

## Examen Automatique

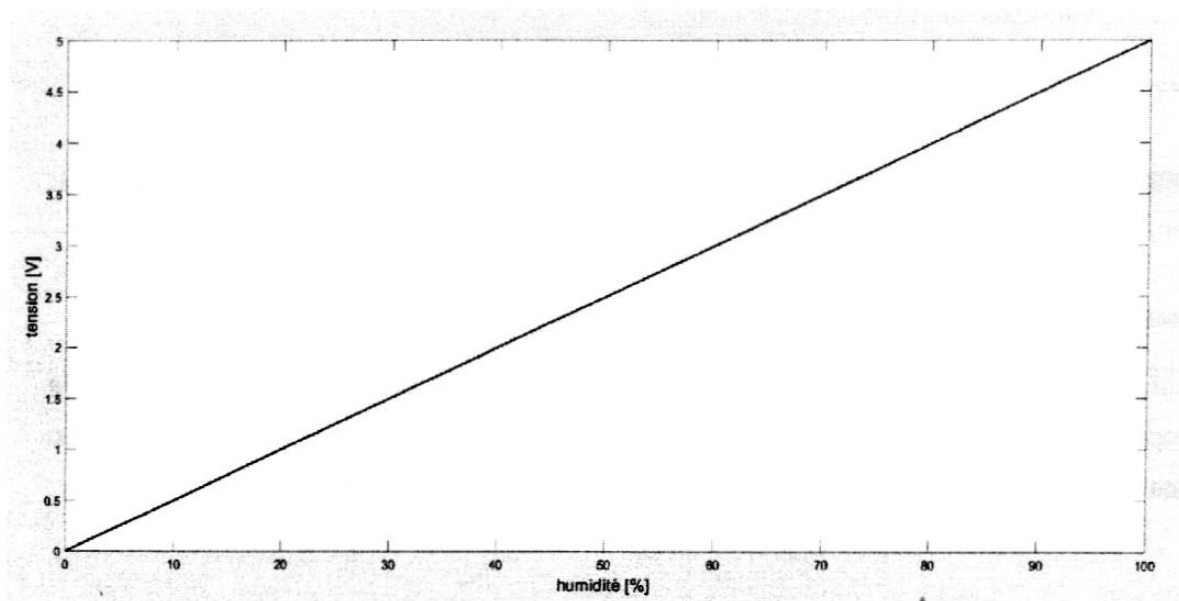
### Question

Donner les étapes clés de la conception d'un système de commande.

### Exercice 1

L'entreprise agricole Agrofresh souhaite diversifier sa gamme de produits et offrir une solution d'arrosage automatique. Cette solution se base sur l'utilisation d'un PID analogique qui doit commander la pression de la pompe qui fournira le débit d'eau nécessaire pour garantir une humidité constante dans le sol.

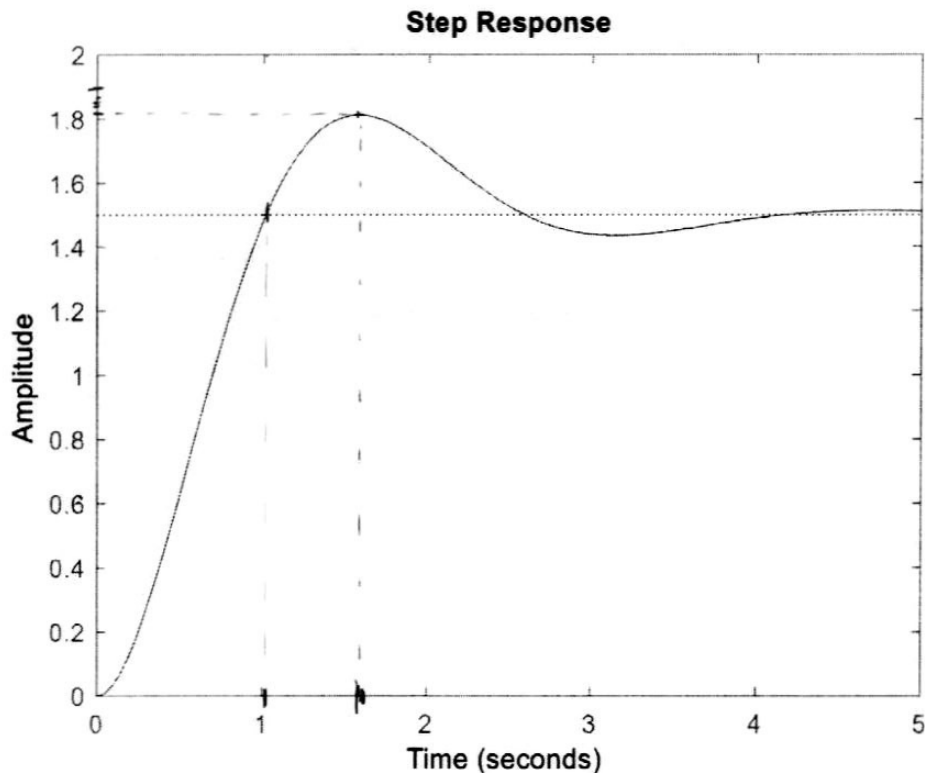
L'humidité sera mesurée à l'aide d'un capteur. Celui-ci aura en sortie une tension proportionnelle au pourcentage d'humidité du sol, comme indiquée sur la figure ci-dessous.



**Question 1 :** Donner la fonction de transfert du capteur d'humidité.

La pompe fournit un débit d'eau en fonction de la pression. Le débit maximal d'eau est de 15 m<sup>3</sup>/h pour une pression maximale de 10 bars.

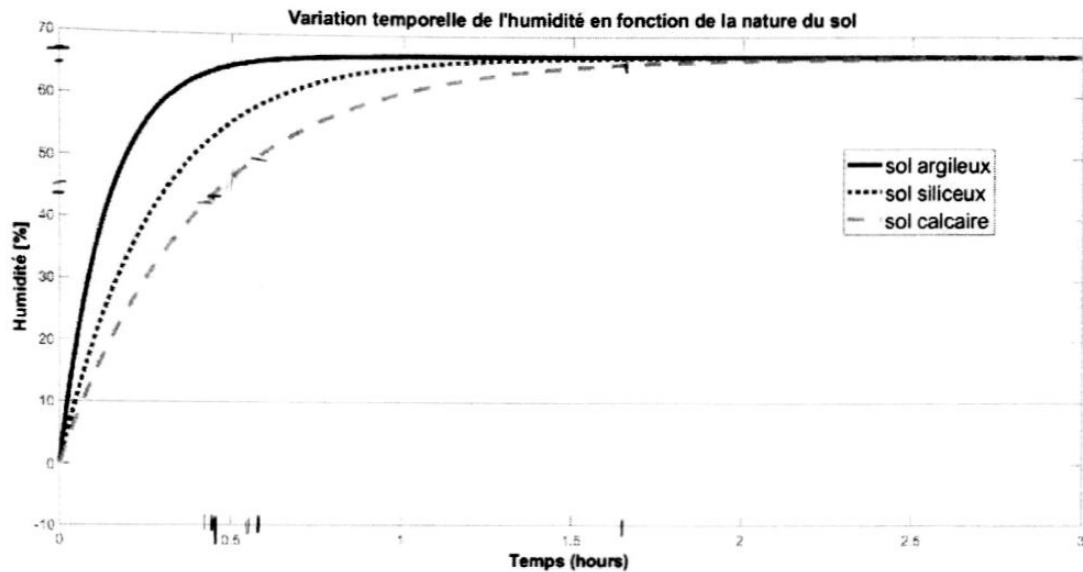
Afin de trouver le modèle mathématique du fonctionnement de la pompe, la pression a été fixée à 5 bars et on a relevé la variation temporelle du débit de la pompe. La figure ci-dessous donne cette variation.



**Figure 2 : Variation temporelle du débit [m<sup>3</sup>/h] de la pompe pour une pression de 5 bars**

**Question 2 :** Trouver la fonction de transfert de la pompe.

Pour le même débit d'arrosage, l'humidité dépendra fortement du type de sol. Les variations temporelles d'humidité relevées sur trois types de sols (argileux, siliceux et calcaire) pour un débit d'eau constant de 10m<sup>3</sup>/h sont présentées dans la figure 3.



**Figure 3 : Variation temporelle de l'humidité en fonction de la nature du sol pour un débit constant de 10m³/h**

**Question 3 :** Trouver la fonction de transfert pour le sol calcaire.

**Question 4 :** Dessiner le schéma bloc du système de régulation de l'humidité, utilisant un régulateur PID, pour un sol calcaire. Chaque bloc doit faire figurer sa fonction de transfert et les noms des signaux d'entrée et de sortie avec leurs unités de mesure respectives.

**Question 5 :** On veut garder dans le sol calcaire une humidité constante de 50%. Quelle est la valeur de la consigne à appliquer ?

## Exercice 2

Soit un système dont le fonctionnement est modélisé par le modèle d'état suivant :

$$\dot{x} = \begin{pmatrix} 1 & -2 \\ 3 & 5 \end{pmatrix} x + \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix} u$$

$$y = \begin{pmatrix} 0 & 1 \end{pmatrix} x$$

**Question 1 :** Etudier la stabilité et la commandabilité du système

**Question 2 :** On veut améliorer les performances du système en utilisant un retour d'état. Calculer la matrice de gain K qui garantira que le système en boucle fermée ait deux pôles complexes conjugués  $s_{1,2} = -0.5 \pm 2j$ .

**Question 3 :** Calculer la fonction de transfert du système en boucle fermée par retour d'état. Calculer l'erreur statique pour une entrée en échelon unitaire (erreur de position).

**Question 4 :** On veut garantir une erreur statique nulle. Choisir un régulateur adapté pour garantir ce cahier des charges et dessiner le schéma de simulation en Simulink (le calcul des coefficients du régulateur n'est pas à faire). Visualiser sur un Scope la consigne et la sortie du système, sur un deuxième Scope la commande par retour d'état, sur un troisième Scope la commande du régulateur choisi et sur un quatrième Scope l'erreur.

## FORMULAIRE

### Système d'ordre deux

Forme générale de la FdT :  $H(s) = \frac{K\omega_0^2}{s^2 + 2\zeta\omega_0 s + \omega_0^2}$

Réponse indicielle  $y(t)$  : cas  $\zeta < 1$

- Premier dépassement  $D_1 = y(t_1) - K = K e^{-\frac{\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}}$
- Temps de montée :  $t_m = \frac{1}{\omega_0 \sqrt{1-\zeta^2}} (\pi - \arccos \zeta)$
- Temps pic :  $t_1 = \frac{\pi}{\omega_0 \sqrt{1-\zeta^2}}$
- Temps de réponse à  $n\%$  ( $\zeta < 0.7$ ) :  $t_r \cong \frac{1}{\omega_0 \zeta} \ln \left( \frac{100}{n} \right)$

### Passage de l'équation d'état à la fonction de transfert

$$H(s) = C(sI - A)^{-1} B + D$$

### Forme compagne horizontale : matrice de passage

$$M = [A^{n-1}B + A^{n-2}Ba_{n-1} + \dots + ABa_2 + Ba_1 \quad \dots \quad A^2B + ABa_{n-1} + Ba_{n-2} \quad AB + Ba_{n-1} \quad B]$$