

SCHEMAS ET PHOTOS DU SISMOMETRE COURTE PERIODE SERCEL (MARK PRODUCTS) L4C 1HZ

Matthieu Sylvander – Sébastien Benahmed (OMP, Toulouse)

Ce bref document vise à éclaircir les principes de construction et de fonctionnement d'un sismomètre à courte période, le Sercel (ex-Mark Products) L4C 1Hz, en s'appuyant sur un schéma approximatif et des photos prises lors d'opérations de démontage/remontage.

Le capteur mono-composante ressemble à ceci :

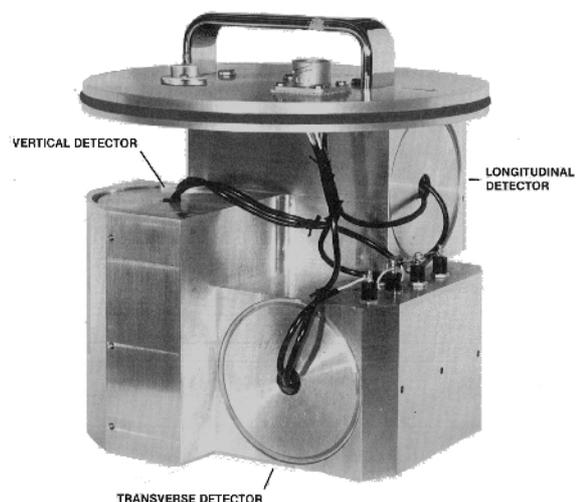


À droite, le capteur est intact.
À gauche la partie interne (avec le couvercle et le connecteur) a été extraite du boîtier externe.

Trois capteurs peuvent être associés au sein d'un même assemblage compact, pour former un sismomètre trois composantes (appelé L4C-3D).

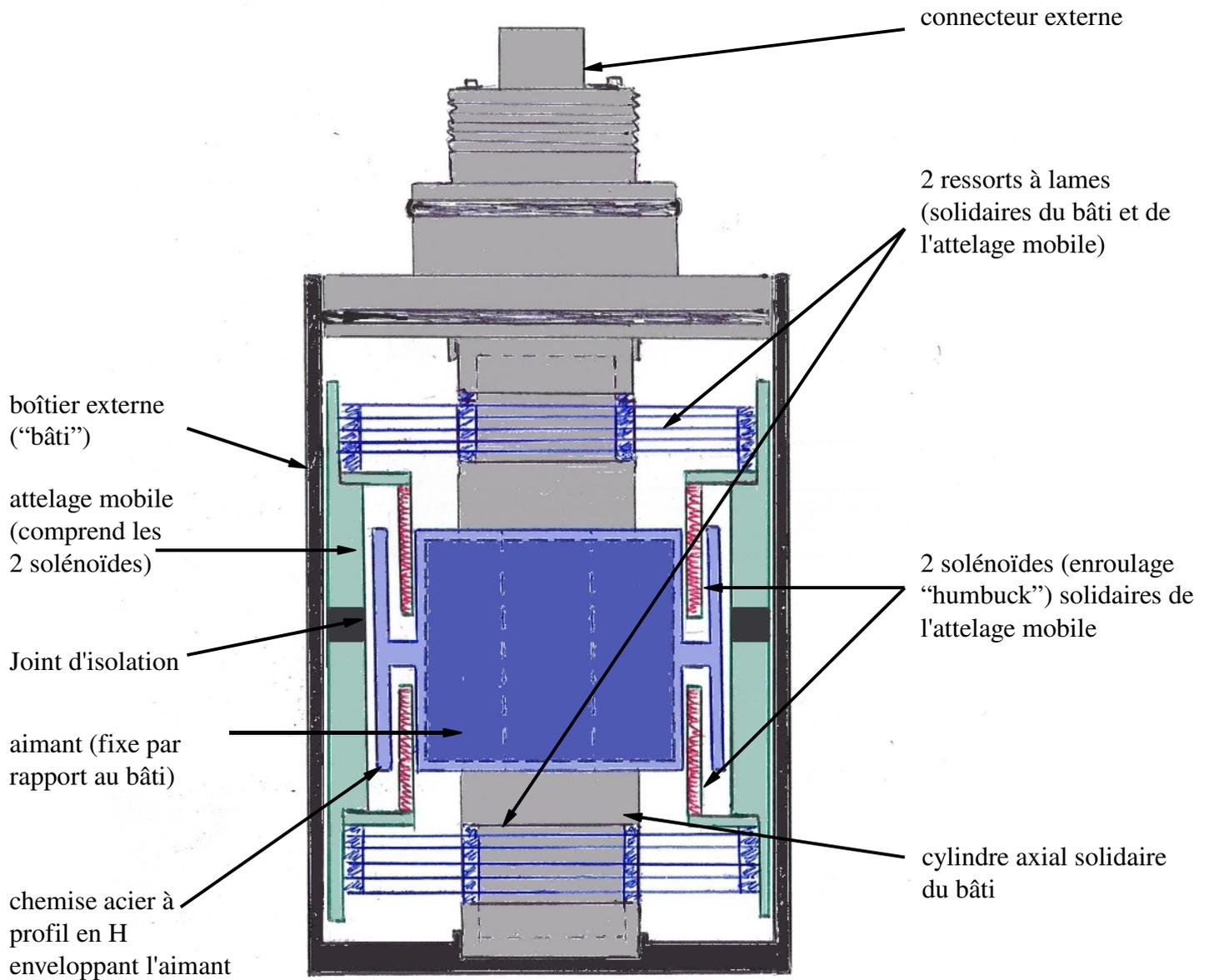


Boîtier extérieur du L4C-3D



Disposition intérieure
(1 composante verticale et 2 horizontales)

Schéma fonctionnel approximatif du capteur mono-composante :



En vert : l'attelage mobile ; en gris et noir, la structure du bâti fixe.

NB : le câblage électrique n'est pas représenté (voir schéma électrique plus loin).

Principe de fonctionnement général : lorsque le sol vibre, le bâti est mis en mouvement. Par inertie, l'attelage mobile (et donc les solénoïdes) se déplace alors par rapport au bâti (et donc à l'aimant). Un courant induit de tension proportionnelle à la vitesse du déplacement apparaît dans les solénoïdes.

Les capteurs horizontaux et verticaux sont construits de façon identique. Ce sont les caractéristiques des ressorts (raideur et position en charge par rapport à l'équilibre) qui font la différence (voir plus loin).

Dimensions extérieures approximatives (cf spécifications en fin de document) :

- boîtier externe : H = 11.5 cm \varnothing = 7.5 cm
- hauteur totale : H = 17 cm

Les ressorts à lames



Deux façons de monter les ressorts. L'anneau extérieur est solidaire de l'attelage mobile, et l'anneau intérieur du bâti (cylindre axial). Des rondelles cylindriques séparent les lames. La photo du haut montre une lame dans chacune des 2 configurations de montage, les deux photos du bas montrent les ressorts complets. La raideur de l'ensemble est fonction du sens de montage (plus grande dans le cas de gauche).

Les deux façons de monter les ressorts, en situation.

Les ressorts sont simplement posés, pas encore mis sous contrainte (à gauche par fixation à l'attelage mobile, à droite par fixation au cylindre axial du bâti).

Gauche : bas d'un capteur horizontal.
Droite : bas d'un capteur vertical.

Les fils électriques rouge et jaune connectent les 2 solénoïdes.



Les ressorts à lames (suite)



Les ressorts en situation (capteur horizontal).

Une fois le ressort sous contrainte, on distingue difficilement les deux types de montage.

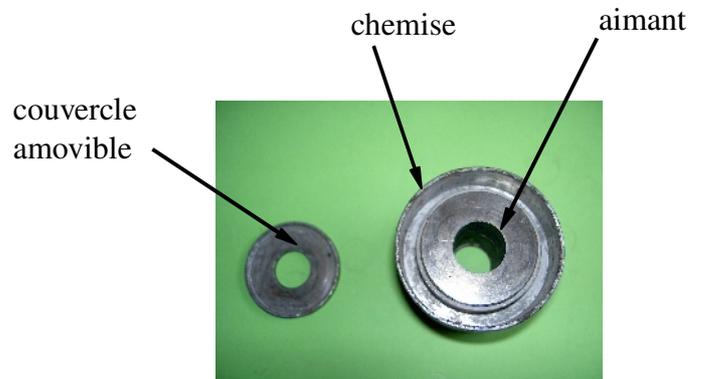
Gauche : ressort haut. Droite : ressort bas.

Dans le capteur horizontal, les deux ressorts sont montés de la façon suivante : les anneaux intérieurs sont fixés au cylindre axial, puis les ressorts sont mis sous contrainte par fixation des anneaux extérieurs (circlip) à l'attelage mobile (photo page précédente, capteur de gauche). Les deux ressorts sont ainsi de même raideur et même longueur à vide, et la masse mobile ne peut être à l'équilibre qu'en position horizontale.

Dans le capteur vertical, le montage est différent pour les deux ressorts ; le ressort du haut est contraint comme dans le cas du capteur horizontal, et pour le ressort du bas le montage est inversé : les anneaux extérieurs sont fixés puis le ressort est mis sous contrainte par fixation des anneaux intérieurs au cylindre axial (v. photo page précédente). Il a ainsi une raideur beaucoup plus importante, qui permet de trouver une position d'équilibre vertical de la masse mobile à mi-course. A l'horizontale, l'attelage mobile partirait en butée côté connecteur.

NB : les lames des ressorts du sismomètre vertical sont plus épaisses que celles des ressorts du sismomètre horizontal, ce qui permet une plus grande raideur intrinsèque, nécessaire à la suspension en équilibre vertical d'une masse mobile de 1000 g.

L'aimant et les solénoïdes



L'aimant se présente sous la forme d'un cylindre creux, revêtu d'une chemise d'acier au profil en H qui sert également de guide aux solénoïdes mobiles.

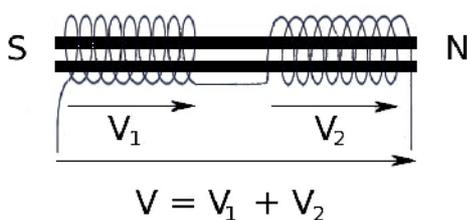
L'aimant est très puissant. Bien entendu, l'ensemble des matériaux utilisés dans le capteur est amagnétique (hormis la chemise d'acier).



Les deux solénoïdes sont enroulés chacun sur un guide cylindrique, solidaire de l'attelage mobile, dont la course est circonscrite à l'intérieur de la chemise de l'aimant.

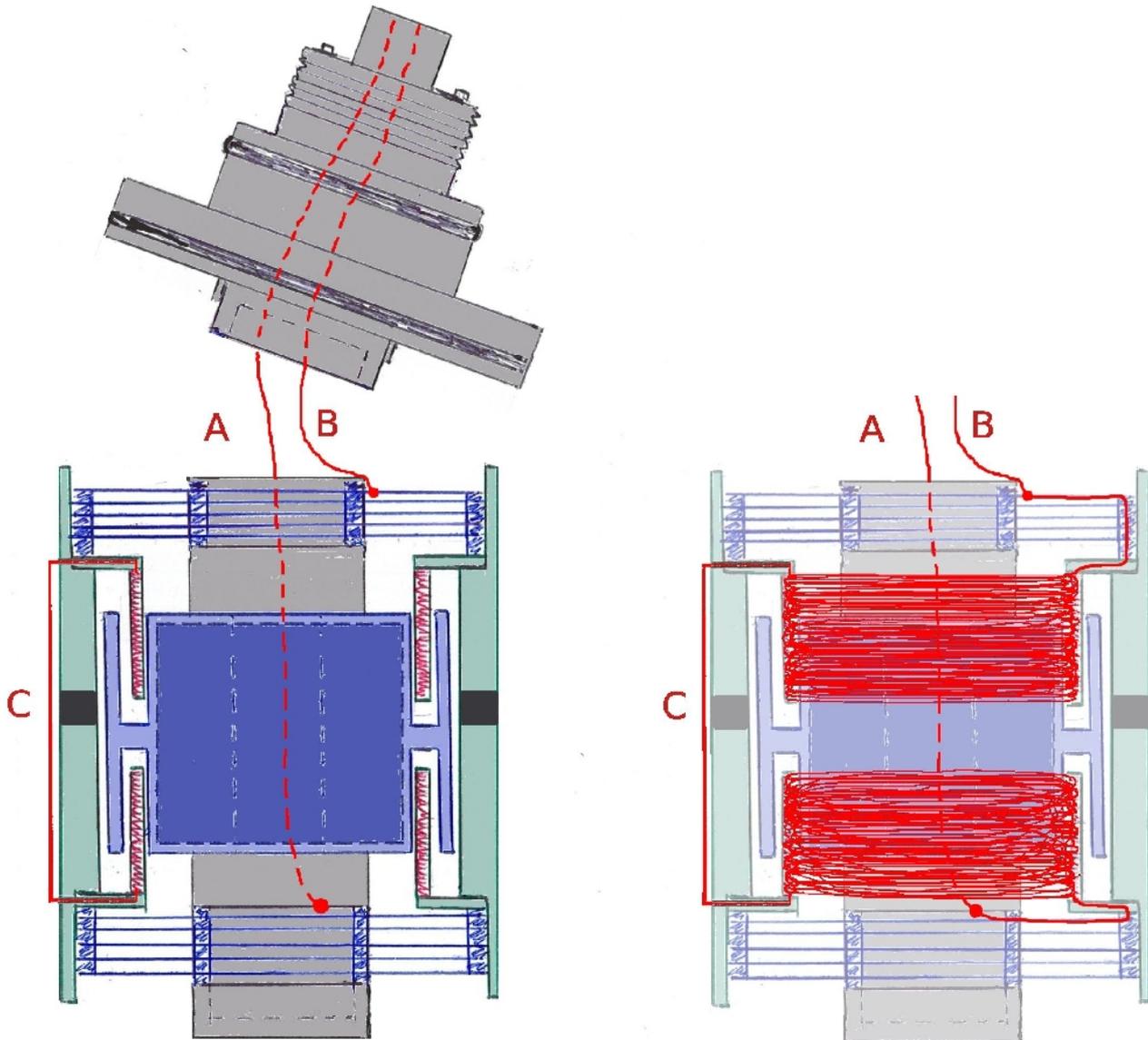
Le montage de type "humbuck" consiste à utiliser deux solénoïdes rigoureusement identiques (caractéristiques géométriques et électriques) hormis le sens d'enroulement, qui est opposé. Un fil (jaune sur la photo) connecte les extrémités extérieures des deux bobines.

Comme les solénoïdes se déplacent autour de pôles opposés de l'aimant central fixe, les tensions produites s'additionnent. En revanche, tout courant induit ayant une origine extérieure au capteur (champ magnétique parasite) sera de polarité opposée dans les deux solénoïdes, et s'annulera donc lors de la sommation.



Cette technique, dite humbucking, est fréquemment utilisée en sonorisation électrique musicale (en particulier sur les guitares électriques) et permet de supprimer le bourdonnement ("hum bucking") occasionné par les nombreuses sources externes.

Schéma électrique simplifié :



Le câblage électrique est représenté sur la figure de gauche. Trois fils (A, B, et C) existent physiquement ; le reste du circuit passe par différents organes conducteurs (ressorts, solénoïdes, boîtier mobile).

Le fil A va du connecteur à la base du cylindre axial.

Le fil B va du connecteur au ressort supérieur.

Le fil C relie les deux solénoïdes en passant par l'extérieur de l'attelage mobile (sans conduction directe : il est guidé à travers le boîtier via un tube plastique très fin) et franchit ainsi le joint d'isolation qui sépare les deux moitiés du boîtier mobile.

L'ensemble du circuit est explicité sur la figure de droite, où l'on a représenté les bobines de face par commodité (circuit : fil A – ressort inf – solénoïde inf – fil C – solénoïde sup – ressort sup – fil B).

Annexe : spécifications du sismomètre L4C 1 Hz

(source : <http://www.sercel.com/Products/Sensors/seismometers.php>)

SPECIFICATIONS	L-4C 1.0 HZ SEISMOMETER		
Type	Moving dual coil, humbuck wound		
Frequency	1.0 ± 0.05 Hz measured on 200 lb weight at 0.09 in/s		
Frequency Change With Tilt	Less than 0.05 Hz at 5° from vertical		
Frequency Change With Excitation	Less than 0.05 Hz from 0 to 0.09 in/s		
Suspended Mass	1000 g		
Standard Coil Resistances	500, 2000, 5500		
Leakage to Case	100 megohm minimum at 500 V		
Transduction Power	$0.0948 \sqrt{R_c}$		
Open Circuit Damping	$(b_0) = 0.28$ critical		
Coil Current Damping	$\frac{(b_c) = 1.1 R_c}{R_s + R_c}$		
Coil Inductance	$L_c = 0.0011 R_c$ (henries)		
Case to Coil Motion	0.250 in. peak-to-peak		
Electric Analog	$\frac{C_c = 73,500}{R_c}$ (microfarads)		
Electric Analog of Inductance	$L_m = 0.345 R_c$ (henries)		
Case Height	13 cm (5 $\frac{1}{8}$ in.)		
Case Diameter	7.6 cm (3 in.)		
Total Density	3.7 g/cm ³		
Total Weight	2.15 kg (4 $\frac{3}{4}$ lb.)		
Operating Temperature Range :	-29° to 60 °C (- 20° to 140° F)		
COIL RESISTANCE, Ω	500	2000	5500
Transduction, /in/sec	2.12	4.23	7.03
Coil Inductance, henries	0.55	2.20	6.05
Analog Capacitance, microfarads	147	36.8	13.4
Analog Inductance, henries	173	690	1900
Shunt for 0.70 Damping, Ω	810	3238	8905