# DS2

## Consignes

- Copies propres et bien présentées: encadrer vos résultats, souligner les applications numériques (avec une règle bien sûr)...
- Uniquement la calculatrice est autorisée.
- Les exercices sont indépendants.
- Rendre le document réponse avec votre nom et votre prénom, même s'il n'est pas rempli.

## Table des matières


## 1 | Asservissement : exercice d'application

Le système étudié est décrit par les équations différentielles suivantes :

$$\frac{d^2s(t)}{dt^2} + 3.\frac{ds(t)}{dt} + 4.s(t) = \frac{dv(t)}{dt} + 5.v(t) \quad (1)$$

$$\frac{dv(t)}{dt} + v(t) = k.e(t) \quad (2)$$

L'entrée du système est $e(t)$, la sortie est $s(t)$ et $v(t)$ est une grandeur intermédiaire. On suppose les conditions initiales nulles.

**Question 1 :** Exprimer ces équations dans le domaine de Laplace.

**Question 2 :** Tracer le schéma-bloc correspondant.

**Question 3 :** Déterminer la fonction de transfert du système $H(p) = \frac{S(p)}{E(p)}$.

Le système est sollicité par une entrée en échelon d'amplitude $E_0$.

**Question 4 :** Déterminer la valeur finale de la sortie $s(t)$.

## 2 | Palettiseur de briques de lait

Les briques de lait de 1L sont stockées par groupe de six et déposées sur des palettes (ce qui facilite leur transport dans les camions). Dans une chaîne de conditionnement de briques de lait, des poussoirs sont souvent utilisés pour déplacer un lot de six briques de lait. Il est proposé d'étudier un de ces poussoirs dont le modèle cinématique est donné Figure **??** ainsi qu'un extrait de cahier des charges fonctionnel Tableau **??**.


| Id Exigence | critère | Niveau |
|---|---|---|
| 1 | Amplitude de déplacement | 50$cm$ mini |

Tableau 1 – Extrait du cahier des charges fonctionnel

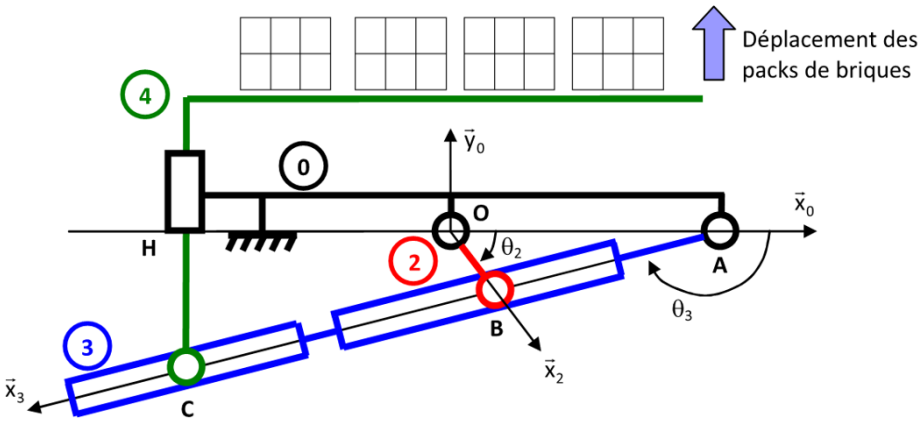
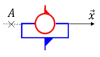



FIGURE 1 – Schéma cinématique de la modélisation du palettiseur

Le bâti 0 est fixe. Un motoréducteur anime en rotation la manivelle 2. Par l'intermédiaire d'une liaison en $B$, la manivelle 2 déplace la tige 3 en rotation autour de l'axe $(A, \vec{z_0})$ qui déplace elle-même le poussoir 4 en translation suivant la direction $\vec{y_0}$. *Indication : les liaisons entre 3 et 4 et entre 3 et 2 sont des liaisons représentées par*  .

$$\theta_2 = (\vec{x_0}, \vec{x_2}) = (\vec{y_0}, \vec{y_2}) \qquad \overrightarrow{OB} = R\vec{x_2}$$
$$\theta_3 = (\vec{x_0}, \vec{x_3}) = (\vec{y_0}, \vec{y_3}) \qquad \overrightarrow{HA} = L\vec{x_0}$$
$$\overrightarrow{AB} = \mu(t)\vec{x_3} \qquad \overrightarrow{OA} = L_1\vec{x_0}$$
$$\overrightarrow{AC} = \lambda(t)\vec{x_3} \qquad R = 0,15m$$
$$\overrightarrow{CH} = \rho(t)\vec{y_0} \qquad L = 2L_1 = 0,5m$$

Le modèle est plan.

**Question 5 :** Réaliser le graphe des liaisons.

**Question 6 :** Réaliser la ou les figure(s) de changement de base faisant apparaître les angles $\theta_2$ et $\theta_3$.

**Question 7 :** Déterminer une relation entre $\theta_2$ et $\theta_3$.

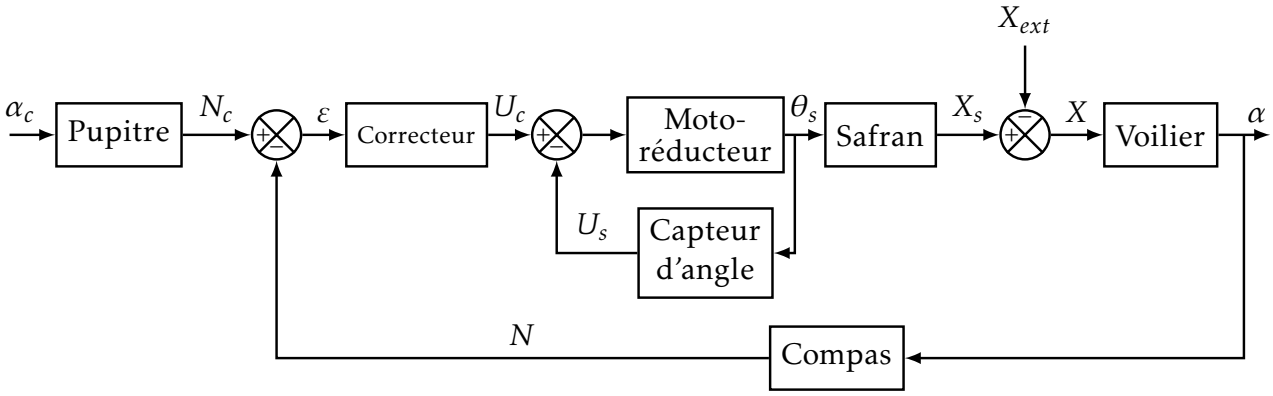
**Question 8 :** Déterminer une relation entre $\theta_3$ et $\rho$.

**Question 9 :** Préciser quel est le paramètre d'entrée du système et celui de sortie. Déduire des questions précédentes la loi entrée sortie du système.

**Question 10 :** Déterminer l'amplitude de déplacement du poussoir $\Delta\rho = \rho_{max} - \rho_{min}$ et conclure vis à vis du cahier des charges.

## 3 | Pilote automatique de voilier

Un pilote automatique de voilier est un dispositif chargé de barrer un voilier automatiquement, permettant au skipper de s'occuper des réglages des voiles ou de se reposer. Le système régule le cap du voilier à la valeur de consigne définie par le pilote. Le schéma-blocs fonctionnel est décrit sur la figure ci-dessous.




- Le skipper entre le cap consigne dans le pupitre de gain $K_{PU}$ qui traduit l'information sous forme d'une variable $N_c$ transmise au calculateur ;
- Le correcteur $C(p)$ élabore la commande $U_c$ du groupe motorisation qui entraîne le safran d'un angle $\theta_S$. Le correcteur est, en première approximation, choisi comme une constante $C(p) = K_p$ ;
- La fonction de transfert du groupe motorisation vaut $H_m(p) = \dfrac{K_m}{p}$ ;
- La rotation du safran génère une action $X_S$ entraînant le voilier en rotation. Le gain du safran vaut $Ks = \dfrac{1}{L}$ où $L$ est une distance caractéristique du voilier ;
- Diverses perturbations (vagues, vent, etc.) exercent d'autres actions $X_{ext}$ perturbant le mouvement du voilier ;
- Le comportement du voilier est modélisé par la fonction de transfert $H_b(p) = \dfrac{V}{p}$ où $V$ est la vitesse du voilier ;
- Le compas de gain $K_C$ mesure le cap réel du voilier et transmet l'information au calculateur sous forme d'une variable $N$ ;
- Un second capteur de gain $K_a$ est implanté sur le système, permettant de tenir compte de l'angle du safran dans la commande du système.

**Question 11 :** Compléter le schéma-bloc du document réponse **??** correspondant au système asservi.

**Question 12 :** Quelle valeur doit prendre le gain $K_{PU}$ pour que l'écart $\varepsilon$ soit nul lorsque la valeur consigne est atteinte : $\alpha = \alpha_c$ ? Cette valeur est admise pour la suite.

On considère $X_{ext} = 0$.

**Question 13 :** Calculer la fonction de transfert $H_1(p) = \dfrac{\alpha}{\alpha_c}$ et l'exprimer sous forme canonique.

**Question 14 :** Pour une entrée en échelon, $\alpha_c = \alpha_0 u(t)$ soit dans le domaine de Laplace $\alpha_c = \dfrac{\alpha_0}{p}$, déterminer l'erreur statique. Préciser le nom du théorème utilisé.

On considère $\alpha_c = 0$.

**Question 15 :** Pour une perturbation d'entrée en échelon, $X_{ext} = X_0 u(t)$ soit dans le domaine de Laplace $X_{ext} = \dfrac{X_0}{p}$, déterminer l'erreur statique due à la perturbation. Conclure quant à l'influence de la perturbation sur la précision du système.

# 4 | Réaliser un schéma bloc

On donne le modèle de connaissance du moteur à courant continu suivant :

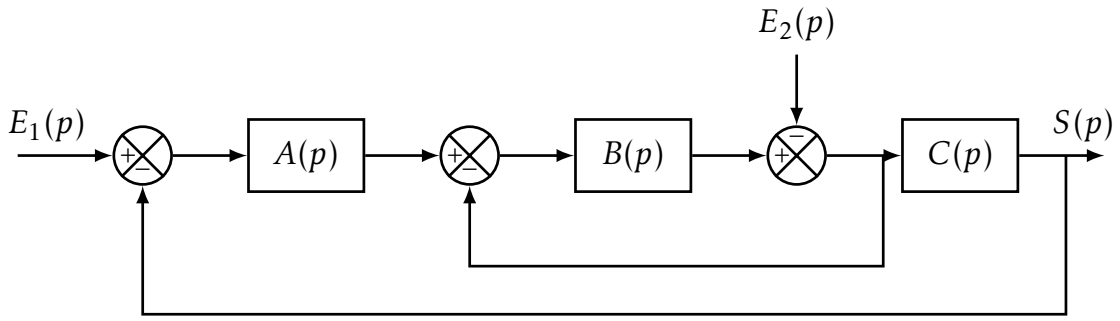
$$u_m(t) = e(t) + Ri(t) \qquad e(t) = k_e\omega_m(t)$$
$$J\frac{d\omega_m(t)}{dt} = c_m(t) \qquad c_m(t) = k_m i(t)$$

**Question 16 :** Exprimer ces équations dans le domaine de Laplace.

**Question 17 :** Compléter le schéma-bloc du document réponse **??** en s'aidant des équations du moteur. L'entrée temporelle est $u_m(t)$ et la sortie $\omega_m(t)$.

# 5 | Gérer une perturbation

## 5.1 Système à deux entrées




**Question 18 :** Réaliser le schéma bloc lorsque $E_2(p) = 0$ de sorte à visualiser clairement la chaîne directe et la chaîne de retour.

**Question 19 :** Calculer la fonction $H_1(p)|_{E_2(p)=0}$ lorsque $E_2(p) = 0$.

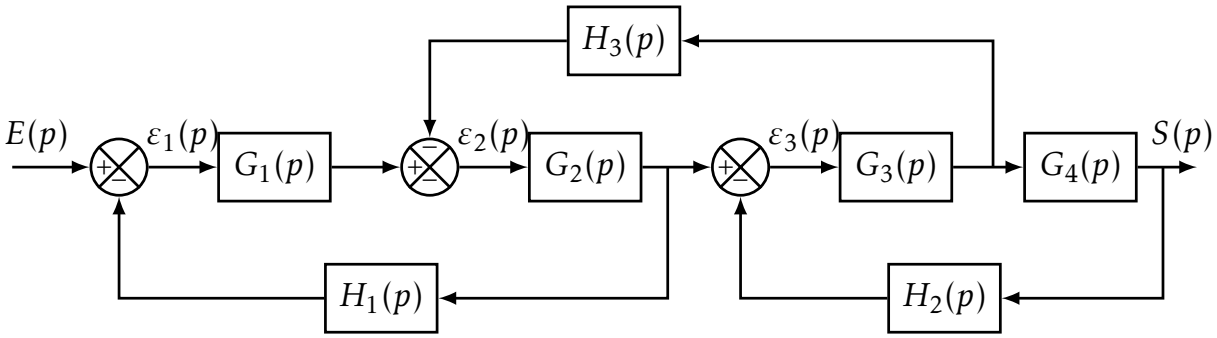
**Question 20 :** Réaliser le schéma bloc lorsque $E_1(p) = 0$ de sorte à visualiser clairement la chaîne directe et la chaîne de retour.

**Question 21 :** Calculer la fonction $H_2(p)|_{E_1(p)=0}$ lorsque $E_1(p) = 0$.

**Question 22 :** En déduire l'expression de $S(p)$ en fonction de $H_1(p)|_{E_2(p)=0}$, $H_2(p)|_{E_1(p)=0}$, $E_1(p)$ et $E_2(p)$. Préciser le nom du théorème utilisé.

# 6 | Manipulation de schéma-bloc

**Question 23 :** Déterminer la fonction de transfert $H(p) = \dfrac{S(p)}{E(p)}$ du schéma bloc suivant.



# 7 | Performances d'un système asservi

## 7.1 Asservissement en position

Le cahier des charges d'un asservissement en position est proposé ci-dessous :

| **Critères** | **Niveaux** |
|---|---|
| Stabilité | Le système doit être stable |
| Précision | Erreur statique inférieure à 5% |
| Rapidité | Temps de réponse à 5% inférieur à 20$s$ |
| Dépassement | Premier dépassement inférieur à 10% |

Ce système est soumis à une consigne en échelon. Sa réponse temporelle est donnée sur le document réponse **??**. Tracer directement sur ce graphique et **laisser visibles les traits de construction**.

**Question 24 :** À l'aide du document réponse **??**, déterminer si le système satisfait le cahier des charges. Justifier à l'aide de **tous** les critères et consigner les résultats dans un tableau. Laisser les constructions du tracé apparentes.

## 7.2 Asservissement en vitesse

Le cahier des charges d'un asservissement en vitesse est proposé ci-dessous :

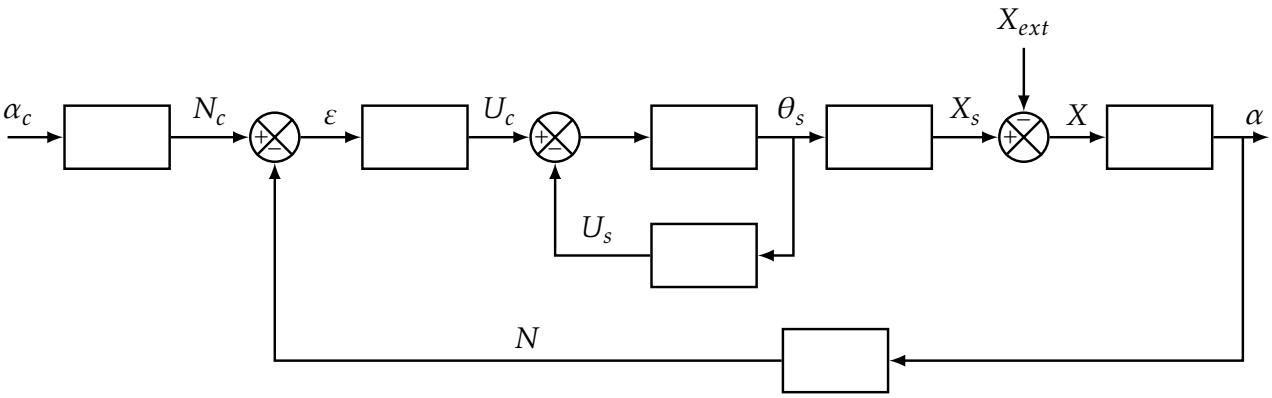
| **Critères** | **Niveaux** |
|---|---|
| Stabilité | Le système doit être stable |
| Précision | Erreur statique inférieure à 10% |
| Rapidité | Temps de réponse à 5% inférieur à 25$s$ |
| Dépassement | Premier dépassement inférieur à 20% |

Ce système est soumis à une consigne en échelon. Sa réponse temporelle est donnée sur le document réponse **??**. Tracer directement sur ce graphique et **laisser visibles les traits de construction**.

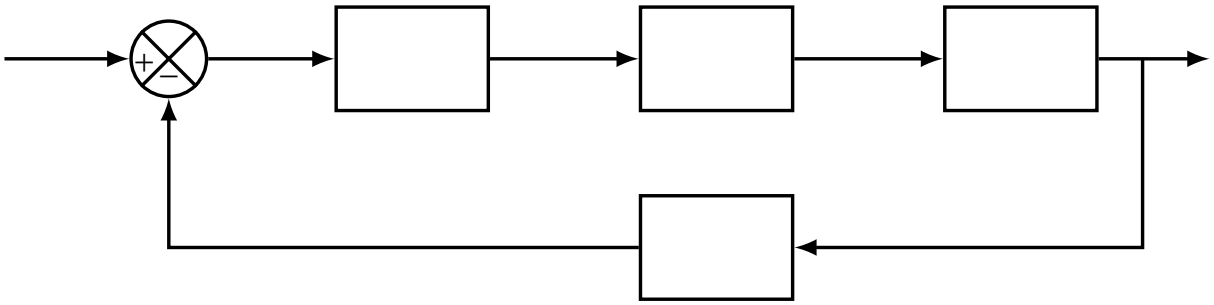
**Question 25 :** À l'aide du document réponse **??**, déterminer si le système satisfait le cahier des charges. Justifier à l'aide de **tous** les critères et consigner les résultats dans un tableau. *Attention à l'instant de l'échelon !* Laisser les constructions du tracé apparentes.

**Nom Prénom :**

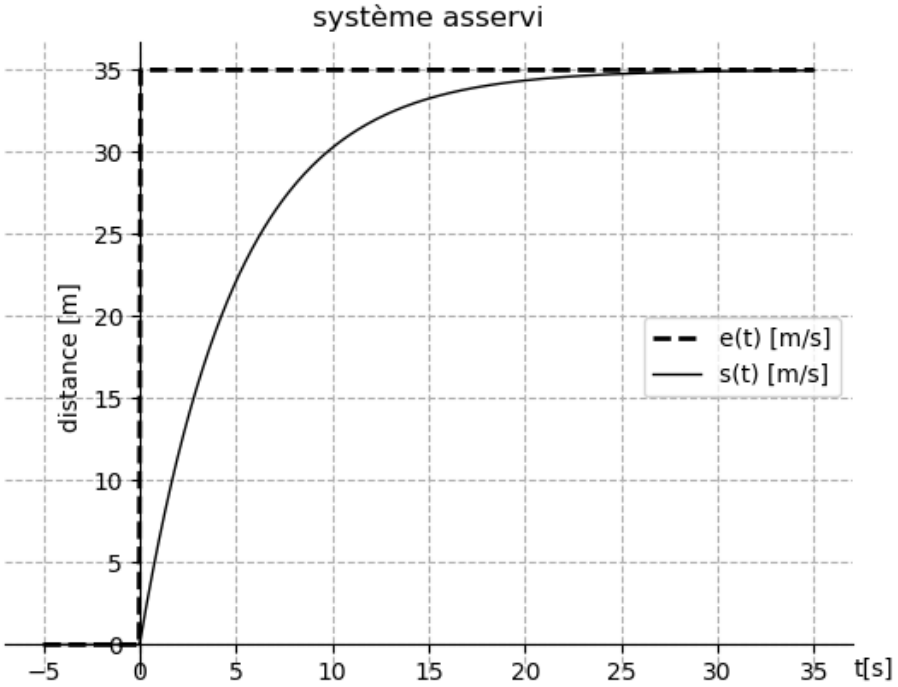
## Document Réponse 1 — Pilote automatique de voilier — Q. 11




## Document Réponse 2 — Moteur à courant continu — Q. 17



## Document Réponse 3 — Asservissement en position — Q. 24



**Document Réponse 4 — Asservissement en vitesse — Q. 25**

