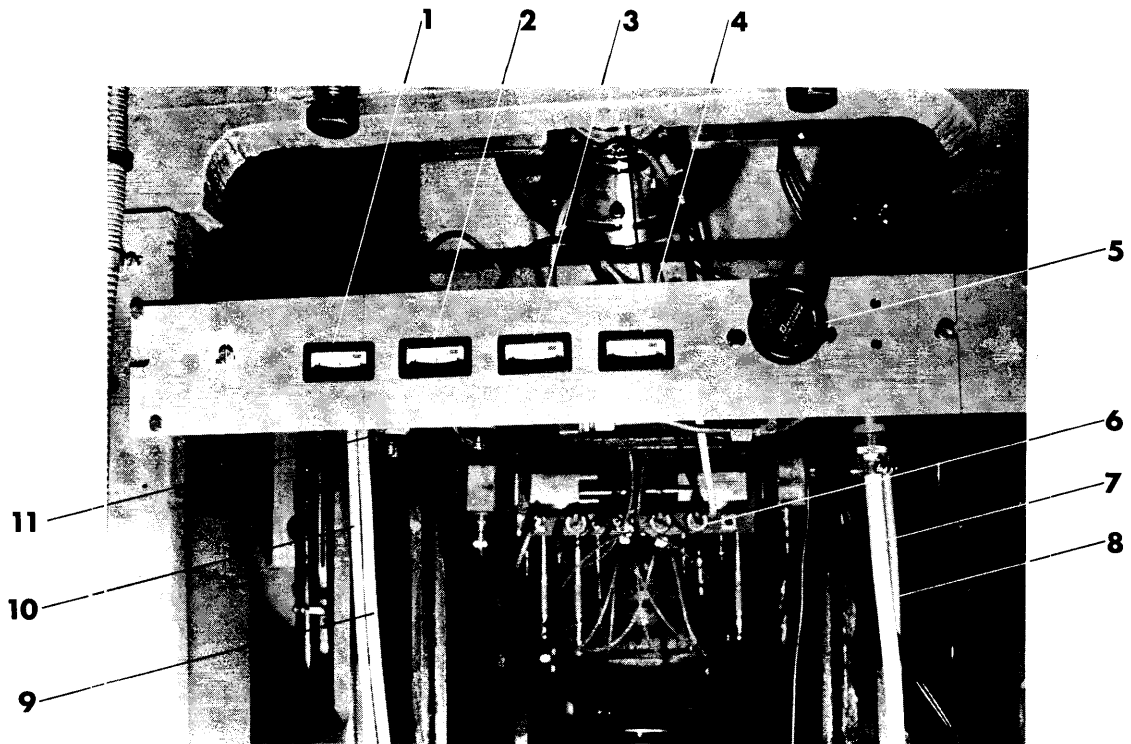


Fig. 2.16 The pressure regulation and interlock system panel

(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.

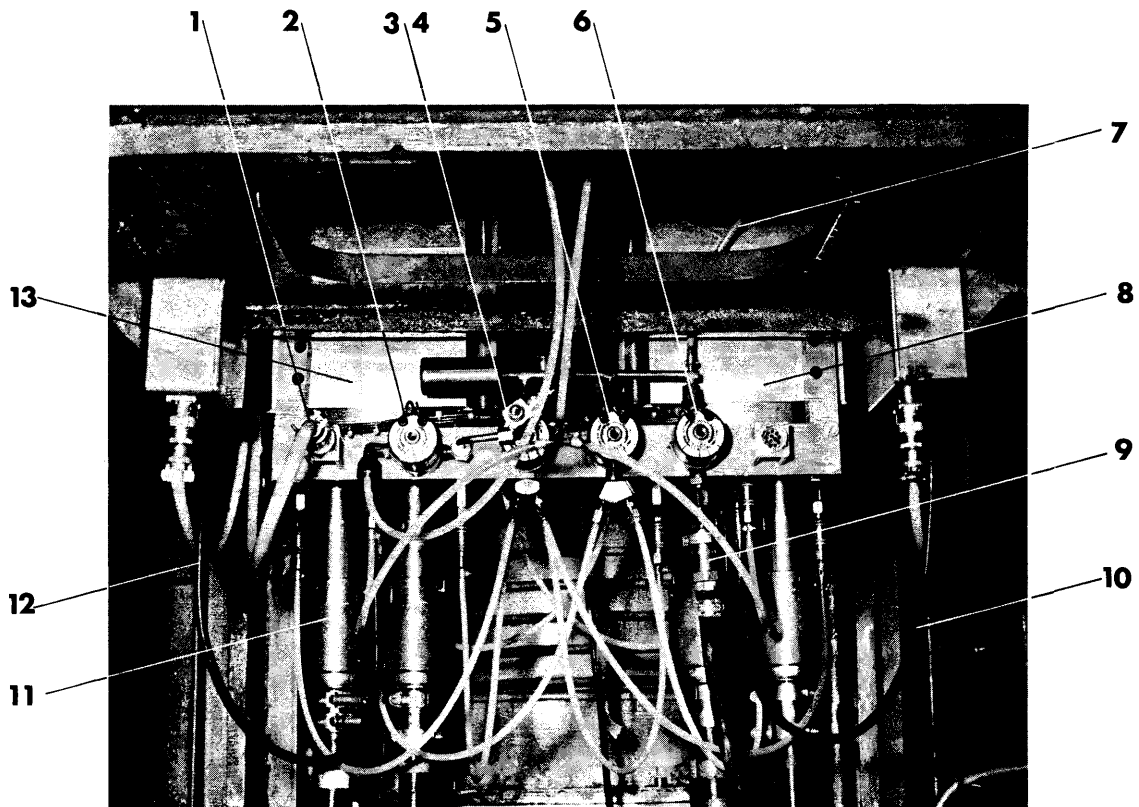


Fig. 2.17 Front view of the pressure control manifold

(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 Couvertures 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

included in the service manual only

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 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	μs
Total capacity	$11 \times C_1 + C_2$.12	μF
Total inductance	$10 \times L_1 + L_2 + L_3$	12.9	μH
Capacity per element	C_1	.01	μF
Capacity per element	C_2	.01	μF
Inductivity per element	L_1	.96	μH
Inductivity per element	L_2	.8	μH
Inductivity per element	L_3	2.5	μH
Series inductance of cap. C_1	L_4	.25	μH
Series inductance of cap. C_2	L_5	.1	μH
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 (~ 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 arrester.

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 ₃	8	10 MΩ, 20W, 25 kV 2°/o	I.R.C.	MVA 15
R ₄	4	1 MΩ, 20W, 25 kV 5°/o	I.R.C.	MVA 15
R _{5a}	1	Line I 12 kΩ, 1/2 W] 8k 5°/o	Allen Bradley	
R _{6a}	1		"	
R ₇	1	Line II 39 kΩ, 1/2 W] 9k 5°/o	"	
R ₈	1		"	
R _{5b}	1		"	
R _{6b}	1	22 kΩ, 1/2 W] 8k 5°/o	"	
C ₃	8	20 nF, 30 kV	I.C.A.R	TA 31 T 3
C ₄	1	100 μF		
C ₅	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 arrester is added.

Characteristics :

Symbol	No of units	Value	Make	Type
R_9	120	1.5 Mohm 1 W 5°/o	Allen Bradley	carbon ¹⁾
R_{10}	1	22 kohm 2 W 5°/o	"	
R_{11}	1	6.8 kohm 2 W 5°/o	"	
C_6	120	2200 pF 1000 V		
C_7	1	1.1 μ F		
C_8	1	4.2 μ 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 C₂) 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 ϵ , 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 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 applies is given by Fig. 3.11.

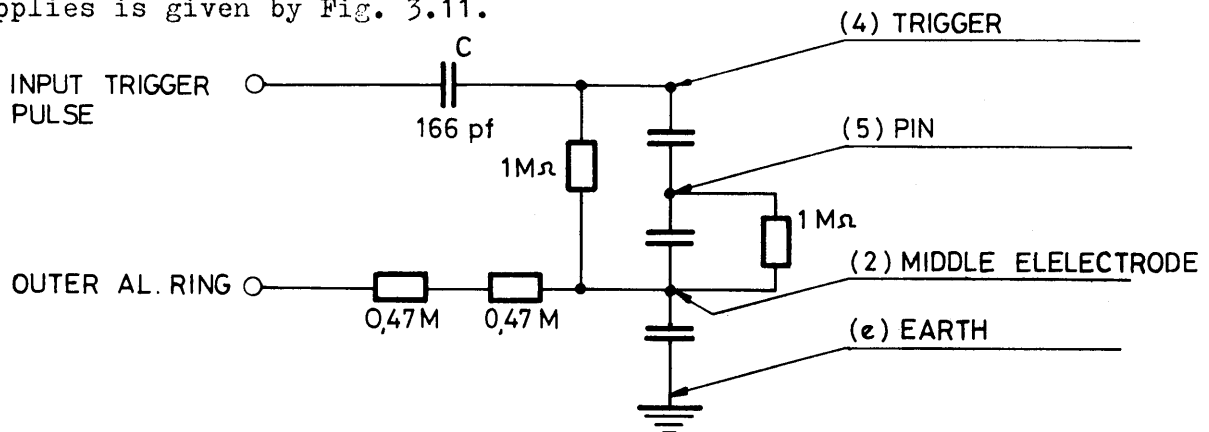


Fig. 3.11

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 ± 3 nsec to about ± 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 μ 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 ± 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 ± 3 ns to ± 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 ± 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 ~ 180 J for the 20 bunches ejection (30 kV; 3kA; 2,1 μ 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 anticorodal 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 12.5Ω at 20°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 10Ω 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 Ω .

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.

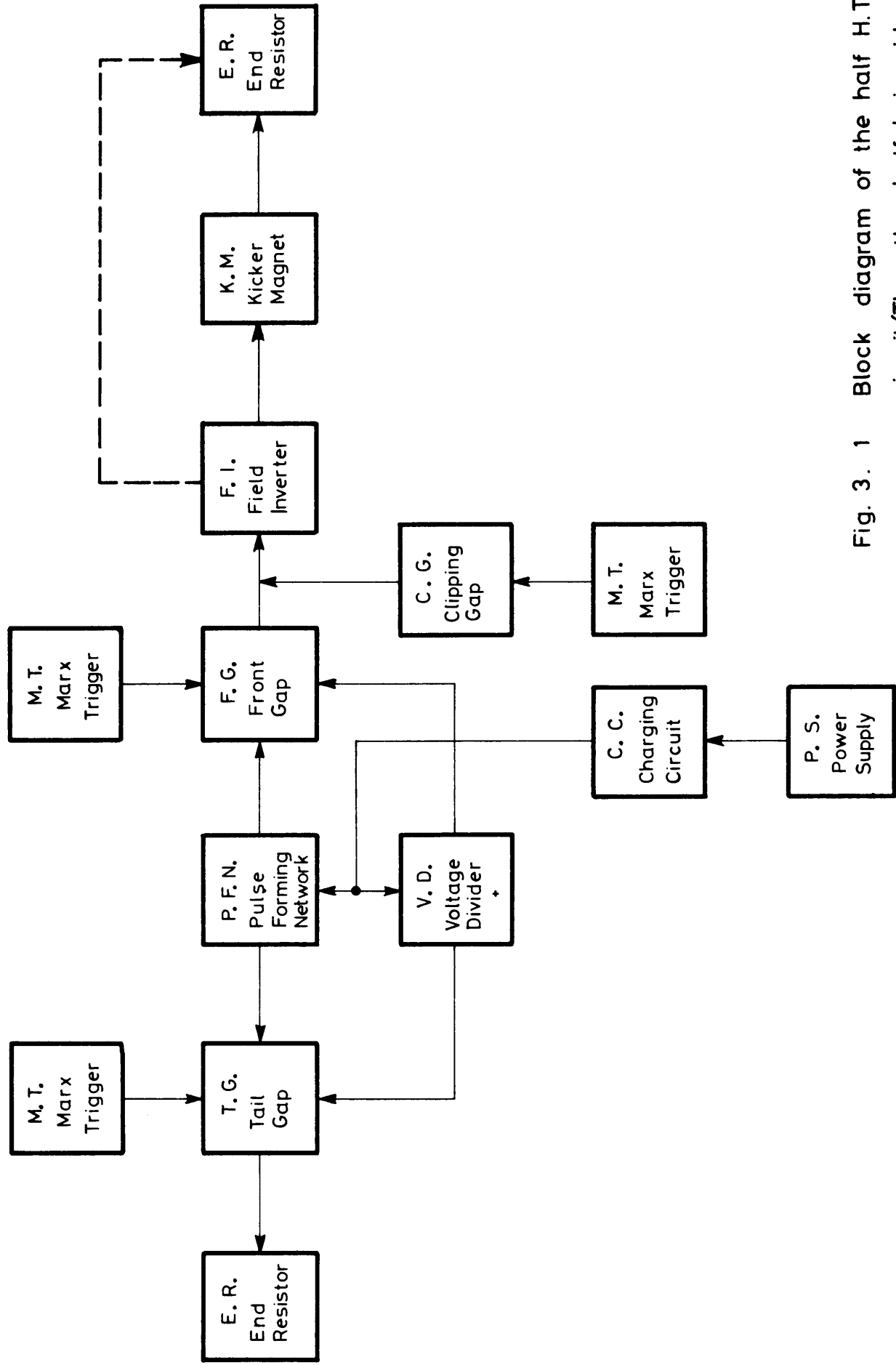
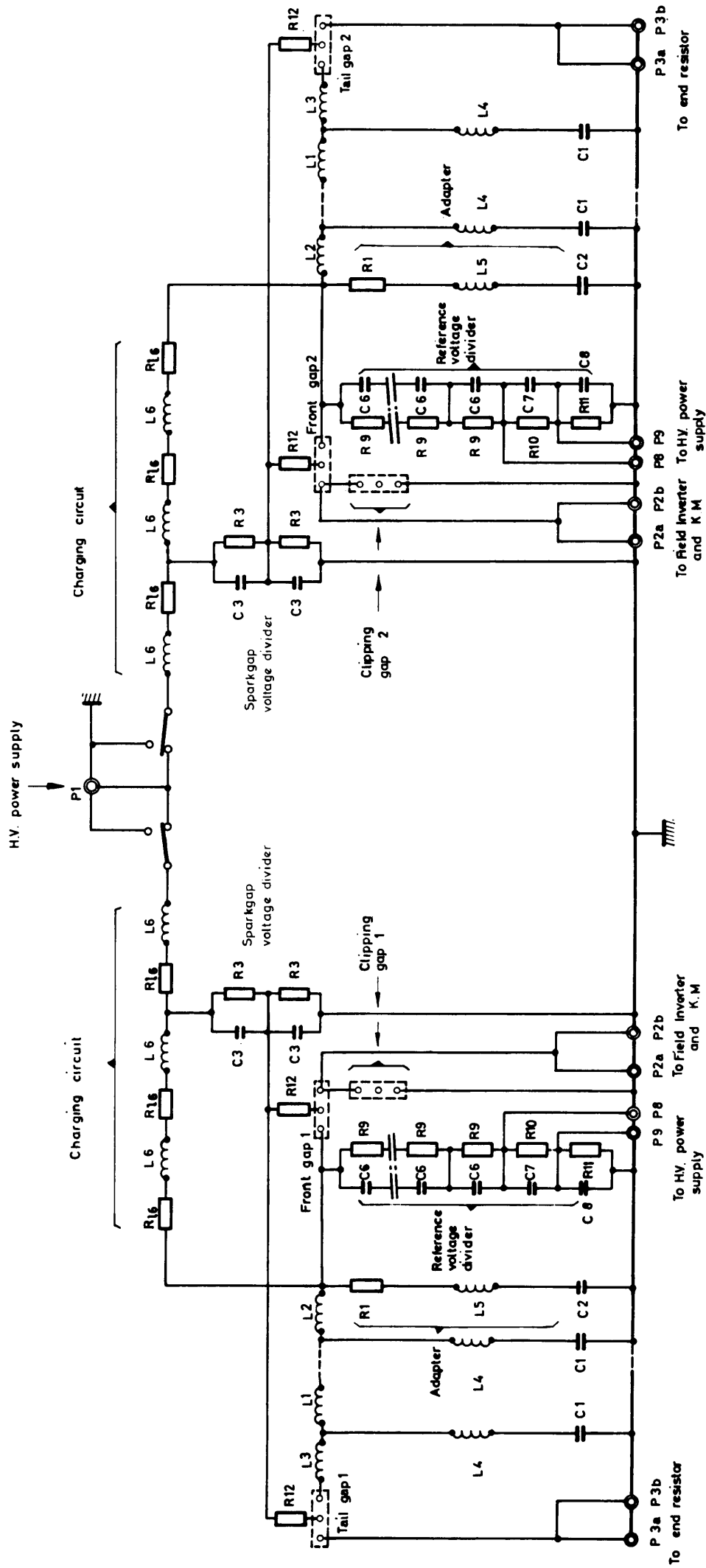


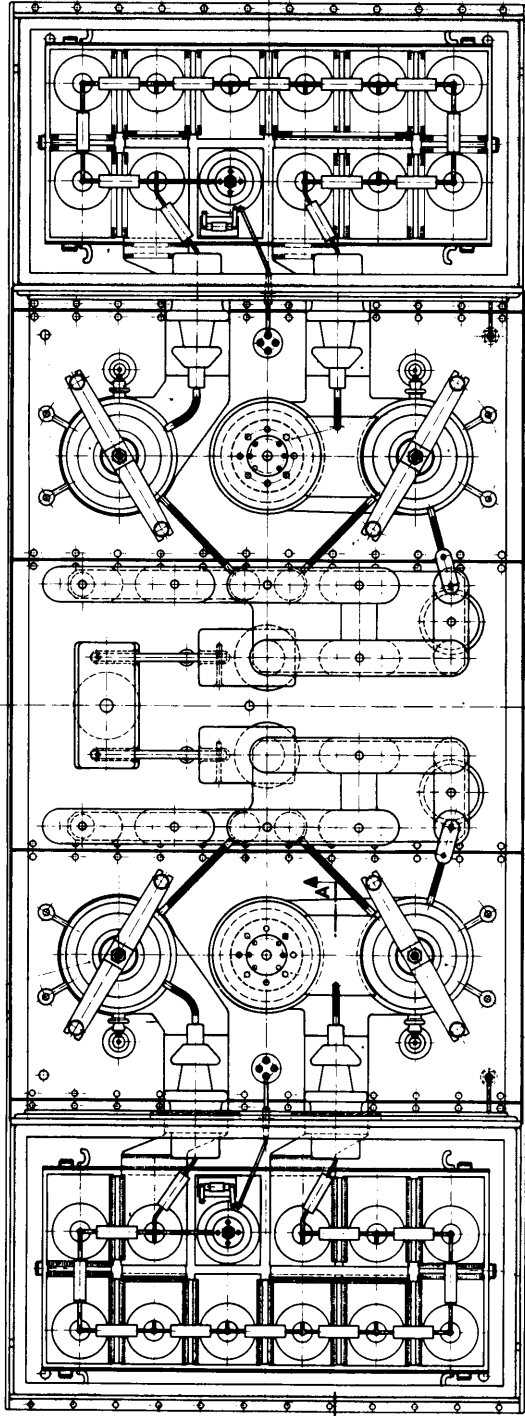
Fig. 3. 1 Block diagram of the half H.T. circuit(The other half being identical)



3.2 Simplified circuit of the H.V. pulse generator

2 10

9 2



5

1 6 8

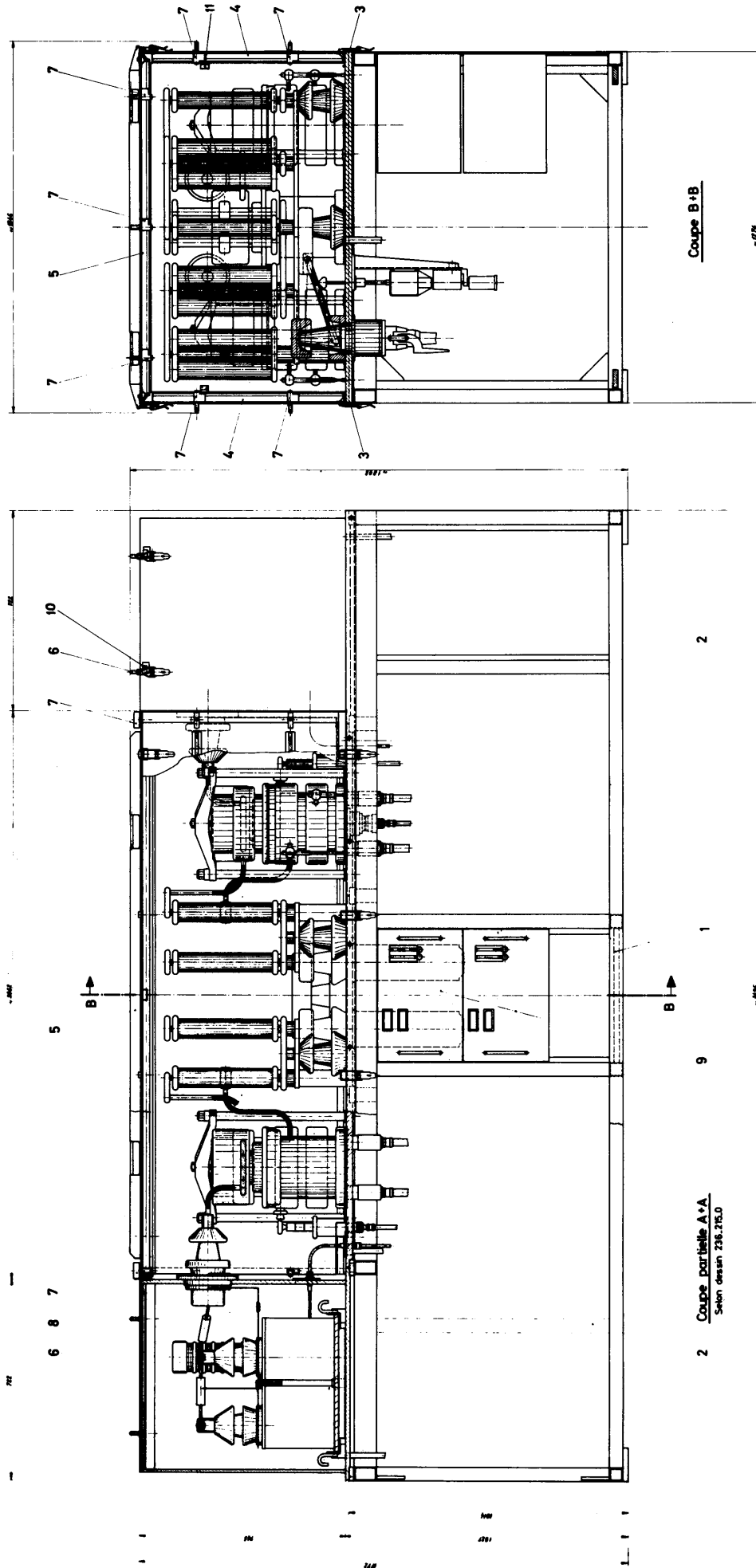
3

7 6 1

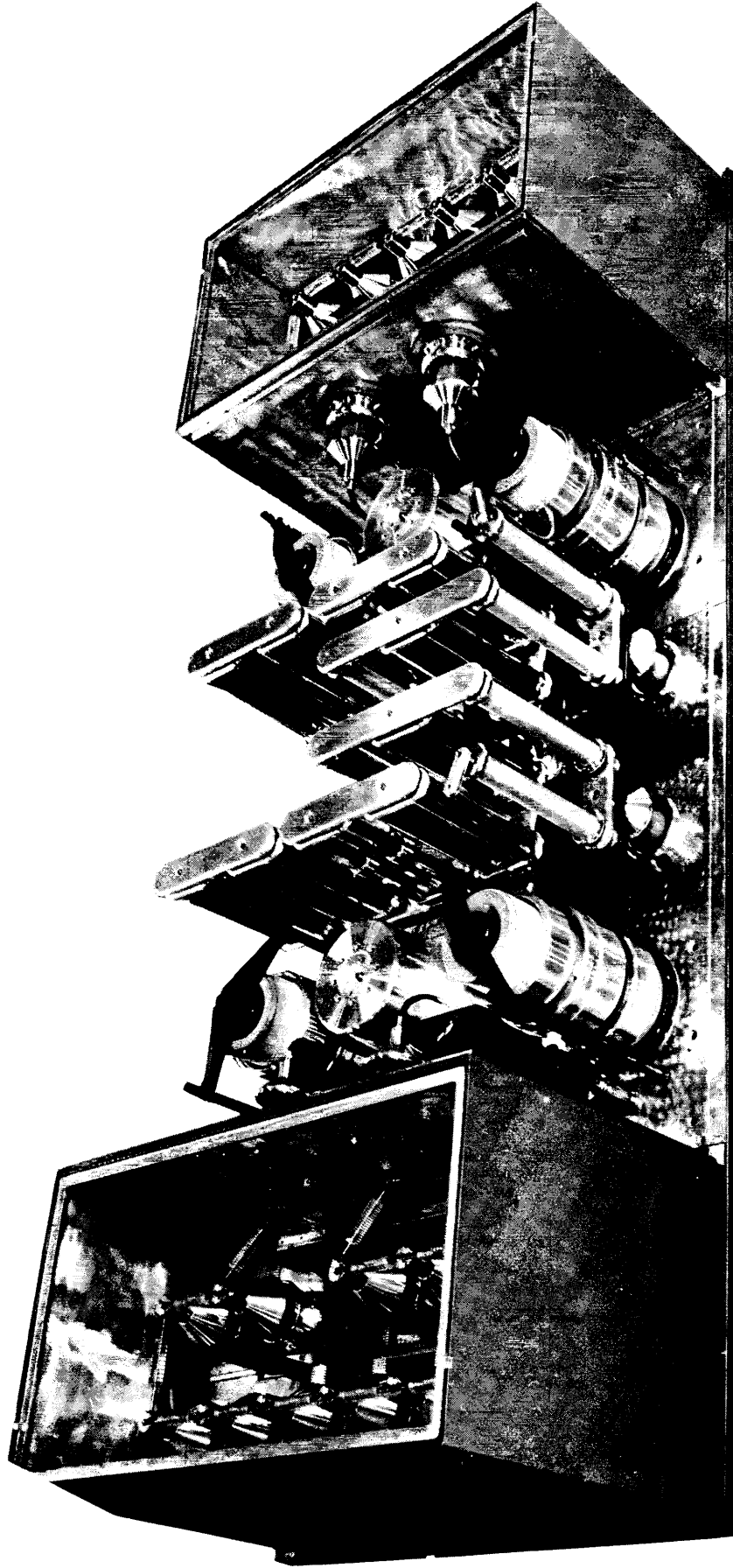
4

↑
A
Voir dessin
236.216.0

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



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



3.8 Picture of the H.V. pulse generator

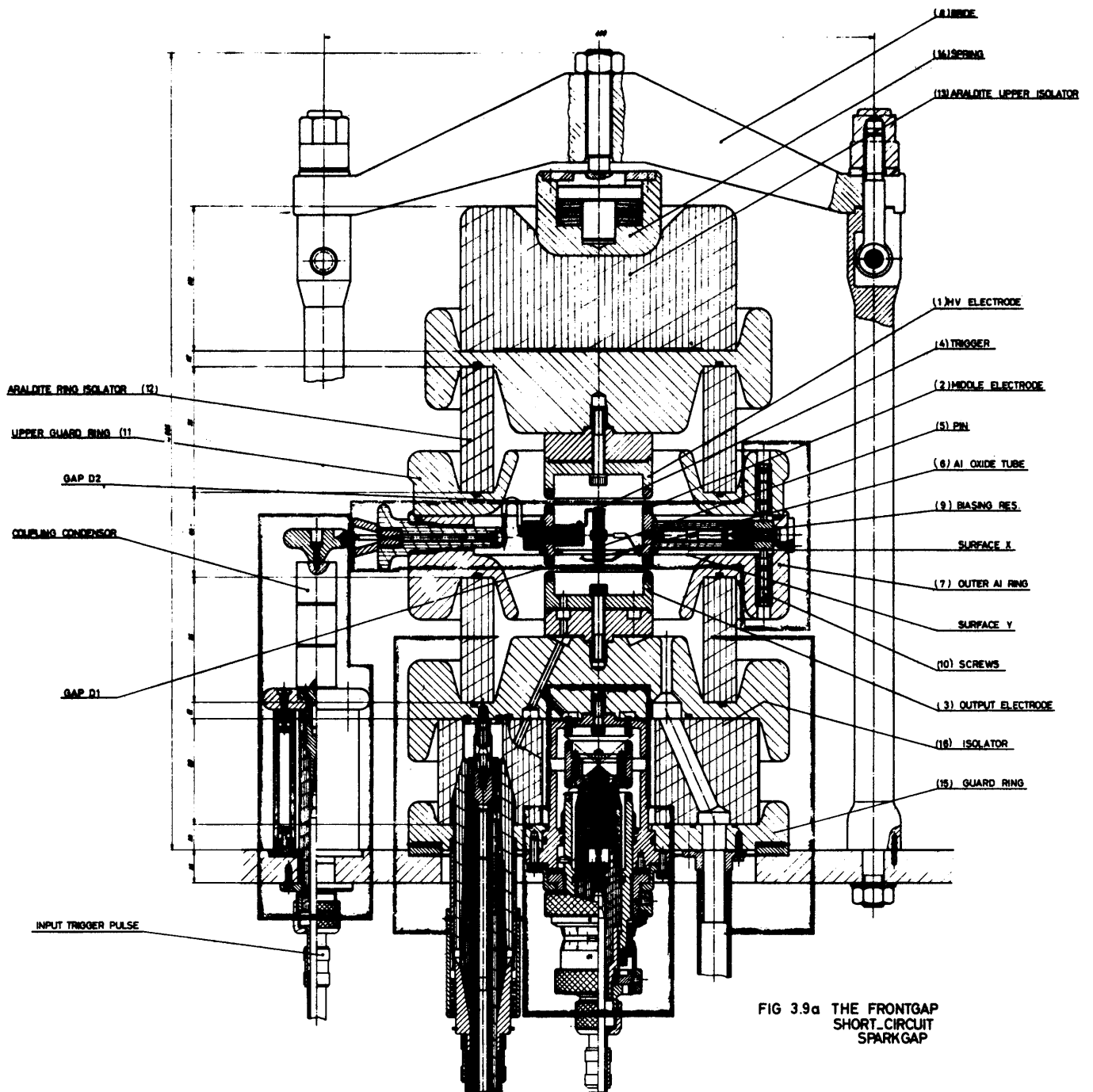


FIG 3.9a THE FRONTGAP SHORT-CIRCUIT SPARKGAP

3.9a Frontgap + short circuit sparkgap

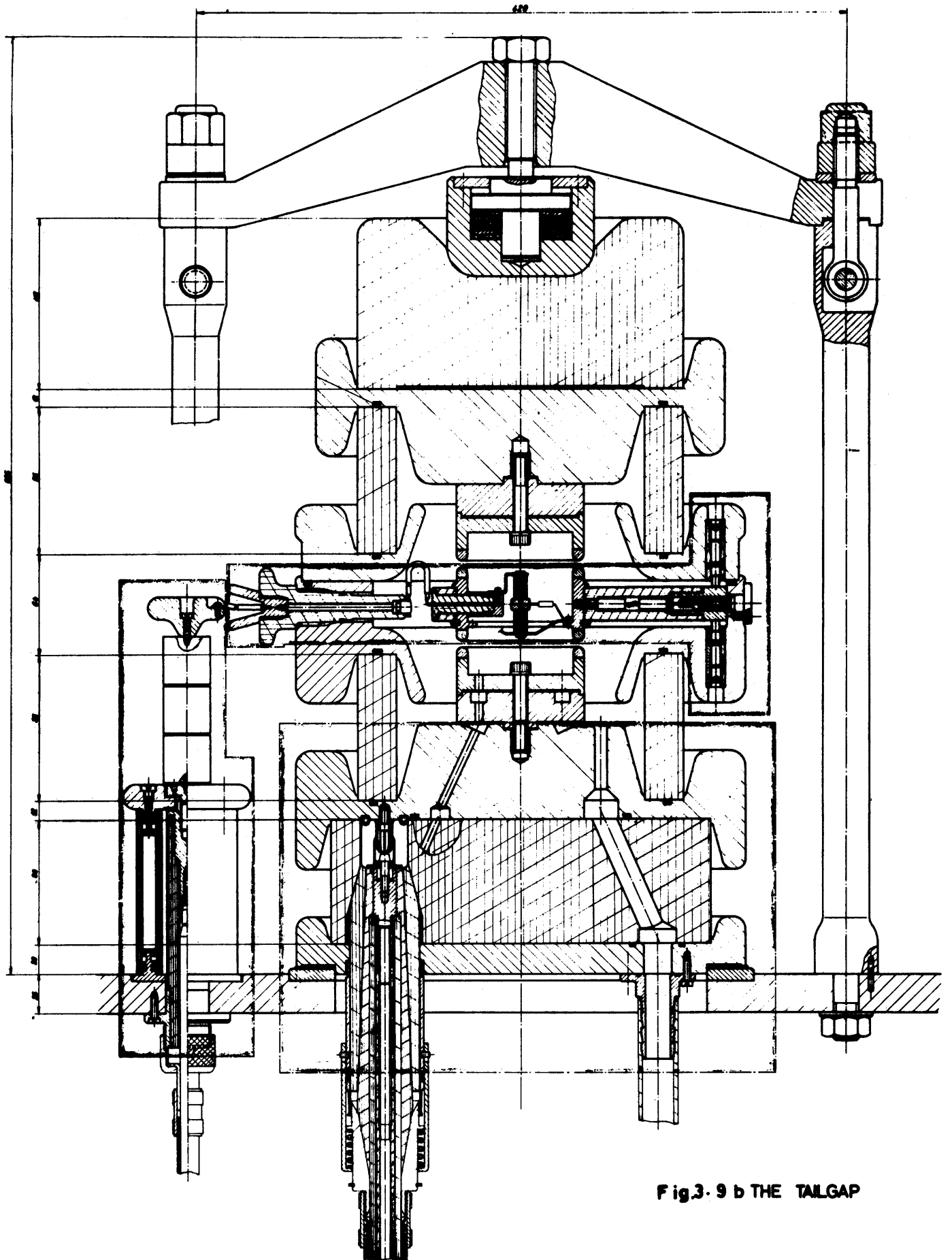
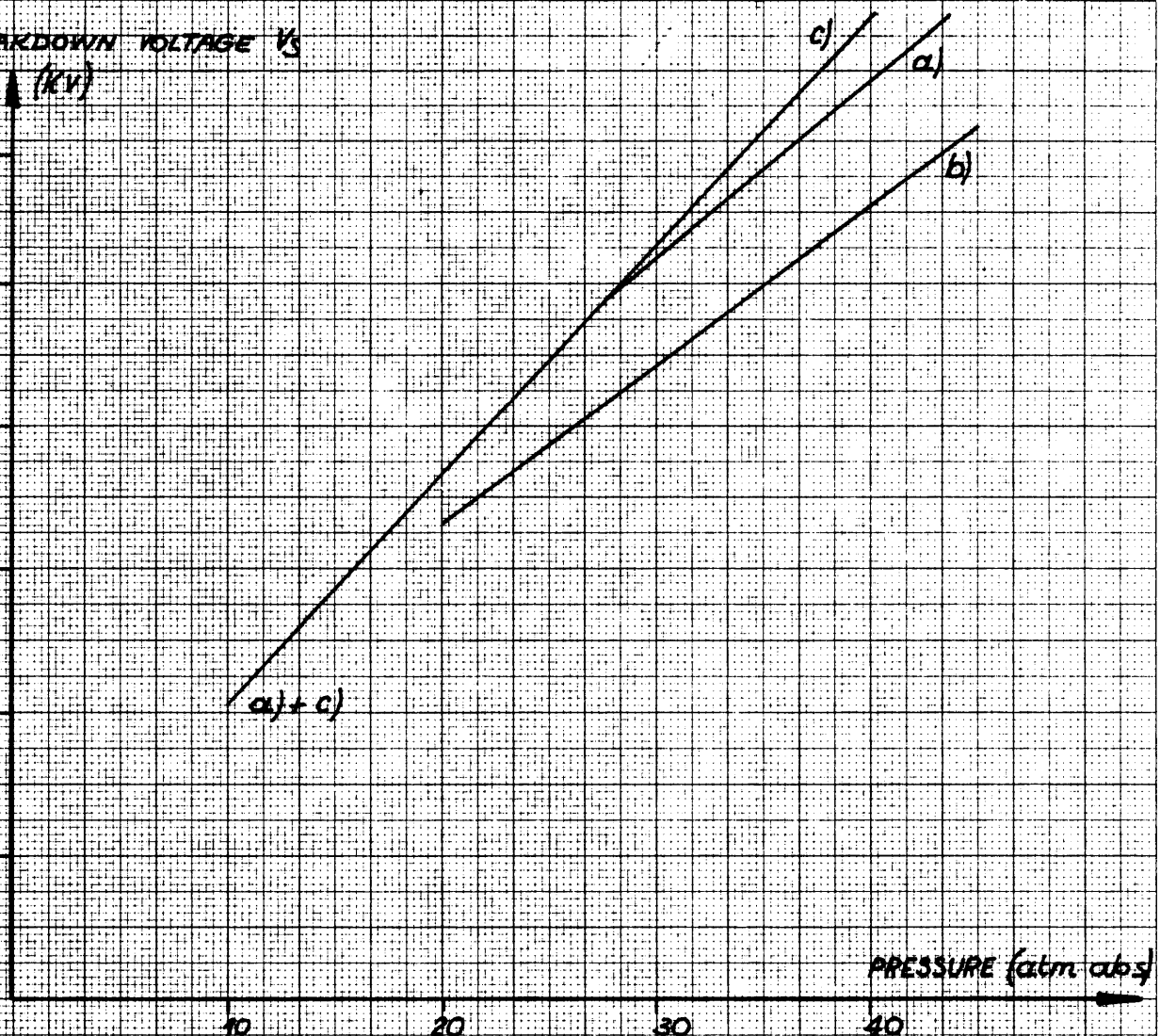


Fig. 3.9 b THE TAILGAP

BREAKDOWN VOLTAGE V_b
(KV)

80
50
40
30
20
10



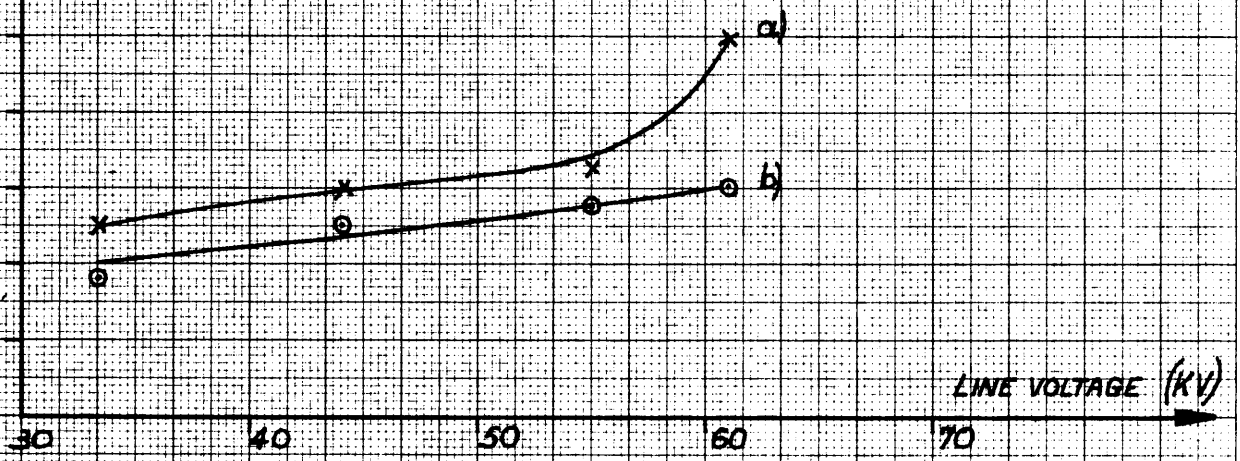
PRESSURE (atm. abs)

FIG. 3.10 STATIC CHARACTERISTICS OF FRONT OR TAILGAP

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

TIME JITTER
 \pm (n. SEC)

14
12
10
8
6
4
2



LINE VOLTAGE (KV)

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

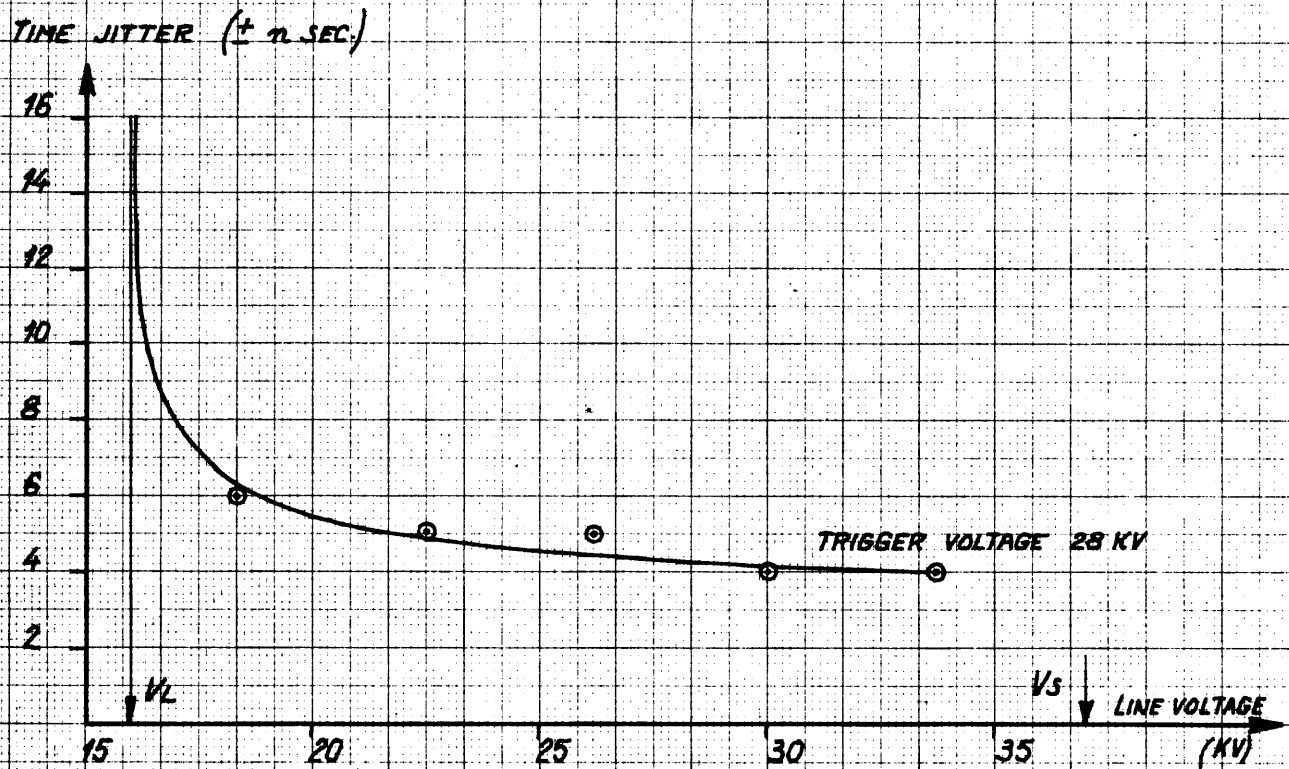


FIG. 3.13 TIME JITTER OF FRONT OR TAILGAP AFTER 600.000 SHOTS AS A FUNCTION OF LINE VOLTAGE FOR FIXED PRESSURE $P = 2,0 \text{ atm abs}$
 V_L = LOWER FIRING LIMIT V_S = BREAKDOWN VOLTAGE

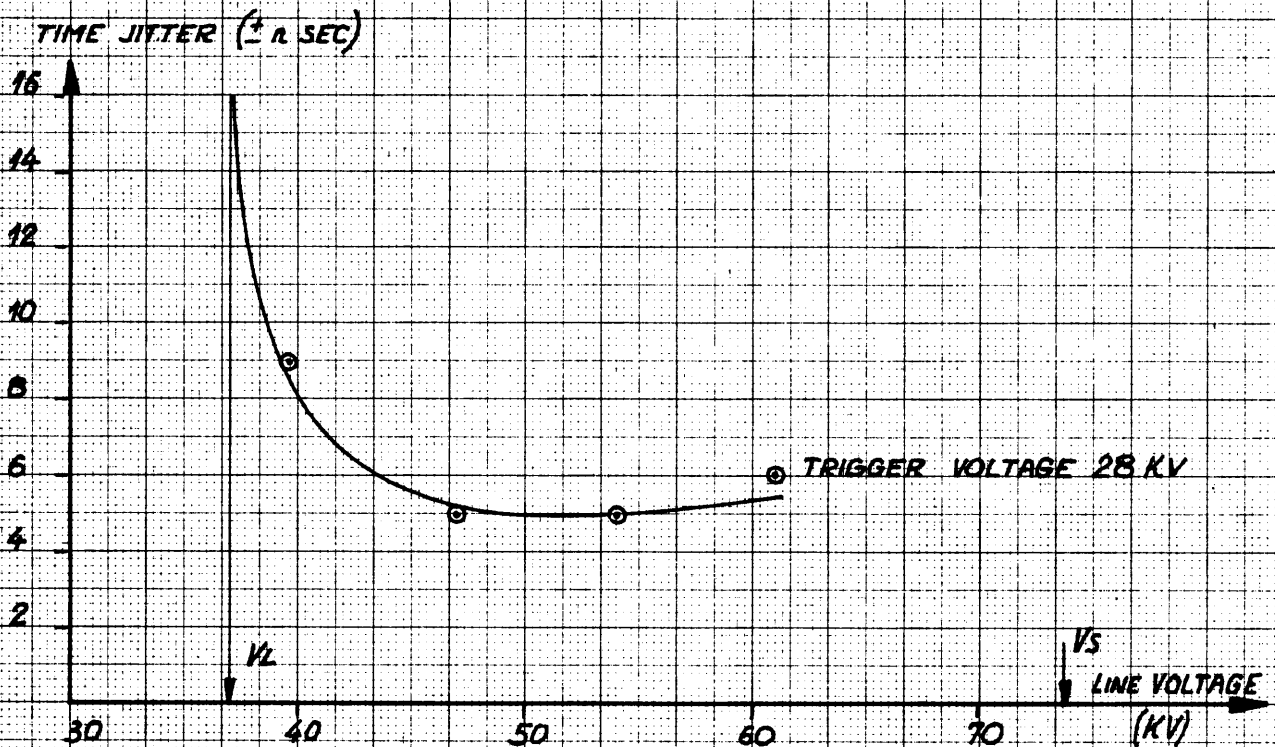


FIG. 3.14 TIME JITTER OF FRONT OR TAILGAP AFTER 600.000 SHOTS AS A FUNCTION OF LINE VOLTAGE FOR FIXED PRESSURE $P = 4,5 \text{ atm abs}$
 V_L = LOWER FIRING LIMIT V_S = BREAKDOWN VOLTAGE

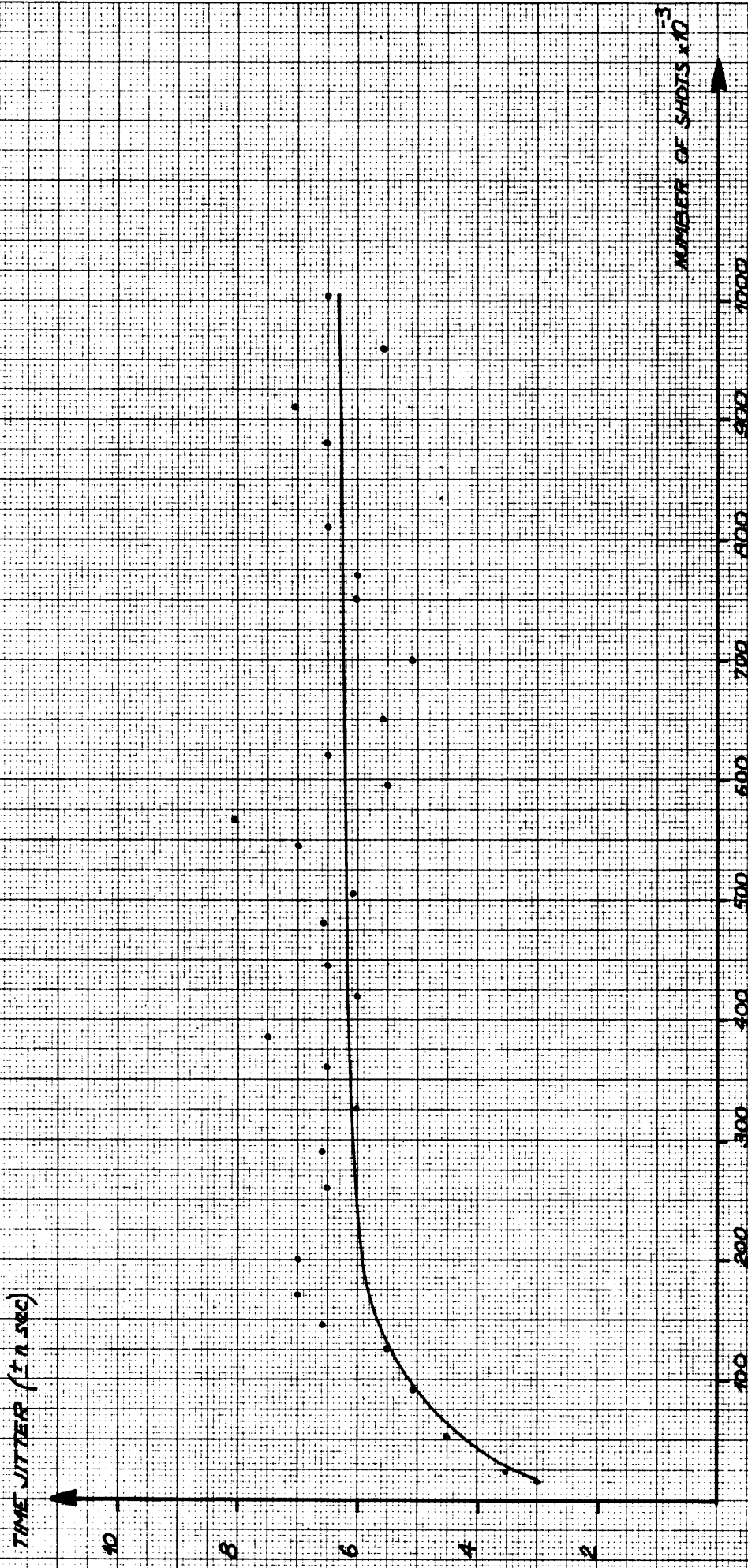


FIG 3.15 DEVELOPMENT OF TIME JITTER OF FRONT OR TAIL GAP DURING ITS LIFE TEST - LINE VOLTAGE 55 KV, P - 4 atm abs, TRIGGER VOLTAGE 28 KV

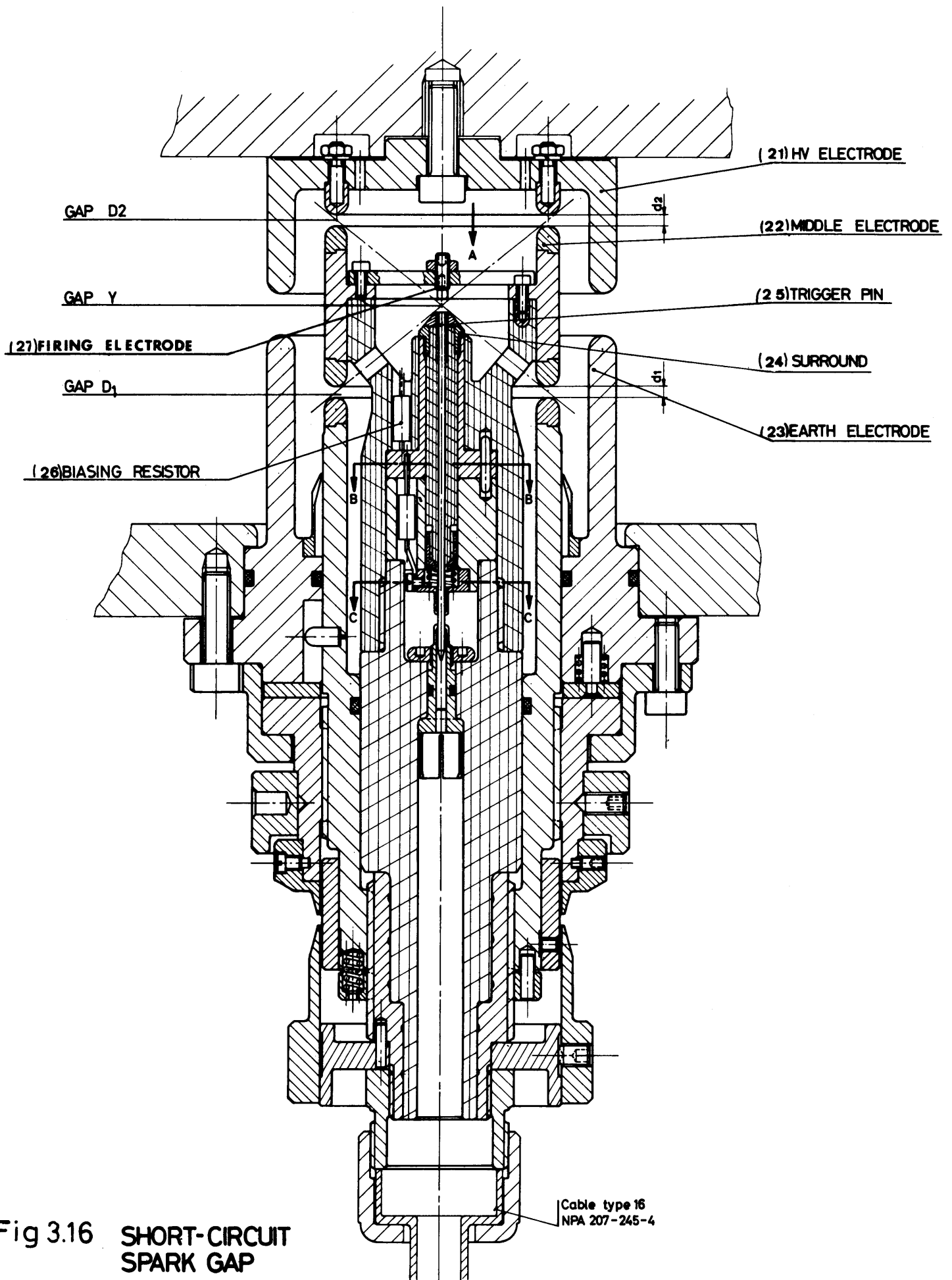


Fig 3.16 SHORT-CIRCUIT SPARK GAP

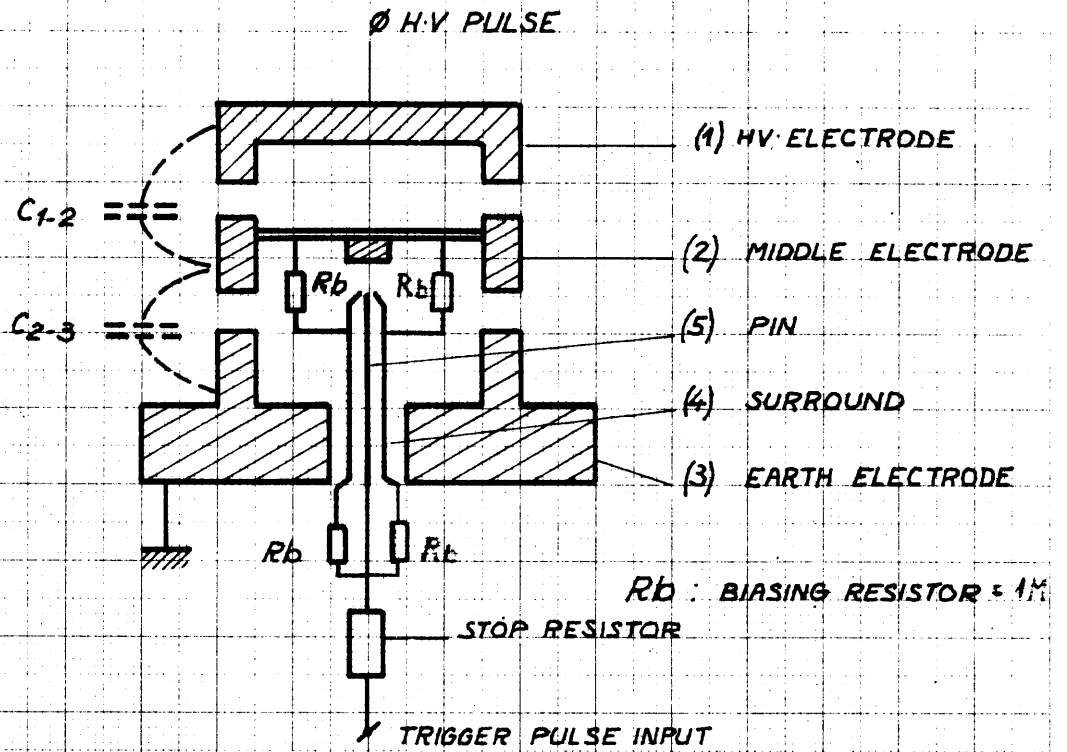


FIG-3.17 SCHEMATIC REPRESENTATION OF THE SCSG

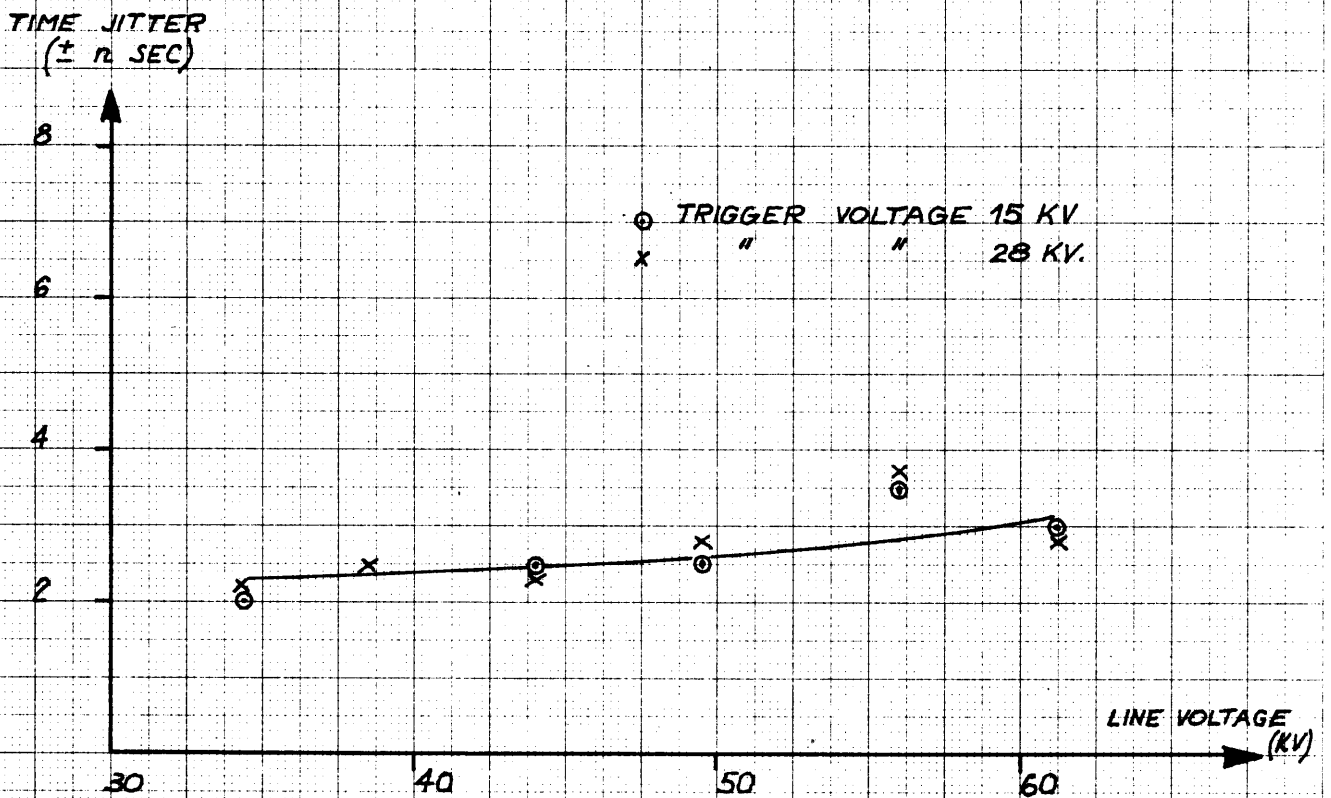


FIG-3.18 TIME JITTER OF SCSG AS A FUNCTION OF LINE VOLTAGE FOR PRESSURE MAINTAINED ACCORDING TO FIG2 CURVE b . $d = 2,6\text{mm}$ $d_1 = 1,3\text{mm}$

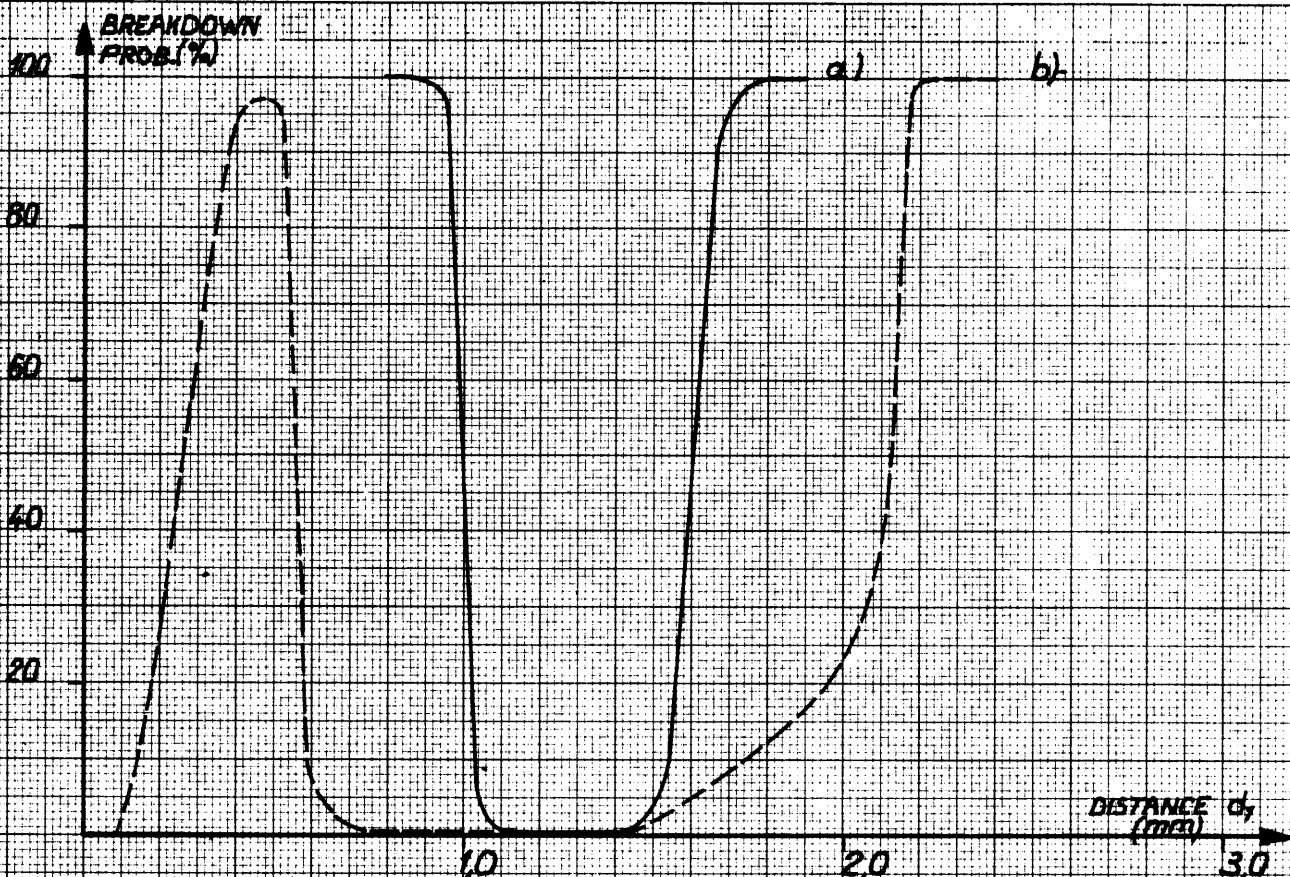


FIG. 3.19 BREAKDOWN PROBABILITY OF SCSG WITH $d_1+d_e = 25$ mm AS A FUNCTION OF d_1 WITH
 a) $P = 4.5$ atm AND LINE VOLTAGE = 61 KV.
 b) $P = 2.0$ atm AND LINE VOLTAGE = 33.3 KV.

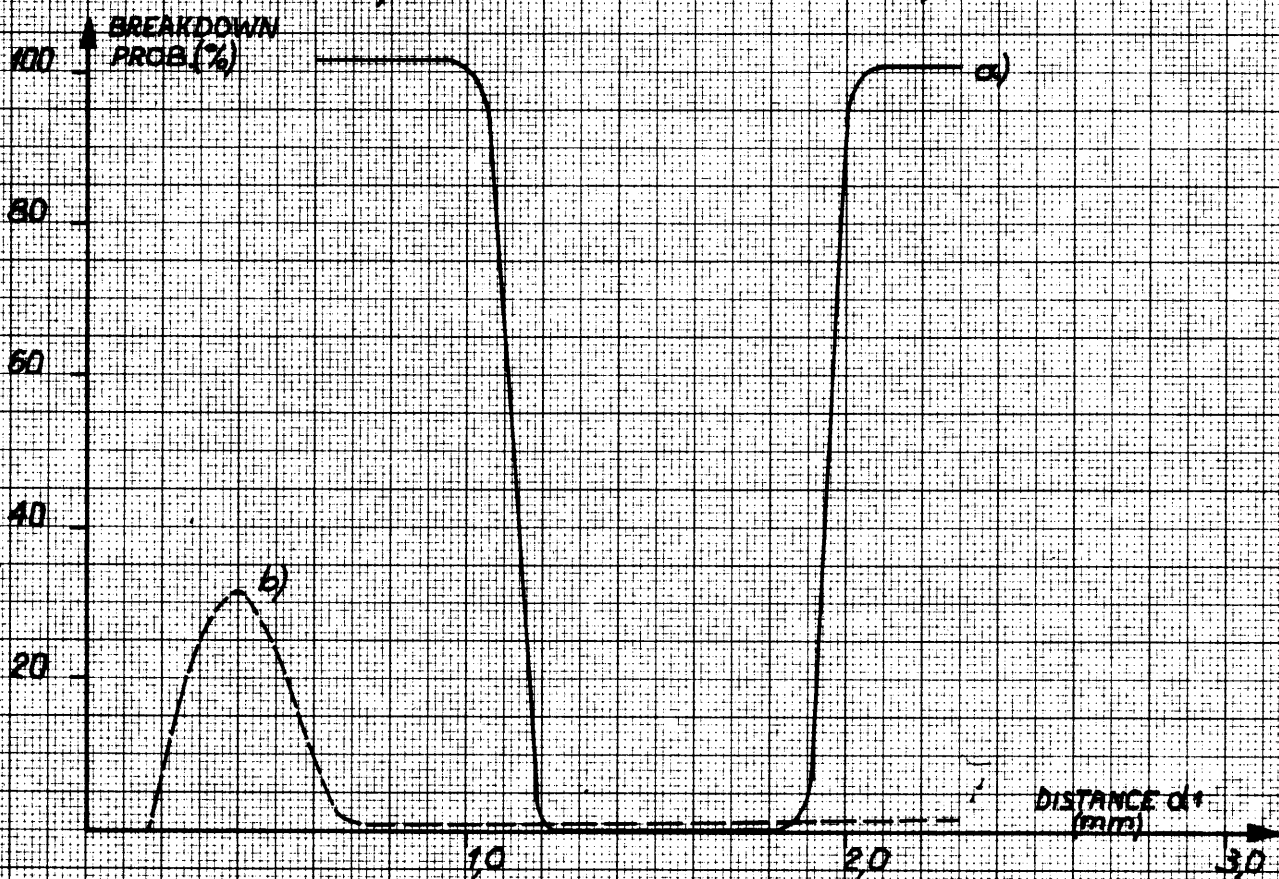


FIG. 3.20 BREAKDOWN PROBABILITY OF SC36 WITH $d_1+d_2 = 30$ mm AS A FUNCTION OF d_1 WITH
 a) $P = 4.5$ atm abs AND LINE VOLTAGE = 61 KV
 b) $P = 2.0$ atm abs AND LINE VOLTAGE = 33.3 KV.

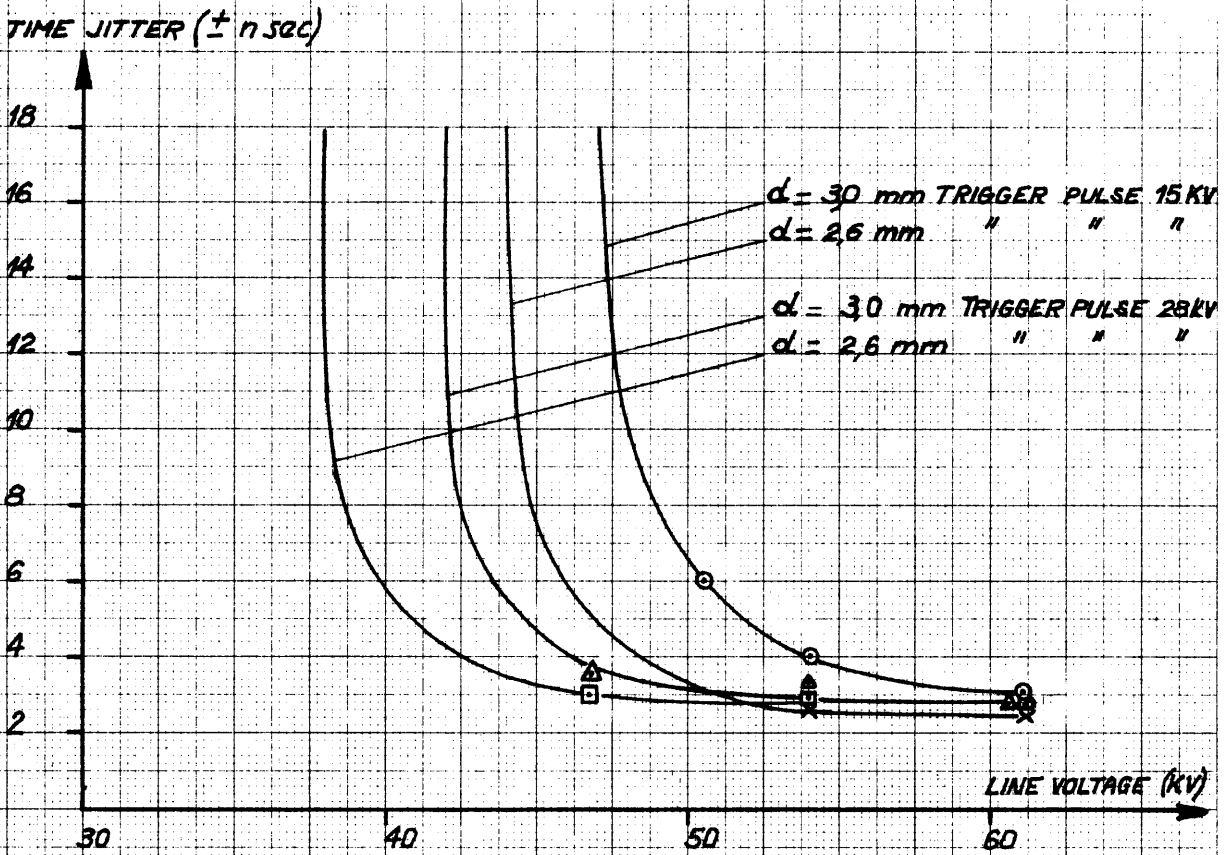


FIG.3.21 TIME JITTER OF SC3G AS A FUNCTION OF LINE VOLTAGE WITH FIXED PRESSURE $P = 4,5$ atm abs

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

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

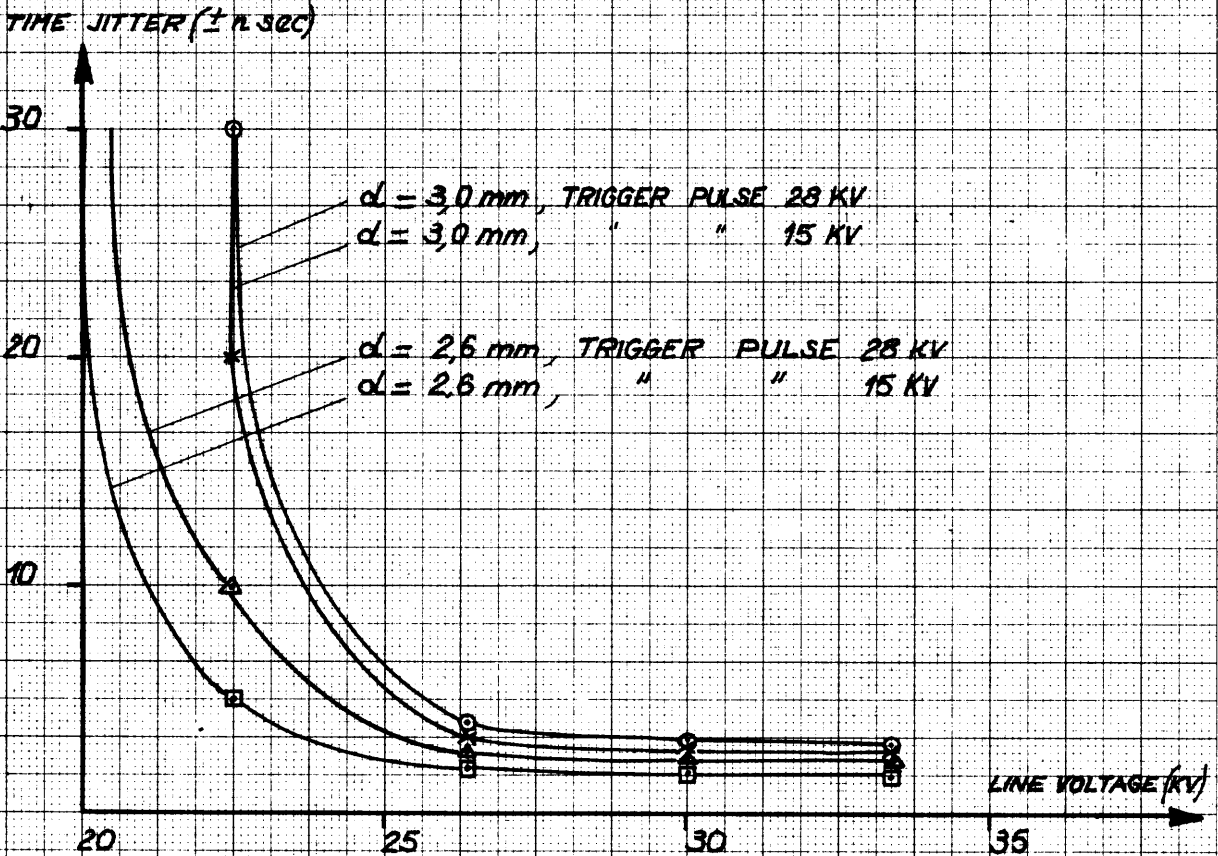


FIG.3.22 TIME JITTER OF SC3G AS A FUNCTION OF LINE VOLTAGE WITH FIXED PRESSURE $P = 2,0$ atm abs

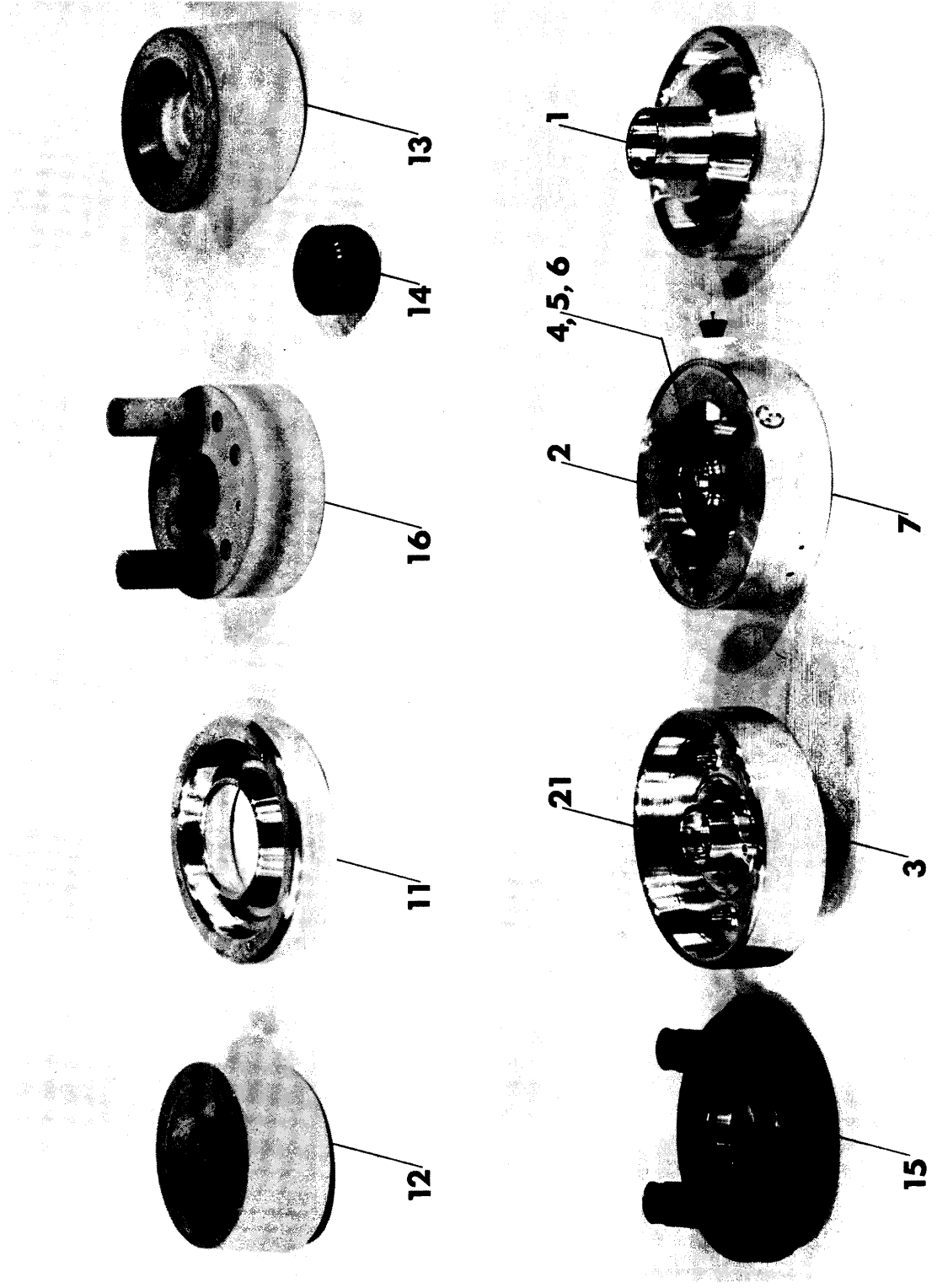
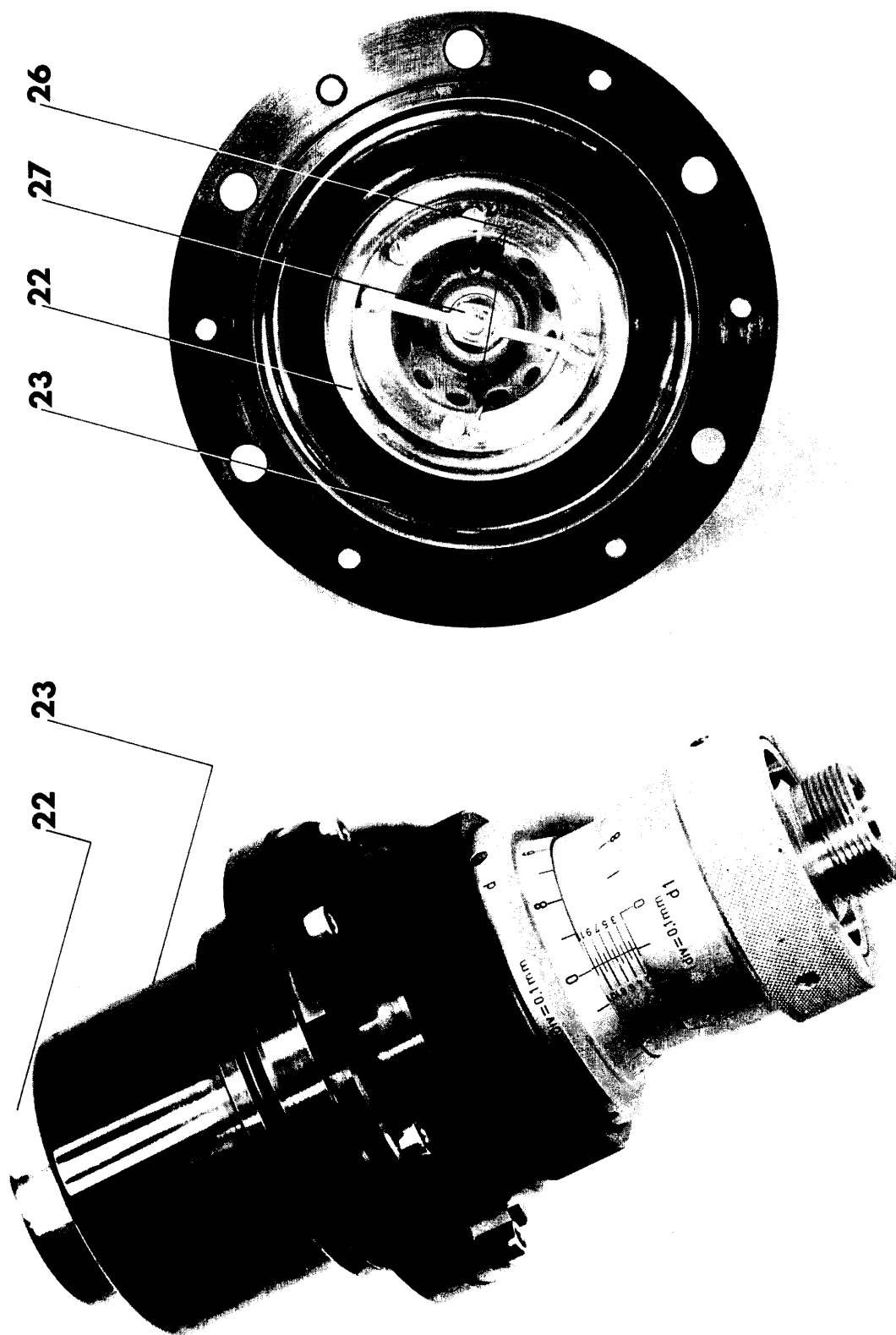


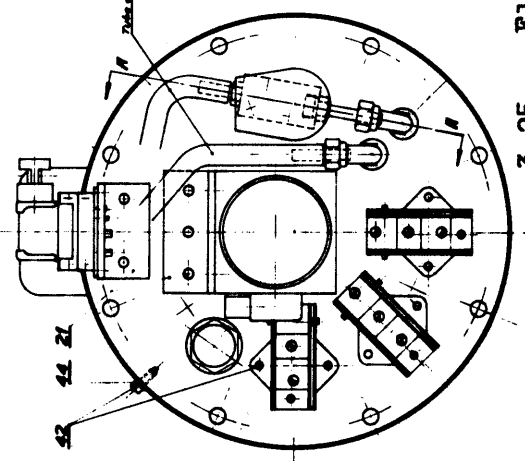
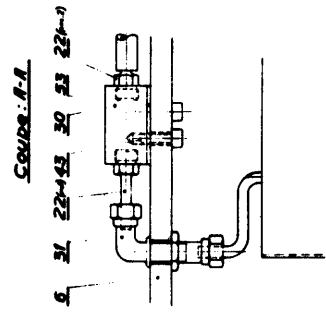
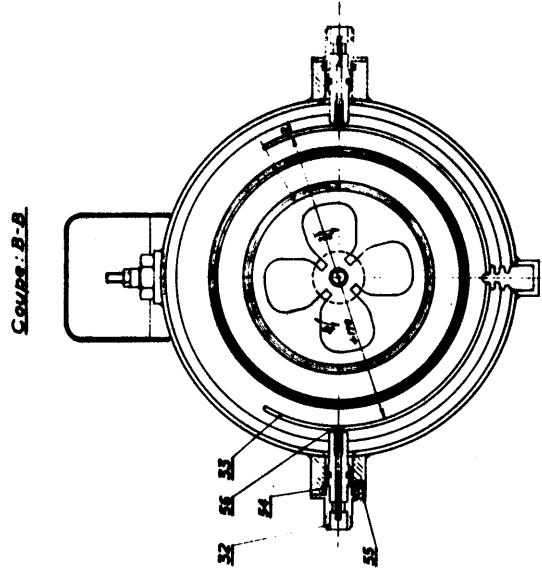
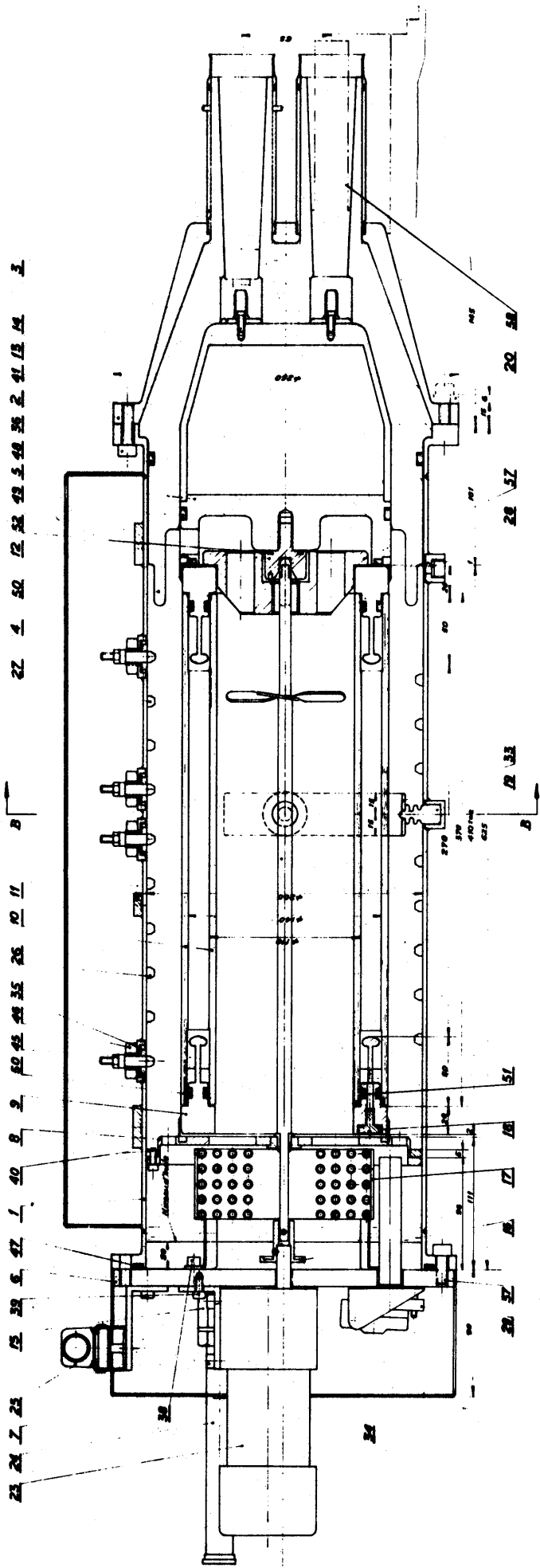
Fig. 3.23 Front and tailgaps components
The number indicates the components on figs 3,9a and 3,9b



a)

b)

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



3.25 Electrolytic resistor : assembly drawing.

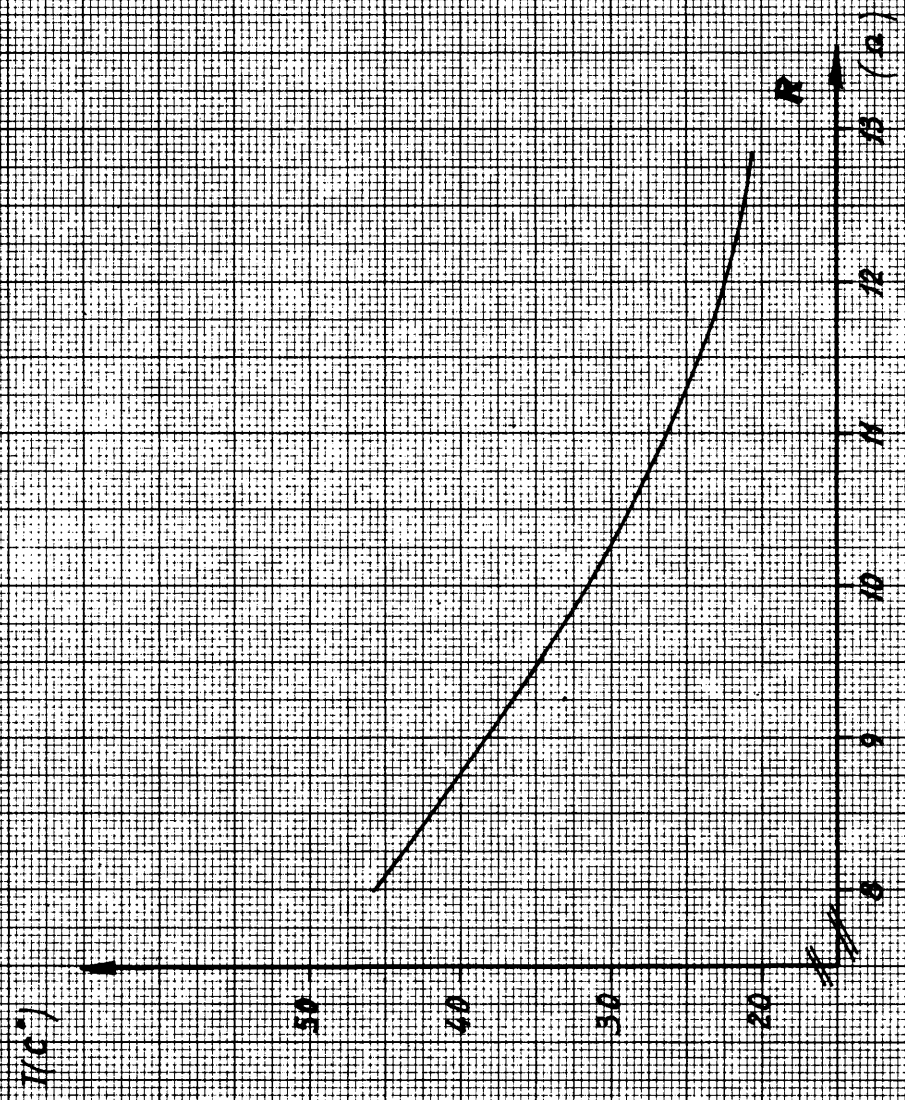
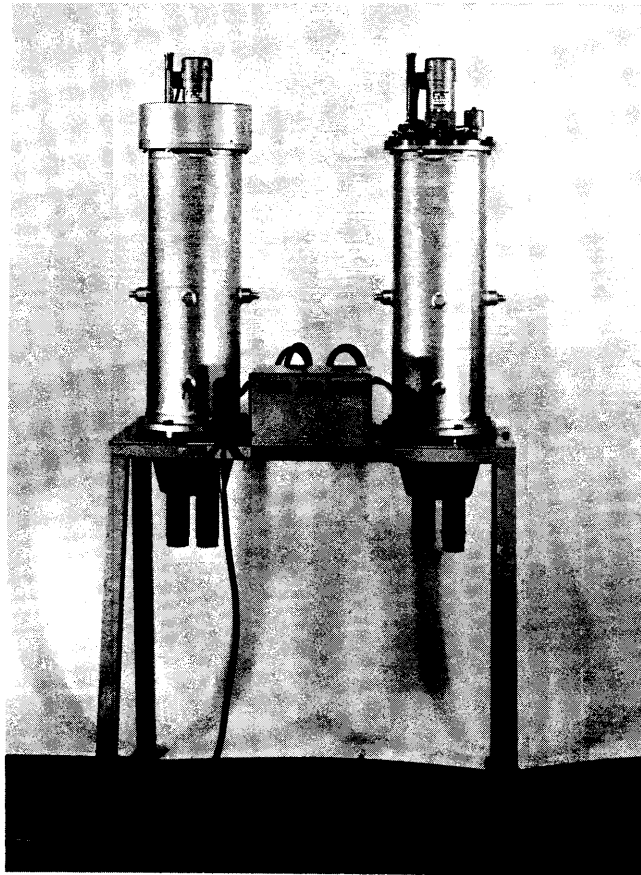


FIG. 3.26 ELECTROLYTIC END RESISTOR RESISTANCE AS A FUNCTION OF TEMPERATURE



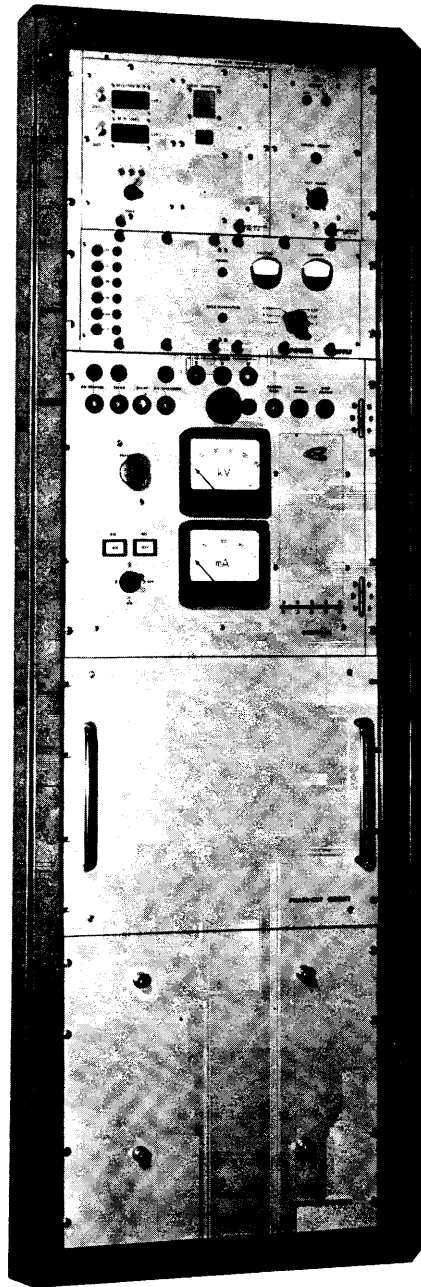
3.27 Picture of the electrolytic resistors a) ensemble, b) parts.

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^o/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 THYATRON		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 + THYATRONS + OFF IGNITRONS	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 μ 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 Ω	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 μ F, soit 1920 W.

Temps de charge (pour 0,2 μ 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 ± 20 V = ± 1 °/o.

Linéarité en fonction de la tension de référence (de 20 kV à 60 kV)
= ± 1 °/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 Ω

Largeur de l'impulsion = 300 ns

Espace entre deux impulsions = 300 ns

Fréquence \approx 1,6 MHz

Sorties sur BNC 50 Ω

Sortie digitale de la tension de référence :

Elle 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 Ω

Sortie sur BNC 50 Ω .

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^o/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° (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° 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 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 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 ($1\ M\Omega$) grâce à T1 et T4 montés en "emitter follower". La somme des courants d'émetteur T2 et T3 est gardée constante (20 mA) par T25, ceci afin d'éviter la saturation de T3 ou T2 quand l'étage est très déséquilibré ($REF \gg \text{Diviseur}$) 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 $(REF - \text{DIVISEUR}) \gg K$, alors T2 est bloqué et T3 est en conduction maximum (20 mA) et si $REF - \text{DIVISEUR} < K$, les 20 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 $REF - \text{Diviseur} > 2,5$ 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 REFERENCE - Diviseur $< 2,5$ 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 REF = 9 V et DIVISEUR = 0. On remarque qu'alors on n'a pas la vraie valeur de la référence au point B, mais dès que la différence REFERENCE - 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 DIVISEUR \gg 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 REF \gg Diviseur, T5 conduit au maximum et on aurait aux bornes du potentiomètre une tension de ± 10 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 Ω 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 μ 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 Ω . Cela permet d'obtenir une amplitude réglable en fonction du temps.

Différentiation et mise en forme

La différentiation 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 μ 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 μ F à travers une résistance de 7 Ω 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 Ω , unité 2 = 40 Ω , unité 4 = 80 Ω , 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 (T1 et $\overline{T1}$, 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 \overline{T} et \overline{U} sont en repos. Donc, tous les contacts T et U sont fermés alors que tous les contacts \overline{T} et \overline{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 \overline{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 $\overline{T8}$ va s'exciter. Ceci provoquera l'ouverture du contact T8 et la fermeture du contact $\overline{T8}$. Autrement dit, entre le + 30 V et le commun, on a ajouté la résistance T8 mais on a retranché la résistance $\overline{T8}$, 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 Ω). 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 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 μ 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 \simeq 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 Ω 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) = $\frac{1000}{1,6 \cdot 10^6} \simeq 0,6$ mS.

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

d'entrée :

1) à 20⁰ C : - 1 pulse

2) à 60⁰ 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.

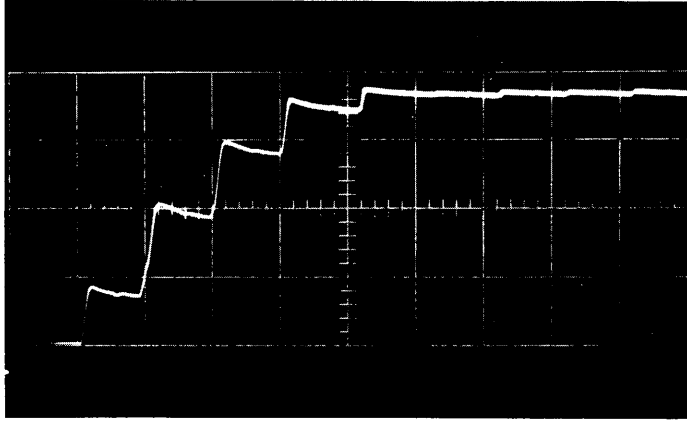
Chaque ADC comporte deux réglages interdépendants, c'est-à-dire un réglage "d'offset" (PA1) et un réglage du courant de décharge (PA2)

Réglage ADC référence

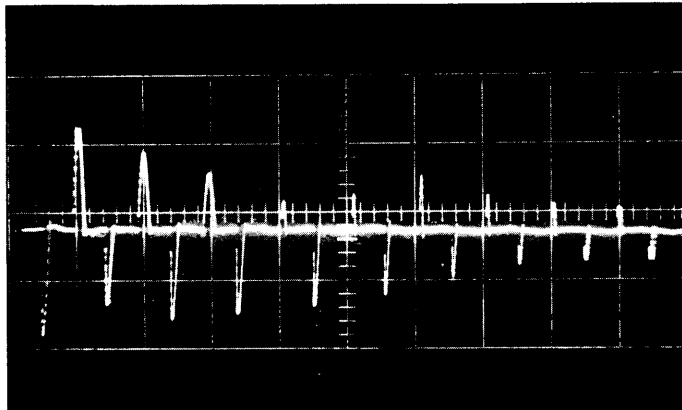
- 1) afficher 60 kV sur les commutateurs digitaux et contrôler avec un V.D. si la H.T. lignes correspond.
- 2) ajuster PA2 (sur ADC référence) pour que l'affichage des NIXIES - référence - indique 60.0 kV.
- 3) afficher 20 kV et contrôler si la H.T. lignes correspond
- 4) ajuster PA1 (sur ADC référence) 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 ± 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 Thyatron 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 Thyatron-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 ~ 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 μ 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 ± 9 kV, in the first case the output pulse is ± 30 kV with 100 ns RC decay time; in the second case ± 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 ₁	Mains input connector for 220 VAC, 50 Hertz	Back panel
P ₂	Avalanche-circuit input connector for 10 \pm 5 V, 50 ohm	" "
P ₃	Blocking oscillator input connector for 60 \pm 10 V, 50 ohm	" "
P ₄	Interlock output connector for H.T. indication	" "
P ₅	Marx-generator output connectors for ± 30 kV, 50 ohm	" "
P ₆	Monitor output connector for thy. circuit charging	" "
P ₇	Monitor output connector for Marx-generator charg.	" "
P ₈	Monitor output connector for thy. circuit output pulse	" "
P ₉	Monitor output connector for Marx-generator output pulse	" "
S ₁	Mains switch on/off	Front panel
S ₂	H.T. supply switch on/off	" "
S ₃	Input selection switch for avalanche-circuit blocking oscillator	Inside
S ₄	Polarity reversal switch for Marx-generator H.T. supply	"
S ₅	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 thyratron-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	
" " rise time	50	ns
" " jitter	20	ns
Circuit delay	≤ 10	ns
	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°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 μ 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^o/o Fig. 6.3.

For a nominal voltage of 220 VAC and at maximum power charge of 60 W, a voltage change of + 10^o/o to - 20^o/o at the input is reduced to < 1^o/o 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 ± 5 V and undefined length and rise time, e.g. a standard pulse of $1 \mu s$, into a 60 ± 10 V square output pulse with a steep rise time of < 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 μ 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 μ 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 ± 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 10⁰/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 P₅ with a polarity opposite to the charging voltage polarity. This charging voltage is normally 90⁰/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 P₁₂. The charging resistors R25, R26 and the middle electrode voltage divider R28, C17, C18 are mounted on the strip ST₃, the voltage divider R30, C19 on ST₄.

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 P₅^b. The trigger pulse is applied over a flexible spring contact P₁₆, the circuit voltage over P₁₇ and the middle electrode voltage over P₁₈. P₁₃ is the charging voltage indicator and ventilator mains supply connector.

The charging voltage indicator circuit consists of a 100-0-100 μA-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 ^a	Avalanche circuit lid input connector	Lid thyr. tube
P3 ^a	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 2×10^6 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 (~ 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^A.

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 2×1.5 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 ± 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 ± 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. A	INPUT MAINS COMPLETE UNIT	222	222	222	480	500	540	109	111	120
1.1. A	INPUT MAINS VENTILATOR	222	222	222	48	48	48	10.5	10.5	10.5
1.2. A	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.	
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	6000	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							

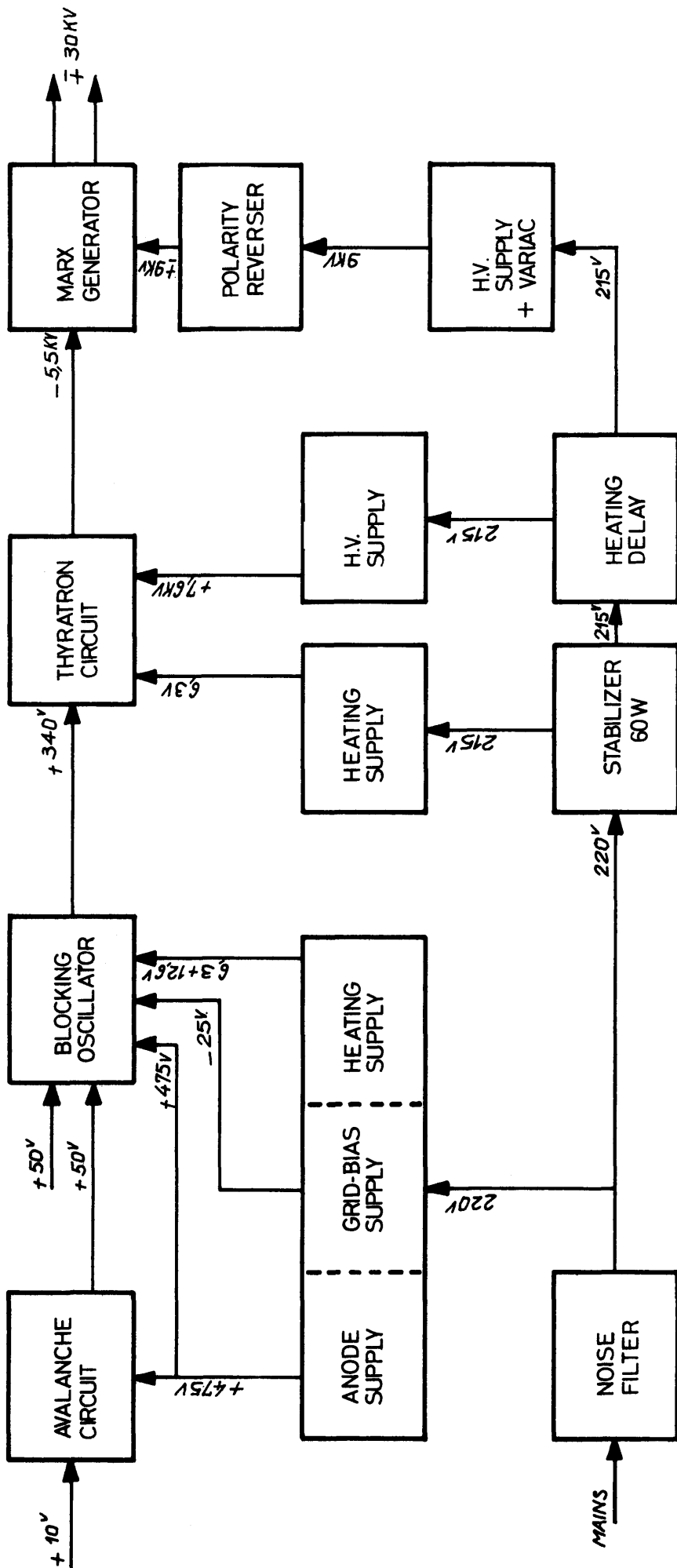


FIG. 5.1 Block diagram of the Marx-Trigger

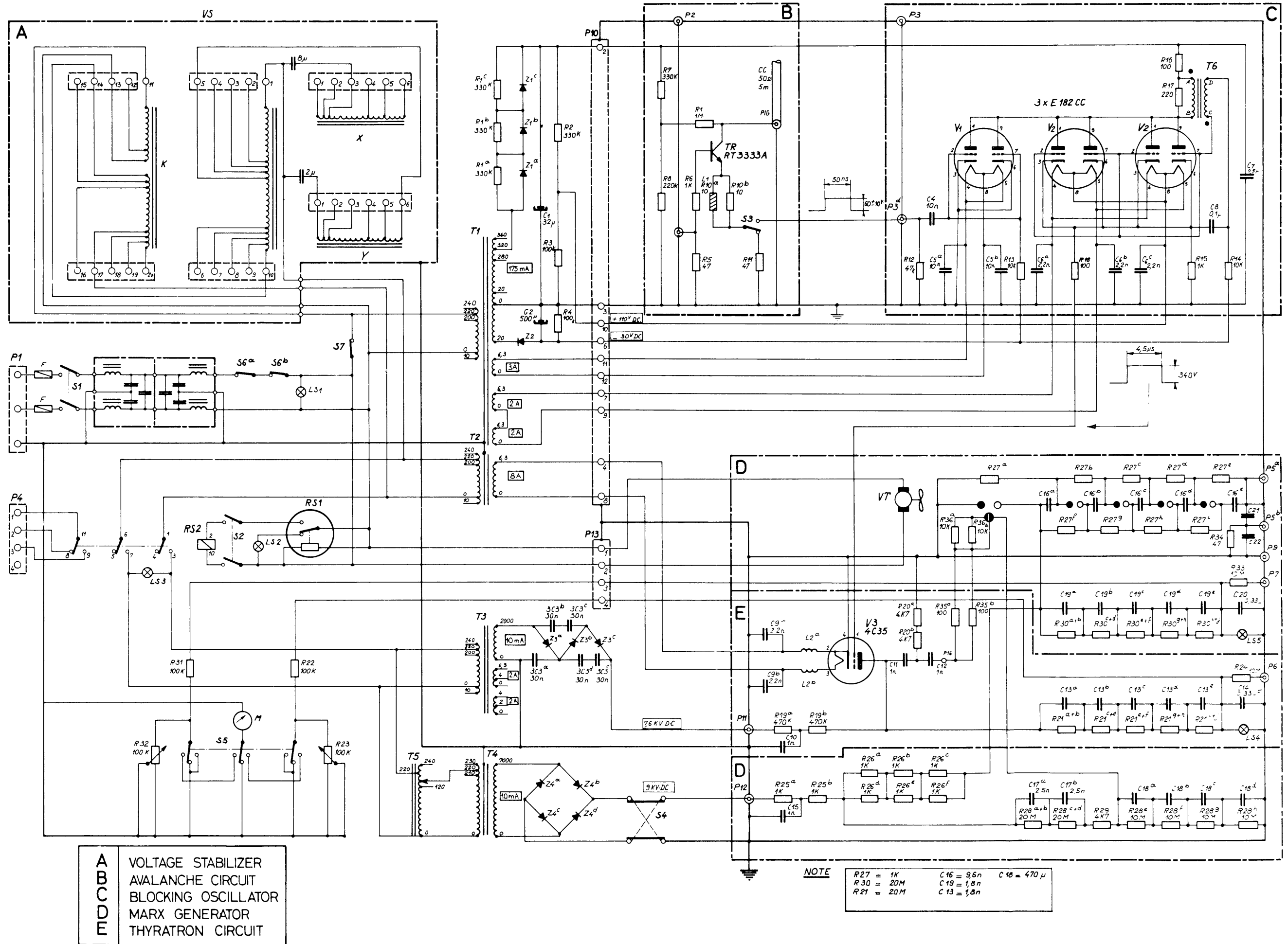


FIG. 5.2 MARX TRIGGER CIRCUIT

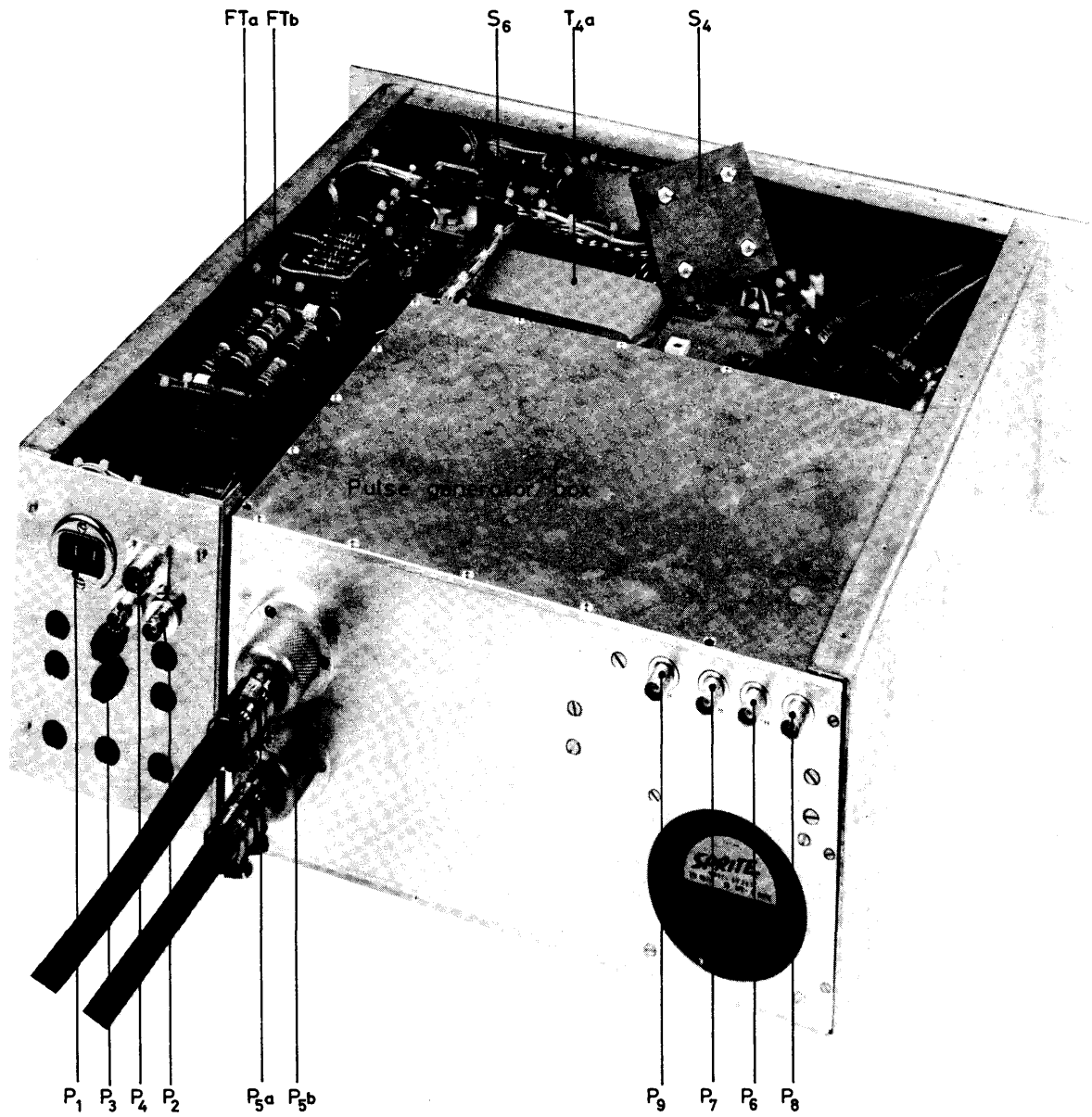
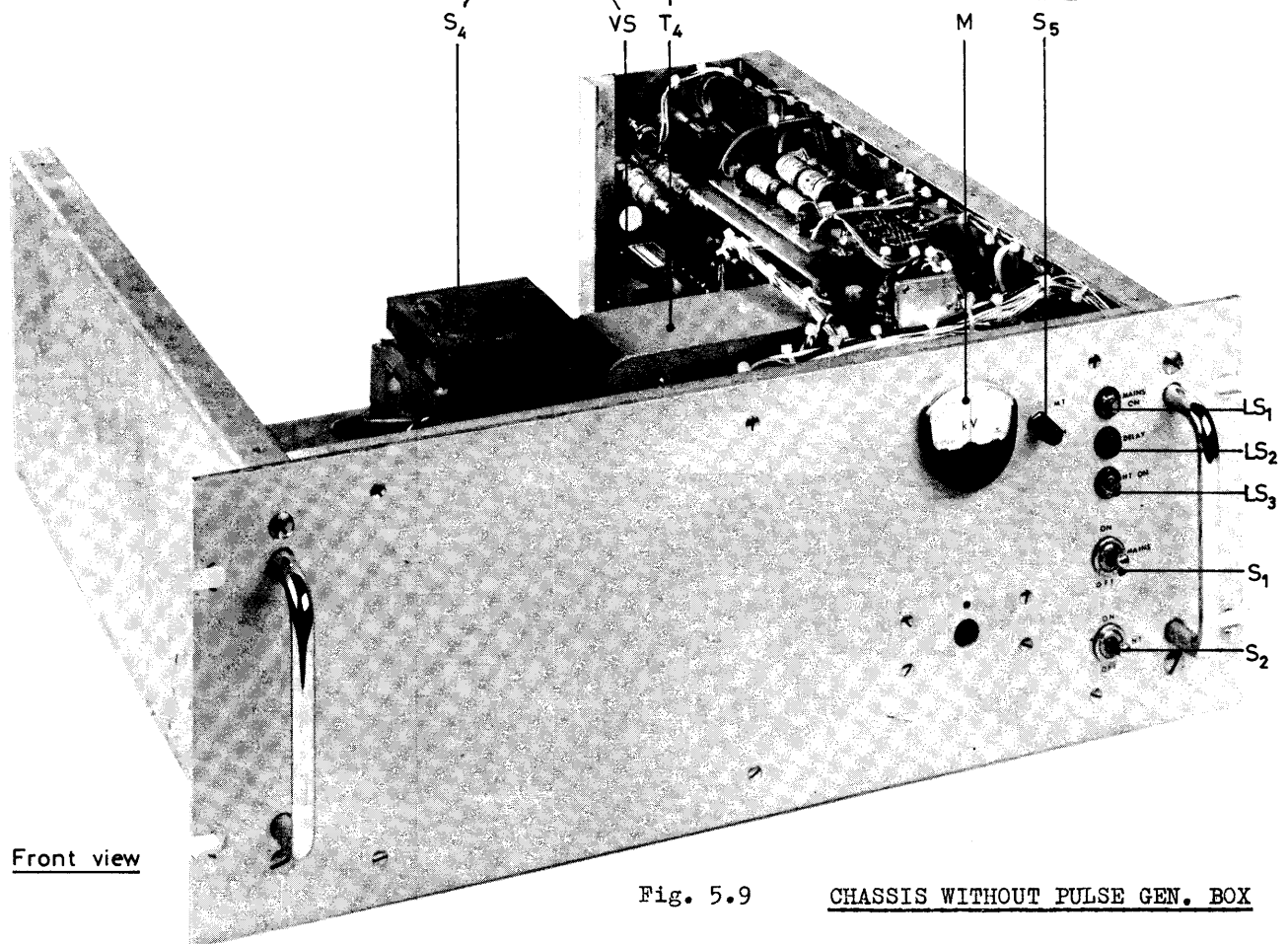
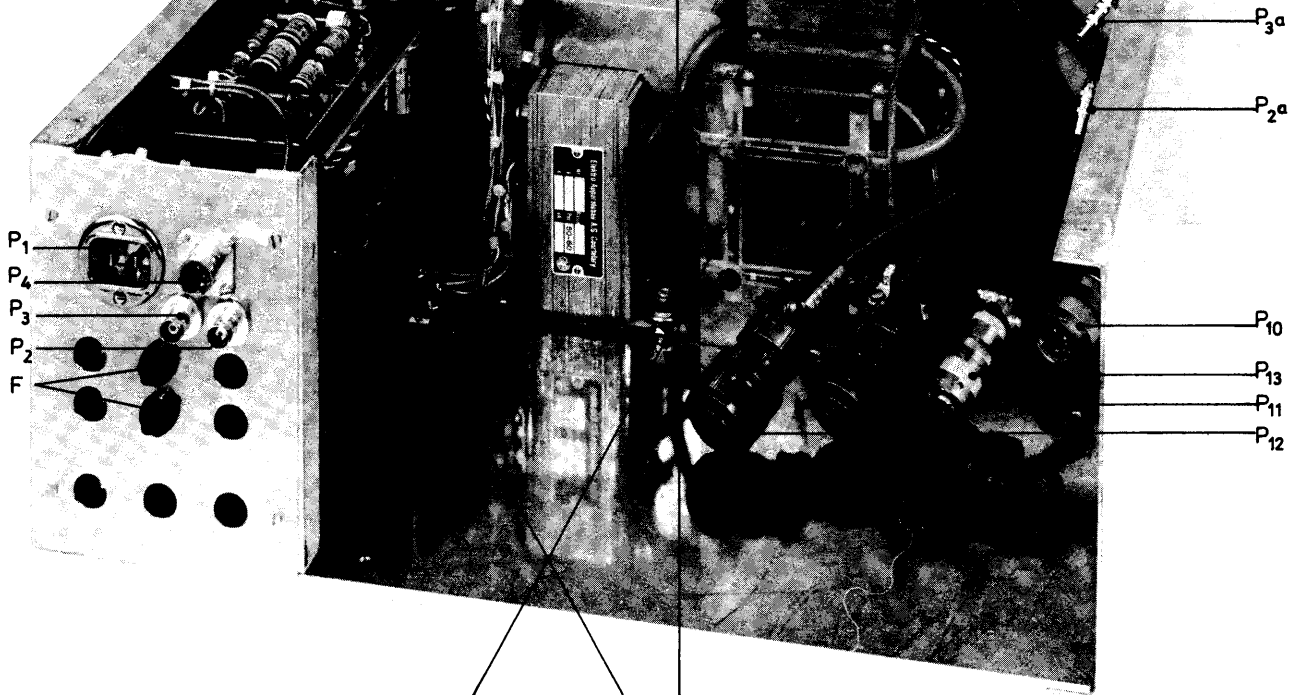


Fig. 5.8 MARX-TRIGGER WITH LID OFF (BACK VIEW)

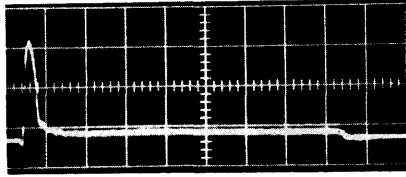
Back view



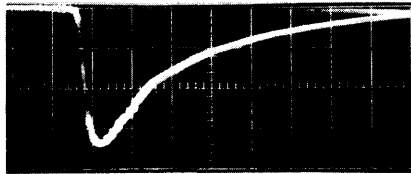
Front view

Fig. 5.9

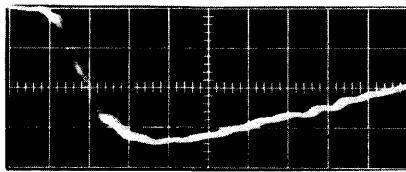
CHASSIS WITHOUT PULSE GEN. BOX



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

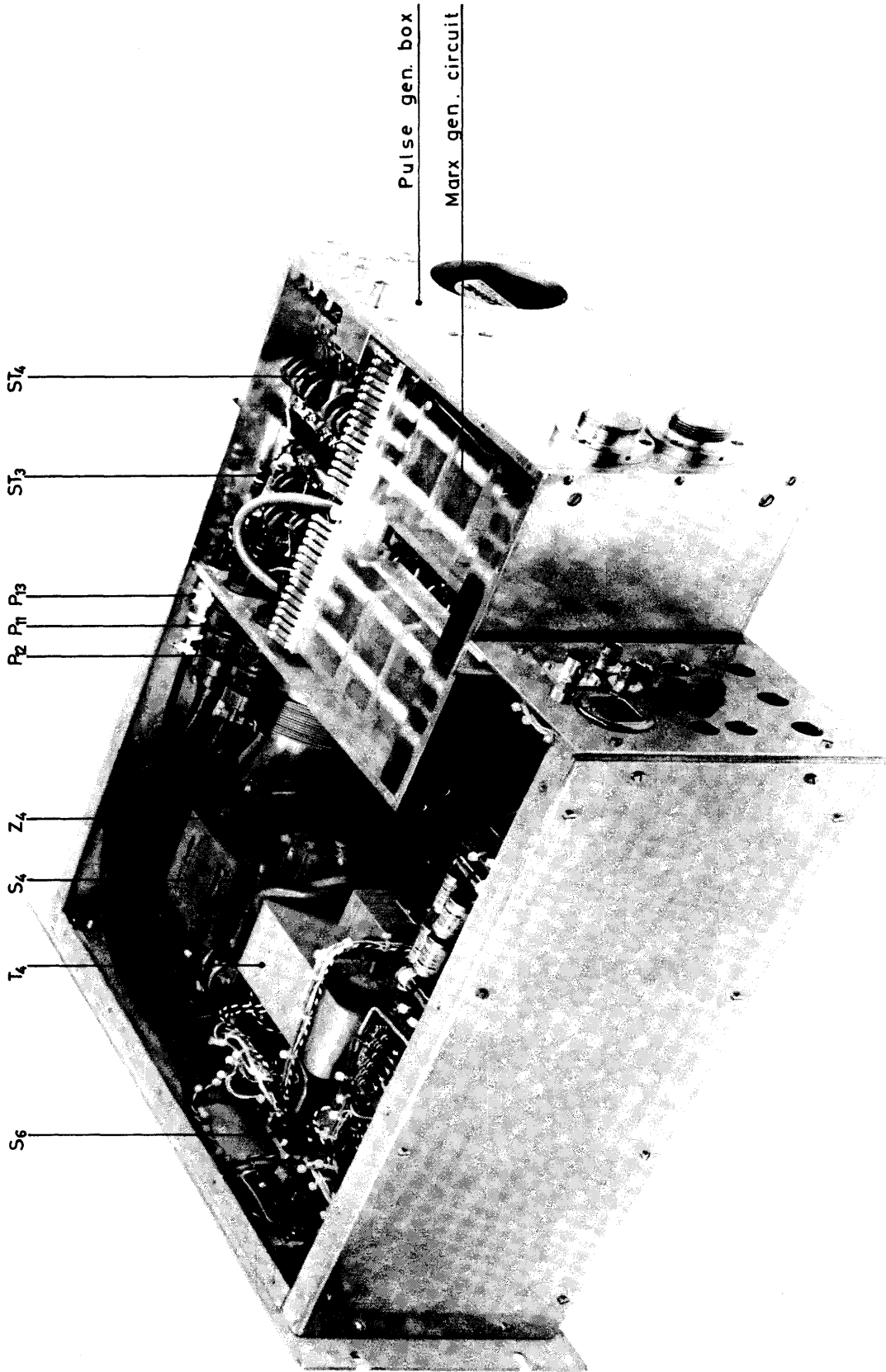


Fig. 5.11 MARX-TRIGGER WITH PULSE-GEN. BOX PARTLY REMOVED

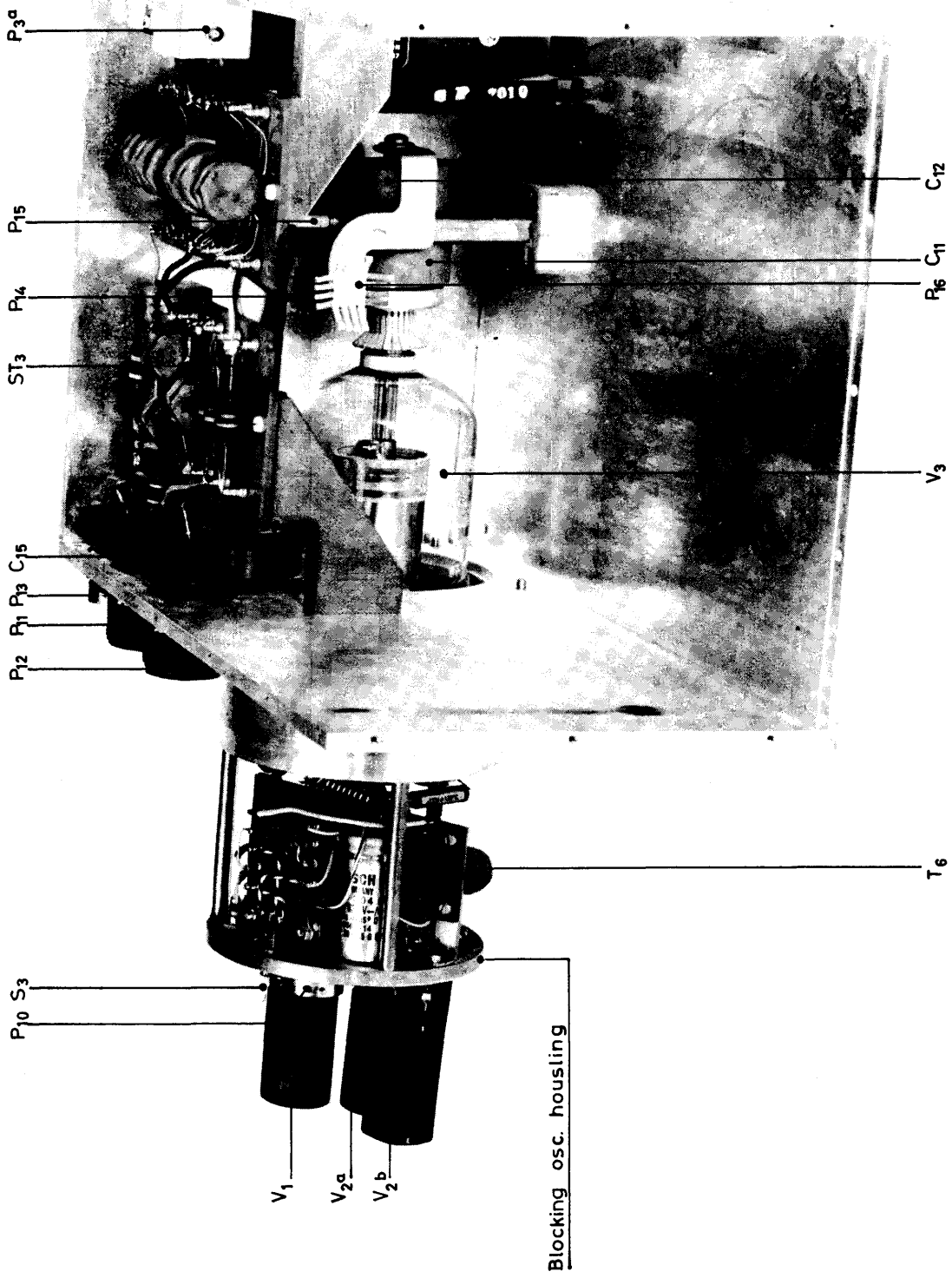


Fig. 5.12 PULSE GENERATOR BOX WITH MARX-GEN. CIRCUIT REMOVED

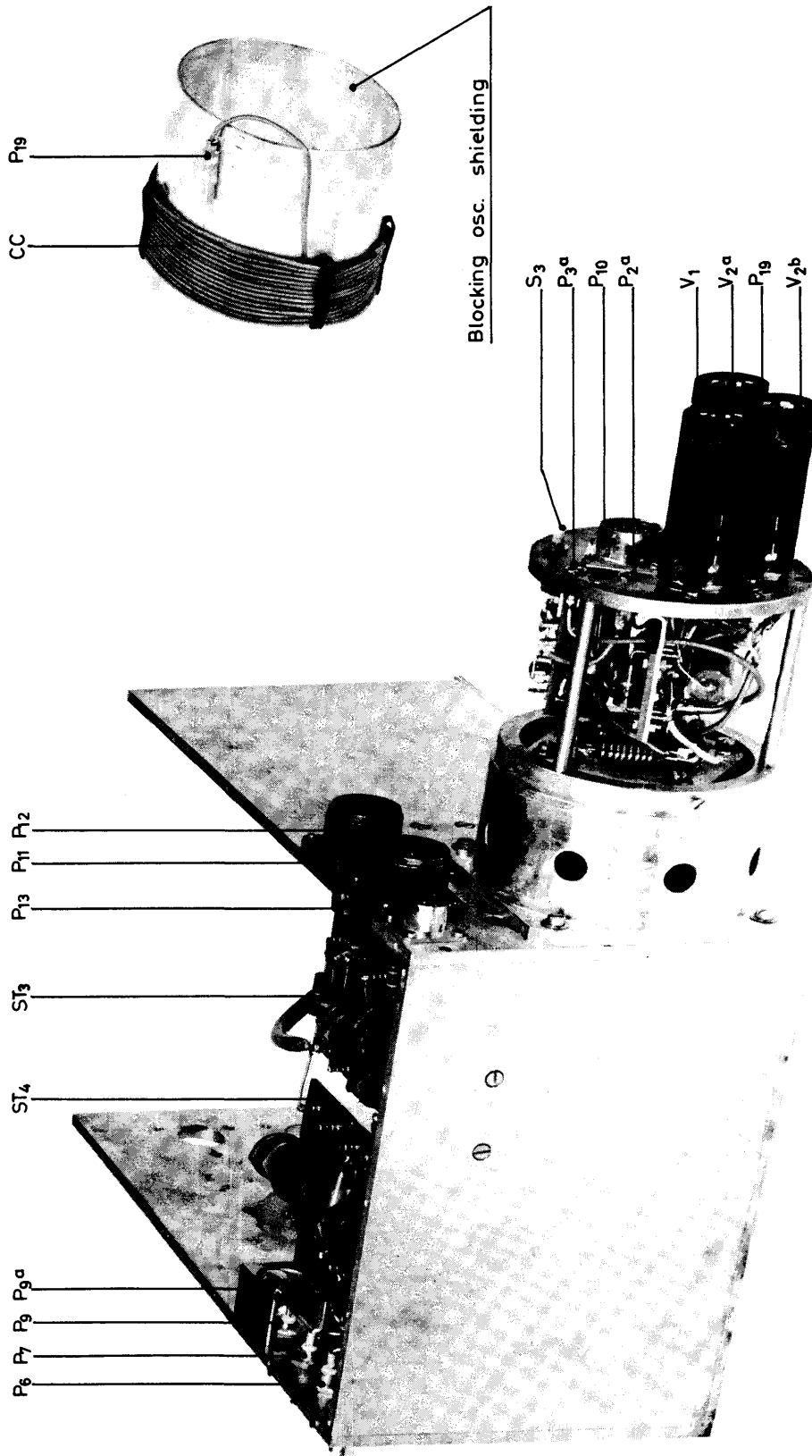


Fig. 5.13 PULSE GEN. BOX WITH MARK GEN. CIRCUIT REMOVED

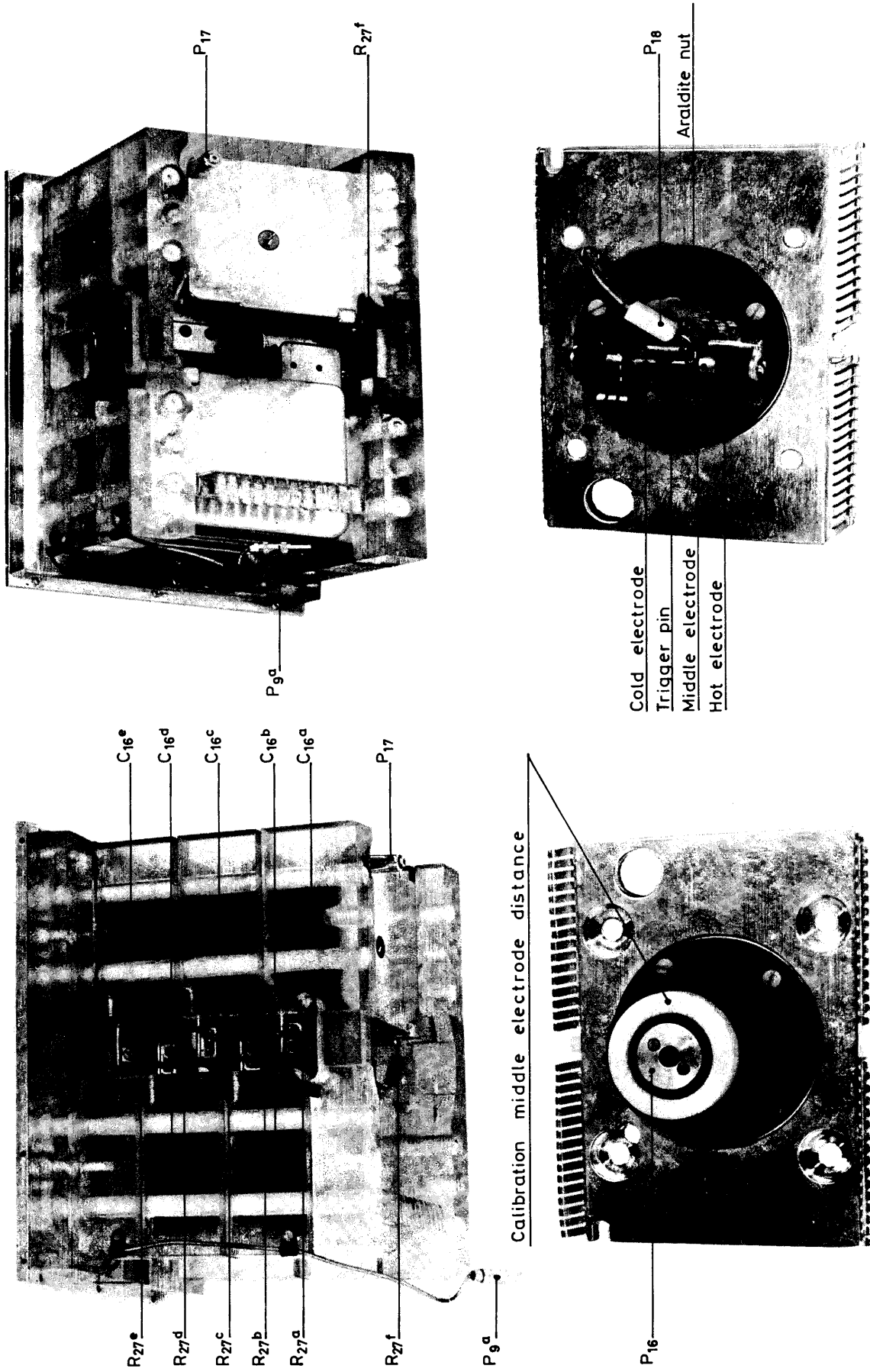


FIG. 5.14 MARX GEN. CIRCUIT WITH TRIGGER SYSTEM OF THE FIRST SPARKGAP DISMOUNTED

SECTION 6 - INTERLOCKS AND CONTROLS (I.C.S.)

H. Dijkhuizen and R. Downton

Contents

1. INTRODUCTION
2. OPERATING INSTRUCTIONS
 - 2.1 Introduction
 - 2.2 Normal operation
 - 2.3 Testing and preparation for operation
3. INPUT AND OUTPUT CHARACTERISTICS
 - 3.1 General
4. FUNCTIONAL DESCRIPTION
 - 4.1 General
 - 4.2 Control unit and remote control unit
 - 4.3 General interlocks unit
 - 4.4 Zone interlocks unit
 - 4.5 Output driver unit
 - 4.6 Trigger split unit
 - 4.7 Subsystems
 - 4.7.1 Pulse balance chassis
 - 4.7.2 Field inverter chassis
 - 4.7.3 Pressure regulation readout chassis
 - 4.7.4 Pressure/HV fault detectors chassis
5. TECHNICAL DESCRIPTION
 - 5.1 Pressure/HV fault detectors chassis
 - 5.1.1 Receiver unit
 - 5.1.2 Fault counter unit
 - 5.2 Pressure regulation readout chassis
 - 5.2.1 Receiver unit
 - 5.2.2 Pressure transducer amplifiers
 - 5.2.3 Pressure readout unit
 - 5.2.4 Output driver unit
 - 5.3 Temperature and pressure detectors chassis
 - 5.3.1 Control unit
 - 5.3.2 Temperature sensor unit

- 5.4 Summary interlocks chassis
 - 5.4.1 Control unit
 - 5.4.2 Audible alarm circuit
 - 5.4.3 General interlocks unit
 - 5.4.4 Zone interlocks unit
 - 5.4.5 Output driver unit
- 5.5 Pulse balance chassis
 - 5.5.1 Receiver unit
 - 5.5.2 Divide by 100/1000 unit
 - 5.5.3 Fault counter unit
 - 5.5.4 High voltage interlocks unit
- 5.6 Field inverter chassis
 - 5.6.1 Receiver unit
 - 5.6.2 Digital/analogue converter unit
 - 5.6.3 Zone unit
 - 5.6.4 Driver unit
- 5.7 Pulse repeaters chassis
 - 5.7.1 General
 - 5.7.2 Plug-in unit
- 5.8 Supply distributor chassis
- 5.9 Philips power supplies
- 5.10 Remote control unit
- 5.11 Trigger split unit

6. CALIBRATION

- 6.1 Pressure regulation and readout chassis
 - 6.1.1 Receiver unit
 - 6.1.2 Pressure transducers and amplifiers
 - 6.1.3 Output driver unit
 - 6.1.4 Pressure readout unit
- 6.2 Field inverter chassis
 - 6.2.1 Digital/analogue converter unit
- 6.3 Temperature and pressure detectors chassis
 - 6.3.1 Plug in unit calibration
 - 6.3.2 Cable compensation

SECTION 6 - INTERLOCKS AND CONTROLS (I.C.S.)

1. INTRODUCTION

The interlocks and controls in the ejection system, operating in straight section 97 of the PS, is an assembly of units, which receives all interlocks and various controls as inputs, which, after adequate handling, grouping and combining, generates the gating signals for the 2 K.M. pulse generators.

Each ejection is prepared during 300 ms by shifting a zone related timing pre-pulse, into the different circuits, which commutates various controls according to pre-programmed modes. After this 300 ms, a 6 ms zone related pre-pulse scans the results of the commutations and the interlocks. If all conditions are fulfilled gating pulses are supplied allowing the K.M. pulses to go ahead; if not, gating pulses are only transmitted to 1 or 2 tailgaps, in order to dump the charge of the lines into the tailgap resistors, thus making the lines available for any other operating ejection zone.

For the first stage the construction was limited to 3 ejection zones, but without modifications it can be extended to 5 ejection zones, which number was chosen as a general goal for the whole system. With this requirement of eventual extension to 5 ejection zones, the design of the central part, the so-called "Summary interlock" was started.

To obtain flexibility and make modifications and additions feasible, without radical changes, the system has been executed in the CERN standard plug-in system. Further general standards were fixed as follows :

Signalisation :	Interlock OK	:	continuous green light
	Interlock Fault:	:	flashing green light
	Warning OK	:	continuous amber light
	Warning Fault	:	flashing amber light.

- b) Switch "on" the 220V ~ with the main switch at the top of the rack in the CR.
- c) Switch "on" the DC supplies with the "F.E. on" button either on the control unit in the CR or on the remote control unit in the MCR (if the audible alarm starts, push the button "sound off").
- d) Preselect the acceptable fault percentage on the pulse balance fault detectors for each of the 3 zones.
- e) Switch on the "fast monitoring system" as described in the related section of this manual. See 8.2.2.
- f) Push the "reset" button either in the CR or MCR which should clear all flashing lamps, if not there are still interlocks in the fault state.
- g) Check PS personnel protection system indicating OK (signalisation available in MCR and CR).
- h) If all interlocks are OK each ejection zone can be switched "on" as required at the remote control unit in the MCR.

Note : On the main control unit in the CR and on the remote control unit in the MCR there are push-buttons used to switch "on" and "off" the HV supply and the supply voltage for the Marx triggers, but they are independent of the I and C system.

2.3 Testing and preparation for operation

If the fast ejection system is not allowed to operate, but the I and C system should be tested, repaired or prepared, one can follow procedure as mentioned under 2.2, provided that one of the following conditions has been fulfilled :

- either : the HV supply off
- or : the K.M. on position servo stop
- or : the beam off.

Note: For the real functioning of the I and C system, the F.E. timing system in the MCR must be operational and for each zone the "Kick and Bunch" selector has to be programmed for the following variables :

the "M" ejection pulse
the "K.M"'s to be operational
the Kick polarity by means of the fieldinverter
one "M" prepulse (2M pulses before "M" ejection)
one "M" prepulse (100M pulses before "M" ejection)

3. INPUT AND OUTPUT CHARACTERISTICS

3.1 General

Drawing PS/FES 316.003 is a complete list of system characteristics. Individual functions of entries and outlets on each chassis are given in the tables listed below.

PS/FES 316.004	Abbreviations used on cable lists.
PS/FES 316.005	Pressure/High voltage fault detectors chassis.
PS/FES 316.006	Pressure regulation readout chassis.
PS/FES 316.007	Temperature and pressure detectors chassis.
PS/FES 316.008	Summary interlocks chassis.
PS/FES 316.009	Pulse balance chassis.
PS/FES 316.010	Field inverter chassis.
PS/FES 316.011	Pulse repeaters chassis.
PS/FES 316.012	Supply distributor chassis.
PS/FES 316.013	Remote control unit.

4. FUNCTIONAL DESCRIPTION

4.1 General - fig. 316.000

Bearing in mind the conditions mentioned in 1 and taking the largest available standard chassis, the "summary interlocks" chassis could just accommodate the following units :

- a) 1 control unit
- b) 1 general interlocks unit
- c) 5 zone interlocks units
- d) 1 output driver unit

While location of the I.C.S. is near the fast ejection equipment, a remote control unit had to be provided for operation and signalisation in MCR. A gating unit, called "Trigger split", which directs the trigger pulses to the Marx triggers as commanded by the summary interlocks chassis, also forms an integral part of the summary interlocks system.

4.2 Control unit and remote control unit

System on/off : the I.C.S. is made operational by applying the supply voltages to the whole system, which then in turn makes it possible to switch on the Marx triggers and the HV power supply, by means of "Trigger on/off" and "HV on/off". Also available are the system "Reset" and "Sound off" push-buttons. "Reset" is a central push-button from which signals are distributed throughout the whole system and which also stops the audible alarm. "Sound off" is a push-button to stop the audible alarm only, while the fault stays still memorised.

The above-mentioned controls are repeated in the Remote Control unit which has in addition five "zone on/off" push-buttons. These actuate and signal on the main control unit. Switching any zone on is, in the first place, dependent upon the state of the PS personnel protection system from which signals are transmitted to the control unit. To make an ejection zone operational, the personnel protection system must give permission, by means of a contact closure. Also the general interlocks and the particular zone interlock must be O.K.

If these conditions are fulfilled, switching on is possible. Any related interlocks will automatically switch off the zone in case of faults and in addition start the audible alarm. Switching on a zone also makes the HV power supply and the corresponding sparkgaps air pressure operational, according to the setting in that zone.

4.3 General interlocks unit

This unit is provided to connect all different equipment interlocks, or already summarised equipment interlocks, which have to actuate on all ejection zones.

There are 8 inputs available, which can be patched inside the unit as a warning or an interlock signal. The input signals must be either a continuous pulse train of 3 Kc, pulse length 10 μ S, pulse height 20V or a DC voltage 15-24V, with a series resistor of 820 Ω . Signalisation is both local and remote.

Only 1 input is in use and it is connected as an interlock. It receives a summarised signal from a chain of 12 relays (HV interlocks unit in the pulse balance chassis) to which the following interlocks are connected :

- Input 1 : K.M. tank vacuum
- 2 : Field inverter supply pressure
- 3 : Field inverter secondary pressure
- 4 : Field inverter isolation pressure
- 5 : Front resistors temperature
- 6 : Tail resistors temperature
- 7 : Spark gaps maximum pressure
- 8 : Spare
- 9 : Spare
- 10 : Spare
- 11 : Spare
- 12 : Mechanical line selector.

An additional function of this interlock chain is that, if all interlocks are OK, the air supply valve to the spark gap pressure regulation is opened.

The output of the general interlocks unit is transmitted to all 5 zone interlocks.

4.4 Zone interlocks units

This unit is provided to connect the zone related interlocks. There are 5 inputs available, which can be patched as warnings or interlocks.

Input signal must be a pulse train, starting earlier than 6,6 ms before ejection, frequency 3 KC, pulse length 10 μ S, pulse height 20V, or a DC signal 15-24V with a series resistor of 820 Ω .

To these units are also connected the signals from the corresponding "Kick and Bunch" selectors, which command the mode of operation of the K.M.'s, that means both pulsing or either one. Signalisation is local and remote.

Four of the five inputs are occupied in each zone at the moment and patched as interlocks as follows :

- Input 1 : H.V. to pressure balance
- 2 : Field inverter
- 3 : Pulse balance
- 4 : Septum magnet on

If ejection zones are functioning, each zone interlock transmits in turn the appropriate pulses to the output driver unit.

4.5 Output driver unit

This unit converts the "Zone interlocks" pulses to 10 ms long pulse trains, frequency 3 KC, pulse length 10 μ S, pulse height 20V. It generates 3 or 6 pulse trains (depending on the K.M. preselection), which are transmitted to the already-mentioned "Trigger split". Pulse indicators are used to check which pulse trains are actuating the "Trigger split".

For further internal use a 20V, 1 μ S pulse is generated, separately for each zone, every time an ejection is permitted in that zone.

4.6 Trigger split unit

This unit was provided to be able to direct the trigger pulses, transmitted by the timing system in the MCR, by means of the preselection on "Kick and Bunch" selectors in the MCR with as an intermediary the zone interlock units in the summary interlocks chassis.

Three trigger pulses to trigger front gaps, tail gaps and clipping gaps are fed into the trigger split unit which in turn generates output pulses (60V, 50 nS) depending on the mode of operation as follows :

If the I.C.S. is OK and any zone is switched on :

either : 3 trigger pulses for all gaps K.M.1
or : 3 " " " " " K.M.2
or : 6 " " " " " K.M. 1+2

If the I.C.S. switches off, the above-mentioned pulses will be changed in the last cycle to :

either : 1 trigger pulse for tail gap K.M.1
or : 1 " " " " " K.M.2
or : 2 " " " " " K.M.1 and 2

4.7 Subsystems

To the summary interlocks chassis are connected the following sub-systems :

1. Pulse balance chassis
2. Field inverter chassis
3. Pressure regulation readout chassis
4. **Pressure/HV fault detectors chassis (driven as a subsidiary of number 3).**

The summary interlocks chassis as well as the above-mentioned sub-systems with their various units all have in common that timing pre-pulses start them functioning at the desired moment.

For each ejection zone 300 ms and 6,6 ms pre-pulses are provided in sequence by the timing system in the MCR. For distribution of these pulses in the I.C.S. and other equipment, pulse repeaters, each with a fan-out of 6 (output pulses 25V, 1 μ S) are located in the I.C.S. rack.

4.7.1 Pulse balance chassis

Principally intended to protect against high voltage breakdown of the K.M.'s. Initially breakdown is detected by means of the "Monitoring" system, which in turn sends an error signal to the I.C.S. The detection system is constructed in such a way that malfunctioning of the K.M. pulsers has the same effect as H.V. breakdown in the K.M.'s; as H.V. breakdown of the K.M.'s or malfunctioning of the K.M. pulses can be very

dependent on the modes of operation (pulse length, high-voltage, etc.) it is therefore connected to the zone interlocks in the summary interlocks chassis. The pulse balance chassis contains the following units :

- a) Receiver unit
- b) 2 dual pre-selectable fault counters (3 in use)
- c) Divider by 100 unit

(A spare place was used for general interlocks actuating on the summary interlocks mentioned already before).

4.7.1.1 Receiver unit

This unit receives the signal transmitted from the monitoring system, which consists, if no fault, of a pulse train, frequency 30 KC, pulse length 10 μ S, pulse height 10V. This pulse train is converted to a D.C. level, which is gated by means of the 6,6 ms zone timing pre-pulses into the corresponding pre-selectable fault counters which are in turn connected to the related zone interlocks.

4.7.1.2 Fault counters

These units are constructed for general use in cases where a certain percentage of faults is acceptable. The central part consists of 1 counting decade, with a gated input. The outputs of the decade are decoded and connected to a 9 position multiswitch on which any number from 1 to 9 can be pre-selected. If the number of incoming faults, stored in the counting decade exceeds the pre-selected number, an interlock signal is generated.

The decade unit reset must be applied externally. In the first place, the system reset is connected, but there is another reset input available which is connected to the Divide by 100 unit, which provides a reset pulse every 100 ejections per zone; thus, the acceptable fault percentage can be pre-set between 1 and 9⁰/o.

In parallel, a mechanical counter totalises the number of faults per 100 ejections and is then automatically reset, or if desired, totalises until manual reset :

Input signals : 0.V. for O.K.
+ 5V or open circuit for fault.
Output signal: Continuous pulse train, frequency $3K^c/s$
pulse length $10 \mu S$, pulse height 20V.

4.7.1.3 Divide by 100 unit

This unit incorporates 5 Divide by 100 circuits, one for each ejection zone, and 1 Divider by 100 circuit for the total number of ejections. The input pulses (20V, $1\mu S$) generated in the Output driver unit of the summary interlocks chassis, after division, in turn trigger blocking oscillators. The resulting output pulses are available for general use. Each Divide by 100 circuit has 4 outputs, each providing 20V, $1 \mu S$ pulses.

4.7.2 Field inverter chassis

This chassis incorporates all the units to command and interlock the position of 2 mechanical polarity/by-pass commutators for the K.M.'s (Field inverters).

The "Field inverters" are pneumatically actuated by means of electrically-operated air valves. Pulsing of K.M.'s should be inhibited if the Field inverter contacts are not closed. Microswitches are used as position transducers.

As every ejection zone may work with either polarity of the magnetic field, respectively indicated as "Kick in" and "Kick out", the position control is connected to the zone interlock units in the summary interlocks chassis.

The following units are provided :

- a) Receiver unit
- b) D/A converter unit
- c) 5 zone units
- d) output driver unit

1) Receiver unit

This unit is connected to 3 micro-switches in each Field inverter as follows :

Micro-switch 1	on position	"Kick in"	}	FIELD INVERTER K.M.1
"	2	"Kick out"		
"	3	"By-pass"		
"	4	"Kick in"	}	FIELD INVERTER K.M.2
"	5	"Kick out"		
"	6	"By-pass"		

The positions of these micro-switches are combined with logic circuitry in such a way that the 3 possible positions, respectively "Kick in", "Kick out" or "By-pass" are obtained as output signals if each time all 6 micro-switches are in their required position.

The 3 output signals are connected to the 5 zone units. Position signalisation is included.

2) D/A converter unit

In order to make each time the appropriate logic circuit operational, the address signal must be generated in the proper sequence. It must start each time with the 300 ms pre-pulse and stop with any other 300 ms pre-pulse. These address signals generated by a chain of flip-flops, here mentioned in relation to the logic circuits, have an additional function, which is also allocated in this unit, and will be described under the pressure regulation readout chassis.

3) Zone units

These units, one for every ejection zone, receive in sequence each time their address signal, and have information stored about the desired K.M. field polarity, which can be pre-selected for every zone on the "Kick and Bunch" selectors in the MCR. (This selection is only changeable when the particular zone is switched off.). According to this pre-selection, one of the 3 possible positions will be commanded through the Output driver unit, if the zone unit gets the address signal. In addition, the Field inverter position, combined in the Receiver unit is connected to the zone unit, where it is checked against the preselected position. When coincidence is achieved, the OK signal is transmitted to the related zone interlock. This signal is a pulse train, frequency 3 KC, pulse length 10 μ S, pulse height 20V.

4) Output driver unit

This unit contains 3 output drivers to operate the 3 electrically driven air valves for the Field Inverter. Consumption of the valves is 8W, using 24 V. D.C. coils. Position signalisation is provided by pulse indicators, since because of the fast switching of the Field Inverters, the position indication on the receiver unit would be difficult to follow.

4.7.3 Pressure regulation readout chassis

This chassis is provided to command the mechanically functioning pressure regulation system for the spark gaps, for which the pressure has to follow the different applied line voltages. A linear electro/pneumatic converter is the intermediary between electronics and the mechanical part.

To command the spark gap air pressure a reference voltage has to be derived in correspondence with the line voltage which in turn is pre-selected for each ejection zone on the "Kick and Bunch" selectors in the MCR.

These digital pre-selections (converted into BCD) are in parallel to the HV supply fed to the D/A converter, where they are converted to a DC voltage, 20 mV/kV by means of resistive ladder networks, switched by relays. The resulting DC voltages, one for each ejection zone, are then fed to linear gates, which are opened in sequence by the address signal, already used for the Field Inverter. The output signal after the linear gates is thus a programmed uninterrupted DC voltage, which is transmitted to the pressure regulation chassis, which incorporates the following units :

- a) Receiver unit
- b) 4 pressure measurement units (2 in use)
- c) A/D converter unit
- d) Output driver unit

a) Receiver unit

This unit contains 2 identical transformer coupled chopper amplifier circuits. The input to output voltage amplification is 1, while

the input impedance is $0,5 \text{ M}\Omega$. The amplifier output can deliver 2V into a load of 100Ω minimum. One circuit is in use to transport the DC reference signal generated by the D/A converter in the Field inverter chassis, without ground loops to the Output driver unit, while the second circuit is provided to introduce an attenuated signal from the H.V. lines without ground connections, which is afterwards used in a comparator system against the spark gap pressure.

b) Pressure measurement units

These commercial units were included to measure the spark gap pressures. For this purpose a transducer (linear variable differential transformer actuated by a membrane) is mounted in each spark gap. The voltage generated in the transducers are phase-sensitively demodulated, by means of the pressure measuring units, which give out 2V for $5,6 \text{ kg/cm}^2$. The 2 output signals (DC) are distributed to the A/D converter unit and the output driver unit.

c) A/D Converter unit

This unit is provided to measure the spark gap pressures in any ejection zone, in cases when the pressure is varied during sequencing or multiple shot corresponding to different line voltages from zone to zone. The unit features digital read-out of the pressure, with a precision of $\pm 0,05 \text{ kg/cm}^2$. Push-buttons for selection of K.M.1 or K.M.2 are provided as well as a zone selector.

d) Output driver unit

The output driver unit connected to the receiver unit obtains the DC reference signal (corresponding to the various HV supply settings). This signal is 200 mV/10kV .

The desired working pressure of the spark gaps, which must be higher than the static breakdown pressure is obtained by 2 digital switches, on which one can select in steps of $2^0\%$ the lowest and the highest acceptable levels above the static breakdown pressure. In addition a 10 turn "helipot" is provided so that the pressure is not necessarily the average value between the 2 pre-selected levels, but

can be set to any value between the 2 pre-selected levels. Some values of the static breakdown pressure of the spark gaps over the range of line voltages commonly used are given below :

Line voltage 20 kV - spark gap pressure	=	0 kg/cm ²
" 30 kV - "	=	0,8 kg/cm ²
" 40 kV - "	=	1,6 kg/cm ²
" 50 kV - "	=	2,4 kg/cm ²
" 60 kV - "	=	3,2 kg/cm ²

The electro/pneumatic converter (resistance 256 Ω) in the pressure regulation system has the following characteristics :

Pressure out 0,8 kg/cm ² - input current	=	3,8 mA (=1V)
" 1,6 kg/cm ² - "	=	8,2 mA (=2,1 V)
" 2,4 kg/cm ² - "	=	12,6 mA (=3,2 V)
" 3,2 kg/cm ² - "	=	17 mA (=4,3 V).

So the output driver unit characteristics are made as follows :

<u>Setting HV supply</u>	<u>Ref.volt.in</u>	<u>Converter current</u>	<u>Spark gap pressures</u>
30 kV	600 mV	3,8 mA	0,8 kg/cm ²
40 kV	800 mV	8,2 mA	1,6 kg/cm ²
50 kV	1 V	12,6 mA	2,4 kg/cm ²
60 kV	1,2 V	17 mA	3,2 kg/cm ²

The unit contains an adjustable amplifier stage and an output current amplifier, while an adjustable offset voltage is available to adapt the linear input voltage to the required output voltage. The output stage can drive 2 electro/pneumatic converters in parallel. The overall precision of the electrical system is better than 2⁰/o.

The Output driver unit includes also 2 dual comparator circuits. These are used to check at each ejection, if the spark gap pressures and line voltages correspond. The spark gap pressure should achieve a level between the pre-selected pressure "high" and "low" limits, mentioned already before. One dual comparator checks both limits, while for each spark gap group a dual comparator is provided.

The 4 output signals are transmitted to :

4.7.4 Pressure/HV fault detectors chassis

This chassis is an extension of the pressure regulation readout chassis in which the 4 comparator output signals are summed, converted and gated in the general purpose dual fault counters (as used in the Pulse balance chassis). For each ejection zone a dual fault counter is available into which respectively the "low" and "high" occurring faults are gated. The outputs of each dual fault counter are connected together to the corresponding zone interlocks unit.

The following units are provided in the chassis :

- a) Receiver unit (3 dual fault counters
see pulse balance chassis 4.7.1.b).

4.7.4 a) Receiver unit

This unit receives the 4 comparator output signals :

Pressure K.M.1 spark gaps	"low"
" K.M.1	" "high"
" K.M.2	" "low"
" K.M.2	" "high".

The 2 "low" signals and the 2 "high" signals are each summed together and converted to 2 DC voltages, which in turn are distributed to all fault counters.

5. TECHNICAL DESCRIPTION

5.1 Pressure/high voltage fault detectors chassis - figs 316.005 and 316.016.

5.1.1 Receiver unit - fig. 316.026

The receiver unit is the intermediary between the fault counters and the pressure regulation and readout chassis. It contains two discreet component DTL OR gates, a relay for "test enable" and two fuses with lamps for the +15 V and +24 V supply rails to the chassis.

The inputs to the two OR gates receive go/no go signals from the pressure regulation and readout chassis. DC levels from the OR gate outputs are connected to the fault counter units in the same chassis. A permit signal from the summary interlocks chassis actuates the "test enable" relay only when fast ejection is switched off at the control unit. The test facilities of the fault counter units which are connected to an earthing contact on this relay are thus disabled during normal operation of the interlock system.

Current from the supply distributor chassis is routed through two fuses to the +15 V and + 24V rails which serve the complete chassis. Each fuse is equipped with a lamp on the load side to indicate whether or not the supply is on and the fuse intact.

5.1.2 Fault counter unit - figs. 316.027 and 316.028

Each fault counter assembly contains two independent units; on the front panel these are denoted channel A and channel B. Only one channel of a plug-in unit is described since the other channel is identical in all ways.

Timing pulses from the summary interlocks chassis trigger a TTL monostable providing a strobe pulse which gates the input signal from the receiver unit. The resulting standardized pulse is stored as a count of one in an unlocked decade counter at the same time as it is amplified and lengthened to drive the panel mounted electro-mechanical counter. Count state of the decade counter is provided by a decimal decoder connected to a ten position switch on the front panel. The common contact of this switch is connected to a free running blocking oscillator and a relay latch circuit. When the count state reaches the preset total on the ten position switch, the pulse train from the blocking oscillator is interrupted and the relay latch is put into the "fault" position. A contact set on the relay connects the panel lamp to the +24 V flashing supply causing it to change state from steady to flashing illumination. A second contact set provides optional indication for external equipment. When the preset total is exceeded, the blocking oscillator returns to a free running condition whilst the relay latch

remains in the "fault" condition until reset uniquely by the system reset signal (from the summary interlocks chassis). The decade counter is reset by either the system reset signal or a pulse from the divide by 100/1000 unit in the pulse balance chassis. The electromechanical counter reset coil is driven by an amplifier connected to a two position switch on the front panel which permits the selection of either manual reset (by push button marked RESET) or reset by a pulse or DC level coming from the divide by 100/1000 unit. The decade counter and associated circuitry thus indicate when a preset fault rate (per 100 or per 1000 total pulses) is exceeded as well as providing internal and external alarm signals both latching and non-latching. The electromechanical counter provides either fault count during the time interval between successive reset pulses (fault rate, $\times 1000$ reset position) or a continuous tally of faults with manual reset.

When the TEST button is pressed, a simulated fault count of one is introduced asynchronously at the input of the system irrespective of the presence of timing pulses. This test count may be repeated indefinitely but is inhibited when the fast ejection ON facility is actuated at the main control unit.

An input is included for possible future automatic test equipment.

5.2 Pressure regulation readout chassis - figs. 316.006 and 316.017

5.2.1 Receiver unit - fig. 316.030

The Receiver unit consists of 2 identical galvanically isolated DC transformers. These are used to connect the "HV reference" setting and the measured voltage at the HV divider without ground connections between ICS and the HV power supply. The input DC voltage is filtered and protected against overvoltage, after which a chopper network follows. The first 3 N74 chops the DC input voltage, after which it is transformed by T 1002 with a ratio of 7:1 (manufacture Mikro-Elektrik, Zürich). The second 3 N74 acts as a phase sensitive rectifier, followed by a filter network. This stage is followed by the receiver buffer, which amplifies $\approx 7 \times$, so that the input-output amplification is 1. The input impedance is $\approx 0,5 \text{ M}\Omega$, while the output load should be $> 50 \Omega$.

In addition the unit includes a 12V d.c. regulator, which is provided as power supply for the transducer amplifiers located in the same chassis.

5.2.2 Pressure transducer amplifiers - fig. 316.031

For this commercially manufactured equipment by Hothinger Baldwin Messtechnik the complete documentation is available in the manufacturer's handbook. The only modification is the disconnection of the ground connection between amplifiers and the transducers at the transducer's side.

5.2.3 Pressure readout unit - figs. 316.032, 316.033, 316.034 and 316.035

Either one of the 2 input signals, arriving from the driver unit over pins A7,1 and A7,3 can be selected by means of push buttons KM 1 and KM2, to the input of the MPS standard voltage - time converter. This converter produces at the output a gate pulse, whose length is dependant on the input voltage, with a linearity better than 1⁰%. The maximum input voltage results in a gate pulse of 1 mS.

To obtain the start pulse for the conversion the 6 mS ejection zone prepulses are brought in over A7,20 to 24. The ejection zone in which the spark gap pressure has to be measured can be selected by the zone switch. The start pulse clears immediately the 2 decade counters (SN7490N), and changes the state of the bistable (G11). The output of the bistable opens the gate, which then passes the pulses of the crystal oscillator through to the first decade counter (Freq. 50 kC).

At the end of the voltage-time conversion the converter resets the bistable, which in turn starts then in parallel 2 one-shots, of which the first one resets the memory (G5 - G8), while the second one opens gates (G9 - G10) to read in the new setting of the decade counters, into the memory. The memory is decimal decoded and followed by a digital read-out. The power supply for this read-out is generated by a DC to DC converter from the +24 V supply line.

5.2.4 Output driver unit - fig. 316.029

The first stage of the driver unit is the sum and invert amplifier, which at the input receives a linear DC voltage from the Receiver unit (20 mV/kV). This input voltage is amplified so that the slope of the output voltage is the same as the slope of the HV/pressure static breakdown characteristics of the sparkgaps.

A resistive divider (total 100 Ω) connected over the input voltage has 9 taps, each representing a multiple of 2⁰/o of the input voltage. These voltage percentages can be selected by means of digital switches and are then summed together with the input voltage, to produce a desired limited overpressure in the spark gaps. One digit-switch determines the lower limit and the other switch determines the upper limit of the overpressure. The overpressure can be varied between the 2 limits by means of the multiturnpot of 100 k Ω .

The output signal of the sum and invert goes to the output driver (current amplifier). The other side of the input gets an adjustable voltage, so that the zero output voltage can be shifted according to the spark gap specifications (see 6.1.3.3). The output stage is able to drive 2 servoregulators (each 270 Ω) in parallel. To verify if the spark-gap pressure is within the preselected limits of the digital switches, 2 comparator circuits are used in this unit, one for each group of sparkgaps. For this purpose the output of the 2 pressure transducer amplifiers are connected to 2 receiver buffers. The amplification of these are adjusted so that 2,4 kg/cm² overpressure in the sparkgaps results in an output voltage of 1 V at the output of the amplifier.

These signals are connected over A11,5 and A11,6 to the "pressure read-out" unit. Input A11,11 is foreseen eventually for a signal from an absolute pressure measuring device. The "Receiver buffers" are each followed by a differential amplifier (gain $\times 1$). The other input receives over A11,12 a voltage derived from the HV measuring divider (20 mV/kV). The output of the differential amplifier is fed to 2 discriminators of which one compares the signal against the preselection of the lower limit of the spark gap pressure, while the other one compares the signal to the upper limit. The outputs of the discriminators are connected to the HV pressure fault detectors chassis.

5.3 Temperature and pressure detectors chassis - figs 316.007 + 316.018

5.3.1 Control unit - figs. 316.036 and 316.037

The control unit controls a group of temperature sensor units (or pressure sensor units if required) each of which can perform a single interlock function. It provides an "OK state" output signal only when all the following conditions are satisfied :

- a) All common supply rails energised at their correct voltages
- b) All subsidiary units plugged in.
- c) All subsidiary units indicating an output "OK state".

If one or more of the subsidiary units fail to maintain all conditions a)b)c) then the control unit will indicate an "alarm state". This alarm state is not latching so that there is no need or provision for a reset facility and the indication remains only for so long as a fault is present at the input.

An external signal from the main control unit operates a relay which enables the test function on subsidiary units to be used. This external signal is disabled by switching fast ejection ON at the main control unit.

A panel mounted meter may be used to display the temperature at remote points which are monitored by individual subsidiary units. Current from the supply distributor chassis is routed through three fuses to the -15 V, +15 V and +24 V rails which serve the complete chassis. Each fuse is equipped with a lamp on the load side to indicate whether or not the supply is on and the fuse intact.

The transistor has its emitter connected to the +15 V supply together with one half of the base bias chain. The other half of the base bias chain is connected through the series of bridged interlock pins on all subsidiary units to the -15 V supply. The collector load is grounded and tapped to the common incoming logic line. Thus in order for the transistor to give a positive (OK state) output voltage, the two 15 V rails must be intact and all units in position. The common logic line is connected to a standard CERN PSEW221 blocking oscillator card which is biased such that it free runs at about 3 k c/s when the logic line is in the OK state.

When the logic line is in the fault state the blocking oscillator gives no output at all. The two isolated blocking oscillator outputs are connected in parallel.

When energized by a signal from the summary interlocks chassis, the relay closes a contact in the common test line to enable the test facility on subsidiary units.

The front panel meter is connected by a potential divider network to the common "measure" line; this serves to match the meter range to "measure" rail voltage swing.

5.3.2 Temperature sensor unit - fig. 316.038

The temperature sensor unit gives an alarm signal if the temperature measured at a remote point exceeds a value which may be preset by a "helipot" control on the unit.

A signal lamp on the panel burns continuously to indicate that the unit is operating and the advent of an alarm signal causes the lamp to flash continuously at about two cycles per second. The alarm indication remains until an external reset signal is received, the reset is disabled and the alarm signal remains.

A test button on the panel may be used to introduce an artificial alarm state. The unit does not discriminate between genuine and artificial alarms so that the subsequent logic sequence is the same in both cases. To prevent spurious alarms, the test facility is enabled only by an external signal which is not present during normal operation with all system interlocks closed.

The remote sensing element is a platinum resistance thermometer connected by cable to a resistance bridge inside the unit. Compensation for cable resistance is provided by one of a group of variable resistors mounted on the rear panel of the temperature and pressure detectors chassis. The resistance bridge is constructed of standard close tolerance resistors and incorporates the test and measure points and a preset potential divider for initial calibration purposes. Complementary to the platinum resistance thermometer, in the other side of the bridge is

the "helipot" used to set the temperature (bridge balance) corresponding to the required alarm level. Worst case set point error due to bridge component tolerance spreads, is $+1,2^{\circ}\text{C} - 1,4^{\circ}\text{C}$ over the range 0°C to 100°C . For temperature indication on the control unit meter, the inaccuracy is dominated by the meter resolution.

The resistance bridge is connected across the differential inputs of an IC comparator which gives a positive output voltage for bridge unbalance in one sense only, corresponding to temperature above the set point. This positive voltage switches on the output transistor bringing the output logic level from about 8 volts (OK state) to about 1 volt (alarm state) whilst the relay is simultaneously released. One contact set is left free for possible external use while the other contact set is used to latch the transistor in its conducting state as well as switching the indicator lamp from DC to the flashing supply. When the system reset signal is applied the transistor is switched off again only if the comparator is giving a negative output voltage consistent with the fault condition being absent from the input.

Two pins on the unit rear plug are connected together and placed in series with the corresponding pins in all other units in the same chassis. The resulting electrical path is then used as an additional interlock chain for the sub-system of which the temperature sensor unit forms a part.

5.4 Summary interlocks chassis - figs. 316.008 and 316.009

5.4.1 Control unit - figs. 316.040 A and 316.040 B

Controls and Interlocks on/off is connected to the supply distributor chassis to switch on/off the four supply voltages +24V, +24V flashing, +15V and -15V to all chassis of the ICS system.

Triggers on/off actuate a relay in the 220V \sim supply distribution box to supply the 6 Marx triggers with 220 V \sim , which in turn signal back if all 6 are on. H.V. on/off switches are provided for remote control for the H.V. power supply. They are only operational if all H.V. interlocks are in the OK state.

Signals from the HV supply, the K.M. position, beam on/off and the personnel protection system are combined here to verify the conditions that have to be fulfilled to switch on the ejection system (see Operational Instr. 2.2). The personnel protection system of the PS supplies for each ejection zone go/no go signals, which actuate repeater relays in the control unit. When a "go" signal of the personnel protection system comes in, or the above mentioned combination gives the OK signal, +24 V is applied to that particular zone or in the other case to all ejection zones "go/no go" out relays (4,6,8,10,12). The position of these relays are determined by the state of the interlocks. They are closed if all general interlocks and the proper zone interlocks are OK.

The +24V then goes to the zone on/off switches in the "Remote control unit" (see 5.10), which returns the signals if switched "on" to the ejection zone on/off relays which make the zones operational, that means :

- a) Trigger pulses are sent to the Marx triggers;
- b) HV supply charges lines;
- c) Pressure regulation operates;
- d) Selection field inverter position is disabled;
- e) Test buttons in ICS are disabled.

The "Ejection zone" go/no go out relays, which are immediately deenergized when a fault occurs in the general interlocks unit or its particular zone interlocks unit, will then start the audible alarm. Any warning signal in the ICS system will actuate its proper "zone-warning" relay (3,5,7,9,11) which starts also the audible alarm. The audible alarm can be stopped by the push button "MUTE"; the fault is in this case still memorized by its signal lamp. The audible alarm can also be stopped by the push button "Reset", which eventually can result in clearing the fault.

In addition, the "Reset" normally distributes +15V through the complete ICS contact RL 2,1, which is interrupted if the "Reset" is pushed. In that case -15V is distributed through the complete ICS.

5.4.2 Audible alarm circuit - figs. 316.042 and 316.043

This unit produces an audible signal to indicate the presence of a fault. The sound is coded to identify the particular ejection zone in which the fault originates. After an alarm condition has been initiated, the sound may be cancelled by pressing the "SOUND OFF" button on either the main control unit or the remote control unit. In this case the audible alarm will remain inactive until another different fault arises whereupon it will signal the new fault, or until the system reset is operated in which case it will remain inactive if the fault has been cleared or continue to sound if the fault is still present. All new faults arriving after the operation of system reset will initiate the audible alarm as before. The circuit drives two output units "BLEEPERS", one mounted in the general interlocks unit adjacent to the main control unit and one mounted in the remote control unit.

In order to describe the sound coding, a "pulse" is considered to be a continuous tone for about 250 mS and a "space", the absence of sound for about 250 mS. The coding then is like this :

zone 1 - continuous cycle, 1 (1 pulse 1 space) + 2 spaces
zone 2 - continuous cycle, 2 (1 pulse 1 space) + 2 spaces
zone 3 - continuous cycle, 3 (1 pulse 1 space) + 2 spaces
zone 4 - continuous cycle, 4 (1 pulse 1 space) + 2 spaces
zone 5 - continuous cycle, 5 (1 pulse 1 space) + 2 spaces
more than one zone - continuous cycle, 1 pulse 1 space.

The coding used to indicate simultaneous faults in two or more zones, sounds similar to the telephone "occupied" signal.

Input signals to the audible alarm circuit are provided by relay contacts (one for each zone) providing logic level 1 in the OK state and logic level 0 in the fault state. With the advent of fault signals from two or more zones, the signal from an astable clock source free running at about two cycles per second is permitted to pass through a series of gates directly to the bleeper driver amplifier. If only one fault is present, the fault signal starts a decade counter in the BCD mode. Clock pulses are fed to the decade counter and to three gates connected to the decade counter outputs A,B and C respectively. The particular zone fault signal is gated together with the counter A,B and C outputs. As soon as the count reaches the number appropriate to the zone of origin of the fault,

the decade counter is reset to zero and stays in this condition during one clock pulse; after which the cycle begins again. The clock pulses thus gated by the counter outputs are connected to the bleeper driver amplifier which supplies + 12 V pulses to the two bleeper units. These units produce a continuous tone of about 2.5 K^C/s as long as the voltage is applied. Reset signals from the system are applied to one input of a "set/reset", the other input of which is driven by a "one-or-more-fault" signal from the logic. The "set/reset" output then interrupts the final stage of decoding before the bleeper driver amplifier.

Power supplies to the integrated circuits are provided by a Fabrimex SWVcc5 voltage regulator connected to the +24V supply rail.

It should be noted that the bleeper units are polarized; signs + and - are stamped beside the terminals. Permanent damage may result from incorrect connection.

5.4.3 General interlocks unit - figs. 316.041, 316.044, 316.045, 316.046

This unit accepts up to eight input signals which are of common significance to all ejection zones. The input signals may be selected as interlocks, in which case a fault signal will cause the system to stop, or they may be selected as warnings, in which case a fault signal will cause a warning light to flash but not a complete system stop.

Input signals to the unit are output pulse trains from free running blocking oscillators in other parts of the system. Each pulse train is applied to an integrator at the input and the resulting DC level fed to a gate. The second input to the gate is connected via a resistor to a logic level 1 and in parallel to the system reset line over a contact on a relay driven by the gate itself. At system start, the system reset signal is applied and if at the same time the gate is receiving an OK state signal (pulse train present) the relay will close and stay closed even though the reset line is then disconnected. A second contact set on the relay switches the front panel lamp (and lamp at remote control unit in parallel) from the flashing supply (relay open) to continuous DC (relay closed). In the event of a fault occurring, the input pulse train is absent and the sequence is reversed until the fault is removed and the reset signal reapplied.

The outputs from the eight gates on the inputs are fed in parallel to an AND-OR-INVERT gate. The AND-OR-INVERT gate is also connected to an eight way patching panel on the printed circuit card. This patching panel allows each input channel to be connected either as a warning (connect to 0V side) or as an interlock (connect to Vcc side) in which case the signal is permitted to pass to the next stage. The next stage consists of passing the sum of signals from the AND-OR-INVERT gate as a common enable to five other gates (corresponding to one for each ejection zone) which have as their inputs signals from the main control unit. The outputs from these five gates are fed as go/no go signals to the adjacent zone units, one gate output serving one particular zone.

The components in the general interlocks unit are mounted on two printed circuit cards the second of which carries a zener diode and two dropper resistors working from the +15V rail to provide power supply for the integrated circuits on both cards. Mounted on the front panel beneath the column of eight indicator lamps is the "BLEEPER" audible alarm. The logic circuitry for the bleeper is contained in the main control unit which having an already overcrowded front panel made it necessary for the bleeper itself to be mounted on the front panel of the adjacent general interlocks unit.

5.4.4 Zone interlocks unit - figs 316.047 and 316.048

This unit accepts blocking oscillator pulse train signals originating in other parts of the interlocks system concerned with monitoring various aspects of ejection. Since the aspects monitored may serve more than one zone, it is likely that they will not be in the OK state continuously. Because of this, the conditions are verified immediately before ejection only.

Signals from the pressure/high voltage fault detectors chassis, the field inverter chassis and the pulse balance chassis are applied to inputs 1,2 and 3 respectively, inputs 4 and 5 being spare. Each input has an integrator which converts the incoming pulse train (OK state) into a DC level which is then applied to one input of a two input gate. The other gate input receives a pulse from a monostable circuit which is initiated by a signal from the timing system synchronous with the ejection timing

for the particular zone. This timing signal is gated by an OK signal from the general interlocks unit. The gate is inhibited at any input which is in a fault condition (OV) and the timing signal is blocked. In the OK state, the timing signal passes to a "set/reset" for system reset purposes and thence to the coil of a relay and to one input of an AND-OR-INVERT gate which is common to all inputs. The relay has one contact set for possible external use (data logging) and one contact set which is used to switch the front panel lamp appropriate to the input from continuous to flashing supply. This second contact set is also used to provide reset signal to the main control unit (for each zone separately) and duplicate lamp signals to the remote control unit.

Each input to the AND-OR-INVERT gate is enabled or inhibited by a connection to a selector panel on the printed circuit card. This selector panel allows each input to be connected either as a warning (connect to OV side) or as an interlock (connect to Vcc side) in which case the signal is permitted to pass to the next stage. In the "warning" position only the lamp and remote signalisation operate, no interruption of control functions is permitted. The output from the AND-OR-INVERT gate drives a relay giving reset and interrupt signals to the main control unit for the particular zone program and a decoder giving pilot pulses to the output driver unit (adjacent chassis) for the spark gaps. A selector panel permits the choice of operational modes of the tail gap. Bridging Y_0 to Y_1 for KM 1, and Z_0 to Z_1 for KM 2, causes the tail gap to operate in the same mode as the front and short circuit gaps whilst bridging Y_0 to Y_2 for KM 1, and Z_0 to Z_2 for KM 2, causes the tail gap to fire every time.

Kicker magnet unit selection is performed by signals from the timing system actuating relays RL7 and RL8. Each of these relays is equipped with one contact set controlling two front panel lamps which indicate whether the appropriate magnet unit is "ON" or "OFF", and one contact set which conveys the magnet unit selection signal to the decoder controlling spark gap operation.

Power supply to the integrated circuits is by means of a Fabrimex SWVcc 5 voltage regulator connected to the +24V line. A BNC socket on the front panel permits monitoring of the incoming timing pulse. This

monitor point is transformer coupled and therefore provides no indication of the logic level at the timing pulse entry.

5.4.5 Output driver unit - fig. 316.065

This unit accepts real time spark gap commands from each of the zone units, and translates the commands into one coherent program. This program is then used to drive the trigger split unit which in turn drives the Marx triggers. The same signals are decoded to give one pulse per complete ejection cycle per ejection zone and one pulse per complete ejection cycle irrespective of zone (total). The signals are used to drive the six separate inputs of the divide by 100/1000 units in the pulse balance chassis.

The incoming logic levels from the zone units are grouped by similar destination in the output driver unit. For example the first five inputs to the printed circuit card are intended to command the front gap of kicker magnet unit one and come from zones 1,2,3,4 and 5. The sequence is the same for all inputs on the card and the destination is given by the lamp title on the other side of the card as shown on figure 316.065. Each group of five inputs is fed to an AND-OR-INVERT gate, the output of which drives two parallel monostable circuits. One monostable circuit having a time constant of about 100 mS is used to drive a panel mounted strobe lamp which indicates the particular spark gap being momentarily energised, the other monostable circuit having a time constant **of about 5 mS is used to switch on a blocking oscillator. The blocking oscillator is biased such that during the 5 mS for which it is switched on, it will** free run; the two galvanically isolated outputs are connected in parallel and the output pulse train is routed to the trigger split unit which commands the Marx triggers. Front panel mounted BNC sockets are connected to the outputs of the blocking oscillators via 1 k Ω resistors to provide monitoring points.

The inputs corresponding to kicker magnet unit one are ANDed zone by zone with the inputs corresponding to kicker magnet unit two. A blocking oscillator (not free-running) is connected to each of these five "sum" channels and provides a galvanically isolated output pulse for each input pulse. A sixth blocking oscillator (total pulses) is

connected to the output of an AND-OR-INVERT gate driven by the five "sum" channels. These blocking oscillators provide the signals to drive the divide by 100/1000 units in the pulse balance chassis.

Power supply for the integrated circuits is provided by a Fabrimex SWVcc5 voltage regulator connected to the +24V supply line.

5.5 Pulse balance chassis - figs. 316.009 and 316.020

5.5.1 Receiver unit - fig. 316.049

The receiver unit is the intermediary between the fault counters and the monitoring system. In addition to the input pulse integrator which performs the receive function, it contains a relay for "test enable", two fuses with lamps for the +15V and +24V supply rails to the chassis and a circuit connected to the +15V rail which supplies +5V regulated output for the adjacent + 100/1000 unit.

The integrator input receives pulse signals from the monitoring system whilst the output DC level is connected to the fault counter units in the same chassis.

A permit signal from the summary interlocks chassis actuates the "test enable" relay only when fast ejection is switched off at the main control unit. The test facilities of the fault counter units which are connected to an earthing contact on this relay are thus disabled during normal operation of the interlock system.

Current from the supply distributor chassis is routed through two fuses to the +15V and +24V rails which serve the complete chassis. Each fuse is equipped with a lamp on the load side to indicate whether or not the supply is on and the fuse intact.

5.5.2 Divide by 100/1000 unit - figs. 316.050 and 316.051

This unit was originally intended to count incoming pulses and to provide an output for every thousand pulses received. This requirement was later changed to an output for every one hundred pulses received although in some places the old nomenclature remains. The outputs are

used optionally to reset the fault counters in the PULSE BALANCE CHASSIS and the PRESSURE/HIGH VOLTAGE FAULT DETECTORS CHASSIS. Only one of the six separate identical channels contained in this unit is described.

Input signals are connected by coaxial cable to a terminator limiter network of diodes and resistors where they divide on to two paths. One path is to a monostable circuit which drives a strobe lamp on the left hand side of the front panel indicating the presence of a pulse at the input, while the other path is to a two decade counting chain (three decades in the original version). A direct coupled output is provided from the gate at the end of the counting chain which also drives two blocking oscillators in parallel with a monostable circuit which in turn drives a strobe lamp on the right hand side of the front panel to indicate the presence of a pulse at the output. The two galvanically isolated outputs from each of the two blocking oscillators are connected by coaxial cables to the unit rear plug.

All decade counter units in all channels are reset uniquely by the common system reset signal.

5.5.3 Fault counter unit - figs. 316.052 and 316.053

These units are the same as those described under the same title in the section "PRESSURE/HIGH VOLTAGE FAULT DETECTORS CHASSIS" to which reference should be made for further details.

5.5.4 High voltage interlocks unit - fig. 316.054

The high voltage interlocks unit is intended as a general facility for the connection of unrelated interlock functions which have no logical entry at any other point in the system but which are necessary for high voltage apparatus personnel protection.

The unit embodies twelve input relays and one common relay which resets the others on receipt of the system reset signal from the summary interlocks chassis. Each of the input relays is separately actuated by one interlock function and carries four contacts. Two of the four contacts on each relay are placed in series to form an interlock chain across all twelve relays; one contact on each is used for latching and

the remaining contact is used to switch the front panel lamp (one for each relay) from the +24V supply line to the flashing supply line. In the "OK" state the relay is energized. The interlock chain formed by all twelve relays is connected to the summary interlocks chassis.

5.6 Field inverter chassis - figs. 316.010 and 316.021

5.6.1 Receiver unit - fig. 316.055

The receiver unit receives position signals from microswitches on the field inverter which are correlated with commands from the timing system and also used to verify proper selection. In addition to the receiver logic circuitry, fuses and lamps are provided for the -15V, +15V and +24V supply lines to the chassis.

Six separate inputs are provided, corresponding to the positions "BYPASS", "KICKIN" and "KICK OUT" for kicker magnet unit 1 and kicker magnet unit 2. Each input is equipped with a lamp mounted on the receiver unit front panel and is connected via a microswitch on one or other of the field inverter units to +24V. The positions of the field inverters are thus indicated on the front panel. In parallel with the lamps are limiter networks which connect the input signals to the logic circuitry. The logic circuitry has three outputs corresponding to "BYPASS", "KICK IN" and "KICK OUT" and a signal is present uniquely at one output only if a rational combination of all six input signals is also present; that is, proper functioning of mechanical parts and microswitches. These output signals are fed to the adjacent units where they are combined with commands from the timing system to actuate the valves which operate the field inverters.

Current from the supply distributor chassis is routed through three fuses to the -15V, +15V and +24V rails which serve the complete chassis. Each fuse is equipped with a lamp on the load side to indicate whether or not the supply is on and the fuse intact. A dropper resistor and zener diode connected to the +15V rail provide the voltage required to operate the integrated circuits which perform the logic functions.

5.6.2 Digital/analogue converter unit - figs. 316.056, 316.057
and 316.058

The purpose of this unit is to track the spark gap air pressure in accordance with the voltage programmed for the Frungel high voltage power supply. Synchronous operation of up to five zones is possible.

Five identical input channels are provided, each channel corresponding with one zone. One such channel is described.

The channel input is enabled or inhibited by a signal from the central summary interlocks chassis, depending upon whether or not the ejection zone is in use. Gates at inputs corresponding to zones not in use are blocked by an inhibit signal of zero volt whilst the permitted zone (or zones) is enabled by +24 volts allowing the appropriate 300 mS prepulse to pass and reset a flip-flop in the condition $\bar{Q} = 1$. Flip-flops in channels not in use are set $\bar{Q} = 0$ by a clear signal derived from a gate which monitors the signals from all zone inputs. The flip-flop \bar{Q} output performs two functions; one is to provide an enable signal to the adjacent plug-in unit (zone unit) whilst the other function is to open a gate allowing the output from an oscillator (common to all channels) to put the 3N74 "chopper" transistor into the ON state. When ON, the "chopper" transistor connects the mid-point of a conventional ladder network to a rail connected to a Nexus DC amplifier. The base collector circuit of the "chopper" transistor is galvanically isolated from its driving logic by a small toroidal transformer.

The ladder networks in conjunction with eight relays per channel, form digital to analogue converter arrays connected each via a variable resistor to the -15V rail. Binary coded reference signals from the Frungel high voltage supply are connected as eight parallel bits to the relays in each channel and the resulting converted analogue voltage (for zones in use) appears at the Nexus amplifier output whence it is routed to the servo system controlling the air supply valves for the spark gaps. A monitor point for the Nexus output voltage is provided on the front panel by a BNC socket.

5.6.3 Zone unit - figs. 316.059 and 316.060

Five identical zone units are provided in the chassis, one for each potential ejection zone (or area). These units receive field inverter selection instructions from the timing system and field inverter position indication from the receiver unit in the same chassis. This information is then used to program the driver unit which in turn commands the air valves which operate the field inverter.

Field inverter selection instructions appear as +24V DC levels which operate one or other of three relays (corresponding to "KICK OUT", "KICK IN", or "BYPASS") in parallel with three panel mounted lamps to show the selection state. From the relays, these instructions are fed to a small logic array having gates which are opened at the appropriate moment by a signal (flip-flop \bar{Q}) from the digital/analogue converter unit in the same chassis; the signal is synchronous with the ejection cycle. Three outputs from the logic array (connector pins 16.17.18) are used to initiate strobe lamps in the driver unit and three other outputs (connector pins 19.20.21) to operate valve driver circuits in the driver unit. It should be noted that although there are three field inverter position states and three principal air valves (a fourth airvalve is used only to close the supply) the relationship is not "one valve for one state".

For the following table, the three airvalves are named after the wire numbers on their mounting.

desired state	Valve			Logic Level Pin		
	7.8	3.4	1.2	19	20	21
BYPASS	OPEN			0	1	1
KICK IN		OPEN	OPEN	1	0	0
KICK OUT			OPEN	1	1	0

The coding for this purpose is performed by the logic array in each zone unit.

When one of the selected positions is also enabled by a signal from the digital/analogue converter unit, a blocking oscillator in the zone unit is permitted to free run. The pulse trains from all the zone

units are routed to the summary interlocks chassis.

Power supply for the logic elements is provided by a zener diode and dropper resistor connected to the +15V rail.

5.6.4 Driver unit - figs. 316.061 and 316.062

The driver unit accepts position commands from all five zone units in parallel and amplifies them to signals of sufficient power to drive the field inverter airvalves. It also receives field inverter position state information from the zone units which is then displayed by strobe lamps on the front panel.

Each air valve driver has two outputs and is capable of driving two valves in parallel.

The lamp driver circuits are monostable giving a fixed length pulse since it is possible that the field inverter may rest in one state for only a very short time.

5.7 Pulse repeaters chassis - figs. 316.011 and 316.022

5.7.1 General

Unlike the other chassis, the pulse repeaters chassis has its own power supply as a precaution against impulse interference from the neighbouring high voltage equipment. A standard CERN MPS 2952 power supply is used, mounted at the extreme right hand side of the chassis. Main supply connection is made to a socket mounted on the rear panel.

5.7.2 Plug-in unit - figs. 316.063 and 316.064

Each pulse repeater plug-in unit has one input driven by 1 μ S +24V pulses from the timing system in the main control room and six outputs which provide synchronous 1 μ S +24V pulses. All the outputs are galvanically isolated. The presence of a pulse at the input is indicated by a strobe lamp on the front panel. All inputs and outputs are wired to BNC sockets on the chassis rear panel.

The first stage consists of a grounded emitter amplifier having a zener diode in the emitter circuit to give a threshold for noise immu-

nity of about 14 volts. A monostable circuit driving the strobe lamp and three output stages in parallel, provide the load for the first stage. Each final stage has a transformer coupled output with two independent output windings.

5.8 Supply distributor chassis - figs. 316.012 and 316.023

The supply distributor chassis routes current to the various chassis from the common power supplies and provides some additional protection and monitoring facilities. A +24V "flashing" supply is derived from the +24 V DC supply line.

Cables from the main power supplies are connected to manually reset current trips mounted on the front panel. The current trip in each supply rail (-15V, +15V and +24V) will break the circuit for currents in excess of ten amperes. From the current trips, connections are made to normally open contacts on each of three relays which have their coils connected in parallel. These three relays are commanded by a signal from the summary interlocks chassis and serve to switch on the main power supplies when the ejection ON switch is operated at the main control unit. The relay command signal is routed through two "Klixon" thermal circuit breakers in series which are mounted directly above the power supplies in such a position as to be readily operated by abnormally high temperature of the power supplies. The other sides of each of the three relay contacts are connected to meters to indicate the current flowing in each supply rail and from thence to heavy copper busbars which serve twelve outlet sockets on the rear of the chassis. An astable circuit connected to the +24 V rail and free running at about $2^c/s$ provides a signal which after amplification is used as the +24 V flashing supply. This supply is connected to its output busbar via a 1.5 ampere manual reset current trip. A voltmeter and selector switch provide the means of monitoring the voltage on each busbar. When placed in the +24 FLASH position, this switch connects the flashing supply to the illuminator of the push button which may be used to temporarily stop operation of the flashing supply while measurements are made.

5.9 Philips power supplies - fig. 316.025

These are standard commercial units having a technical description contained in the appropriate handbook.

5.10 Remote control unit - figs. 316.013 and 316.024

The remote control unit in the main control room duplicates all control functions and indications of the main control unit, general interlocks unit and zone units in the computer room to which it is connected by three multi-way cables. In addition it has switches for the selection of five ejection zones (or areas) and three interlock relays which prevent the selection of anomalous combinations of timing system internal program with "BEAM ON" and "KICK IN".

5.11 Trigger split unit - fig. 316.067

The trigger split unit provides driving pulses for the Marx triggers from pulses originating in the timing and interlocks systems. The chassis contains a mains operated power supply and the cabling for the three avalanche trigger circuits which are contained in detachable screened brass boxes mounted on Burndy plugs on the chassis rear panel. The three trigger circuits separately serve the front, tail and clipping gaps but are otherwise identical and interchangeable. Delay lines for propagation time compensation between the units are mounted on BNC plugs inside the chassis and connected to their respective trigger circuits by means of the mounting plugs. Each trigger "box" contains two avalanche trigger circuits the inputs of which are cabled via the mounting plug to a socket on the chassis rear panel. The avalanche outputs and a common input monitor point are available at BNC sockets on the rear face of the brass box.

6. CALIBRATION

6.1 Pressure regulation and read-out chassis

6.1.1 Receiver Unit - fig. 316.030

1. Adjust the 500 Ω potentiometer in the oscillator so that the voltage between the emitter and ground is \approx 5V peak to peak.

2. Put digital voltmeter between A1,13 and ground.
3. Apply at the input between A1,1 and A1,2 2 volts and adjust the 20 k Ω potentiometer so that the digital voltmeter indicates 2 volts.
4. Repeat the same adjustment for the second channel.

6.1.2 Pressure transducers and amplifiers - fig. 316.031

1. Mount the pressure transducer in its final position.
2. Put an AVO-meter between pin 1 and 5 of the output plug of the transducer amplifier.
3. With atmospheric pressure in the sparkgaps turn the zero-adjust of the amplifier so that the AVO-meter indicates zero.
4. Put some overpressure in the spark gaps and turn the phase adjust for maximum output voltage.
5. Verify if at atmospheric pressure the zero point has not changed.

6.1.3 Output driver unit - fig. 316.029

1. Set the 2 digital switches on the front panel to zero
2. Verify that the servo regulator is adjusted to the following specifications :

<u>Input current</u>	<u>Output pressure</u>
3.8 mA	0,8 kg/cm ²
8.2 mA	1,6 kg/cm ²
12.6 mA	2,4 kg/cm ²
17 mA	3,2 kg/cm ²

3. The potentiometer of 20 k Ω in the sum and invert amplifier, which determines the slope of the output current, and the potentiometer of 5k Ω in the output driver, which determines the offset **voltage**, the output current have to be adjusted according to the following specifications :

<u>Frungel digital kV setting</u>	<u>Spark gap pressure</u>
30 kV	0,8 kg/cm ²
40 kV	1,6 kg/cm ²
50 kV	2,4 kg/cm ²
60 kV	3,2 kg/cm ² .

4. Put on the output of the "Receiver Buffer" a digital voltmeter.
5. Apply at the input (A11,2 - A11,1; resp. A11,4 - A11,3) 2 volts and adjust the 10 k Ω potentiometers so that the output voltage is 2 volts.

6.1.4 Pressure readout unit - fig. 316.033

1. The MPS voltage time converter card must be adjusted according to its specifications.
2. Switch on a zone which receives regularly an input timing pulse.
3. Put 2,4 kg/cm² overpressure into the spark gaps and adjust the 500 Ω potentiometers **respectively by pushing KM 1 and KM 2, so that the readout indicates 2,4 kg/cm².**

6.2 Field inverter chassis

6.2.1 Digital/analog converter unit - fig. 316.056

1. Connect to the BNC plug on the front panel a digital voltmeter (input impedance $> 1M\Omega$).
2. Switch on the timing for all three zones.
3. Switch on the HV power supply and set the HV to 50 kV.
4. Switch on ejection zone 1 and adjust the 1 k potentiometer in zone 1 so that the digital voltmeter indicates 1V.
5. Adjust the other zones in the same way by switching on only the zone to be calibrated.

6.3 Temperature and pressure detectors chassis

6.3.1 Plug-in unit calibration - fig. 316.038

1. Put between pin 1 and 10 of the amphenol plug a variable resistor box, adjusted to 124,2 Ω .
2. Set the helipot "Set Temp." on the front panel to 50^oC.
3. Adjust the 100 Ω (2,5 W) potentiometer in such a way that the detector just changes its state.
4. Check the tripping level a few times with the helipot "Temp.Set" just around the 50^oC.

6.3.2 Cable compensation

1. Disconnect on the back panel of the chassis the bridge for the input that has to be compensated.
2. Connect instead of the bridge the "Siemens" ohmmeter.
3. Make a short circuit at the end of the cable.
4. Adjust the potentiometer located next to the bridge on the back panel so that the ohmmeter indicates 5Ω .

SECTION 7 - PROGRAMMING et TIMING

R. Bossart, H. Rossi

Table des matières

1. INTRODUCTION
 - 1.1 Généralités
 - 1.2 Mise en marche

2. CARACTERISTIQUES ENTREES et SORTIES
 - 2.1 "Program Sequencer"
 - 2.1.1 Caractéristiques des entrées
 - 2.1.2 Caractéristiques des sorties
 - 2.2 "Kick and Bunch Selector"
 - 2.2.1 Caractéristiques des entrées
 - 2.2.2 Caractéristiques des sorties
 - 2.3 "Pre/Postpulse Units"
 - 2.3.1 Caractéristiques des entrées
 - 2.3.2 Caractéristiques des sorties

3. "PROGRAM SEQUENCER"
 - 3.1 Description générale
 - 3.1.1 Fonctionnement en mode TEST
 - 3.1.2 Coïncidence de zones
 - 3.1.3 "Interfaces" PS-OSF
 - 3.2 "Program Unit"
 - 3.2.1 Généralités
 - 3.2.2 Fonctionnement en mode TEST
 - 3.2.3 Fonctionnement en mode PS
 - 3.3 "Test Unit"
 - 3.3.1 Généralités
 - 3.3.2 Conditions initiales
 - 3.3.3 Fonctionnement en mode TEST
 - 3.3.4 Fonctionnement en mode PS
 - 3.3.5 "PS-pulses OFF"
 - 3.3.6 "Hydraulic M-Train" et RF-20.

4. "KICK AND BUNCH SELECTOR"
 - 4.1 Description générale
 - 4.1.1 Introduction
 - 4.1.2 Séquence des impulsions
 - 4.1.3 Commandes à distance du CR

- 4.2 Unité "M-Ejection"
 - 4.2.1 Généralités
 - 4.2.2 Train "Prerun M"
 - 4.2.3 Impulsion "Preset M"
- 4.3 Unité "First Bunch"
 - 4.3.1 Généralités
 - 4.3.2 Impulsion "Front Gap"
 - 4.3.3 Train "Prerun RF"
 - 4.3.4 Train "Pre RF"
 - 4.3.5 Train "Post RF"
- 4.4 Unité "Ejected Bunches"
 - 4.4.1 Généralités
 - 4.4.2 Fonctionnement
- 4.5 Unité "Bunch Indication"
 - 4.5.1 Généralités
 - 4.5.2 "First Bunch Decoder"
 - 4.5.3 "Lamp Register"
- 4.6 Unité "Line Voltage"
 - 4.6.1 Généralités "Tail trigger"
 - 4.6.2 "Tail trigger prepulse"
 - 4.6.3 "Tail trigger postpulse"
 - 4.6.4 Généralités "Line Voltage"
 - 4.6.5 Commandes HV-FI-KMU
 - 4.6.6 HV Counter
- 4.7 "Energy Indication"
 - 4.7.1 Généralités
 - 4.7.2 Fonctionnement
- 5. "PRE/POSTPULSE UNITS"
 - 5.1 Introduction
 - 5.2 Unité "M-Prepulse"
 - 5.2.1 Généralités
 - 5.2.2 Fonctionnement
 - 5.3 Unité "M-Postpulse"
 - 5.3.1 Généralités
 - 5.3.2 Fonctionnement
 - 5.4 Unité "RF-Prepulse"
 - 5.4.1 Généralités
 - 5.4.2 Fonctionnement
 - 5.5 Unité "RF-Postpulse"
 - 5.5.1 Généralités
 - 5.5.2 Fonctionnement

6. CIRCUITS AUXILIAIRES

- 6.1 Généralités
- 6.2 Amplificateur d'entrée M
- 6.3 Amplificateur d'entrée RF
 - 6.3.1 liaison "RF-Train"
 - 6.3.2 liaison "RF/20"
- 6.4 Alimentation auxiliaire +12/-12V
- 6.5 Amplificateur "RF-Train"
- 6.6 Amplificateur de liaison M
- 6.7 Amplificateur de liaison RF
- 6.8 Amplificateur de liaison RF-K+B
- 6.9 "Avalanche Triggers"
- 6.10 "Fine Delays"
- 6.11 Alimentations
 - 6.11.1 + 5 V continu
 - 6.11.2 + 30 V continu
 - 6.11.3 + 6,3 V/50 Hz
- 6.12 "Delay Lines"

SECTION 7 - PROGRAMMING et TIMING

1. INTRODUCTION

1.1 Généralités

L'ensemble "TIMING and PROGRAMMING" peut se diviser en trois parties principales :

- a) Le "PROGRAM SEQUENCER" qui a pour fonction de rendre possible une marche autonome du système (mode TEST) et de réaliser la programmation de l'éjection.
- b) Le "KICK and BUNCH SELECTOR" qui définit exactement tous les paramètres de commande ou de mesure de l'éjection.
- c) Les "PRE/POSTPULSE UNITS" qui doivent fournir le "TIMING" pour tout le système ainsi que pour les équipements extérieurs qui lui sont liés.

Toutes les unités permettant de réaliser le "TIMING and PROGRAMMING" sont groupées dans un seul "rack" de la salle de contrôle principale (MCR); ceci permet d'avoir une manipulation relativement simple.

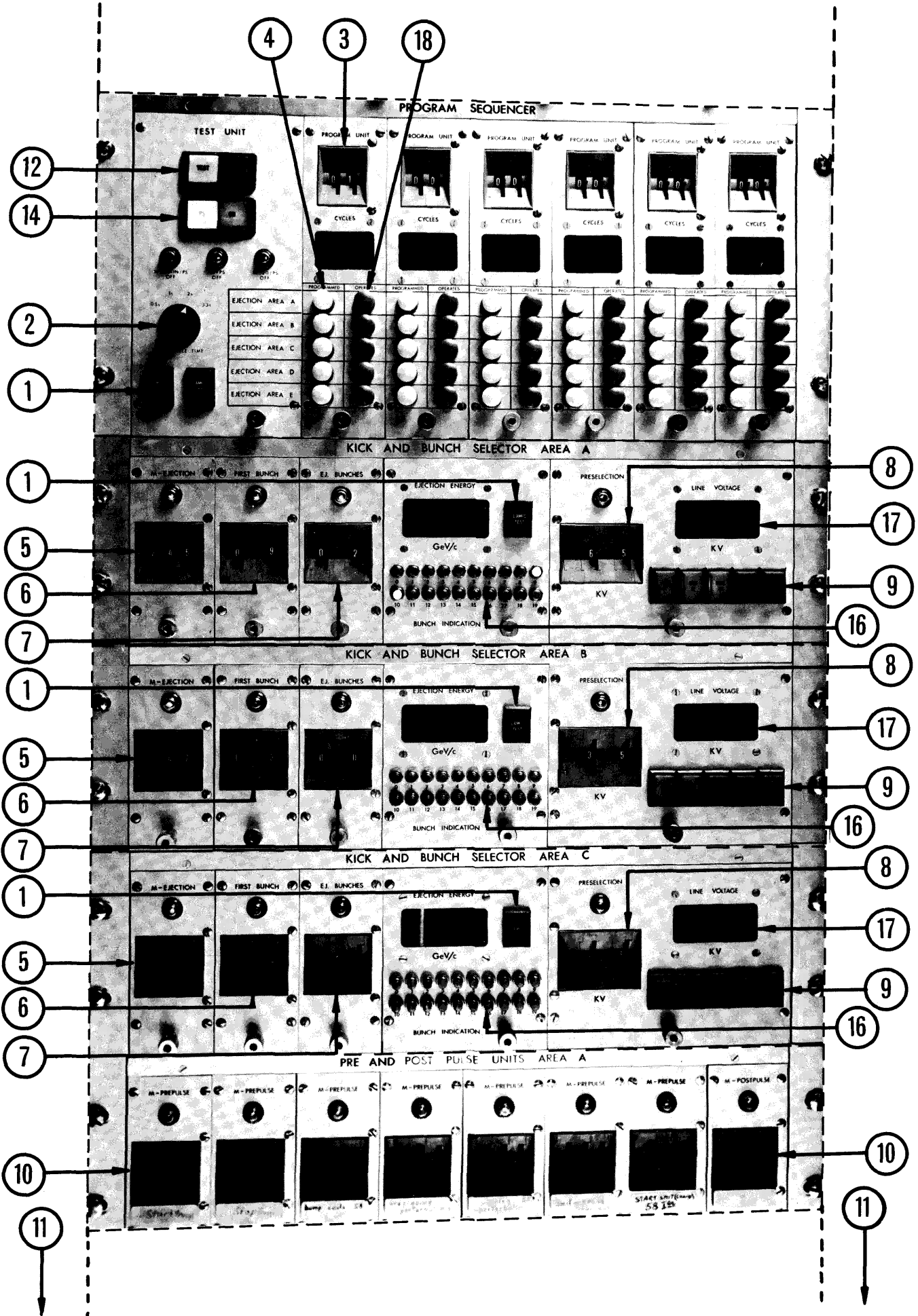
En règle générale, toutes les possibilités de manipulation et toutes les signalisations sont réalisées sur les panneaux frontaux des unités. Par contre, toutes les entrées et toutes les sorties des impulsions et des signaux sont faites sur les panneaux arrières des châssis.

Un groupe d'alimentations centrales fournit toutes les tensions requises par les unités; ces tensions sont stabilisées sur chaque circuit.

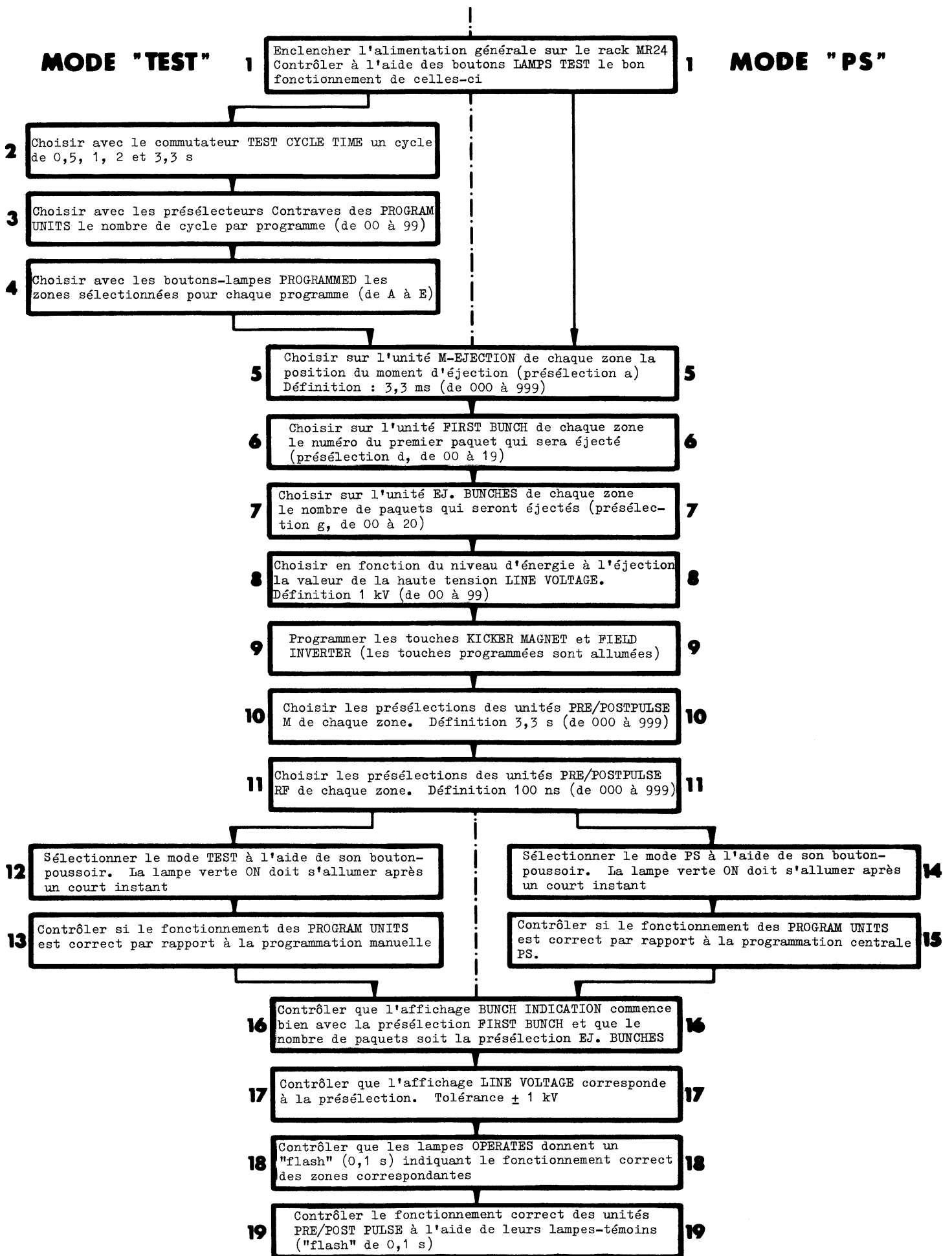
1.2 Mise en marche

La manipulation de la mise en marche est clairement décrite dans le tableau synoptique de la page suivante.

Il est préférable de suivre ces instructions dans l'ordre croissant de la numérotation.



REFERENCE: SCHEMA PS/FES 318.254



2. CARACTERISTIQUES ENTREES ET SORTIES

2.1 Chassis "Program Sequencer" Référence : schéma PS/FES 318.140

2.1.1 Caractéristiques des ENTREES

Signal	Origine	impulsions		impédance d'entrée	Connecteur
		amplitude	largeur		
M-TRAIN-IN	MCR-MR 30	+ 20V	1,5 µs	10 kΩ	BNC
MW-IN	MCR-MR 30	+ 20V	1,5 µs	10 kΩ	BNC
MO-IN	MCR-MR 29	+ 20V	1,5 µs	10 kΩ	BNC
RF-IN	MCR-MR 54	1 Vpp	3-10 MHz	75 Ω	BNC
RF/20-IN	MCR-MR 16	8 V	0,2 µs	75 Ω	BNC
MA-MB-MC) MD-ME	K+B Selector zones A,B,C,D,E	+ 20V	1,5 µs	2 kΩ	BNC
FA-FB-FC) FD-FE	K+B Selector zones A,B,C,D,E	+ 4 V	40 ns	TTL	BNC
TA-TB-TC) TD-TE	K+B Selector zones A,B,C,D,E	+ 4 V	40 ns	TTL	BNC
CA-CB-CC) CD-CE	K+B Selector zones A,B,C,D,E	+ 4 V	40 ns	TTL	BNC
Control Lines IN	MCR-MR 122	+ 24 V	continu	2 kΩ	BURNDY (28 pins)
Sequence Lines IN	Remote Control Unit	+ 30 V	continu	TTL	BURNDY (19 pins)

2.1.2 Caractéristiques des SORTIES

Signal	Destination	impulsion		impédance de charge	Connecteur
		amplitude	largeur		
M-TRAIN-OUT	Timing	+ 20 V	1,5 µs	50 Ω	BNC
MW-OUT	Timing	+ 20 V	1,5 µs	50 Ω	BNC
MO-OUT	Timing	+ 20 V	1,5 µs	50 Ω	BNC
RF-OUT	K+B Selectors	+ 4 V	50 ns	50 Ω	BNC
RF/20-OUT	K+B Selectors	+ 4 V	0,2 µs	50 Ω	BNC
PA-PB-PC PD-PE OUT	Timing	+ 4 V	continu	30 TTL	BNC
Front Av.	HV generator	+ 50 V	50 ns	50 Ω	BNC
Tail Av.	HV generator	+ 50 V	50 ns	50 Ω	BNC
Clip Av.	HV generator	+ 50 V	50 ns	50 Ω	BNC
Test Mode	MCR-MR 32			contact de travail	BNC
Hydraulic	MCR-MR 27	+ 20 V	1,5 µs	50 Ω	BNC

2.2 "Kick and Bunch Selector"

2.2.1 Caractéristiques des ENTREES

Signal	Origine	Amplitude	largeur d'impulsion	Impédance d'entrée	Connecteur
MO	Program Sequencer	+ 20 V	1,5 μ s	10 K	BNC
MW	" "	"	"	"	"
M-Train	" "	"	"	"	"
RF	" "	+ 4 V	50 ns	1 K	"
RF/20	" "	"	"	"	"
Program	" "	"	continu	TTL	"
ADC	Power supply HT	\pm 3 V	0,3 μ s	50 Ω	"

2.2.2 Caractéristiques des SORTIES

Signal	Destination	Amplitude	Largeur d'impulsion	Impédance de charge	Connecteur
Prerun M	Pre/Postpulse units	+ 4 V	5 μ s	50 Ω	BNC
Preset M	" " "	+ 20 V	1,5 μ s	"	"
Prerun RF	" " "	+ 4 V	5 μ s	"	"
Post RF	" " "	"	50 ns	"	"
Pre RF	" " "	"	"	"	"
Front Gap	Program Sequencer	"	40 ns	"	"
Clipping Gap	" " "	"	"	"	"
Tail Gap	" " "	"	"	"	"
Controls HV	Power supply HT	+ 28 V ext	continu	4 K 7	Burndy
Controls FI	Interlocks	+ 24 V ext	"	400 Ω	(28 pin

2.3 Chassis "PRE/POSTPULSE UNITS"

Référence : schéma PS/FES 318.120

2.3.1 Caractéristiques des ENTREES

Signal	Origine	impulsion		Impédance d'entrée	Connecteur
		amplitude	largeur		
M-TRAIN	Program seq.	+ 20 V	1,5 µs	10 k	BNC
MW	" "	+ 20 V	1,5 µs	10 k	BNC
MO	" "	+ 20 V	1,5 µs	10 k	BNC
Preset M	K+B Selector	+ 20 V	1,5 µs	10 k	BNC
Prerun M	" "	+ 4 V	5 µs	10 k	BNC
Pre RF	" "	+ 4 V	50 ns	1 k	BNC
Post RF	" "	+ 4 V	50 ns	1 k	BNC
Prerun RF	" "	+ 4 V	5 µs	1 k	BNC
Program	Program seq.	+ 4 V	continu	TTL	BNC

2.3.2 Caractéristiques des SORTIES

Signal	Destination	impulsion		Impédance de charge	Connecteur
		amplitude	largeur		
Pre/Post pulses M	à choix	+ 20 V	1,5 µs	50 Ω	BNC
Pre/post pulses RF	à choix	+ 4 V	50 ns	50 Ω	BNC
Data M	à choix	+ 4 V	1,5 µs	10 TTL	BNC
Data RF	à choix	+ 4 V	50 ns	50 Ω	BNC

3. PROGRAM SEQUENCER

Référence : schémas PS/FES 318.142 et 318.143

3.1 Description générale

Le rôle du PROGRAM SEQUENCER est de transmettre les signaux de commande du programme central du PS à l'équipement d'éjection : c'est le mode PS. Si le PS ne marche pas, on peut faire marcher l'équipement d'éjection en mode TEST pour faire des essais sans faisceau. Le PROGRAM SEQUENCER simule alors tous les signaux du PS.

En mode PS le PROGRAM SEQUENCER signale et transmet aux KICK AND BUNCH SELECTORS les informations reçues par les lignes de programme du PS. Il n'y a aucune manipulation possible; le système est sous contrôle exclusif de la programmation centrale du MCR.

Par contre, en mode TEST, l'équipement d'éjection est programmé localement par les boutons PROGRAMMED du PROGRAM SEQUENCER. Chaque PROGRAM UNIT permet de choisir une combinaison de plusieurs zones d'éjection (Ejection Area A,B,C,D,E). Le choix de zones est répété pendant un nombre de cycles sélectionné et affiché par les présélecteurs Contraves. Le programme de chaque PROGRAM UNIT comprend donc la sélection des zones d'éjection pour un nombre de cycles sélectionné.

Si le programme d'un PROGRAM UNIT est terminé, c'est le prochain PROGRAM UNIT qui est démarré. Il y a six programmes différents qui sont bouclés, c'est-à-dire si le dernier programme est terminé, le premier recommence.

3.1.1 Fonctionnement en mode TEST

Pour pouvoir réaliser le système séquentiel automatique, il faut utiliser des circuits auxiliaires qui, liés aux six unités PROGRAM UNIT, assurent le bon fonctionnement de l'ensemble. Ces fonctions sont groupées sur le circuit OSF-16 A qui se trouve dans le tiroir TEST UNIT. Le détail des circuits auxiliaires est représenté sur le dessin PS/FES 318.143. Il y a deux fonctions auxiliaires à réaliser :

- a) assurer le départ du système dès que le TEST MODE est sélectionné. L'unité placée dans la position 1 du châssis est prioritaire; c'est toujours par elle que commence le cycle automatique. Le signal TEST MODE assure, par les portes A2 (pin 3 et 6) et A1 (pin 6 et 8) la remise sur STOP des unités 2 à 6. Les portes A11 (pin 3 et 6), A12 et A6 contrôlent que les six lignes TEST SEQUENCE sont à zéro. D'autre part la porte A6 est conditionnée par le signal TEST MODE et par l'impulsion MW. Lorsque toutes ces fonctions se trouvent réalisées, l'ordre de START est donné à l'unité 1 via les portes 5 (pin 5 et 6). D'autre part, ceci permet de garantir un nouveau départ si, pour une raison imprévue, le système séquentiel s'arrête de lui-même.
- b) assurer l'exclusivité des programmes. Cette exclusivité est mise en évidence par les circuits A17, A18, A19, A20 et A15. La sortie (pin 8) de la porte A15 indique un niveau "0" lorsque plus d'une ligne TEST SEQUENCE est enclenchée. Ceci provoque immédiatement, via les portes A5 (pin 3 et 6), le START de l'unité 1 et, via les portes A1 (pin 6 et 8) le STOP des unités 2 à 6.

3.1.2 Coïncidences de zones

Le circuit OSF 16-A comporte encore 5 ensembles de portes (A3, A4, A7, A8, A9, A10, A13, A14 et A16) qui assurent, en fonction des zones programmées dans les six PROGRAM UNIT, la commande de la ligne PROGRAM de la zone correspondante du TIMING.

3.1.3 Interfaces PS-OSF

Le circuit OSF-17 B qui se trouve lui aussi dans le tiroir TEST UNIT comporte des circuits permettant la liaison entre les signaux provenant de la machine et les circuits appartenant à l'électronique de l'éjection.

Ce circuit comporte encore la porte "SAMPLING" qui réalise la fonction logique "OU" des impulsions PRESET M et délivre l'impulsion SAMPLING M-EJECTION utilisée dans le TEST UNIT.

3.2 PROGRAM UNIT

Référence : schéma PS/FE 318.114

3.2.1 Généralités

Six unités PROGRAM UNIT forment avec le TEST UNIT l'ensemble du PROGRAM SEQUENCER.

Les unités PROGRAM UNIT sont interchangeableables; elles peuvent donc prendre n'importe laquelle des six places qui leur sont réservées dans le châssis PROGRAM SEQUENCER.

Chaque unité, numérotée de 1 à 6, correspond à un programme. Les six PROGRAM UNIT forment un système séquentiel dit "en anneau". Les deux fonctions des unités PROGRAM UNIT sont :

- a) d'indiquer et de commander les zones programmées (signalées par les lampes jaunes PROGRAMMED);
- b) de donner la quittance du fonctionnement correct de l'électronique TIMING pour les zones programmées (signalée par les lampes vertes OPERATES).

L'unité se compose des parties principales suivantes :

- a) Deux décades séries C comptant les cycles de l'éjection qui sont affichés par deux tubes NIXIE via les décodeurs D ;
- b) Deux présélecteurs A ainsi que deux comparateurs B qui, associés à une porte de coïncidence E , remettent le compteur à zéro lorsque le nombre de cycles a atteint la valeur affichée par les présélecteurs. Ceci n'est valable que pour le mode TEST.
- c) Un flip-flop Q contrôlant le travail de l'unité en mode TEST
- d) Un flip-flop R contrôlant le travail de l'unité en mode PS.
- e) Un ensemble de trois portes V-W-Y commandant les "aiguillages" des lampes PROGRAMMED et les portes de sorties ZONE PROGRAMMEE.

- f) Un ensemble de trois portes U, W et X commandant les portes et les monostables OS des lampes OPERATES.
- g) Un ensemble de quatre portes H-J-K-L formant l'"aiguillage" donnant accès au compteur, soit en mode TEST soit en mode PS.
- h) Plusieurs portes assurant l'entrée et la sortie des impulsions ainsi que le RESET du compteur et des flip-flops.

3.2.2 Fonctionnement en mode TEST

L'enclenchement de l'alimentation (+5V) positionne, via la porte F, le compteur sur 00.

Le signal TEST MODE, fourni par l'unité TEST UNIT, va premièrement ouvrir les cinq portes BA, BB, BC, BD et BE, qui permettent la programmation manuelle des zones au moyen des boutons-lampes PROGRAMMED. La programmation se fait en tirant à soi la lampe de la zone choisie et immédiatement la quittance est donnée par l'allumage de celle-ci.

Le signal TEST MODE va d'autre part ouvrir les portes J et U; il va aussi assurer, via un circuit dérivateur, la porte ZZ et la porte F, que le compteur est bien à 00.

Il y a maintenant deux possibilités : la première si l'unité est en position 1 dans le châssis, le flip-flop Q est basculé sur START (Q=1) via la porte O par le signal START UNIT 1 (cette fonction est inhibée, dans la porte O, si le circuit DECOD. 00 signale que les présélecteurs sont positionnés sur 00). Dans le cas de la deuxième possibilité, c'est-à-dire si l'unité est en position de 2 à 6, le flip-flop Q est basculé par le signal OVERFLOW IN délivré par l'unité qui le précède. (Dans le cas d'une utilisation avec six séquences, l'unité PROGRAM UNIT 1 peut être démarrée par l'OVERFLOW IN délivré par l'unité PROGRAM UNIT 6 puisque le système est bouclé).

Le basculement du flip-flop Q sur START va provoquer :

- a) l'ouverture de la porte L via les portes J et K ce qui va permettre aux impulsions MO d'avoir accès au compteur formé par les décades C. Le nombre d'impulsions MO, c'est-à-dire le nombre de cycles est affiché, par l'intermédiaire des décodeurs D, au moyen des tubes NIXIES.
- b) L'ouverture, via la porte Y, des portes DA, DB, DC, DD et DE, ce qui va permettre de commander les zones programmées manuellement avec les boutons-lampes PROGRAMMED.
- c) L'ouverture, via les portes U et X, des portes EA, EB, EC, ED et EE, ceci va permettre aux impulsions FIRST BUNCH d'être signalées par les lampes OPERATES. Cette fonction est conditionnée dans la porte U par le signal TEST MODE.

Lorsque le nombre mémorisé dans le compteur est identique à celui affiché par les présélecteurs A, les comparateurs B trouveront une coïncidence qui sera mise en évidence dans la porte E.

La coïncidence provoque :

- a) Via les portes G et F la remise à zéro du compteur; cette fonction est conditionnée dans la porte G par le signal PS-MODE et synchronisée par l'impulsion MW.
- b) Via les portes M, N et P, la remise sur STOP ($Q = 0$) du flip-flop Q; cette fonction est synchronisée, dans la porte M par l'impulsion MW. Le basculement du flip-flop Q sur STOP ($\bar{Q} = 1$) provoque, par le circuit dérivateur et la porte T, l'émission de l'impulsion OVERFLOW OUT qui est destinée à l'unité directement suivante.
- c) La fermeture des portes DA, DB, DC, DD et DE et celle des portes EA, EB, EC, ED, EE.

Dans le cas d'une présélection de 00 cycle l'unité doit être "passante". La porte E indique la coïncidence lors de la remise à zéro du compteur; ceci ouvre la porte S et de ce fait, l'impulsion OVERFLOW IN traverse les portes S et T et s'appelle alors OVERFLOW OUT. Comme, de plus, le flip-flop Q est verrouillé sur STOP par la chaîne DECOD 00, porte N et porte P, l'unité n'a donc pas fonctionné, mais a uniquement transmis l'impulsion OVERFLOW; elle est donc "passante".

3.2.3 Fonctionnement en mode PS

L'apparition du signal PS-MODE provoque, par un circuit dérivateur et les portes ZZ et F, la remise à zéro du compteur. De plus, le signal PS-MODE va, par l'intermédiaire des porte XX et P, verrouiller le flip-flop Q sur la position STOP; il va aussi permettre l'ouverture des portes H, V et W.

L'impulsion MW, arrivant après l'apparition du signal PS-MODE fourni par le TEST UNIT et le signal PS-SEQUENCE fourni par la machine va faire basculer le flip-flop R sur START (Q=1). Ceci va provoquer, via les portes H et K, l'ouverture de la porte L qui permet aux impulsions MO d'avoir accès au compteur dont la contenance est affichée par les tubes NIXIE. Le nombre affiché correspond alors au nombre de cycle-machine.

La coïncidence PS-MODE et PS-SEQUENCE réalisée dans les portes V et W va permettre, via les portes X et Y, d'ouvrir les séries de portes AA à AE et DA à DE (zone programmée) et EA à EE (OPERATES).

La ou les zones programmées affichées par les lampes PROGRAMMED sont alors dépendantes des signaux reçus sur les entrées PROGRAMMES PS (liées directement aux lignes de programmation du PS).

Les lampes OPERATES sont, comme en mode TEST, commandées par les impulsions FIRST BUNCH fournies par les K + B SELECTOR de la ou des zones correspondantes.

La disparition du signal PS-SEQUENCE va provoquer :

- a) la remise sur STOP (Q=0) du flip-flop R ce qui entraîne la fermeture de la porte L (via H et K); les impulsions n'ont donc plus accès au compteur.
- b) La fermeture des portes V et W qui vont à leur tour fermer les dix portes AA à AE et DA à DE commandant les zones programmées et les cinq portes EA à EE pilotant les lampes OPERATES.

- c) La remise à zéro (00) du compteur par la porte W, un circuit dérivateur et la porte F.

On remarque donc, qu'en mode PS l'unité obéit uniquement aux informations fournies par la machine (excepté la sélection PS-MODE) et que la présélection et le système d'OVERFLOW n'ont plus d'influence. L'ordre de travail des unités dépend uniquement du signal PS-SEQUENCE.

3.3 TEST UNIT

Référence : schéma PS/FES 318.104

3.3.1 Généralités

L'unité TEST UNIT fait partie du PROGRAM SEQUENCER. Elle a deux fonctions principales, à savoir :

- 1) Simuler toutes les informations provenant de la machine (PS) c'est-à-dire les impulsions MW, MO, M-TRAIN, RF-TRAIN et RF/20.
- 2) Choisir entre les impulsions simulées pour le mode TEST et les impulsions-machine pour le mode PS.

En plus de cela, l'unité TEST UNIT assure le contrôle des impulsions-machine M-TRAIN, RF-TRAIN, RF/20 et signale immédiatement leur absence. De plus, si le M-TRAIN/PS vient à manquer l'unité émet un HYDRAULICS M-TRAIN pour permettre à certaines fonctions de terminer leur cycle.

L'unité TEST UNIT se compose des parties principales suivantes :

- a) Deux boutons-poussoirs pas à pas appelés TEST ON et PS ON ainsi que les quatre flip-flops A-B-C-D qui leur sont associés.
- b) Un oscillateur 300 Hz délivrant des impulsions du type M.
- c) Un oscillateur 10 MHz ainsi que son diviseur (./ 20).
- d) Une chaîne de comptage formée par trois décades-série H-J-K
- e) Huit décodeurs, qui associés à des portes permettent de simuler les impulsions M ainsi que la durée du cycle-machine en mode TEST.
- f) Cinq ensembles de trois portes Q-R-S formant "l'aiguillage" entre les impulsions simulées (mode TEST) et les impulsions machine (mode PS).

- g) Des unités de sortie des impulsions (BO ou LD)
- h) Le système pilotant PS-PULSES OFF et HYDRAULICS M-TRAIN ainsi que la signalisation PULSES-OFF qui est composée principalement de trois circuits de détection et de cinq monostables (OS 1 à OS 5).

3.3.2 Conditions initiales

Les conditions initiales sont établies par l'apparition de la tension d'alimentation (+ 5V). Celle-ci provoque :

- a) la remise à zéro (STOP) des flip-flops A-B-C-D via les portes E-F-G.
- b) L'émission d'une impulsion MW via la porte S.
- c) La remise à 000 de la chaîne de comptage via la porte W et le monostable OS 6.

3.3.3 Fonctionnement en mode TEST

Le choix du mode TEST se fait au moyen du bouton-poussoir TEST ON. Une courte pression sur celui-ci va faire basculer le flip-flop A sur la position START (Q=1). Ceci va allumer la lampe jaune marquée TEST (enregistrement de l'ordre). Le flip-flop B est alors conditionné (entrées J et K) pour pouvoir basculer sur START (Q=1) à la prochaine impulsion MW délivrée par la porte L. C'est alors la lampe verte marquée ON qui va s'allumer témoignant que toutes les portes Q sont ouvertes et que l'unité se trouve en mode TEST.

L'unité est donc maintenant capable de délivrer les impulsions MW, MO, M-TRAIN, RF-TRAIN et RF/20. (via les portes S et les circuits de sorties BO et LD). Celles-ci sont formées en permanence dans l'unité. Les impulsions du type M sont faites à partir de l'oscillateur 300 Hz qui délivre des impulsions d'une durée de 1 μ s. Elles sont envoyées dans la chaîne de comptage formée par trois décades SN 7490 N (H-J-K).

Les sorties binaires des trois décades sont liées aux huit décodeurs qui délivrent :

0	de	10^0
9	de	10^0
0	de	10^1
5	de	10^1
0	de	10^2
1	de	10^2
3	de	10^2
6	de	10^2

Il est maintenant possible de former :

MW (000) dans la porte L

MO (009) dans la porte P

M-TRAIN (010 - 1000) dans les portes M et N.

De plus les portes T,U et V décodent les 150^e, 300^e et 600^e impulsions qui, via la porte W et le monostable OS 6 remettent le compteur à 000. Ceci permet, à l'aide du commutateur TEST CYCLE TIME de choisir un cycle de test de 0,5, 1, 2 et 3,3 secondes (le cycle de 3,3 sec. est fait par la pleine capacité du compteur : 1000 impulsions M).

C'est l'oscillateur 10 MHz qui fournit le RF-TRAIN. Un diviseur par vingt (././ 20) permet d'obtenir le signal RF/20.

Lorsque le flip-flop B bascule sur START (Q = 1), il remet à zéro, via la porte G, le flip-flop D. Ceci garantit l'exclusivité entre les modes TEST et PS. De plus, le mode TEST est inhibé par le signal "BEAM ON" ce qui veut dire que s'il y a un faisceau interne dans le PS il est interdit que le système fonctionne en mode TEST (asynchronisme avec la machine).

3.3.4 Fonctionnement en mode PS

Si maintenant on choisit, en pressant le bouton-poussoir PS ON, le mode PS, on va provoquer le basculement du flip-flop C (Q=1); celui-ci va allumer la lampe jaune PS (enregistrement) et conditionner le flip-flop D (entrées J et K), qui lui va basculer sur START (Q=1) à la prochaine impulsion MW provenant du PS. Le flip-flop D provoque l'allumage de la lampe verte ON qui indique que l'unité se trouve alors en mode PS. Cela indique que toutes les portes R sont ouvertes permettant la distribution, via les portes S et les circuits de sorties (BO et LD) des impulsions MW, MO, M-TRAIN, RF-TRAIN et RF-20 provenant du PS.

Le flip-flop D, par sa sortie STOP et par la porte E, bloque le flip-flop B sur la position STOP (Q=0). Ceci garantit l'exclusivité des modes TEST et PS.

On voit donc qu'en mode PS, les oscillateurs internes et le choix du TEST CYCLE TIME n'ont plus aucun effet. Dans ce mode c'est uniquement le PS (machine) qui va produire les signaux utiles au processus de l'éjection.

3.3.5 "PS-PULSES OFF"

L'unité TEST UNIT doit aussi contrôler si le PS fournit correctement les trains d'impulsion utiles à l'éjection, et signaler l'absence d'un ou plusieurs de ceux-ci.

Les trois signaux M-TRAIN/PS, RF-TRAIN/PS et RF-20/PS sont contrôlés par des circuits de détection signalant immédiatement leur absence via les portes FF, Z et Y et les monostables OS 3, OS 4, OS 5. L'affichage est fait par les lampes M-TRAIN/PS-OFF, RF-TRAIN/PS-OFF et RF-20/PS-OFF. Il faut remarquer que la détection de l'absence des impulsions RF-TRAIN/PS et RF-20/PS est échantillonnée par les impulsions PRESET M (portes Y et Z) provenant de toutes les zones d'éjection (SAMPLING M-EJECTION). Le contrôle se fait donc seulement pendant 4 ms après une impulsion PRESET M (temporisation de OS 2). Il se fait uniquement si l'unité n'est pas en mode TEST (porte X). De plus l'absence du M-TRAIN/PS (éventuellement du RF-TRAIN/PS et du RF-20/PS) est signalée électriquement,

via la porte EE et le BO sur la sortie PS-PULSES OFF. Le signal délivré par la porte EE provoque aussi, via les portes F et G la remise à zéro ($Q = 0$) des flip-flops C et D (PS"ON"). Il est tout à fait normal et logique que l'absence d'impulsions PS inhibe le mode PS.

3.3.6 "HYDRAULICS M-TRAIN" et RF-20

Le HYDRAULIC M-TRAIN est directement dérivé du M-TRAIN/PS; ceci par les portes HH et KK et le BO (BLOCKING OSCILLATOR). Si le M-TRAIN/PS vient à manquer le HYDRAULICS M-TRAIN est automatiquement pris sur l'oscillateur interne de 300 Hz.

De la même façon, dans le mode PS, si le signal RF-20/PS vient à manquer, il est automatiquement remplacé par le RF-TRAIN/PS; ceci se fait par l'intermédiaire des portes AA, BB, CC et DD.

Cette dernière fonction est réalisée afin de ne pas immobiliser complètement l'éjection en cas d'absence du signal de synchronisation RF-20/PS.

4. "KICK AND BUNCH SELECTOR"

4.1 Description générale

4.1.1 Introduction

(schéma 318.132)

Le "Kick and Bunch Selector" a pour fonction de choisir les principaux paramètres d'une éjection :

- "M-Ejection", c'est le moment d'éjection pendant le cycle du PS.
- "First Bunch", le numéro du premier paquet à éjecter.
- "Ejected Bunches", le nombre de paquets à éjecter.
- "Line Voltage", l'alimentation à haute tension du générateur d'impulsions.

Ces paramètres sont affichés et choisis par des commutateurs digitaux placés sur le panneau avant du châssis. Comme affichage il y a 20 lampes témoins de l'unité "Bunch Indication" qui affichent les paquets éjectés. L'unité "Line Voltage" mesure la haute tension et l'affiche avec des tubes "Nixie". Dans l'unité "Bunch Indication", l'affichage "Ejection Energy" est prévu.

Les commandes et impulsions pour piloter les unités "Pre/Postpulse" et le générateur d'impulsion à haute tension sont produits par les circuits électroniques OSF 05....25. Pour l'utilisateur, ces circuits représentent des boîtes noires dont seulement les entrées et sorties l'intéressent. On retrouve tous les signaux d'entrée et sortie sur le panneau arrière du châssis. Les commandes sont sorties par un connecteur à 28 pins, les impulsions par des fiches BNC.

Les amplificateurs de liaison ont une haute impédance d'entrée permettant de mettre en parallèle une dizaine de châssis.

4.1.2 Séquence des impulsions (schéma 318.133)

Le fonctionnement du "Kick and Bunch Selector" s'explique le mieux par la séquence des impulsions.

La génératrice du champ magnétique du PS sort un train d'impulsions

"M-Train" pour le cadencement de toutes les opérations du PS. Pour l'éjection on sélectionne une impulsion du "M-Train" pour définir son moment pendant le cycle du PS. L'unité "M-Ejection" sélectionne l'impulsion "Preset M" arrivant après le nombre d'impulsions ($a = 0 \dots 999$) affiché par la présélection "M-Ejection".

L'impulsion "Preset M" démarre la synchronisation de l'éjection avec le faisceau. Le passage des 20 paquets du faisceau dans l'aimant kicker est synchrone avec le train d'impulsions RF. Les révolutions du faisceau sont marquées par le train d'impulsions RF/20. L'impulsion RF/20 suivant immédiatement l'impulsion "Preset M" indique le passage du paquet numéro 00 ("missing bunch") dans l'aimant Kicker. C'est à partir de ce moment que l'unité "First Bunch" est pilotée par la radiofréquence RF du PS. L'unité "First Bunch" sort d'abord le train d'impulsions "Pre RF" pour les unités "Prepulse RF", qui sont liées à la même zone d'éjection. Le train d'impulsions "Pre RF" commence après la synchronisation par RF/20 et contient $(1000+d)$ impulsions synchrones avec la radiofréquence RF. A la fin du train d'impulsions "Pre RF" l'unité "First Bunch" sort l'impulsion "Front Gap", qui démarre l'éjection du faisceau par l'aimant Kicker. Le premier paquet à éjecter ($d = 0 \dots 19$) est affiché par la présélection "First Bunch". L'impulsion "Front Gap" est l'impulsion principale à laquelle sont liés tous les autres signaux du "Kick and Bunch Selector".

L'impulsion "Clipping Gap" termine l'éjection. L'intervalle d'éjection entre le "Front Gap" et le "Clipping Gap" est choisi par la présélection "Ejected Bunches". Au moyen de cette présélection on peut éjecter chaque nombre de paquets ($g = 0 \dots 20$). Si on change la présélection de l'unité "First Bunch", l'intervalle entre les impulsions "Front Gap" et "Clipping Gap" reste à la valeur déterminée par l'unité "Ejected Bunches" et l'on éjecte toujours le nombre de paquets présélectionné.

L'impulsion "Tail Gap" décharge l'énergie non utilisée du générateur d'impulsions à haute tension. L'impulsion "Tail Gap" est liée à l'impulsion "Clipping Gap" qu'elle précède constamment de 1 μ s.

4.1.3 Commandes à distance du CR

L'opération de l'éjection est faite à partir du MCR, c'est pourquoi le "Programming and Timing" s'y trouve. Le générateur d'impulsions à haute tension se trouve au CR, ainsi que le système de commandes pour l'aimant "Kicker". Les équipements au CR sont commandés à distance par des commutateurs incorporés à l'unité "Line Voltage" du "Kick and Bunch Selector". Il y a les commandes de la haute tension ("Line Voltage") du générateur d'impulsions, des "Field Inverters" ("Kick In, Kick Out, Bypass") de l'aimant "Kicker", et de l'utilisation d'une ou de deux unités de "Kicker" (KMU I, KMU II).

4.2 Unité M-EJECTION

Référence : schéma PS/FE 318.024

4.2.1 Généralités

L'unité M-EJECTION a pour principale fonction de déterminer le niveau de l'énergie à laquelle doit se faire l'éjection.

L'impulsion qui est délivrée par l'unité M-EJECTION est appelée PRESET M (+ 30V, 1 μ s). Elle est produite a impulsions après MO, a étant le nombre affiché sur les présélecteurs (M - N - P). Cette impulsion est un des principaux paramètres de l'éjection. C'est elle qui pilote toutes les autres unités du TIMING.

L'unité se compose des parties suivantes :

- a) une chaîne de comptage comportant trois décades séries (F-G-H)
- b) trois présélecteurs digitaux type Contraves 031 (M-N-P)
- c) trois comparateurs (J-K-L) recevant les informations des décades et des présélecteurs respectifs.
- d) deux portes de coïncidence (Q-R)
- e) un oscillateur 100 KHz qui produit le train d'impulsion PRERUN M
- f) différents circuits permettant de réaliser le START, le RESET et la sortie des impulsions, soit pour le M-TRAIN, soit pour le PRERUN M.

4.2.2 Train PRERUN M

L'impulsion MW produite par la machine commande, par les portes A et B, la remise à 001 de la chaîne de comptage (F-G-H). De plus, elle remet à zéro les flip-flop T,U et W. En outre, la chaîne de comptage et les quatre flip-flop T,U,V et W sont remis à zéro par l'enclenchement des alimentations.

C'est dans l'intervalle de temps entre MW et MO que l'unité M-EJECTION doit produire le train d'impulsion PRERUN M. Pour ce faire, l'impulsion MW fait basculer le flip-flop V (Q = 1). Ceci permet au flip-flop W de passer sur START à la prochaine impulsion délivrée par l'oscillateur 100 KHz. De ce fait, le train d'impulsion 100 KHz a alors accès à la chaîne de comptage par l'intermédiaire des portes C et E.

Lorsque les comparateurs (J-K-L) trouvent une équivalence entre les informations provenant de la chaîne de comptage (F-G-H) et celles provenant des présélecteurs (M-N-P), la coïncidence est réalisée dans la porte R qui, avec la prochaine impulsion du train 100 KHz, fait basculer le flip-flop U ($Q = 1$). Ceci permet au train 100 KHz d'avoir accès, par la porte S, à l'amplificateur PRERUN M (PS-FES 318.022).

L'impulsion délivrée par le circuit DECOD. 999 remet les flip-flop U et W sur la position STOP. Ceci ferme la porte S et la porte C.

Comme la chaîne de comptage est remise à 001, le train PRERUN M aura 998 - a impulsions qui sont distribuées aux unités M-PREPULSE.

4.2.3 Impulsion PRESET M

L'impulsion MO remet la chaîne de comptage à 001. Elle place aussi le flip-flop T sur START. Ceci commande l'ouverture de la porte D. Le M-TRAIN a alors accès, par les portes D et E, à la chaîne de comptage.

Lorsque les comparateurs (J-K-L) trouvent une équivalence entre les informations provenant des décades et des présélecteurs, la coïncidence se trouve réalisée, avec la prochaine impulsion du M-TRAIN, dans la porte Q.

L'impulsion délivrée par la porte Q provoque :

- la commande de l'oscillateur bloqué BO qui délivre l'impulsion PRESET M (+ 30 V/1 μ s).
- la commande du monostable OS qui permet à la lampe de signaler que l'unité a délivré son impulsion.
- la remise sur STOP du flip-flop T, ce qui ferme la porte D.

La porte D délivre un train de a impulsions (+ 5 V/1 μ s) correspondant au nombre affiché sur les présélecteurs, et qui est envoyé sur la sortie DATA ACQUISITION pour une éventuelle liaison à un ordinateur.

4.3 Unité FIRST BUNCH

Référence : schéma PS/FE 318.054

4.3.1 Généralités

L'unité FIRST BUNCH a, comme son nom l'indique, pour principale fonction de déterminer quel sera le premier paquet éjecté (FIRST BUNCH). Le numéro d (00 à 19) de ce paquet est affiché à l'aide des présélecteurs (Q-P).

L'unité FIRST BUNCH est l'unité maîtresse du TIMING rapide de l'éjection. Elle reçoit pour cela le RF-TRAIN (train d'impulsions d'accélération de la machine) et l'impulsion RF/20 (provenant de l'in-
flecteur de la machine).

Le TIMING rapide est synchronisé avec la révolution des BUNCH par le RF-TRAIN. Pour pouvoir identifier les BUNCH éjectés il doit aussi être synchronisé avec le MISSING BUNCH (paquet manquant); cette synchronisation est faite par l'impulsion RF-20. L'unité FIRST BUNCH est déclenchée par l'impulsion PRESET M provenant de l'unité M-EJECTION. Elle fournit l'impulsion FRONT GAP qui déclenche le générateur d'impulsion H.T. (HV PULSE GENERATOR). De plus elle fournit les trains d'impulsions POST RF, PRE RF et PRERUN RF qui sont utilisés par les unités RF-PREPULSE et RF-POSTPULSE.

Pour que la présélection des unités RF-PREPULSE puisse se faire (0 à 999 impulsions avant l'impulsion FRONT GAP) l'unité FIRST BUNCH comptera 999 impulsions et l'on choisira, parmi les 20 impulsions du RF-TRAIN suivantes, le premier paquet éjecté (FIRST BUNCH). L'éjection se fera donc environ 100 μ s après l'impulsion PRESET M.

L'unité se compose des parties suivantes :

- a) Une chaîne de comptage comportant trois décades parallèles (F-G-H) plus un flip-flop (N);
- b) Un présélecteur digital type Contraves 031 et une unité auxiliaire type 331 pour la décade 10^0 (P);
Un présélecteur digital type Contraves 101 (0-1) pour la décade 10^1 (Q).

- c) Deux comparateurs (M-L) recevant les informations des décades et des présélecteurs respectifs.
- d) Deux portes de coïncidence (R-S).
- e) Un oscillateur 100 KHz qui produit le train d'impulsion PRERUN RF.
- f) Un circuit décodant la 999^e impulsion (DECOD 999).
- g) Divers circuits permettant le START et RESET, et la synchronisation de l'unité.
- h) Divers circuits assurant la sortie des signaux tels que :
FRONT GAP, POST RF, PRE RF, PRERUN RF.

4.3.2 Impulsion FRONT GAP (FIRST BUNCH)

L'impulsion FRONT GAP est celle qui va déterminer quel sera le premier paquet éjecté (FIRST BUNCH). Son numéro (d) est affiché par les présélecteurs digitaux (Q-P). L'impulsion MO positionne, via la porte B, la chaîne de comptage sur 0001. L'impulsion PRESET M provenant de l'unité M-EJECTION place le flip-flop X sur START (Q = 1); ceci permet au flip-flop W de basculer à son tour sur START à la prochaine impulsion RF/20. La porte C est maintenant ouverte, ce qui permet au RF-TRAIN d'avoir accès, via la porte E, à la chaîne de comptage. La coïncidence est réalisée dans la porte R; elle est comprise entre 1000 et 1019 suivant l'affichage des présélecteurs; elle est, de plus, synchronisée par le RF-TRAIN et conditionnée par l'information EJ.B \neq 0 (paquets éjectés \neq 0).

La coïncidence provoque :

- l'émission par le LD (line driver) de l'impulsion FRONT GAP (4V/50 ns sur 50 Ω);

- le déclenchement par le monostable OS de la lampe qui indiquera la sortie de l'impulsion;

- la remise à zéro (Q = 0) du flip-flop W, via la porte EE.

Ceci ferme la porte C qui va alors bloquer le RF-TRAIN.

L'émission de l'impulsion FRONT GAP, ainsi que la signalisation de la lampe sont conditionnées dans la porte CC par la ligne PROGRAM.

4.3.3 Train d'impulsion PRERUN RF

Le train d'impulsion PRERUN RF doit être élaboré dans l'intervalle compris entre les impulsions MW et MO.

L'impulsion MW provoque :

- par les portes A et GG, la mise à zéro ($Q = 0$) des flip-flop U et V;
- par les portes A et B, la mise à 0000 de la chaîne de comptage;
- le basculement sur START ($Q = 1$) du flip-flop Y.

La mise sur START du flip-flop Y permet au flip-flop V de basculer ($Q = 1$) à la prochaine impulsion du train 100 KHz; ceci remet sur STOP ($Q = 0$) le flip-flop Y et ouvre la porte D. Le train 100 KHz a alors accès, par les portes D et E, à la chaîne de comptage.

La coïncidence sera obtenue dans la porte S à $d + 1$ impulsion, d étant le nombre affiché sur les présélecteurs. Elle provoque le basculement du flip-flop U sur START ($Q = 1$) ce qui a pour effet d'ouvrir la porte DD laquelle permet au train 100 KHz d'attaquer le LD PRERUN RF.

Lorsque la chaîne de comptage aura reçu 999 impulsions, le circuit DECOD 999 remettra sur STOP, via la porte GG, les flip-flop U et V. Le flip-flop U va fermer la porte DD, ce qui stoppera l'émission du train PRERUN RF, et le flip-flop V va fermer la porte D qui va bloquer le train 100 KHz.

En résumé le train d'impulsion PRERUN RF aura :

999 - ($d + 1$) impulsions

c'est-à-dire : 998 - d impulsions.

Le train PRERUN RF est destiné aux unités RF-PREPULSE.

4.3.4 Train d'impulsion PRE RF (Data Acquisition)

Le train d'impulsion PRE RF est celui qui est délivré par la porte C. Il commence lors de l'ouverture de cette porte par le flip-flop W et se termine lorsque la coïncidence est établie dans la porte R. Il comprend : $1000 + d$ impulsions. Le train d'impulsion PRE RF est destiné aux unités RF-PREPULSE.

Ce train d'impulsion peut être utilisé comme DATA ACQUISITION dans le cas d'une éventuelle liaison à un ordinateur.

4.3.5 Train d'impulsion POST RF

C'est l'impulsion de coïncidence délivrée par la porte R qui constitue la première impulsion du train POST RF. C'est cette impulsion qui place le flip-flop T sur START ce qui a pour effet d'ouvrir la porte BB. Le RF-TRAIN a alors accès à la sortie POST RF, via les portes BB et AA.

Le train POST RF sera arrêté lorsque le flip-flop T sera remis sur STOP par l'impulsion MW.

Remarque : tous les flip-flop de l'unité sont remis à zéro ($Q = 0$) lors de l'établissement de la tension d'alimentation (+ 5V).

4.4 Unité EJECTED BUNCHES

4.4.1 Généralités (schéma 318.064)

L'unité "Ejected Bunches" détermine le nombre de paquets éjectés. Elle pilote le "clipping gap" du générateur d'impulsions à haute tension. L'unité "Ejected Bunches" est liée comme "RF-postpulse" à l'unité maîtresse "First Bunch". On sort l'impulsion "Clipping gap" (4V/50 ns) autant d'impulsions RF après l'impulsion "Front gap" qu'en indique la présélection sur le panneau "Ejected Bunches".

L'unité se compose d'un circuit OSF-8 utilisé dans les unités "RF-postpulse" et d'un circuit OSF-25. Le fonctionnement est le même que pour une unité RF postpulse. Seule la présélection est réduite à 20, parce qu'il n'y a que 0 à 20 paquets à éjecter. Le circuit OSF-25 pilote en outre les unités "Bunch Indication" et "Tail Trigger".

L'unité se compose des parties suivantes :

- a) Une chaîne de comptage parallèle de 0 à 20 constituée d'une décade (C), de deux flip-flops (D), d'une porte (Q) et de la remise à zéro (A).
- b) Les présélecteurs digitaux type Contraves (J-K) permettant une présélection entre 0 et 20.
- c) Les comparateurs (F-G) constatant l'égalité entre le compteur et la présélection.
- d) La porte de coïncidence (M) avec la porte de sortie (P) et le "line driver" (LD).
- e) Le flip-flop "start/stop" (N) avec la porte d'entrée (B).
- f) Les portes de programme (R-S-T-U).

4.4.2 Fonctionnement (schéma 318.064)

Au commencement de chaque cycle du PS, les flip-flops (C-D-N) sont remis dans leur condition initiale par l'impulsion MW. La même remise est faite si on enclenche l'alimentation +5V.

L'impulsion "Preset M" bascule le flip-flop (N) et ouvre la porte (B) au train d'impulsions "Post RF" fourni par l'unité "First Bunch".

Quand le compteur (C-D) arrive au nombre présélectionné par les présélecteurs Contraves (J-K), les comparateurs (F-G) signalent la coïncidence à la porte (M) qui est ouverte pour laisser passer la prochaine impulsion "Post RF" comme impulsion présélectionnée.

L'impulsion présélectionnée passe la porte (P) qui est ouverte par la porte (R). Le line driver (LD) sort l'impulsion "Clipping gap" (4V/50 ns sur 50 ohms). Le monostable (OS) signale la sortie de l'impulsion par la lampe témoin.

L'impulsion présélectionnée, qui passe la porte (M), rebascule le flip-flop (N) dans la position "stop" (Q=0) ce qui ferme la porte (B). Le comptage est alors arrêté jusqu'au prochain cycle du PS.

La porte (S) ferme les portes (R-P), si le nombre affiché par les présélecteurs (K-L) est zéro : on ne sort pas d'impulsion "Clipping Gap"; de même si le signal "Program" est zéro, c'est-à-dire si la zone d'éjection n'est pas programmée par le "Program Sequencer".

Le signal "Ej. B \neq 0" bloque l'impulsion "Front Gap" de l'unité "First Bunch" et l'impulsion "Tail Gap" du "Tail Trigger", si la présélection "Ejected Bunches" est zéro.

Les portes (T-U) pilotent le "Tail Trigger"; elles sont ouvertes par le signal "Program" du "Program Sequencer". Si le présélecteur de dizaines (K) affiche zéro, le signal "Ej. B. $<$ 10" choisit le module "RF-prepulse" du "Tail Trigger".

Si le présélecteur (K) affiche 1, le signal "Ej. B \geq 10" choisit le module "RF-postpulse" du "Tail Trigger".

Le train d'impulsions "Shift" contient autant d'impulsions que le nombre affiché sur les présélecteurs (K-L). On utilise ce signal au niveau des circuits intégrés pour l'unité "Bunch Indication". Le circuit (-1) supprime la première impulsion du train "Post RF" qui coïncide avec l'impulsion "Front Gap" de l'unité "First Bunch".

Les diviseurs de tension (L-J) sont liés en parallèle au même présélecteur "Contraves" pour choisir les unités 10^0 . Les diviseurs de tension (L) fournissent au "Tail Trigger" les 8 informations "X- 10^0 Ejected Bunches".

4.5 Unité BUNCH INDICATION

4.5.1 Généralités (schéma 318.074)

L'unité "Bunch Indication" est l'affichage synoptique des paquets éjectés par le "Kick and Bunch Selector Area". Il y a 20 lampes sur le panneau, chacune représentant un paquet numéroté de 0 à 19. Les lampes allumées représentent les paquets éjectés. On a défini comme paquet numéro 0 le "missing bunch", qui manque à cause de l'injection. Le paquet numéro 1 est donc le premier paquet après le trou d'injection, ce que l'on peut vérifier facilement sur un oscilloscope.

L'unité "Bunch Indication" est composée de deux circuits OSF-21-A "First Bunch Decoder" et OSF-22-B "Lamp Register". Le premier paquet éjecté est détecté par "First Bunch Decoder" qui allume la lampe correspondante par l'intermédiaire du "shift register". Le "shift register" compte le nombre de bunches éjectés et sert de mémoire d'affichage allumant les lampes à partir du premier paquet éjecté. Le "shift register" est remis à zéro à chaque cycle d'accélération par le signal "Preset M". Après 100 μ s, le train d'impulsion "Shift" est introduit dans le registre et la mémoire d'affichage enregistre la valeur correspondant à l'éjection en cours.

Si on change le premier paquet à éjecter au moyen de l'unité "First Bunch", il est immédiatement signalé sur l'unité "Bunch Indication" par l'intermédiaire du "First Bunch Decoder". Par contre si on change le nombre de paquets à éjecter au moyen de l'unité "Ejected Bunches", on doit attendre l'arrivée du train d'impulsion "Shift" lors de l'éjection en cours pour allumer les lampes correspondant au nombre de bunches éjectés.

Le train d'impulsion "Shift" provient de l'unité "Ejected Bunches" et contient autant d'impulsions que de paquets à éjecter. Les flip-flops B et C et la porte C réduisent de une le nombre d'impulsions, puisque le premier paquet est déjà affiché par le "First Bunch Decoder".

Le registre est remis à zéro par la porte A quand on enclenche l'alimentation + 5V. Chaque affichage est supprimé par le signal "Ejected Bunches = 0" (Ej.B = 0). Le bouton "Lamp Test" permet d'enclencher toutes les lampes pour vérifier si elles s'allument correctement.

4.5.2 "First Bunch Decoder" (schéma 318.070)

Le circuit "First Bunch Decoder" décode la présélection du premier paquet éjecté afin de l'afficher. Les entrées A,B,C,D,Z sont codées de 0 à 19 en code BCD et sont dérivées des présélecteurs Contraves de l'unité "First Bunch" : $A = 2^0 \times 10^0$, $B = 2^1 \times 10^0$, $C = 2^2 \times 10^0$, $D = 2^3 \times 10^0$, $Z = 2^0 \times 10^1$. Le signal \bar{O} provient de l'unité "Ejected Bunches" et empêche le décodage si le nombre de paquets éjectés est zéro. Le décodeur possède 20 sorties de 0 à 19 qui correspondent aux 20 paquets dans l'anneau du PS. Le niveau de sortie est zéro pour le paquet décodé et est positif pour les autres 19 sorties.

Le décodage se fait en deux étapes. On forme d'abord les cinq signaux BCD, BC, BC, BC et D et les quatre signaux AZO, AZO, AZO et AZO. En deuxième étape on multiplie les uns avec les autres par 20 portes "Nand" :

0 = $\bar{B}\bar{C}\bar{D} \times \bar{A}\bar{Z}\bar{O}$	10 = $\bar{B}\bar{C}\bar{D} \times \bar{A}Z\bar{O}$
1 = $\bar{B}C\bar{D} \times A\bar{Z}\bar{O}$	11 = $\bar{B}C\bar{D} \times AZ\bar{O}$
2 = $B\bar{C}\bar{D} \times \bar{A}\bar{Z}\bar{O}$	12 = $B\bar{C}\bar{D} \times \bar{A}Z\bar{O}$
3 = $B\bar{C}D \times A\bar{Z}\bar{O}$	13 = $B\bar{C}D \times AZ\bar{O}$
4 = $\bar{B}C\bar{D} \times \bar{A}\bar{Z}\bar{O}$	14 = $\bar{B}C\bar{D} \times \bar{A}Z\bar{O}$
5 = $\bar{B}C\bar{D} \times A\bar{Z}\bar{O}$	15 = $\bar{B}C\bar{D} \times AZ\bar{O}$
6 = $BC\bar{D} \times \bar{A}\bar{Z}\bar{O}$	16 = $BC\bar{D} \times \bar{A}Z\bar{O}$
7 = $BC\bar{D} \times A\bar{Z}\bar{O}$	17 = $BC\bar{D} \times AZ\bar{O}$
8 = $\bar{B}CD \times \bar{A}\bar{Z}\bar{O}$	18 = $\bar{B}CD \times \bar{A}Z\bar{O}$
9 = $\bar{B}CD \times A\bar{Z}\bar{O}$	19 = $\bar{B}CD \times AZ\bar{O}$

4.5.3 "Lamp Register" (schéma 318.071)

Le circuit "Lamp Register" allume les lampes correspondant aux paquets éjectés. Les 20 flip-flops des boîtiers 4 à 13 forment un "shift register" bouclé à entrées parallèles. Le premier paquet décodé est introduit par une des entrées S numérotées de 0 à 19. Ces 20 entrées ne se trouvent pas sur le connecteur ITT. Elles sont câblées directement avec le circuit "First Bunch Decoder". Le niveau zéro appliqué à l'entrée S du flip-flop conditionne $Q = 1$. Si $Q = 1$, le transistor est enclenché et la lampe s'allume.

Pour allumer les autres lampes de la série des paquets éjectés, il faut attendre le train d'impulsion "Shift". La première impulsion du train est retenue par les deux flip-flops du boîtier 3, puisque la première lampe est déjà allumée. La deuxième impulsion entre par la porte du boîtier 2 et allume la deuxième lampe en basculant le flip-flop suivant celui qui a enregistré le "First Bunch". Chaque impulsion suivante enclenche le flip-flop suivant à une cadence de 10 MHz (RF). A partir du "First Bunch", on allume donc autant de lampes que le train "Shift" contient d'impulsions, c'est-à-dire le nombre "Ejected Bunches".

Si on enclenche l'alimentation + 5V, la porte du boîtier 1 remet à zéro tous les flip-flops sauf celui qui est commandé par le "First Bunch Decoder". Le signal \bar{O} qui provient de l'unité "Ejected Bunches" est au niveau zéro si l'on présélectionne "Ejected Bunches = 0". Dans cette condition on bloque le "First Bunch Decoder" et on remet à zéro tous les flip-flops du "Shift Register". Avant chaque éjection, le signal "Preset M" remet à zéro tous les flip-flops du "Shift Register", sauf celui qui est commandé par le "First Bunch Decoder". Le signal "Shift" arrive immédiatement et rallume autant de lampes que de paquets à éjecter. Le temps pour positionner l'affichage est tellement court ($\sim 100 \mu s$) que l'on ne peut pas le voir, si l'on ne change pas la présélection du "First Bunch" ou du "Ejected Bunches".

Le fonctionnement correct des ampoules est contrôlé par le bouton "Lamp Test" situé sur le panneau avant de l'unité. Les sorties "Lamp Test Interne" et "Lamp Test Externe" ne sont pas utilisées. On avait prévu "Lamp Test Interne" pour contrôler d'autres lampes du "Kick and Bunch Selector" et "Lamp Test Externe" pour contrôler des lampes qui sont alimentées par une tension de + 30 V externe.

4.6 Unité "Line Voltage"

4.6.1 Généralités "Tail Trigger"

Les circuits "Tail Trigger" se trouvent dans l'unité "Line Voltage". Ils ont pour fonction de piloter le "Tail Gap" du générateur d'impulsions à haute tension.

Le "Tail Gap" est enclenché 10 impulsions RF avant le "Clipping Gap". Si on éjecte 0 à 9 paquets, le signal pour démarrer le "Tail Gap" est un "RF-prepulse". Si l'on éjecte 10 à 19 paquets, le signal est un "RF-postpulse". Les circuits "Tail Trigger" se composent donc d'un module "RF-prepulse" et d'un module "RF-postpulse", qui ont été légèrement modifiés.

Pour la description fonctionnelle, il faut se référer aux unités RF-prepulse et RF-postpulse. Ici seules les modifications sont mentionnées.

4.6.2 "Tail Trigger Prepulse" (schéma 318.093)

Le module "Tail Trigger Prepulse" est composé des circuits modifiés OSF 07/10. La présélection est fixe (990) pour les comparateurs L et K. Le comparateur J est lié à l'unité "Ejected Bunches". La coïncidence dans la porte Q se fait après $990 + X$ impulsions Pre RF, si X représente la présélection $0 \dots 9 \times 10^0$ de l'unité "Ejected Bunches". La porte R laisse passer l'impulsion de coïncidence seulement si le nombre de paquets éjectés est inférieur à 10 et si l'éjection est programmée (Ejected Bunches ≤ 10). Le signal "Prepulse Tail" est envoyé à la porte S (schéma 318.092) pour attaquer le "line driver" LD de la sortie "Tail Gap".

4.6.3 "Tail Trigger Postpulse" (schéma 318.092)

Le module "Tail Trigger Postpulse" est composé des circuits modifiés OSF-7/8. La présélection est zéro pour les comparateurs H et G. Le comparateur F est lié à l'unité "Ejected Bunches" par l'entrée " $X \times 10^0$ Ejected Bunches". La coïncidence dans la porte M se fait après X impulsions "Post RF". La porte P laisse passer l'impulsion de coïncidence seule-

ment si la présélection "Ejected Bunches" est de 10 à 19 ("Ejected Bunches ≥ 10 ") et si l'éjection est programmée. Il n'y a pas d'impulsions "Tail Gap" si la présélection "Ejected Bunches" dépasse 19 ou si l'éjection n'est pas programmée par l'unité "Ejected Bunches".

4.6.4 Généralités "Line Voltage" (schéma 318.084)

L'unité "Line Voltage" contrôle l'alimentation à haute tension du générateur d'impulsions situé au "Computer Room" (CR). La présélection de la haute tension dépend de l'énergie des particules éjectées et est choisie dans le "Kick and Bunch Selector". La valeur présélectionnée est transmise à l'alimentation comme signal de référence.

La haute tension est mesurée par la régulation de l'alimentation et le résultat est affiché dans le "Kick and Bunch Selector". L'affichage "Line Voltage" se trouve directement à côté de la présélection. La tension est mesurée à chaque éjection et est transmise sous forme de train d'impulsions ADC au "Kick and Bunch Selector". Le compteur à 3 décades compte les impulsions et affiche la haute tension, définition : 0,1 kV par impulsion. Immédiatement avant chaque comptage il y a une remise à zéro automatique du compteur.

Sur le panneau de l'unité "Line Voltage" il y a encore les boutons permettant de commander la position du "Field Inverter" de l'aimant kicker et les boutons pour sélectionner les unités d'aimant à pulser.

4.6.5 Commandes HV - FI - KMU (schéma 318.081)

La haute tension du générateur d'impulsions est présélectionnée par deux présélecteurs Contraves A 031 codés en BCD. L'alimentation U4 des présélecteurs provient de la régulation de la haute tension et est séparée galvaniquement du "Kick and Bunch Selector". Elle est indiquée par une lampe témoin. Si la lampe est éteinte, la présélection se fait localement au CR.

Les commutateurs "Kick In", "By-pass", "Kick Out" sélectionnent la position des "Field Inverters". Afin de ne pas endommager les "Field Inverters" en les commutant pendant une éjection, on ne peut les

commuter que si l'éjection est déclenchée par "Area Interlock". La tension U2 est appliquée aux commutateurs seulement si l'éjection est déclenchée. En poussant un des trois boutons à impulsions, on sélectionne une position et on exclut les deux autres. La présélection est mémorisée dans le système "Interlocks" et elle est affichée par le bouton lumineux.

Les commutateurs "KMU I et IP" sélectionnent les unités du générateur d'impulsions qui alimentent l'aimant kicker. On sélectionne une seule unité pour éjecter des particules à basse énergie. Normalement on utilise les deux unités ensemble. Les commutateurs sont alimentés par la tension U1 du système "Interlocks". La présélection est affichée localement par des lampes.

4.6.6 "HV Counter" (schéma 318.080)

Le circuit OSF-20-A "HV counter" compte le train d'impulsions et affiche la haute tension de l'alimentation du générateur d'impulsions. Le signal ADC est mis en forme pour les circuits intégrés par un amplificateur d'entrée qui supprime le bruit de transmission et la dérive DC des transformateurs. La première décade 10^{-1} compte le signal "Clock" en dixièmes de kV. Les deux autres décades comptent en série les unités et dizaines de kV. Le contenu du compteur (3xSN7490N) est décodé par les "Nixie drivers" (3 x SN7441AN) et affiché par les tubes "Nixies" B-5991/56. Les tubes "Nixies" sont alimentés par un redresseur 250 V = à partir de 6,3 V~.

La haute tension est mesurée pour chaque éjection. Avant de compter le nouveau train d'impulsions, il faut remettre à zéro le compteur par le reset automatique. La première impulsion du train traverse les portes SN7400N et sert de remise à zéro du compteur. Après un délai d'environ 0,2 μ s ces portes sont fermées par la temporisation à transistors. Le compteur commence à compter le nouveau train ADC. Dès que le train est terminé, la temporisation rouvre la porte après quelques μ s. S'il y a des impulsions parasites après le train ADC, l'affichage est remis à zéro.

4.7 Energy Indication

4.7.1 Généralités

L'énergie des protons éjectés est mesurée et affichée par l'unité "Ejection Energy". La quantité de mouvement des protons est calculée au moyen des trains d'impulsions "B-Up" et "B-Down". Une impulsion B représente une induction magnétique de 10 Gauss. La quantité de mouvement d'un proton dépend de l'induction magnétique du PS selon la formule :

$$p = e r \times B \quad (1)$$

$$p \text{ (GeV/c)} = 2,1 B \text{ (kG)} \quad (2)$$

- p : quantité de mouvement en GeV/c
B : induction magnétique du PS en kG
r : rayon de courbure du PS = 70,08 m
e : charge élémentaire du proton = $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
c : vitesse de lumière = $2,998 \times 10^8 \text{ m/s}$

Pour les hautes énergies on peut exprimer la quantité de mouvement en GeV/c à cause de la relation :

$$E_{\text{tot}} = \sqrt{c^2 p^2 + E_0^2} \quad (3)$$

$$E_{\text{tot}} \simeq cp \text{ si } E_0 \ll E_{\text{tot}} \quad (4)$$

- E_{tot} : énergie totale du proton en GeV
 E_0 : énergie initiale du proton = 0,938 GeV
p : quantité de mouvement
c : vitesse de lumière = $2,998 \times 10^8 \text{ m/s}$

Pour les hautes énergies $E_{\text{tot}} \gg E_0$, on calcule l'énergie du faisceau au moyen de l'induction magnétique du PS selon la formule (2). Pour l'affichage en GeV/c, le nombre total des impulsions B est multiplié par $2,1 \times 10^{-2}$.

Les circuits permettant de réaliser l'"Energy Indication" se trouvent dans l'unité "Bunch Indication".

4.7.2 Fonctionnement (Schéma 318.164)

L'unité "Energy Indication" comprend les blocs :

- affichage à tubes "nixie" avec "nixie drivers" (A,B,C) et "buffers" (D,E,F).
- compteur réversible à quatre décades (G,H,I,K) avec le flip-flop "Up/Down" (L).
- multiplicateur d'impulsions (M,N,O,P,Q,R,S).

L'énergie est affichée par les "nixies" qui sont contrôlées par les "nixie drivers" (A,B,C). Afin d'afficher continuellement l'énergie du faisceau éjecté, la mémoire (D,E,F) garde la valeur mesurée. L'impulsion "First Bunch" introduit la valeur de l'énergie dans la mémoire lors de chaque éjection.

Les décades réversibles (G,H,I,K) comptent les impulsions B délivrées par la porte M. Les impulsions "B-Train Up" représentent chacune 10 Gauss d'induction magnétique croissante. Les impulsions "B-Train Down" représentent chacune 10 Gauss d'induction magnétique décroissante. Les impulsions "B-Train Up" sont additionnées, celles de l'entrée "B-Train Down" sont soustraites. Le flip-flop L commande la direction "Up/Down" du compteur.

Le nombre d'impulsions sorti par la porte (S) est multiplié par 2,1 à la sortie de la porte (M). Les "one shots" (R,Q) doublent le nombre d'impulsions, c'est le facteur 2. La décade réversible (P) et les "one shots" (O,N) fournissent chaque dixième d'impulsion, portant le facteur à 2,1.

5. PRE/POSTPULSE UNITS

5.1 Introduction

Les "PRE/POSTPULSE UNITS" ont pour fonction de délivrer un TIMING qui est utilisé pour l'ensemble du système OSF ainsi que pour différents équipements liés à l'éjection. Ce TIMING est de deux types; premièrement un système lent (définition : 3,3 ms), formé par les unités M-PREPULSE et M-POSTPULSE, qui est commandé par l'unité maîtresse M-EJECTION. Deuxièmement un système rapide (définition : 100 ns), formé par les unités RF-PREPULSE et RF-POSTPULSE, qui est commandé par l'unité maîtresse FIRST BUNCH.

Toutes les entrées et les sorties d'impulsions se trouvent sur le panneau arrière. Les fiches sont du type BNC.

Les paramètres du TIMING sont affichés par des présélecteurs digitaux situés sur les panneaux frontaux des unités.

La séquence des impulsions utilisées ou délivrées par les unités "PRE/POSTPULSE" est clairement décrite par le schéma PS/FES 318.134.

5.2 Unité "M-PREPULSE" (Référence : schéma PS/FES 318.014)

5.2.1 Généralités

L'unité M-PREPULSE a pour fonction de délivrer une impulsion M (+ 30 V/1 μ s) arrivant b impulsions avant l'impulsion PRESET M délivrée par l'unité M-EJECTION.

b est le nombre indiqué sur les présélecteurs K, L, M.

L'unité se compose des parties suivantes :

- a) une chaîne de comptage constituée par 3 décades séries D,E,F.
- b) trois présélecteurs digitaux type Contraves 052 K,L,M.
- c) trois comparateurs G,H,J recevant les informations des décades et des présélecteurs respectifs.
- d) une porte de coïncidence N
- e) différents circuits permettant de réaliser le START, le RESET, et la sortie des impulsions.

5.2.2 Fonctionnement

L'impulsions MW, via la porte A, effectue la mise à 002 de la chaîne de comptage D,E,F, ainsi que la mise à zéro du flip-flop R. A travers la porte Q, l'impulsion MW place le flip-flop S sur la position STOP. Ces trois fonctions sont aussi réalisées lors de l'enclenchement de l'alimentation + 5 V.

Pendant l'intervalle MW et MO (10 impulsions M = 33 ms) la chaîne de comptage reçoit via la porte C le train d'impulsion PRERUN M délivré par l'unité M-EJECTION.

Le train d'impulsion PRERUN M est constitué par 998 - a impulsions (fréquence approximative 100 KHz), a étant le nombre affiché sur les présélecteurs de l'unité M-EJECTION.

Après le train PRERUN M, la chaîne de comptage a mémorisé 1000 - a impulsions.

L'impulsion MO positionne le flip-flop S sur START, ce qui a pour effet d'ouvrir la porte B. Les impulsions M-TRAIN ont alors accès à la chaîne de comptage par les portes B et C.

Les présélecteurs digitaux Contraves 052 ont un code \overline{BCD} . De ce fait, la coïncidence est établie dans la porte N lorsque la chaîne de comptage a mémorisé $999 - b$ impulsions, b étant le nombre affiché par les présélecteurs. Cette coïncidence est synchronisée par l'impulsion suivante du M-TRAIN. Cette impulsion aura pour effet :

- de remettre le flip-flop S sur STOP, ce qui ferme la porte B
- d'attaquer l'oscillateur bloqué BO qui délivre l'impulsion PREPULSE M (+ 30 V/1 μ s)
- d'attaquer le monostable OS pilotant la lampe signalant que l'unité a délivré son impulsion.

Les deux circuits de sortie (BO et OS) sont conditionnés dans la porte P par la ligne PROGRAM. Il est aussi possible, au moyen d'un pont mobile, de maintenir la porte P constamment ouverte (FREE RUNNING).

L'"overflow" de la dernière décade (F) fait basculer le flip-flop R ($\overline{Q} = 0$) ce qui entraîne la mise sur STOP du flip-flop S. Ceci a été prévu pour le cas où la présélection b de l'unité M-PREPULSE est plus grande que la présélection a de l'unité M-EJECTION. Ceci équivaut à programmer une préimpulsion avant que le M-TRAIN n'ait commencé. Donc, si $b \geq a$, l'unité M-PREPULSE délivre une impulsion synchrone avec celle de l'unité M-EJECTION.

La porte B délivre $a-b$ impulsions (+ 4 V/1 μ s) que l'on retrouve sur la sortie DATA ACQUISITION. Ces impulsions sont destinées à une éventuelle acquisition par ordinateur.

5.3 Unité "M-POSTPULSE" (Référence : schéma PS/FES 318.004)

5.3.1 Généralités

L'unité M-POSTPULSE a pour fonction de délivrer une impulsion M (+ 30 V/1 μ s) arrivant c impulsions après l'impulsion PRESET M délivrée par l'unité M-EJECTION.

c est le nombre indiqué sur les présélecteurs J,K,L.

L'unité se compose des parties suivantes :

- a) une chaîne de comptage composée de trois décades séries C,D,E.
- b) trois présélecteurs digitaux type Contraves 031 J,K,L.
- c) trois comparateurs F,G,H recevant les informations des décades et des présélecteurs respectifs.
- d) une porte de coïncidence M
- e) différents circuits pour le START, le RESET, et la sortie des impulsions.

5.3.2 Fonctionnement

La chaîne de comptage C,D,E et le flip-flop N sont remis à 000 par la porte A, soit par une impulsion MO, soit par une impulsion MW. Ceci garantit un bon fonctionnement de l'unité même si l'une ou l'autre de ces impulsions manque. La remise à zéro s'effectue aussi lors de l'enclenchement de l'alimentation + 5 V.

L'impulsion PRESET M place le flip-flop N sur la position START, ce qui a pour effet d'ouvrir la porte B permettant ainsi au train d'impulsion M-TRAIN d'avoir accès à la chaîne de comptage C,D,E.

Lorsque les comparateurs trouvent une équivalence entre les informations provenant de la chaîne de comptage et celles provenant des présélecteurs, la coïncidence, qui est synchronisée par une impulsion du M-TRAIN, se trouve réalisée dans la porte M.

L'impulsion sortant de la porte M a pour effet de remettre sur STOP le flip-flop N ce qui ferme la porte B.

C'est cette même impulsion qui attaque l'oscillateur bloqué BO qui délivre l'impulsion M-POSTPULSE (+ 30 V/1 μ s) et le monostable OS qui commande la lampe indiquant que l'unité a délivré son impulsion.

Ces deux circuits de sortie (BO et OS) sont conditionnés dans la porte P par la ligne PROGRAM, ce qui fait que l'unité délivre son impulsion seulement si elle est programmée.

Au moyen d'un pont mobile, il est possible de maintenir la porte P constamment ouverte. De cette façon, l'unité délivre son impulsion sans tenir compte des conditions du programme (FREE RUNNING).

Le train d'impulsion sortant de la porte B a $c+1$ impulsions, c étant le nombre affiché sur les présélecteurs. A la sortie du circuit (-1) on retrouve c impulsions (+ 4 V/1 μ s) qui sont destinées à une éventuelle acquisition par ordinateur (DATA ACQUISITION).

5.4 Unité "RF-PREPULSE" (Référence : schéma PS/FES 318.044)

5.4.1 Généralités

Le but de l'unité RF-PREPULSE est de délivrer une impulsion (4V/50 ns sur 50Ω) arrivant e impulsions avant l'impulsion FRONT GAP délivrée par l'unité FIRST BUNCH. e (000 à 999) est le nombre affiché sur les présélecteurs M,N,P.

L'unité se compose des parties suivantes :

- a) une chaîne de comptage constituée par trois décades parallèles F,G,H.
- b) trois présélecteurs digitaux type Contraves 052 M,N,P.
- c) trois comparateurs J,K,L recevant les informations des décades et des présélecteurs respectifs.
- d) une porte de coïncidence Q.
- e) différents circuits permettant de réaliser le START, le RESET et la sortie des impulsions.

5.4.2 Fonctionnement

L'impulsion MW va, par l'intermédiaire de la porte A, effectuer la mise à 002 de la chaîne de comptage F,G,H ainsi que la mise à zéro ($Q = 0$) des flip-flops S et T.

Remarque : toutes ces fonctions se trouvent aussi réalisées lors de l'enclenchement de l'alimentation (+ 5V).

Pendant l'intervalle entre MW et MO l'unité RF-PREPULSE reçoit le train PRERUN RF fourni par l'unité FIRST BUNCH et qui est constitué par 998 - d impulsions. Ce train d'impulsions est envoyé à la chaîne de comptage par l'intermédiaire de la porte C.

Puisque le RESET se fait à 002, la chaîne de comptage est alors positionnée à 1000 - d ; d est le numéro du premier paquet affiché sur l'unité FIRST BUNCH.

L'impulsion PRESET M, provenant de l'unité M-EJECTION va alors positionner le flip-flop S sur START ($Q = 1$). Ceci provoque l'ouverture de la porte B ce qui permet au train PRE RF d'accéder à la chaîne de comptage via les portes B et C.

Les présélecteurs Contraves type 052 ont un code \overline{BCD} (complémentaire de 9). La coïncidence est donc établie dans la porte Q à :

(999 - e impulsions) - (1000 - d impulsions).

e = présélection RF-PREPULSE

d = présélection FIRST BUNCH

C'est la prochaine impulsion du train PRE RF qui est la PREPULSE RF (4V/50 ns sur 50Ω) sortie par le LD, et qui est signalée, via le monostable OS, par la lampe-témoin. Elle remet le flip-flop S sur STOP (Q=0) ce qui ferme la porte B. Le train PRE RF n'a alors plus accès à la chaîne de comptage.

Pour empêcher une coïncidence intempestive lors du positionnement de la chaîne de comptage par le train PRERUN RF, le flip-flop T verrouille la porte de coïncidence Q jusqu'à 999 impulsions.

La sortie de la PREPULSE RF ainsi que la lampe-témoin sont conditionnées, dans la porte R, par la ligne PROGRAM.

Un LD (line driver) prenant les impulsions sortant de la porte B est relié à la sortie DATA ACQUISITION (+ 4 V/50 ns sur 50Ω) ceci dans le cas d'une éventuelle liaison à un ordinateur.

5.5 Unité "RF-POSTPULSE" (Référence : schéma PS/FES 318.034)

5.5.1 Généralités

Le but de l'unité RF-POSTPULSE est de délivrer une impulsion (4V/50 ns sur 50 Ω) arrivant f impulsions après l'impulsion FRONT GAP délivrée par l'unité FIRST BUNCH. f (000 à 999) est le nombre affiché sur les présélecteurs J,K,L.

L'unité se compose des parties suivantes :

- a) une chaîne de comptage constituée par trois décades parallèles C,D,E;
- b) trois présélecteurs digitaux type Contraves 031 J,K,L.
- c) trois comparateurs F,G,H recevant les informations des décades et des présélecteurs respectifs.
- d) une porte de coïncidence M.
- e) différents circuits permettant de réaliser le START, le RESET et la sortie des impulsions.

5.5.2 Fonctionnement

L'impulsion MW va, par la porte A, remettre à 000 la chaîne de comptage C,D,E ainsi que le flip-flop N (STOP). Ces deux fonctions sont également réalisées lors de l'enclenchement de l'alimentation (+5V).

L'impulsion PRESET M, provenant de l'unité M-EJECTION va alors faire basculer le flip-flop N sur la position START (Q=1). Ceci provoque l'ouverture de la porte B.

Le train POST RF, fourni par l'unité FIRST BUNCH et dont la première impulsion est synchrone avec l'impulsion FRONT GAP, a alors accès, via la porte B, à la chaîne de comptage.

C'est à cause du synchronisme de la première impulsion du train POST RF et de l'impulsion FRONT GAP que la chaîne de comptage est remise à 000 et non à 001.

La coïncidence se trouve réalisée dans la porte M; elle provoque, par le LINE DRIVER LD la sortie de l'impulsion POSTPULSE RF (4V, 50 ns sur 50 Ω), ainsi que sa signalisation par le monostable OS et la

lampe-témoin. De plus le flip-flop N est remis sur STOP (Q=0) ce qui ferme la porte B par laquelle le train POST RF avait accès à la chaîne de comptage.

La sortie de l'impulsion POSTPULSE RF ainsi que sa signalisation sont conditionnées dans la porte P par la ligne PROGRAM.

La porte B délivre $f + 1$ impulsions; pour une éventuelle liaison à un ordinateur, un LINE DRIVER sort, via le circuit - 1, un train de f impulsions sur la sortie DATA ACQUISITION (+ 4V, 50 ns sur 50Ω).

6. CIRCUITS AUXILIAIRES

Référence générale : schéma PS/FES 318.252

6.1 Généralités

Pour assurer un bon fonctionnement de l'ensemble TIMING et PROGRAMMING, il est nécessaire d'utiliser plusieurs petits circuits appelés auxiliaires qui permettent une liaison entre les différentes parties du système. Ces circuits auxiliaires sont :

6.2 Amplificateur d'entrée M

Référence : schéma PS/FES 318.150

Ce circuit se trouve dans le châssis PROGRAM SEQUENCER. C'est lui qui assure la liaison PS-OSF pour les impulsions du type M; il est composé de trois voies, à savoir MW, MO et M-TRAIN. Il adapte les impulsions M de la machine (+ 20 V) en impulsions de phase inverse compatibles avec les circuits intégrés (+ 4V). De plus, il assure un découplage galvanique entre la machine et le système OSF (Transfo. VAC 407/18U).

6.3 Amplificateur d'entrée RF

Référence : schéma PS/FES 318.151

Ce circuit se trouve dans le châssis PROGRAM SEQUENCER. Il a pour but d'assurer la liaison PS-OSF pour les impulsions radio-fréquence RF et RF/20. Les charges d'adaptation de 75 Ω sont déjà montées sur les circuits.

6.3.1 Liaison RF-TRAIN

Elle est constituée par un amplificateur différentiel travaillant en détecteur de zéro. Il reçoit un signal sinusoïdal de 1 V pp (max. 10 MHz) et délivre un train d'impulsion de 4 V sur 50 Ω ayant un rapport cyclique d'environ 50⁰%. De plus, grâce à un petit transformateur à tore ferrite, il assure le découplage galvanique entre PS et OSF.

6.3.2 Liaison RF/20

Elle est assurée par un amplificateur qui reçoit une impulsion de + 8 V, largeur 200 ns et délivre une impulsion inverse de + 4V sur 50 Ω .

Il assure aussi, grâce à un petit transformateur, le découplage galvanique PS-OSF.

6.4 Alimentation auxiliaire + 12/ - 12 V

Référence : schéma PS/FES 318.152

Elle assure uniquement l'alimentation de l'amplificateur différentiel du RF-TRAIN. Elle est alimentée par la distribution 6,3 V alternatif. Un transformateur (T) à deux enroulements secondaires permet d'attaquer, via deux ponts redresseurs, les stabilisateurs ROBAND type EPS 2 et EPS 3. Il est possible, à l'aide des deux résistances R d'ajuster séparément les deux tensions de sortie.

6.5 Amplificateur RF-TRAIN

Référence : schéma PS/FES 318.153

Cet amplificateur a pour fonction d'assurer la distribution du RF-TRAIN aux K+B SELECTORS. Il est situé dans le châssis DELAY LINE - REMOTE CONTROL UNIT. Il reçoit le RF-TRAIN provenant de l'unité TEST UNIT (charge 50Ω interne) et délivre cinq RF-TRAIN qui, via les lignes de retard de RF-PHASE SHIFT sont distribués aux K+B SELECTORS des différentes zones d'éjection.

6.6 Amplificateur de liaison M

Référence : schéma PS/FES 318.154

Cet amplificateur équipe les châssis K+B SELECTOR et PRE/POST PULSE. Il assure la liaison entre les différentes parties du TIMING-PROGRAMMING pour les impulsions du type M. L'amplificateur comporte cinq voies, à savoir : PRERUN M, MO, MW, M-TRAIN et PRESET M. Il reçoit une impulsion + 20 V (sauf pour la voie PRERUN M : + 4 V) et délivre une impulsion de phase inverse de + 4 V (niveau pour circuits intégrés). Lors d'une utilisation dans le châssis K+B SELECTOR on utilise seulement trois voies : MO, MW et M-TRAIN.

6.7 Amplificateur de liaison RF

Référence : schéma PS/FES 318.155 et 318.157

Cet amplificateur équipe les châssis PRE/POSTPULSE. Il sert à la distribution des impulsions du type RF (provenant de l'unité FIRST BUNCH) aux huit PRE/POSTPULSE UNITS de chaque châssis. Il comporte trois voies: RF-TRAIN, RF-20, PRERUN RF. Chaque voie comporte quatre sorties reliées chacune à une paire de PRE/POSTPULSE UNITS.

L'amplificateur reçoit des impulsions de + 4 V et délivre des impulsions de même amplitude mais de phase inverse.

6.8 Amplificateur de liaison RF K+B

Référence : schéma PS/FES 318. 157

Cet amplificateur remplit exactement les mêmes fonctions que celui décrit sous 6,7). Il diffère uniquement dans la constitution de ses étages de sortie. Il équipe les châssis K+B SELECTOR.

6.9 Avalanche triggers

Référence : schéma PS/FES 318.156

Le circuit AVALANCHE TRIGGERS se trouve dans le châssis PROGRAM SEQUENCER. Il réalise la fonction logique "OU" des impulsions FRONT, TAIL et CLIPPING provenant des K+B SELECTORS de zone. Cette fonction est réalisée dans les portes 8, 9 et 10 (74 H 40).

La sortie de ces trois portes attaque ensuite trois amplificateurs dont le dernier étage est constitué par un transistor travaillant en mode "avalanche" (RT 3333). Ceci permet au circuit AVALANCHE TRIGGERS de délivrer trois impulsions FRONT AV., TAIL AV. et CLIPPING AV. de 50 V - 50 ns qui sont destinées au générateur d'impulsion H.T. situé au COMPUTER ROOM, (CR).

6.10 Fine delays

Référence : schéma PS/FES 318.158

Lors de la mise en service du TIMING, il est apparu que des utilisateurs avaient besoin d'impulsions dont le délai était situé entre 100 μ s (pleine capacité des unités RF) et 3,3 ms (définition des unités M).

Pour ce faire, un châssis PRE/POSTPULSE a été modifié. Il a été équipé:

- d'un oscillateur interne de 1 MHz (oscillateur à quartz Ebauches type B 1404).
- de huit décades (SN 7490 N) qui permettent de réaliser un train d'impulsion de 100 KHz destiné aux huit unités M-POSTPULSE.
- de huit entrées appelées START, numérotées de 1 à 8, recevant des impulsions du type M. Ces impulsions vont, via un amplificateur de liaison M, attaquer les entrées PRESET M (B4) ce qui va démarrer, indépendamment l'une de l'autre, les unités M-POSTPULSE.

Ceci permet d'obtenir un TIMING ayant une définition de 10 μ s/div et une pleine capacité de 10 ms. Ce châssis est situé dans le rack MR 29 du MCR.

6.11 Alimentations

L'ensemble TIMING et PROGRAMMING a besoin de trois tensions d'alimentation :

6.11.1 +5 V continu

Cette tension est destinée surtout aux circuits intégrés. Elle alimente aussi quelques petits circuits à composants discrets (LINE DRIVER etc.). Cette tension est fournie par quatre alimentations stabilisées PHILIPS PE 4864 numérotées de 1 à 4 et situées dans le rack MR 24 du MCR :

Alimentation 1	:	Châssis PRE/POSTPULSE RF zones A,B, et C	(consommation approxi- mative ~ 7A)
Alimentation 2	:	Châssis PRE/POSTPULSE M zones A,B et C Châssis FINE DELAYS	(consommation approxi- mative ~ 7A)
Alimentation 3	:	Châssis K+B SELECTOR zones B et C	(consommation approxi- mative ~ 7A)

Alimentation 4 : Châssis K+B SELECTOR (consommation approxi-
zone A mative ~ 7A)
Châssis DELAY LINES
REMOTE CONTROL UNIT

6.11.2 + 30 V continu

Cette tension est destinée surtout à l'alimentation des présélecteurs Contraves et aux amplificateurs et lampes de signalisation. Elle alimente aussi les BO délivrant les impulsions du type M. Elle est fournie par une alimentation stabilisée PHILIPS PE 4808 située dans le rack MR 24 du MCR. (consommation approximative ~ 13 A).

6.11.3 6,3 V - 50 Hz

Cette tension est utilisée pour alimenter, via des transformateurs 6,3/200 V, les tubes NIXIE et le circuit AVALANCHE TRIGGERS. De plus via un transformateur 6,3/2x20V, elle alimente l'amplificateur d'entrée RF. Le transformateur général 220/6,3 V se trouve dans le châssis MAIN SUPPLY SWITCH. C'est pour une question de sécurité que la distribution a été faite en 6,3 V; de cette façon, il n'y a aucune tension dangereuse dans le rack TIMING et PROGRAMMING.

6.12 Delay lines

Référence : TWIN DELAY LINE BORER type 701

L'ensemble TIMING et PROGRAMMING utilise six lignes de retard qui sont situées dans le rack MR 24. Une commande à distance est réalisée par le châssis DELAY LINES REMOTE-CONTROL UNIT qui est situé dans le rack MR 28.

Trois lignes de retard servent à réaliser le RF-PHASE SHIFT (1 à 3); les trois autres sont utilisées pour le FRONT TRIGGER. Elles permettent un retard maximum de 99 ns avec une définition de 1 ns.

SECTION 8 - FAST MONITORING

J. Leroux

Table des matières

1. INTRODUCTION

1.1 Répertoire des points de mesure

2. MISE EN SERVICE

2.1 Opération à la MCR

2.2 Opération à la CR

2.3 Opérations particulières à la MCR ou à la CR

3. CARACTERISTIQUES GENERALES

3.1 Pulse balance

3.2 Intégrateur

3.3 Commutateur coaxial

3.4 Circuits électroniques

3.4.1 Amplificateurs AN 106 EGG

3.4.2 Mixers AN 100 EGG

3.4.3 Discriminateurs TR 104 S EGG

4. FONCTIONS DES CIRCUITS

4.1 Différence et somme des signaux rapides

4.2 Pulse balance

5. DESCRIPTION DES CIRCUITS

5.1 Intégrateurs

5.2 Commutateur coaxial

5.3 Circuit différence algébrique des signaux

5.4 Circuit somme algébrique des signaux

5.5 Trigger selector

5.6 Circuit impulsion de référence

5.7 Ligne à retard

6. CONTROLE DES PERFORMANCES ET ENTRETIEN

6.1 Intégrateur

6.2 Commutateur coaxial

6.3 Circuits électroniques

SECTION 8 - FAST MONITORING

1. INTRODUCTION

L'appareillage appelé "fast monitoring" recueille les impulsions rapides provenant des différentes parties du système d'éjection rapide. En traitant ces signaux de façon appropriée, il permet :

- a) de surveiller à la MCR le fonctionnement de l'aimant kicker et du générateur d'impulsions à haute tension;
- b) de mesurer les impulsions rapides du système à l'oscilloscope;
- c) de commander le déclenchement de l'éjection en cas de défauts détectés par comparaison (phase et amplitude) sur les impulsions des deux unités de l'aimant kicker.

Le schéma général du fast monitoring est donné par la fig. 310-001. Chaque élément important du système d'éjection rapide - voir liste du tableau 1 - est muni d'un capteur de signal (pick-up), inductif, capacitif ou d'un diviseur de tension. Ces signaux sont tous amenés par des câbles à 50 Ω d'abord à la CR (computer room) pour y être traités, dans une cage de Faraday, montée dans l'armoire du "fast monitoring"; ces signaux à bas niveaux sont ainsi placés à l'abri du haut niveau de parasites créés dans ce local par les commutations et décharges de l'appareillage haute tension; ils sont atténués et/ou intégrés, selon le genre de capteurs, puis branchés à des commutateurs coaxiaux commandés à distance.

On peut choisir les signaux soit localement (CR) soit à la MCR grâce à des sélecteurs à boutons-poussoirs. A la MCR, on peut observer les signaux sur un oscilloscope, type Tektronix 454 à large bande. Il y a un signal pour chacune des deux parties symétriques de l'équipement d'éjection.

La similitude des impulsions des deux demi-aimants kicker est vérifiée par le circuit appelé "pulse balance", qui permet d'une part de voir la somme ou la différence de ces signaux sur l'oscilloscope et d'autre part

de piloter un compteur d'impulsions atypiques (anormales) qui peut déclencher l'éjection au-delà d'un certain pourcentage fixé d'avance.

La synchronisation extérieure de l'oscilloscope est faite par le "monitoring trigger selector" dont les boutons-poussoirs commandent à distance les commutateurs coaxiaux recevant les signaux de "timing" et "programming".

1.1 REPERTOIRE DES POINTS DE MESURE

	No point de mesure Block diagram 310-001 Canal I Canal II		Abréviations		Point de mesure	Type de capteurs	Retard μ s par rapport au RF tail mesuré avant le trigger split.		Atténuateur db		Position	Type de câble	Longueur m	No câble		Observations	
			Canal				Canal		Canal					Canal			
			I	II			I	II	I	II				I	II		
commande panneau																	
			MCR ON CR ON KM, SM + BO														
				Canal				Canal		Canal					Canal		
				I	II			I	II	I	II				I	II	
		I - 7 II - 7		KM	KM	Kicker Magnet	P.U. inductif	2,25	2,25	0	0	Ring	RG 218	74	71303	71304	mise en service panneau MCR panneau CR Canal I et II KM SM + Beam observ. Signaux venant des PU - KM
		I - 8 II - 8		FR	FR	Front Resistor	P.U. capacitif	2,40	2,40	-6	-6	Ring	RG 218	74	71305	71306	
				PB Δ	PB Σ	Pulse Balance Δ = difference Σ = somme						Cage Far. CR					
		I - 1 II - 1		FTL	FTL	Input Front Marx from low level trigger split	I) split resistor II) resistors divid.	0,95	1,00	-32	-20	CR	RG 213	20	71237	71245	
		I - 2 II - 2		FTH	FTH	Output Front Marx trigger	P.U. capacitif	1,18	1,18	0	0	CR	RG 213	20	71239	71250	
		I - 3 II - 3		FGC	FGC	Front gap centre	P.U. capacitif	1,40	1,40	0	0	CR	RG 213	20	71236	71247	
		I - 4 II - 4		VP	VP	Output pulse	P.U. capacitif	1,30	1,30	0	0	CR	RG 213	20	71235	71249	
		I - 6 II - 6		FI	FI	Field inverter	P.U. capacitif	2,10	2,10	0	-2	Ring	RG 218	20	71301	71302	
		I - 9 II - 9		CTL	CTL	Input clipping Marx from low level trigger split	Resistors divider	1,10	1,15	-20	-20	CR	RG 213	20	71223	71243	
		I - 10 II-10		CTH	CTH	Output clipping Marx trigger	P.U. capacitif	1,34	1,34	0	0	CR	RG 213	20	71233	71244	
		I - 11 II-11		TTL	TTL	Input Tail Marx from low level trigger split	Resistors divider	0,16	0,16	-20	-14	CR	RG 213	20	71234	71246	
		I - 12 II-12		TTH	TTH	Output Tail Marx trigger	P.U. capacitif	0,36	0,30	0	0	CR	RG 213	20	71240	71248	
		I - 13 II-13		TGC	TGC	Tail gap centre	P.U. capacitif	0,43	0,40	0	0	CR	RG 213	20	71224	71225	
	I - 14 II-14		TR	TR	Tail resistor	P.U. capacitif	0,50	0,44	-8	-8	CR	RG 213	20	71270	71271		
	I - 15 II-15		TVP	TVP	Tail voltage pulse	P.U. capacitif	0,44	0,36	0	0	CR	RG 213	20	71241			
	I - 16 II-16		F	T	Front and Tail input trigger split	Split resistors											
	I - 17 II		C		Clipping input trigger split	Split resistors	0,84	0,04	-52	-52	CR	RG 213 blindé ext.	20	suppl.	suppl.	observation	
							1,00		-52		CR	RG 213 blindé ext.	20	suppl.		observation	
Trigger sélecteur			F		Front scope Trigger	Split resistors											
			C		Clip scope Trigger	Split resistors			-10		CR						
			T		Tail scope Trigger	Split resistors			-10		CR						
			Z1		Ejection Zone Trig. 1	Resistors divider			-10		CR						
			Z2		Trig. 2	Resistors divider					MCR	RG 58c/u	2				
		Z3		Trig. 3	Resistors divider					MCR							

2. MISE EN SERVICE

L'appareillage principal est constitué par :

- la cage Faraday installée dans la C.R. Rack RR 4 A;
- les châssis pour l'observation des signaux comportant l'oscilloscope 454, le sélecteur de signaux de mesure et le "trigger sélecteur" sont installés à la MCR. Rack MR 29;
- le sélecteur local de signaux et l'alimentation installés à la CR Rack RR4.

La position des capteurs de mesure et leur type (pick up électrostatique, inductif, diviseur de tension) sont donnés sur le circuit général 310-001. Un répertoire donnant les informations de détail à ce sujet se trouve à la section 1.1.

Lorsque tous les câbles sont correctement raccordés à la cage Faraday (310-004) - (310-005), la mise en service est simple:

- Mettre sur "On" l'interrupteur principal de la boîte de distribution 220 V au-dessus de la cage Faraday rack RR 4 A à la CR.
- Appuyer sur le poussoir "On" de l'alimentation 30 V rack RR 4 à la CR.
- Enclencher l'oscilloscope 454 et le "Monitoring trigger selector" à la MCR rack MR 29.

2.1 Opération à la MCR

Vérifier que les petits câbles "Jumpers" connectant le panneau au "scope" sont correctement raccordés et terminés à $50\ \Omega$ côté "scope" : Canal I sur ch 1 et canal II sur ch 2. Trigger sur "Ext. Trig. input".

Prendre la commande du panneau "Fast Monitoring" à la MCR (310-002) en appuyant sur MCR ON. En pressant KM, on sélectionne les deux canaux pour l'observation des signaux d'alimentation du Kicker Magnet. En pressant SM + BO on sélectionne les deux canaux pour l'observation des signaux Septum Magnet et Beam Observation (pas encore en service).

Appuyer sur une des touches de chaque canal pour sélectionner le signal à observer conformément à l'abréviation paragraphe 1.1. On ne peut enfoncer qu'une touche à la fois par canal, les autres touches étant verrouillées mécaniquement.

Sélectionner en appuyant sur la touche correspondante du "Monitoring trigger selector" le signal de synchronisation désigné "Front-clipping-tail" et ensuite sur celle de la zone d'éjection désirée.

Régler en général l'oscilloscope sur 0,5 μ sec/div et 100 mV/div et observer les deux signaux provenant de chaque canal sur la position "alternate". Les photographies des signaux du monitoring et des signaux "trigger" sont données par les figures 310.022 et 310.023.

En principe tous les circuits sont préajustés et il n'y a pas de réglage à faire. Toutefois s'il s'avère nécessaire pour des raisons particulières de changer la sensibilité du "pulse balance" il est possible d'ouvrir la cage Faraday. La sensibilité peut être changée par bonds de 100 mV sur le double discriminateur TR104S.

2.2 Opération à la CR

L'opération du fast monitoring à la CR est surtout utilisée pour le dépannage ou l'ajustement du système d'éjection. La mise en service est la même que précédemment. L'opération diffère de celle de la MCR sur les points suivants :

Prendre la commande au panneau "fast monitoring" (310.003) à la CR en appuyant sur CR ON. On effectue ensuite les autres manoeuvres comme à la MCR.

Connecter les signaux de mesure :

Prendre un oscilloscope 585 avec tiroir 82 ou un oscilloscope 454. Déconnecter les câbles de départ à la MCR output channel I et output channel II No 71101-71102 et "front trigger low" No 71103 ou "trigger selector output" No 71104 et raccorder les sorties de la cage Faraday à l'oscilloscope. L'observation se fait alors comme à la MCR.

L'opération du trigger selector se fait depuis la MCR et dans la plupart des cas on utilise le "front trigger low" ou le trigger interne de l'oscilloscope.

2.3 Opérations particulières à la MCR ou à la CR

Des mesures nécessitant l'utilisation de deux signaux dans le même canal, par exemple mesures de délais, de "jitter" ou autres, peuvent être réalisées facilement selon la procédure suivante:

Le premier signal est choisi normalement en appuyant sur la touche du sélecteur de signaux.

Le deuxième signal est raccordé comme suit : l'arrière de la cage Faraday (310-005) à la CR répète tous les signaux de sortie du monitoring plus ceux dont la touche est enfoncée sur le panneau de sélection et qui sortent sur les deux câbles No 71101 + 71102. Il est alors possible d'utiliser n'importe quel signal, comme trigger par exemple, en déconnectant la terminaison BNC 50Ω d'un signal et en raccordant cette sortie à l'entrée de l'amplificateur d'essais, voir dessin 310-006, dont les connexions d'entrée et de sortie sont notifiées "test ampli" sur le dessin 310-005. La sortie de l'ampli sera connectée au câble 71103. A la MCR le deuxième signal venant de ce câble sera directement raccordé au scope 454 et terminé à 50Ω . A la CR on raccordera la sortie de l'ampli directement sur le scope par un câble terminé à 50Ω .

3. CARACTERISTIQUES GENERALES

- Temps de montée général de l'équipement électronique y compris les câbles sans intégrateur : 5 ns
- Immunité aux parasites extérieurs : Cage Faraday + câbles : - 60 db
Cage Faraday environ : - 100 db
- Ronflement à 50 c/s : 10 mV, mesuré à l'oscilloscope.
- Avec un transformateur inverseur supplémentaire branché avant la terminaison 50Ω de l'oscilloscope : 2 mV
- Calibration des signaux haute tension KM - FR - VP - FI - TR - TVP
50 mV/10 kV de 3 à 19 bunches.

3.1 Pulse balance

a) Différence des signaux

Haute tension Frümgel kV	Discriminateurs signal		Sensibilité	
	Normal mV	Inverse*) mV	Différence d'amplitude sur impulsions Kicker	erreur de position ou de largeur sur les impulsions Kicker
60	- 100	- 200	20 °/o	20 ns
60	- 200	- 400	40 °/o	40 ns
60	- 300	- 600	60 °/o	60 ns

b) Signal d'erreur

Sortie du discriminateur

Signal rectangulaire amplitude - 1,5 V
durée ~ 8 ms

Circuit de commande des compteurs d'erreur de l'interlock pulse balance :

Absence d'erreur sortie en impulsion positive 17 volts/ 75 Ω
fréquence de répétition 3 à 6 KHz

Signal d'erreur 0 volt/ 50 Ω
durée 8 ms

3.2 Intégrateurs

Constante de temps

$$RC = 90 \mu s$$

Utilisation sans déformation avec des impulsions ayant un temps de montée

$$< 0,25 \text{ ns}$$

Coefficient de réflexion à 2,3 GHz

$$\rho = \frac{z_1 - z_0}{z_1 + z_0} = 0,05$$

Impédance à l'entrée

$$50 \Omega$$

Impédance à la sortie

$$50 \Omega$$

Tension d'entrée maximale en impulsions pendant 100 ns

$$600 \text{ volts}$$

Tension maximale applicable sur les condensateurs

$$63 \text{ volts cc}$$

) Les amplitudes d'entrée des signaux fournies aux 2 discriminateurs n'ont pas le même niveau, voir section 1.1.

Connexion entrée
 Connexion sortie
 Erreur due à la décharge

TYPE N 50 Ω femelle
 TYPE BNC 50 Ω femelle
 2,4 % pour 2 μ s

3.3 Commutateur coaxial

Commutateur à 19 entrées :

- 1 sortie commune
- 19 moins 1 sorties séparées *)
- 1 entrée pour couplage de plusieurs sélecteurs (réserve)

Impédance d'entrée et de sortie 50 Ω

Affaiblissement de réjection (diaphonie)

Temps de montée affaiblissement

20 ns - 66 db

2 ns - 60 db

Pour chaque groupe de circuit :

Le temps de montée, les fréquences de coupure, le coefficient de réflexion et la largeur de la réflexion trouvés sur les photos 310-026 sont résumés dans le tableau ci-après.

Circuits sélecteurs + câbles fig. 310-011	Temps de montée T en ns fig. 310-026	Fréquence de coupure $f = \frac{0,35}{T}$ f en GHz	Réflexions	
			coefficient /ρ/ fig.310-026	largeur ns à 50% 310-026
Signal de mesure TDR Terminaison 50 Ω	0,14 à 0,15	2,5 à 2,34	0,05	1
Câble de connexion (2m) RG 58 c/u	0,18 à 0,2	1,94 à 1,75		
3-5-7-9 (entrée)	0,48 0,52	0,73 0,67	0,07	0,5
11-13-15-17-19 (entrée)	0,56	0,62	0,07	1,2
21-21-25-27-29 (entrée)	0,68	0,51	0,07	1,6
31-33-35-37-39 (entrée)	0,68	0,51	0,06	2
4-6-8-10-12-14-16-18- 20-22-24-26-28-30-32- 34-36-38-40 (sortie)	0,26	1,34	0,04	1,2

*) Note importante : Les sorties séparées du sélecteur sur le panneau arrière de la cage Faraday 310 005 doivent toutes être terminées à 50 Ω .

3.4 Circuits électroniques

3.4.1 Amplificateurs AN 106 EGG

Informations détaillées dans Instruction manual EGG B-3284

Impédance d'entrée	50 Ω interne
Gain	4 \pm 5 %
Sortie	\pm 700 mV
Temps de montée et descente	2 nsec
Linéarité meilleure que	\pm 2 % de + 400 à - 600 mV
Bruit	200 μ V rms référé à l'entrée
Retard de propagation	3,2 ns

3.4.2 Mixer Σ AN100 EGG modifié selon schéma N 310-014

Les autres caractéristiques restent inchangées, voir instructions manuel EGG B-2861.

Impédance d'entrée	50 Ω interne
Sortie normale	terminée à 50 Ω
Sortie inversée	terminée à 125 Ω . Non utilisée
Temps de montée et de descente	2 ns
Gain pour 1 entrée	0,5
Linéarité	\pm 200 mV
Largeur d'impulsion transmise sans distorsion (entrées 1,2,3 modifiées)	> 2 μ s
Retard de propagation	4 ns

Mixer Δ AN100 EGG modifié

Les entrées 1,2,3 sont seules modifiées pour passer des signaux > 2 μ s. Les autres caractéristiques restent inchangées (gain=1).

3.4.3 Discriminateur TR104 S EGG

Informations détaillées dans le manuel d'instruction B 3418.

Caractéristiques principales

Impédance d'entrée	50 Ω interne
Sortie double à 28 mA à terminer à	50 Ω
Temps de montée et de descente	1,8 ns
Seuil de discrimination	- 100 mV à - 600 mV par bonds de 100 mV
Calibration	± 5 %
Retard de propagation	5,5 ns \pm 0,5 ns
Largeur de l'impulsion réalisée par un câble RG 196 AU de 50 Ω	\sim 8 ms
Longueur 20 m + 1 condensateur de 400 μ F 10 V	
Coefficient de température	\leq 0,5 mV/ $^{\circ}$ C

4. FONCTIONS DES CIRCUITS

Les signaux provenant sous forme différenciée (pick ups électrostatiques ou inductifs) sont intégrés individuellement dans la cage Faraday. Les signaux provenant des "resistors divider" ou des "resistors split" ne subissent pas de transformation. Les signaux provenant des deux moitiés kicker magnet sont intégrés et traités dans le circuit électronique "high speed pulse balance + sum".

Tous les signaux, avant leur entrée dans les sélecteurs coaxiaux, sont calibrés en amplitude avec des atténuateurs en T 50 Ω . On se reportera au "fast monitoring general circuit" 310-001 et au répertoire des points de mesure 1.1 pour trouver rapidement les informations suivantes:

- No du point de mesure
- Position des points de mesure
- Explication des abréviations
- Type de capteurs
- Intégration ou non du signal
- Retard par rapport au tail trigger
- Valeurs des atténuateurs de calibration
- Type, longueur, numéro du câble utilisé
- Observations particulières.

A la sortie des 2 sélecteurs coaxiaux le signal choisi dans chacun des deux canaux est amplifié séparément dans un tiroir AN106 EGG (2 ampli de 12 db chacun) et raccordé aux deux câbles 5/8" Flexwell 50Ω à l'extérieur de la cage Faraday (dessin 310-001 et 310-006).

4.2 Fonction des circuits, différence et somme des signaux rapides (high speed pulse balance + sum and low speed logic)

La fonction de cet appareillage est de comparer entre elles les impulsions provenant des "pick-ups" inductifs des deux moitiés de l'aimant kicker pour en déterminer les défauts ou les dérèglages éventuels d'excitation.

Ces défauts peuvent être de trois ordres :

- a) différence d'amplitude des impulsions;
- b) erreur de position dans le temps d'une impulsion par rapport à l'autre;
- c) différence de largeur des impulsions.

L'importance de ces défauts peut être observée à la MCR en appuyant sur la touche :

PB Δ canal I (différence des signaux)

PB Σ canal II (somme des signaux).

Différence des signaux des kickers

Deux fonctions sont remplies par ce circuit :

- a) observation visuelle de la différence des signaux kicker pour faire le contrôle et le réglage du fonctionnement des kickers.
- b) fournir à un compteur (low speed logic) un signal d'erreur selon le type de défaut mentionné plus haut. Le déclenchement de l'éjection et de l'alarme ont lieu si le nombre présélectionné par ce compteur dépasse une valeur comprise entre 1 et 9. La remise à zéro du compteur d'erreur peut se faire ou non tous les 100 kicks par zone. Voir interlocks and controls.

Somme des signaux des kickers

Une seule fonction est remplie par ce circuit: observation visuelle à l'oscilloscope de la somme des signaux des kickers pour en faire le contrôle et le réglage.

4.2 Circuits électroniques "Pulse balance"

Le principe de fonctionnement est donné par le block diagram 310-006. Se reporter au paragraphe 3.1 pour les caractéristiques générales et détaillées.

Les signaux différenciés provenant des 2 demi-kickers, 74 m de câble, passent dans un double transfo inverseur en ferrite qui tout en rétablissant la polarité initiale élimine les inductions à 50 Hz dues aux boucles formées par les terres. Les signaux sont alors intégrés par deux intégrateurs choisis égaux.

Les signaux intégrés sont partagés à 2 reprises par deux "resistors split" à 50Ω . Il est alors possible de réaliser les 3 fonctions suivantes :

- a) signal d'observation de l'excitation du kicker distribué par le sélecteur coaxial;
- b) différence algébrique des signaux (Δ);
- c) somme algébrique des signaux (Σ).

Les niveaux d'amplification et d'atténuation adéquates pour chaque fonction sont clairement explicités par le "block diagram".

5. DESCRIPTION DES CIRCUITS

Le diagramme 310-001 montre l'ensemble des circuits et connexions du "fast monitoring". Les caractéristiques électriques générales sont données au paragraphe 3.1 et la liste des circuits est regroupée dans le tableau 1.1. Le détail des circuits est expliqué dans les paragraphes suivants.

5.1 Intégrateur

L'intégrateur est un circuit passif, voir schémas fig. 310-007. L'adaptation d'impédance à $50\ \Omega$ est faite à l'entrée et à la sortie.

Le montage coaxial d'un grand nombre de condensateurs en parallèle réduit l'inductivité interne des condensateurs proportionnellement au nombre de condensateurs montés $C = 18 \times 0,1\ \mu\text{F}$. L'utilisation des nouveaux condensateurs LCC en céramique frittée "cerfeuil", en forme de petits pavés sans fil de connexion, capacité $0,1\ \mu\text{F}$ 63 V, dimensions ($3,3 \times 3,3 \times 1,5\ \text{mm}$) annule pratiquement la "self".

Le montage radial dans un seul plan perpendiculaire à l'axe du conducteur coaxial forme un écran naturel qui élimine le couplage entrée-sortie et l'effet de ligne à retard.

L'adaptation d'impédance est optimisée par la petitesse des dimensions des condensateurs, l'utilisation de résistances à couche de carbone sans fil de connexions montées selon l'axe du coaxial.

La vue en perspective à 30° (310-008) et la photo échelle 1 (310-009) donnent l'aspect des pièces élémentaires principales, notamment les dimensions des condensateurs. Ceux-ci sont enchassés entre un moyeu et une couronne crénelée intérieurement. Des tolérances d'usinage assez serrées sont nécessaires pour pouvoir y loger les condensateurs avec un jeu minimum.

Les flasques sur lesquelles sont vissés les connecteurs N et BNC dans lesquelles sont insérées les résistances viennent se fixer sur cette couronne.

Les connecteurs N et BNC d'entrée et de sortie ont été réétudiés pour satisfaire à la fois à une bonne adaptation d'impédance et à une bonne rigidité mécanique, le contact des résistances se faisant par pression.

La vue en perspective donne clairement les indications pour le montage et le démontage. Les intégrateurs sont vissés au fond et à l'intérieur de la cage Faraday (310-004) (le numéro des atténuateurs

est marqué sur le plan). Un joint "Altofelt" assure un contact électrique parfait sur toute la surface de contact entre la cage et l'intégrateur ceci afin d'éviter d'introduire par les câbles des tensions parasites à l'intérieur de la cage Faraday.

L'amplitude du signal de sortie pour un intégrateur terminé à 50Ω est dans le cas général :

$$e_{\text{out}} = \frac{1}{2 RC} \int_0^T e_{\text{in}} dt \quad \begin{array}{l} T = \text{temps d'intégration} \\ T \ll RC \end{array}$$

(l'adaptation d'impédance au départ de l'intégrateur divise par deux le signal).

5.2 Commutateur coaxial

Les commutateurs coaxiaux (reed relays selector units) sont installés dans la cage Faraday à la salle du calculateur. Ils reçoivent tous les signaux de mesure après traitement, voir :

- "General circuit" 310-001
- Répertoire des points de mesure par 1.1
- Fonctions des circuits 4

La commande à distance des commutateurs coaxiaux se fait par les sélecteurs à touches soit depuis la MCR, soit depuis la CR. Le circuit de câblage et d'interconnexion entre les salles est entièrement donné par le schéma 310-010. Chaque commutateur coaxial comporte 19 circuits identiques de commutation + 1 circuit d'interconnexion avec un autre commutateur coaxial (non utilisé). Le sélecteur à poussoirs de chaque canal ne comportant que 17 touches, une réserve de 2 circuits de commutation est prévue en cas de défaillance d'un circuit. Le circuit de câblage d'un double commutateur coaxial (2 canaux) est donné par le schéma 310-011.

La commutation coaxiale comporte deux "reed relays" par circuit de mesure. On notera que le deuxième contact normalement fermé sur 50Ω

pendant l'inutilisation du circuit a une fonction double : d'une part il permet de protéger les condensateurs dans le cas d'une fuite "DC" accidentelle ou d'un défaut de terminaison à la sortie du "pick-up"; d'autre part les résistances de terminaison étant placées à l'extérieur de la cage Faraday, il est alors possible de prélever les signaux traités pour des contrôles et des ajustements éventuels dans la salle du calculateur elle-même. Le sélecteur à boutons poussoirs n'autorise l'utilisation que d'une seule touche à la fois dans chaque canal. Cette touche verrouillée mécaniquement revient automatiquement si l'on en presse une autre. La circuiterie électrique est ainsi simplifiée au maximum.

Description mécanique sommaire d'un commutateur coaxial

Un commutateur coaxial est constitué par 4 étages de circuits montés radialement sur un bloc de laiton 6 pans, voir le dessin No 310-012. Chaque étage comporte 5 circuits, chaque circuit est un commutateur à deux directions monté dans un T coaxial en laiton argenté. Le signal entre par le pied du T et deux "reed switches" fonctionnant alternativement sont insérés de chaque côté dans la barre du T. Le contact radial intérieur sort directement. Les câbles coaxiaux RG 58 c/u sont directement raccordés sur le T, le blindage extérieur du câble est pincé sur le tube.

La liaison entre étage se fait par les 3 "reed switches" logés dans la fente pratiquée sur une des faces du 6 pans. Ils sont actionnés selon l'étage en service par des U en fer doux magnétisés par une bobine montée sur un couvercle s'emboîtant dans la fente.

Le circuit de diodes 1N 914 A est rassemblé sur une carte imprimée.

5.3 Circuit - Différence algébrique des signaux

La différence des signaux dans le Δ mixer AN 100 est obtenue par inversion d'une des entrées par un transformateur à ferrite.

Les 2 sorties du Δ mixer, normale et inversée, sont utilisées :

lorsque l'une ou l'autre ou les 2 sorties fournissent après une amplification convenable, un signal négatif supérieur au seuil de l'un ou l'autre ou des deux discriminateurs contenus dans le module EGG TR 104S, un signal négatif logique est produit par chacun des discriminateurs. Cette façon de procéder permettrait de repérer le canal où une faute a été détectée et conduirait aux possibilités d'adjonctions futures suivantes :

La simulation en basse tension d'une impulsion de référence semblable à l'impulsion d'un des kickers permettrait au circuit de P.B. de ne travailler qu'avec un seul kicker. Ce circuit est décrit au paragraphe 5.6.

La sortie normale du mixer est partagée en 2 voies : une pour fournir le signal d'observation analogique de la différence par l'intermédiaire du sélecteur coaxial; l'autre est amplifiée (1/2 AN106) et envoyée sur le discri 1/2 TR104S.

La sortie inversée va directement après amplification à l'autre discri : 1/2 TR104S.

Remarque : les signaux d'entrée dans les deux discriminateurs ne sont pas aux mêmes niveaux (split resistors voie normale). Pour conserver la même sensibilité de détection des erreurs dans l'un et l'autre canal, il conviendra de régler les discriminateurs selon le tableau du paragraphe 3.1.

L'ajustement fin de la sensibilité a été réalisé dans les 2 voies par des atténuateurs fixes (valeurs entre parenthèse dans le schéma 310-006).

Le mixer EGG AN100 est modifié selon le schéma 310-014 pour transmettre des impulsions $> 2 \mu\text{sec}$ caractéristiques 3.4.1.

Lorsque la détection d'erreurs par canal n'est pas séparée (cas actuel), une diode est insérée dans chaque sortie des discriminateurs pour obtenir une sortie commune sans réaction d'un circuit sur l'autre. Ce signal logique est un signal rectangulaire négatif de -1,5 V. Sa longueur de 8 ms environ est produite par un circuit branché extérieure-

ment sur les connecteurs "delay" de chaque discriminateur. Ce circuit est composé d'un câble RG196BU 50Ω de 15 à 20 m et d'une capacité de $400 \mu\text{F}$ électrolytique. Le câble supprime la tendance à osciller du circuit.

La sortie commune des discriminateurs est reliée à un blocking oscillator modifié (310-015) de façon telle que : a) en l'absence de signal d'erreur du "pulse balance" ce circuit produise un train continu d'impulsions (17 V) 3 à 6 K c/s; b) en présence d'un signal d'erreur le blocking oscillator s'arrête de fonctionner pendant 8 ms.

Le blocking est raccordé sous 75Ω sur le circuit de couplage et d'interlock des impulsions d'erreur "pulse balance".

Ce mode de fonctionnement inhibe le fonctionnement de l'éjection en cas de panne de ce circuit ou du non-enclenchement du Monitoring. La protection automatique de l'éjection est ainsi rendue plus fiable.

5.4 Circuit somme algébrique des signaux

Le mixer Σ est attaqué à un niveau convenable à partir de deux "split resistors" de chaque canal KM I et KM II.

Le mixer Σ EGG AN 100 est modifié (310-014), caractéristiques 3.4.2.

La sortie normale du mixer Σ est directement raccordée au sélecteur coaxial canal II pour l'observation analogique du signal.

La sortie inversée est terminée à 125Ω pour élargir la constante de temps du circuit de sortie.

5.5 Trigger selector

Le schéma de principe est donné par le circuit général 310-001, les raccordements des câbles par 310-004 et 310-005, les circuits électriques et électroniques par le schéma "Monitoring Trigger Selector" 310-016. Les fonctions de cet appareillage sont données au paragraphe 1. La manière de l'utiliser au paragraphe 2 et 2.1.

Les signaux pour commander les éclateurs "front", "clipping" et "tail" venant du timing à la MCR sont partagés chacun dans un "split resistor" à la CR : une voie alimente le trigger split correspondant, l'autre voie est de nouveau partagée à l'intérieur de la cage Faraday pour fournir d'une part le signal sur le sélecteur des signaux, d'autre part le signal de trigger.

L'ajustement correct des niveaux est faite par des atténuateurs voir paragraphe 1-1, répertoire des points de mesures, colonne "atténuation".

Les 3 signaux "front", "clipping", "tail", sont envoyés aux 2 commutateurs coaxiaux dans la cage blindée commandés par les boutons-poussoirs du panneau "monitoring trigger selector" installé à la MCR rack MR29.

La sélection de la zone se fait également par les boutons-poussoirs du panneau "monitoring trigger selector".

Le timing à la MCR Rack MR28 distribue les signaux de chaque zone (prepulses) 6 ms avant l'éjection correspondante. Le signal de zone choisi ouvre un monostable pendant 10 ms, (SN7400N). L'équivalent d'une porte "and" (SN7440N) donne un signal logique 5V pour la coïncidence du signal du monostable et du signal trigger venant de la CR. Le signal de distribution sur l'oscilloscope se fait à 50 Ω par un émetteur follower 2 x 2 N2714.

Aucun ajustement extérieur du délai n'est nécessaire, le signal étant prélevé à la CR. Le câble de transmission 74 m No 71104 détermine le retard nécessaire.

5.6 Circuit impulsion de référence

Ce circuit pourra être installé lorsque les problèmes posés par l'alimentation d'un aimant kicker travaillant seul sera résolu. Le block diagram de ce circuit est donné par le dessin 310-017. Le schéma de détail par 310-018. Le principe de fonctionnement est le suivant : produire une impulsion identique (forme, amplitude, temps) à celle de

l'impulsion d'excitation mesurée dans les conditions d'exploitation d'un seul aimant kicker.

La référence de temps est donnée par un flip flop (SN7400) commandé par les impulsions front et clipping, le retard exact étant ajusté par des câbles coaxiaux. La référence d'amplitude est prise depuis l'alimentation HT des lignes via les circuits interlock sous forme d'une tension DC. Ces signaux convenablement traités : adaptation d'amplitude et d'impédance pour la référence de temps; isolation galvanique (chopper) et amplification DC pour la référence d'amplitude.

Ces deux signaux sont envoyés sur une porte linéaire EGG LG101 qui ne s'ouvre que pendant l'impulsion rectangulaire du flip-flop et qui transmet pendant cet instant l'amplitude DC (variable selon le mode de fonctionnement du kicker). Un filtre LC restitue les flancs de montée et de descente correspondant à ceux de l'excitation du kicker.

Le signal ainsi obtenu est envoyé dans le circuit pulse balance + sum par un split resistor après ajustement des niveaux.

5.7 Lignes à retard

Les lignes à retard réglables de 0 à 99 ns résolution 1 ns sont des circuits annexes de l'éjection rapide. Elles servent à ajuster avec précision les retards du timing et des Marx triggers (front et clipping) pour que les fronts de montée et de descente dans les deux demi kicker coïncident. La construction mécanique et le block diagram sont donnés par la figure 310-019.

Le principe de fonctionnement est basé sur la commutation de tronçons de câble RG-58 c/u 50Ω par des "reed switches" montés coaxialement. La mise en service d'un ou plusieurs tronçons de câble se fait selon un code binaire.

Un ligne à retard est composée de deux sections :

- 1°) section 0-9 ns pour l'ajustement des unités (1ns) par un 1er multiswitch "Contraves";
- 2°) section 0-90 ns pour l'ajustement des dizaines (10 ns) par un 2ème multiswitch "Contraves".

Le montage et le câblage ont été réalisés dans deux versions :

1ère version : un châssis hauteur 2 unités CERN renferme deux lignes à retard 0-99 ns indépendantes alimentation autonome 24 V et commande locale par multiswitch "Contraves" B033 code 1-2-4-2 schémas électriques 310-020.

2ème version : un châssis hauteur 2 unités renferme quatre lignes à retard 0-99 ns indépendantes alimentation extérieure 30 V et commande à distance par multiswitch "Contraves" B034, code 1-2-2-4. Cette exécution est interchangeable avec les châssis à 2 lignes à retard réalisés par la firme Borer, schémas électriques 310-021.

La réalisation mécanique (310-019) est constituée par des tubes et des pièces usinées très simples. Les "reed switches" latéraux sont montés dans des tubes avec leurs bobines coaxiales d'excitation à l'extérieur de ceux-ci. Chaque tube est fixé à l'une de ses extrémités au corps usiné de la ligne par une seule vis; à l'autre extrémité est serti le câble. Les "reed switches" centraux sont montés dans une gorge; ils sont excités par les électro-aimants montés par dessous. Chaque tronçon ne comporte que 2 soudures. L'interchangeabilité d'un "reed switch" défectueux en est rendue très facile.

6. CONTROLE DES PERFORMANCE ET ENTRETIEN

Les caractéristiques du "fast monitoring" sont données à la section 3.

6.1 Intégrateurs

Le processus de contrôle des intégrateurs est le suivant :

- (a) Vérification des capacités montées en parallèle $C = 1,8 \mu\text{f}$ avec pont de mesure de capacité ou plus simplement : mesure de l'isolement avec un ohmètre $R \rightarrow \infty$ après la charge des condensateurs.
- (b) Vérification des résistances $2 \times 50 \Omega \pm 1\%$.

- (c) Essais avec un générateur avec temps de montée rapide : "Mercury pulser" ou "transistor avalanche" amplitude 50 à 100 V.

Les temps de montée de ces deux circuits ont été mesurés avec l'oscilloscope Tektronix 519 $r_t = 0,29$ ns, voir fig. 310-024.

Les mesures sur l'intégrateur préalablement fermé sur 50Ω sont effectuées soit avec l'oscilloscope Tektronix 585 + tiroir 82 $r_t = 4,2$ ns ou le tiroir "sampling" 1S1 $r_t = 0,35$ ns, soit avec l'oscilloscope Tektronix 454.

Sensibilité : 10 mV/div $r_t \leq 3,5$ ns

20 mV/div $r_t \leq 2,4$ ns

La réponse à une impulsion rectangulaire est donné par la figure 310-025.

L'amplitude est

$$e_{out} = \frac{1}{2 RC} \int_0^T e_{in} dt \text{ avec } T \ll RC$$

en notant que l'adaptation d'impédance à la sortie de l'intégrateur divise par deux le signal.

Le coefficient de réflexion $\rho = \frac{z_L - z_0}{z_L + z_0}$

est mesuré avec le HP 1415A "time domain reflectometer".

ρ est de 5 à 7 % à 2,3 Ghz suivant que l'on mesure du côté connecteur type N ou BNC. Les résultats sont comparables à ceux d'une terminaison 50Ω BNC, fig. 310-025.

6.2 Sélecteur coaxial

Le contrôle du sélecteur coaxial est le suivant :

- (a) Vérifier les circuits à sortie commune, le signal appliqué à chaque circuit, correspondant au poussoir dans la position enfoncée, doit être restitué sur la sortie commune;

- (b) Vérifier les circuits à sortie séparée : tous les signaux appliqués sur les circuits d'entrée doivent sortir sur les circuits séparés sauf celui dont le poussoir est enfoncé.

La vérification du fonctionnement des reed switches peut être faite à l'ohmètre. La vérification de la qualité du sélecteur peut être faite avec un Mercury switch ou un transistor avalanche dont les signaux sont atténués pour obtenir une tension de sortie de 1 à 5 V max. fig. 310-024 ou avec un time domains reflectometer.

Chaque groupe de circuits présente des caractéristiques identiques, voir résumé 3.3. Les photographies 310-026 côté gauche ont été prises avec le time domain reflectometer HP 1415A. La résolution totale y compris le système de mesure à échantillonnage est de 150 ps. Elles donnent pour chaque groupe de circuits le coefficient de réflexion, la largeur et la forme de l'impulsion réfléchie.

Les photographies 310-026 (côté droit) ont été prises en insérant le circuit du sélecteur à mesurer entre le générateur et le système de mesure à échantillonnage du T.D.R. 1415 A. Elles donnent le temps de montée ($10-90^{\circ}/o$) de chaque groupe de circuit de mesure.

La procédure de démontage est la suivante, voir dessin 310-012 :

Le démontage du couvercle support des électro-aimants en U donnent l'accessibilité aux "reed switches" transversaux. Les vis de fixation des circuits T radiaux supérieurs sont également accessibles. Le démontage de ces circuits donnent l'accessibilité aux circuits T radiaux inférieurs.

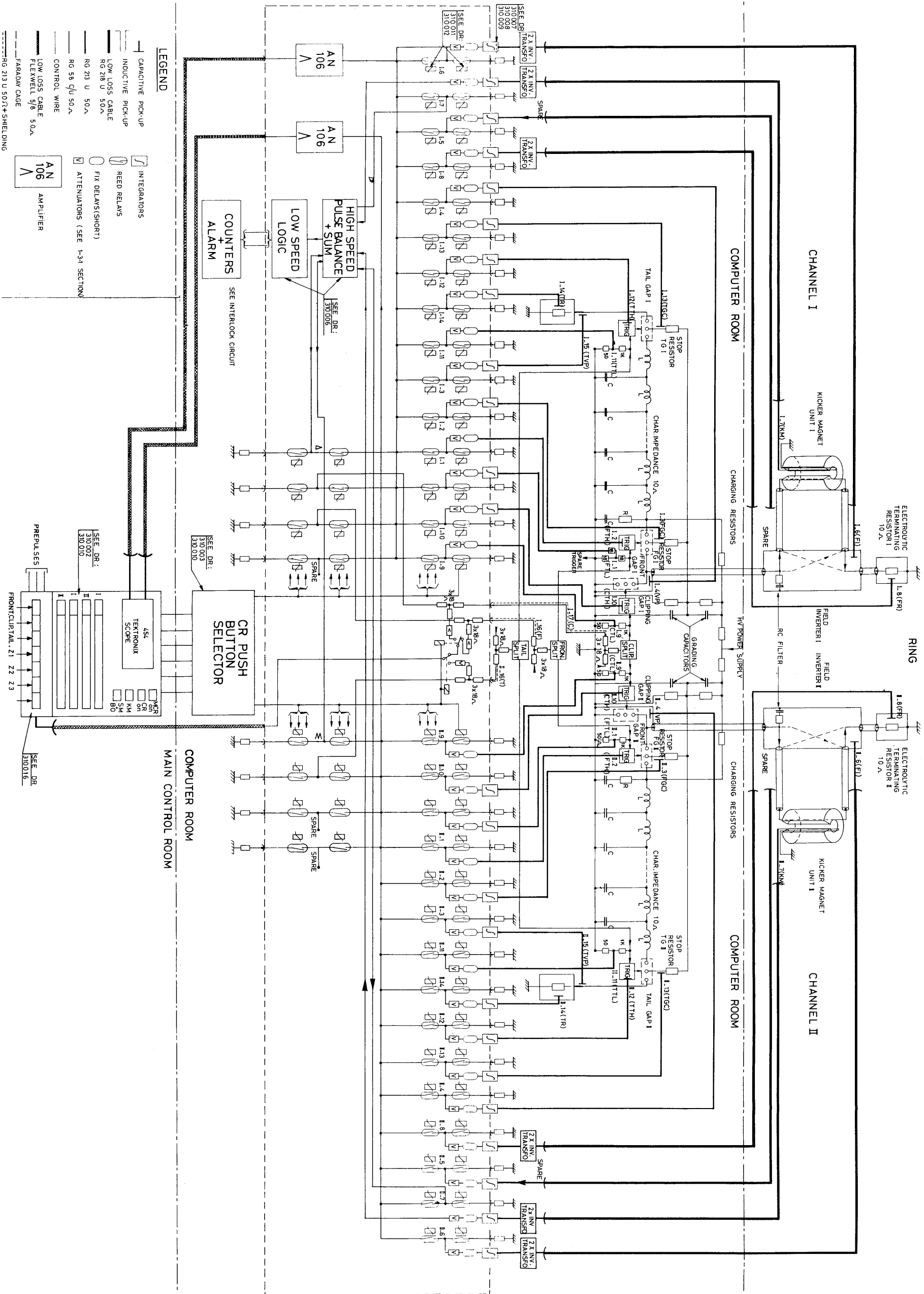
La carte de diode est interchangeable.

6.3 Circuits électroniques

Les caractéristiques sont données à la section 3. Le contrôle des circuits électroniques se fera à l'oscilloscope 585 ou 454 selon les méthodes habituelles. Les niveaux de tensions, les amplifications et les atténuations sont indiquées sur les dessin 310-006, et les schémas de détails 310-013, 014, 015, 016, 017, 018. La résolution maximum du

pulse balance est de 10 ns pour des fronts de montée et de descente de l'ordre de 50 ns.

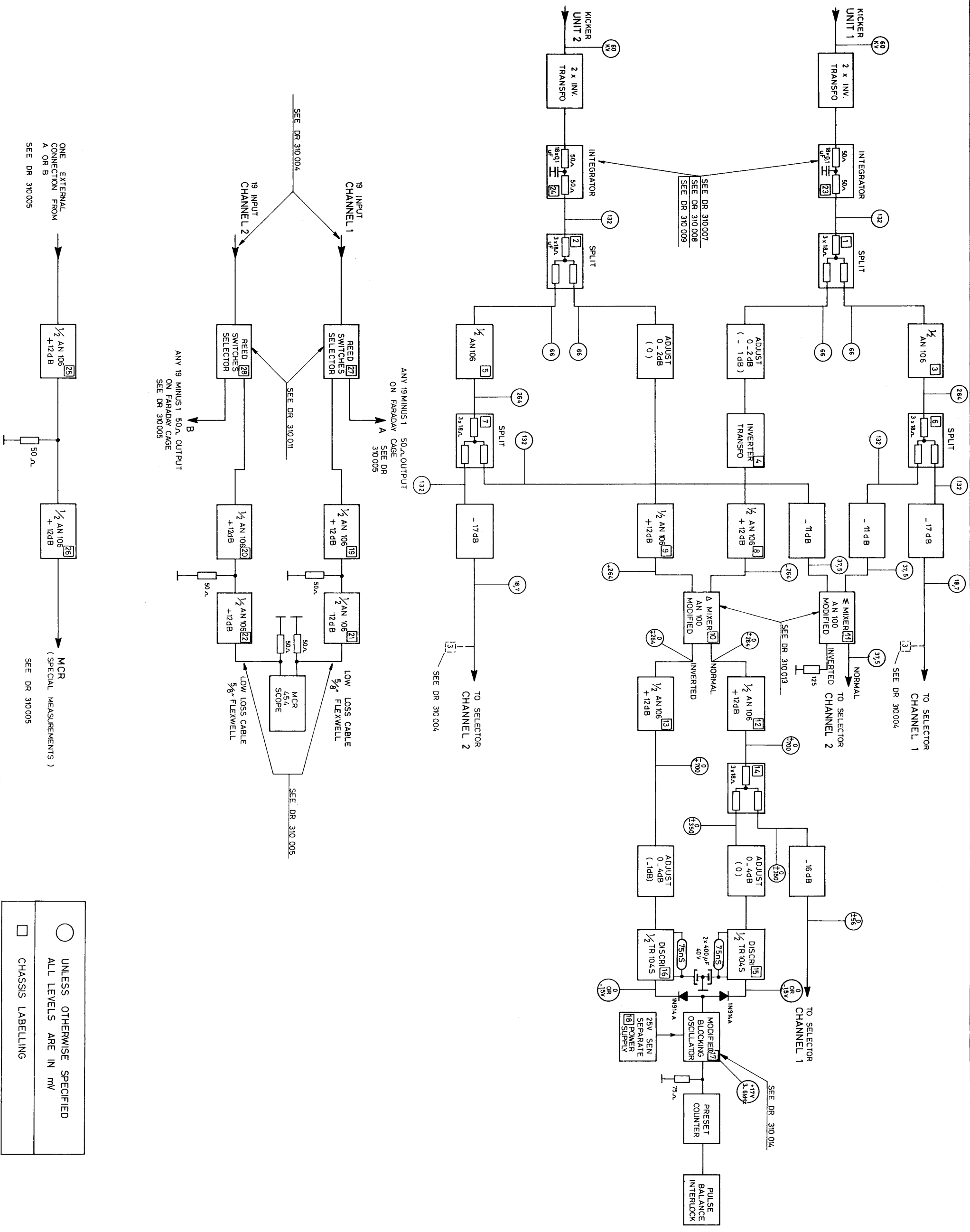
Les valeurs des atténuateurs de calibration devant les signaux sont données sur le tableau 1.1, répertoire des signaux de mesure.



OSF - FAST MONITORING

GENERAL CIRCUIT

Dessiné		Modif. F	
Contrôle		Modif. E	
Modif. A		Modif. D	
Modif. B		Modif. C	
PS/FES		310 001	



○ UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
ALL LEVELS ARE IN mV

□ CHASSIS LABELLING

OSF - FAST MONITORING

**HIGH SPEED PULSE BALANCE +
SUM AND SIGNALS MEASUREMENT
SYSTEM**

Dessiné		Modif. F	
Contrôle		Modif. E	
Modif. A		Modif. D	
Modif. B		Modif. C	
PS/FES	310 006		

CHANNEL I

CHANNEL II

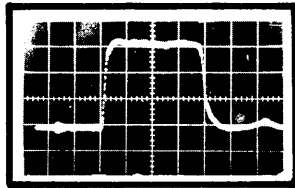
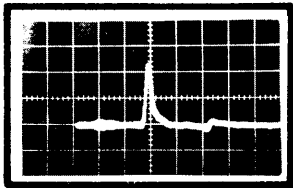
1 BUNCH

19 BUNCHES

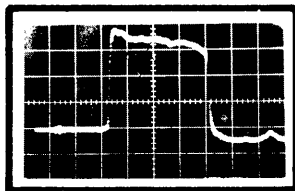
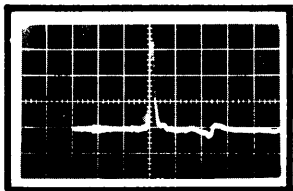
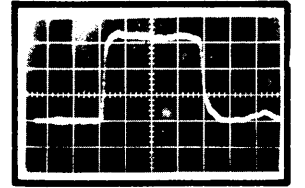
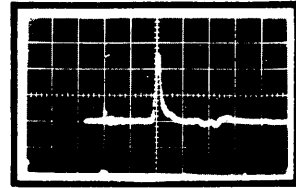
60 kV

1 BUNCH

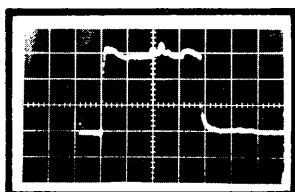
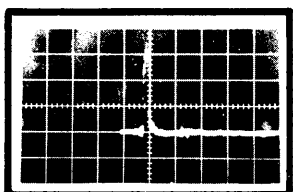
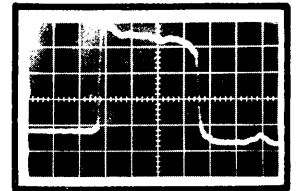
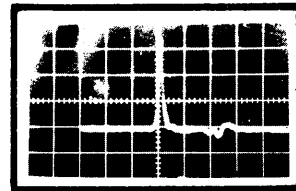
19 BUNCHES



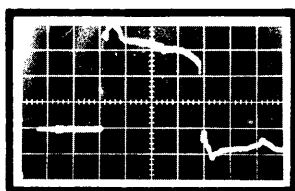
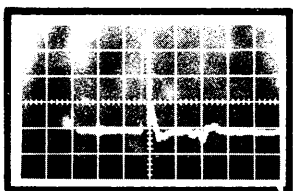
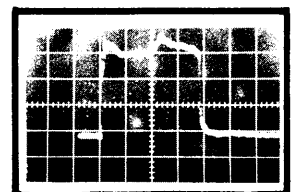
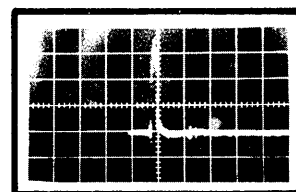
KICKER MAGNET
KM
100 mV/div
500 nS/div



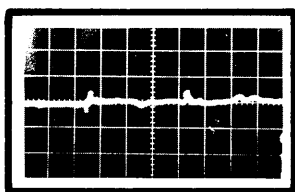
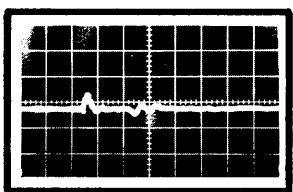
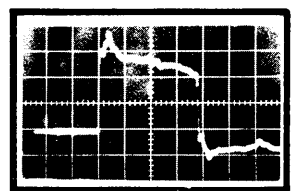
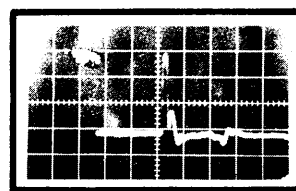
FRONT RESISTOR
FR
100 mV/div
500 nS/div



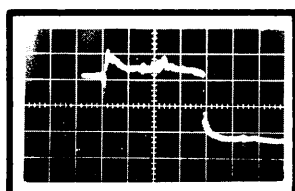
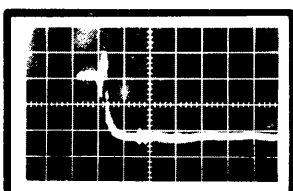
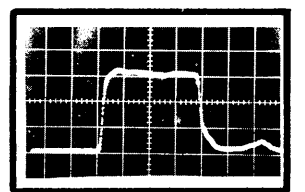
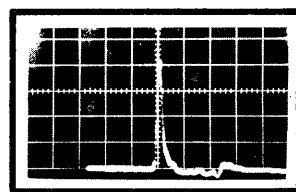
VOLTAGE PULSE
VP
100 mV/div
500 nS/div



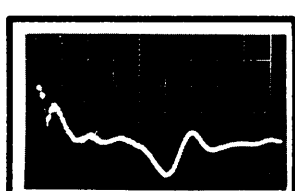
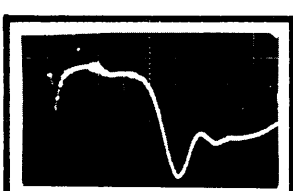
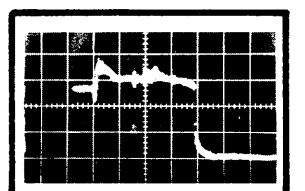
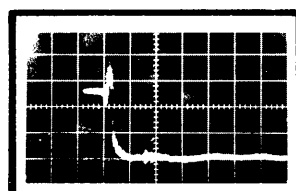
FIELD INVERTER
FI
100 mV/div
500 nS/div



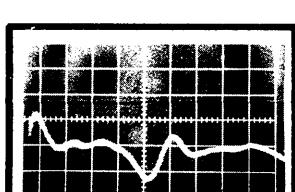
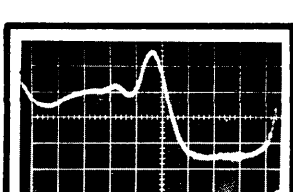
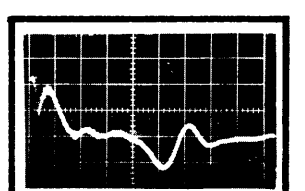
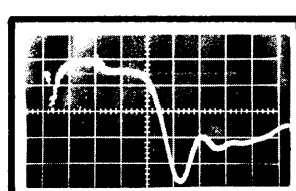
PULSE BALANCE
PB
100 mV/div
500 nS/div



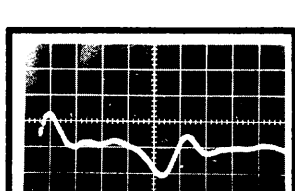
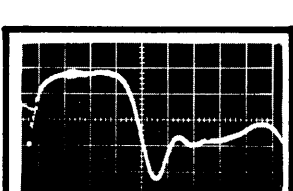
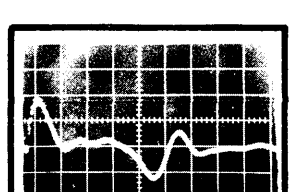
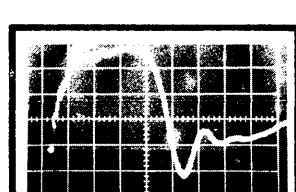
FRONT GAP CENTER
FGC
100 mV/div
500 nS/div



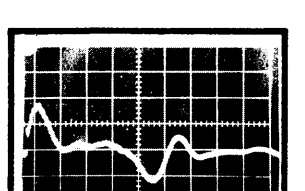
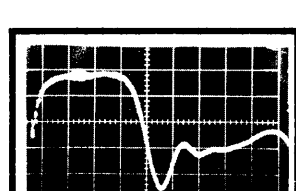
TAIL GAP CENTER
TGC
100 mV/div
500 nS/div



TAIL VOLTAGE PULSE
TVP
100 mV/div
500 nS/div



TAIL RESISTOR
TR
100 mV/div
500 nS/div



OSF - FAST MONITORING

SIGNALS MEASUREMENT

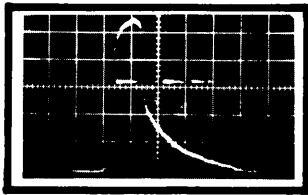
Dessiné			Modif. F		
Contrôlé			Modif. E		
Modif. A			Modif. D		
Modif. B			Modif. C		

PS/ FES

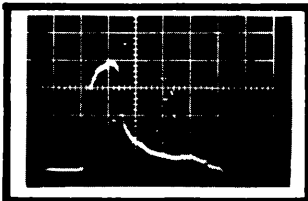
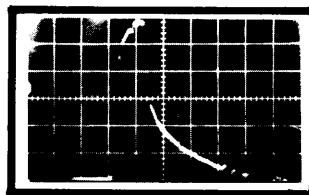
310 022

CHANNEL I

CHANNEL II

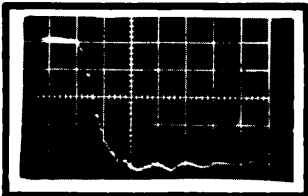


FRONT (F)
100 mV/div.
50 nS/div.
TAIL (T)

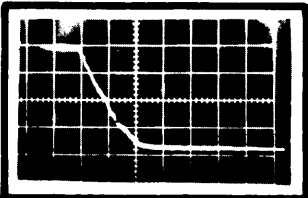
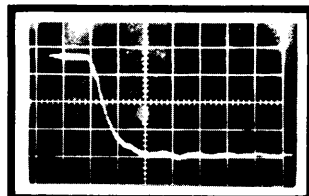


CLIPPING (C)
100 mV/div.
50 nS/div.

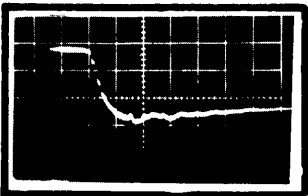
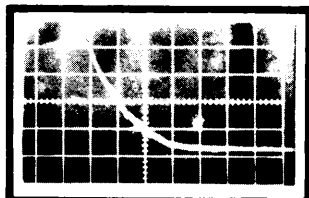
SPARE



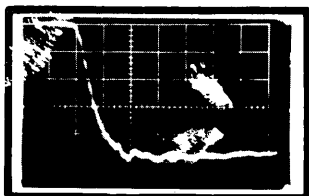
OUTPUT FRONT
MARX (FTH)
integrated signal
200 mV/div.
50 nS/div.



OUTPUT CLIPPING
MARX (CTH)
integrated signal
200 mV/div
50 nS/div



OUTPUT TAIL
MARX (TTH)
integrated signal
200 mV/div
50 nS/div



OSF - FAST MONITORING

**TRIGGER SIGNALS
MEASUREMENT**

Dessiné

Contrôle

Modif. A

Modif. B

Modif. F

Modif. E

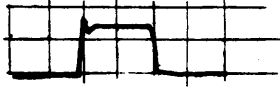
Modif. D

Modif. C

PS / FES

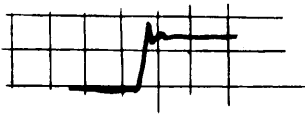
310 023

MERCURY PULSER RISE TIME



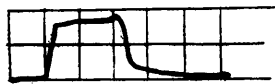
a) $V \approx 100 \text{ V}$
 $H = 5 \text{ ns/div}$

519 TEKTRONIX



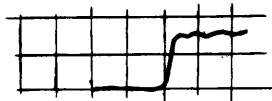
b) $V \approx 100 \text{ V}$
 $H = 2 \text{ ns/div}$

AVALANCHE TRANSISTOR RISE TIME



c) $V \approx 100 \text{ V}$
 $t = 5 \text{ ns/div}$

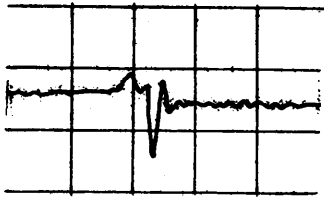
519 TEKTRONIX



d) $V \approx 100 \text{ V}$
 $t = 2 \text{ ns/div}$

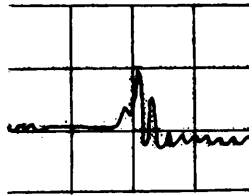
OSF – FAST MONITORING	Dessiné		
	Contrôlé		
INTEGRATOR INPUT SIGNALS	Modif. A		
	Modif. B		
	PS / FES	310 024	

TIME DOMAINE REFLECTOMETRY MEASUREMENT (HP 1415 A)



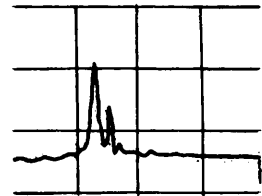
a) TYPE BNC MODIFIED CONNECTOR

$V = \rho = 0,05/\text{div}$
 $H = 10 \text{ cm}/\text{div}$



b) TYPE N MODIFIED CONNECTOR

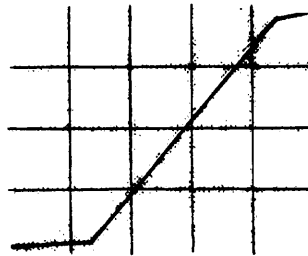
$V = \rho = 0,05/\text{div}$
 $H = 10 \text{ cm}/\text{div}$



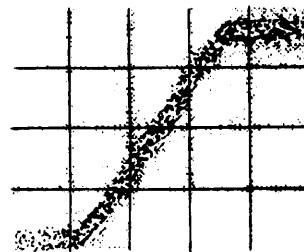
c) BNC 50Ω TERMINATION

$V = \rho = 0,05/\text{div}$
 $H = 10 \text{ cm}/\text{div}$

INTEGRATOR RESPONSE

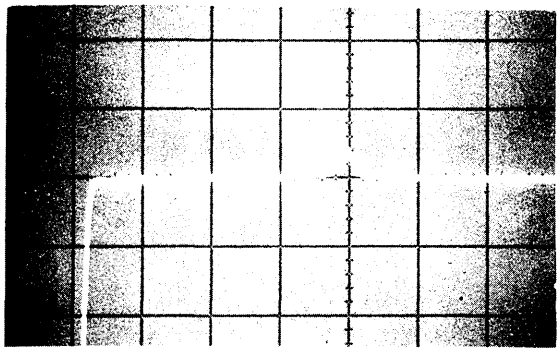


d) $V = 20 \text{ mV}/\text{div}$
 $H = 50 \text{ ns}/\text{div}$
 585 TEKTRONIX



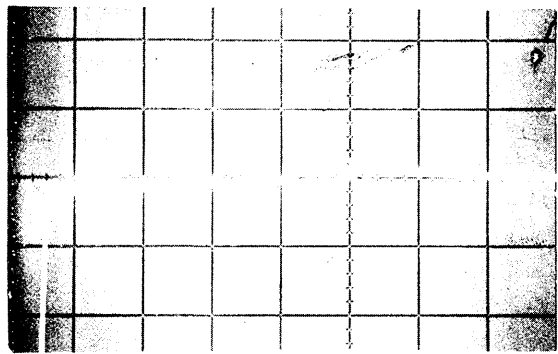
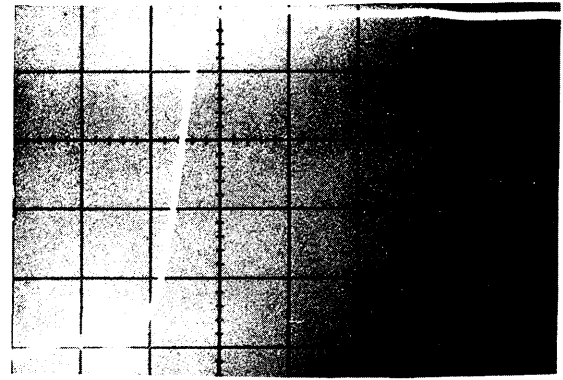
e) $V = 2 \text{ mV}/\text{div}$
 $H = 10 \text{ ns}/\text{div}$
 SAMPLING 1S1

OSF – FAST MONITORING INTEGRATOR MEASUREMENTS	Dessiné		
	Contrôlé		
	Modif. A		
	Modif. B		
	PS / FES		310 025

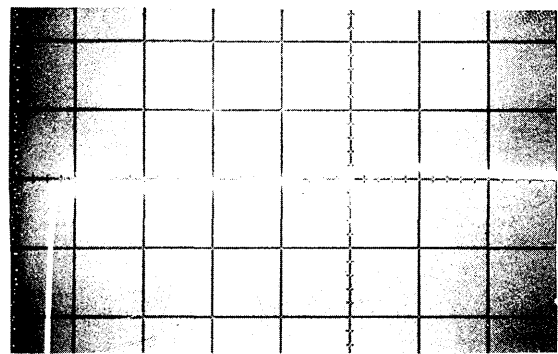
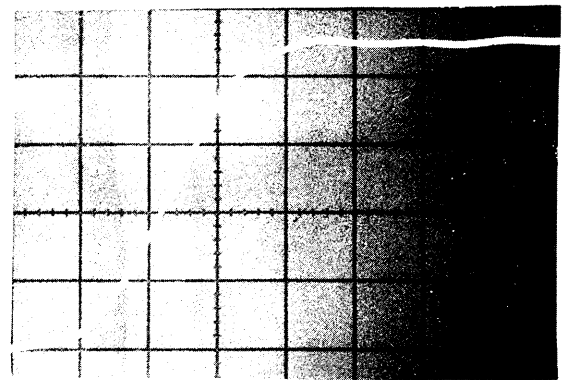


2m OF CABLE
RG 58 C/U 50Ω BNC
TERMINATION

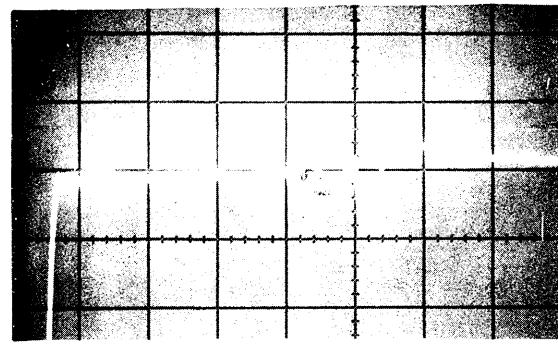
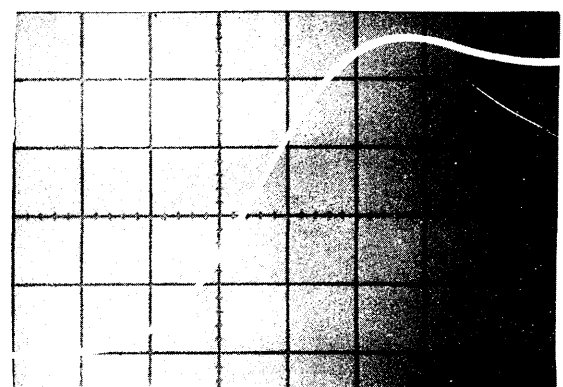
TDR REPOSE



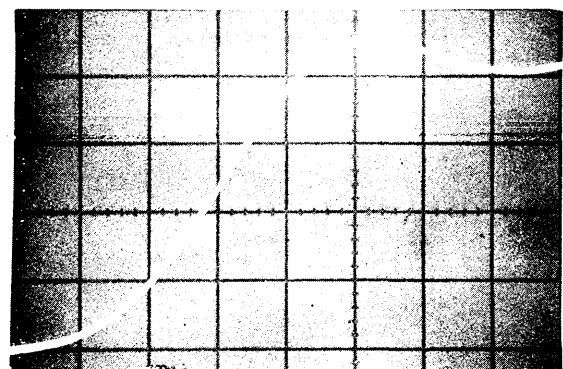
COMMUN OUTPUT
CIRCUIT
3-5-7-9
+ 2 METERS OF
CABLE
RG 58 C/U 50Ω



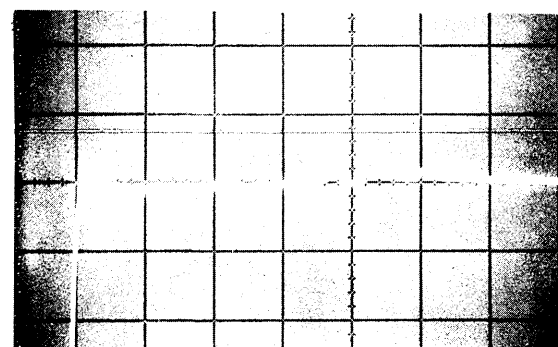
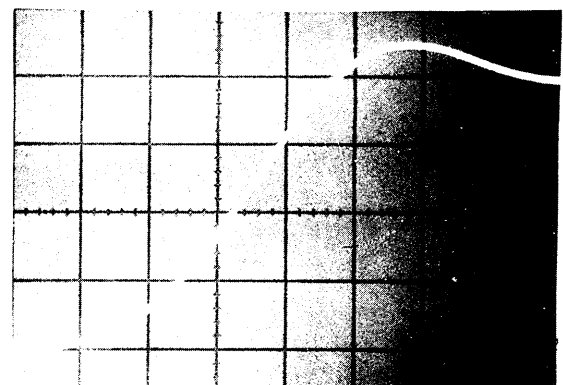
COMMUN OUTPUT
CIRCUIT
11-13-15-17-19
+ 2 METERS OF
CABLE
RG 58 C/U 50Ω



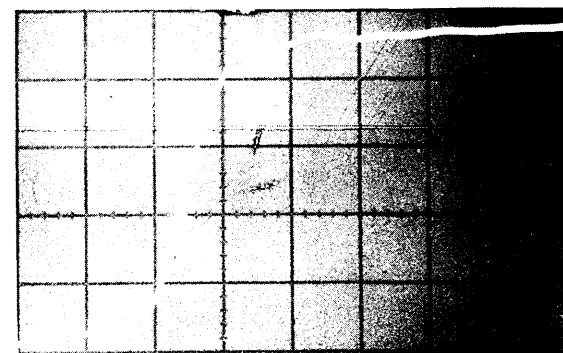
COMMUN OUTPUT
CIRCUIT
21-23-25-27-29
+ 2 METERS OF
CABLE
RG 58 C/U 50Ω



COMMUN OUTPUT
CIRCUIT
31-33-35-37-39
+ 2 METERS OF
CABLE
RG 58 C/U 50Ω



COMMUN OUTPUT
CIRCUIT
4-6-8-10-12-14-16-18
20-22-24-26-28-30
32-34-36-38-40
+ 2 METERS OF
CABLE
RG 58 C/U 50Ω



HP 1415 A TIME DOMAINE
REFLECTOMETER
reflection coef. $\rho = 0,1/\text{div}$
 $T = 5\text{nS}/\text{div}$ $L = 50\text{cm}/\text{div}$

← VERTICAL →
← HORIZONTAL →

RISE TIME REPOSE

50 mV / div
0,2 nS / div

OSF - FAST MONITORING

**SELECTOR CIRCUIT
RESPONSE**

Dessiné
Contrôlé

Modif. A
Modif. B

Modif. F

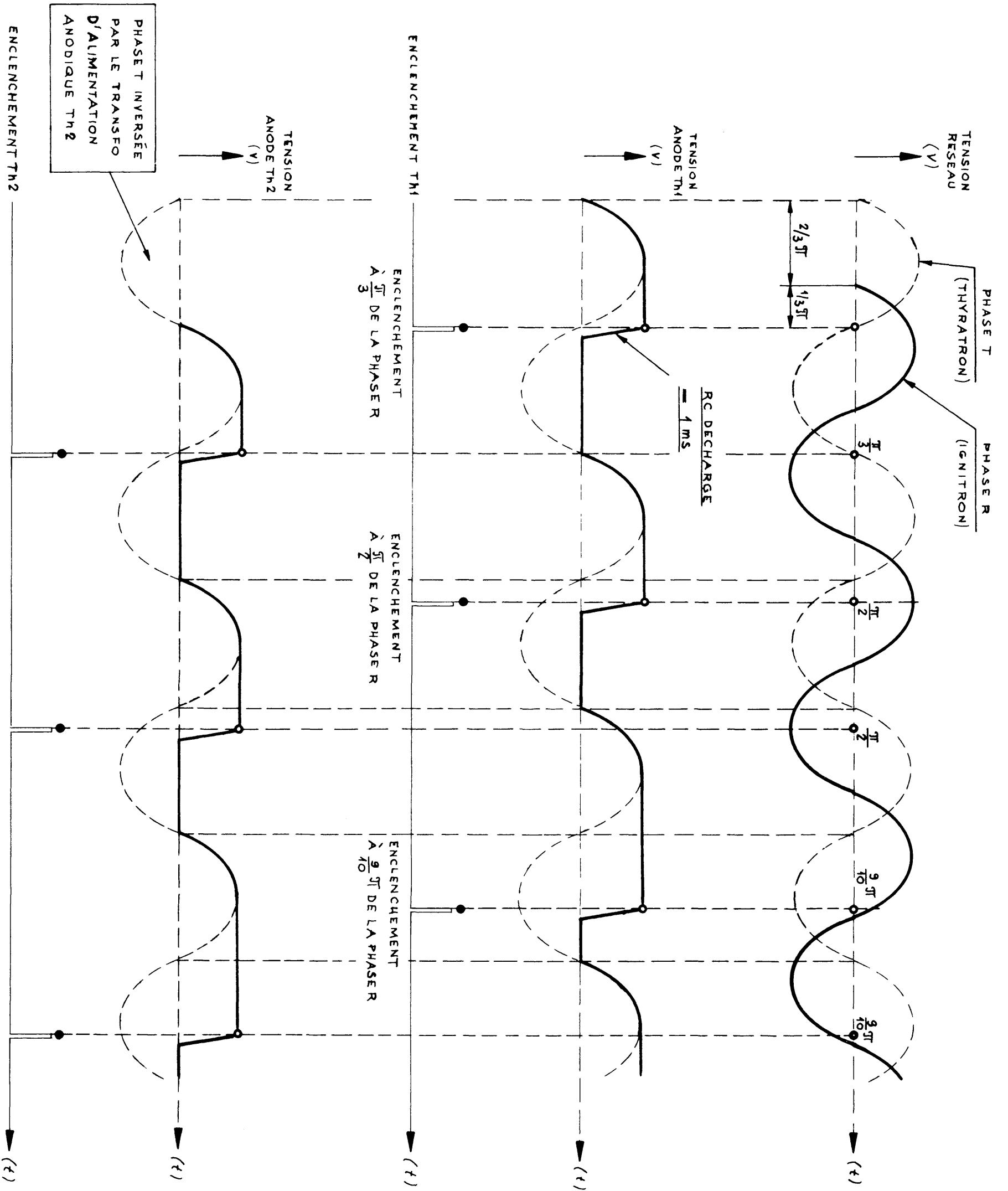
Modif. E

Modif. D

Modif. C

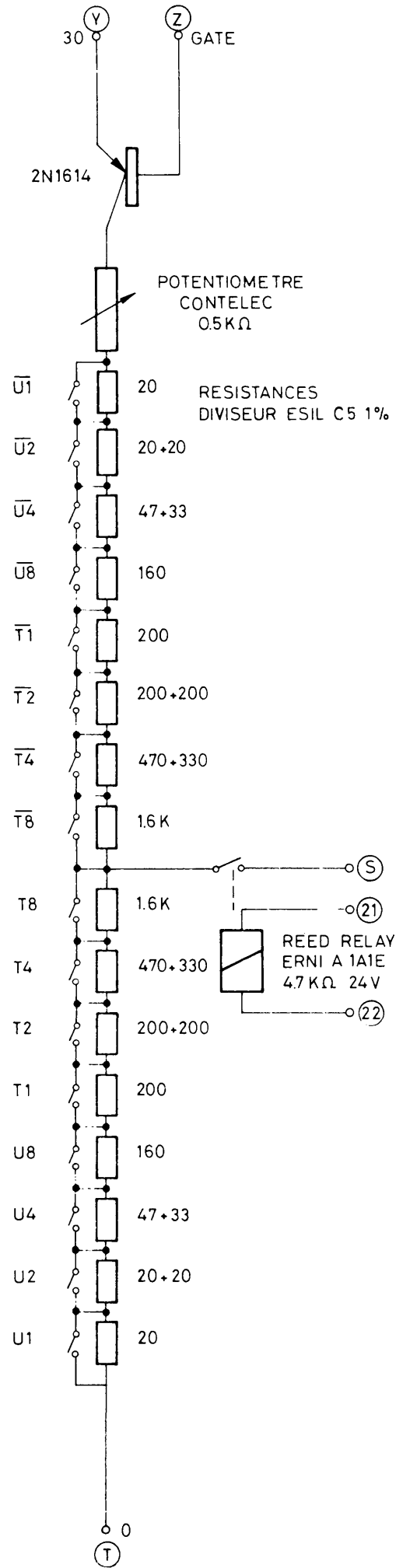
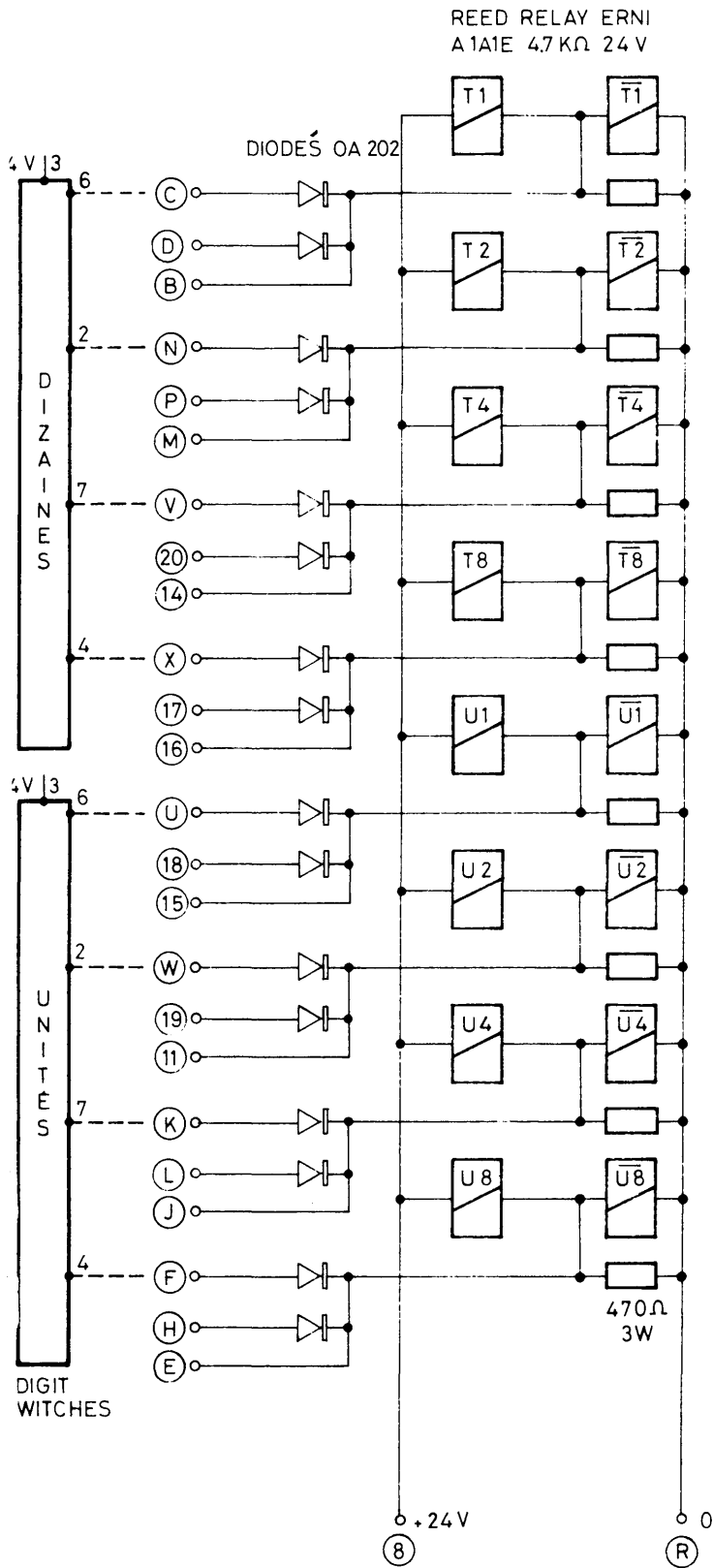
PS / FES

310 026

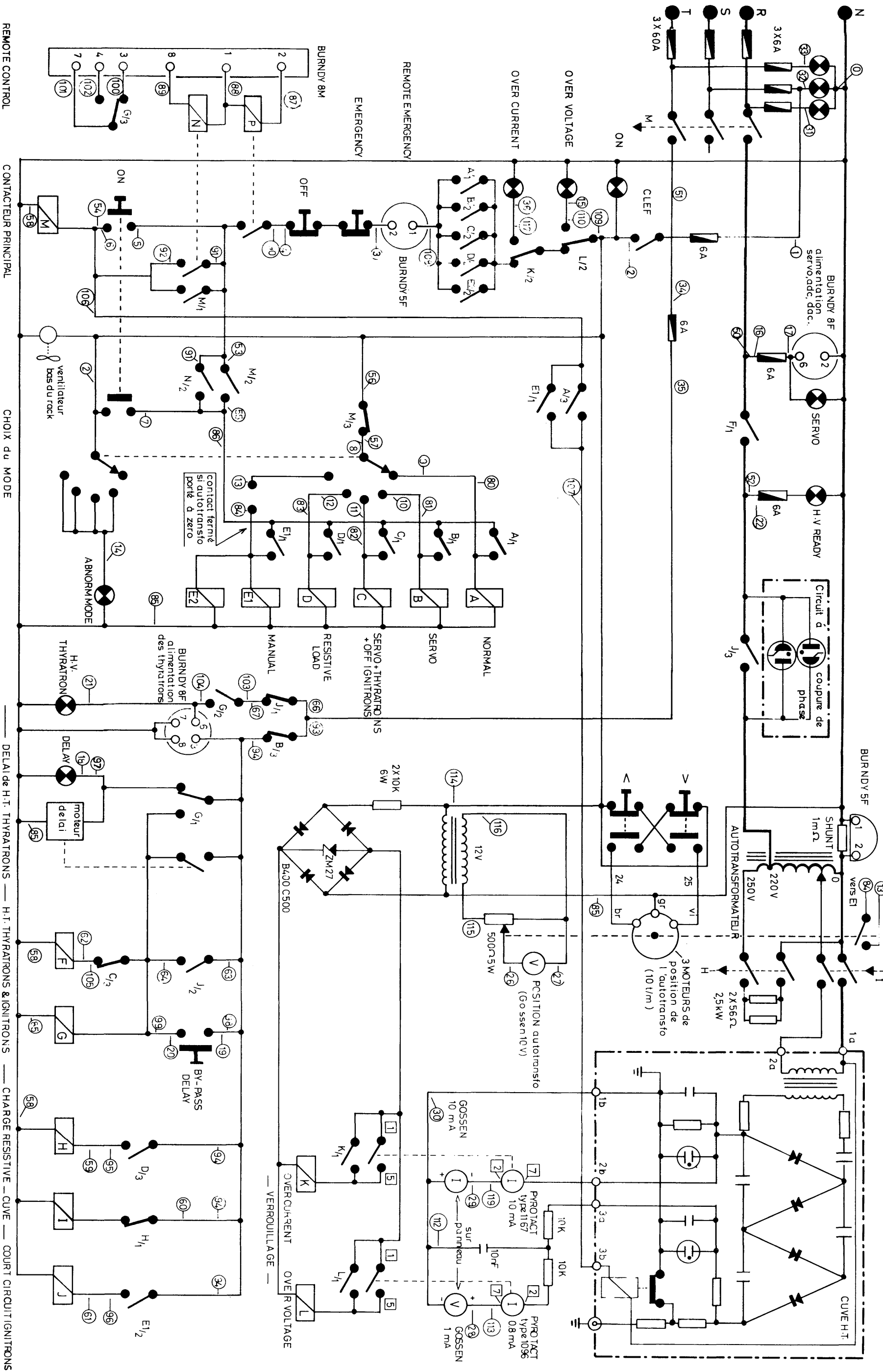


OSF – ALIMENTATION H.T. CIRCUIT A COUPURE DE PHASE DIAGRAMME DE TEMPS	Dessiné	<i>A. Berger</i>	30.6.69	Modif. F		
	Contrôlé	Paillard		Modif. E		
	Modif. A			Modif. D		
	Modif. B			Modif. C		
	PS / FES		312 008			

CIRCUIT IMPRIME SUR CARTE ENFICHABLE
CONNECTEUR 44 PINS UECL



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



Relais et Contacteurs utilisés

Fl, J, M	contacteur 60A SPRECHER
H	contacteur 40A TELEMECANIQUE
A, B, C, D	relais ELESTA E1E2, G
K, L, P, R	relais VARLEY vp2 / hpc ab / 26 700 Ω
lampes	CERBERUS 220 V.

ETAT des relais ou contacteurs selon mode d'opération (M enclenché)

Relais ou Contacteurs excités	A	B	C	D	E1 E2	F	G	H	I	J	OBSERVATIONS
Fonction du relais ou contacteur	normal	servo	servo+thyr	resist. load	manuel	tempér. sur ignitrions	h.t. thyatron	charge resistive	cuve h.t.	c.c. ignitrions	(1) condition inutile
MODE EMPLOYE	NORMAL	SERVO	SERVO+THYR+OFF IGNITRON RESISTIVE LOAD			après 5 min.	après 5 min.	après 5 min.	après 5 min.	après 5 min.	(2) porter l'auto-transfo à zero pour pouvoir enclencher M
						après 5 min.	après 5 min.				(3) pas de h.t. thyatron

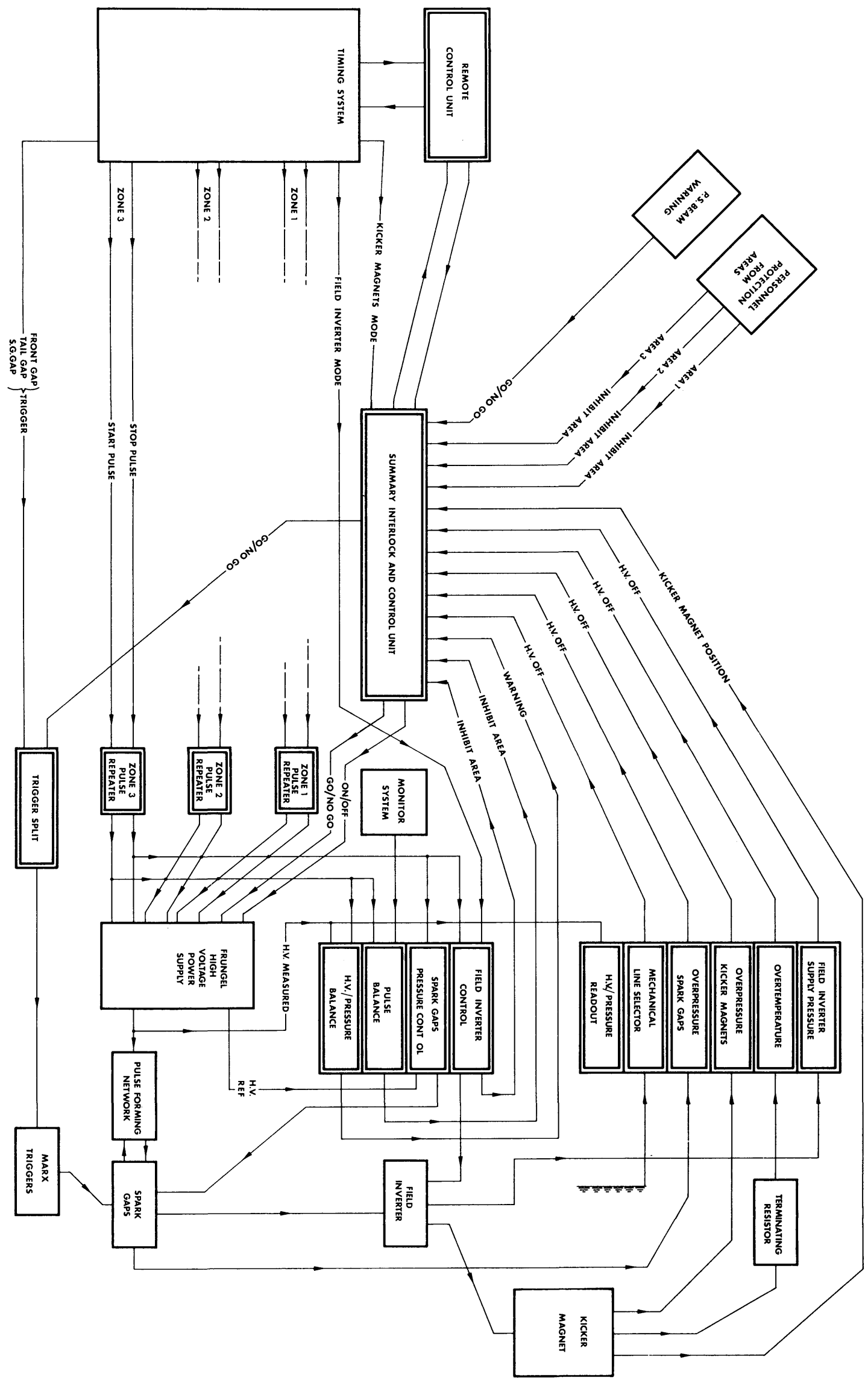
NOTA
 ○ les numéros encadrés correspondent aux fils allant aux borniers
 □ les numéros encadrés correspondent aux broches des socles

OSF - ALIMENTATION HAUTE TENSION

CIRCUIT DE CONTROLE

SCHEMA

Dessiné	23. 6. 69 G.PAILLARD	Modif. F
Contrôle	g.Paillard.	Modif. E
Modif. A		Modif. D
Modif. B		Modif. C
PS/FES		312 020

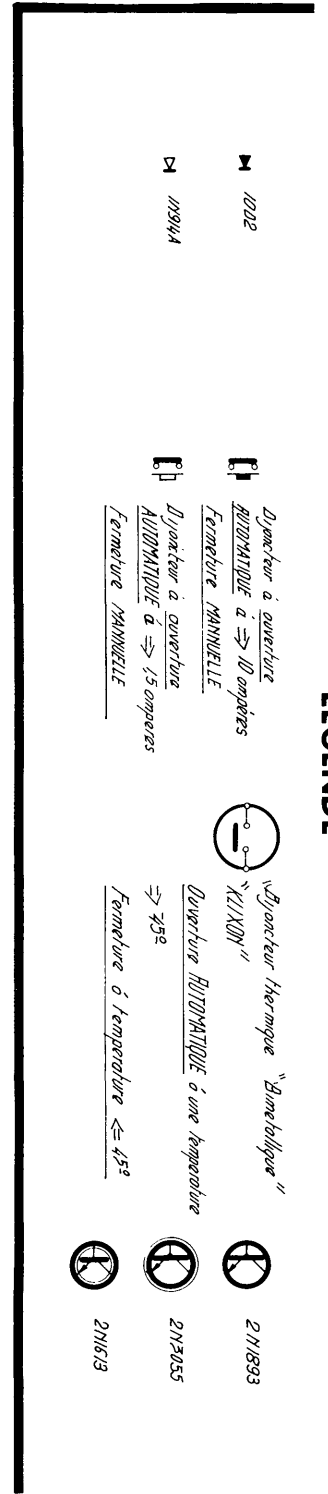
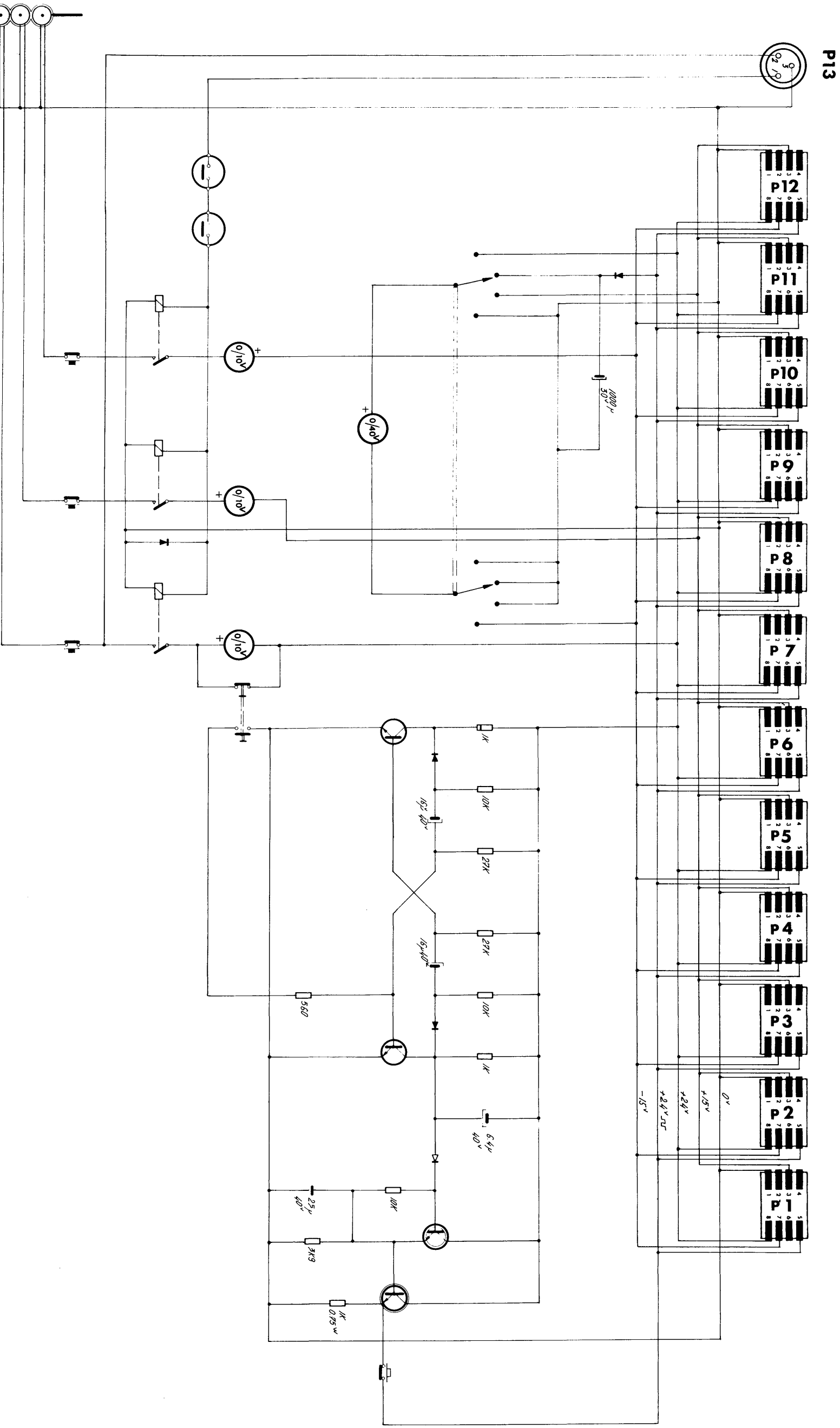


OSF - CONTROLS & INTERLOCKS

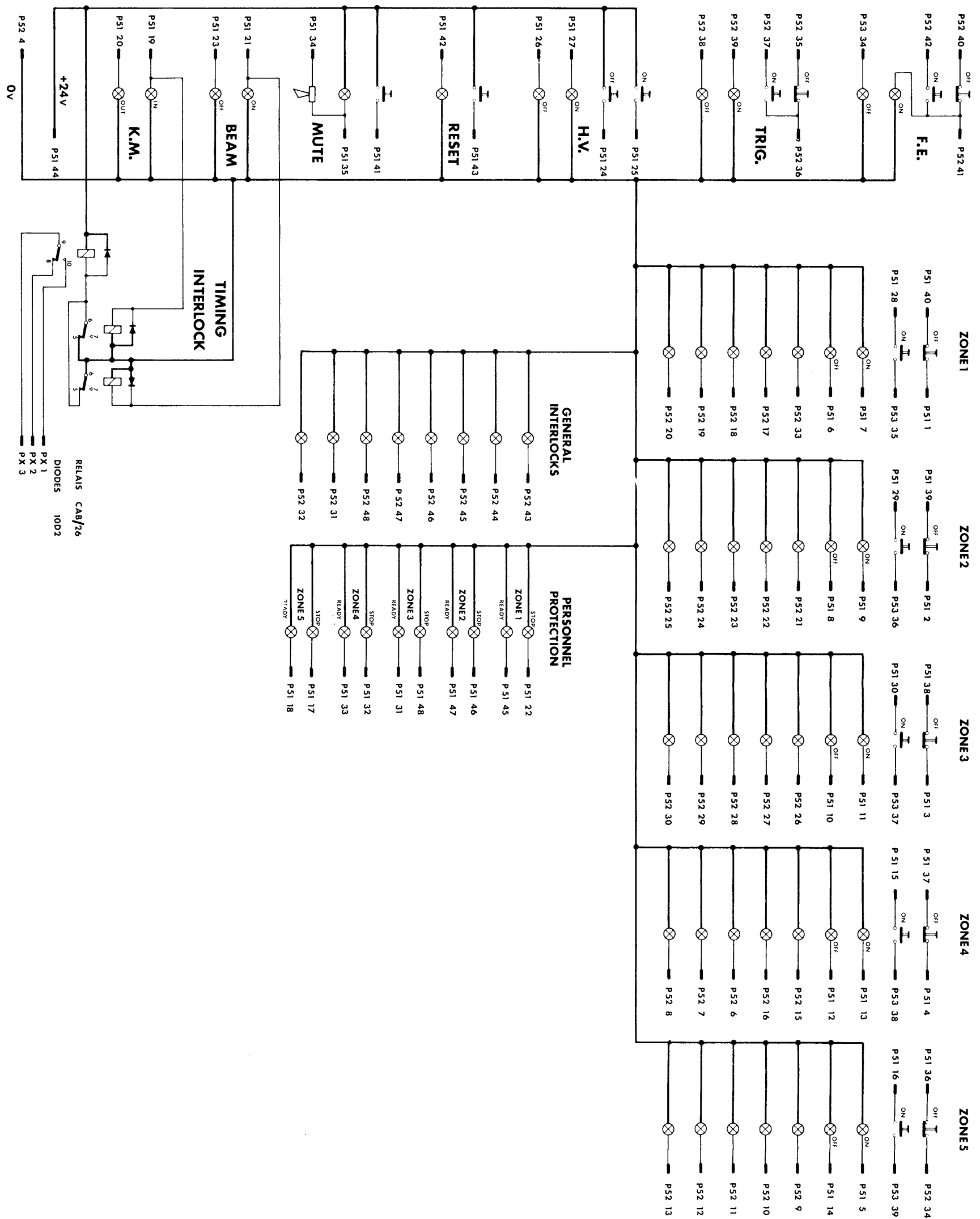
INTERLOCKS SYSTEM - BLOCK DIAGRAM

Dessiné	R.DOWNTON	Modif. F	
Contrôle		Modif. E	
Modif. A		Modif. D	
Modif. B		Modif. C	
PS/FES		316.000	

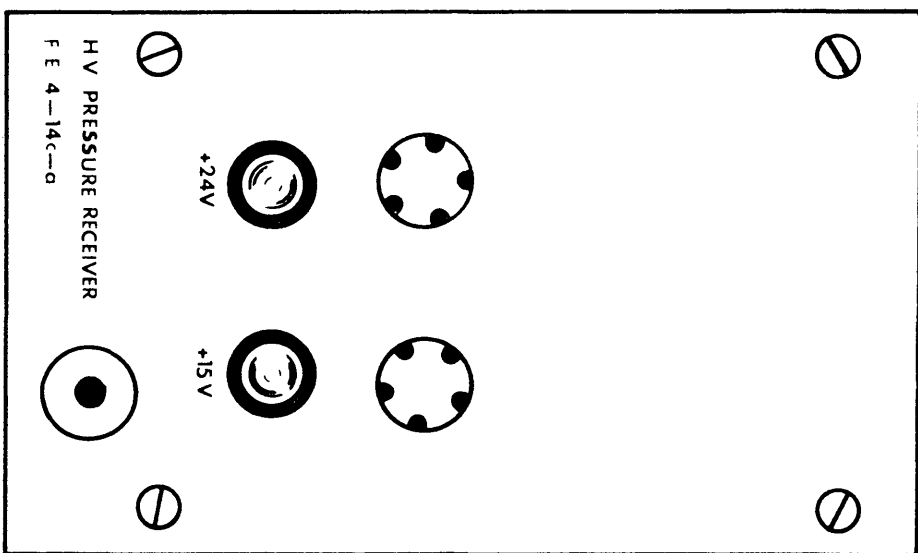
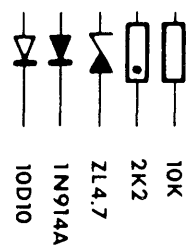
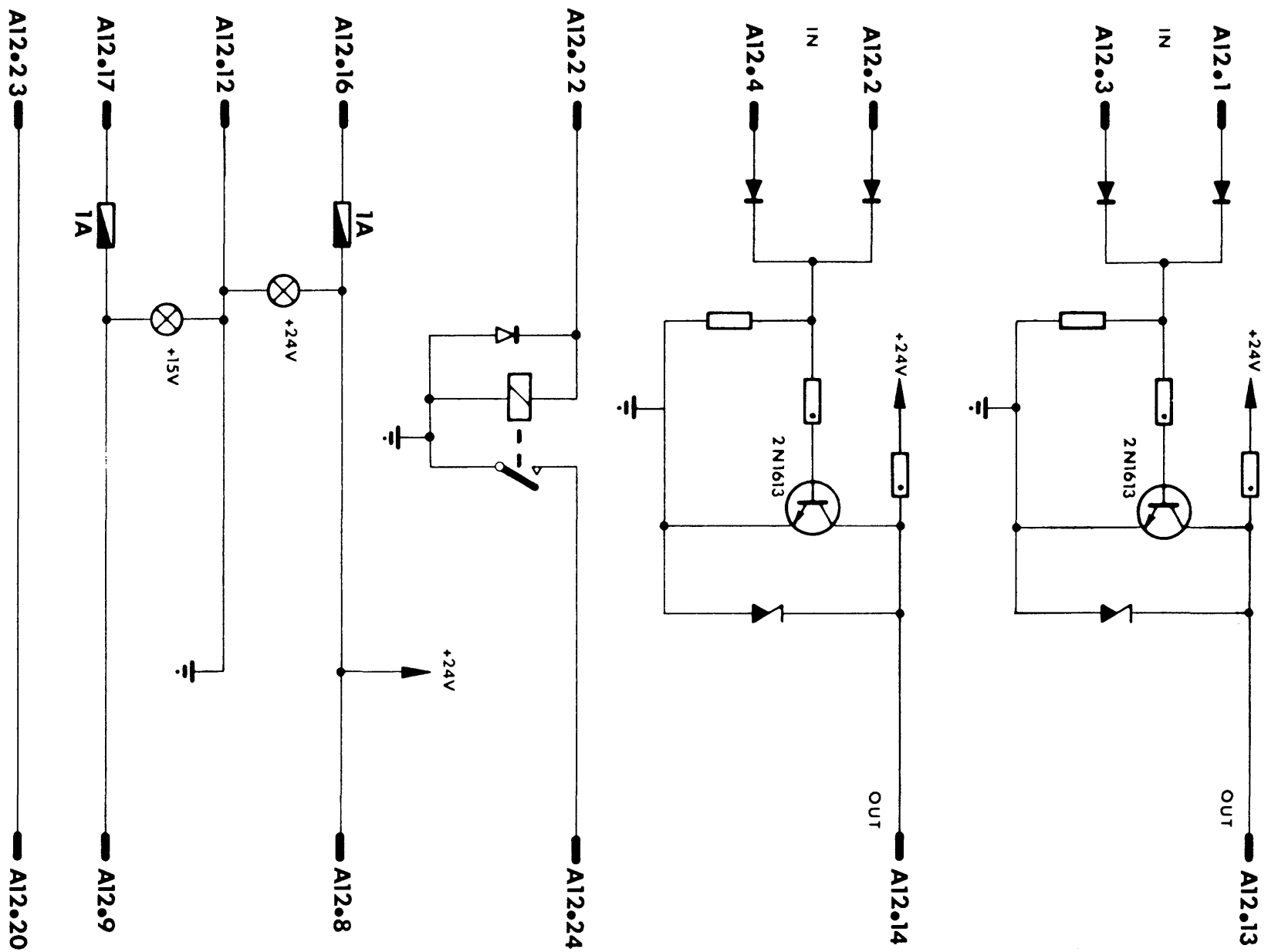
ENTREE CABLE -15V
 ENTREE CABLE +15V
 4 TRÉE CABLE +24V



OSF – CONTROLS & INTERLOCKS	Dessiné	R DOWNTON	Modif. F		
	Contrôlé		Modif. E		
POWER SUPPLY DISTRIBUTOR CHASSIS SCHEMA	Modif. A		Modif. D		
	Modif. B		Modif. C		
PS/FES		316 023			



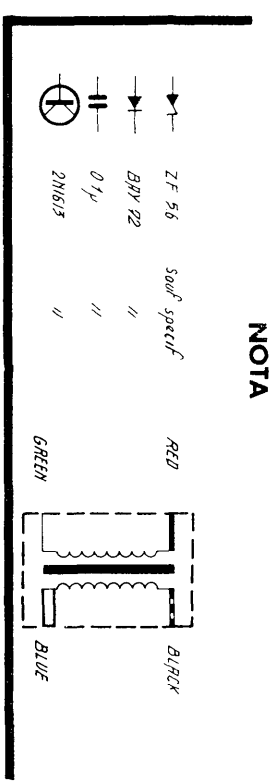
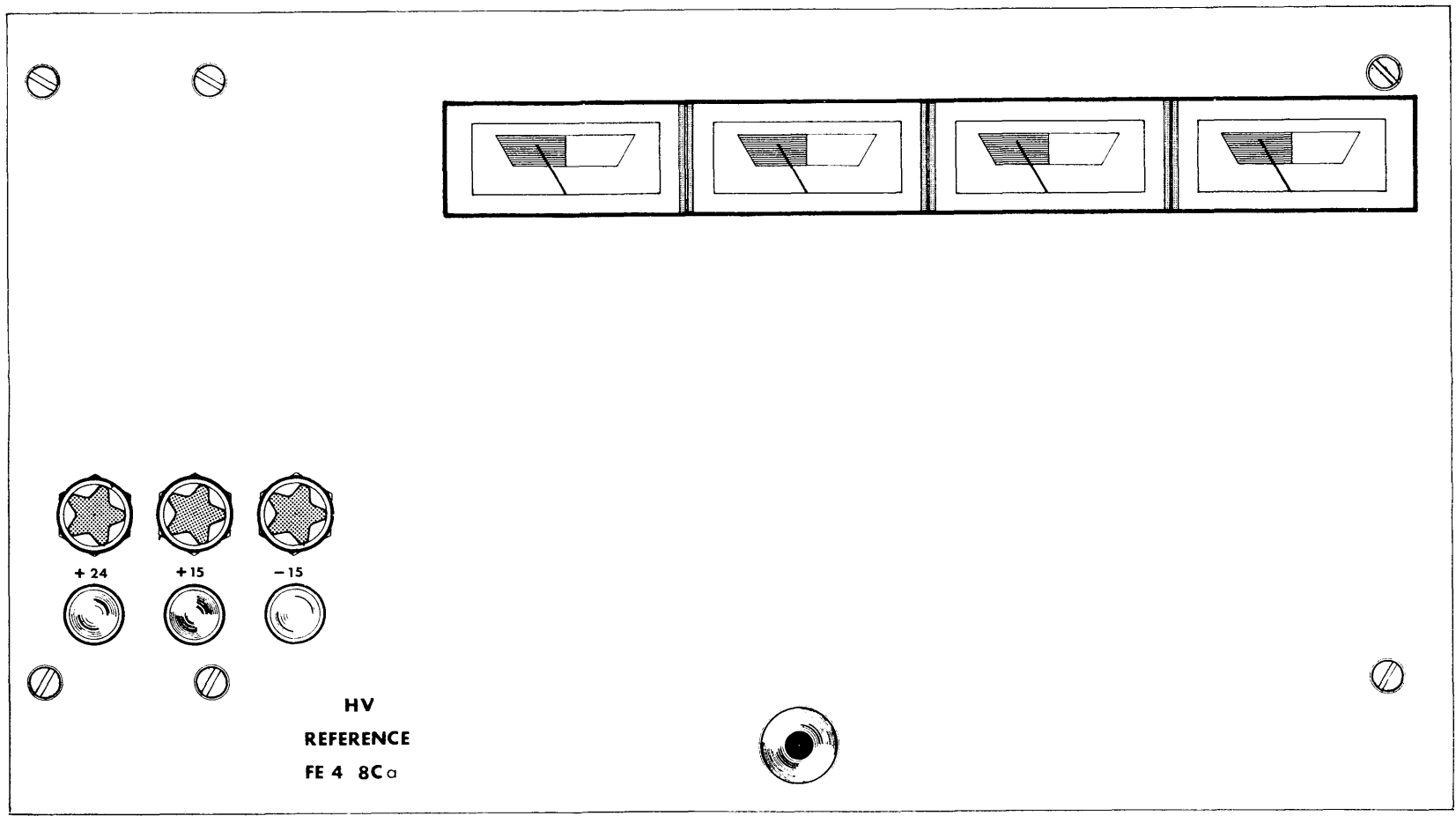
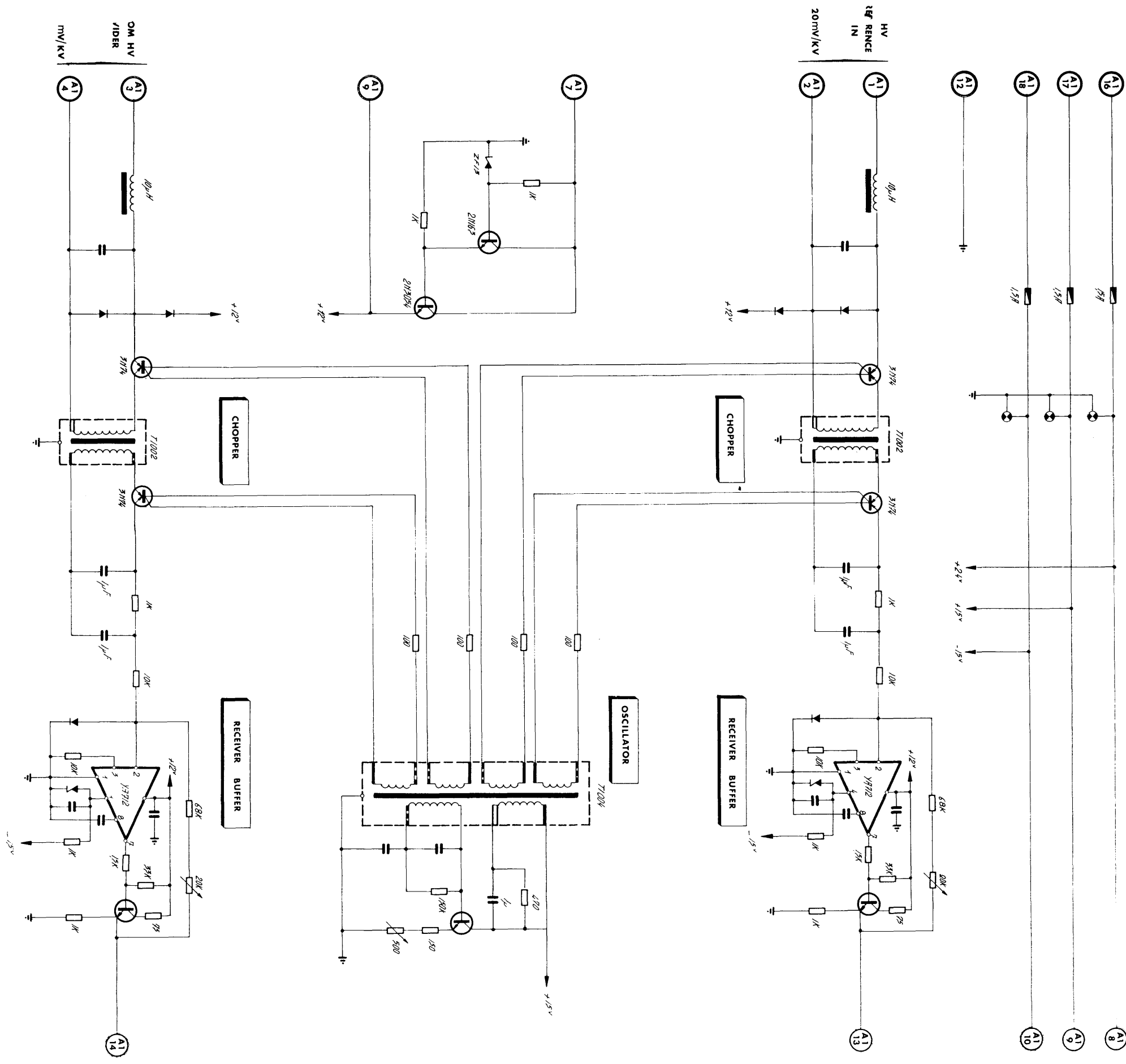
OSF – CONTROLS & INTERLOCKS	Dessiné	R.DOWNTON	Modif. F		
	Contrôle		Modif. E		
	Modif. A		Modif. D		
	Modif. B		Modif. C		
REMOTE CONTROL UNIT SCHEMA	PS/FES		316.024		



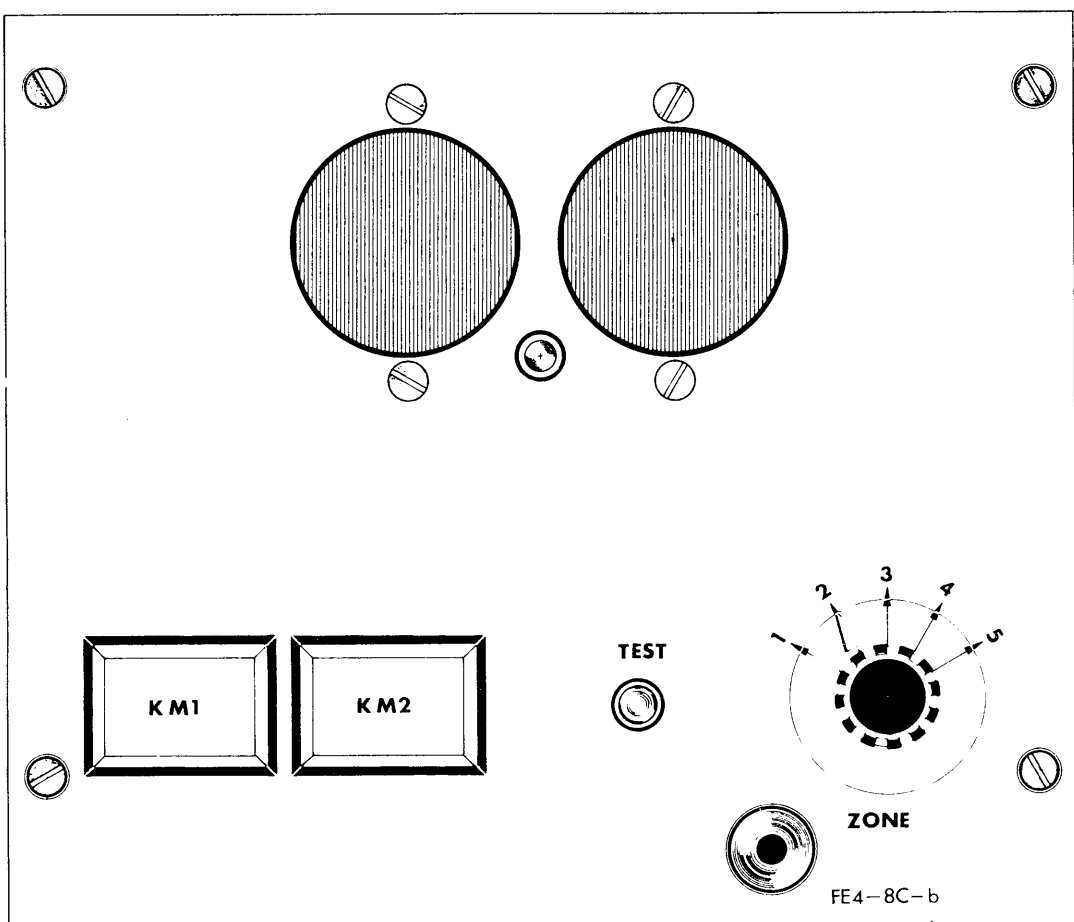
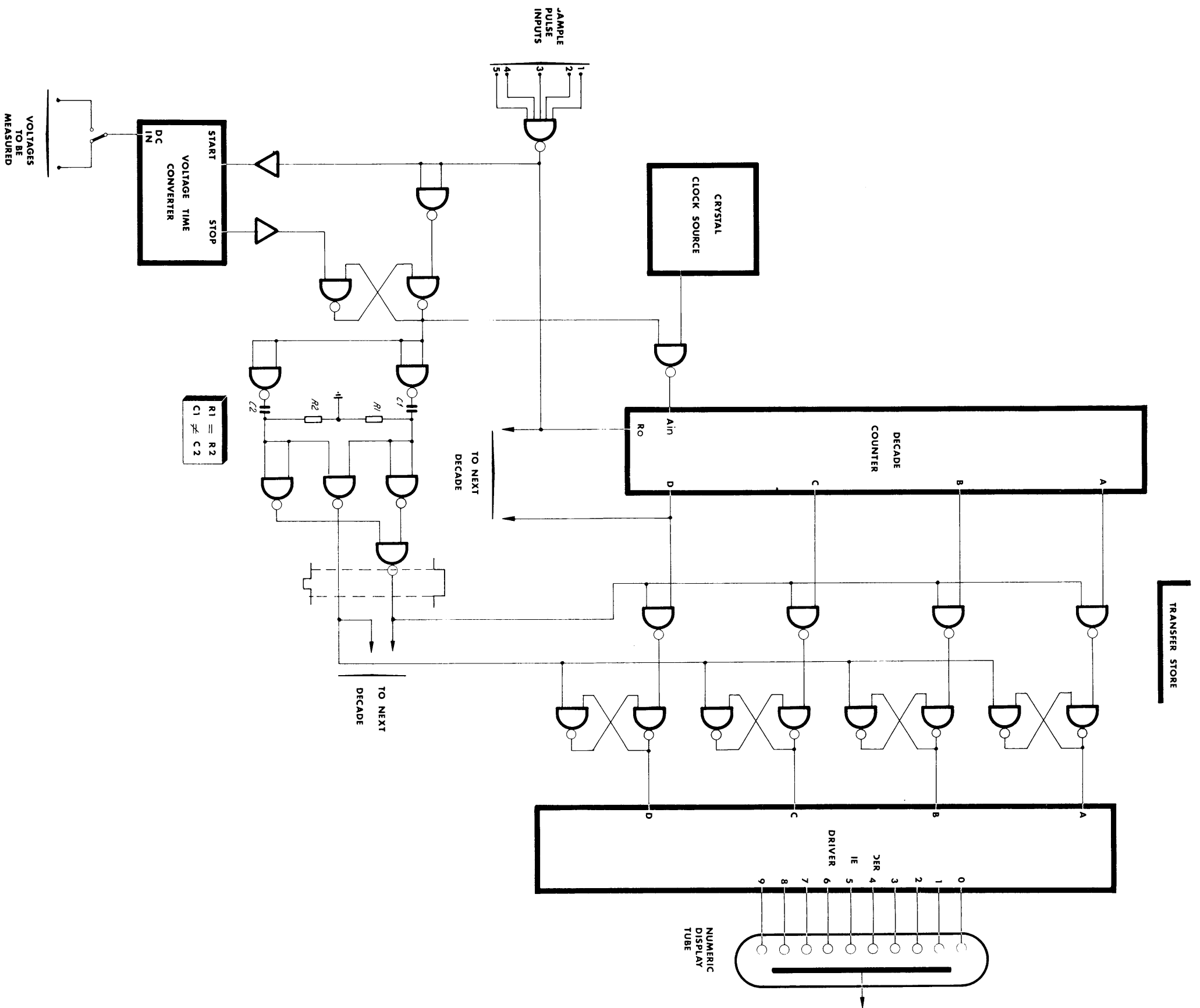
OSF — CONTROLS & INTERLOCKS

PRESSURE/HIGH VOLTAGE FAULT DETECTORS CHASSIS
RECEIVER UNIT
CIRCUIT DIAGRAM AND FRONT PANEL

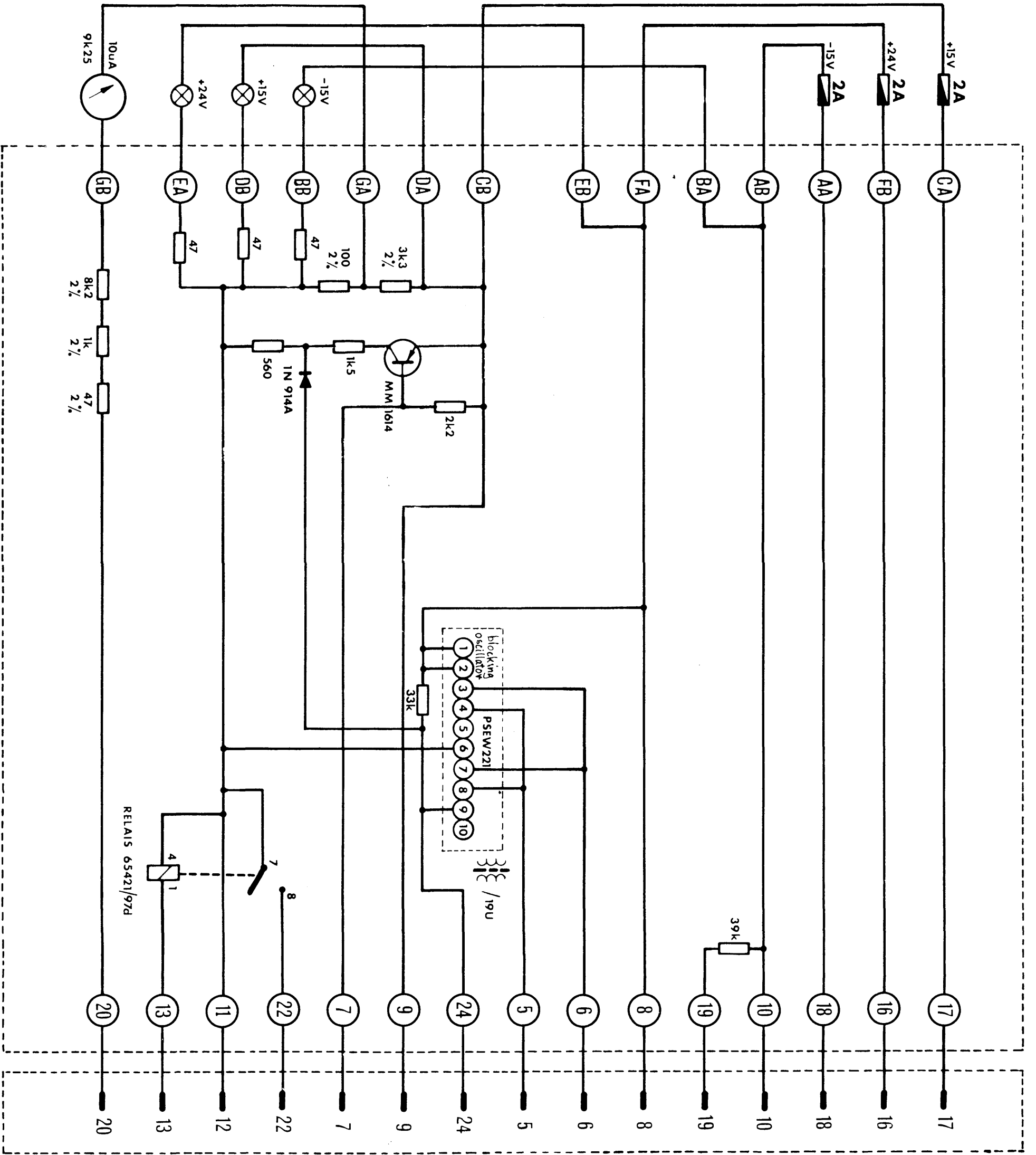
Dessiné	Downston	Modif. F		
Contrôlé		Modif. E		
Modif. A		Modif. D		
Modif. B		Modif. C		
PS / FES		316.026		



OSF – CONTROLS & INTERLOCKS	Dessiné	R. DOWNTON	Modif. F		
	Contrôle		Modif. E		
	Modif. A		Modif. D		
	Modif. B		Modif. C		
PRESSURE REGULATION READOUT CHASSIS RECEIVER UNIT	PS/FES		316.030		
SCHEMA ET PANNEAU AVANT					



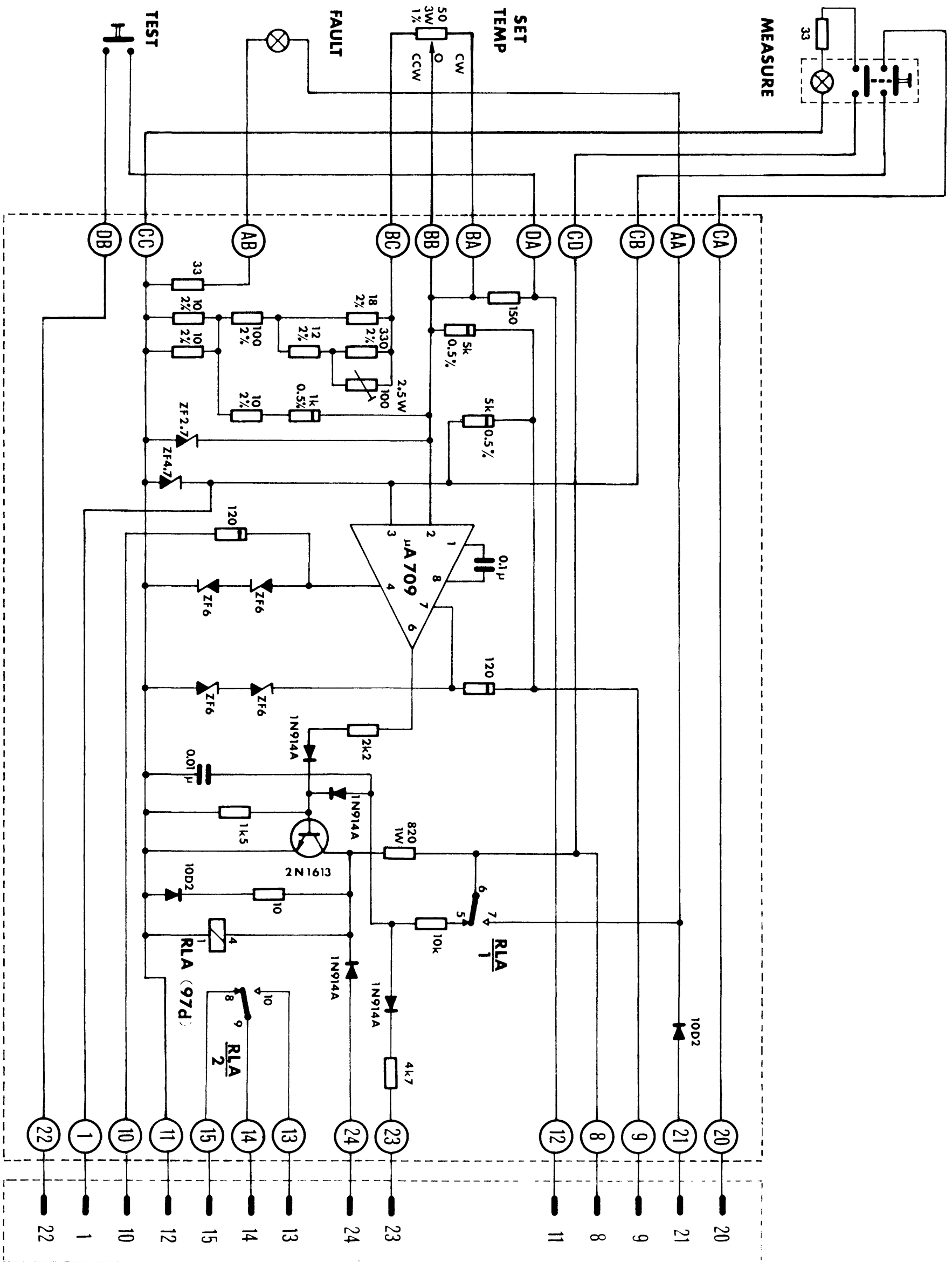
OSF – CONTROLS & INTERLOCKS PRESSURE REGULATION READOUT CHASSIS PRESSURE READOUT UNIT LOGIC DIAGRAM AND FRONT PANEL	Dessiné	R.DOWNTON	Modif. F	
	Contrôle		Modif. E	
	Modif. A		Modif. D	
	Modif. B		Modif. C	
PS/FES		316.032		



OSF – CONTROLS & INTERLOCKS

Detecteur de temperature – LECTURE SCHEMA

Dessiné	Downton	Modif. F		
Contrôle		Modif. E		
Modif. A		Modif. D		
Modif. B		Modif. C		
PS/ FES		316.036		

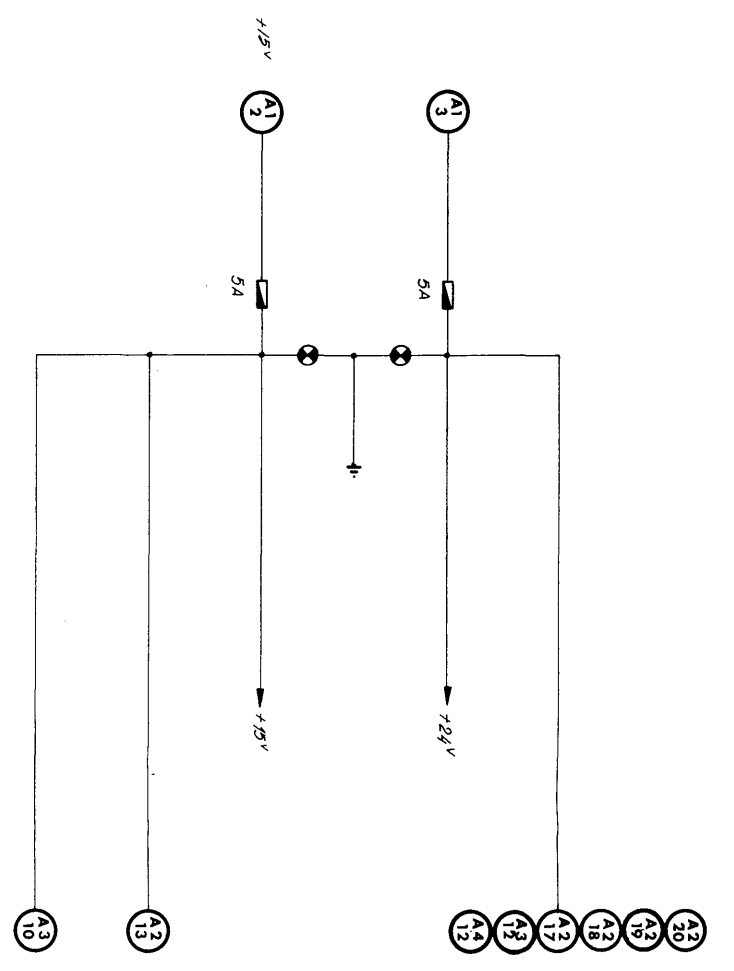
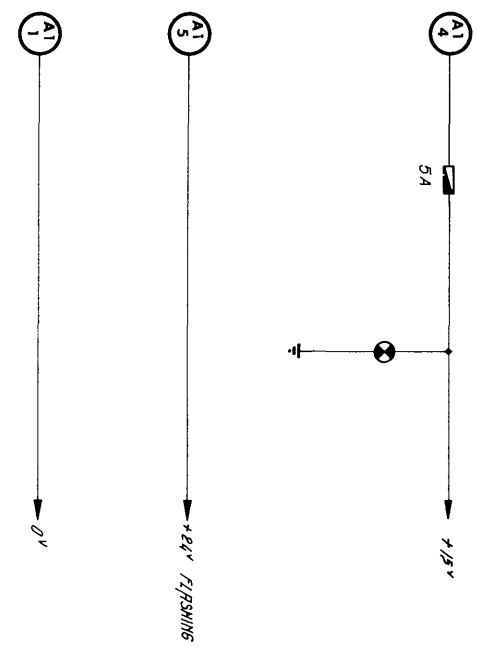


OSF – CONTROLS & INTERLOCKS

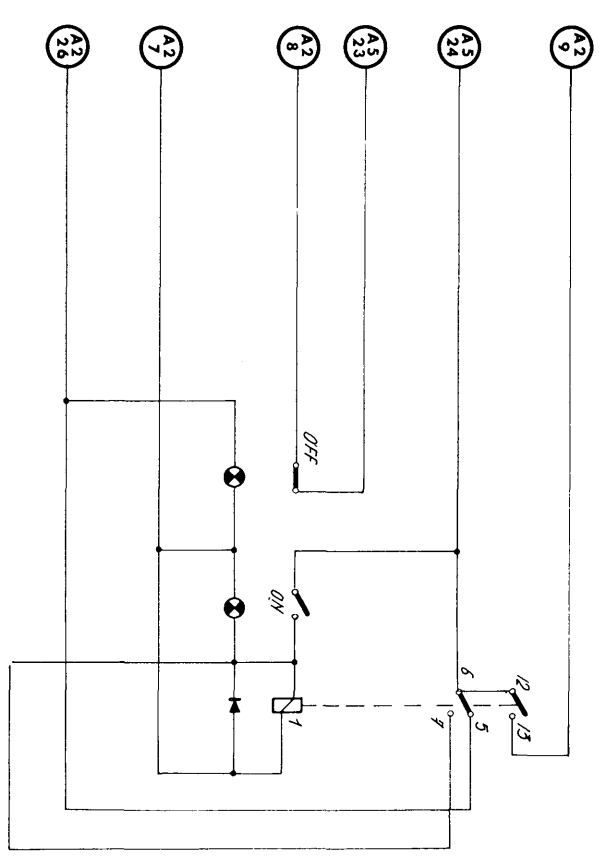
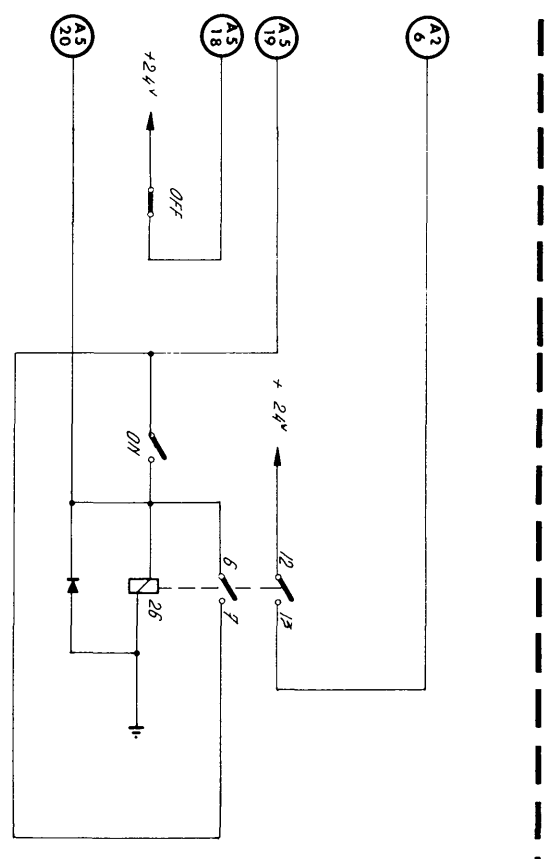
**DETECTEUR de TEMPERATURE
SCHEMA**

Dessiné	Downton	Modif. F	
Contrôlé		Modif. E	
Modif. A		Modif. D	
Modif. B		Modif. C	
PS / FES		316.038	

CONTROLS AND INTERLOCKS ON/OFF

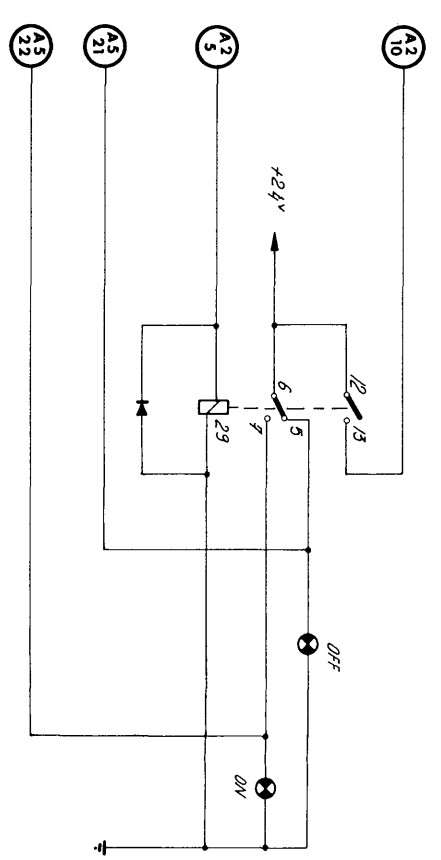


REMOTE CONTROL UNIT

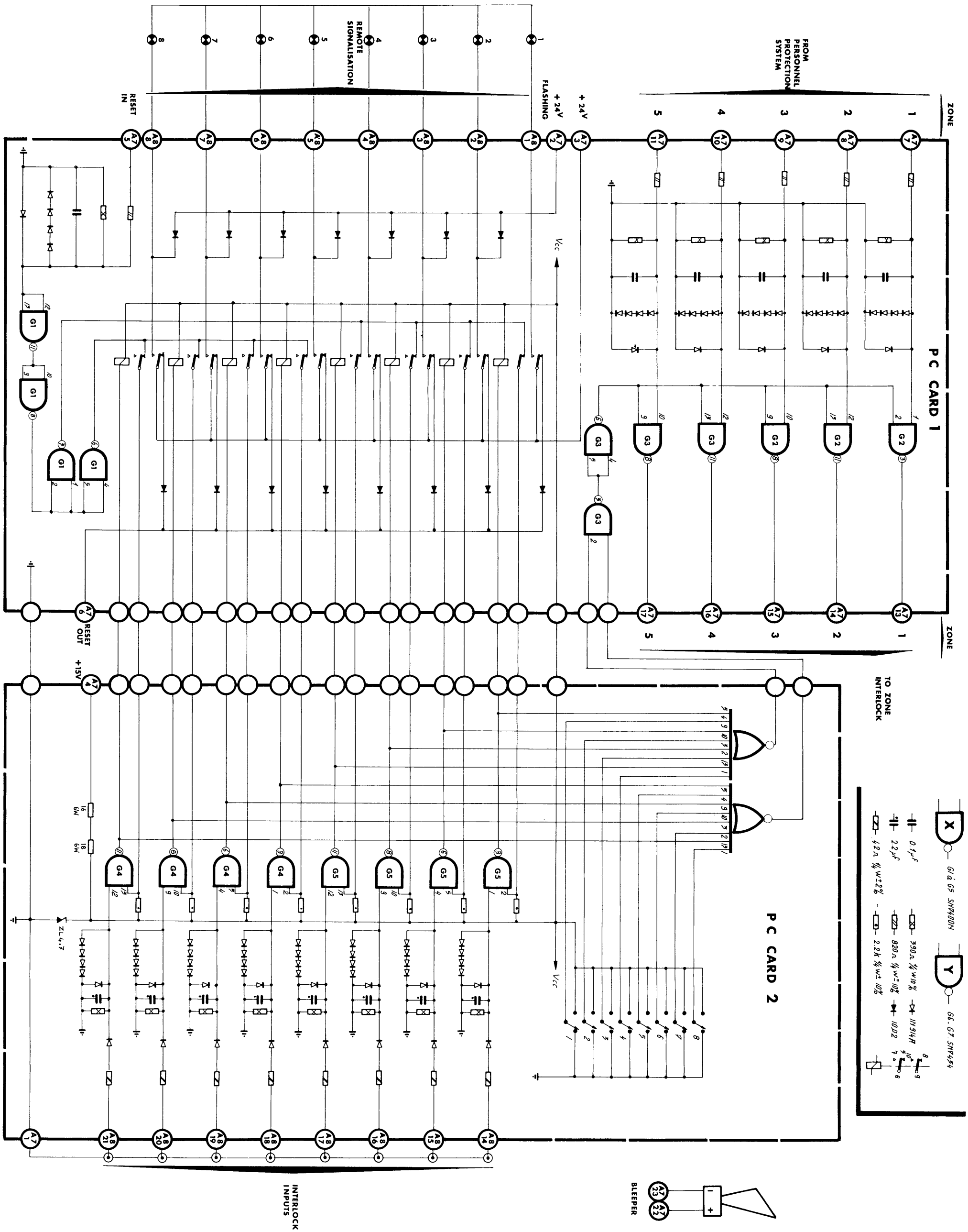


TRIGGERS ON/OFF

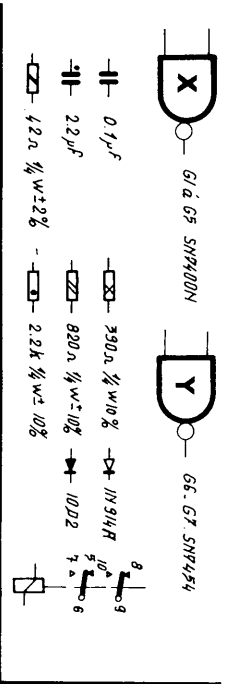
REMOTE CONTROL UNIT



OSF – CONTROLS & INTERLOCKS SUMMARY INTERLOCKS CHASSIS CONTROL UNIT SCHEMA	Dessiné	R.DOWNTON	Modif. F		
	Contrôlé		Modif. E		
	Modif. A		Modif. D		
	Modif. B		Modif. C		
	PS/FES	316.040^A			

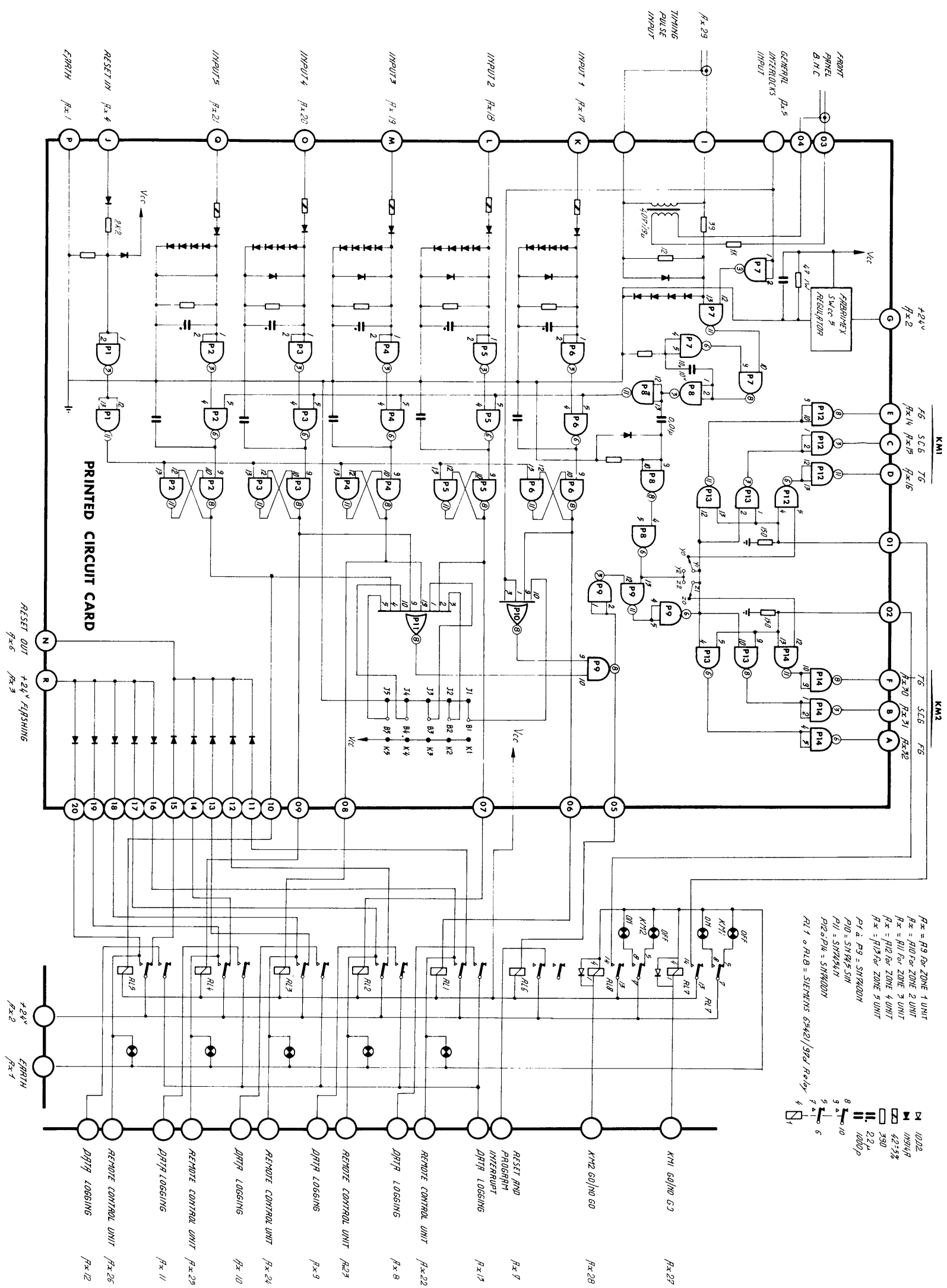


NOTA

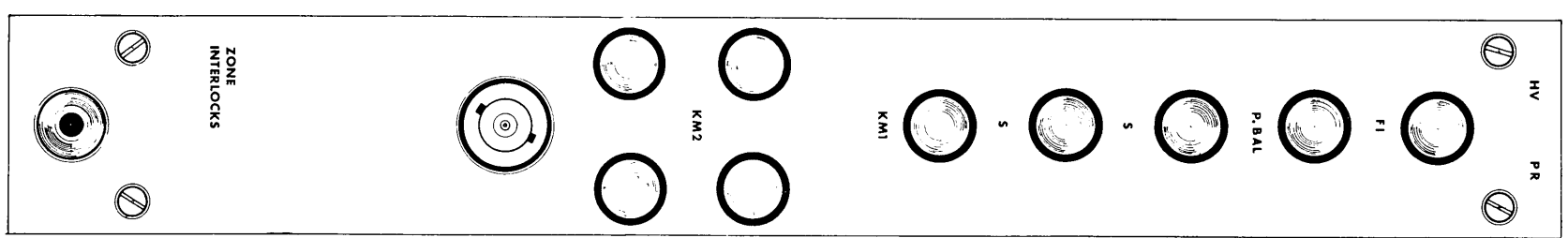


OSF - CONTROLS & INTERLOCKS
SUMMARY INTERLOCKS CHASSIS
GENERAL INTERLOCKS UNIT
CIRCUIT DIAGRAM

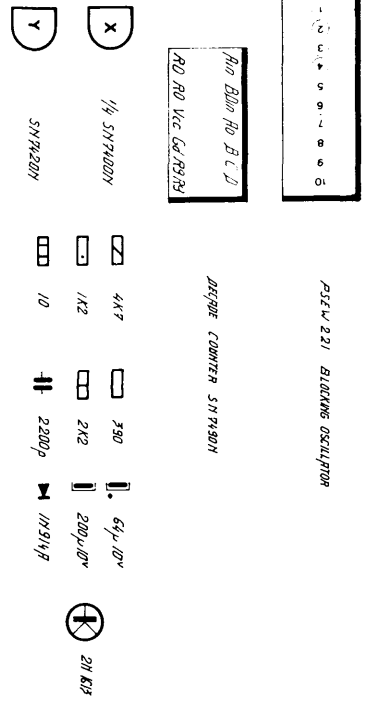
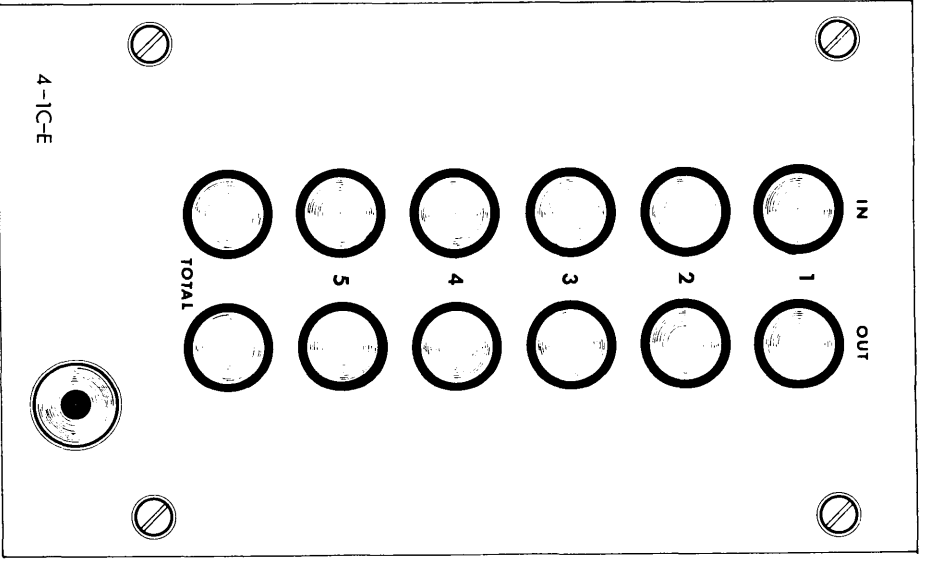
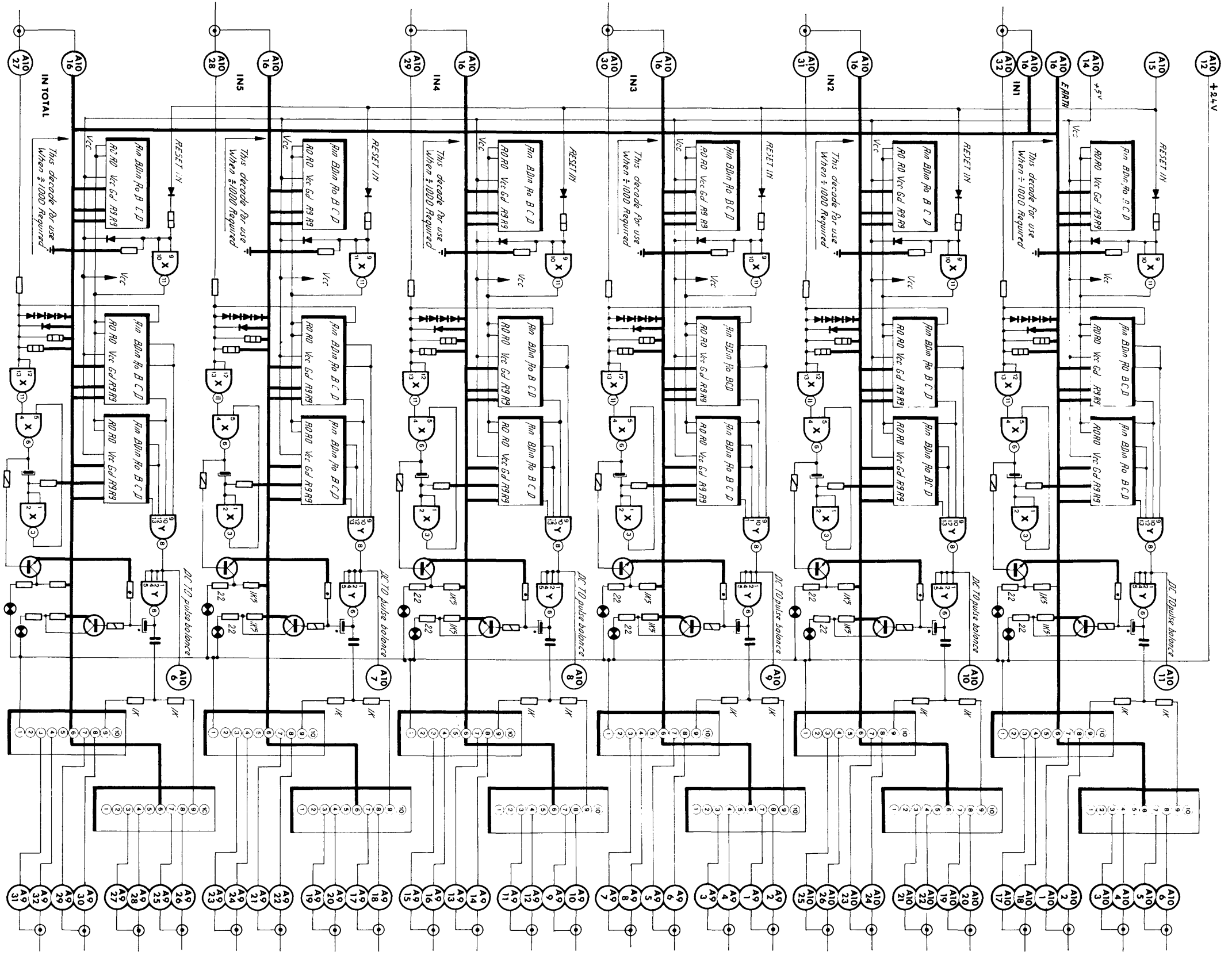
Dessiné	R.DOWNTON	Modif. F		
Contrôle		Modif. E		
Modif. A		Modif. D		
Modif. B		Modif. C		
PS/FES		316.044		



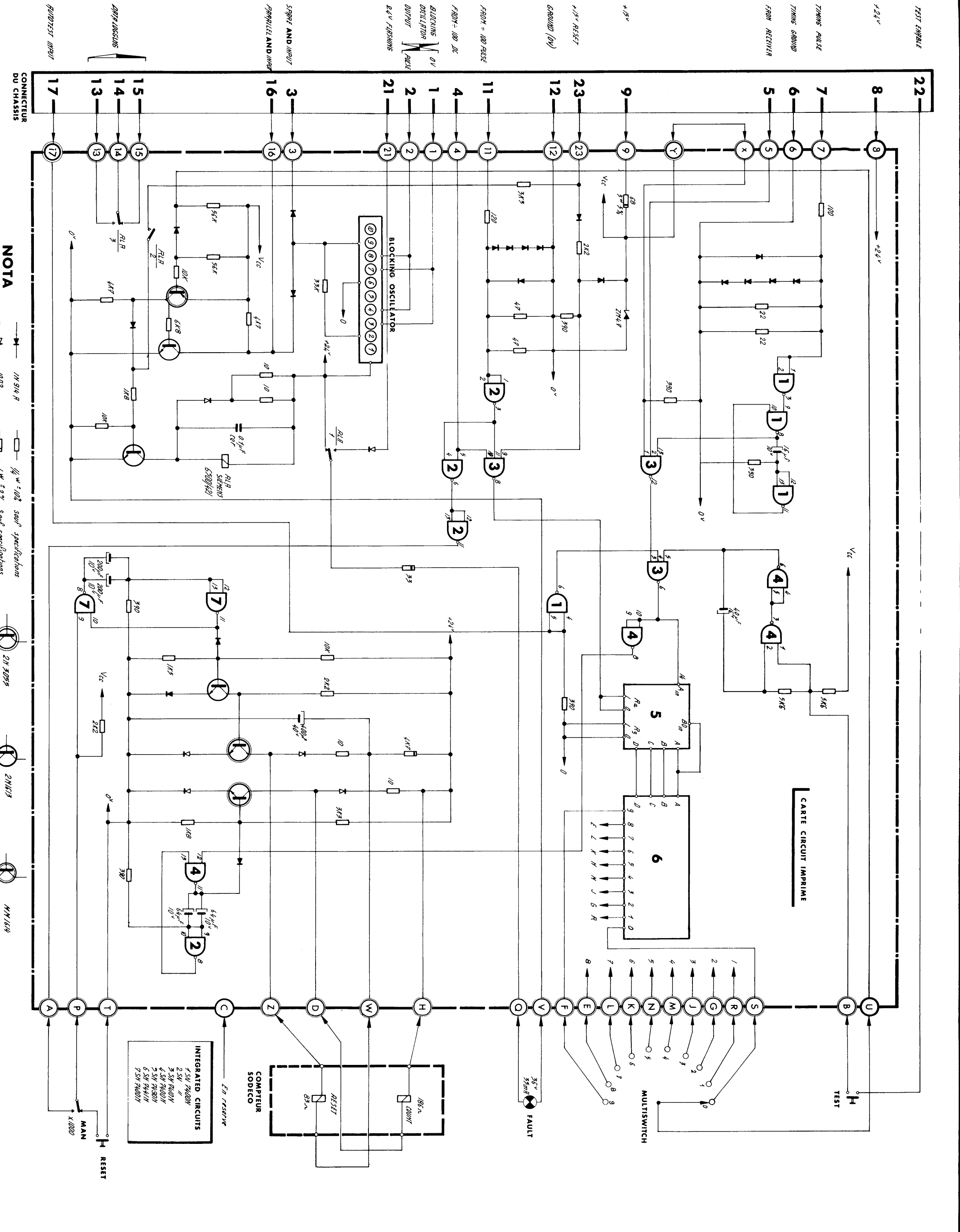
- NOTA**
- Px = P9 for ZONE 1 UNIT
 - Px = P10 for ZONE 2 UNIT
 - Px = P11 for ZONE 3 UNIT
 - Px = P12 for ZONE 4 UNIT
 - Px = P13 for ZONE 5 UNIT
 - P1: P9 = S1742001
 - P10 = S1742001
 - P11 = S1742001
 - P12 = S1742001
 - P13 = S1742001
 - P14 = S1742001
 - P15 = S1742001
 - P16 = S1742001
 - P17 = S1742001
 - P18 = S1742001
 - RL1 = RL8 = S1742001
 - RL2 = S1742001
 - RL3 = S1742001
 - RL4 = S1742001
 - RL5 = S1742001
 - RL6 = S1742001
 - RL7 = S1742001
 - RL8 = S1742001
 - RL9 = S1742001
 - RL10 = S1742001
 - RL11 = S1742001
 - RL12 = S1742001
 - RL13 = S1742001
 - RL14 = S1742001
 - RL15 = S1742001
 - RL16 = S1742001
 - RL17 = S1742001
 - RL18 = S1742001
 - RL19 = S1742001
 - RL20 = S1742001



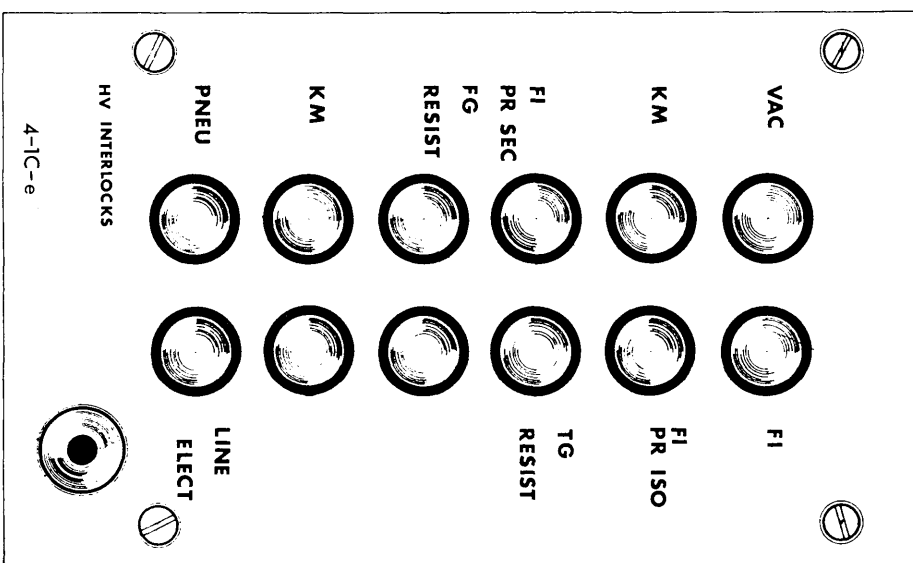
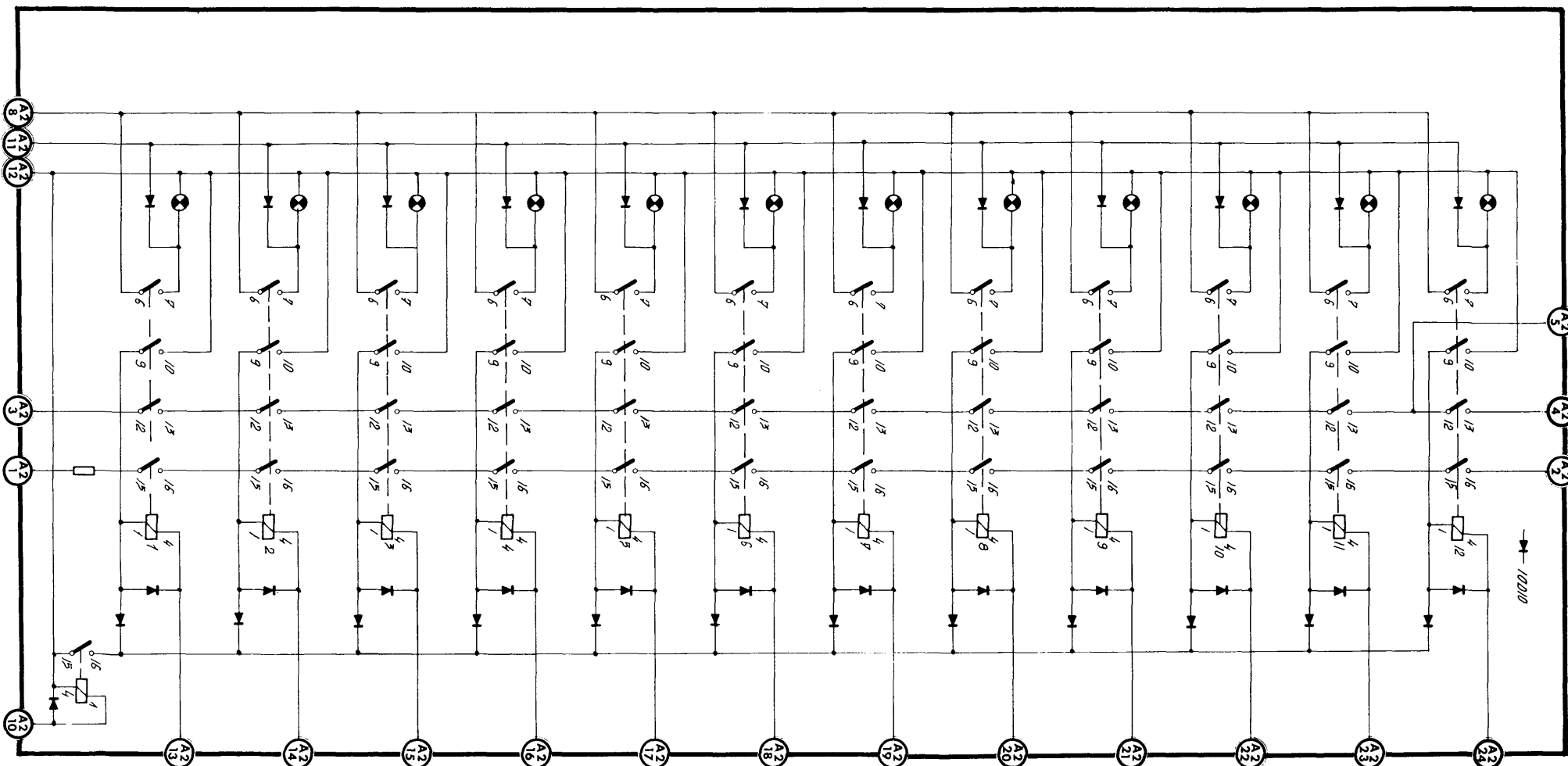
OSF – CONTROLS & INTERLOCKS SUMMARY INTERLOCKS CHASSIS ZONE INTERLOCKS UNIT CIRCUIT DIAGRAM AND FRONT PANEL	Dessiné	R. DOWNTON	Modif. F		
	Contrôle		Modif. E		
	Modif. A		Modif. D		
	Modif. B		Modif. C		
PS/FES		316.047			



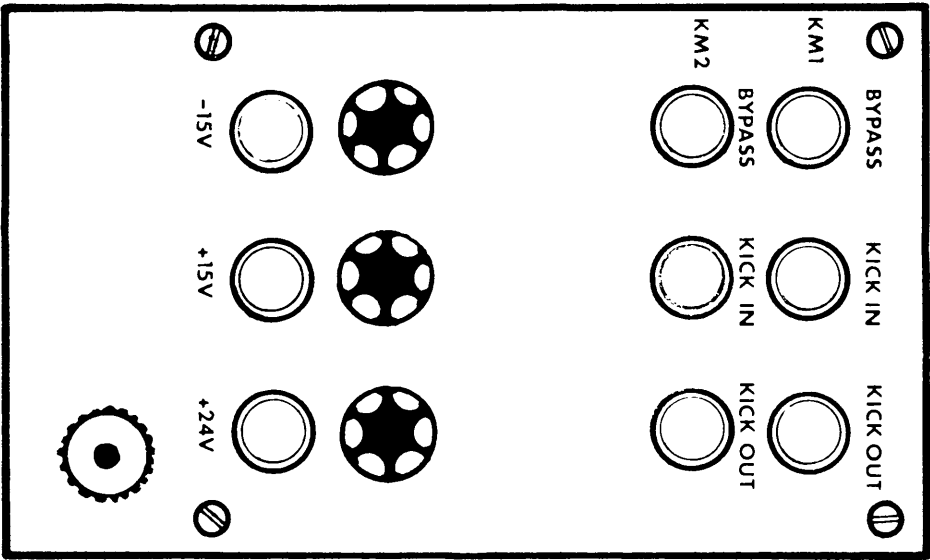
OSF – CONTROLS & INTERLOCKS PULSE BALANCE CHASSIS ÷100 UNIT CIRCUIT DIAGRAM AND FRONT PANEL	Dessiné	R.DOWNTON	Modif. F	
	Contrôle		Modif. E	
	Modif. A		Modif. D	
	Modif. B		Modif. C	
PS/FES		316.050		



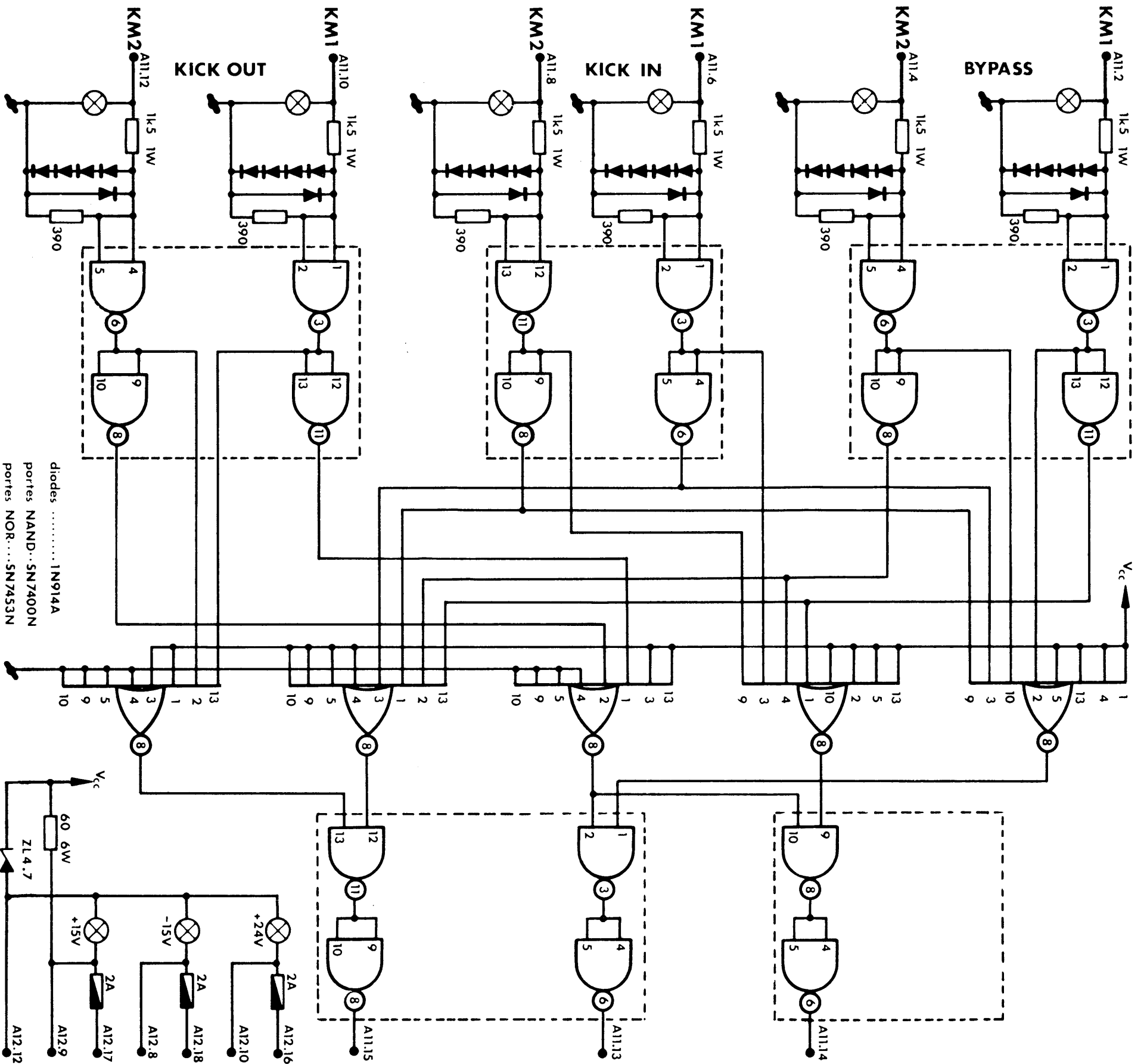
OSF - CONTROLS & INTERLOCKS PULSE BALANCE CHASSIS FAULT COUNTER SCHEMA	Dessiné	R.DOWNTON	Modif. F	
	Contrôlé		Modif. E	
	Modif. A		Modif. D	
	Modif. B		Modif. C	
PS/FES		316.052		



OSF – CONTROLS & INTERLOCKS PULSE BALANCE CHASSIS HIGH VOLTAGE INTERLOCKS UNIT CIRCUIT DIAGRAM AND FRONT PANEL	Dessiné	R.DOWNTON	Modif. F		
	Contrôle		Modif. E		
	Modif. A		Modif. D		
	Modif. B		Modif. C		
PS/FES		316.054			



PANNEAU AVANT



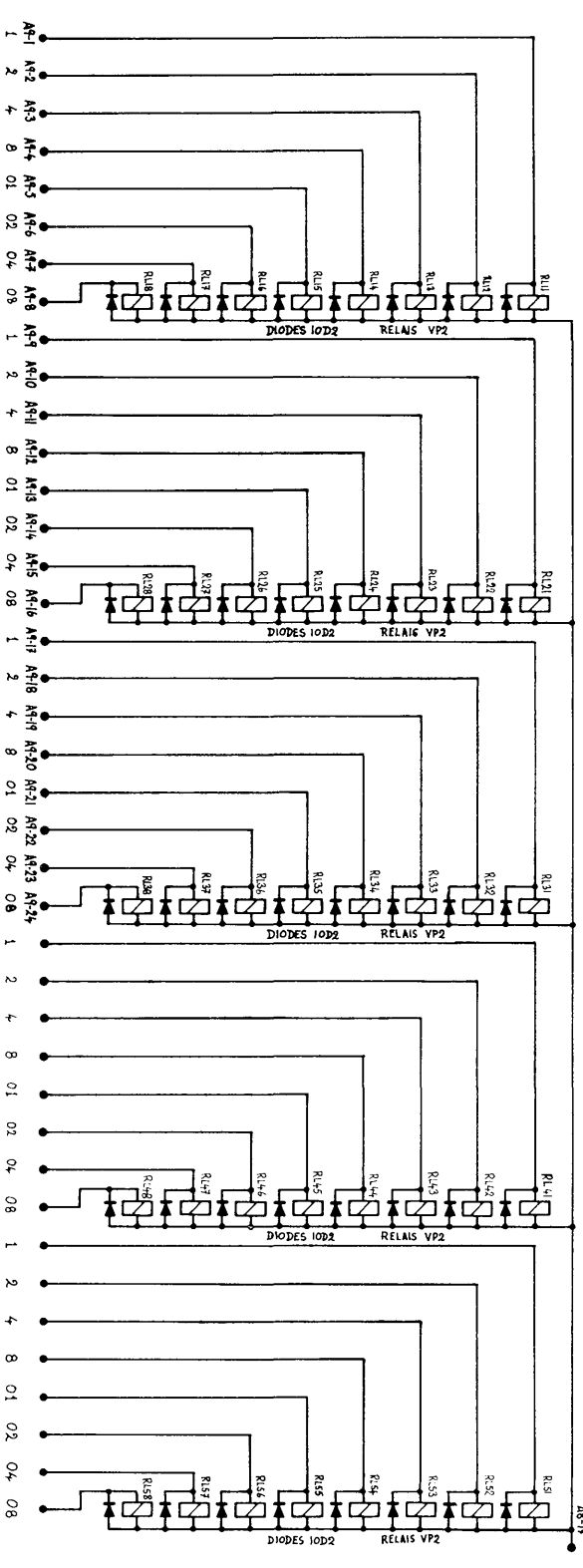
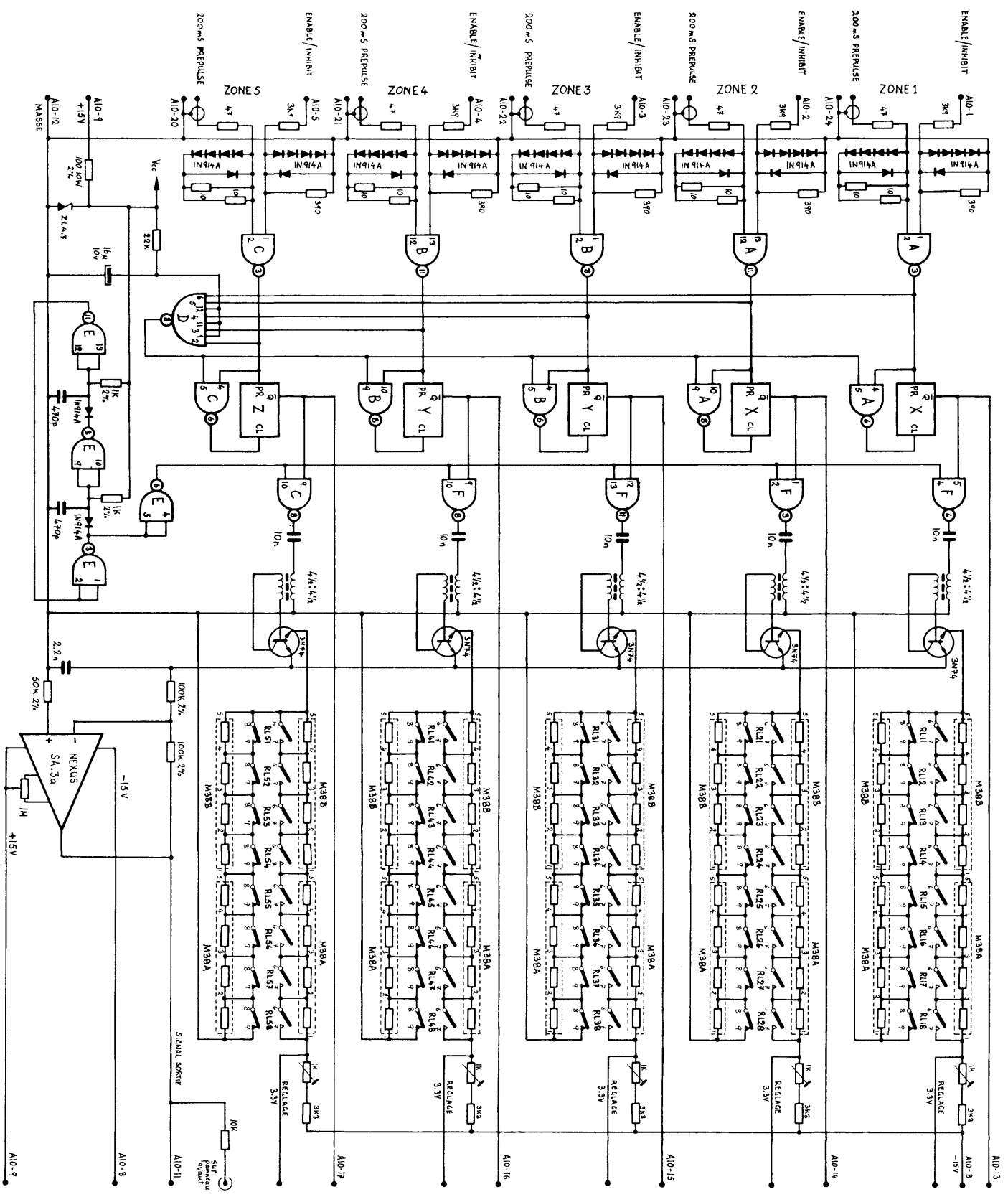
LIGNES D'ALIMENTATION

SORTIES AU COMMUTATEUR DE POLARITÉ ET LOGIQUE

OSF – CONTROLS & INTERLOCKS

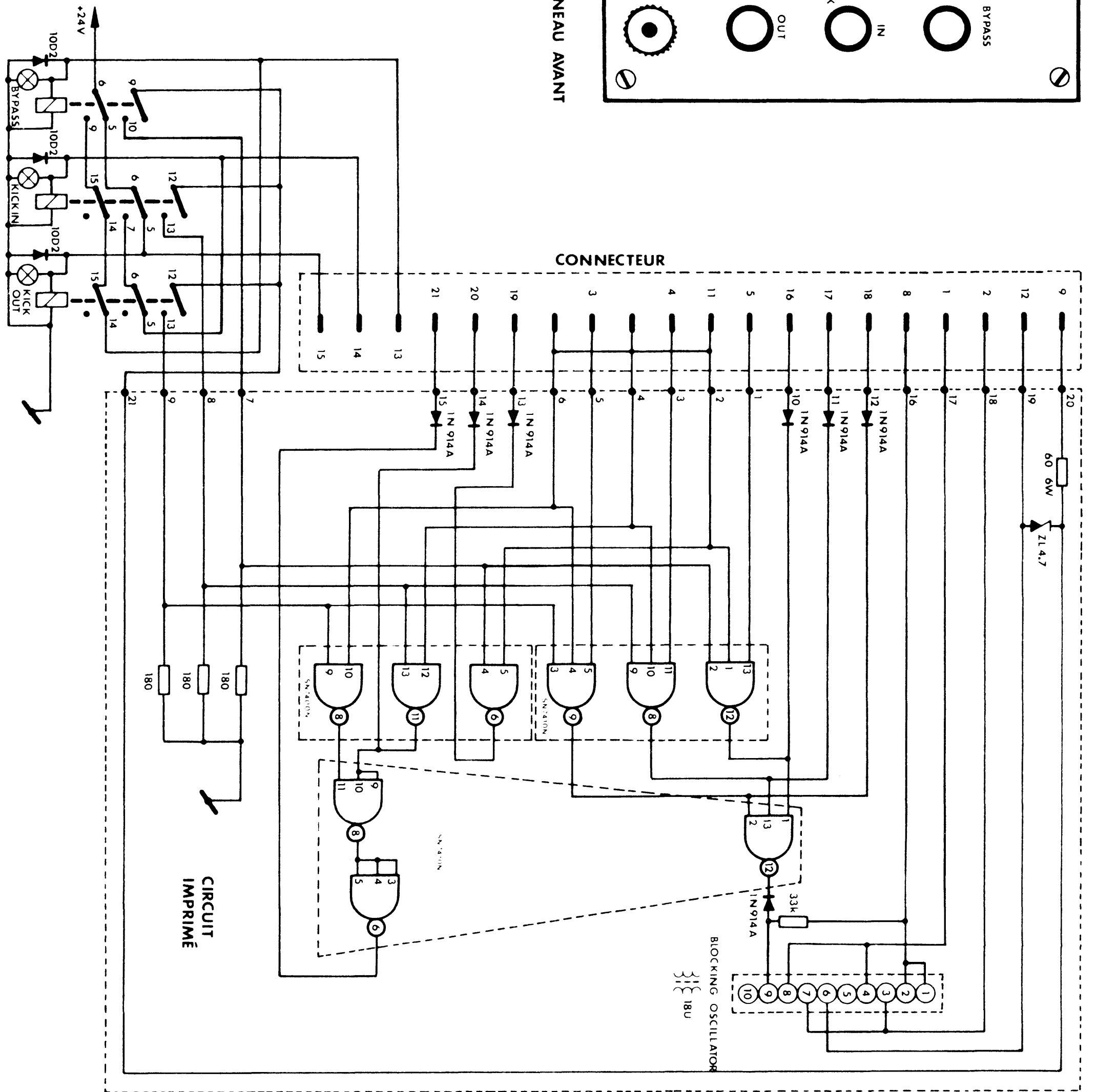
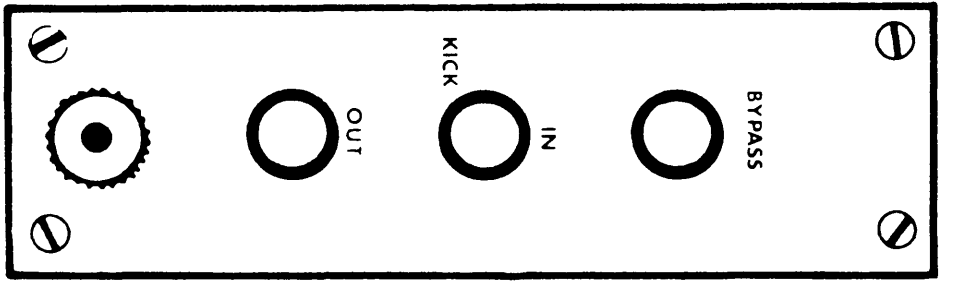
FIELD INVERTER CHASSIS.
RECEIVER UNIT
SCHEMA ET PANNEAU AVANT

Dessiné	Downton	Modif. F		
Contrôlé		Modif. E		
Modif. A		Modif. D		
Modif. B		Modif. C		
PS/ FES		316.055		

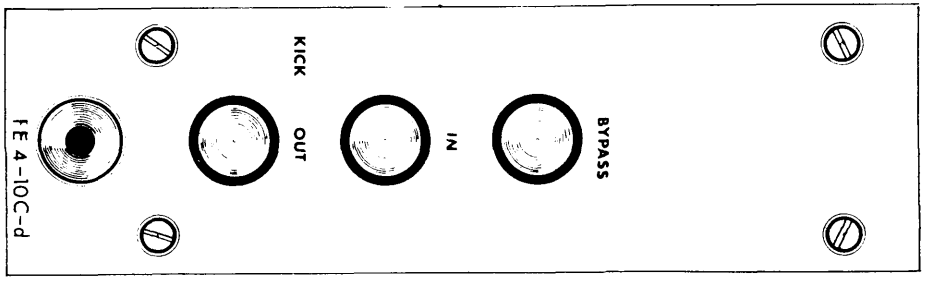
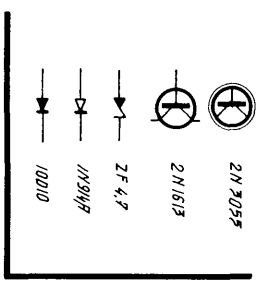
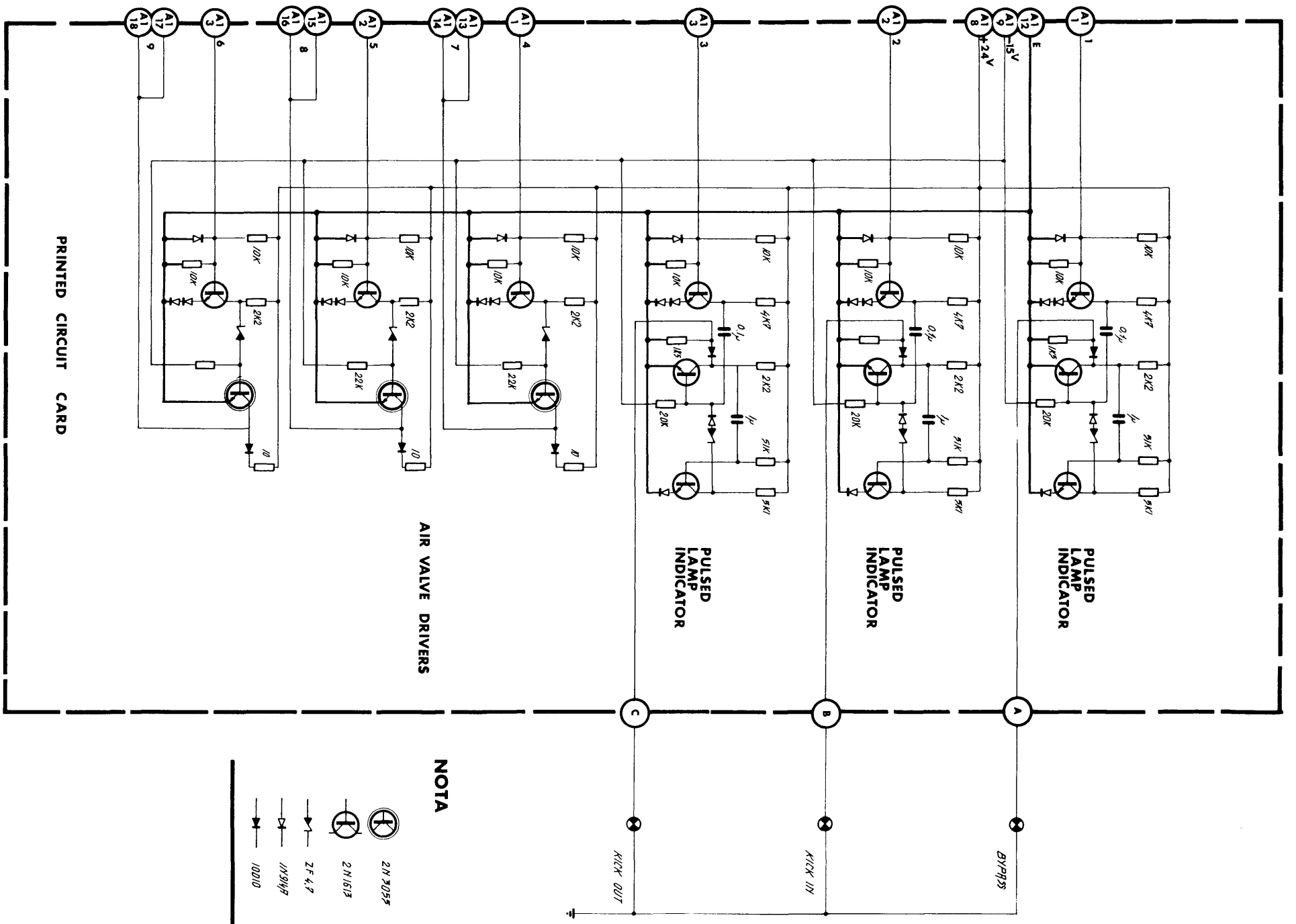


- CIRCUITS INTERIEURS
- A SN 7400N
 - B SN 7400N
 - C SN 7400N
 - D SN 7430N
 - E SN 7400N
 - F SN 7400N
 - X SN 7474N
 - Y SN 7474N
 - Z SN 7474N

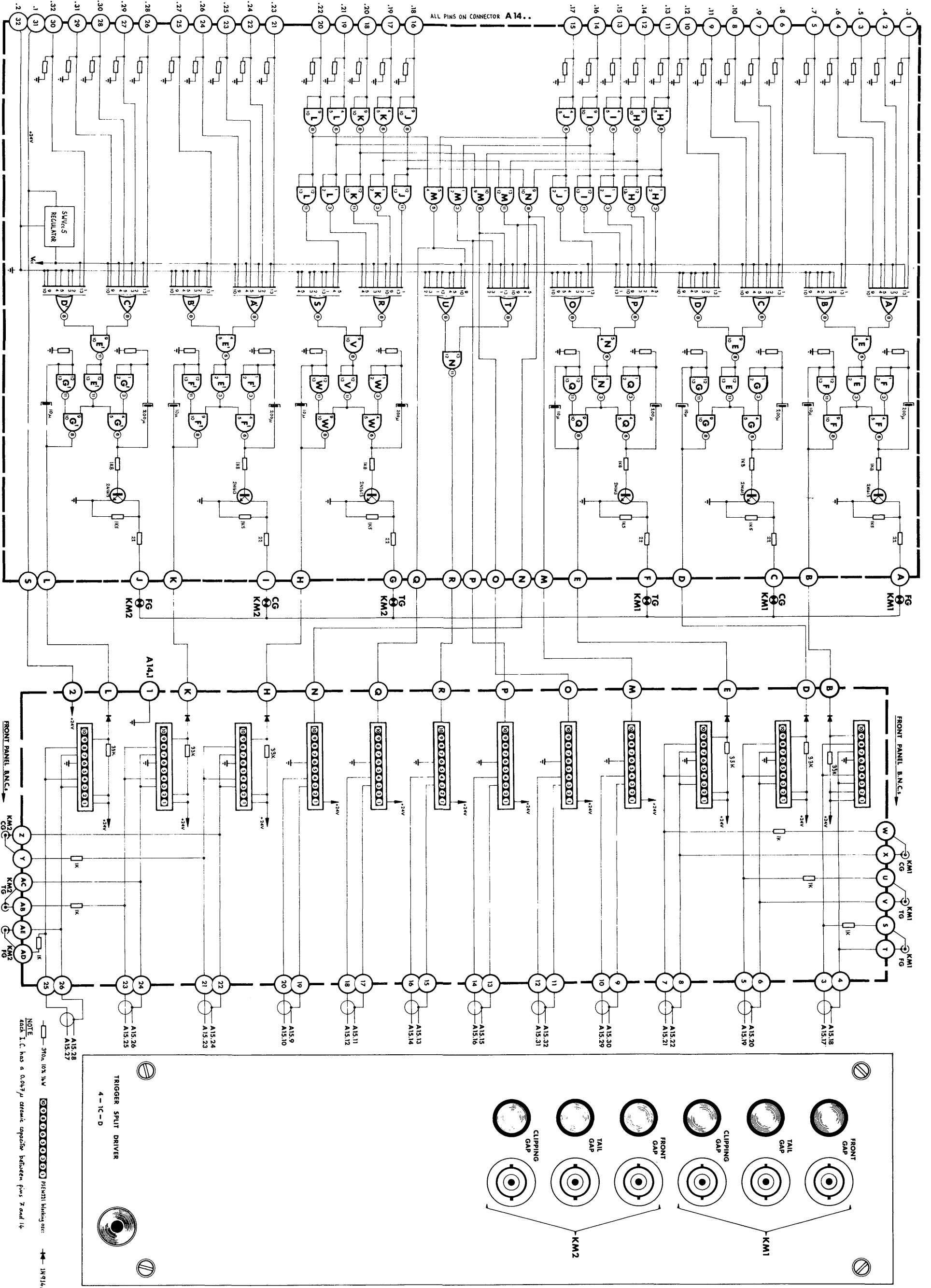
OSF – CONTROLS & INTERLOCKS FIELD INVERTER CHASSIS digital/analog converter unit SCHEMA	Dessiné	R. DOWNTON	Modif. F	
	Contrôlé		Modif. E	
	Modif. A		Modif. D	
	Modif. B		Modif. C	
PS/FES		316.056		



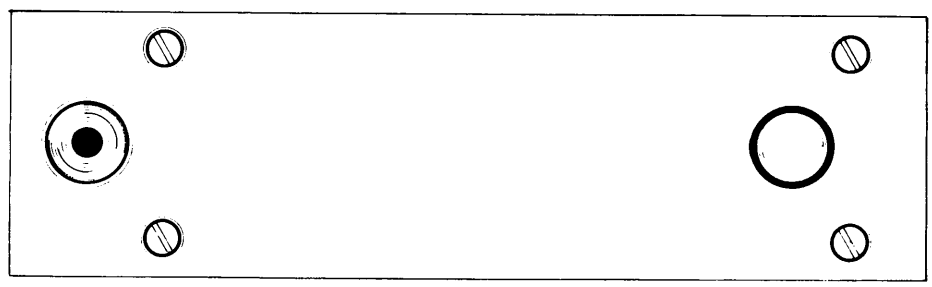
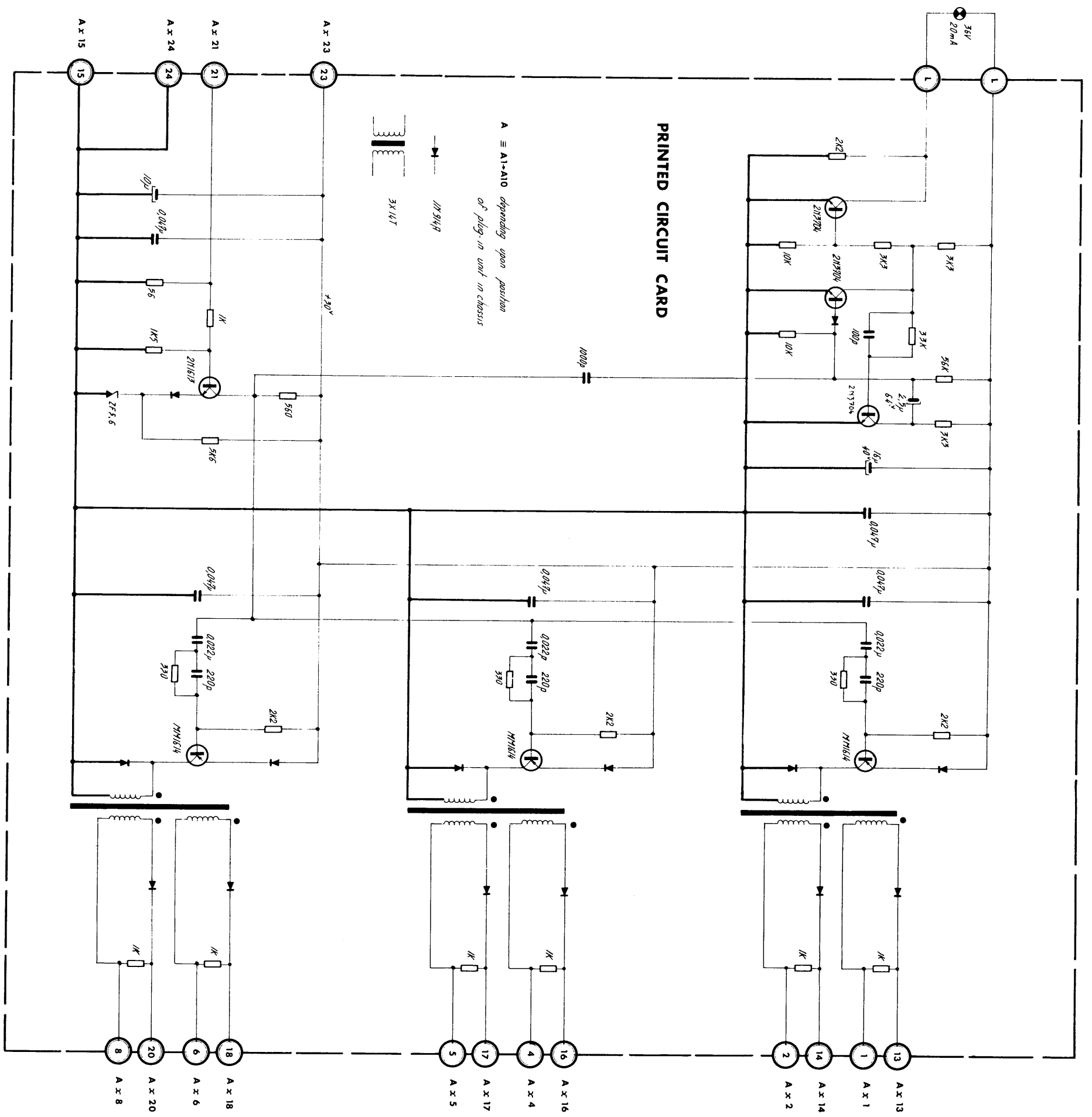
OSF – CONTROLS & INTERLOCKS FIELD INVERTER CHASSIS. ZONE UNIT SCHEMA PANNEAU AVANT	Dessiné	Downton	Modif. F		
	Contrôlé		Modif. E		
	Modif. A		Modif. D		
	Modif. B		Modif. C		
PS / FES		316.059			



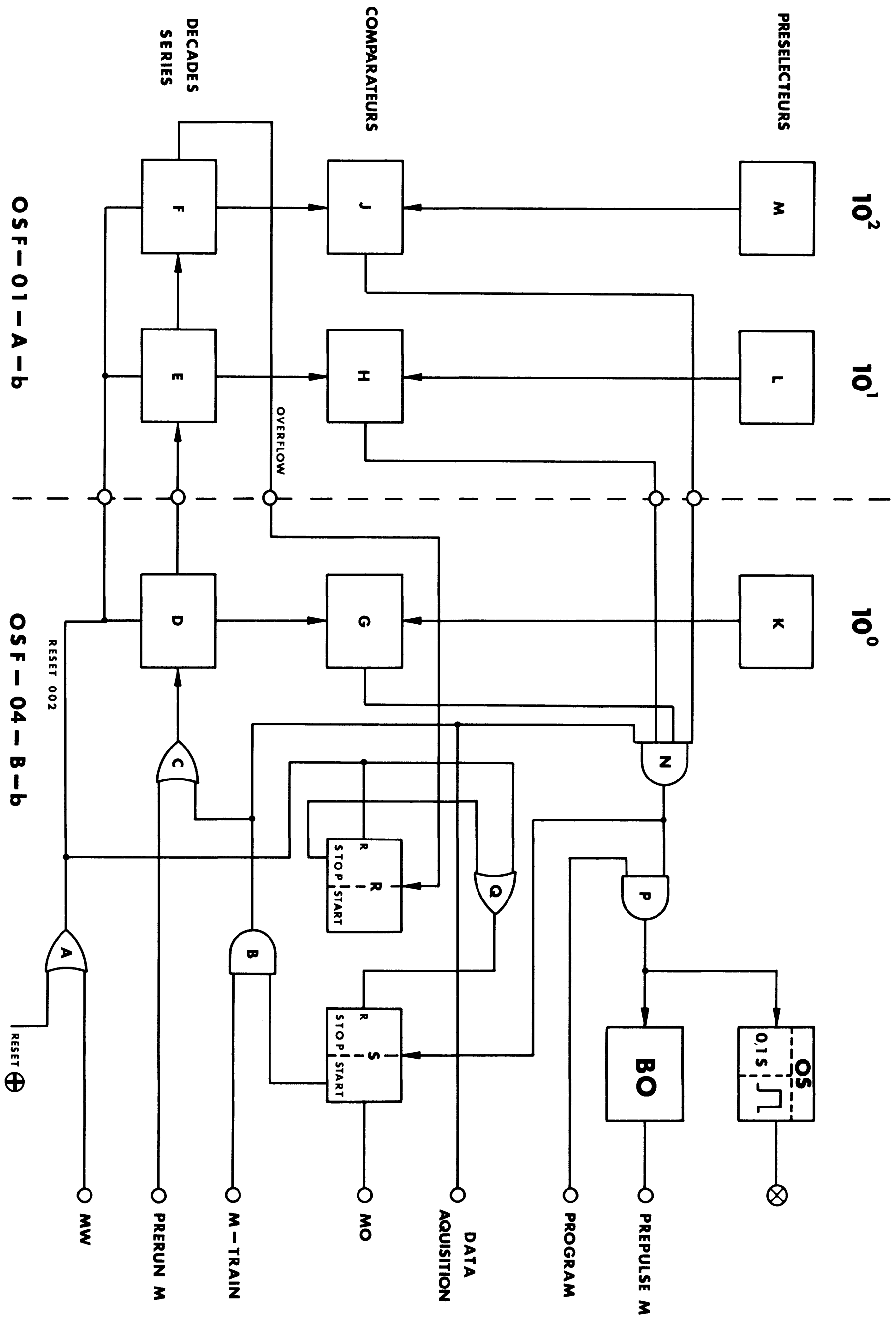
OSF – CONTROLS & INTERLOCKS	Dessiné	R. DOWNTON	Modif. F		
	Contrôle		Modif. E		
FIELD INVERTER CHASSIS DRIVER UNIT	Modif. A		Modif. D		
	Modif. B		Modif. C		
CIRCUIT DIAGRAM AND FRONT PANEL	PS/FES	316.061			



OSF - CONTROLS & INTERLOCKS SUMMARY INTERLOCKS CHASSIS OUTPUT DRIVER UNIT CIRCUIT DIAGRAM AND FRONT PANEL	Dessiné	R.DOWNTON	Modif. F	
	Contrôle		Modif. E	
	Modif. A		Modif. D	
	Modif. B		Modif. C	
PS/FES		316.065		



OSF – CONTROLS & INTERLOCKS PULSE REPEATERS CHASSIS PLUG-IN UNIT CIRCUIT DIAGRAM AND FRONT PANEL	Dessiné	R.DOWNTON	Modif. F	
	Contrôle		Modif. E	
	Modif. A		Modif. D	
	Modif. B		Modif. C	
PS/FES		316.063		

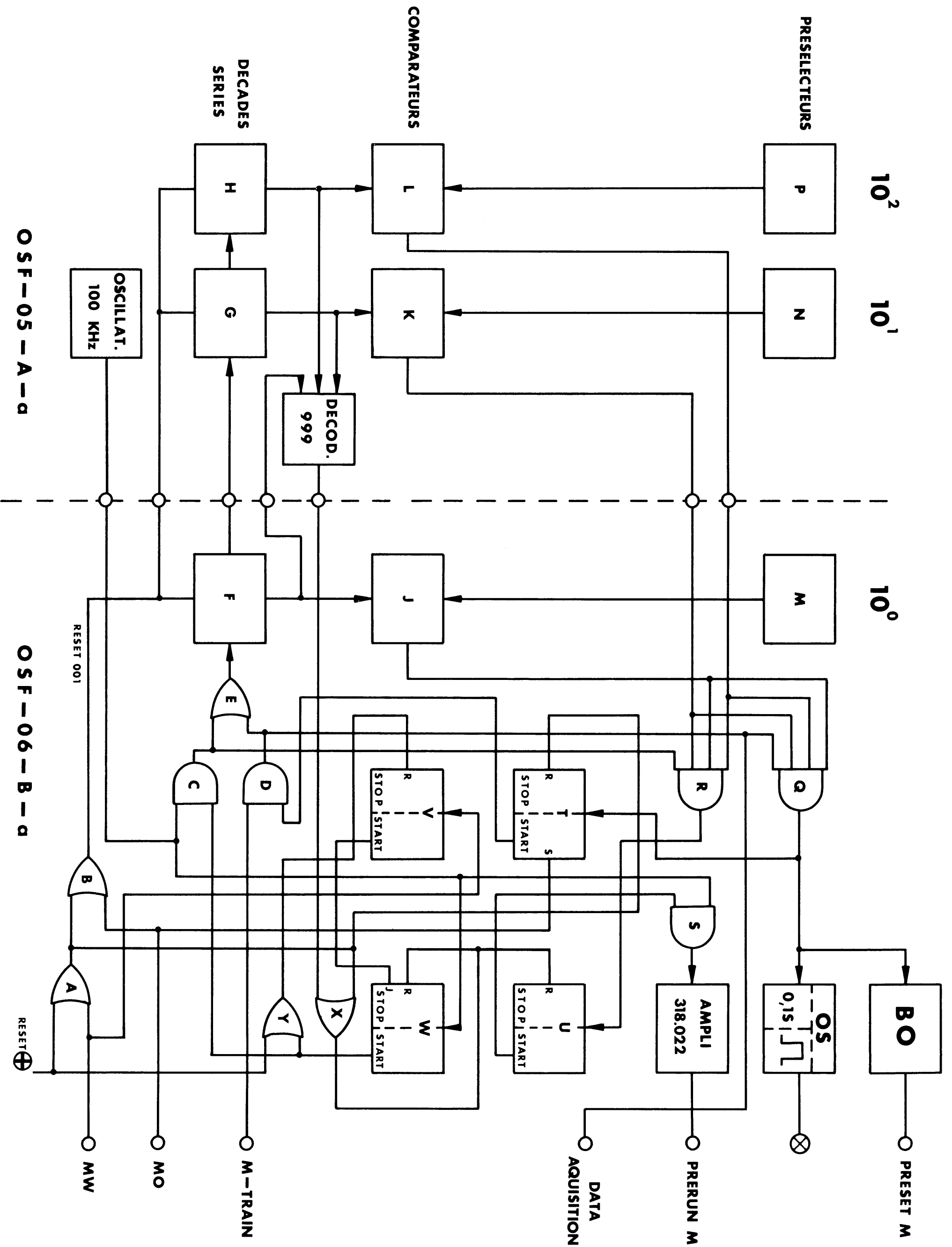


OSF - TIMING

M - PREPULSE

SCHEMA DE FONCTION

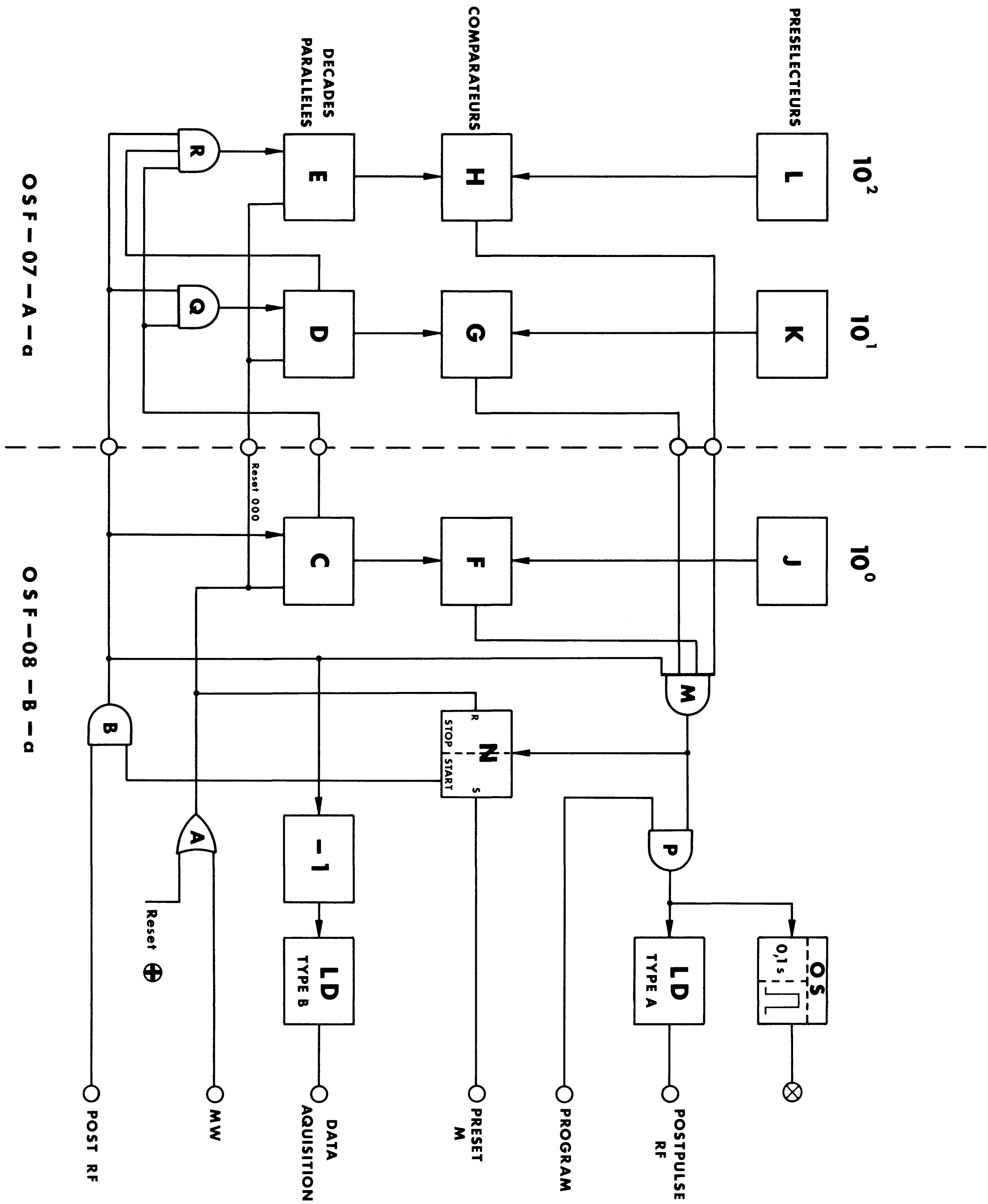
Dessiné	ROSSI	8.1.69	Modif. F		
Contrôlé	ROSSI	8.1.69	Modif. E		
Modif. A			Modif. D		
Modif. B			Modif. C		
PS / FES			318.014		



OSF-05-A-d

OSF-06-B-d

OSF - TIMING	Dessiné	ROSSI	10.1.69	Modif. F		
	Contrôlé	ROSSI	10.1.69	Modif. E		
M - EJECTION	Modif. A			Modif. D		
	Modif. B			Modif. C		
SCHEMA DE FONCTION		PS / FES		318.024		



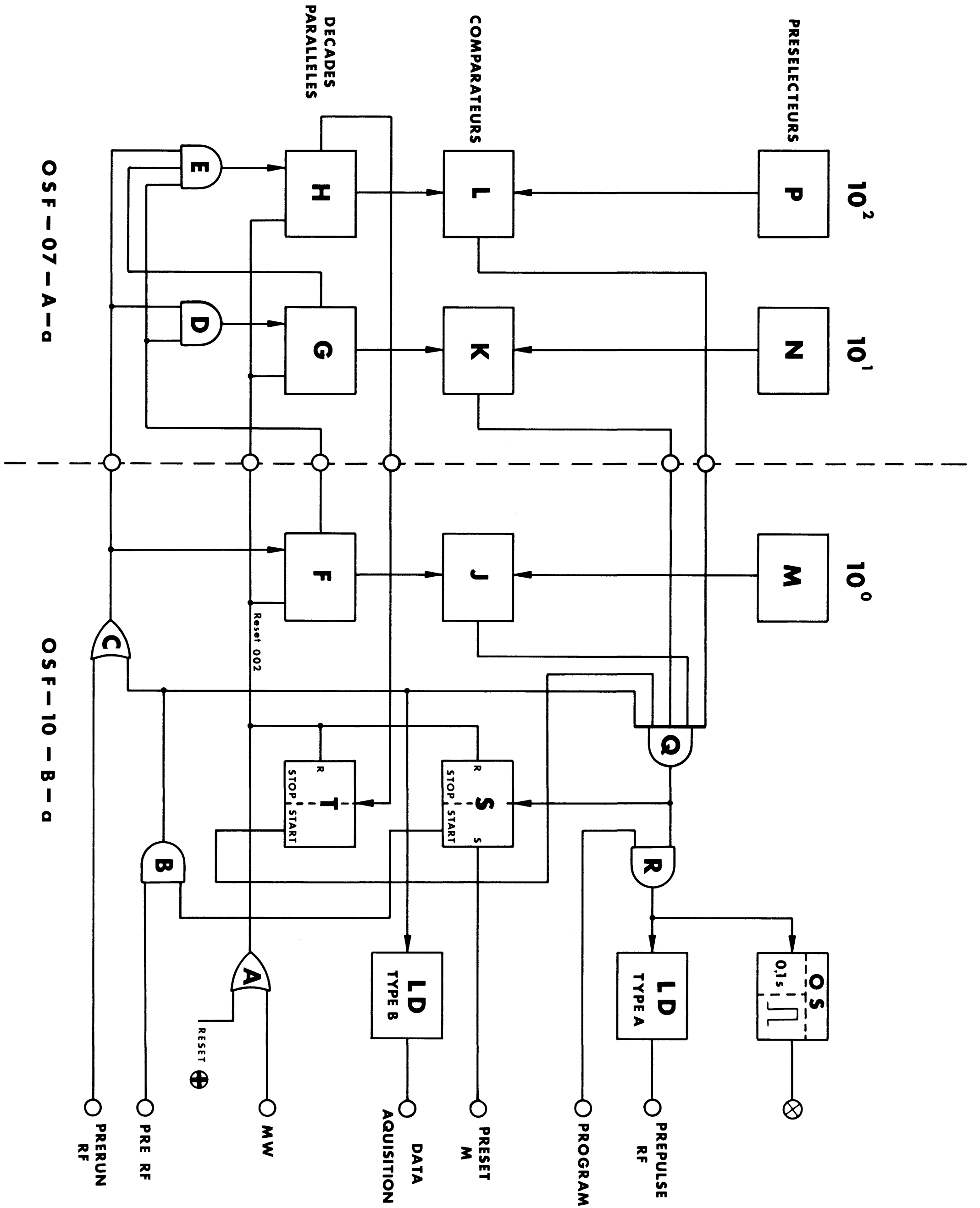
OSF-07-A-a

OSF-08-B-a

OSF-TIMING

RF-POSTPULSE
SCHEMA DE FONCTION

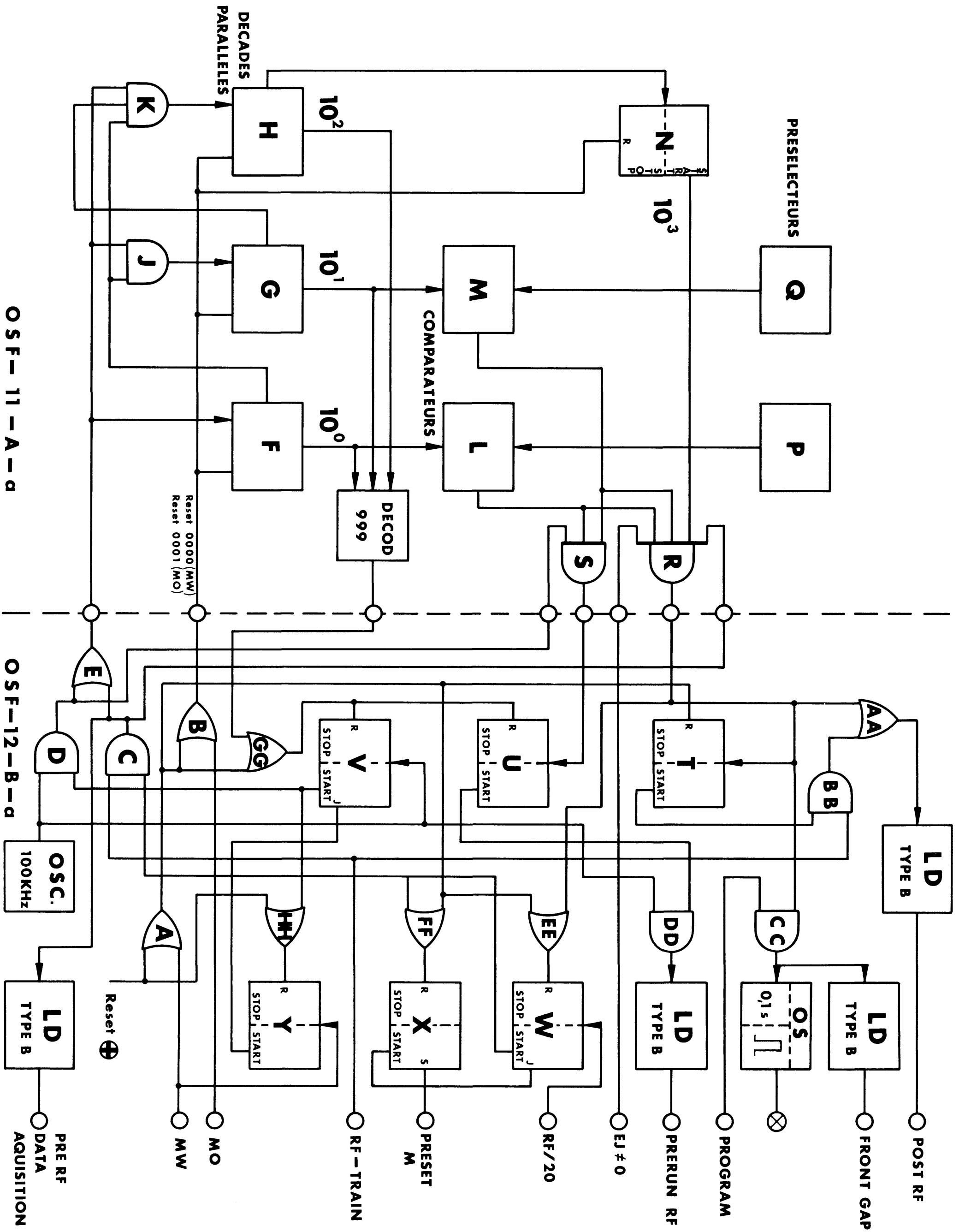
Dessiné	PAULOU	13.3.69	Modif. F		
Contrôlé	ROSSI	10.6.69	Modif. E		
Modif. A			Modif. D		
Modif. B			Modif. C		
PS/FES			318.034		



OSF-TIMING

RF-PREPULSE SCHEMA DE FONCTION

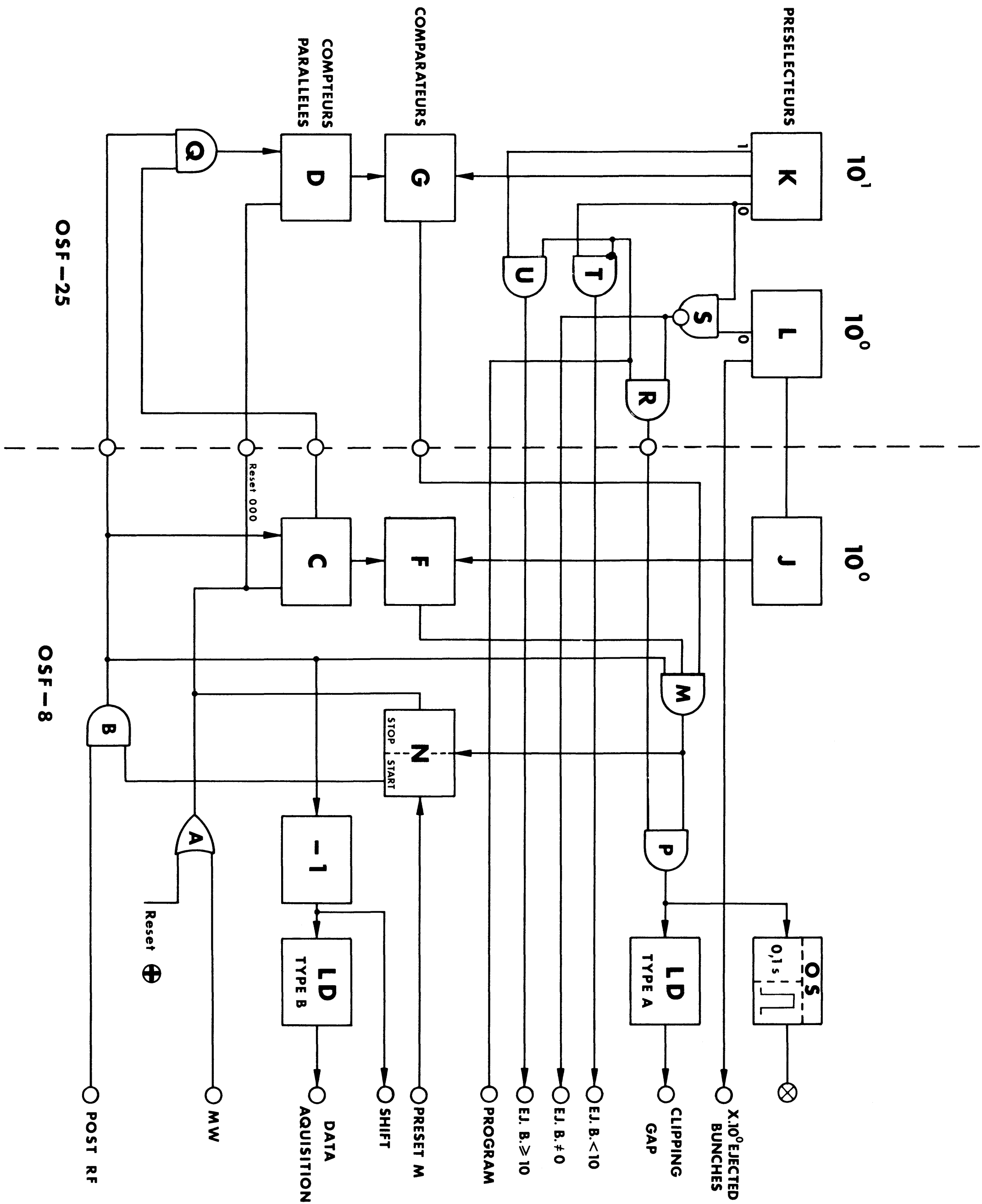
Dessiné	PAULOU	14.3.69	Modif. F		
Contrôlé	ROSSI	11.6.69	Modif. E		
Modif. A			Modif. D		
Modif. B			Modif. C		
PS/FES			318.044		



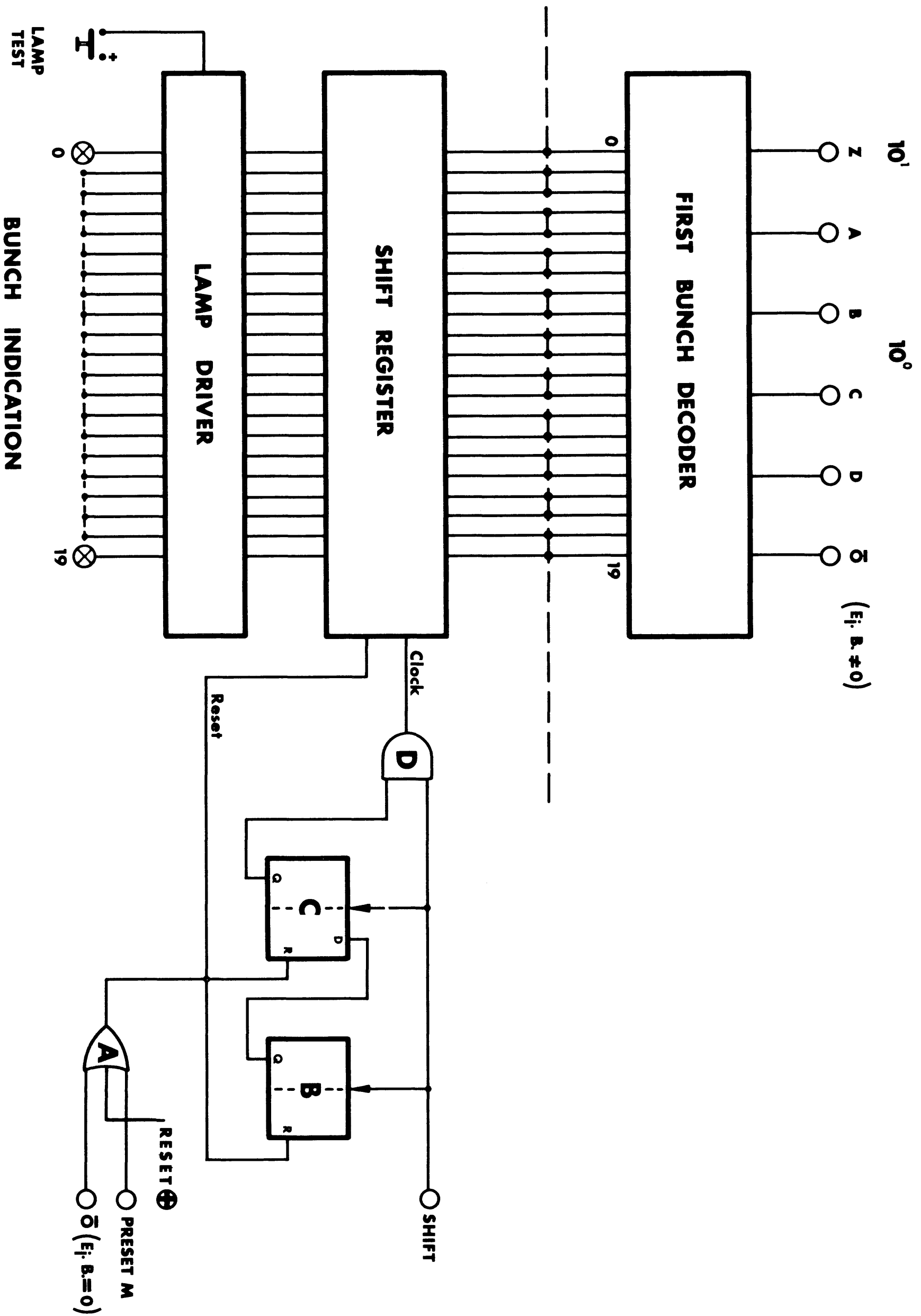
OSF-11-A-d

OSF-12-B-d

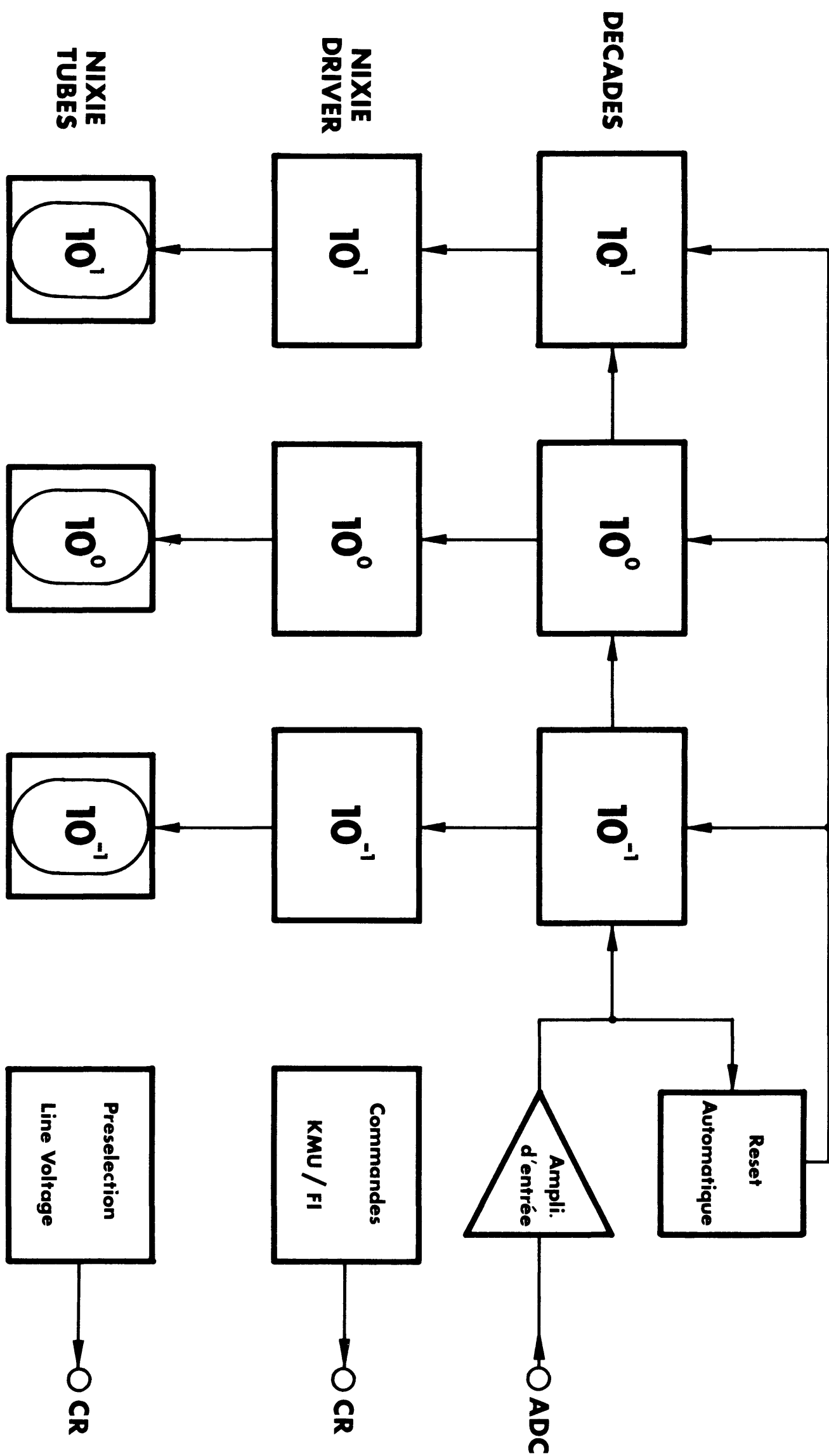
OSF-TIMING FIRST - BUNCH SCHEMA DE FONCTION	Dessiné	PAULOU	14.3.69	Modif. F		
	Contrôle	ROSSI	11.6.69	Modif. E		
	Modif. A			Modif. D		
	Modif. B			Modif. C		
	PS/FES			318.054		



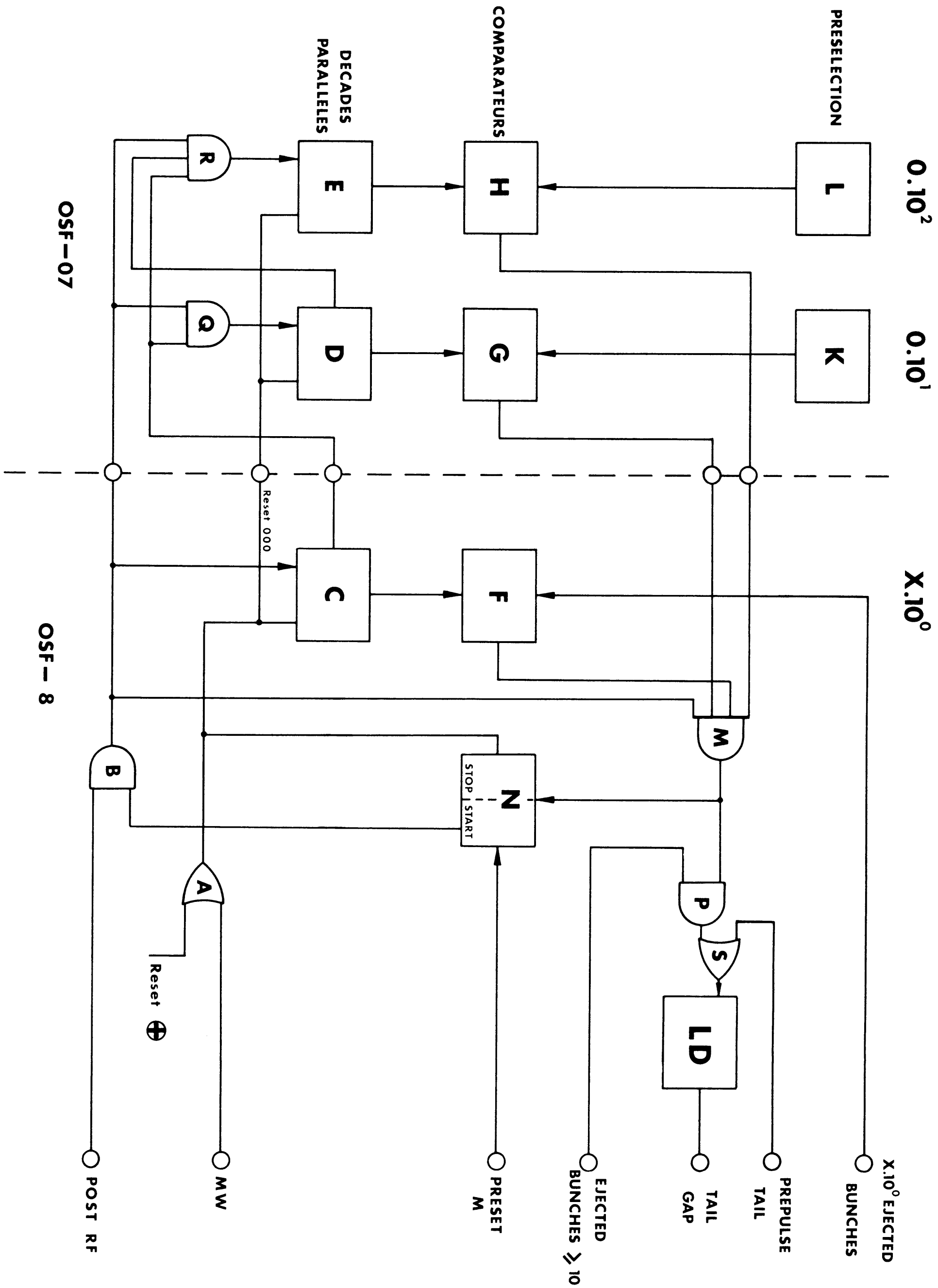
OSF - TIMING & PROGRAMMING	Dessiné	PAULOU	30.5.69	Modif. F	
	Contrôlé	BOSSART	30.5.69	Modif. E	
EJECTED BUNCHES	Modif. A			Modif. D	
	Modif. B			Modif. C	
SCHEMA DE FONCTION	PS / FES		3 1 8 . 0 6 4		



OSF - TIMING & PROGRAMMING	Dessiné	PAULOU	14.5.69	Modif. F		
	Contrôlé	BOSSART	19.5.69	Modif. E		
BUNCH INDICATION	Modif. A			Modif. D		
	Modif. B			Modif. C		
SCHEMA DE FONCTION	PS / FES		318.074			



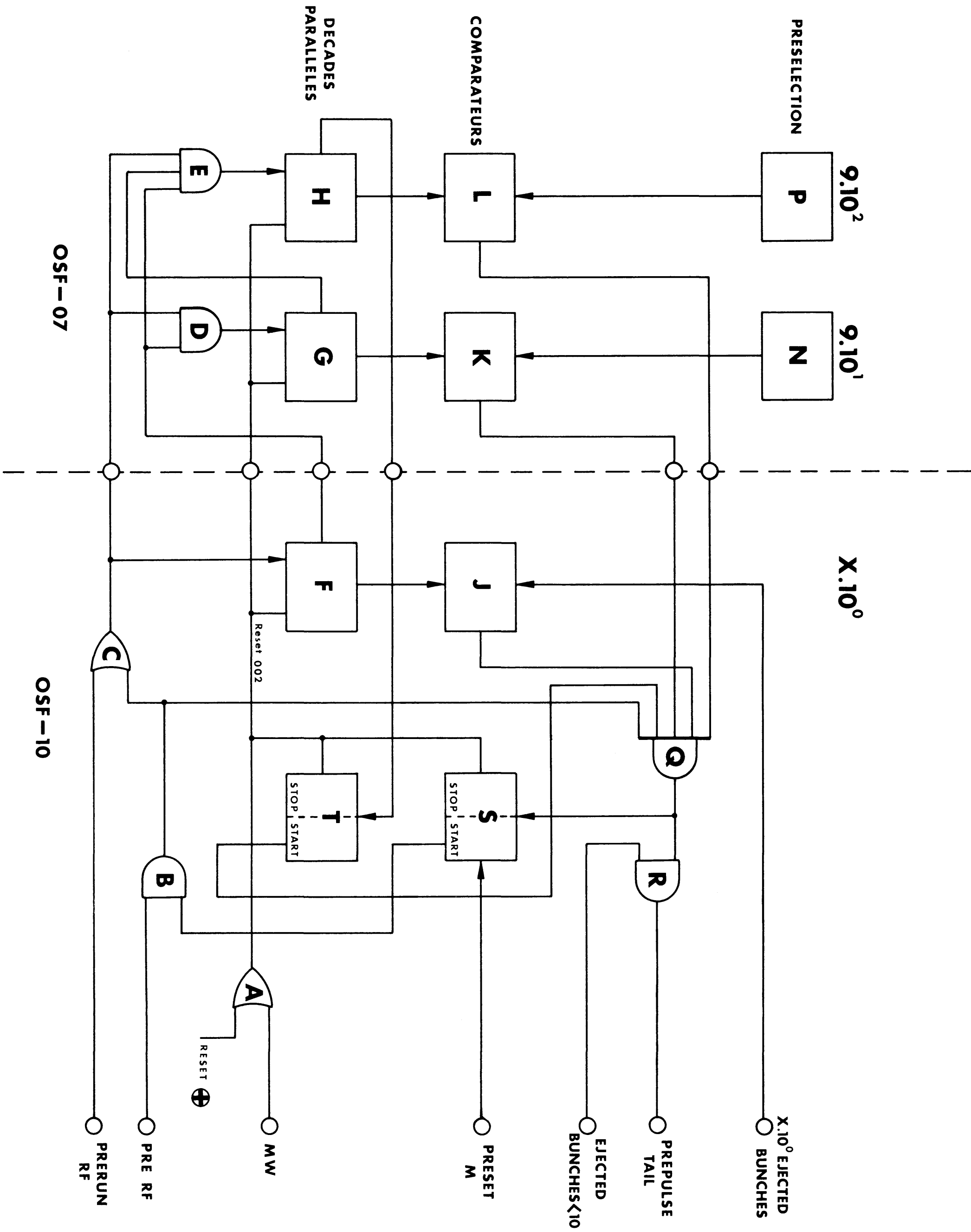
OSF – TIMING & PROGRAMMING	Dessiné	PAULOU	30.5.69	Modif. F		
	Contrôlé	BOSSART	30.5.69	Modif. E		
LINE VOLTAGE	Modif. A			Modif. D		
	Modif. B			Modif. C		
SCHEMA DE FONCTION. HV-COUNTER	PS / FES		318.084			



OSF - TIMING & PROGRAMMING

TAIL TRIGGER (RF POST. MODIFIE)
SCHEMA DE FONCTION

Dessiné	PAULOU	12.5.69	Modif. F		
Contrôlé	BOSSART	13.5.69	Modif. E		
Modif. A			Modif. D		
Modif. B			Modif. C		
PS / FES			318.092		

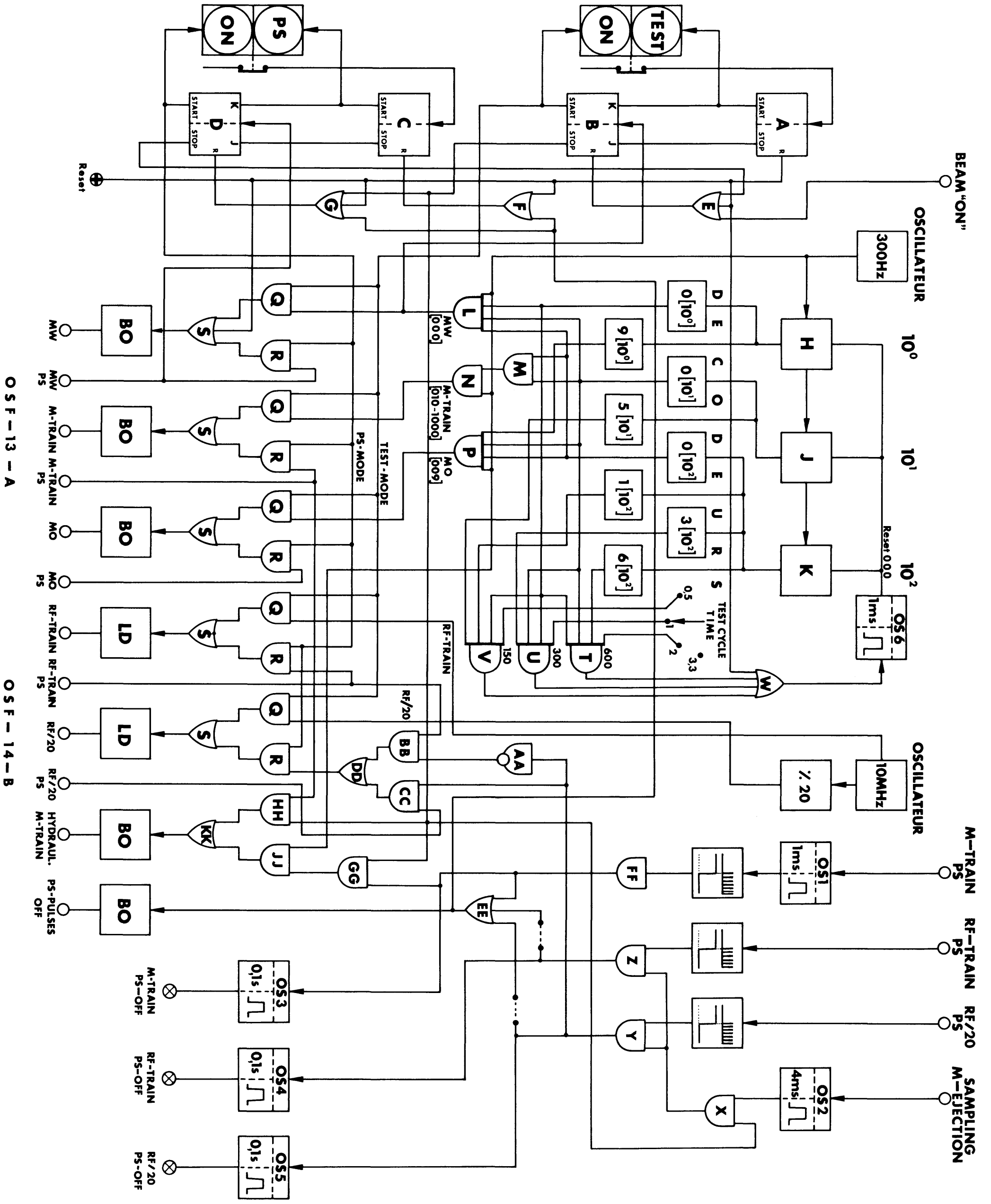


OSF - TIMING & PROGRAMMING

TAIL TRIGGER (RF PRE. MODIFIE)

SCHEMA DE FONCTION

Dessiné	PAULOU	12.5.69	Modif. F		
Contrôlé	BOSSART	13.5.69	Modif. E		
Modif. A			Modif. D		
Modif. B			Modif. C		
PS / FES			318.093		



OSF-13-A

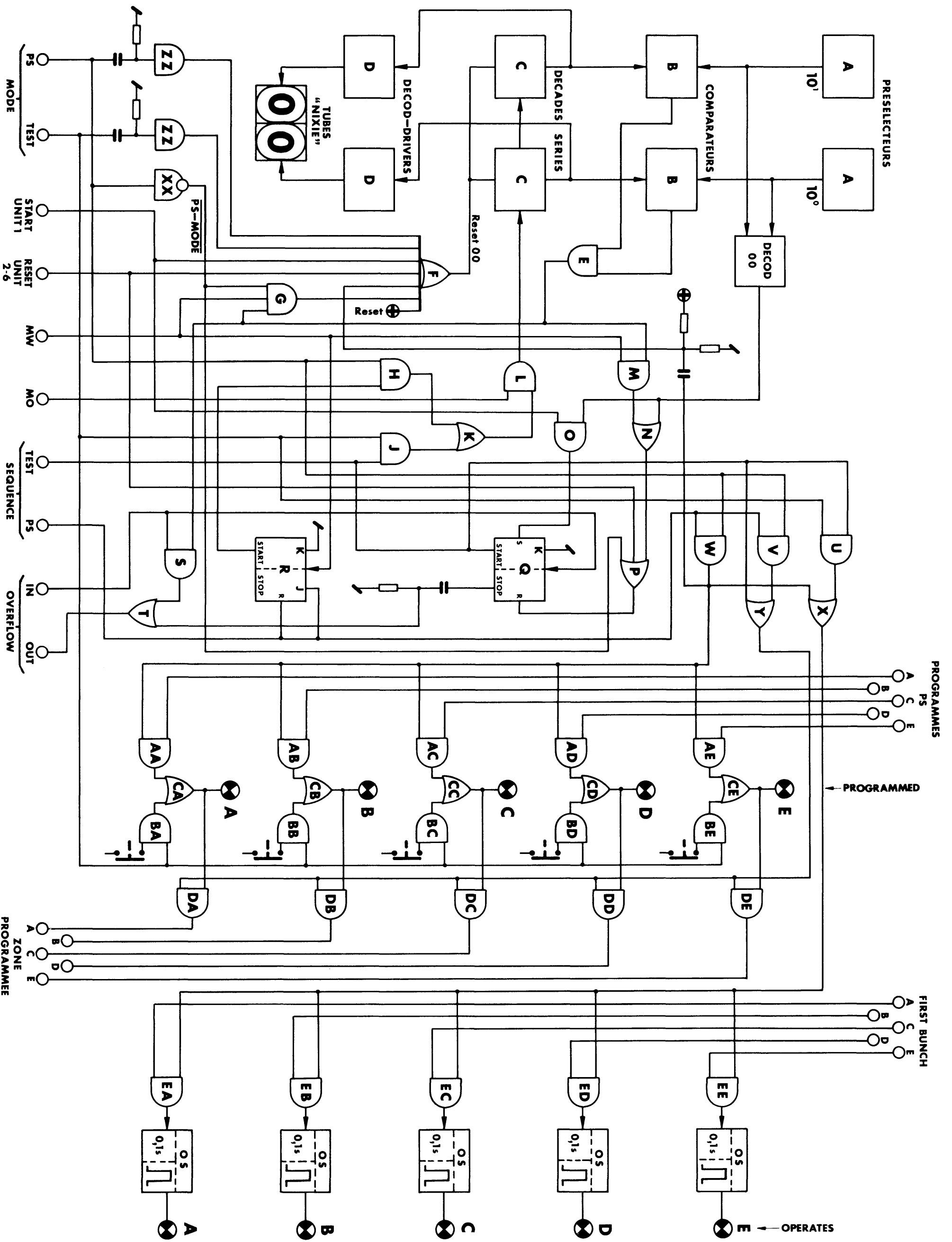
OSF-14-B

OSF - PROGRAMMING

TEST UNIT

SCHEMA DE FONCTION

Dessiné	PAULOU	31.3.69	Modif. F		
Contrôle	ROSSI	13.6.69	Modif. E		
Modif. A			Modif. D		
Modif. B			Modif. C		
PS / FES		318.104			

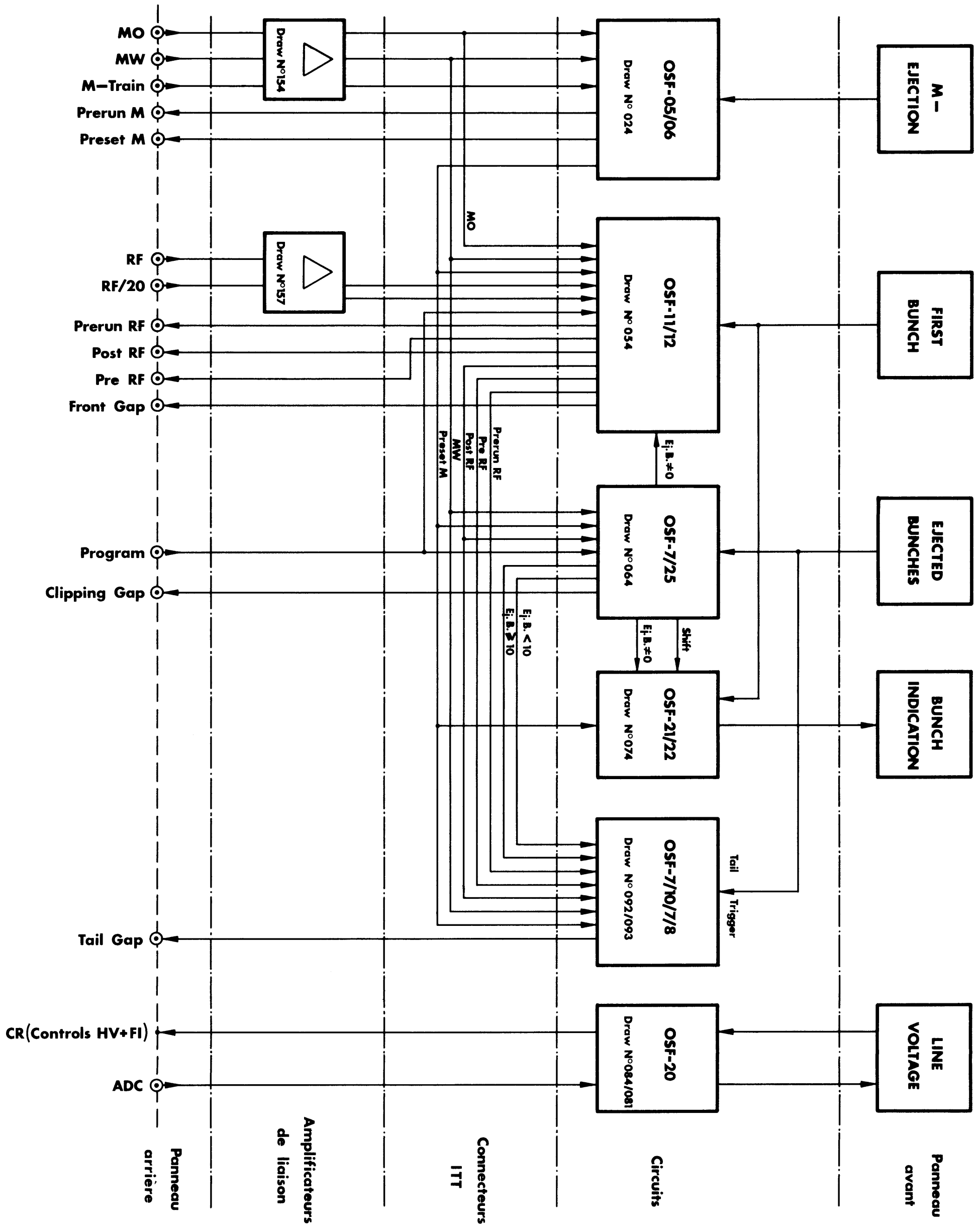


OSF - PROGRAMMING

PROGRAM UNIT

SCHEMA DE FONCTION

Dessiné	PAULOU	26.3.69	Modif. F		
Contrôlé	ROSSI	16.6.69	Modif. E		
Modif. A			Modif. D		
Modif. B			Modif. C		
PS / FES			318.114		

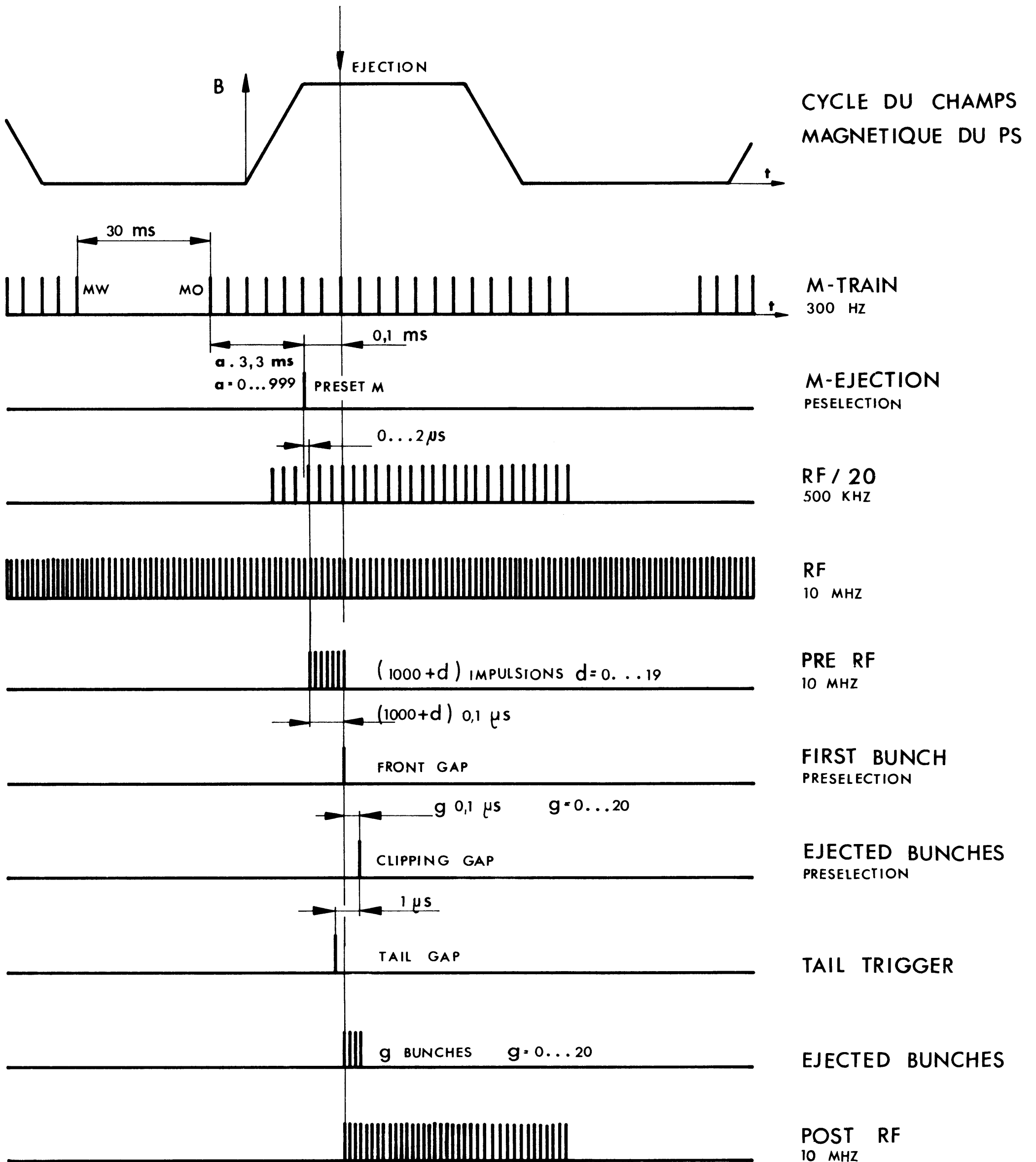


OSF - TIMING & PROGRAM.

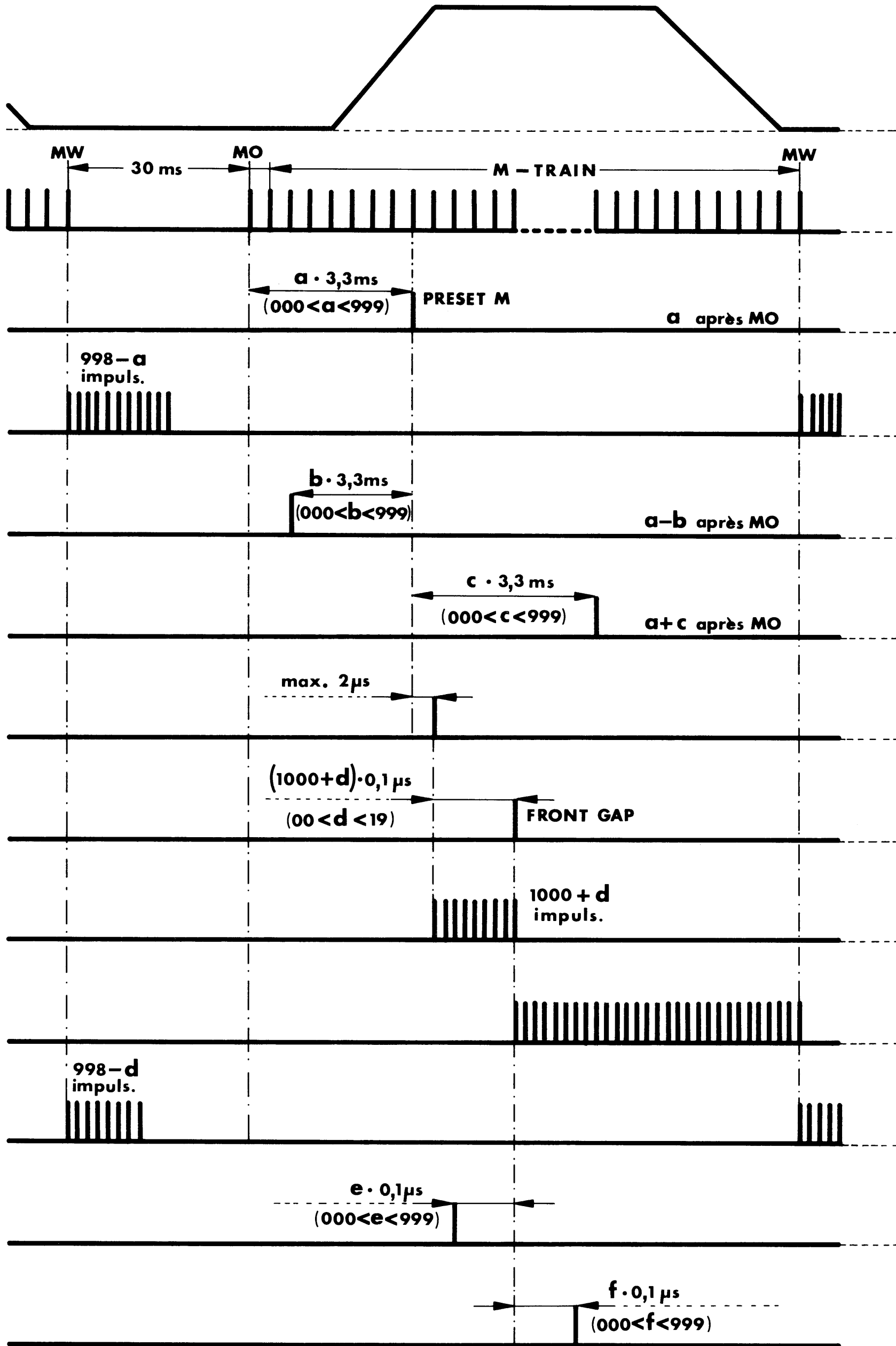
KICK & BUNCH SELECTOR

SCHEMA BLOC

Dessiné	PAULOU	28.5.69	Modif. F		
Contrôle	BOSSART	30.5.69	Modif. E		
Modif. A			Modif. D		
Modif. B			Modif. C		
PS / FES			318.132		



OSF – TIMING & PROGRAMMING	Dessiné	MAYER	22.6.69	Modif. F		
	Contrôlé	BOSSART	22.6.69	Modif. E		
KICK AND BUNCH SELECTOR SEQUENCE DES IMPULSIONS	Modif. A			Modif. D		
	Modif. B			Modif. C		
	PS / FES		318.133			



CYCLE MACHINE

$B = f(t)$

M-TRAIN / PS
300 Hz / $1 \mu\text{s}$

M-EJECTION PRESELECTION a

PRERUN M
100 KHz

M-PREPULSE PRESELECTION b

M-POSTPULSE PRESELECTION c

RF ÷ 20 / PS SYNCHRONISATION

FIRST BUNCH PRESELECTION d

TRAIN PRE RF
10 MHz

TRAIN POST RF
10 MHz

PRERUN RF
100 KHz

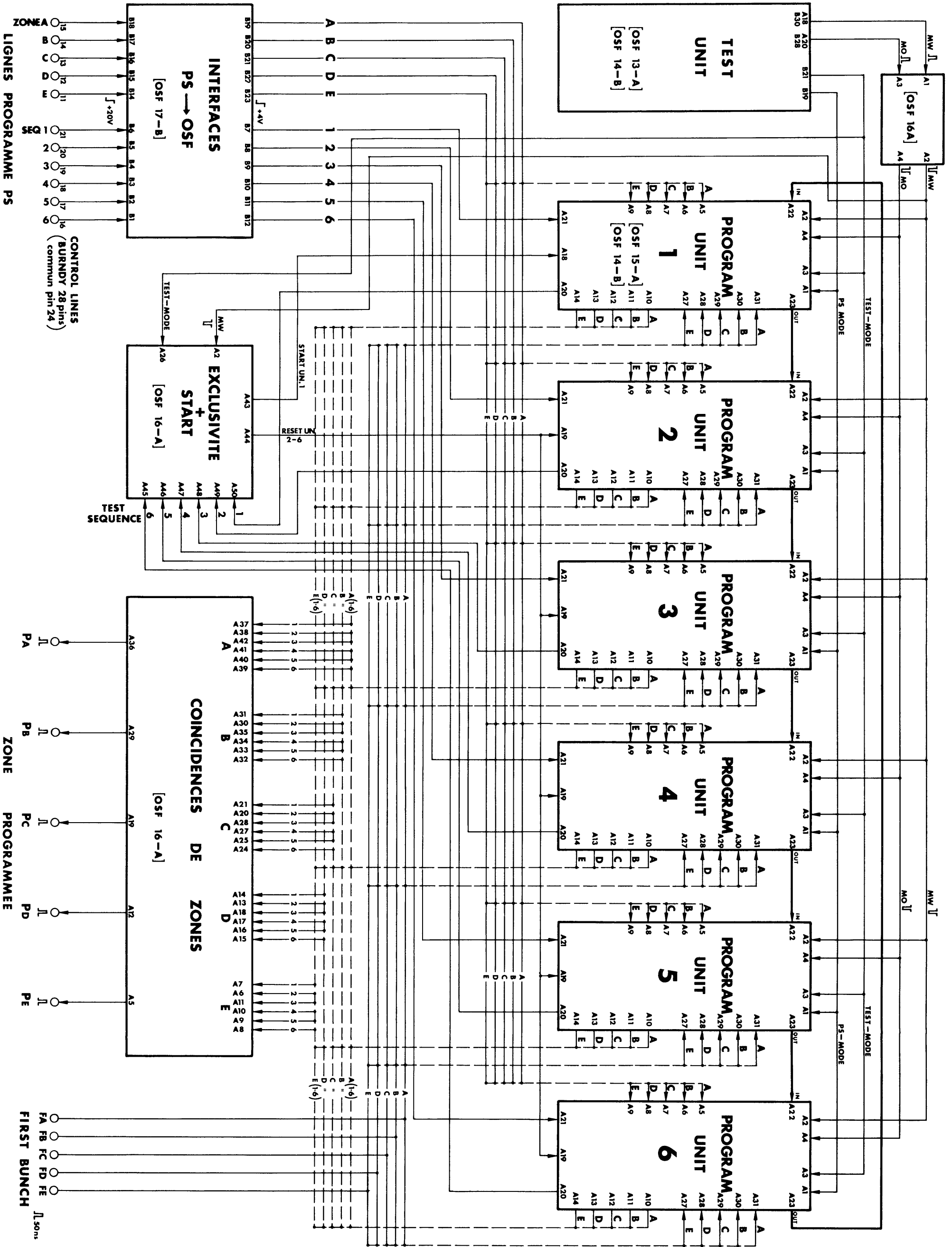
RF-PREPULSE PRESELECTION e

RF-POSTPULSE PRESELECTION f

OSF - TIMING

PRE-POSTPULSE UNITS
SEQUENCE DES IMPULSIONS

Dessiné	ROSSI	9.6.69	Modif. F		
Contrôlé	ROSSI	9.6.69	Modif. E		
Modif. A			Modif. D		
Modif. B			Modif. C		
PS / FES			318.134		

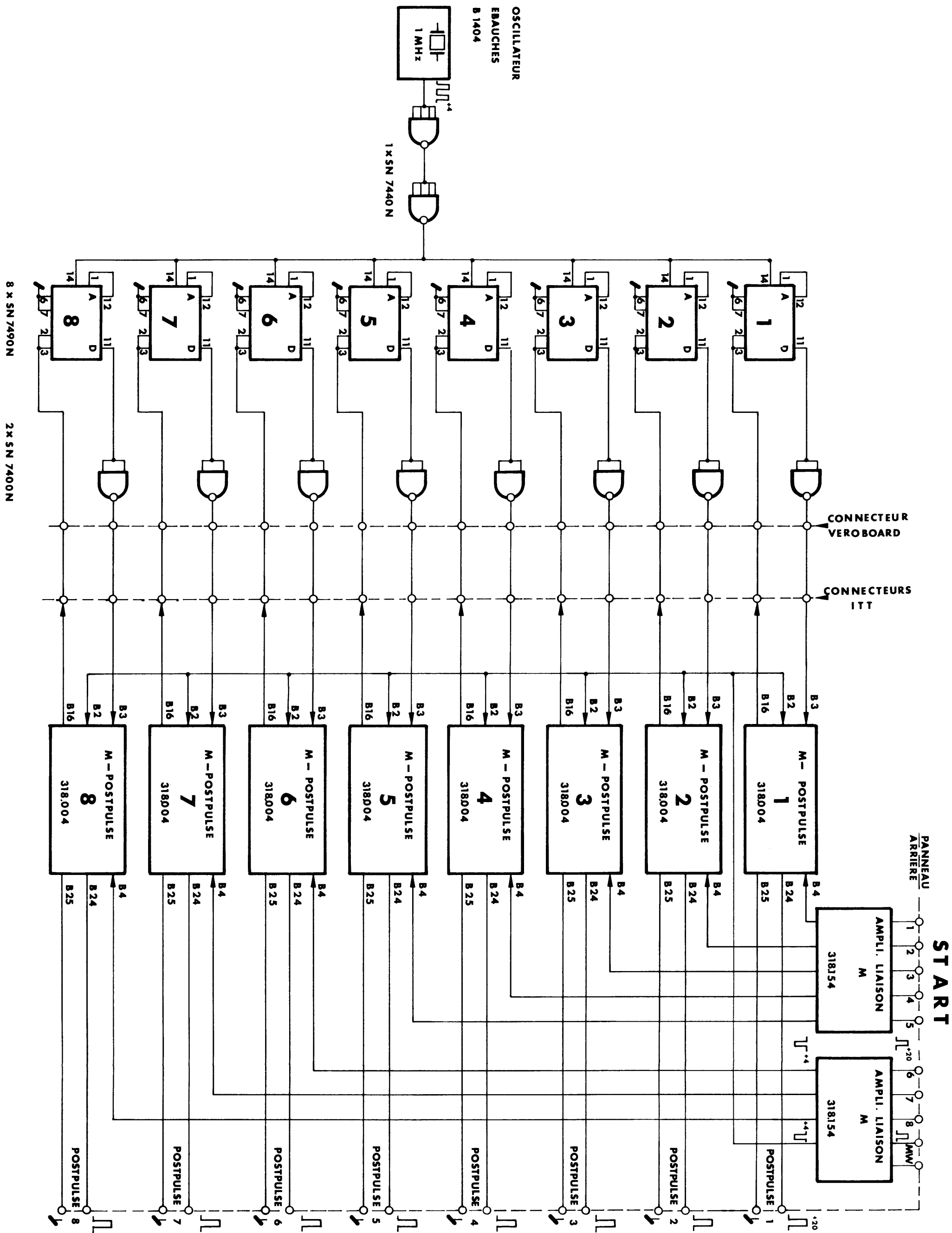


OSF - TIMING & PROGRAMMING

PROGRAM SEQUENCER

SCHEMA D'ENSEMBLE DE LA PROGRAMMATION

Dessiné	C PAULOU	26.3.69	Modif. F
Contrôlé	ROSSI	5.6.69	Modif. E
Modif. A			Modif. D
Modif. B			Modif. C
PS/FES		318.142	

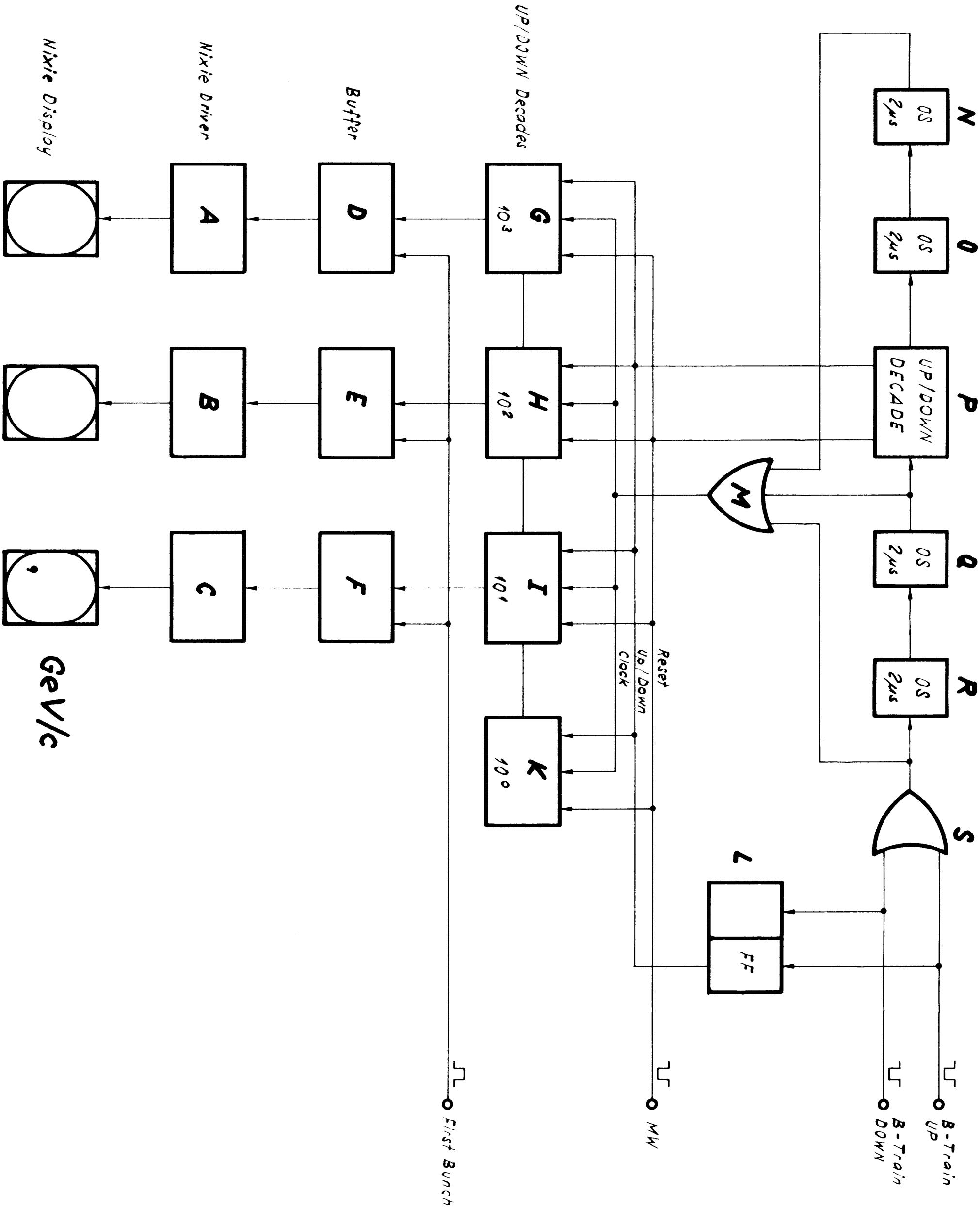


OSF - TIMING

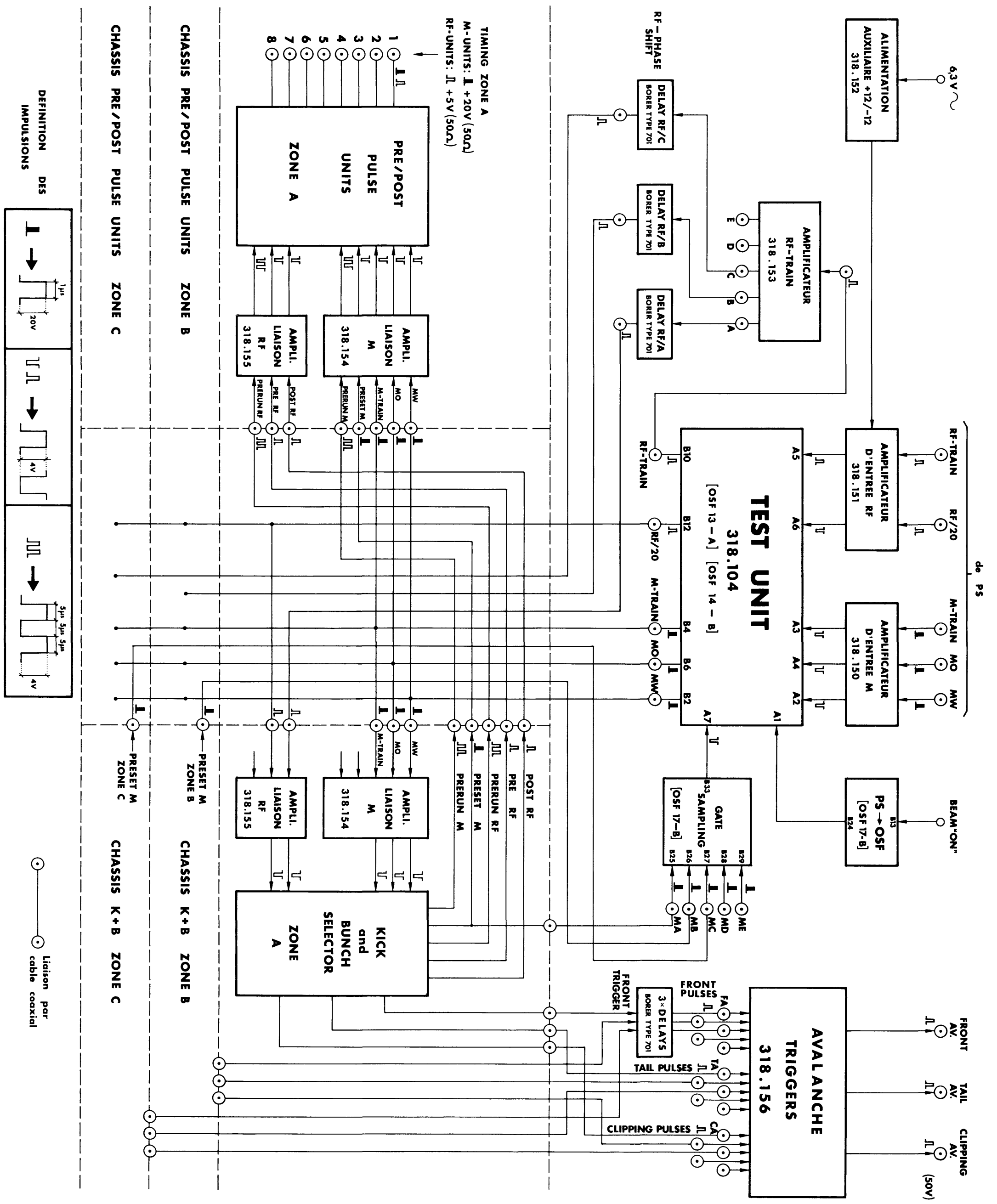
FINE DELAYS

SCHEMA D'ENSEMBLE

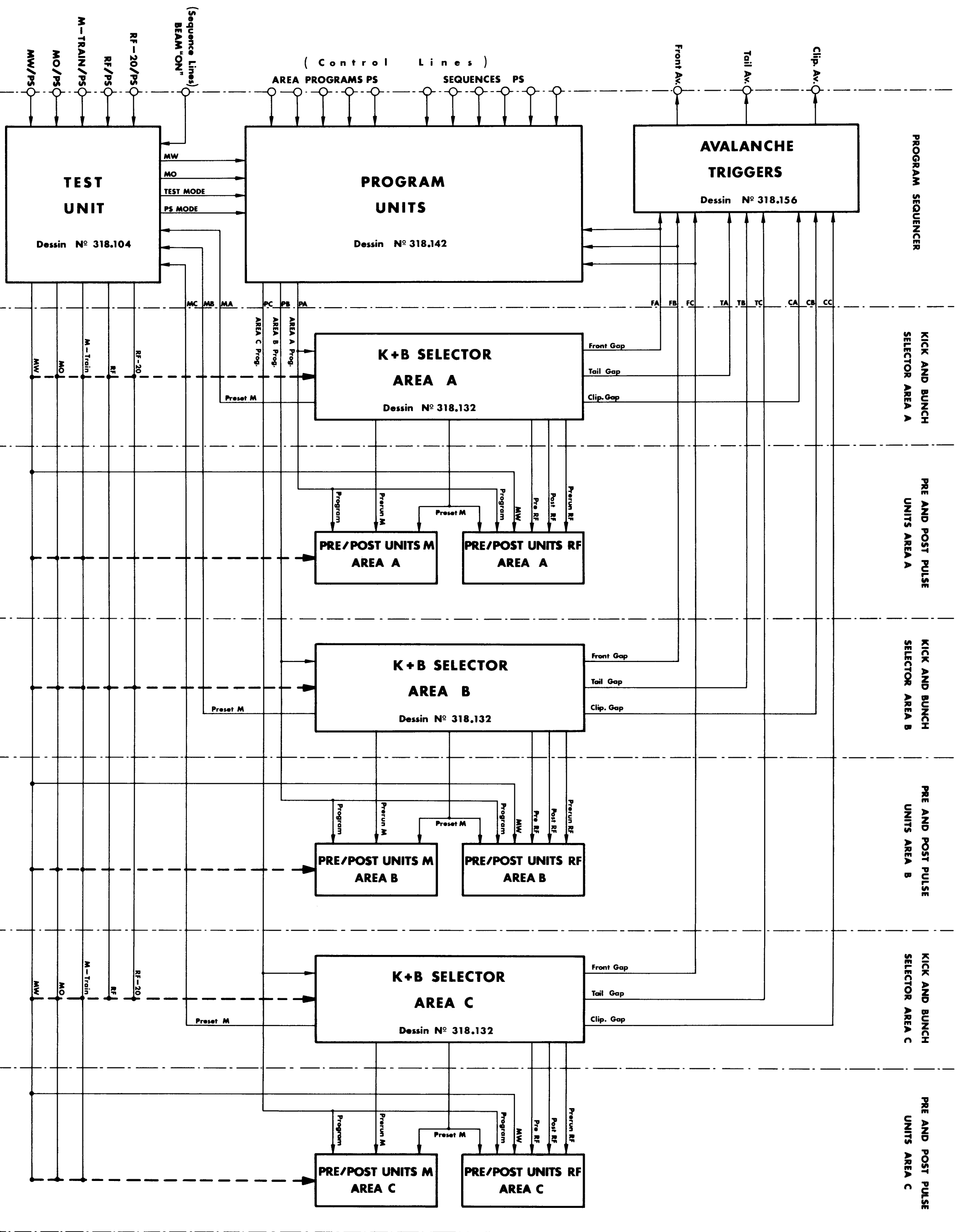
Dessiné	20.6.69	MAYER	Modif. F		
Contrôlé	20.6.69	ROSSI	Modif. E		
Modif. A			Modif. D		
Modif. B			Modif. C		
PS / FES			318 158		



OSF – TIMING AND PROGRAMMING	Dessiné	11.7.69	<i>V. Zappa</i>	Modif. F		
	Contrôlé	11.7.69	<i>R. Bossard</i>	Modif. E		
ENERGY INDICATION	Modif. A			Modif. D		
	Modif. B			Modif. C		
SCHEMA DE FONCTION	PS / FES		318 164			



OSF-TIMING & PROGRAMMING	Dessiné	C PAULOU	1.4. 69	Modif. F		
	Contrôle	ROSSI	18.6. 69	Modif. E		
	Modif. A			Modif. D		
	Modif. B			Modif. C		
DISTRIBUTION DES IMPULSIONS	PS/FES		318.252			



OSF-TIMING & PROGRAMMING

SCHEMA BLOC GENERAL

Dessiné	C. PAULOU	27.5.69	Modif. F		
Contrôle	ROSSI	18.6.69	Modif. E		
Modif. A			Modif. D		
Modif. B			Modif. C		
PS/FES		318.253			