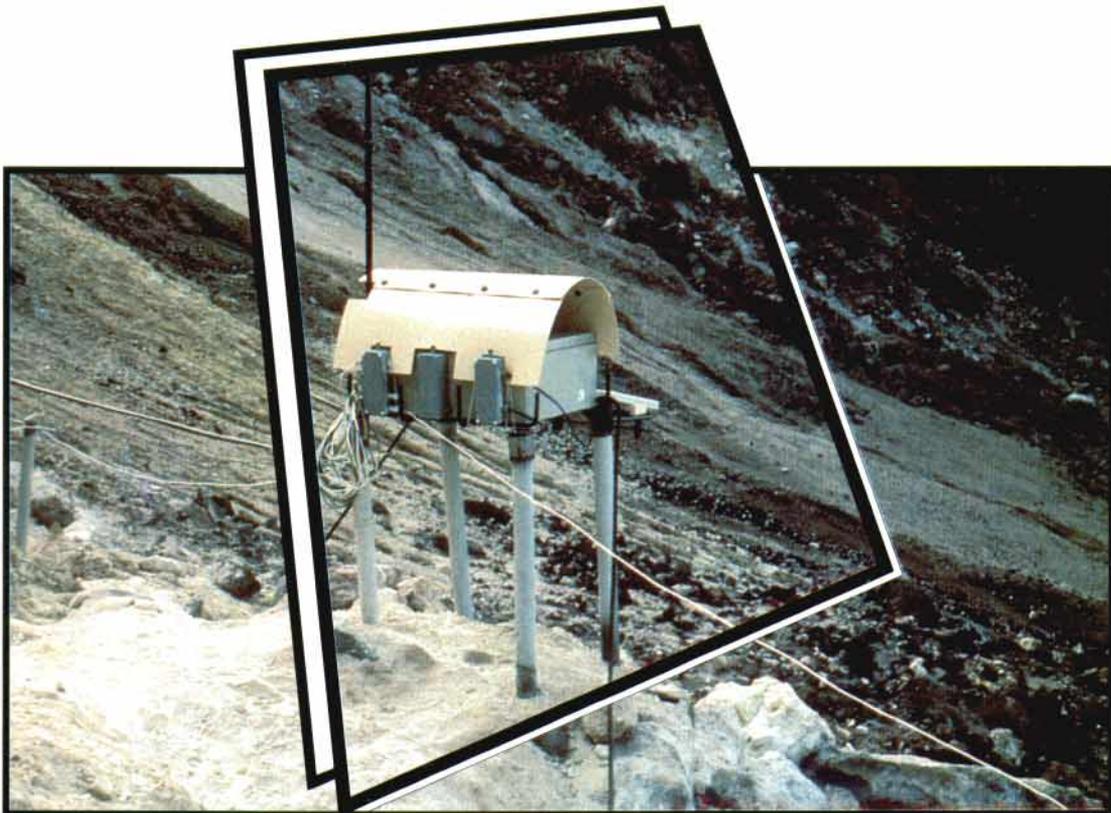


DU CAPTEUR AUX BANQUES DE DONNÉES : TECHNIQUES D'INSTRUMENTATION EN GÉOPHYSIQUE

Textes réunis et présentés
par Annick LEGELEY-PADOVANI



Séminaire ORSTOM - Université de Savoie
Aussois,
du 10 au 12 juin 1991

Séminaire ORSTOM - Université de Savoie
Aussois,
du 10 au 12 juin 1991

**DU CAPTEUR
AUX BANQUES DE DONNÉES :
TECHNIQUES D'INSTRUMENTATION
EN GÉOPHYSIQUE**

**Textes réunis et présentés
par Annick LEGELEY-PADOVANI**

Éditions de l'ORSTOM

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Collection **COLLOQUES et SÉMINAIRES**

PARIS 1993

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective» et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, «toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite» (alinéa 1^{er} de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

INTRODUCTION

Le développement des techniques d'instrumentation est à la base du progrès des connaissances en Science de la Terre. L'utilisation de nouvelles technologies, basées notamment sur la microélectronique et la microinformatique, permet de concevoir des systèmes de mesure, d'acquisition, de transmission, de traitement et de stockage qui fournissent des données de meilleure qualité et à plus faible coût. En s'appuyant sur ces avancées techniques, de nombreuses équipes ont réalisé des appareillages performants et adaptés aux conditions de terrain.

Dans ce cadre, il nous est apparu intéressant de réunir des personnes impliquées dans ce domaine afin de présenter des réalisations et de réfléchir ensemble sur les développements futurs des techniques d'instrumentation en géophysique. Une réunion de travail sur les problèmes instrumentaux s'est déroulée du 10 au 12 juin 1991 à Aussois (Savoie) pendant laquelle les thèmes suivants ont été abordés:

- Développement de nouveaux capteurs,
- Acquisition et stockage de données,
- Transmission de données,
- Instrumentation en sismologie,
- Conditionnement en milieu hostile.

Au cours de cette réunion, l'ensemble des participants a manifesté le souhait de maintenir un contact entre les personnes concernées par l'instrumentation en géophysique et d'établir des échanges périodiques sur ce thème. Dans un premier temps, nous avons décidé de publier les résumés des interventions à ce colloque, ainsi que les fiches techniques des appareillages présentés. C'est l'objet de ce présent volume.

Yves ALBOUY

Michel LARDY

ORSTOM

Philippe LESAGE

Jean VANDEMEULEBROUCK

UNIVERSITE DE SAVOIE

**LISTE DES PARTICIPANTS
A LA REUNION**

ALBOUY Yves
 ORSTOM
 70-74 Route d'Aulnay
 F-93143 BONDY Cedex
 Tel : 33 48 02 55 55
 Fax : 33 48 47 30 88

BUTTARD Thierry
 Laboratoire d'Instrumentation
 Géophysique
 Université de Savoie
 Campus Scientifique
 F-73376 LE BOURGET DU LAC Cedex
 Tel : 33 79 75 87 87
 Fax : 33 79 75 87 42

BERTRAND Claude
 ALGADE
 Route Nationale 20
 B-P 48
 F-87250 BESSINES/GARTEMPE
 Tel : 55 60 50 00
 Fax : 55 60 50 59

CANTIN J-M
 E.O.P.G.S
 5, rue Descartes
 F-67084 STRASBOURG
 Tel : 33 88 41 63 61
 Fax : 33 88 61 64 47

BOF Marcel
 C.E.A / LETI / DSYS
 CENG 85 X
 F-38041 GRENOBLE
 Tel : 33 76 88 44 00
 Fax : 33 76 88 51 64

CAVOIT Claude
 C.N.R.S
 GARCHY
 F-58150 POUILLY SUR LOIRE
 Tel : 33 86 69 15 69
 Fax : 33 86 69 10 33

BOSCA Laurent
 Laboratoire de détection
 et de Géophysique - C.E.A.
 B P 12
 F-91680 BRUYERES LE CHATEL
 Tel : 33 69 26 51 20
 Fax : 33 69 26 60 49

CLERC Gérard
 Centre de Recherches
 Géophysiques
 GARCHY
 F-58150 POUILLY SUR LOIRE
 Tel : 33 86 69 15 69
 Fax : 33 86 69 10 33

BONVALOT Sylvain
 ORSTOM
 70-74 Route d'Aulnay
 F-93143 BONDY Cedex
 Tel : 33 48 02 55 56
 Fax : 33 48 47 30 88

D'OREYE Nicolas
 Observatoire Royal de Belgique
 Av. Circulaire 3
 B-1180 BRUXELLES
 Tel : 32 2 373 02 11
 Fax : 32 2 374 98 22

BURDIN Jacques
 E.O.G.S
 5, rue René Descartes
 F-67084 STRASBOURG
 Tel : 33 88 41 64 68
 Fax : 33 88 61 67 47

FABRIOL Hubert
 B.R.G.M Service SGN / IRG
 BP 6009
 F-45060 ORLEANS Cedex 02
 Tel : 33 38 64 34 34
 Fax : 33 38 64 39 80

FRECHET Julien
 LGIT / IRIGM
 B.P. 53X
 F-38041 GRENOBLE Cedex
 Tel : 33 76 51 46 00

HOLL Jean-Marie
 I.P.G.S
 5, rue René Descartes
 F-67084 STRASBOURG Cedex
 Tel : 33 88 41 63 94
 Fax : 33 88 61 67 47

FROGNEUX Michel
 E.O.P.G.S (IPG)
 5, rue Descartes
 F-67084 STRASBOURG Cedex
 Tel : 33 88 41 63 91
 Fax : 33 88 61 67 47

JUSTE Gilbert
 ORSTOM
 70-74 Route d'Aulnay
 F-93143 BONDY Cedex
 Tel : 33 1 48 02 55 59
 Fax : 33 1 48 47 30 88

GABALDA Germinal
 ORSTOM
 70-74 Route d'Aulnay
 F-93143 BONDY Cedex
 Tel : 33 1 48 47 55 58
 Fax : 33 1 48 47 30 88

LARDY Michel
 ORSTOM
 B.P 76 PORT VILA
 VANUATU
 Tel : 678 222 68
 Fax : 678 232 76

GOT Jean-Luc
 Laboratoire d'Instrumentation
 Géophysique
 Université de Savoie
 Campus Scientifique
 F-73376 LE BOURGET DU LAC Cedex
 Tel : 33 79 75 87 41
 Fax : 33 79 75 87 42

LEBSIR Noureddine
 Laboratoire d'Instrumentation
 Géophysique
 Université de Savoie
 Campus Scientifique
 F-73376 LE BOURGET DU LAC Cedex
 Tel : 33 79 75 87 87
 Fax : 33 79 75 87 42

GRANGEON Jacques
 Laboratoire d'Instrumentation
 Géophysique
 Université de Savoie
 Campus Scientifique
 F-73376 LE BOURGET DU LAC Cedex
 Tel : 33 79 75 84 87
 Fax : 33 79 75 87 42

LENAT Jean-François
 Université Clermont 2
 CNRS-C.R.V
 5, rue Kessler
 F-63038 CLERMONT FERRAND Cedex
 Tel : 33 73 34 67 46
 Fax : 33 73 34 67 44

HENROTTE Marc
 Société SPID Informatique
 99, rue Camille Barrère
 F-58400 LA CHARITE SUR LOIRE
 Tel : 33 86 70 36 23
 Fax : 33 86 70 34 63

LESAGE Philippe
 Laboratoire d'Instrumentation
 Géophysique
 Université de Savoie
 Campus Scientifique
 F-73376 LE BOURGET DU LAC Cedex
 Tel : 33 79 75 84 86
 Fax : 33 79 75 87 42

MARTEL Louis
 Obs. Midi-Pyrénées
 18, avenue E. Belin
 F-31055 TOULOUSE Cedex
 Tel : 33 61 33 29 81
 Fax : 33 61 25 32 05

PINEAU Jean-François
 ALGADE
 Route Nationale 20
 B.P 48
 F-87250 BESSINES/GARTEMPE
 Tel : 33 55 60 50 00
 Fax : 33 55 60 50 59

MASSINON Bernard
 Laboratoire de detection
 et de Géophysique - C.E.A
 B.P. 12
 F-91680 BRUYERES LE CHATEL
 Tel : 33 69 26 51 20
 Fax : 33 69 26 60 49

POLIAN Georges
 Centre des Faibles Radioactivités
 C.N.R.S
 F-91198 GIF SUR YVETTE Cedex
 Tel : 33 69 08 45 44
 Fax : 33 69 08 85 46

METAXIAN Jean-Philippe
 Laboratoire d'Instrumentation
 Géophysique
 Université de Savoie
 Campus Scientifique
 F-73376 LE BOURGET DU LAC Cedex
 Tel : 33 79 75 87 84
 Fax : 33 79 75 87 42

POUPINET Georges
 LGIT / IRIGM
 B.P. 53X
 F-38041 GRENOBLE Cedex
 Tel : 33 76 51 46 00

MOSNIER Jean
 C.N.R.S
 3 D Av. de la Recherche
 Scientifique
 F-45100 ORLEANS LA SOURCE
 Tel : 33 38 51 52 40
 Fax : 33 38 64 26 70

RUZIE Gérard
 Laboratoire de Détection
 et de Géophysique - C.E.A
 B.P 12
 F-91680 BRUYERES LE CHATEL
 Tel : 33 69 26 51 20
 Fax : 33 69 26 60 49

NICOULAUD Isabelle
 ALGADE
 Route Nationale 20
 B.P 48
 F-87250 BESSINES/GARTEMPE
 Tel : 33 55 60 50 00
 Fax : 33 55 60 50 59

SABROUX Jean-Christophe
 Centre de Faibles Radioactivités
 C.N.R.S
 F-91198 GIF SUR YVETTE Cedex
 Tel : 33 69 08 45 44
 Fax : 33 69 08 85 46

PAMBRUN Claude
 I.P.G.P
 Obs. Volcanologiques
 4, place Jussieu
 F-75252 PARIS Cedex 05
 Tel : 33 44 27 24 06
 Fax : 33 44 27 33 73

SIBEUWOU Bertin
 Laboratoire d'Instrumentation
 Géophysique
 Université de Savoie
 Campus Scientifique
 F-73376 LE BOURGET DU LAC Cedex
 Tel : 33 79 75 87 87

TABBAGH Jeanne
 Centre de Recherches
 Géophysiques
 GARCHY
 F-58150 POUILLY SUR LOIRE
 Tel : 33 86 69 15 69
 Fax : 33 86 69 10 33

Fax : 33 79 75 87 42
 VAN RUYMBEKE Michel
 Observatoire Royal de Belgique
 Av. Circulaire 3
 B-1180 BRUXELLES
 Tel : 32 2 373 02 11
 Fax : 32 2 373 98 22

THOUVENOT François
 LGIT / IRIGM
 B.P 53X
 F-38041 GRENOBLE Cedex
 Tel : 33 76 51 46 00

VERHILLE René
 I.P.G.P
 4, place Jussieu
 F-75252 PARIS Cedex 05
 Tel : 33 44 27 49 00
 Fax : 33 44 27 33 73

TRAYNER Chris
 Physics Département
 University of Essex
 COLCHESTER, ESSEX CO4 3SO
 GRANDE BRETAGNE
 Tel : 44 206 87 28 26
 Fax : 44 206 87 35 98

VIODE Jean-Pierre
 Obs. Volc. de la Montagne Pelée
 F-97250 SAINT PIERRE
 MARTINIQUE
 Tel : 596 55 81 81
 Fax : 596 78 00 30

VADELL Marcel
 Observatoire Midi-Pyrénées
 18, avenue E. Belin
 F-31055 TOULOUSE Cedex
 Tel : 33 61 33 29 82

VITTER Gérard
 C.N.R.S - ENSEEG
 B.P 75
 F-38402 ST MARTIN D'HERES
 Tel : 33 76 82 65 00

VANDEMEULEBROUCK Jean
 Laboratoire d'Instrumentation
 Géophysique
 Université de Savoie
 Campus Scientifique
 F-73376 LE BOURGET DU LAC Cedex
 Tel : 33 79 75 84 86
 Fax : 33 79 75 87 42

INSTRUMENTATION EN SISMOLOGIE

POUPINET G. (LGIT/IRIGM Grenoble): Stations sismologiques portables développées dans le cadre du programme LITHOSCOPE.

FABRIOL H., BEAUCE A. (BRGM/IMRG Orléans): Système de suivi microsismique de l'IMRG.

BOSCA L. (CEA/LDG): Stations sismiques déclenchées sur événements.

STATIONS SISMOLOGIQUES PORTABLES DEVELOPPEES DANS LE CADRE DU PROJET LITHOSCOPE

G. POUPINET

LGIT/IRIGM
BP 53X
38041 GRENOBLE

Lithoscope est un projet de l'INSU dont l'objectif est d'étudier la structure de la lithosphère subcrustale et de l'asthénosphère en relation avec la tectonique. L'outil essentiel de ce projet est un réseau mobile de détecteurs sismologiques capables d'enregistrer les séismes proches et lointains. L'enregistrement simultané de séismes sur ce réseau permet d'appliquer les diverses techniques tomographiques et d'inversion mises au point ces dernières années. Etant données les ressources limitées du projet en comparaison avec ses objectifs, nous avons d'abord cherché à verticale sont peu répandus sur le marché: il a donc fallu concevoir un enregistreur à une voie, à faible consommation et d'usage suffisamment simplifié pour que des utilisateurs divers puissent le déployer sur le terrain. La société **CEIS-ESPACE DE** Toulouse, et plus particulièrement Michel Pasquier, a mis au point ce matériel sur cahier des charges. Ensuite, après avoir fait développer par la société **I** un sismomètre à 3 composantes, portable et dont la bande passante dépasse 5s, nous avons voulu améliorer notre capacité à travailler avec les ondes S téléseismiques et avons fait développer par **CEIS-ESPACE**, sous la responsabilité de Frédéric Moreau, une station à 3 composantes à interface convivial.

STATION PORTABLE A 1 COMPOSANTE (CEIS-ESPACE HADES 110)

Cette station se compose:

- d'un **préamplificateur-amplificateur à gain variable** et changement de gain automatique. Des gains de 1, 10 et 100 sont sélectionnables à l'entrée par cavalier. Le filtre antirepliement est un Butterworth à 6 pôles passe-bas à 25 Hz. Le gain total avec gain variable de 0 à 54 dB par pas de 6 dB est de 114 dB. Nous utilisons un sismomètre Mark Product L4C à 1 Hz comme capteur.
- d'une **carte d'acquisition** construite autour d'un microprocesseur INTEL 80C31. Sa fonction est de numériser le signal sur 10 bits, de détecter les événements, de les trier en fonction de la magnitude et de les transmettre à la carte de stockage à intervalle de temps régulier. Cette carte assure aussi l'interface avec un PC portable pour configurer la station. Elle reçoit un signal radio de synchronisation horaire de type TELECODE, OMEGA, horloge OCXO ou réception radio cinq tons (suivant une idée d'A. Hirn).
- une **carte de stockage** de données de capacités 1 méga-octets en RAM statique sauvegardée.

Cette station est modulaire. Dans certaines applications elle est connectée à un émetteur METEOSAT (GOES ou GMS) ou ARGOS de façon à transmettre à distance un message. Pour METEOSAT, le sismogramme (de longueur 650 octets) de l'événement de plus forte magnitude est transmis chaque heure. En METEOSAT, elle comporte une fonction alerte.

La station est placée dans un boîtier plastique de dimension 20x30x45 et pèse 9 kilogrammes. L'électronique est alimentée par une batterie de 12 v et consomme 19 MA

dans la version Lithoscope sans transmission . Cette électronique fonctionne entre -20° et 60°C.

Le logiciel de cette balise inclut les modes:

- Déclenchement automatique sur STA/LTA,
- Déclenchement dans des fenêtres préfixées,
- Déclenchement externe.

On visualise le bruit de fond sur le terminal et un **mode espion** permet de tester le fonctionnement de la station sur le terrain.

Le vidage des données se fait de 3 façons. On connecte un module de stockage et transfère des données (MSTD) qui vide la balise en 2 minutes, puis celui-ci sur PC portable. On connecte directement un PC portable à une interface RS232 de la carte mémoire et on vide son contenu en 20 minutes. Un logiciel de vidage rapide à 115 Kbauds a aussi été développé par SPID (Marc Henrotte) et permet le transfert direct des données de la balises sur le PC. La qualité des enregistrements est en général testée sur le PC portable sur le terrain: ceci permet d'intervenir rapidement en cas d'anomalie de fonctionnement.

Les enregistrements sont associés par événement et les temps d'arrivées sont lus. Plusieurs logiciels de tri et de dépouillement sont disponibles (IPGS: M. Frogneux, G. Wittlinger, M. Granet ou IPGP: H. Lyon-Caen). Les logiciels développés par J. Fréchet et F. Thouvenot pour SISMALP, sont les outils de traitement les plus conviviaux. Un logiciel de conversion des formats LITHOSCOPE en SISMALP est disponible (J.-L. Got et J. Fréchet).

STATION PORTABLE A 3 COMPOSANTES (CEIS-ESPACE HADES 310)

La caractéristique principale de la station à 1 composante est sa simplicité d'emploi. Elle peut être déployée par des utilisateurs non spécialisés. De nombreuses stations sismologiques à 3-composantes sont disponibles sur le marché (I, Reftek, Kinematics...). En dépit de leur qualité, leur inconvénient majeur est en général leur difficulté d'installation et aussi un coût élevé. Nous avons donc opté pour le développement d'une station à 3 composantes gardant la philosophie de la 1 axe.

Cette station a été conçue sous la responsabilité de Frédéric Moreau pour CEIS-ESPACE. Elle se compose de trois unités (voir document CEIS-ESPACE):

- Une **tête analogique** dont les fonctions sont:

- La génération des alimentations de la carte logique,
- La gestion des gains (8,16,32,64,128,256,512,1024),
- Le filtrage anti-repliement analogique (qui est ensuite complété en numérique),
- La commutation de voie,
- La bufferisation de l'impulsion de calibration.

- Une **carte logique** avec deux microprocesseurs: un microcontrôleur (INTEL 80C31) pour la gestion et un **processeur de signal** (DSP MOTOROLA 56001). Le DSP effectue le filtrage anti-repliement complémentaire, les calculs du STA, LTA, filtrage du signal pour la détection. La numérisation est faite sur 16 bits. Le microcontrôleur assure:

- Le dialogue utilisateur,
- La communication avec l'unité de stockage,
- La gestion de l'heure,
- La détection,
- La bufférisation du pré-événement.

- une **carte ou un système de stockage**. Les premières stations ont utilisé la carte 1 méga-octets de la station à une composante. Un stockage de 85 Méga-octets sur disque dur amovible est en cours de réalisation.

Cette électronique est montée dans un boîtier plastique de 20x30x45cm. Sa consommation est de 40mA (avec carte 1 Mo) sous 12V. Elle fonctionne dans un intervalle de température entre -20° et 50°. La dynamique est de 96 dB en gain fixe et de 132 dB en gain variable.

Le logiciel de communication et récupération des données (TIDS) est particulièrement convivial : ceci permet un apprentissage quasi-immédiat de l'emploi de la balise. La modularité du logiciel TIDS permettra de réaliser facilement une balise à 3 axes à transmission par modem téléphonique ou par radio satellite.

SYSTEME DE SUIVI MICROSIMIQUE DE L'IMRG

H. FABRIOL et A. BEAUCE

Institut Mixte de Recherches Géothermiques, BRGM
Av. de Concyr - BP 6009
45060-ORLEANS CEDEX 02

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU MATERIEL DE MESURE

Capteurs

Sismomètre 1 Hz (verticaux et horizontaux), type L4C (fabricant Mark Product, USA) transduction 9V/in/s, bande passante 1-100 Hz.

Nombre maximum. de sismomètres 1 composante (verticale): 6

Nombre. maximum de sismomètres 3 composantes: 4

Stations satellites

Boîtiers ampli-filtre de terrain 5 voies (fabrication CNRS/CRG), amplification, gain 200, filtres réjecteurs 50-150, Hz, alimentation par batteries 12 V.

Nombre. maximum de stations satellites: 4

Station centrale

1 boîtier 18 voies (fabrication CNRS/CRG). Amplification gain 1 à 640, filtre anti-repliement 27 ou 97 Hz, 36 dB/oct, filtre passe-haut 2s.

Connexion entre station satellite et station centrale

Câble 7 conducteurs SM 07 B02 BL (fabricant FILOTEX)

Distance maximum: 2 km.

Couverture maximale du réseau

15-20 km²

Stations autonomes (2)

Modèle MARS-88 (fabricant I) nombre de voies: 3

Fréquence maximum d'échantillonnage: 500 Hz (bande passante utile: 200 Hz)

Convertisseur A/D 16 bits

Micro-processeur 16/32 bits CMOS, mémoire interne 1 Moctet, sauvegarde sur 2 disquettes 3.5" HD

Autonomie pour 1 Moctet: 45 mn d'enregistrement pour 3 voies et 25 Hz de bande passante.

Synchronisation

Horloges DCF (I) ou OMEGAREC (Precitel).

Acquisition et traitement des données

- Mini-ordinateur HP 9000 modèle 320 ou 350 (fabricant Hewlett Packard),
- Microprocesseur 32 bits Motorola 68020,
- Langages BASIC HP et Pascal,
- Disques durs Winchester 55 ou 130 Mectets (Hewlett Packard),
- Sauvegarde des données sur cartouche 1/4" (Hewlett Packard),
- Imprimante thermique ou PAINTJET (Hewlett Packard),
- Multiprogrammeur HP 3852 (Hewlett Packard),
- 2 convertisseurs 13 bits, dynamique 128 dB, résolution 2.5 μ V fréquence d'échantillonnage maximum : 100 kHz pour 1 voie; nombre de voies 2 x 24.

PRINCIPALES FONCTIONS DU SYSTEME INFORMATIQUE (SUR LE TERRAIN)

- Contrôle du convertisseur A/D
- Détection d'événements sismiques (coïncidence sur 3 stations)
- Pointé automatique P et S (sur 6 stations)
- Calcul des coordonnées de l'hypocentre (modèle homogène)
- Gestion de l'écran (histogrammes, carte des épacentres, sismogrammes)
- Sauvegardes sur cartouche Bulletins périodiques.

EXEMPLES D'APPLICATION

- Zone volcanique de Furnas, Ile de Sao Miguel (Açores)
- Champ géothermique de Bouillante (Guadeloupe)
- Champ géothermique de Milos (Grèce)
- Champ géothermique de Chipilapa (El Salvador, Amérique Centrale)

LISTE DES REFERENCES

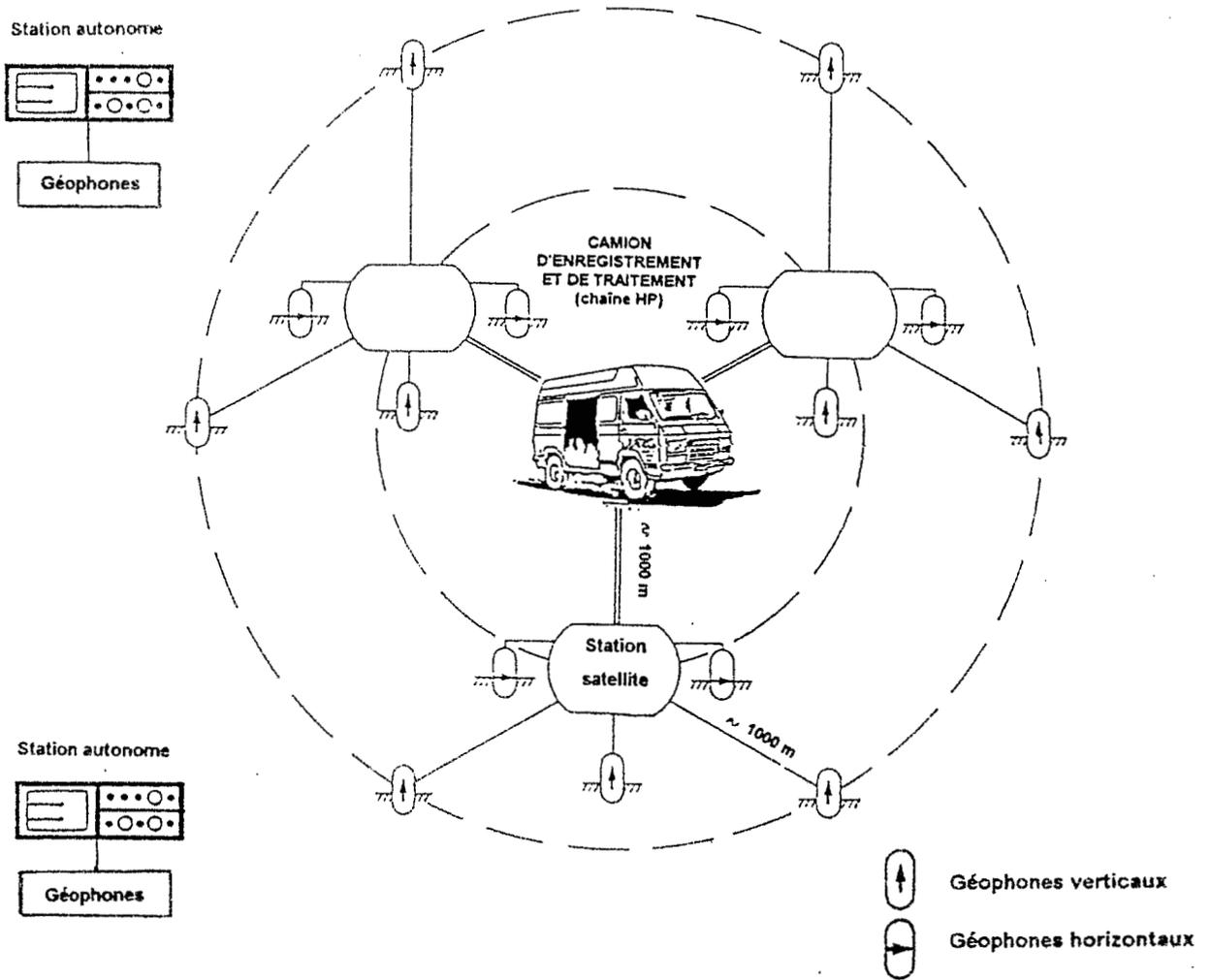
BEAUCE A. (1985) - Ecoute sismique passive sur l'île de la Guadeloupe - *Rapport BRGM*, **85**, SGN 332, IRG/GTH.

BEAUCE A., LE MASNE D., & DECRIAUD J.P. (1986) - Rapport final de la mission d'écoute sismique sur l'île de São Miguel (Furnas, Açores) - *Rapport BRGM*, **86**, PRT 144, IRG.

BEAUCE A., FABRIOL H., & LE MASNE D. (1989) - Test of an integrated methodology for high enthalpy exproation on the island of Milos (Greece) - *Geothermics*, **18**, (4), p. 547-561.

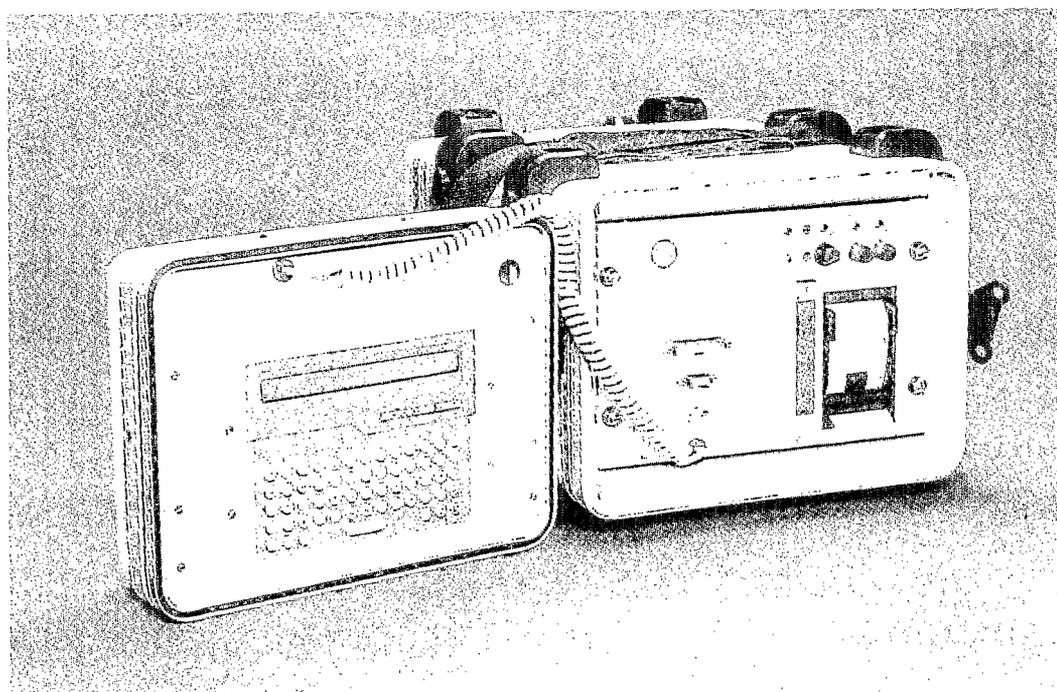
FABRIOL H., BEAUCE A., & LE MASNE D. (1990) - Seismic monitoring of the Chipilapa geothermal area (El Salvador) - *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **43**, p. 311-320.

SYNOPTIQUE DU RÉSEAU IMRG



CHAINE D'ENREGISTREMENT DECLENCHE CED 4**L. BOSCA**

Laboratoire de Détection et de Géophysique - CEA
B.P. 12 - 91680 BRUYERES LE CHATEL

**GÉNÉRALITÉS**

La chaîne d'enregistrement déclenché CED 4C constitue un ensemble autonome qui permet l'acquisition de signaux d'origine géophysique sous forme numérique par détection d'événements.

Elle regroupe un dispositif d'enregistrement déclenché (SED), basé sur microprocesseurs, qui quantifie les grandeurs analogiques d'entrée, détecte les événements et stocke les données, un terminal de contrôle/commande, un moyen d'exploitation graphique, une horloge et éventuellement un récepteur horaire. Le tout est alimenté par batterie.

Les données sont stockées sur module de mémoire statique secouru (MMS) amovible. La récupération des données peut se faire par l'extraction du MMS ou en transférant le contenu via une interface série (V11, V24).

L'exploitation des données est possible en temps réel ou différé, sur l'enregistreur à papier intégré, ou sur tout autre organe externe, via l'interface série.

Selon l'usage, la chaîne peut être utilisée telle quelle ou sous équipée: le terminal n'est pas indispensable, le contrôle pouvant se faire depuis l'interface série, l'alimentation peut se faire par une source continue externe, la batterie interne peut alors être éliminée, enfin l'enregistreur à papier peut être remplacé par un traitement graphique sur ordinateur connecté à l'interface série.

PARTICULARITÉS

- Station de prospection entièrement autonome,
- Coffret étanche portable,
- Paramètres de quantification et de détection programmables,
- Programmable et interrogeable à distance,
- Horloge interne synchronisée par réception horaire,
- 4 modes de déclenchement d'enregistrement.

CARACTÉRISTIQUES FONCTIONNELLES

Entrées analogiques

- Nombre de voies N : 4,
- Niveau maximum : adaptable + ou - 2V en standard,
- Impédance d'entrée : 200 kW différentielle,
- Bande passante : 0 à $F_s/3$,
- Filtrage anti-repliement : Tchebyscheff ordre 8, ondulation 0,1 dB, affaiblissement > 72 dB au-dessus de $2 F_s/3$.

Quantification

- Fréquence d'échantillonnage F_s : 1-2-4-5-10-25-50-100-200-400Hz
- $F_s \text{ max} < \text{ou} = 400/N$
- Résolution : 12 bits
- Bruit : < 0,5 mV RMS

Traitement numérique

- Filtrage de détection: Butterworth 2ème ordre 2 types parmi 3 (PB, PH, CB),
- Elimination de composante moyenne: constante de temps de $2/F_s$ en s à $2048/F_s$ en s,
- Calcul STA et LTA : idem.

Modes de déclenchement de l'enregistrement

- Manuel : actions en/hors au clavier,
- Télécommandé : niveau TTL sur ligne E/S (possibilité de réseau),
- Programmé : heures de début et de fin quotidiennement ou non,
- Déclenché : critères STA/LTA et/ou niveau STA,
- Fonction coïncidence entre voies dans une fenêtre de temps.

Enregistrements

- Capacité de stockage 256 K à 1M échantillons,
- Répertoire des événements,
- Conditions de mesure,
- Durées pré et post-événement.

Base de temps

- Horloge interne : stabilité 10^{-6} de 0 à 50 °C - précision 1ms,
- Synchronisation : par impulsion de référence - période 1s,
- Mise à l'heure : manuelle ou par code horaire (1 embase d'entrée parallèle),
- Possibilité de mise en réseau pour déclenchements simultanés,
- Module de stockage des données amovible et facilement transportable,
- Bulletin récapitulatif des conditions de mesure sur enregistreur graphique,
- Sources d'alimentations diverses.

Divers

- Logiciels
- Moniteur de contrôle/commande de transmission des données avec contrôle des erreurs,
- Processeurs : 2 NSC 800 - 4 MHz,
- Sortie analogique : 1 voie parmi les 4 avec ou sans filtrage de détection,
- Interface série : V11 ou V24 38400 b/s,
- Alimentation interne : batterie de 9,5 AH - chargeur 100-240V 47-440 Hz 25 W,
- Alimentation externe : 12V, 250 MA en veille, 400 MA en enregistrement graphique,
- Autonomie : 3,8 H/AH en veille,
- Coffret portable étanche au ruissellement,
- Dimensions : 360 x 280 x 500 mm,
- Poids : 20 Kg avec batterie interne 5 Kg,
- Température : fonction acquisition des données seule : - 20 à + 55 °C - usage de l'enregistrement papier et du terminal: 0 à + 50 °C.

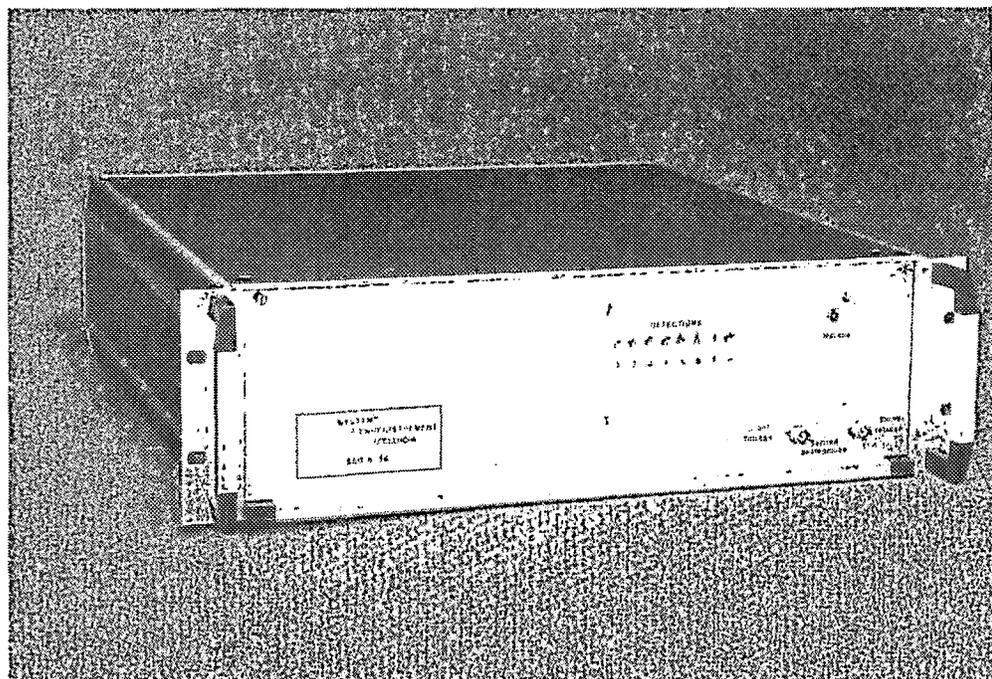
Options

- Récepteurs horaires (Omega, France Inter G.O, DCF, HBG),
- Fond vide (sans batterie interne),
- Capot vide (sans terminal),
- Mallette d'alimentation solaire (batterie 17 AH, panneau 40 W, chargeur secteur),
- Logiciels pour traitement sur ordinateur : acquisition des données avec contrôle des erreurs de transmission,
- Analyse sismologique (ISIS),

Les caractéristiques peuvent être modifiées sans préavis.

SYSTEME D'ENREGISTREMENT DECLENCHE SED 8/16C**L. BOSCA**

Laboratoire de Détection et de Géophysique - CEA
 B.P. 12 - 91680 BRUYÈRES LE CHATEL

**CARACTÉRISTIQUES FONCTIONNELLES****Entrées**

- Nombre de voies N	1 à 16
- Niveau maximum	± 2 V
- Impédance d'entrée	200 KW
- Niveau de bruit	1 mV cc

Conditionnement des signaux

- Résolution	12 bits
- Fréquence d'échantillonnage fs	1 à 400Hz
-> N < 8 (fsXN) max	400 Hz
-> N > 8 (fs) max	50 Hz
- Filtre antirepliement	Tchebyscheff d'ordre 8 (ondulation 0,1 dB)
- Bande passante	fs/3

Mode d'enregistrement

- Continu,
- Programmé,
- Sur critère STA/LTA.

Détection d'événements

Celle-ci est basée sur un critère de variation d'énergie des 8 premières voies, après filtrage numérique:

- Comparaison entre énergie instantanée et énergie moyenne pour chaque voie (parmi les 8 premières) ou pour un certain nombre d'entre elles.

+ L'énergie instantanée = Valeur efficace sur STA secondes,

+ L'énergie moyenne = Valeur efficace sur LTA secondes,

- STA, LTA programmables entre 0,005s et 2048s en fonction de la fréquence d'échantillonnage fs,

- Rapport de détection programmable entre 2,5 et 20,5dB,

- Corrélation temporelle des dépassements de seuil d'énergie dans une fenêtre de temps et entre un nombre de voies programmable.

- Possibilité d'enregistrer les signaux avant l'événement (temps pre-événement) et de la même façon après l'événement (temps post-événement).

La mémoire pre-événement plus la mémoire de fenêtre de dispersion de propagation valent 128 Ko soit encore 64 K échantillons.

Moyens d'enregistrement

- Bande magnétique 1600 bpi,
- Calculateur par interface Centronix,
- Bulletin sur console, imprimante par interface RS232C (rythme réglable de 50 à 19200 bauds).

Base de temps

- Générateur de temps codé LDG type H80 à sortie numérique parallèle

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES**Dimensions et poids**

- Version standard 19"-3 U
- Poids 11 Kg

Alimentation

220 V \approx /50-60 Hz/20 VA
12 V \approx /5 A

Environnement

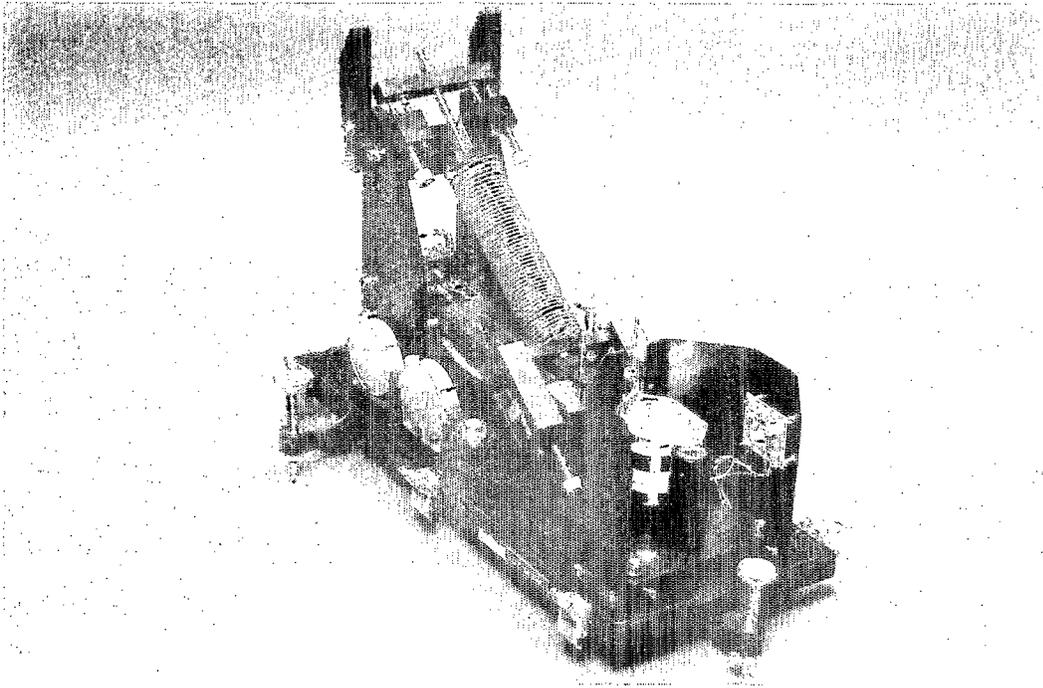
- Température de fonctionnement 0 à + 50°C

OPTIONS

- Sorties analogiques pour enregistrement graphique,
- Niveaux d'entrée différents,
- Télécommande.

SISMOMÈTRE VERTICAL ASSERVI LARGE BANDE LPZA - 12S**L. BOSCA**

Laboratoire de Détection et de Géophysique - CEA
 B.P. 12 - 91680 BRUYÈRES LE CHATEL

**CARACTÉRISTIQUES FONCTIONNELLES****Sismomètre**

- Période propre en boucle ouverte : To = 12s,
- Poids de la masse mobile : 2,470 Kg,
- Suspension de la partie mobile de type Lacoste par six pointes à dureté élevée, six saphirs type pivots et un ressort double compensé en température,
- Coefficient d'amortissement libre < 0,01,
- Capteur de déplacement type LVDT (Transformateur différentiel linéaire variable),
- Asservissement en position par un système bobine aimant,
- Enroulement de calibration.

Electronique associée

- Incluse dans coffret séparé IC3-LP (sauf préamplificateur LVDT).
- Porteuse modulation et démodulation synchrones fournie, par oscillateur à quartz ultra stable en amplitude et en fréquence
- Période propre du sismomètre en boucle fermée: 1s
- Amortissement: 0,707
- Sensibilité: pour $T > 1s$ 2 380 V/ms⁻²;
pour $T < 1s$ 94 800 V/m

Sorties

deux voies dissymétriques protégées contre les effets de la foudre,

- Niveau maximum 24 V crête à crête (sur 10 k Ω)
- Sensibilité voie 1 1014 ou 10140 V/ms⁻² de 0 à 1 Hz
- Sensibilité voie 2 101400 V/ms⁻² de 0,0025 à 1 Hz
- Bruit propre du sismomètre <-200 dB/ $\sqrt{\text{Hz}}$ entre 1 et 100s

Réponse en fréquence

- Plate en accélération de 0 à 1 Hz
- Plate en déplacement de 1 à 4 Hz

D'autres courbes de réponse peuvent être obtenues par filtrage dérivation ou intégration.

- Dynamique de mesure: 100 dB à 1 Hz; 140 dB pour $T \geq 12 s$
- Déplacement maximum du sol mesurable à 20s: 24 mm c à c sur la voie 1

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES**Dimensions et poids**

- Rectangulaire 300x550 hauteur 500 mm
- Poids 32 kg

Utilisation sur le terrain

- Le sismomètre est placé dans un coffret rigide moulé,
- Préréglage de la position d'équilibre par déplacement manuel d'une masse,
- Réglage précis d'équilibrage du bras par télécommande,
- Période propre ajustable de l'extérieur par réglage du pied avant,
- Alimentation, contrôle, étalonnage à l'aide d'un coffret d'interface IC3-LP.

Environnement

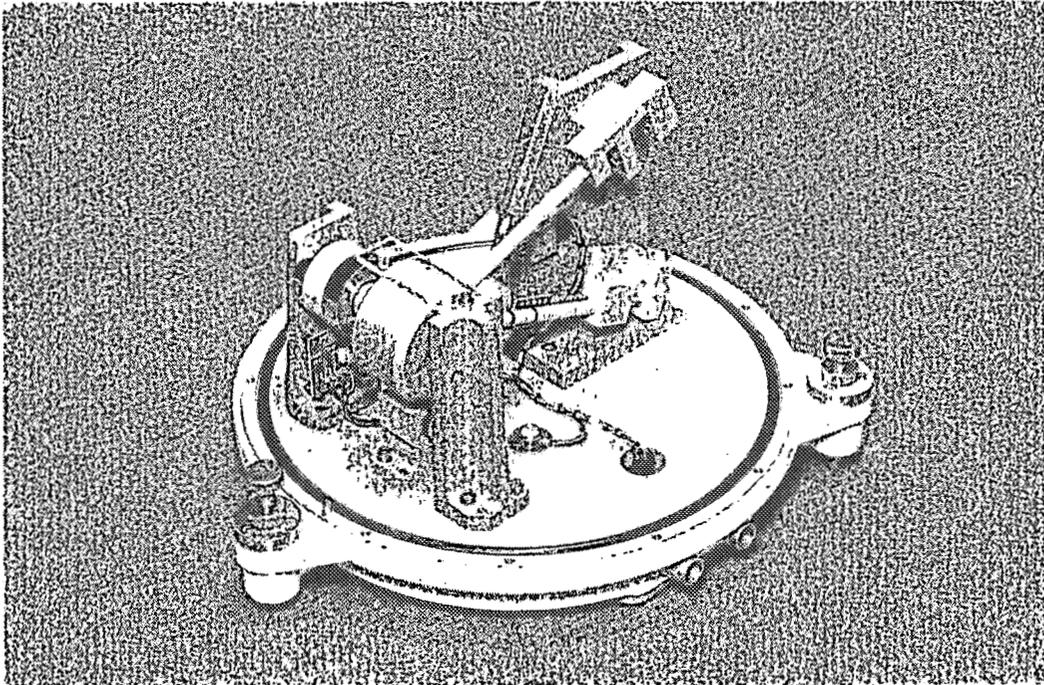
- Température de fonctionnement -10°C à + 40°C
- Dérive en température de la position de la bobine à 12s <0,05 mm/°C (en boucle ouverte)
- Dérive en température de la période propre à 12 s <0,02%/°C (en boucle ouverte)
- Etanchéité par joint torique
- Protection assurée pour fonctionner en atmosphère humide et saturée de sel.

CHAMP D'APPLICATION

- Le sismomètre LPZA-12S est utilisé comme capteur de station sismologique fixe (réseau fixe de surveillance sismique, observatoire sismologique de grande sensibilité pour la détection de télé-séismes).
- Il est conseillé, pour des études du bruit de fond sismique à des périodes supérieures à 30 s, de placer le capteur dans une cuve étanche et isolée thermiquement afin de supprimer les effets microbarométriques et thermiques sur l'enceinte du capteur.

SISMOMÈTRE HORIZONTAL LARGE BANDE LPHA - 12S**L. BOSCA**

Laboratoire de Détection et de Géophysique - CEA
 B.P. 12 - 91680 BRUYERES LE CHATEL

**CARACTÉRISTIQUES FONCTIONNELLES****Sismomètre**

- Période propre en boucle ouverte : To = 12s,
- Poids de la masse mobile : 2 Kg,
- Suspension de la partie mobile par deux pointes à dureté élevée et deux saphirs de type pivots,
- Coefficient d'amortissement libre < 0,05,
- Capteur de déplacement type LVDT (Transformateur différentiel linéaire variable),
- Asservissement en position par un système bobine aimant,
- Enroulement de calibration.

Utilisation sur le terrain

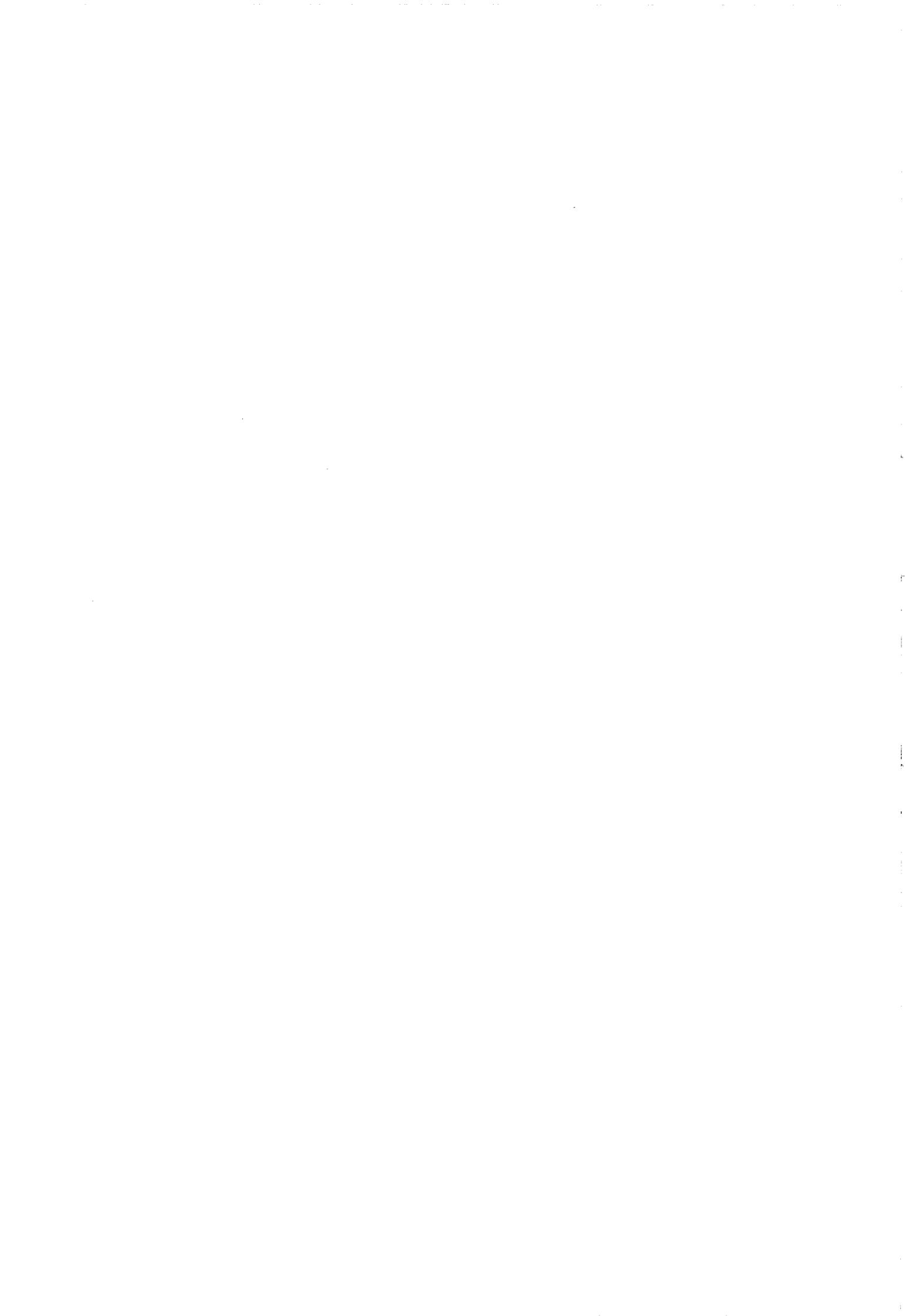
- Le sismomètre est placé dans une enceinte rigide moulée dépressurisée,
- Centrage de la masse et période propre ajustable de l'extérieure par réglage des pieds,
- Alimentation, contrôle, étalonnage à l'aide d'un coffret d'interface IC3-LP.

Environnement

- Température de fonctionnement -10°C à + 40°C,
- Dérive en température de la période propre à 12 s <0,02%/°C (en boucle ouverte),
- Etanchéité par joint torique,
- Protection assurée pour fonctionner en atmosphère humide et saturée de sel.

CHAMP D'APPLICATION

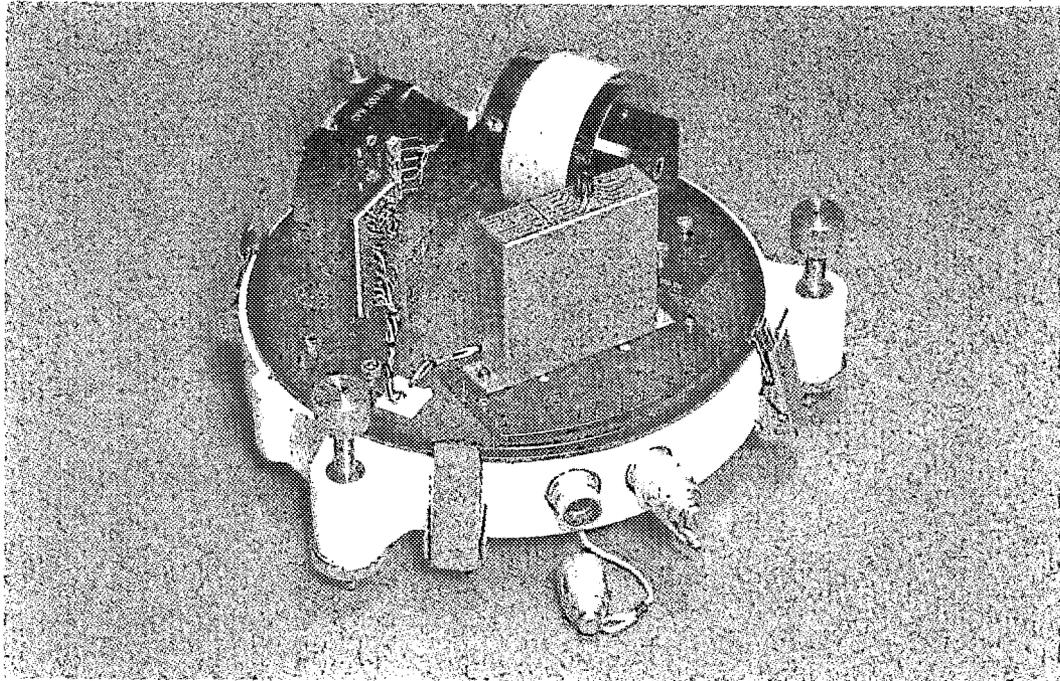
- Le sismomètre LPHA-12S est utilisé comme capteur de station sismologique fixe (réseau fixe de surveillance sismique, observatoire sismologique de grande sensibilité pour la détection de télé-séismes),
- Il est conseillé de placer le capteur dans une cave aussi isotherme que possible afin de supprimer les effets thermiques sur l'enceinte du capteur,
- Peut être utilisé en inclinomètre.



SISMOMÈTRE HORIZONTAL COURTE PÉRIODE HM 500

L. BOSCA

Laboratoire de Détection et de Géophysique - CEA
B.P. 12 - 91680 BRUYERES LE CHATEL



CARACTÉRISTIQUES FONCTIONNELLES

Sismomètre

- Fréquence propre	$F_0 = 1$ Hz, ajustable de 0,95 à 1,05 Hz en option de 1 à 10 Hz,
- Amortissement à vide	$< 0,05$ pour $F_0 = 1$ Hz,
- Poids de la masse mobile	0,545 kg,
- Transducteur :	
+ Type	vitesse (bobine mobile),
+ Amortissement	électromagnétique (0,707),
+ Constante du générateur	2500 150 V/m/s,
- Enroulement de mesure :	
+ Résistance propre	130 000 Ω 15 000 Ω ,
+ Résistance critique d'amortissement	$2,5 \times 10^6 \Omega$ pour $F_0 = 1$ Hz,
- Enroulement de calibration :	
+ Résistance propre	950 Ω ,
+ Constante du moteur	8 N/A,
- Déplacement maximum de la masse	0,005 m,
- Fréquence maximum utilisable	200 Hz,
- Fréquence de résonance parasite	> 400 Hz.

Electronique associée

- Entrée :
 - + Impédance d'entrée $> 20 \times 10^6 \Omega$,
 - + Niveau de bruit nominal = $1,5 \times 10^{-6} V$ (ramené à l'entrée en valeurs à crête, mesuré dans la bande 0,3 - 25 Hz avec une source de $130\,000 \Omega$),

- Sortie:
 - + Type dissymétrique protégée contre la foudre,
 - + Niveau maximum 8 V c à c sur $5\,000 \Omega$,
 - + Impédance $< 200 \Omega$,
 - + Gain en tension réglable par commutateur de 0,625 à 160,
 - + Bande passante 0 à 400 Hz (indépendante du gain),

- Alimentation:
 - + Tension continue 6 V nominal (de 5 à 15 V),
 - + Consommation $2,5 \times 10^{-3} A$ nominal.

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES**Dimensions et poids**

- Diamètre 0,30 m,
- Hauteur 0,30 m,
- Poids 11 kg.

Utilisation sur le terrain

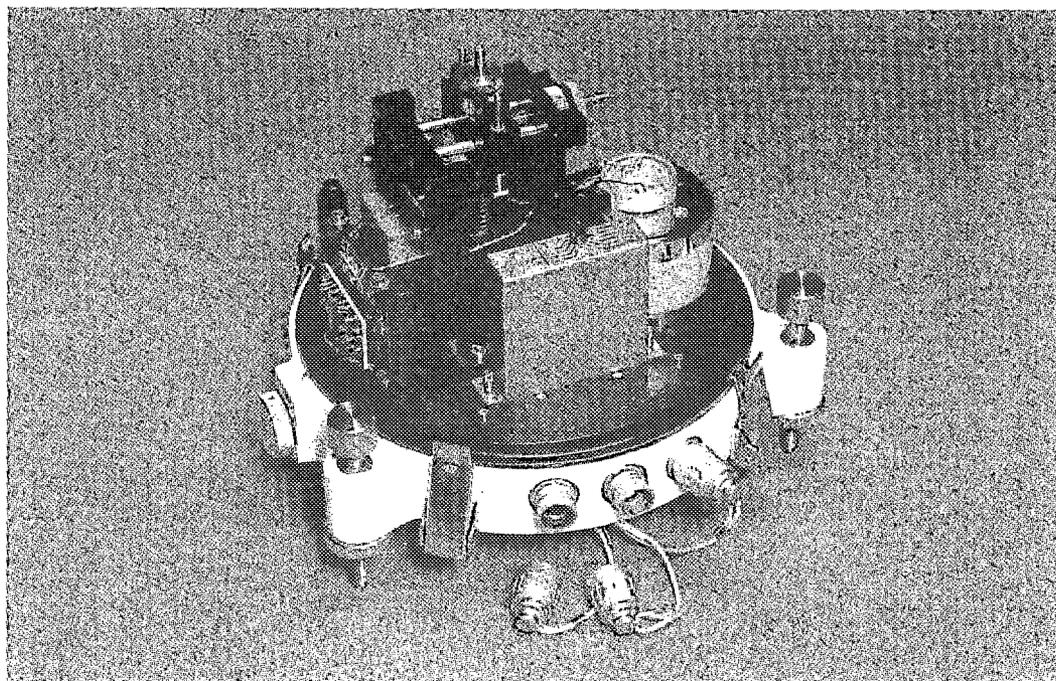
- Blocage par cales vissées intérieures,
- Positionnement de la bobine et période propre ajustables par réglage des trois pieds.

Environnement

- Température de fonctionnement $-20^\circ C$ à $+70^\circ C$,
- Etanchéité par joint torique,
- Protection assurée pour fonctionner en atmosphère humide et saturée en sel.

CHAMP D'APPLICATION

Le sismomètre courte période HM 500 est utilisé comme capteur de terrain (chaîne autonome d'enregistrement, réseau mobile d'intervention), ou comme capteur de station sismologique fixe (réseau fixe de surveillance sismique ; observatoire sismologique de grande sensibilité pour la détection des télé-séismes et des séismes proches; amplification possible jusqu'à 10^6).

SISMOMÈTRE VERTICAL COURTE PÉRIODE ZM 500**L. BOSCA**Laboratoire de Détection et de Géophysique - CEA
B.P. 12 - 91680 BRUYERES LE CHATEL**CARACTÉRISTIQUES FONCTIONNELLES****Sismomètre**

- | | |
|---------------------------------------|---|
| - Fréquence propre | $F_0 = 1 \text{ Hz}$, ajustable de 0,6 à 1,3 Hz
en option de 1 à 10 Hz, |
| - Amortissement à vide | $< 0,01$ pour $F_0 = 1 \text{ Hz}$, |
| - Poids de la masse mobile | 0,766 kg, |
| - Transducteur : | |
| + Type | vitesse (bobine mobile), |
| + Amortissement | électromagnétique (0,707), |
| + Constante du générateur | $2500 \pm 150 \text{ V/m/s}$, |
| - Enroulement de mesure : | |
| + Résistance propre | $130\,000 \Omega \pm 15\,000 \Omega$, |
| + Résistance critique d'amortissement | $2,2 \times 10^6 \Omega$ pour $F_0 = 1 \text{ Hz}$, |
| - Enroulement de calibration : | |
| + Résistance propre | 950 Ω , |
| + Constante du moteur | 8 N/A, |
| - Déplacement maximum de la masse | 0,005 m, |

- Fréquence maximum utilisable 200 Hz,
- Fréquence de résonance parasite > 400 Hz.

Electronique associée

- Entrée :
 - + Impédance d'entrée > $20 \times 10^6 \Omega$,
 - + Niveau de bruit nominal = $1,5 \times 10^{-6} V$
(ramené à l'entrée en valeurs à crête, mesuré dans la bande 0,3 - 25 Hz avec une impédance de source de 130 000 Ω),
- Sortie:
 - + nombre 2 (dont 1 à gain fixe),
 - + Type dissymétrique protégée contre la foudre,
 - + Niveau maximum 8 V c à c sur 5 000 Ω ,
 - + Impédance < 200 Ω ,
 - + Gain en tension réglable par commutateur de 0,625 à 640,
 - + Bande passante 0 à 400 Hz (indépendante du gain)
- Alimentation:
 - + Tension continue 6 V nominal (de 5 à 15 V),
 - + Consommation 3×10^{-3} A nominal.

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

Dimensions et poids

- Diamètre 0,30 m,
- Hauteur 0,30 m,
- Poids 11 kg.

Utilisation sur le terrain

- Blocage par molette extérieure,
- Positionnement de la bobine et période propre ajustables manuellement ou en option électriquement par boîtier de commande extérieur,
- Contrôle de l'horizontalité par niveau à bulle,
- Plage de réglage sur trois pieds 0,03 m

Environnement

- Température de fonctionnement - 20 °C à + 70 °C,
- Étanchéité par joint torique,
- Protection assurée pour fonctionner en atmosphère humide et saturée en sel.

CHAMP D'APPLICATION

Le sismomètre courte période ZM 500 est utilisé comme capteur de terrain (chaîne autonome d'enregistrement, réseau mobile d'intervention), ou comme capteur de station sismologique fixe (réseau fixe de surveillance sismique; observatoire sismologique de grande sensibilité pour la détection des télé-séismes et des séismes proches).

CONDITIONNEMENT EN MILIEU HOSTILE

LARDY M. (ORSTOM Nouméa) et **GRANGEON J.** (LIG Chambéry) : Autour de quelques exemples: protection générale, conditionnement des capteurs.

AUTOUR DE QUELQUES EXEMPLES : PROTECTION GENERALE, CONDITIONNEMENT DES CAPTEURS

M. LARDY(*) et J. GRANGEON()**

(*) ORSTOM B.P. 5A NOUMEA Cedex Nouvelle Calédonie

(**) Laboratoire d'Instrumentation Géophysique
Université de Savoie 73376 LE BOURGET DE LAC Cedex
4, place Jussieu - 75005 PARIS

C'est autour d'un rapport de l'INSU(*) établi suite à une réunion qui rassemblait des représentants de divers instituts de recherche qu'il est proposé d'examiner, au travers de quelques exemples, les recommandations de ce rapport pour améliorer la tenue de réseaux de mesures.

Les améliorations proposées par le groupe de travail de l'INSU pour "durcir" les réseaux de surveillance peuvent être réparties en trois types d'opérations sur le terrain.

- Les observatoires: Permanence des matériels et des personnels,
- Stations de terrain: Permanence sans personnel proche,
- Stations temporaires: Personnels à proximité, protection plus légère compte tenu du caractère provisoire des mesures.

Les animateurs (GRANGEON J. & LARDY M.) proposent, compte tenu de leurs expériences, d'examiner le domaine des stations de terrain au travers de l'instrumentation d'édifices tels que le Momotombo (Nicaragua), Kelut (Indonésie), Matthews, Hunter (S.O. Pacifique).

Une des remarques préliminaires du rapport: "l'évolution technologique des réseaux entraîne un remplacement des stations dont la durée de vie peut-être limitée à 3 ou 5 ans", conduit à rappeler que le premier intérêt de toute "manip" est d'obtenir de bonnes données et que la finalité n'est pas d'apporter des modifications à un système opérationnel pour suivre la seule évolution technologique, mais pour fiabiliser et améliorer les mesures.

PROTECTION CONTRE LES VENTS VIOLENTS ET LES PRECIPITATIONS

- Choix des implantations,
- Choix des capteurs,
- Renforcement des structures mécaniques et amélioration des fixations au sol; par exemple, une base de 500 Kg de béton a permis de résister au passage de 9 cyclones sur Matthews et Hunter,
- Double étanchéité des coffrets, utilisation de matériaux inoxydables (aluminium marine, acier inox, fibre de verre), éviter les problèmes de "piles", connecteurs étanches, produits d'étanchéité,
- Surdimensionner les panneaux solaires pour éviter des contraintes sur le choix du site (bien vérifier l'étanchéité du panneau en surface),
- Batteries étanches sans entretien,

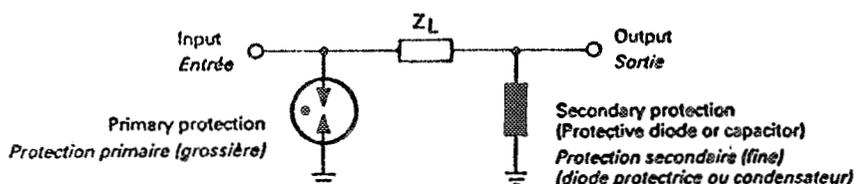
(*) INSU : Institut National des Sciences de l'Univers - M. J.F. KARCZEWSKI - 77, Avenue Denfert Rochereau PARIS 14.

- Minimiser les longueurs de câbles, les fixer avec soins, choisir des matériaux adaptés (câble téléphonique expérimenté sur Matthews et Hunter sur conseil du CNET^(*) a présenté une tenue tout à fait exceptionnelle, compte tenu d'une très grande diffusion, le rapport qualité/prix est imbattable).

PROTECTION CONTRE LES ORAGES

- Eviter les sommets quand cela est possible,
- Convaincre les constructeurs de capteurs de protéger ceux-ci,
- Indépendance du secteur,
- un système de protection des entrées a été utilisé avec succès depuis plusieurs années sur divers édifices volcaniques. Un document complet a été édité sous le titre: "Mesures de protection contre les surtensions et les tensions parasites au sein des appareils et installations électroniques".

La protection comprend un élément de protection primaire (parasurtension à gaz), une charge qui limite le courant de décharge qui traverse le composant (résistance bobinée) de protection secondaire (zener).



PROTECTION CONTRE LE VANDALISME

Les solutions restent sans doute d'ordre social.

Enfin, le rapport rappelle que des stages de formation sont organisés par la 4ème circonscription du CNRS avec la participation d'AEMC - Allée du Morvan, 38130 Echirolles - (Firme spécialisée dans l'étude des problèmes de compatibilité électromagnétique). Il existe également un cours de DESS à l'université d'Orléans.

(*) CNET : Département de l'Environnement - B.P. 40 22301 LANNION Cedex.
 (**) CARRODIS : Département CERBERUS - 12, avenue Léon Harmel 92167 ANTONY Cedex

DÉVELOPPEMENT DE NOUVEAUX CAPTEURS

PINEAU J.F., BERTRAND C. (ALGADE) : BARASOL. Un outil pour l'étude du transfert des gaz au sol.

NICOULAUD I. (ALGADE) : Projet BARASOL et étude critique de l'état de la technique.

NICOULAUD I. (ALGADE) : Lecteur de terrain LT 313.

POLLIAN G., LE CLOAREC M.F. (CFR Gif sur Yvette) : Utilisation des techniques de la radioactivité en volcanologie.

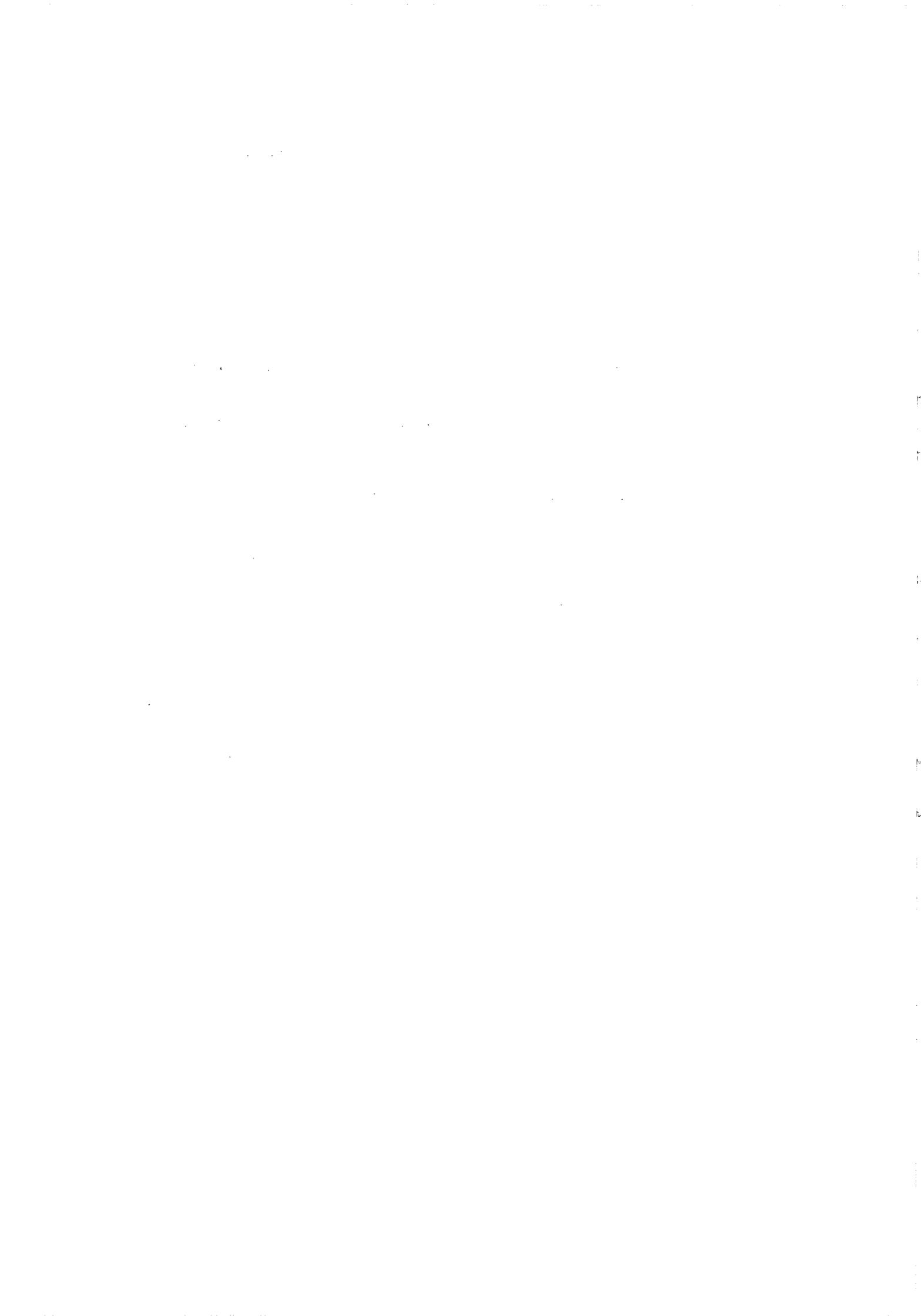
LARDY M. (ORSTOM Nouméa) : Utilisation de capteurs électroniques pour la mesure de paramètres météorologiques.

BOF M., THOMAS T. (CEA/LETI Grenoble) : Capteurs magnétométriques.

MASSINON B., MARON C. (CEA/LDG) : Description des stations magnéto-telluriques du réseau Rhône-Alpes du LDG.

MASSINON B. (CEA/LDG) : La mesure en temps réel du moment sismique. Application à la prévision des tsunamis.

RUZIE G. (LDG) : Stations de mesures topographiques par géodésie spatiale.



BARASOL : UN OUTIL POUR L'ÉTUDE DU TRANSGERT DES GAZ AU SOL

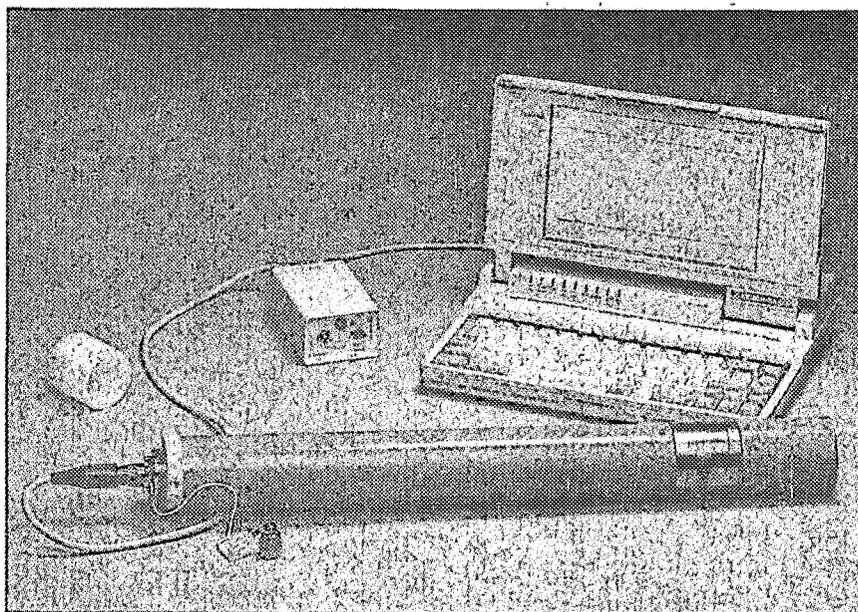
J.F. PINEAU et C. BERTRAND

ALGADE

RN 20 - Boite postale 46

87240 BESSINES-SUR-GARTEMPE

ALGADE a mis au point l'appareil BARASOL pour la mesure du radon dans les sols. Cet appareil de terrain, portatif et autonome, utilise une technique de mesure volumique des isotopes 222 et 220 du radon.



- **BARASOL**, placé dans le milieu à étudier, effectue une **mesure statique** sans perturber les flux de radon.
- Une **jonction silicium** détecte les particules alpha liées aux désintégrations du radon.
- Un volume de détection placé en regard de celle-ci permet d'optimiser la mesure.
- **BARASOL** comptabilise les désintégrations alpha produites pendant un intervalle de temps prédéfini.
- Un **microprocesseur** interne gère les mesures et assure le stockage des valeurs. La lecture de ces valeurs s'effectue soit par un lecteur de terrain soit par un **calculateur** compatible PC. Un **logiciel d'exploitation** est fourni avec l'appareil.

APPLICATIONS

- Surveillance des ambiances en milieu confiné
- Surveillance des aérages souterrains
- Mesure des flux de radon
- Géophysique : études sismiques & volcanologie.

DÉTECTEUR

Détecteur silicium passivé implanté par procédé Planar.

Profondeur désertée : 100 μm .

Protection contre la lumière par une couche d'aluminium.

Protection mécanique par vernis cellulosique.

Surface utile : 450 mm^2

Polarisation : 7,2 volts.

Bruit de fond inférieur à 1 événement par 24 heures.

ÉLECTRONIQUE DE TRAITEMENT DU SIGNAL

Circuit intégré spécifique pour convertir les charges fournies par le détecteur en impulsions de tension.

Compteur d'impulsions programmé en fonction de la période de mesure sélectionnée.

CARACTÉRISTIQUES MÉTROLOGIQUES

- Sensibilité : 0,02 impulsion. h^{-1} pour 1 Bq.m^{-3} .

- Résolution avec détecteur placé dans l'air : 60 KeV.

- Activité volumique de saturation de l'ensemble de détection : 3 MBq.m^{-3} .

PILOTAGE

Micro-contrôleur 8 bits intégrant 32 koctets de mémoire sauvegardée.

2 compteurs de capacité 4096 événements.

Stockage maximum 16 000 valeurs.

Le second compteur peut être affecté à une autre utilisation ou être mis en série avec le premier pour augmenter la dynamique de l'appareil.

PARAMÉTRAGE - TRAITEMENT DES DONNÉES

Par lecteur spécialisé type LT 313 avec transfert ultérieur sur PC ou directement sur PC au moyen d'une interface type INTFPC.

Paramètres de fonctionnement BARASOL accessibles à l'utilisateur.

Numéro de l'appareil.

Date et heure de départ de la mesure.

Période de mesure réglable de 15 à 240 min.

L'appareil est fourni avec un logiciel de traitement fonctionnant sous MS DOS 3.0 et suivant.

ALIMENTATION

2 piles lithium de 3,6 v 14 Ah montées en série.

Autonomie supérieure à 6 mois.

AUTRES CARACTÉRISTIQUES

- Boîtier amagnétique étanche à l'immersion, profondeur maximale 10 m.
- Boîtier disponible en version haute résistance.
- Dimensions : diamètre 50 mm, longueur 570 mm.
- Masse : 1,2 kg (piles incluses),
2,7 kg pour la version haute résistance
- Température d'utilisation : - 20 °C + 60 °C.
- Température de stockage : - 40 °C + 80 °C.

**RÉSUMÉ DE LA PRÉSENTATION "PROJET BARASOL"
ET ÉTUDE CRITIQUE DE L'ÉTAT DE LA TECHNIQUE**

I. NICOULAUD

ALGADE

RN 20 - Boite postale 46

87240 BESSINES-SUR-GARTEMPE

Le CRPM (centre de Radioprospection dans les Mines) souhaitant, à la demande de certains volcanologues, équiper sa balise à mesurer le radon dans les sol (BARASOL) d'un appareillage complet de mesure des gaz (CO_2 , CO , CH_4 , H_2 , H_2S , SO_2 , He , A , NO_x) tout en gardant les spécificités d'appareil de terrain, a lancé en 1990 un programme de recherche dans ce sens.

Une étude bibliographique a été réalisée sur les technologies susceptibles de remplir le cahier des charges (mesure sélective, appareillage léger et petit, autonomie électrique importante, capacité à mesurer des gaz chimiquement inertes, prix modique permettant un équipement en réseaux et possibilités de liaisons de type hertziennes ou satellitaires).

Ainsi, les technologies suivantes ont été plus particulièrement étudiées :

- capteurs à base d'oxyde semi-conducteurs,
- GASFET,
- capteur se basant sur l'effet piézoélectrique ou pyroélectrique,
- capteurs utilisant les fibres optiques,
- capteurs électrochimiques,
- chromatographe intégré sur un wafer.

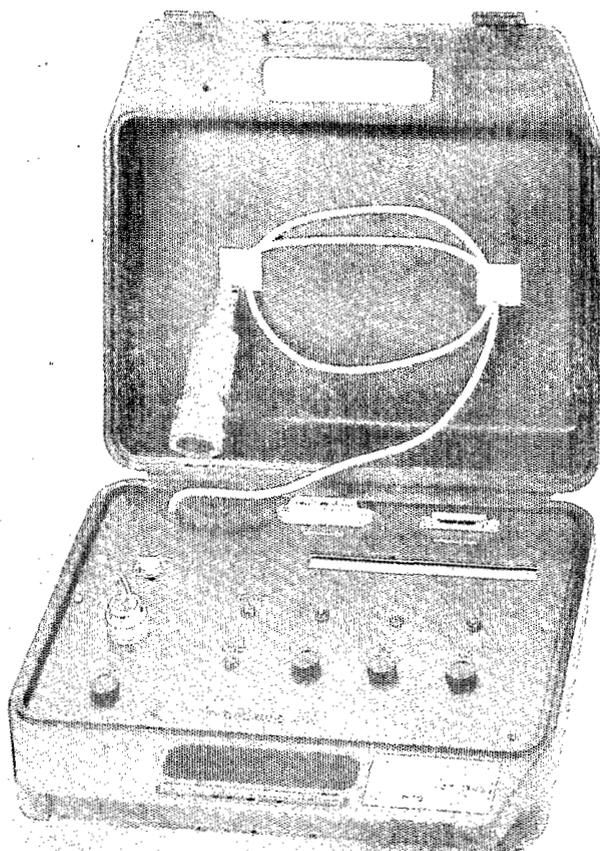
Les conclusions de cette étude sont qu'aucun de ces capteurs n'est assez performant pour assurer une mesure stable, sélective et précise pendant une longue durée, et sous l'influence des conditions climatiques très variables.

Les recherches du CRPM s'orientent donc maintenant vers la miniaturisation de méthodes de mesures physiques plus fiables.

LECTEUR DE TERRAIN LT 313

**I. NICOULAUD
ALGADE**

RN 20 - Boite postale 46
87240 BESSINES-SUR-GARTEMPE

**TYPE**

Appareil de transfert d'informations entre Barasol (ou Radhome P) et un micro-ordinateur.

PRINCIPE

Le LT 313 est utilisé pour :

- le paramétrage avant utilisation des Barasol (ou Radhome P),
- la saisie des données accumulées par ces appareils;
- le transfert de ces données vers un micro-ordinateur ou une imprimante.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Liaison LT 313 vers appareil (Barasol ou Radhome P) par liaison filaire RS 232 non normalisée quant aux alimentations .

- Nombre d'appareils pouvant être lus : jusqu'à 8, à raison d'un appareil par page mémoire; le nombre de pages mémoires doit être spécifié à la commande.
- Par appareil : stockage de 15 360 mesures sur 2 voies.

- Accès aux fonctions de paramétrage et de saisie par un menu déroulant, activé par 3 boutons poussoirs.

Liaison LT 313 vers micro-ordinateur ou imprimante

- vers imprimante par interface parallèle, sortie des données en format décimal,
- vers calculateur par liaison RS 232 normalisée, sortie des données en format ASCII.

Alimentation par batterie d'accumulateur Cd-Ni

Autonomie : 3 heures.

Recharge par chargeur extérieur.

Temps de recharge : 16 heures

Boîtier en polypropylène.

Dimensions : 320 x 230 x 150 mm.

Masse : 3 500 g .

Commandes : Arrêt/Marche par interrupteur à clé ou arrêt automatique après 10 minutes d'inactivité.

Accès aux fonctions par 3 boutons poussoirs.

Visualisation :

- Ecran LCD 2 lignes de 40 caractères,
- 5 diodes électroluminescentes indiquant l'état du lecteur, des appareils et des boutons poussoirs.

Fonctions réalisées avec l'appareil :

- Paramétrages : numéro d'identification de la balise, période de mesure, date et heure d'initialisation.
- Activation : départ cycle balise.
- Lecture : choix de la page de stockage, lecture.
- Sorties : écran, imprimante, calculateur.

UTILISATION

Sur site :

- Relier le LT 313 à l'appareil que l'on désire paramétrer ou lire.
- Au moyen du menu, sélectionner la fonction, charger les paramètres si nécessaire, activer la fonction.

Au laboratoire :

- Relier le LT 313 à l'imprimante ou au calculateur,
- Au moyen du menu, sélectionner la fonction de sortie et l'activer.

PRÉSENTATION

L'appareil est livré en ordre de marche avec :

- 1 chargeur/
- 1 pochette de fusibles, -
- le nombre de pages mémoires correspondant au nombre d'appareils à lire,
- une notice d'utilisation et de maintenance.

UTILISATION DES TECHNIQUES DE LA RADIOACTIVITE EN VOLCANOLOGIE

G. POLIAN et M.F. LE CLOAREC

Centre des faibles radioactivités
Laboratoire mixte CNRS/CEA
avenue de la Terrasse
F-91198 Gif sur Yvette CEDEX

INTERET DES GAZ MAGMATIQUES

Les gaz magmatiques sont le moteur et la manifestation de l'activité volcanique, précédant et accompagnant les éruptions. Ils sont composés essentiellement de vapeur d'eau (90%), de SO₂, CO₂, HCl, HF et de nombreux halogénures et sulfures métalliques volatils à la température du magma (1000°C environ).

Leur étude est donc intéressante à double titre:

- 1 - Mécanismes éruptifs, compréhension de la dynamique des magmas, éventuellement prévision des éruptions,
- 2 - a) Impact atmosphérique: pollution régionale due à l'activité continue et aux éruptions mineures,
 b) Impact climatologique: consécutif aux éruptions cataclysmales qui envoient cendres et SO₂ dans la stratosphère où les temps de résidence sont très longs (de l'ordre de l'année).

RADIOACTIVITE DES EFFLUENTS VOLCANIQUES

1 - Notions de radioactivité

Rappelons que la radioactivité d'un élément est définie par

$$A = dN/dt = \lambda N$$

où λ est la constante radioactive, reliée à la période T pour la relation,

$$\lambda = \ln 2/T$$

La période étant le temps au bout duquel le nombre initial d'atomes est divisé par 2.

L'"équilibre radioactif" est atteint quand les activités des éléments de la famille radioactive sont égales. Ceci n'est réalisé que lorsque la période du premier élément est plus longue que celle de ses descendants.

Nous mesurons deux types de rayonnement radioactif; les particules α (noyaux d'hélium) et les particules β (électrons). Les unités de radioactivité sont le Becquerel et le Curie.

1Bq = 1 désintégration par seconde (dps)

1Ci = $2,22 * 10^{12}$ dpm

La mesure de radioactivité revient à compter des atomes, la limite de détection est de l'ordre de quelques centaines d'atomes. Cette méthode est donc beaucoup plus performante que les méthodes d'analyse chimiques classiques, dont la limite de détection est plus grand que et plus petit que 10^{10} atomes.

2 - Effluents volcaniques

Comme toutes les roches, les magmas contiennent de nombreux éléments radioactifs, notamment U-238 et ses descendants (Fig.1), isotopes du Pb, Bi et Po qui sont engagés dans des composés volatils à la température du magma (halogénures et sulfures). On fait l'hypothèse raisonnable que l'équilibre radioactif est réalisé dans le magma. Lors du dégazage cet équilibre est rompu: l'enrichissement des gaz en ces composés volatils est fonction des propriétés chimiques de chaque élément : en particulier la quasi totalité du Po est émise dans la phase gazeuse. A contrario, les laves sont appauvries. L'absence d'éléments radioactifs dans un panache volcanique indique que les gaz ne proviennent pas directement du magma.

Les différences de périodes radioactives et de volatilité d'un élément à l'autre permettent d'élaborer un modèle de dégazage, dans lequel intervient 3 paramètres: temps de dégazage, taux de renouvellement du magma et coefficients de partition des métaux entre magma et gaz.

3 -Applications

- Estimation des volumes de magma,
- Estimation des flux de métaux: on peut mesurer les flux de métaux-trace à partir de ceux de Pb-, Bi- et Po-210 en mesurant des rapports de concentration dans les gaz.

METHODOLOGIE

On utilise 2 méthodes d'échantillonnage des gaz volcaniques:

- Filtration d'aérosols provenant de la conversion gaz-particule, la mesure de la radioactivité est ensuite effectuée en comptage α global (détecteur à barrière de surface) et β global (chambre d'ionisation).
- Condensation des gaz volcaniques à l'abri de l'air (Fig.2) et mesure du Po-210 par dépôt spontané sur lame d'argent et du Bi-210 sur lame de cuivre. Le Pb-210 est mesuré par le Po-210 après recroissance. L'addition de traceur (Po-208) permet de mesurer le rendement, la mesure de radioactivité est mesurée par spectrométrie α .

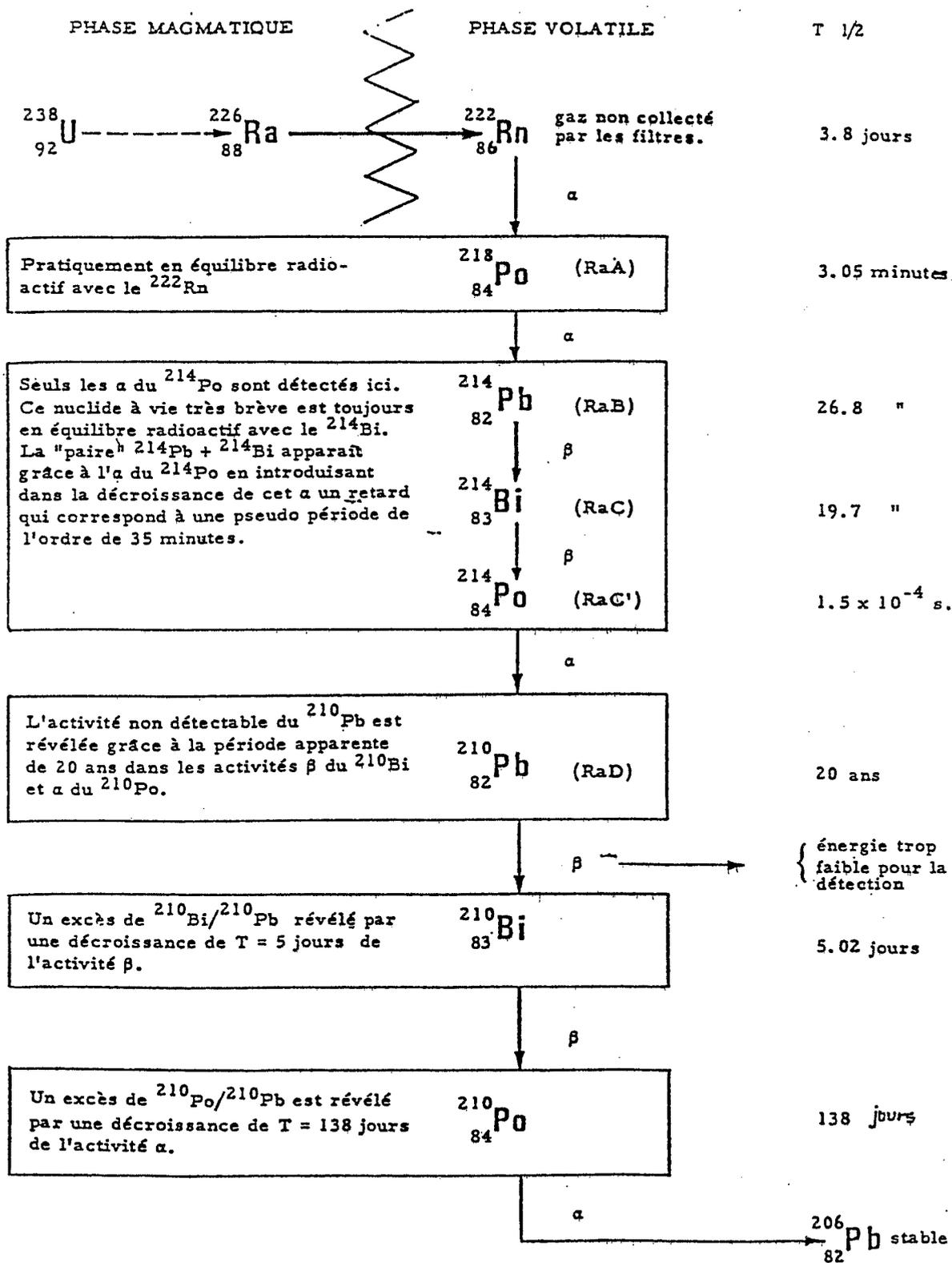


Fig. 1 - Famille radioactive de U-238

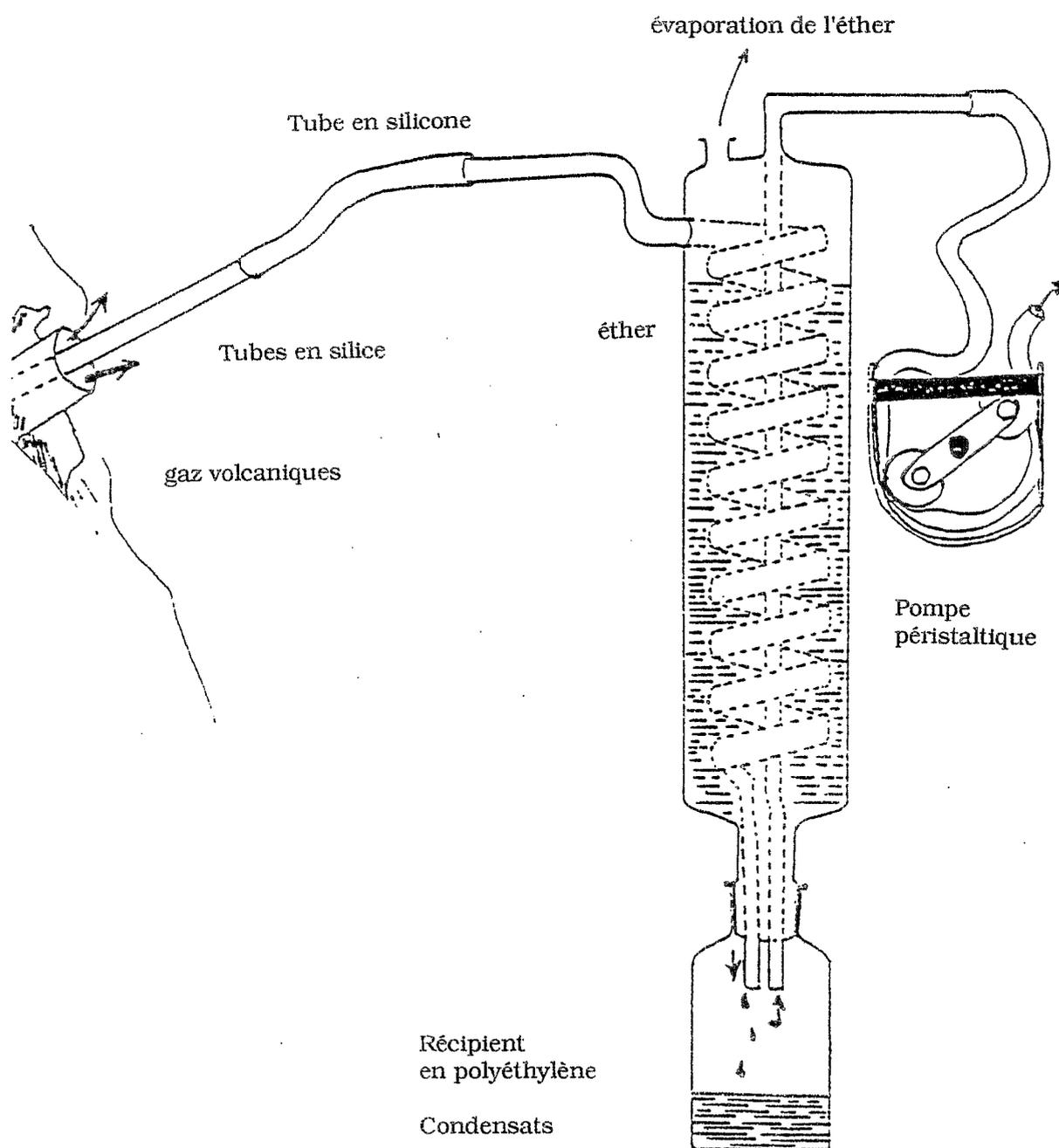


Figure 2 prélèvement de condensats à l'abri de l'air

UTILISATION DE CAPTEURS ELECTRONIQUES POUR LA MESURE DE PARAMETRES METEOROLOGIQUES

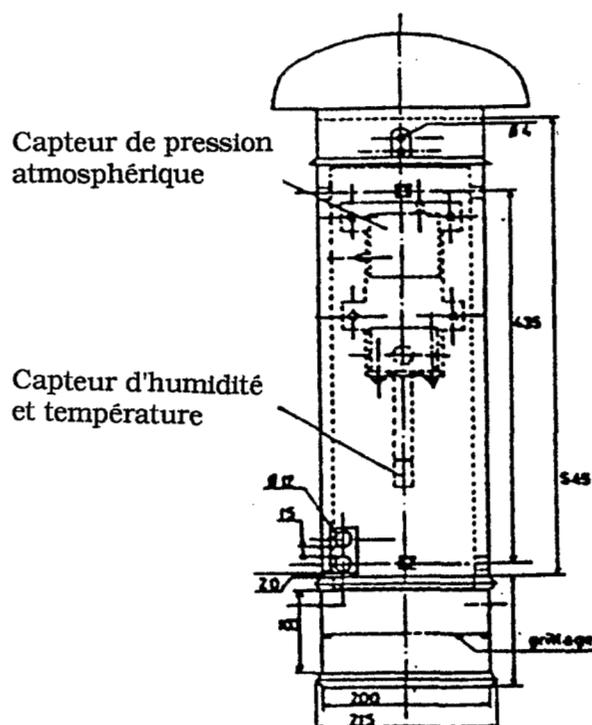
M. LARDY

ORSTOM - B.P. A5
NOUMEA - Nouvelle Calédonie

Le matériel présenté ci-dessous sont le résultat de développements d'expériences de divers laboratoires:

- mesure de variations de pression atmosphérique et pluviométrique: ORSTOM(*) et IPGP(**);
- mesure de l'humidité relative et de la température de l'air: Département environnement du CNET(***)

Un abri en PVC, selon le schéma ci-dessous, regroupe les capteurs de pression, d'humidité relative et de température de l'air.



(*) Institut Français de Recherche Scientifique pour le développement en coopération - M. LARDY, équipe de volcanologie, UR 1F - B.P. A5 ORSTOM Nouméa, N.C.

(**) Institut de Physique du Globe de Paris - C. PAMBRUN - Observatoires volcanologiques - 4 place Jussieu, 75232 PARIS Cédex 5

(***) Département environnement - C. ARCHAMBAULT et J. STOSCHEK - B.P. 40, 22301 LANNION Cédex

PRESSION ATMOSPHÉRIQUE

Une cellule au silicium, associée à une électronique ^(*), fournit une tension comprise entre 0 et 1000 mV pour des variations de pression de 800 à 1200 mb.

Précision : rdre du mbar pour des températures comprises entre 10 et 50 °C.

KELLER	PRESSURE	TRANSMITTER
PAA-2-1.2		SN 09/11
3 WIRE	0 .. 1 V	
Range	800 .. 1200 mbar abs	
----- K1		
Zero	0 mV	800
Sens	2500 S/f	: [mbar] [mV]
Lin	< 0.40 %FS	: 800 0
Pmax	1500 mbar	: 900 254
Supply	8 .. 12V	: 1000 502
Temp	0 .. 50°	: 1100 750
Print	89282	: 1200 996

1: + 12V		2 : + OUT
3: GND		
----- 16-08-90		
KELLER St. Gallerstrasse 119 CH-8404 Winterthur		
AG für druckmesstechnik Tel. 052/29 11 28, Fax 052/29 70 67, Tx 896		

L'ensemble est placé dans un boîtier en aluminium étanche.

Sortie prise de pression: tube en silicone, diamètre 6 mm.

Prix unitaire HT = 700 FF

HUMIDITÉ RELATIVE ET TEMPÉRATURE DE L'AIR

L'expérience montre que les performances de ces capteurs sont en général supérieures aux caractéristiques annoncées ^(**).

Prix unitaire HT = 1 650 FF.

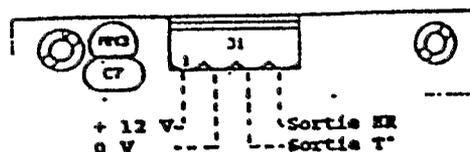
THERMOHYGROSONDE

Humidité

- Élément de mesure d'humidité relative :
RTC 691 90001 (capacitif)
- Domaine de mesure d'humidité relative : 3 à 100 % HR
- Précision d'étalonnage à 23 °C : ± 2 % HR
de 12 % à 97 % HR
- Fidélité de mesure : ± 1 % HR
- Dérive en température :
< ± 2 % HR pour - 10 °C < T < + 40 °C
- Temps de réponse : A T ° stable, en air agité à 1 m/s
avec filtre en bronze
< 7 % de la valeur finale en 10 mn
de 12 % HR à 97 % HR
< 2,5 % de la valeur finale en 60 mn
de 12 % HR à 97 % HR
- Signal de sortie linéaire : 0,03 Vdc à 1 Vdc pour 3 %
à 100 % HR sur 1 K ohm
- Sensibilité de mesure : 10 mVdc / % HR.

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

- Alimentation : 7 Vdc À 30 Vdc
- Courant de fonctionnement : < 7 mA
- Protection des éléments sensibles :
Filtre en bronze fritté
Classe 20 (10 microns).
- Boîtier ABS : Protection IP 65
Dimension 82 mm x 80 mm x 55 mm
- Embout de mesure : Matière PVC
Diamètre 25 mm
Longueur 135 mm
- Raccordement : Presse étoupe
Bornier à vis
- Poids : 165 G
- Raccordement :



(*) KELLER : 310, Av. du Général de Gaulle, 92140 CLAMART (tél. : 45 37 16 55).

(**) THALAMUS : 2, Av. de la Croix Rouge, Ploumilliau, 22300 LANNION (tél. : 96 35 30 66).

TEMPÉRATURE

- Élément de mesure de température :
N.S. LN 35 CZ
(capteur à semiconducteur)
- Domaine de mesure de température :
- 30 °C à + 70 °C Théorique
- 26 °C à + 70 °C Pratique
- Précision d'étalonnage à 23 °C : $\pm 0,2$ °C
- Fidélité de mesure : $\pm 0,1$ °C
- Signal de sortie linéaire : 0 Vdc à 1 Vdc pour - 30 °C à + 70 °C Théorique
0,04 Vdc à 1 Vdc pour - 26 °C à + 70 °C Pratique sur 1 K ohm
- Sensibilité de mesure : 10 mVdc / °C.

Mise en service

- L'appareil est opérationnel dès la mise sous tension.
- Il est important de noter que pour une bonne précision et une fidélité de mesure, le capteur et le milieu ambiant doivent avoir atteint leur équilibre thermique et d'humidité.
- Afin de ne pas fausser les mesures d'humidité, le filtre en bronze doit être régulièrement déposé et débarrassé de ses poussières par un nettoyage à l'eau et à l'alcool (ou dans un bain à ultrasons) suivi d'un séchage dans un courant d'air chaud.

La procédure d'étalonnage faisant appel à des bains de solutions salines saturées très précis, il est recommandé de ne pas dérégler le capteur et de faire vérifier l'étalonnage une fois par an auprès du constructeur.

Le prix de revient d'un ensemble comprenant les capteurs, l'abri, le support avec les câbles, ridoirs, piquets et embase est de l'ordre de 4.000 FF.

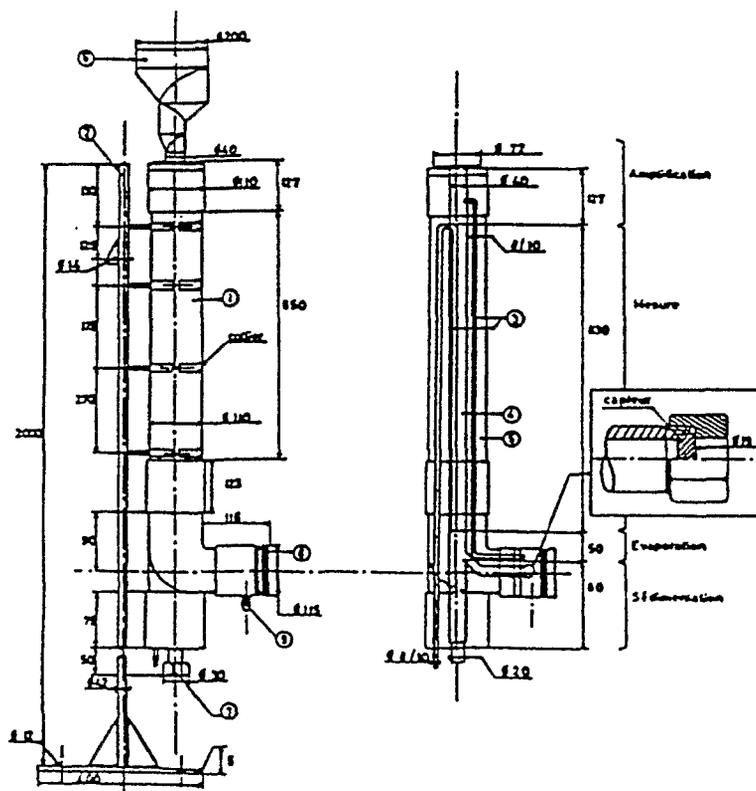
PLUVIOMÈTRE

Un capteur de pression fournit une tension proportionnelle à la hauteur de la colonne d'eau (80cm).

Il n'y a plus d'élément mécanique, une amplification analogique permet de rendre négligeable la dérive en température du capteur.

La précision peut être inférieure au millimètre et il est facile de suivre les variations d'intensité des précipitations.

Un support complet est sous presse.



9	1	Alimentation		
8	1	Accès étanche		
7	1	Bouchon de vidange		COM
6	1	Entonnoir	PVC	COM
5	1	Mousse polyuréthane		
4	1	Conduite	Cuivre	
3	1	Conduite	Cuivre	
2	1	Support	A4G	Marine
1	1	Tube	PVC	COM
Réf.	NB	Désignation	MAT.	OBS.
PLUVIOMÈTRE À PESÉE				
A4	Centre ORSTOM			

CAPTEURS MAGNETOMETRIQUES

M. BOF et T. THOMAS

CEA/LETI/DSYS5
CENG 85X
38041 GRENOBLE Cédex

TECHNOLOGICAL AND INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE



WEAK MAGNETIC FIELDS METROLOGY

In the Systems Department (DSYS), the LETI division has developed high sensitivity magnetic field detectors, which have been used for a wide variety of purposes:

- geological prospection (D. LETI uses the trademark GAMCIS for this activity);
- military detection;

- study of the magnetic fields generated by the electrical activity of the brain;
- recent developments include scientific applications in space.

Measuring principles

These detectors can be classed in two categories:



Mont-Rachais measuring site (Chartreuse).

■ Resonance magnetometers

These instruments are sensitive to the modulus of the magnetic field, the resonance is either nuclear or electronic and can be amplified (or not) by an electronic or optical pumping process.

Among those, the studies are focused on: the NMR magnetometer with electronic pumping, the optically pumped ESR magnetometer (4 He gas), the ESR magnetometer using organic materials. The detectors used are field-frequency transducers for which the proportionality factor is a constant.



Flux-meter for measuring low frequency magnetic fields. Manufactured under licence by the companies ARPE and ICAP (developed by D. LETI).

■ Vectorial magnetometers

This type of magnetometer gives a reading equivalent to the scalar product between the magnetic field vector and the characteristic vector of the probe oriented in the direction to be measured. The physical principles employed in these detectors are:

- Faraday's law (induction): a changing magnetic field induces a voltage in a coil;
- Magnetostriction: a material is deformed by a magnetic field and is measured by optical interferometry;
- Superconductivity;
- The saturation of a soft magnetic material.

Development work concerning the last two mentioned principles was stopped in 1985: however, these detection methods are still used as tools.

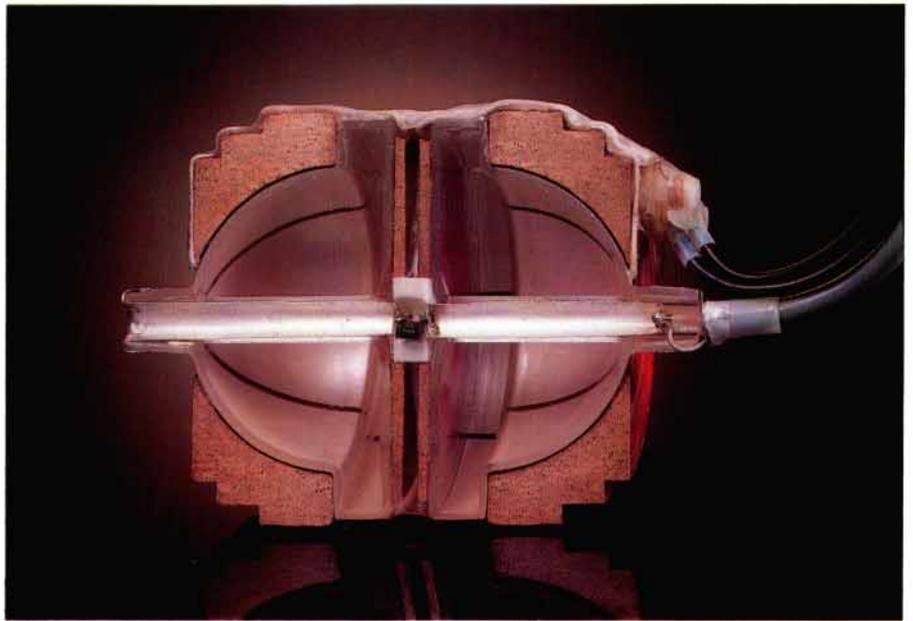
The table below shows the principal characteristics of magnetometers developed by the D. LETI.

Magnetometers developed by D. LETI

Type of magnetometer	Field range	Output	Frequency range	Resolution
NMR (electronic pumping)	20 to 70 μT (earth's field)	Frequency: 1 to 3 kHz	0 - 0.1 Hz	0.01 nT
ESR (optical pumping)	"	Frequency: 0.7 - 2 MHz	0 - 1 Hz	0.01 nT
ESR (solid material)	"	"	0 - 1 kHz	1 nT
Induction	1 nT - 100 μT	Voltage	0.5 Hz to 10 kHz	0.01 nT @ 10 Hz
Magnetostriction	0 - 100 μT	Length \rightarrow voltage	0 - 10 Hz	0.1 nT
Superconductor	0 - 10 μT	Voltage	0 - 10 kHz	0.0001 nT

Measurements

These magnetometers require specialized measuring facilities for their construction and calibration. The D. LETI facilities are situated in the laboratories of the C.E.N. Grenoble, and at an out-station situated in the Chartreuse mountains, chosen for its geological situation and its isolation from urban perturbations.

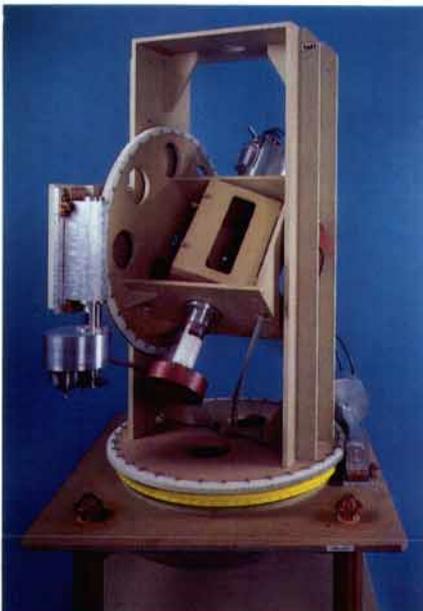


NMR probe. The company CROUZET is the licensee for space and military applications.

The following table shows the equipments currently used, with their characteristics.

Magnetic field measuring equipments used by D. LETI

Equipment	Site	Range	Performance	Function
SQUID magnetometer	CENG	0-10 ⁻³ Am ²	10 ⁻¹⁰ Am ²	Measurement of induced and remanent fields of samples
NMR low field spectrometer	Rachais	50 μT		Study of radical solutions for NMR probes
ESR low field Spectrometer	CENG	100 μT		Study of materials for ESR probes
Amagnetic manipulator	Rachais	3 axis movement ± 180°		Isotropic and gyromagnetic studies of probes
Helmholtz coils	Rachais	20-70 μT	Homogeneity 10 ⁻⁵ over 1 dm ³	Probe studies
Thermoregulated amagnetic container	Rachais	-40 + 70°C		Study of temperature effects on probes
Helmholtz coils	CENG	0-100 μT 0-1 kHz	Homogeneity 10 ⁻⁴ over 10 cm	Magnetometer calibration
Gradient coils	CENG	0-10 mT/m	Linearity 10 ⁻³ over 1 dm ³	Study of magnetometers in gradient fields
Magnetic shielding	CENG	Volume: several liters	60 dB	Noise measurement of directional magnetometers



Amagnetic manipulator



Sample study using a SQUID magnetometer (developed by D. LETI).



ESR Spectrometer (developed by D. LETI).

Informations:

D.LETI / ERPC - CENG 85 X
F 38041 Grenoble Cedex - Telephone 76 88 30 78 - Telex F 320 323

RESONANCE PARAMAGNETIQUE ELECTRONIQUE EN CHAMP FAIBLE

La population des spins électroniques d'un matériau soumis à un champ magnétique B_0 statique précessionne autour de celui-ci à une vitesse angulaire ω_0 donnée par la relation de LARMOR :

$$\omega_0 = \gamma \mu_0 B_0$$

où $\gamma = 1.76 \cdot 10^{11} \text{ s}^{-1} \cdot \text{T}^{-1}$
et $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$

B_0 est un champ faible, typiquement le champ magnétique terrestre qui varie entre $25 \mu\text{T}$ et $70 \mu\text{T}$.

Dans cette gamme de champ la fréquence de précession des spins va de 0,7 à 2 MHz.

Un système imaginé par BLOCH en 1946 permet la détection de la résonance.

LES MATERIAUX

La magnéto-métrie RPE utilise un matériau solide possédant des électrons libres. Les qualités requises pour ces matériaux sont :

- une grande susceptibilité magnétique (1 à $4 \cdot 10^{-4} \text{ emu/mole}$)
- une raie RPE unique (pas de couplage hyperfin)
- une stabilité parfaite dans la gamme usuelle de température (-40 à $+70^\circ\text{C}$).

Trois classes de matériaux ont été identifiées. Ce sont des radicaux π neutres, cationiques ou anioniques. L'étude des matériaux pour le magnéto-mètre inclut leur synthèse, leur caractérisation et leur conditionnement.



LE SPECTOMÈTRE 1,845 MHz

Le spectromètre RPE permet une mesure des performances des matériaux synthétisés même sur de faibles quantités (0,5 mg). Les grandeurs physiques telles que les temps de relaxation T_1 et T_2 et la susceptibilité magnétique (ou la densité de spin apparent) sont accessibles. Le spectromètre, entièrement automatisé, effectue des mesures en fonction de la modulation, de l'excitation ou au cours du temps à intervalles réguliers.

Une deuxième génération à champ variable (10 - 500 MHz) est envisagée. Celle-ci permettra l'étude quantitative de matériaux semi et supraconducteurs ou encore l'étude d'intermédiaires réactionnels en chimie biologique.

LE MAGNÉTOMÈTRE

La sonde de mesure du magnétomètre est réalisée autour d'un matériau dont la fréquence de résonance des spins électroniques est liée au champ ambiant B_0 par la relation de Larmor : $F_0 = 28 \text{ GHz/T}$.

La résonance des spins est entretenue par un champ RF dont la fréquence est asservie par une électronique de détection (0,7 à 2 MHz pour la gamme du champ terrestre).

Les caractéristiques de la maquette représentée sur la photographie sont les suivantes :

- mesure du champ total
- lecture : 4 digits, 5 mesures/seconde
 - résolution : 10 nT
 - précision absolue : 50 nT (0,1 %)
- sonde : volume 50 cm³, masse 100 g
 - bande passante : continu à 5 Hz
 - tenue au gradient : 50 $\mu\text{T/m}$
- dérive et coefficient de température : effets inférieurs à la résolution dans la gamme 0 à 50°C
 - isotropie : 10 nT sur $\pm 85^\circ\text{C}$ autour de l'axe de mesure
 - sortie analogique : 0,1 V/ μT

RENSEIGNEMENTS - INFORMATION
LETI/ERPC - CENG 85 X
F 38041 GRENOBLE CEDEX
TÉLÉPHONE : 76 88 30 78
TÉLEX F 320 323

TECHNOLOGICAL AND INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE

DIVISION
leti

SYSTEMS DEPARTMENT

NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE PROBE FOR MAGNETOMETERS

The total field N.M.R. magnetometer is capable of measuring very small variations in the earth's magnetic field. Its high sensitivity makes it a very useful detector in the space, military and civil sectors.

The probe is a field/frequency transducer based on the principle of nuclear magnetic resonance amplified using dynamic electronic polarization.

theory

The hydrogen atoms of standard solvents have a magnetic moment which is proportional to their spin. In the earth's magnetic field, they precess around this field at a frequency proportional to its modulus (called the Larmor frequency, 1 to 3 KHz in the earth's field).

The resonant electromagnetic excitation creates by spin phase coherence a macroscopic magnetization component precessing at the Larmor frequency. This component induces a voltage in the detection coil. The measured frequency gives the value of the field.

The nuclear magnetism is not directly detectable in the earth's field. The dynamic electronic polarization amplifies by a factor of 1000 the nuclear signal. The nuclear spins are coupled to the

free electron spins of a radical in solution.

Two excitation frequencies of the electronic resonance are possible: one gives a positive polarization, the other negative. The frequencies depend upon the solvent used.

The correct choice of a pair of solvents containing the same radical will give, at the same frequency, a positive polarization factor in one and a negative one in the other (double effect).

probe description

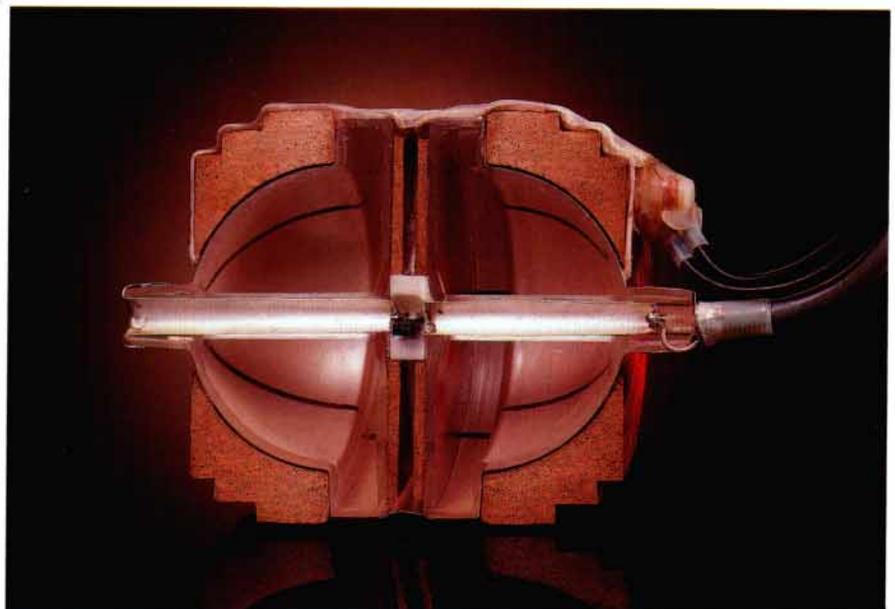
The probe is composed of:

- two hydrogenated solvents in individual flasks containing a free radical in solution;

- a high frequency dynamic polarization excitation circuit;

- a low frequency circuit which simultaneously excites the nuclear resonance, and measures the signal. It is constructed of two symmetrical coils mounted in opposition.

The "double effect" allows the detector to be connected as an oscillator with the associated electronics: the differential amplifier connected to the low frequency circuit rejects the excitation signal and amplifies



Nuclear magnetic resonance probe (section view)

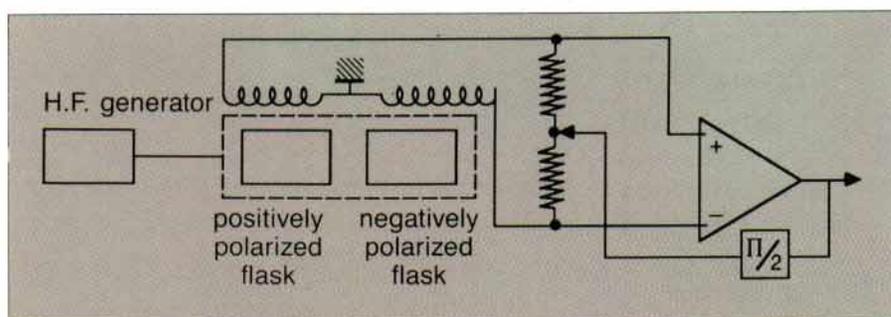


Diagram of N.M.R. probe oscillator

the detected voltages of the opposite signs: the signal is re-injected in common mode.

This configuration has the advantage of eliminating external electro-magnetic noise detected in a symmetrical manner by the coils.

The isotropy of the probe with respect to the field direction is obtained in frequency and amplitude by:

- its conception: spherical form, electrical connections, revolution symmetry;

- the choice of components selected for their amagnetism.

(Tests carried out using a SQUID magnetometer developed by D LETI).

The free-radical solutions are stable (> 15 years).

industrial development

This probe is manufactured by the company CROUZET (Valence).

technical specification

• sensitivity	10 pT. Hz ^{-1/2}
• band-width	10 ⁻⁴ to 10 ⁻¹ Hz
• field range	20 to 70 μT
• output frequency	1 to 3 kHz
• anisotropy	100 pT
• consumption	2 W
• warm-up time	3 s
• working temperature range	-40 to +70°C
• weight	3,4 kg
• volume	1,3 dm ³
• mean time between failures	6500 hours
• no maintenance	

applications

The magnetometer is made up of the probe, an amplifier and a precision frequency meter.

The principal applications of this detector are: the measurement of weak magnetic fields and the detection of magnetic objects. Its stability enables it to be used in hostile environments (airborne detection, underwater detection).

■ military applications:

Anti-submarine warfare (this probe is carried aboard the "Breguet Atlantique" aircraft of the french navy).

■ civil applications:

Oil and mineral prospection, archeological research, volcanic surveillance and the detection of magnetic objects buried or immersed (search for the TITANIC).

D LETI uses the trade mark GAMCIS in this domain.

■ space applications:

A project to send an N.M.R. magnetometer into space is being considered. This apparatus would be used to study the earth's magnetic field. The company CROUZET is the only licensee for space and military applications.

PATENT:

Demand number 85 09433

Informations:

D.LETI / ERPC - CENG 85 X

F 38041 Grenoble Cedex - Telephone 76 88 30 78 - Telex F 320 323

DESCRIPTION DES STATIONS MAGNETOTELLURIQUES DU RESEAU RHONE-ALPES DU L.D.G.

B. MASSINON et C. MARON

CEA - Laboratoire de Détection et de Géophysique
Section Sismologie et Géophysique Externe
B. P. 12 - 91680 BRUYERES LE CHATEL

Le présente notice a pour but de fournir les renseignements nécessaires à l'étude des signaux magnétotelluriques enregistrés dans le réseau "RHONE-ALPES" du L.D.G.

Cinq stations constituent ce réseau: leur localisation est montrée figure 1. Elles sont équipées de six dipôles telluriques et, pour certaines, de deux magnétomètres.

L'acquisition se fait sur le terrain (mesure, amplification, filtrage, échantillonnage et stockage), alors que le traitement du signal (corrections, tracé, analyse) est mené à Bruyères-le Châtel. La transmission des données est assurée toutes les nuits par interrogation automatique de la station par un micro-ordinateur, via une ligne téléphonique commutée. La figure 2 résume toute la chaîne d'acquisition.

Cette note décrit successivement l'appareillage, les stations et la constitution des fichiers de données.

L'APPAREILLAGE

Capteurs magnétiques

Les variations transitoires des composantes horizontales du champ magnétique local sont mesurées grâce à deux variomètres horizontaux à asservissement de champ élaboré par le laboratoire de Géophysique Appliquée du C.N.R.S. (Mosnier & Yvetot, 1977). Leur sensibilité est de 0.02 nTeslas pour une bande passante annoncée de 1s - 1000s.

Capteurs telluriques

Les dipôles telluriques sont constitués de deux électrodes impolarisables Pb/PbCl₂ de type petiau (une barre de plomb enrobée d'un mélange de NaCl, PbCl₂ et plâtre, enveloppée dans du caoutchouc). Seule la section inférieure est active. Elles sont longues de 63cm, ont un diamètre de 2.5cm et sont enterrées à faible profondeur (jusqu'à 1.50m).

Numérisation

Le stockage des données sur une mémoire se fait après amplification (possibilité pour les voies telluriques: 10 à 400; 10 pour les voies magnétiques), filtrage antialiasing (période de coupure 30s à -3dB, pente de -18dB/o) et échantillonnage (1 échantillon/10s, codé sur 16 bits, dont 1 bit de signe et 2 bits d'exposant). Les données mesurées varient de -2500. à +2500. mV.

La transmission des données vers un site central se fait chaque nuit par ligne téléphonique commutée.

L'alimentation de l'ensemble est assurée par trois batteries 12V 16Ah chargées par trois panneaux solaires (Pmax: 45W pour 16V et 2.73A).

LES STATIONS

Le réseau est constitué de cinq stations réparties en Région Rhône-Alpes dont les coordonnées et la date de mise en service définitive figurent dans le tableau ci-dessous:

station	code	mise en service	latitude	longitude	altitude
Chichillianne	CHIC	31/07/90	44°48'28''	05°34'31''	1000m
Le Pègue	PEGU	16/10/90	44°27'18''	05°03'48''	520m
Sur Frête	SURF	07/11/90	45°42'25''	06°39'08''	1800m
Trécout	TREC	13/09/90	46°17'56''	06°29'33''	1140m
Sablères	SABL	30/08/90	44°30'43''	04°04'41''	930m

Chacune comporte six dipôle telluriques. A Chichillianne et au Pègue, deux magnétomètres ont été installés. La liste des voies et leurs caractéristiques sont données dans le tableau suivant:

		VOIES							
		1	2	3	4	5	6	7	8
CHIC	nom	ns	NS	ew	EW	nwse	NWSE	D	H
	L	105m	181m	70m	130m	55m	109m		
	G	100	100	100	100	100	100	10	10
PEGU	nom	ns	NS	ew	EW	nwse	NWSE	D	H
	L	100m	192m	88m	160m	54m	106m		
	G	100	100	100	100	100	100	10	10
SURF	nom	ns	NS	ew	EW	NESW	NWSE		
	L	58m	115m	60m	121m	99m	108m		
	G	100	100	100	100	100	100		
TREC	nom	ns	NS	ew	EW	NESW	NWSE		
	L	54m	108m	60m	120m	120m	115m		
	G	100	100	100	100	100	100		
SABL	nom	ns	NS	ew	EW	NESW	NWSE		
	L	53m	105m	52m	105m	99m	99m		
	G	20	20	20	20	20	20		

LES FICHIERS D'ARCHIVAGE

Les données sont archivées dans des fichiers écrits en ASCII. Chaque fichier contient les données d'une journée (de 0h00 T.U. à 24h00 T.U., soit 8640 valeurs par voie compte tenu du pas d'échantillonnage) en une station. Le nom du fichier comporte 7 caractères:

caractères 1 à 4: code de la station
5 à 7: n° du jour dans l'année

Un fichier comporte autant de blocs que la station compte de voies. Chaque bloc commence par 3 lignes descriptives:

ligne 1: entête

caractères 7 à 10: année du 1er point du bloc
 11 à 13: jour du 1er point du bloc
 15 à 16: heure du 1er point du bloc
 18 à 19: minute du 1er point du bloc
 21 à 22: seconde du 1er point du bloc
 31 à 34: nombre de points du bloc
 36 à 39: code de la station
 52 à 53: code de la voie

ligne 2: gain de la voie

ligne 3: longueur du dipôle (imposée à 100 pour les magnétomètres)

Les données commencent ligne 5. Elles sont précédées ligne 4 d'un identificateur de début de bloc ("DAT") et suivie d'un identificateur de fin de bloc ("FIN"). Elles sont écrites sous forme de flottants à 8 caractères, dont 2 après la virgule; 13 valeurs séparées par 2 blancs forment un record.

Le passage des valeurs acquises V_{acq} (en mV) aux valeurs réelles V_{reel} (en mV/100m et nTeslas) se fait grâce aux relations suivantes:

données telluriques:

$$V_{reel} = (V_{acq}/G) / L/100.) \quad \text{ou G est le gain} \\ \text{et L la longueur du dipôle}$$

données magnétiques:

$$V_{reel} = (V_{acq}/10.)$$

L'ensemble des données recueillies depuis maintenant 18 mois à Chichillianne a déjà fourni des signaux telluriques intéressants, c'est à dire non induits par les variations des composantes horizontales du champ magnétique. Grâce à ce réseau, on espère que des progrès significatifs pourront être faits dans l'étude des précurseurs telluriques des séismes.

BIBLIOGRAPHIE

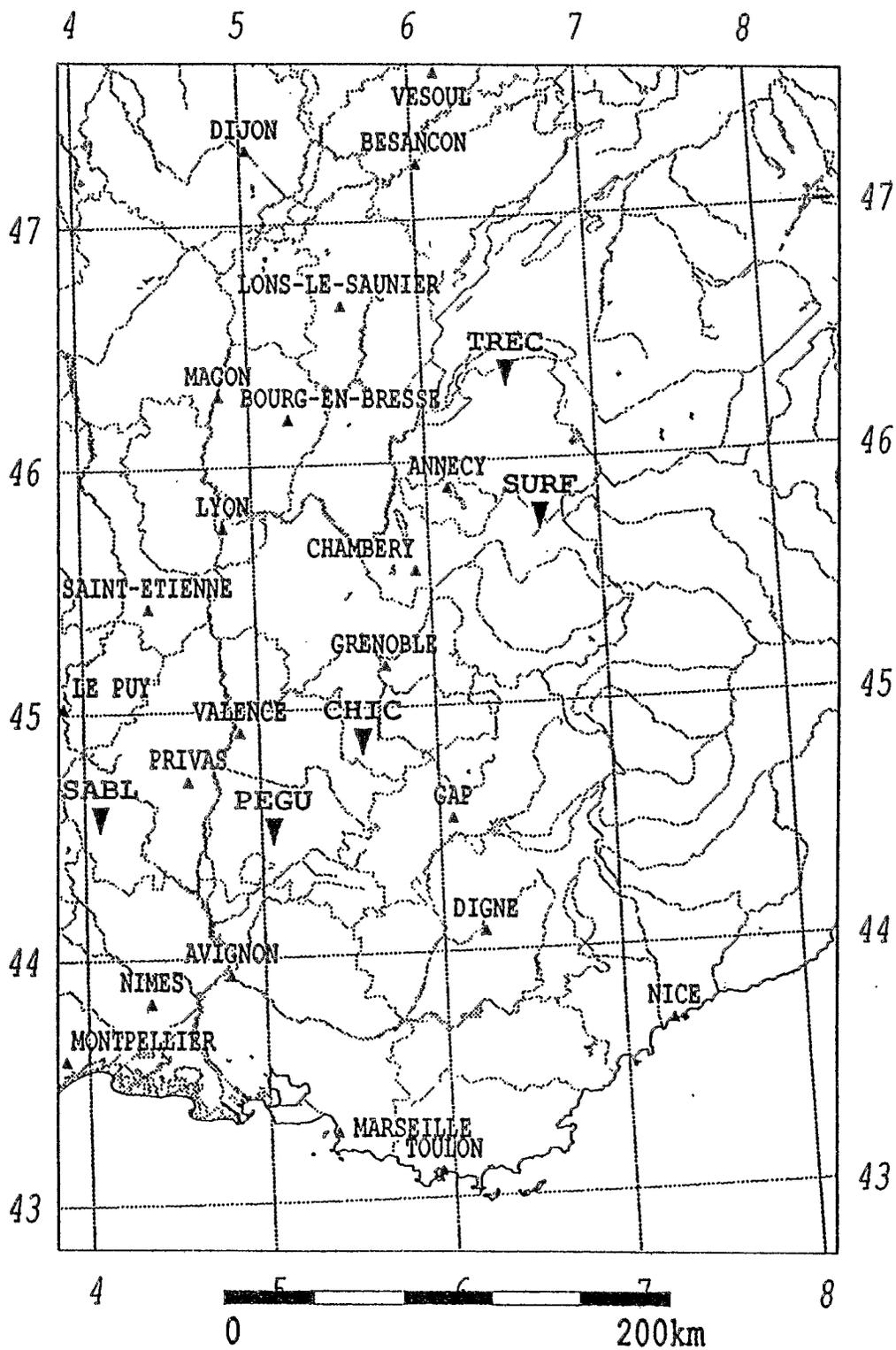
MARON C. : "Rapport de prospection des stations du Réseau V.A.N. dans le Région Rhône-Alpes.", octobre 1989, *L.D.G./n°389/89*.

MOSNIER J. & YVETOT P.: "Nouveau type de variomètres horizontaux à asservissement de champ et capteur capacitif.", 1977, *Annales de Géophysique*, **33**, fasc. 3, p. 391-396.

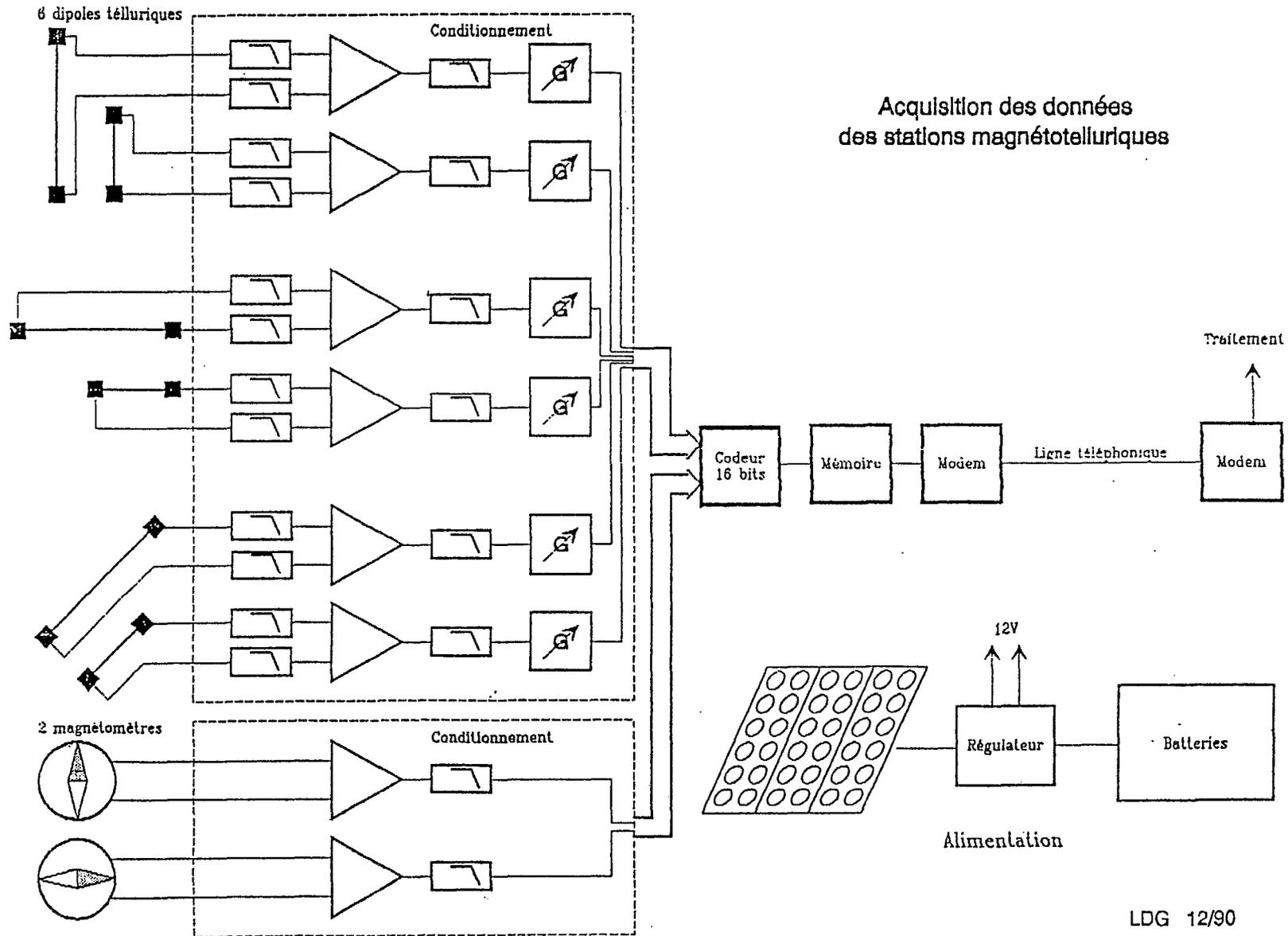
PETIAU G. & DUPIS A.: "Noise, temperature coefficient and long time stability of electrodes for telluric observation.", 1980, *Geophysical prospecting*, **28**, p. 792.

LES STATIONS MAGNETOTELLURIQUES

du L.D.G.



Acquisition des données des stations magnétotelluriques



**LA MESURE EN TEMPS REEL DU MOMENT SISMIQUE.
APPLICATION A LA PREVISION DES TSUNAMIS**

B. MASSINON

CEA - Laboratoire de Détection et de Géophysique
Section Sismologie et Géophysique Externe
B. P. 12 - 91680 BRUYERES LE CHATEL

MESURE DES SEISMES

Le système détecte les ondes P, localise l'épicentre et calcule le MOMENT SISMIQUE à travers la magnitude du manteau Mm. en champ proche, comme en champ lointain.

Une chaîne sismique trois composantes, longues périodes, large bande, à grande dynamique et un ordinateur compatible IBM PC avec logiciel associé.

Ce système a été développé sur des bases expérimentales et théoriques; il est simple, fiable et peu onéreux. Il ne comporte qu'une seule station sismique avec mesures en temps réel et acquisition automatique de données de haute qualité.

limites

- en distance:

- * mesures valables jusqu'aux distances de 3 degrés et moins (fonction de la magnitude du séisme),
- * pas de limite supérieure et traitement possible des passages multiples des ondes superficielles.

- en magnitude:

- * limite inférieure définie par le rapport signal à bruit (de l'ordre de 10^{17} N/m en champ lointain),
- * pas de limite supérieure, contrairement aux magnitudes classiques.

expérience

Elle s'appuie sur près de 300 déterminations du moment sismique.

Depuis 1988, les moments sismiques déterminés en temps réel par le Laboratoire de Géophysique à TAHITI sont les premiers à être publiés par le National Earthquake Information Center (USGS).

acquisition

Acquisition déclenchée de 3 voies large bande (1 à 300s), en double sensibilité et avec 120dB de dynamique chacune.

ESTIMATION DU RISQUE TSUNAMI

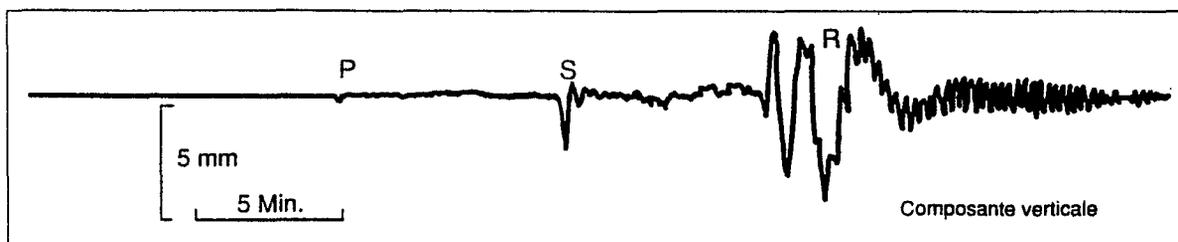
Basée sur la relation directe, théorique et expérimentale, entre moment sismique du séisme et amplitude du tsunami.

limites et expérience

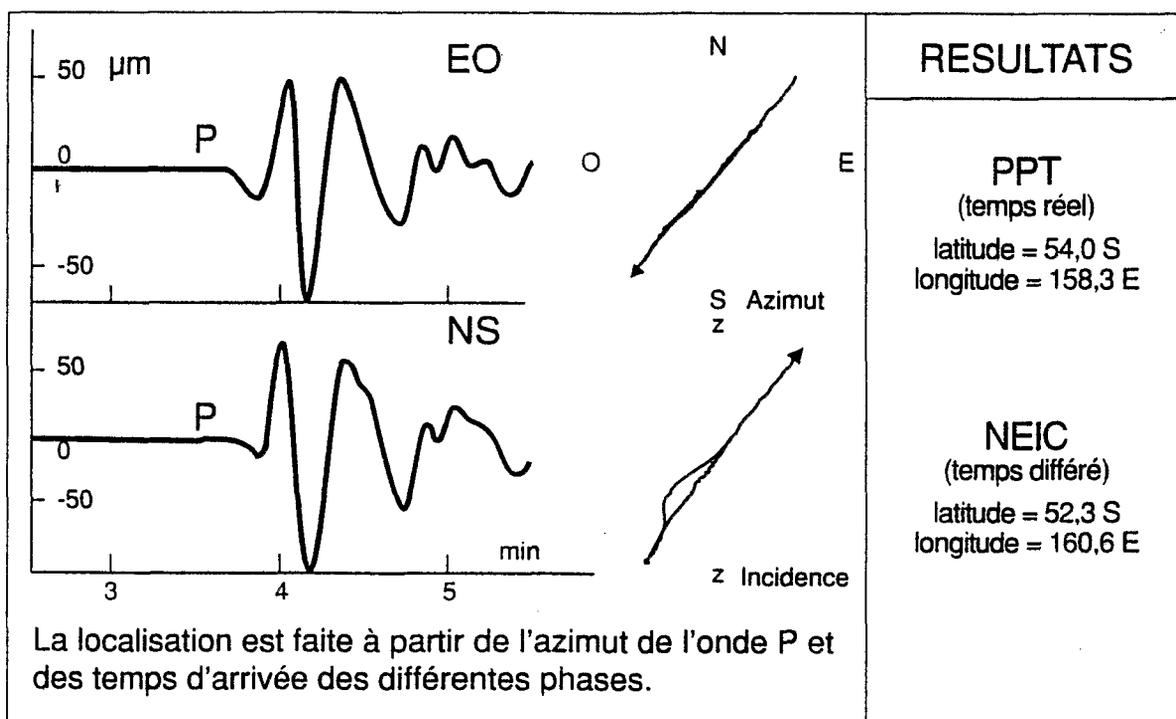
- **Pour ce qui concerne le domaine lointain**, des niveaux de risques ont été établis et le dispositif fonctionne depuis 1987 au Centre Polynésien de Prévention des Tsunamis (Taïti),
- **En champ proche**, les niveaux de risque doivent être définis en fonction de la sismicité locale et de la configuration des côtes à protéger.

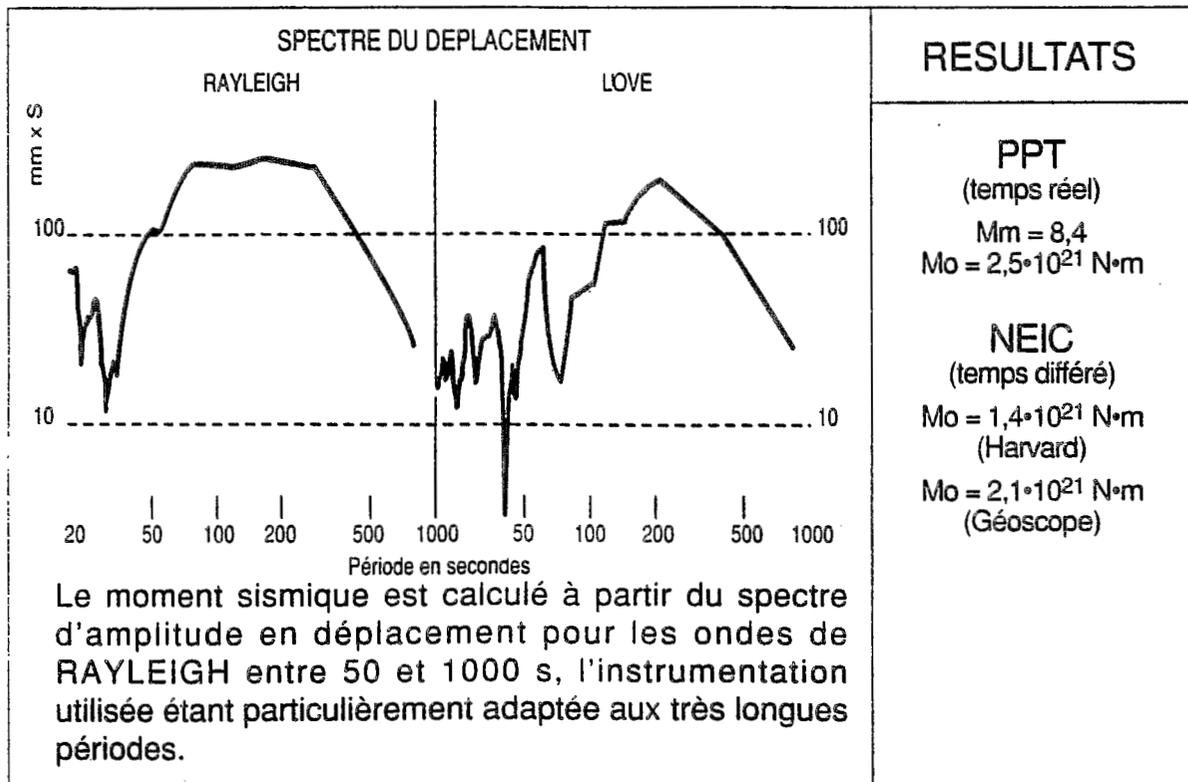
EXEMPLE DE CALCUL EN TEMPS REEL

Station large bande de Papeete (PPT)
Séisme des Iles MACQUARIES, 23 mai 1989



LOCALISATION



MOMENT SISMIQUE

Centre Polynésien de Préventions des Tsunamis C.P.P.T.
 Laboratoire de Géophysique- Commissariat à l'Energie Atomique
 B.P. 640 PAPEETE (Tahiti) - Polynésie Française
 Tél.: 689 42 80 25 Fax: 689 43 50 37 Tlx: 439FP

STATIONS DE MESURES TOPOGRAPHIQUES PAR GEODESIE SPATIALE

G. RUZIE

CEA - Laboratoire de Détection et de Géophysique
Section Sismologie et Géophysique Externe
B. P. 12 - 91680 BRUYERES LE CHATEL

UTILISATION

- Surveillance de l'évolution d'un site dans le temps: exemple, barrage, glissement de terrain, tectonique régionale.
- Positionnement d'un point isolé.

REFERENCE GEODESIQUE

- Satellites GPS

PRECISION

- En mesure relative entre 2 stations: 1 ppm

PRINCIPE

- On mesure la distance entre une station de référence supposée fixe et n stations mobiles en se référant à la constellation des satellites GPS.
- Le récepteur GPS mesure les pseudo-distances et la phase du signal émis par au moins 4 satellites. Les stations sont synchronisées entre elles par l'heure de référence GPS.
- Les calculs effectués à posteriori sur les données de pseudo-distances permettent d'éliminer la Sélective Availability (SA) et les erreurs de mesure. Ils s'effectuent en relatif sur les données de chaque station par rapport à la station de référence. Ils se basent sur le grand nombre de mesures et la répétabilité des séquences de mesures dans une même journée.

FONCTIONNEMENT DE LA STATION

- Une carte interface permet de gérer l'acquisition, le stockage et la restitution des données.
- Les stations sont télémétrées dans la bande 450 MHz par l'intermédiaire d'un modem vers une station "maître". L'ensemble des stations fonctionne sur la même fréquence (32 stations possibles).

- La station maître permet de programmer l'heure de début et de fin des séquences de mesures en fonction de l'almanach GPS reçu avec les corrections d'éphémérides dans le message GPS. Les heures de restitution des données sont également programmables.
- Pour limiter la consommation, la carte interface gère la mise en route et l'arrêt des différents appareillage de la station en fonction de ces heures.
- La transmission des données s'effectue à 4800 bauds,
- un contrôle des erreurs est assuré par la carte interface,

Consommations

- 167 wh par jour pour 5 heures d'interrogation,

Présentation

- Station simple portable sans télémétrie, données disponibles sur RS 232 C.
- Station autonome sur 2 panneaux solaires 45 W avec transmission VHF,
- Station intégrée enfichable sur repère topographique.

TRANSMISSION DE DONNEES

TABBAGH J. (CRG Garchy): Le Centre de Téléobservation Informatisée des Volcans.

VIODE J.P. (Obs. Vol. Montagne Pelée): Transmission de données par paquets X25.

TRAYNER C. (Univ. Essex): Système de télémétrie utilisant le Courrier Electronique (Email) par téléphone.

BUTTARD T. (LIG Chambéry): Réseau numérique de transmission hertzienne.

HOLL J.M. (IPG Strasbourg): SISMONET 90. Matériel de collecte de données par voie radioélectrique terrestre.

CENTRE DE TELEOBSERVATION INFORMATISEE DES VOLCANS

J. TABBAGH

Centre de recherche Volcanologique - Centre de recherche Géophysique
GARCHY
58150 POUILLY Sur LOIRE

Moyen commun à la communauté de la volcanologie, il prend en charge les données volcanologiques transmises par satellite (en particulier Argos)

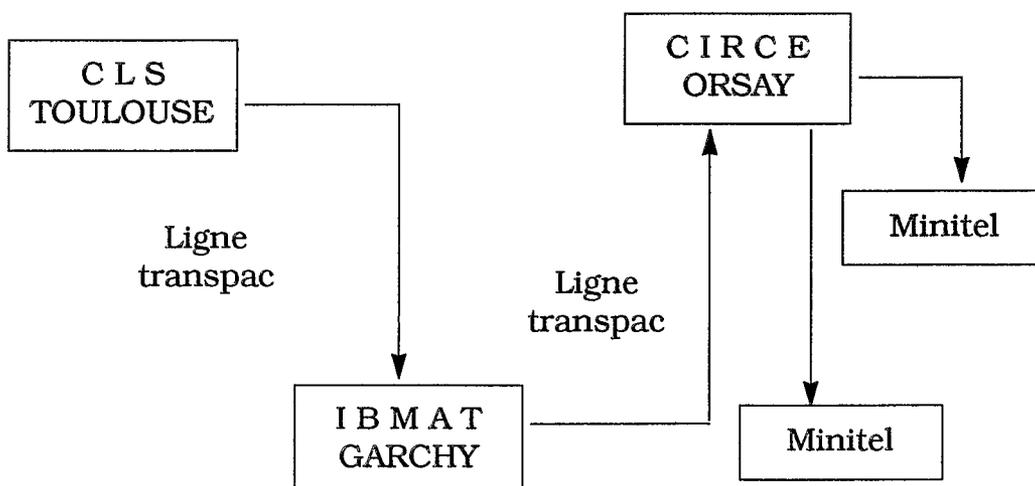
FONCTIONS ASSURES

- récupération quotidienne des données,
- traitement et mise en forme des données,
- mise à disposition quotidienne sur un outil le plus largement accessible, le minitel,
- gestion des données,
- suivi et observation quotidienne des données,
- archivage des données,
- envoi régulier des données sous forme graphique ou sur disquette en particulier aux pays concernés.

ETAT ACTUEL 10 balises prises en charge

Matthews et hunter (nouvelle Calédonie): orstom
 Nyos (cameroun) Sopotan (Indonésie): drm J.C. Sabroux
 Colina (Mexique))
 Momotombo (Nicaragua)) L I G
 Lac Taal (philippines))
 Djibouti : 3 balises I P G

FONCTIONNEMENT



Tous les matins 3 essais

- interrogation argos
- mise en forme des données
- sauvegarde de toutes les données
- envoi des données au circe
- traitement des données au circe

Tous les matins dès 9 heures chaque chercheur peut sous forme graphique accéder à toutes ses données y compris celles de la veille sur son minitel quelque soit la situation géographique du volcan et sans qu'il ait eu dans toute le chaîne de transfert une intervention humaine.

TRANSMISSION DES DONNEES PAR PAQUETS X25

J.P. VIODE

Obseatoire Volcanologique de la Montagne Pelée
97250 SAINT PIERRE - MARTINIQUE

Protocole X25 = recommandation du CCITT
Découpage du message en mots ou "Paquets"

FONCTIONNEMENT

Chaque paquet ou trame porte l'indicatif de l'expéditeur, celui du destinataire, et éventuellement ceux d'une à huit stations relais, qui peuvent être des stations de mesure du réseau.

LES AVANTAGES

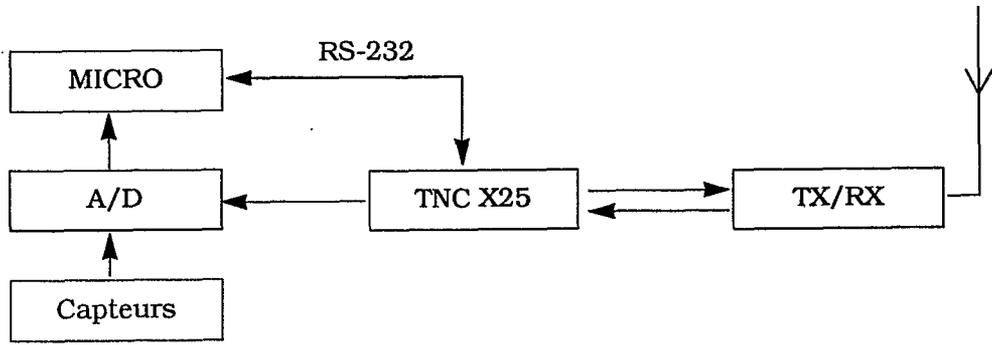
- Matériel disponible à faible prix,
- Vitesse élevée,
- Utilisation d'une seule fréquence radio pour un réseau,
- Toute station peut servir de relais "transparent",
- En cas de panne d'une station le routage peut être modifié pour assurer la liaison,
- Les messages peuvent être émis à la demande de la station de mesure ou bien par interrogation de la Station principale,
- Système adapté aux liaisons par "Microsatellites",
- Possibilité de travailler à des distances, transcontinentales sur des fréquences HF à 300 Bd.

LE MATERIEL

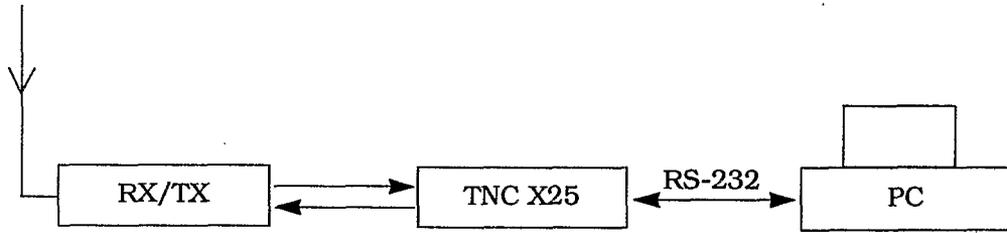
Côté station de mesure:

- une carte A/D,
- un micro-ordinateur,
- un TNC (modem AX25),
- un radiotéléphone VHF ou UHF,
- De nombreux TNC (Terminal Node Contrôle) existent sur le marché, certains ayant une BBS (Boîte à lettre électronique) incorporée.
- Quelques exemples:

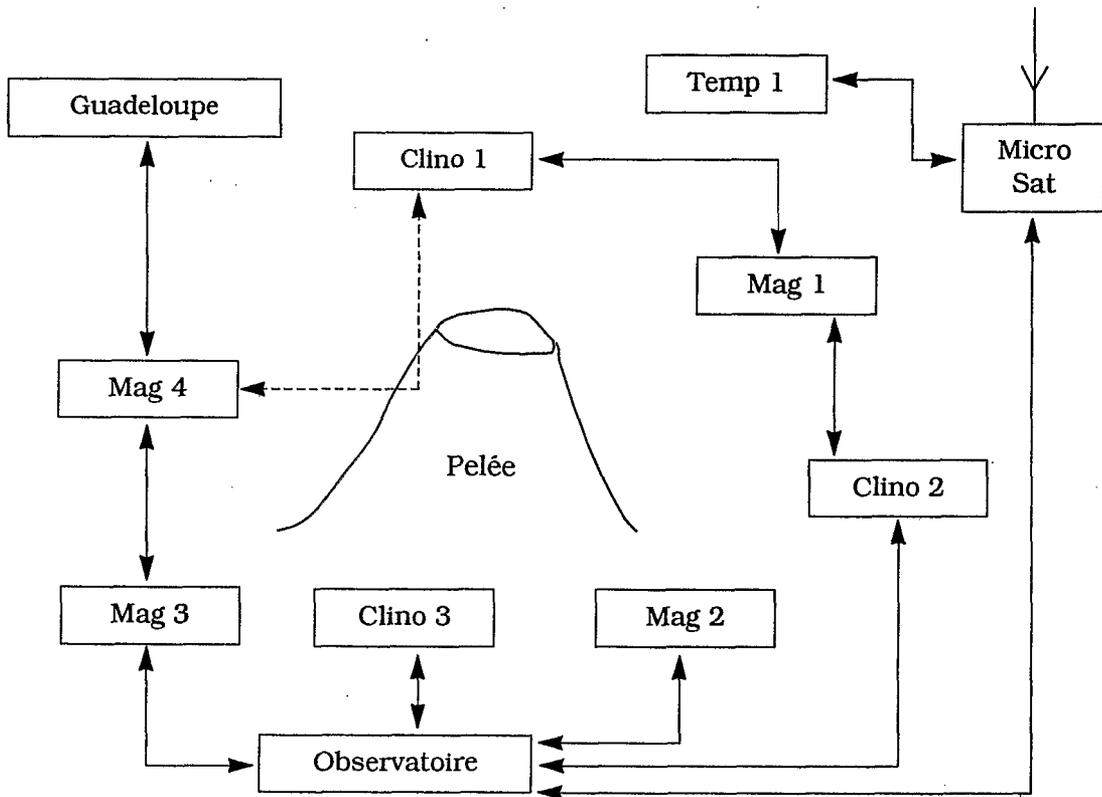
PK232 de AEA	Chez GES
KAM de Kantronics	GES
MFJ 1270	
HK-21 Heatkit (CMOS)	
TINY-2 PAC COM (1640 Frs)	ROUSSELLE
Micropower-2 de PAC COM (CMOS)	ROUSSELLE
DSP-12 (8 chanteaux A/D incorporés)	GRACE COMMUNICATION
Cartes TNC enfichables sur PC.	



Station de surveillance géophysique



Station observatoire émission et réception de données



Exemple de réseau de transmission de données par paquets

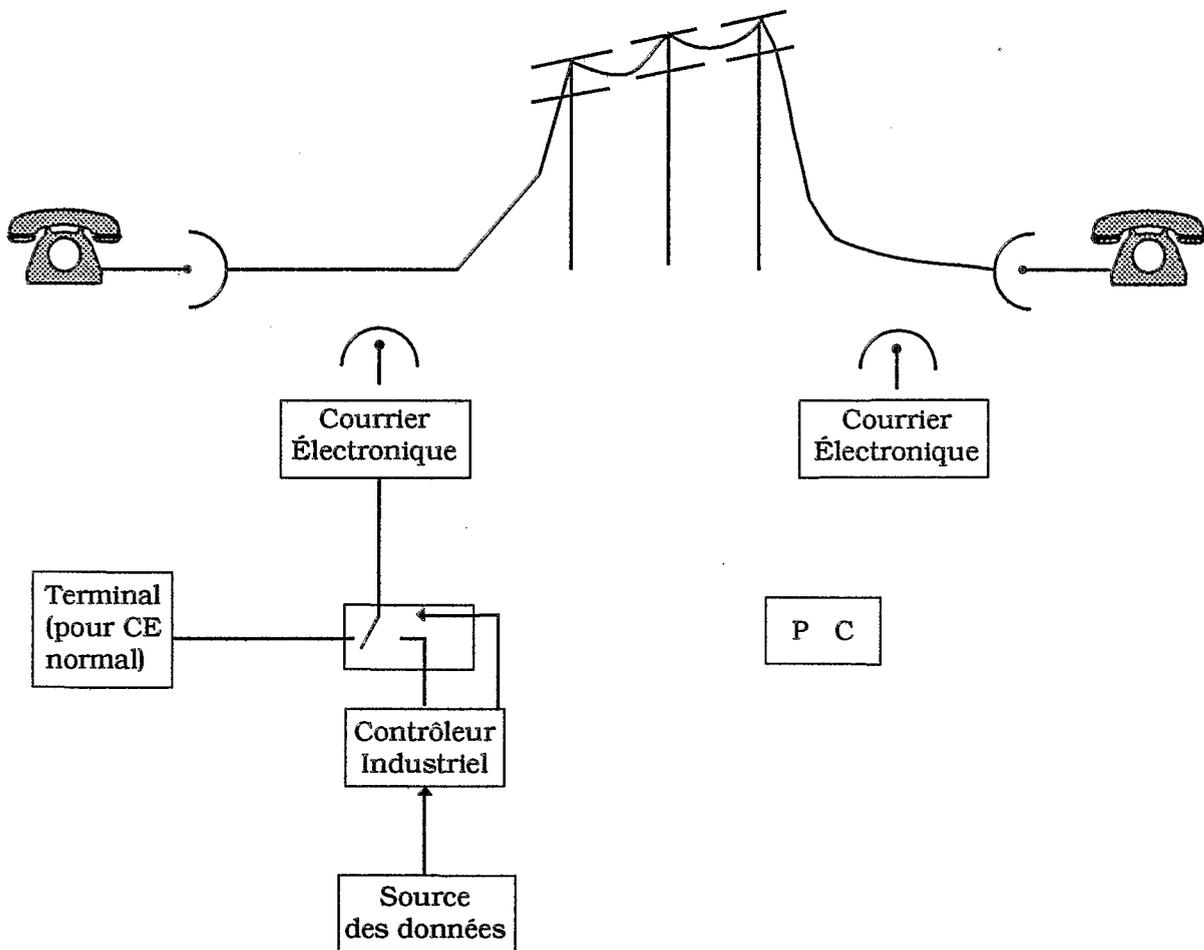
SYSTEME DE TELEMETRIE UTILISANT LE COURRIER ELECTRONIQUE (EMAIL) PAR TELEPHONE.

CHRIS TRAYNER

Physics Dept., Essex University, Grande Bretagne

CARACTERISTIQUES: Système numérique; débit de données moyen; coût raisonnable.

Ce système utilise le Courrier Electronique (CE) qui lui-même utilise le réseau commuté du téléphone. Les données sont transmises pendant la nuit (à meilleur marché) et non pas en temps réel.



Le matériel de CE peut être acheté, ainsi que quelques logiciels de gestion qui contrôlent les erreurs de transmission et les retransmissions en cas d'erreur. Un équipement téléphonique (MODEM, etc...) est requis. Implémentation des protocoles de communication.

Démarches administratives : permission pour raccord aux lignes PTT.

MODE DE FONCTIONNEMENT

Emetteur: Le contrôleur industriel reçoit les données pendant le jour. A l'exception de traitements compliqués, cet ordinateur peut être simple et bon marché. Une fois par nuit, le contrôleur construit un message et dépose ce fichier ASCII dans la boîte à lettre du CE. Quelques minutes plus tard, le CE transmet ce message au récepteur.

Récepteur: Un terminal simple peut recevoir du CE les messages; étant textuels, ils peuvent être imprimés directement. L'avantage d'utiliser un IBM PC est de pouvoir transférer les message sur le disque dur, ce qui permet de les examiner, imprimer, analyser, etc...

CONTACT

Chris Trayner
Physics Département
Essex University
Colchester
Essex CO4 3SQ
Grande Bretagne

Tel: 44 206 872826
FAX: 44 206 873598
EMail: clank@sx.ac.uk

DISPONIBLES

Description plus détaillée (actuellement seulement en anglais).

Software et détails de hardware pour le contrôleur.

Information chez les fabricants de système de CE (ME-série de Mallard concepts, Brixham, GB)

RESEAU NUMERIQUE DE TRANSMISSION HERTZIENNE

Thierry BUTTARD

Laboratoire d'Instrumentation Géophysique
 Université de Savoie -Campus Scientifique
 73376 LE BOURGET DU LAC Cedex

Le thème de la recherche est la réalisation d'une balise de transmission numérique permettant la gestion d'un réseau de télécommunication hertzien.

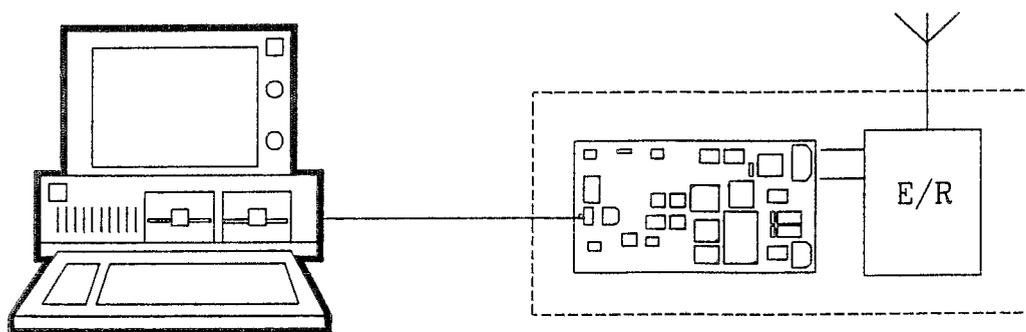
PRESENTATION

Une balise se compose d'un Emetteur/Récepteur radio (Talkie-Walkie) et d'une carte électronique.

La réalisation du système radio ne fait pas partie du projet: la carte électronique peut se connecter facilement avec la plupart des Emetteurs/Récepteurs utilisés pour la radiocommunication privée.

La carte peut être utilisée par tous les types de terminaux (PC, etc...) via une liaison série normalisée.

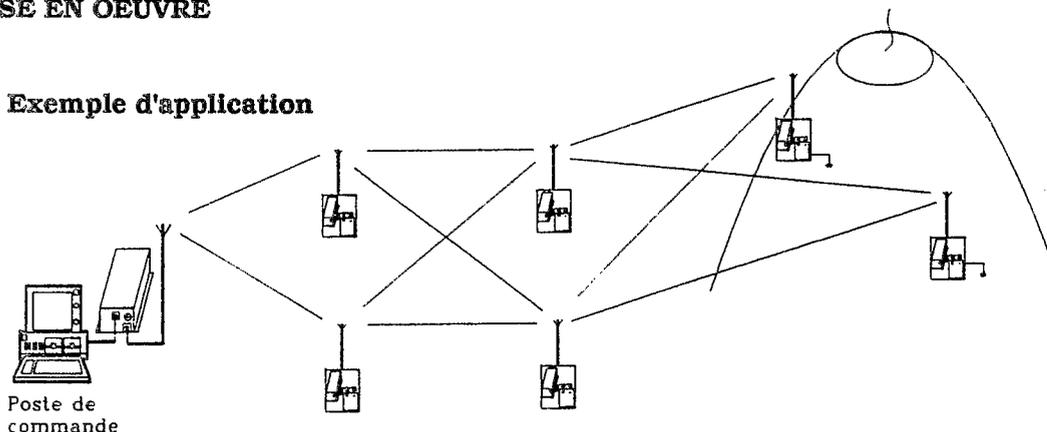
Le rôle (matériel et logiciel) de la carte est de contrôler le dialogue entre le terminal et la balise, et de gérer l'accès au canal radio.



BALISE RADIO

MISE EN OEUVRE

1 - Exemple d'application



Poste de commande

Surveillance d'un volcan

Ce dessin illustre assez fidèlement le style de travail effectué par le LIG.

On constate que la topologie du réseau est assez compliquée, car afin d'améliorer la fiabilité du système, on double toutes les liaisons pour offrir une bonne transmission, même si un relais tombe en panne. Pour assurer cette redondance, la gestion de l'accès au canal radio et du chemin à parcourir doit-être effectuée par chaque balise, en fonction de la topographie de l'ensemble.

Enfin, à cause de l'atmosphère chimique particulièrement néfaste qui entour le volcan, les boîtiers doivent subir des traitements particuliers.

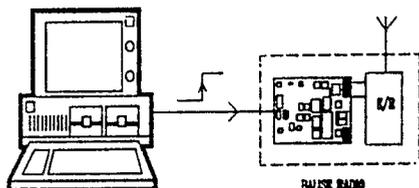
2 - Conséquences

2.1 - Consommation ultra-faible

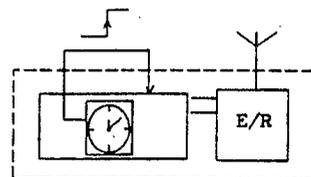
Pour être intégré facilement dans des systèmes de communication sans fil de terrain, alimentés par batterie et/ou panneaux solaire, le système est doté de dispositifs permettant l'arrêt partiel ou complet de certains de ses composants.

- Etat de sommeil:

Dans cet état, l'Emetteur/Récepteur radio et l'électronique sont complètement éteints. L'ensemble peut-être réveillé sur commande du terminal ou par l'horloge temps réel (sauvegardée sur batterie) qui est intégrée dans la carte.



Réveil par le terminal



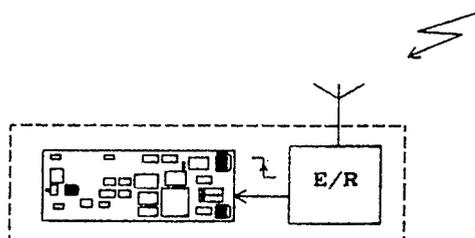
Réveil par horodateur

Possibilités de réveil

L'utilisation de l'horloge permet de gérer le mode de fonctionnement cyclique (ou par rendez-vous) décrit précédemment.

- Etat de veille

L'Emetteur/Récepteur radio est sous tension, mais seuls quelques modules fonctionnent normal sur détection d'activité du canal radio, ou bien entendu, sur commande du terminal ou de l'horloge temps réel.



Réveil sur activité radio

Il existe de nombreuses possibilités de passage d'un état à l'autre afin de répondre aux différents types d'applications.

2.2 - Encombrement et endurance

- Encombrement:

La balise est présentée dans un coffret d'encombrement réduit intégrant la radio et la carte de traitement des données.

Hauteur: 69 mm
 Largeur: 105 mm
 Profondeur: 170 mm
 Poids de l'ensemble: 700 g

Ces dimensions ont été choisies afin d'utiliser des formats standards (carte et boîtier), et parce que les contraintes de poids et de dimensionnement sont importantes dans les applications télémesures.

Pour pallier à l'inexistence de moyens de transport, les balises devront être légères. Une fois installé le système sera camouflé pour minimiser les risques de vandalisme.

Du fait de ses exigences, la carte électronique qui a été développée, utilise la technologie CMS (Composant Monté en Surface) pour améliorer l'intégration.

- Endurance:

L'environnement de travail des balises est souvent difficile: températures élevées (volcan), faibles (montagne), atmosphère polluée (gaz, fumé, humidité).

Pour s'affranchir au mieux de ces contraintes, la balise a une température de fonctionnement variant de -20°C à $+55^{\circ}\text{C}$, et son boîtier répond à la classe de protection IP65 (protection totale vis à vis des poussières, étanchéité complète). Lors d'une utilisation à caractère vulcanologique il faudra en supplément effectuer un traitement spécial du boîtier afin d'offrir une protection contre la corrosion.

2.3 - Transmission conforme aux normes internationales

Les applications de télémesure sont nombreuses, aussi bien en France qu'à l'étranger. Au niveau international il existe une réglementation de l'espace hertzien; celle-ci s'applique sur les radios et les systèmes de transmission.

- Module radio:

On utilisera des portatifs (talkie-walkie à usage professionnel) travaillant avec des puissances d'émission de 0,5 à 5 Watts. La porteuse radio se situe dans la bande UHF (450 Mhz) en raison des qualités de propagation propres à cette largeur de bande. La largeur du canal est de 12,5 k Hertz (norme internationale).

Le mode de fonctionnement du portatif est à l'alternat car conçu pour la transmission de parole.

- Protocole de transmission:

Une spécification adaptée aux transmissions numériques par voie radio est imposée en France par le CNET qui réglemente l'utilisation du canal hertzien. Ses principales caractéristiques sont les suivantes:

transmission synchrone par modulation de phase à 1200 bauds, avec protection des données par code détecteur et correcteur d'erreurs.

2.4 - Resistance a l'erreur

Le modem doit être très résistant aux erreurs de transmission provenant soit de conditions radio-électriques perturbées, soit d'une utilisation intempestive de la fréquence par des Emetteurs/Récepteurs en phonie.

Si les balises sont employées à l'intérieur d'une structure de type réseau, il sera nécessaire de les nommer de manière unique afin de les distinguer les unes des autres, et pour éviter que des intervenants externes n'accèdent au système.

Dans le cas extrêmes pour lesquels la fiabilité de la liaison est primordiale, on utilisera comme dans l'exemple de surveillance de volcan, des balises de secours chargées de répondre aux défaillances de la liaison prioritaire.

ANALYSE DE LA GESTION DU RESEAU RADIO

1 - Introduction

Pour pouvoir répondre aux besoins développés précédemment, on constate qu'il va falloir gérer de manière efficace l'accès au canal radio, en détectant les occupations indésirables, les erreurs dues aux conditions externes ou aux correspondances non désirées.

La complexité de la gestion des communications dépend évidemment de la forme du réseau.

Quoi qu'il en soit, avant de régir un système multi-points, il faut déjà résoudre tous les problèmes concernant le dialogue entre deux balises.

2 - Les procédures de gestion du dialogue entre deux balises

Suivant les besoins et l'intelligence du terminal connecté à la balise, différents protocoles de communication sont utilisables.

Dans tous les cas, la balise contrôle en permanence la porteuse radio et n'autorise l'émission de données que si le canal est disponible.

- Protocole de transmission liaison de données

Afin de résoudre efficacement tous les problèmes de communications existants entre deux balises, un protocole orienté caractère a été développé.

Ce protocole assure, la détection d'erreur, la correction d'erreur par retransmission des trames erronées.

De plus, il intègre une sous-couche de contrôle de l'accès au canal originale qui permet de limiter les risques de collisions.

3 - Présentation des contraintes réseaux

- L'adressage

Les adresses de réseau forment le moyen d'identifier de manière unique chacun de ses utilisateurs. Une fonction d'établissement et de libération de connexion de réseau peut être nécessaire pour transférer des paquets de données entre deux utilisateurs identifiés par

leurs adresses réseaux; une connexion de réseau pouvant être du type point à point ou multipoint.

- Contrôle de congestion

Un réseau risque d'être congestionné si le taux d'utilisation de ses ressources (mémoires tampons des noeuds, liaisons entre noeuds) devient trop élevé. En effet si on fait croître la charge du réseau (en augmentant le nombre de paquets envoyés), son débit, mesuré par le nombre de paquets acheminés à destination par unité de temps, peut fortement décroître et la performance du réseau est alors très dégradée.

- Le routage

Chaque noeud du réseau possède une table de routage, ou table d'acheminement, qui lui permet d'aiguiller les données vers la bonne liaison de sortie, en fonction de l'adresse de l'extrémité de destination.

Ces tables de routage peuvent être constantes ou variables. Dans ce dernier cas, les changements de routage peuvent intervenir à la suite d'une panne de liaison, d'un changement de configuration du réseau, etc... Le routage est alors dit adaptatif.

De plus, la responsabilité de la mise à jour peut être réservée à un centre de commande unique ou au contraire distribuée entre tous les noeuds.

Les notions explicitées auparavant sont bien sûr liées les une avec les autres.

Par exemple le routage et le contrôle de congestion ne sont pas indépendants: un mauvais choix de routage peut entraîner une congestion, en exigeant trop de mémoires tampons dans certains noeuds. Inversement, une situation de congestion peut impliquer des modifications de routage.

SISMONET 90. MATERIEL DE COLLECTE DE DONNEES PAR VOIE RADIOELECTRIQUE TERRESTRE

J.M. HOLL

Institut de Physique du Globe de Paris
5, rue René Descartes - 67084 STRASBOURG Cedex

Cet équipement permet la concentration d'un maximum de 16 voies de mesures sur liaisons synchrones ayant des débits de 2400 jusqu'à 19200 bits/seconde. Le code en ligne est du NRZ brouillé.

Les différentes cartes électroniques se connectent sur un bus en fond de panier. Il existe actuellement les fonctions suivantes:

- Accès digital: permet l'introduction d'un mot déjà digitalisé par ailleurs ou d'un mot géré bit à bit (signaux horaires par exemple)
- Mux-D: Multiplexeur digital et sérialiseur suivi d'un filtre de bande de base.
- Synchrobit: Récupération horloge et régénération datas à l'arrivée d'une liaison câble ou radio. Sert également à la régénération du message entre récepteur et émetteur sur un relais simple.
- Synchrotrame: remise en parallèle des mots de mesure et stockage en mémoire barillet.

Le multiplexage est plésiochrone. Les mots de justification permettent d'acheminer depuis chaque noeud un certain nombre de données de contrôle ou de surveillance.

En chaque site peuvent être multiplexées des arrivées radio, câbles ou des acquisitions locales. Les données sont fournies sous forme parallèle à un ordinateur type PC.

En version standard chaque voie de mesure utilise 1200 b/s soit 75 points/seconde avec une quantification sur 14 bits. Le flux final maximum pour 16 voies est alors de 19200 b/s. Pour les réseaux nécessitant une bande passante supérieure il est possible de doubler tous les débits pour arriver à un flux final équivalent à 38400 b/s.

Les technologies tout numérique éliminent toutes dégradations habituelles aux transmissions analogiques tels que distorsions, bruits, diaphonies mais exigent un matériel radio spécifique (modulation de fréquence vraie) et des liaisons soigneusement établies (pas d'obstacle ou de fortes réflexions).

Un matériel radio compatible est disponible.

ACQUISITION ET STOCKAGE DE DONNEES

PAMBRUN C. (IPG Paris) : Système d'acquisition de données utilisant des cartes "PC".

CANTIN J.M. (EOPG Strasbourg) : Du capteur aux banques de données. Techniques d'instrumentation en géophysique.

Acquisition de signaux en sismologie large bande.

Acquisition de signaux lents, magnétisme, MT.

SYSTEME D'ACQUISITION DE DONNEES UTILISANT DES CARTES "PC"**C. PAMBRUN**

Institut de Physique du Globe de Paris
4, place Jussieu - 75005 PARIS

Pour répondre aux demandes de systèmes d'acquisition évolutifs économiques, dotés de grandes capacités de stockage, et de faible coût de développement, il a été utilisé des monocartes "PC" comportant toutes les interfaces d'un micro-ordinateur: série, parallèle, disquettes, disque dur, visu. Le bus "PC" a été transposé sur un format normalisé (Europe), et les logiciels sont développés sur tout ordinateur compatible dans n'importe quel langage.

Diverses cartes au format 100x160 mm ont été développées :

- Carte de conversion A/N 16 voies 12 bits,
- Carte minuterie-chien de garde et horloge ultra stable,
- Carte ampli à 8 voies différentielles,
- Carte interface parallèle.

Plusieurs ensembles, conditionnés dans des bacs à cartes 3U et des valises étanches ont été installés sur des magnétomètres vectoriels et des lignes telluriques tant au Piton de la Fournaise à la Réunion qu'à Djibouti.

Les évolutions futures verront l'utilisation de processeurs et de mémoires Cmos statiques permettant de contrôler la consommation en faisant varier la vitesse de l'horloge.

Les supports de mémoire de masse amovibles et de grande capacité se généralisent, utilisant les lecteurs de disquettes, les cartes mémoires amovibles (avec ou sans contacts), ou les disques durs dont les dernières versions ($2^{1/2}$) s'avèrent robustes et peu consommantes.

**DU CAPTEUR AUX BANQUES DE DONNEES.
TECHNIQUES D'INSTRUMENTATION EN GEOPHYSIQUE.**

J.M. CANTIN

Université Louis Pasteur (Strasbourg 1)
Institut de Physique du Globe de Strasbourg
Ecole et Observatoire de Physique du Globe
5, rue Descartes - 67084 STRASBOURG Cedex

- Acquisition de signaux en sismologie large bande.
- Acquisition de signaux lents, magnétisme, MT.

Dans les domaines de la sismologie et du Géomagnétisme les observatoires français font partie de réseaux mondiaux:

- GEOSCOPE pour la sismologie large bande.
- INTERMAGNET pour les variations du champ magnétique terrestre.

LA SISMOLOGIE

En sismologie les objectifs principaux du réseau GEOSCOPE sont de mieux connaître les mécanismes de rupture au foyer des séismes, de fournir des images de la répartition des vitesses des ondes sismiques et de l'anisotropie à l'intérieur du globe ainsi que de préciser certains paramètres physiques intervenants dans les études de tectonique globale et du risque sismique.

LE GEOMAGNETISME

Les données recueillies dans les observatoires magnétiques sont utilisées d'une part pour caractériser l'activité magnétique d'origine externe (enregistrement des variations temporelles avec transmission éventuelle des informations en temps quasi réel) et d'autre part pour décrire l'évolution à plus long terme d'origine interne (variation séculaire).

L'ELECTROMAGNETISME

Depuis 1988 un programme de recherche associe l'étude des variations magnétiques et celle des variations des potentiels telluriques, l'objectif de ce programme étant de préciser la distribution de la résistivité électrique de la croûte et du manteau supérieur.

LES OBSERVATOIRES ET STATIONS

Dans le cadre de ces programmes l'Ecole et Observatoire de Physique du Globe de Strasbourg (EOPG) a la responsabilité scientifique directe de quatre observatoires magnétiques et sismologiques permanents et de deux stations magnéto-telluriques implantés dans le territoire des Terres Australes et Antarctiques Françaises (T.A.A.F.) ainsi

que d'une station sismologique large bande en métropole. L'EOPG maintient en collaboration (ORSTOM, Université d'Evanston) quatre autres stations sismologiques large bande ainsi que des stations temporaires et participe à l'équipement de l'observatoire magnétique de Tananarive.

LES EQUIPEMENTS

Au cours de la période 1987-1991 différents matériels d'acquisition de données ont été étudiés et réalisés à l'EOPG dans le cadre de ces programmes. Ces dispositifs ont été développés en tenant compte des caractéristiques propres des réseaux mais aussi des spécificités des sites d'installation généralement isolés. De plus la simplification de la gestion et de la maintenance des équipements a été recherchée par une standardisation des matériels aussi élevée que possible.

On peut donc résumer ainsi les critères de base adoptés :

- simplicité de la mise en oeuvre et de la maintenance.
- rationalisation des matériels.
- consommation réduite.
- coût modéré permettant la duplication des équipements et d'assurer ainsi la continuité des observations.
- souplesse du logiciel d'acquisition.
- détermination continue et précise du temps absolu.
- respect des spécifications du réseau Géoscope ou du réseau Intermagnet.

Les fiches techniques jointes précisent les caractéristiques des différentes versions en service dans les observatoires ou stations gérées par l'EOPG. Au total une trentaine d'équipements sont actuellement en fonctionnement permanent dans l'une des trois versions présentées.

LE DEVELOPPEMENT EN COURS

Une version avec convertisseur 20 bits à filtrage numérique, présentée au colloque "Techniques d'Instrumentation en Géophysique" à Aussois en juin 1991, est en cours d'achèvement. La fiche technique correspondante sera diffusée ultérieurement.

REFERENCES

- PILLET R., CANTIN J.M. & ROULAND D (1990) - Acquisition numérique pour sismomètre large bande - *Géodynamique*, **2**.
- CANTIN J.M., BITTERLY J., BURDIN J., FOLQUES J., PILLET R., BITTERLY M., GILBERT D., MENVIELLE M., & CLERG G (1991) - Récent développement of the instrumentation in French, Antarctic observatories - *Geophysical transactions* (1991), **36**, (3-4), p. 239-259.

ACQUISITION SISMOLOGIQUE LARGE BANDE (*)

SERVICE DES OBSERVATOIRES SISMOLOGIQUES

Ce matériel équipe les stations sismologiques large bande de l'E.O.P.G.S. et en particulier celles du réseau français Géoscope placées sous sa responsabilité ainsi que divers observatoires de l'ORSTOM.

DESCRIPTION

Les signaux délivrés par les sismomètres de type Wielandt Streckeisen sont numérisés à un rythme spécifique à la nature du signal (BRB, HGLP, VLP, POS). Le signal BRB peut, selon la configuration logicielle, être enregistré uniquement sur détection. Ce matériel comporte un ordinateur de type PC-XT compatible. Une carte au format PC-XT assure l'intégralité des fonctions nécessaires à l'acquisition:

- Horloge temps réel stable.
- Amplification.
- Conversion Analogique/Numérique.

LOGICIEL

Le logiciel comporte un module assembleur et un module "basic" compilé. Le module assembleur effectue les tâches temps réel d'acquisition des mesures et de contrôle de la marche de l'horloge.

Rythmes d'acquisition dans la configuration standard:

- signaux BRB, 5 points /s,
- signaux HGLP, 1 point /s,
- signaux VLP, 1 point /10 s,
- signaux POS, 1 point /mn,

Le module "basic" effectue les tâches asynchrones du temps:

- enregistrement des données sur le support,
- contrôle de l'enregistrement,
- calcul de début et de fin de détection d'événement,
- durée de signal BRB, précédent la détection, sauvegardé: 25 mn,
- impression des messages de contrôle sur l'imprimante raccordée par la liaison série (COM2) ou parallèle (PRN).

(*) Réalisation E.O.P.G.-O.R.S.T.O.M.

PILLET Robert, CANTIN Jean-Michel, ROULAND Daniel - ACQUISITION NUMERIQUE POUR SISMOMETRE LARGE BANDE - *Géodynamique*, n° 2, 1990.

ENREGISTREMENT DES DONNEES

Sur enregistreur 3M type Floppy-Tape se connectant sur le bus des disquettes, format 3,5 ":

- cartouches type DC2000,
- capacité 33 Mo,
- autonomie environ 1 mois avec BRB en détection.

CARACTERISTIQUES DE LA CARTE D'ACQUISITION

Horloge temps réel d'acquisition :

- pilotée par TCXO de fréquence 4.194.304 Hz stabilité non corrigé (0° à 50°) < 50 ms/jour, avec correction logicielle, dérive < 10 ms/jour,
- entrée top référence de temps, résolution de mesure de l'écart de temps: 1 ms.

Conversion A/N.

- 16 voies d'entrées différentielles,
- Amplificateur programmable de gain 1 à 1024 avec 11 niveaux de gain de rapport 2,
- Convertisseur A/N à approximation successives de 12 bits pour +/-10 V,
- résolution 5 mV à 5 µV selon le gain.

Nota : pour chaque échantillon le logiciel détermine le gain maximum à utiliser avant conversion finale.

Rythme d'échantillonnage configurable par logiciel pour chaque voie :

0,1s - 0,2s - 0,5s
1s - 2s - 5s - 10s - 20s - 30s - 60s.

ALIMENTATION

- Consommation : 15W - 24V,
- Batterie Pb étanche : 24V - 6 Ah interne,
- Chargeur externe.

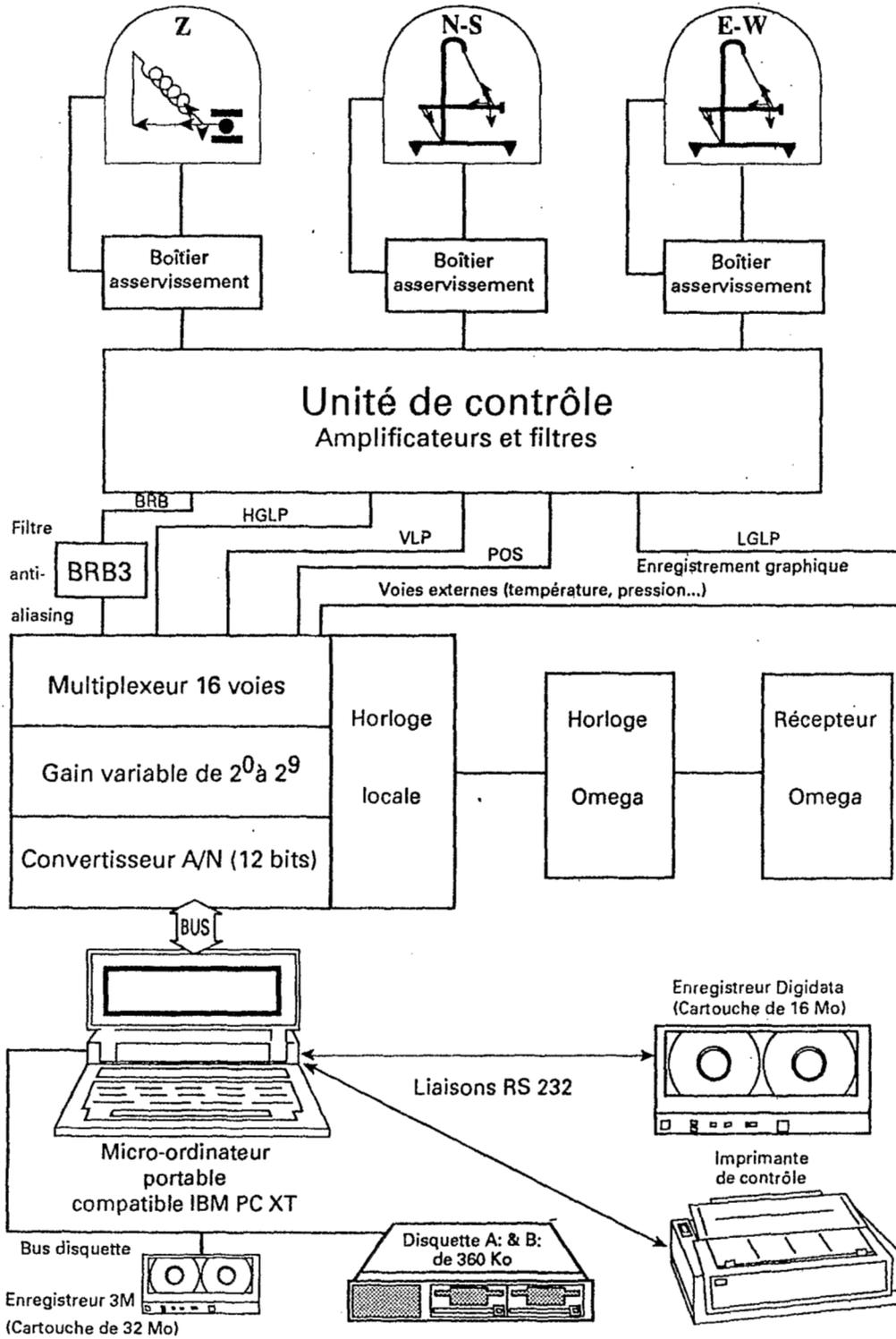
PRESENTATION DU MATERIEL

Coffret 3u comportant :

- alimentation (batterie et régulation +5V et +12V),
- bus d'extension PC, 5 emplacements,
- enregistreur 3M - floppy-tape,
- boîtier de raccordement des signaux,
- filtre d'échantillonnage des signaux BRB.

PC portable XT.

SISMOMETRES 3 COMPOSANTES



STATION SISMOLOGIQUE LARGE BANDE EOPGS/ORSTOM

ACQUISITION DE SIGNAUX MAGNETIQUES ET TELLURIQUES:

version O-MT (*)

SERVICE DES OBSERVATOIRES MAGNETIQUES

Ce matériel équipe les stations magnéto-telluriques des îles de Kerguelen et de Crozet (T.A.A.F.). On enregistre, sur un même support, les variations temporelles du champ magnétique et les variations des potentiels telluriques.

DESCRIPTION

Les signaux enregistrés proviennent de plusieurs types de capteurs:

- variomètre tri-axial à vanne de flux VFO 31 (Thomson Sintra D.A.S.M.),
- lignes telluriques avec électrodes impolarisables,
- capteurs à induction et contre-réaction de flux (option).

Cette acquisition comporte un ordinateur de type PC-XT compatible.

Une carte au format PC-XT assure l'intégralité des fonctions nécessaires à l'acquisition:

- horloge temps réel stable,
- Amplification,
- Conversion Analogique/Numérique.

LOGICIEL

Le logiciel comporte un module assembleur et un module basic compilé. Le module assembleur effectue les tâches temps réel d'acquisition des mesures et contrôle de la marche de l'horloge.

Rythmes d'acquisition dans la configuration standard:

- toutes les voies : 1 pt/mn, valeur moyenne. de 300 mesures,

en option:

- toutes les voies : 1 pt/2s, valeur instantanée.

Le module "basic" effectue les tâches asynchrones du temps:

- enregistrement des données sur le support,
- contrôle de l'enregistrement,
- impression des messages de contrôle sur l'imprimante raccordée par la liaison série (COM2 :) ou parallèle (PRN).

(*)J.M. CANTIN et Al. - RECENT DEVELOPPEMENTS of the INSTRUMENTATION IN FRENCH ANTARCTIC MAGNETIC OBSERVATOIRES, *Geophysical Transactions*, 1991.

ENREGISTREMENT DES DONNEES

Pour les données 1 pt/mn:

- disquette 3,5",
- 720 ko, autonomie 1 mois.

Pour les données 1 pt/2s (option): enregistreur 3M type Floppy-Tape se connectant sur le bus des disquettes, format 3,5":

- cartouches type DC2000,
- capacité 33 Mo, autonomie 1 mois.

CARACTERISTIQUES DE LA CARTE D'ACQUISITION.

Horloge temps réel d'acquisition:

- pilotée par TCXO de fréquence 4.194.304 Hz stabilité non corrigé (0' à 50') < 50 ms/jour. avec correction logicielle, dérive <10 ms/jour,
- entrée top référence de temps.

conversion A/N

- 16 voies d'entrées différentielle,
- amplificateur programmable de gain 1 à 1024 avec 11 niveaux de gain de rapport 2,
- Convertisseur A/N à approximation successives de 12 bits pour +/-10 V,
- résolution 5 mV à 5 μ V selon le gain.

Nota : pour chaque échantillon le logiciel détermine le gain maximum à utiliser avant conversion finale.

Rythme d'échantillonnage configurable par logiciel pour chaque voie :

0,1s - 0,2s - 0,5s,
1s - 2s - 5s - 10s - 20s - 30s - 60s.

CONDITIONNEMENT DES SIGNAUX

Protection des préamplificateurs des lignes telluriques:

- par filtre HF contre les émissions radio- électriques,
- par éclateur contre les surtensions.

Protection des filtres des signaux telluriques:

- amplificateur à isolement galvanique.

Tous les signaux traversent un filtre anti-repliement avant conversion, $F_c = 10s$, ordre 4, 24 db/octave.

ALIMENTATION.

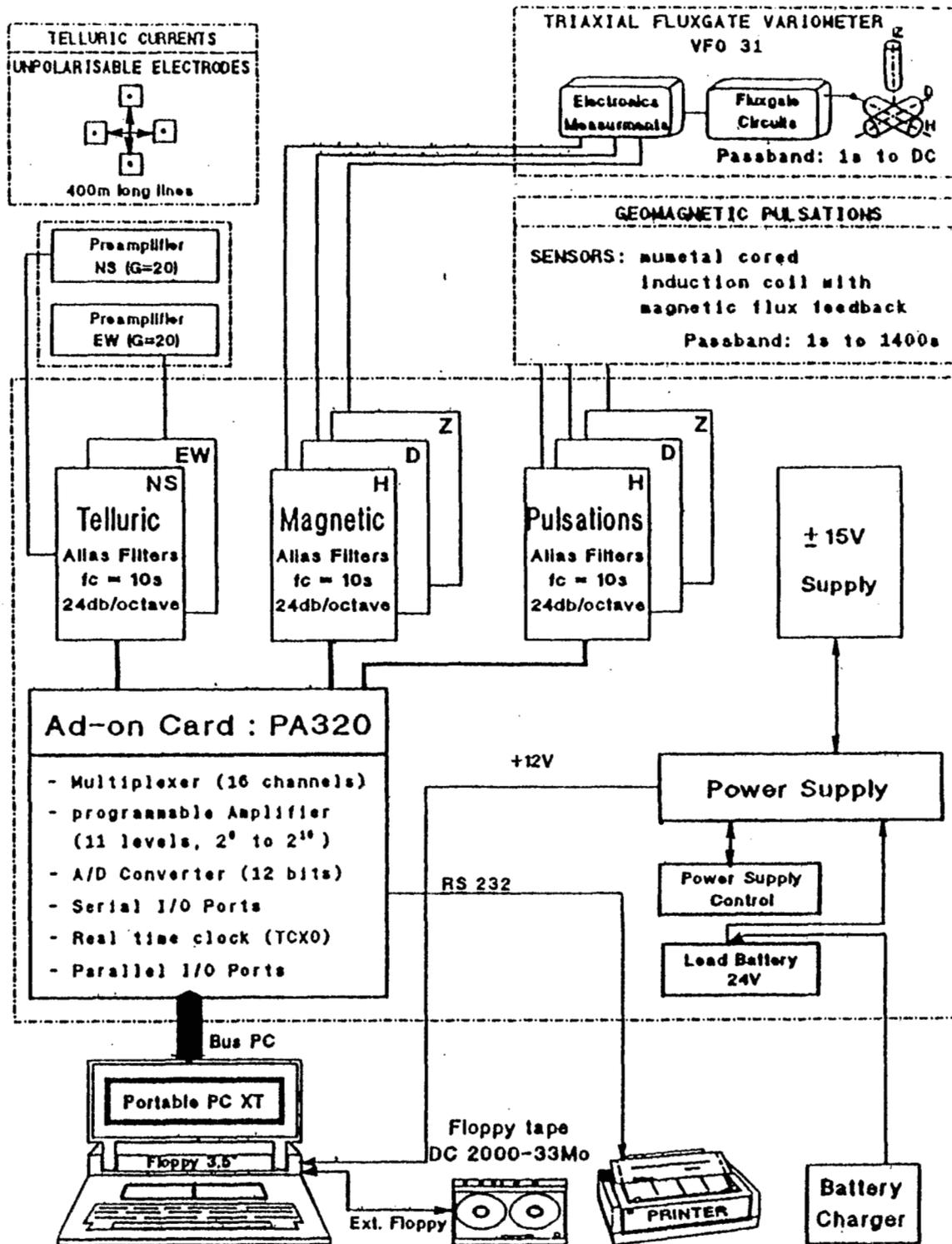
- consommation : 15 W - 24 V,
- batterie Pb étanche : 24 V - 6 Ah interne,
- chargeur externe.

PRESENTATION DU MATERIEL

Coffret 3u comportant :

- alimentation (batterie et régulation +5V et +12V),
- bus d'extension PC, 5 emplacements,
- bus au format simple Europe, pour le conditionnement des signaux,
- enregistrement 3M - floppy-tape (option).

PC portable XT.



MAGNETIC AND TELLURIC DIGITAL RECORDING SYSTEM (MT-O version)

ACQUISITION de SIGNAUX MAGNETIQUES

version O-M (*)

SERVICE DES OBSERVATOIRES MAGNETIQUES.

Ce matériel équipe les quatre observatoires magnétiques permanents installés dans le Territoire des T.A.A.F., la station expérimentale de l'E.O.P.G.S. et l'observatoire de Tananarive. On enregistre les variations temporelles des trois composantes et de l'intensité du champ magnétique terrestre.

DESCRIPTION

Les signaux sont délivrés d'une part par un capteur de type: variomètre tri-axial à vanne de flux (Thomson Sintra D.A.S.M.) et d'autre part par un magnétomètre à protons à effet Overhauser.

Cette acquisition comporte un ordinateur de type PC-XT compatible.

Une carte au format PC-XT assure une partie des fonctions nécessaires à l'acquisition:

- horloge temps réel stable,
- commande des cartes de conversion Analogique/Numérique,
- port de communication série, RS232.

La conversion A/N, haute précision, est réalisée par trois cartes spécifiques qui assurent la conversion simultanée des trois analogiques.

Le magnétomètre à protons est raccordé par la liaison série.

LOGICIEL

Le logiciel comporte un module assembleur et un module basic couplé. Le module assembleur effectue les tâches temps réel d'acquisition des mesures et de contrôle de la marche de l'horloge.

Rythme d'acquisition configuration standard:	1 pt/mn.
configuration Intermagnet:	1 pt/5s.

Le module "basic" effectue les tâches asynchrones du temps:

- enregistrement des données sur le support,
- contrôle de l'enregistrement,
- calcul de cohérence des mesures par comparaison de la mesure du champ total avec la chaleur reconstituée à partir de la mesure des composantes,
- impression des messages de contrôle sur l'imprimante raccordée par la liaison série (COM2) ou parallèle (PRN).

(*)J.M. CANTIN et Al. - RECENT DEVELOPPEMENTS of the INSTRUMENTATION IN FRENCH ANTARCTIC MAGNETIC OBSERVATOIRES, *Geophysical Transactions*, 1991.

Une extension du logiciel permet la transmission des données par l'intermédiaire d'une balise type Météosat.

ENREGISTREMENT DES DONNEES

Disquette 3.5 " - 720 ko:

- autonomie : 12 jours en format ASCII.
- 40 jours en format binaire.

CARACTERISTIQUES DE LA CARTE D'ACQUISITION

Horloge temps réel d'acquisition:

- pilotée par TCXO de fréquence 4.194.304 Hz stabilité non corrigé (0' à 50') < 50 ms/jour. avec correction logicielle, dérive < 10 ms/jour,
- entrée top référence de temps.

Rythme d'échantillonnage configurable par logiciel:

- mesure des composantes: 0.5s, 1s, 2s, 5s, 10s, 20s, 30s, 60s.
- mesure du champ total : 10s, 20s, 60s.

Caractéristiques des cartes de conversion A/N

Carte convertisseur intégrateur double rampe:

- précision 16 bits + signe,
- temps d'intégration : 100 ms,
- multiplexeur 8 voies différentielles,
- dynamique +/- 6.5v, résolution 100 V,
- résolution de l'enregistrement 0.1 nT,
- dynamique de l'enregistrement +/- 2000 nT.

ALIMENTATION

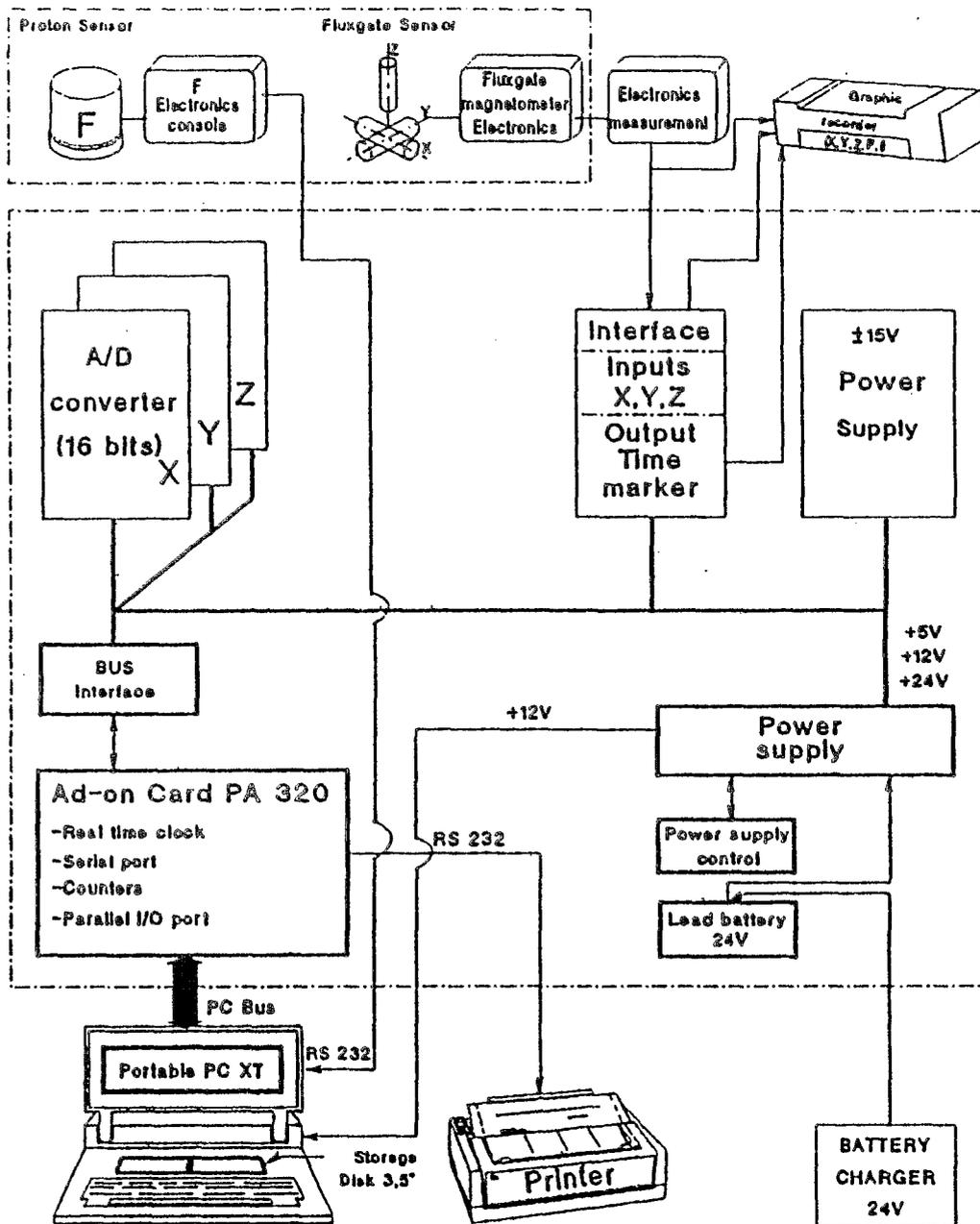
- consommation: 15 W - 24 V,
- Batterie PB étanche: 24 V - 6 Ah interne.

PRESENTATION DU MATERIEL

coffret 3u comportant:

- alimentation (batterie et régulation +5 V et + 12 V),
- bus d'extension PC, 5 emplacements,
- bus au format simple Europe, pour convertisseurs A/N.

PC portable XT.



DIGITAL MAGNETIC OBSERVATORY SYSTEM (M-O version)

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
LISTE DES PARTICIPANTS	3
INSTRUMENTATION EN SISMOLOGIE	7
POUPINET G. (LGIT/IRIGM, Grenoble) : Stations sismologiques portables développées dans le cadre du programme LITHOSCOPE.	8
FABRIOL H., BEAUCE A. (BRGM/IMRG, Orléans) : Système de suivi microsismique de l'IMRG.	11
BOSCA L. (CEA/LDG, Bruyeres le Chatel) : Stations sismiques déclenchées sur événements.	14
CONDITIONNEMENT EN MILIEU HOSTILE	31
LARDY M. (ORSTOM, Nouméa) et GRANGEON J. (LIG, Chambéry) : Autour de quelques exemples : protection générale, conditionnement des capteurs.	32
DEVELOPPEMENT DE NOUVEAUX CAPTEURS	35
PINEAU J.F., BERTRAND C. (ALGADE, Bessines-sur-Gartempe) : BARASOL. Un outil pour l'étude du transfert des gaz au sol.	37
NICOULAUD I. (ALGADE, Bessines-sur-Gartempe) : Projet BARASOL et étude critique de l'état de la technique.	41
NICOULAUD I. (ALGADE, Bessines-sur-Gartempe) : "Lecteur de Terrain LT 313.	42
POLLIAN G., LE CLOAREC M.F. (CFR, Gif sur Yvette) : Utilisation des techniques de la radioactivité en volcanologie.	45
LARDY M. (ORSTOM, Nouméa) : Utilisation de capteurs électroniques pour la mesure de paramètres météorologiques.	49
BOF M., THOMAS T. (CEA/LETI, Grenoble) : Capteurs magnétométriques.	52
MASSINON B., MARON C. (CEA/LDG, Bruyeres le Chatel) : Description des stations magnétotelluriques du réseau Rhône-Alpes du LDG.	61

MASSINON B. (CEA/LDG, Bruyeres le Chatel) :	
La mesure en temps réel du moment sismique.	
Application à la prévision des tsunamis.	66
RUZIE G. (LDG, Bruyeres le Chatel) :	
Stations de mesures topographiques par géodésie spatiale.	69
TRANSMISSION DE DONNEES	71
TABBAGH J. (CRG, Garchy) :	
Le Centre de Téléobservation Informatisée des Volcans.	72
VIODE J.P. (Obs. Vol. Montagne Pelée) :	
Transmission de données par paquets X25.	74
TRAYNER C. (Univ. Essex) :	
Système de télémétrie utilisant le Courrier Electronique (Email) par téléphone.	76
BUTTARD T. (LIG, Chambéry) :	
Réseau numérique de transmission hertzienne.	78
HOLL J.M. (IPG, Strasbourg) :	
SISMONET 90. Matériel de collecte de données par voie radioélectrique terrestre.	83
ACQUISITION ET STOCKAGE DE DONNEES	85
PAMBRUN C. (IPG, Paris) :	
Système d'acquisition de données utilisant des cartes "PC".	86
CANTIN J.M. (EOPG Strasbourg) :	
Du capteur aux banques de données.	
Techniques d'instrumentation en géophysique.	87
Acquisition de signaux en sismologie large bande.	89
Acquisition de signaux lents, magnétisme, MT.	92
TABLE DES MATIÈRES	99

ORSTOM Éditeur
Dépôt légal : octobre 1993
Impression
ORSTOM BONDY

ORSTOM Éditions
213, rue La Fayette
F-75480 Paris Cedex 10
Diffusion
72, route d'Aulnay
F-93143 Bondy Cedex
ISSN : 0767-2896
ISBN : 2-7099-1159-0



*Photographie de couverture :
Appareillage de mesures de pression partielle d'oxygène
et de température, avec transmission par satellite,
sur le volcan Momotombo (Nicaragua).*

Cliché : L. I. G., Chambéry.