



BRGM

DELEGATION AUX RISQUES MAJEURS

**TELETRANSMISSION DE DONNEES
PAR SATELLITE
Application aux risques naturels**

86 SGN 352 GEG

LYON, octobre 1986

par

- le Département Géotechnique

**- l'Atelier Risques Naturels et
Aménagement en Montagne**

- l'Atelier Séimentologie Dynamique

du B R G M

AVANT-PROPOS

Par convention n° 85-54 en date du 24/09/1985 entre la Délégation aux Risques Majeurs (DRM) et le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), ce dernier s'est engagé à réaliser une étude portant sur l'auscultation des versants instables et le moyen d'émettre des signaux à une station de réception via un satellite.

Cette recherche, cofinancée par la DRM et le BRGM, a été effectuée par le département Géotechnique et par les ateliers Risques Naturels et Aménagement en Montagne et Séimentologie dynamique du BRGM.

TELETRANSMISSION DE DONNEES PAR SATELLITE
APPLICATION AUX RISQUES NATURELS
86 SGN 352 RHA

R_E_S_U_M_E

Ce travail de recherche, cofinancé par la Délégation aux Risques Majeurs (DRM) et le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), dans le cadre de la convention n° 85-54 en date du 24/09/1985, a été réalisé par le département Géotechnique et l'atelier Risques Naturels et Aménagement en Montagne du Service géologique régional Rhône-Alpes (SGR/RHA), avec la collaboration de l'atelier Sédimentologie Dynamique (SED/MAR) ; il est consacré à l'étude et la conception d'une chaîne de télétransmission de données par satellite, appliquée aux risques naturels.

En effet, face aux problèmes posés par les écoulements de falaises rocheuses ou les glissements de terrains meubles, différentes actions sont envisageables, une fois identifié le risque de désordre et après avoir jugé des conséquences (économiques, vies humaines, ...). Parmi l'ensemble des actions possibles, l'une consiste à mettre sous surveillance le massif (auscultation) ; il s'agit essentiellement d'évaluer dans le temps les déformations ou déplacements du massif, afin de définir l'imminence d'un désordre et de prévenir ainsi une catastrophe.

Actuellement, cette surveillance se fait par l'intermédiaire de capteurs de déplacements linéaires ou rotationnels mis en place sur le site et relevés périodiquement par une intervention humaine. Si les capteurs donnent satisfaction, cette méthode a deux faiblesses principales :

- le coût élevé à long terme ;
- la fréquence souvent insuffisante des mesures.

Il s'agit donc de définir une méthode permettant de détecter les prémices au plus tôt et restant compatible au niveau coût avec ce que l'on cherche à protéger. Le choix d'une saisie automatique et d'une transmission satellite a été retenu, offrant beaucoup plus de possibilités et assurant une meilleure fiabilité que les autres systèmes tels que radio ou transmission par fils électriques ou téléphoniques.

Le présent rapport présente les avantages de la méthode et les difficultés de réalisation d'une chaîne de télétransmission, et propose un site, bien connu du BRGM, où une expérimentation pilote est envisagée.

T A B L E D E S M A T I E R E S

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCTION | 4 |
| 1 - LA TELETRANSMISSION | 6 |
| 1.1 - <u>Qu'est-ce que la télétransmission</u> | 6 |
| 1.2 - <u>Intérêt de la télétransmission pour la prévention des risques naturels</u> | 7 |
| 1.3 - <u>Intérêt de la télétransmission pour d'autres domaines</u> | 8 |
| 2 - METHODOLOGIE DE L'ETUDE | 10 |
| 2.1 - <u>Choix du site expérimental</u> | 10 |
| 2.1.1 - <u>Intérêt d'un site réel</u> | 10 |
| 2.1.2 - <u>Un site possible et intéressant : Montagny (Savoie)</u> | 11 |
| 2.2 - <u>Choix des paramètres à mesurer</u> | 13 |
| 2.2.1 - <u>Ceux intéressant directement le site</u> | 13 |
| 2.2.2 - <u>Ceux intéressant la méthode en général</u> | 14 |
| 2.2.3 - <u>La notion d'alerte</u> | 14 |
| 2.3 - <u>La chaîne complète d'un réseau de télétransmission</u> | 15 |
| 2.3.1 - <u>Les capteurs</u> | 16 |
| 2.3.2 - <u>Les conditionneurs</u> | 16 |
| 2.3.3 - <u>L'interrogation des capteurs</u> | 18 |
| 2.3.4 - <u>L'interface 1</u> | 18 |
| 2.3.5 - <u>La balise et l'antenne d'émission</u> | 18 |
| 2.3.6 - <u>Le satellite</u> | 19 |
| 2.3.7 - <u>L'antenne et la balise de réception</u> | 19 |
| 2.3.8 - <u>L'interface 2</u> | 19 |
| 2.3.9 - <u>L'ordinateur et le traitement</u> | 20 |
| 2.4 - <u>Les grandes lignes de l'étude économique</u> | 20 |

| | |
|--|-----------|
| 3 - UN CHOIX PRIMORDIAL : LE SYSTEME DE SATELLITE | 22 |
| 3.1 - Les différents systèmes existants | 22 |
| 3.1.1 - Le système ARGOS | 22 |
| 3.1.2 - Le système METEOSAT | 25 |
| 3.2 - Etude comparative et choix retenu | 27 |
| 3.3 - Choix d'un système | 30 |
| 4 - PRINCIPALES DIFFICULTES D'ELABORATION D'UNE CHAINE COMPLETE | 32 |
| 4.1 - Le choix du matériel | 32 |
| 4.2 - L'installation et l'alimentation | 32 |
| 4.3 - Les problèmes d'organisation | 33 |
| 5 - ETUDE DETAILLEE DES DIFFERENTS ELEMENTS DE LA CHAINE | 34 |
| 5.1 - les capteurs : principes de fonctionnement | 34 |
| 5.2 - Les conditionneurs des capteurs passifs | 42 |
| 5.3 - Interrogation, tri, mémorisation | 45 |
| 5.3.1 - Le matériel ELSYDE-ORSTOM | 47 |
| 5.3.2 - Le matériel WK Electronique/BRGM | 48 |
| 5.3.3 - Enregistreur de données OTT | 49 |
| 5.3.4 - Système d'acquisition GIR/CNR | 49 |
| 5.3.5 - Matériel commercialisé par CR2M | 51 |
| 5.3.6 - Le système d'acquisition BRGM | 52 |
| 5.4 - De l'interface 1 à l'interface 2 | 53 |
| 5.5 - L'ordinateur et le traitement | 54 |
| 5.6 - L'alimentation | 55 |
| 6 - RAPPEL DES REALISATIONS 1985 - POURSUITE DU PROJET EN 1986 | 56 |
| 6.1 - Les réalisations en 1985 | 56 |
| 6.2 - La poursuite du projet en 1986 | 57 |
| 7 - CONCLUSION | 58 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 61 |

T A B L E D E S F I G U R E S

| | |
|---|----|
| Fig. 23 - La chaîne de télétransmission | 17 |
| Fig. 312 - Satellites géostationnaires et zones de couverture | 25 |
| Fig. 511 - Jauge résistive | 36 |
| Fig. 512 - Principe de la corde vibrante | 36 |
| Fig. 513 - Principe du capteur potentiométrique de déplacement | 38 |
| Fig. 514 - Principe du système inductif à transformateur différentiel | 38 |
| Fig. 515 - Fonctionnement d'un capteur inductif à deux bobines | 39 |
| Fig. 516 - Principe d'un accéléromètre asservi | 41 |
| Fig. 521 - Montages potentiométriques et pont | 43 |

A N N E X E

| | |
|---|----|
| Documentation technique concernant les capteurs | 62 |
|---|----|

INTRODUCTION

Dans le domaine de l'aménagement, les opérations nécessitent le plus souvent des campagnes d'auscultation in situ, celles-ci sont parfois longues :

- en géotechnique, des capteurs de déplacement sont posés pour suivre des mouvements du sol ou de rochers, que ce soit en surface ou en profondeur ;
- en hydrogéologie, on est amené à surveiller, parfois durant plusieurs années, des niveaux d'eau dans des forages ;
- en hydrologie, il faut suivre la fréquence et l'intensité des pluies.

On peut aussi citer les opérations nécessitant un suivi de températures, de conductivités ou de pressions. Dans tous les cas, ces opérations se caractérisent par un nombre limité (de 1 à 5) de grandeurs à mesurer en un lieu donné et la fréquence des relevés reste faible (de l'ordre de 1 à 3 relevés par mois) en temps normal (en raison de leur coût élevé), mais pouvant être plus élevée momentanément (essais, phase travaux, ...).

D'une manière générale, les capteurs sont mis en place sur le site et les relevés se font encore manuellement par intervention humaine (parfois graphiquement : limnigraphie).

Vis à vis de certains phénomènes dont on souhaite suivre l'évolution dans le temps, notamment en géotechnique, cette méthode a deux faiblesses principales :

- le coût à long terme : en effet, chaque mesure demande souvent une intervention lourde et onéreuse, eu égard aux conditions

presque toujours difficiles (environnement, accès, haute montagne, ...);

- la fréquence souvent insuffisante des mesures, qui interdit très souvent toute corrélation correcte entre les différentes grandeurs mesurées : il n'est en effet pas rare de voir apparaître un désordre brutalement, les prémisses ne s'étant manifestées que peu de temps avant. Dans un tel cas, toute prévention est synonyme de mesure quasi continue, évidemment impossible par une intervention sur le site.

Une première évolution consiste actuellement à automatiser les relevés et à les stocker sur cassettes magnétiques ou sur mémoire d'ordinateur. La seconde étape consiste à transmettre automatiquement en temps réel ces données à un centre de traitement. Pour ce faire, la technique spatiale doit être envisagée. Elle peut paraître, au premier abord, trop sophistiquée par rapport aux problèmes à traiter. Mais l'examen des services proposés par les responsables de l'exploitation de ces satellites, montre que techniquement et financièrement, cette méthode est tout à fait bien adaptée à nos préoccupations.

L'étude de la télémesure, objet de la présente recherche, doit donc comporter l'examen du matériel d'acquisition *in situ* et de celui de télétransmission, ainsi que des caractéristiques des différents réseaux de satellites utilisables.

De nombreux satellites ont été lancés à des fins diverses, et notamment pour la navigation, qu'elle soit maritime, terrestre ou aérienne. La banalisation de ces matériels - initialement destinés à des activités très éloignées des problèmes liés à l'auscultation, les rend tout à fait utilisables pour la surveillance des mouvements de terrain.

Après une analyse des principaux avantages offerts par la télétransmission de données par satellite pour la prévention des risques naturels et pour d'autres domaines (chapitre 1), le présent rapport présente la méthodologie de l'étude (chapitre 2), étudie les différents systèmes de satellite existants (chapitre 3), les principales difficultés d'élaboration d'une chaîne complète de télétransmission par satellite (chapitre 4), le rôle des différents maillons de la chaîne (chapitre 5) et rappelle ensuite les réalisations en 1985 et la poursuite du projet.

I - LA TELETRANSMISSION

1.1 - Qu'est-ce que la télétransmission ?

Parmi les nombreuses méthodes utilisant le transfert d'informations à distance, nous en citerons trois, trop souvent confondues :

- le télérépérage ;
- la télédétection ;
- la télétransmission.

Le **télérépérage** consiste à déterminer la position d'un objet, fixe ou se déplaçant, à la surface du globe. C'est une nécessité pour tous les prospecteurs, plus particulièrement pour ceux qui sont confrontés avec les difficultés résultant de conditions spécifiques à de nombreux pays en développement. Cette nécessité s'exprime à trois niveaux : la sécurité des personnes, la fiabilité de la localisation des observations, la valorisation des temps consacrés à la prospection. Le télérépérage, fonction principale du satellite ARGOS, ne sera pas abordé ici, la précision étant très insuffisante (environ 100 m) pour le suivi de mouvements naturels.

La **télédétection** est un ensemble de techniques qui permet d'enregistrer, puis de visualiser sous forme d'images (traitées ensuite numériquement), la valeur du rayonnement visible réfléchi et/ou du rayonnement thermique émis par des objets situés à la surface de la terre. La télédétection connaît aujourd'hui un essor très important au sein du BRGM. La variété des traitements possibles des photographies recueillies en fait un outil très performant dans de nombreux domaines : recherche minière, cartographie, géologie, géobotanique, hydrogéologie et géologie de l'ingénieur.

La **télétransmission** consiste à transmettre des données d'un point à un autre. Il existe actuellement trois types de dispositifs :

- la liaison téléphonique (par fils) ;
- la liaison radio sur différentes gammes de fréquence (VHF, ondes hertziennes, ...) ;
- le satellite.

Les deux premiers dispositifs sont déjà bien connus et utilisés notamment par les réseaux d'annonces des crues. Leurs utilisations posent un certain nombre de contraintes :

- en France, la densité du réseau téléphonique devrait permettre, dans la plupart des cas, le raccordement par les PTT des plates-formes d'acquisition. Elles devraient toutefois être installées pour une durée assez longue (quelques années) pour amortir le coût d'installation des lignes de raccordement.
- la mise au point d'un réseau VHF peut être assez longue pour tester et régler les émissions et réceptions.

Dans les deux cas, il est nécessaire que les systèmes d'acquisition puissent emmagasiner un nombre important de mesures. La récupération de ces données se ferait régulièrement en déclenchant une procédure automatique d'interrogation des stations.

La troisième solution pour transmettre des mesures d'un point à un autre passe par l'utilisation des satellites.

Cette nouvelle technique est promise à un développement important, notamment dans le domaine de l'aménagement. Son principal atout est sa souplesse d'utilisation : absence de "fil à la patte", standardisation des protocoles d'émission, collecte automatique et permanente des informations, sauvegarde des mesures transmises par le service responsable de l'exploitation du satellite. En contrepartie, le nombre d'informations que l'on peut transmettre quotidiennement est actuellement limité mais toujours supérieur à la centaine de valeurs (jusqu'à plusieurs milliers).

1.2 - Intérêt de la télétransmission pour la prévention des risques naturels

Face aux problèmes posés par les écroulements de falaises rocheuses ou les glissements de terrains meubles, différentes actions sont envisageables une fois identifié le risque de désordre et après avoir jugé des conséquences (économiques, vies humaines, ...). Parmi l'ensemble des actions possibles, l'une consiste à mettre sous surveillance le massif (auscultation) : il s'agit essentiellement d'évaluer dans le temps les déformations ou déplacements du massif, afin de définir l'imminence d'un désordre et de prévenir ainsi d'une catastrophe.

Actuellement, cette surveillance se fait essentiellement par l'intermédiaire de capteurs de déplacements linéaires ou de rotation, et/ou des capteurs de pression d'eau mis en place sur le site et relevés périodiquement par une intervention humaine (avec mesure de la température et éventuellement d'autres données climatiques telle que la pluviométrie).

Quand il est nécessaire de suivre en permanence l'évolution d'un phénomène, l'acquisition des données sur le terrain se heurte à un problème de transmission vers l'utilisateur qui doit, pratiquement en temps réel, le cas échéant, pouvoir analyser les résultats et prendre des décisions.

On peut considérer qu'il existe de nombreux capteurs qui peuvent être adaptés au problème et donner satisfaction (mécaniquement et électriquement), mais la méthode actuellement utilisée a deux faiblesses principales :

- le coût à long terme : en effet, chaque mesure demande souvent une intervention lourde et onéreuse, eu égard aux conditions presque toujours difficiles d'accès (éloignement, haute montagne, ...).
- la fréquence souvent insuffisante des mesures (conséquence du coût des mesures manuelles) : il n'est en effet pas rare de voir apparaître un désordre brutalement, les prémisses ne s'étant manifestées que peu de temps avant. Dans un tel cas, toute prévention est synonyme de mesure quasi continue, évidemment impossible par une intervention périodique sur le site.

Dans les régions montagneuses en particulier, la croissance de l'activité humaine conduit au développement des villes et des voies de communication dans des zones où l'aléa géologique aboutit quelquefois à des écroulements ou des glissements de terrain. Le besoin de sécurité a été mis en valeur, et essayer de prendre en compte tout danger de ce type est devenu aujourd'hui une obligation. De ce fait, les responsables de la sécurité font de plus en plus souvent appel aux géotechniciens pour surveiller (ausculter) des zones supposées instables.

Il s'agit donc de définir une méthode permettant de détecter les prémisses au plus tôt et restant compatible au niveau coût avec ce que l'on cherche à protéger. Le choix d'une saisie automatique et d'une transmission satellite a été retenu, compte tenu de ses possibilités théoriques, mais qui restent à prouver sur le plan pratique.

1.3 - Intérêt de la télétransmission pour d'autres domaines

Les possibilités et les avantages offerts par la télétransmission par satellite ne se limitent pas à la prévention des risques naturels. Bien d'autres applications sont possibles dans le domaine de l'aménagement. On peut citer :

- les études réalisées à l'initiative du BRGM (SED/MAR), qui ont conduit à la conception, la réalisation, et aux tests de fonctionnement d'une première chaîne expérimentale de télémesure sur le thème "Mesure et évaluation de l'érosion et des transports solides dans des bassins versants expérimentaux en région provençale, via METEOSAT" (projet B.V. PACA) ;
- la retransmission, par satellite ARGOS, de données telles que : les hauteurs de neige en montagne, la hauteur d'eau de la Loire (prévention des crues) et les vibrations sismiques dans certaines régions volcaniques (ETNA).

2 - METHODOLOGIE DE L'ETUDE

La conception et la réalisation d'une chaîne de télémesure avec transmission par satellite peut se décomposer en trois phases principales :

Phase_1 : étude d'un certain nombre d'options, choix du satellite, des capteurs, de leur conditionnement.

Phase_2 : rédaction d'un cahier des charges pour un système précis, achat du matériel, étude des interfaces et des problèmes de récupération des données, et réalisation d'un prototype testé en laboratoire.

Phase_3 : essai d'un système réel sur site, et exploitation des résultats.

Les différents éléments qui constituent une chaîne de télétransmission sont évoqués dans le paragraphe 3.3, mais à la base, le problème essentiel est d'ausculter un site, donc de choisir les capteurs nécessaires au suivi d'un certain nombre de phénomènes physiques déterminés au préalable. Dans une phase expérimentale, il convient donc de tester le matériel dans des conditions aussi représentatives que possible et où divers types de capteurs pourront être installés.

L'expérience pilote doit permettre de faire la preuve technologique de la fiabilité d'un tel système. Une étude économique, basée sur le coût réel de ces technologies, devra ensuite permettre de définir le marché potentiel de ce nouvel outil.

2.1 - Choix du site expérimental

2.1.1 - Intérêt d'un site réel

Dans tout programme d'élaboration d'un nouveau matériel de terrain, la mise au point de celui-ci passe par une première étape de montage et tests préliminaires en laboratoire, dont l'intérêt est de s'assurer du bon fonctionnement du matériel, de la compatibilité des différents éléments entre eux, notamment dans le cas d'une chaîne complexe.

Cette étape est presque toujours insuffisante pour simuler toutes les conditions que devra subir le matériel en phase

opérationnelle. L'objectif d'une expérience pilote en site réel est donc de placer le matériel dans des conditions d'utilisation courantes, voire extrêmes. Pour cela, les principaux critères sont :

- le conditionnement sur le terrain, c'est-à-dire l'installation du matériel (mise en place, raccords électriques, alimentation, etc.), l'adaptation des capteurs au site ;
- la résistance aux intempéries (humidité, température, neige) ;
- la protection contre toutes formes de détérioration, soit dues éventuellement aux passages d'animaux, soit dues à l'homme (vol, vandalisme toujours possibles).

2.1.2 - Un site possible et intéressant : Montagny Savoie - 73)

a) Historique rapide

Le chef-lieu de Montagny, situé à une dizaine de kilomètres de Moûtiers, est bordé au Nord par une ligne de falaises, distante de 500 m seulement, et les chutes de rochers pouvant atteindre voies de communications et habitations n'y sont pas rares.

L'une des plus spectaculaires fut assurément celle du 12 janvier 1983, à 21 heures, où un bloc d'une vingtaine de mètres cubes s'est arrêté près du mur de la mairie, pendant une séance conseil municipal qui devait justement examiner les problèmes posés à la commune par un précédent éboulement !

En effet, six mois plus tôt, le 25 juillet 1981, 200 mètres cubes de rochers environ s'étaient éboulés d'un point situé au lieu-dit "Les Emeris", un peu à l'Ouest, et avaient menacé une scierie et le CD 89 reliant le chef-lieu à un autre hameau.

Le village de Montagny est construit sur un étroit replat morainique en forme d'éperon et n'est protégé des chutes de rochers par aucun obstacle naturel important. Aussi, un des premiers soucis de la municipalité de Montagny - après les éboulements et sur les conseils du BRGM - a été de faire édifier des risbermes de protection (fossé doublé d'une digue). Mais la protection ainsi établie ne peut jamais être totale (morphologie du site, taille des blocs, ...).

Surveillance du rocher des Emeris d'octobre 81 à mars 83

L'accident de juillet 1981 ne représentait en fait que l'effondrement d'une petite partie d'une masse beaucoup plus volumineuse (6.000 m³), nettement décollée du reste de la falaise par une profonde fissure de 1 à 2 m d'ouverture, sur plus de 50 m de hauteur. On pouvait craindre un éboulement plus important, qui aurait eu des conséquences dramatiques.

La pose de témoins par la mairie de Montagny au sommet de la falaise a permis de suivre le mouvement de cette écaille et ses accélérations, tandis que les services de l'Equipement installaient sur le rocher un système d'alerte qui pouvait déclencher une sirène dans le village et allumer des feux rouges sur le CD 89. D'octobre 1981 à mars 1983, le relevé des déplacements permet de constater que l'ouverture de la fissure principale se poursuit : 320 mm en dix-sept mois.

Les risques d'éboulement au printemps 1983

A partir d'avril 83 le mouvement de l'écaille va s'accélérer, avec des pointes de plus de 1 cm par jour (parfois plus de 1 mm à l'heure), et l'on n'enregistre pas de véritable accalmie. Chaque accélération brutale se fait à la suite des pluies ; ainsi, du 7 avril au 29 mai, on constatera une ouverture de 31 cm, et encore près de 10 cm du 30 mai au 17 juin, date du premier minage (voir plus loin). De plus, à trois reprises, des chutes de blocs plus ou moins volumineux ont eu lieu. Ces deux faits : ouverture de la fissure et chutes de blocs, paraissent bien indiquer qu'un éboulement important se prépare.

A ce stade de dégradation du haut de l'écaille, il est illusoire d'espérer une quelconque amélioration. Ainsi, conscientes du risque important, les autorités départementales tiennent, du début mai à mi-juin, plusieurs réunions à Chambéry, Albertville et Moûtiers, sous la présidence du Sous-Préfet et du Conseil Général et regroupant :

- Sécurité Civile ;
- Equipement ;
- BRGM ;
- Municipalités de Montagny et Brides-les-Bains.

De nouveaux témoins sont installés sur la masse instable entre le 16 et le 20 mai, afin de mieux reconnaître son mouvement (BRGM) : ils montreront un déplacement du pied de l'écaille plus faible qu'au sommet, et des mouvements différentiels entre les blocs du haut.

Dès lors on s'achemine vers la recherche d'un remède radical dont la mise en oeuvre rapide serait compatible avec les disponibilités financières (Communes - Département - Etat).

Le minage du 13 juin au 1er juillet 1983

C'est une décision préfectorale, le 30 mai, de procéder en accord avec le Maire de Montagny, au minage du sommet de l'écaille.

Il fut indispensable d'évacuer complètement le village de Montagny, le hameau de la Saulce, ainsi que tout le périmètre susceptible de recevoir des projections. L'opération, en trois phases, s'est parfaitement déroulée.

Actuellement, le basculement du reste de l'écaille serait de l'ordre centimétrique par an.

b) Un site privilégié

Après cette description rapide, il n'est plus besoin de préciser la sensibilisation et la motivation des habitants, des autorités locales et départementales...

Mais au-delà de cette considération, il y a deux raisons essentielles qui font de Montagny un site privilégié : une expérimentation de ce type pourrait se faire en laboratoire (capteur et émission vers un satellite), mais le côté "REEL" de l'opération ne peut apporter que plus de crédibilité à la méthode. Il ne faut pas pourtant forcer la difficulté, compte tenu de l'aspect prototype de l'opération (accès relativement facile ; très bonne connaissance du site ; contrôles complémentaires existants ou simples à mettre en œuvre, accord de principe de la municipalité acquis, etc.).

On peut finalement ajouter qu'en plus du côté expérimental, une telle opération peut être d'un grand intérêt vis à vis de l'approfondissement de la connaissance de ce site.

2.2 - Choix des paramètres à mesurer

2.2.1 - Ceux intéressant directement le site

Vis à vis des mouvements actuels du reste de l'écaille, on se propose de mesurer des déplacements et des rotations par l'intermédiaire de quatre ou cinq capteurs de déplacement linéaire répartis sur les faces supérieure et latérales de l'écaille, et de un ou deux capteurs de rotation fixés sur sa face frontale par exemple, les mesures devant permettre de caractériser le mouvement global du rocher.

Au point de vue de l'exploitation de ces mesures, il est primordial de pouvoir recaler les périodes de mouvements importants par rapport aux données météorologiques. On sera donc amené à installer au moins un capteur de température et un pluviographe.

Tous ces capteurs seront reliés à un poste centralisateur interface lui-même connecté à la station d'émission.

Dans cette phase expérimentale, chaque capteur sera doublé (éventuellement par un système de mesure plus simple) de manière à détecter des anomalies de fonctionnement, à pouvoir refaire un calage éventuel et à contrôler la cohérence de l'ensemble du dispositif.

Vis à vis du vandalisme ou de la malveillance, le site est bien protégé (pas de sentier très fréquenté) et les autorités locales pourront effectuer un contrôle régulier.

2.2.2 - Ceux intéressant la méthode en général

La télétransmission ne s'appliquant pas qu'à la géotechnique, il serait dommage de limiter l'expérimentation pilote à ce seul domaine et de ne pas en profiter pour tester d'autres capteurs que l'on sera amené à utiliser dans d'autres circonstances.

En tout état de cause, le caractère expérimental et le coût relativement élevé d'une telle opération font qu'il ne sera pas possible de la répéter plusieurs fois ; on cherchera donc à tester le plus possible de capteurs différents, en même temps que les capacités et la fiabilité du système de télétransmission.

On pourra par exemple compléter l'expérience en ajoutant à la liste précédente un capteur de pression interstitielle, un capteur de température de sol et un anémomètre par exemple, en fonction de la disponibilité de ces différents capteurs.

2.2.3 - La notion d'alerte

Vis à vis de cette expérimentation pilote, la notion d'alerte perd son intérêt, puisque l'on sera amené à se rendre périodiquement sur le site pour y effectuer des contrôles et y

relever les indications fournies par les capteurs non reliés à la chaîne de télétransmission. Toutefois cette notion est très importante, tout particulièrement dans le cadre du suivi de mouvement de terrain, et sa mise en oeuvre est un problème doublement complexe :

- complexité tout d'abord au niveau technique. La notion d'alerte sous-entend celle de "seuil(s)", c'est-à-dire celle de limite(s) au niveau de l'évolution du phénomène. Ces limites peuvent être un déplacement (ou une rotation) maximal tolérable, ou une accélération limite dans l'évolution du phénomène. Ce seuil reste à définir au coup par coup (éventuellement en fonction de plusieurs critères), mais dans tous les cas un signal, donné par le (ou les) capteur(s), devra pouvoir être "capté" et transmis instantanément (voir chapitre 3 sur le choix du satellite) pour être comparé à un ou plusieurs critères déterminés à l'avance ;
- en dehors de ce problème lié au site et à la technologie retenue, il convient de définir une "liaison" entre le "voyant rouge" qu's'allumera en cas d'alerte et le ou les responsables qui devront à ce moment prendre les décisions nécessaires. Le plus souvent, c'est l'ingénieur chargé de l'étude, c'est-à-dire le gestionnaire de l'information, et qui aura défini le seuil d'alerte qui recevra cette information. N'ayant pas le pouvoir d'agir directement, son rôle est de prévenir les autorités locales qui détiennent la responsabilité de l'affaire (Mairie, Protection civile, DDE, ...), de leur proposer une ou plusieurs solutions possibles, en insistant sur l'urgence du problème et la nécessité d'intervenir rapidement.

2.3 - La chaîne complète d'un réseau de télétransmission (voir fig. 23)

Entre le phénomène à mesurer et la balise d'émission, il existe toute une série de maillons, qui correspondent à la saisie, au prétraitement, à la mémorisation et au conditionnement des informations à livrer à la balise pour transmission.

Au-delà du système de réception, le message reçu doit être décodé et traité pour permettre une prise de décision.

Il n'existe apparemment à ce jour aucun service garantissant l'homogénéité et la compatibilité des différents éléments de cette chaîne : chaque utilisateur doit choisir indépendamment chaque maillon, les adapter et les assembler. Chacun des maillons d'une telle chaîne a un rôle bien précis.

2.3.1 - Les capteurs

Rappelons qu'au sein d'une chaîne de mesure, les capteurs assurent la fonction fondamentale de prise d'information. Leur but est de transformer une grandeur physique en un signal électrique. Ils sont conçus pour mesurer différentes grandeurs dont les plus courantes sont les suivantes :

- les pressions (un niveau d'eau) ;
- les vitesses d'écoulement d'un fluide (mesure de débit) ;
- les déplacements (linéaire ou de rotation) ;
- les accélérations (mesure d'une inclinaison) ;
- les températures ;
- les vitesses du vent (anémométrie) ;
- les précipitations (pluviométrie).

Un capteur peut fournir un signal analogique ou numérique, proportionnel à la variation de grandeur physique observée, ou fonctionner en tout-ou-rien (au voisinage d'un seuil, par exemple).

2.3.2 - Les conditionneurs

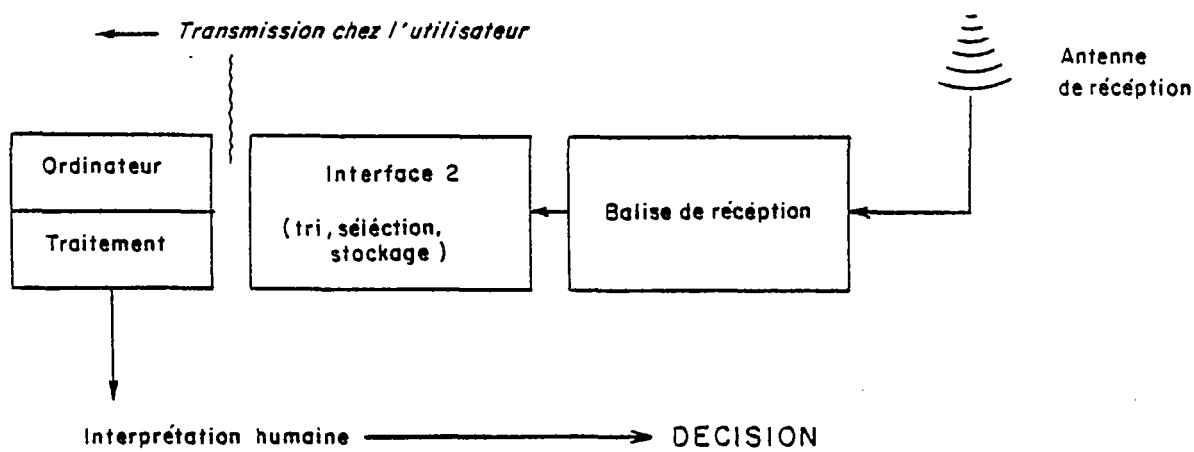
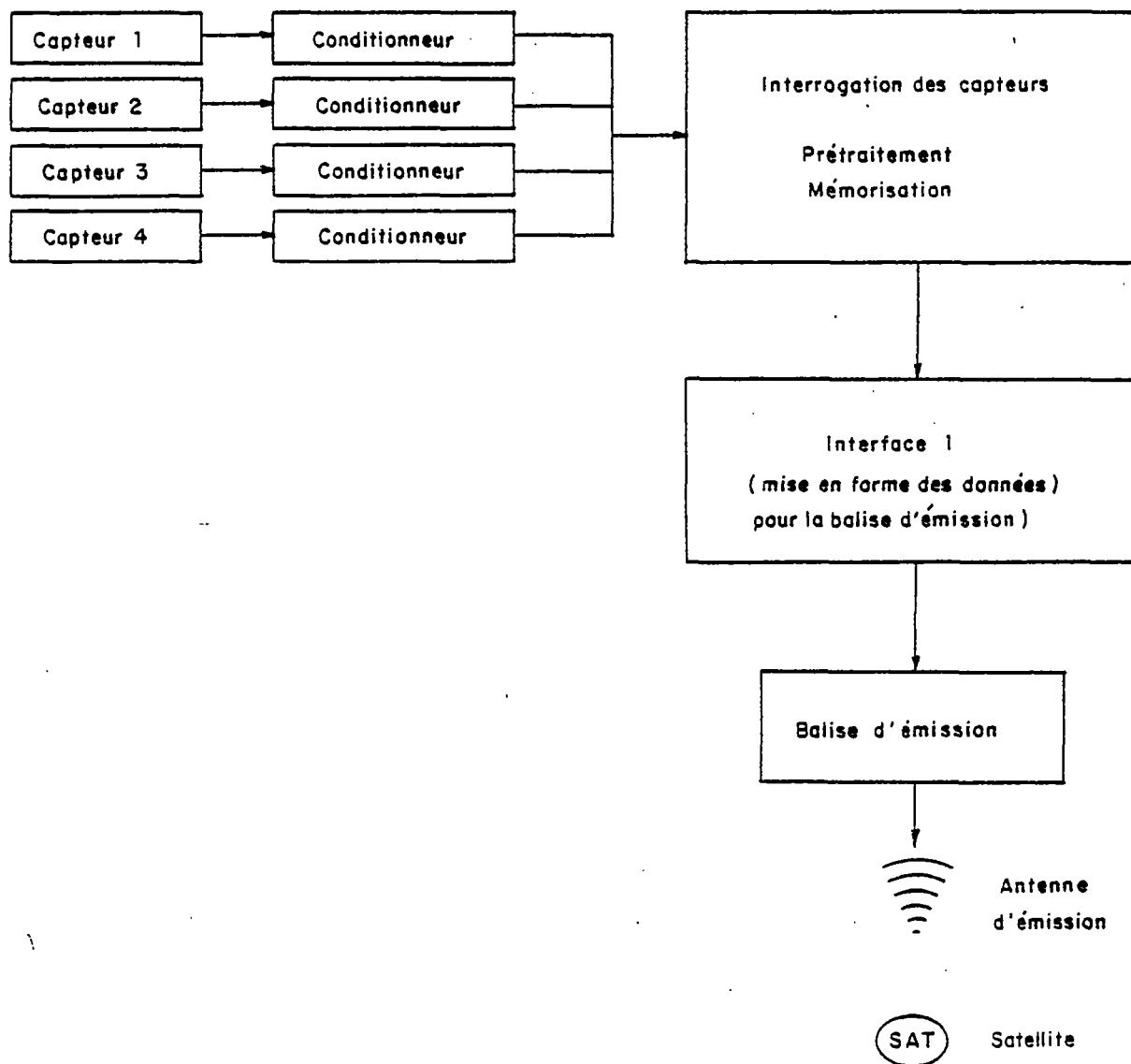
Le fonctionnement des principaux capteurs utilisés est détaillé dans le chapitre 5. Les capteurs sont en général reliés à une alimentation. Le signal électrique issu du capteur doit être adapté et amplifié pour être transformé en un signal standard utilisable par les appareils de mesure usuels (tension ou courant continu, fréquence, ...). Un dispositif de compensation vis à vis de grandeurs parasites (température, le plus souvent) est incorporé dans le capteur et/ou son circuit d'adaptation.

Cet ensemble d'éléments qui "entourent" le capteur est ce que l'on appelle le conditionneur. Dans certains cas, une partie du conditionneur est intégrée et fournie avec le capteur.

Le rôle du conditionneur est aussi de rendre compatible le signal émis par le capteur avec le reste de la chaîne : on parle alors d'interface nécessaire pour des raisons d'homogénéité des signaux.

La chaîne de télétransmission

(Exemple d'une chaîne conçue pour fonctionner avec le satellite METEOSAT)



2.3.3 - L'interrogation des capteurs

Cet élément de la chaîne assure trois fonctions :

- l'interrogation des capteurs, soit à intervalles de temps réguliers, soit en fonction de protocoles spécifiques (interrogation d'un capteur à partir du résultat de la mesure sur un autre capteur par exemple) ;
- le prétraitement des informations émises par les capteurs, parce que dans de nombreux cas on ne s'intéressera qu'aux fluctuations des grandeurs que l'on mesure et non pas aux périodes de stabilité ;
- la mémorisation des valeurs ainsi triées et leur stockage en mémoire.

On conçoit donc que cet organe est un organe "intelligent" de la chaîne de mesure, qui permet de résoudre plusieurs problèmes importants :

- celui de minimiser la consommation électrique des capteurs par une interrogation discontinue et sélective (augmentation de l'autonomie) ;
- celui de la concentration (par le tri) des données que l'on aura ensuite à émettre (réduction de la taille mémoire). Ceci inclut la production de signaux logiques en cas de dépassement éventuel de seuil (à partir de critères préalablement programmés) sur certaines voies de mesure (signaux d'alarme).

2.3.4 - L'interface 1

Son rôle est de rendre compatibles les informations mémorisées (y compris les signaux d'alarme) avec la balise d'émission suivant un protocole standard, et de déclencher l'émission au moment voulu qui dépend du satellite utilisé. La longueur du message étant limitée (voir chapitre sur le choix du satellite), cet interface devra éventuellement pouvoir gérer la quantité de données reçues en fonction des possibilités d'émission.

2.3.5 - La balise et l'antenne d'émission

Il s'agit d'éléments standards de la chaîne de télétransmission. La balise sera choisie en fonction du satellite utilisé, elle est fabriquée et commercialisée par des sociétés agréées par les exploitants des satellites.

Une antenne dépend :

- de la bande de fréquence à émettre, donc du satellite ;
- de la puissance émissive (directionnelle, ou omnidirectionnelle).

Pour des satellites à orbite basse (ARGOS par exemple), une antenne omnidirectionnelle à faible puissance d'émission (4 watts) est suffisante, alors que pour des satellites géostationnaires très éloignés du globe (3.600 km, METEOSAT par exemple), le problème de la puissance de l'antenne d'émission se pose alors. La forme et la taille de l'antenne déterminent son rendement et sa directivité pour une bande de fréquence utilisable.

2.3.6 - Le satellite

Il existe deux systèmes différents utilisables en France à des fins de transmission de mesures : il s'agit des systèmes METEOSAT et ARGOS, qui sont donnés au chapitre 3.

2.3.7 - L'antenne et la balise de réception

Les possibilités d'utilisation d'ARGOS et METEOSAT passent par des "voies" différentes.

En ce qui concerne METEOSAT (satellite géostationnaire), il est possible de concevoir son propre système individuel de réception, composé d'une antenne parabolique et d'une tête hyperfréquence adaptée à la bande de travail (fréquence) utilisée. La balise de réception comporte un convertisseur et un récepteur.

Le système ARGOS (2 satellites polaires) mémorise les données au-dessus des balises et les retransmet à trois centres de réception centralisés aux USA. Ces centres font parvenir les données au CNES qui les répercute vers les différents utilisateurs. Concevoir son propre système de réception serait trop onéreux, il est impératif de passer par le réseau de distribution.

2.3.8 - L'interface 2

Seules les stations de réception de METEOSAT en sont équipées.

Son rôle est d'effectuer une sélection parmi tous les messages reçus, de manière à ne conserver que ceux qui nous intéressent, à transmettre les données triées à l'ordinateur et éventuellement à les stocker momentanément si, au moment précis de la réception, l'ordinateur est occupé à une autre fonction.

Cet interface devra en outre permettre un transfert instantané d'un message d'alarme.

2.3.9 - L'ordinateur et le traitement

Le dernier élément de la chaîne proprement dite assure tout d'abord la sauvegarde définitive (stockage sur disquette ou cassette) des données et permet éventuellement leur traitement (tracé de courbes, comparaison, calcul d'erreur, ...) en vue de leur interprétation.

Le traitement reste au choix de l'utilisateur, mais devra dans tous les cas permettre "d'allumer le voyant rouge" en cas d'alarme, de manière à ce qu'une décision puisse être prise dans les meilleurs délais.

2.4 - Les grandes lignes de l'étude économique

Dans le cadre de cette pré-étude de faisabilité de télétransmission de données par satellite, l'étude économique n'a pas été réalisée.

En dehors des mouvements de terrain et des risques naturels du type séismes ou tremblements de terre, on peut citer bien d'autres applications possibles :

- gestion de réseaux :
 - . hydroclimatologique (suivi des précipitations, des niveaux de cours d'eau, prévention des crues et des inondations) ;
 - . hydrogéologique (suivi des nappes souterraines) ;
 - . de qualité des eaux (thermalisme, industrie, ...)

Environ un millier de balises sont vendues chaque année aux Etats-Unis et le besoin dans ces trois domaines a été récemment confirmé à la première conférence des utilisateurs de systèmes de collection de données via METEOSAT qui s'est tenu les 8 et 9 juillet 1986 à Lisbonne (Portugal).

- océanographie : suivi des marées et houles (prévention appliquée à la circulation maritime, à la protection des ports et usines marée-motrices, ...);
- météorologie : suivi des conditions météorologiques (précipitations, températures, vitesse du vent, ...) dans des sites peu accessibles ;
- travaux souterrains (risques sismiques : suivi des vibrations de l'écorce terrestre,).

Parmi la clientèle probable, on peut déjà citer, en ce qui concerne la France :

- les agences de bassin (projet B.V. PACA - région provençale) ;
- les services hydrologiques centralisateurs ;
- des départements (DDE, DDA, ...) ;
- les collectivités locales et territoriales.

En ce qui concerne l'étranger, plus particulièrement certains pays africains, le besoin est tout aussi important, notamment pour les recherches de nappes phréatiques.

3- UN CHOIX PRIMORDIAL : LE SYSTEME DE SATELLITE

3.1 - Les différents systèmes existants

Il existe actuellement deux systèmes de satellites accessibles et opérationnels en France. Il s'agit de :

- service ARGOS : association franco-américaine (CNES, NASA, NOAA) ;
- service METEOSAT : agence spatiale européenne (ESA).

Plus récemment, les Télécommunications ont mis en place le service TELECOM 1, aujourd'hui opérationnel mais plus complexe d'utilisation (obligation de passer par des sous-réseaux terrestres), donc moins pratique et plus particulièrement réservé pour des transmissions de messages téléphoniques et audiovisuels, pour lesquels les débits d'information sont bien supérieurs à ceux offerts par ARGOS et METEOSAT.

Entre ARGOS et METEOSAT, il n'est pas souhaitable de choisir un système, il faudra définir le service le plus approprié a priori pour chaque opération.

ARGOS est essentiellement exploité en repérage. Le service "Transmission de données" est relativement accessoire.

Les paragraphes suivants décrivent les principales caractéristiques de chacun de ces deux systèmes, qui seront ensuite comparés.

3.1.1 - Le système ARGOS

Le système ARGOS de localisation et de collecte de données par satellite a pour mission de localiser des plates-formes fixes ou mobiles, et de collecter des données d'environnement issues de ces plates-formes. ARGOS est le fruit de la coopération entre le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES, France), la National Aeronautics and Space Administration (NASA, USA) et la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, USA).

L'objectif visé est d'assurer un service opérationnel pendant toute la durée du programme de satellites météorologiques TIROS-N/NOAA, c'est-à-dire jusqu'en 1995 environ.

Le système ARGOS est exploité technique et administrativement par le service ARGOS du CNES, basé à Toulouse (France). Chaque nouvelle utilisation du système doit être approuvée au préalable par les agences responsables du système (CNES-NOAA-NASA), en satisfaisant à une procédure administrative standard.

ARGOS est essentiellement exploité en télérépérage. Le service "transmission de données" est relativement accessoire.

Description du système ARGOS

- * Deux satellites (NOAA) à orbite polaire sont en exploitation actuellement.
- * La couverture est mondiale. Le nombre de passages par jour en un point du globe (visibilité d'un des deux satellites) varie suivant la latitude entre 28 (pôles) et 7 (équateur).
- * Le message émis par la plate-forme est stocké puis retransmis au NESS (Suitland, USA). Les données propres au système ARGOS sont alors séparées de celles des autres équipements de satellites et transmises au CNES à Toulouse. A partir de l'instant où un message d'une plate-forme est recueilli à bord du satellite, la mise à disposition des données est effective après une durée d'au maximum 3 h 30 (en 1985).
- * La capacité actuelle du système ARGOS est de 920 plates-formes en collecte de données et en visibilité simultanée du satellite (rayon 2500 m).

Pérennité du système

- * Opérationnel depuis 1979.
- * En cas de panne de l'un des deux satellites, lancement dans les 3 mois d'un nouveau modèle.
- * Actuellement, le service est assuré jusqu'en 1995.

Message ARGOS pour une transmission de données

- * La longueur disponible d'un message est au maximum de 256 bits (= 16 nombres codés sur 16 bits). Ce message peut être modifié à chaque passage du satellite.
- * Les mesures transmises doivent être nécessairement de type environnement. Les principales disciplines actuellement concernées par le dispositif ARGOS sont la météorologie, l'océanographie, la glaciologie, la biologie animale, l'hydrologie et la sismicité ; l'extension aux risques naturels ne semble pas poser de problème.

Réception des données

* La réception directe par station indépendante du système central est provisoirement possible dans un rayon de 2.500 m environ autour des plates-formes (le protocole de réémission ARGOS risque d'être prochainement modifié), mais ceci est sans intérêt dans notre cas et rien n'est prévu pour l'avenir.

* Un certain nombre de dispositions sont prises à Toulouse(*) pour transférer les données reçues :

- . listings ou bandes magnétiques (actualisés une fois par semaine) ;
- . une fois reçues et traitées, les données sont accessibles par des réseaux spécialisés : TRANSPAC (300 ou 1.200 bauds), EURONET, SMT, réseau commuté télex ou téléphonique ou ligne particulière de l'utilisateur, sans oublier le réseau MINITEL ;
- . des télex peuvent être générés automatiquement par le centre de calcul.

Coût des prestations 1985 (extrait des tarifs)

Un contrat global a été signé avec une dizaine de pays, réduisant les coûts de 60 % pour les établissements publics.

Pour une plate-forme permettant la localisation de l'émetteur, il convient de multiplier les prix par 5. Les coûts sont donnés pour un forfait de 10 messages par jour. Si ce nombre est dépassé, le coût est augmenté de 5 %.

| Service (télétransmission). | Coût (établissements publics) |
|---|--|
| Utilisation normale (mise à disposition de données sur le site de Toulouse) | 12,60 F/jour d'émission 4.600 F/an en émettant tous les jours |
| Réception locale avec sauvegarde des données au CNES | 4,38 F/jour d'émission |
| Réception locale avec sauvegarde | 4,11 F/jour d'émission |

N.B. : Les responsables d'ARGOS établissent ce contrat global sur la base d'une augmentation des recettes de 15 % hors inflation par an. L'augmentation du nombre de balises ayant été de 28 % entre 1983 et 1984, les coûts 1985 ont diminué de 4 %.

(*) Services commercialisés par la Sté CLS (Collecte Localisation Satellite) située dans les locaux du CNES, créée en mai 1986.

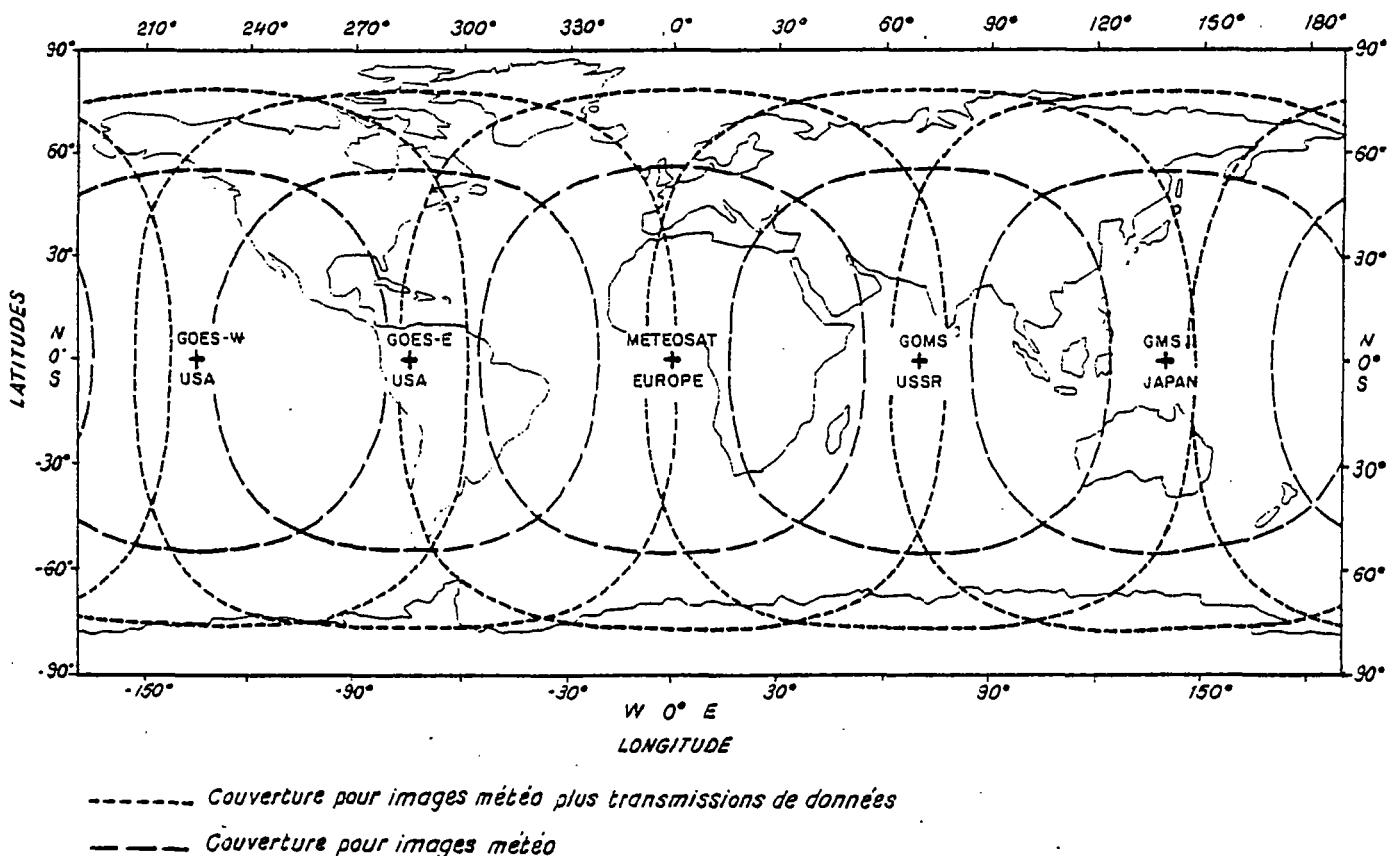
3.1.2 - Le système METEOSAT

Les satellites géostationnaires actuellement en usage sont les suivants : METEOSAT (ESA/Europe), GOES/East et GOES/West (USA), GMS (Japon) et INSAT/GOMS/GOES (Inde/URSS).

Les satellites géostationnaires, situés à 36.000 km d'altitude dans le plan de l'équateur, sont immobiles par rapport à la terre, donc visibles en permanence des points situés sous leur zone de couverture. Ces satellites initialement destinés à la météorologie et coordonnés à l'échelon mondial par le groupe CGMS, disposent, à l'exception d'INSAT, de systèmes de transmission de données d'environnement et permettent une couverture quasi totale du globe terrestre.

Fig. 312

Satellites géostationnaires et zones de couverture



Le système METEOSAT, avec deux satellites en orbite au-dessus de l'équateur, à la longitude 0°, permet comme l'indique la figure 312, la transmission de données pour l'Europe, l'Afrique, le Moyen-Orient, les Antilles et la majeure partie de l'Amérique du Sud, en plus de sa fonction prise et dissémination d'images météorologiques.

Le système de collecte et de transmission de données METEOSAT, géré par l'Agence Spatiale Européenne (ESA, European Space Agency), a été conçu en compatibilité avec les autres systèmes de télétransmission par satellites géostationnaires (coordination CGMS), ce qui permet la collecte et la transmission de données à partir de plates-formes mobiles (capteurs et balises d'émission = D.C.P.) embarqués sur des avions ou navires.

Les plates-formes de collecte de données (DCP) peuvent fonctionner, dans le système METEOSAT, selon trois modes d'émission principaux :

- émission automatique, à intervalle fixe déterminé par une horloge interne : 1 h, 3 h, ... 24 h ;
- émission sur interrogation, à partir d'une commande adressée par l'utilisateur à la DCP via le centre ESA/ESOC (Darmstadt) et le satellite ;
- émission en mode alerte, avec transmission automatique par la DCP d'un message court (184 bits), quand un paramètre mesuré dépasse un seuil donné.

La longueur maximale du message METEOSAT utilisable pour la transmission des données mesurées in situ par les DPC est de 5.192 bits (649 mots de 8 bits), la durée maximale d'émission d'une DCP étant de 60 secondes à une cadence de 100 bits/seconde.

Les DCP "domestiques" ou privées émettent dans la gamme de fréquence 402,1 à 402,2 MHz pour METEOSAT.

Description du service

Ce service est actuellement gratuit pour les organismes gouvernementaux des états membres de l'ESA, à condition de disposer d'un système de réception. En 1986, le dispositif METEOSAT devrait être totalement opérationnel et alors ce service serait sans doute facturé comme le sont actuellement les autres satellites géostationnaires (GOES).

L'objectif de METEOSAT est de permettre la réception directe des mesures par l'utilisateur, grâce à une station de réception

directe située à l'intérieur de la zone de visualisation du satellite. Néanmoins, un système de consultation des messages reçus, par les réseaux téléphonique et télex, est opérationnel.

3.2 - Etude comparative et choix retenu

Parmi les satellites géostationnaires actuellement en service, METEOSAT est celui dont la visibilité intéresse le plus l'utilisateur français. Ses performances sont comparées ci-dessous à celles du système ARGOS (seules les différences principales sont relevées).

| <u>Service METEOSAT</u> | <u>Service ARGOS</u> |
|--|---|
| Système pré-opérationnel. Deux satellites en orbite : * modèle F1, dont le système de collecte de données fonctionne correctement. * modèle F2, dont le système de collecte de données est en panne | Opérationnel depuis 1979. Deux satellites simultanément en orbite. Le programme comporte 8 satellites en attente de lancement (si les lanceurs sont opérationnels!) |
| <u>PUISSSANCE DE L'EMETTEUR</u> | |
| 6 watts (avec antenne directionnelle). 60 watts (avec antenne omnidirectionnelle). | 600 mw à 3 watts suivant la polarisation de l'antenne et la mission de la collecte. |
| <u>CONSOMMATION DE L'EMETTEUR</u> | |
| Supérieure à 600 mw, fonction des périodes de transmission et de la durée des messages. | De l'ordre de 100 mw. |
| La puissance consommée par jour dépendra, dans les deux cas, des différents protocoles d'émission. Ne pas oublier la consommation au repos (et celle de la chaîne d'acquisition de données). | |
| <u>NOMBRE DE BITS DE DONNEES PAR MESSAGE</u> | |
| 2.000 à 5.200 bits. | 32 à 256 bits. |

Service METEOSAT

Service ARGOS

PROTOCOLE D'EMISSION

Affectation d'un canal dans la bande de fréquence.

Affectation d'une fenêtre d'une minute par période d'une heure.

Eventuellement, un programme d'utilisation de la fenêtre sur une période de 24 heures.

Bandé de fréquence :
402 à 402,1 MHz.

Tous les émetteurs équipant les plates-formes ARGOS fonctionnent à la même fréquence: 401,650 MHz.

- * Il transmet les messages de données de façon périodique :
 - . toutes les 100 à 200 secondes pour une plate-forme ne demandant que la collecte de données.
 - . toutes les 40 à 60 secondes, s'il y a nécessité de localiser la plate-forme.

TYPES DE COLLECTE

Trois types possibles :

Emission automatique avec possibilité de cadence accélérée si nécessaire, en cas de situation exceptionnelle.

Emission déclenchée par un évènement mesuré par la plate-forme (alarme).

Sur interrogation : la plate-forme possède un récepteur ; la collecte de données peut être ainsi déclenchée sur ordre.

L'émetteur n'est pas associé à un récepteur pour modifier le rythme d'acquisition. Il n'y a pas non plus de possibilité d'alarme, car la collecte n'est possible que lorsque le satellite est en visibilité.

CAPACITE DES SYSTEMES

Le satellite comprend 66 canaux (partagés à égalité entre le système international et régional) permettant une capacité potentielle de 4.000 plates-formes différentes par heure.

1.200 plates-formes en visibilité simultanée du satellite (ces valeurs sont à diviser par 5 s'il s'agit de plates-formes à localiser).
Le système devrait voir sa capacité doubler à partir de 1990 (projet ARGOS 2).

Service METEOSAT

Service ARGOS

MISE A DISPOSITION DES DONNEES

Les informations transmises par la plate-forme se retrouvent sous une forme identique dans les fichiers de distribution.

Les données sont disponibles sans délai.

Des traitements peuvent être demandés par l'utilisateur, par exemple :
-localisation de la plate-forme.
-transformation des mesures brutes en valeur physique suivant des traitements particuliers.
-création de messages météorologiques.

Le système demande un délai de 2 à 3 heures à partir de la réception des données par le satellite.

Les autres caractéristiques offertes par les deux systèmes sont comparables.

Synthèse

On résume ci-dessous les principaux avantages des deux systèmes et les éléments de choix pour leur utilisation.

ARGOS

- Système opérationnel depuis 1979.
- Les matériels d'émission sont moins chers (20.000 à 30.000 F) et moins gros.
- le service central peut calculer la position des plates-formes si l'émetteur le permet.

METEOSAT :

- La longueur du message transmis peut être importante (5.000 bits).
- La transmission des données se fait toutes les 1 H ou 3 H).
- Possibilité d'alarme.
- Le service est actuellement gratuit.
- mais pérennité incertaine et zone de couverture réduite.

3.3 - Choix d'un système

Dans le cadre d'une étude expérimentale de bassins versants en région provençale, (projet B.V. PACA), l'atelier "sédimentologie dynamique" (SED/MAR) du BRGM a participé à la définition et à la mise au point d'une chaîne de mesure utilisant la télétransmission par satellite. Dans le cadre de cette recherche, le dispositif d'acquisition automatique de données est constitué de quatre plates-formes de collecte de données comportant chacune plusieurs capteurs. Une chaîne d'acquisition a été développée avec ELSYDE pour quatre capteurs (hauteur d'eau, pluie, température et conductivité de l'eau). Une nouvelle chaîne autonome d'acquisition et de télétransmission est en cours de développement par SED/MAR, avec la société SYMINEX, pour la gestion de dix capteurs, dont huit en entrée (station HYDROSAT).

Le cahier des charges prévoit la nécessité :

- d'une fréquence élevée du rythme d'acquisition : pas de temps fixe (5 mn), ou variable selon les événements. Dans ce dernier cas, la fréquence d'acquisition peut être inférieure à 1 mn ;
- d'une saisie et d'un traitement des mesures en temps réel durant les périodes critiques (crues, transports solides) ;
- d'un système d'alarme en éveil permanent, afin de pouvoir intervenir à bon escient sur le terrain pour réaliser des mesures ou des contrôles de fonctionnement des capteurs.

Ces spécifications ont conduit à opter pour le système METEOSAT dont les services correspondent très bien à ce cas précis, mais ce choix ne saurait être systématique.

En particulier, le système ARGOS s'avère être parfaitement suffisant lorsqu'il s'agit d'un suivi de routine (quel que soit le phénomène étudié) et qu'aucun phénomène d'ampleur extraordinaire et rapide n'est à craindre.

En outre, il reste toujours possible de doubler sur le site un système d'émission ARGOS par un système METEOSAT, au cas où une aggravation du phénomène apparaît. Cette solution, utilisable temporairement, reste onéreuse.

Un autre critère important pour les opérations à venir est la pérennité du système choisi. Si ARGOS est prévu pour fonctionner jusqu'en 1995, il n'en est pas de même pour METEOSAT dont les satellites ne pouvant rester indéfiniment en orbite géostationnaire (épuisement du carburant nécessaire à leur rectification périodique de position) et en cas de défaillance de l'un des satellites, l'Agence Spatiale Européenne n'est actuellement pas en mesure de le remplacer rapidement (délai de l'ordre de un an contre trois mois pour ARGOS).

Par contre, un argument qui joue actuellement en faveur de METEOSAT est la gratuité de son service.

4 - PRINCIPALES DIFFICULTES D'ELABORATION D'UNE CHAINE COMPLETE

L'expérience menée par le service géologique régional Provence-Alpes-Côte-d'Azur, a permis de mettre en évidence l'ensemble des problèmes liés à la conception et à la réalisation d'une chaîne de télétransmission.

4.1 - Le choix du matériel

Le premier choix est celui du satellite ; il dépend du type de surveillance que l'on souhaite mettre en place, chaque système ayant ses avantages et ses inconvénients.

Après cette première phase, il reste à construire la chaîne autour du système retenu.

De l'interface 1 à l'interface 2 (voir figure 23), il n'y a pas de choix possible : le matériel dépend du satellite. En particulier, les balises d'émission et de réception sont conçues et commercialisées par des sociétés agréées par le CNES, les délais de livraison peuvent être très longs (plusieurs mois) et leur coût est élevé.

En ce qui concerne les capteurs et leur conditionnement, le choix est lié avant tout aux phénomènes que l'on veut mesurer et à la précision désirée des mesures. Mais il faut également se soucier de leur fiabilité, de leur robustesse, de leur intégration à la chaîne (conditionneur éventuellement à développer) et de leur adaptation au site (fixation, protection, etc.) qui n'a en général pas été prévue par le constructeur.

Au niveau du système d'interrogation, il n'est pas possible de concevoir un appareil figé (chaque cas étant un cas particulier). Une adaptation d'un système de base sera donc nécessaire au coup par coup. Il faut alors imaginer un système programmable. Des systèmes d'acquisition de données programmables autonomes existent actuellement, permettant le suivi de quatre à douze capteurs de différentes natures.

4.2 - L'installation et l'alimentation

En ce qui concerne la partie amont de la chaîne, qui restera sur le site, il sera toujours nécessaire de concevoir une adaptation propre au terrain pour son installation, sa protection (contre les intempéries, les animaux,... le vandalisme) et éventuellement de prévoir un système de réchauffage (enceinte isolée chauffante).

Tout ce matériel est consommateur d'énergie électrique ; une alimentation est donc nécessaire pour assurer son fonctionnement. Si en règle générale les capteurs ne sont pas de très gros consommateurs d'énergie, il n'en est pas de même de la balise qui consomme plusieurs dizaines de watts pendant le temps de fonctionnement (pouvant aller jusqu'à 20 ou 30 minutes par jour), ce qui correspond à 2 à 3 Ah environ chaque jour.

Un des intérêts d'une chaîne de télétransmission étant de disposer d'un système autonome le plus longtemps possible, l'alimentation devra assurer sa propre régénération (recharge de batteries par capteurs solaires par exemple) et, en cas de défaillance, une alimentation de secours devra prendre le relais.

En dehors de cette difficulté d'assurer une alimentation fiable, il faut s'assurer que le matériel reste en état de marche et, pour cela, le système devra émettre régulièrement un signal spécifique de bon fonctionnement.

Pour ce qui est du matériel en aval de la chaîne (à partir de l'antenne de réception), les conditions d'utilisation seront moins draconiennes et son contrôle beaucoup plus facile. Toutefois, la certitude de la bonne marche de l'ensemble est indispensable et en particulier, même si ce matériel est alimenté par le secteur, une alimentation de secours est obligatoire : si on peut, à la limite, se permettre de ne pas recevoir une série de données, il est impensable de ne pouvoir recevoir, à tout moment, un signal d'alerte.

4.3 - Les problèmes d'organisation

En dernier lieu, lorsque la chaîne fonctionne, il reste à assurer la gestion (traitement et interprétation) des données.

L'utilisation de l'informatique permet d'effectuer un traitement automatiquement à chaque réception, et un micro-ordinateur peut suffire pour ce traitement.

Pour exploiter pleinement les avantages offerts par la télétransmission, l'interprétation des résultats doit se faire en temps quasi réel. Elle nécessite donc la mise en place d'une structure (en personnel) capable de juger de l'évolution des mesures et de prendre éventuellement une décision. En particulier, ce point est très important dans le cas du déclenchement d'une alarme.

5 - ETUDE DETAILLÉE DES DIFFERENTS ELEMENTS DE LA CHAINE

5.1 - Les capteurs : principes de fonctionnement

Quelle que soit la grandeur à mesurer, il existe un grand nombre de capteurs, il n'est donc pas question d'en concevoir de nouveaux, mais il faut faire un choix parmi ceux disponibles dans le commerce. Ils se différencient par leur principe de fonctionnement et par leurs caractéristiques (résolution, fiabilité, sensibilité, présentation, dimension, gamme de mesure, ...).

Les capteurs mécaniques tels que le mètre gradué, le pied à coulisse, le rapporteur, qui ont l'avantage d'être facilement utilisables, peu onéreux, mais qui ne permettent pas des mesures de grande précision (résolution ne dépassant pas le 1/100 mm), ne seront pas abordés ici.

On s'intéressera plutôt à des capteurs plus sophistiqués, qui nécessitent un circuit électrique associé pour obtenir la mesure, et que l'on pourra utiliser dans une chaîne de télétransmission.

La première distinction qu'il faut faire est celle qui existe entre les capteurs actifs et les capteurs passifs.

Un capteur actif fonctionne en générateur, son principe de base est fondé sur un effet physique qui assure la conversion en énergie électrique de la forme d'énergie propre au mesurande (grandeur mesurée).

Il a peu d'applications en géotechnique.

Un capteur passif se présente comme une impédance, c'est-à-dire :

- soit une résistance électrique ;
- soit une inductance (self, bobine) ;
- soit une capacité (condensateur) ;

dont un des paramètres déterminants est sensible à la grandeur mesurée. Dans le principe, c'est la mesure de cette résistance, de cette inductance ou de cette capacité, qui permet de connaître la mesurande.

Contrairement aux capteurs actifs, l'impédance d'un capteur passif et ses variations ne sont mesurables qu'en intégrant le capteur dans un circuit électrique par ailleurs alimenté et qui est son conditionneur.

Les principaux types de capteurs utilisés sont présentés ci-dessous en fonction des grandeurs mesurées. On trouvera en annexe une documentation concernant certains d'entre eux.

* Mesure des déformations :

- les capteurs résistifs, dont le fonctionnement est basé sur la variation de résistance d'un fil électrique qui se déforme. Ce fil (disposé sous forme de grille fixée sur un support souple : cf fig. 511) est rendu solidaire par collage (le plus souvent) de l'objet dont on souhaite mesurer la déformation, une membrane par exemple.

Applications : déformation mécanique (extension aux mesures de pression).

Avantages : bonne sensibilité et bonne résolution, temps de réponse rapide, coût modéré.

Inconvénients : difficiles à mettre en place, très faible amplitude, mauvaise fiabilité (collage), fragilité, nécessité d'un pont de mesure et d'une alimentation.

- les capteurs à corde vibrante (fig. 512)

Une corde à piano est tendue entre deux flasques solidaires du système à étudier. La corde est mise en vibration entretenu par un système électronique approprié et elle est écoutée au moyen d'un électro-aimant. Une variation de longueur se traduit par une variation de fréquence de vibration de la corde par comparaison à la fréquence initiale, le raccourcissement ou l'allongement de la corde est déduit.

Applications : déformation, effort, pression.

Avantages : transmission facile sans perturbation due à la nature du signal (fréquence), bonne fiabilité, bonne sensibilité.

Inconvénients : circuit de vibration et mesure de fréquence obligatoires, prix assez élevé.

Fig. 511

Jauge resistive

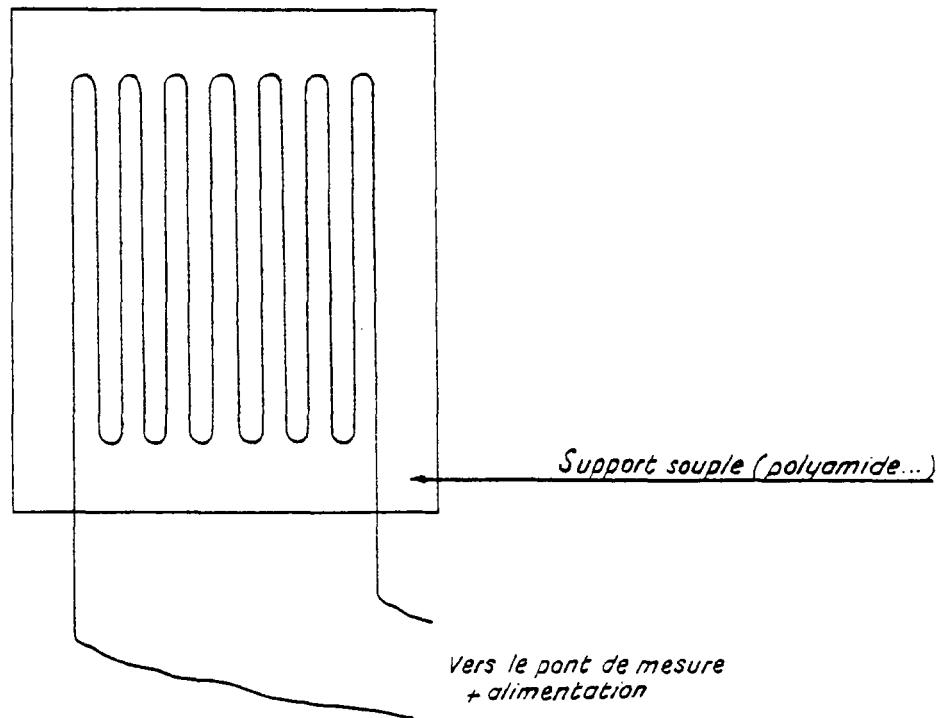
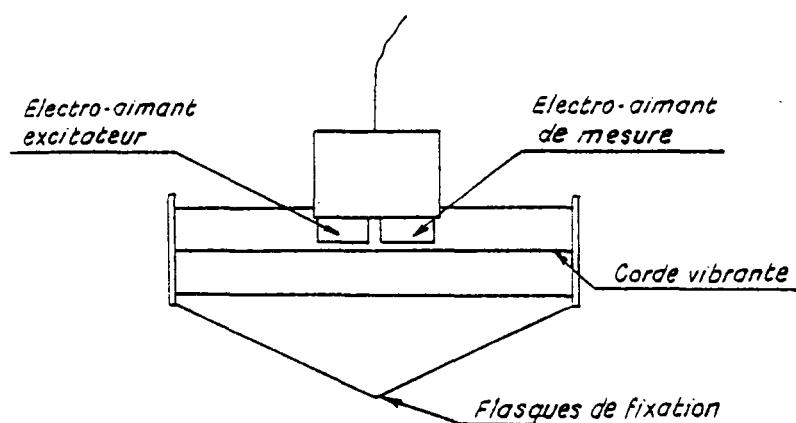


Fig. 512

Principe de la corde vibrante



N_0 : fréquence initiale (Hz)

N : fréquence enregistrée (Hz)

$$\frac{\Delta L}{L} = k(N^2 - N_0^2)$$

* Mesure des déplacements :

- les capteurs potentiométriques (cf fig. 513) constitués d'une résistance (bobinée par exemple) fixe sur laquelle peut se déplacer un curseur électrique solidaire mécaniquement de la pièce dont on veut traduire le déplacement.

Applications : déplacement

Avantages : simplicité, faible coût, facilité de la mesure.

Inconvénients : frottements internes (au niveau du curseur) provoquant, à long terme, une dégradation des performances du capteur.

- les capteurs inductifs à transformateur différentiel (fig. 514) dont le principe est une modification du couplage entre le primaire et les deux secondaires lors du déplacement d'un noyau en alliage magnétique placé entre ceux-ci, le noyau étant solidaire du déplacement mesuré.

Applications : déplacement.

Avantages : grandes linéarité, résolution, finesse ; simplicité du montage.

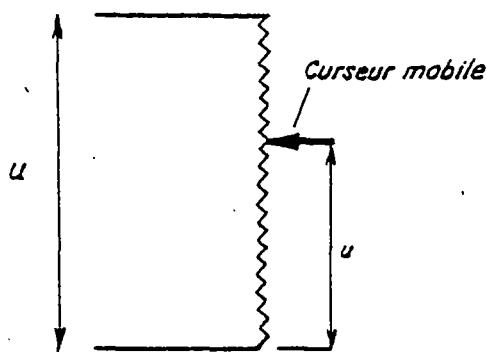
Inconvénients : prix élevé.

- les capteurs inductifs à variation de mutuelle inductance (fig. 515) constitués de deux bobines montées sur un même axe et dont les inductances varient en signe opposé lors du déplacement d'un noyau en alliage magnétique suivant l'axe commun des deux bobines (fonctionnement en push-pull).

Applications : déplacement.

Avantages : bonne linéarité.

Inconvénients : prix élevé.

Principe du capteur potentiométrique de déplacement

U : tension de référence aux bornes de la résistance

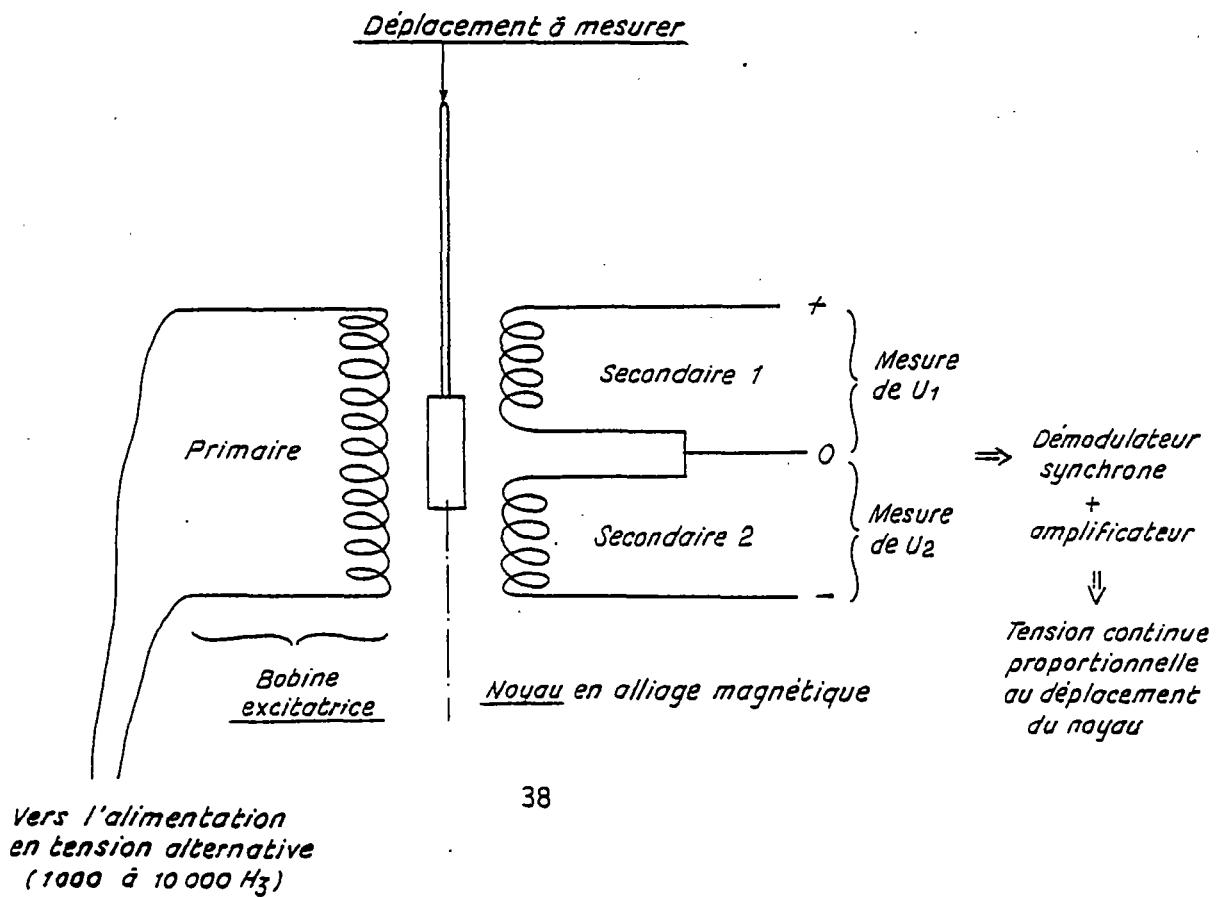
u : tension entre une extrémité de la résistance et le curseur mobile

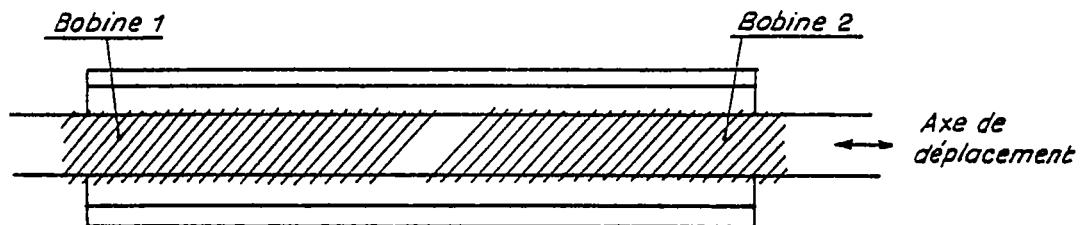
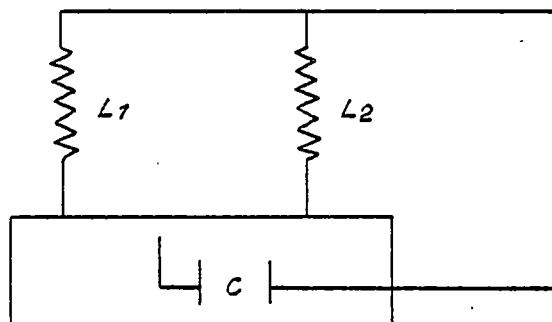
$$\text{à l'instant } t : L = K \frac{u}{U} + L_0$$

$$\text{à l'instant } t + \Delta t : L' = K \frac{u'}{U'} + L_0$$

$$\text{Le déplacement entre } t \text{ et } t + \Delta t \text{ est égal à : } L' - L = K \left(\frac{u'}{U'} - \frac{u}{U} \right)$$

Fig. 514

Principe du système inductif
à transformateur différentiel

Fonctionnement d'un capteur inductif à 2 bobinesMontage oscillantPrincipe du montage

L_1, L_2 : inductance des bobines 1 et 2

Module oscillant + alimentation → permettant de connaître la fréquence de résonnance du circuit $L_1 C$

Principe du schéma électriquePar construction

$L_1(x_0) = L_2(x_0) \rightarrow$ (Les deux bobines sont identiques)

et $L'_1(x) = -L'_2(x) \rightarrow$ (leurs variations d'inductance sont opposées en signe)

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{L_1(x) \cdot C} \\ F_2 &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{L_2(x) \cdot C} \end{aligned} \right\}$$

Valeur de la fréquence de résonnance de chacun des circuits $L_i C$

$\Rightarrow F_1 - F_2 = kx$: le déplacement x est proportionnel à la différence des fréquences de résonnance

* Mesure des pressions :

L'élément sensible du capteur (le corps d'épreuve) est le plus souvent un élément dynamométrique dont un paramètre, géométrique par exemple, peut varier sous l'action de la pression. Cette variation est mesurée par l'intermédiaire d'un moyen de traduction électrique (jauges d'extensométrie ou corde vibrante par exemple).

L'étalonnage de l'appareil dont les déformations doivent rester élastiques, permet de relier directement la pression (ou force) appliquée aux grandeurs mesurées.

Applications : pressions, forces, niveaux d'eau.

Avantages : très bonnes qualités métrologiques.

Inconvénients : coût élevé.

* Mesure d'accélérations

Le capteur le plus couramment utilisé au BRGM est du type asservi (fig. 516).

Le principe consiste non pas à mesurer directement une valeur liée au mesurande, mais une valeur nécessaire pour annuler une variation du mesurande par rapport à une position d'équilibre.

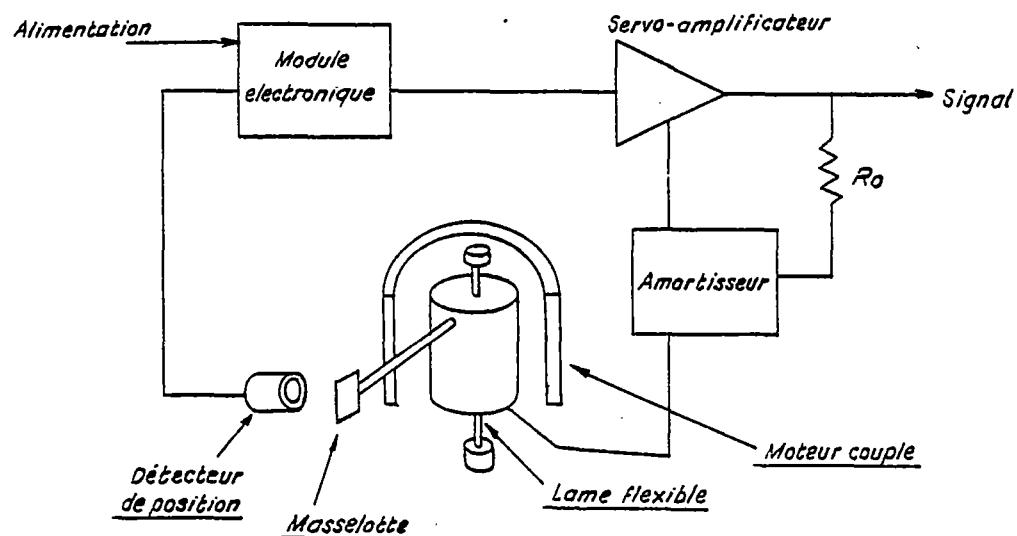
Applications : inclinométrie (mesure d'angle par mesure d'une composante de l'accélération de la pesanteur suivant une direction non verticale).

Avantages : grande précision, très bonne résolution.

Inconvénients : prix élevés.

Fig. 516

Principe d'un accéléromètre asservi (SCHAEVITZ)



Les principes de l'accéléromètre angulaire : servo inclinomètre SCHAEVITZ (voir schéma fig. 516)

Il s'agit d'un système asservi à équilibre de force, basé sur le fait qu'une masse libre soumise à deux forces égales en intensité et de directions opposées ne bougera pas.

Une masse mobile au bout d'une lame flexible (pendule) va se mouvoir et s'orienter suivant la direction de la pesanteur. Un détecteur de position mesure l'écart par rapport à la position d'équilibre de l'appareil et commande un "moteur" (électro-aimant) qui va ramener cette masse à la position d'équilibre. Par l'intermédiaire d'une résistance, on mesure l'intensité du courant qui traverse l'électro-aimant, et celle-ci est linéairement proportionnelle au sinus de l'angle entre le pendule et la verticale locale.

L'ensemble du système est disposé dans un boîtier étanche rempli d'huile qui sert d'amortisseur hydraulique au pendule et permet de réduire, voire annuler, la réponse aux accélérations transitoires.

Résolution accéléromètre Schaevitz : 1/36.000 ($\approx 5.10 \text{ E - } 07 \text{ rd}$)
Résolution nivelle : 1/2.000 ($\approx 8.10 \text{ E - } 06 \text{ rd}$)

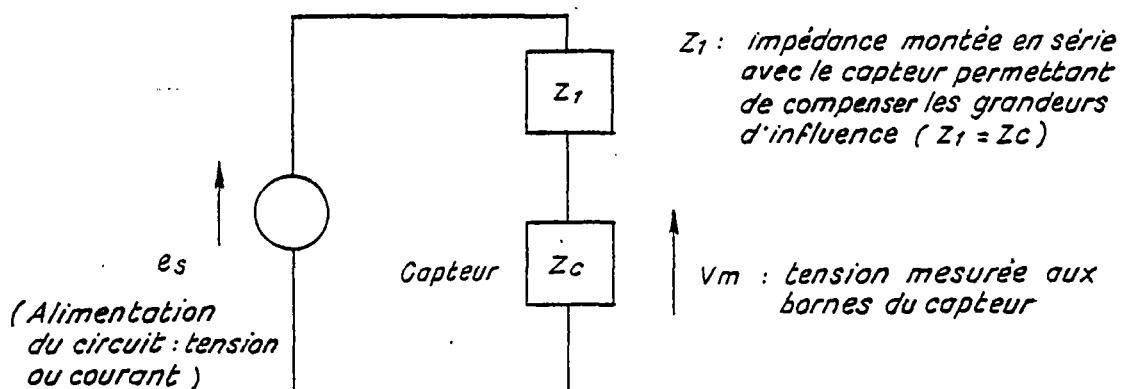
De nombreux capteurs sont basés sur l'un de ces principes (on trouvera en annexe une documentation technique les concernant), mais il n'est pratiquement pas possible de les utiliser tels quels et ils sont souvent associés à un circuit d'adaptation (amplification et adaptation d'impédance).

5.2 - Les conditionneurs des capteurs passifs

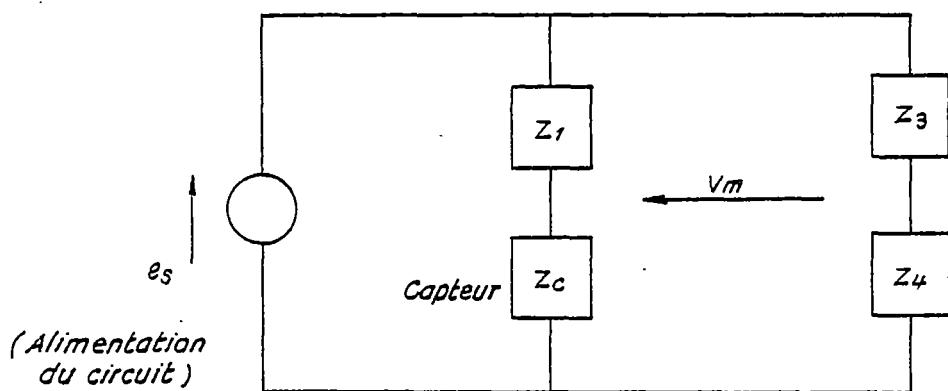
Le conditionneur est en général constitué d'une alimentation (soit une source de tension, soit une source de courant) et d'autres impédances (le capteur étant lui-même une impédance). C'est cet ensemble qui permet de transférer l'information liée aux variations d'impédance du capteur :

- soit sur l'amplitude du signal de mesure (cas des montages potentiométriques et des ponts : fig. 52) ;
- soit sur la fréquence du signal de mesure (cas des montages oscillants : fig. 515).

Montages potentiométrique et pont



Montage potentiométrique



Montage pont

(permet d'éliminer entre autre l'influence des variations de la tension d'alimentation)

Les rôles du conditionneur :

- alimentation du capteur ;
- traduction de la mesurande en une différence de potentiels ou une fréquence (après éventuelle amplification et adaptation d'impédance) ;
- compensation des grandeurs d'influence (effets parasites : température) ;
- amplification et linéarisation de la réponse (si possible).

Le montage potentiométrique présente l'intérêt de la simplicité, mais son inconvénient majeur est sa sensibilité aux fluctuations de la tension d'alimentation, que l'on peut éliminer (ou presque) en réalisant un pont de mesure (type pont de WHEASTONE) par effet de symétrie..

Principe de base du montage type pont

Si l'on place l'une à côté de l'autre deux impédances dont une seulement est soumise aux fluctuations de la grandeur à mesurer, elles seront toutes deux soumises aux effets parasites. Par mesure différentielle de potentiel à leurs bornes, on isole les variations de potentiel dues uniquement aux fluctuations de la grandeur à mesurer.

Dans le cas de système pont uniquement résistif (jauge de déformation), les variations de résistance du capteur restant faibles, on obtient, au voisinage de l'équilibre du pont ($V_m \approx 0$) une bonne linéarité de la courbe $V_m/es = f(R/R_0)$.

5.3 - Interrogation - tri - mémorisation

Pour analyser concrètement les possibilités de la télémesure, il est nécessaire d'examiner dans le détail le matériel permettant une acquisition automatique des données. De ce fait, on élargit le thème de la réflexion aux problèmes d'instrumentation *in situ*.

Jusqu'à présent et pratiquement pour tous les réseaux de surveillance gérés en hydrogéologie ou en géotechnique, les seuls enregistreurs utilisés sont des enregistreurs analogiques sur papier.

Dans le cas d'un réseau de surveillance piézométrique, le nombre de points à surveiller (niveau d'eau dans un puits) peut atteindre plusieurs centaines.

Un technicien relève régulièrement (1 fois par mois) les limnigraphes et effectue manuellement les mesures sur les piézomètres non équipés.

Ces données sont par la suite introduites dans un ordinateur (saisie manuelle) pour être présentées sous la forme de courbes d'évolution.

Les tournées peuvent être plus espacées et la saisie supprimée, en s'équipant de matériel d'acquisition automatique. De plus, la télétransmission permet d'accroître la fiabilité du réseau en tenant régulièrement informé de la charge des batteries et du bon fonctionnement des capteurs.

Le risque de vandalisme et la sécurité du matériel sur le site obligent à prévoir des armoires robustes et fermées à clef. Cette précaution peut s'avérer insuffisante, c'est pourquoi nous souhaitons qu'un maximum de matériel soit descendu dans le forage lui-même avec le capteur.

Quelques systèmes d'acquisition *in situ* sont déjà proposés par différentes sociétés. On peut citer :

- WHESSOE (GB)
- SEBA-FORAFRANCE (F)
- CAMPBELL SCIENTIFIC (US)
- WESTBAY (Canada)
- AMETEK (US)
- MESTROLE (F)
- CENTRALP (F)
- AUTEG (F)

Parmi les six fiches présentées, deux seulement concernent des constructeurs (CEIS et ELSYDE) proposant une option télétransmission.

Avant de choisir pour une opération un système donné, il faut examiner en particulier les points suivants :

*** Capteurs : précision et encombrement.**

Ex : Les capteurs de pression destinés à mesurer une hauteur d'eau dans un forage, doivent posséder un diamètre aussi petit que possible : sonde WHESSOE (100 mm), sonde ELSYDE (75 mm), sonde WK (35 mm).

*** Acquisition : autonomie (capacité mémoire et électrique) ; rythme d'acquisition (variable ou fixe, limitation).**

Ex : L'acquisition peut être réalisée seulement lorsque la mesure est différente de la précédente enregistrée (lorsque l'écart atteint une certaine valeur).

*** Fiabilité : nature de l'enregistrement (EPROM, bande magnétique), conditions de fonctionnement (température, choc), risques de vandalisme.**

Ex : Le matériel WK peut être descendu dans le forage au bout d'un câble sans qu'aucun élément ne sorte du trou.

*** Maintenance : coût et conditions d'intervention.**

Ex : A l'étranger, les constructeurs peuvent proposer un kit d'intervention permettant à l'utilisateur d'effectuer lui-même le remplacement des pièces défectueuses, à condition d'utiliser des composants modulaires.

*** Nature de la société.**

Ex : La société doit présenter un certain nombre de garanties quant au suivi de la fabrication et de la maintenance de son matériel.

Actuellement tous les éléments permettant d'effectuer très rapidement une première sélection d'un système d'acquisition automatique sont disponibles. C'est seulement à partir d'une expérience pratique d'utilisation d'un de ces systèmes que l'on pourra poursuivre la réflexion.

5.3.1 - Le matériel ELSYDE/ORSTOM

La société ELSYDE commercialise du matériel d'acquisition de données hydrologiques, créé en collaboration avec l'ORSTOM. Ce matériel est bien adapté aux systèmes de télésurveillance (annonce de crues, météorologie, piézométrie, ...) en y ajoutant une carte et une balise de type Argos ou Meteosat.

a) LE SYSTEME CHLOE (Centrale Hydrologique Limnimétrique Orstom Elsyde)

Spécifications techniques

* Entrée capteur :

- 1 voie limnimétrique permettant la connexion d'une sonde.
- 1 voie capteur auxiliaire (sonde de conductivité par exemple).

* Sortie :

- Enregistrement sur cartouche EPROM amovible CE64.
- 1 vecteur de sortie configurable en option au standard de communication des émetteurs satellites ARGOS et METEOSAT.

* Limites climatiques d'utilisation

- Plage de température de fonctionnement : -25 à +80 °C
- Humidité relative maximum : 100 %.
- Coffret étanche selon la norme IP559.

* Bases de temps :

- Horloge temps réel calendaire initialisable.
- Dérive inférieure à 1 mn/mois dans les limites climatiques d'utilisation définies précédemment.

* Autonomie

- Avec une batterie de type plomb-calcium (48 Ah/12 V) ou de type auto au plomb (35 Ah/12 V), c'est-à-dire les moins coûteuses, l'autonomie est d'au moins deux mois (avec un émetteur). Il est toujours possible d'augmenter cette durée en multipliant les éléments, en ajoutant un panneau solaire ou une batterie de très grande capacité.
- La capacité de la cartouche permet de stocker environ 12.000 mesures. C'est équivalent à une mesure de pression et de température toutes les heures pendant 8 mois.

b) LE SYSTEME_OEDIPE (Organe d'Enregistrement Digital d'Information Pluviométrique)

Caractéristiques techniques

* Entrée capteur :

- 1 voie acceptant un signal impulsionnel (pluviographie).

* Sortie

- Enregistrement sur cartouche EPROM amovible CE64.
- 1 vecteur de sortie (implantable en option) au standard de communication avec la balise (système ARGOS).
- 1 voie pour la connexion d'un terminal de lecture TM84.

* Autonomie

La très faible consommation du système permet de garantir un fonctionnement sur batterie pendant plus de 8 mois.

5.3.2 - Le matériel WK Electronique/BRGM

* Présentation

L'appareil est un prototype destiné à mesurer le niveau d'eau (par exemple dans un forage) sans qu'aucun élément ne sorte du trou : il est maintenu à la cote souhaitée par l'intermédiaire d'une câblette. Il comprend :

- une tête renfermant le capteur de pression ;
- un micro ordinateur spécifique capable d'interroger le capteur (fréquences variables) et de stocker (sur mémoire vive) les valeurs ;
- un tube inox assurant l'étanchéité totale à l'immersion.

* Caractéristiques principales

- Longueur hors tout = 120 cm.
- Diamètre = 35 mm.
- Gamme de mesure et précision : dépend du capteur, la mesure est codée sur 4.000 points).
- Fréquence des mesures réglable entre 1 minute et 2 heures.
- Capacité de stockage = 1.000 valeurs (= 3 mois sur la fréquence minimale).
- Microprocesseur : 12 bits.
- Alimentation par piles.

* Récupération des valeurs

Il faut sortir l'appareil et connecter la partie électronique à un micro ordinateur de terrain (actuellement type EPSON HX 20). Les valeurs sont alors transférées en mémoire centrale du micro ordinateur de terrain et/ou sur micro cassette (imprimante et micro cassette font partie du micro ordinateur).

5.3.3 - Enregistreur de données OTT

ALLGOMATIC est un système proposé par OTT pour la saisie de données de mesures sur modules de mémoire EPROM. Ce matériel est distribué en France par la société WILD & LEITZ.

La version de base (DL 40) se présente sous la forme d'un boîtier en fonte d'aluminium. Cette station peut recevoir cinq capteurs au maximum et être associée à un limnigraphé vertical (R 16) avec enregistrement sur tambour (révolution de 32 mn à 96 jours).

Cet équipement assure alors un enregistrement analogique et en même temps un stockage sur mémoire des valeurs numérisées pour le niveau de l'eau et la température. D'autres capteurs peuvent être raccordés.

5.3.4 - Système d'acquisition GIR/CNR

Ce matériel a été conçu sur cahier des charges CNR (Compagnie Nationale du Rhône) pour la surveillance des nappes phréatiques.

* Présentation du système SAMM :

Selon la programmation de ses composants, il enregistre des mesures de variables telles que : niveau, débit, tension, consommation, température, pression, fréquences, résistances, nombre d'événements, etc.

Equipé d'une voie d'entrée en version standard, SAMM peut recevoir de 1 à 10 voies en option. Sa capacité de mémorisation est de 2.000 mesures, dont le recueil peut être programmé selon un intervalle de temps de 10 secondes à 24 heures.

La réalisation des valeurs mémorisées est assurée par liaison série asynchrone à 4.800 bps (sortie RS 232 C) :

- soit par l'intermédiaire de la mémoire de collecte MDC,
- soit directement pour analyse sur place par le micro ordinateur portable EPSON HX 20,
- soit par tout autre équipement de traitement.

Son alimentation lui confère une autonomie théorique de plus de 2 ans ou 10.000 mesures (d'un point de vue pratique, peu d'accumulateurs peuvent tenir deux ans en débitant un courant).

* Possibilités d'entrées

Toutes les grandeurs mesurées peuvent être affichées dans la gamme -9999 +9999.

Capteurs standard :

- Pression, niveau de liquide, déformation, et d'une manière générale tout pont de Wheatstone $R > 300 \Omega$.
Alimentation sous 5 V, signal de sortie > 2 mV.
- Température -50 +120°C.
Résolution 0,1°C.
- Résistance platine 100 Ω.
Résolution 1°C ou 0,1° selon la gamme de mesures.
- Humidité.
Sonde CCH (CORECI) 0-100 % Hr.
- Tension
de ± 10 mV à ± 50 V.
- Courants
de 100 μA à 100 mA.
- Comptage d'événements (cumul entre deux acquisitions).
L'entrée fournie est soit un contact sec, soit un niveau de tension de 5 à 48 V.
- Fréquences (1 Hz ou 0,1 Hz).
Fréquence max. de comptage : 20 kHz.

Alimentation des capteurs

- Sur la version de base, le SAMM fournit une alimentation de 5 V pour l'entrée tension.
- Avec le module d'extension, pour chaque voie, le système fournit lors de la mesure une tension de 5 V régulée ou la tension de pile (9 ou 13,5 V) pour l'alimentation du capteur. Si une alimentation extérieure est nécessaire, un contact sec permet sa commutation lors des mesures.

* Remarques

- La CNR dispose actuellement d'une quarantaine d'appareils le long du Rhône. Ils sont protégés contre le vandalisme par une cloche métallique fermée.
- Chaque appareil est testé en étuve.

- La mémoire de collecte (MDC) n'est pas indispensable : l'EPSON HX 20 peut suffire, mais il a une faible capacité.
- L'utilisation de la MDC impose un dispositif (ordinateur ou micro ordinateur de relecture).
- L'utilisation de la MDC avec EPROM semble très commode.
- Pour son application, la CNR n'a pas envisagé de télétransmission
- Actuellement, le constructeur étudie des modifications à apporter au SAMM (objectif : augmenter la souplesse pour multiplier les applications).

5.3.5 - Matériel commercialisé par CR2M (CR2M : Conseil et Réalisation en Mesure et Micro informatique)

*** Principes de base**

- Matériel de terrain à coût réduit.
- Acquisition à cadence lente.
- Fonctionnement sur piles (autonomie 6 mois).
- Fonctionnement de -30°C à +60°C.

*** Caractéristiques communes**

- Coffret et prises étanches.
- Dialogue opérateur par liaison série (terminal ou ordinateur portable).
- Alimentation (piles) intégrée.
- Horloge intégrée.
- Option cassette EPROM de déchargement.
- Période d'acquisition minimale d'une minute.

*** Liste des appareils**

| APPLICATION | REFERENCES | COMMENTAIRES |
|-------------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| Pluviomètre à auget | SAB 600-PLA | |
| Limnigraph à ultra sons | SAB 600-LMU | 4 voies maximum 1 comptage option |
| Chaîne d'acquisition | SAB 600-ADT | 4 entrées analogiques |
| Limnimètre pour capteur de pression | SAB 600-LMN | 4 voies maximum |

* Précisions sur la chaîne d'acquisition SAB 600-ADT

- Alimentation par piles, autonomie 6 mois.
- Capacité mémoire 8 ko, soit environ 4.000 mesures.
- Données recueillies par micro ordinateur de poche.
- Options :
 - . Transfert des données par cassette mémoire EPROM (réf. EPROM SAB 610) - (cassette à relire avec un lecteur spécialisé) ;
 - . Imprimante 15 caractères par ligne.

5.3.6 - Le système d'acquisition BRGM

* Présentation

DAISY (Data Acquisition Intelligent SYstem) est un système autonome d'acquisition des mesures in situ, conçu et en cours de développement au BRGM. Il peut effectuer toutes sortes de surveillance par capture des paramètres à mesurer sans intervention humaine.

Après programmation des conditions de mesure (séquence, nombre de capteurs, ...), DAISY mesure et mémorise les résultats. L'opérateur peut à tout moment venir lire les mesures déjà effectuées, sans en interrompre le déroulement.

L'ensemble est monté dans un coffret en ABS comportant deux parties distinctes (électronique, connectique) :

- dimensions : 184 x 138 x 150 mm.
- poids : environ 1,2 kg (sans piles).
- utilisation : 0 à + 50° (- 40 à + 70° en option).
- étanche au ruissellement (boitier fermé).

La partie connectique est accessible en enlevant le couvercle où se trouve l'alimentation.

- Alimentation : réceptacles internes à DAISY pour 6 piles type R20. Branchement d'une alimentation extérieure possible.
- Autonomie : environ 100.000 mesures sur piles alcalines. Limitée par l'autodécharge des piles.
- La sauvegarde des mesures stockées est assurée pour plus de 10 ans.
- En aucun cas le remplacement des piles ne perturbera la mémoire de DAISY.
- Liaison extérieure :
 - . sortie sur prise type CANNON mâle pour la liaison série ;
 - . sortie sur prise type CANNON femelle pour entrées, sorties capteurs ;
 - . interrupteur réveil permanent/réveil automatique.

* Spécifications techniques

- Quatre entrées analogiques pour capteurs en pont ou demi-pont (potentiométriques, impédance > 300 Ω). Possibilité d'adapter tout autre type de capteur.
- Convertisseur 16 bits.
- Tous les capteurs sont alimentés par la même alimentation : + 5 volts, ± 5 %, 80 mA maximum (pour l'ensemble des capteurs).
- Tous les capteurs doivent avoir de préférence une sensibilité proche afin de pouvoir utiliser la même sensibilité d'entrée pour DAISY.
- DAISY a trois sensibilités possibles. Leurs caractéristiques sont résumées ci-dessous :

| SENSIBILITE | NON LINEARITE TYPIQUE | NON LINEARITE MAXIMUM | RESOLUTION |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| 3 mV / V | 60 ppM / FS | 300 ppM / FS | 30 ppM / FS |
| 30 mV / V | 20 ppM / FS | 200 ppM / FS | 30 ppM / FS |
| 300 mV / V | 20 ppM / FS | 200 ppM / FS | 30 ppM / FS |

ppM : partie par million
/ FS : par rapport à la pleine échelle

- Départ des mesures (date de début d'enregistrement), programmable de la date de programmation jusqu'à 1 an après cette date, automatiquement remis à jour après une lecture des points.
- Intervalle de mesure programmable de 5 secondes à 23 H 59 min 59 sec.
- Mémoires intégrées avec sauvegarde pour 16.000 mesures, arrêt automatique de l'acquisition après la dernière mesure.
- Intelligence de l'appareil évolutive à la demande : prétraitement des mesures, critères d'alarme...

5.4 - De l'interface_1 à l'interface_2

Rappelons que ces "maillons" de la chaîne sont liés au système de satellite retenu et ont pour fonction principale de transmettre les informations stockées par l'organe d'interrogation à l'ordinateur de traitement via le satellite.

Les balises d'émission sont commercialisées en France exclusivement par la société CEIS/Espace (pour le système METEOSAT).

Une antenne omnidirectionnelle nécessite une puissance d'émission de 40 W, alors qu'une balise de 5 W suffit à alimenter une antenne directionnelle.

En ce qui concerne METEOSAT, chaque utilisateur dispose d'un ou plusieurs créneaux d'émission (2 minutes par créneau), d'une fréquence spécifique et d'un code d'identification qui constituent le protocole d'utilisation, propre à chaque balise d'émission et défini par l'ESA (Agence Spatiale Européenne).

Côté réception, l'antenne de type parabolique est reliée à un récepteur-démodulateur de fréquence et un synchronisateur de bits et de trames, lequel décode l'information analogique reçue en données digitales (mots de 8 bits) et effectue un certain nombre d'identifications et de contrôles de messages (adresse, début, fin, interruption) permettant de séparer et identifier tous les messages émis par le satellite, y compris les images météorologiques.

L'interface "2" sélectionne et envoie à l'ordinateur les données relatives à la station d'émission. L'expérience actuellement en cours au BRGM a montré que cela pose un problème au niveau de la procédure de tri, et en particulier que l'interface doit être capable de stocker lui-même les informations tant que l'ordinateur ne les a pas mémorisées (nécessité d'une sécurité de sauvegarde des informations). Le matériel disponible dans le commerce n'assure pas cette fonction et il est indispensable de la modifier à cette fin, c'est-à-dire qu'au même titre que l'interface 1, l'interface "2" doit être un organe "intelligent".

5.5 - L'ordinateur et le traitement

Aucun matériel particulier n'est nécessaire, le traitement des données est spécifique à chaque étude. Le seul problème est d'élaborer un logiciel de réception suffisamment sécuritaire, d'une part vis à vis de la récupération des mesures (être sûr que l'on réceptionne correctement toutes les données de tous les capteurs), et d'autre part vis à vis d'un code d'alerte, ce qui demande un certain nombre de vérifications, en particulier par rapport aux données précédentes.

5.6 - L'alimentation

En dépit de toutes les précautions qu'il est possible de prendre pour s'assurer du fonctionnement correct de la chaîne, leur efficacité ne pourra être totale qu'à condition que le système d'alimentation soit parfaitement fiable.

Dans la majeure partie des cas, tous les systèmes nécessitant une source d'énergie électrique de relativement faible capacité (quelques dizaines d'ampères-heure : c'est le cas d'une chaîne de télémesure) sont alimentés par capteurs solaires et batteries tampons conçus de manière à ce qu'en moyenne, l'électricité fournie par les capteurs suffise à réalimenter les batteries (régulateur de charge nécessaire). Une telle source d'énergie devra donc être dimensionnée parfaitement, elle devra être équipée d'un système émettant un signal spécifique en cas de défaillance.

Dans certaines conditions d'utilisation (froid intense prolongé), une partie des éléments de la chaîne (partie électronique surtout) peut nécessiter un maintien en température par l'intermédiaire de résistances chauffantes dans des caissons isolés thermiquement, ce qui demande de prévoir un accroissement de la capacité de l'alimentation.

Du côté réception, le problème de l'alimentation électrique et de la sécurité est tout aussi important mais beaucoup plus facile à résoudre (branchement au réseau EDF) ; on pensera simplement à équiper le système d'une alimentation de secours (alimentation ininterrompue) comme tout système informatique.

6 - RAPPEL DES REALISATIONS 1985 - POURSUITE DU PROJET EN 1986

6.1 - Les réalisations en 1985

Définition de la chaîne totale et choix d'un satellite

Nous avons vu que la partie "transmission" de la chaîne de télémesure est liée aux choix du satellite. Les deux principaux systèmes utilisables, ARGOS et METEOSAT, ont chacun leurs avantages propres. Les trois raisons majeures qui nous ont conduits à retenir en premier lieu le système METEOSAT sont :

- la possibilité d'émettre des messages plus longs ;
- l'existence d'un canal d'alerte ;
- la disponibilité de la station de réception implantée au BRGM à Marseille (Service régional Provence-Alpes-Côte-d'Azur).

Les autres maillons de la chaîne (partie "mesure") sont liés au besoin propre au site ; il a donc été retenu pour le site expérimental choisi, en premier lieu, des capteurs de déplacement, de rotation et de température (éventuellement d'autres mesures pourront être faites : pluviométrie, anémométrie, ...). Certains d'entre eux ont déjà été mis en oeuvre au BRGM, ils seront adaptés aux conditions du site sur le plan mécanique et électrique.

A priori, il est exclu de concevoir et fabriquer de nouveaux capteurs spécifiques, les différents constructeurs spécialisés offrant un choix suffisamment important. Par contre, en ce qui concerne le système d'acquisition des mesures, il existe au moins trois possibilités envisageables, étant donné le choix du système METEOSAT :

- système DAISY (conçu et réalisé par le BRGM) ;
- système SYMINEX (SAR) ;
- système SAMMA (CEIS) déjà opérationnel (METEOSAT et/ou ARGOS).

Dans les trois cas, il sera nécessaire de développer des interfaces et conditionneurs en fonction des capteurs utilisés.

D'autre part, une balise d'émission et une antenne METEOSAT ont été commandées à la société CEIS/Espace, la livraison devant lieu, en principe, en octobre 1986.

Expériences en cours

Nous avons déjà cité celle mise au point par l'atelier SED/MAR du BRGM à Marseille, utilisant METEOSAT, qui devra à terme déboucher sur la mise en place de quatre plates-formes de collecte de données (DCP), et la mise au point (en 1986-1987) d'une centrale modulaire d'acquisition et de télétransmission de données pouvant gérer simultanément huit capteurs (projet HYDROSAT).

Pour l'expérience pilote proposée en site montagneux, le savoir-faire et le matériel développés et acquis à Marseille seront d'une grande utilité ; ils permettront de se consacrer plus particulièrement à la partie amont de la chaîne (capteurs + émission), puisque la partie aval (réception) est déjà installée et pourra être opérationnelle sans adaptation importante.

6.2 - La poursuite du projet en 1986

Le projet proposé doit :

- tirer parti de l'expérience du BRGM (SED/MAR) sur le projet pluriannuel de recherche sur l'érosion "B.V. PACA" ;
- créer et valider une chaîne de télétransmission principalement axée sur la géotechnique, mais qui devra couvrir en fait la plus grosse partie des besoins pressentis par les utilisateurs.

Le matériel correspondant doit être fiable et commercialisable. Il doit permettre d'affirmer, à terme, la compétence du BRGM en matière :

- de conception du matériel,
- d'ensemblier.

sur des applications très diverses : risques naturels, sismiques, gestion de réseaux de mesures (eau).

Le phasage du projet est conçu en fonction des principaux éléments de la chaîne. On a donc à résoudre successivement les problèmes :

- de capteurs (choix, approvisionnement, tests, insertion au site) ;
- d'électronique et de logiciels (définition précise sous forme de spécifications des tâches à réaliser pour les maillons électronique-logiciels) ;
- d'assemblage et de test préliminaire en site proche, de manière à résoudre la majeure partie des problèmes de "jeunesse" ;
- d'expérimentation en conditions réelles sur le site de Montagny, qui apportera la preuve de la faisabilité d'un tel projet.

7 - CONCLUSION

La transmission de signaux par satellite peut être utilisée pour de nombreuses applications dans des secteurs très divers.

Au sein du BRGM l'année 1985 a permis, grâce aux efforts convergents de plusieurs équipes, de faire la preuve de l'intérêt scientifique, technologique et commercial, de ce moyen moderne de saisie d'informations essentielles pour l'accomplissement et le développement des missions confiées à notre organisme.

Technologiquement, il existe actuellement en France deux systèmes de satellites utilisables :

ARGOS ne peut transmettre qu'en discontinu de courts messages (256 bits)

METEOSAT peut transmettre des messages plus longs (5000 bits) et fonctionne en mode ALERTE.

Les balises et antennes doivent être agréées par le CNES et il n'y a actuellement en France qu'une société distribuant ce produit : CEIS/Espace (Toulouse).

Entre le phénomène à mesurer et la balise d'émission, il existe toute une série de maillons, qui correspondent à la saisie, à la sélection, à la mémorisation et au conditionnement des informations à livrer à la balise pour transmission.

Au-delà de la balise de réception, il faut transformer le message reçu, le trier, le corréler, le stocker, pour permettre une prise de décision.

Il n'existe à ce jour aucun service garantissant l'homogénéité et la compatibilité de l'ensemble de cette chaîne : chaque utilisateur doit choisir indépendamment chaque maillon, les adapter et les assembler.

Commerciallement, on distinguerá :

- le besoin général :

Les diverses techniques des sciences de la terre créent un besoin croissant de données qui soient disponibles rapidement :

- corrélation de différents paramètres ;
- approches probabilistes se substituant aux approches déterministes ;
- suivi continu (ou semi-continu) des phénomènes.

De plus, au-delà de la fonction mesure et enregistrement, un signal émis par un capteur doit pouvoir être exploité en alarme, notamment dans le domaine des risques naturels, domaine très important dans notre société et où le BRGM apporte une expérience particulière.

La télétransmission doit donc permettre de solutionner les trois besoins essentiels :

- continuité et simultanéité des mesures ;
- pallier l'inaccessibilité des sites ;
- créer un réseau d'alarme.

* le besoin propre au BRGM :

- gestion des réseaux de mesure ;
- recherche scientifique.

* le besoin externe :

Une fois éprouvées par le BRGM, et sous réserve que celui-ci soit capable de proposer des chaînes complètes, ces méthodes peuvent être vendues en tant que SERVICE à des sociétés extérieures pour diverses applications.

UN ROLE POUR LE BRGM .

On a vu que si les maillons de la chaîne étaient identifiables, ils n'existaient pas pour autant sous forme commercialisable sur le marché compte tenu des problèmes délicats d'interface et de conditionnement.

A fortiori, il n'existe aucun produit assemblé dont les problèmes viennent autant des maillons que de leur ASSEMBLAGE.

Le BRGM doit prendre ce rôle d'ENSEMBLIER et créer une ou plusieurs chaînes de mesures intégrées, les tester, les valider et les vendre clefs en mains.

Il s'agit donc d'un véritable SERVICE le plus complet possible :

- conception du système ;
- réalisation d'équipements CLEFS EN MAINS ;
- installation, surveillance, entretien, maintenance ;
- formation ;
- interprétation et traitement.

LA NECESSITE DE REALISER UNE OPERATION PILOTE SIGNIFICATIVE

Si elle correspondait au départ à des spécifications particulières à la géotechnique (département GEG du BRGM), cette opération pilote doit être élargie au niveau des grandeurs à mesurer : utilisation de capteurs de divers types.

Le BRGM doit faire la preuve de sa compétence aussi bien dans l'élaboration d'une chaîne COMPLETE et OPERATIONNELLE que dans la maîtrise d'installation en site difficile.

C'est dans ce sens que l'opération pilote est essentielle. Elle doit être mise en place pour être testée et si possible validée dans des conditions hivernales.

Ainsi peut-on espérer une validation de la chaîne et de la méthode : dès lors, il sera possible d'assurer le développement commercial tout en testant, en 87, une présérie d'appareillage sur des sites et dans des configurations plus variées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AUSSEUR J.Y. :

Télémétrie et télérepérage en aménagement.
Rapport BRGM-EAU, mars 1985.

DESHONS P., QUELENNEC R.E., ROUIRE J. :

Bassins versants expérimentaux en région provençale. Cadre général et équipements de mesure et de télétransmission de données.

Rapport BRGM 85 AGI 002 PAC.

QUELENNEC R.E. :

Possibilités d'utilisation de la télétransmission de données par satellite. Application au projet "Bassins versants expérimentaux en région provençale".

Rapport BRGM 84 SGN 397 EAU.

QUELENNEC R.E. :

Télétransmission de données par satellite METEOSAT. Etat des expériences en cours au BRGM et propositions d'actions à court et moyen termes.

Rapport BRGM-SED/MAR, décembre 1985.

A N N E X E

DOCUMENTATION TECHNIQUE CONCERNANT LES CAPTEURS

Documentation GLOTZL
Capteurs de déplacement

**Glötzl**Telefon
(07 21) 519561/62Gesellschaft
für Baumes-
technik mbH
Forlenweg 11
D-7512
Rheinstetten 4-Fo**ELEKTRISCHER WEGAUFNEHMER****Typ GWA**

211000

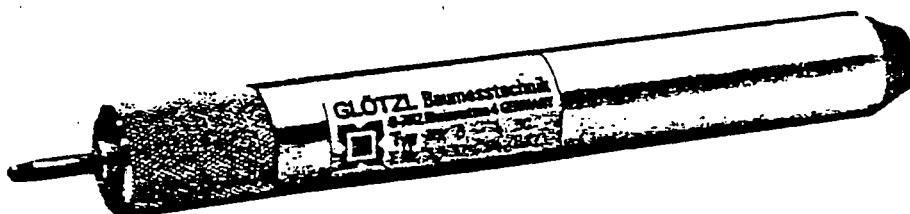
Der WEGAUFNEHMER, Typ GWA, ist gekapselt in einem Aluminiumgehäuse und besitzt einen spritzwassergeschützen Steckverbinder.

Die Tastspitze ist mit einer gehärteten Kugel versehen. Der Taststift ist aus rost- und säurebeständigem Material und in einer Messing-Buchse geführt.

Zur Befestigung an einem Bauteil ist der Aufnehmer mit einem Gewinde M 18 x 1,5 versehen.

Mittels einer Gewindemuffe (siehe Abb.) wird der Wegaufnehmer zur elektrischen Fernübertragung direkt auf den Meßkopf des Kunststoff-Stangenextensometers aufgeschraubt.

Abb.
Wegaufnehmer
mit Gewindemuffe
für Extensometer

**Funktion:**

Der Wegaufnehmer besteht aus einem Differenztransformator mit einem verschiebbaren Kern. Er wandelt einen Meßweg in ein analoges, elektrisches Signal um. Der Aufnehmer wird gespeist mit Gleichspannung, die von einem stabilen Sinusoszillatoren in eine Wechselspannung gewandelt und der Primärwicklung des Differenztransformators zugeführt wird.

Das Wechselstromausgangssignal wird gleichgerichtet und verstärkt. Es ist somit für eine Fernübertragung als auch analoge Registrierung geeignet.

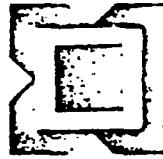
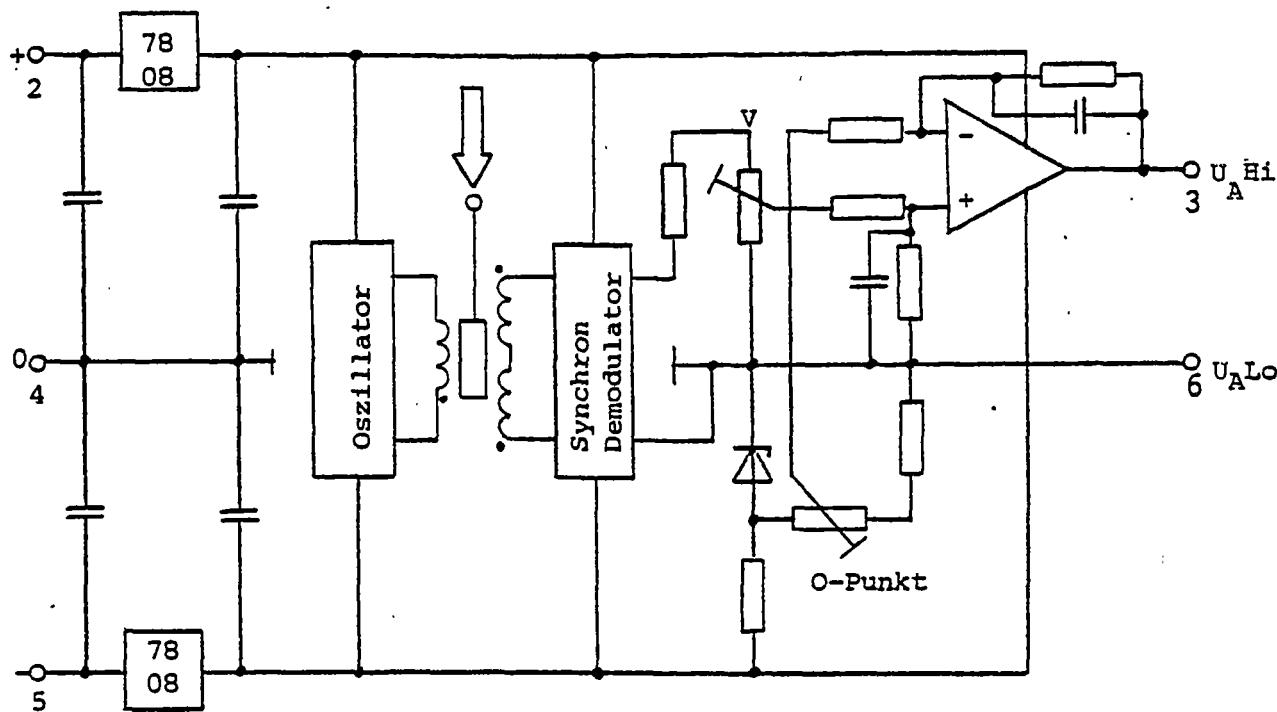
Bei axialer Verschiebung des Kerns gibt die Polarität der Ausgangsspannung die Verschiebungsrichtung vom Mittelpunkt bzw. vom Meßstreckenanfang aus an.

Die Größe der Ausgangsspannung ändert sich proportional zur Verschiebung des Kerns.

Technische Daten:

| | Typ | GWA 16 | GWA 8/8 | GWA 20/20 | GWA 50/50 |
|----------------------------------|---------|--------|------------|-----------------|--------------|
| Spannungsversorgung | Volt DC | | +/- 8 V | - | +/- 15 V DC |
| Stromaufnahme | m.A. | | | max. 25 mA | |
| Ausgangsimpedanz | ohm | | | 75 ohm | |
| Linearität für Meßweg | % | | | +/- 0,5 % | |
| Auflösung | mm | | | +/- 0,01 mm | |
| Temperaturbereich | °C | | | -10°C bis +70°C | |
| Ausgangssignal | V/mm | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,02 |
| Meßbereich (Meßweg) | mm | 0-16 | +/- 8 (16) | +/- 20 (40) | +/- 50 (100) |
| Ausgangssignal voller Meßbereich | Volt DC | 0-1,6 | +/- 0,8 | +/- 2,0 | +/- 2,0 |
| Gehäuse Ø / Länge u. A. / | mm | 28/230 | 28/230 | 28/370 | 28x645 |

- Zubehör:**
- Batteriebetriebene Meßgeräte
 - Umschalteinheiten
 - Umschalteinheiten mit Anzeigeeinheit
 - Automatische Meßanlagen
 - Sondergeräte nach Kundenpezifikation

**Glötzl**Telefon
(0721) 519561/62Gesellschaft
für Baumes-
technik mbHForstenweg 11
D-7512
Rheinstetten 4-Fo**ELEKTRISCHE WEGAUFNEHMER****TYP GWA - SCHALTUNG****Technische Daten:**

| | Typ | GWA 16 | GWA 8/8 | GWA 20/20 | GWA 15 | GWA 7,5/7 |
|--|---------|---------|-------------|-------------|---------------|--------------|
| Spannungsversorgung | Volt DC | +/- 8V | +/- 15V DC | | +/- 10V | +/- 15V |
| Stromaufnahmne | m.A. | | | max. 25 mA. | | |
| Ausgangsimpedanz | ohm | | 100 ohm | | 400 ohm | |
| Linearität für Meßweg | % | | | +/- 0,5 % | | |
| Auflösung | mm | | +/- 0,01 mm | | +/- 0,0033 mm | |
| Ausgangssignal | mm | | 0,1V / mm | | 0,33V / mm | |
| Meßbereich (Meßweg) | mm | 0 - 16 | +/- 8 (16) | +/- 20 (40) | 0 - 15 | +/- 7,5 (15) |
| Ausgangssignal (voller Meßbe.) Volt DC | 0 - 1,6 | +/- 0,8 | +/- 2,0 | 0 - 5 | +/- 5 | |
| Gehäuse Ø (Länge u. A) | mm | 28/230 | 28/230 | 28/270 | 28/230 | 28/230 |
| Temperaturbereich | °C | | -10°C bis | +70°C | | |

Steckerbelegung:

Pin 2: + V

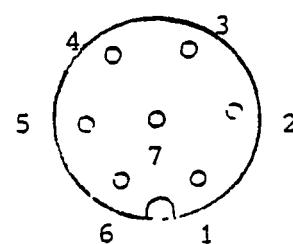
3: U_AHi

4: 0 V

5: - V

6: U_ALo

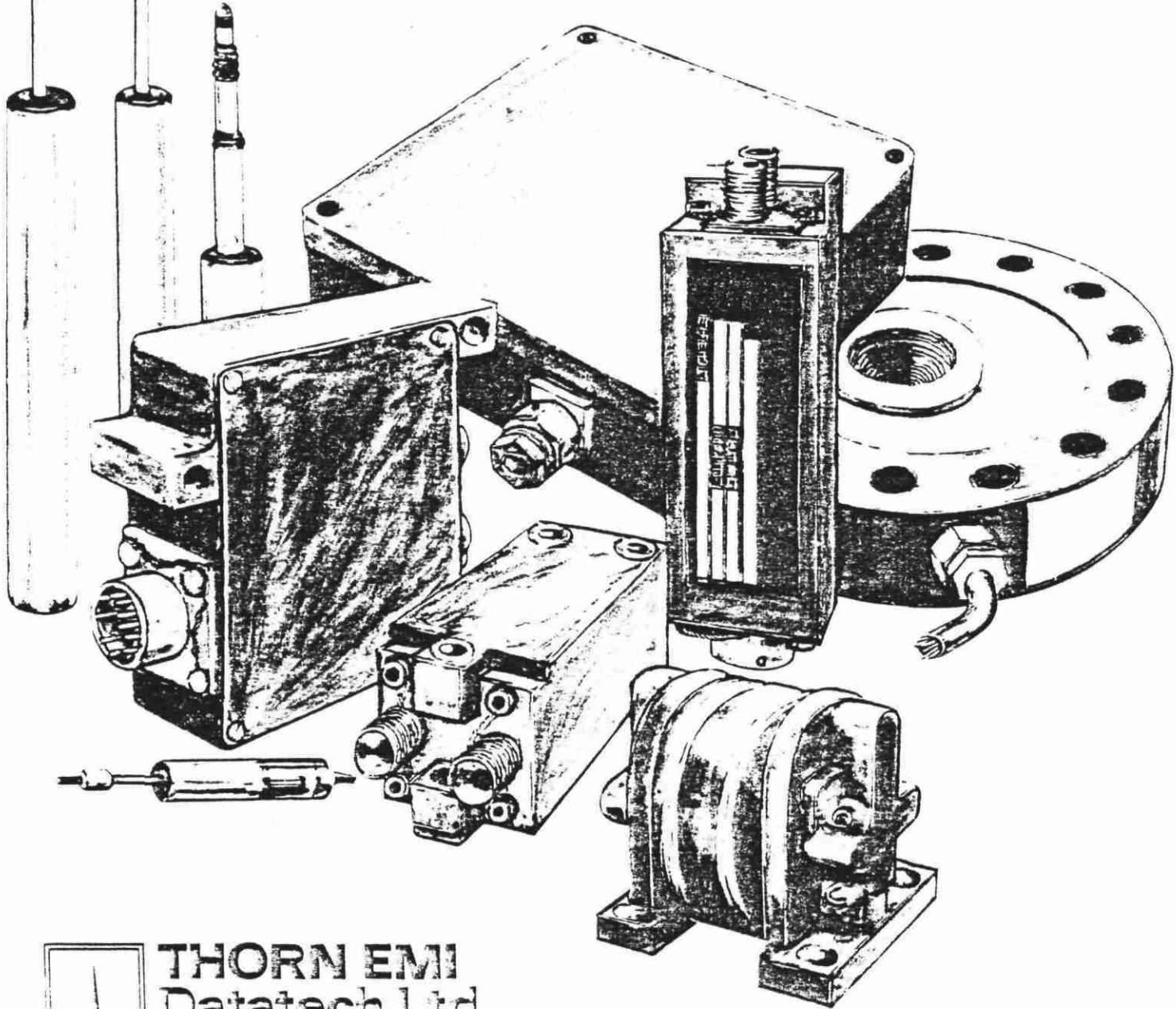
7: Schirm



Documentation THORN EMI
Capteurs de pression

DC/DC PRESSURE TRANSDUCERS SE40&42

- Welded construction ★ Variable reluctance reliability
- Non linearity $<\pm 0.25\%$ full range
- $<1.5\%$ error over -50°C to $+150^\circ\text{C}$ temperature range
- Stable operation under severe environmental conditions
- Insensitive to shock and vibration
- 0 to $\pm 5000 \text{ lb/in}^2$ absolute, gauge or differential



THORN EMI
DataTech Ltd

SE40 & 42

Introduction

Thorn EMI DataTech have been developing and manufacturing variable reluctance transducers for over 20 years. These transducers are renowned worldwide for their high reliability and ability to operate in harsh environments.

The SE40 and SE42 are both approved by the Ministry of Defence and the Civil Aviation Authority and have been subjected to a considerable amount of type testing for applications within the Aircraft Industry where harsh environments and excessive vibration and acceleration are encountered. They are also suitable for applications in severe industrial environments such as nuclear power stations and hydraulic systems where ability to withstand overpressure conditions and exposure to corrosive fluids are of primary importance.

The variable reluctance technique coupled with many years of refinement and improvement have resulted in a capsule which has superb linearity, hysteresis and repeatability characteristics. Temperature compensation is possible within the range -40°C and +150°C with little deterioration in accuracy and its ability to measure differential pressures accurately is unsurpassed by any other technique.

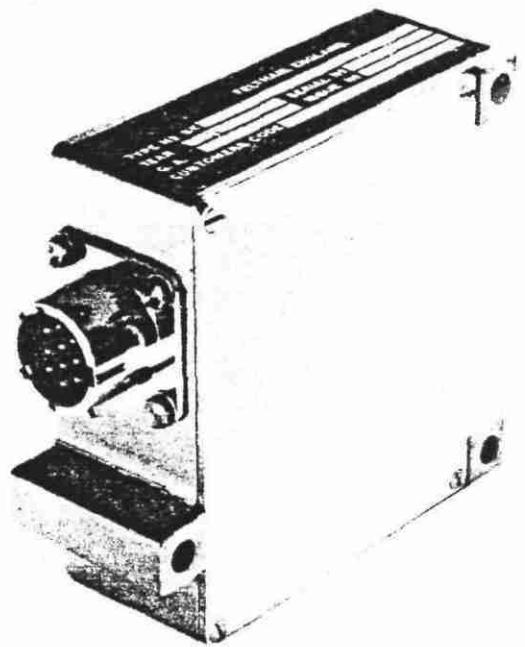
Some important design characteristics are:

Overpressure

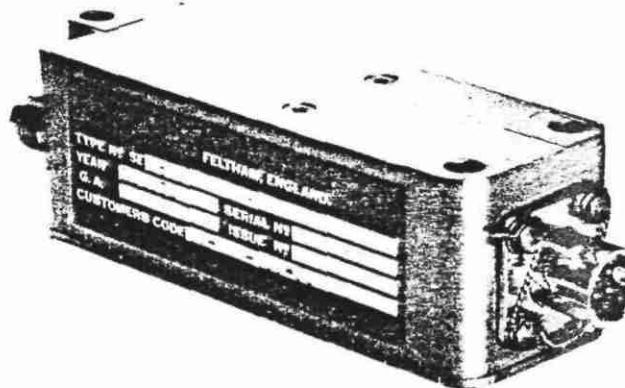
Because of the relatively small air gaps involved in excessive overpressure deflects the diaphragm onto the natural stop formed by the solid core without danger of destroying the pressure transducer.

Isolation

Another important aspect of the conditioning design is the electrical isolation between the supply and the output. This minimises noise and interference by avoiding ground loops.



The SE40 is designed to operate from an unstabilised 28V supply and has a voltage and current output ranging from $\pm 1V$ to $\pm 5V$ and from $200\mu A$ into $5K\Omega$ to $1mA$ into $1K\Omega$ ms.



The SE42 has a 10V supply with a $40mV$ or $\pm 100\mu A$ output into 60Ω ms. The output varies ratiometrically with input.

SPECIFICATIONS

40/42

Operating range:
Up to 0 to 5000 lb/in², gauge, differential or absolute

Standard ranges:
5, 10, 15, 30, 50, 100, 150, 300, 500, 1000, 1500, 3000 and 5000 lb/in²

Pressure media:
All fluids compatible with FV520B (17-4PH) stainless steel

Burst pressure:
12000 lb/in² (6000 lb/in² up to 50 lb/in² range)

Over pressure:
10 x working range up to 10000 lb/in²

Compensated temperature range:

B: uncompensated, temperature coefficient <0.05%/°C

L: 0 to 100°C

H: -45°C to +150°C

Overall accuracy:
<±1.5% over compensated temperature range, all ranges above 5 lb/in²

<± 2.0% over compensated temperature range 5 lb/in² and under

Survival:
-60°C to + 175°C (not operational)

'g' Sensitivity:
< 0.01% per g for 20 lb/in² and above

Diaphragm resonance:
Resonant frequency of diaphragm 4000Hz

Mechanical shock:
1000 g for 1ms in each of three mutually perpendicular axes will not affect calibration

Increase in internal volume at full pressure:
 1.5×10^{-4} ins³ (24.5×10^{-4} cm³)

Non linearity: (best straight line technique used)

5 to 3000 lb/in²: <± 0.25% f.s.d.
Over 3000 lb/in²: <± 0.5% f.s.d.

Hysteresis:
5 to 2000 lb/in²: <0.15% f.s.d.
Over 2000 lb/in²: <0.4% f.s.d.

True differential characteristics

Side to side error (change of slope):
5 to 3000 lb/in²: <0.5% f.s.d.
Over 3000 lb/in²: <1.0% f.s.d.

Zero shift with pressure reversal:
5 to 3000 lb/in²: <0.5% f.s.d.
Over 3000 lb/in²: <1.0% f.s.d.

Resolution:
Infinite

Insulation:
>100M Ω at 250V d.c. between supply and output

Pressure connections:
See ordering information (1/8 in. BSP internal cone standard)

Electrical Connector:
Souriau 851-02H-12-8PN-50

Enclosure:
External housing is fully sealed and constructed of aluminium alloy for minimum weight. The transducer capsule is electron beam welded. All electrical components are moulded separately in epoxy resin

Overload characteristics:
Zero-shift with over-pressure (may be preconditioned with maximum over-pressure).

40

42

Supply voltage:
20.75V to 31.75V d.c. at 20mA (fully protected against voltage transients and noise).

Stability:
<± 0.2% for 26.25V supply ± 5.5V

Output voltage:
Up to ± 5V into 50kΩ load (see ordering information)

Output current:
Up to ± 1.0mA into 1kΩ (see ordering information)

Output impedance:
<2kΩ with 2V and 5V output stages
<600Ω with 1V output stage

Frequency response of electrical filter:
Voltage output: 10Hz (standard)
Current output: 500Hz.

Noise:
0.1% f.s.d. on voltage output

Weight:
Approximately 17 ozs (482g)

Pre-set calibration error:
<±1.0% of full range

Calibration (when requested):
Set to half range ±1%

Supply voltage:
10V d.c. at 17mA. External protection against voltage transients and noise must be provided

Stability:
Output changes proportionally with supply voltage

Output voltage:
Set to ± 40mV into 10kΩ at 10V supply voltage

Output current:
± 10µA into 60Ω (see electrical diagram)

Output impedance:
Voltage: approximately 500Ω
Current: 600 to 1600Ω (see electrical diagram)

Frequency response of electrical filter:
Voltage: d.c. to 30Hz
Current: d.c. to 500Hz

Noise:
<0.2% f.s.d. on voltage output

Weight:
Approximately 11 ozs (312g)

Calibration:
Set between 100%—150%

The materials in contact with the working fluid are:-

Diaphragm Firth Vickers 520B (17-4PH)

End piece sealing discs Nichrome

End piece and pressure connectors Firth Vickers 520B (17-4PH)

Metal Seals Firth Vickers FAM (440C)

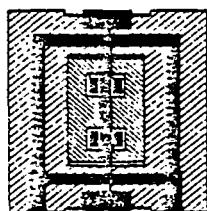
Note:
If the pressure media is contaminated with solid particles eg. sand, it is advisable to use appropriate filters on the pressure ports to avoid damage.

Special units supplied to your requirements, please contact Datatech for more information.

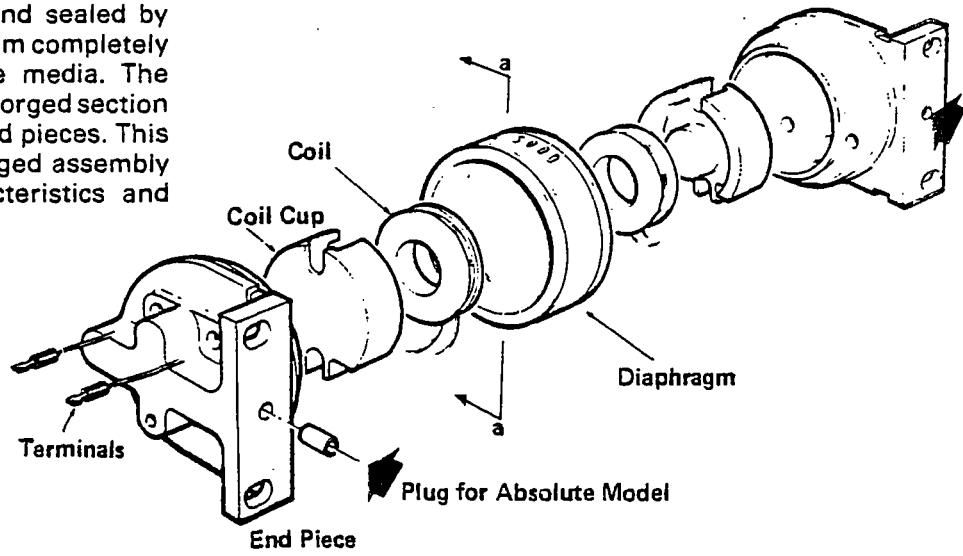
GENERAL INFORMATION

Capsule

The SE74 is used in both the SE40 and the SE42 transducers as the pressure sensing device. It uses the variable reluctance technique and consists essentially of a diaphragm made from magnetic material centrally disposed between two end pieces. Each end piece consists of a fixed coil potted in high temperature resin and sealed by means of a welded stainless steel shim completely sealing the coil from the pressure media. The diaphragm is machined from a solid forged section and electron beam welded to the end pieces. This process results in an extremely rugged assembly with superb environmental characteristics and very good reliability figures.

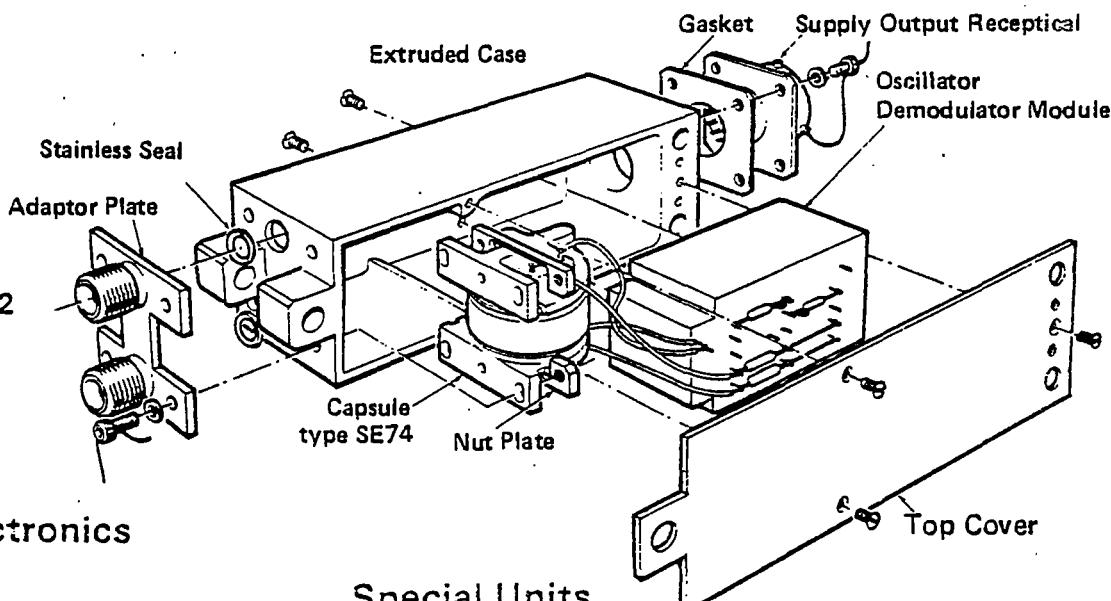


Section a-a



Exploded view of SE74 Pressure Transducer

Exploded view of SE42 Pressure Transducer



Conditioning Electronics Construction

The conditioning electronics for the two models is different but the method of construction is similar and consists essentially of a number of separate epoxy moulded sub-assemblies with mounting pins for the compensation components.

Each assembly uses high reliability components with an operating temperature range of -55°C and 150°C . These assemblies are housed in a container made from aluminium extrusion with a bronzed (flux dipped) bottom plate and covered with epoxy and silicon rubber to minimise vibration effects.

Special Units

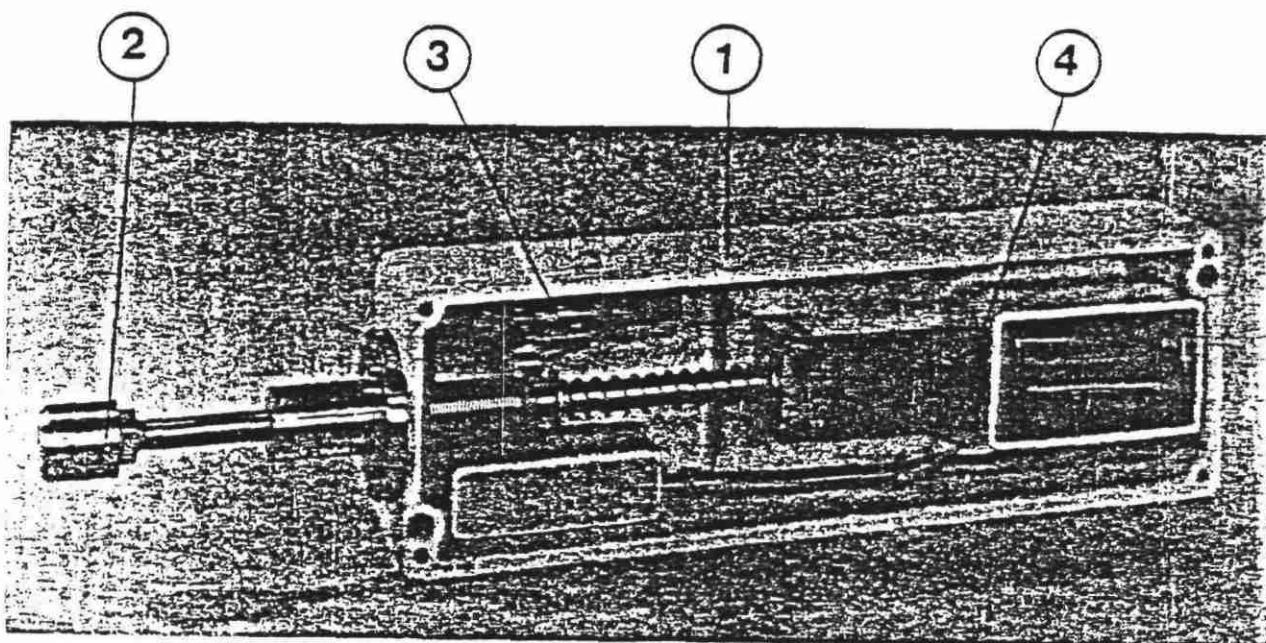
A number of special SE40 and SE42 units have been designed to meet specific user requirements. For example:-

- ★ Filter connectors used to meet stringent RFI requirements
- ★ Low output impedance
- ★ Overall accuracy 0.5%
- ★ Special pressure connectors
- ★ Special mounting configurations
- ★ Capsule and electronics separated with 100 ft of wire.
- ★ Pressure down to 1 psi
- ★ Better linearity and hysteresis

Documentation INTERFELS
Capteurs de déplacement linéaire

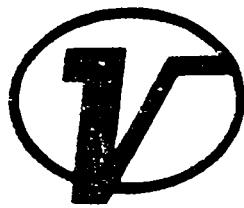
BUT

L'indicateur de mouvement électrique sert à la surveillance de mouvements du rocher, du sol ou des constructions. L'ordre de grandeur des mouvements à observer est réglable à l'appareil et peut varier entre 0,5 mm et 30 mm. Au moment où la distance choisie vient dépassée une lampe d'avertissement se met à étinceler. L'alimentation de courant pour la lampe se produit par le réseau électrique ou par une batterie. Dans ce dernier cas la lumière étincelante d'alerte fonctionne pendant dix jours approx.

CONSTRUCTION D'APPAREIL

- 1) Boîte avec écrou pour rocher pour le montage sur le rocher ou dans des fondations, murs etc.
- 2) Boulon de contact avec ressort servant à la transmission des mouvements relatifs entre sa position sur le rocher, fondation etc., et la boîte.
- 3) Dispositif ajustable donnant la distance critique entre 0,5 mm et 30 mm.
- 4) Lampe étincelante indiquante le dépassement du mouvement critique.

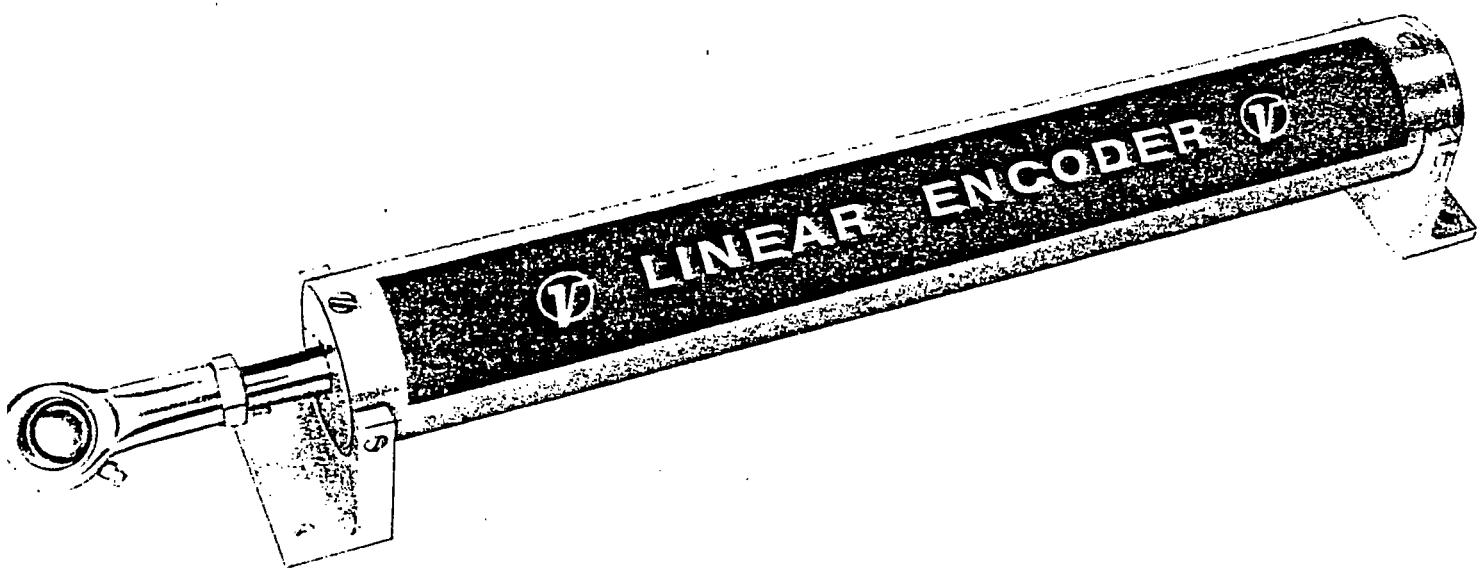
Documentation VERNITECH
Capteurs de déplacement linéaire



ABSOLUTE

LINEAR ENCODERS

- BINARY
- GRAY
- BCD

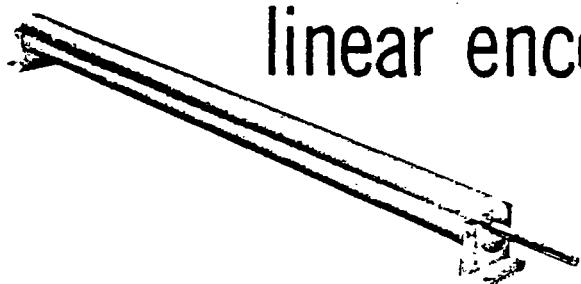


VERNITECH

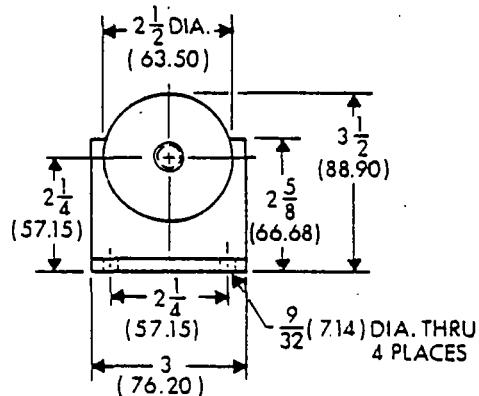
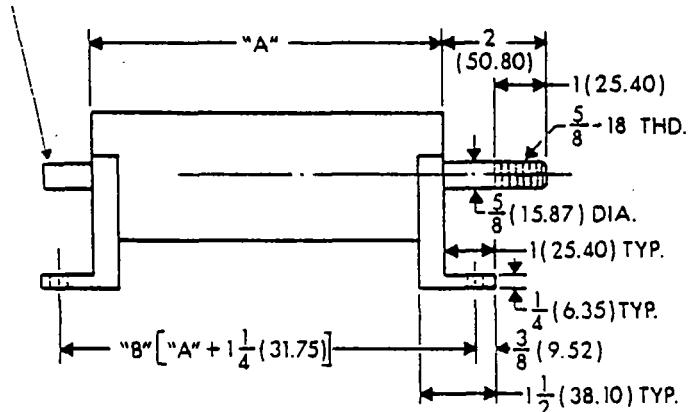
Division of VERNITRON CORPORATION

MODEL
110L

linear encoder / position



D15P CONNECTOR—
D25P ON BCD MODELS



"A" = 6"(152.40) + TOTAL MECH. TRAVEL [IN 1"(25.4) INCREMENTS]

ELECTRICAL:

Electrical Stroke ± 0.005

MODEL 110L

to 48"

Resolution (12 Bits)

to .00025"

Accuracy

to $\pm .65$ LSB

Absolute Codes Available

Binary, Gray, BCD

Applied Voltage

± 12 VDC or ± 15 VDC

Output Data

TTL Compatible

MECHANICAL:

MODEL 110L

Stroke Velocity

100 inches sec max
(50"/sec Recommended)

Actuating Force

16 to 24 oz. @ 25°C

Shaft Free to Rotate

YES

Mechanical Travel Beyond Stroke

$\pm 1/4$ " - 0"

VERNITECH

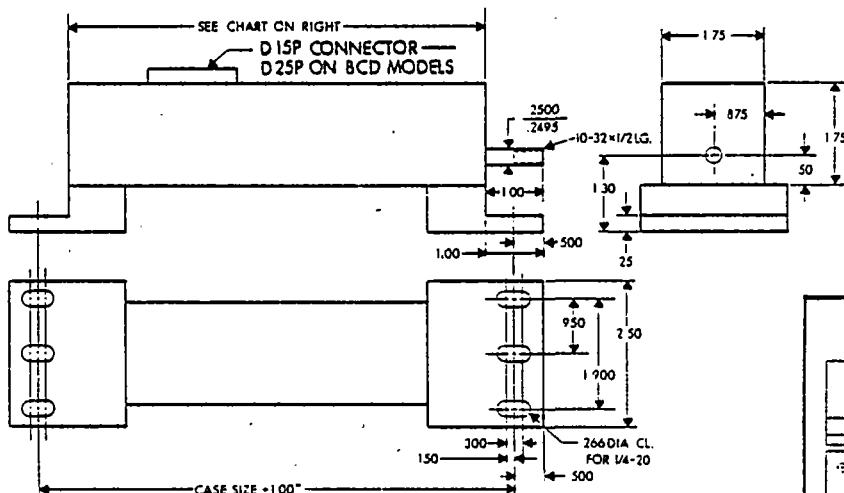
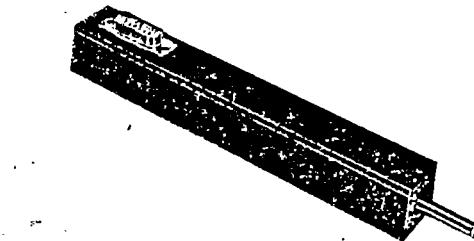
300 Marcus Blvd., Deer Park, NY 11729 • 516-586-5100 • TWX 510-227-6089

VERNITECH

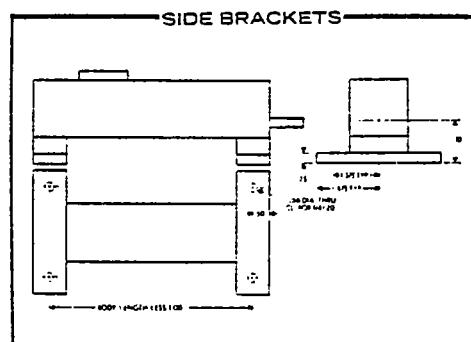
Division of VERNITRON CORPORATION

MODEL
111L

linear encoder / position



| STROKE | LENGTH (inches) |
|--------|-----------------|
| 1 | 6.125 |
| 2 | 6.125 |
| 4 | 6.125 |
| 8 | 9.125 |
| 12 | 13.125 |
| 24 | 25.125 |
| 36 | 37.125 |
| 48 | 49.125 |



ELECTRICAL:

- Electrical Stroke ± 0.005
- Resolution (12 Bits) to .00025"
- Accuracy to $\pm .65$ LSB
- Absolute Codes Available Binary, Gray, BCD
- Applied Voltage ± 12 VDC or ± 15 VDC
- Output Data TTL Compatible

MODEL 111L

MECHANICAL:

- Stroke Velocity 100 inches sec max (50"/sec Recommended)
- Actuating Force 8 to 12 oz. @ 25°C
- Shaft Free to Rotate YES
- Mechanical Travel Beyond Stroke $+\frac{1}{16}'' - 0''$

MODEL 111L

VERNITECH

300 Marcus Blvd., Deer Park, NY 11729 • 516-586-5100 • TWX 510-227-6089

The Vernitech Absolute Linear Motion Encoders are fully enclosed, ruggedly designed devices, well suited to the most demanding environments. The square configured model (111L) incorporates a single piece 'U' or box extrusion which is highly resistant to mechanical distortion. The round configured model (110L) incorporates 2 single piece "U" or clam-shell extrusions, with a single piece tube type cover. A "body within a body" construction results which is extremely resistant to mechanical distortion. Stainless steel shafts are used throughout.

There are two components to the accuracy specification: 1. The accuracy of position in LSB's and the number of bits over which the accuracy is guaranteed. Therefore, an example of an accuracy specification would be:

±1.5 LSB To 8 Bits

which means the output of the Encoder at any particular point will be ± 1.5 LSB where the LSB is defined as 2^{-n} , and n is defined as the guaranteed number of bits or in this case, 1/256.

The guaranteed resolution and the LSB accuracy is specified for each particular model and stroke (See Chart Below).

The resolution is defined as the smallest increment of Shaft Motion which will produce a corresponding change in output. In the Vernitech Linear Encoder, the resolution is 12 Bits (4096 counts) for all models regardless of stroke. Therefore; a 48" stroke unit will have a resolution of $48/2^{12} = 48/4096 = .0117$ inches and a 1" stroke unit $1/4096 = .00025"$.

*While 12 Bit output is standard in all units, accuracy is guaranteed only for the bit count noted for the particular stroke.

STANDARD

(Temp: -25° to +85°C)

| STROKE | BITS | COUNTS TOTAL | REF. INCHES PER LSB | ACCURACY ±LSB |
|--------|------|--------------|---------------------|---------------|
| 1 | 8 | 256 | .0039 | 1.0 |
| 2 | 8 | 256 | .0078 | 1.25 |
| 4 | 9 | 512 | .0078 | 1.50 |
| 8 | 10 | 1024 | .0078 | 1.75 |
| 12 | 11 | 2048 | .0059 | 2.0 |
| 24 | 12 | 4096 | .0059 | 2.25 |
| 36 | 12 | 4096 | .0088 | 2.5 |
| 48 | 12 | 4096 | .0117 | 3.0 |

INDUSTRIAL

(Temp: -55° to +125°C)

| BITS | COUNTS TOTAL | REF. INCHES PER LSB | ACCURACY ±LSB |
|------|--------------|---------------------|---------------|
| 8 | 256 | .0039 | .65 |
| 9 | 512 | .0039 | 1.0 |
| 10 | 1024 | .0039 | 1.0 |
| 11 | 2048 | .0039 | 1.0 |
| 12 | 4096 | .0029 | 1.0 |
| 12 | 4096 | .0059 | 1.0 |
| 12 | 4096 | .0088 | 1.0 |
| 12 | 4096 | .0117 | 1.0 |

EXAMPLE: 111L S - 24G - 01T

MODEL

111L
110L

APPLICATION

STANDARD=S
INDUSTRIAL=T

STROKE

IN INCHES
1, 2, 4, 8, 12,
24, 36, 48

CODE

BINARY=B
GRAY=G
BCD=D

MOUNT

FORE/AFT=01
SIDE=02
(111 ONLY)

SHAFT

PLAIN=P
THREAD=T

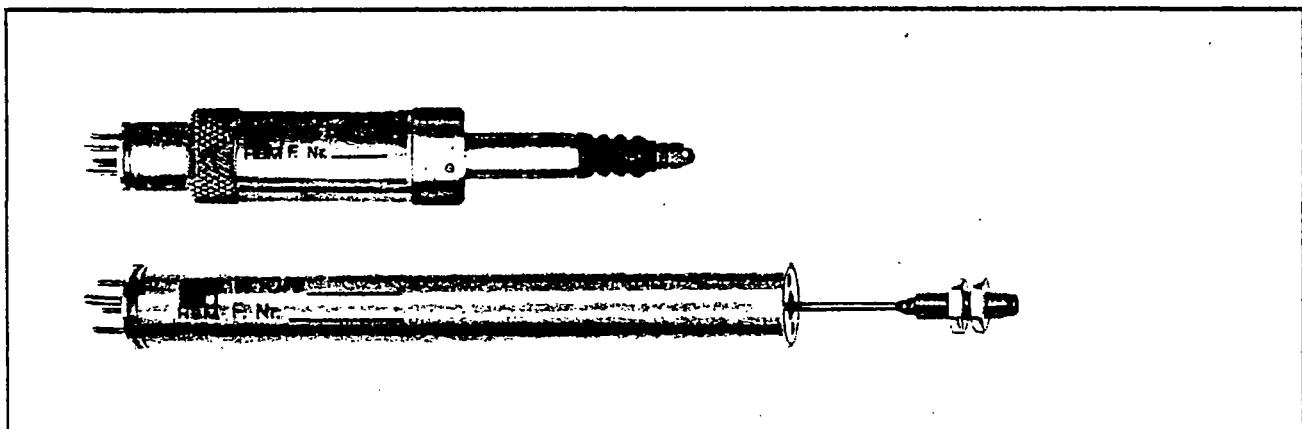
VERNITECH

300 MARCUS BLVD., DEER PARK, N.Y. 11729
TELEPHONE (516) 586 5100 TWX 510-227 6079

Documentation HBM

Capteurs de déplacement linéaire et de proximité

Capteurs inductifs de déplacement



Les déplacements, les translations, ainsi que toutes les grandeurs mécaniques pouvant être ramenées à un déplacement (telles que forces, pressions, couples, déformations, vibrations), peuvent être mesurés au moyen de capteurs inductifs de déplacement. L'objet pourra être solidaire du noyau plongeur ou simplement être placé au contact du palpeur du capteur.

Tous les capteurs de déplacement sont disponibles en deux classes de précision (0,2 et 0,4).

Caractéristiques principales

- Classes de précision 0,2 et 0,4
- Erreur d'interchangeabilité $< \pm 1\%^1)$
- Frottement négligeable entre noyau enduit de téflon et corps de capteur

Domaines d'utilisation

Les capteurs inductifs de déplacement sont utilisés pour la mesure, la comparaison et la surveillance de

- Déplacements lents ou rapides entre parties de machines
- Déformations de pièces de constructions et de fondations
- Allongements ou autres déformations sur matières plastiques
- Mesures d'épaisseurs et de longueurs.

Construction et principe

Les capteurs inductifs de déplacement sont constitués d'un boîtier cylindrique en acier inoxydable (insensible à l'environnement), contenant une bobine différentielle dans laquelle se déplace axialement un noyau plongeur. Les deux demi-bobines forment un demi-pont inductif.

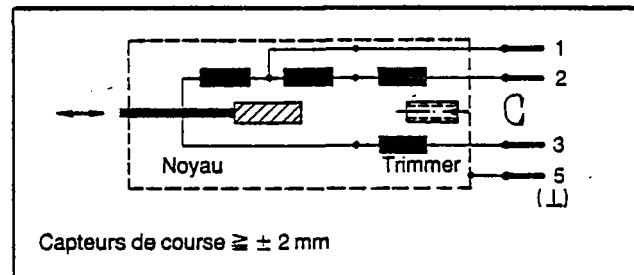
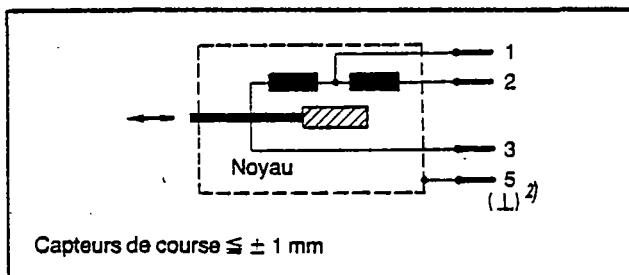
Les capteurs sont alimentés par un amplificateur de mesure à fréquence porteuse où ils sont complétés en pont de Wheatstone au moyen de deux résistances de précision. Le pont, préalablement équilibré, est déséquilibré par le déplacement du noyau plongeur. Le signal de mesure fourni par le capteur est proportionnel au déplacement du noyau et de l'objet qui lui est solidaire. Après amplification, on obtient un signal algébrique représentant la mesure qui pourra être affichée ou enregistrée.

Le signal nominal de sortie est réglé en usine à 80 mV/V (40 mV/V pour le W 0,5 T) avec une tolérance $< 1\%$. Pour un même gain, l'erreur d'interchangeabilité est $< \pm 1\%$. Les capteurs de courses nominales $\geq \pm 2$ mm sont équipés d'un trimmer de sensibilité avec lequel il est possible de modifier la sensibilité. Le trimmer permet donc d'obtenir des valeurs «rondes» à l'affichage ou de calibrer plusieurs capteurs à une même sensibilité ($\ll 1\%$).

Tous les capteurs de déplacement HBM possèdent un circuit de compensation breveté dans les capteurs de déplacement avec courses nominales $\geq \pm 10$ mm, permettant d'éviter une rotation de phase entre tension d'alimentation et signal de mesure. Il n'est donc pas nécessaire d'utiliser un amplificateur de mesure à fréquence porteuse de 5 kHz spécial pour les capteurs inductifs de déplacement HBM.

¹⁾ Après calibrage, cette erreur n'influence pas la mesure.

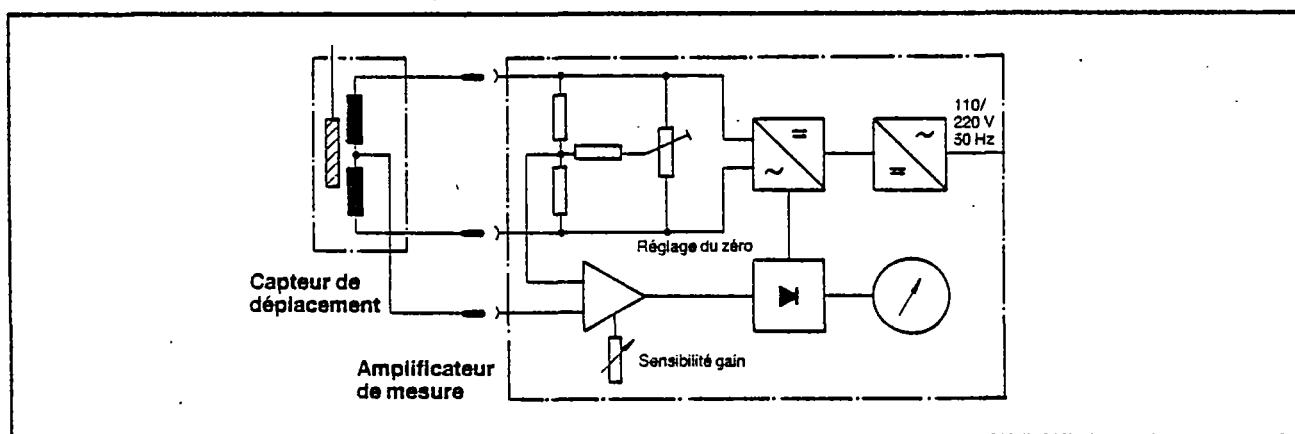
Schémas de principe



Chaine de mesure avec capteur inductif de déplacement W ...

Les capteurs inductifs de déplacement doivent être raccordés sur un amplificateur de mesure à fréquence porteuse. L'amplificateur de mesure délivre l'alimentation nécessaire au capteur (1 ... 6 V; 5 kHz) et amplifie son signal.

L'amplificateur de mesure comporte les réglages du zéro et de la sensibilité. Au gain maximum, il est possible de détecter des déplacements de $0,5 \cdot 10^{-4}$ (avec W 0,5 T; W 1 et amplificateur de mesure KWS 82). Suivant les problèmes à résoudre, il est aisément de brancher en sortie de l'amplificateur de mesure des appareils pour l'affichage, l'enregistrement, la commande ou le process.



Capteurs de déplacement avec plongeur à visser

Le corps de capteur et le plongeur de ces capteurs peuvent être montés séparément. Ils sont prévus pour un montage facile sur les deux points de référence, par exemple sur deux mobiles en translation.

Type W 1E ...

Le W 1E est prévu essentiellement comme élément de détection, par ex. sur machines, installations de recherche et appareils de mesure. Le plongeur peut être monté très simplement et ajusté pour obtenir un déplacement sans frottement. Le canal est débouchant.

Course nominale: $\pm 1 \text{ mm}$.

W 1E/0 avec connecteur, montage par bride

W 1E/5 avec connecteur, montage par vissage

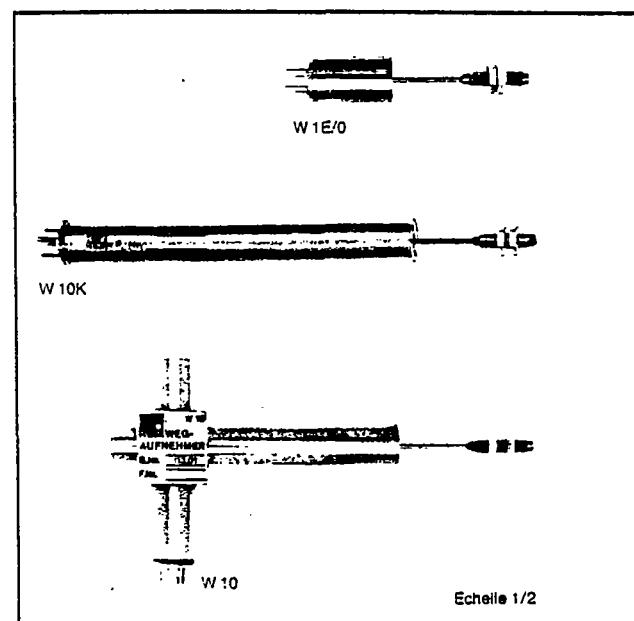
W 1EL/0 avec fils à souder, montage par bride

W 1EL/5 avec fils à souder, montage par vissage

Types W 2K ... W 200K

Les W 2K ... W 200K sont des capteurs moins encombrants, puisque le trimmer de sensibilité et le connecteur sont axiaux. Ces capteurs possèdent un canal borgne. Sortie sur connecteur.

Courses nominales: $\pm 2; \pm 5; \pm 10; \pm 20; \pm 50; \pm 100; \pm 200 \text{ mm}$.



²⁾ Capteurs W 1 EL/0, W 1 EL/5 sans liaison de masse

Capteurs de déplacement à palpeur

Le palpeur du plongeur est appuyé par un ressort de rappel contre l'objet dont on veut mesurer le déplacement ou la distance. De cette manière, il est également possible de faire des mesures sur des pièces en rotation.

Type W 0,5 T

Le W 0,5 T comporte un noyau guidé par ressort avec palpeur extérieur. Le faible poids du noyau (1 g) permet des mesures de phénomènes rapides.

Course nominale: $\pm 0,5$ mm.

Raccordement sur connecteur.

Type W 1 T 3

Le W 1 T 3, avec noyau guidé par billes, est un palpeur électrique fin pour les mesures statiques et quasi-statiques précises. Il est adapté pour être monté sur des machines d'essais des matériaux et pour les contrôles de finition. Le diamètre de la partie de fixation est 8_{h6}. L'extrémité du palpeur est équipée d'une bille en Rubin. Elle est interchangeable suivant DIN 878. Elle est plus résistante à l'usure qu'une bille en acier par exemple.

Course nominale: ± 1 mm.

Raccordement sur connecteur.

Type W 1 TM

Le W 1 TM comporte un corps de fixation entièrement lisse d'un diamètre de 8_{h6}. Il est conforme à la norme DIN 878 et adapté pour les mesures de dimensions d'objets et pour les contrôles de finition. Le plongeur à palpeur facilement

mouvable, sans jeu, avec guidage de précision par bille, est appliqué par un ressort contre l'objet. Le palpeur, équipé d'une bille en Rubin, est interchangeable et conforme à DIN 878. Le raccordement est effectué sur câble attenant, supprimant ainsi le connecteur qui entraîne toujours une augmentation du diamètre du corps du capteur. Le capteur W 1 TM est étanche avec un mode de protection IP 65.

Course nominale: ± 1 mm.

Câble avec extrémité libre.

Types W 2 TK...W 20 TK

Les W 2 TK...W 20 TK sont équipés d'un noyau guidé par palier lisse. Variation possible de la sensibilité par trimmer incorporé; environ 15 %. Diamètre de la partie de fixation: 8_{h6}. Sur demande, ils peuvent être équipés d'un palpeur à bille en Rubin interchangeable suivant DIN 878.

Courses nominales: ± 2 ; ± 5 ; ± 10 ; ± 20 mm.

Raccordement sur connecteur.

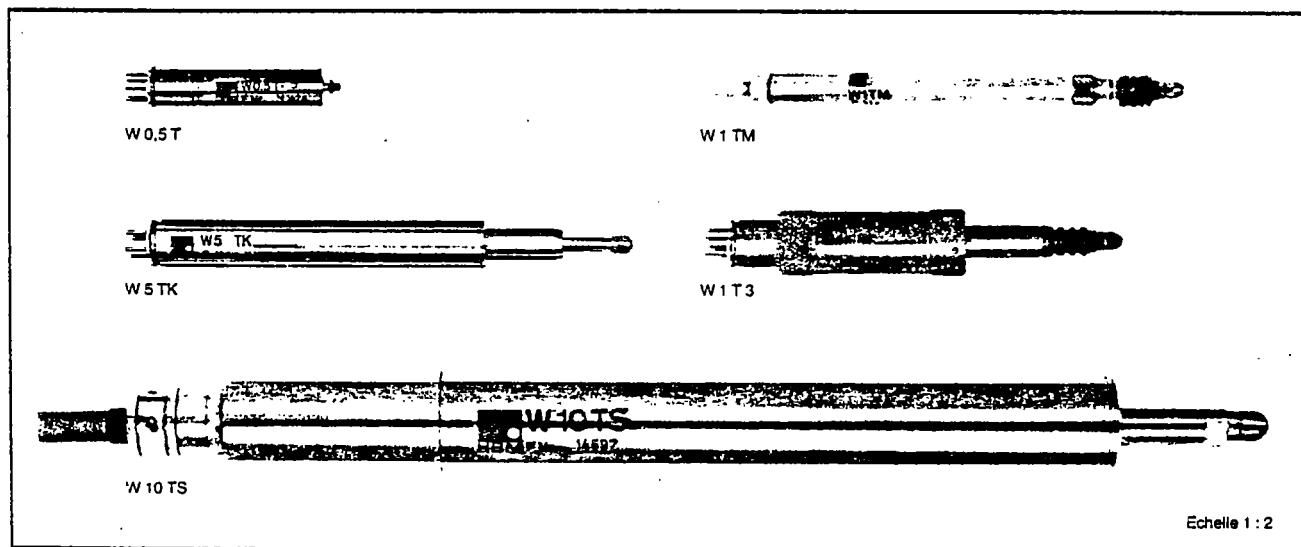
Types W 10 TS...W 50 TS

Les W 10 TS...W 50 TS sont de construction extrêmement robuste. Le corps du capteur et le support palpeur sont en acier inoxydable. Le trimmer est accessible après dévissage de la chape de protection. Câble de raccordement de 3 m protégé contre les efforts en traction.

Courses nominales: ± 10 ; ± 20 ; ± 50 mm.

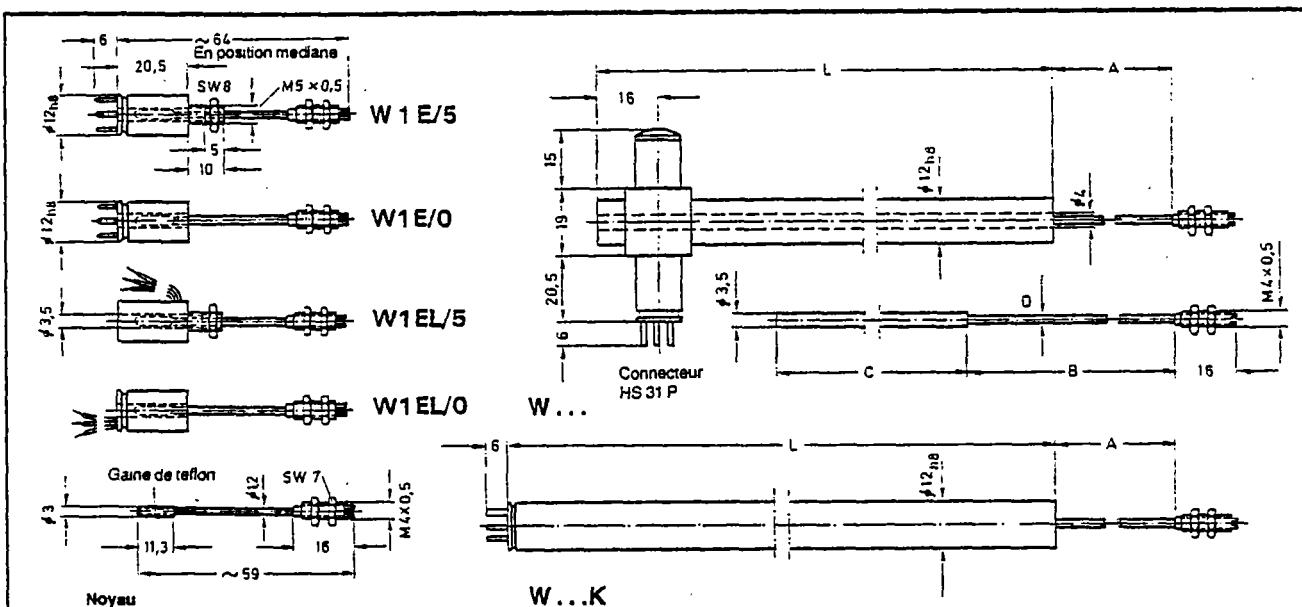
Câble avec extrémité libre.

En exécution spéciale, les capteurs W 10 TS et W 20 TS peuvent être livrés étanches à l'eau (Mode de protection IP 67).



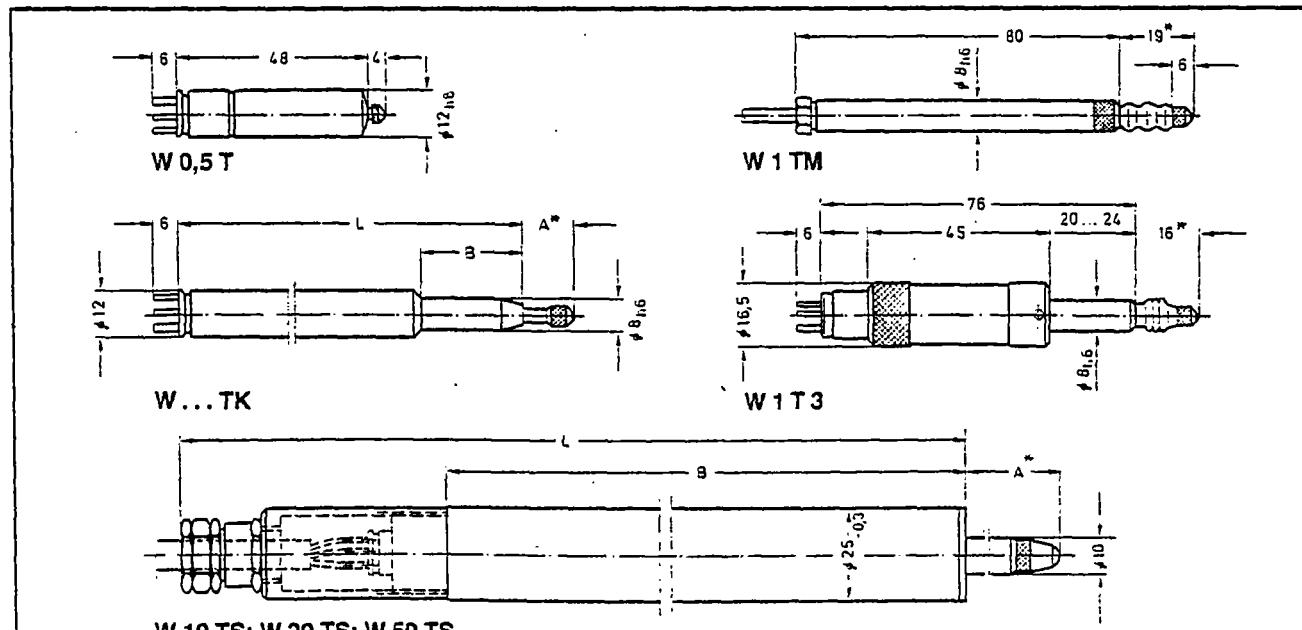
Dimensions et poids

(côtes non tolérancées: DIN 7168)



| Capteur Type | Course nominale en mm | Poids "Cap- teur eng | | Dimensions en mm | | | | | |
|-----------------|-----------------------------|-------------------------------|-----|------------------|-----|-------|-----|-----|--|
| | | Noyau eng | L | A* | B | C | D | | |
| W 1 E... | ± 1 | 11 | 2,5 | voir dessin | | | | | |
| W 10 | ± 10 | 65 | 5 | 73 | 32 | 47,5 | 41 | 1,5 | |
| W 20 | ± 20 | 80 | 7 | 113 | 45 | 68,5 | 65 | 1,5 | |
| W 50 | ± 50 | 125 | 12 | 233 | 70 | 123 | 126 | 1,5 | |
| W 100 | ± 100 | 200 | 20 | 447 | 120 | 230,5 | 225 | 1,5 | |
| W 200 | ± 200 | 350 | 40 | 868 | 220 | 431 | 444 | 2 | |

| Capteur Type | Course nominale en mm | Poids "Cap- teur eng | | Dimensions en mm | | | | |
|-----------------|-----------------------------|-------------------------------|-----|------------------|-----|-------|-----|-----|
| | | Noyau eng | L | A* | B | C | D | |
| W 2 K | ± 2 | 23 | 3,5 | 50 | 20 | 25 | 19 | 1,5 |
| W 5 K | ± 5 | 26 | 4 | 64 | 28 | 35 | 23 | 1,5 |
| W 10 K | ± 10 | 35 | 5 | 97 | 32 | 47,5 | 41 | 1,5 |
| W 20 K | ± 20 | 50 | 7 | 139 | 45 | 68,5 | 65 | 1,5 |
| W 50 K | ± 50 | 95 | 12 | 281 | 70 | 123 | 126 | 1,5 |
| W 100 K | ± 100 | 170 | 20 | 471 | 120 | 230,5 | 225 | 1,5 |
| W 200 K | ± 200 | 320 | 40 | 895 | 220 | 431 | 444 | 2 |



| Capteur Type | Course nominale en mm | Poids | | Dimensions en mm | | | |
|-----------------|-----------------------------|----------------------|--------------|------------------|----|-----|--|
| | | "Cap- teur eng | Noyau eng | L | A* | B | |
| W 0,5 T | $\pm 0,5$ | 22 | 1 | voir dessin. | | | |
| W 1 T3 | ± 1 | 50 | 7 | voir dessin. | | | |
| W 1 TM | ± 1 | 85 | 4 | voir dessin. | | | |
| W 10 TS | ± 10 | 400 | 100 | 225 | 25 | 154 | |
| W 20 TS | ± 20 | 500 | 150 | 288 | 36 | 217 | |
| W 50 TS | ± 50 | 750 | 250 | 475 | 66 | 405 | |

* Plongeur en position médiane

** Sans le plongeur

Caractéristiques techniques

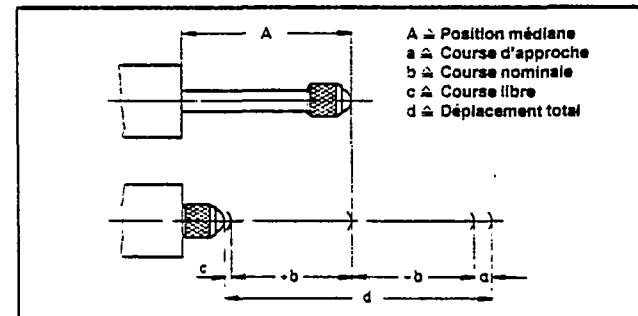
| Capteur de déplacement avec canal débouchant | | W 1 E | | | | | W 10 | W 20 | W 50 | W 100 | W 200 |
|--|--------------------|-----------|---------|-------------|---------|---------|---|----------|--------------|-----------|-------------------|
| canal borgne | | | | W 2 K | W 5 K | W 10 K | W 20 K | W 50 K | W 100 K | W 200 K | |
| palpeur | | W 0,5 T | W 1 T 3 | W 1 TM | W 2 TK | W 5 TK | W 10 TK | W 20 TK | W 10 TS | W 20 TS | W 50 TS |
| Course nominale | mm | $\pm 0,5$ | ± 1 | ± 1 | ± 2 | ± 5 | ± 10 | ± 20 | ± 50 | ± 100 | ± 200 |
| Plage nominale de mesure | mm | 1 | 2 | 2 | 4 | 10 | 20 | 40 | 100 | 200 | 400 |
| Classe de précision | | | | | | | 0,4 (0,2) | | | | |
| Sensibilité nominale (Signal de sortie à la course nominale et sortie non chargée) | mV/V | ± 40 | | | | | ± 80 | | | | |
| Tolérance de la sensibilité (écart de la sensibilité* par rapport à la sensibilité nominale) | % | | | | | | ± 1 | | | | |
| Plage nominale de signal de sortie | mV/V | 80 | | | | | 160 | | | | |
| Influence d'une variation de 10 K dans la plage nominale de température sur la sensibilité, par rapport à la valeur lue sur le zéro, par rapport au plage nominale de signal de sortie | % | | | $< \pm 0,1$ | | | $< \pm 0,2$ | | $< \pm 0,05$ | | $< \pm 0,4 (0,2)$ |
| Erreur de linéarité, y compris hystéresis par rapport au plage nominale de signal de sortie | % | | | | | | | | | | |
| Tension d'alimentation nominale | V | | | | | | $2,5 \pm 5\%$ | | | | |
| Plage de tension d'alimentation | V | | | | | | 1 ... 6 | | | | |
| Fréquence porteuse | kHz | | | | | | 5** | | | | |
| Inductivité d'entrée (entre connexions 2 et 3 et noyau en position médiane) | env. mH | 10 | | 9 | 13 | | 10 | | | | |
| Résistance d'entrée (entre connexions 2 et 3) | env. Ω | 48 | | 53 | 80 | 90 | 65 | | | | 58 |
| Plage nominale de température | $^{\circ}\text{C}$ | | | | | | $- 55 \dots + 100$ (W 1 E: $- 55 \dots + 130$; Palpeurs: $- 20 \dots + 80$) | | | | |
| Plage de température | $^{\circ}\text{C}$ | | | | | | $- 200 \dots + 100$ (W 1 E: $- 200 \dots + 130$; Palpeurs: $- 20 \dots + 80$) | | | | |
| Longueur max. de câble (réduction de sensibilité de 5 %) | env. m | | | | | | 500 | | | | |

* La sensibilité est le signal réel de sortie à la course nominal.

** Les capteurs de la série W 1 E... sont également livrables pour fréquence porteuse sous 50 Hz.

Force de rappel, accélération max. et déplacements des palpeurs

| Capteur | Accélération admissible sur le corps du capteur m/s^2 | sur le noyau m/s^2 |
|----------|--|-----------------------------|
| Type | | |
| W 1 E | 500 | 1000 |
| W 10 | 200 | 500 |
| W 20 | 200 | 200 |
| W 50 | 100 | 200 |
| W 100 | 50 | 100 |
| W 200 | 50 | 100 |
| W 2 K | 400 | 800 |
| W 5 K | 400 | 800 |
| W 10 K | 200 | 500 |
| W 20 K | 200 | 200 |
| W 50 K | 100 | 200 |
| W 100 K | 50 | 100 |
| W 200 K | 50 | 100 |
| W 0,5 T | 50 | 150 |
| W 1 T 3* | 50 | 30 |
| W 1 TM* | 50 | 30 |
| W 2 TK | 50 | 200 |
| W 5 TK | 50 | 200 |
| W 10 TK | 50 | 200 |
| W 20 TK | 50 | 200 |
| W 10 TS | 50 | 30 |
| W 20 TS | 50 | 30 |
| W 50 TS | 50 | 30 |



| Précontrainte du ressort** en pos. «A» en N (env.) | Constante de ressort en N/mm | Déplacements en mm | | | |
|--|------------------------------|--------------------|-----------|------------------|------------------|
| | | a _{max} | b | c _{min} | d _{min} |
| 0,15 | 0,20 | 0,4 | $\pm 0,5$ | 0,2 | 1,4 |
| 0,30 | 0,05 | 2 | ± 1 | 1,5 | 5,5 |
| 0,45 | 0,04 | 2,3 | ± 1 | 1,1 | 4,2 |
| 1,20 | 0,10 | 2,5 | ± 2 | 1,5 | 7 |
| 1,50 | 0,10 | 2 | ± 5 | 2 | 13 |
| 2,00 | 0,10 | 3 | ± 10 | 2 | 24 |
| 3,00 | 0,10 | 4 | ± 20 | 2 | 44 |
| 4,00 | 0,10 | 3 | ± 10 | 2 | 24 |
| 6,00 | 0,10 | 3 | ± 20 | 2 | 44 |
| 9,00 | 0,06 | 5 | ± 50 | 5 | 110 |

* Sans soufflet

** La force d'appui doit être augmentée (diminuée) de la force due au poids de l'équipage mobile, lorsque le palpeur est dirigé vers le bas (haut).

Accessoires à commander séparément

Câbles de raccordement; blindés, faible capacité
(35 pF/m ± 1 pF/m)

Les câbles suivants permettent de raccorder les capteurs sur les différents amplificateurs de mesure HBM.

Kab 0104-3; longeur 3 m (HK 31 S-G – Extrémité libre)

Kab 0104-10; longeur 10 m (HK 31 S-G – Extrémité libre)

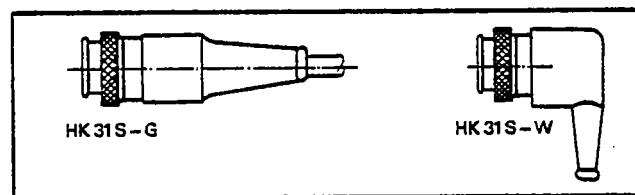
Kab 0106-3; longeur 3 m (HK 31 S-G – Connecteur

MS 3106 A 16 S-1 P)

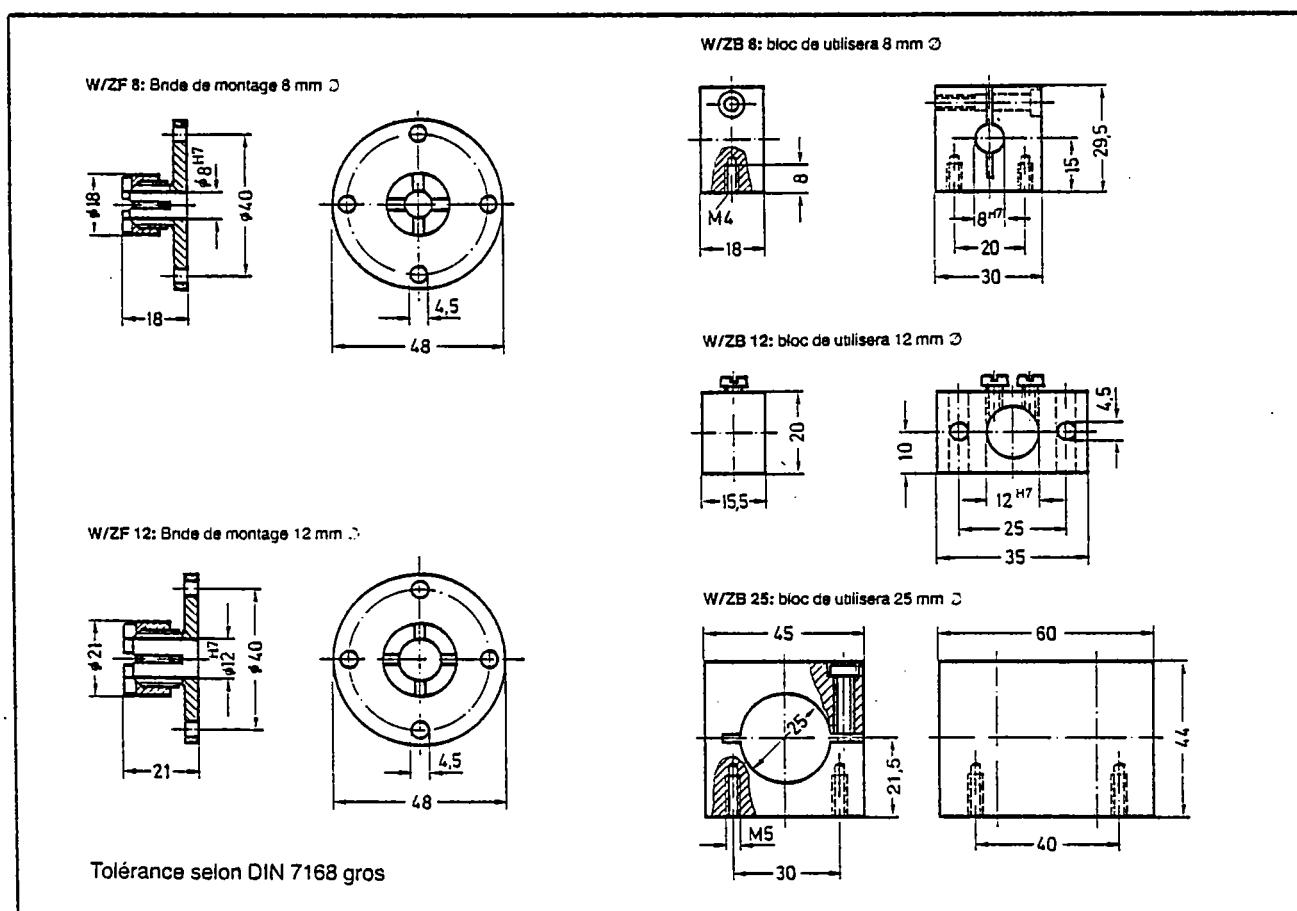
Kab 0119-3; longeur 3 m (HK 31 S-W – Extrémité libre)

Le câble peut être commandé sans connecteur sous la référence Kab 5/00-4. Pour les longueurs supérieurs à 100 m, utiliser le Kab 8/00-4 de section plus grosse.

Les connecteurs HK 31 S... sont moulés sur le câble et ne peuvent pas être livrés séparément.

**Système de fixation**

Pour fixer les capteurs, on utilisera les blocs W/ZB... ou les brides W/ZF... de montage ci-dessous. Dans le cas de capteurs longs, on utilisera deux de ces systèmes.



Modifications techniques réservées

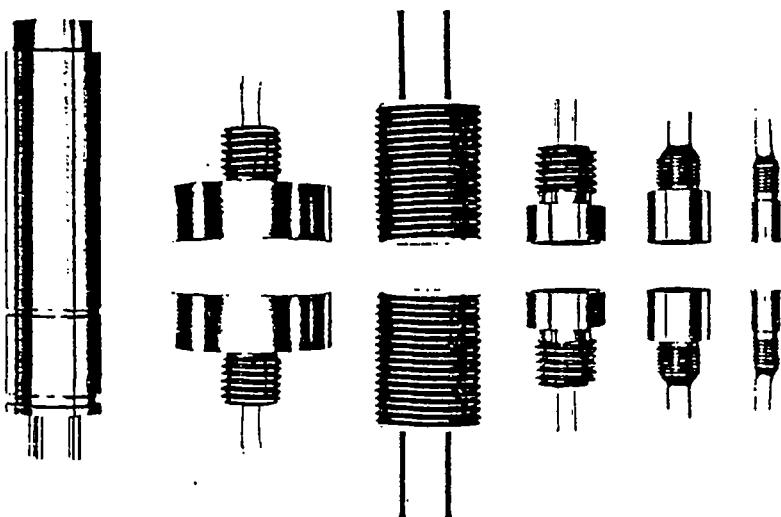
HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GMBH

Postfach 4235 · Im Tiefen See 45
D-6100 Darmstadt 1 · Telefon (06151) 803-1
Telex: 419341 · Telegramm: Messtechnik Darmstadt

SCHENCK SA

DIVISION HBM - MESURE
B.P. 17 - 78240 CHAMBOURCY
Tél.: (3) 965.56.60
Bureau de Lyon - Tél.: (7) 342.43.25

Capteurs inductifs de proximité Tr



Les capteurs inductifs de proximité Tr sont particulièrement bien adaptés, en liaison avec des amplificateurs de mesure à fréquence porteuse de 5 kHz, pour résoudre les problèmes de mesure de déplacements, de translations, de flèches, de vibrations radiales qui nécessitent ni contact, ni réaction sur la pièce en mouvement. Les capteurs Tr ne sont pas limités aux mesures de déplacement mais permettent également, par exemple au moyen de ressorts, de mesurer des forces et, au moyen d'une membrane, de mesurer des pressions. La sensibilité des bobines est telle que l'on peut, par comparaison avec des appareils de mesure mécaniques, parler de mesure sans déplacement. Les déplacements mesurables sont compris entre $\pm 1 \cdot 10^{-4}$ mm et ± 1 mm en fonction du capteur utilisé et sa disposition.

Caractéristiques principales

- encombrement minimum
- très larges possibilités d'utilisation
- construction robuste, protégés contre l'humidité
- faible masse, utilisables pour mesures dynamiques sur pièces soumises à de fortes accélérations ou des parties tournantes
- aucune influence sur l'objet de mesure

Description sommaire

Les capteurs Tr existent en différentes tailles et exécutions. Le choix du capteur à utiliser dépend du problème à résoudre et de la place disponible pour le montage. Les capteurs Tr 4, Tr 8 Tr 10, Tr 10 D et Tr 20 sont montés par paires et sont câblés entre eux pour former un demi-pont inductif. Ils sont principalement conçus pour montages fixes. Le chiffre de la dénomination indique le diamètre extérieur du capteur en mm.

Les capteurs Tr 4 ne seront utilisés que lorsque les autres types ne pourront pas être montés faute de place. Du fait de leurs très petites dimensions, ils sont plus fragiles que les autres et possèdent un niveau de parasitage plus important. Si la mesure nécessite une grande sensibilité, une bonne stabilité du zéro et un signal linéaire, les deux capteurs devront fonctionner en détecteurs actifs et câblés en différentiel (Montage 1). Toutefois, il est possible de travailler avec un seul capteur actif, le second étant monté fixe en face d'un matériaux identique à celui de l'objet de mesure (Montage 2).

Le Tr 10 D possède une face frontale étanche et résistante à la pression. La forme cylindrique du boîtier en acier inoxydable le destine aux mesures sous ambiances agressives et jusqu'à 200 bar de pression côté mesure.

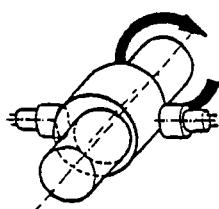
Le capteur Tr 102 se compose de deux bobines Tr 10 montées sous boîtier. Le capteur utilise le principe du montage 2 et doit être utilisé seul et non pas par paires. Dans ce capteur, la bobine active est en regard de la face frontale et la bobine de compensation est placée à l'intérieur du boîtier. Le capteur peut être utilisé pour des mesures avec entrefer initiaux LA entre 0,2 et 2 mm car l'entrefer de la bobine de compensation LR est réglable par tournevis, par le côté du connecteur.

Principe de mesure

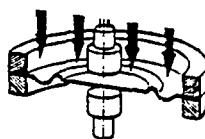
Chaque capteur Tr contient une bobine. Les capteurs (bobines) doivent être utilisés par paires, montés en demi-pont de Wheatstone alimenté en courant alternatif (5 kHz ou 50 kHz).

Si l'inductivité d'une bobine varie, le pont de Wheatstone est déséquilibré avec modification du signal de sortie. Cette variation d'inductivité dans la bobine peut être provoquée par une variation de la distance entre un objet ferromagnétique et la bobine. Lorsque les capteurs sont alimentés avec une fréquence porteuse assez haute, par exemple 50 kHz, tous les métaux peuvent être utilisés car l'effet de mesure est alors produit par courant de Foucault.

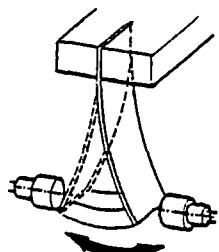
Exemples d'applications des capteurs Tr



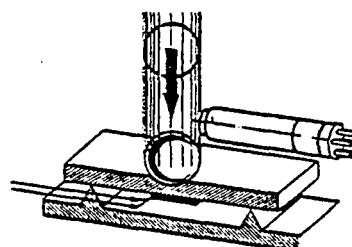
Mesure continue de la rotation d'un arbre au moyen d'une came



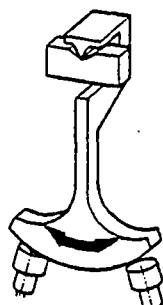
Mesure de la position d'une membrane fine



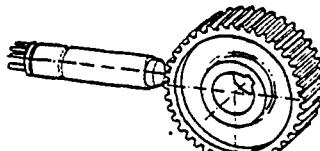
Mesure de fréquence et d'amplitude d'une lame de ressort



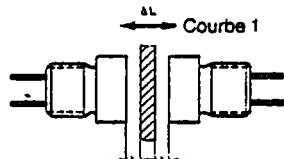
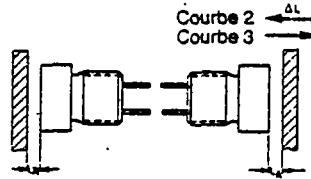
Production d'une impulsion par capteur sans contact au cours d'essais de chutes de billes



Mesure sans contact de la position ou du mouvement d'un pendule



Mesure de la rotation d'un rouage pour la mesure de vitesse de rotation et d'angle de rotation

Montage 1**Montage 2****Sensibilité**

La sensibilité d'une chaîne de mesure équipée de capteurs Tr dépend du capteur utilisé, de l'entrefer initial L_A et du montage. On trouve, dans les diagrammes 1 à 4, le signal de sortie que l'on pourra obtenir pour une variation de l'entrefer de $\Delta L = 0,1 \text{ mm}$ en fonction de l'entrefer initial. Les diagrammes doivent faciliter le choix du capteur adapté. En utilisant le montage 1, on obtient une relation

linéaire entre ΔL et le signal de sortie (erreur < 1 %) lorsque $\Delta L \leq 0,2 L_A$.

En utilisant le montage 2, la relation entre ΔL et le signal de sortie n'est pas linéaire. Du fait que le capteur Tr 102 utilise, par principe, ce type de montage, on trouvera les courbes caractéristiques de ce capteur dans le diagramme 5 en fonction de divers entrefers initiaux L_A .

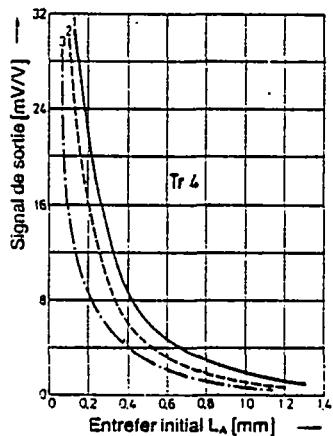
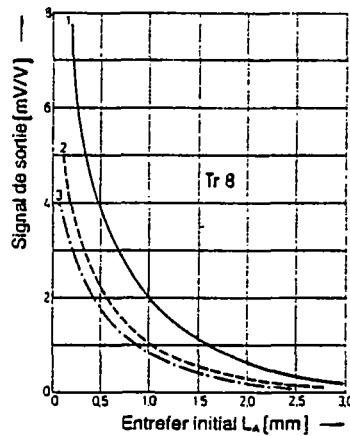
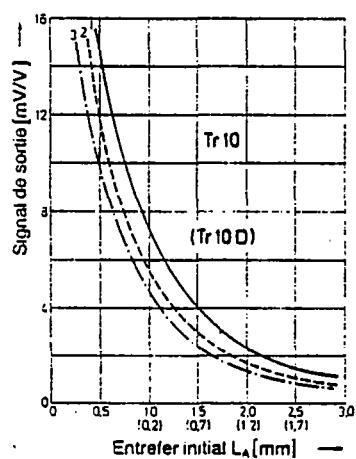
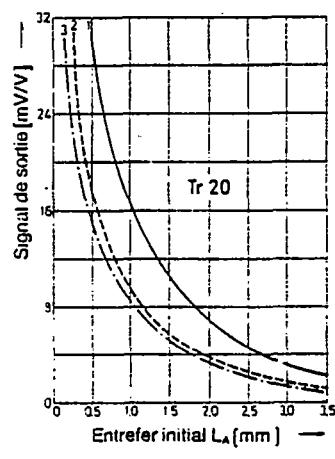
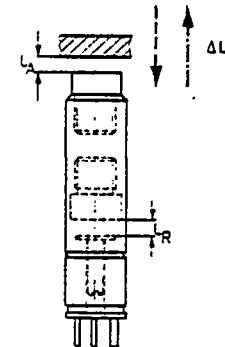
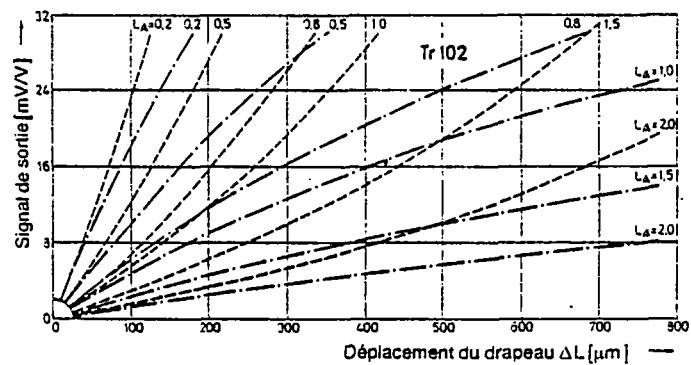
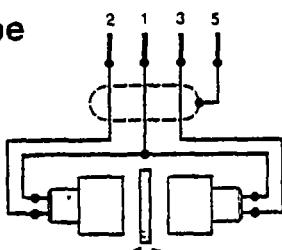
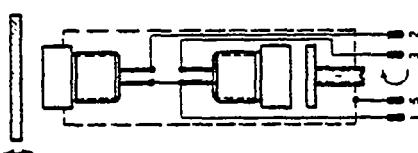
Diagramme 1**Diagramme 2****Diagramme 3****Diagramme 4****Diagramme 5**

Schéma de principe

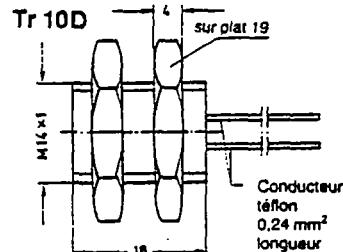
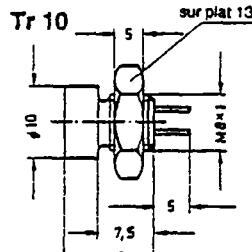
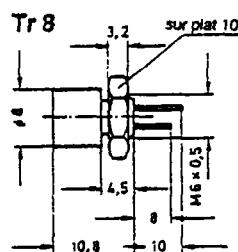
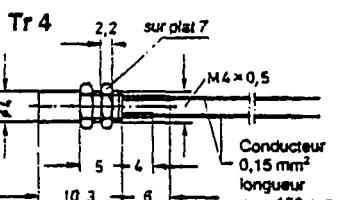
Montage 1



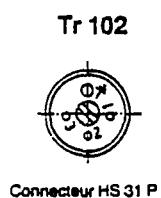
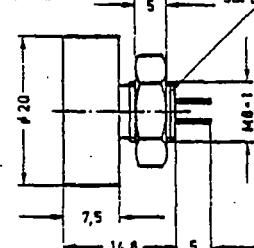
Montage 2



Dimensions



Tr 20



Côtes non tolérances selon DIN 7168 – moyen

Caractéristiques techniques

| Type | | Tr 4 | Tr 8 | Tr 10 | Tr 10 D | Tr 20 | Tr 102 |
|---|----------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Déplacement maxi pour une erreur de linéarité < 1 % et $\Delta L/L < 0,2$ | mm | 0,45 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | Voir diagramme 5 |
| Sensibilité pour un déplacement $\Delta L = 0,1 \text{ mm}$ | | Voir diagramme 1 | Voir diagramme 2 | Voir diagramme 3 | Voir diagramme 3 | Voir diagramme 4 | Voir diagramme 5 |
| Tension nominale d'alimentation (valeur effective) | V | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| Plage de tension d'alimentation (valeur effective) | V | 1...6 | 1...6 | 1...6 | 1...6 | 1...6 | 1...6 |
| Fréquence porteuse | kHz | 5* | 5 | 5* | 5 | 5 | 5* |
| Inductivité** env. | mH | 2x5 | 2x3 | 2x3,2 | 2x3,2 | 2x5 | 6,4 |
| Résistance env. | Ω | 2x90 | 2x28 | 2x33 | 2x33 | 2x50 | 66 |
| Plage d'utilisation de température | °C | -160...+120 | -160...+120 | -160...+120 | -160...+120 | -160...+120 | -160...+100 |
| Poids sans écrou | g | 2x0,5 | 2x1,5 | 2x3,5 | 2x13 | 2x11,5 | 25 |

*) Livrables pour 50 kHz

**) Fonction de l'entrefer initial L_0

Accessoires, à commander séparément

| | | | | | | |
|---------------------------|--|--------------------------|----------------|--|------------|--|
| Pour Tr 4 Tr 8 | Câble spécial blindé de faible capacité avec extrémités libres en longueurs de 10 m, 20 m, 50 m et 100 m 4 conducteurs, diam. 5 mm, $4 \times 0,17 \text{ mm}^2$ 4 conducteurs, diam. 8 mm, $4 \times 0,26 \text{ mm}^2$ | Kab 5/00-4 Kab 8/00-4 | Pour Tr 102 | Câble capteur avec un connecteur HK 31 S-G et un connecteur MS 3106 A 16 S - 1 P, Longueur 3 m | Kab 0106-3 | |
| | | | | Câble capteur avec une extrémité libre et un connecteur HK 31 S-G, Longueur 3 m | | |
| Tr 10 Tr 10 D Tr 20 | Câble capteur avec une extrémité libre et 1 connecteur MS 3106 A 16 S - 1 P Longueur 1 m Longueur 3 m | Kab 0101-1 Kab 0101-3 | | Câble capteur avec une extrémité libre et un connecteur HK 31 S-G, Longueur 3 m | Kab 0104-3 | |
| | | | | | | |

Modifications techniques réservées

HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GMBH

Postfach 4235 · Im Tiefen See 45
D-6100 Darmstadt 1 · Telefon (06151) *803-1
Telex: 419341 · Telegramm: Messtechnik Darmstadt

SCHENCK S.A.

DIVISION HBM - MESURE
B.P. 17 - 78240 CHAMBOURCY
Tél.: (3) 965.56.60
Bureau de Lyon - Tél.: (7) 842.43.28

Documentation MCB
Capteurs de déplacement linéaire

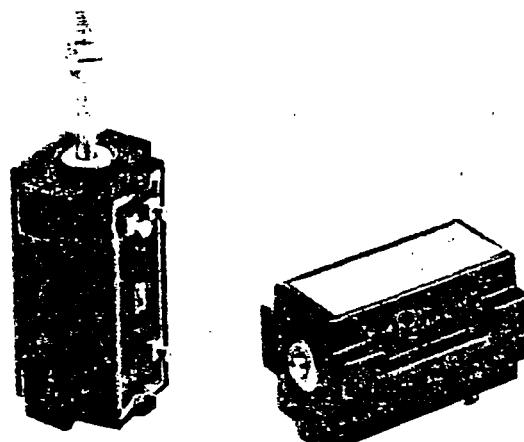


capteur de déplacement rectiligne faible course RECTI H20-10 potentiomètre plastique conducteur

boîtier : métallique non magnétique
 sorties : rigides soudables
 versions : - palpeur (avec embout et ressort de rappel)
 - capteur (extrémité d'axe filetée)

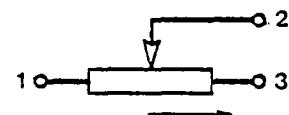
caractéristiques techniques

piste : plastique conducteur
 température limite d'emploi : $-20^{\circ}\text{C} + 85^{\circ}\text{C}$
 tolérance sur R_n : standard $\pm 20\%$ sur demande $\pm 10\%$
 caractéristique résistance température (CRT) :
 $-200 \pm 200 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
 RTS : $< 1 \times 10^{-3}$
 linéarité indépendante : standard $\pm 1\%$ - sur demande $\pm 0,5\%$
 course électrique utile : 10 mm^{+1}_{-0}
 tension de tenue : $1000 \text{ V} - 50 \text{ Hz} - 1 \text{ mn}$
 R_n : standard tenue en stock $1 \text{ k}\Omega$ sur demande $2,2 \text{ k}\Omega$
 résistance d'isolement : $> 1.000 \text{ M}\Omega$
 dissipation max : $0,3 \text{ W}$



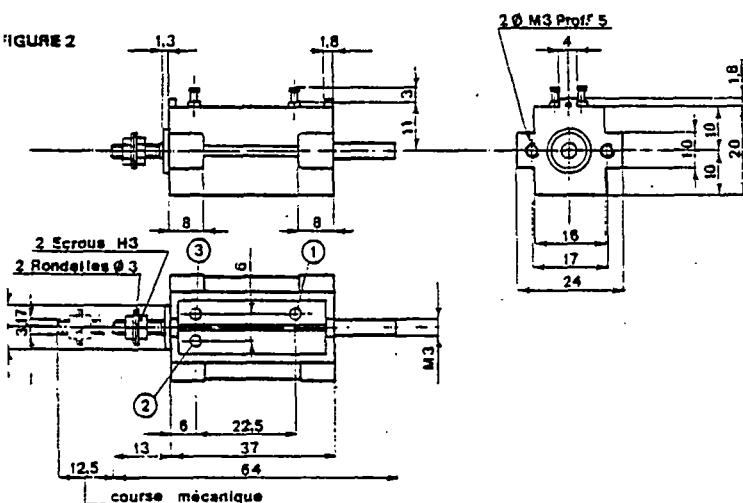
autres caractéristiques

nombre de manœuvres : $> 10.000.000$
 courant curseur : 1 mA max
 force d'entraînement avec palpeur : $100 \text{ à } 250 \text{ cN}$
 (début à fin de course)
 Force d'entraînement du capteur : $\leq 20 \text{ cN}$
 course mécanique : $12,5 \text{ mm}$
 masse partie mobile : 8 g.
 masse totale : 50 g.



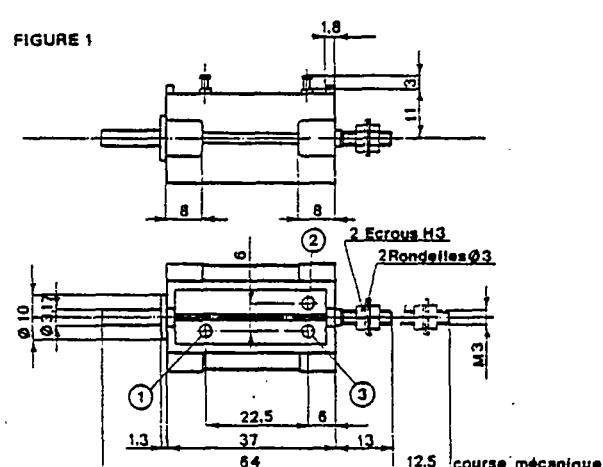
CAPTEUR RECTI H20-10 AV tenu en stock

FIGURE 2

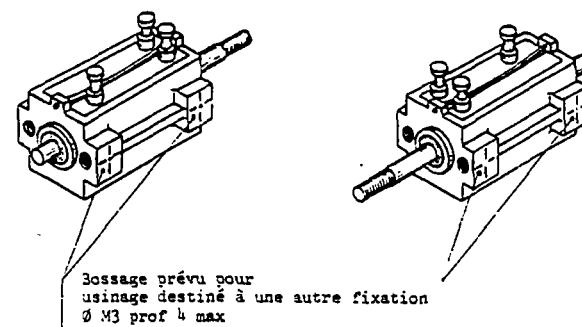
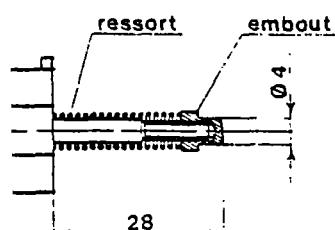


CAPTEUR RECTI H20-10 AR

FIGURE 1



PALPEUR RECTI H20-10





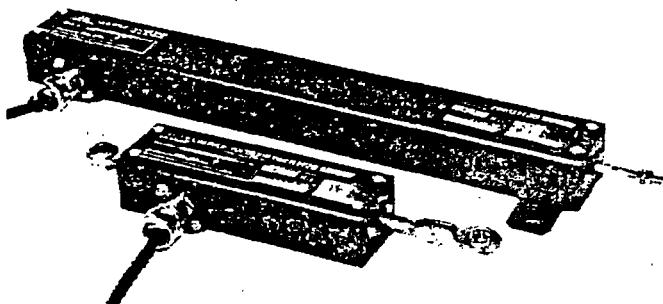
capteur de déplacement rectiligne potentiomètre plastique conducteur

RECTI H25

Boîtier : anodisé (bleu)
 sorties : par câble souple (blindé)
 fixation : par pattes anodisées (noires)
 axe : acier inoxydable non magnétique
 versions : axe guidé (étanche aux projections)
 axe flottant (permettant un léger désalignement de l'axe
 $\beta = \leq 5^\circ$, axe sortie, par rapport au corps)

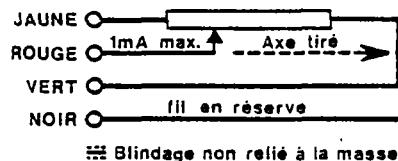
caractéristiques techniques

piste : plastique conducteur
 température limite d'emploi : $-20^\circ\text{C} + 105^\circ\text{C}$
 tolérance sur R_N : standard $\pm 20\%$ et 10%
 caractéristique résistance température (CRT) : $-200 \pm 200 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$
 RTS : $< 5 \times 10^{-4}$
 linéarité indépendante : $\pm 0,1\%$ pour course utile $> 100\text{ mm}$
 $\pm 0,5\%$ pour course utile $< 100\text{ mm}$
 course électrique utile : 25 - 50 - 100 - 150 - 200 - 250
 $300 - 350 - 400\text{ mm sur demande } 900\text{ mm}$
 résistance nominale R_N : 4 700 Ω et 10 k Ω
 résistance d'isolement : $> 10\,000\text{ M}\Omega$
 tension de tenue : 2 000 V 50 Hz 1 min



autres caractéristiques

nombre de manœuvres (sur 100 mm à 250 mm/sec) : $> 20\text{ millions}$
 vitesse max. de déplacement : 1,5 m/sec
 courant curseur : 1 mA max
 force d'entraînement : axe flottant $\leq 200\text{ cN}$
 axe guidé $\leq 1000\text{ cN}$



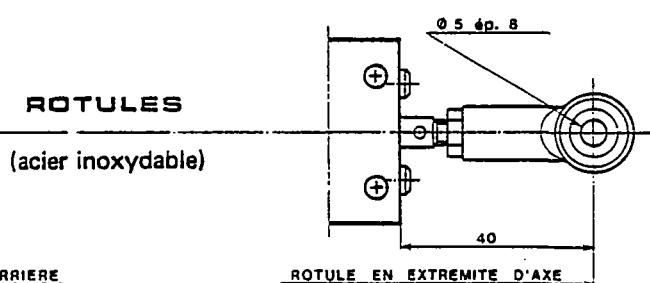
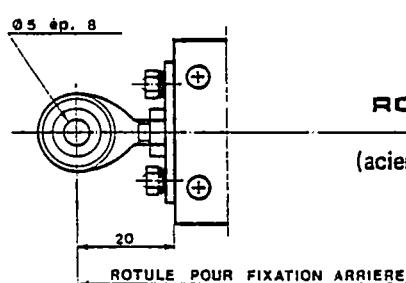
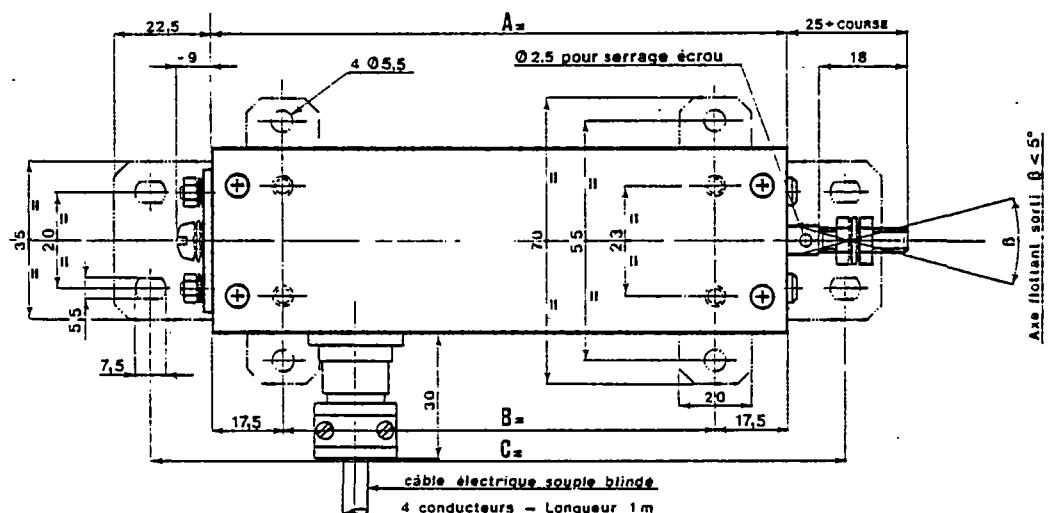
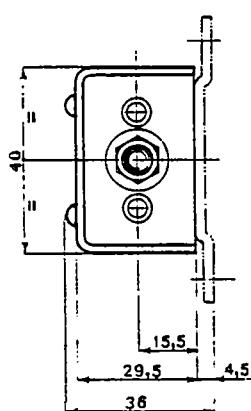
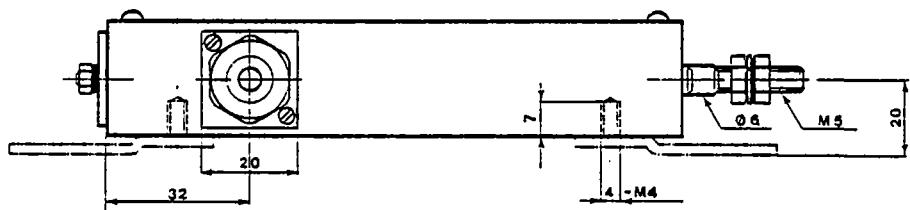
| Course Utile L1 | 25 | + 1 - 0 | 50 | + 1 - 0 | 100 | + 2 - 0 | 150 | + 2 - 0 | 200 | + 2 - 0 | 250 | + 2 - 0 | 300 | + 3 - 0 | 350 | + 3 - 0 | 400 | + 3 - 0 | Autres longueurs |
|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|------------------|
| R_N (résistance nominale)* | 4,7 k Ω | - | - | - | - | - | - | |
| Dissipation | 0,50 W | 0,75 W | 1,5 W | 2,25 W | 3 W | 3,75 W | 4,5 W | 5,25 W | 6 W | | | | | | | | | | |
| Dimensions : A | 120 | 145 | 195 | 245 | 295 | 345 | 395 | 445 | 495 | | | | | | | | | | |
| : B | 85 | 110 | 160 | 210 | 260 | 310 | 360 | 410 | 460 | | | | | | | | | | |
| : C | 150 | 175 | 225 | 275 | 325 | 375 | 425 | 475 | 525 | | | | | | | | | | |
| Masse partie mobile (axe + curseur) | 35 g | 45 g | 55 g | 65 g | 75 g | 85 g | 95 g | 105 g | 115 g | | | | | | | | | | |
| Masse totale | 310 g | 330 g | 380 g | 430 g | 480 g | 530 g | 580 g | 630 g | 680 g | | | | | | | | | | |

sur demande

* Valeurs préférentielles en gras

- Note 1 - L'axe guidé (AG) doit être très soigneusement aligné dans toute l'étendue de sa course.
- Note 2 - La fixation du corps du capteur par ROTULE ARRIERE ne s'applique qu'à la variante axe guidé et pour des courses utiles $\leq 200\text{ mm}$
- Note 3 - L'appareil est fourni avec 2 jeux de pattes de fixation, visserie et rondelles frein.

RECTI H 25





MCB

capteur de déplacement rectiligne potentiomètre plastique conducteur

RECTI H12

boîtier : alliage léger oxydé anodiquement
 axe : acier inoxydable : ϕ 3 mm
 sorties : fils isolés Teflon : l = 300 mm
 contacts : métaux précieux
 fixation : par brides

caractéristiques techniques

piste : plastique conducteur
 température limite d'emploi : $-55^{\circ}\text{C} + 125^{\circ}\text{C}$

gamme de valeurs (R_n) :
 pour course 25 mm 1 k Ω à 22 k Ω
 50 mm 1 k Ω à 47 k Ω
 75 mm 2,2 k Ω à 47 k Ω
 100 mm 4,7 k Ω à 100 k Ω

tolérance sur R_n : $\pm 10\%$

caractéristique résistance température (CRT) :
 $-200 \pm 200.10^{-5}/^{\circ}\text{C}$

dissipation limite à 70°C 0,2 W

linéarité pondérée : standard : $\pm 1\%$ sur demande $\pm 0,1\%$

RTS : $< 0,1\%$

tension de tenue : 500 V - 50 Hz

résistance d'isolement : $> 1 \text{ kM}\Omega$ - 500 Vcc

course électrique utile : 25 - 50 - 75 - 100 mm $^{+0.3}_0$



autres caractéristiques

durée de vie : > 5 millions de passages

vitesse de déplacement admissible : 1,25 m/sec

effort de déplacement : 2 N

poids : Recti H 12-25 : 18 g

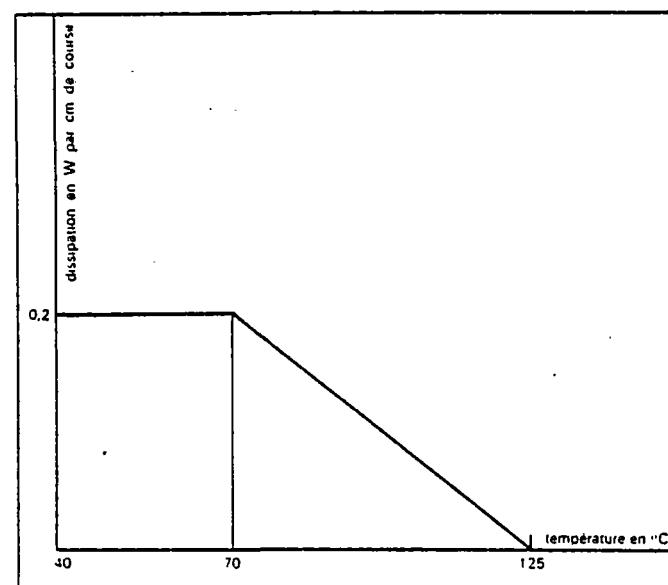
Recti H 12-50 : 23 g

Recti H 12-75 : 28 g

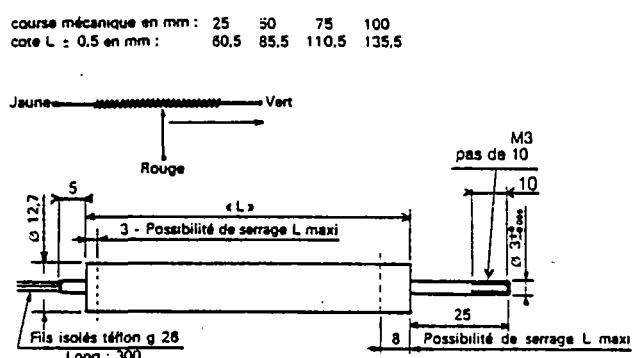
Recti H 12-100 : 33 g

axe flottant permettant un désalignement de l'axe par rapport au corps du potentiomètre.

Valeur de désalignement : $\pm 0,2$ mm



Courbe de dissipation par cm de course électrique en fonction de la température ambiante



double piste : sur demande

MCB

**Documentation SOIL INSTRUMENTATION
Extensomètres**

Applications

The monitoring of soil and rock movements including:

- Lateral strains and settlement in or beneath earth and rockfill embankments and dams.
- Foundation movements and subsidence.
- Control of natural and cut slopes, quarry and mining excavations.
- Displacements across construction joints in concrete, and across joints and faults in rock.
- Displacements of retaining walls, bridge piers and abutments.

Operating Principle

A Soil Extensometer consists of a resistance potentiometer in a sealed oil-filled housing operated by a sliding

piston. The position of the piston is measured with a portable digital readout unit calibrated directly in mm. Steel extension rods 3m long, coupled together to give any desired gauge length, are connected to the transducer piston at one end and to an anchor beam at the other. Telescoping PVC tubes fit over the extension rods to eliminate friction between the rods and the material in which they are installed. A number of extensometer units can be arranged in series to measure the incremental movements over a considerable distance.

Advantages and Limitations

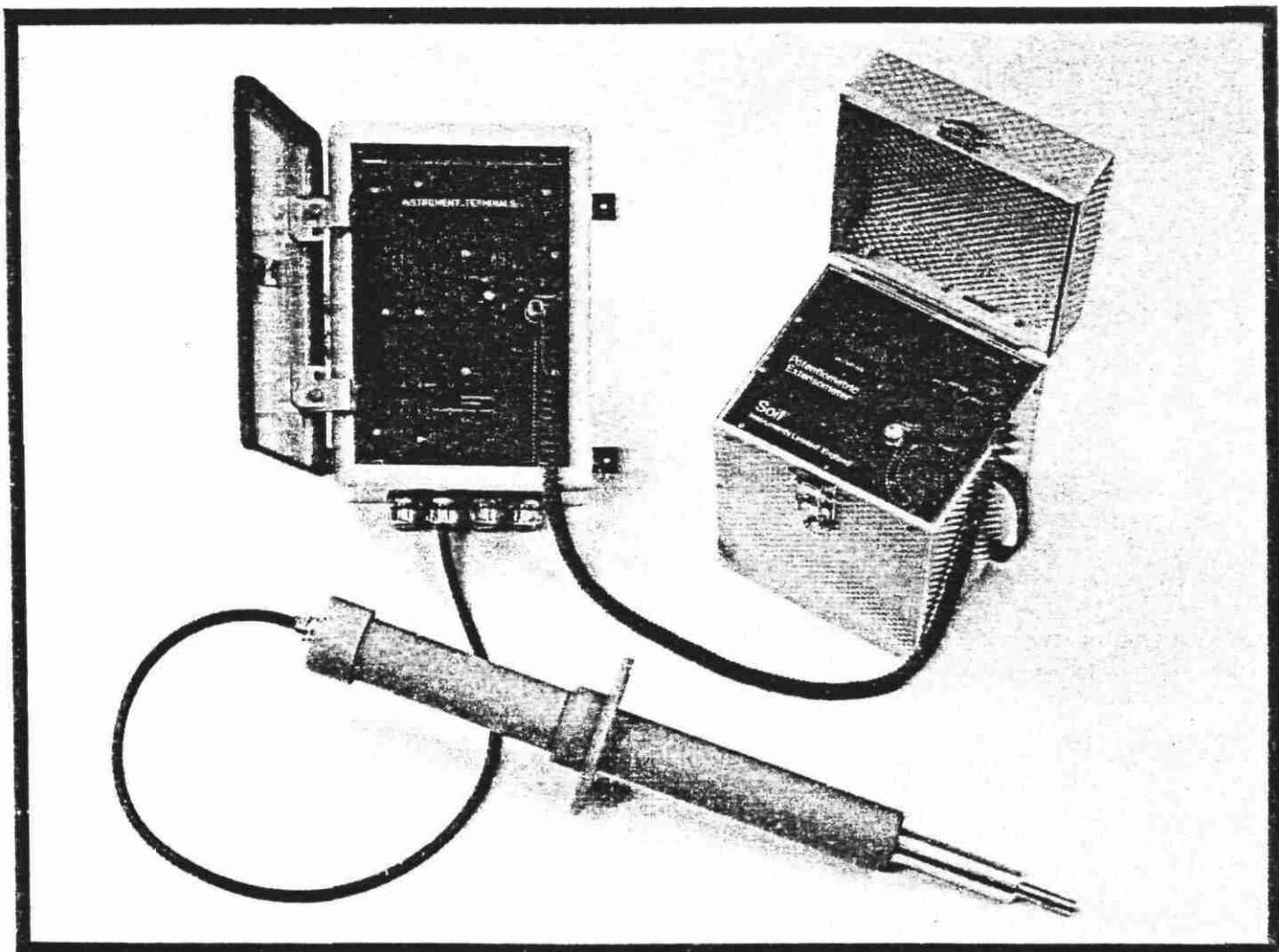
- Accurate, simple to install and to read.
- Robust and reliable in long-term; special attention has been given to

the waterproofing and corrosion resistance of all components.

- Suitable for remote reading of displacements at inaccessible locations.
- The standard readout unit has an unambiguous digital display. A special readout can be supplied for continuous and chart recording.
- For installation in boreholes it is usually preferable to employ the rod or magnet extensometers described in Data Sheets 1E and 2E.

Performance

Two instruments are available, 0–150mm and 0–300mm range. Overall accuracy $\pm 0.2\text{mm}$. Calibration unaffected by cable length. Excellent thermal stability. Non-linearity and drift less than 0.1% full scale. Excellent resistance to water and to corrosion.



SOIL EXTENSOMETER, terminal unit and digital readout.

Installation in Soil and Rock Fill

Gauge lengths and directions of measurements are selected to suit the magnitude and direction of the anticipated ground movement. Trenches to accommodate the extensometers, approximately 500mm wide by 600mm deep are marked out and excavated.

The base of the trench should be flat with at least 150mm of sand or stone-free clay under the extensometers, cables and tubes.

Extensometer locations are marked out, and the excavation extended 500mm into each side, perpendicular to the trench. Across the trench at these locations the anchor beams 2.13 are installed. Extensometers are threaded through holes in the anchor beams. It will be necessary to hand-excavate the base of the trench to accommodate the extensometer body and flange. The bolt holes in flange and anchor beam are aligned and bolted together.

Extensometer cables should be colour coded at least every 10m for identification. Joints in the cable are undesirable, but where unavoidable should be made using 4.1 crimping tool and 4.3 joint sealing kit. The extensometer piston is greased and an extension rod 2.10 is coupled to its threaded end. The piston is set at approximately the required

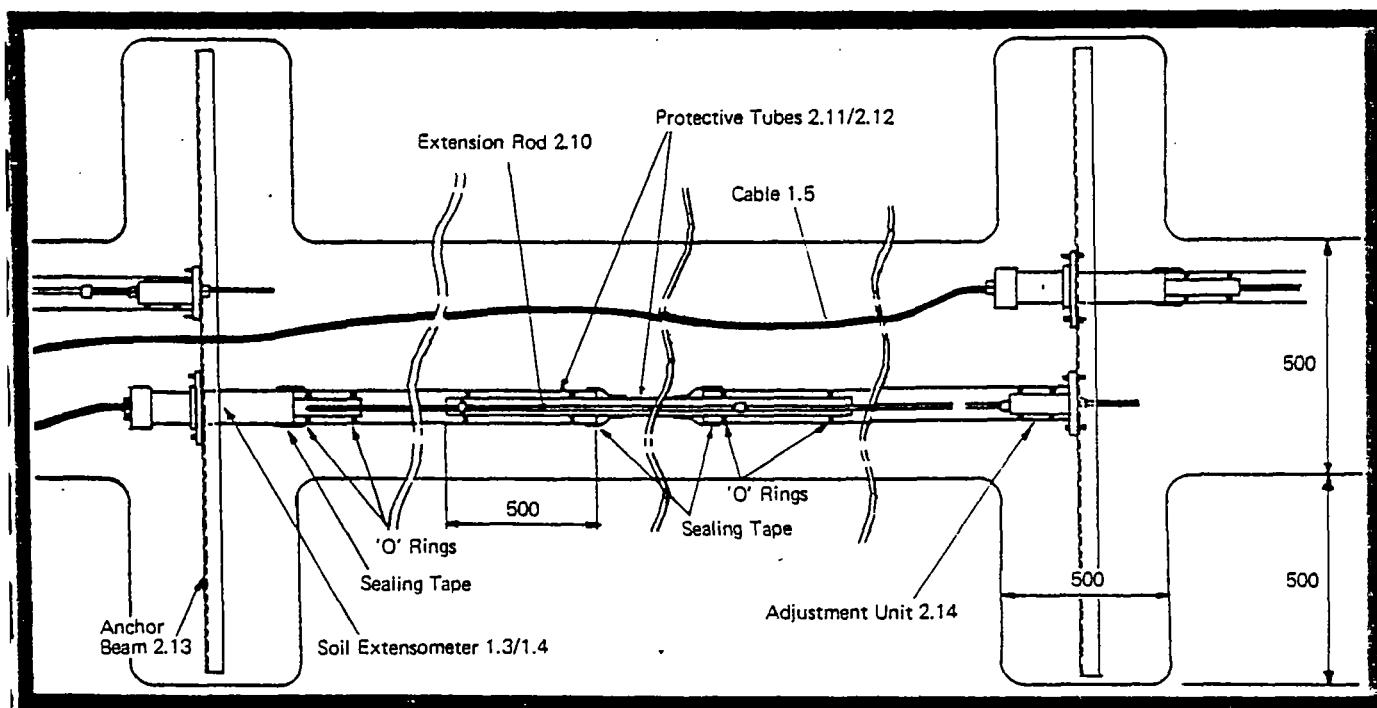
initial travel. Telescoping tubes 2.11 and 2.12 are assembled with O-ring connections, adding extension rods and tubes until the required gauge length is obtained. Usually the smaller tube is inserted 500mm into the larger, so that two tubes, each 2m long, are required for every 3m of assembled length. The larger of the tubes locates with a double O-ring seal on the extensometer. Each chain of rods terminates at an anchor beam. The last extension rod of a chain couples to the adjustment unit 2.14 enabling precise setting of the piston travel. Each extensometer is checked by connecting to the portable readout and using the adjustment unit to move the piston until a small displacement is recorded. It should be noted whether the reading increases with compression or with extension. The tube joints of the assembled chain of rods and tubes should be wrapped with sealing tape 4.5 to prevent entry of dirt or water.

To allow for movement the cable is snaked along the trench. The extensometers, cables and tubes should be protected above and below by at least 150mm of stone-free sand or clay. The trench is then back-filled with the excavated material using only hand operated compaction equipment until the installation is covered by at least 1m of

material. Backfill in the vicinity of the anchor beams should be more heavily compacted than in the trench. The terminal units 3.13 to 3.15 are mounted in an instrument house, manhole well unit or terminal cabinet. Approximately 300mm of neoprene outer sheath is removed from each cable, the gland is fitted and each conductor connector to the internal connecting block. A fly lead from the portable digital readout unit plugs into a front mounted socket on the terminal panel.

Other Methods of Installation

Soil Extensometers can also be installed by casting into concrete or by surface mounting on concrete or rock faces. The methods used are substantially those described above with the following variations. When installing in concrete the extensometer is usually fixed to the reinforcement or to the form-work. The anchor beam is not required and extensometers 1.3 and 1.4 are supplied without the flange. It may be necessary to grease the protective telescoping tubes to reduce the bond between tubing and concrete. For surface mounting extensometers 1.3 and 1.4, clamps 2.15 to 2.17 are available.



SOIL EXTENSOMETER ASSEMBLED FOR INSTALLATION IN TRENCH

To order equipment please quote the data sheet and specification numbers, the name of the item and the quantity required, for example: 5E(1982) 2.13 Anchor Beam, 18 No.

1. Soil Extensometer and Cable

1.3 Soil Extensometer, comprising a resistance potentiometer in an oil-filled PVC housing. An external flange on the housing gives a positive anchorage in soil and is bolted to 2.13 anchor beam. The shaft end of the housing has a cylindrical boss to receive 2.12 telescoping protective tube. The potentiometer piston is threaded to receive 2.10 extension rod and passes through O-ring sealing glands in the housing. Plastic foam limits the rise in oil pressure when the piston is pushed in. Supplied integral with 1m length of 1.5 cable or with cable length as required. Cable passes into the housing via a cable sealing gland backfilled with epoxy resin. The stroke of the piston and operating range is 300mm. Non-linearity is less than 0.1%. Dimensions, overall diameter 150mm, housing o.d. 60mm, overall length 750mm. Weight 3.5kg.

1.4 Soil Extensometer as 1.3 but with a shorter piston stroke of 150mm. Dimensions, overall diameter 150mm, housing o.d. 60mm, overall length 600mm. Weight 3kg.

1.5 Cable for use with 1.3 and 1.4 soil extensometers with three conductors each of 23 strand 0.2mm dia. copper wire, insulated and colour coded, with 3.2mm thick neoprene outer sheath. Overall diameter 11.6mm, supplied in lengths of up to 500m. Weight 120g/metre.

2. Extension Rod, Tubes and Anchor

2.10 Extension Rod for use with 1.3 and 1.4 extensometers. Comprising 12mm diameter solid mild steel rods. Supplied in 3m lengths threaded both ends, with one threaded coupling to connect with further rods or with 2.14 adjustment unit. Weight 0.9 kg/metre.

2.11 and 2.12 Protective Tubes, telescopic fit for installation over 2.10 extension rods. Heavy gauge rigid PVC supplied in 2 m lengths, each end bevelled. 2.11 is 24.5 mm i.d., 33.4 mm o.d., weight 630 g/metre, supplied with O-rings for each end. 2.12 is 38 mm i.d., 48.5 mm o.d., weight 975 g/metre. Two tubes are required for every 3 m of assembled length.

2.13 Anchor Beam to key the extensometer into the surrounding fill. Comprising epoxy coated steel channel with locating holes for 1.3 and 1.4 soil extensometer and 2.14 adjustment unit. The channel has 75 x 38mm section and is 1.5m long. Weight 10kg.

2.14 Adjustment Unit for setting the extensometer piston at the optimum travel, comprising a mild steel zinc-plated boss with locating flange for bolting to 2.13 anchor beam, and 500mm long 12mm dia. threaded adjusting rod, coupled to the final extension rod. The final length of 2.12 protective tube locates with a double O-ring seal over the boss. Dimensions, 500mm long, max. dia. 64mm, length of boss 135mm, dia. of boss 33.4mm. Weight 1.8kg.

2.15 to 2.17 Surface Mounting Clamps to anchor the extensometer, protective tubes and extension rods to a rock or concrete surface. Comprising a galvanised mild steel tube clamp with anchor bolt for setting in concrete or in a shallow drillhole. 2.15, weight 250g, fits the

housing of extensometers 1.3 and 1.4. 2.16, weight 230g, acts as an intermediate support fitting over tube 2.11. 2.17, weight 300g is provided with a threaded bush to fit one end of 2.10 extension rod.

3. Instrument House and Terminal Units

3.10 Instrument House timber, with door and window in one section, lockable timber flap to window. Flat roof protected by waterproofing felt. Timber floor on timber bearers, the whole unit fully lined with soft board insulation. External box for commercial gas bottle. Supplied in easily erected kit form, dimensions as required, all timber treated with preservative.

3.11 and 3.12 Instrument House Entry Ducts comprising 600 mm long heavy gauge rigid PVC flanged tube with cover plate, neoprene gasket and flange bolts. The cover plate incorporates individual brass and neoprene waterproof glands to take 1.5 cable. The entry duct is usually set in concrete, cables passing through the duct to terminal units 3.13 to 3.15. Dimensions and weight as tabulated.

| Catalogue No. | i.d. mm | o.d. mm | No. of Cable Glands | Weight kg |
|---------------|---------|---------|---------------------|-----------|
| 3.11 | 100 | 115 | 5 | 3.4 |
| 3.12 | 150 | 168 | 10 | 6.8 |

3.13 Terminal Unit for 10 extensometers 1.3 and 1.4, comprising epoxy painted steel box with hinged waterproof lid and wall mounting brackets, incorporating connecting blocks and entry glands for 1.5 cable. Connector socket for fly lead from 5.2 digital readout unit and 10-way rotary switch to select extensometer. Dimensions 340 x 270 x 170 mm. Weight 6.8 kg.

3.14 Terminal Unit as 3.13 but for 20 extensometers. Dimensions 650 x 270 x 170mm. Weight 10.6kg.

3.15 Terminal Box for up to 5 extensometers 1.3 and 1.4, comprising epoxy painted cast aluminium box with waterproof removable cover incorporating terminal connections for 1.5 cable. Dimensions 220 x 120 x 90mm. Weight 2.6kg.

3.16 Manhole Well Unit comprising individual pre-cast concrete open ended box 600 x 450 mm internal dimensions, 50 mm thick, 150 mm high, weight 42 kg. Tongued and rebated for stacking to give any required well depth and to receive 3.17 surround.

3.17 Manhole Surround pre-cast concrete to fit well units 3.16 and to receive 3.18 steel cover and frame. Weight 25 kg.

3.18 Manhole Cover and Frame, galvanized steel, to fit 3.17 manhole surround or for casting direct in concrete. Complete with two lifting keys. Overall weight 8.2 kg. Designed for 2500 kg. surface loading, heavier designs available.

3.19 and 3.20 Terminal Cabinets comprising epoxy painted steel cabinet with fitted canopy and lockable hinged door sealed with neoprene gasket. Supplied with 100 mm i.d. PVC tube duct, wooden formwork and fixing bolts for concrete plinth. Dimensions and weight as tabulated.

| Catalogue No. | Dimensions mm | Weight kg |
|---------------|-----------------|-----------|
| 3.19 | 570 x 430 x 250 | 23 |
| 3.20 | 800 x 600 x 250 | 40 |

4. Installing Equipment

4.1 Crimping Tool to connect conductors in 1.5 cable using 4.2 crimping sleeves.

Comprising tool for cutting, stripping and crimping. Dimensions 190 x 60 mm. Weight 180 g.

4.2 Crimping Sleeves self insulating for butt connection of conductors in 1.5 cable. Supplied in packets of 50. Weight 85 g.

4.3 Joint Sealing Kit for reinforcing and waterproofing crimped or soldered connections in 1.5 cable. Comprising split perspex mould, twin pack epoxy resin sufficient for one connection, self-adhesive sealing strips and instruction leaflet. Weight 250 g.

4.4 Coloured Adhesive Tapes, 9 mm width, set of 10 reels 20 m long in assorted colours. One set suitable for marking up to 5000m of cable. Weight 500g.

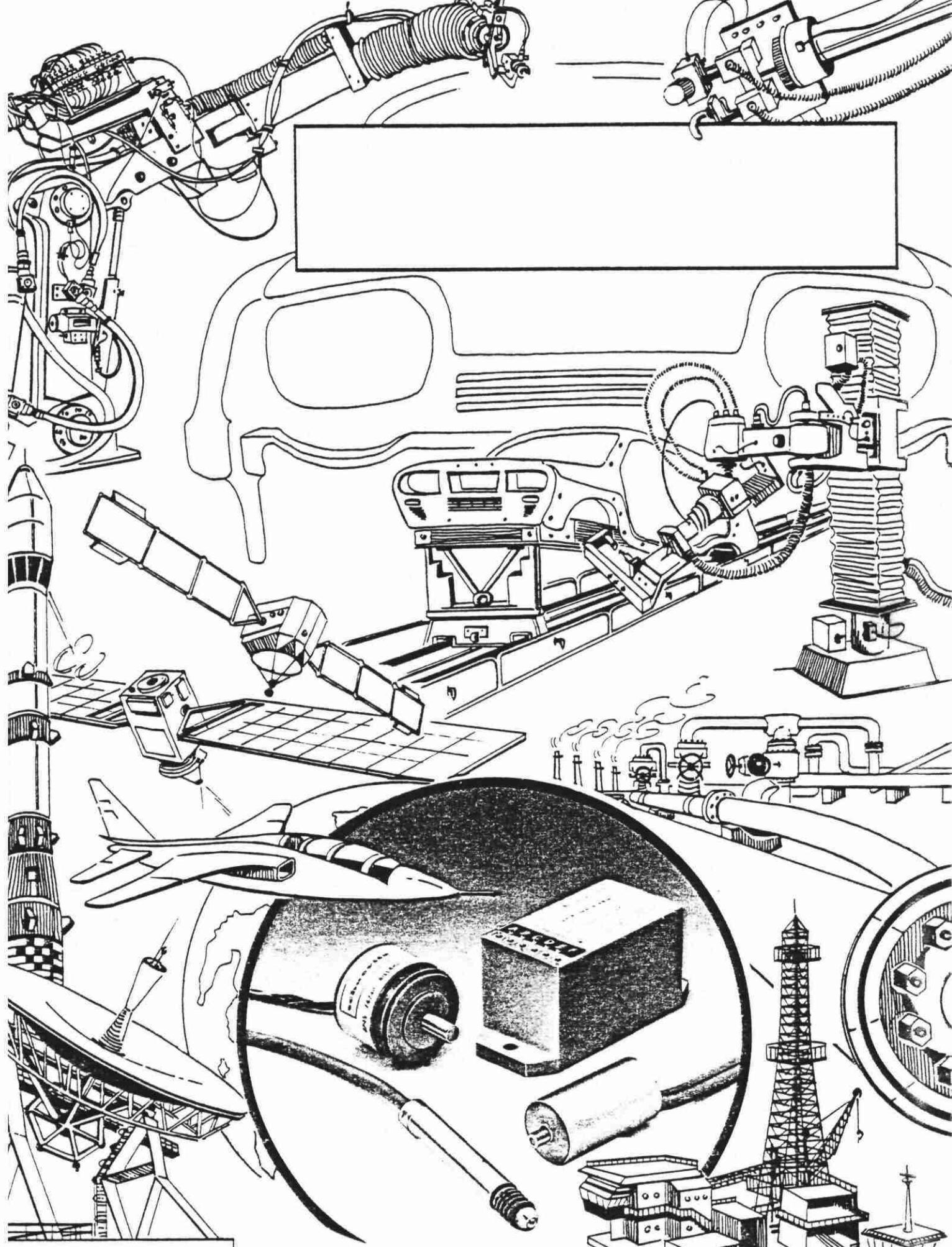
4.5 Sealing Tape to prevent entry of cement, dirt or water at connections in 2.11 and 2.12 tubes. Comprising fabric tape impregnated with petroleum-based waterproofing compound. Tape width 50 mm, supplied in rolls of 10 m. Weight 650 g. per roll.

5. Readout Equipment

5.2 Digital Readout for use with 1.3 and 1.4 soil extensometers. The readout supplies the extensometer with a stable voltage and processes the extensometer output voltage to generate a digital display of displacement in mm. The unit incorporates an LCD display, is housed in a robust portable instrument case with removable lid and carrying strap and is powered by a 12V re-chargeable battery allowing up to 20 hours continuous operation between charges. A battery charger is supplied. The readout unit connects to terminal units 3.13 to 3.15 via a fly lead which plugs into a socket on the front panel. The readout has a resolution of 0.1mm with an accuracy of ±0.1mm or better. Dimensions 430 x 220 x 200mm. Weight 3kg.

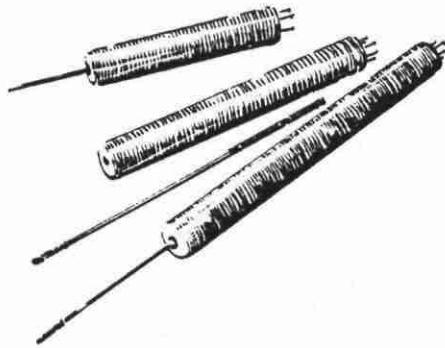
Documentation SCHAEVITZ
capteurs de :

- déplacement linéaire
- déplacement angulaire
- vitesse rectiligne
- pression de fluide
- effort
- accélération - inclinaison



Guide de choix des Capteurs de mesure

SCHAEVITZ est au service de la mesure de grandeurs physiques depuis plus de trente cinq années et propose une gamme unique de capteurs et d'électronique de mesure à partir de ses trois centres de production de Pennsauken (NJ), Slough (GB) et Gaillard (Haute Savoie). La qualité et la compétitivité des produits Schaevitz permettent de satisfaire des applications dans le monde entier, dans des domaines aussi variés que l'aéronautique civile ou militaire, la recherche et l'exploitation pétrolière, la robotique, l'hydraulique, les machines d'essais ou de production, l'énergie nucléaire etc. Ce document présente succinctement la gamme Schaevitz en mentionnant les références des catalogues



CAPTEURS DE DEPLACEMENT

Le nom de SCHAEVITZ est souvent associé aux capteurs de déplacement : créateur du LVDT, Schaevitz propose une gamme très variée pour des mesures de déplacements rectilignes ou angulaires.

- Série M12 : compact, hautes performances, $\pm 5 \text{ mm à } \pm 200 \text{ mm}$
- Série M9 : miniature $\pm 1,5 \text{ mm}$ pour métrologie notamment
- Série M17 : $\pm 5 \text{ mm grande sensibilité}$
- Série HR : Applications générales $\pm 1 \text{ mm à } \pm 500 \text{ mm}$
- Série HPA/HCA : Version étanche à 50 bars $\pm 1 \text{ mm à } \pm 250 \text{ mm}$
- Série ZTR : haute température/radiations/étanche 175 bars, $\pm 5 \text{ à } \pm 125 \text{ mm}$
- Réalisations spéciales tenant compte des applications particulières.

Ces capteurs se comportent électriquement comme un transformateur et pour fonctionner, ils nécessitent un oscillateur d'excitation et un démodulateur/amplificateur pour la mise en forme de leur signal. Ces fonctions sont disponibles sous forme de modules plus ou moins élaborés fonctionnant soit à partir d'une source continue, soit du secteur. Certains capteurs sont livrables avec électronique incorporée. Dans ce cas, alimentés en tension continue standard, ils délivrent un signal en tension continue qui peut être exploité directement sur un indicateur, un enregistreur, ou un organe d'asservissement.

- Série HR/DC $\pm 1 \text{ mm à } \pm 125 \text{ mm}$ (électronique passive)
- Série DC/D $\pm 1 \text{ mm à } \pm 250 \text{ mm}$ (électronique active)
- Série HPD/HCD étanche à 50 bars, $\pm 1 \text{ mm à } \pm 250 \text{ mm}$ (électronique active)

Tous ces capteurs de déplacement rectiligne se caractérisent par une absence de frottement entre le noyau mobile et la bobine qui est, en général, fixe (voir catalogue SFD 85).



DEPLACEMENT ANGULAIRE

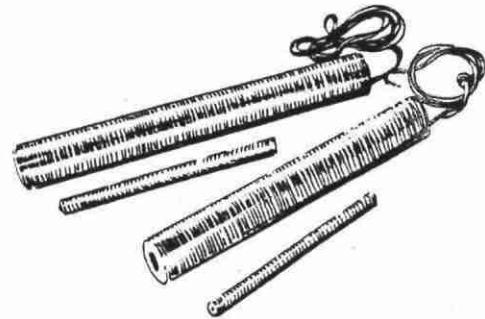
Le principe du transfo différentiel a été adapté aux mesures de déplacement angulaire (R.V.D.T.). Schaevitz propose 2 modèles de base, sous forme de cylindre en taille normalisée "servo taille 11" (R30) et "taille 15" (R36) autorisant des mesures précises de zéro à $\pm 60^\circ$ angulaire. Le modèle R30 est disponible en version avec électronique incorporée. (voir fiche SF 1050)

PALPEURS

Certains capteurs de déplacement sont disponibles, sous forme de palpeurs, c'est à dire avec pointe de touche et ressort de rappel. Le palier supportant la tige de palpation est soit un palier lisse (rodé ou non) soit un palier à billes à ratrapage de jeu, soit encore dans les cas les plus exigeants, un palier à gaz. Ces palpeurs remplacent avantageusement les comparateurs métrologiques à cadran en ajoutant à la fonction Mesure, des possibilités d'enregistrement et/ou d'automation.

- Série PPB : Palier à billes, Ø 8mm pour métrologie et contrôle dimensionnel. 1/2 pont ou LVDT et option Dc/Dc $\pm 0,5 \text{ à } \pm 2,0 \text{ mm}$.
- Série PCA 240 : haute précision (mieux que 0,1 micron) $\pm 0,2 \text{ à } \pm 2,5 \text{ mm}$
- Série GCA 121 : hermétique - usage général $\pm 1 \text{ à } \pm 25 \text{ mm}$
- Série GCD 121 : idem à électronique incorporée

Il existe de nombreuses variantes à ces séries standard, qui tiennent compte de critères particuliers : immersion, température d'emploi, bande passante, etc. (voir catalogue SFD 85).

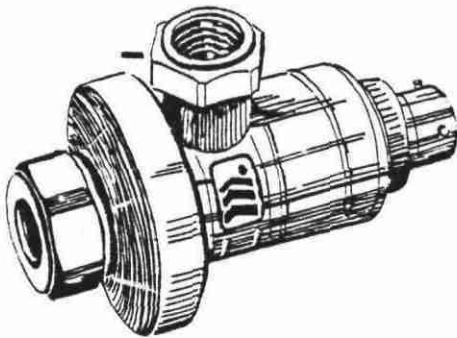


CAPTEURS DE VITESSE

En complément aux capteurs de déplacement, SCHAEVITZ propose une gamme de capteurs de vitesse rectiligne d'apparence très similaire aux capteurs de déplacement. Constitués d'une bobine d'une part, et d'un noyau aimanté d'autre part, ces capteurs délivrent une force électromotrice proportionnelle à la vitesse de déplacement du noyau dans la bobine. Dotés d'une précision d'environ 1%, ces capteurs sont souvent utilisés pour des asservissements en vitesse.

- Série VTZ : pour des mesures de vitesse sur une course comprise entre 0 — 10 mm et 0 — 500 mm. (voir fiche SF 1040)

- correspondant à chaque groupe de capteurs :
- capteurs de déplacement rectilignes et angulaires
 - capteurs de vitesse rectiligne
 - capteurs de pression de fluide
 - capteurs d'effort
 - capteurs d'accélération et d'inclinaison



CAPTEURS DE PRESSION DE FLUIDE

Ces capteurs sont destinés à donner un signal électrique proportionnel à la pression d'un fluide par rapport à la pression atmosphérique ambiante (pression relative) ou vide (pression absolue) ou la différence de pression entre les 2 fluides (pression différentielle). Schaevitz propose 2 technologies pour ses capteurs de pression : Basses pressions et phénomènes lents : capteurs à transfo différentiel. Moyennes et hautes pressions, phénomènes courts ou rapides : capteurs à jauge de contraintes.

- Série P3000 : à transfo différentiel de 0 — 10 mbars à 0 — 7 bars en mode relatif - absolu ou différentiel. Ces capteurs à électronique incorporée livrent un signal de 5 V ou 20 mA pour la pleine échelle (avec réglage de zéro et de gain). voir fiche SF 3100)

- Série P500/P2000 à jauge de contraintes de 0 — 100 mbars à 0 — 100 mbars en mode relatif, absolu ou différentiel (liquide/gaz sec).

Ces capteurs sont protégés en surcharge jusqu'à 10 fois le calibre, par ex. un capteur de 100 mbars supporte 1000 mbars sans dommage.

- Série P700/P1100 à jauge de contraintes de 0 — 700 mbars à 0 — 700 bars en mode relatif, absolu ou différentiel (liquide/gaz sec).

Ces capteurs sont protégés en surcharge jusqu'à 5 fois le calibre par ex. un capteur de 100 bars supporte 500 bars sans dommage.

- Série P2500 à jauge de contraintes de 0 — 15 bars à 0 — 700 bars en mode relatif.

Ces capteurs sont protégés en surcharge jusqu'à 2 fois le calibre (par ex. un capteur de 100 bars supporte 200 bars sans dommage). voir catalogue SFP 84).

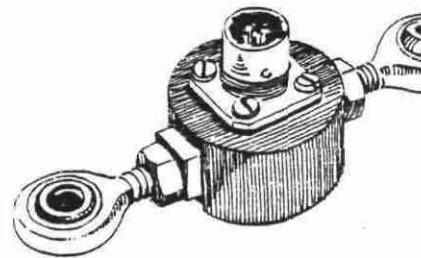
- Série P600 à jauge de contraintes différentiel liquide/liquide à forte pression de ligne (210 bars) de 0 — 50 mbars à 0 — 3500 mbars.

Ces capteurs sont protégés en surcharge jusqu'à 210 bars de Δp . - Série P2100 à jauge de contraintes différentiel liquide/liquide à forte pression de ligne (260 bars) de 0 — 700 mbars à 0 — 250 bars.

Ces capteurs sont protégés en surcharge jusqu'à 5 fois le calibre (par ex. un capteur de 10 bars supporte un Δp de 50 bars sans dommage). Ces 5 séries de capteurs sont livrables indifféremment avec câble étanche ou avec connecteur baïonnette, en différentes versions électriques :

- Alim 10 Vcc Stab - Signal 0 à 5 Vcc
- Alim \pm 15 Vcc Stab - Signal 0 à 5 Vcc
- Alim 18 à 32 Vcc - Signal 0 à 5 Vcc
- Alim 15 à 36 Vcc - Signal 4 à 20 mA 2 fils et en bas niveau Alim 10 V, signal 0 à 2,5 mV/V
- Série PF1400/PF1500 à jauge de contraintes de 0 — 10 bars à 0 — 500 bars en mode relatif.

Ces capteurs présentent un rapport prix/performances très intéressant. Ils sont protégés en surcharge jusqu'à 2 fois le calibre (par ex. un capteur de 50 bars supporte 100 bars sans dommage). En complément à ces fabrications standard, Schaevitz peut réaliser des capteurs spéciaux adaptés à des cas particuliers, tant pour des petites séries que pour des marchés répétitifs.



CAPTEURS D'EFFORT

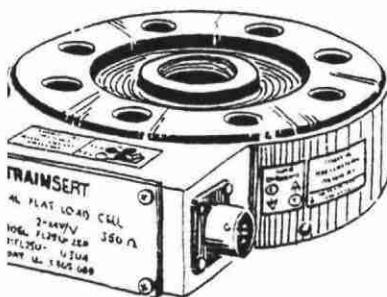
Ces capteurs sont destinés à donner un signal électrique proportionnel à un effort qu'ils supportent en traction, en compression ou en cycle alterné. Schaevitz propose 2 technologies pour ses capteurs d'effort : faible charge et phénomènes lents : capteur à transfo différentiel. Moyenne et forte charges, phénomènes lents ou rapides : capteurs à jauge de contraintes.

- Série FTAG/FTDG : à transfo différentiel. Un capteur de déplacement rectiligne mesure la déformation mécanique du corps d'épreuve sous l'effet de la charge.

Gammes couvertes : de 0 — 10 grammes à 0 — 10 daN. La version FTAG nécessite un oscillateur/démodulateur. La version FTDG dispose d'une électronique incorporée (Alim \pm 15 Vcc, signal 0 à 5 Vcc). Cette série de capteurs est proposée avec une gamme complète d'accessoires mécaniques multipliant les possibilités de montage.

- électronique associée
- modules hybrides à façon

Le choix de la solution optimale à un problème donné est parfois délicat, aussi il est recommandé de consulter systématiquement le représentant Schaevitz.



En complément, SCHAEVITZ propose en représentation les gammes NOVATECH (GB) et STRAINSET (USA). NOVATECH : F 201 traction/compression 0 — 50 à 0 — 500 daN

F 202 cellule de compression 0 — 1 t à 0 — 20 t

F 204 traction/compression 0 — 0,5 t à 0 — 50 t

F 210 cellule de compression miniature 0 — 750 daN à 0 — 2500 daN

F 241 traction/compression 0,01% 0 — 3 daN à 0 — 300 daN

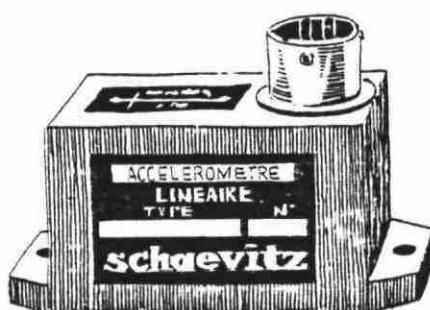
STRAINSET : Une gamme de cellules plates et d'axes de chape de hautes performances pour l'utilisation en statique ou en fatigue. Capteurs à jauge de contrainte simple ou double pont.

— Série FFL cellules plates de 0 — 100 daN à 0 — 1000 t en compression - traction/compression ou fatigue.

— Série CPA axes de chape de 0 — 0,5 t à 0 — 500 t montage simplifié en bout de vérin ou dans tensiomètre pour câble aérien ou sous-marin.

SCHAEVITZ propose également la réalisation à façon de tout capteur particulier non solutionné par un modèle standard.

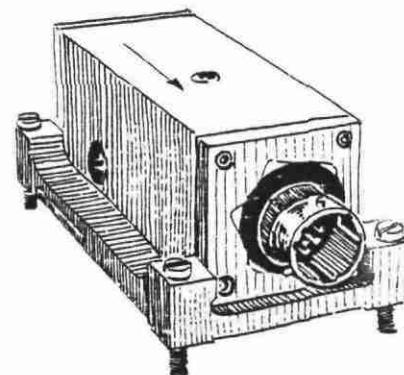
(voir documentation spécifique).



CAPTEURS D'ACCELERATION

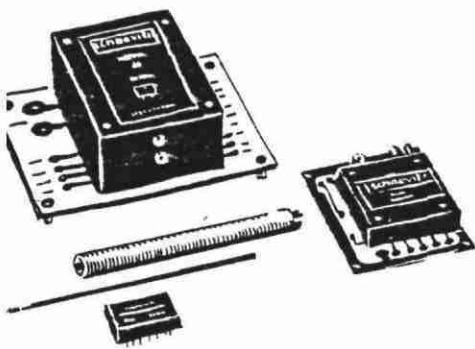
Schaevitz, un des pionniers de la mesure d'accélération basse fréquence, propose une gamme très complète d'accéléromètres, linéaires ou angulaires selon 2 technologies de base :

- Capteur à rappel asservi : une boucle d'asservissement délivre un signal électrique qui s'oppose au déplacement de la masse sismique. La précision et la fiabilité de ces capteurs les rangent dans la classe inertuelle.
- Capteur inductif : le déplacement de la masse sismique ferro-magnétique déséquilibre un pont inductif.
- Série LSB : Capteur asservi - cadre mobile monté sur pivots - gamme couverte : 0 — 0,25 g à 0 — 50 g tenue aux chocs : 100 g 5 mS
- Série ASB : Idem pour accélération angulaire - gamme couverte 0 — 50 0 — 1500 rad/S²
- Série LSO : Capteur asservi - cadre mobile suspendu - amortissement fluide - tenue aux chocs : 1000 g 5 mS gamme couverte 0 — 0,01 à 0 — 25 g
- Série LSV : Version compacte du LSO
- Série LSR : Version miniature du LSO (\varnothing 36 x 40)
- Série ASXB : Capteur asservi électro hydraulique pour faibles accélérations angulaires - tenue aux chocs 100 g 5 mS - gamme couverte 0 — 5 rad/S² à 0 — 20 rad/S²
- Série A430 : Capteur inductif d'accélération linéaire - classe 0,25% gamme couverte 0 — 1 g à 0 — 50 g (voir catalogue SFA 85).



INCLINOMETRES

Tous les accéléromètres SCHAEVITZ passant le continu, ils peuvent être utilisés en inclinomètre. Dans ce cas véritable "niveau à bulle électronique" ils donnent un signal croissant à mesure qu'ils sont inclinés de l'horizontale à la verticale, proportionnel à la variation de la gravité (gamme couverte : de 0 — 1° à 0 — 90°). La sensibilité peut être meilleure que 0,1 seconde d'arc. (voir catalogue SFA 85).



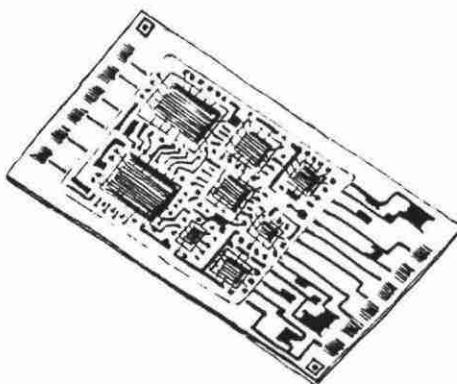
ELECTRONIQUE ASSOCIEE

En règle générale, un capteur nécessite, pour son fonctionnement, une alimentation en tension continue ou alternative (selon sa technologie) et un amplificateur destiné à normaliser le signal délivré par le capteur et le rendre exploitable soit pour un affichage, un asservissement, un enregistrement etc.

Dans la gamme Schaevitz, on dispose de différentes solutions :

- Alimentation en continu ou sur secteur
- Sortie en tension ou en courant
- Eventuellement affichage sur indicateur
- Possibilité d'exécuter des ensembles mono ou multivoie spécifiques

Ces différentes solutions sont compatibles avec les capteurs inductifs, les capteurs à jauge de contraintes et les capteurs à amplificateur incorporé. En plus de la fonction "mesure", les modules Schaevitz peuvent être complétés par des fonctions Alarme Seuils Mini/Maxi - Détection de crête Addition ou composition multivoie, etc. (voir catalogue SFE 85).



HYBRIDES COUCHE EPAISSE

Disposant dans son usine de Gaillard d'une unité de production de circuits hybrides en couche épaisse hautes performances pour ses besoins propres (circuits incorporés dans les capteurs). Schaevitz est en mesure de concevoir et de réaliser des circuits à façon sur cahier des charges client. Ce type d'activité est articulé autour de petites ou moyennes séries ($< 10000/\text{mois}$). L'équipement et le contrôle qualité dont dispose cette unité sont compatibles avec des applications aérospatiales, électromédicales ou électronucléaires entre autres. En complément à la réalisation des circuits hybrides, Schaevitz est en mesure de procéder, grâce à des machines de câblage et de tests automatiques, au montage des "puces" (circuits subminiatures de fonction) pour livrer soit des produits semi finis, soit entièrement terminés.
(voir notice SH 82)



LE SERVICE SCHAEVITZ

En choisissant Schaevitz, l'utilisateur s'assure un service complet : la détermination de la solution optimale à un problème donné, la possibilité de faire évoluer le matériel en fonction des besoins et surtout la maintenance et l'entretien du matériel. Schaevitz est présent dans presque tous les pays du monde, il peut y apporter son soutien et y appliquer un service après-vente dans les meilleures conditions. Un service après-vente efficace, un matériel de qualité, c'est important lorsque l'on choisit un équipement dont la fiabilité est souvent un critère déterminant.

RAQ 2

L'usine Schaevitz de Gaillard est homologuée par le Service Industriel de l'Armement aux Normes de Qualité RAQ 2 (étendues au niveau OTAN AQ AP4) pour l'ensemble de sa production. C'est un gage de qualité et d'efficacité pour tous les clients Schaevitz.

Documentation DRUCK
Capteurs de pression

Paramètres



CAPTEUR DE PRESSION A USAGE GENERAL

Type PDCR 10 - PDCR 10T

Linéarité excellente

$\pm 0.1\% M.D.$ pour des étendues de mesure allant jusqu'à 60 bar

Hysteresis négligeable

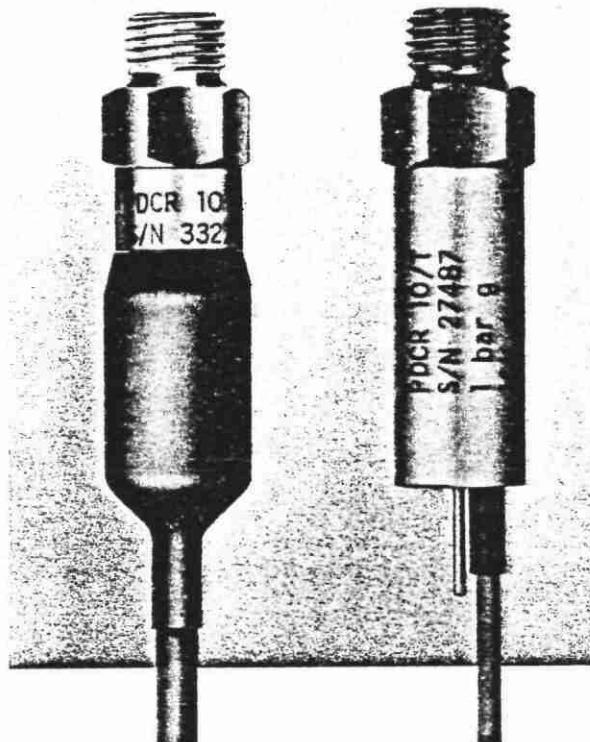
Forte résistance aux surcharges

Sorties normalisées

Bonne stabilité thermique

PDCR 10 $\pm 1,5\%$ d'erreur globale — 20 à $+80^\circ C$
PDCR 10T $\pm 4\%$ d'erreur globale — 40 à $150^\circ C$

Faible temps de réponse



Le capteur PDCR 10 est robuste et de très haute précision. Sa fabrication en "solid state" assure une très faible sensibilité aux grandeurs d'influence. Le PDCR 10 est disponible en plusieurs versions y compris différentielle (liquide/gaz sec ou liquide/liquide), membrane affleurante, profondeur et sortie haut niveau.

Etendues de mesures

75mbar; 175mbar; 350mbar; 700mbar; 1; 1,5; 2; 3,5; 5; 7; 10; 15; 20; 35; 70; 135 bar (relatif ou relatif fermé). Relatif fermé non disponible en-dessous de 7 bar E.M. 350 et 700mbar, 1; 1,5; 2; 3,5; 5; 7; 10; 15; 20; 35 bar absolus (air).

Pour pressions absolues au-dessus de 35 bar, utilisez les versions relatives fermées.

D'autres gammes et unités de mesure sont disponibles.

Surcharge

Sans modification d'étalonnage

10 x E.M. pour 75 et 175mbar E.M.
6 x E.M. pour 350mbar E.M.

4 x E.M. pour 700mbar à 135 bar E.M.

Compatibilité

Tous les fluides compatibles avec quartz et titane. Pour les versions absolues, gaz neutres et secs non-corrosifs.

Pour version absolue liquide, voir fiche technique PDCR 110/W.

Pour pressions absolues, voir Note technique.

Principe de transduction

Pont de jauge de contraintes intégrées dans une membrane en silicium monocristallin.

Tension d'alimentation

10V continu stabilisé à 15mA max. Polarité à respecter.
Autres tension et alimentation alternative disponibles.

Tension de sortie

17mV pour 70mbar E.M.
25mV pour 175mbar E.M.
50mV pour 350mbar E.M.
100mV pour 700mbar E.M. et au-dessus.

Les sorties données impliquent linéarité et surcharge normales. Des sorties haut niveau sont possibles, donnant une amélioration proportionnelle de stabilité en température.

Sortie amplifiée disponible sur demande.

Impédance de sortie

1000 ohms nominal.

Impédance de charge

Supérieure à 100K ohms pour caractéristiques données.

Pour impédances de charge inférieures, veuillez préciser.

Résolution

Infinie.

Ecart de linéarité et hysteresis combinées

$\pm 0.1\% M.D.$ de 0 — 75mbar à 0 — 60 bar E.M.
 $\pm 0.2\% M.D.$ de 0 — 70 bar à 0 — 135 bar E.M.
 $\pm 0.06\% M.D.$ disponible pour E.M. allant jusqu'à 20 bar, sur demande. Veuillez vous adresser au fournisseur.

Déséquilibre initial

$\pm 3mV$ standard

Tolérance de sensibilité

$\pm 3mV$ standard

Sorties normalisées disponibles.

Domaine d'utilisation en température

PDCR 10 : - 20°C à + 80°C

PDCR 10T : - 40°C à + 150°C

Effets de température

PDCR 10

± 0,5 % erreur globale 0° à 50°C

± 1,5 % erreur globale - 0° à + 80°C

75mbar E.M. ± 0,5 % erreur globale 10° à 40°C.

PDCR 10T

± 4 % erreur globale de - 40° à + 150°C.

Fréquence propre

28 kHz pour 350mbar allant jusqu'à 360 kHz pour 35 bar.

Pour de plus amples informations, s'adresser au fournisseur.

Sensibilité à l'accélération

0,006 % P.E./g pour 350mbar diminuant jusqu'à 0,0002 % P.E./g pour 35 bar.

Choc

1000 g pour 1ms sur chaque axe sans dérangement d'éalonage.

Poids

50 gm, nominal.

Raccordement électrique

1 mètre de câble.

D'autres longueurs sont disponibles sur demande.

Un câble assurant une liaison pneumatique est préférable pour les basses pressions.

Sécurité intrinsèque (en option)

Ce capteur est certifiable suivant les normes CENELEC EN5020.

Options disponibles

Capteur différentiel PDCR 10/L (voir fiche technique).

Capteur de profondeur PDCR 10/D (voir fiche technique).

Sortie amplifiée PDCR 10/A (voir "Product Note").

Intensité constante (voir "Product Note").

Capteur membrane affleurante PDCR 10/F (voir "Product Note").

Version à connecteur.

Version sécurité intrinsèque (voir plus haut).

Informations concernant les commandes

Veuillez nous préciser :

1 - Numéro du Type

2 - Etendue de mesure

3 - Relative, relative-fermée ou absolue

4 - Plage de température

5 - Raccordement hydraulique

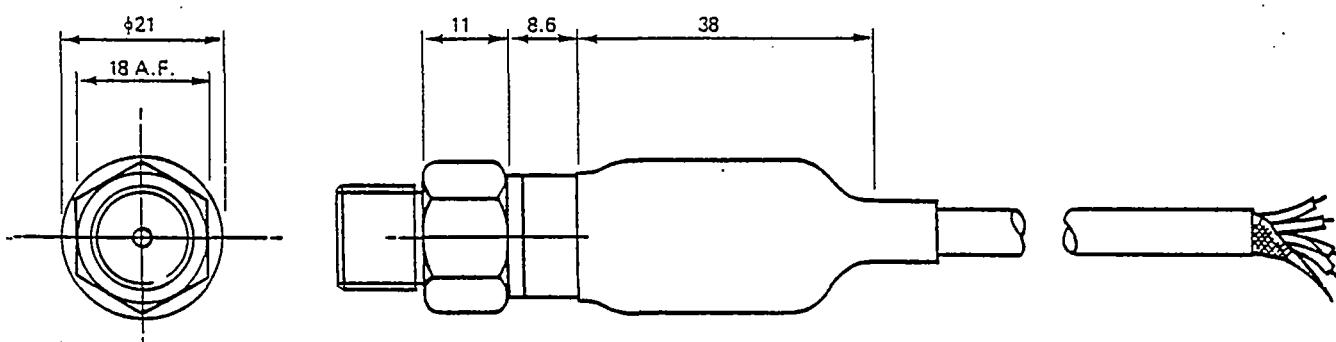
6 - Fluide de mesure

Pour les demandes hors-standard, veuillez détailler avec précision.

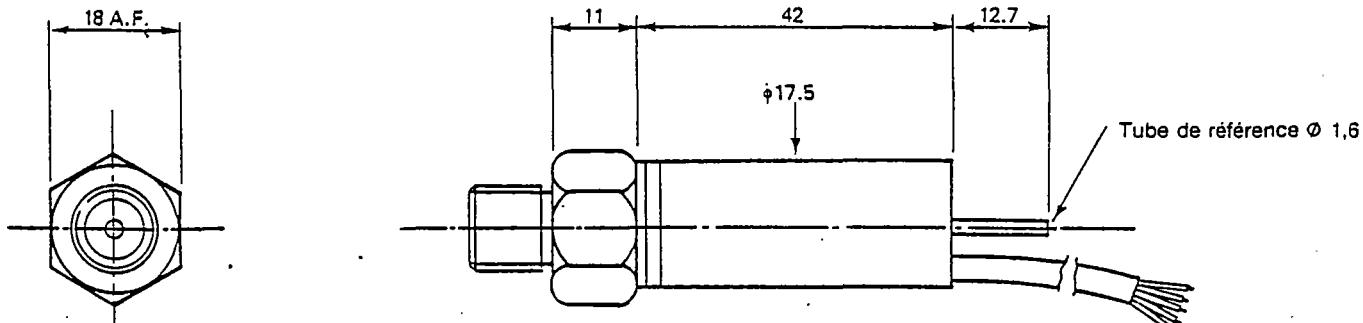
Le perfectionnement continu de nos appareils nécessite parfois des changements de spécifications sans préavis.

PDCR 10

Dimensions : mm



PDCR 10T



Raccordement électrique

Câble p.t.f.e. à 4 fils, blindé

Rouge Alimentation positive

Bleue Alimentation négative

Jaune Sortie positive

Vert Sortie négative

Blindage pas branché au corps

Raccordements hydrauliques

G1/4B } extrémité plate

1/4" N.P.T } extrémité plate

G1/4B 60° cône interne

7/16" U.N.F. as MS. 33656-4

M12 x 1.5 Ermeto

M14 x 1.5 mm 6 DIN

Autres disponibles sur demande

Paramètres

45, avenue Marceau

F 92400 Courbevoie

Téléphone : (1) 334.24.75

Télex : 620210 F

Druck Limited

Fir Tree Lane, Groby

Leicestershire LE6 0FH, England

Telephone: Leicester (0533) 878551

Telex: 341743

Druck

DEPTH MEASUREMENT PRESSURE TRANSDUCER Type PDCR 10/D

Excellent linearity

$\pm 0.1\%$ B.S.L. for ranges to 60 bar

Negligible hysteresis

High overload capability

Rationalized outputs

Good thermal stability

$\pm 0.01\%$ output error per $^{\circ}\text{C}$ from -20 to $+30$ $^{\circ}\text{C}$

Special front end design

The PDCR 10/D transducer has been specifically designed for depth measurement in small bore holes, reservoirs, the sea and many other applications. The titanium body and pressure fittings are electron beam welded, and a polyurethane sheathed cable is moulded to the body to complete the waterproof rugged assembly.

The pressure ranges are normally vented gauge for depths less than 100 metres and sealed gauge for greater depths.

Operating pressure ranges

70mbar, 175mbar, 350mbar, 700mbar, 1, 1.5, 2, 3.5, 5, 7, 10, 15, 20, 35, 60, 70 and 135 bar gauge or sealed gauge.

Sealed gauge not available for ranges up to 10 bar.

Other pressure units can be specified, e.g. mH₂O.

Output resolution

The rated pressure can be exceeded by the following multiples causing negligible calibration change:-

10 x for 70 and 175mbar ranges

6 x for 350mbar range

4 x for 700mbar range and above

Output impedance

Fluids compatible with quartz and titanium.

Supply voltage

10V d.c. regulated @ 15mA max. Polarity is important.

For other supply voltages or a.c. operation, please specify.



Actual size

Output voltage

17mV for 70mbar range

25mV for 175mbar range

50mV for 350mbar range

100mV for 700mbar range and above.

Outputs quoted are for standard linearity and overload.

Higher outputs are possible giving proportional improvement in temperature stability.

Amplified output available on request.

Output load

1000 ohms nominal.

Response time

Greater than 100K ohms for quoted performance.
For lower load impedances, please specify.

Zero setting

Infinite.

Calibration accuracy

$\pm 0.1\%$ B.S.L. for 70mbar to 60 bar ranges

$\pm 0.2\%$ B.S.L. for 70 and 135 bar ranges

$\pm 0.06\%$ B.S.L. available for ranges to 20 bar on request, and the output will be 75mV for 700mbar range and above.

Zero and span

$\pm 3\text{mV}$ standard

Zero and span

$\pm 3\text{mV}$ standard
More accurate settings of zero and span are available for applications where interchangeability is important.

Operating temperature range

-20° to +80°C

Temperature effects

±0.3% total error band -2° to +30°C

70mbar range ±0.5% total error band -2° to +30°C.

For special applications it is possible to give improved temperature compensation over a wider temperature range.

Mechanical shock

1000g for 1ms in each of three mutually perpendicular axes will not affect calibration.

Weight

50 gms. nominal.

Electrical connection

1 metre integral vented cable supplied which incorporates a Kevlar strain relieving core.

Longer lengths available on request.

Pressure connection

Illustrated front end delrin cone fitted as standard.

This incorporates a hydraulic damper to protect the device from high pressure pulses caused by underwater impact.

Conducting pressure media

When used with a conducting pressure media the +Ve supply should be at the same or a -Ve potential with respect to the pressure media, i.e. where media is at earth, earth +Ve supply, otherwise the transducer should be floated with respect to the pressure media.

Intrinsic safety (optional) - PDCR 10/D/S

This transducer can be certified for use with barrier systems to EEX ia gas group IIC with a T4 rating at an ambient temperature of 80°C to BS5501 part 7 and Cenelec EN5020.

Options available

Amplified output PDCR 10/D/A (see Product Note)

Alternative pressure connection (see installation)

Pressure transmitter PTX 110/D (see separate data sheet)

Intrinsically safe version (see above).

Ordering information

Please state the following:

- (1) Type number
- (2) Pressure range
- (3) Gauge or sealed gauge
- (4) Temperature range
- (5) Cable length
- (6) Pressure media

For non-standard requirements please specify in detail.

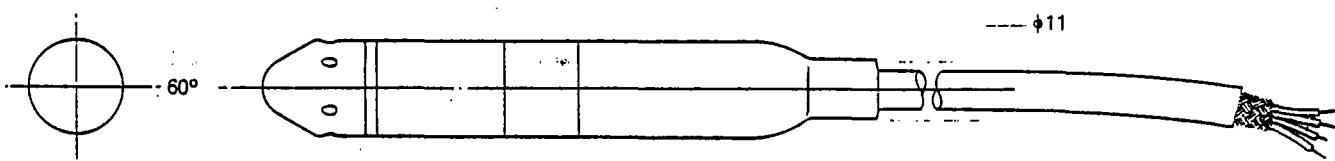
Continuing development sometimes necessitates specification changes without notice.

Φ17.5

109

90

Integral moulded cable boot



Temperature connections optional

G 1/4 B } Flat end

1/4" N.P.T. }

G 1/4 B 60° Internal cone

7/16" U.N.F. as MS. 33656-4

M12 x 1.5 Ermeto

M14 x 1.5mm 6 DIN

Others available on request.

Dimensions: mm

Electrical connections

4 Core shielded cable

Red Supply positive

White Supply negative

Yellow Output positive

Blue Output negative

Screen N/C to transducer body

Any other cores not connected.

Fir Tree Lane, Groby,
Leicestershire LE6 0FH, England.
Telephone: Leicester (0533) 878551
Telex: 341743

Druck

Paramètres



TRANSMETTEUR DE PRESSION MESURE DE NIVEAU TYPE PTX 110/D - PTX 160/D

Linéarité et hysteresis excellentes

$\pm 0.1\%$ M.D. pour E.M. jusqu'à 60 bar

Électronique encapsulée

Forte résistance aux surcharges

Version sécurité intrinsèque

Bonne stabilité thermique

$\pm 0.3\%$ erreur globale -2° - 30°C

Sortie en deux fils, 4-20 mA

Les transmetteurs PTX 110/D et 160/D ont été spécialement conçus pour les mesures de profondeur sur les forages, les réservoirs, en mer et plusieurs autres applications.

Le corps en titane et la prise de pression hydraulique sont soudés par bombardement électronique. L'étanchéité du raccordement est assurée par un câble gainé en polyuréthane, moulé sur le capteur.

Les E.M. sont normalement relatives pour des profondeurs ne dépassant pas 100 m et relatives fermées pour de plus grandes profondeurs.

Échelles de mesure

70 mbar, 175 mbar, 350 mbar, 700 mbar, 1, 1.5, 2, 3.5, 5, 7, 10, 15, 20, 35, 60, 70 et 135 bar rel. ou rel. fermée. Relative fermée non disponible en dessous de 10 bar E.M. D'autres gammes et unités de mesure sont disponibles.

Certification

Variation d'étalonnage négligeable :

10 x E.M. pour 70 et 175 mbar

6 x E.M. pour 350 mbar

4 x E.M. pour 700 mbar et plus.

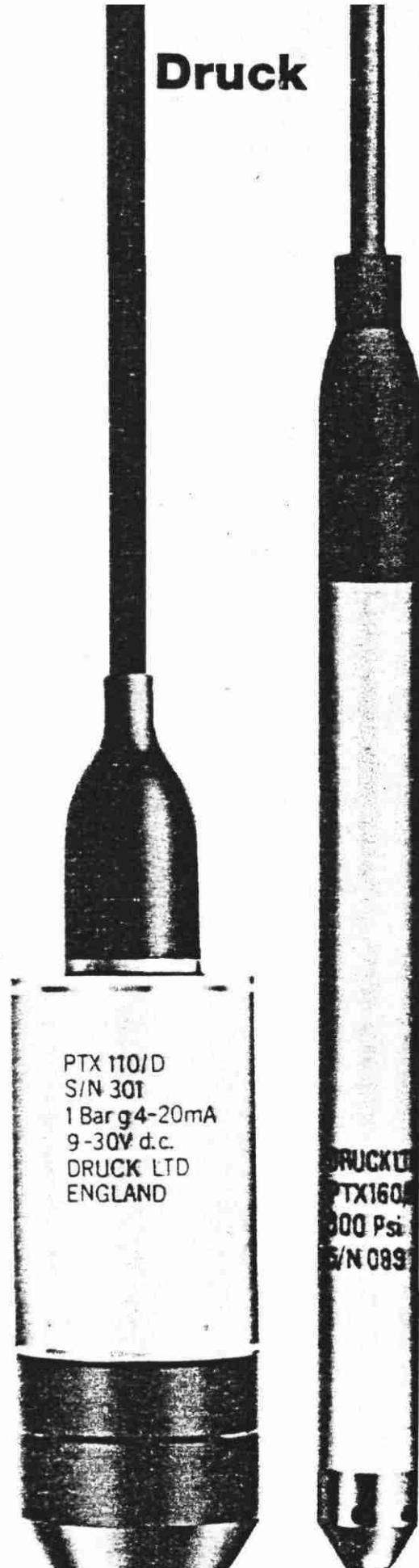
Fluide de mesure

Tous fluides compatibles avec quartz et titane.

Pour pression absolue, voir fiche technique PTX 110/W.

Principe de mesure

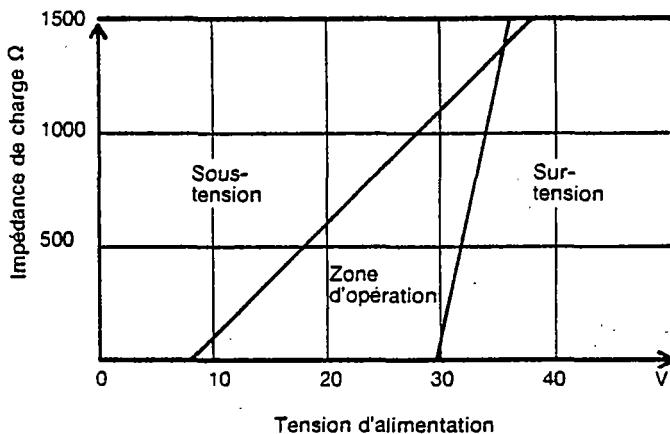
Pont de jauge de contraintes intégrées dans une membrane en silicium monocristallin.



Tension d'alimentation

9-30 V continus

Le graphique, ci-dessous, indique la tension nécessaire.



Pour autres tensions, s'adresser au fournisseur.

Sensibilité à l'alimentation

PTX 110/D : 0,005 % P.E./Volt. Bonne insensibilité aux 50 Hz ou 100 Hz.

PTX 160/D : 0,003 % P.E./Volt

Intensité de sortie

4 mA à pression zéro

20 mA à pression pleine échelle.

Le zéro peut être supprimé pour avoir 4 mA à 20 % E.M.

Résolution

Infinie.

Ecart de non-linéarité et hysteresis combinées

± 0,1 % M.D. pour 70 mbar jusqu'à 60 bar E.M.

± 0,2 % M.D. pour 135 bar E.M.

± 0,06 % M.D. disponible pour E.M. allant jusqu'à 25 bar, sur demande.

S'adresser au fournisseur, S.V.P.

Décalage de zéro

PTX 110/D ± 0,25 % P.E. à 20°C

PTX 160/D ± 0,5 % P.E. à 20°C

Décalage de sensibilité

PTX 110/D ± 0,25 % de lecture à 20°C

PTX 160/D ± 0,5 % de la lecture à 20°C

Plage d'utilisation en température

- 20° à + 80°C

Effets de la température

± 0,3 % erreur globale totale - 2° à + 30°C

70 mbar E.M. : ± 0,5 % erreur globale totale - 2° à ± 30°C.

Amélioration possible.

Raccordement électrique

1 m de câble renforcé par des fils de Kevlar avec tuyau de pression de référence.

Autres longueurs disponibles sur demande.

Câble p.t.f.e. à 2 fils, blindé

Rouge Alimentation positive

Bleue Alimentation négative

Blindage non relié au corps

Raccordement hydraulique

livré avec amortisseur contre les chocs hydrauliques.

Choc

1000 g pour 1 ms sur chaque axe sans dérangement d'étalonnage.

Poids

300 gms, nominal.

Dimensions

PTX 110/D : 38 x 161 mm

PTX 160/D : 17,5 x 220 mm

Sécurité intrinsèque (sur option)

Ce transmetteur est certifiable suivant les normes de CENELEC EN 5020.

Options disponibles

Autres raccords de pression

Version sécurité intrinsèque

Capteur de pression PDCR 10/D (voir fiche technique).

Informations concernant les commandes :

Veuillez préciser :

1. Numéro du modèle
2. Etendue de mesure
3. Relative ou relative fermée
4. Plage de température
5. Raccordement hydraulique
6. Longueur de câble
7. Fluide de mesure

Pour les demandes hors-standard, nous contacter.

Le perfectionnement continu de nos appareils nécessite parfois des changements de spécifications sans préavis.

Particularités

45, avenue Marceau

F 92400 Courbevoie

Téléphone : (1) 334.24.75

Télex : 620210 F

Contact limité

Fir Tree Lane, Groby

Leicestershire LE6 0FH, England

Telephone: Leicester (0533) 878551

Telex: 341743

**Clinomètre à très haute résolution
conçu et mis au point par P.A. BLUM
de l'Institut de Physique du Globe (Paris)**

DESCRIPTION ET CARACTÉRISTIQUES DE L'INSTRUMENT

Description

L'instrument (fig. 1) est constitué d'une partie pendulaire de quelques grammes, suspendue par deux fils en silice (*F_s*), de diamètre environ 10μ , de quelques centimètres de longueur et réalisés de manière à ce qu'ils permettent à la partie pendulaire de tourner autour d'un axe virtuel, quasi vertical ; les fils sont eux-mêmes solidaires d'un bâti (*B_s*) soudé à une pièce tronconique (*C_n*) elle-même fixée par percussion dans un trou conique réalisé par rodage (à l'aide d'un rodoir diamanté) dans la roche ou le béton constituant l'ouvrage étudié.

La pièce tronconique assurant la liaison de l'instrument et de l'ouvrage peut être fixée sur une surface horizontale (fig. 1) ou verticale. Sur la partie pendulaire, constituée par un assemblage de fines tiges de silice sont collés un miroir concave (*M*) et une plaque d'argent (*Pa*).

Le miroir permet grâce à une lanterne (*La*) et à une cellule double photorésistante (*Cc*) (fig. 2) de transformer linéairement la rotation de la partie pendulaire en une variation de tension électrique.

La plaque d'argent, qui constitue l'essentiel de la masse, permet d'amortir le pendule par courant de Foucault grâce à un aimant (*Am*) placé en son voisinage (fig. 2).

Une rondelle percée et une cloche en pyrex (*C*) sous vide permettent de protéger le pendule proprement dit et ses fils de suspension.

Pour régler l'instrument en sensibilité et en position, on utilise un montage métallique auxiliaire ; lorsque l'instrument est approximativement réglé, il est soudé à la pièce tronconique et le montage métallique est enlevé. Le réglage est ensuite affiné par déformation élastique du bâti en silice chargé de masselottes de plomb ou par l'action d'un ressort.

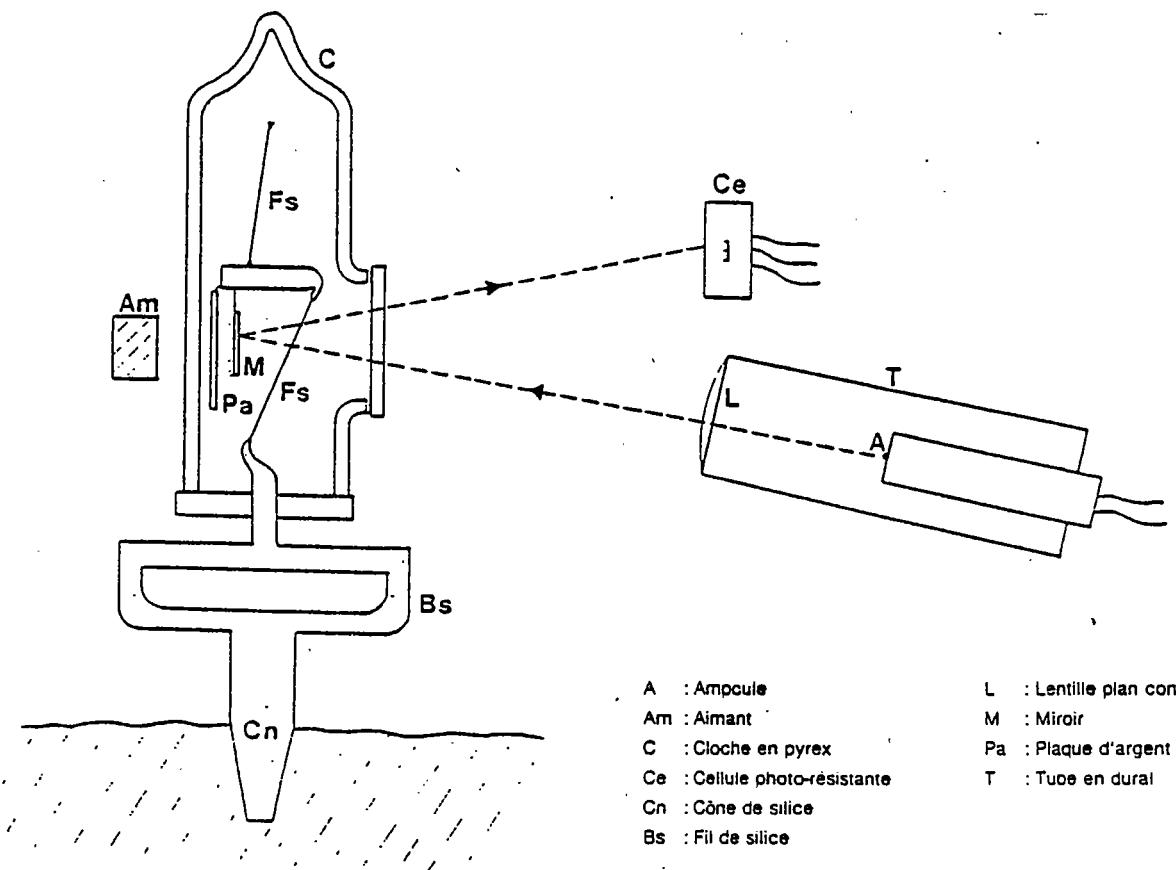


Fig. 1. — Clinomètre en silice.
Disposition générale.
Coupe.

Caractéristiques

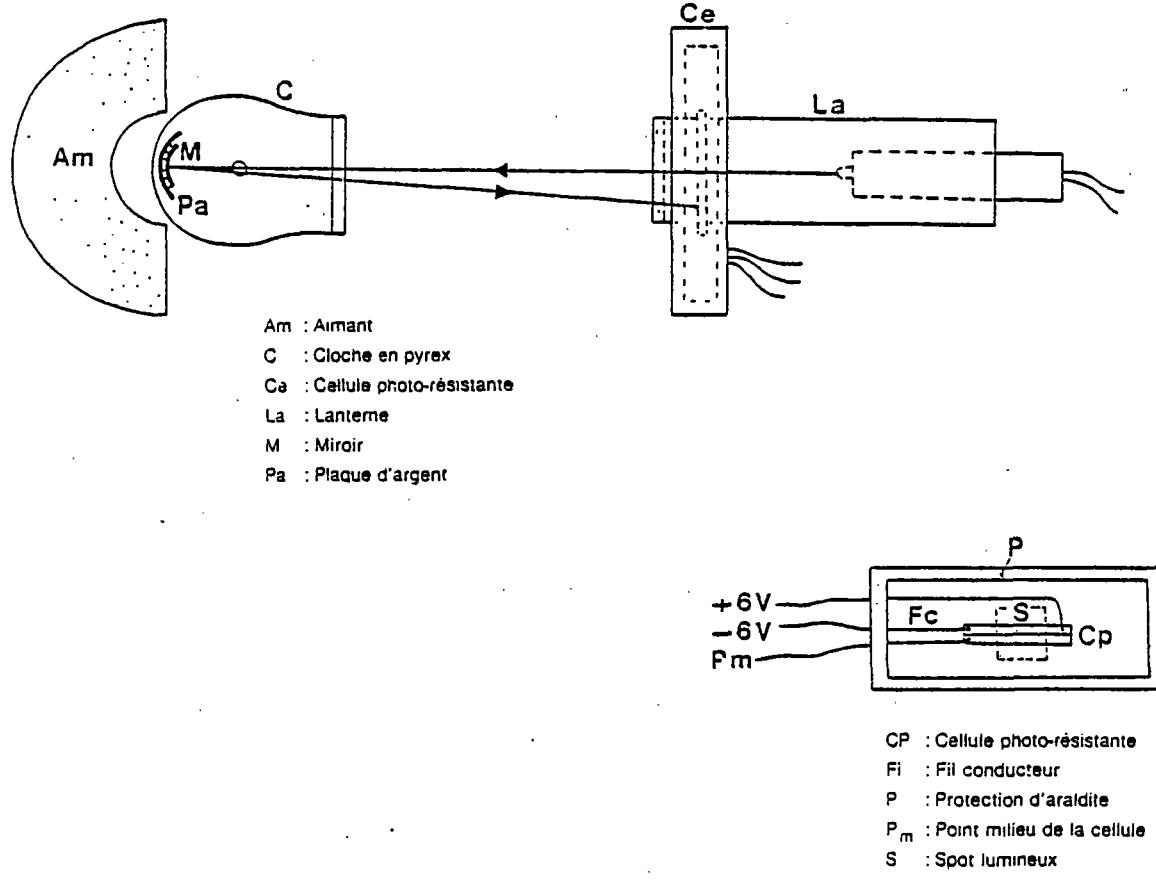
Des essais de plusieurs années dans des sites très stables, à température constante, ont montré que

la dérive propre de l'instrument est inférieure à 3.10^{-7} rd par an, le pouvoir de résolution pouvant atteindre 10^{-10} rd.

L'amplification mécanique (c'est-à-dire le rapport entre la rotation de la partie pendulaire et l'inclinaison du sol) peut atteindre 15 000.

Les effets thermiques sur l'instrument lui-même sont toujours largement inférieurs à ceux du matériau sur lequel il est implanté à cause du très faible coefficient de dilatation de la silice.

Dans les applications (de génie civil que nous décrivons ici), l'amplification mécanique peut varier de 200 à 1 000, la résolution maximale pouvant être alors de 5.10^{-8} rd à 10^{-8} rd environ. La plage de mesure de l'instrument, sans faire intervenir de réglage est alors de + ou - $1.25.10^{-4}$ rd à + ou - $2.5.10^{-5}$ rd. Un réglage, automatique ou manuel, effectué à distance, permet d'étendre la plage de mesure. Il est clair que le type d'enregistreur utilisé peut modifier (en les réduisant) la résolution et la plage de mesure. Il faut enfin noter que la sensibilité n'est réglable qu'au moment de l'installation et doit donc être choisie en fonction des inclinaisons escomptées.



*Fig. 2. — Clinomètre en silice.
Disposition générale.
Vue en plan.*



BRGM

DELEGATION AUX RISQUES MAJEURS

**TELETRANSMISSION DE DONNEES
PAR SATELLITE
Application aux risques naturels**

86 SGN 352 GEG

LYON, octobre 1986

par

- le Département Géotechnique**
- l'Atelier Risques Naturels et Aménagement en Montagne**
- l'Atelier Sédiméntologie Dynamique**

du B R G M

AVANT-PROPOS

Par convention n° 85-54 en date du 24/09/1985 entre la Délégation aux Risques Majeurs (DRM) et le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), ce dernier s'est engagé à réaliser une étude portant sur l'auscultation des versants instables et le moyen d'émettre des signaux à une station de réception via un satellite.

Cette recherche, cofinancée par la DRM et le BRGM, a été effectuée par le département Géotechnique et par les ateliers Risques Naturels et Aménagement en Montagne et Séimentologie Dynamique du BRGM.

Dans le domaine des sciences de la terre, qu'il s'agisse de géotechnique, d'hydrologie ou d'hydrogéologie, la nécessité de "saisir", pour mieux les expliquer, les comprendre et les exploiter, des phénomènes naturels aussi variés que les mouvements de terrain, les fluctuations d'une nappe souterraine ou la température de celle-ci, a conduit les spécialistes à devenir de plus en plus exigeants, d'une part sur la qualité des mesures qu'ils sont amenés à effectuer, et d'autre part sur la disponibilité de ces mesures.

Celles-ci sont réalisées, par l'intermédiaire de capteurs (quelquefois assez sophistiqués), au coup par coup, suivant une fréquence souvent insuffisante et nécessitant dans la majorité des cas l'intervention d'un opérateur sur le site.

Cette méthode présente le double inconvénient de ne pas autoriser un suivi continu (ou semi-continu) d'un phénomène (dans de nombreux cas, des variations importantes ne pourront pas être enregistrées) et de ne pas pouvoir disposer rapidement d'une mesure (trajet plus ou moins long, accès difficile, ...).

Pour pallier à ces deux insuffisances, il devient nécessaire de développer un matériel de terrain autonome, permettant d'interroger automatiquement des capteurs à la fréquence voulue et de transmettre les mesures à distance sans intervention.

Pour transmettre ces données à distance, trois systèmes sont utilisables :

- système par fils téléphoniques ou électriques ;
- système par radio ;
- système par satellite.

L'état actuel de la technologie et les possibilités offertes ont conduit à choisir le troisième système, et plus particulièrement le satellite européen METEOSAT a priori mieux adapté au besoin (transfert de messages suffisamment longs + canal d'alerte).

A partir de ce choix, qui répond aux exigences, il reste à concevoir et réaliser l'ensemble de la chaîne de mesure depuis le capteur jusqu'à l'utilisateur.

Il n'existe à ce jour aucun service garantissant l'homogénéité et la compatibilité d'un tel ensemble. L'objectif que s'est fixé le BRGM est donc d'assurer un véritable service, le plus complet possible :

- conception du système ;
- réalisation d'équipement clef en mains ;
- installation, surveillance, entretien, maintenance ;
- formation ;
- interprétation et traitement.

La première phase de ce projet est la conception d'un système de télétransmission de données par satellite, dont les différentes étapes font l'objet de ce rapport.

Sans entrer dans le détail du fonctionnement d'un tel système, on peut distinguer quatre étapes essentielles :

- le choix du matériel : capteurs + électronique spécifique des différents maillons de la chaîne ;
- la mise au point de logiciels : protocoles d'interrogation des capteurs, sélection, mémorisation, traitement des mesures ;
- l'assemblage et les tests préliminaires en laboratoire, puis en site proche ;
- l'expérimentation en conditions réelles.

Les systèmes d'émission et de réception des messages sont propres au satellite METEOSAT et commercialisés par un société unique en France : CEIS/Espace.

Quel que soit le phénomène à mesurer, il existe un grand nombre de capteurs commercialisés ; les critères de choix sont les suivants :

- principe de fonctionnement ;
- caractéristiques (étendue de mesure, précision, ...) ;
- résistance aux conditions de terrain ;
- prix, approvisionnement.

La difficulté est de les intégrer à la chaîne de mesure (conditionneurs spécifiques) et de les adapter au site (montage mécanique, protection, ...).

Tous les autres éléments de la chaîne devront être conçus ou adaptés spécialement "à la carte", la plus grosse difficulté n'étant pas de réaliser les différents maillons de la chaîne mais de les assembler (problème de compatibilité des matériels), d'assurer leur autonomie en énergie ainsi que la fiabilité du système (nécessité de génération de messages de bon fonctionnement).

Dans le cadre d'une étude de bassins versants en région provençale, l'atelier "Sédimentologie dynamique" (SED/MAR) du BRGM a mis au point en 1985 une première chaîne de télétransmission par satellite (METEOSAT) dont la station d'émission est équipée de quatre plates-formes de données comprenant chacune plusieurs capteurs. A terme, plusieurs stations identiques doivent être implantées dans cette région, la station de réception étant installée dans les locaux du BRGM à Marseille.

Grâce à cette première expérience dont la mise au point a demandé plus d'une année (délais de livraison très longs pour certains éléments), une bonne partie des problèmes techniques ont été résolus et la station de réception pourra être utilisée pour recevoir des données à partir d'autres stations d'émission.

Pour faire la preuve qu'un tel système puisse réellement être opérationnel dans des conditions difficiles d'environnement et climatiques, une expérience pilote est prévue. Le site retenu est celui du village de Montagny, en Savoie, bien connu du BRGM, où une très grande écaille rocheuse a longtemps menacé les habitations et nécessité, malgré les travaux réalisés (purge à l'explosif de la partie la plus instable de l'écaille + merlon de protection), un suivi régulier.

Ce site particulier permet de réunir des conditions naturelles suffisamment sévères du point de vue des intempéries et de sa morphologie, tout en ayant un accès assez aisé. Du point de vue géotechnique, l'auscultation de l'écaille comprendra plusieurs capteurs de déplacement linéaire et angulaire (inclinomètre) ; mais pour profiter de cette expérience pilote, d'autres capteurs seront également installés (température, vitesse du vent, précipitations, ...) pour y être testés de manière à exploiter au maximum les capacités de l'installation de télétransmission et de simuler au mieux des configurations diverses susceptibles d'intéresser de futurs utilisateurs.