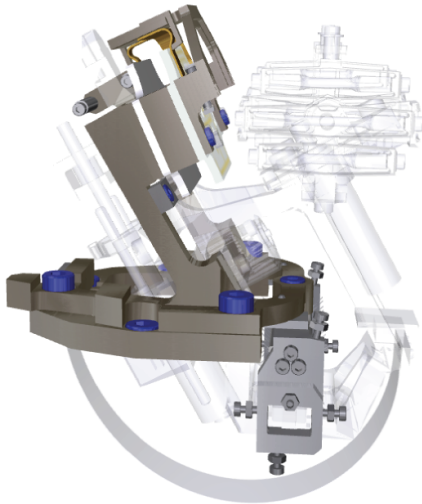
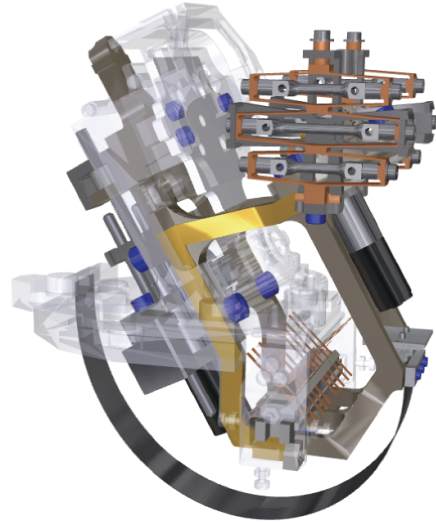


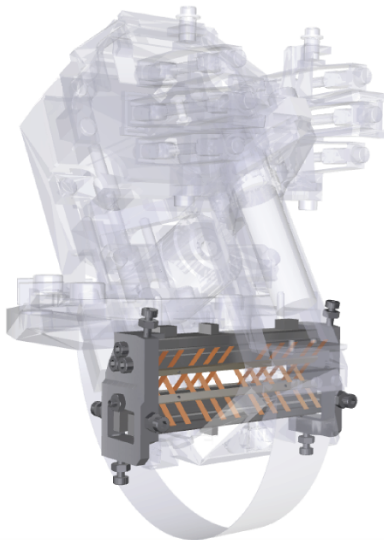
## Annexe 1 - Détail des éléments d'un des systèmes du VBB



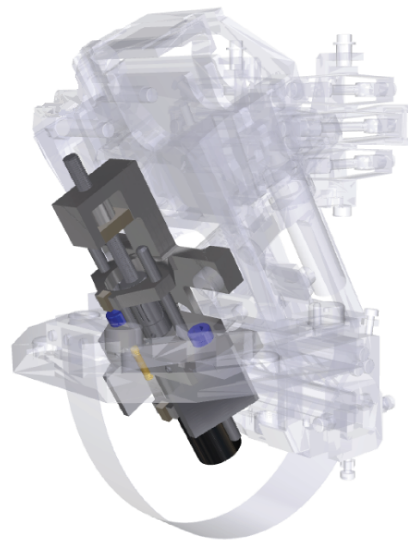
bâti (1)



pendule (2)

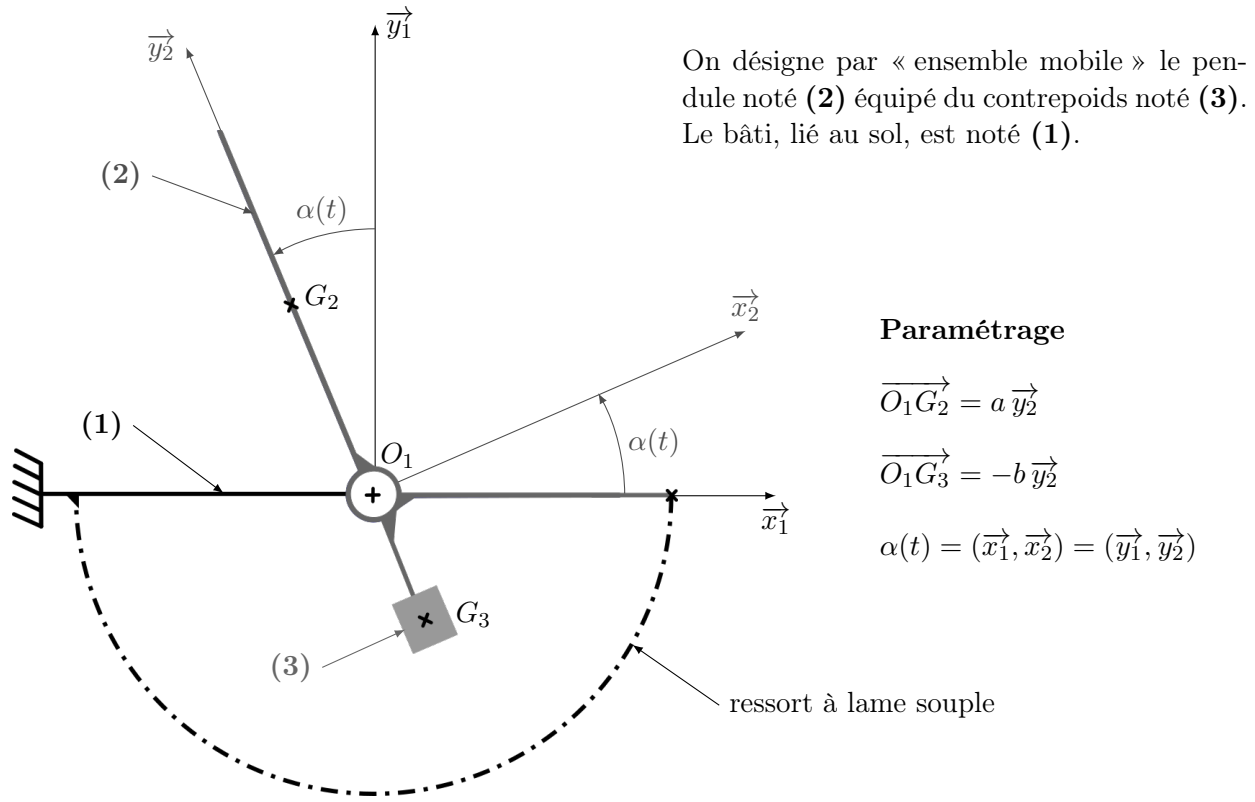


articulation à lamelles entre (1) et (2)



mécanisme de translation  
du centre d'inertie de (2)

## Annexe 2 - Modèle cinématique du système en l'absence de séisme



### Notations

$G_2$	centre d'inertie du pendule <b>(2)</b>
$M_2$	masse du pendule <b>(2)</b>
$G_3$	centre d'inertie du contrepoids <b>(3)</b>
$m_3$	masse du contrepoids <b>(3)</b>
$C_0$	moment de précontrainte de l'ensemble {ressort + articulation} sur {(2)+(3)}
$k$	raideur de l'ensemble {ressort + articulation} sur l'axe $(O_1, \vec{z}_1)$
$\alpha_0$	position angulaire à vide de l'ensemble mobile
$\alpha_{eq}$	position angulaire de l'ensemble mobile à l'équilibre (sous l'effet des actions de la pesanteur et du ressort)
$g_T$	champ de pesanteur à la surface de la Terre, de direction $-\vec{y}_1$
$g_M$	champ de pesanteur à la surface de Mars, de direction $-\vec{y}_1$

### Hypothèses

Le référentiel  $\mathcal{R}_1$ , auquel est associé le repère  $R_1 = (O_1, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$  lié au sol, est supposé galiléen en l'absence de séisme.

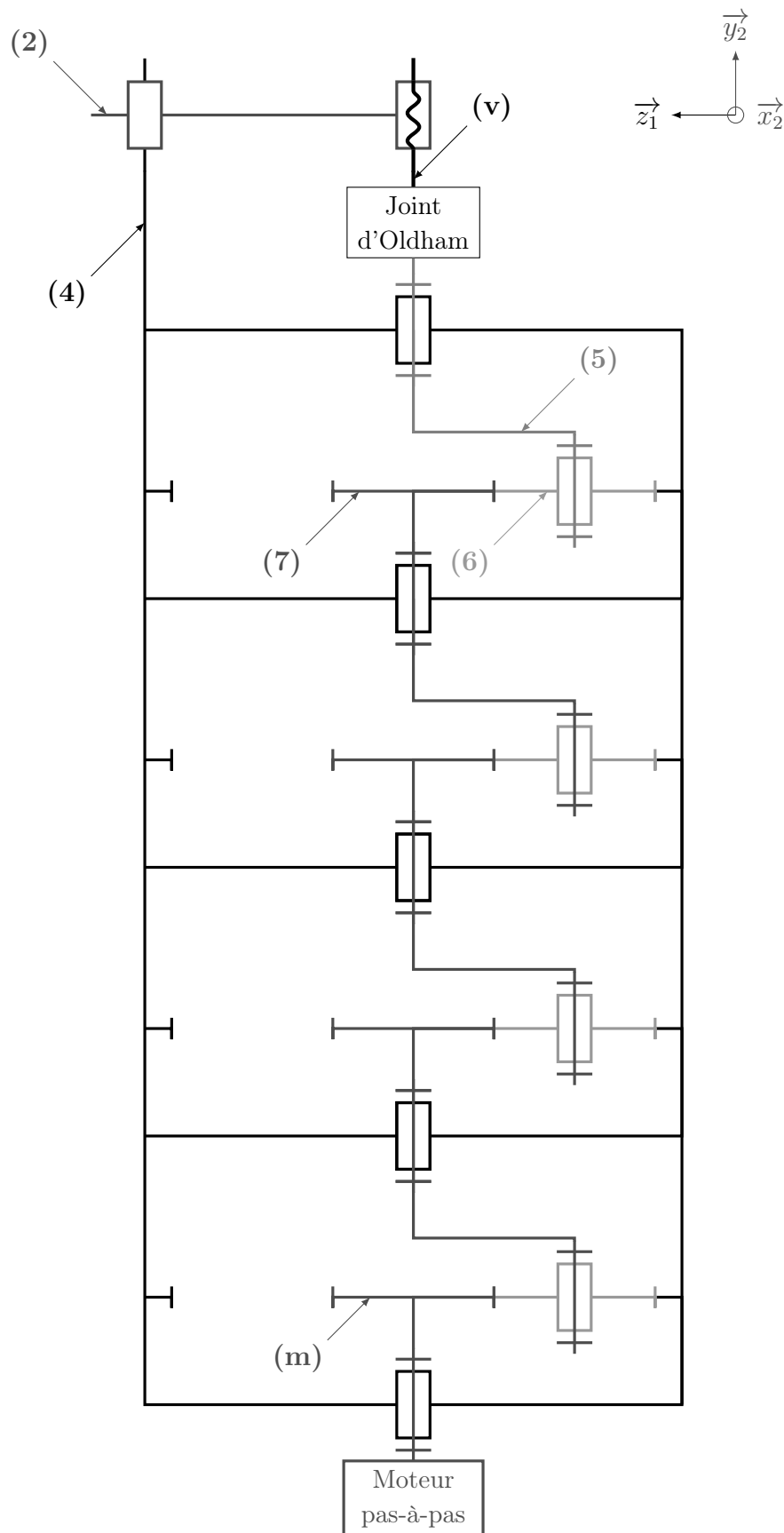
La liaison pivot réalisée par l'articulation à lamelle sur l'axe de rotation  $(O_1, \vec{z}_1)$  de l'ensemble mobile n'est pas parfaite. Les frottements visqueux sont pris en compte à travers un coefficient de frottement  $\mu$  ( $\mu > 0$ ) :

$$\{\mathcal{T}_{1 \rightarrow (2+3)}\} = \left\{ \begin{array}{c} X_O \vec{x}_1 + Y_O \vec{y}_1 + Z_O \vec{z}_1 \\ L_O \vec{x}_1 + M_O \vec{y}_1 - \mu \dot{\alpha}(t) \vec{z}_1 \end{array} \right\}_{O_1}$$

L'action de rappel de l'ensemble {ressort + articulation} est assimilée à un couple pur sur l'axe de rotation  $(O_1, \vec{z}_1)$  de l'ensemble mobile :

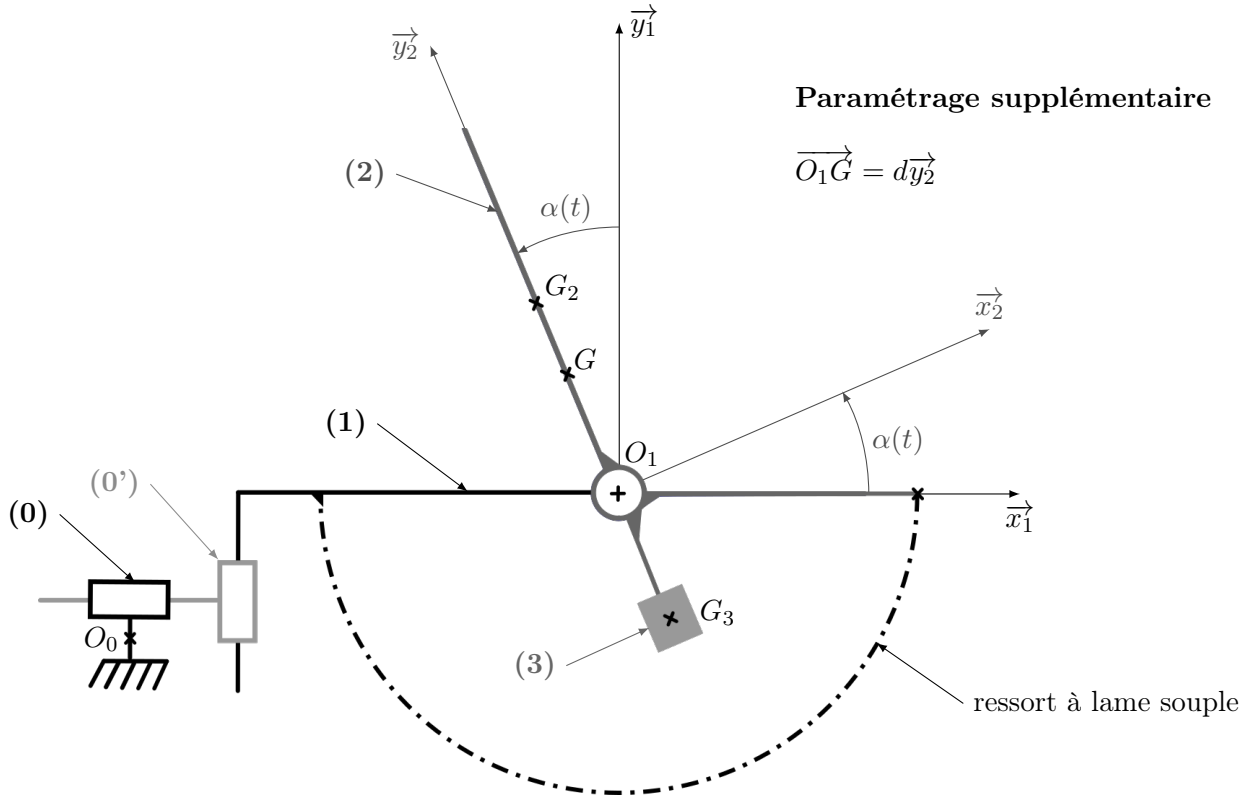
$$\{\mathcal{T}_{\text{ressort} \rightarrow (2+3)}\} = \left\{ \begin{array}{c} \vec{0} \\ (C_0 - k(\alpha(t) - \alpha_0)) \vec{z}_1 \end{array} \right\}_{O_1}$$

### Annexe 3 - Schéma cinématique du mécanisme de translation de la position du centre d'inertie du pendule



## Annexe 4 - Modèle cinématique du système lors d'un séisme

Les torseurs d'actions mécaniques et les notations de l'Annexe 2 restent valables.



### Notations et hypothèses supplémentaires

$G$	centre d'inertie de l'ensemble mobile $\{(2)+(3)\}$ testé sur Terre
$M$	masse de l'ensemble mobile $\{(2)+(3)\}$
$I_{zz}$	moment d'inertie de l'ensemble mobile $\{(2)+(3)\}$ sur l'axe $(O_1, \vec{z}_1)$

Le référentiel  $\mathcal{R}_0$ , auquel est associé le repère  $R_0 = (O_0, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$ , est supposé galiléen.

On note la vitesse du sol (1) par rapport à  $R_0$  :

$$\vec{V}_{(O_1, 1/R_0)} = V_x(t)\vec{x}_1 + V_y(t)\vec{y}_1$$

Grâce au contrepoids, l'action de la pesanteur sur l'ensemble mobile qui s'applique en  $G$  a un moment en  $O_1$  égal à celui que subirait le pendule seul sur Mars :

$$\{\mathcal{T}_{\text{pesanteur} \rightarrow (2+3)}\} = \left\{ \begin{array}{l} -(M_2 + m_3)g_T \vec{y}_1 \\ a M_2 g_M \sin \alpha(t) \vec{z}_1 \end{array} \right\}_{O_1}$$

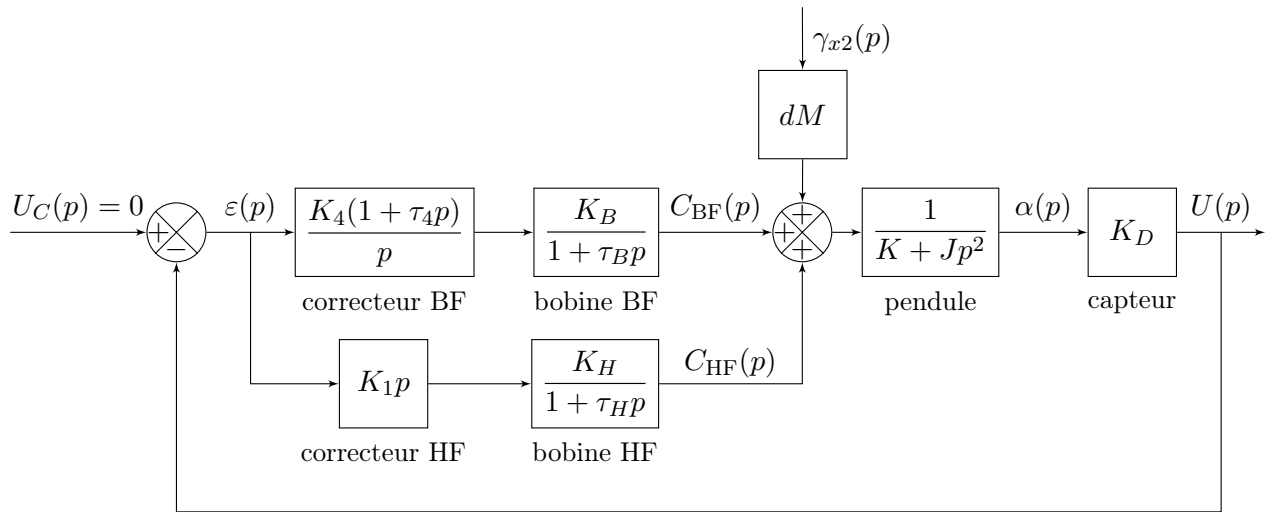
Aucune autre action de pesanteur n'est à prendre en compte.

Le système de réglage de la position du centre d'inertie  $G_2$  permet d'imposer  $\alpha_{\text{eq}} = \alpha_0$ . Dans ces conditions, l'équation traduisant l'équilibre de l'ensemble mobile en l'absence de séisme reste valable et se simplifie ainsi :

$$a M_2 g_M \sin \alpha_0 + C_0 = 0 \quad (\text{eq. 1'})$$

## Annexe 5 - Asservissement en tension d'un système

### Schéma-blocs de l'asservissement



### Grandeurs physiques intervenant dans l'asservissement

Grandeur physique	Transformée de Laplace	Unité	Description
$u_C(t)$	$U_C(p)$	V	Tension consigne. Elle est toujours nulle car on souhaite que le pendule revienne à sa position d'équilibre.
$u(t)$	$U(p)$	V	Tension en sortie du capteur, image du déplacement angulaire du pendule autour de sa position d'équilibre
$\varepsilon(t)$	$\varepsilon(p)$	V	Écart entre la tension de consigne et la tension en sortie du capteur
$\gamma_{x2}(t)$	$\gamma_{x2}(p)$	m·s <sup>-2</sup>	Accélération du sol lors d'un séisme
$\Delta\alpha(t)$	$\alpha(p)$	rad	Déplacement angulaire du pendule autour de sa position d'équilibre
$C_{BF}(t)$	$C_{BF}(p)$	N·m	Moment généré par la bobine BF sur l'axe de rotation du pendule
$C_{HF}(t)$	$C_{HF}(p)$	N·m	Moment généré par la bobine HF sur l'axe de rotation du pendule

### Données numériques

- $K_D = 1,48 \times 10^5 \text{ V} \cdot \text{rad}^{-1}$
- $K_H = 3 \times 10^{-8} \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{V}^{-1}$
- $\tau_H = 0,001 \text{ s}$
- $K_B = 5 \times 10^{-8} \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{V}^{-1}$
- $\tau_B = 0,1 \text{ s}$