

## Notice

### - Pendules et amplificateurs associés -



Références: Première version: PhG1.E.56 (anciennement ENSC 600 et ENSC 601)

Deuxième: PhG01B.AmpPendul.1 à 3

**Listing des pièces:**

3 pendules pouvant être couplé par deux

Avec chacun:

1 masse de 50g

1 masse de 96g

2 masses de 224g

1 masse de 491g

1 masse de 992g

1 contre-poid

1 aimant pour freinage

1 fixation de garde

1 rapporteur d'angle

1 fixation (sert pour le blocage d'un pendule en mode couplé)

et en commun:

3 barre de torsion en laiton pour couplage des pendules (diamètre 1,5mm, 2mm, 3mm)

3 amplificateurs se branchant sur le secteur, sortie de tension donnant l'image de  $\theta$

3 amplificateurs avec deux sorties de tension donnant les images de  $\theta$  et  $\theta'$

**-!- Important -!-**

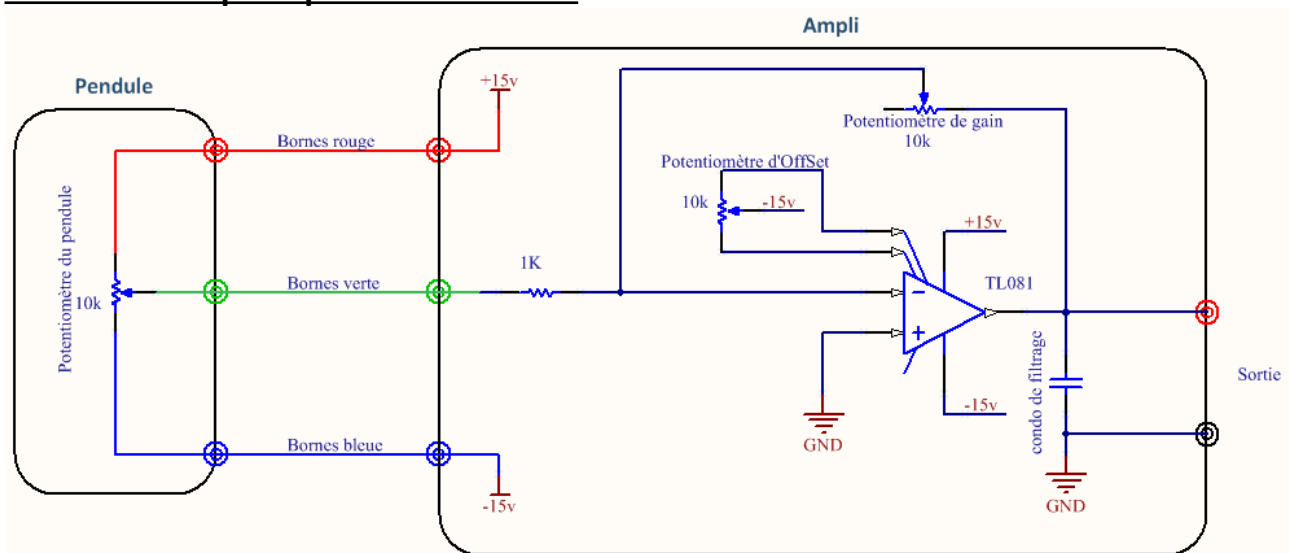
Pour avoir un signal propre, il sera nécessaire de bien mettre a niveau le bâti a l'aide d'un niveau a bulle. Egalement, le couplage entre le capteur d'angle et l'axe du pendule présente quelques faiblesses. On peut constater la présence de légers plateaux au niveau des sommets du signal sinusoïdal de sorti de l'amplificateur. Pour remédier a ce problème, on pourra glisser un petit bout de papier dans la jonction mécanique.

Les capteurs d'angle des pendules sont de simples potentiomètre de 10KOhms. Ils sont a la moitié de leurs valeurs maximum (5KOhms) au repos et oscillent autour de celle-ci en même temps que la masse du pendule. En y adjoignant un amplificateur dédié on peut avoir une image de l'oscillation directement sur l'oscilloscope. On peut ainsi facilement rapatrier les données sous IGOR avec la macro 'Acquisition'.

Il y a deux versions d'amplificateurs a votre disposition, une qui sort uniquement une tension image de  $\theta$  et une deuxième qui permet de récupérer aussi la dérivée  $\theta'$  de l'angle  $\theta$ .

On prendra garde a respecter le branchement (indiqué par les couleurs RVB). Si un mauvais branchement n'est pas dangereux au repos, le potentiomètre du pendule pourrait être endommagé pour de grandes valeurs d'angle, et les tensions seraient fausses.

### Circuit électrique – première version:



C'est un simple AOP montée en amplificateur inverseur. Il va amplifier la tension obtenu par le pont diviseur que forme le potentiomètre et les tensions +/- 15v.

On peut régler le gain de 0 a 10 ainsi que l'offset grace aux entrées dédiées du TL081. Les potentiomètres utilisés sont des 10 tours.

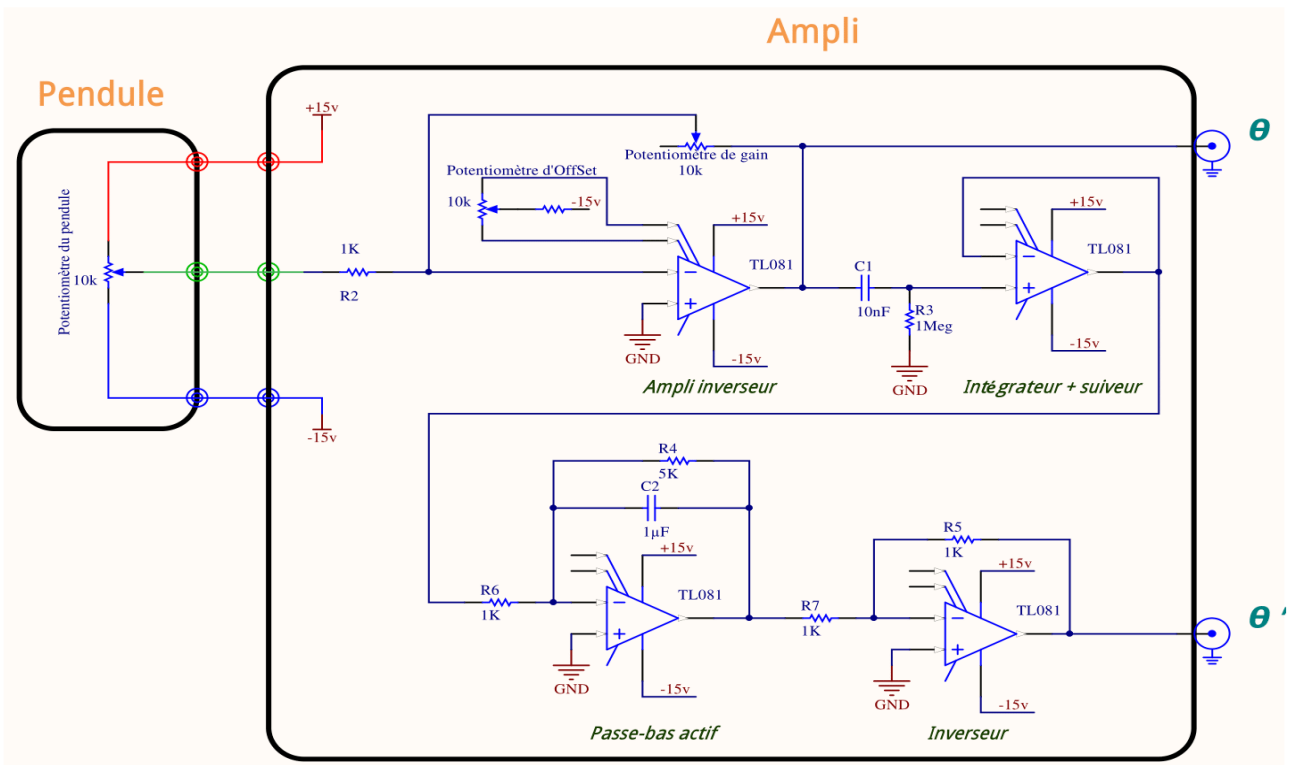
Note: Ces potentiomètres vieillissent mal. Il est possible qu'il y ait des 'trous' dans leurs pistes carbone. Cela se traduit par des sauts de tensions visibles à l'écran de l'oscillo à certain endroits de la course du potard.

En pratique cela n'est pas gênant car on souhaite utiliser seulement une position pour la durée de la manip.

Les potentiomètre ne sont pas les mêmes sur la deuxième version (monotour, beaucoup plus robustes.).

**Circuit électrique – deuxième version:**

Sur cette version, on retrouve exactement le même schéma que dans le premier pour récupérer l'angle  $\theta$ . Nous avons ensuite rajouté trois étages à la suite du premier montage pour obtenir  $\theta'$ .



Le premier étage forme un dérivateur + suiveur qui va nous permettre de dériver le signal. La fréquence de coupure est de 16Hz. On place ensuite un suiveur pour ne pas perturber le montage. La fonction de transfert est :

$$H_{deriv} = \frac{j.R_3.C_1.\omega}{1 + j.R_3.C_1.\omega}$$

ou  $R_3.C_1$  vaut 0,01s et  $\omega$  est typiquement compris entre 0,07 et 0,15 rad.s<sup>-1</sup>.

Ensuite, on réalise un filtre passe bas actif qui va permettre d'amplifier le signal en sortie de l'étage suivant car la dérivé a été fortement atténuée. Il permet également de filtrer des harmoniques non souhaitées amplifiés par le dérivateur:

Fonction de transfert

Gain

Pulsation de coupure

$$\frac{H_f}{\omega} = \frac{A_0}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0}}$$

$$A_0 = -\frac{R_4}{R_6}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{R_4.C_2}$$

$A_0 = -5$ ,  $\omega_0 = 200\text{rad.s}^{-1}$ , Fréquence de coupure à 32Hz

Le dernier étage est un simple inverseur de gain -1. Son gain multiplié par celui du premier étage nous donnera ' K ' qui est compris entre 0 et 10.

La fonction de transfert total permettant d'obtenir une tension image de  $\theta'$  est:

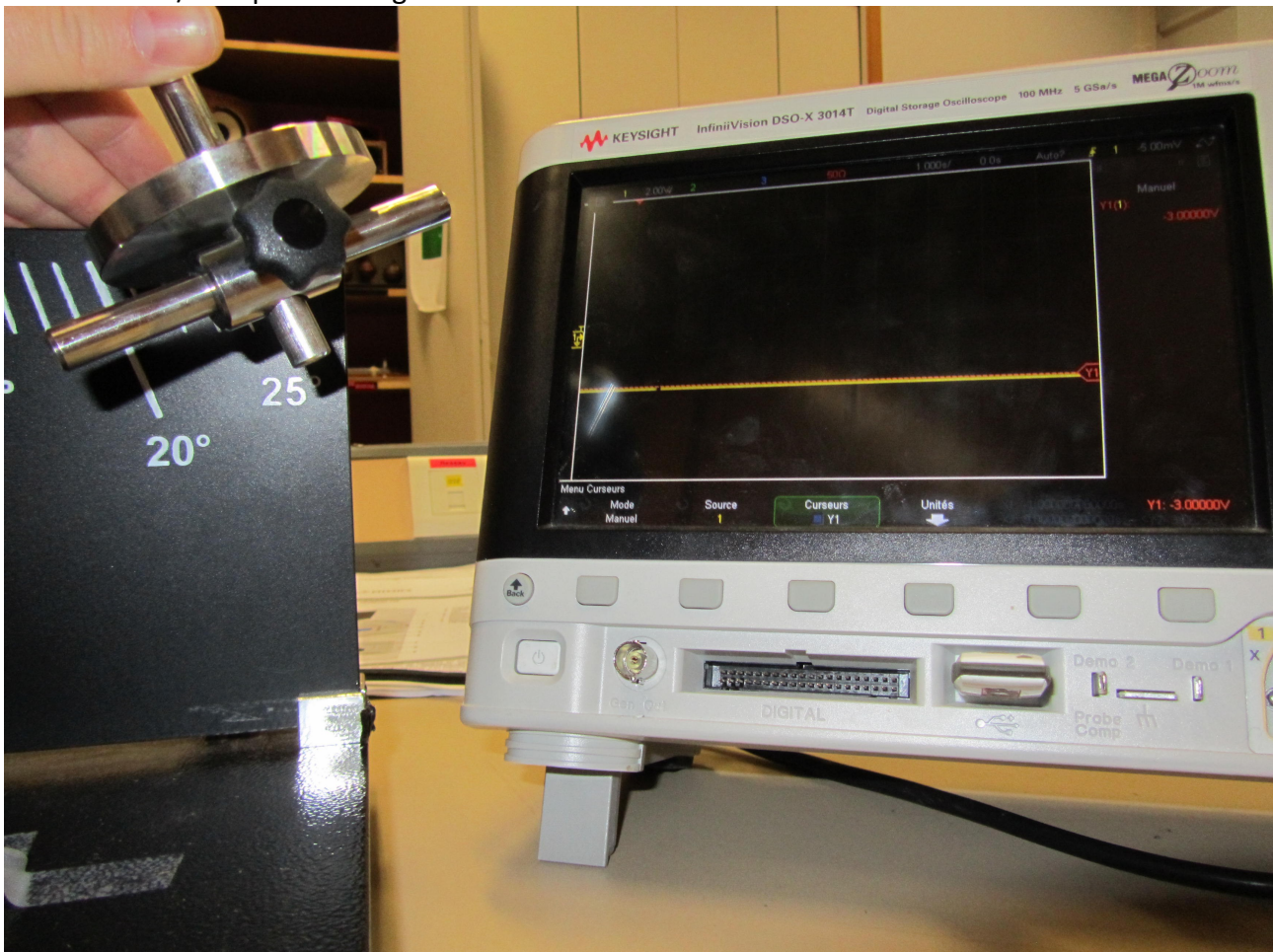
$$\underline{H}_{\theta'} = \frac{K.A_0}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0}} \cdot \frac{jR_3C_1\omega}{1 + jR_3C_1\omega}$$

Le signal de  $\theta'$  n'est pas optimal en raison des harmoniques et défauts du capteur qui sont moins atténués que le signal lui-même dans l'étage de dérivation. Mettre de niveau le bâti précisément permet d'avoir un meilleur signal.

### Étalonnage:

Quand le pendule est au repos, il faut que la tension de sortie soit de 0v. Un potentiomètre d'offset permet de corriger un éventuelle tension non nulle.

En ce qui concerne le gain, une tension de  $-/+3v$  a  $-/+25^\circ$  est suffisante, on s'aide pour cela du rapporteur présent sur le pendule (sur le mat ou à la base). Avec cet étalonnage la sortie de l'ampli va saturer à  $\pm 15v$  pour un angle d'environ  $90^\circ$ .



On vérifiera qu'au repos, la tension de sortie est toujours à 0v après réglage du gain.