

Barrière

Listes des annexes et documents réponses

✓ Annexe 1	Description du mécanisme
✓ Annexe 2	Cahier des charges général
✓ Annexe 3	Synoptiques de la barrière réelle et en situation de TP
✓ Annexe 4	Caractéristiques du moteur asynchrone
✓ Annexe 5	Notations et grandeurs caractéristiques
✓ Annexe 6	Loi d'entrée sortie du mécanisme
✓ Annexe 7	Notice d'utilisation de Did'acsyde
✓ Annexe 8	Génératrice tachymétrique et oscilloscope
✓ Annexe 9	Régulateur PI sur le variateur ATV 31
✓ Document réponse 1	Actions mécaniques extérieures
✓ Document réponse 2	Inertie équivalente
✓ Document réponse 3	Graphes des lois entrée-sortie
✓ Document réponse 4	Schéma-bloc à compléter

Plan du TP

1. Analyse de la problématique.....	3
1.1. Présentation du support.....	3
1.2. Analyse structurelle du système	3
1.3. Analyse du comportement et de la commande.....	4
1.4. Évolution du support.....	5
2. Identification et validation d'un modèle de comportement du système en boucle ouverte.....	5
2.1. Analyse des efforts mis en jeu.....	5
2.2. Analyse des grandeurs inertielles.....	6
2.3. Loi de comportement du moteur et linéarisation du modèle	7
2.4. Validité du modèle et analyse du comportement réel	9
3. Implantation d'un asservissement en vitesse.....	10
3.1. Cahier des charges.....	10
3.2. Mise en place de la structure de l'asservissement en vitesse	11
3.3. Réglage de l'asservissement.....	11
4. Validation de la robustesse de l'asservissement en vitesse.....	12

Introduction

Cette épreuve d'une durée de 4 heures n'est pas une épreuve écrite. Il n'est pas demandé de rédiger un compte-rendu. Elle s'articule en deux parties.

À la fin de la première partie, d'une durée d'environ 45 minutes, un exposé (durée maximale de 5 min) est demandé au candidat. Cet exposé doit lui permettre de présenter le support et la problématique et mettre en évidence l'écart existant entre les performances attendues du support et les performances mesurées lors de cette première partie. Un échange avec l'examineur suivra l'exposé. Dès qu'il est prêt, le candidat doit le signaler à l'examineur et poursuivre, sans attendre, son travail.

Pendant la deuxième partie, les activités proposées permettront au candidat de :

- vérifier les performances attendues d'un système complexe ;
- construire et valider, à partir d'essais, des modélisations d'un système complexe ;
- prévoir des performances d'un système complexe en vue d'imaginer et choisir des solutions d'évolution répondant à un besoin exprimé.

Au cours de l'interrogation, des éléments seront fournis au candidat pour lui permettre de construire une synthèse finale, et ce quel que soit le nombre d'activités abordées par le candidat. Cette synthèse (3 minutes maximum), présentée pendant le dernier quart d'heure de l'épreuve, doit permettre au candidat de :

- Conclure quant à la problématique abordée dans le TP ;
- Préciser la ou les démarche(s) qu'il a été amené à conduire pour répondre au problème posé ;
- Montrer sa capacité à utiliser les résultats obtenus (simulés ou mesurés) pour décider et choisir une évolution technique en rapport avec un cahier des charges.

Lors de cette épreuve, **la qualité de la prestation orale est évaluée.**

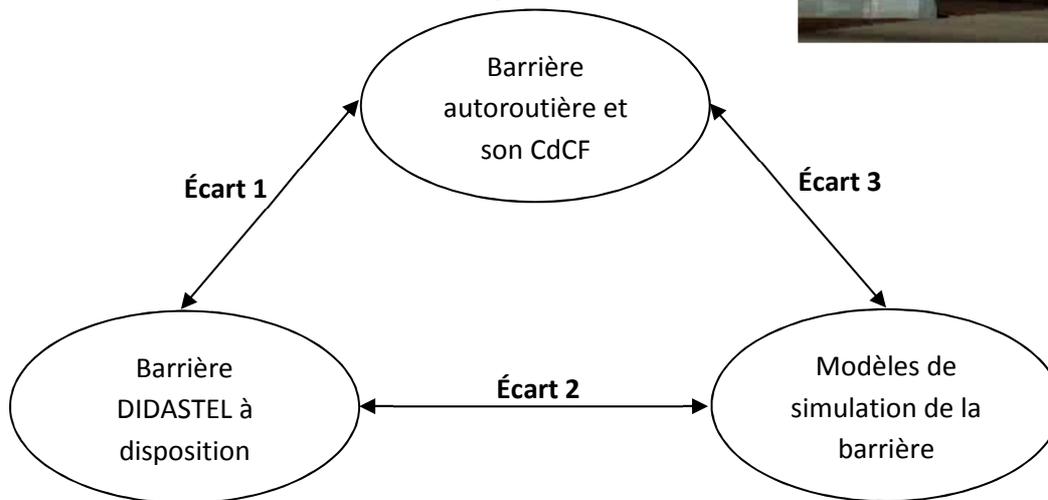
Pour illustrer ses présentations, les dessins, schémas et graphes utilisés seront élaborés avec soin.

1. Analyse de la problématique

1.1. Présentation du support

Le système étudié est une barrière de parking utilisée sur les autoroutes. La présentation de cette barrière se trouve dans l'Annexe 1.

Le diagramme des intérateurs ainsi que le cahier des charges du système, dans sa phase de vie parc autoroutier, est fourni dans l'Annexe 2. Le tryptique ci-dessous fournit les écarts de la démarche de l'ingénieur sur lesquels vous pourrez vous appuyer dans l'ensemble de votre étude et votre synthèse.



1.2. Analyse structurelle du système

Objectifs : identifier les différents constituants des chaînes d'énergie et d'information ainsi que leur fonction au sein du système.

Question 1. Analyse des chaînes fonctionnelles

- Dans le menu « PILOTER ET MESURER » puis « PILOTER », établir la connexion en plaçant sur ON le sélecteur. Tester le comportement de la barrière en actionnant les boutons Ouvrir, Fermer et Couper.
- Retourner dans le Menu Général puis, en parcourant le Menu « Les Constituants », à la fois au niveau de la Partie Opérative et de la Partie Commande, proposer, à l'aide d'un outil de description structurelle, une organisation des différents constituants de ce système, dans le cadre de l'application en utilisation autoroutière.
- Quelle(s) différence(s) observez-vous entre les constituants du système industriel et la barrière présente devant vous au niveau de la chaîne d'énergie ?
- Quel est le rôle de la masse mobile dans le cadre du support de travaux pratiques ?

Question 2. Justification des solutions technologiques vis-à-vis du cahier des charges

- En consultant le cahier des charges en annexe 2, ainsi que le Menu « Le Contexte », « Utilisation Autoroutière », justifier la réversibilité nécessaire de la chaîne d'énergie.

- b) Sur quel composant de la chaîne d'énergie doit-on agir pour garantir la vérification de la performance d'ouverture associée à la Fonction de Service FC4 quelle que soit la position de la masse mobile ?

1.3. Analyse du comportement et de la commande

Objectifs : analyser expérimentalement l'influence de la masse sur le comportement de la barrière lors d'une ouverture ou d'une fermeture.

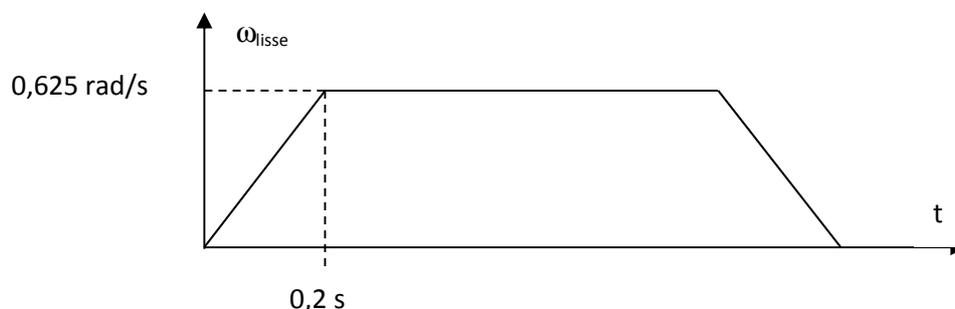
Dans le menu Piloter et Mesurer du logiciel Sympact, le sous menu Mesurer permet de réaliser des mesures expérimentales.

Question 3. Analyse de la commande

- a) Activer le Menu « Paramètres variateur du pilotage de la Sympact » à l'aide de l'icône  et dans la fenêtre qui apparaît, fixer les valeurs numériques suivantes aux différents paramètres de pilotage de la barrière :
- fréquence de pilotage en fermeture et ouverture 10 Hz ;
 - accélération/décélération 50 Hz/s ;
 - Maintien fermée : 5 Hz et Maintien ouverte : 0 Hz.



Sous les hypothèses de linéarité et de suivi parfait de cette loi de pilotage imposée au niveau du variateur de vitesse, on obtient une loi en trapèze de vitesse symétrique au niveau de la lisse définie partiellement ci-dessous :



- b) Déterminer alors le temps prévisible de montée et de descente de la lisse.

Question 4. Comparaison aux résultats expérimentaux

- a) On placera la masse mobile en position minimale. En cliquant sur l'icône  après avoir imposé les paramètres dans le variateur, faire afficher les courbes de position et de fréquence de pilotage du moteur (sélectionner l'affichage de la fréquence de pilotage).



- b) Déterminer alors le temps mis par le système pour réaliser le mouvement, en ouverture et en fermeture.
- c) Refaire les mesures avec la masse mobile en position maximale et expliquer les différences de comportement observées.
- d) En comparant les deux courbes de fréquence de pilotage moteur, peut-on dire que la barrière est asservie en position ?

1.4.Évolution du support

On souhaite faire évoluer les fonctionnalités de la barrière pour davantage de flexibilité :

- la durée de montée et de descente doit être indépendante de la longueur de lisse ;
- le changement de lisse doit être rapide, sans nécessité d'intervention d'un opérateur, ni sur le variateur, ni sur la partie opérative.

En conséquence, il a été décidé :

- d'implanter sur la barrière une lisse coulissante de longueur variable ;
- d'asservir la barrière en vitesse.

FIN DE LA PREMIÈRE PARTIE

La conception de l'évolution de la barrière se divise en trois parties dont les objectifs sont les suivants :

- dans la partie 2, identifier et valider le modèle de comportement de la barrière en boucle ouverte ;
- dans la partie 3, proposer une structure d'asservissement puis régler cet asservissement afin que la barrière soit conforme au cahier des charges ;
- dans la partie 4, vérifier que l'objectif final est atteint, à savoir : une durée de montée et de descente indépendante de la longueur de lisse.

2. Identification et validation d'un modèle de comportement du système en boucle ouverte

Pour les questions suivantes, vous pouvez vous aider de l'Annexe 5 et de l'Annexe 6.

2.1. Analyse des efforts mis en jeu

Objectifs :

- modéliser les actions mécaniques mises en jeu ;
- comparer le comportement statique de la barrière de TP par rapport à la barrière en situation normale d'utilisation ;
- analyser le comportement statique de la barrière hors énergie.

Question 5. Faire le bilan des actions mécaniques extérieures qui s'exercent sur l'ensemble {bielle, lisse}.

Question 6. Modélisation des actions mécaniques

- Définir le torseur d'action mécanique de la pesanteur en O, situé sur l'axe de rotation, pour la lisse réelle et pour la lisse de TP, en fonction des grandeurs caractéristiques.
- Définir le torseur d'action mécanique du ressort de torsion en O, en fonction des grandeurs caractéristiques.

On donne pour la suite :

- $\vec{M}_0(pes \rightarrow lisse). \vec{z} = -B_1 = -31,4 \text{ N.m}$ lorsque $\theta = 0^\circ$ et que $l_a = 0,17 \text{ m}$
- $\vec{M}_0(pes \rightarrow lisse). \vec{z} = -B_2 = -45,1 \text{ N.m}$ lorsque $\theta = 0^\circ$ et que $l_a = 0,66 \text{ m}$

Hypothèses :

- seuls les poids et masse de la lisse seront pris en compte ; les poids et masses des autres pièces sont négligés ;
- le problème est plan.

Le document réponse 1 représente l'allure du module du moment en O de la pesanteur noté $|C_p|$ en fonction de l'inclinaison de la lisse θ pour différentes longueurs de lisse, dans le cas de la barrière en situation normale d'utilisation.

Question 7. Vérifier que la barrière en situation de TP est statiquement équivalente à une lisse de longueur variable de 2,5 m à 3 m.

Question 8. Comportement hors énergie

- Compléter cette figure avec le module du couple de torsion du ressort $|C_R|$ en fonction de θ ;
- Que peut-on en conclure sur le comportement mécanique de la barrière hors énergie pour les différentes longueurs de lisse représentées ?

2.2. Analyse des grandeurs inertielles

Objectifs :

- comparer les caractéristiques inertielles de la barrière en situation normale et en situation de TP ;
- proposer un modèle de comportement dynamique linéarisé de la barrière.

Question 9. Définir, en fonction des grandeurs caractéristiques, le moment d'inertie selon son axe de rotation de la lisse en situation normale d'utilisation, et en situation de TP.

Question 10. Donner la démarche permettant d'obtenir J_{eq} l'inertie équivalente de l'ensemble des pièces en mouvement, ramenée à l'axe moteur, en fonction des grandeurs caractéristiques. L'expression littérale n'est pas demandée. Justifier qu'elle ne soit pas constante.

Le document réponse 2 représente l'évolution de J_{eq} en fonction de θ l'inclinaison de la lisse par rapport à l'horizontale pour différentes longueurs de lisse, pour une barrière en situation normale (lisse de 3 m) et une barrière de TP (position de la masse mobile la plus éloignée).

Question 11. Que peut-on conclure sur le comportement dynamique des deux types de barrières ?

On se place dans le cadre d'une barrière en situation de TP, et pour une position de masse mobile $l_a = 0,17$ m (position minimale).

Dans l'objectif de prévoir et d'étudier le procédé avec les outils et les méthodes des systèmes linéaires, il est nécessaire de linéariser la loi entrée sortie.

Question 12. En utilisant l'annexe 6 et le graphe du document réponse 3, déterminer le coefficient C de la loi entrée-sortie linéarisée, ainsi que son domaine de validité, tel que $\omega = C\omega_m$. En déduire alors la valeur numérique de J_{eq} dans la configuration d'étude (notée J_{eq1}) et lorsque la masse est placée en position maximale (notée J_{eq2}).

Question 13. Déterminer l'équation de mouvement de la lisse permettant de compléter le schéma bloc du document réponse 4 (en dehors du premier bloc). On précisera la méthode utilisée, les hypothèses effectuées et les signes des comparateurs.

2.3. Loi de comportement du moteur et linéarisation du modèle

Objectifs :

- compléter le modèle de la chaîne de motorisation par identification d'un modèle de comportement du moteur asynchrone ;
- analyser la stabilité de la fonction de transfert en boucle ouverte.

Nous revenons à la loi de pilotage en trapèze des vitesses du moteur asynchrone par le variateur de vitesse. On conserve les valeurs suivantes pour les paramètres de pilotage :

- o fréquence de pilotage en fermeture et ouverture 10 Hz,
- o accélération/décélération 50 Hz/s ;

Dans la mesure où le moteur asynchrone comprend 2 paires de pôles, la vitesse de rotation du champ magnétique tournant, appelée vitesse de synchronisme, correspond à la fréquence pilotée divisée par 2.

Question 14. Tracer l'évolution temporelle de la vitesse de synchronisme, en tr/min, du champ magnétique tournant dans le moteur asynchrone et préciser les durées de chaque phase.

Le moteur a été muni, pour envisager un asservissement en vitesse ultérieur, d'une génératrice tachymétrique dont vous pouvez observer la valeur de la tension aux bornes au moyen d'un oscilloscope. L'Annexe 8 fournit la documentation de la génératrice tachymétrique utilisée ainsi que la méthode d'acquisition sur oscilloscope.

Question 15. Acquisition et analyse de la vitesse moteur

- Rappeler le principe de fonctionnement d'une génératrice tachymétrique et justifier que le signal observé à l'oscilloscope permet de déduire la vitesse de rotation du moteur.
- Réaliser l'acquisition sur l'oscilloscope de la vitesse de rotation du moteur **pendant la phase d'ouverture**, pour la masse en positions minimale puis maximale.
- Interpréter les écarts observés entre les deux courbes et avec l'évolution temporelle de la vitesse de synchronisme.

La modélisation du comportement statique du moteur asynchrone est fournie dans l'annexe 4.

Question 16. Proposer un modèle de comportement du moteur permettant alors de compléter le schéma-bloc du document réponse 4.

On note :

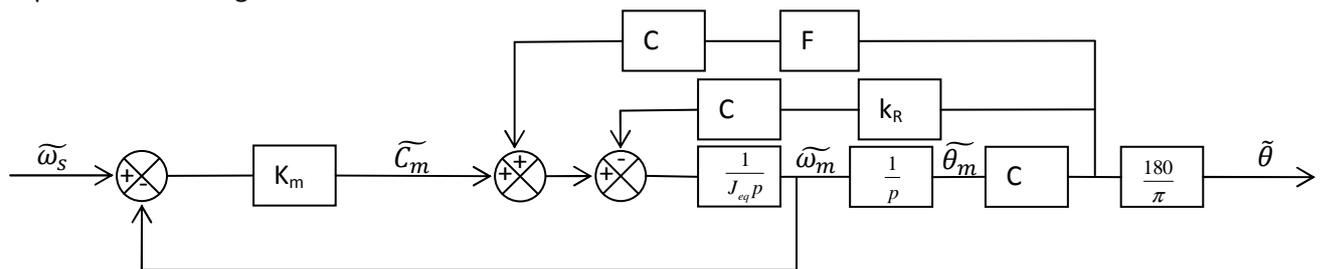
- $\theta = \theta_0 + \tilde{\theta}$;
- $\theta_m = \theta_{m0} + \tilde{\theta}_m$;
- $C_m = C_{m0} + \tilde{C}_m$;
- $\omega_m = \omega_{m0} + \tilde{\omega}_m$;
- $\omega_s = \omega_{s0} + \tilde{\omega}_s$;

où $\tilde{\theta}$, $\tilde{\theta}_m$, \tilde{C}_m , $\tilde{\omega}_m$ et $\tilde{\omega}_s$ sont les variations de θ , θ_m , C_m , ω_m et ω_s autour du point de fonctionnement noté 0 ($\theta_0, \theta_{m0}, C_{m0}, \omega_{m0}, \omega_{s0}$).

La linéarisation de l'équation de mouvement autour du point de fonctionnement $\theta_0 = 45^\circ$ donne :

$$J_{eq} \frac{d\tilde{\omega}_m}{dt} = B C \sin \theta_0 \tilde{\theta} - C k_R \tilde{\theta} + \tilde{C}_m = F C \tilde{\theta} - C k_R \tilde{\theta} + \tilde{C}_m \text{ en notant } F = B \sin \theta_0$$

Le schéma bloc du modèle linéarisé autour du point de fonctionnement $\theta_0 = 45^\circ$ est alors représenté sur la figure suivante :



Question 17. Fonction de transfert en boucle ouverte

Le calcul de la fonction de transfert en Boucle Ouverte sur le modèle linéarisé donne :

$$H_{bo}(p) = \frac{\Omega_m(p)}{\Omega_s(p)} = \frac{K_m p}{J_{eq} p^2 + K_m p + C^2(k_R - B \sin \theta_0)}$$

Discuter de la stabilité de $H_{bo}(p)$ en fonction de θ_0 et de B.

2.4. Validité du modèle et analyse du comportement réel

Objectifs :

- valider expérimentalement le modèle de comportement en chaîne directe établi précédemment ;
- analyser la commande actuelle de la barrière en situation.

Question 18. Validation du modèle complet

Lancer le logiciel Did'acsyde.

- a) Ouvrir le fichier barriere.sch, modèle non linéaire, puis lancer le calcul de la réponse temporelle en renseignant les valeurs numériques, en prenant dans un premier temps $t_2=2,5$ s, dans le cadre de l'application étudiée (valeurs B_1 et J_{eq1}).
- b) Valider la loi d'entrée proposée et comparer le résultat de simulation à la réponse observée sur la barrière en situation de TP avec les mesures de l'oscilloscope **lors d'une phase d'ouverture**.
- c) Refaire cette simulation dans le cadre d'une masse placée en position maximale (valeurs B_2 et J_{eq2}) et la comparer aux résultats expérimentaux, **lors d'une phase d'ouverture**.
- d) Régler alors la durée du trapèze (régler le paramètre t_2) pour obtenir un débattement correct de la lisse.
- e) Valider alors la pertinence du modèle construit.

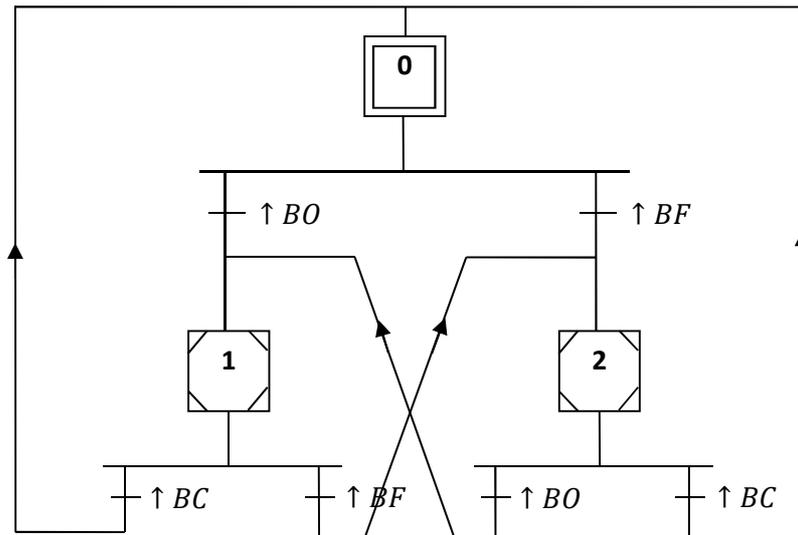
Question 19. Analyse de la commande séquentielle par le potentiomètre

Les temps de montée et de descente n'étant pas parfaitement maîtrisés dans cette application non asservie, la commande du système exploite la mesure de position, obtenue au moyen d'un potentiomètre, pour déclencher la décélération à la position correspondante (voir les synoptiques de l'annexe 3).

- Dans le logiciel Sympact, aller dans « PILOTER ET MESURER » puis « PILOTER ».
- Les entrées et sorties de la commande sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Entrées	Commentaires	Sorties	Commentaires
BO	Bouton Ouvrir	R-	Mise en Rotation de la lisse en sens fermeture, comprenant la phase d'accélération et la phase à vitesse constante
BF	Bouton Fermer	R+	Mise en Rotation de la lisse en sens ouverture, comprenant la phase d'accélération et la phase à vitesse constante
BC	Bouton Couper	DEC-	Lancer la phase de Décélération lors d'une rotation en sens fermeture et assurer le maintien en position fermée
θ	Angle en degrés mesuré par le potentiomètre (grandeur analogique)	DEC+	Lancer la phase de Décélération lors d'une rotation en sens ouverture et assurer le maintien en position ouverte

Le Grafset proposé est alors le suivant :



- Dans le cas de la loi définie aux questions 3 et 14, calculer les valeurs des angles de la barrière en ouverture et en fermeture qui correspondent à l'instant du début de la décélération.
- Proposer alors les encapsulations associées aux étapes encapsulantes 1 et 2 en utilisant les entrées et sorties fournies permettant de respecter le comportement expérimental observé en appuyant sur les trois boutons.

3. Implantation d'un asservissement en vitesse

3.1. Cahier des charges

On souhaite faire évoluer la barrière pour davantage de flexibilité :

- les durées de montée et de descente doivent être indépendantes de la longueur de lisse ;
- le changement de lisse doit être rapide, sans nécessité d'intervention d'un opérateur, ni sur le variateur, ni sur la partie opérative.

En conséquence, il a été décidé :

- d'implanter sur la barrière une lisse coulissante de longueur variable ;
- d'asservir la barrière en vitesse, grâce à la mesure de vitesse obtenue par la génératrice tachymétrique montée sur l'axe du moteur.

Le cahier des charges de cet asservissement en vitesse est le suivant :

Performances	Critères	Niveaux
Précision	Ecart en régime permanent vis-à-vis d'une consigne constante	Nul
	Ecart en régime permanent dû à un couple résistant constant	Nul
Stabilité	Marge de phase	$M\Phi \geq 60^\circ$
	Marge de gain	$MG \geq 10 \text{ dB}$
Rapidité	Pulsation de coupure à 0 dB en Boucle Ouverte	30 rad/s

3.2.Mise en place de la structure de l'asservissement en vitesse

Objectif :

- définir une structure d'asservissement en vitesse de la barrière.

On note :

- $C(p)$ la fonction de transfert du correcteur, dont la sortie est la vitesse de synchronisme pilotée par le variateur $\Omega_s(p)$;
- $\Omega_c(p)$ la consigne de vitesse ;
- GT le gain de la génératrice tachymétrique, supposé unitaire ($GT=1 \text{ rad.s}^{-1}.V^{-1}$)

Question 20. Compléter le schéma bloc du document réponse 4 par la structure de l'asservissement en vitesse par la génératrice tachymétrique, dont l'entrée est la consigne de vitesse $\Omega_c(p)$ et la sortie la vitesse de rotation du moteur $\Omega_m(p)$.

Le variateur ATV 31 possède la possibilité de réaliser cet asservissement de vitesse. Pour cela, il faut brancher la génératrice sur le port d'entrée AI2, et régler les paramètres du correcteur Proportionnel Intégral dans l'interface constructeur (voir Annexe 9).

Cette implantation ne sera pas réalisée ici, mais nous allons rechercher, en nous appuyant sur le modèle validé, les valeurs qu'il faut implanter.

Question 21. Justifier la pertinence du correcteur PI dans le cadre de cette application.

3.3.Réglage de l'asservissement

Objectif :

- Proposer un réglage du correcteur

On se propose de déterminer les paramètres de réglage du correcteur Proportionnel Intégral : $C(p) = K_p \frac{1+T_i p}{T_i p}$. Pour cela, nous allons nous appuyer sur le modèle de la chaîne de motorisation, linéarisé autour de la position 45°. Si le comportement du système corrigé est suffisamment robuste sur le modèle de simulation linéaire et de commande utilisés, on peut supposer dans un premier temps que le comportement pour le système réel non linéaire vérifie également les performances obtenues. Cette vérification sera effectuée au terme de ce sujet.

Question 22. Détermination des paramètres du correcteur

- Rappeler le diagramme de Bode asymptotique du correcteur PI.
- Ouvrir le fichier barriere_asservie_lineaire.sch (paramétré dans le cas de la masse en position minimale), et, en vous aidant de l'Annexe 7, tracer le diagramme de Bode de la Fonction de Transfert en Boucle Ouverte Non Corrigée (entrée bonc et sortie sb0).

On décide de choisir T_i tel que $\omega_{0dB} = \frac{1}{T_i}$.

- Proposer alors des valeurs de K_p et T_i acceptables.

Question 23. Validation

En modifiant le point d'entrée (entrée boc), tracer le diagramme de Bode en Boucle Ouverte corrigée et valider les coefficients que vous avez déterminés.

4. Validation de la robustesse de l'asservissement en vitesse

Objectifs :

- valider les performances de l'asservissement mis en place, par simulation temporelle, en utilisant le modèle non linéaire ;
- proposer une synthèse à l'ensemble du TP.

Question 24. Réponse temporelle

Les fichiers :

- barrière_asservie_1.sch, correspondant à une masse en position minimale,
- barrière_asservie_2.sch, correspondant à une masse en position maximale

contiennent les schémas blocs de la barrière asservie en vitesse, correspondant au modèle non linéaire, avec l'ensemble des coefficients déterminés précédemment.

La valeur du paramètre X (0 ou 1) permet de choisir de tracer respectivement les réponses temporelles avec ou sans correction.

- a) Pour chaque fichier, effectuer la simulation sous Did'acsyde en indiquant les valeurs 0 ou 1 (commande 0,1) lorsque le logiciel demande la valeur de X.
- b) Commenter l'apport du correcteur dans les deux cas.

Question 25. Robustesse et synthèse

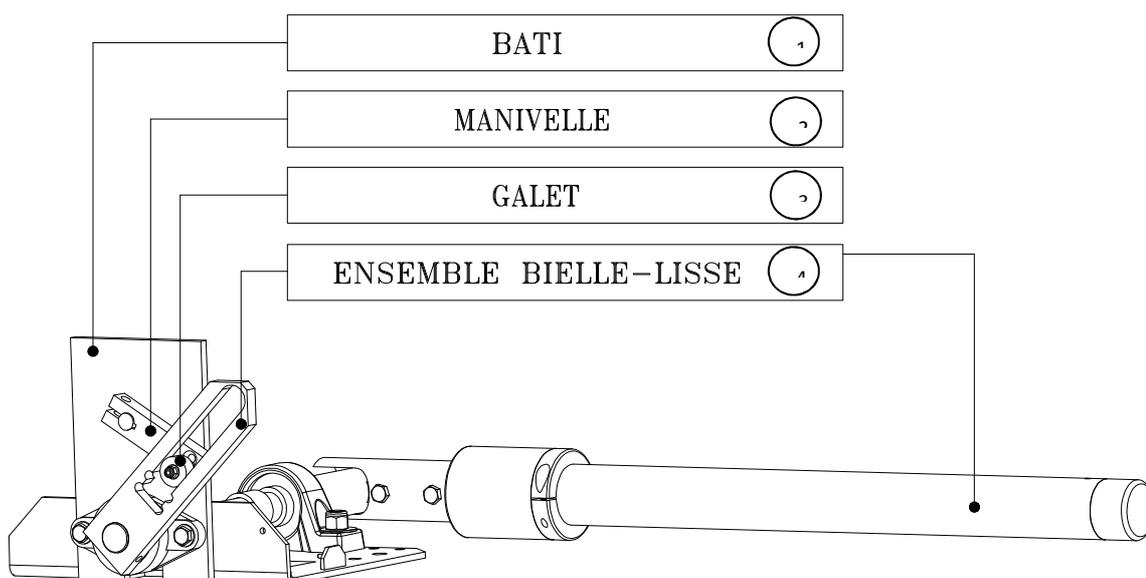
Le fichier barriere_asservie.sch contient l'ensemble des coefficients identifiés précédemment, et le paramètre Y (valeur 0 ou 1) permet de se placer dans le cas 1 (masse en position minimale) ou dans le cas 2 (masse en position maximale).

- a) Lancer la simulation sous Did'acsyde en indiquant les valeurs 0 ou 1 lorsque le logiciel demande la valeur de Y.
- b) Analyser les différentes courbes à disposition et juger de la robustesse de cet asservissement en vitesse.
- c) Proposer une synthèse de 3 minutes de l'ensemble de l'étude.

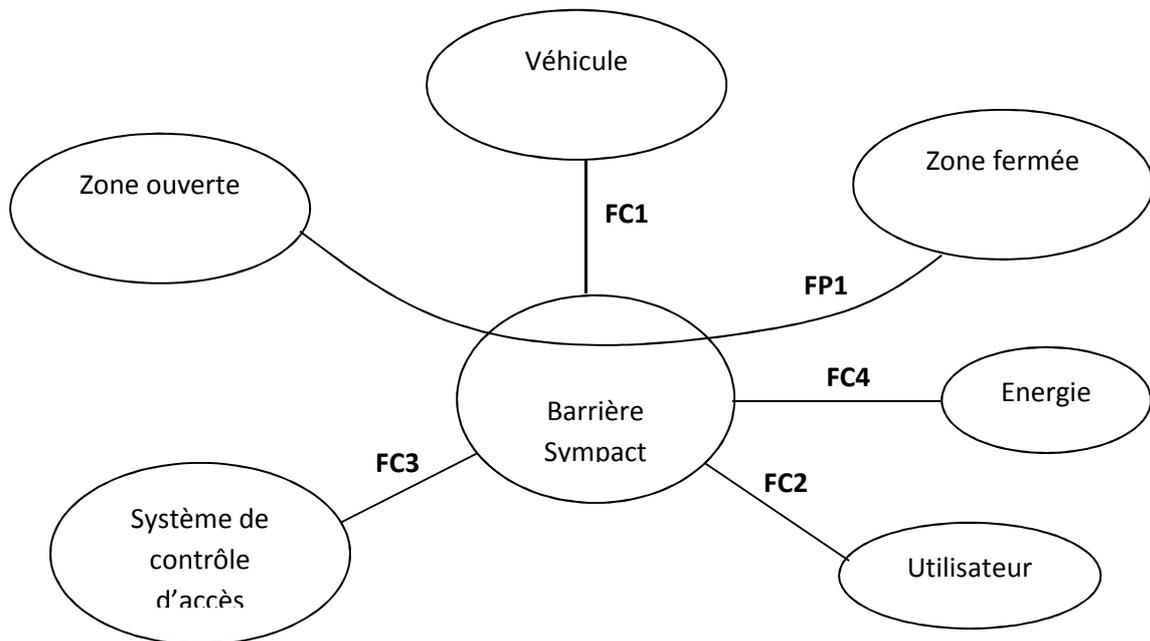
Annexe 1. Description du mécanisme

La montée et la descente de la barrière (appelée lisse) est pilotée par un moteur asynchrone triphasé via un réducteur de vitesse (rapport 1/20) et via un système de transformation de mouvement de type bielle manivelle. Un capteur de position permet de connaître à tout instant la position de la lisse, et de modifier si besoin la loi de commande du moteur triphasé, générée par un variateur de vitesse (Variateur ATV 31). Un ressort de rappel est présent sur l'axe de la bielle (ou lisse).

Le système de transformation de mouvement est constitué d'une manivelle pivotant autour de l'axe du moteur. L'extrémité de la manivelle est pourvue d'un roulement à billes jouant le rôle de galet, qui vient rouler dans la rainure d'une bielle fixée à une extrémité d'un axe dont l'autre extrémité supporte la lisse. Ce galet peut être implanté à deux positions possibles selon le mode parc privé ou péage choisi de la barrière. La limitation de la plage angulaire de rotation de la manivelle est assurée par une butée caoutchouc située dans la partie basse de la rainure de la bielle qui joue également un rôle d'amortisseur. Ce débattement limité permet d'avoir une symétrie parfaite des positions de la bielle pour les positions de lisse basse et haute car la butée mécanique sert pour les deux sens de rotation du moteur.

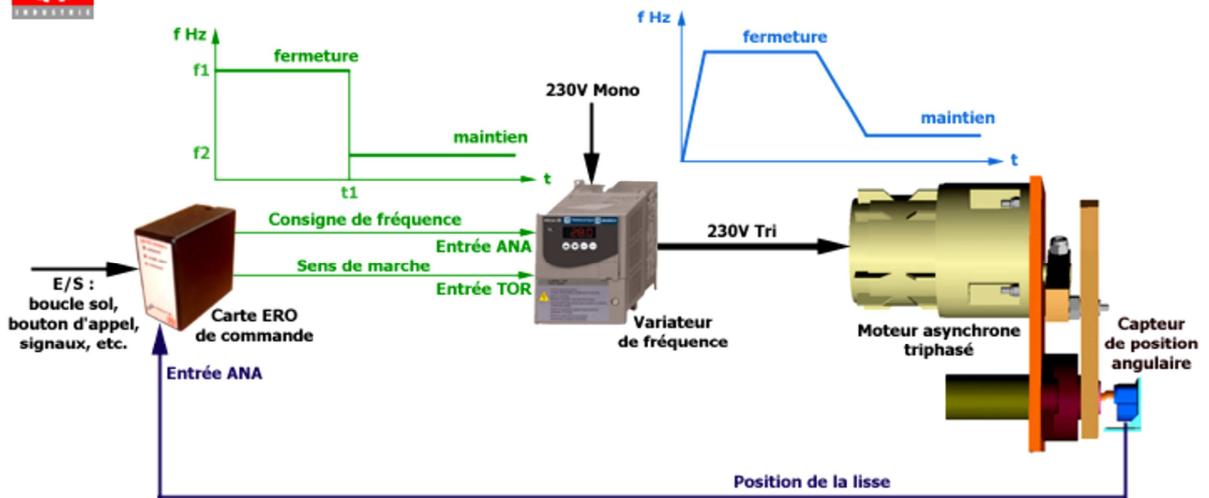


Annexe 2. Cahier des charges général

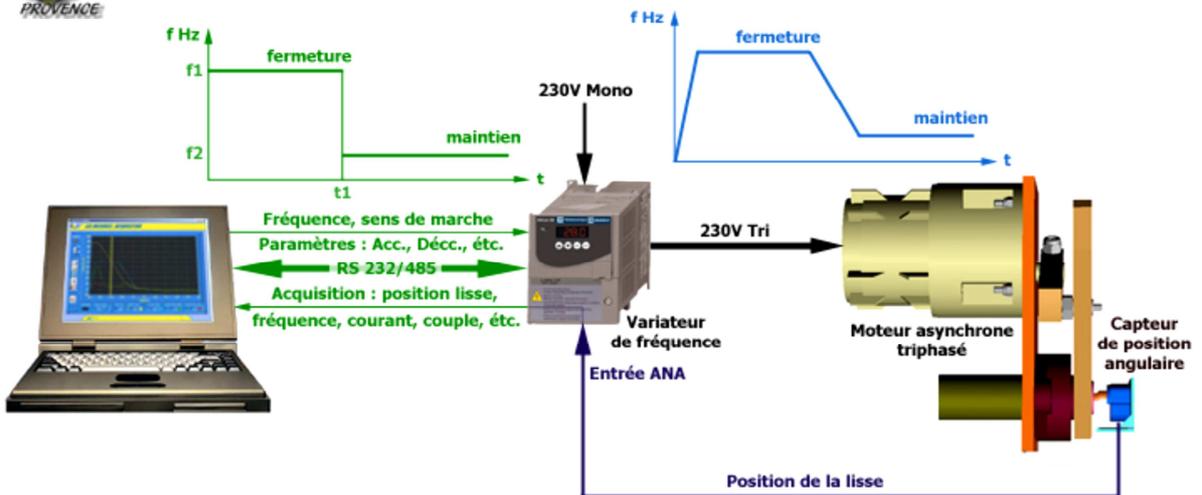


FONCTION	Définition	Critères	Niveau	Flexibilité
FP1	Autoriser le passage	amplitude du mouvement	90°	+/- 2°
		durée du mouvement	0,6 à 0,9 s	+/- 5%
FC1	Assurer la sécurité du véhicule	Visibilité de la barrière à distance	50 m	mini
FC2	Proposer un fonctionnement harmonieux	Horizontalité en position fermée	0°	+/- 2°
		Mouvement régulier	Linéarité du mouvement	+/- 10%
		Accostage doux	Accostage à vitesse nulle sur les butées	Au mieux
FC3	Recevoir des ordres	Ordre d'ouverture et de fermeture	Temps de réaction <50 ms	Aucune
		Inversion de mouvement	Dépassement minimum	Au mieux
		Donner la position courante	Précision	+/- 2°
FC4	Limiter la consommation et ouvrir la barrière hors énergie	Type de moteur	Asynchrone	Imposé
		Couple de démarrage	Faible	Mini
		Réglage de la position hors énergie	Simple et sans changement de mécanisme	Imposé
		Ouverture lors d'une coupure d'énergie	Obligatoire	

Annexe 3. Synoptiques de la barrière réelle et en situation de TP



Synoptique partie commande barrière SYMPACT version autoroutière pour voies à télépéage



Synoptique partie commande barrière SYMPACT version didactisée

Annexe 4. Caractéristiques du moteur asynchrone

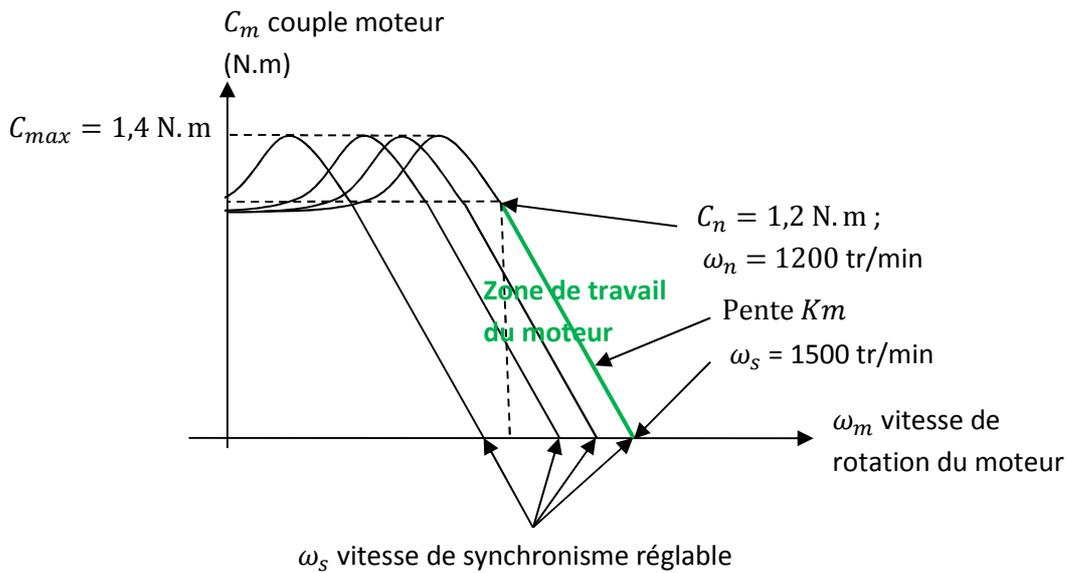


figure 1. Caractéristique du moteur asynchrone

- ✓ Dans la zone de travail normale du moteur, on peut considérer la caractéristique comme linéaire.
- ✓ La vitesse de synchronisme est la vitesse du champ tournant pilotée par le variateur.

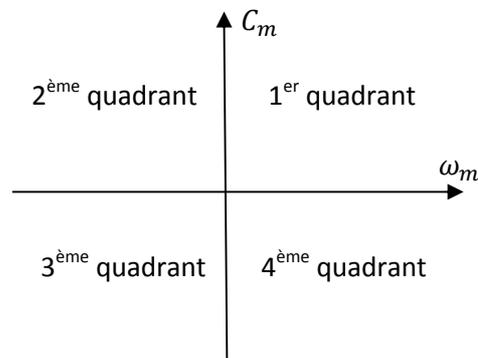


figure 2. Quadrants moteurs

Annexe 5. Notations et grandeurs caractéristiques

- (O, \vec{z}) est l'axe de rotation de la lisse ;
- θ est l'angle de la lisse par rapport au bâti ($\theta = 0$ si lisse horizontale ; $\theta = 90^\circ$ si lisse verticale) ;
- θ_m est l'angle de rotation du moteur ;
- θ_R est l'angle de rotation de la manivelle ;
- k est le rapport de réduction du réducteur ; $k = 1/20$;
- C_m est le couple moteur ;
- η est le rendement énergétique du réducteur ; $\eta = 1$;
- J_m est le moment d'inertie du rotor ; $J_m = 5 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$
- J_R est le moment d'inertie du réducteur, ramenée à l'axe moteur ; $J_R \approx 0$

Lisse réelle

- $\rho = 1 \text{ kg/m}$ est la masse linéique de la lisse ;
- l est la longueur de lisse, variable entre 2 et 4 m ;

Lisse en situation de TP

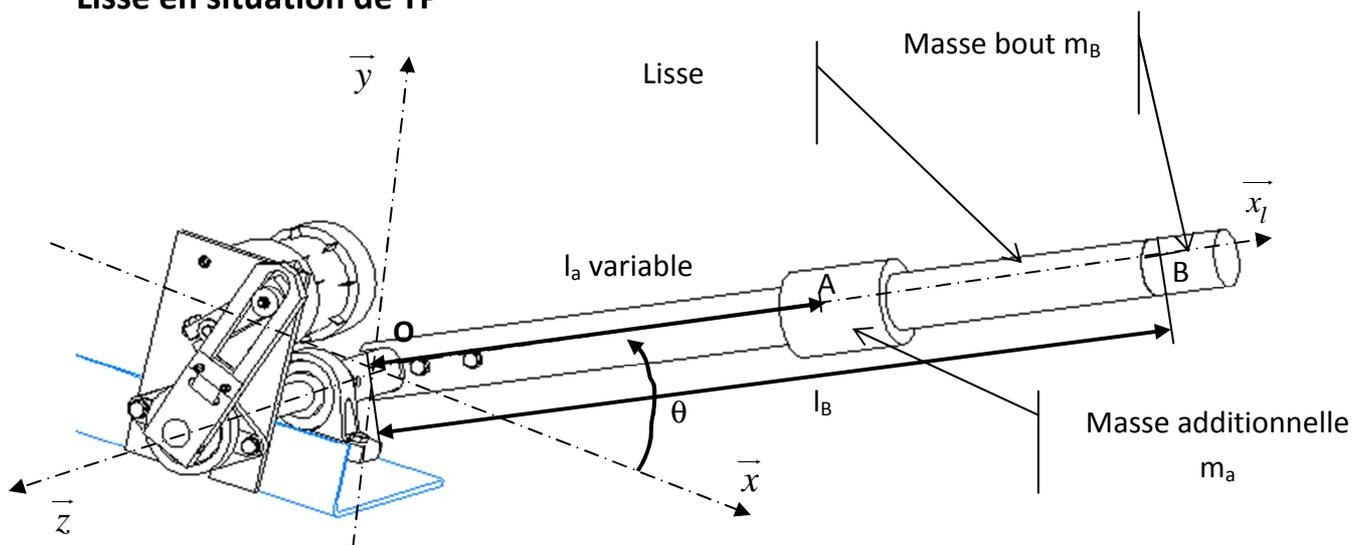


figure 3. Paramétrage lisse

- $\rho = 1 \text{ kg/m}$ est la masse linéique de la lisse ;
- $m_A = 2,8 \text{ kg}$ est la masse mobile ;
- l_A est la position de la masse mobile, variable entre 0,17 m et 0,66 m ;
- $m_B = 2,8 \text{ kg}$;
- $l_B = 0,825 \text{ m}$ est la position de la masse fixe ;
- $l_0 = 0,84 \text{ m}$ est la longueur de lisse.

Ressort de torsion

- $k_R = 25,5 \text{ N} \cdot \text{m/rad}$ est la raideur du ressort de torsion ;
- $C_R(\theta)$: couple de rappel du ressort sur la lisse tel que $C_R(\theta) = C_{R0} - k_R \theta$;
- $C_R = 0$ si $\theta = 90^\circ$ (précontrainte du ressort).

Annexe 6. Loi d'entrée sortie du mécanisme

Notations :

A est situé sur l'axe de rotation de la manivelle ;

B est le centre du galet ;

$R = AB$ est le rayon de la manivelle ;

$R = 81 \text{ mm}$;

$H = OA$ est l'entraxe ;

$H = 109 \text{ mm}$;

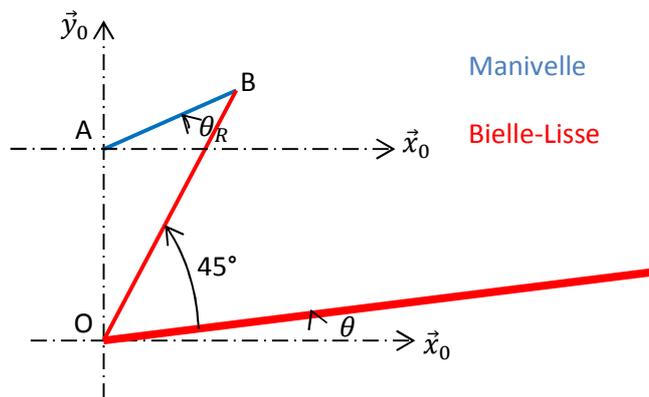


figure 4. Paramètres cinématiques

Loi d'entrée/sortie en position :

$\tan(\theta + 45^\circ) = \frac{R \sin \theta_R + H}{R \cos \theta_R}$, dont le tracé est fourni dans le document réponse 3.

Loi d'entrée/sortie en vitesse :

En notant : $\omega = \frac{d\theta}{dt}$ et $\omega_R = \frac{d\theta_R}{dt}$, nous obtenons le graphe de la loi entrée sortie en vitesse

suivante, fonction notée $\frac{\omega}{\omega_R} = g(\theta_R)$ dans le document réponse 3.

Annexe 7. Notice d'utilisation de Did'acsyde

Did'acsyde permet de simuler les réponses temporelles ou fréquentielles d'un système dynamique. Après avoir démarré Did'acsyde, il faut utiliser la commande Ouvrir puis ouvrir le fichier désiré (extension .sch).

Notations utiles

Notation	Notation Did'acsyde	Commentaire	Unités
ω_s	omes	Vitesse de synchronisme de consigne	rad/s
ω	omem	Vitesse de rotation du rotor moteur	rad/s
θ	thet	Angle de rotation de la lisse	degrés
	boc	Nœud d'entrée de la boucle ouverte corrigée	
	bonc	Nœud d'entrée de la boucle ouverte non corrigée	
	sbo	Nœud de sortie de la boucle ouverte	

Analyse temporelle

Le Menu *Analyse* puis *Réponse Temporelle* permet de lancer une analyse temporelle. Le logiciel demande en premier lieu les variables de sorties (variables dont l'évolution pourra être tracée au terme du calcul). Il faudra indiquer *thet* et *omem*, en séparant les deux noms par une VIRGULE. -Il faut ensuite renseigner chaque paramètre par sa valeur numérique. Le symbole en décimal est « . » et non « , ». Il est possible d'indiquer des valeurs en notation scientifique. **Par exemple, pour indiquer une variable numérique valant « 0,000056 », il suffit d'indiquer « 5.6e-5 ». Il est aussi possible d'indiquer différentes valeurs pour avoir un réseau de courbes avec un paramètre variable. Pour cela, il faut séparer les différentes valeurs numériques par une virgule.**

Au terme de l'entrée des valeurs numériques pour les différents paramètres, le logiciel demande l'horizon temporel. On choisira systématiquement une valeur de 3.5 (pour 3,5 secondes de durée de simulation).

On choisira le choix par défaut en validant simplement par appui sur la touche « entrée » ou OK, pour les éventuelles interpolations ou modifications du pas de calcul (a priori non nécessaires dans les études proposées).

La visualisation s'effectue après calcul en sélectionnant en bleu les courbes à visualiser et en cliquant sur *Visualisation*.

La fenêtre d'affichage graphique comporte à droite une colonne de menu.

La commande CURSEUR permet d'afficher les coordonnées des points d'une courbe. Pour cela il faut cliquer sur CURSEUR puis sélectionner un cadre. Ensuite, il faut cliquer en haut à droite sur le nom de la courbe que l'on veut étudier, puis valider en cliquant sur OK. Pour sortir du mode CURSEUR, il faut cliquer en bas à droite sur OK.

Il est possible de rapporter toutes les courbes sur une même fenêtre, en sélectionnant « CHOIX COURBE » et en cliquant sur chaque cadre dont on désire voir l'affichage regroupé. Cela permet très facilement de comparer les différentes courbes. La commande CURSEUR est là aussi disponible, à condition de sélectionner toutes les courbes après avoir cliqué sur CURSEUR (un carré rose apparaît à côté de chaque courbe). Vous pouvez cliquer sur INFORMATIONS pour avoir les paramètres de chaque courbe tracée.



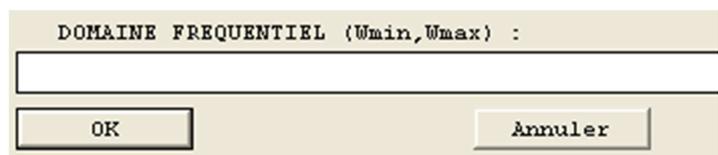
Pour revenir au schéma fonctionnel, il faut cliquer sur FIN en bas à droite de l'écran, puis sur FIN au niveau de la fenêtre de sélection des courbes à afficher.

Analyse fréquentielle

Dans le cadre de l'analyse fréquentielle, il est nécessaire de cliquer sur *Analyse*, puis sur *Réponse Fréquentielle*.

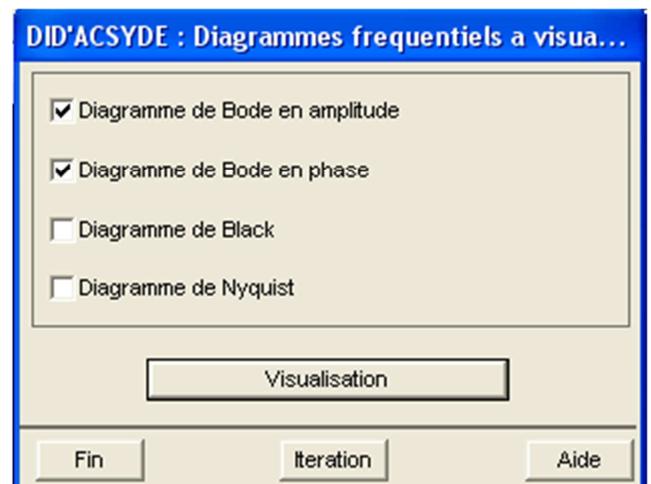
Ensuite, il faut répondre aux questions qui permettent de définir les paramètres de la simulation, en particulier :

- Le nœud d'entrée de la fonction de transfert : soit *bonc* (*Boucle Ouverte Non Corrigée*) ou *boc* (*Boucle Ouverte Corrigée*) dans l'application étudiée,
- Le nœud de sortie : *sbo*
- Les valeurs numériques comme dans l'Analyse Temporelle (une validation directe peut être possible lorsque les valeurs par défaut sont les bonnes).
- Le domaine fréquentiel ; il faut indiquer les valeurs minimum et maximum de la plage de pulsations étudiée, séparées par des virgules (en rad/s) : dans notre cas, il faut indiquer « 0.01,1000 »
- Le nombre de points de calcul : 1000 points sont suffisants



Choisir ensuite le diagramme le plus approprié (ici le diagramme de Bode). Choisir alors le MODE BANDE dans le diagramme de Bode et cliquer sur GRILLE puis sélectionner les deux cadres noirs u gain et de la phase.

Vous pouvez aussi tracer des VERTICALES et des HORIZONTALES.



Annexe 8. Génératrice tachymétrique et oscilloscope

Génératrice tachymétrique 24 V RC230



Les produits associés :

> Alimentation
DR-30-12 / 24
PS-24/2L
S-60-24
> Réducteur
SGA90S
> Cartes électroniques
FIRST DC 1Q 60/10
LSC D
NANO DC 1Q 30/3

mdp

12 W - 48 W

Tension d'alimentation (Ua)	V	12	24
Vitesse au courant In	tr/mn	2867	2447
Couple au courant In	mNm	45.37	45.60
Courant max permanent (In)	mA	1800	750
Vitesse à vide à Ua à +/- 10%	tr/mn	4500	3724
Courant à vide à +/- 50%	mA	150	60
Couple de démarrage à Ua	mNm	123.00	131.00
Courant de démarrage à Ua	mA	5040	2220
Constante de couple	mNm/A	25.00	61.00
Constante de vitesse	tr/mn/V	379	157
Pente vitesse/couple	tr/mn/mN	36	28
Vitesse limite	tr/mn	10000	10000
Puissance utile max. à Ua	W	14.5	12.8
Rendement maximum	%	71	72
Inertie	gcm ²	40.6	40.6
Résistance aux bornes	Ohm	2.38	10.81

Commutation	Graphite
Nombre de lames au collecteur	5
Paliers	Autolubrifiants
Aimants	Ferrite
Charge axiale maximum (dynamique)	2 N
Jeu axial maximum	0.8 mm
Charge radiale maximum	3 N
à une distance de la face de :	11 mm
Jeu radial	0.06 mm
Température ambiante mini de	-20 °C
Température ambiante maxi de	80 °C
Température max. rotor	150 °C
Poids	210 g

Oscilloscope

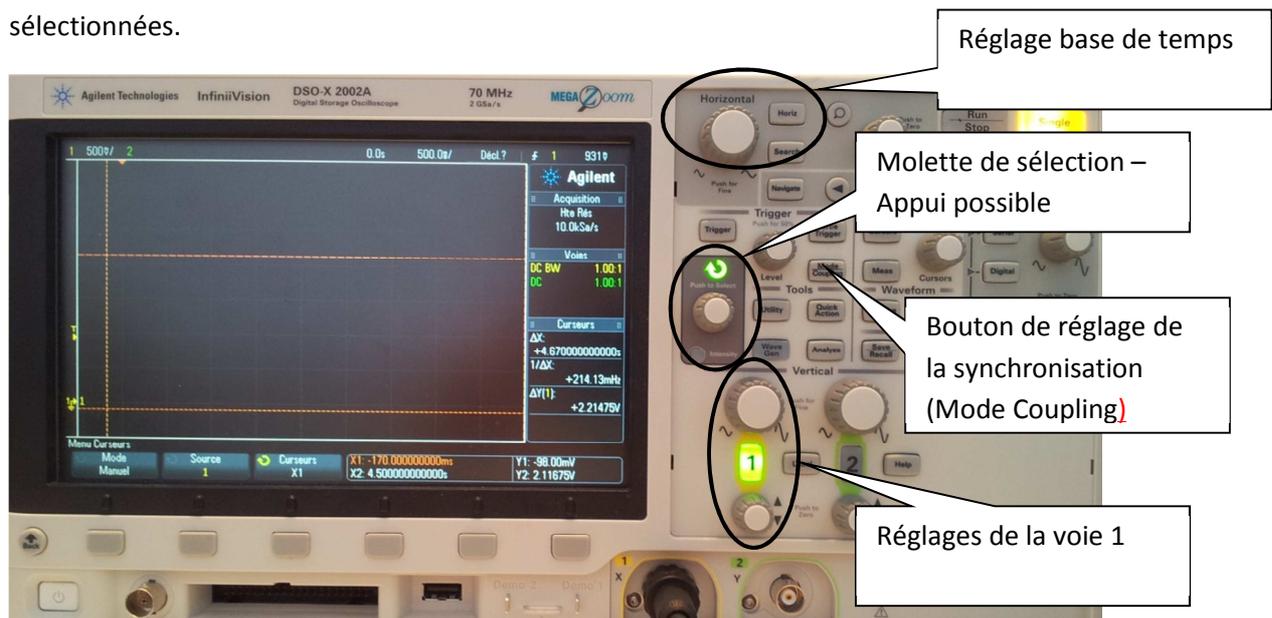
Préréglages effectués

L'oscilloscope est déjà réglé. Le calibre choisi sur la voie 1 est défini ainsi :

- Division : 500 mV/carreau
- Base de temps : 500 ms/carreau
- Trigger : réglé à environ 1v

Dans le Menu « Horiz », la Référence de temps « Ref. temps gauche » est choisie.

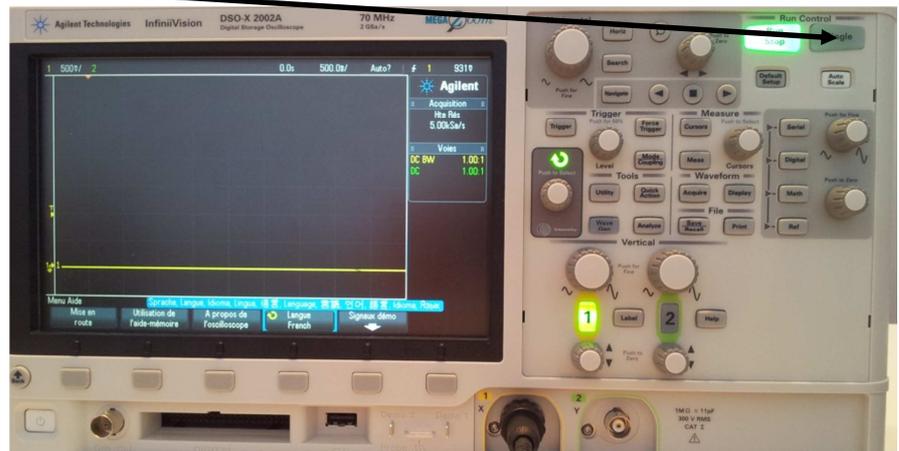
Dans le Menu « Mode Coupling », les options « Réj bruit » et « Réject HF » sont sélectionnées.



Acquisition

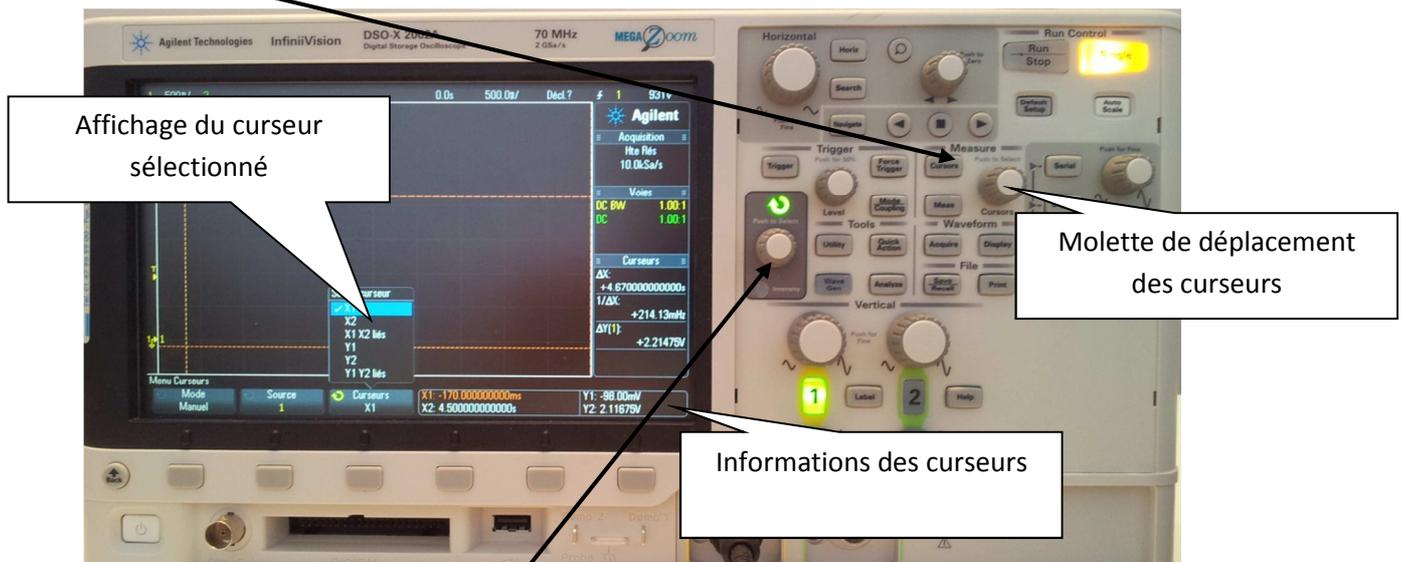
Un appui sur le bouton **Single** permet de lancer une acquisition en montée lorsque le niveau de la tension d'entrée dépasse le seuil de déclenchement (Trigger), et conserve la mesure.

Avant chaque mesure, il faut penser à réactiver l'acquisition en appuyant sur ce bouton Single avant l'essai.



Exploitation

- Il est possible d'exploiter plus précisément le signal à l'écran. Pour cela, un appui sur le bouton « Cursors » permet de placer des curseurs sur la courbe acquise.



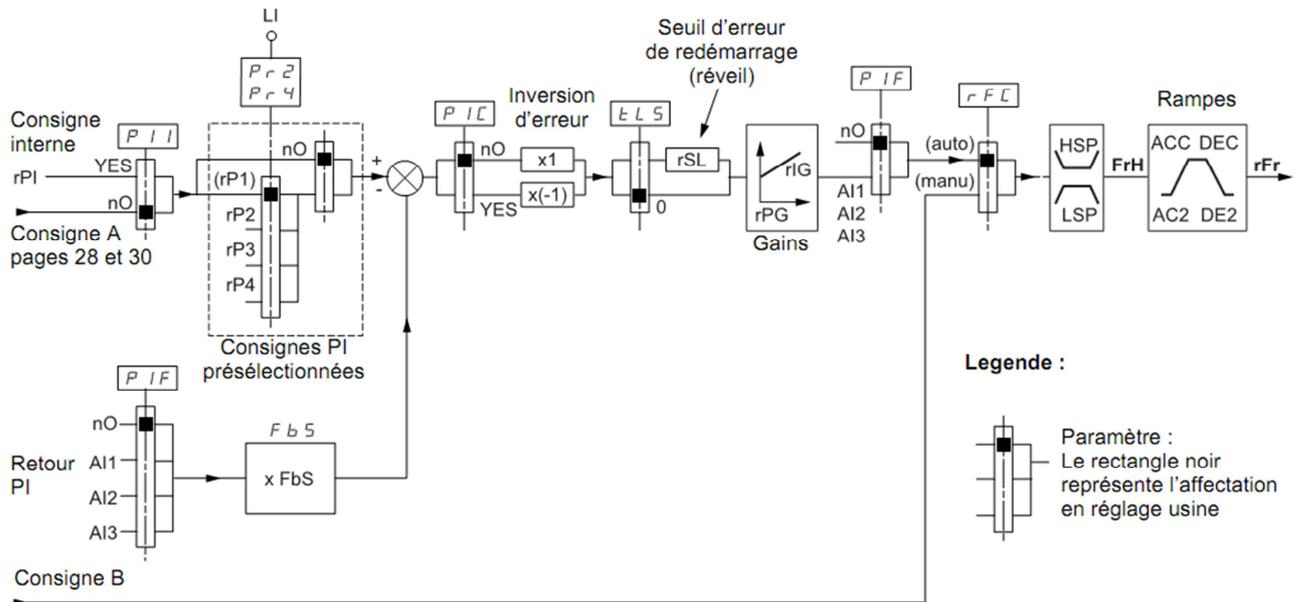
- Sélectionner l'un ou l'autre des deux curseurs verticaux (X1 ou X2) grâce à la molette de sélection. Appuyer sur **ce bouton** pour activer la sélection. Le déplacement du curseur sélectionné s'effectue avec la molette des curseurs.
- La démarche est la même pour les curseurs horizontaux (Y1 ou Y2)
- Les valeurs des curseurs apparaissent alors en bas à droite de l'écran et permettent une lecture plus aisée.

Annexe 9. Régulateur PI sur le variateur ATV 31

Régulateur PI

Synoptique

La fonction est activée par l'affectation d'une entrée analogique au retour PI (mesure).



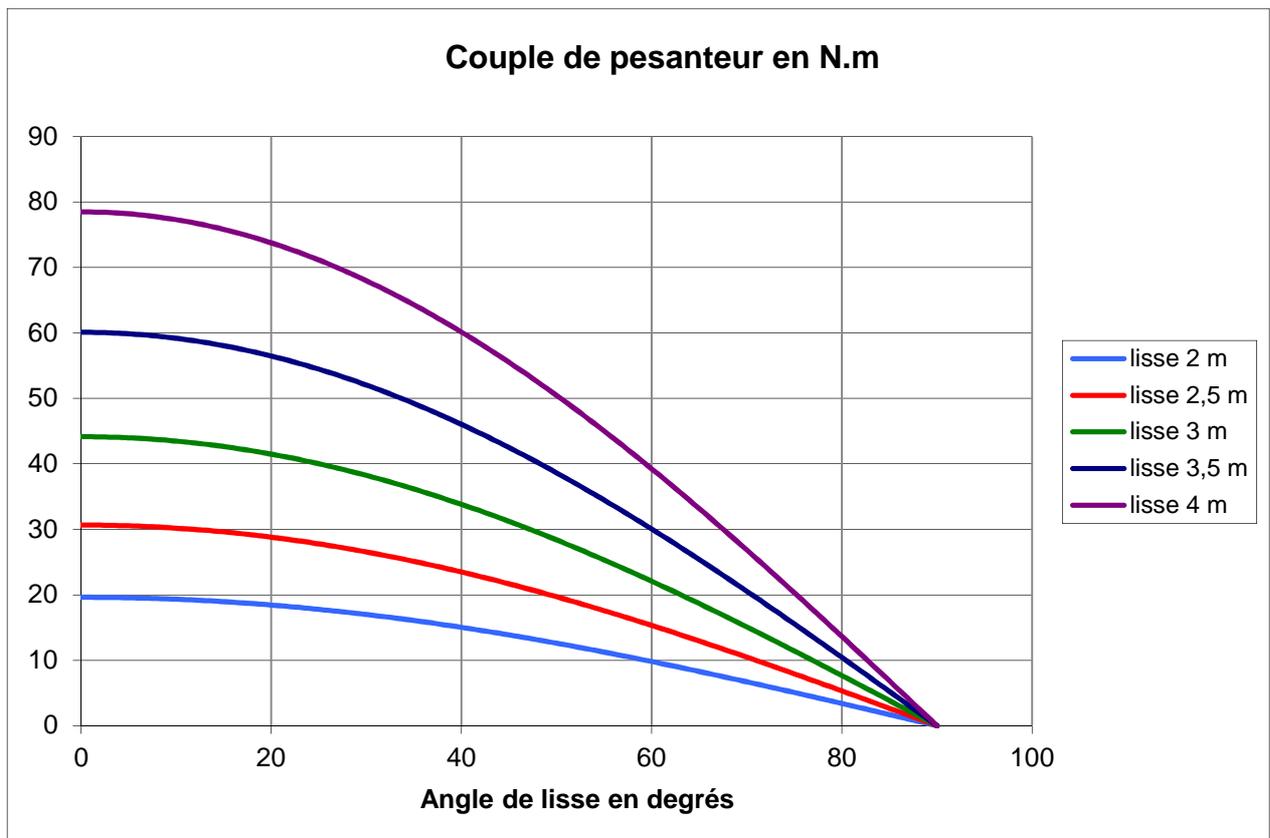
Paramètres accessibles dans le menu réglage SET- :

- consigne interne (rPI)
- consignes présélectionnées (rP2, rP3, rP4)
- gain proportionnel du régulateur (rPG)
- gain intégral du régulateur (rIG)
- Paramètre FbS :

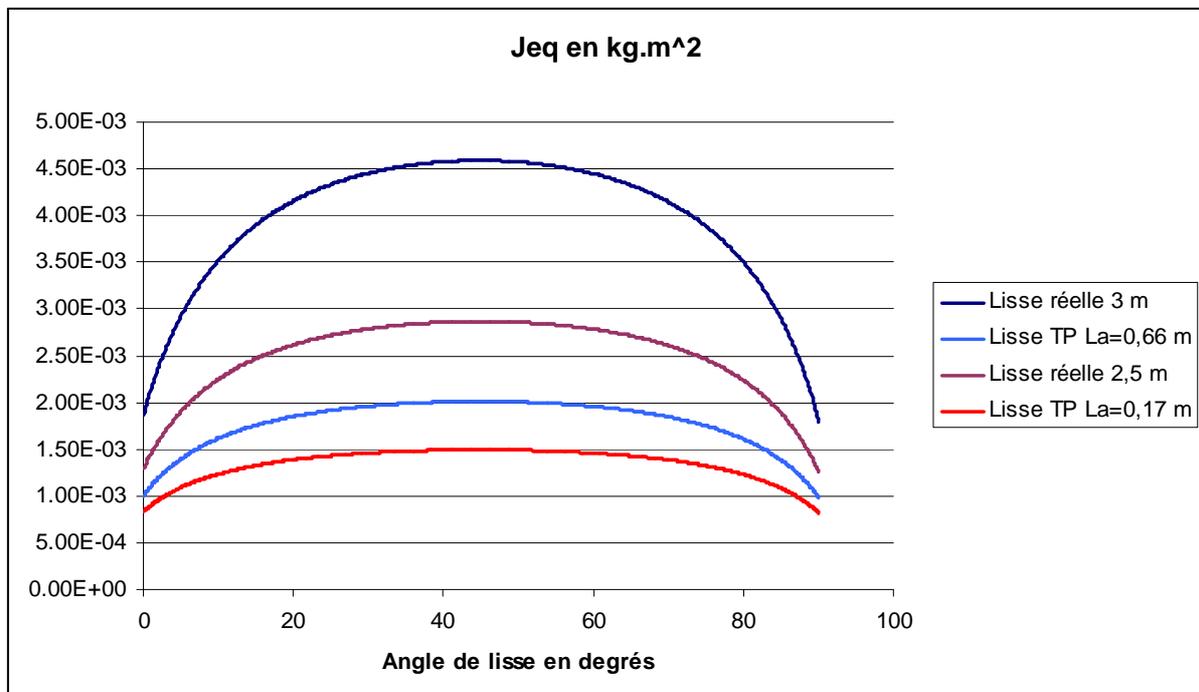
REGULATEUR DE TYPE PI

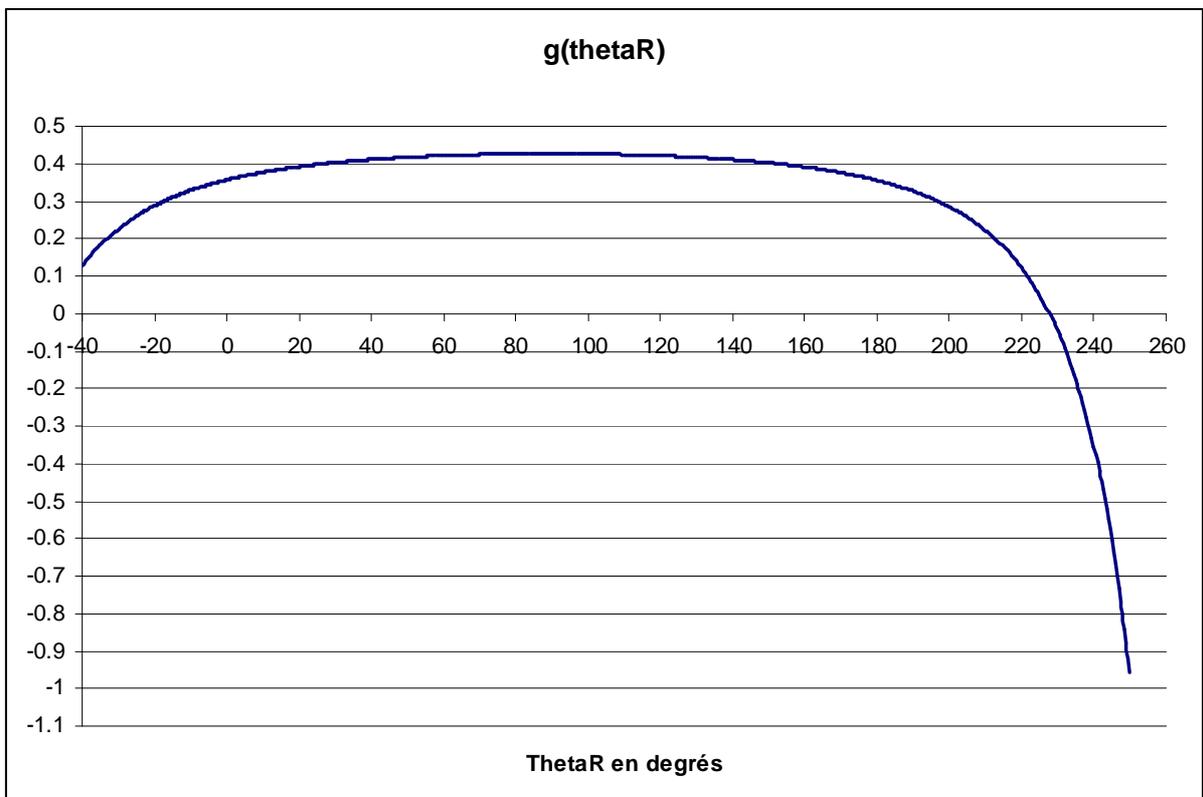
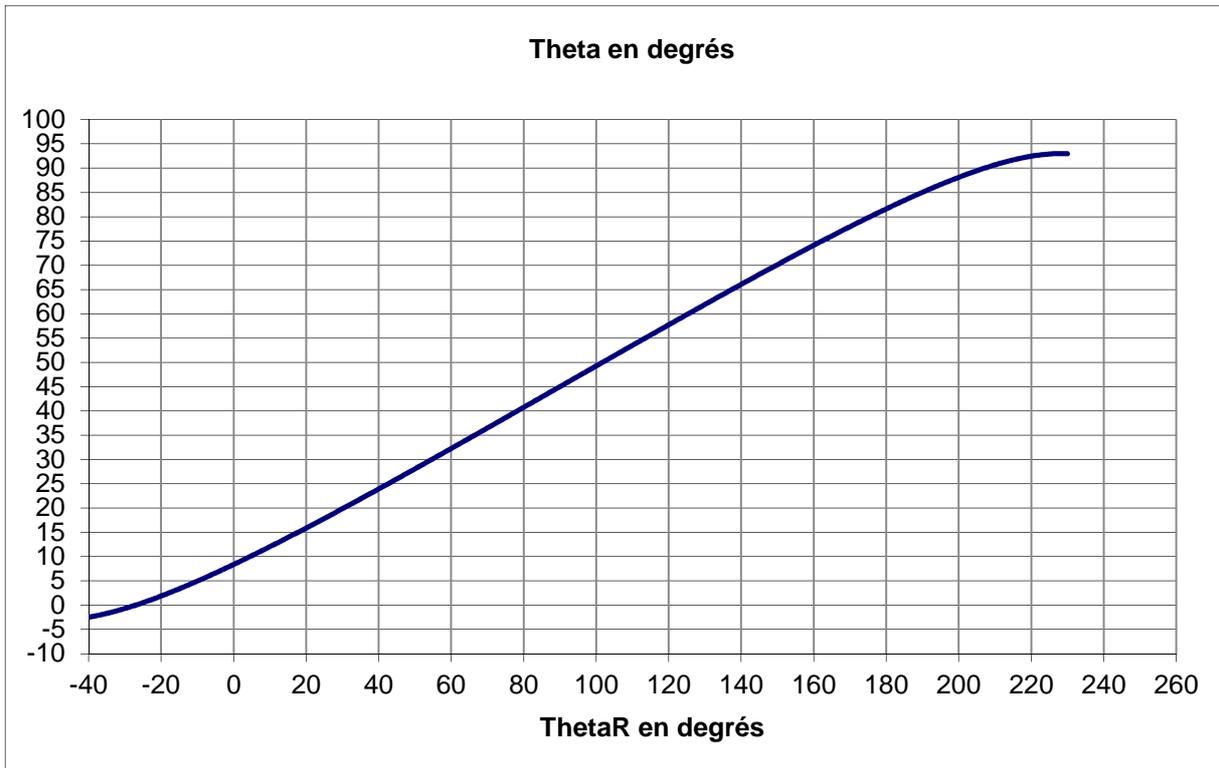
Le paramètre FbS permet de mettre à l'échelle la consigne en fonction de la plage de variation du retour PI (calibre du capteur).

Document réponse 1. Actions mécaniques extérieures

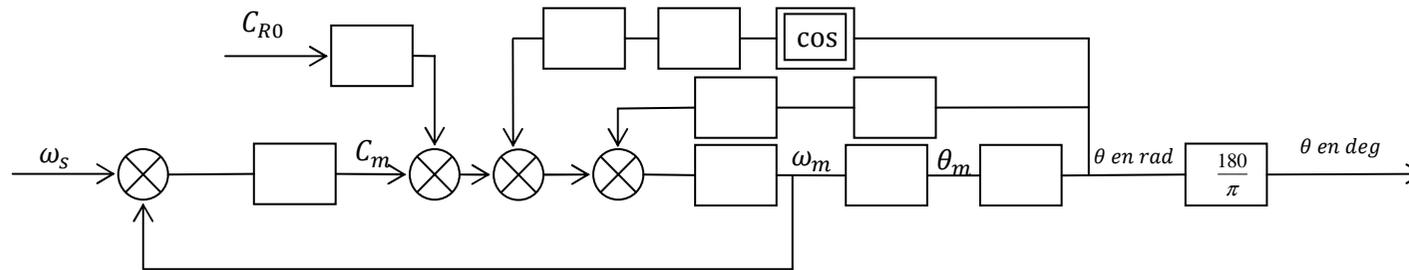


Document réponse 2. Inertie équivalente





Document réponse 4. Schéma-bloc à compléter



Questions 13, 16 et 20