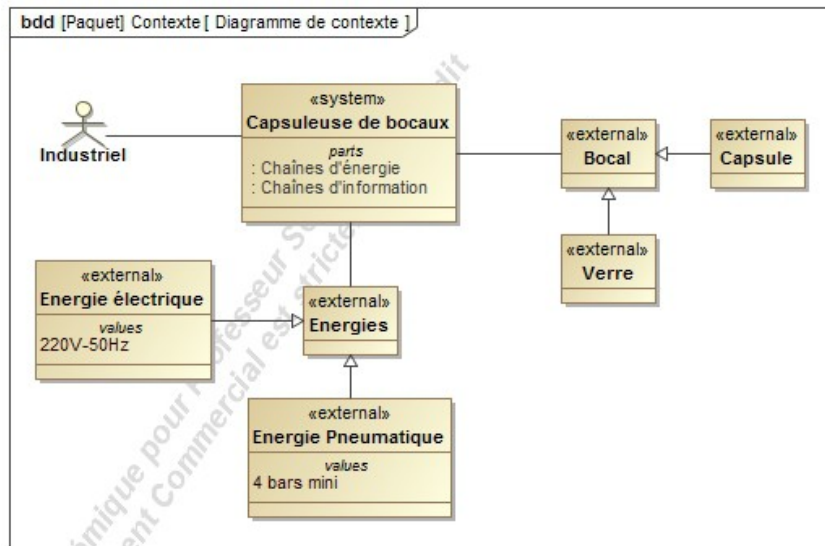


Capsuleuse de bocaux

PRESENTATION

Le système étudié est une capsuleuse automatique de bocaux. Sa fonction principale est de rendre étanche un bocal en verre rempli par le vissage d'un capuchon en métal. Le diagramme de définition de blocs ci-dessous permet de détailler le contexte d'utilisation du système.



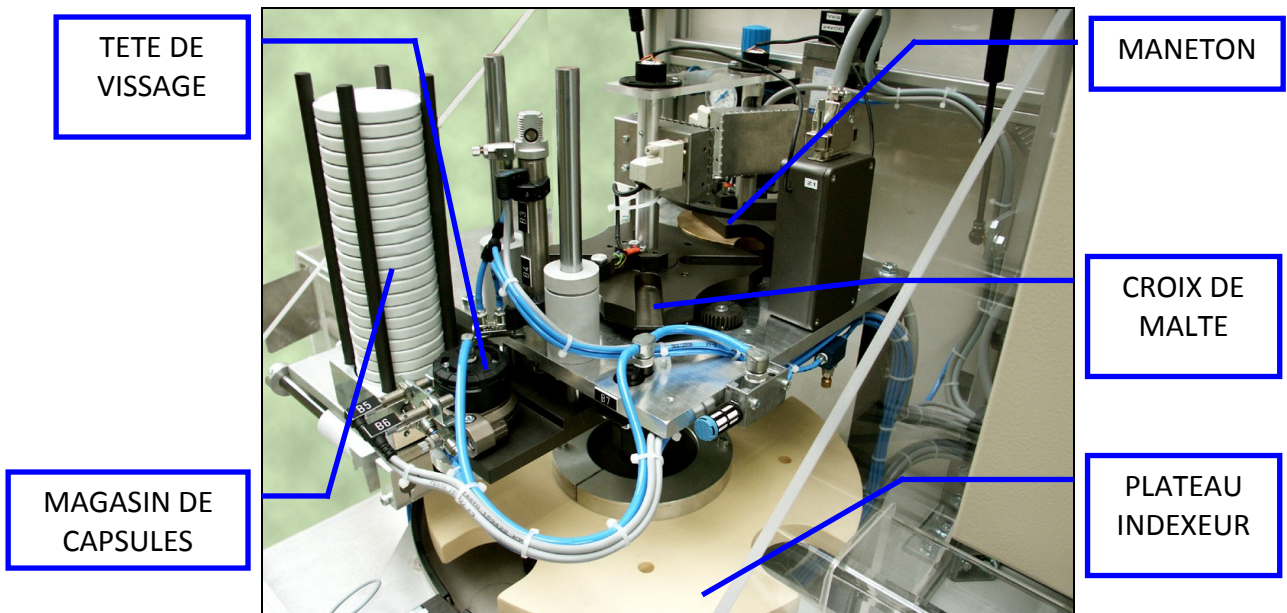
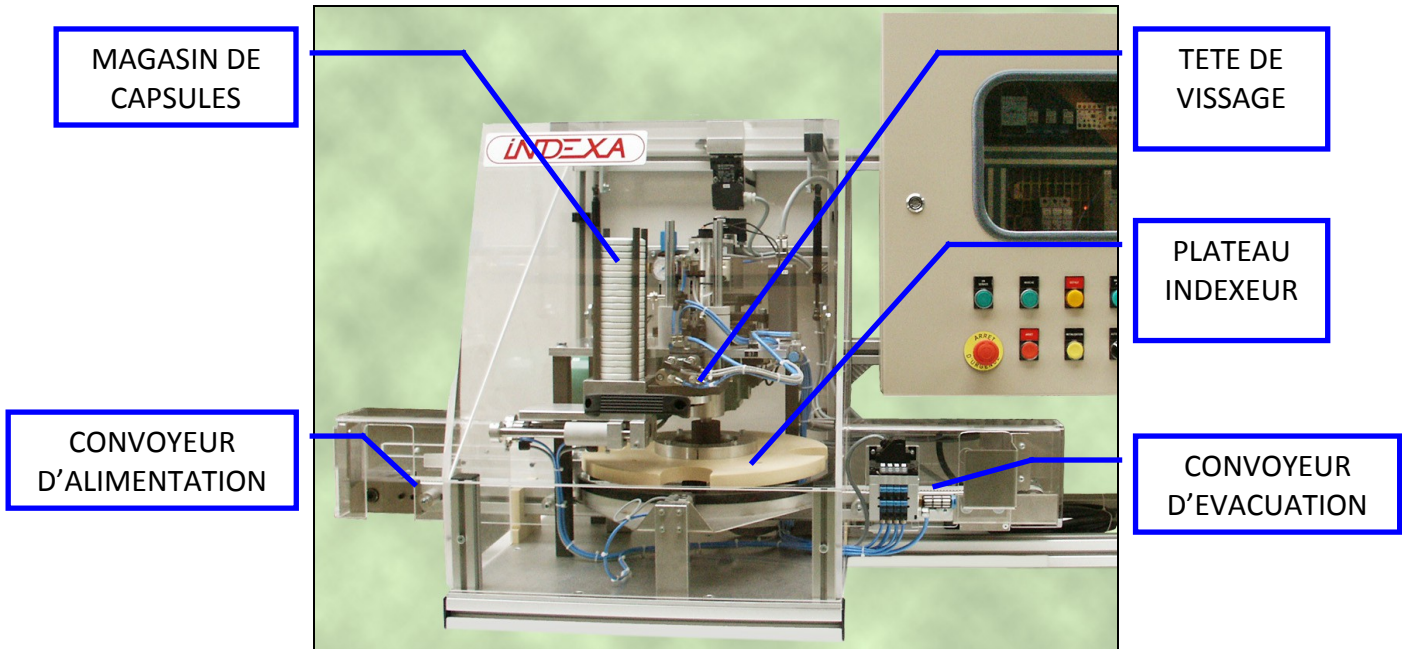
Caractéristiques principales de la capsuleuse :

Fonction	Critère	Niveau
Alimenter et évacuer les bocaux	Vitesse	0.8 m/s
Alimenter en capsule	Stock de capsule	25
Capsuler le bocal	Couple de vissage	Cv=2 N.m
Acquérir la consigne de vitesse du plateau indexeur	Consigne de vitesse	0 tr/min < N < 30 tr/min
S'adapter à l'énergie électrique disponible	Puissance consommée	220 W
S'adapter à l'énergie pneumatique disponible	Pression	4 bars mini

Les bocaux arrivent remplis sur le convoyeur d'alimentation. Lors de la détection d'un bocal dans l'emplacement d'arrivée, un plateau indexeur à 4 positions déplace le bocal de 90° sous la tête de vissage pneumatique. Le capuchon est vissé et lorsque que le couple de serrage est atteint, le bocal est déplacé de 90° vers le convoyeur d'évacuation.

L'opérateur peut choisir la vitesse de rotation du plateau indexeur en rentrant une consigne de vitesse. Le choix de cette consigne influe sur la cadence du système automatisé.

Les éléments constitutifs de la capsuleuse sont indiqués sur les photographies ci-dessous.



La chaîne d'énergie du mécanisme de mise en rotation du plateau indexeur est constituée d'un moteur asynchrone piloté par un variateur électrique. La puissance mécanique est adaptée par un réducteur à roue et vis sans fin (rapport de réduction 1/50). L'axe de sortie du réducteur entraîne en rotation le maneton qui va à son tour entraîner la croix de malte liée au plateau indexeur. Le mécanisme de transformation de mouvement à croix de malte est détaillé dans le schéma cinématique de la figure 1 ci-dessous.

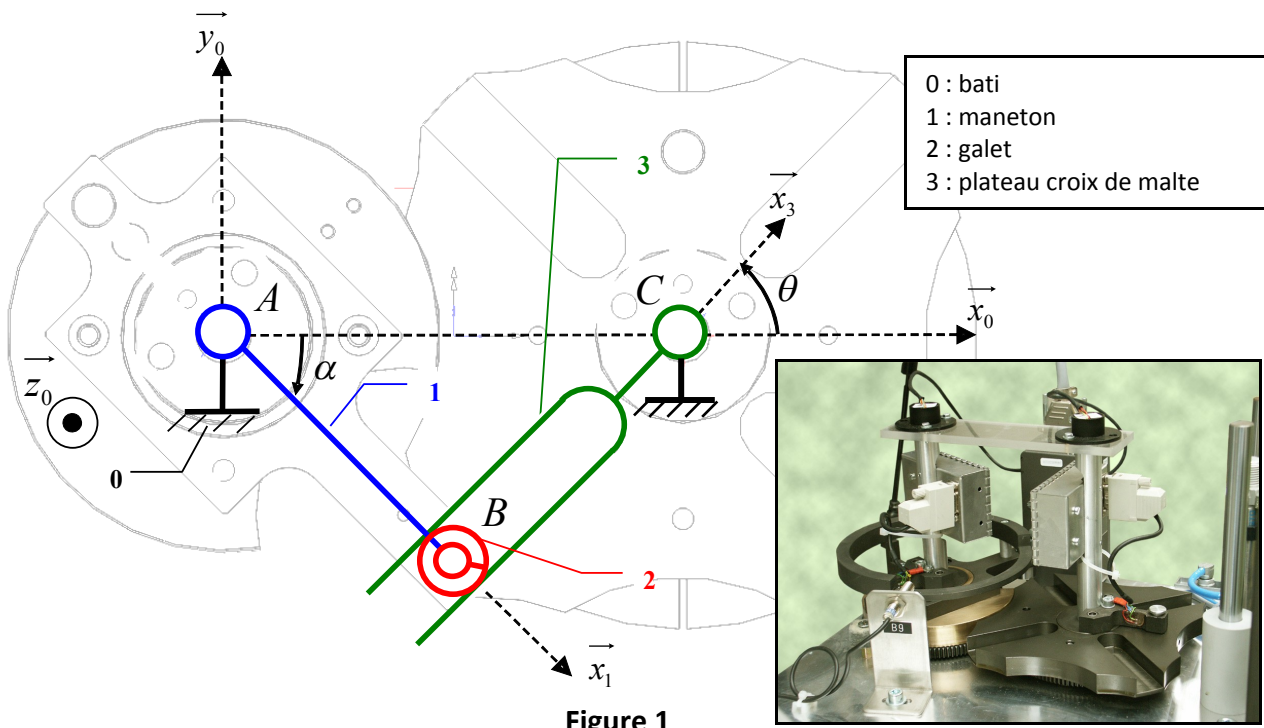


Figure 1

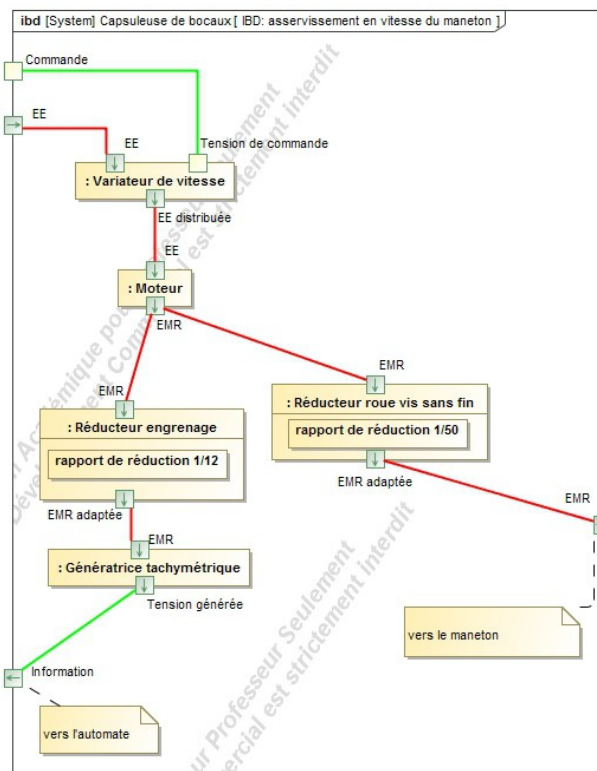


Figure 2 : diagramme de blocs internes

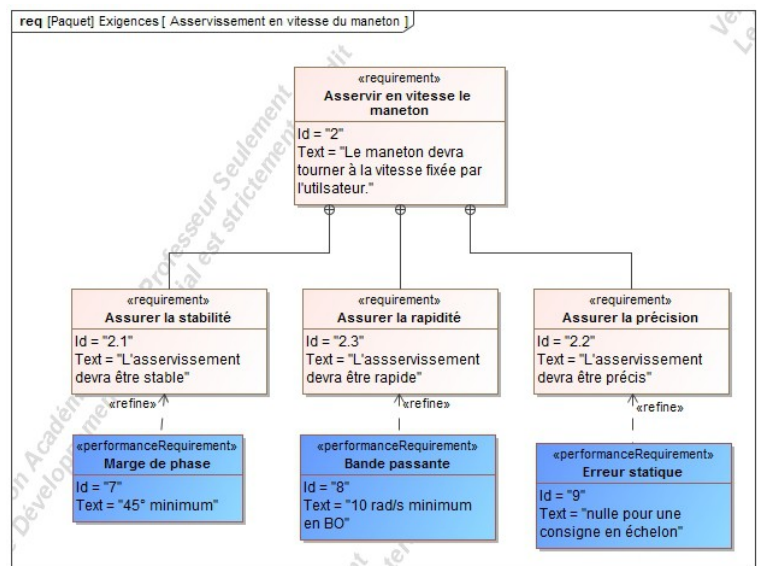
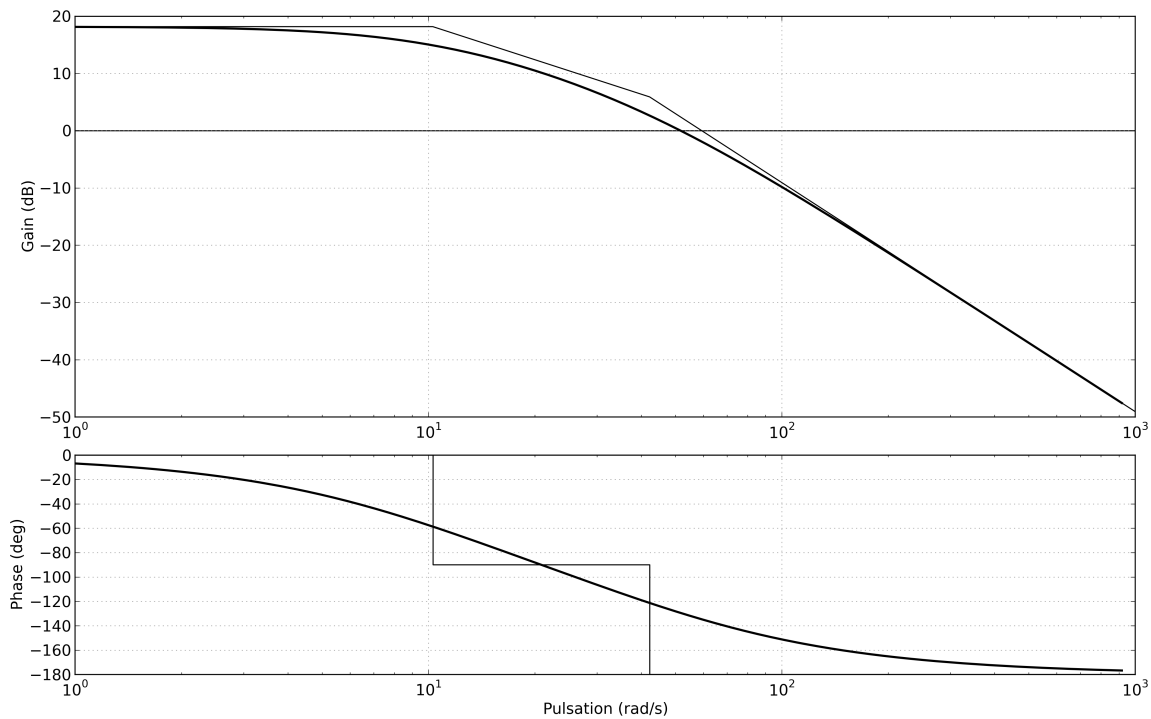


Figure 3 : Diagramme des exigences

La vitesse de rotation du maneton 1 est asservie. La vitesse de consigne Ω_c est comparée à la vitesse réelle du maneton Ω_r mesurée par une génératrice tachymétrique de gain $k_G=0.0107$ V/(rad/s) par l'intermédiaire d'un réducteur à engrenage. L'écart est ensuite corrigé par un correcteur de fonction transfert $C(p)$ pour commander le variateur de gain k_V . Le variateur alimente un moteur asynchrone (230 V, 50 Hz) de fonction transfert $M(p)$. Un réducteur à roue et vis sans fin (1/50) permet d'adapter la puissance mécanique en sortie du moteur pour entraîner le maneton 1 en rotation.



Diagrammes de Bode de la FTBO non corrigée $H(p)$

TRAVAIL

Pour les 2 objectifs suivants, on vous demande de :

1. présenter une démarche permettant de résoudre le problème ;
2. en suivant les indications de l'examinateur, développer tout ou partie de votre démarche.

Objectif 1

Proposer un modèle de l'asservissement en vitesse du maneton, puis un correcteur et son réglage permettant à cet asservissement de répondre aux exigences du cahier des charges.

Objectif 2

On souhaite prendre en compte la perturbation due au couple résistant développé par l'effort de contact entre le galet 2 et le plateau 3.

Proposer une démarche permettant de déterminer l'équation du mouvement modélisant ce couple résistant.

AIDE

Le schéma cinématique de la figure 1 peut-être complété par les données géométriques suivantes :

$$\vec{AB} = R \cdot \vec{x}_1 ; \vec{CB} = -\lambda \cdot \vec{x}_3 ; \vec{AC} = d \cdot \vec{x}_0 .$$

Le moteur exerce un couple sur le maneton modélisé par le torseur $\{T_{m \rightarrow 1}\} =_A \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & C_m \end{Bmatrix}_{B0} .$

La liaison entre le galet 2 et le maneton 3 est une liaison ponctuelle de normale (B, \vec{y}_3) dont le torseur

des actions mécaniques transmissibles est le glisseur : $\{T_{3 \rightarrow 2}\} =_B \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -F & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{B3} .$

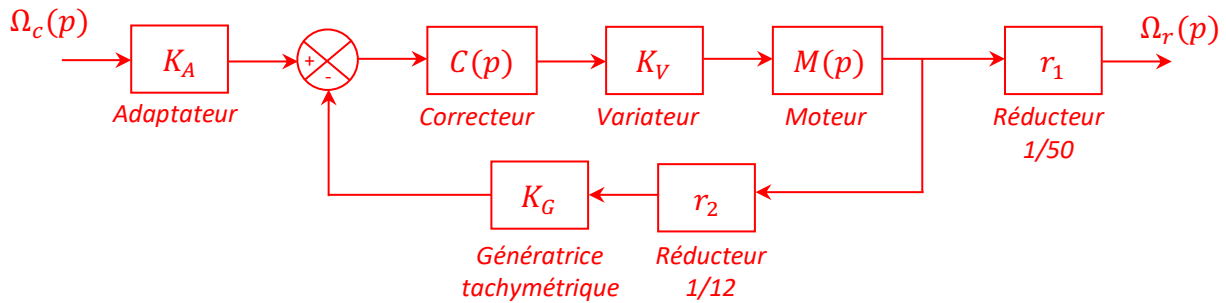
Soit J_m le moment d'inertie de l'ensemble axe moteur + axe réducteur + maneton 1 sur l'axe (A, \vec{z}_0) .

Soit J_3 le moment d'inertie de l'ensemble plateau 3 sur l'axe (C, \vec{z}_0) .

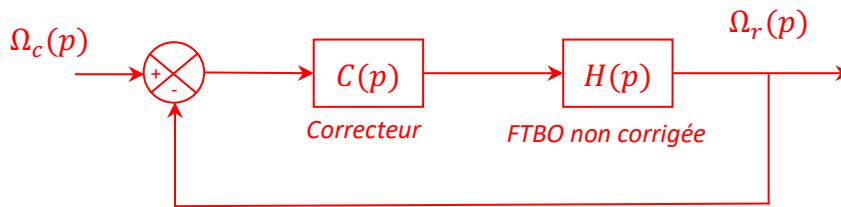
Objectif 1

Proposer un modèle de l'asservissement en vitesse du maneton, puis un correcteur et son réglage permettant à cet asservissement de répondre aux exigences du cahier des charges.

On trace le schéma-blocs de l'asservissement, en s'appuyant notamment sur le diagramme ibd fourni :



On peut préciser qu'on a nécessairement $K_A = K_G \times \frac{r_2}{r_1}$, et qu'on peut se ramener au schéma-blocs à retour unitaire suivant :



avec $H(p) = K_V \times M(p) \times K_G \times r_2$.

D'après le diagramme de Bode fourni, la FTBO non corrigée est de la forme $H(p) = \frac{K}{(1+\tau_1 p)(1+\tau_2 p)}$.

D'après le diagramme des exigences, on souhaite avoir un système précis en réponse à un échelon de consigne, **il faut donc que la FTBO soit de classe au moins 1** : on choisit pour cela un **correcteur PI** (proportionnel intégral), de fonction de transfert $C(p) = K_p \frac{1+\tau_i p}{\tau_i p}$.

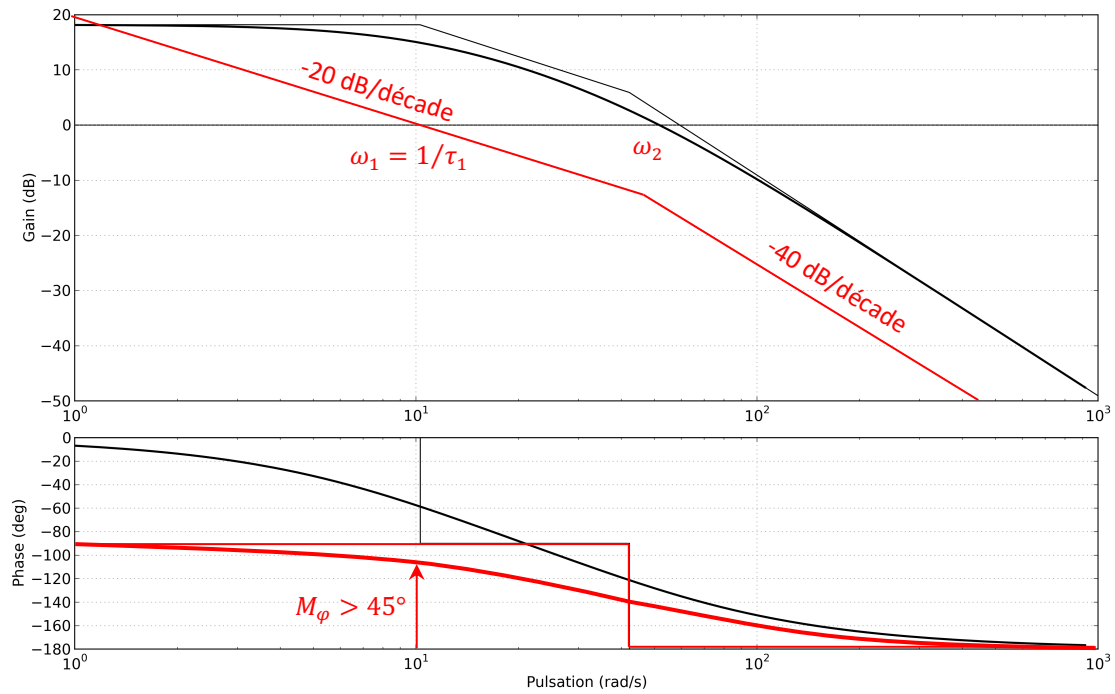
Puisque le système doit être rapide, on propose de compenser le pôle le plus lent de la FTBO :

$$\omega_1 = 10 \text{ rad/s} \Rightarrow \tau_1 = 0,1 \text{ s}$$

$$\omega_2 = 42 \text{ rad/s} \Rightarrow \tau_2 = 0,024 \text{ s}$$

On choisit donc $\tau_i = \tau_1$.

On a alors la FTBO corrigée : $H_c(p) = \frac{K_p}{\tau_1 p} \cdot \frac{K}{1 + \tau_2 p}$, et on trace son diagramme de Bode pour $K_p \times K = 1$:



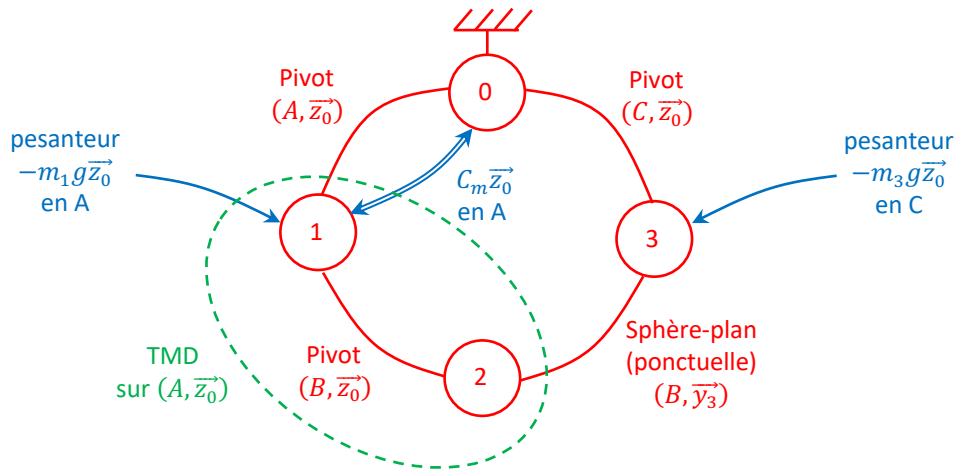
Ainsi, on a $\omega_{0dB} = \omega_1 = 10$ rad/s et la marge de phase est bien supérieure à 45° dans tous les cas, ce qui respecte précisément les exigences de rapidité et de stabilité du cahier des charges. On peut préciser que, de plus, $M_G = +\infty > 0$.

Objectif 2

On souhaite prendre en compte la perturbation due au couple résistant développé par l'effort de contact entre le galet 2 et le plateau 3.

Proposer une démarche permettant de déterminer l'équation du mouvement modélisant ce couple résistant.

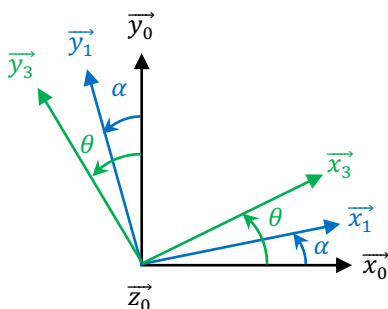
On trace le graphe de structure du mécanisme :



Il s'agit d'un mécanisme en chaîne fermée à un seul degré de liberté, mais il s'agit d'obtenir une équation du mouvement faisant apparaître le couple résistant dû à l'action mécanique dans la liaison sphère-plan entre 3 et 2. Or, cette liaison est modélisée sans frottements d'après le torseur fourni. Comme il s'agit d'une liaison parfaite, l'action mécanique associée n'apparaîtrait pas dans le bilan des puissances intérieures si l'on souhaitait utiliser le TEC. **Il faut donc utiliser de préférence un PFD ici !**

Il n'y a aucune donnée sur le poids des pièces 1 et 3, mais elles sont visiblement volumineuses. Il n'est donc pas judicieux de négliger l'action de la pesanteur. Mais au vu de la forme des pièces, la pesanteur s'applique sur leurs axes de rotation par rapport au bâti. En revanche, on choisit de négliger la masse et l'inertie du galet 2.

On isole {1+2}, soumis à 4 actions mécaniques extérieures : **on applique le TMD sur l'axe de la liaison pivot** (A, \vec{z}_0) pour ne pas faire apparaître d'inconnue de liaison, pour faire apparaître le couple moteur C_m , faire apparaître l'action de 3 sur 2, et ne pas faire apparaître l'action de la pesanteur (glisseur en A selon \vec{z}_0 , donc pas de moment sur l'axe).



$$\underbrace{\overrightarrow{\delta}_{A,1/0} \cdot \vec{z}_0}_{= J_m \ddot{\alpha}} + \underbrace{\overrightarrow{\delta}_{A,2/0} \cdot \vec{z}_0}_{= 0} = C_m + \underbrace{\overrightarrow{M}_{A,3 \rightarrow 2} \cdot \vec{z}_0}_{= \overrightarrow{AB} \wedge \overrightarrow{F}_{3 \rightarrow 2} = R \vec{x}_1 \wedge (-F \vec{y}_3) = -RF \cos(\theta - \alpha) \vec{z}_0}$$

(rotation autour d'un axe fixe) (masse et inertie négligées)

On obtient finalement :

$$J_m \ddot{\alpha} = C_m - \underbrace{RF \cos(\theta - \alpha)}_{\text{couple résistant}}$$