N O T I C E

THIS DOCUMENT HAS BEEN REPRODUCED FROM MICROFICHE. ALTHOUGH IT IS RECOGNIZED THAT CERTAIN PORTIONS ARE ILLEGIBLE, IT IS BEING RELEASED IN THE INTEREST OF MAKING AVAILABLE AS MUCH INFORMATION AS POSSIBLE

UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY

BERKELEY • DAVIS • IRVINE • LOS ANGELES • RIVERSIDE • SAN DIEGO • SAN FRANCISCO SANTA BARBARA • SANTA CRUZ

(415) 642-1361
TWX: UC SPACE BERK
(910) 366-7945

SPACE SCIENCES LABORATORY
BERKELEY, CALIFORNIA 94720

September 9, 1981

Dr. Robert O. Wales
Technical Officer
Code 602
NASA Goddard Space Flight Center
Greenbelt, Maryland 20771

Re: Final report for contract NAS5-20079 (ISEE Mother/Daughter Energetic Particles Flux Experiment); K. A. Anderson, P.I.

Dear Dr. Wales:

Enclosed are three copies of the final report for the above referenced contract.

By copy of this letter, a copy of the report is also being forwarded to the offices listed below.

Sincerely,

Marge

Marge Currie
Secretary

/mkc

cc: Mr. Hugh Warren, Contracting Officer, Code 266
ISEE Project Manager, Code 602
ISEE Project Scientist, Code 692
✓Publications Branch, Code 251
Patent Counsel, Code 204
National Space Sciences Data Center, Code 601
Graphic Arts Branch, Code 253
Dr. George Parks, U. Washington Subcontractor
D. Weldon, SSL Contracts and Grants
P. Hannahs, UCB Sponsored Projects (letter only)

RECEIVED
NASA STI FACILITY
ACCESS DEPT.

(NASA-CR-166761) ENERGETIC PARTICLES FLUX EXPERIMENT FOR ISEE MOTHER/DAUGHTER SPACECRAFT Final Report, 23 May 1974 - 31 Oct. 1979 (California Univ.) 96 p HC A05/MF A01 CSCL 03B G3/90

N82-16026

Unclas 07174

NASA CR- 166761

TECHNICAL REPORT STANDARD TITLE PAGE

1. Report No.	2. Government Accession No.	3. Recipient's Catalog No.
4. Title and Subtitle FINAL REPORT: ENERGETIC PARTICLES FLUX EXPERIMENT FOR ISEE MOTHER/DAUGHTER SPACECRAFT		5. Report Date 9/81 6. Performing Organization Code
7. Author(s) K. A. Anderson		8. Performing Organization Report No. Series 22, Issue 19
9. Performing Organization Name and Address Space Sciences Laboratory University of California Berkeley, CA 94720		10. Work Unit No. 11. Contract or Grant No. NAS5-20079
12. Sponsoring Agency Name and Address NASA Goddard Space Flight Center Greenbelt, MD 20771		13. Type of Report and Period Covered Final Report 5/23/74 - 10/31/79 14. Sponsoring Agency Code
15. Supplementary Notes		

16. Abstract

The history of the University of California Energetic Particle Experiments on the ISEE-1 and -2 (Mother and Daughter) spacecraft is outlined, and descriptions of the instruments are given. The inflight performance and data analysis are summarized. The research completed and ongoing are described and a bibliography is included.

17. Key Words (Selected by Author(s))	18. Distribution Statement
Magnetospheric physics Energetic particles and plasmas	Unlimited

19. Security Classif. (of this report)	20. Security Classif. (of this page)	21. No. of Pages	22. Price*
U	U	93	

*For sale by the Clearinghouse for Federal Scientific and Technical Information, Springfield, Virginia 22151.

CONTENTS

I. Introduction - 1

II. Experiment Description - 3

III. In-Flight Performance of Experiment - - - - - - - - - - - - - - - - - - - 15

IV. Data Analysis and Important Results, 10/77 - 10/79 - - - - - - - - - - - 17

V. Personnel and Cooperative Projects - 20

VI. Bibliography - 21

Appendix - 28

I. INTRODUCTION

This experiment studies the various energetic particle phenomena found in the Earth's magnetosphere, magnetopause, magnetosheath, bow shock and upstream interplanetary medium. It is designed to take advantage of the Mother/Daughter dual spacecraft system to separate spatial from temporal effects in the observed particle fluxes. To this end, essentially identical experiments are placed on the two spacecraft, covering the energy range from ∿1 to 300 keV for both electrons and ions with large counting rate and high time resolution. By accurately measuring the time difference, Δt, between particle features seen on the two spacecraft it is possible to obtain the propagation velocity of the particle structure.

$$\Delta t = \frac{\vec{d} \cdot \hat{n}}{(\vec{v}_f - \vec{v}_s) \cdot \hat{n}}$$

$\vec{v}_s$ is the spacecraft velocity, and $\vec{v}_f$ is the velocity of the particle front, $\hat{n}$ is the unit normal vector of the front, and $\vec{d}$ is the spacecraft separation distance. Typical expected velocities and times for different separations between the two spacecraft are given in Table 1.

TABLE 1. RELEVANT VELOCITIES AND TRANSIT TIMES

Effects	Velocities (km/sec)	Δt (seconds)		
		100 km	1000 km	5000 km
Spacecraft motion	1-2	50-100	500-1000	2500-5000
Solar wind convection	300-800	0.1-0.25	1.2-2.5	6.0-15
Hydromagnetic waves (Alfven waves)	100-200	0.5-1.0	5-10	25-50
Bow shock motion	10-30	3-10	30-100	150-500
Interplanetary shocks	600-1500	0.7-1.5	0.7-1.7	3.5-8
Magnetospheric convection	1-10	10-100	100-1000	500-5000
Diffusion (across B)	0.05-1.0	$200-10^4$	$2\times10^3-10^5$	$10^4-5\times10^5$
Drift (guiding center)	1-30	3-100	$30-10^3$	$150-5\times10^3$
Particle free motion				
electrons	$6\times10^4-10^5$	$10^{-3}-10^{-2}$	0.01-0.1	0.05-0.5
protons	10^3-10^4	0.01-0.1	0.1-1	0.5-5

The types of phenomena to be studied include:

1) Bow shock electron spikes and upstream energetic protons--how and where are they accelerated?

2) Bow shock structure--where does the electron and ion heating and thermalization take place?

3) Magnetopause particle fluxes and magnetopause motions--what kind of waves and instabilities occur at this boundary? How are the associated particle layers produced?

4) Tail plasma sheet particles--where are these particles accelerated and how is the acceleration related to plasma sheet motions?

5) Outer magnetospheric fluxes--where are these particles accelerated and how is this acceleration related to substorms?

6) Solar and interplanetary particles--what is the origin of the low energy interplanetary "quiet time" particles? What are the local particle propagation characteristics in the interplanetary medium?

II. EXPERIMENT DESCRIPTION

The objective of these experiments is to provide accurate timing of particle features over a wide range of energies, ∿1.5 to ≳300 keV, for both electrons and protons. Fixed voltage electrostatic analyzers (FVA's) and semiconductor detector telescopes (SST's) cover the energy range with relatively large geometric factors. On both spacecraft, the detectors' view directions are kept near or along the spacecraft spin axis (essentially normal to the ecliptic plane) in order to minimize spin modulation effects. The FVA portion is designed and built at Toulouse and the SST portion at UC Berkeley. Each portion is packaged separately and can be run independent of the other. The data processing will be done at the University of Washington.

Fixed Voltage Analyzers

The FVA experiment consists of two pairs of mechanical joined, 63°-section cylindrical plate electrostatic analyzers. Each pair consists of one analyzer centered at ∿1.5 and one at ∿6 keV (Figure 1). Voltages of ± 187 V and ± 750 V are applied to the plates to select protons in one pair, and with voltages reversed, electrons in the second pair of analyzers.

These particles are detected by two 1 cm-diameter funnel-mouth and one 1 mm-diameter straight channel multipliers at each analyzer

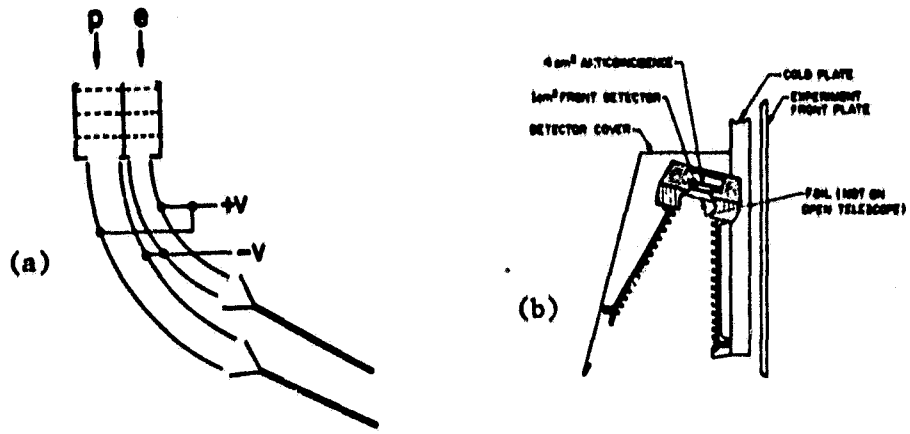


Figure 1. AND and ANM experiments

(a) Schematic of FVA detectors

(b) Schematic of SST detectors

exit. There are three separate commandable high voltage power supplies, one each for the 1 mm channels, the proton 1 cm funnels, and the electron 1 cm funnels. Shutting off the funnel-mouth channeltrons decreases the geometric factor by a factor of ∿500, thus extending the dynamic range. The funnel-mouthed channeltrons can also be shut off automatically by a count rate monitor. Automatic turn-on then occurs ∿16 minutes later. The channel multiplier pulses are fed through standard preamp/amplifier and discriminators. The counts are then accumulated in 19 to 8 bit floating point accumulators. The right and left funnel-mouth channeltron outputs in each analyzer can also be individually selected for read out. Each channeltron can thus be read out and its background examined separately during the turn on cycle.

A test cycle checks the digital electronics upon command. The geometric factor, HV on/off, channeltron selected, and experiment mode are indicated in the digital housekeeping. Analog housekeeping reads out voltages and temperatures.

Semiconductor Telescopes

The semiconductor detector telescopes are mounted on specially coated cold plates (see Figure 2) which are thermally isolated from the spacecraft. The plates passively cool the telescopes via radiation to deep space to equilibrious temperatures of ∿-55°C. This cooling eliminates detector thermal noise. On the Mother spacecraft, a mesh cage covers the cold plate to reduce RF pickup from the belly-band

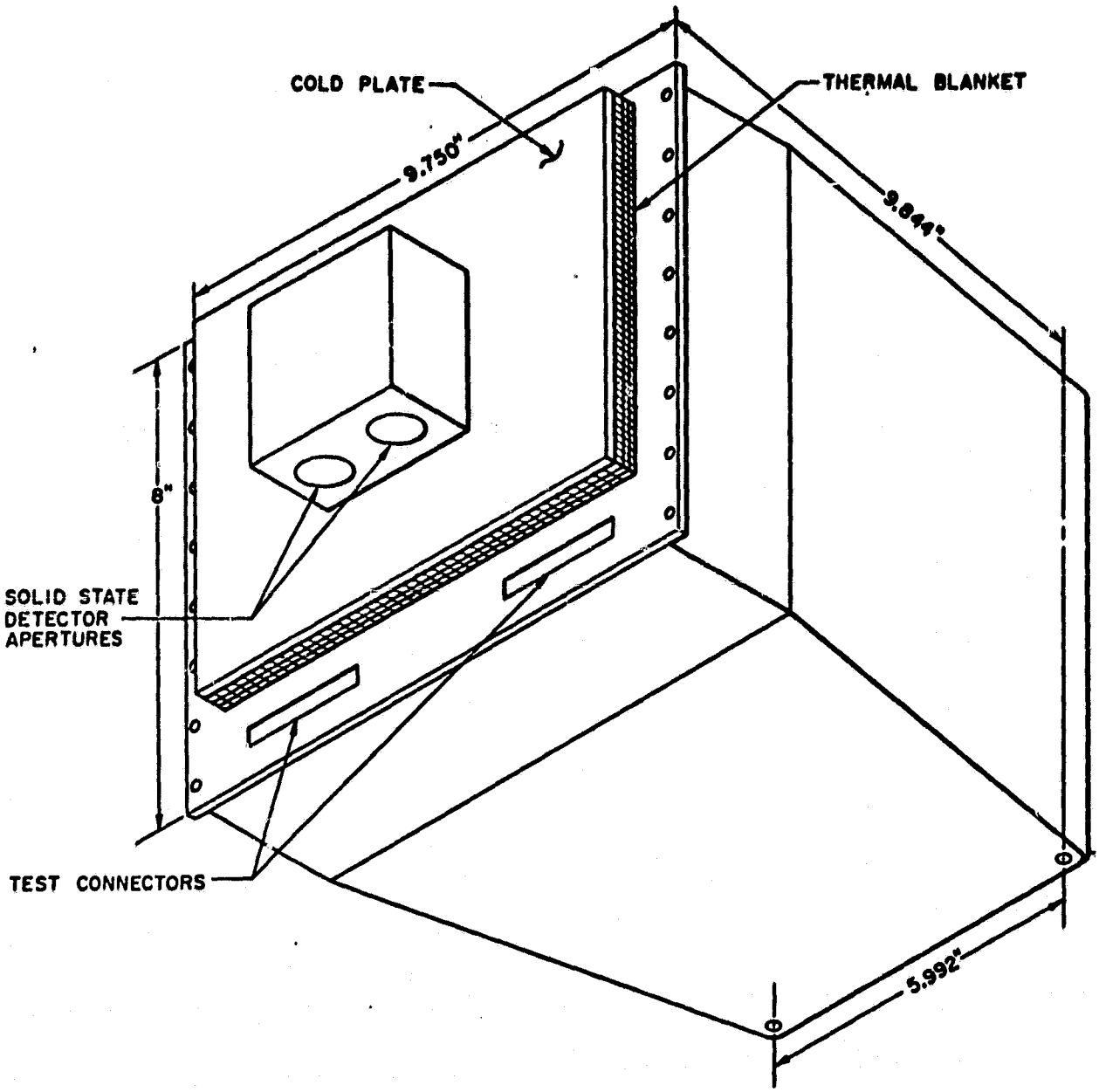


Figure 2a. AND and ANM SST and FVA Experiments
Mother Solid State Telescope Experiment

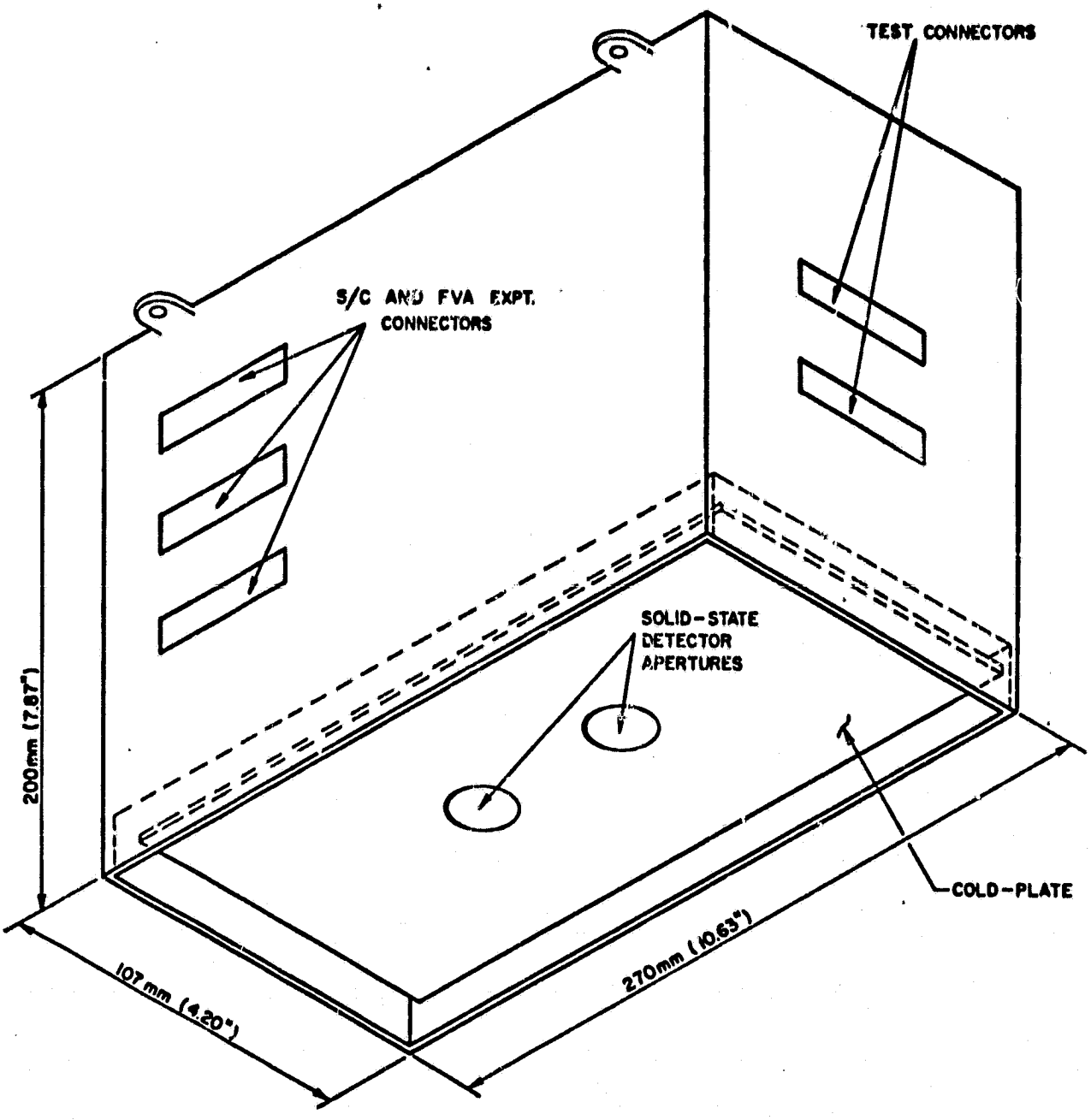


Figure 2b. AND and ANM SST and FVA Experiments
Daughter Solid State Telescope Experiment

antenna. Thin window, $\lesssim 40\ \mu g/cm^2$, surface barrier detectors are used in the telescopes.

The separation of electron and proton fluxes above 15 keV is accomplished by the use of two identical semiconductors, one of which is covered by a thin, low Z absorber foil which stops low energy protons. Electrons lose very little energy in the foil. The foil is chosen so that it stops protons up to the energy of electrons which just penetrate the detector. In the absence of protons energetic enough to penetrate the foil, the foil-covered detector counts only electrons while the open detector counts both electrons and protons. When energetic protons are present their fluxes are measured by the open detector and can be subtracted from the foil detector counting rates. The advantages of this foil technique over other electron-proton separation techniques at these energies are:

1) The efficiency for detection of particles is essentially 100%.
2) Only a foil which is simply placed right in front of the detector is needed. No magnets are used.
3) The spectrum of the particles is essentially undistorted.

Identical dual telescopes are carried on both Mother and Daughter spacecraft. These are illustrated in Figure 1. The detectors O_1 and F_1 are 1 cm^2 area, 200 microns thick; O_2 and F_2 are 4 cm^2 area and 400 microns thick detectors used to reject penetrating particle background. In order to minimize radiation damage the detectors O_1 and F_1 are oriented with the ohmic contact side outward.

Penetration energy for an electron through O_1 or F_1 is ∿280 keV. Protons from ∿280 keV to ∿450 keV will penetrate the foil and leave below 280 keV in F_1. These energy protons are measured by O_1.

All telescopes view identical opening angles and have the same geometric factor of 0.35 cm^2 sr. The energy ranges measured are listed in Table 2. Two broad energy channels, with commandable thresholds are read out from each telescope. In addition the 280-450 keV protons measured by O_1, and the coincidence rate O_1O_2 we read out. The experiment on the Mother also provides high energy resolution pulse height analysis. Sixteen logarithmically spaced channels cover electrons up to 280 keV for F_1 and 48 channels cover electrons and ions up to ∿40 MeV energy for O_1.

Electronics

Figure 3 shows a block diagram of the electronics. The output from each of the surface barrier semiconductor detectors are fed into a charge-sensitive preamp and into a unipolar Gaussian shaping amplifier with ∿3 μsec shaping times, pole-zero cancelation, and base line restoration. The analog outputs are fed to pulse height discriminators and veto gates which control the various coincidence/anti-coincidence conditions. Selected outputs from the veto gates are counted up in 19 to 8 bit floating point accumulators. In the Mother experiment the analog outputs of detectors of O_1 and F_1 are also sent to 48 and 16 logarithmic channel pulse height analyzers, respectively. The PHA output is accumulated in a 64 x 16 bit word double buffered memory, and read out after conversion to 8 bit floating point numbers.

TABLE 2. ISEE MOTHER/DAUGHTER, ANM & AND INSTRUMENT CHARACTERISTICS

DETECTOR	GEOMETRIC FACTOR* (cm^2 sr) M	GEOMETRIC FACTOR* (cm^2 sr) D	APERTURE (FWHM) M	APERTURE (FWHM) D	LOOK DIRECTION (ANGLE TO SPIN AXIS) M	LOOK DIRECTION (ANGLE TO SPIN AXIS) D	PARTICLE TYPE	ENERGY RANGE (keV) M	ENERGY RANGE (keV) D	TEMPORAL RESOLUTION (SEC) LOW BIT RATE** SLOW FORMAT	TEMPORAL RESOLUTION (SEC) LOW BIT RATE** FAST FORMAT
FIXED VOLTAGE (FVA):											
2e	2.8×10^{-2}	2.2×10^{-2}	6° x 14°		0	0	electrons	1.3-1.5		1/4 or 2	1/8 or 4
2p	5.0×10^{-2}	2.7×10^{-2}	7.5° x 14°		0	0	protons	1.3-1.5		"	"
6e	1.4×10^{-2}	1.4×10^{-2}	5.6° x 14°		0	0	electrons	4.8-6.6		"	"
6p	1.5×10^{-2}	1.0×10^{-2}	6.5° x 10.6°		0	0	protons	5.5-6.5		"	"
SEMICONDUCTOR TELESCOPES:											
FOIL	---0.35---		---38° cone---		15°	0	electrons	19-290	16-280	1/4 or 2	1/8 or 4
								42†-290	42†-280	"	"
								20-290 (16 ch PHA)		32	32
OPEN	"		"		"	"	electrons & ions	19-290	16-280	1/4 or 2	1/8 or 4
								42†-290	42†-280	"	"
								290-460	280-450	2	4
								--COINCIDENCE RATE--		4	4
								22-40,000 (48 ch PHA)		32	32

NOTES: *The FVA's also have a high flux mode where the geometric factor is decreased by a factor of ~5 x 10^2.

**At 4096 bps S/C telemetry rate. Four times as fast for 16384 bps S/C rate.

†Can be set to 22, 42, or 80 keV by command.

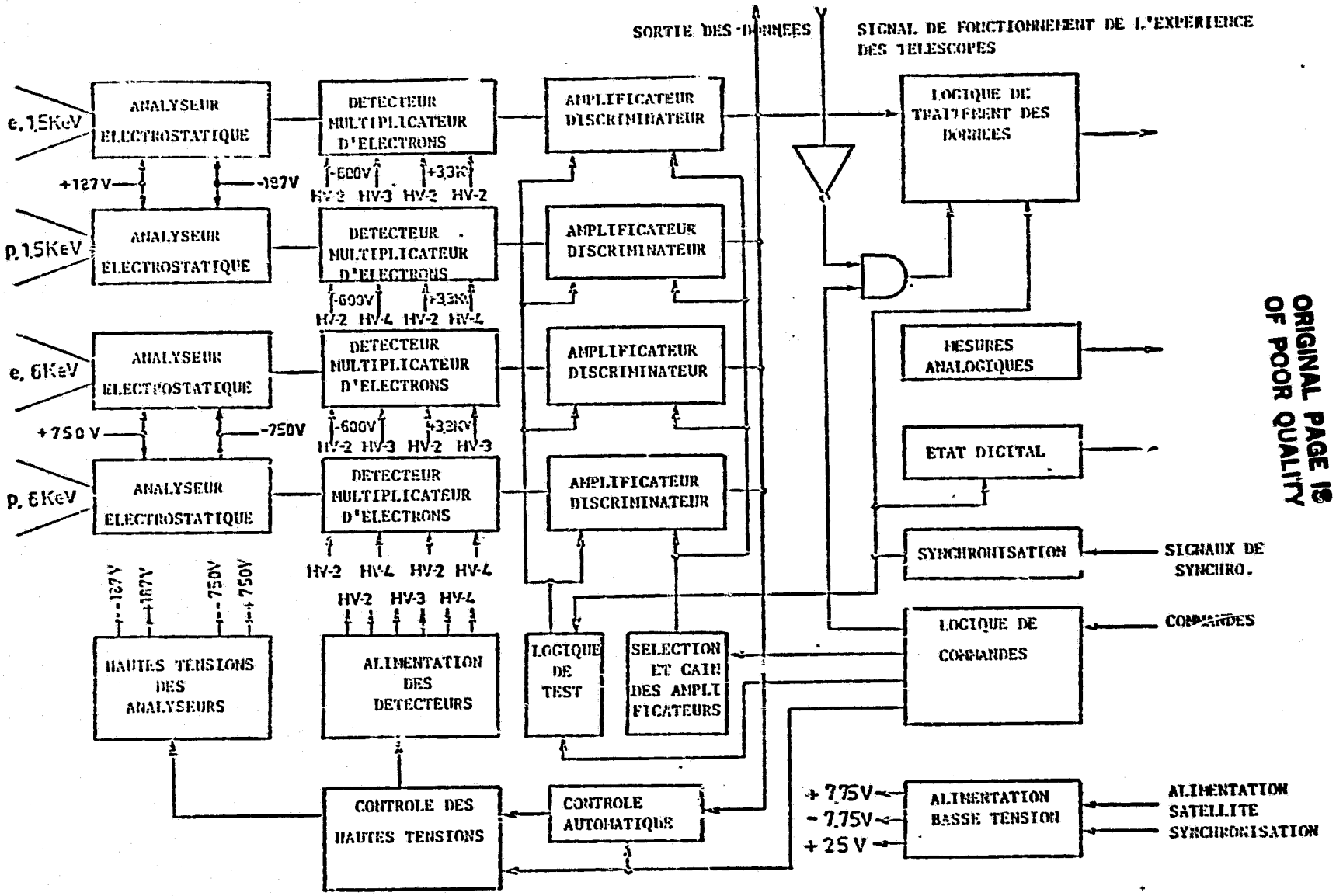


Figure 3a. Block Diagram of FVA Electronics

ORIGINAL PAGE IS OF POOR QUALITY

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

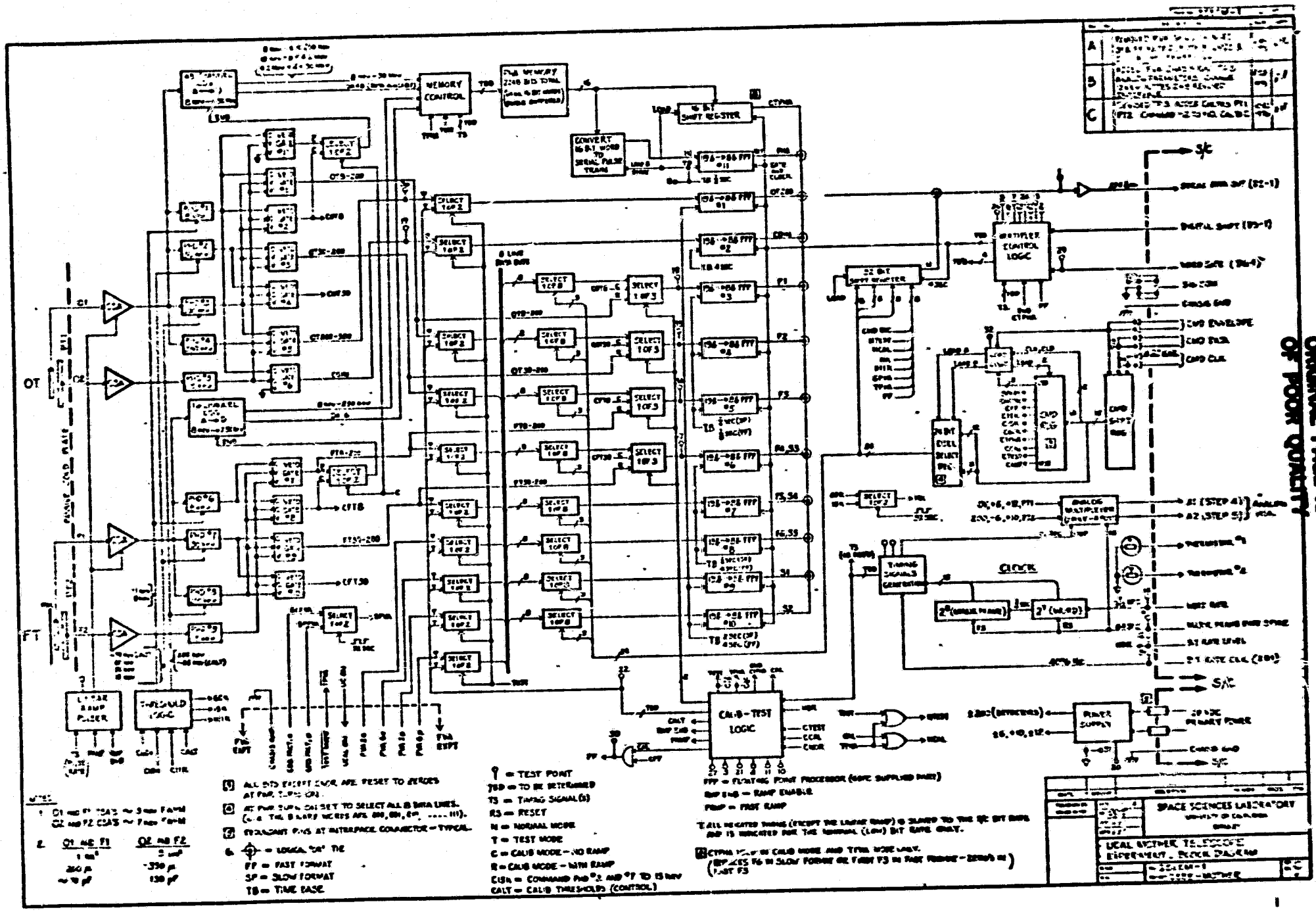


Figure 3b. Block Diagram of Mother SST Electronics

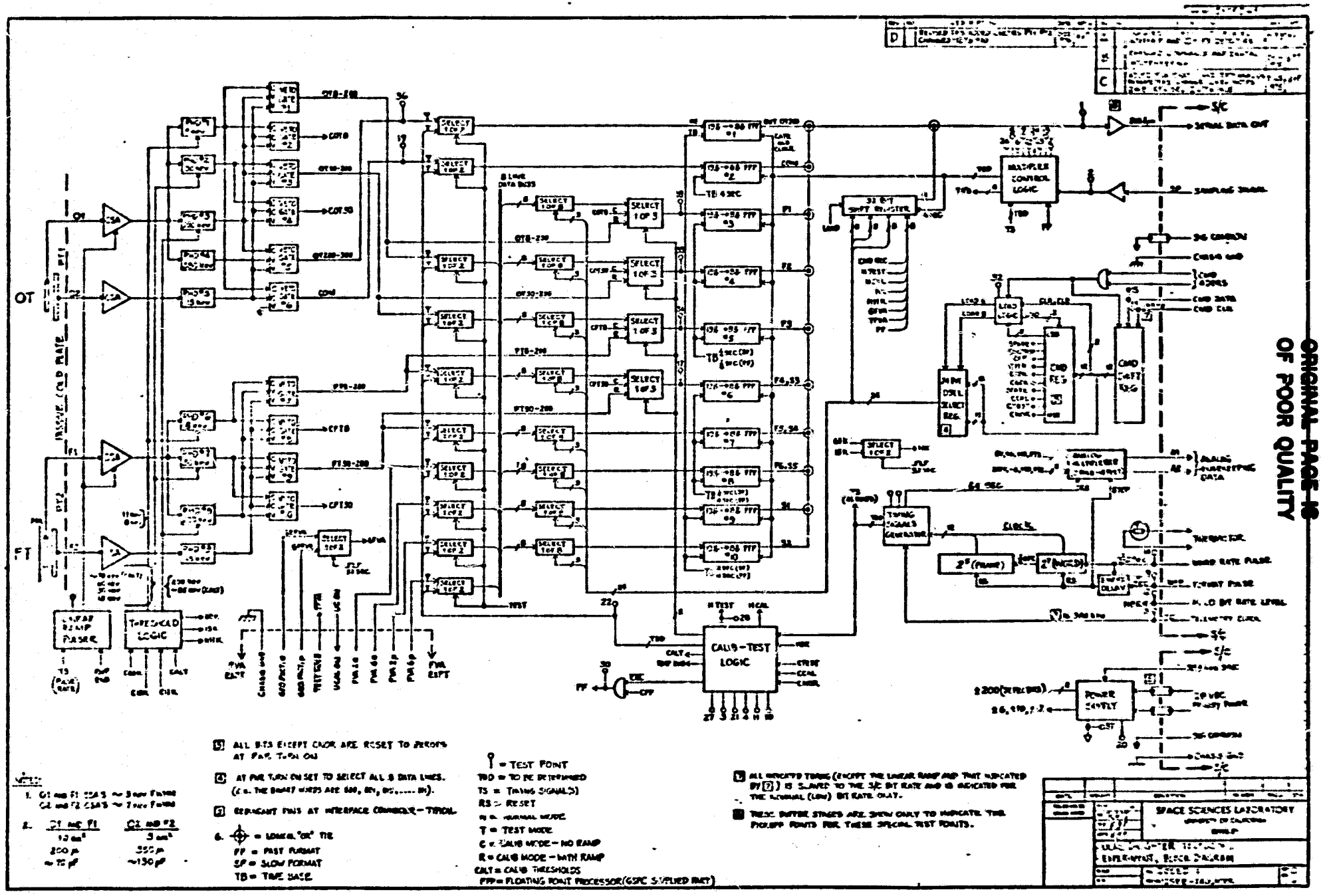


Figure 3c. Block Diagram of Daughter SST Electronics

ORIGINAL PAGE IS OF POOR QUALITY

Modes

The SST experiment has three operating modes: Normal, Calibrate, and Test. The experiment takes data during Normal mode operation. During the Test mode, test pulses at various rates are fed into the digital electronics to test its operation.

In the Calibrate mode absolute calibration is provided for the telescope by measuring the penetrating cosmic ray component. The telescopes are set into coincidence and the thresholds changed to straddle the minimum ionizing peak during the Calibrate-No Ramp time. The energy of this peak depends on the detector thickness and very slightly on the cosmic ray spectrum. An internal linear ramp pulser is then run through these calibrations thresholds, followed by another pulser run through the normal thresholds to measure their energies in the Calibrate-Ramp portion. A second, fast ramp pulser is used to convert the high energy range of O_1 in the Mother experiment.

Data Handling

There are two formats for the data, fast and slow. There are eight high count rate detector outputs in the experiment: the four FVA's, 2e, 2p, 6e, 6p; and two broad energy channels each from the open and foil telescopes. These high rate outputs are selected by command into various combinations of fast and slow readouts, depending on the format. In the SLOW format, five high rate outputs go into fast, 1/4 sec, readouts and three into slow, 2 sec, readouts. In the FAST format three outputs are chosen for fast, 1/8 sec, readouts and five outputs for slow, 4 sec, readouts. In addition the 280-450 keV and coincidence rates are brought out at fixed (not commandable)

rates. On the Mother the PHA data are read out every 32 seconds. All the readout times are decreased a factor of four when the spacecraft bit rate goes from low (4096 bps) to high (163846 bps).

Digital housekeeping bits indicate the mode, the format, the assignment of fast and slow readouts, the energy thresholds for the telescopes and the geometric factors for the FVA's. Analog housekeeping outputs include all experiment voltages and temperatures, including the cold plate temperatures.

III. IN-FLIGHT PERFORMANCE OF EXPERIMENT

Semiconductor Detector Telescopes

Three of the four experiment packages worked perfectly from launch of ISEE-1 and -2. In the fourth experiment package the SST of ANM-1, the semiconductor detector telescopes were found to be contaminated by sunlight reflected from the spacecraft body. We have confirmed that the contamination was due to reflected sunlight from data collected during Earth shadow of the spacecraft. As a result, essentially no usable data were obtained from these semiconductor detector telescopes. However, due to redundancy in our experiment and between our experiment and others, the overall scientific objectives of our experiment and for the mission were diminished only by a small amount. For example, the Daughter SST is identical to the Mother SST experiment, except for a pulse height analyzer. As of 31 October 1979, the Daughter semiconductor telescope is working perfectly. We estimate that, based upon the original objectives, 90% of the science originally proposed was accomplished within our own experiment and all significant space phenomena were studied.

Fixed Voltage Analyzer

The fixed voltage electrostatic analyzers provided by CESR, Toulouse have also worked perfectly since launch. As expected, the gain of the channeltron detectors decreased with the cumulative count rate lifetime. Adjustments to the channeltron high voltage and preamplifier gain were designed into the experiment. These were commanded into the experiment as the gain decreased. The Appendix gives the results of a detailed study of the gain variations through the early life of the experiment. As of 31 October 1979 both FVA packages are working perfectly.

IV. DATA ANALYSIS AND IMPORTANT RESULTS, 10/77 - 10/79

The main purpose of the Anderson particle experiments on ISEE 1/2 is to study the dynamics of particles of energies ~1.5 keV to ≥290 keV in the magnetosphere, the geomagnetic tail, and the interplanetary medium (near the bow shock and upstream regions). By taking advantage of the dual spacecraft system together with the fast counting capabilities of our detector system, our studies thus far have focused on four primary areas: (1) upstream particle behavior, (2) particles near the magnetopause, (3) particles in the plasma sheet, and (4) wave-like structures at the magnetopause.

(1) UPSTREAM PARTICLES: Studies of upstream particle behavior have been extended to energies ~1.5 keV. This research is a continuation of the earlier studies conducted by this group using more energetic particles on IMP spacecraft. We have observed that the behavior of the ions is essentially similar to those already observed by the early experiments. However, we now note that intense plasma and MHD waves are associated with the particle boundaries. One important finding is that the upstream region is permeated with sheets of low energy >1.5 keV energetic electrons. These electrons appear to be accelerated in the shock. Like the protons, these electrons appear on B lines connected to the bow shock and plasma waves are intensified on the electron boundaries. Several papers have been given in national and international meetings on this important subject.

Another important observation we have made is the possibility that the reflected ions (reflected from the bow shock) may be gyrophase bunched. This observation is important because a number of instabilities in space

may be associated with such plasma distributions. The work being done is a part of Chris Gurgiolo's Ph.D. thesis.

(2) PARTICLES NEAR THE MAGNETOPAUSE: We have used the time delay information obtained from the two spacecraft to study the motional characteristics of the magnetopause. We have deduced that the magnetopause has motions ranging from a few km/sec to greater than tens of km/sec. We have also detected a layer of particles near the magnetopause. The fluxes of the layer particles are lower than those in the trapped region, but greater than those in the magnetosheath for the energies of the particles detected by our experiment. Thus, the layer appears as a "shoulder". The shoulders may be the "spike" particles observed ahead of the magnetopause in the magnetosheath. Intense plasma waves are detected in both the shoulders and the spikes. An important question we are examining is whether the shoulder and spike particles are on open or closed magnetic lines of force.

(3) PARTICLES IN THE PLASMASHEET: The plasmasheet is very dynamic and when it passes over the ISEE spacecraft we can deduce both the speed and characteristics of the plasmasheet boundary. Our particle data have revealed that the outer boundary of the plasmasheet is layered. Like the magnetopause layer, plasma waves are also enhanced across the plasmasheet layer and there is evidence that field-aligned currents are found there. The fact that a layer of particles is found at both the magnetopause and the plasmasheet boundaries suggests that this structure may represent a fundamental consequence of MHD flow dynamics. Our data also show that near the plasmasheet boundary there are particle events of very short durations (~few seconds). The rapid short duration events are associated with enhanced flow. The features we observe are intimately associated with auroral substorm dynamics. Studies of our data will yield clues on the way

the plasmasheet is involved in auroral and magnetospheric particle injections into the outer radiation belt.

(4) MAGNETOPAUSE WAVES: The earth's magnetopause supports a varied class of waves and MHD waves are frequently detected in the neighborhood of the boundary. Our particle data show a considerable number of structures that are correlated with B variations. We are currently correlating B and our particle data to understand the origin of the particle variations. This work is important in that knowledge can be gained concerning the solar wind-geomagnetic field interaction mechanisms.

V. PERSONNEL AND COOPERATIVE PROJECTS

Personnel Involved in ISEE-1 and -2 Research

Dr. K. A. Anderson
Dr. R. P. Lin
Dr. G. S. Parks
Dr. C. S. Lin
Mr. N. Lee (student)
Mr. C. Gurgiolo (student)
Mr. F. Martel (student)
Dr. H. Reme
Dr. A. St.-Marc

Guest Investigators' Use of Our Data

Dr. B. Tsurutani, J.P.L. Wave-particle interaction studies.

Dr. C. Lin, U. of Maryland. Wave-particle studies (theoretical).

List of Cooperative Projects

1. With plasma wave experiment of Univ. of Iowa. Purpose: wave particle correlation. Persons involved: Drs. R. R. Anderson and D. Gurnett.

2. With 3-D plasma experiment of Univ. of Iowa. Purpose: structure and dynamics of particle gradients and boundaries. Persons involved: Drs. T. Eastman and L. Frank.

3. With 3-D medium energy particle experiment of NOAA. Purpose: magnetopause boundary structures. Persons involved: Drs. T. Fritz and D. Williams.

4. With plasma wave sounder experiment of Meudon. Purpose: wave-particle interaction. Person involved: Dr. J. Etcheto.

5. With energetic particle experiment of Garching. Purpose: structure and dynamics of magnetopause boundary. Persons involved: Drs. M. Scholer and D. Hovestadt.

6. With energetic particle experiment of Lindau on GEOS. Purpose: substorm injection dynamics. Persons involved: Dr. A. Korth and G. Kremser.

VI. BIBLIOGRAPHY

Publications

Anderson, K. A. Review of Upstream and Bow Shock Energetic Particle Measurements. Nuovo Cimento, 2C, No. 6, 747-771, Nov.-Dec. 1979.

Anderson, K. A., R. P. Lin, R. J. Paoli, G. K. Parks, C. S. Lin, H. Reme, J. M. Bosqued, F. Martel, F. Cotin, A. Cros. Experiment to Study Energetic Particle Fluxes In and Beyond the Earth's Outer Magnetosphere. IEEE Trans. on Geosci. Electron., GE-16, No. 3, 213-220, July 1978.

Anderson, K. A., R. P. Lin, F. Martel, C. S. Lin, G. K. Parks, H. Reme. Thin Sheets of Energetic Electrons Upstream from the Earth's Bow Shock. Geophys. Res. Lett., 6, 401-404, May 1979.

Greenstadt, E. W., C. T. Russell, J. T. Gosling, S. J. Bame, G. Paschmann, G. K. Parks, K. A. Anderson, F. L. Scarf, R. R. Anderson, D. A. Gurnett, R. P. Lin, C. S. Lin, H. Reme. Macroscopic Profile of the Typical Quasi-Perpendicular Bow Shock: ISEE-1 and 2. J. Geophys. Res., 85, 2124-2130, May 1980.

Lin, R. P. Observations of Suprathermal Particles in the Interplanetary Medium. Solar Wind, 4, 1979.

Parks, G. K., C. Gurgiolo, C. S. Lin, K. A. Anderson, R. P. Lin, F. Martel, H. Reme. Dual Spacecraft Observations of Energetic Particles in the Vicinity of the Magnetopause, Bow Shock, and the Interplanetary Medium. Space Sci. Rev., 22, 765-766, Dec. 1978.

Parks, G. K., C. S. Lin, K. A. Anderson, R. P. Lin, H. Reme, F. Coroniti, C. Meng, R. Pellat. Particle Boundary Structures at the Magnetopause and the Plasma Sheet. Proc. of Magnetospheric Boundary Layers Conf., ESA SP-148, 151-156, Paris, France, June 1979.

Parks, G. K., C. Gurgiolo, B. Mauk, C. S. Lin, K. A. Anderson, R. P. Lin, H. Reme. ISEE 1 and 2 Particle Observations of the Earth's Bow Shock Magnetopause and Plasma Sheet. Proc. Int. Workshop on Selected Topics of Magnetospheric Phys., Tokyo, Japan, 343, April 1979.

Parks, G. K., C. S. Lin, K. A. Anderson, R. P. Lin, H. Reme ISEE 1 and 2 Particle Observations of Outer Plasma Sheet Boundary. J. Geophys. Res., 84, No. A11, 6471-6476, Nov. 1979.

Theses

Several graduate students are participating in the ISEE data analysis. C. Gurgiolo will obtain his Ph.D. degree in 1980. His thesis will deal with gyrophase bunched particles. F. Martel has received his "masters" degree (Docteur de 3me cycle) at the University of Toulouse. His thesis used ISEE 1/2 data and it dealt with upstream particle events.

AGU Talks

1978

SM92 The Kelvin-Helmholtz Instability in the Magnetosphere, B. Melander, G. Parks, EOS, 59, 359, April 1978.

SM109 Magnetic Moment and Diamagnetism of the Injected Plasma, C. Gurgiolo, C. S. Lin, G. Parks, B. Mauk, EOS, 59, 361, April 1978.

SS6 Energy Spectra of Electrons and Protons Accelerated in the Bow Shock, K. A. Anderson, R. P. Lin, D. Potter, S. C. Lin, G. K. Parks, F. Martel, H. Reme, EOS, 59, 366, April 1978.

SS10 F. Martel, H. Reme, K. A. Anderson, R. P. Lin, G. Parks, and C. S. Lin. Spatial Distributions of Ions and Electrons from the Bow Shock, EOS, 59, 1174, Dec. 1978.

SM70 C. S. Lin, D. Leaver, G. Parks, R. P. Lin, K. A. Anderson, H. Reme, Burst of Energetic Particle Fluxes Detached from the Magnetopause, EOS, 59, 1163, Dec. 1978.

SM122 E. W. Greenstadt, C. Russell, J. Gosling, S. Bame, G. Paschmann, G. Parks, K. Anderson, F. Scarf, R. L. Anderson. ISEE 1 and 2 Macroscopic Profile of the Typical Quasi-Perpendicular Bow Shock. EOS, 59, 1170, Dec. 1978.

1979

- Parks, G. K., D. Leaver, C. S. Lin, K. Anderson, R. P. Lin, H. Reme. Characteristics of Particle Structures in the Geomagnetic Tail, ISEE 1/2 Observations. EOS, 60, 345, May 1979.

. Mauk, B., G. Parks, C. Gurgiolo, J. Chin. Auroral X-ray Imaging. EOS, 60, 356, 1979.

. Greenstadt, E., F. Scarf, C. Russell, J. Gosling, S. Bame, G. Paschmann, G. Parks, K. Anderson, R. R. Anderson, D. Gurnett, H. Reme. Gradient Scales, Field-Particle Interaction, and Trapped Ion Belts in the Typical Quasi-Perpendicular Bow Shock: ISEE 1 and 2. EOS, 60, 361, May 1979.

. Gurgiolo, C., B. Mauk, G. Parks, C. S. Lin, K. A. Anderson, R. P. Lin, and H. Reme. Large Northward Component of Plasma Flow Upstream of the Earth's Bow Shock. EOS, 60, 369, May 1979.

SA61 Park, C. G., C. S. Lin, G. K. Parks. A Ground-Satellite Study of Wave-Particle Correlations. EOS, 60, 904, November 13, 1979.

S26 Anderson, R. R., D. Gurnett, C. S. Lin, G. K. Parks, K. A. Anderson, R. P. Lin, H. Reme. Ion Acoustic and Plasma Wave Turbulences Observed with Upstream Particle Events. EOS, 60, 907, November 13, 1979.

SM10 Melander, B., G. K. Parks. Shear-Driven Kelvin Helmholtz Instability at the Magnetopause and Plasma Sheet Boundaries. EOS, 60, 909, November 13, 1979.

SM13 West, R. H., G. K. Parks. ELF Emission Measurement During Relativistic Electron Precipitation. EOS, 60, 909, November 13, 1979.

SM51 Lee, N. C., G. K. Parks. Field-Aligned Current in MHD Turbulence. EOS, 60, 914, November 13, 1979.

SM66 Parks, G. K., C. S. Lin, K. A. Anderson, R. P. Lin, H. Reme, R. Anderson, L. Frank, D. Gurnett. Plasma Sheet Particle Layer and Plasma Wave Turbulence. EOS, 60, 916, November 13, 1979.

SM152 Lin, C. S., G. K. Parks. Plasma Relationship Between Particle Flux Oscillations and Low Frequency Magnetic Waves. EOS, 60, 926, November 13, 1979.

Meetings Attended

1. IAGA, Innsbruck, Austria (special ISEE session).

2. Japanese IMS meeting, workshop on selected topics of magnetospheric physics, Tokyo, Japan, May 1979.

3. Magnetospheric boundary layer meeting, Alpach, Austria, June 1979.

4. ISEE workshops at GSFL CDAW3 on Bowshocks CDAW4 on Magnetopause

5. National AGU meetings, April and December 1978, April and December 1979.

OF POOR QUALITY

Dandouras, J. S., Etude de la Fatigue des Detecteurs de Particules Energetiques a bord du Satellite ISEE-B, Master's Thesis, C.E.S.R., Universite Paul Sabatier, Toulouse, France, 1981.

CHAPITRE 1

DESCRIPTION DES DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX

La détection des particules de basse énergie, 1-10 keV, est effectuée par des tubes multiplicateurs d'électrons sans fenêtre, de type 'channeltron' et 'funneltron'. La présélection des particules et de leurs énergies est assurée par des analyseurs électrostatiques.

Deux systèmes de mesure presque identiques sont montés sur les satellites ISEE-A et ISEE-B, ce qui permet la comparaison des résultats sur les deux sondes. Chaque système comprend quatre ensembles de détecteurs: détecteurs de protons et d'électrons, d'énergies de 1.5 keV et 6 keV pour chaque espèce de particules. Une vue du système est présentée sur la figure 5.

1.1 Les analyseurs électrostatiques

Les analyseurs électrostatiques permettent de sélectionner des particules chargées en fonction de leur énergie. Ils sont constitués de deux surfaces conductrices

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

de forme cylindrique, coaxiaux, séparées par un intervalle d. L'application d'une différence de potentiel V entre les deux surfaces crée un champ électrique

$$E = \frac{V}{d} \qquad [1.1]$$

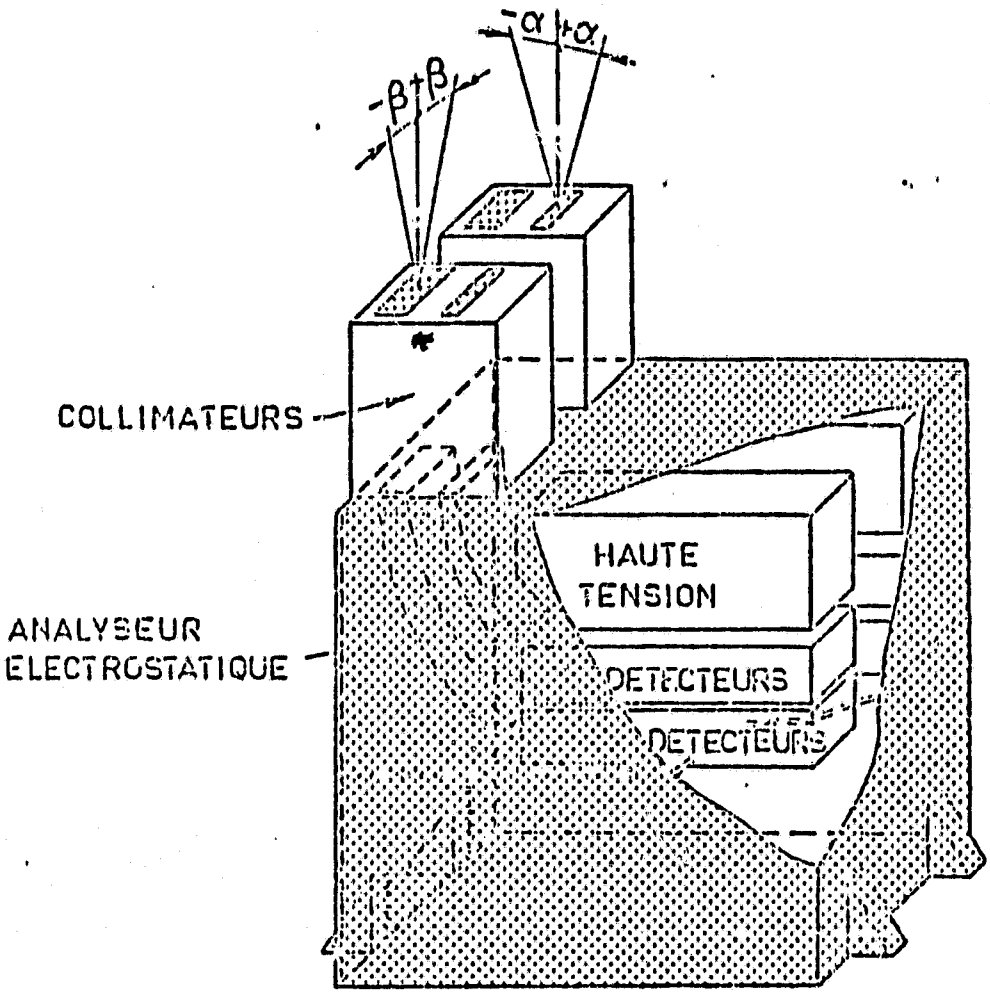


Figure 5

qui dévie les particules pénétrant entre les plaques. Les trajectoires obtenues sont fonction de la charge et de l'énergie initiale.

La trajectoire circulaire moyenne correspond à

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

une énergie:

$$W_m = \frac{1}{2} q E R_m \qquad [1.2]$$

où q est la charge de la particule considerée et $R_m = \frac{r_1 + r_2}{2}$ le rayon moyen de la partie de cylindre déterminée par les plaques.

L'écart relatif maximum des énergies observables, pour une tension de polarisation fixe, est approximativement:

$$\varepsilon_{max} \simeq \frac{d}{R_m} . \qquad [1.3]$$

Chacun des satellites ISEE-A et ISEE-B comporte quatre analyseurs: deux pour les protons et deux pour les électrons, avec des énergies centrales de 1.5 keV et 6 keV. La tension des plaques de chaque analyseur reste constante, et ceci pour obtenir une bonne résolution temporelle.

L'angle de déflexion est de 63° et les rayons moyens $R_m = 38.2$ mm dans le cas des électrons et $R_m = 59$ mm dans le cas des ions. La largeur d'ouverture est de 30 mm et la distance entre les plaques est $d_{électrons} = 5.5$ mm et $d_{ions} = 8.5$ mm.

L'ensemble est réalisé par moulage dans une matière plastique. Les parties conductrices sont cuivrées et noircies par oxydation. La surface interieure des plaques est denteiée pour éviter les réflections

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

lumineuses.

L'entrée des analyseurs est collimatée par un empilement de quatre plaques séparées par des ceintures et qui définissent l'ouverture du système.

La figure 6 présente une vue en coupe de l'ensemble de détection électrons-ions.

Sur tous les deux satellites les directions de vue des collimateurs sont parallèles à l'axe de spin de l'engin, qui est normal au plan de l'écliptique, pour minimiser les effets de modulation à cause de la rotation.

1.2 Les tubes multiplicateurs d'électrons

Les tubes multiplicateurs d'électrons[6] se présentent sous la forme d'un tube de verre, le plus souvent courbé, et dont la longeur est grande par rapport au diamètre. Une substance semi-conductrice, présentant un coefficient d'émission secondaire électronique élevé, a été déposée à l'intérieur du tube et joue le rôle d'une dynode multiplicatrice continue. Une différence de potentiel de plusieurs milliers de volts est appliquée entre les deux extrémités, ce qui crée un champ électrique axial à l'intérieur du tube. Une particule, suffisamment énergétique, heurtant la surface interne du tube à l'entrée donne naissance à des électrons secondaires[7]; ces

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

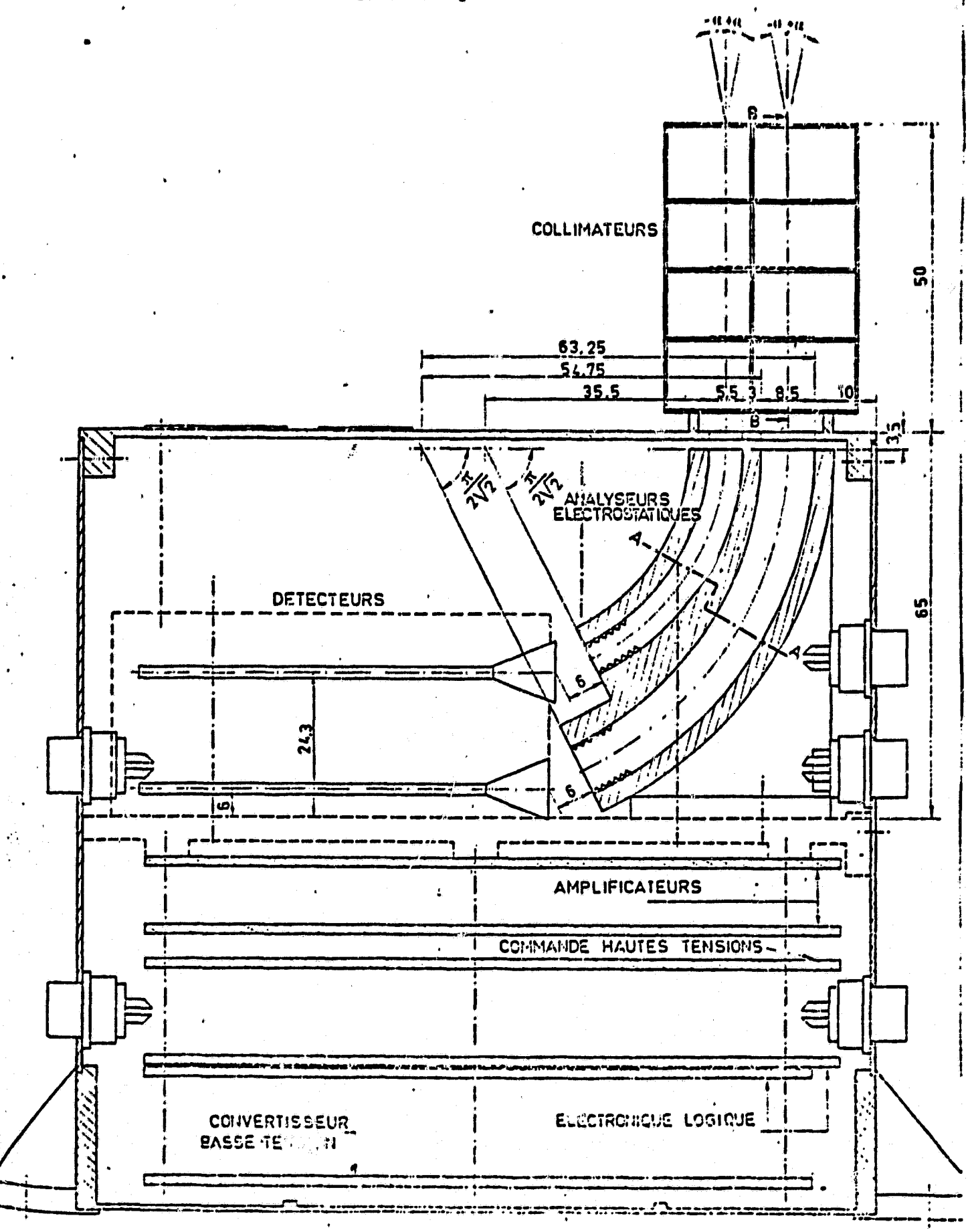


Figure 6

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

électrons sont accélérés et décrivent une trajectoire parabolique avant d'entrer à leur tour en collision avec les parois, créant de nouveaux électrons secondaires. Si la différence de potentiel appliquée et les dimensions sont convenables, il apparaît une multiplication électronique, les électrons libérés gagnant assez d'énergie entre chaque collision avec les

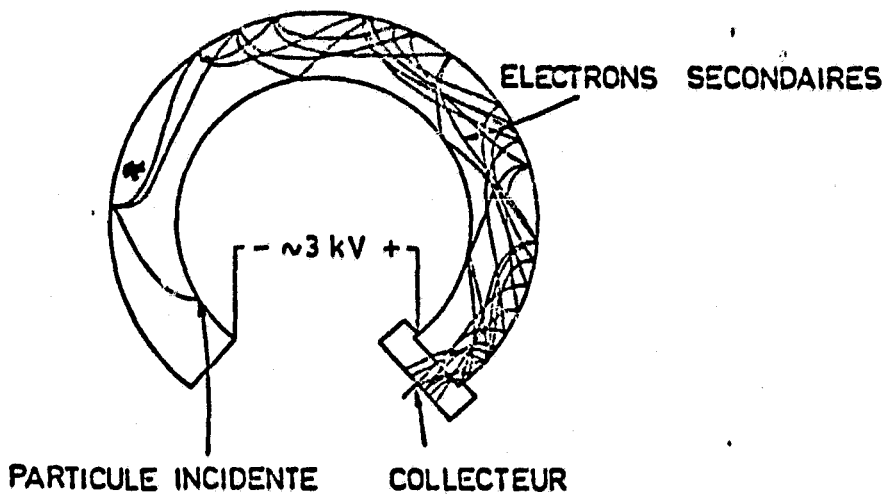


Figure 7

parois (figure 7). Ce processus, répété de nombreuses fois, permet d'obtenir jusqu'à 10^9 particules à la sortie pour une seule particule incidente.

Pour le recueil de la charge terminale il existe deux façons (figure 8) :

— Par la mesure du courant de sortie.

— Par la visualisation et le comptage des impulsions.

Dans le premier cas il est nécessaire de séparer

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

le courant de sortie du courant des parois, déterminé par la loi d'Ohm. C'est pourquoi l'électrode de collection est isolée électriquement de la sortie du multiplicateur. Le courant de sortie du multiplicateur est mesuré sur un amplificateur à liaison continue, qui fournit une tension de sortie proportionelle au courant d'entrée.

Dans le second cas, l'impulsion collectée est le

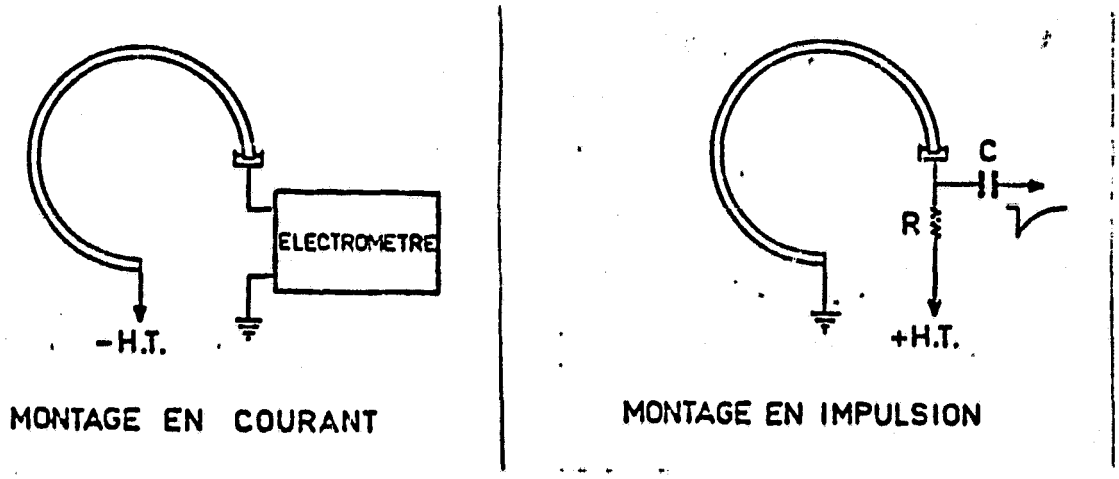


Figure 8

résultat de la variation de la tension d'alimentation à la sortie du tube.

Les détecteurs utilisés pour l'expérience avec les analyseurs à tension fixe, à bord des satellites ISEE-A et ISEE-B, sont des deux sortes suivantes:

— Des 'channeltrons' de diamètre d'ouverture de 1 mm, type. 4211 PAC de Galileo.

— Des 'funneltrons', type 4219 PAC: détecteurs munis d'un cône d'entrée de 10 mm de diamètre. L'ouvertu-

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

re conique est suivie d'une partie tubulaire, reliée par une bague métallique à la partie en spirale. L'entrée est portée à un potentiel de - 600 Volts, en vue d'éliminer les électrons secondaires, la bague inter-

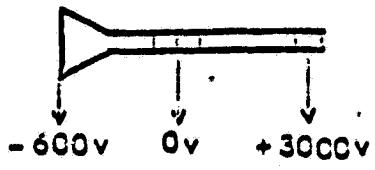


Figure 9

médiaire à 0 Volts et l'électrode finale à + 3 300 Volts (figure 9). La partie spirale est formée de 6 tubes joints, spiralés à 180°.

Les détecteurs sont groupés par 3 à la sortie de chaque analyseur : un channeltron est placé entre deux

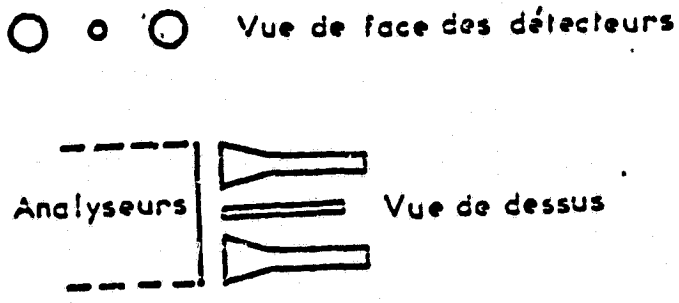


Figure 10

funneltrons (figure 10). Les détecteurs sont inclinés de 25° par rapport à l'axe de sortie des analyseurs et

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

à une distance moyenne de 6 mm.

Les deux types de détecteurs ont des alimentations indépendantes, ce qui permet de faire varier le facteur de géométrie de l'instrument, en utilisant ou non les multiplicateurs à cône d'entrée. Les surfaces de collision peuvent ainsi changer dans un facteur ~ 200. Quand le satellite s'approche de la Terre et il se trouve à une distance de 10-11 rayons terrestres, par télécommande les funneltrons sont mis hors service. La diminution du facteur de géométrie, ainsi effectuée, réduit le taux de comptage qui autrement pourrait être très élevé. Et ceci à cause de la présence des zones de piégeage. Les funneltrons sont aussi mis hors service automatiquement, quand le taux de comptage est supérieur à une valeur prédéterminée. Dans ce deuxième cas, la remise en fonction se fait aussi automatiquement, ~ 16 minutes plus tard. Toutes ces précautions sont prises en vue d'éviter la fatigue précoce des détecteurs, due au grand nombre des comptages effectués.

1.3 Électronique associée

Une image de l'électronique associée est représentée sur la figure 11.

Les impulsions à la sortie des détecteurs sont recueillies par des préamplificateurs - amplificateurs

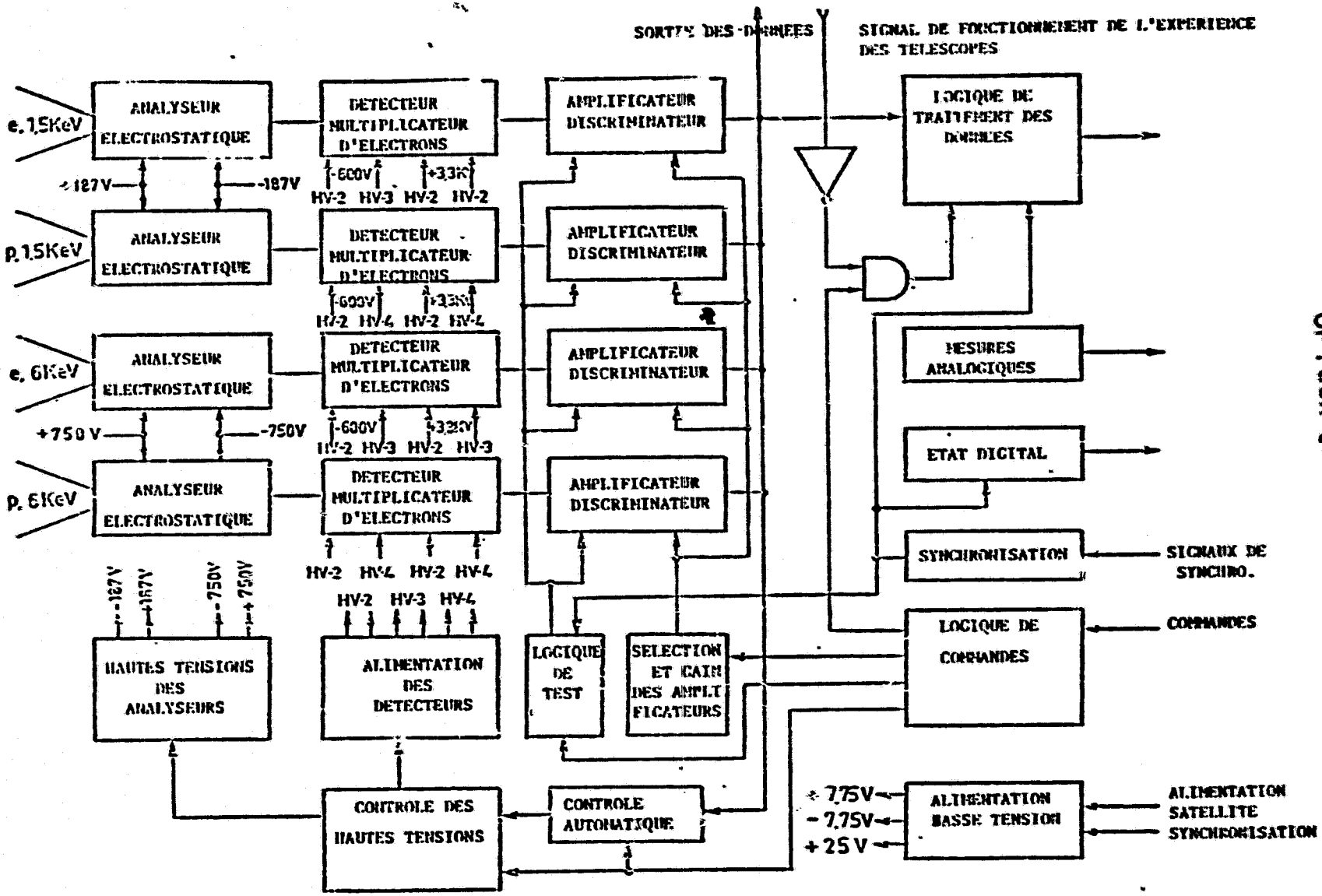


Schéma synoptique des détecteurs électrons-ions de 1,5 keV et 6 keV.

Figure 11

ORIGINAL PAGE IS OF POOR QUALITY

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

et discriminateurs, où elles sont amplifiées et mises en forme pour pour pouvoir être traitées par les circuits de comptage.

Pour chaque analyseur, les signaux provenant des trois détecteurs sont envoyés sur le même compteur. Par télécommande on peut éliminer le comptage d'un ou de deux funneltrons et donc modifier le facteur de géométrie.

Les impulsions sont d'abord comptées linéairement dans des registres à 19 bits, et les nombres obtenus sont ensuite 'compressés' sur 8 bits, suivant une loi logarithmique.

Les indications des différents registres sont multiplexées à l'aide d'un circuit logique, contrôlé par une horloge du système de commande du satellite, et puis envoyées vers le système de télémesure.

Les analyseurs et les détecteurs sont alimentés par quatre alimentations de haute tension séparées:

HT1 alimente les plaques des analyseurs;

HT2 les multiplicateurs sans cônes d'entrées;

HT3 les multiplicateurs à cônes des ensembles de détection des électrons;

HT4 ceux des systèmes de détection des protons.

Les tensions fournies par HT3 et HT4 peuvent être augmentées de 10 % par télécommande, pour

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

maintenir le gain des détecteurs lors de leur vieillissement.

Le gain des amplificateurs des multiplicateurs sans cône a deux valeurs possibles, 'grand' ou 'petit', que l'on peut choisir par télécommande.

Le circuit électronique peut être testé en vol, en télécommandant l'arrêt des quatres hautes tensions et la mise en fonctionnement d'un générateur envoyant un signal à fréquence fixe à l'entrée des amplificateurs.

Le tableau de commande, présenté sur la figure 12, résume les différentes manipulations possibles et permet d'établir les ordres de commande sous forme d'un nombre binaire, qui doit être traduit en deux mots d'octal avant d'être transmis aux centres de télécommande.

Par une serie de commandes systématiques on peut analyser en vol les taux de bruit de fond. Pour cela on peut agir:

1) Sur les commandes des hautes tensions;

2) Sur la logique de comptage.

On isole ainsi un par un les détecteurs pour les comparer. En supprimant l'alimentation des plaques, on supprime le flux de particules à l'entrée des détecteurs, à l'exception d'éventuels électrons ou rayons X secondaires.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

Dénomination de la commande	Bit															
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Gain D1 faible	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gain D1 élevé	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gain D4 faible	X	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gain D4 élevé	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gain D7 faible	X	X	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gain D7 élevé	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gain D10 faible	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gain D10 élevé	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
D2 et D8 arrêtés	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
D2 et D8 activés	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
D3 et D9 arrêtés	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
D3 et D9 activés	X	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
D5 et D11 arrêtés	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X
D5 et D11 activés	X	X	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X
D6 et D12 arrêtés	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X	X
D6 et D12 activés	X	X	X	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	X	X
**** Test arrêté	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	X
**** Test activé	X	X	X	X	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	X
Mode normal	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X
Mode "Stand Alone"	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X
HT1 arrêtée	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X
HT1 activée	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X
HT2 arrêtée	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X	X
HT2 activée	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	X	X	X	X
HT3 arrêtée	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	X	X
* activée	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	1	X	X
** activée	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	0	X	X
*** activée	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	1	X	X
HT4 activée	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0
* activée	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	1
** activée	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	0
*** activée	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	1

NOTE :
* sauf durant un test
** sauf durant un test ou si le comptage d'électrons est trop élevé
*** 3200 Volts-activés (sauf durant un test)
**** le test est activé par passage à "0" à "1" et s'arrête automatiquement après 7 formats.

Tableau 3 : Tableau des commandes des ensembles de détection 1,5 keV - 6 keV

Figure 12

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

On peut alors évaluer le bruit des détecteurs. On peut également faire fonctionner la partie électronique seule.

Sur l'ensemble de l'expérience il y a huit canaux qui doivent être lus à un débit relativement élevé: les signaux des quatre détecteurs à analyseurs électrostatiques (1.5 KeV e, 1.5 KeV p, 6 KeV e, 6 KeV p) et aussi quatre canaux des détecteurs semiconducteurs, destinés à des particules d'énergies plus élevées. Ces 8 canaux sont sélectionnés par télécommande à des combinaisons différentes des lectures plus ou moins rapides. L'expérience possède deux modes de transmission des données:

'Slow format': 5 canaux sont lus tous les 1/4 s, 3 toutes les 2 s;

'Fast format': 3 canaux sont lus tous les 1/8 s, 5 toutes les 4 s.

D'autre part, le satellite a également deux modes de fonctionnement:

'Low bit rate' (4 096 bit·s^{-1} pour ISEE-A, 2048 bit·s^{-1} pour ISEE-B), où les temps sont ceux indiqués ci-dessus;

'High bit rate' (16 384 bit·s^{-1} pour ISEE-A, 8 192 bit·s^{-1} pour ISEE-B), où tous les temps sont divisés par 4.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

Donc, la meilleure résolution possible est 1/32 s, et la plus basse 4 s.

Les données des satellites sont reçues par un réseau de stations de télémesure. Les résultats des différentes expériences embarquées sont ensuite séparés et envoyés aux expérimentateurs sous forme de bandes magnétiques. Le traitement des résultats des détecteurs de particules construits à Berkeley et à Toulouse est effectué par le 'Geophysics Program' de l'Université de Washington à Seattle. Les données globales sont présentées tout d'abord sous forme de graphes à une grande échelle temporelle. Pour l'étude détaillée de periodes déterminées la resolution temporelle est augmentée. Il est aussi possible d'effectuer un traitement informatique en utilisant les résultats des mesures sur bandes magnétiques.

1.4 Étalonnage des ensembles de détection

Les groupes des analyseurs électrostatiques-détecteurs ont été étalonnées en utilisant les accélérateurs du CESR.

Les types de mesures qui ont été effectuées sont:[5]

– La variation de l'efficacité en fonction de l'angle α du flux incident par rapport à l'axe d'observation de l'analyseur électrostatique, dans le plan perpendi-

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

cuaire aux plaques (figure 5);

- La variation de l'efficacité en fonction de l'angle δ du flux incident par rapport à l'axe d'observation dans le plan parallèle aux plaques de l'analyseur;
- La variation de l'efficacité de collection en fonction de l'énergie E des particules du flux incident.

(Note: L'efficacité est définie comme le rapport du nombre des impulsions comptées en sortie au nombre des particules qui ont interagi avec la surface d'entrée de la dynode dans le même temps.
D'autre part, le gain est défini comme le rapport de la charge électrique contenue dans l'impulsion de sortie à la charge de la particule incidente.)

Les résultats de ces étalonnages donnent les largeurs d'ouverture moyennes $\Delta\alpha$ et $\Delta\beta$ pour chaque détecteur, et qui, à leurs tour, sont utilisés pour établir le facteur de géométrie de l'instrument (paragraphe prochain).

Des mesures ont été aussi effectuées pour déterminer la surface efficace des détecteurs munis d'un cône d'entrée. Les résultats donnent un diamètre effectif d'environ 6 mm, alors que la valeur géométrique est de 10 mm. Avec un tel diamètre effectif le rapport des surfaces efficaces de l'ensemble de détection, regroupant les 3 multiplicateurs, est environ 70 fois

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

plus grand que dans le cas du seul multiplicateur sans cône.

1.5 Facteurs de géométrie

Le facteur de géométrie est défini comme le rapport du taux de comptage au flux des particules. Une valeur approchée des facteurs de géométrie des systèmes de détection, dans le cas où les deux funneltrons fonctionnent, est donnée par:

$$g = T \times (S \times 2) \times \varepsilon(E) \times \Delta\alpha \times \Delta b . \qquad [1.4]$$

T est le facteur de transmission des grilles des collimateurs. La mesure expérimentale a donné $T = 0.757$. S est la surface efficace d'un funneltron, $\varepsilon(E)$ l'efficacité de détection en fonction de l'énergie et du type de particules incidentes. $\Delta\alpha$ et Δb sont les ouvertures angulaires moyennes. g est donné en $cm^2 \cdot sr$, quand le flux est mesuré en $s^{-1} \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$, le taux de comptage en s^{-1}, S en cm^2 et $\Delta\alpha$ et Δb en rad.

Le tableau 4 présente les valeurs obtenues pour chaque système de détection. Les incertitudes sur les mesures conduisent à une estimation de $\pm 20\,\%$ pour l'incertitude sur le facteur g. Lorsque les channeltrons fonctionnent seuls, les valeurs de g sont réduites d'un facteur 70.

TABLEAU 4

Canaux	g ($cm^2 \cdot sr$)		ouverture (FWHM)		Bande d'énergie (keV)		Résolution temporelle (s) 'Low bit rate'	
	ISEE-A	ISEE-B	ISEE-A	ISEE-B	ISEE-A	ISEE-B	'Slow format'	'Fast format'
1.5 keV e	8.5×10^{-3}	8.5×10^{-3}	$6° \times 14°$	$6° \times 16°$	1.3-1.5	1.4-1.6	1/4 ou 2	1/8 ou 4
1.5 keV p	5.5×10^{-3}	4.7×10^{-3}	$7.5° \times 14°$	$6.5° \times 13°$	1.4-1.6	1.3-1.7	"	"
6 keV e	7.1×10^{-3}	8.2×10^{-3}	$5.6° \times 14°$	$6.5° \times 16°$	5.0-6.6	4.5-6.0	"	"
6 keV p	5.2×10^{-3}	5.5×10^{-3}	$6.5° \times 11°$	$7° \times 13°$	5.3-6.5	5.4-6.6	"	"

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

CHAPITRE 2

DESCRIPTION DE LA METHODE DEVELOPEE POUR CALCULER LA FATIGUE DES DETECTEURS

Le problème principal, la résolution duquel a constitué le but du stage décrit dans ce rapport, était la détermination de la fatigue de chaque détecteur. La fatigue est exprimée comme la variation de l' efficacité de détection e en fonction du temps.

Comme données étaient considérées les efficacités initiales déterminées au CESR, et les données de l' expérience, c' est à dire les flux mesurés. La figure 13 présente une feuille des données, sur laquelle sont marqués les flux mesurés par les différents détecteurs, le temps (temps universel) et les coordonnées du satellite, en rayons terrestres (figure 14). Il faut marquer que ces flux sont calculés d' après les taux de comptage et en utilisant comme valeurs de l' efficacité les valeurs initiales. Désormais ils sont appelés 'flux mesurés' et, en général, ils sont différents des flux réels.

En vue de comparer les flux mesurés pour

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

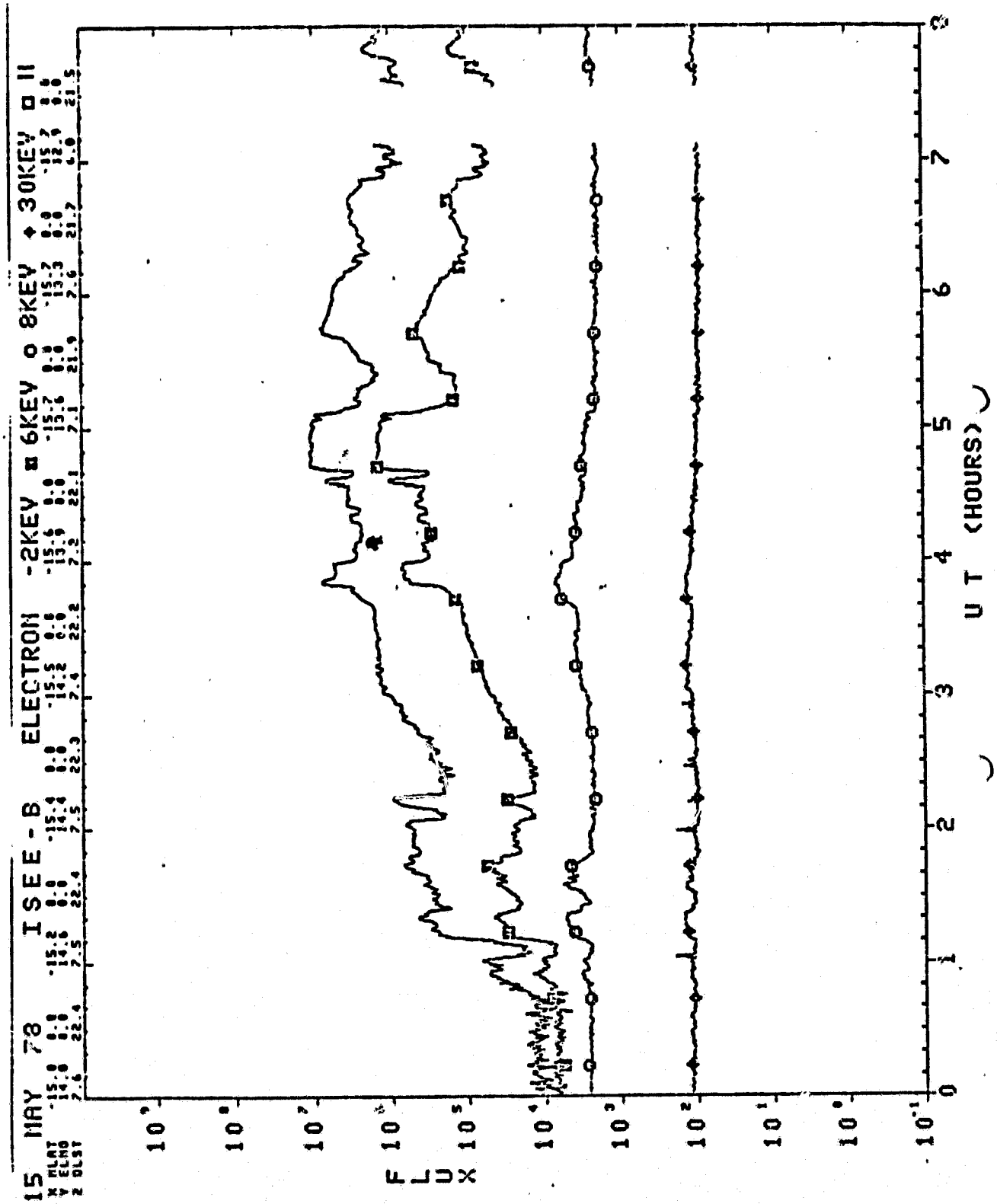


Figure 13

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

déterminer la baisse de l' efficacité d' un détecteur, il a fallu sélectionner des intervalles de temps auxquels doivent correspondre à peu près les mêmes valeurs de flux réels[8]. La différence donc des valeurs

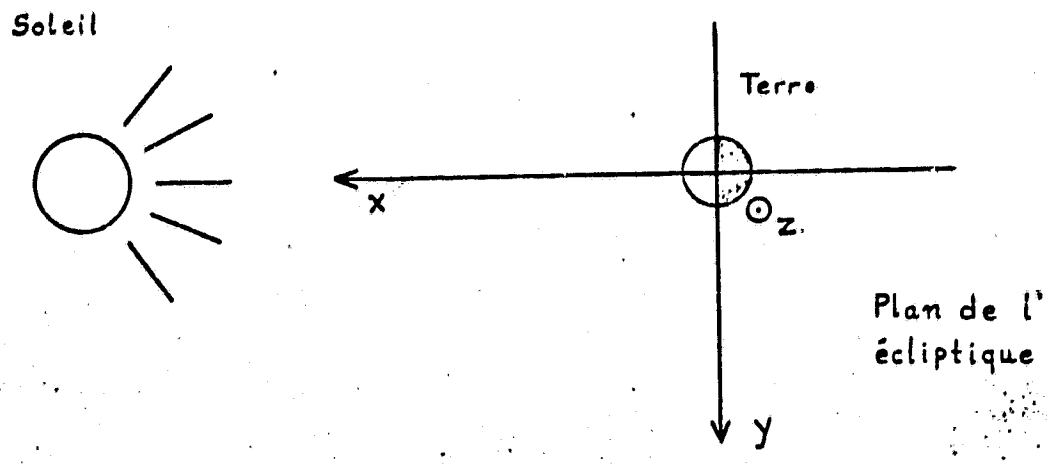


Figure 14

mesurées ne peut être due, selon la formule [1.4], qu' à la différence de l' efficacité.

Les intervalles de temps qui ont été sélectionnés étaient d' une durée de 2 à 3 heures et correspondaient à des coordonnées du satellite comparables. (Seulement les composantes y pouvaient être de signes différents, et ceci à cause de la symétrie entre les secteurs aube et crépuscule de la magnétosphère[9].) En plus, ces intervalles de temps étaient caractérisés par des conditions magnétosphériques aussi

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

comparables: l'indice planétaire ne différait pas plus de 1 unité, ou, en quelques cas, de $1\frac{1}{3}$ unités. (L'indice planétaire K_p est une indication de la perturbation du champ magnétique terrestre.) Par conséquent, les flux réels moyens caractérisant ces intervalles ne pouvaient être que des nombres à peu-près égaux.

2.1 Étude mathématique du problème

Soit c la courbe qui représente l'efficacité de détection ε en fonction du temps (figure 15). ε_0 est

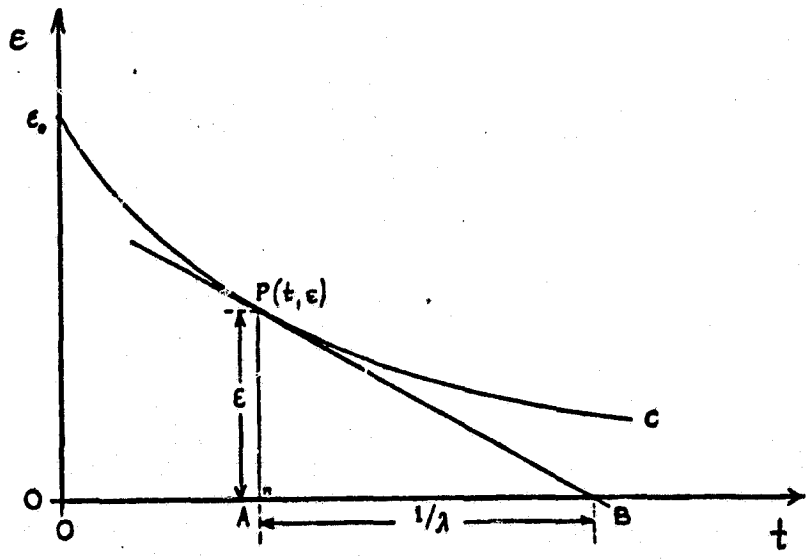


Figure 15

l'efficacité initiale, qui est connue et qui correspond au moment $t=0$ (lancement du satellite).

Si on trace la tangente au point $P(t,\varepsilon)$, cette-ci coupe l'axe des abscisses au point B. Si PA est la normale à l'axe Ot, on note que la longueur du

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

segment AB, symbolisée par $1/\lambda$, est une fonction du point P, donc du temps t.

Alors:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = -\frac{\varepsilon}{\frac{1}{\lambda}} \Rightarrow \frac{d\varepsilon}{dt} = -\lambda \cdot \varepsilon \qquad [2.1]$$

$$\Rightarrow \frac{d\varepsilon}{\varepsilon} = -\lambda \cdot dt \Rightarrow \int_{\varepsilon_0}^{\varepsilon} \frac{d\varepsilon}{\varepsilon} = -\int_0^t \lambda dt \Rightarrow \ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = -\int_0^t \lambda dt \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = e^{-\int_0^t \lambda dt} \qquad [2.2]$$

On voit donc que si on determine la fonction $\lambda(t)$, la formule [2.2] donne l'expression analytique de la fonction $\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}(t)$. Le problème initial est donc transformé: on cherche maintenant un modèle mathématique qui représentera la fonction $\lambda(t)$, cette-ci étant une transformée de la fonction $\varepsilon(t)$.

Si la fonction $\varepsilon(t)$ est multipliée par une constante a, on peut par la même méthode définir la transformée de la fonction $a \cdot \varepsilon(t)$, cette fois symbolisée par $\lambda'(t)$. On a:

$$[2.1] \Rightarrow \frac{d(a \cdot \varepsilon)}{dt} = -\lambda' \cdot a \cdot \varepsilon \Rightarrow a \frac{d\varepsilon}{dt} = -\lambda' \cdot a \cdot \varepsilon \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{d\varepsilon}{dt} = -\lambda' \cdot \varepsilon \qquad [2.3]$$

En comparant [2.1] et [2.3] on voit que $\lambda'(t)$ est la même fonction que $\lambda(t)$: c'est une invariante pour la multiplication de la fonction initiale par une const-

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

ante.

Si F_m est le flux mesuré, F_r le flux réel et D le taux de comptage, d'après la formule [1.4] on a:

$$F_m = \frac{D}{T \cdot 2S \cdot \varepsilon_0 \cdot \Delta\alpha \cdot \Delta b} \qquad [2.4]$$

$$F_r = \frac{D}{T \cdot 2S \cdot \varepsilon \cdot \Delta\alpha \cdot \Delta b} \qquad [2.5]$$

$$[2.4], [2.5] \Rightarrow \frac{F_m}{F_r} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \Rightarrow F_m = \frac{F_r}{\varepsilon_0} \cdot \varepsilon \quad .$$

Comme on a supposé que pour un couple de mesures le flux réel est le même, donc constant, et ε_0 est aussi une constante, $F_m(t)$ est le produit de la multiplication de la fonction $\varepsilon(t)$ par une constante. La transformée donc du type mentionné ci-dessus de la fonction $F_m(t)$ est la même que celle de la fonction $\varepsilon(t)$.

Maintenant le problème posé est de trouver un modèle mathématique qui représentera la fonction $\lambda(t)$, cette dernière définie comme transformée de la fonction $F_m(t)$. Pour établir en suite la fonction $\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}(t)$, il suffit d'utiliser la formule [2.2].

La figure 16 représente la fonction $F_m(t)$, pour F_r constante. PB est la tangente au point P, tandis que PA est la normale à l'axe des abscisses. Si E et F sont deux points équidistants du A, c'est à dire $EA = AF = \frac{c}{2}$, et si $GE = g$ et $HF = h$, on a:

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

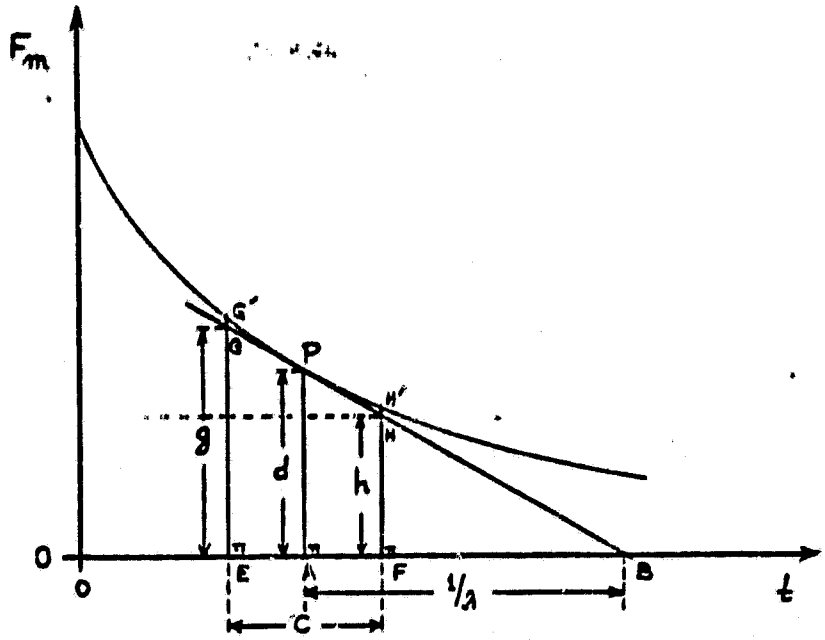


Figure 16

$$\frac{d}{\frac{1}{\lambda}} = \frac{g-h}{c} \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{c \cdot d}{g-h} \Rightarrow \lambda = \frac{g-h}{c \cdot d} \qquad [2.6]$$

Si l' intervalle du temps EF est assez petit, $EG \simeq EG'$ et $FH \simeq FH'$. Donc, on peut choisir deux instants E et F, auxquels correspondent des valeurs de flux mesuré g et h, mettre $d = \frac{g+h}{2}$, et en utilisant la formule [2.6] trouver la valeur de λ qui correspond à l' instant A, le milieu de l' intervalle EF.

Comme-ci on peut établir les valeurs de la fonction $\lambda(t)$ pour un ensemble de points. En pratique, ça a été fait pour 5 points pour chaque détecteur.

Ce qui reste maintenant est d' établir l' expression analytique de la fonction $\lambda(t)$, en utilisant l' ensemble des points déjà déterminés.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

La première chose qu'on pourrait faire serait de procéder à une régression linéaire. Mais dans tous les cas étudiés $g(t)$ était une fonction décroissante, donc par régression linéaire on obtiendrait une ligne caractérisée par une pente négative. L'integrale d'une telle fonction, $g = at + b$, $a < 0$, est: $\int_0^t g\,dt = \int_0^t (at+b)\,dt =$

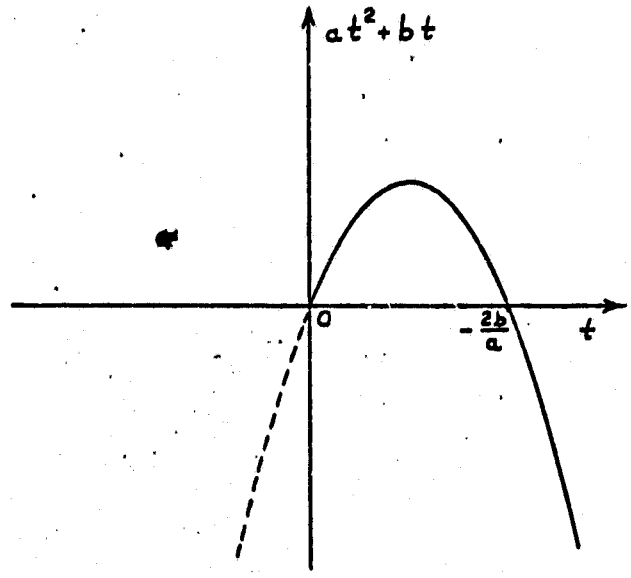


Figure 17

$= \frac{at^2}{2} + bt$, c'est à dire une fonction qui est positive sur le segment $\left(0, -\frac{2b}{a}\right)$ et negative sur le segment $\left(-\frac{2b}{a}, +\infty\right)$ (figure 17). Portée cette integrale à l'équation [2.2], on aurait comme résultat une fonction $\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}(t)$ qui serait décroissante pour $0 < t < -\frac{2b}{a}$ et croissante pour $t > -\frac{2b}{a}$, et pour laquelle en plus $\lim_{t\to\infty} \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}(t) = +\infty$, ce qui n'est pas bien sûr le cas. Une régression linéaire doit donc être préalablement exclue.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

Et, en plus, les points n'avaient jamais l'air d'être répartis selon une ligne droite.

Mais, d'autre part, les points semblaient être répartis selon une courbe exponentielle, et ceci pour tous les détecteurs. La suite était donc évidente: Régression semi-logarithmique. C'est à dire régression linéaire de la fonction $\ln \mathcal{J}(t)$, en vue de déterminer une fonction de la forme: $\mathcal{J}(t) = B e^{-\mu t}$, $\mu > 0$.

Le choix d'une telle fonction était justifié par plusieurs raisons:

– De point de vue des mathématiques, elle est une fonction de forme simple et bien connue. Et, parmi plusieurs solutions possibles, c'est la plus simple qui est la plus susceptible à décrire un phénomène physique, car la nature est simple. (L'existence de quelques symétries en nature n'est qu'une expression de cette simplicité.)

– De point de vue de la physique, la fonction exponentielle est bien située pour décrire un phénomène physique de décroissance: Le plupart de tels phénomènes se manifestent par une loi exponentielle (désintegration radioactive, oscillations amorties e.t.c.)

– Elle est une fonction décroissante monotone et en même temps de signe constant, donc bien posée pour décrire un phénomène irréversible: le vieillissement d'un appareil. (L'exigence de signe constant pour la

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

fonction $\lambda(t)$ est posée par le fait que la fonction $\frac{\varepsilon}{\varepsilon_c}(t)$ (formule [2.2]) doit aussi être une fonction monotone.)

– Et le plus important: Il-y-a bon accord entre la fonction, comme modèle mathématique, et les résultats expérimentaux, c'est à dire les points de la fonction déterminés d'après les données de l'expérience; le coéfficient de corrélation, qui a été chaque fois calculé, avait une valeur absolue supérieure à 0.9 dans la plupart des cas. Et, l'ultime critère d'un modèle est son accord ou son désaccord avec la réalité physique.

2.2 Exemple de calcul

Un exemple d'application de cette méthode est ensuite présenté: c'est le cas du détecteur de protons d'énergie centrale de 1.5 KeV, type 'funneitron'.

Le premier couple de données considéré est ce correspondant aux dates 21 Décembre 1977, 21-24 TU (Temps Universel) et 29 Juin 1978, 18-21 TU. Les indices planétaires (K_p) et les coordonnés moyennes, en rayons terrestres, sont:

– 21 Décembre 1977, 21-24 TU:

$K_p = 3$, $x = -2.9$, $y = -16.2$, $z = 7.0$, $r = 17.9$;

– 29 Juin 1978, 18-21 TU:

$K_p = 3+$, $x = -3.4$, $y = 19.4$, $z = 5.8$, $r = 20.5$.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

(r est la distance entre le satellite et le centre de la Terre).

Pour calculer le flux moyen mesuré pendant un intervalle de temps, des points des données ont été copiés sur papier millimétrique transparent (figures 12 A et 13 B). Les points copiés sont espacés de 5 mm, ce qui donne: $5\,mm \times 2.07\,min \cdot mm^{-1} = 10.35\,min$. La valeur moyenne de flux attribuée à chaque intervalle de temps est la moyenne arithmétique de l'ensemble des points.

Dans le cas de cet exemple, les flux moyens sont:

- 21 Décembre 1977, 21-24 TU: $10^{8.6}$ $s^{-1} \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$
- 29 Juin 1978, 18-21 TU: $10^{7.2}$ $s^{-1} \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$

(Toutes les valeurs de flux sont en $s^{-1} \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$.)

La chute du flux mesuré est apparente.

Le laps de temps entre les deux dates est 0.520 y (ans).

En utilisant ensuite la formule [2.6], on a:

$$\lambda = \frac{g-h}{c \cdot d} = \frac{10^{8.6} - 10^{7.2}}{0.520 \times \frac{10^{8.6} + 10^{7.2}}{2}} \; \frac{1}{y} \Rightarrow \lambda = 3.52\, y^{-1}.$$

Le tableau 5 donne une présentation sommaire des données et des calculs relatifs aux 5 couples de dates choisis.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

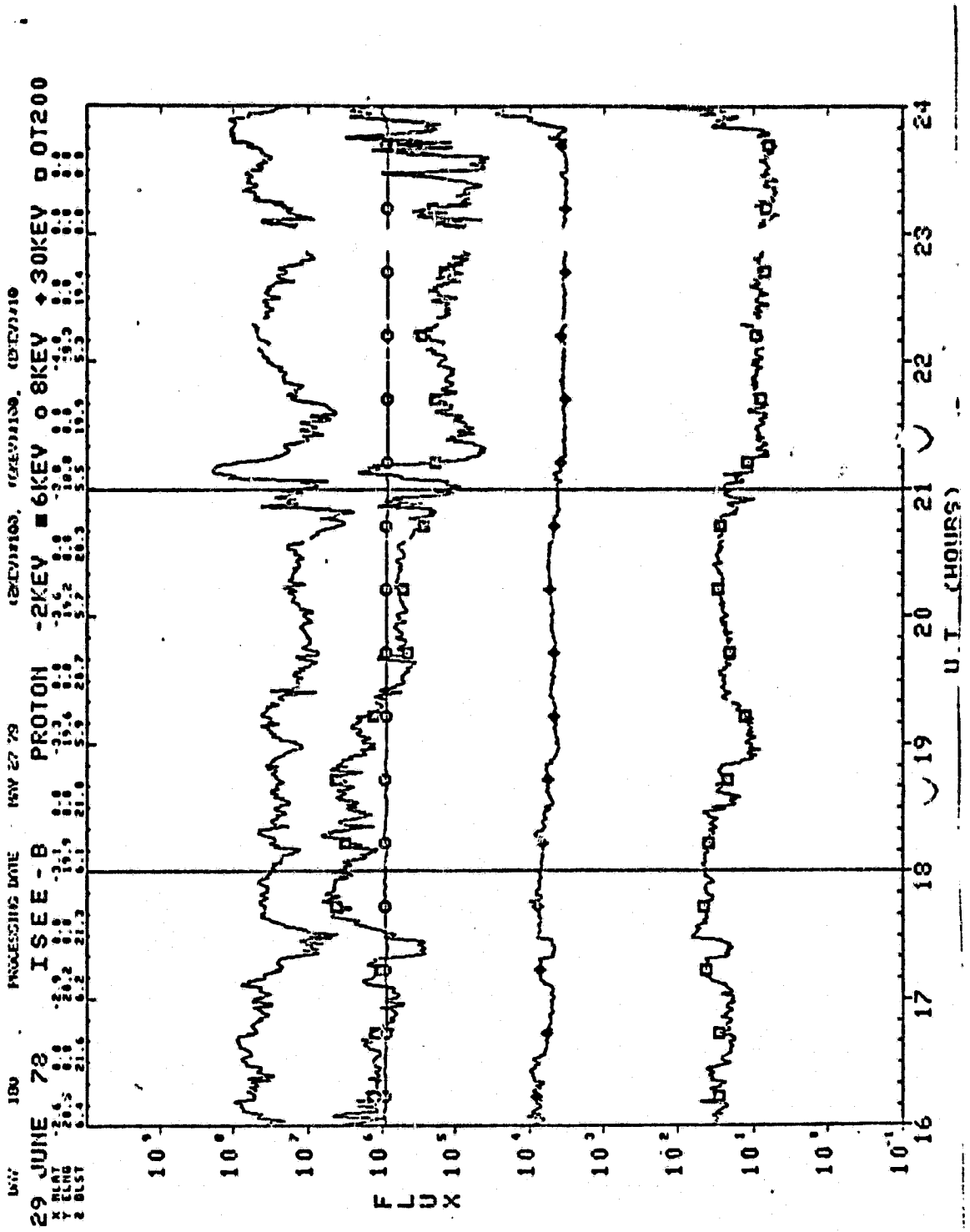


Figure 18 A

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

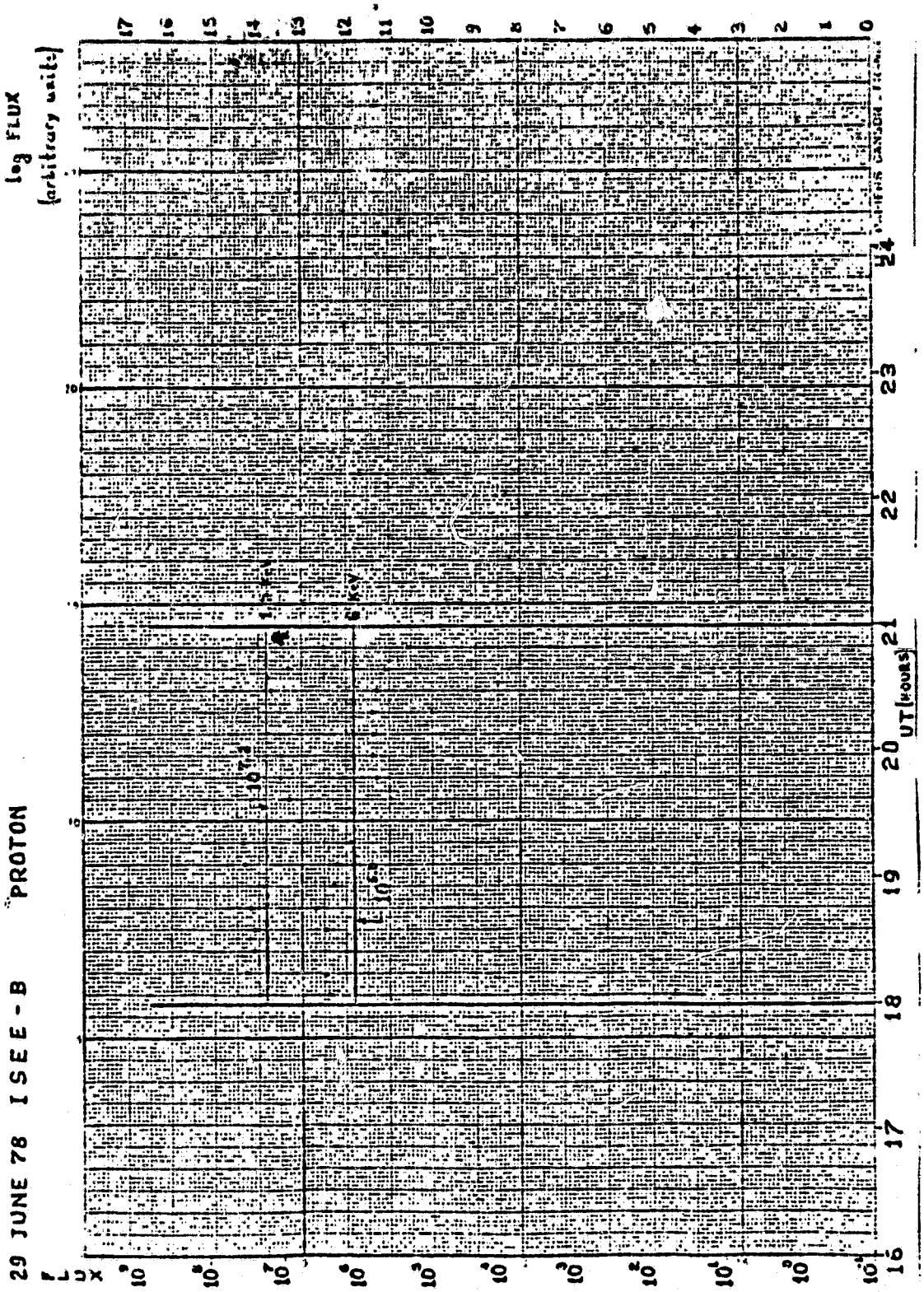


Figure 18B

Date	Heure T.U.	K_p	x R_T	y R_T	z R_T	r R_T	flux moyen $s^{-1} \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$	laps de temps y	date intermédiaire	λ y^{-1}
21 DEC 77	21-24	3	-2.9	-16.2	7.0	17.9	$10^{8.6}$	0.520	26 MAR 78	3.52
29 JUN 78	18-21	3+	-3.4	19.4	5.8	20.5	$10^{7.2}$			
21 DEC 77	16-18	2-	-4.0	-12.3	5.2	13.9	$10^{8.3}$	1.049	1 JUL 78	1.81
8 JAN 79	3-6	2+	-6.0	-13.9	5.4	16.1	$10^{6.7}$			
1 JUN 78	0-3	1	-11.7	16.4	6.4	21.1	$10^{7.4}$	0.676	2 OCT 78	1.53
3 FEV 79	12-15	1+	-12.3	-11.6	5.5	17.8	$10^{6.9}$			
27 MAI 78	12-15	1	-12.6	12.0	5.0	18.1	$10^{6.7}$	1.706	4 AVR 79	0.51
9 FEV 80	0-3	2-	-13.1	-10.2	3.4	16.9	$10^{6.3}$			
10 FEV 79	16-18	1+	-13.6	-9.6	5.4	17.5	$10^{6.6}$	0.997	11 AOU 79	0.66
9 FEV 80	0-3	2-	-13.1	-10.2	3.4	16.9	$10^{6.3}$			

TABLEAU 5

ORIGINAL PAGE IS OF POOR QUALITY

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

Les 5 points sont représentés sur la figure 19. Le temps, sur cette figure, est en mois-ans et aussi en unités arbitraires: 1 unité arbitraire $= 5\,cm \times \frac{1}{12}\,y \cdot cm^{-1} \simeq$ $\simeq 0.417\,y$. Les points sont ensuite marqués sur papier semi-logarithmique (figure 20) et une régression linéaire de la fonction $\ln \lambda(t)$ est faite. Les résultats sont:

$t=0 \rightarrow \lambda = e^{1.63} = 5.11$ (toute valeur de λ est en y^{-1})

$\lambda = 1$ $(\ln \lambda = 0) \rightarrow t = 2.99$ unités arbitraires $= 1.25\,y$

Le coefficient de correlation R est: $R = -0.93$

En vue de déterminer la fonction $\lambda = Be^{-\mu t}$, on a:

$$\left.\begin{array}{l} t=0 \rightarrow \lambda = Be^{0} = B \\ t=0 \rightarrow \lambda = 5.11\,y^{-1} \end{array}\right\} \Rightarrow B = 5.11\,y^{-1}$$

$t = 1.25\,y \rightarrow \lambda = 1\,y^{-1} \Rightarrow 1\,y^{-1} = 5.11\,y^{-1} \cdot e^{-\mu \cdot 1.25\,y} \Rightarrow$

$\Rightarrow e^{-\mu \cdot 1.25\,y} = \frac{1}{5.11} \Rightarrow -\mu \cdot 1.25\,y = -\ln 5.11 \Rightarrow \mu = \frac{\ln 5.11}{1.25\,y} \Rightarrow$

$\Rightarrow \mu = 1.30\,y^{-1}$.

Donc: $\lambda = 5.11\,e^{-1.30\,t}\,y^{-1}$, t mesuré en ans.

C'est cette fonction qui est représentée sur les figures 19 et 20.

$$\int_0^t \lambda\,dt = \int_0^t 5.11\,e^{-1.30\,t}\,dt = \frac{5.11}{-1.30}\int_0^t e^{-1.30\,t}\,d(-1.30\,t) =$$

$$= \frac{5.11}{-1.30}\,e^{-1.30\,t}\Big|_0^t = -3.93\,e^{-1.30\,t} + 3.93$$

$$[2.2] \Rightarrow \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = e^{-\int_0^t \lambda\,dt} \Rightarrow \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = e^{(3.93\,e^{-1.30\,t} - 3.93)}$$

Donc: $$\boxed{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = e^{(3.93\,e^{-1.30\,t} - 3.93)}}$$ (t en ans).

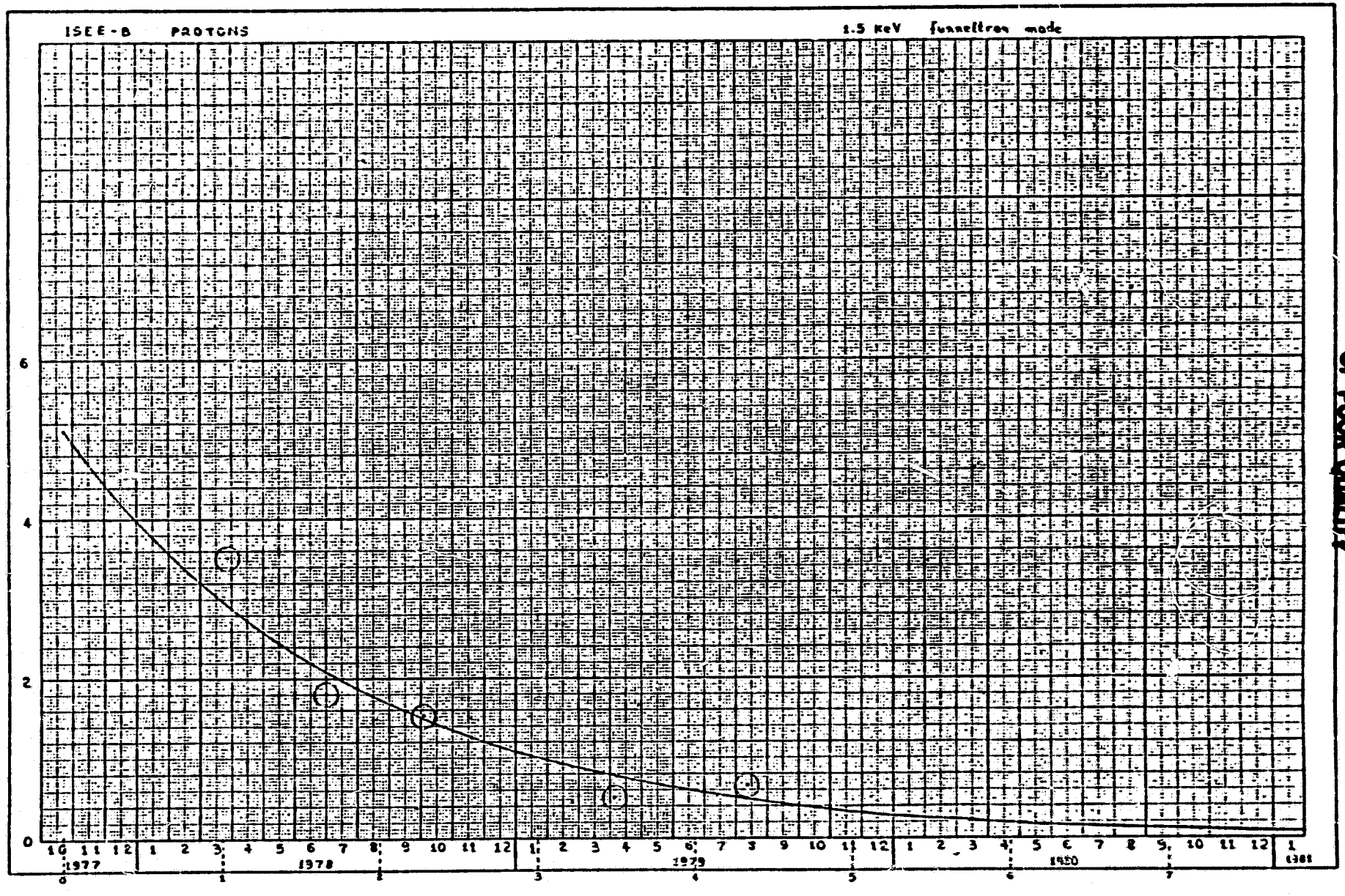


Figure 10

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

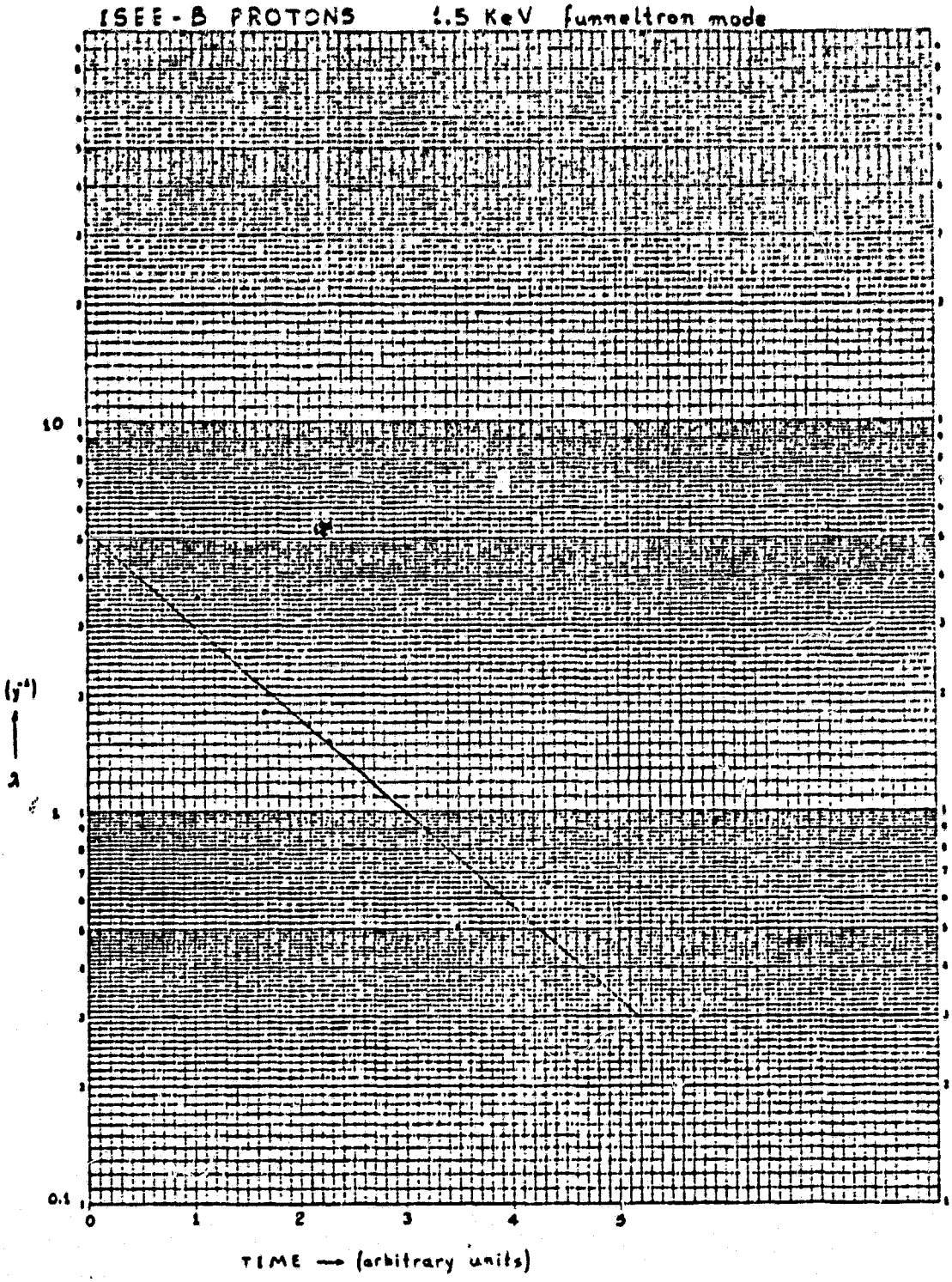


Figure 20

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

Le tableau 6 donne les valeurs de cette fonction pour un ensemble de points. Les valeurs sont calculées à l'aide d'un programme exécuté sur une calculatrice Texas Instruments 58.

Sur la figure 21 on a la courbe qui représente la fonction $\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}(t)$, c'est à dire la fatigue du détecteur de protons d'énergie centrale de 1.5 KeV, type 'funneltron'. Sur la même figure il-y-a aussi la courbe de fatigue du détecteur de protons de 6 KeV, aussi type 'funneltron'.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

TABLEAU 6

t (ans)	$\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$
0.0	1.000
0.1	0.619
0.2	0.407
0.3	0.281
0.4	0.203
0.5	0.153
0.6	0.119
0.7	0.096
0.8	0.079
0.9	0.067
1.0	0.057
1.2	0.045
1.4	0.037

t (ans)	$\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$
1.6	0.032
1.8	0.029
2.0	0.026
2.2	0.025
2.4	0.023
2.6	0.022
2.8	0.022
3.0	0.021
3.2	0.021
3.4	0.021
3.6	0.020
3.8	0.020
4.0	0.020

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

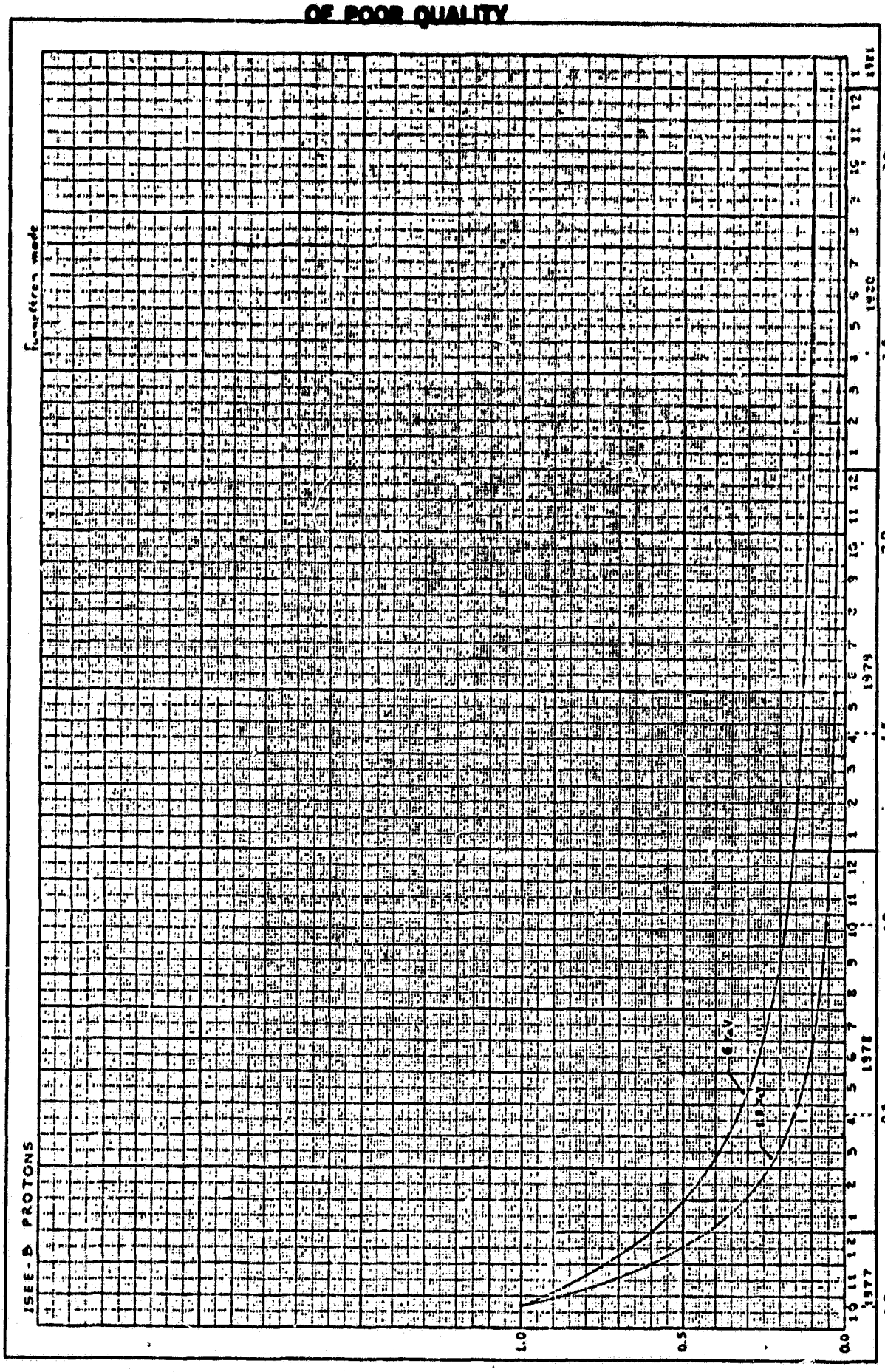


Figure 21

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

CHAPITRE 3

RESULTATS

L'objet d'application de la méthode déjà développée était l'ensemble des huit détecteurs du satellite ISEE-B.

Pour chaque détecteur un tableau est présenté qui résume les données utilisées et les résultats obtenus, accompagné d'un graphe de la fonction $\eta(t)$ à échelle semi-logarithmique. Les graphes des fonctions $\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}(t)$ se trouvent tous à la fin de ce chapitre.

Électrons 1.5 KeV — mode 'funneltron'

Date	Heure T.U.	K_p	x R_T	y R_T	z R_T	r R_T	flux moyen $s^{-1} \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$	laps de temps y	date intermédiaire	λ y^{-1}
31 DEC 77	21-24	3-	-3.4	-19.9	8.8	22.0	$10^{5.8}$	0.493	31 MAR 78	3.32
29 JUN 78	18-21	3+	-3.4	19.4	5.8	20.5	$10^{4.8}$			
31 DEC 77	18-21	2	-4.0	-19.3	8.5	21.4	$10^{6.0}$	1.022	5 JUL 78	1.68
8 JAN 79	18-21	2	-3.3	-21.2	5.4	22.1	$10^{4.9}$			
1 JUN 78	0-3	1	-11.7	16.4	6.4	21.1	$10^{6.6}$	0.676	2 OCT 78	1.97
3 FEV 79	12-15	1+	-12.3	-11.6	5.5	17.8	$10^{5.9}$			
22 MAI 78	12-15	3	-14.2	13.7	6.3	20.7	$10^{7.1}$	1.719	1 AVR 79	1.11
9 FEV 80	9-12	2+	-14.5	-15.2	2.5	21.2	$10^{5.4}$			
3 FEV 79	12-15	1+	-12.3	-11.6	5.5	17.8	$10^{5.9}$	1.016	7 AOU 79	1.02
9 FEV 80	9-12	2+	-14.5	-15.2	2.5	21.2	$10^{5.4}$			

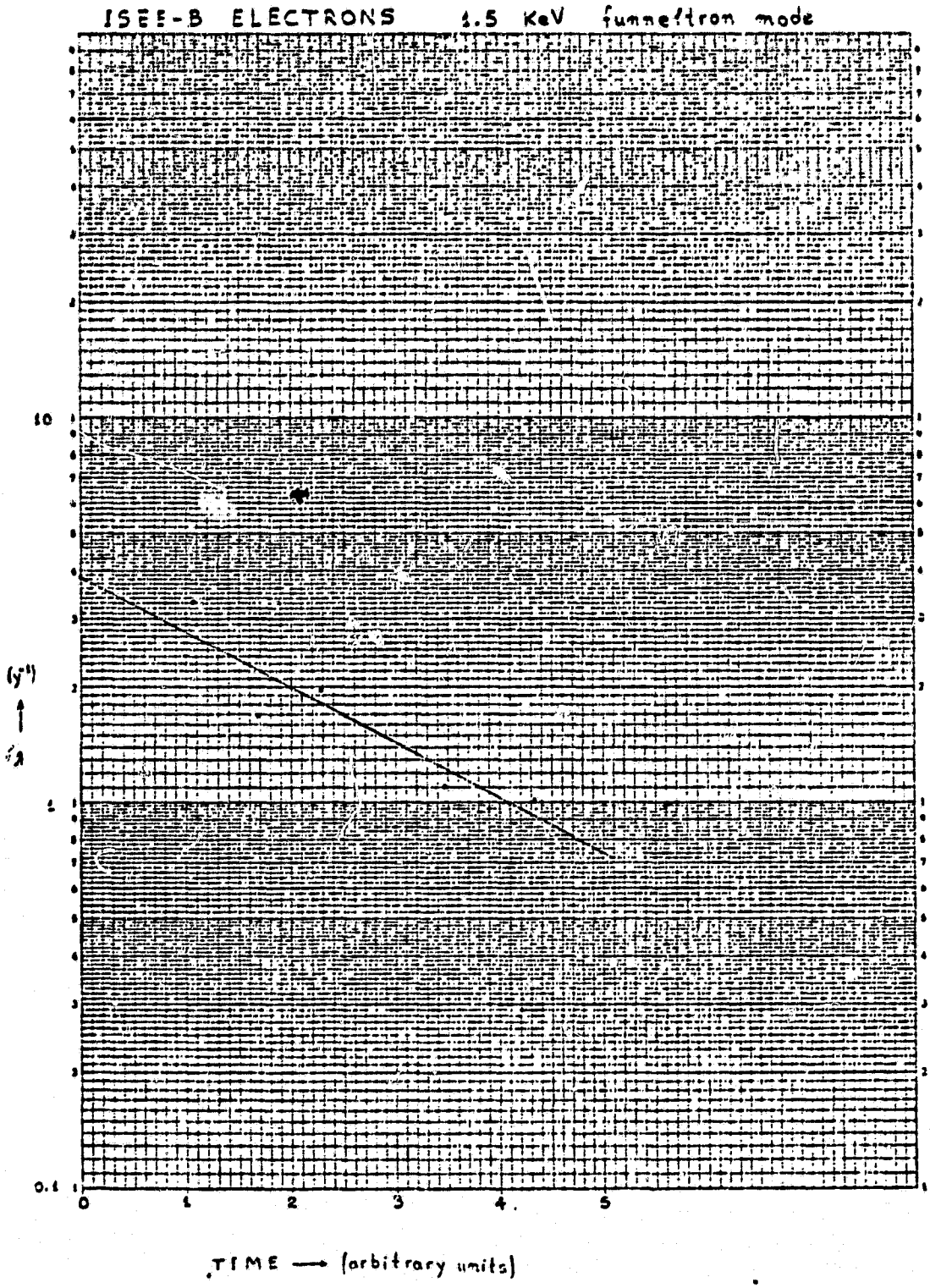
coefficient de correlation : -0.92

$\lambda = 3.87 e^{-0.80 t}$ y^{-1}

$\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = e^{(4.84 e^{-0.80 t} - 4.84)}$

ORIGINAL PAGE IS OF POOR QUALITY

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



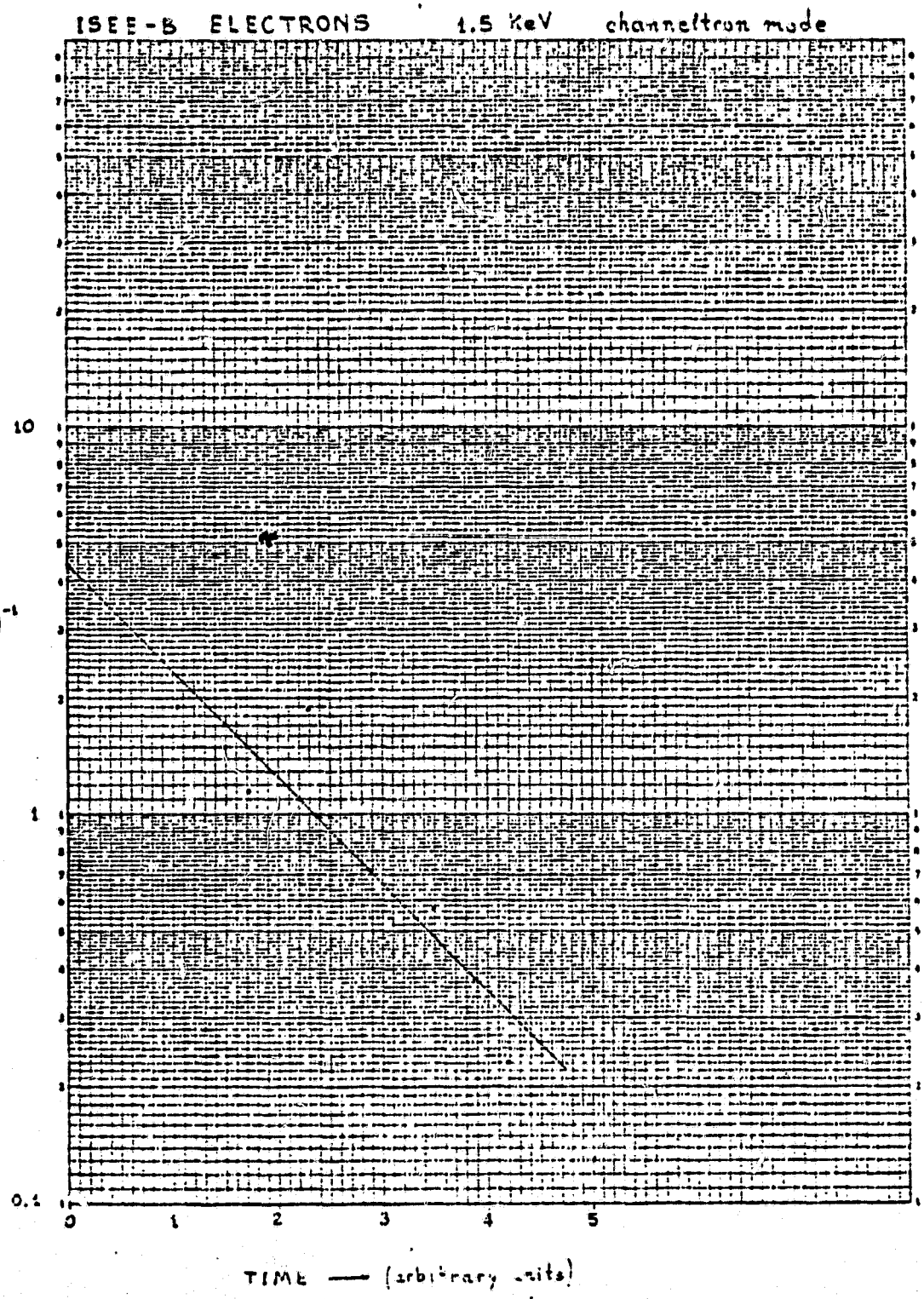
Électrons 1.5 KeV — mode 'channeltron'

Date	Heure T.U.	K_p	x R_T	y R_T	z R_T	r R_T	flux moyen $s^{-1} \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$	laps de temps y	date intermédiaire	λ y^{-1}
31 DEC 77	0-2	1	-4.8	-4.6	2.2	7.0	$10^{9.6}$	0.457	25 MAR 78	1.90
16 JUN 78	1-3	1	-6.3	5.2	1.1	8.2	$10^{9.2}$			
31 DEC 77	0-2	1	-4.8	-4.6	2.2	7.0	$10^{9.6}$	1.027	7 JUL 78	1.16
10 JAN 79	4-6	1+	-4.8	-3.3	2.8	6.5	$10^{8.9}$			
25 JUN 78	13-15	3-	-5.9	8.9	1.8	10.8	$10^{10.1}$	0.550	4 OCT 78	1.88
12 JAN 79	15-18	2	-5.8	-5.1	3.5	8.5	$10^{9.6}$			
30 JUN 78	9-12	4-	-4.8	6.5	1.0	8.1	$10^{9.7}$	1.520	4 AVR 79	0.57
6 JAN 80	4-6	3+	-4.7	-4.4	2.8	7.0	$10^{9.3}$			
21 JAN 79	21-24	2-	2.1	-7.8	-0.6	8.1	$10^{9.6}$	0.988	20 JUL 79	0.23
17 JAN 80	21-23	1+	3.0	-6.9	-2.2	7.8	$10^{9.5}$			

coefficient de correlation : -0.91 | $\lambda = 4.41\, e^{-1.51\, t}\ y^{-1}$ | $\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = e^{(2.92\, e^{-1.51\, t} - 2.92)}$

ORIGINAL PAGE IS OF POOR QUALITY

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



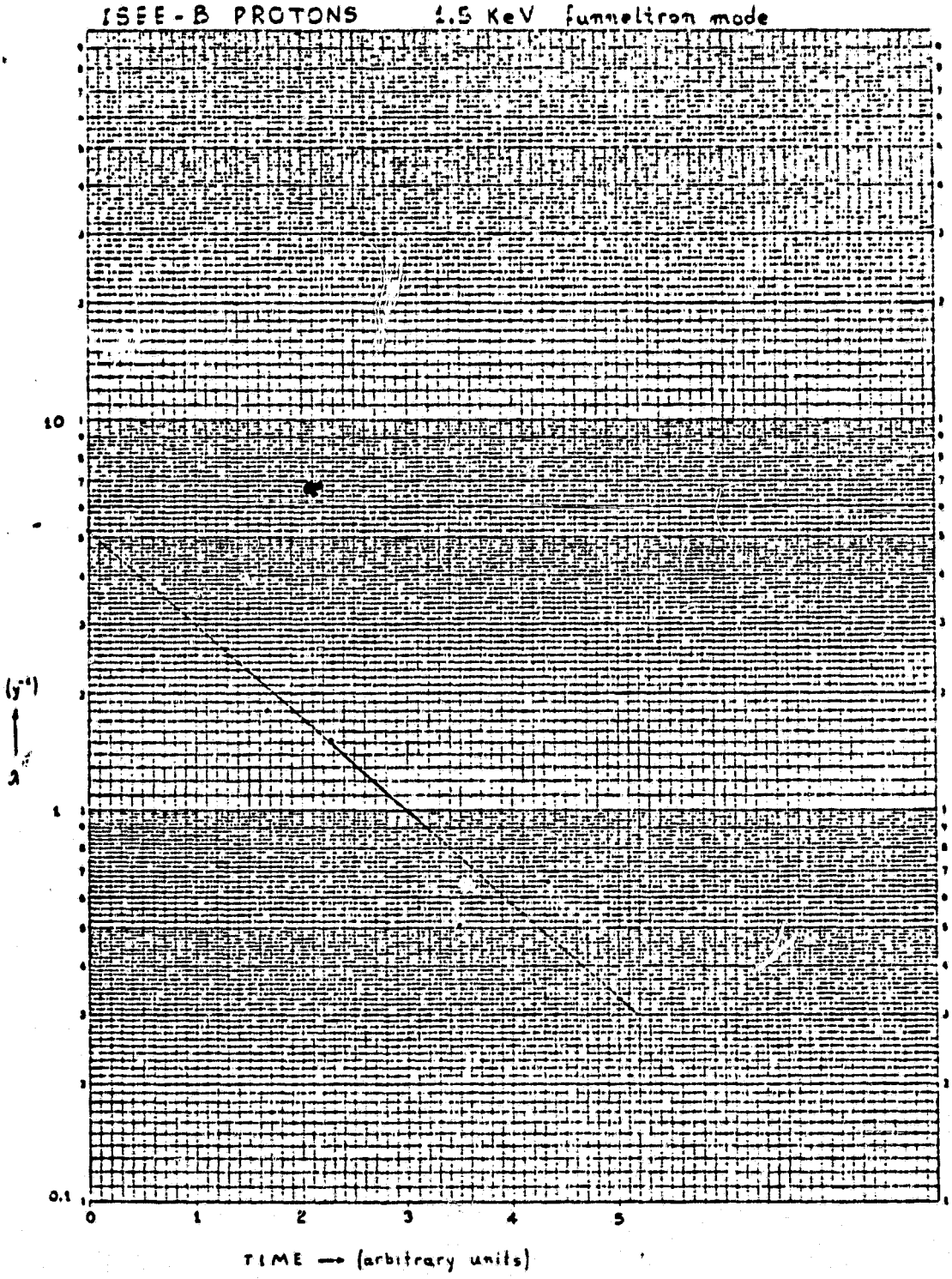
Protons 1.5 KeV — mode 'funneltron'

Date	Heure T.U.	K_p	x R_T	y R_T	z R_T	r R_T	flux moyen $s^{-1} \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$	laps de temps y	date intermédiaire	λ y^{-1}
21 DEC 77	21-24	3	-2.9	-16.2	7.0	17.9	$10^{8.0}$	0.520	26 MAR 78	3.52
29 JUN 78	18-21	3+	-3.4	19.4	5.8	20.5	$10^{7.2}$			
21 DEC 77	16-18	2-	-4.0	-12.3	5.2	13.9	$10^{8.3}$	1.049	1 JUL 78	1.81
8 JAN 79	3-6	2+	-6.0	-13.9	5.4	16.1	$10^{6.7}$			
1 JUN 78	0-3	1	-11.7	16.4	6.4	21.1	$10^{7.4}$	0.676	2 OCT 78	1.53
3 FEV 79	12-15	1+	-12.3	-11.6	5.5	17.8	$10^{6.9}$			
27 MAI 78	12-15	1	-12.6	12.0	5.0	18.1	$10^{6.7}$	1.706	4 AVR 79	0.51
9 FEV 80	0-3	2-	-13.1	-10.2	3.4	16.9	$10^{6.3}$			
10 FEV 79	16-18	1+	-13.6	-9.6	5.4	17.5	$10^{6.6}$	0.997	11 AOU 79	0.66
9 FEV 80	0-3	2-	-13.1	-10.2	3.4	16.9	$10^{6.3}$			

coefficient de correlation : -0.93 | $\lambda = 5.11\, e^{-1.30\, t}\ y^{-1}$ | $\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = e^{(3.93\, e^{-1.30\, t} - 3.93)}$

ORIGINAL PAGE IS OF POOR QUALITY

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



Protons 1.5 KeV — mode 'channeltron'

Date.	Heure T.U.	K_p	x R_T	y R_T	z R_T	r R_T	flux moyen $s^{-1} \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$	laps de temps y	date intermédiaire	λ y^{-1}
16 DEC 77	16-18	3-	-3.6	-5.8	2.2	7.2	$10^{8.5}$	0.537	24 MAR 78	3.05
30 JUN 78	9-12	4-	-4.8	6.5	1.0	8.1	$10^{7.5}$			
31 DEC 77	0-2	1	-4.3	-4.6	2.2	7.0	$10^{8.9}$	1.027	7 JUL 78	1.35
10 JAN 79	4-6	1+	-4.8	-3.3	2.8	6.5	$10^{7.3}$			
16 JUN 78	9-11	2-	3.0	7.7	3.6	9.0	$10^{9.9}$	0.600	4 OCT 78	1.93
21 JAN 79	22-24	2-	2.3	-7.0	-0.7	7.4	$10^{9.3}$			
30 JUN 78	9-12	4-	-4.8	6.5	1.0	8.1	$10^{7.5}$	1.520	4 AVR 79	0.68
3 JAN 80	4-6	3+	-4.7	-4.4	2.8	7.0	$10^{7.0}$			
12 JAN 79	15-18	2	-5.8	-5.1	3.5	8.5	$10^{7.3}$	0.983	11 JUL 79	0.67
6 JAN 80	4-6	3+	-4.7	-4.4	2.8	7.0	$10^{7.0}$			

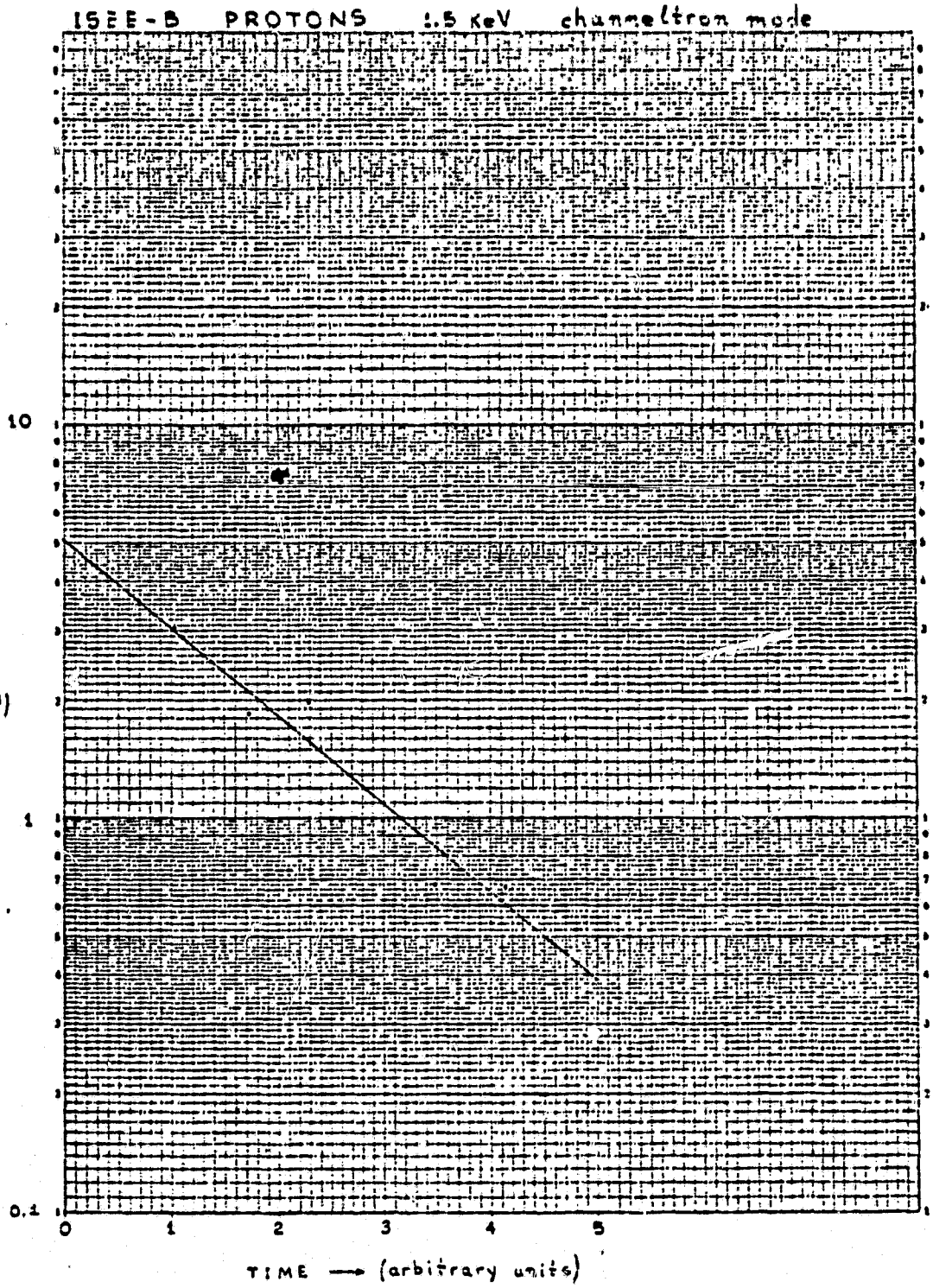
coefficient de correlation : -0.96

$\lambda = 5.12\, e^{-1.24\, t}\ y^{-1}$

$\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = e^{(4.13\, e^{-1.24\, t} - 4.13)}$

ORIGINAL PAGE IS OF POOR QUALITY

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



Électrons 6 KeV

mode 'Funneltron'

Date	Heure T.U.	K_p	x R_T	y R_T	z R_T	r R_T	flux moyen $s^{-1} \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$	laps de temps y	date intermédiaire	λ y^{-1}
31 DEC 77	21-24	3-	-3.4	-19.9	8.8	22.0	$10^{4.6}$	0.493	31 MAR 78	2.69
29 JUN 78	18-21	3+	-3.4	19.4	5.8	20.5	$10^{3.9}$			
31 DEC 77	18-21	2	-4.0	-19.3	8.5	21.4	$10^{4.7}$	1.022	5 JUL 78	0.85
8 JAN 79	18-21	2	-3.3	-21.2	5.4	22.1	$10^{4.3}$			
1 JUN 78	0-3	1	-11.7	16.4	6.4	21.1	$10^{5.3}$	0.676	2 OCT 78	2.16
3 FEV 79	12-15	1+	-12.3	-11.6	5.5	17.8	$10^{4.5}$			
1 JUN 78	6-8	2	-11.8	13.7	5.3	18.9	$10^{5.8}$	1.692	6 AVR 79	0.39
9 FEV 80	0-3	2-	-13.1	-10.2	3.4	16.9	$10^{6.5}$			
10 FEV 79	16-18	1+	-13.6	-9.6	5.4	17.5	$10^{6.8}$	0.997	11 AOU 79	0.66
9 FEV 80	0-3	2-	-13.1	-10.2	3.4	16.9	$10^{6.5}$			

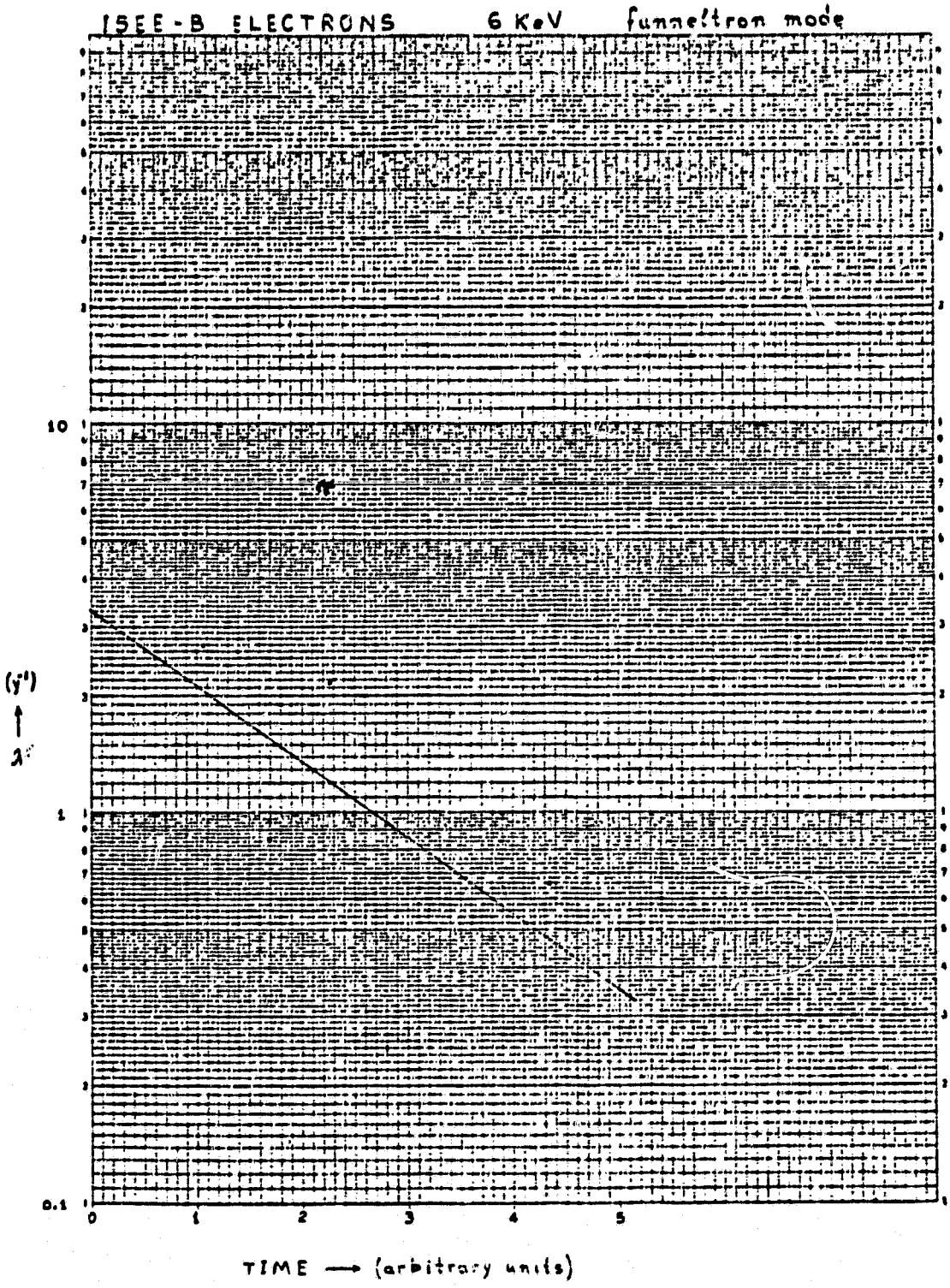
coefficient de correlation : -0.74

$\lambda = 3.32\, e^{-1.07\, t}$ y^{-1}

$\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = e^{(3.10 e^{-1.07 t} - 3.10)}$

ORIGINAL PAGE IS OF POOR QUALITY

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



Électrons 6 KeV

mode 'channeltron'

Date	Heure T.U.	K_p	x R_T	y R_T	z R_T	r R_T	flux moyen $s^{-1} \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$	laps de temps y	date intermédiaire	λ y^{-1}
31 DEC 77	0-2	1	-4.8	-4.6	2.2	7.0	$10^{7.2}$	0.157	25 MAR 78	4.16
16 JUN 78	1-3	1	-6.3	5.2	1.1	8.2	$10^{5.6}$			
31 DEC 77	0-2	1	-4.8	-4.6	2.2	7.0	$10^{7.2}$	1.027	7 JUL 78	1.85
10 JAN 79	4-6	1+	-4.8	-3.3	2.8	6.5	$10^{5.6}$			
25 JUN 78	13-15	3-	-5.9	8.9	1.8	10.8	$10^{6.1}$	0.550	4 OCT 78	1.58
12 JAN 79	15-18	2	-5.8	-5.1	3.5	8.5	$10^{5.7}$			
30 JUN 78	9-12	4-	-4.8	6.5	1.0	8.1	$10^{6.2}$	1.520	4 AVR 79	0.43
6 JAN 80	4-6	3+	-4.7	-4.4	2.8	7.0	$10^{5.9}$			
21 JAN 79	21-24	2-	2.1	-7.8	-0.6	8.1	$10^{6.1}$	0.988	20 JUL 79	0.46
17 JAN 80	21-23	1+	3.0	-6.9	-2.2	7.8	$10^{5.9}$			

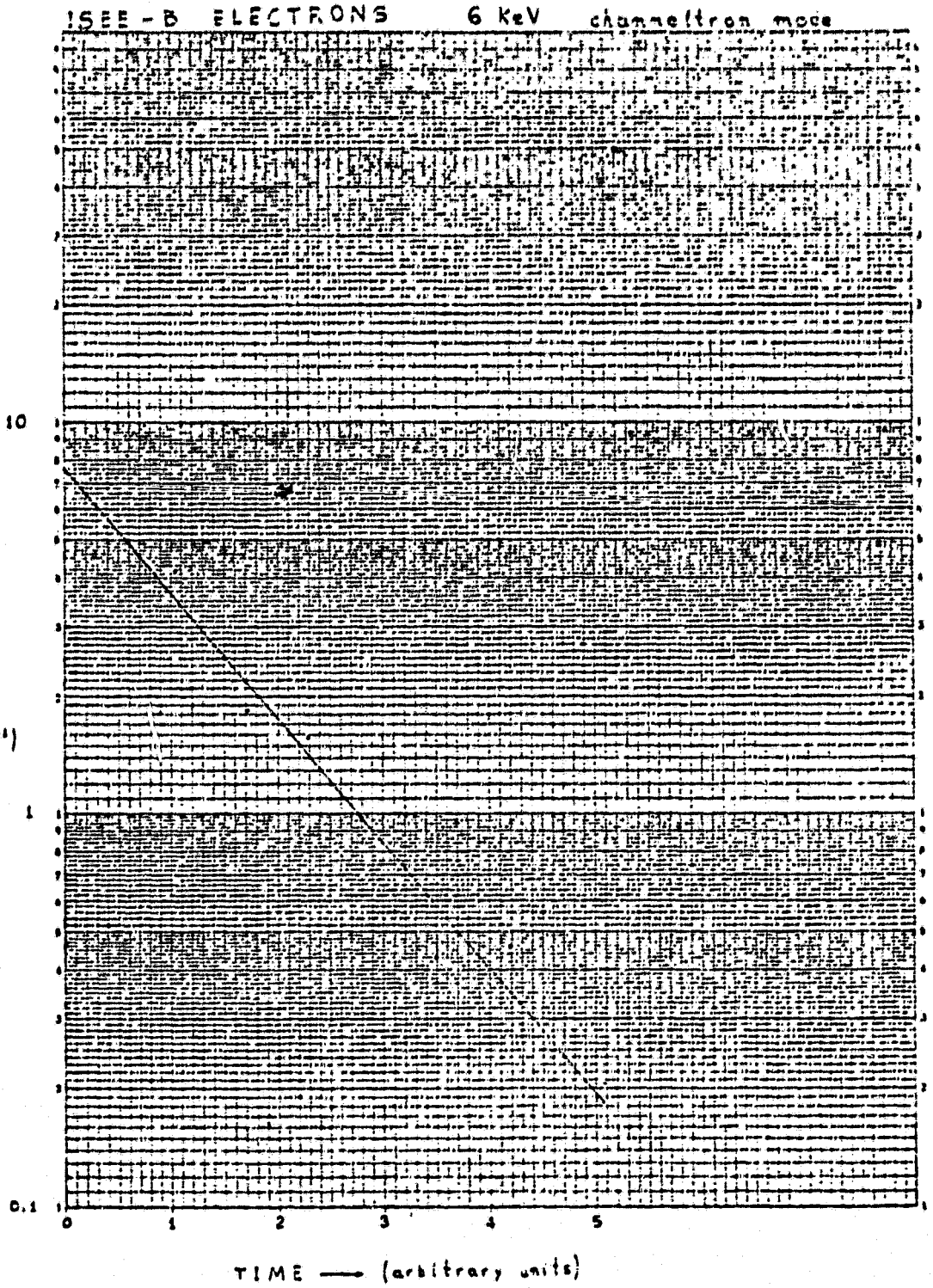
coefficient de correlation : -0.97

$\lambda = 7.63\, e^{-1.75\, t}\ y^{-1}$

$\frac{E}{E_0} = e^{(4.36\, e^{-1.75\, t} - 4.36)}$

ORIGINAL PAGE IS OF POOR QUALITY

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



Protons 6 KeV mode 'funneltron'

Date	Heure T.U.	K_p	x R_T	y R_T	z R_T	r R_T	flux moyen $s^{-1} \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$	laps de temps y	date intermédiaire	λ y^{-1}
31 DEC 77	9-12	2	-5.7	-14.9	6.7	17.3	$10^{6.5}$	0.493	26 MAR 78	2.10
29 JUN 78	18-21	3+	-3.4	19.4	5.8	20.5	$10^{6.0}$			
21 DEC 77	16-18	2-	-4.0	-12.3	5.2	13.9	$10^{7.5}$	1.049	1 JUL 78	1.13
8 JAN 79	3-6	2+	-6.0	-13.9	5.4	16.1	$10^{6.9}$			
1 JUN 78	0-3	1	-11.7	16.4	6.4	21.1	$10^{6.5}$	0.676	2 OCT 78	0.97
3 FEV 79	12-15	1+	-12.3	-11.6	5.5	17.8	$10^{6.2}$			
22 MAI 78	12-15	3	-14.2	13.7	6.3	20.7	$10^{6.4}$	1.719	1 AVR 79	0.26
9 FEV 80	9-12	2+	-14.5	-15.2	2.5	21.2	$10^{6.2}$			
10 FEV 79	16-18	1+	-13.6	-9.6	5.4	17.5	$10^{6.7}$	0.997	11 AOU 79	0.46
9 FEV 80	0-3	2-	-13.1	-10.2	3.4	16.9	$10^{6.5}$			

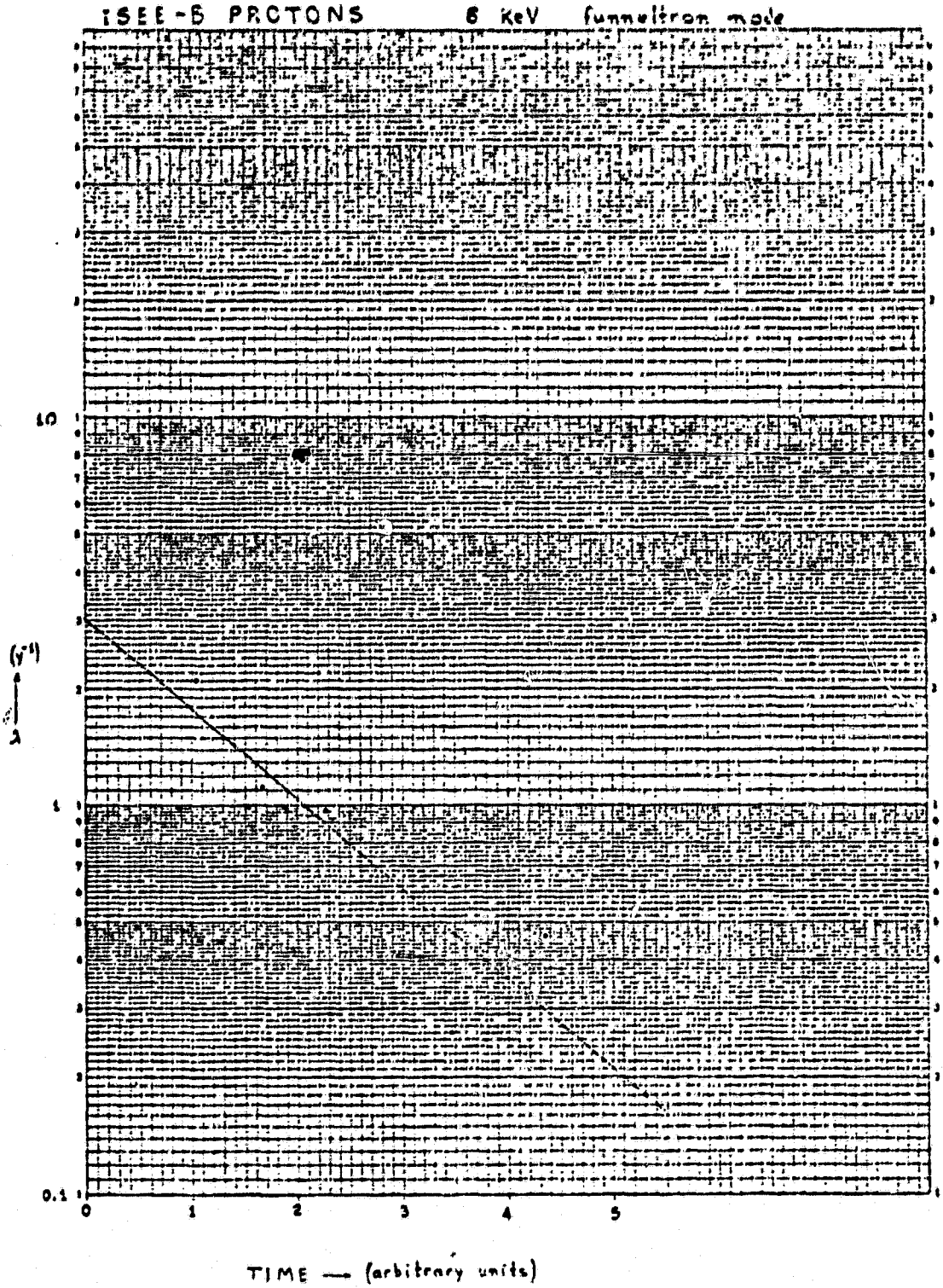
coefficient de correlation : -0.88

$\lambda = 3.02\, e^{-1.29\, t}\ y^{-1}$

$\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = e^{(2.34\, e^{-1.29\, t} - 2.34)}$

ORIGINAL PAGE IS OF POOR QUALITY

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



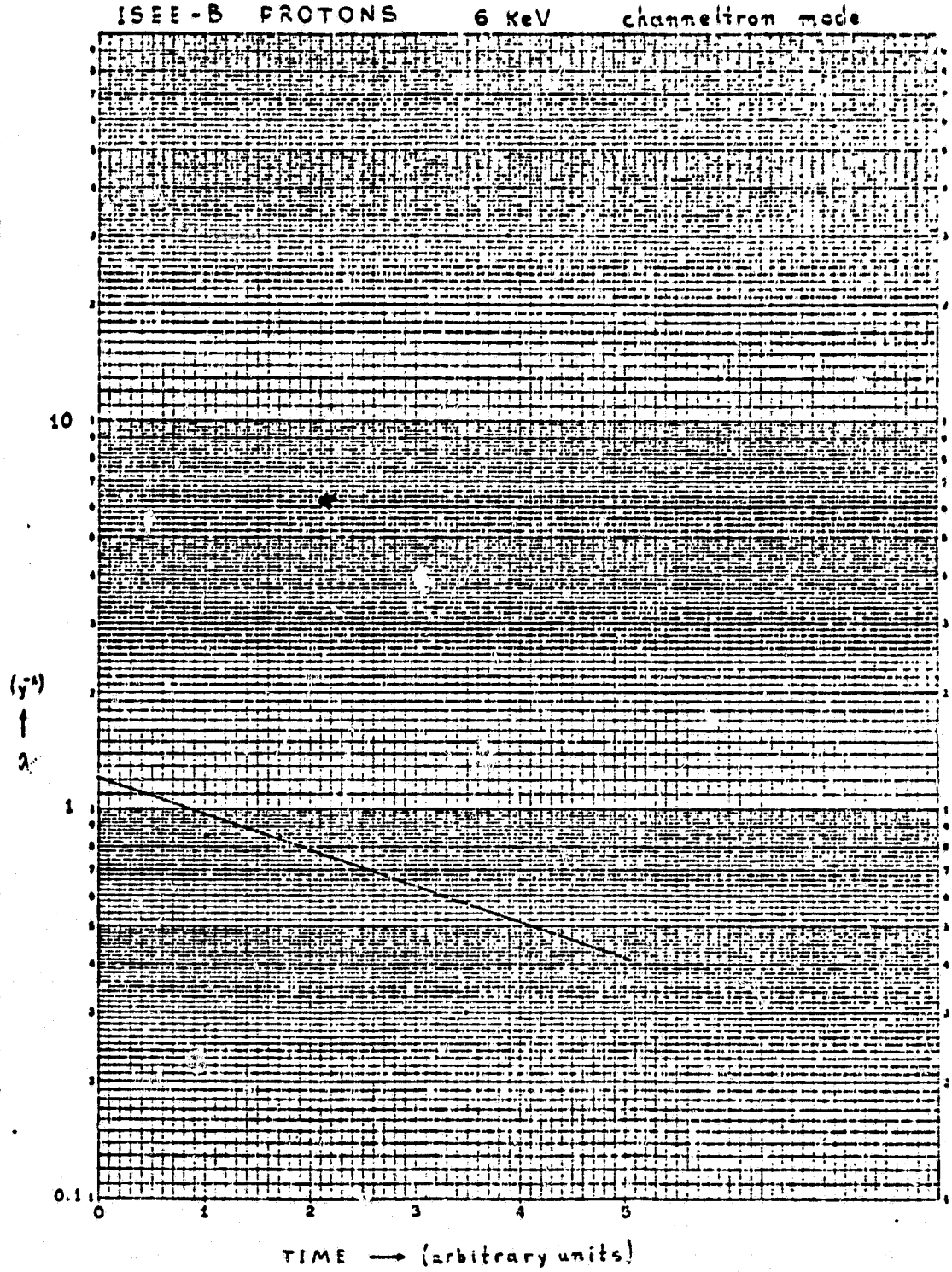
Protons 6 KeV — mode 'channeltron'

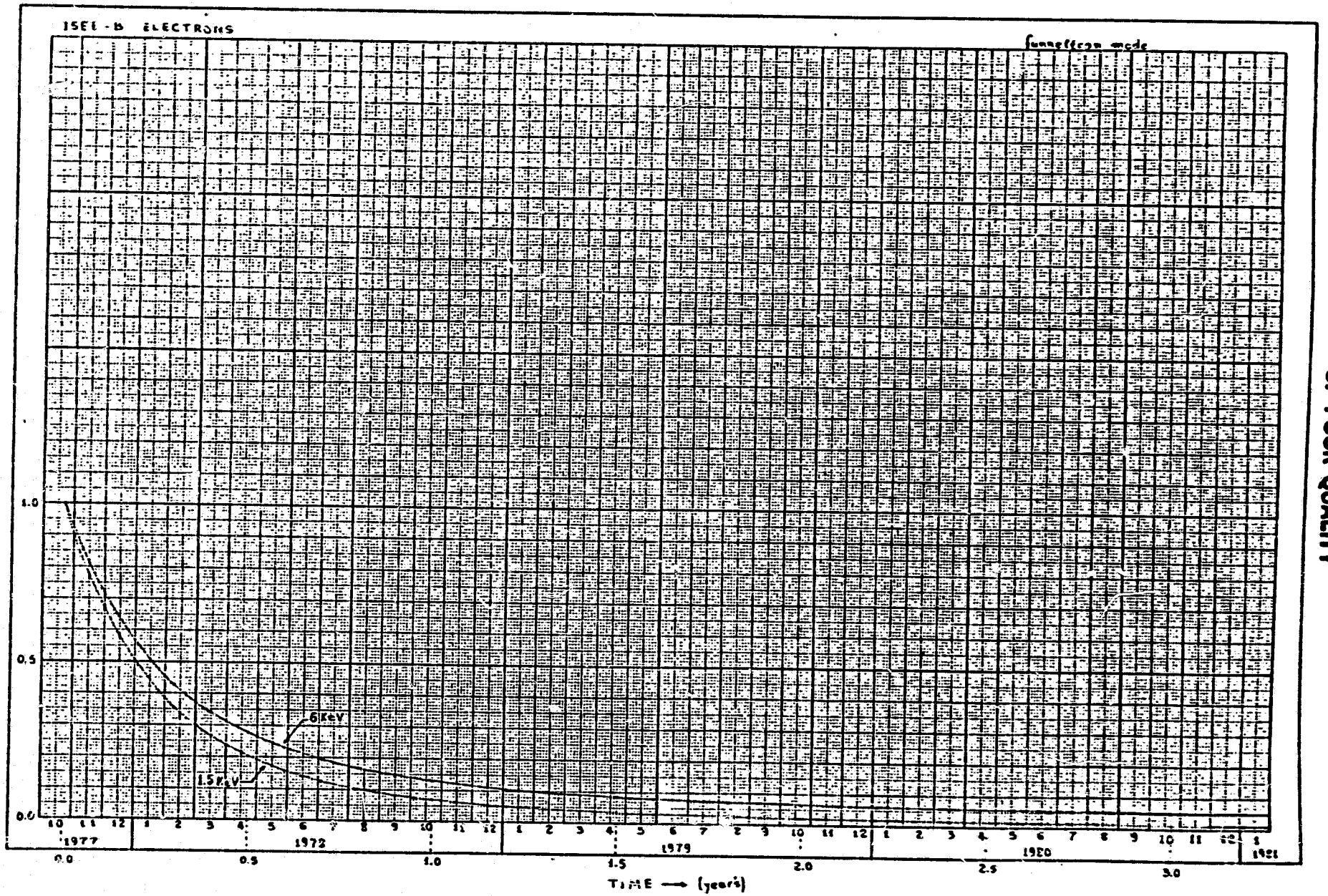
Date	Heure T.U.	K_p	x R_T	y R_T	z R_T	r R_T	flux moyen $s^{-1} \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$	laps de temps y	date intermédiaire	λ y^{-1}
16 DEC 77	16-18	3-	-3.6	-5.8	2.2	7.2	$10^{8.0}$	0.537	24 MAR 78	0.85
30 JUN 78	9-12	4-	-4.8	6.5	1.0	8.1	$10^{7.8}$			
31 DEC 77	0-2	1	-4.8	-4.6	2.2	7.0	$10^{7.8}$	1.027	7 JUL 78	0.85
10 JAN 79	4-6	1+	-4.8	-3.3	2.8	6.5	$10^{7.4}$			
16 JUN 78	9-11	2-	3.0	7.7	3.6	9.0	$10^{8.2}$	0.600	4 OCT 78	1.10
21 JAN 79	22-24	2-	2.3	-7.0	-0.7	7.4	$10^{7.9}$			
30 JUN 78	9-12	4-	-4.8	6.5	1.0	8.1	$10^{7.8}$	1.520	4 AVR 79	0.30
6 JAN 80	4-6	3+	-4.7	-4.4	2.8	7.0	$10^{7.6}$			
12 JAN 79	15-18	2	-5.8	-5.1	3.5	3.5	$10^{7.9}$	0.983	11 JUL 79	0.67
6 JAN 80	4-6	3+	-4.7	-4.4	2.8	7.0	$10^{7.6}$			

coefficient de correlation : -0.57 | $\lambda = 1.22\, e^{-0.54\, t}\ y^{-1}$ | $\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = e^{(2.26\, e^{-0.54\, t} - 2.26)}$

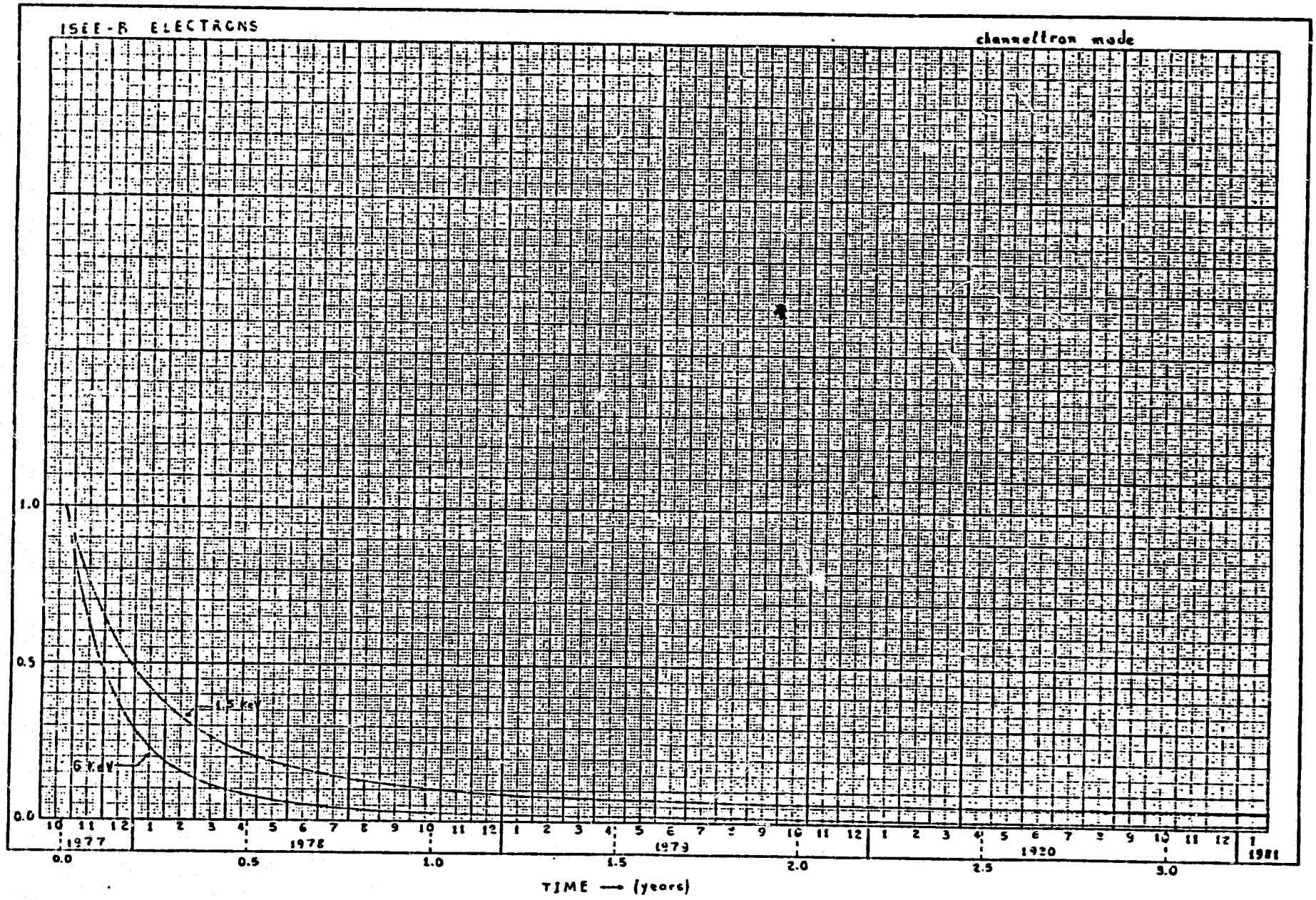
ORIGINAL PAGE IS OF POOR QUALITY

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

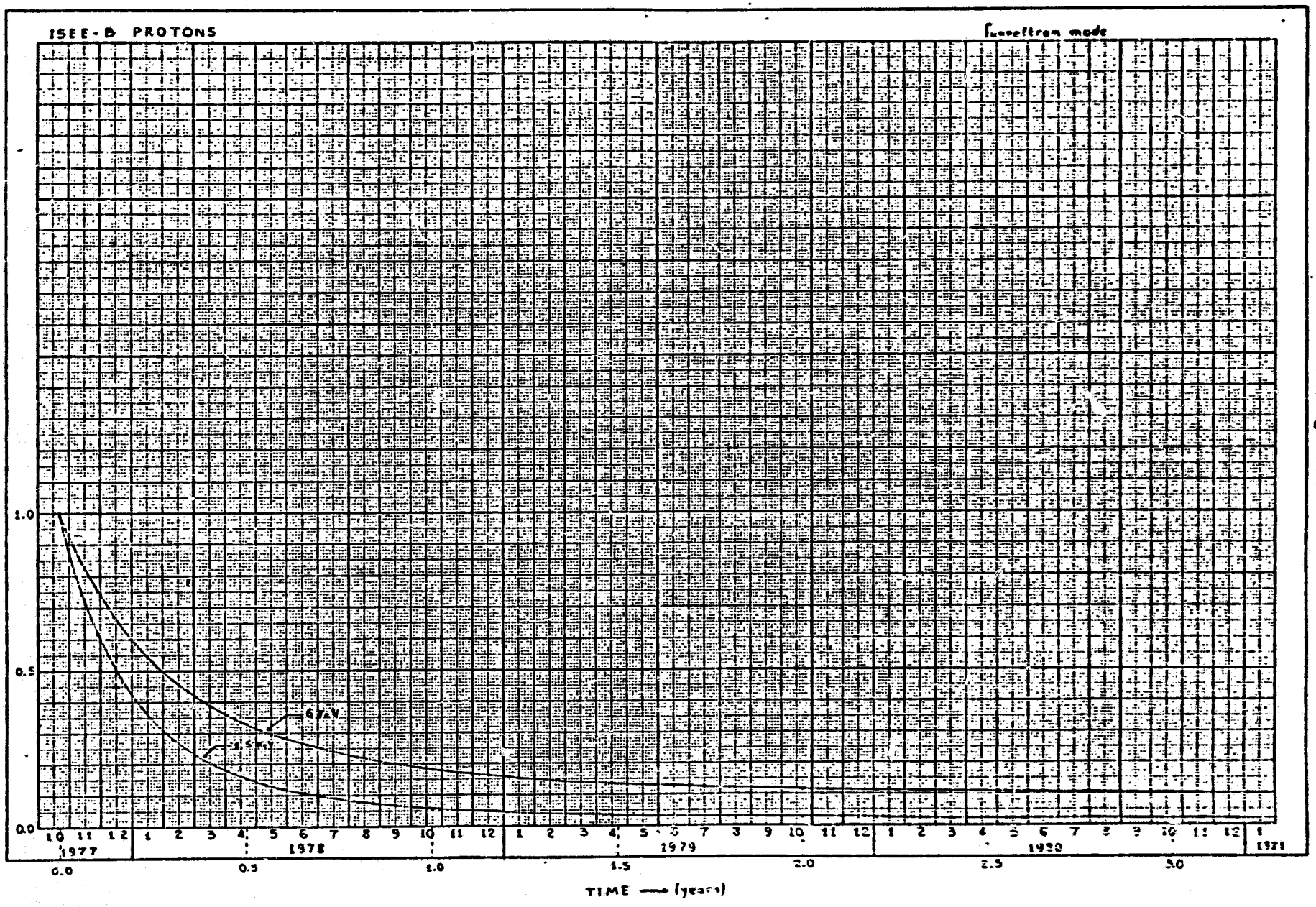




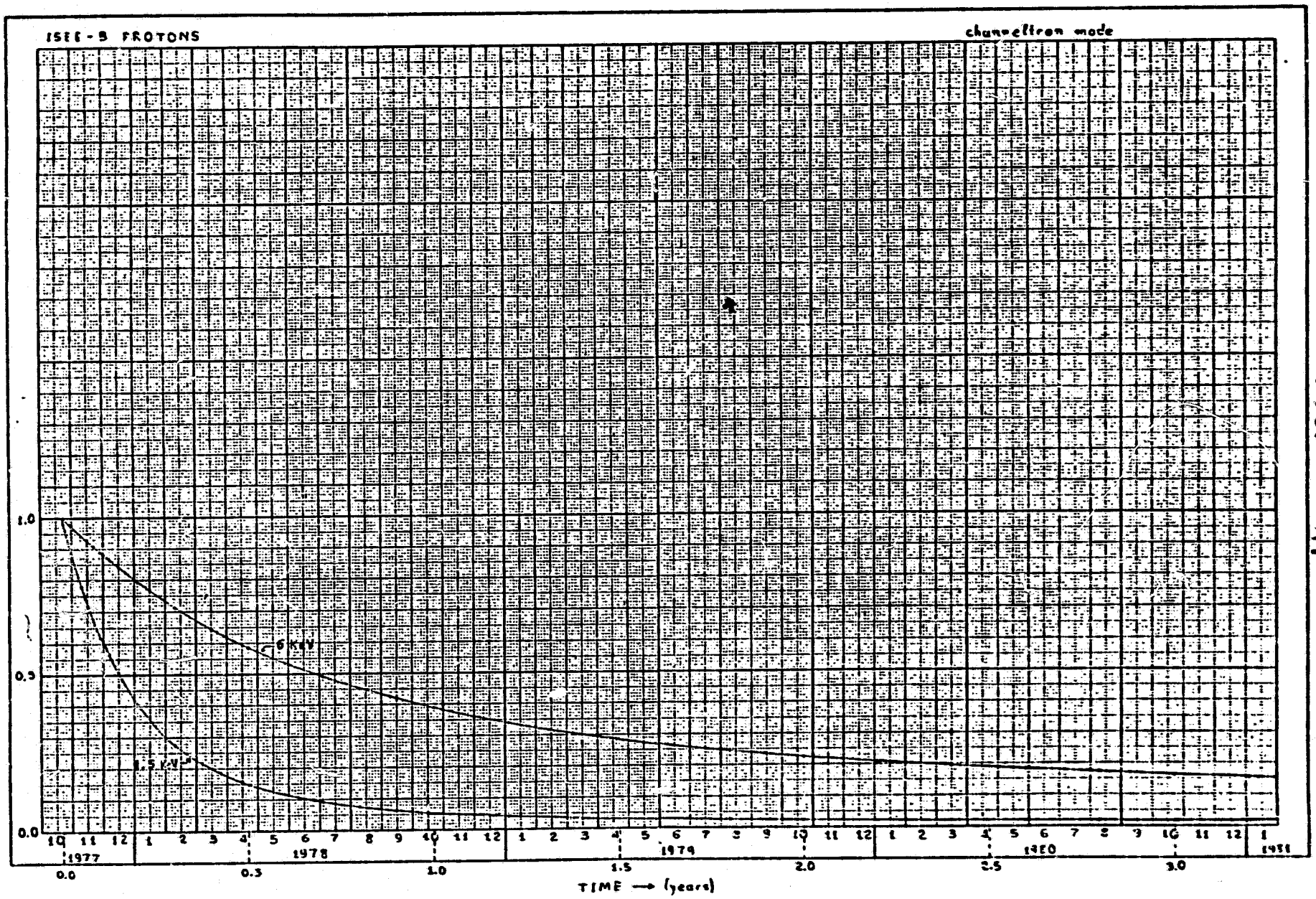
ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



ORIGINAL PAGE IS OF POOR QUALITY



ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

CHAPITRE 4

COMMENTAIRES

LE PHENOMENE DE LA FATIGUE

Dans ce dernier chapitre quelques commentaires sur les résultats sont faits, et ils sont suivis par une brève investigation des causes de la fatigue.

4.1 Commentaires

En examinant les courbes $\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}(t)$, on constate que pendant les premiers mois de fonctionnement, la chute de l'efficacité est assez prononcée. En général il-y-a une baisse de l'efficacité d'un ordre de grandeur au bout du premier an. Mais, un peu plus tard, la pente devient moins prononcée.

Dans la plupart des cas, les détecteurs de particules d'énergie centrale de 1.5 KeV se fatiguent plus vite que les détecteurs de particules de 6 KeV. L'explication de ce phénomène réside dans le fait que les flux de particules d'énergie de 1.5 KeV sont plus élevés, donc les nombres des particules comptées sont aussi plus élevés, ce qui fatigue plus vite ces détecteurs. Car,

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

la fatigue n'est pas une fonction du temps, ceci considéré comme un concept absolu, mais une fonction du nombre des particules comptées[8], phénomène qui s'évolue dans le temps. La seule exception était le cas des 'channeltrons', détecteurs d'électrons. Mais il s'agit peut-être d'une fluctuation statistique.

4.2 Le phénomène de la fatigue

L'interprétation du phénomène de la fatigue fait appel à des mécanismes multiples[6,10]. Lorsque le tube est en stockage, la dynode est le siège d'une absorption et d'une désorption de gaz. Cependant la vitesse d'absorption est supérieur à la vitesse de désorption de sorte que la surface émissive est recouverte en permanence d'une couche d'atomes et de molécules extérieurs qui sont liés à la structure du verre par des forces de Van der Waals ou par des forces de valence. Cette couche se forme en quelques secondes à la pression atmosphérique.

Le bombardement de la dynode par les secondaires provoque une désorption du verre; ce phénomène est mis en évidence par l'augmentation de la pression autour du tube et par le nombre élevé des post impulsions qui résultent du bombardement ionique.

La désorption de la dynode est stimulée par le

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

10: R.H. Prince and J.A. Cross:
'Gain Fatigue Mechanism in Channel Electron Multipliers'
The Review of Scientific Instruments, Vol. 42, N° 1 (1971), 66.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

bombardement des secondaires. Le mécanisme de 'désorption stimulée' conduit à l'éjection d'atomes et de molécules neutres, de neutres à l'état excité, d'ions positifs et provoque la conversion d'un état de liaison à un autre; il peut aussi donner naissance à une polymérisation de la surface. L'éjection des espèces est réalisée par diffusion élastique ou inélastique des électrons incidents. Dans le premier cas l'énergie du secondaire est communiquée à l'atome absorbé. Mais ce transfert d'énergie est faible; ainsi pour un électron de 100 eV l'énergie transmise à une molécule H_2 est de 0.11 eV. Cette valeur est suffisante pour provoquer l'émission d'une molécule liée par des forces de Van der Waals mais elle est insuffisante pour pouvoir rompre une liaison de valence. Ainsi l'éjection des atomes et des molécules liés par des forces de valence résulte d'une interaction inélastique.

En général, les électrons provoquent l'éjection des atomes du verre par désorption stimulée, tandis que l'impact des ions peut produire une pulvérisation de la couche émissive, dont l'épaisseur moyenne est de 1 μm.

Le bombardement ionique peut aussi donner naissance à une implantation ionique dans la structure

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

du verre. L'implantation ionique modifie la structure du verre en surface en entraînant une augmentation du nombre des pièges ; elle peut aussi provoquer une augmentation du travail de sortie.

Ces processus contribuent à une diminution simultanée du coefficient d'émission secondaire moyen $\bar{\delta}$, de la charge moyenne $\bar{q}$ et du gain moyen $\bar{G}$. La diminution de l'efficacité ε n'est qu'une conséquence de ces effets.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

BIBLIOGRAPHIE

1. Hess and Mead: Introduction to Space Science. Gordon and Breach Science Publishers.

2. K.W. Ogilvie, T. von Rosenvinge, A.C. Durney: 'International Sun-Earth Explorer: A Three Spacecraft Program'. Science, Vol. 198, N° 4313 (1977), 131.

3. K.W. Ogilvie, A. Durney, T. von Rosenvinge: 'Descriptions of Experimental Investigations and Instruments for the ISEE Spacecraft'. IEEE Transactions on Geoscience Electronics, Vol. GE-16, N° 3 (1978), 151.

4. K.A. Anderson, R.P. Lin, R.J. Paoli, G.K. Parks, C.S. Lin, H. Rème, J.M. Bosqued, F. Martel, F. Cotin, A. Cros: 'An Experiment to Study Energetic Particle Fluxes In and Beyond the Earth's Outer Magnetosphere'. IEEE Transactions on Geoscience Electronics, Vol. GE-16, N° 3 (1978), 213.

5. F. Martel: 'Flux de protons et d'électrons énergétiques dans

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

le milieu interplanétaire au voisinage de l'onde de choc étudiés à l'aide des satellites ISEE 1 et 2'.
Thèse de 3ème Cycle N° 2239, Université Paul Sabatier, 1979.

6. C. Barat:
'Le multiplicateur tubulaire d'électrons'.
Thèse d'État N° 845, Université Paul Sabatier, 1978.

7. J. Adams and B.W. Manley:
'The mechanism of channel electron multiplication'.
IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. N.S.-13, N° 3 (1966), 88.

8. C. d'Uston de Villeréglan:
'Études des Perturbations Interplanétaires du Mois d'Août 1972 au Moyen de l'Expérience Calipso'.
Thèse de Spécialité N° 1788, Université Paul Sabatier, 1975.

9. Centre d'Étude Spatiale des Rayonnements:
'Rapport d'Activité du Groupe Environnement Terrestre et Milieu Interplanétaire'
(1979-80), p. 38-47.