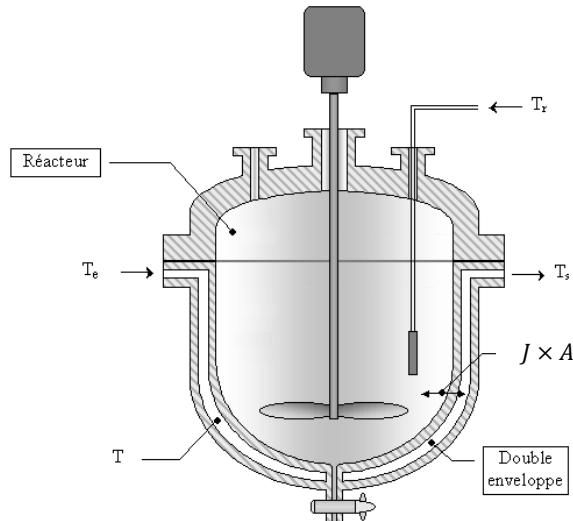


## Synthèse de correcteur par placement de pôles – cas discret

On décide de reprendre l'étude du réacteur de la séance 4 de TD. Dans un réacteur à double enveloppe, on réalise la transformation de deux composés  $A$  et  $B$  en un troisième composé  $C$  qui est ensuite récupéré après cristallisation. Pour que cette opération de transformation puis de cristallisation se déroule selon les spécifications attendues, il est nécessaire de bien maîtriser la température du milieu réactif par l'intermédiaire du contrôle de la température du fluide dans la double enveloppe.



- $T_r$  : température du milieu réactif ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $T$  : température du fluide caloporteur ( $T_e$  entrée,  $T_s$  sortie) ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $J$  : coefficient d'échange thermique global ( $\text{W/m}^2/\text{K}$ )
- $A$  : surface d'échange ( $\text{m}^2$ )

Le réacteur est équipé d'une sonde de température fournissant une mesure  $y$  de la température  $T_r$  ( $y$  : tension en V). La température de la double enveloppe provient d'un bloc amont du réacteur permettant d'imposer via une commande  $u$  une température  $T_e$  au fluide entrant dans la double enveloppe ( $u$  : tension en V comprise entre  $\pm 15\text{V}$ ).

Figure 1 : coupe d'un réacteur double enveloppe

Cette fois, le réacteur est commandé selon la structure de la Figure 2

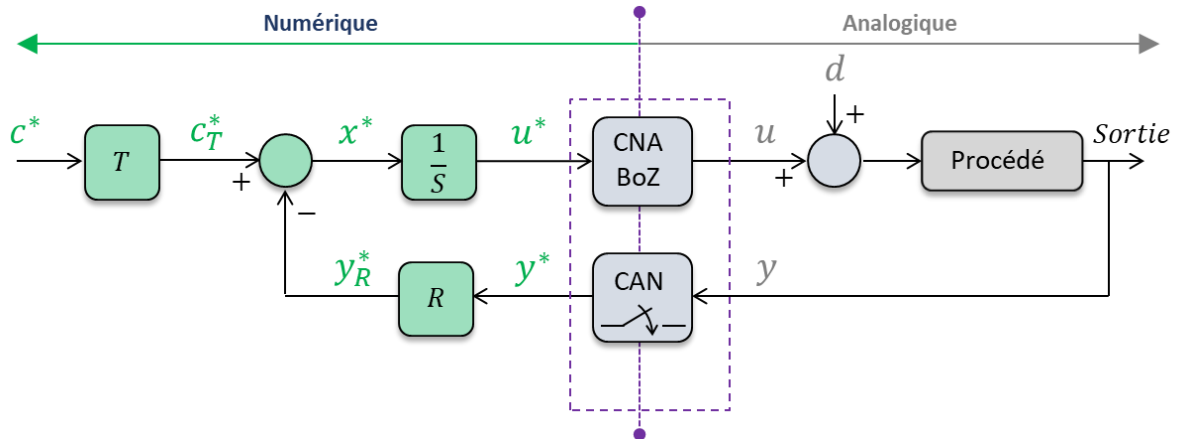


Figure 2 : Schéma de commande du procédé de fonction de transfert  $G$

Un modèle  $G$  dans le plan complexe du transfert  $T_{u \rightarrow y}$  a pu être obtenu et identifié. On considère qu'une représentation suffisante pour l'unité pilote est donnée par :

$$\forall s \in \mathbb{C}, \quad G(s) = \frac{s + 0.1}{(s + 0.3)(s + 0.4)} \quad \text{Eq. 1}$$

Le cahier des charges pour le procédé pilote de 1 litre est le suivant : on souhaite en boucle fermée pour une consigne échelon  $c^*$ , une réponse sans erreur statique, avec un dépassement

de 4,3% et un temps de pic de 16s. En plus, un signal de perturbation  $d^*$  en entrée du système sous forme d'échelon unitaire, modélisant une défaillance au niveau de l'actionneur, doit être rejeté sans erreur statique.

La période d'échantillonnage est fixée à  $T_s = 0.3s$

**Question 1.** En utilisant `Matlab`, voir le code de la première partie du fichier `TD7.m`, calculer les pôles de modèle de référence continu d'ordre 2 qui respecte les exigences du cahier des charges en régime transitoire. Justifier le choix de la période d'échantillonnage.

**Question 2.** Supprimer la première commande « `return` » dans le fichier `TD7.m` et calculer la fonction de transfert discrète  $G^*$  associée à  $G$  prenant en compte le bloqueur d'ordre zéro et déterminer le degré de polynômes en numérateur  $B$  et en dénominateur  $A$  de  $G^*$  en puissance de  $z^{-1}$ .

**Question 3.** Donner les pôles discrets de référence qui respectent les exigences du cahier des charges en régime transitoire. En déduire le polynôme cible souhaité  $P_c(z)$  en l'exprimant en  $z^{-1}$ .

**Question 4.** En considérant le schéma-bloc de la commande RST dans le domaine numérique, voir la *Figure 3*, expliciter les contraintes de préspecification à vérifier par les polynômes  $R$ ,  $S$  et  $T$  telles que la boucle fermée résultante satisfasse les objectifs du cahier des charges sur le régime permanent.

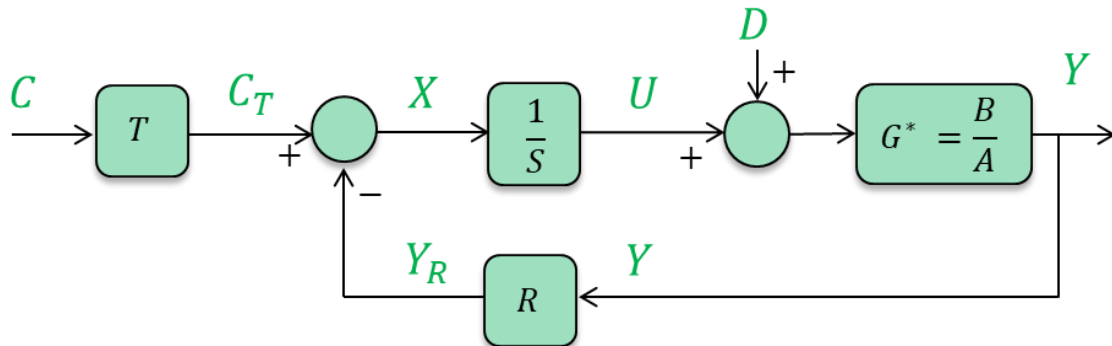


Figure 3 : Schéma de commande dans le domaine numérique

**Question 5.** Vérifier qu'une solution assurant le cahier des charges en régime permanent et transitoire peut être trouvée en termes de polynômes  $R$ ,  $S$ , et  $T$  (en puissance de  $z^{-1}$ ). Donner dans ce cas-là, le degré minimal, en puissance de  $z^{-1}$ , de chaque polynôme  $R$ ,  $S$ , et  $T$ .

**Question 6.** Calculer les polynômes  $S$  et  $R$  grâce à la résolution de l'équation de Bezout en utilisant la fonction `bezout.m` et le code `TD7.m`.

**Question 7.** Donner la valeur de  $T$  (sous la forme d'un gain statique) permettant d'obtenir le régime permanent souhaité. Simuler vos résultats à l'aide des fichiers `TD7.m` et `TD7_sim.slx`

**Question 8.** Calculer l'expression de la fonction de transfert  $T_{C \rightarrow Y}^*(z)$  en fonction de  $T = t_0$ , du numérateur du procédé  $B(z)$  et du polynôme cible  $P_c(z)$  (réexprimée en puissance de  $z$ ). Quelle conclusion peut-on faire concernant la réponse observée de la boucle fermée ?

**Question 9.** Modifier la fonction transfert  $T$  afin de satisfaire le cahier des charges.