

Concours d'admission à l'École Navale
Filière PSI – Session 2015
Épreuve orale de Sciences Industrielles pour l'Ingénieur

En filière PSI, l'épreuve orale de Sciences Industrielles pour l'Ingénieur porte sur l'étude de systèmes complexes industriels et pluri-technologiques. Certains de ces systèmes sont présents dans les laboratoires des lycées, d'autres ont été développés pour le concours.

La problématique des sujets s'applique à suivre la démarche de l'Ingénieur. Un cahier des charges est donné et tout au long du sujet, l'étude porte sur la comparaison des performances du système réel et de ses modèles à celles préconisées par le cahier des charges.

1. Déroulement de l'épreuve

La durée de l'épreuve est d'une heure divisée en deux parties de 30 minutes pour la préparation puis la présentation devant l'examinateur.

La préparation de l'épreuve, d'une durée de 30 minutes, se déroule en loge. La calculatrice est indispensable. Le candidat doit préparer l'épreuve sur du brouillon fourni.

La présentation devant l'examinateur est d'une durée de 30 minutes. Le sujet est projeté sur un écran. Le candidat peut alors commenter les courbes, schémas et documents pendant l'épreuve. Il dispose aussi d'un tableau pour présenter ses résultats et démonstrations.

Le début de l'épreuve (5 minutes maximum) doit permettre de présenter l'analyse fonctionnelle et structurelle du système étudié. Cette analyse devra se faire impérativement avant de répondre aux questions du sujet. L'analyse fonctionnelle devra permettre de contextualiser l'étude, présenter la fonction de service du système ainsi que les performances qu'il doit vérifier. L'analyse structurelle met en évidence les composants du système, les flux d'énergie, de matière et d'information. Elle peut elle aussi être présentée sous forme de diagrammes à réaliser ou à compléter.

Ce début d'épreuve est primordial pour acquérir une vision globale du système et de la problématique.

Pour la suite de l'épreuve, le candidat devra aborder les différentes parties du sujet. Le temps de préparation est insuffisant pour aborder toutes les questions, il sera donc demandé au candidats de poursuivre les études pendant le temps de présentation. Il est demandé au candidat d'expliquer les objectifs de chaque question et, si cela le nécessite, de faire des retours systématiques aux exigences du cahier des charges.

2. Compétences évaluées

Un oral de Sciences Industrielles pour l'Ingénieur est une épreuve où les compétences de

communication, d'analyse et de synthèse représentent une part importante de l'évaluation. Lors de l'épreuve toutes les compétences suivantes seront évaluées :

- **analyser** ;
- **modéliser** ;
- **expérimenter** ;
- **résoudre** ;
- **communiquer**.

La compétence « **analyser** » sera principalement évaluée dans la première partie de l'épreuve. Il sera demandé, entre autres, de commenter les écarts entre le système réel, le modèle et les performances annoncées par le cahier des charges.

La compétence « **modéliser** » sera évaluée dans les différentes études en cherchant à obtenir des modèles de connaissance ou de comportement des composants du système étudié. Le candidat devra être capable d'appliquer les théorèmes et principes généraux pour modéliser tout ou partie du système. Il devra aussi être capable de proposer et d'identifier numériquement des modèles simples à partir de résultats expérimentaux.

Dans le cas de la compétence « **expérimenter** », le système n'étant pas présent physiquement lors de l'épreuve, le candidat devra néanmoins être capable :

- de proposer un protocole expérimental afin de répondre à une problématique technique ;
- d'analyser des résultats expérimentaux fournis ;
- d'identifier des modèles de comportement.

La compétence « **résoudre** » permettra d'évaluer la capacité du candidat à relier les caractéristiques des modèles aux performances du système. Il sera demandé au candidat de faire preuve d'un recul important sur les valeurs obtenues.

La compétence sera évaluée en demandant aux candidats de commenter les écarts entre le système réel, le modèle et les performances annoncées par le cahier des charges.

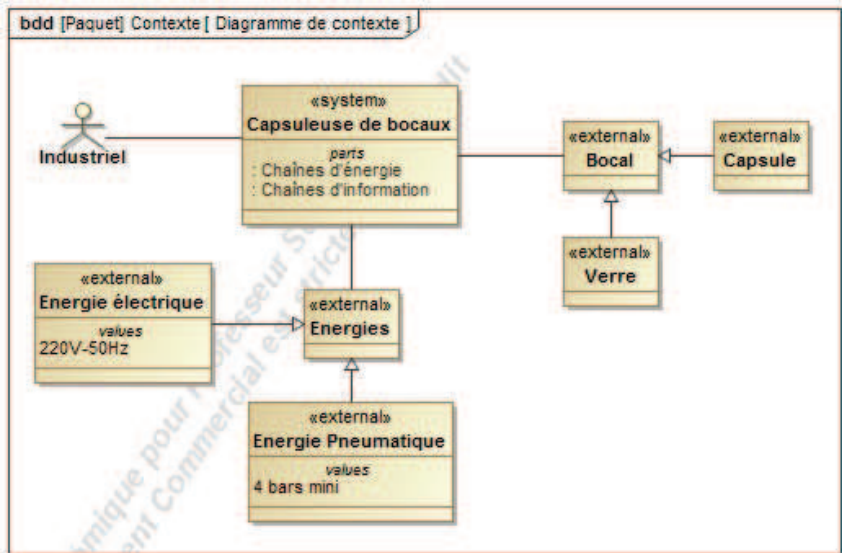
Enfin, tout au long de l'épreuve, la compétence « **communiquer** » sera évaluée en demandant au candidat de faire preuve de rigueur, de dynamisme, d'esprit de synthèse.

CAPSULEUSE DE BOCAUX

- Remarques générales :**
- Débuter votre présentation par la présentation fonctionnelle et structurale du système ;
 - Si vous n'avez pas mené à terme certaines questions, attachez-vous à expliquer les méthodes de résolution.

PRESENTATION DU SUPPORT

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.



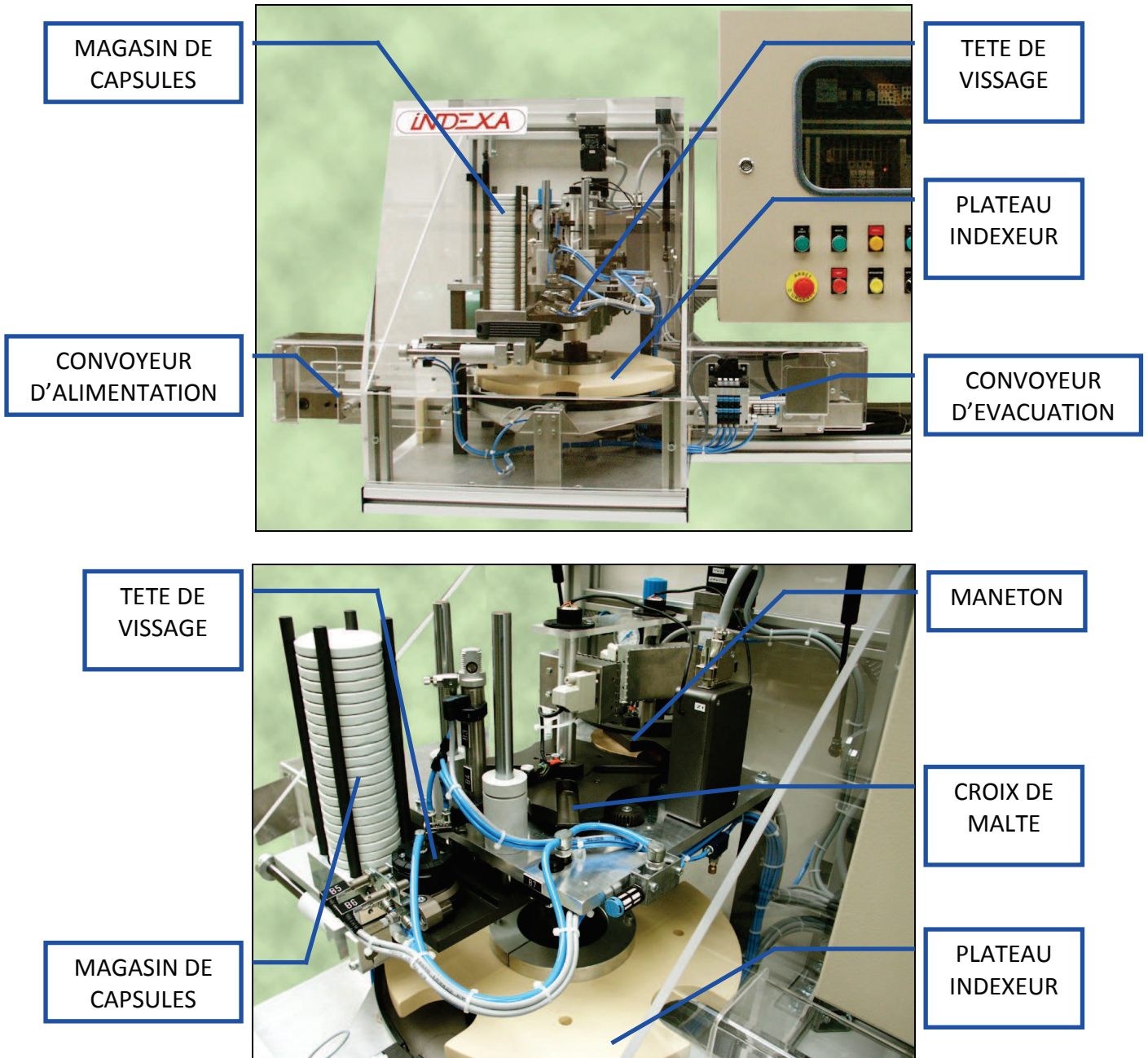
Caractéristiques principales de la capsuleuse :

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.

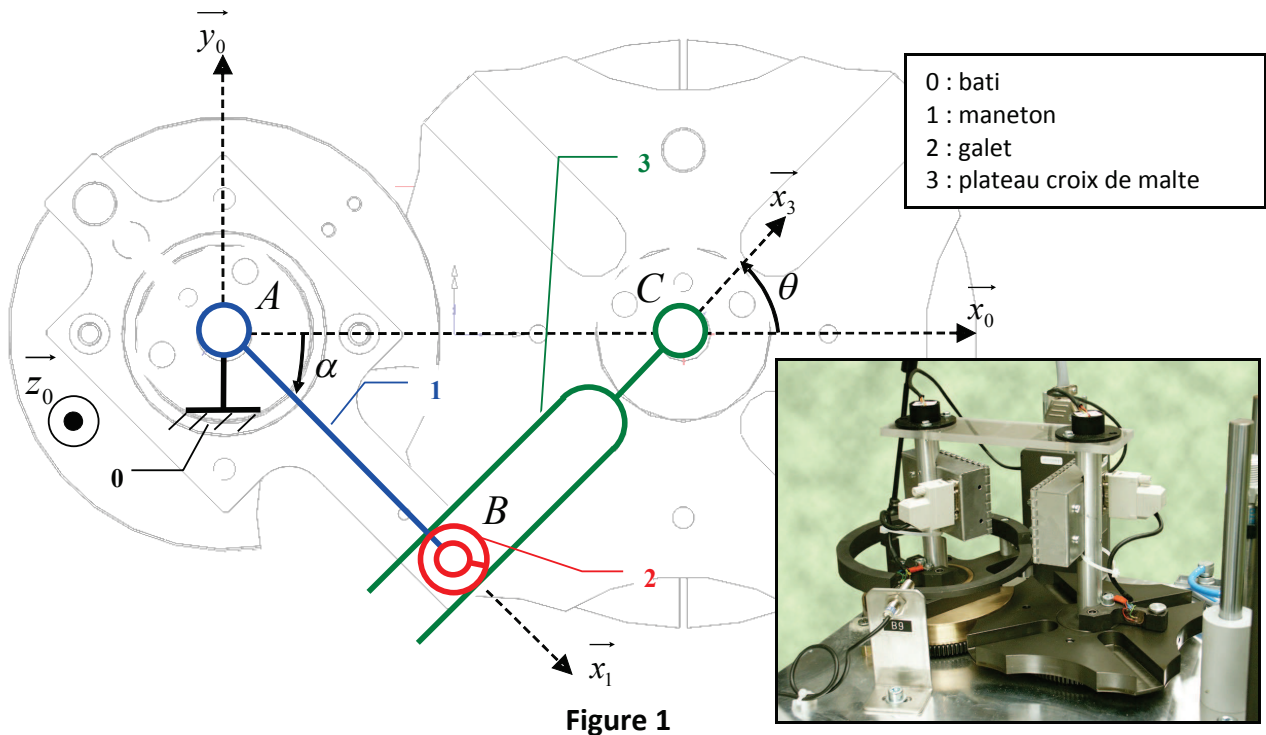
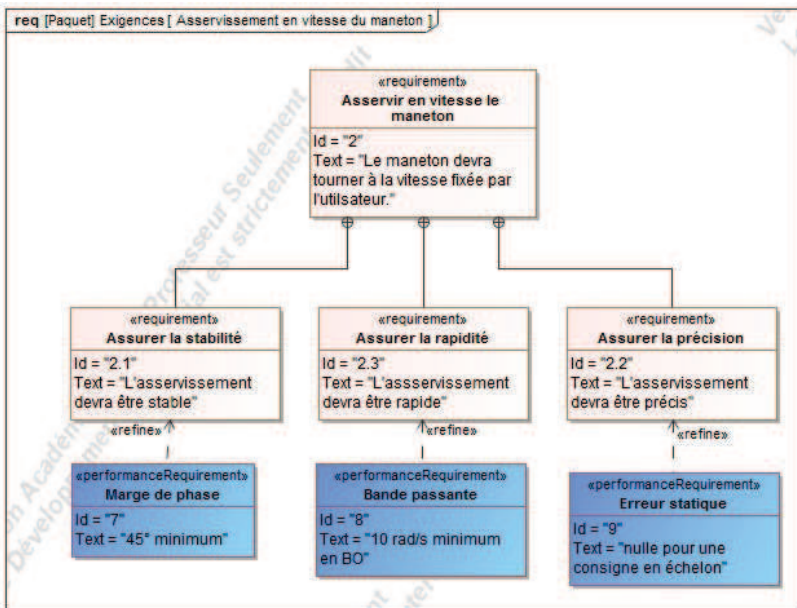


Figure 1

MODELISATION DE L'ASSERVISSEMENT EN VITESSE DU MOTEUR ASYNCHRONE

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 $k_G=0.0107 \text{ V}/(\text{rad}/\text{s})$ 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.



En sortie du réducteur le système à Croix de malte (maneton + plateau) permet de transformer la vitesse de rotation continue en vitesse de rotation indexée sur 90 degrés. Le plateau va déplacer le bocal de 90 degrés.

1. Expliquer le fonctionnement d'une génératrice tachymétrique. Présenter le protocole permettant d'obtenir la vitesse angulaire à partir de ce composant.

ANALYSER : identifier les fonction des différents constituants

2. A l'aide du diagramme de blocs internes de la figure 2, tracer le schéma bloc de l'asservissement de vitesse de rotation du maneton Ω_r .

ANALYSER : identifier la structure d'un système asservi

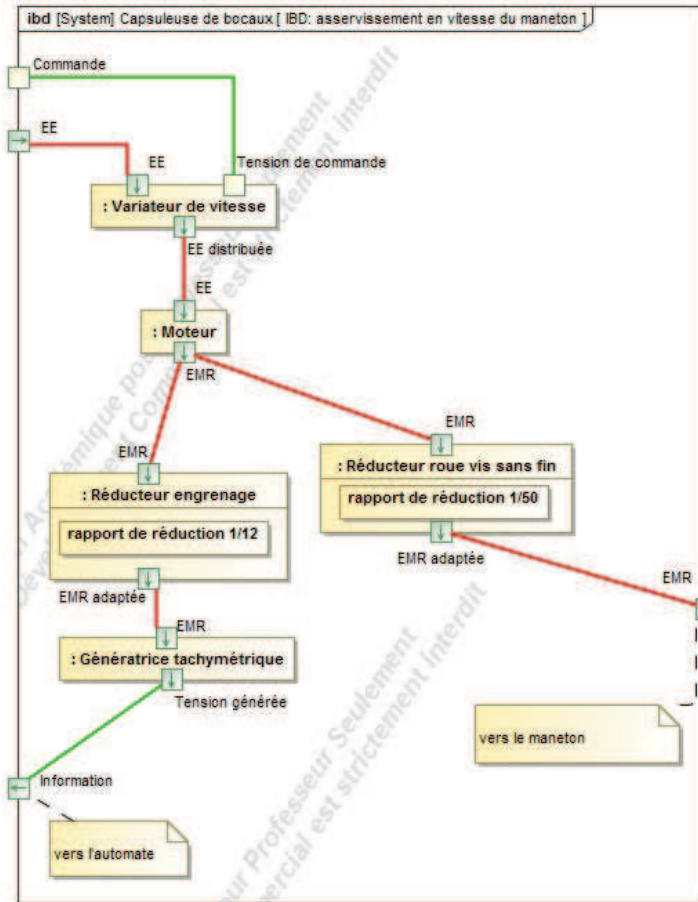


Figure 2 : diagramme de blocs internes

Le schéma bloc de cet asservissement peut se ramener au schéma à retour unitaire de la figure 3. Un essai (avec un correcteur $C(p)=1$) a été mené avec une consigne de vitesse Ω_c de 15 tr/min lorsque le maneton n'est pas en contact avec le plateau. Le résultat de cette mesure est représenté à la figure 4.

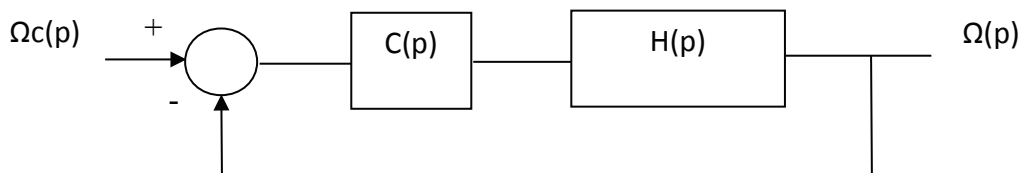


Figure 3

3. Indiquer les performances en précision et en rapidité. Conclure en se référant au diagramme des exigences de la page 3.

ANALYSER : Caractériser des écarts

4. Proposer un modèle pour la fonction transfert en boucle fermée de l'asservissement (voir annexe 2).

EXPERIMENTER : Identifier un modèle de comportement

5. En déduire la fonction H(p) de la chaîne d'action.

MODELISER : Proposer un modèle de comportement

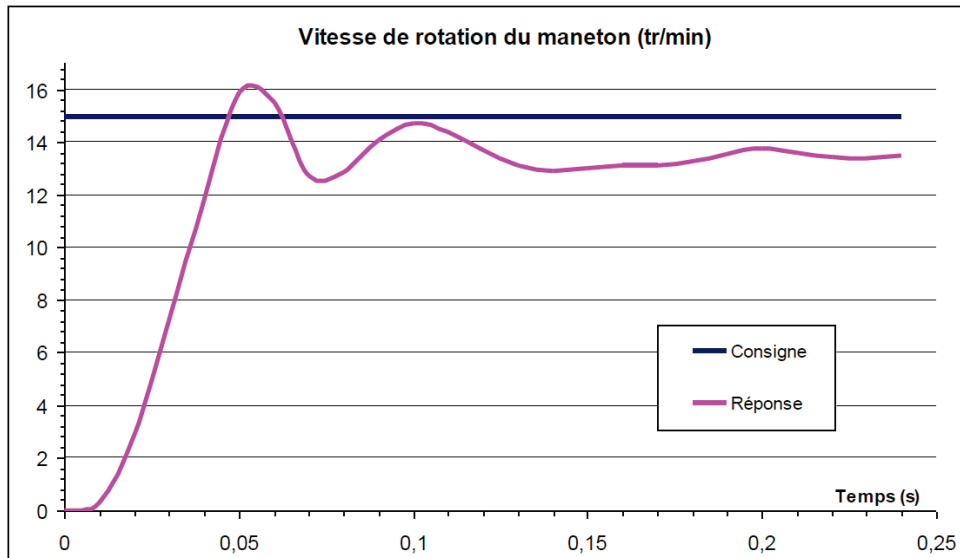


Figure 4 : réponse de l'asservissement de vitesse à une consigne en échelon

Afin d'améliorer la précision et la rapidité de l'asservissement on envisage le correcteur proportionnel intégral suivant :

$$C(p) = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot p} \right)$$

La réponse fréquentielle asymptotique de ce correcteur est donnée en annexe 1 ainsi que les tracés des diagrammes de Bode de H(p).

6. Justifier le choix de ce correcteur. Quelle(s) exigence(s) permet de vérifier ce correcteur ?

CONCEVOIR : Choisir un type de correcteur

7. Proposer une méthode pour déterminer les coefficients K_p et T_i pour avoir une marge de phase de 45°. Conclure sur le respect des exigences.

RESOUDRE : Proposer la démarche de réglage d'un correcteur PI

PRISE EN COMPTE DE LA PERTURBATION

Lorsque le maneton 1 entre en contact avec le plateau 3, l'effort de contact développe un couple résistant perturbant l'asservissement de vitesse. L'objectif de cette partie est de modéliser cette perturbation.

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 $\{T_{m \rightarrow 1}\} = \begin{matrix} \left. \begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & C_m \end{matrix} \right\}_{B0}$.

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) .

Une étude dynamique a permis d'écrire les équations différentielles suivantes:

$$\begin{cases} C_m - RF \cdot \cos(\alpha - \theta) = J_m \cdot \ddot{\alpha} \\ J_3 \cdot \ddot{\theta} = -F \cdot \lambda \end{cases}$$

8. Expliquer comment sont obtenues les équations différentielles du mouvement. Préciser le(s) théorème(s) utilisé(s), les hypothèses retenues, le système isolé...

RESOUDRE : Proposer une démarche permettant la détermination de la loi de mouvement

9. Montrer que le couple résistant s'exerçant sur le maneton ne dépend que de R, d, J_3, α et ses dérivées.

RESOUDRE : Déterminer les efforts extérieurs quand le mouvement est imposé

Un essai a été réalisé pour une vitesse de rotation de consigne de 15 tr/min. L'évolution en fonction du temps du couple s'exerçant sur le maneton est donnée sur la figure 4.

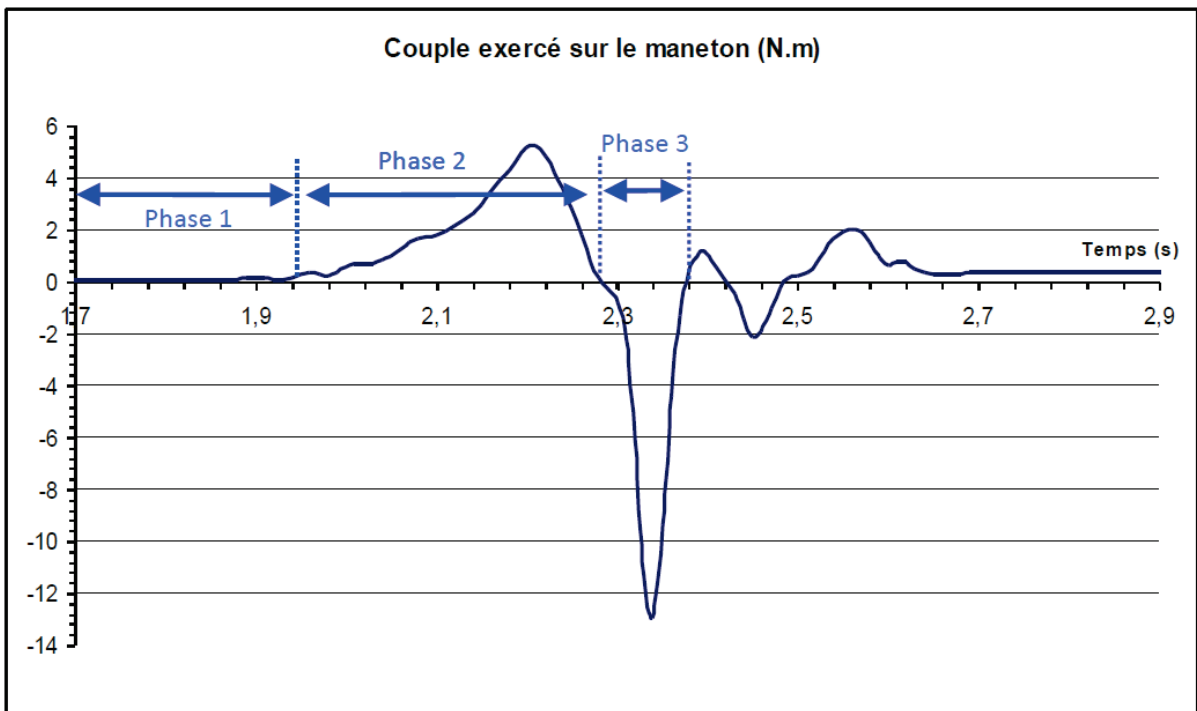


Figure 4

10. Justifier la valeur du couple lors de la phase 1.

EXPERIMENTER : Mettre en évidence l'influence d'un paramètre sur les performances

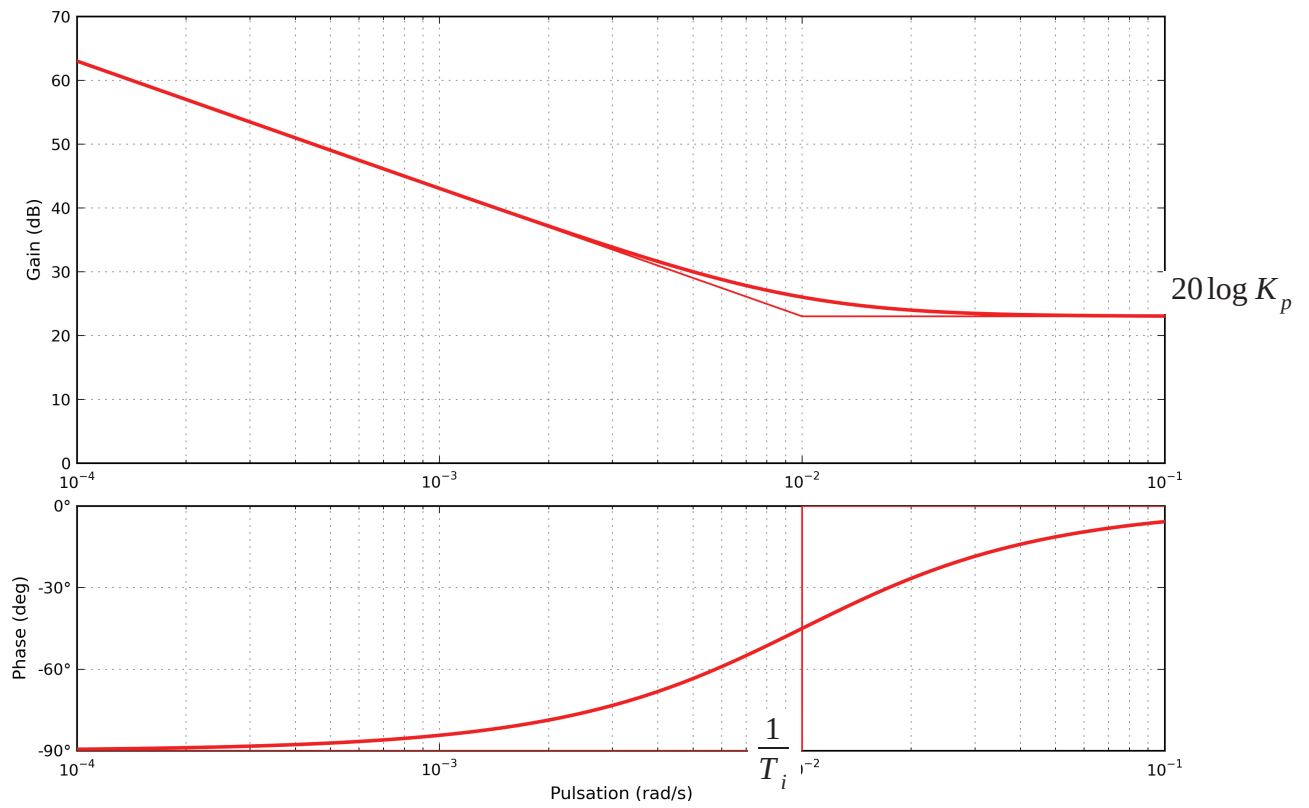
11. Commenter l'évolution du couple moteur lors de la phase 2. Pourquoi augmente-t-il pour diminuer ensuite ?

EXPERIMENTER : Mettre en évidence l'influence d'un paramètre sur les performances

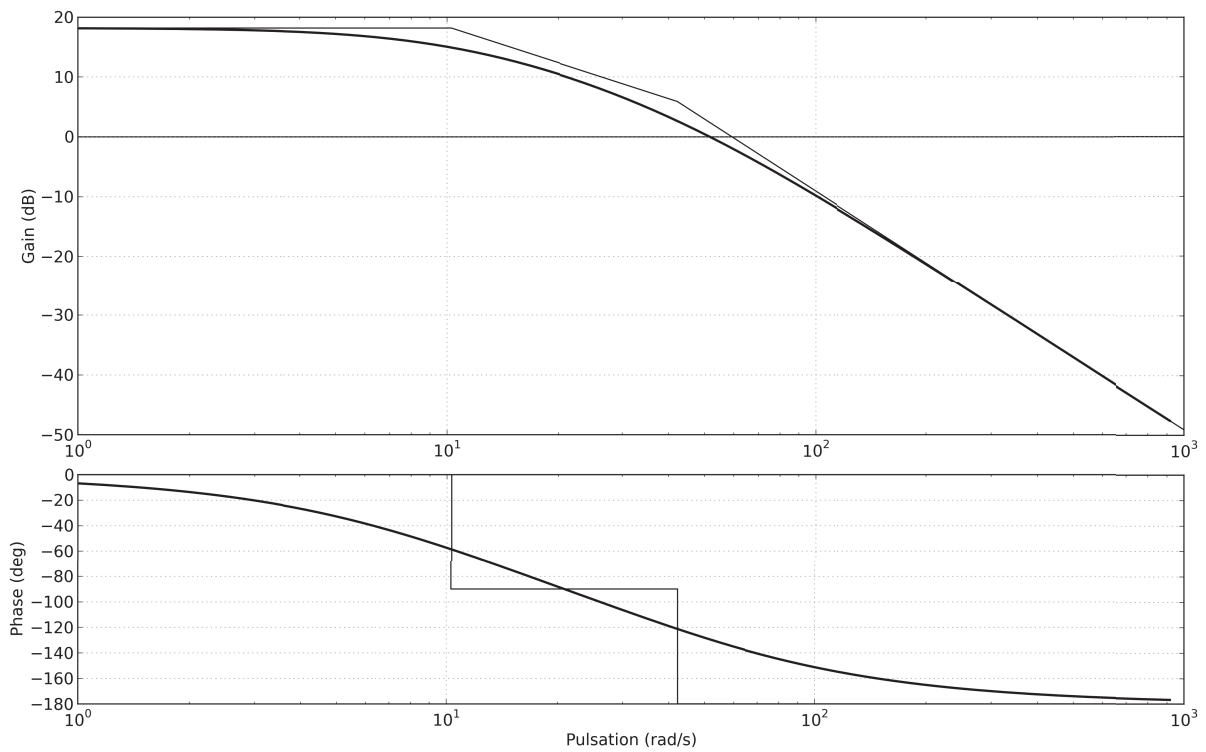
12. Commenter l'évolution du couple lors de la phase 3. Pourquoi a-t-il changé de signe ?

EXPERIMENTER : Mettre en évidence l'influence d'un paramètre sur les performances

ANNEXE 1

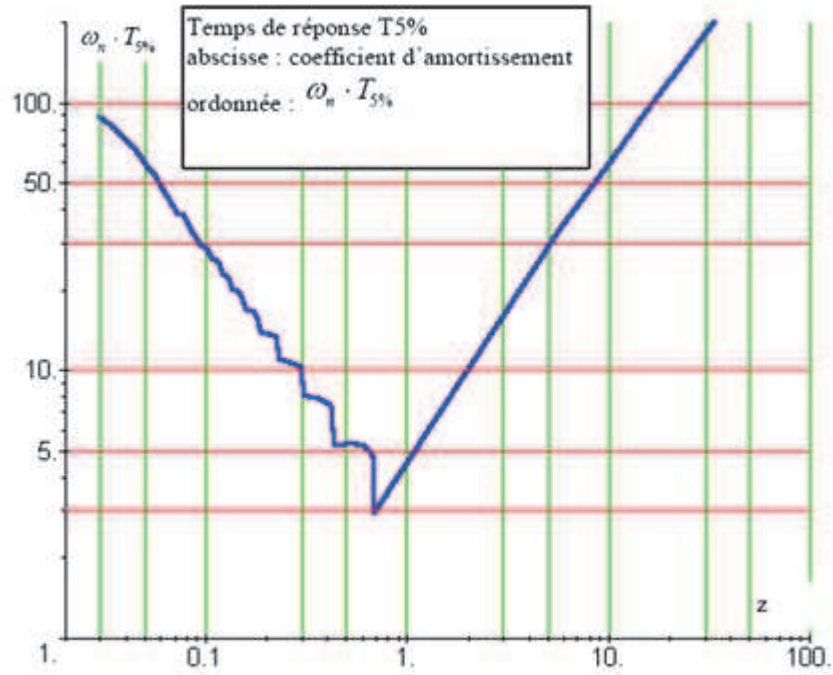


Réponse fréquentielle du correcteur PI

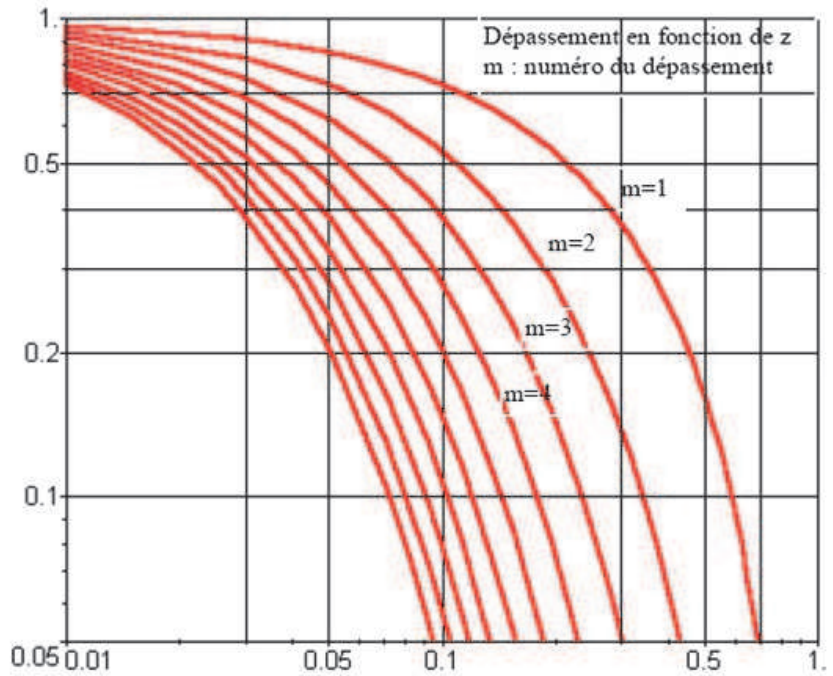


Diagrammes de Bode de la FTBO non corrigée H(p)

ANNEXE 2



Abaque du temps de réponse d'un modèle d'ordre 2



Abaque des dépassements d'un modèle d'ordre 2