


CAPTEUR  
MAGNETOMETRIQUE  
CM 13  
à commutation de gamme  
( 1mHz - 400Hz )  
Notice

Géo  Instruments

28 Avenue Gambetta, 58400 La Charité-sur-Loire (France)

Tél. 86.70.37.89 Télécopie: 86.70.04.17

---

*Etudes et Applications d'Instruments de Mesures Physiques*

# CAPTEUR MAGNETOMETRIQUE CM13

à commutation de gamme

(1mHz - 400Hz)

## SOMMAIRE

	Page
I INTRODUCTION	1
II FONCTIONNEMENT DU CAPTEUR	
1 - Gamme "Lentes"	1
2 - Gamme "Rapides"	2
III CARACTERISTIQUES RESUMEES	2
IV MISE EN SERVICE - EXPLOITATION	3
V CONTROLE - MAINTENANCE	
1 - Facteur d'échelle	4
2 - Bruit de fond	4
3 - Fonctionnement défectueux	4
a) Vérifications externes	4
b) Vérifications internes	4
c) Démontage et remontage	5
FIGURES	
1 - Schéma de principe	
2 - Implantation des composants	
ANNEXE A	
Fonction de transfert	
- Etalonnages individuels	A - 1
- Courbes de réponse du CM13/1	A - 2
ANNEXE B	
Bruit de fond et Signal	
- Courbe de la densité spectrale de bruit	B - 1
- Exemple d'enregistrement du champ naturel	B - 2

# CAPTEUR MAGNETOMETRIQUE CM13

à commutation de gamme

(1mHz - 400Hz)

## I - INTRODUCTION

Le capteur magnétométrique CM13 est un capteur inductif à noyau ferromagnétique sensible aux variations du champ suivant son axe.

Ce modèle comporte deux gammes de fréquences:

- une gamme dite "Lentes": 1mHz - 2Hz
- une gamme dite "Rapides": 2Hz - 400Hz.

Ce capteur est destiné à la mesure des variations naturelles du champ magnétique terrestre, en particulier dans le cadre de la prospection magnéto-tellurique du sous-sol.

## II - FONCTIONNEMENT DU CAPTEUR

Le schéma de principe de la figure 1 représente un capteur avec son préamplificateur incorporé qui est en fait double.

Le relais inverseur bistable K1 permet de n'alimenter que le préamplificateur adapté à la gamme de fréquences désirée, en vue d'optimiser le rapport signal/bruit.

Les portes analogiques de IC10 commutent en même temps la sortie du préamplificateur alimenté sur le bobinage de contre-réaction de flux L2 et à l'entrée de l'étage de sortie IC11 commun aux deux gammes. La commutation s'opère à partir du Labo d'acquisition par l'envoi d'une impulsion appropriée dans un des fils du câble du capteur:

+12V pour la gamme "lentes"  
-12V " " "rapides".

Dans les deux cas, le bobinage capteur L1 est le siège d'une f.é.m. induite proportionnelle à la dérivée du champ à mesurer, c'est-à-dire non seulement à son amplitude, mais encore à la vitesse de ses variations (soit à la fréquence, en régime sinusoïdal).

Cette f.é.m. est traitée différemment suivant la gamme.

### 1. Gammes "Lentes" (1mHz - 2Hz)

Dans cette gamme, le signal est découpé par des portes analogiques (IC3), amplifié en alternatif (IC4 et IC5) puis démodulé (IC3) pour restituer le signal originel.

Les circuits logiques IC1 et IC2 créent le signal de commande du découpage et de la démodulation, à environ 700Hz.

L'étage IC6 fournit une amplification complémentaire en continu ajustable à l'aide de P2, alors que P1 permet de régler le zéro (cf. ch.V Contrôle - Maintenance, pp. 4 et 5).

La réponse est définie par le gain de l'amplificateur en-dessous de 0,1Hz où elle est donc proportionnelle à la fréquence : 1mV/nT.mHz. Au-dessus de cette fréquence, elle est définie par la contre-réaction de flux et est donc constante: 100mV/nT. Ces deux zones se raccordent par un coude autour de 0,1Hz (cf. tableaux et courbes d'étalonnage, Annexe A, pp. A-1 et 2).

## 2. Gamme "Rapides" (2Hz - 400Hz)

Dans cette gamme, l'amplification s'effectue directement par un étage symétrique (IC7 et IC8) suivi d'un étage permettant de passer en mode asymétrique (IC9). Les condensateurs C15 et C16 limitent la bande vers les fréquences basses. La réponse du capteur est définie uniquement par la contre-réaction de flux et est donc constante dans toute la gamme: 100mV/nT. Cette valeur est ajustable par P3 (cf. ch.V Contrôle -Maintenance, p. 4).

### III - CARACTERISTIQUES RESUMEES

#### - Bande passante et facteur d'échelle

Le tableau ci-dessous en donne les valeurs nominales:

	Gamme "Lentes"	Gamme "Rapides"
Bande passante	1mHz - 2Hz	2Hz - 400Hz
Facteur d'échelle	$\left\{ \begin{array}{l} F < 0,1\text{Hz: } 1\text{mV/nT.mHz} \\ F > 0,1\text{Hz: } 100\text{mV/nT} \end{array} \right.$	100mV/nT

Les tableaux et les courbes présentés en annexe A (p. A-1) donnent les étalonnages individuels des différents capteurs.

Vu leur grande similitude, seules les courbes relatives au CM13/1 sont représentées (p. A-2).

#### - Bruit de fond

Le tableau ci-dessous donne une idée du bruit en quelques points des 2 gammes (moyenne des 5 capteurs).

F (Hz)	$\delta h_b$ (pT/ $\sqrt{\text{Hz}}$ )	
	Gammes "Lentes"	Gamme "Rapides"
0,001	500	
0,003	170	
0,01	40	
0,03	12	
0,1	3	
0,3	0,6	
1	0,2	0,5
3	0,08	0,06
10	0,045	0,013
30	0,040	0,0065
100		0,0045
300		0,0040

Les courbes correspondantes sont données en annexe B (p. B-1) ainsi qu'un exemple d'enregistrement des signaux de 2 capteurs parallèles (p. B-2).

#### - Alimentation

$\pm 12\text{V}$  nominal

$\approx +24,0$  et  $-20,3\text{mA}$  en "Lentes"

$\approx +19,5$  et  $-17,1\text{mA}$  en "Rapides"

Fonctionnement possible de  $\pm 11,5$  à  $\pm 12,5\text{V}$

- Impédance de sortie: < 10 ohms
- Test: coefficient d'étalonnage: 10nT/V
- Changement de gamme
  - "Lentes": impulsion de +12V, 20mA, ≥10mS
  - "Rapides": " -12V, 20mA, ≥10mS.
- Branchement du connecteur ( 451 07A 10-6 S50 )

Broche	Fonction	Couleur des fils (internes) de connexion à l'amplificateur
A	Sortie signal, point chaud	vert
B	Sortie signal, point froid et 0V alimentation	noir
C		rouge
D	+12V alimentation	bleu
E	-12V "	orange
F	Test (étalonnage)	gris
	Commutation de gamme	

- Dimensions:
  - longueur: 1061mm
  - diamètre: 79mm
- Masse: ≈ 10kg
- Environnement:
  - étanchéité par joints toriques
  - température: -20 à +50°C.

#### IV - MISE EN SERVICE - EXPLOITATION

La mise en service d'un capteur CM13 est extrêmement simple:

- Le mettre en place dans la direction du champ à mesurer de façon qu'il reste parfaitement immobile, car ses moindres déplacements angulaires dans le champ terrestre donneraient lieu à des signaux parasites très importants.

- brancher le câble de sortie au récepteur de signaux associé.

Celui-ci doit:

- . d'une part, délivrer la tension d'alimentation au capteur: ±12V, < 25mA
- . d'autre part, pouvoir délivrer au capteur des impulsions de commutation de gamme, de + ou -12V, 20mA, d'une durée minimale de 10mS.

- Alimenter le capteur par l'intermédiaire du récepteur de signaux.

- Choisir la gamme de fréquences souhaitée:

impulsion de +12V pour la gamme "Lentes", -12V pour la gamme "Rapides".

Le capteur CM13 atteint son régime de fonctionnement normal en un temps de l'ordre de quelques minutes, quelle que soit la gamme.

## V - CONTROLE - MAINTENANCE

### 1. Facteur d'échelle

Le CM13 peut être étalonné dans un générateur de champ uniforme sans être démonté (solénoïde ou boucle de diamètre suffisant).

Il peut aussi être vérifié à l'aide de l'entrée "Test" à laquelle peut être appliqué un signal d'étalonnage à fréquence variable:

une d.d.p. de 1V entre cette entrée et la masse crée un champ de 10nT, quelle que soit la gamme.

En cas de besoin, le facteur d'échelle peut être réajusté à l'aide d'un des potentiomètres du préamplificateur (cf. fig. 2)

- P2 pour les fréquences basses de la gamme "Lentes" (< 0,1Hz)

- P3 pour la gamme "Rapides" (ce qui règle en même temps le niveau du palier de la gamme "Lentes" au-dessus de 0,1Hz).

Il faut pour cela ouvrir le capteur suivant les indications du paragraphe 3c ci-dessous.

### 2. Bruit de fond

Ce dernier peut être mesuré par les techniques habituelles:

- soit en plaçant le capteur en essai dans un blindage magnétique

- soit en opposant 2 capteurs identiques dans le champ ambiant à condition que ce dernier soit bien uniforme, y compris celui des parasites éventuels.

Dans les deux cas, un analyseur de spectre permet de mesurer la densité spectrale de bruit.

### 3. Fonctionnement défectueux

En cas d'anomalie de fonctionnement, les opérations suivantes sont à effectuer:

#### a) Vérifications externes:

- Tensions et courants d'alimentation

- Connexions: continuité des câbles

- Réponse à une excitation magnétique: objet en déplacement, courant variable dans le bobinage de test ou dans une autre bobine.

S'il apparaît, après ces contrôles, que l'anomalie subsiste, il y a lieu de procéder à des vérifications internes.

#### b) Vérifications internes:

Elles supposent l'ouverture du magnétomètre en défaut selon les indications du paragraphe 3c ci-après.

- Continuité du câble entre l'extrémité extérieure des conducteurs et l'extrémité intérieure sur les plots à fourche du circuit imprimé (cf. fig.2)

- Contrôle général d'aspect (soudures froides ou dessoudées, courts-circuits accidentels, etc...)

- Contrôle et réglage éventuel des tensions en certains points du circuit (cf. fig.1 et 2): leurs valeurs nominales sont indiquées dans le tableau suivant:

Tensions à contrôler	Gamme	
	"Lentes"	"Rapides"
Alimentation IC1 à IC6	$\pm 12V$ et $\pm 5V$	Non alimentés
" IC7 à IC9	Non alimentés	$\pm 12V$
" IC10 et IC11	$\pm 12V$ et $\pm 5V$	$\pm 12V$ et $\pm 5V$
Commande IC3 (broches 1, 10, 11, 20)	Signal carré $\approx 700Hz$ (0 à 5V)	Rien
Sorties IC7 et IC8 (broches 6)	Rien	$\approx +1$ à 2V
Sortie	$\approx 0 \pm 100mV$	$\approx 0 \pm 100mV$

Pour changer de gamme, il suffit d'établir avec un fil volant un bref contact entre le point d'entrée correspondant et le + ou le -12V d'alimentation: le changement d'état du relais est parfaitement audible.

Les contrôles autres que ceux des tensions d'alimentation sont très délicats en présence d'un champ ambiant fluctuant. S'il y a lieu, débrancher le bobinage capteur et le remplacer par 2 résistances d'environ  $2k\Omega$ ; ceci est en particulier indispensable pour régler le zéro de l'amplificateur en gamme "Lentes" (à l'aide de P1).

- Autres contrôles possibles:

- Continuité du bobinage capteur ( $\approx 2 \times 2k\Omega$ )
- Continuité du bobinage de contre-réaction ( $\approx 3,3\Omega$ ).

Les composants actifs, montés sur support, peuvent être remplacés aisément si l'étage correspondant s'avère défaillant.

Si l'anomalie constatée ne peut être corrigée, faire appel à Géo-Instruments en lui communiquant le résultat des observations effectuées.

### c) Démontage et remontage d'un magnétomètre

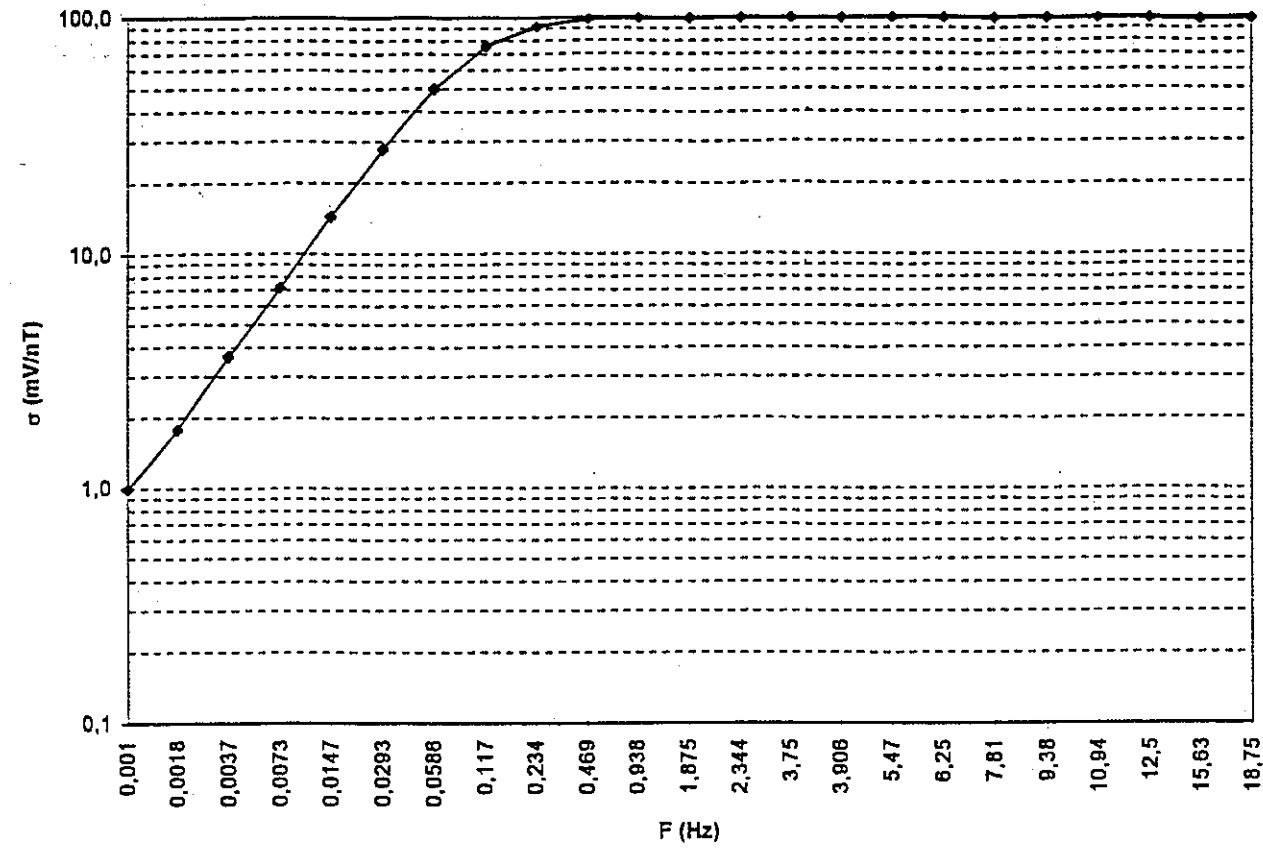
Pour démonter le magnétomètre,

- Enlever les 4 vis de fixation du bouchon de sortie.
- Repérer la position angulaire du bouchon par rapport au tube-enveloppe.
- Bloquer fermement le corps du magnétomètre et extraire le bouchon en exerçant des tractions alternées d'un bord à l'autre.
- Enlever le tore amortisseur en caoutchouc rouge qui recouvre l'extrémité du tube-enveloppe du noyau, et tirer sur celle-ci pour faire sortir le magnétomètre de son enveloppe d'environ 20cm. L'opération peut être facilitée en inclinant l'ouverture du magnétomètre vers le bas. Contrôler en même temps la position du bouchon pour éviter toute contrainte mécanique aux soudures des fils de sortie.
- Pour accéder à l'amplificateur, saisir l'extrémité repliée du ruban adhésif bleu, décoller celui-ci de la largeur du blindage et le laisser pendre sur le côté du circuit imprimé.
- Faire pivoter le blindage en sens inverse autour de sa charnière en ruban adhésif noir.

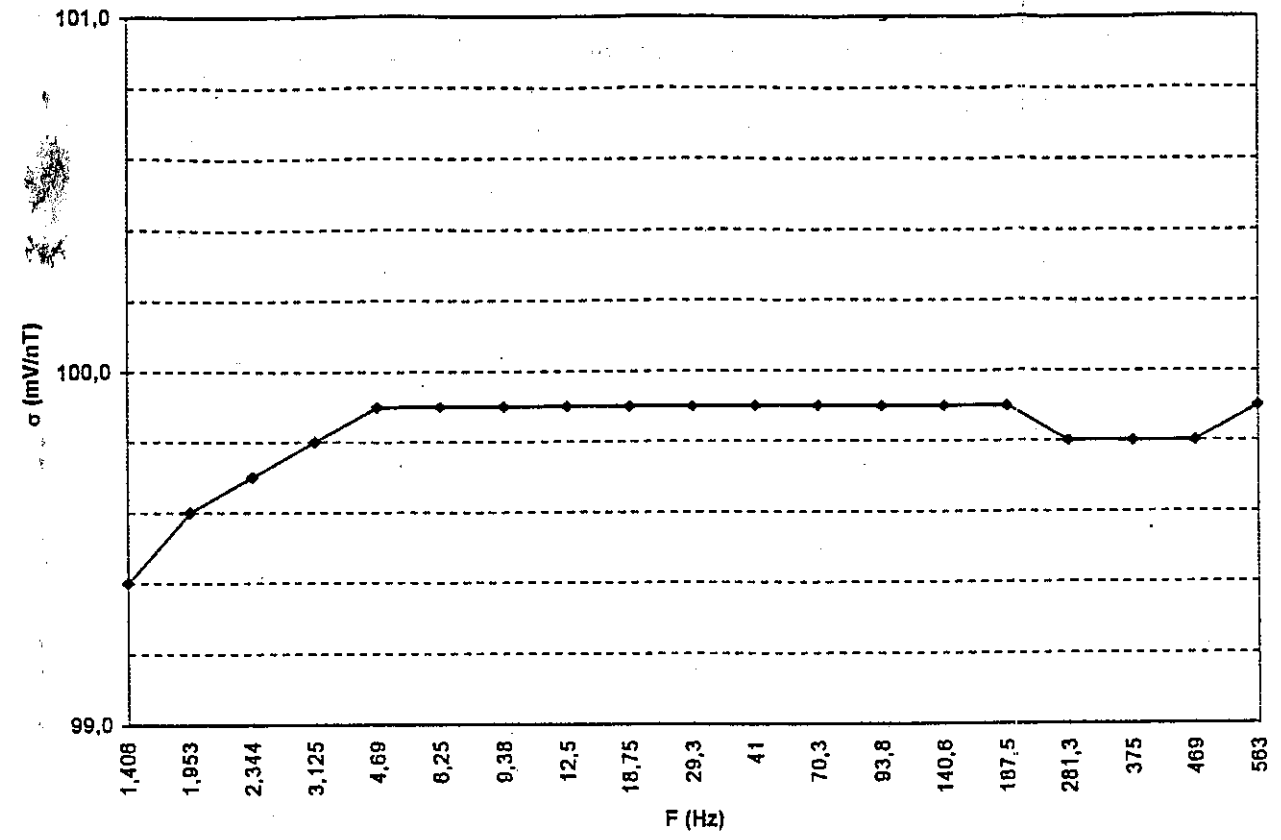
Pour remonter le magnétomètre,

- Vérifier que les fils de sortie et en particulier leurs soudures sur le circuit imprimé d'une part, et sur le connecteur de l'autre n'ont pas souffert des manœuvres effectuées lors des contrôles et réglages internes.
- Vérifier que le circuit imprimé et la contre-plaque symétrique en PVC sont bien engagés et centrés dans les rainures des rondelles entretoises.
- Rabattre le blindage sur l'amplificateur et remettre le ruban adhésif bleu dans sa position initiale.
- Remettre en place le tore amortisseur en caoutchouc rouge.
- Repousser l'ensemble dans le tube en le laissant dépasser de quelques millimètres.
- Compléter le graissage du joint torique du bouchon s'il y a lieu.
- Présenter le bouchon contre l'amortisseur, dans la position repérée au départ, de façon que le toron de fils de sortie fasse un tour autour de l'amortisseur, et pousser le magnétomètre jusqu'au fond avec le bouchon (cela évite de pincer les fils de sortie entre l'amortisseur et le bouchon): avant l'engagement du joint torique dans le tube, vérifier et réajuster l'alignement des 4 trous du bouchon avec ceux de l'enveloppe.
- Remettre les 4 vis du bouchon avec du vernis de blocage dans les filets: les visser bien droit, à fond mais sans forcer, pour éviter d'abîmer le filet taraudé dans la matière plastique.

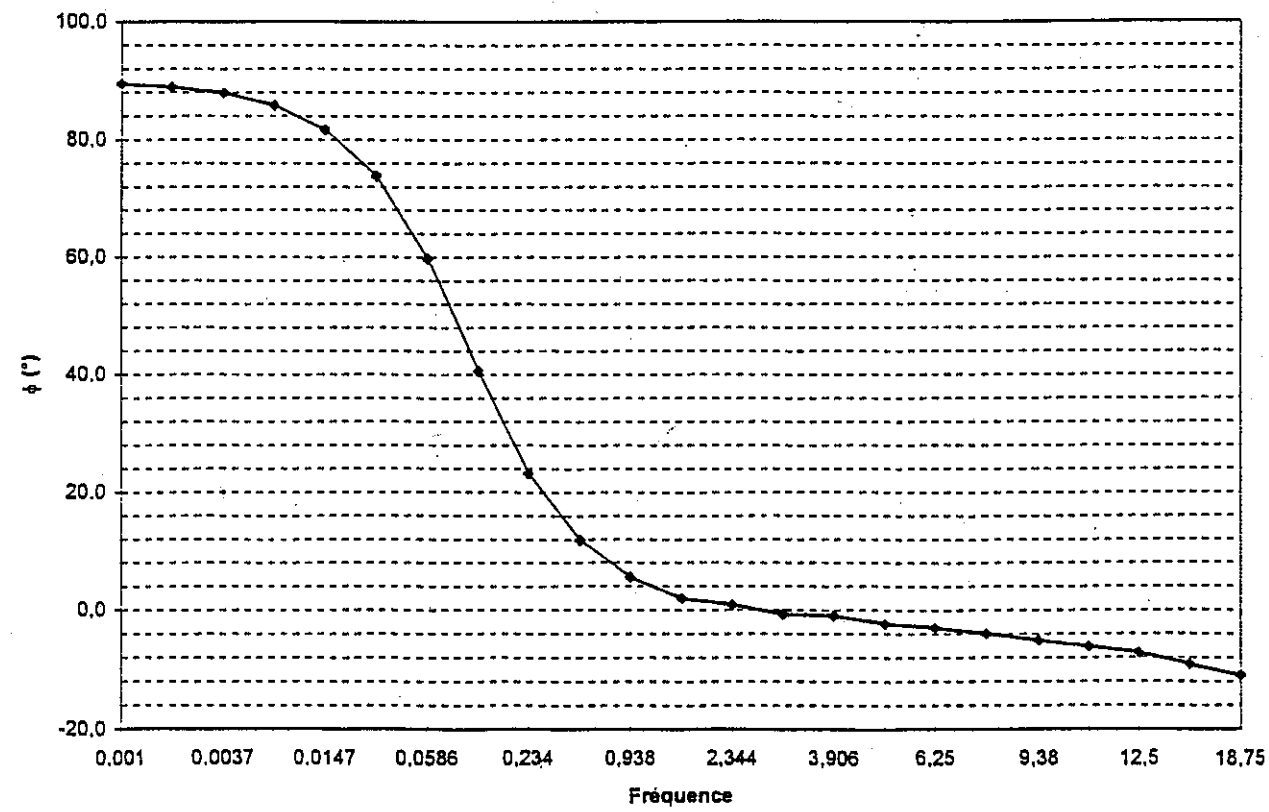
Etalonnage CM13/1 en "Lentes" - Amplitude



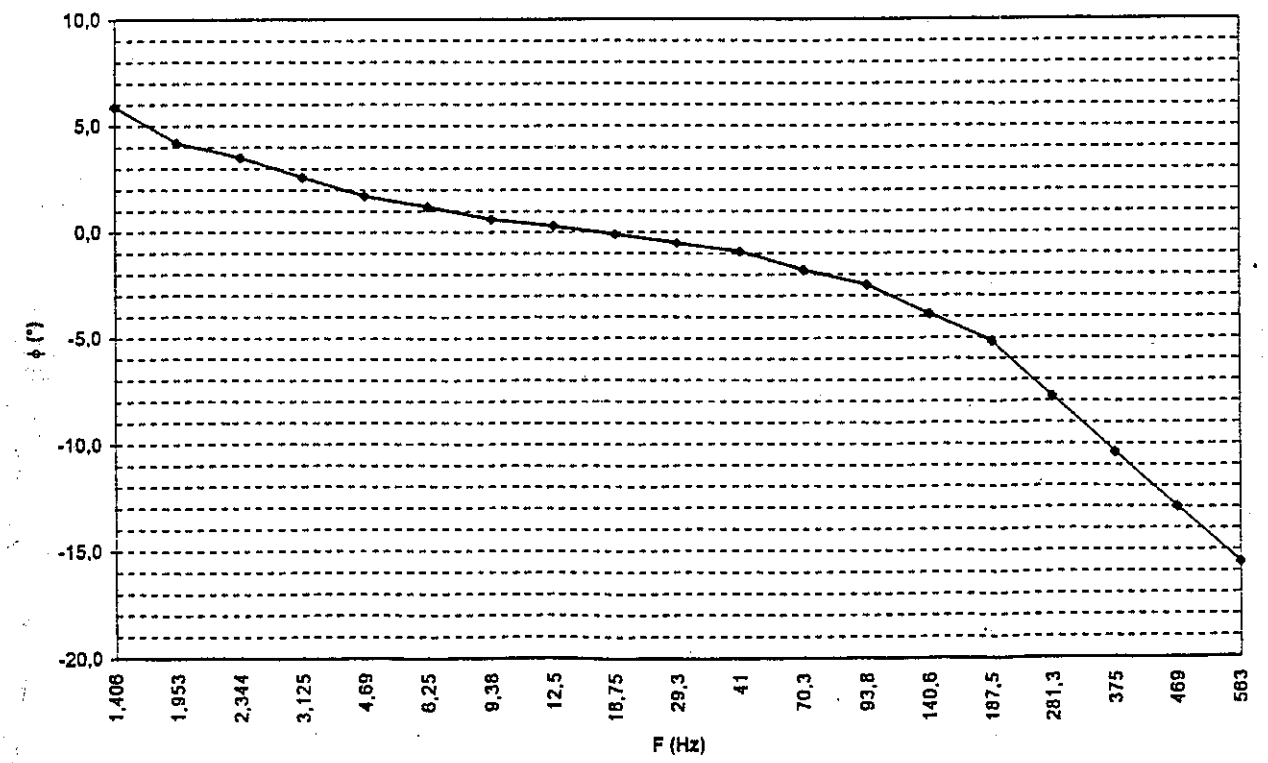
Etalonnage CM13/1 en "Rapides" - Amplitude



Etalonnage CM13/1 en "Lentes" - Phase



Etalonnage CM13/1 en "Rapides" - Phase





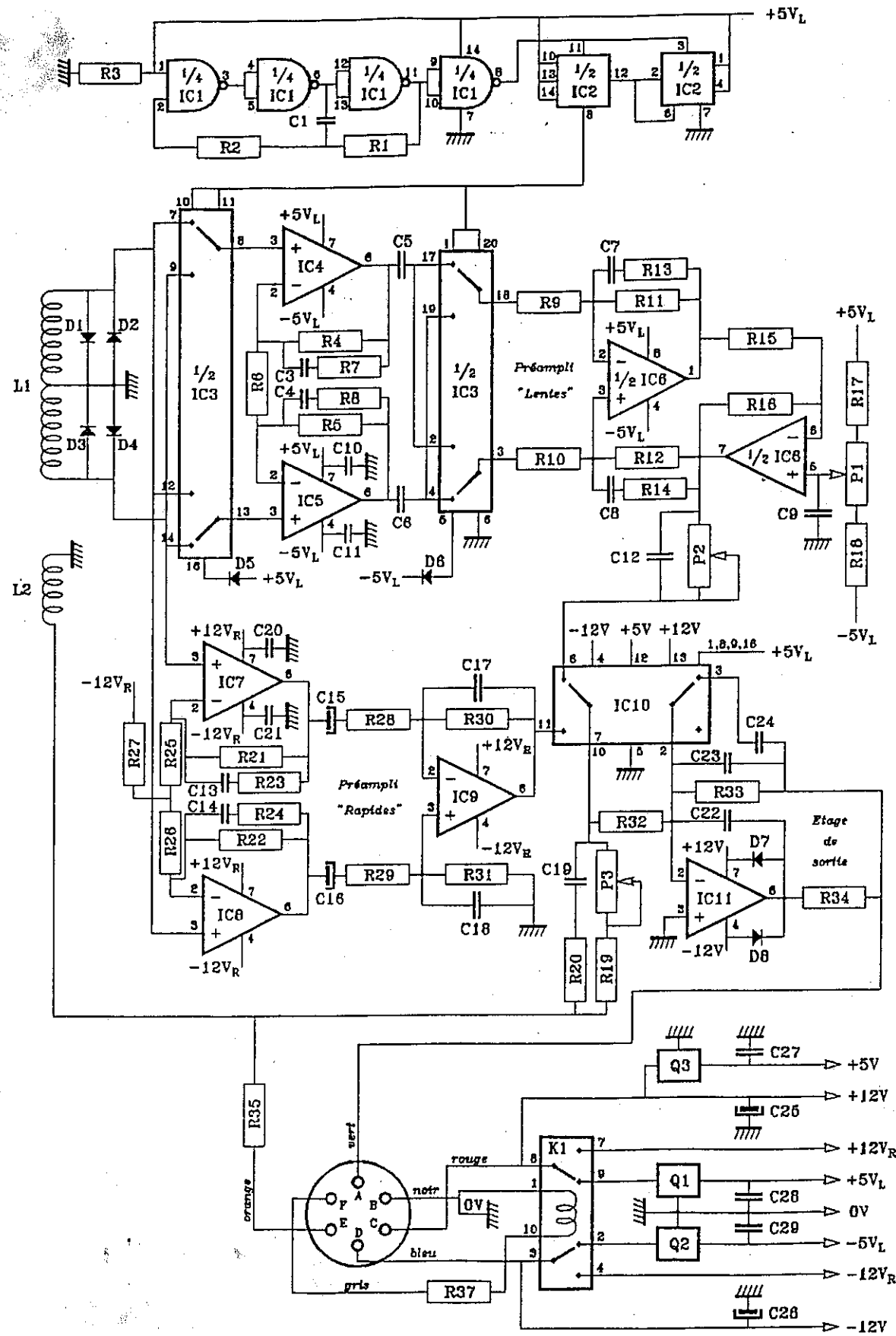


Fig.1- Capteur CM13 à commutation de gamme: Schéma de principe

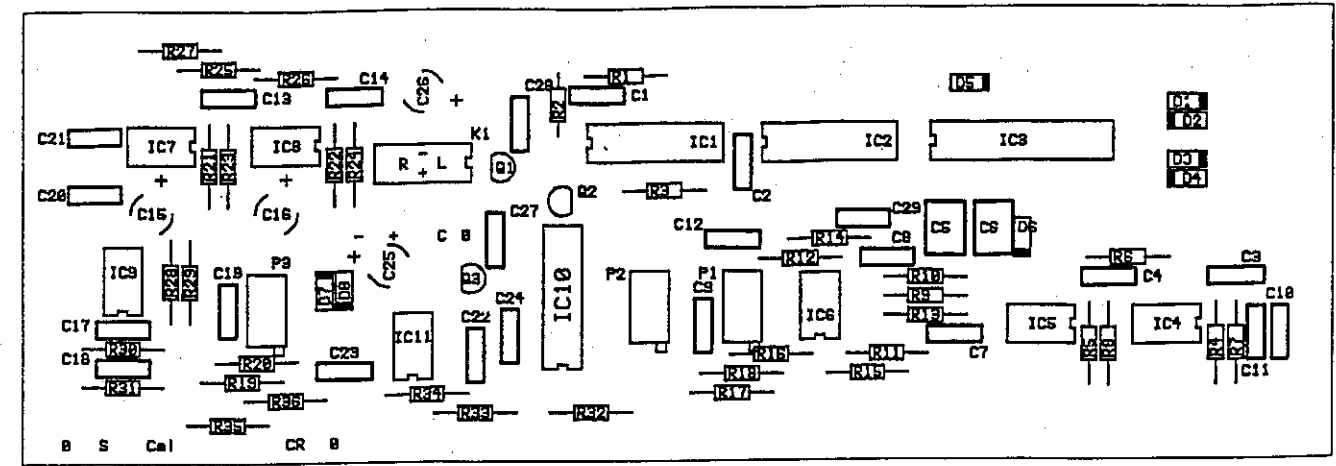


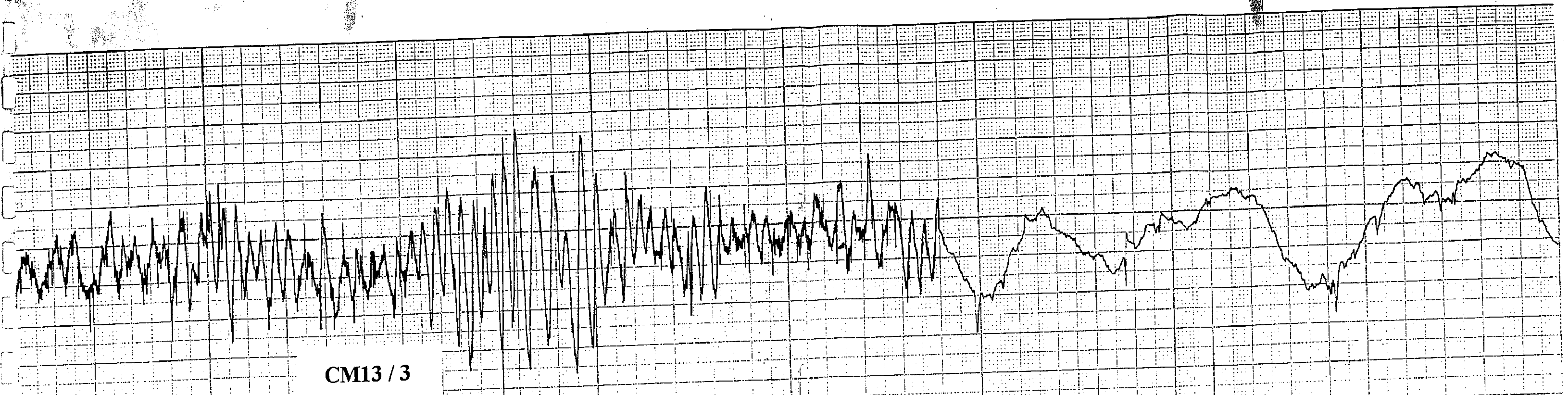
Fig.2- Implantation des composants

PREAMPLIFICATEUR CM13

NOMENCLATURE

Référence	Désignation	Référence	Désignation	Référence	Désignation
R1, R2	30,1 kΩ	P1	2 kΩ	D1 à D4	JPAD50
R3 à R5	100 kΩ	P2, P3	1 kΩ	D6 à D8	1N4148
R6	200 Ω	C1	10 nF	Q1, Q3	78L05
R7, R8	0 Ω	C2	/	Q2	79L05
R9, R10	10 kΩ	C3, C4	100 pF		
R11, R12	43,2 kΩ	C5, C6	0,47 μF		
R13, R14	1,5 kΩ	C7, C8	0,22 μF		
R15, R16	10 kΩ	C9 à C11	0,1 μF		
R17, R18	20 kΩ	C12	/	IC1	74(H)C00
R19	3,01 kΩ	C13, C14	47 nF	IC2	74(H)C74
R20	200 Ω	C15, C16	22 μF	IC3	MAX 394
R21, R22	100 kΩ	C17, C18	470 pF	IC4, IC5	AD 743
R23, R24	3,92 kΩ	C19	10 nF	IC6	OP 297
R25, R26	100 Ω	C20, C21	0,1 μF	IC7, IC8	AD 743
R27	511 kΩ	C22	10 pF	IC9	OP 97
R28, R29	464 kΩ	C23	2,2 nF	IC10	ADG 433
R30, R31	562 kΩ	C24	0,1 μF	IC11	OP 77
R32	3,32 kΩ	C25, C26	22 μF		
R33	16,5 kΩ	C27 à C29	0,1 μF	K1	TQ2-L-5V
R34	100 Ω				
R35	17,8 kΩ				
R36	/				
R37*	357 Ω				

\* R37 est debout entre le relais K1 et la commande de commutation C



CM13 / 3

Exemple d'enregistrement en gamme "Lentes"  
(12/08/96)

10 mm/min  
5 mm/mV

100 mm/min  
5 mm/mV

CM13 / 4

