

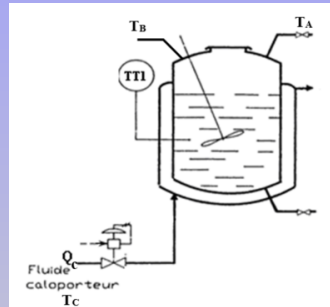
Programme de l'exposé

- 1 Introduction
- 2 Régulation cascade
- 3 limitation de grandeurs intermédiaires

Réacteur double enveloppe :

Objectif : Refroidir la réaction à l'aide d'un fluide caloporteur.

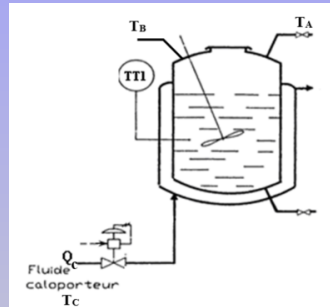
- Grandeur réglée : T .



Réacteur double enveloppe :

Objectif : Refroidir la réaction à l'aide d'un fluide caloporteur.

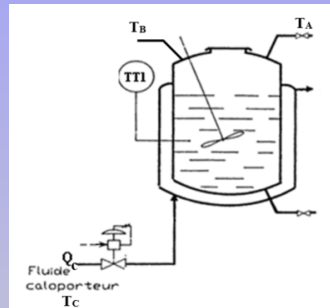
- Grandeur réglée : T .
- Grandeur réglante : Q_C



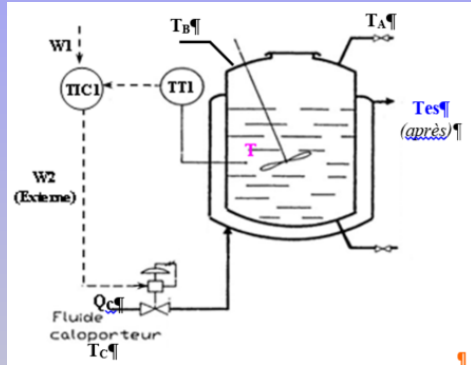
Réacteur double enveloppe :

Objectif : Refroidir la réaction à l'aide d'un fluide caloporteur.

- Grandeur réglée : T .
- Grandeur réglante : Q_C
- Perturbations : Q_A , Q_B , T_A , T_B , T_C , E (énergie libérée par la réaction)

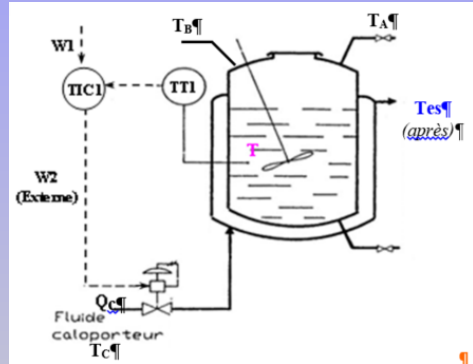


On met en place
une régulation
PID simple, en
implantant un
régulateur **TIC1**
(voir ci-contre)

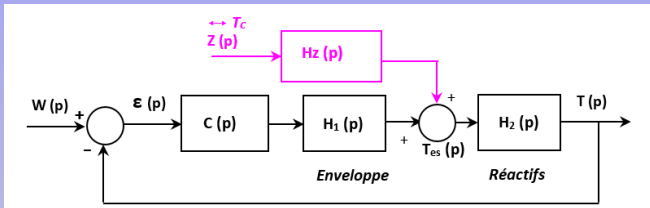


On met en place une régulation PID simple, en implantant un régulateur **TIC1** (voir ci-contre)

Quels sont les performance en régulation lorsqu'on ajoute le produit **B** ?



Analyse Fonctionnelle



$$H_1(p) = \frac{-2}{1 + 400p}$$

$$H_2(p) = \frac{0.5 \cdot e^{-90p}}{1 + 600p}$$

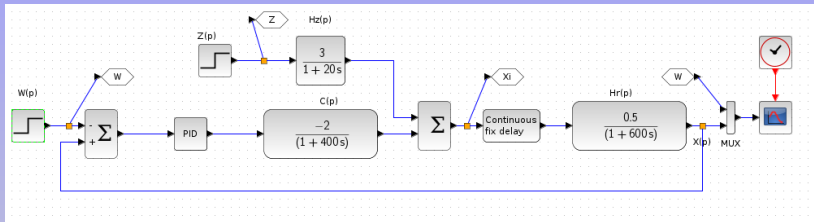
$$H_z(p) = \frac{3}{1 + 20p}$$

Boucle simple

A partir de l'analyse fonctionnelle du réacteur double enveloppe :

- Simuler le procédé sous *Scilab/XCOS*,
- Réaliser l'identification du procédé,
- Déterminer le sens d'action du régulateur,
- Déterminer la valeur du correcteur $C(p)$, en utilisant les réglages de Broïda,
- Déterminer les performances en asservissement,
- Déterminer les performances en régulation.

Simulation sous *Scilab/XCOS*



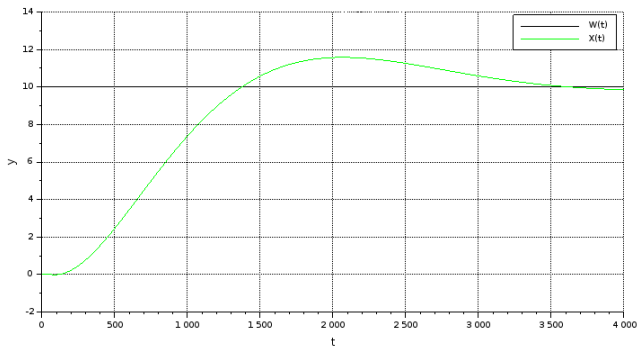
Demande de plusieurs valeurs Scilab [X]

Définir les paramètres du bloc PID

Proportional	1
Integral	1/577
Derivation	128

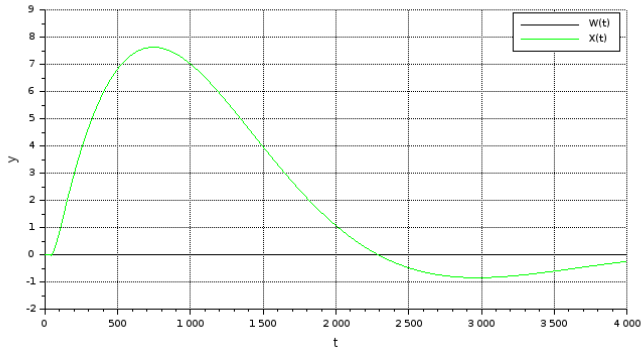
[Ok] [Annuler]

Essai en asservissement



$$\epsilon_S = 0; D_{1r} = 15.8\%; tr_{5\%} = 3090s$$

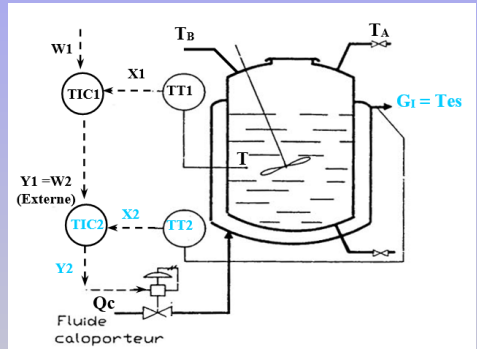
Essai en régulation



$$\epsilon_S = 0; \epsilon_{Max} = 7.63\%; tr_{0\%} = 4000s$$

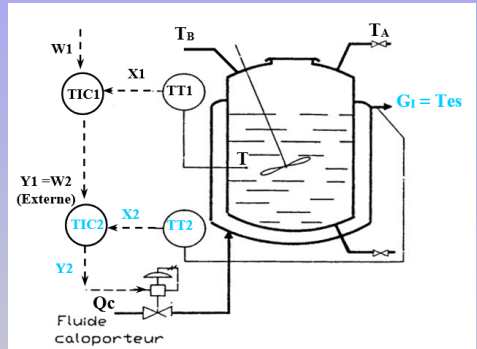
Régulation Cascade

- Grandeur réglée : T .
- Grandeur réglante :
Consigne T_{es}
- Perturbations : Q_A ,
 Q_B , T_A , T_B , E
(énergie libérée par la réaction)



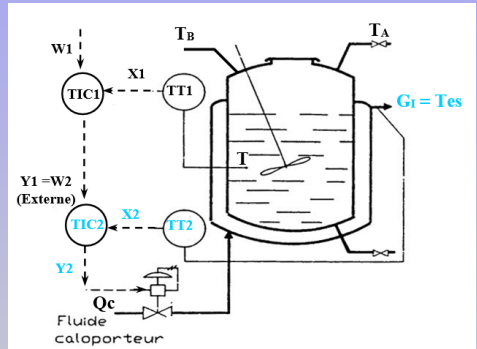
Régulation Cascade

- Grandeur réglée : T .
- Grandeur réglante :
Consigne T_{es}
- Perturbations : Q_A ,
 Q_B , T_A , T_B , E
(énergie libérée par la réaction)
- Grandeur **réglée**
intermédiaire : T_{es} ,



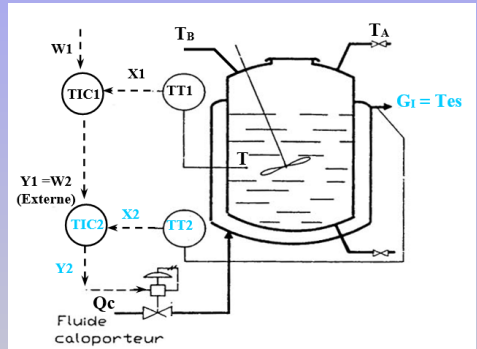
Régulation Cascade

- Grandeur réglée : T .
- Grandeur réglante :
Consigne T_{es}
- Perturbations : Q_A ,
 Q_B , T_A , T_B , E
(énergie libérée par la réaction)
- Grandeur **réglée intermédiaire** : T_{es} ,
- Grandeur réglante intermédiaire : Q_C ,

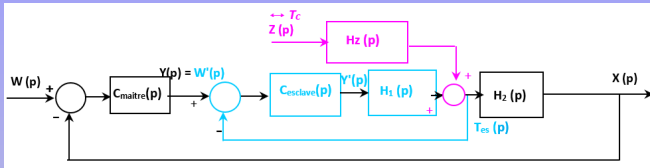


Régulation Cascade

- Grandeur réglée : T .
- Grandeur réglante :
Consigne T_{es}
- Perturbations : Q_A ,
 Q_B , T_A , T_B , E
(énergie libérée par la réaction)
- Grandeur **réglée intermédiaire** : T_{es} ,
- Grandeur réglante intermédiaire : Q_C ,
- Perturbations intermédiaires : T_C ,
 Q_A , Q_B , T_A , T_B , E
(énergie libérée par la réaction)



Analyse Fonctionnelle



Choix de la grandeur intermédiaire

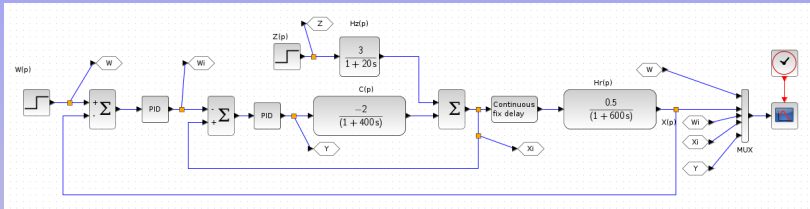
On choisit une grandeur du procédé :

- Qui est sensible à la perturbation principale,
- Qui est mesurable.

Cas du réacteur

Une grandeur intermédiaire sensible à toutes ces perturbations est T_{es} : $T_{\text{enveloppe}}$ sortie ; son contrôle permettra de plus de ne pas trop refroidir le fluide caloporteur.

Régulation cascade sous *Scilab*/XCOS



boucle maître

Demande de plusieurs valeurs Scilab

Définir les paramètres du bloc PID

Proportional	5.5
Integral	1/793
Derivation	84.2

Ok Annuler

boucle esclave

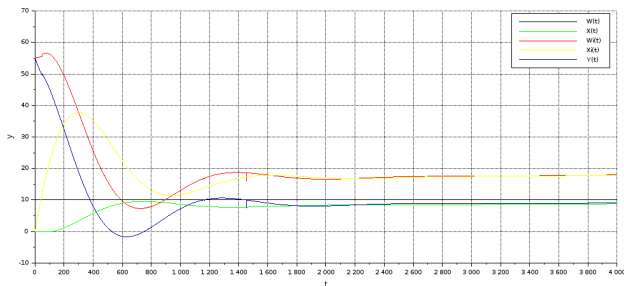
Demande de plusieurs valeurs Scilab

Définir les paramètres du bloc PID

Proportional	1
Integral	1/400
Derivation	0

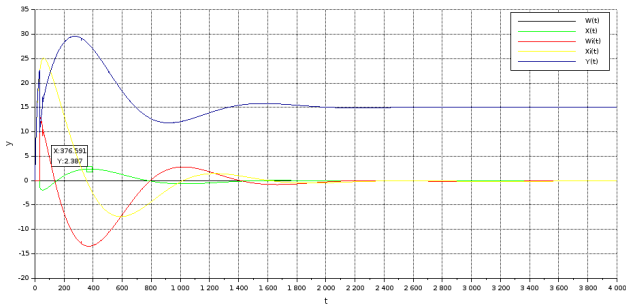
Ok Annuler

Essai en asservissement



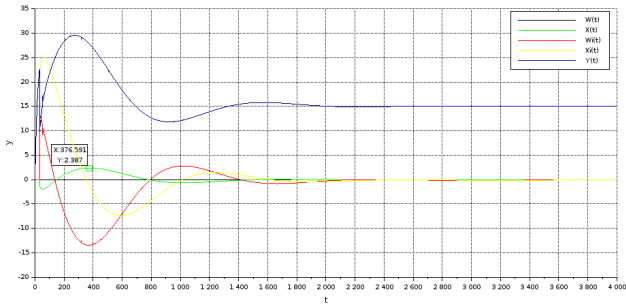
$$\epsilon_S = 0; D_{1r} = 0\%; tr_{5\%} > 4000s$$

Essai en régulation



$$\epsilon_S = 0; \epsilon_{Max} = 2.39\%; tr_{0\%} = 1800s$$

Essai en régulation



$$\epsilon_S = 0; \epsilon_{Max} = 2.39\%; tr_{0\%} = 1800s$$

La régulation cascade a permis de réduire l'écart max.

Conclusion sur l'intérêt de la régulation cascade :

On améliore la qualité de la régulation en réduisant l'écart maximum

Condition nécessaire :

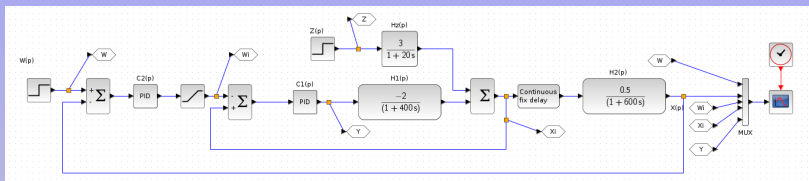
Pour que la régulation cascade soit performante, il faut que la boucle interne (esclave) soit beaucoup plus rapide que la boucle externe (maître).

Problème de "givrage" du réacteur

- Si la grandeur intermédiaire descend en dessous de -10°C , on crée un "point froid" au niveau du raccord de la canalisation d'arrivée d'eau glycolée avec la double enveloppe. Un glaçon peut se former sur cette partie de la cuve, ce qui diminue l'efficacité de la réaction.
- Si la température de la double enveloppe dépasse 20°C , on peut provoquer un emballement de la réaction, qui la rendrait incontrôlable.

⇒ Proposez une modification de la simulation qui permette de conserver la température en sortie de la double enveloppe entre -10°C et 20°C .

Limitation de la grandeur intermédiaire



Demande de plusieurs valeurs Scilab

Définir les paramètres du bloc SATURATION

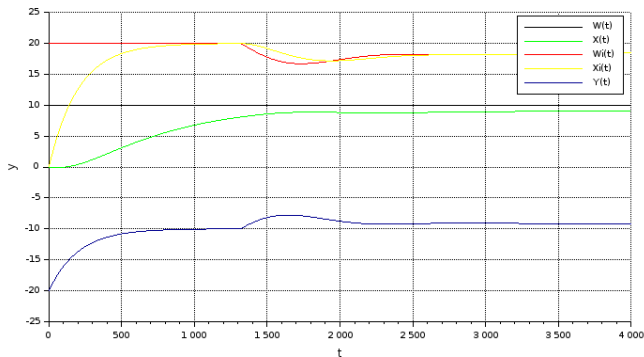
Upper limit: 20

Lower limit: -10

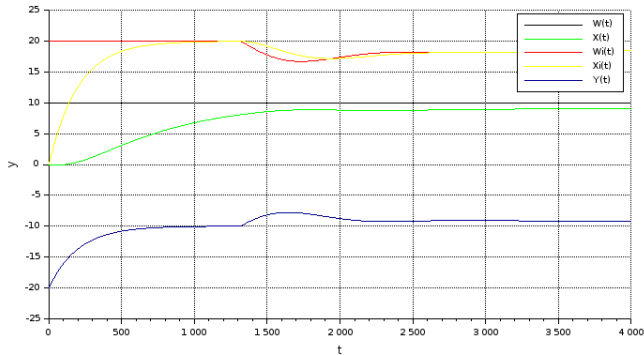
Use zero crossing (0:no, 1:yes): 1

OK Annuler

Essai en asservissement

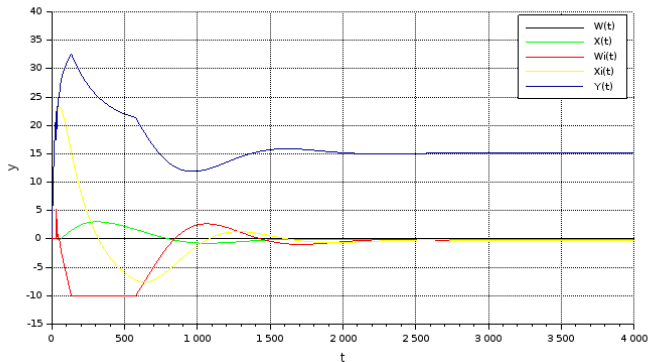


Essai en asservissement

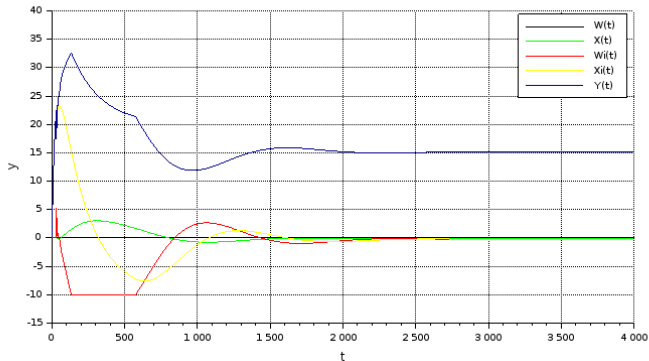


La régulation cascade a permis de limiter T_{es} en dessous de 20°C .

Essai en régulation



Essai en régulation



La régulation cascade a permis de conserver T_{es} entre -10°C et 20°C

Autre intérêt majeur de la régulation cascade :

La régulation cascade permet de conserver la maîtrise de la grandeur intermédiaire.

Remarque :

La régulation cascade que nous venons de voir ici est une régulation cascade **sur grandeur intermédiaire**. Il existe aussi une régulation cascade **sur grandeur réglante**. Dans le cas du réacteur qui a servi de support à ce cours, cela aurait constitué à réguler dans la boucle esclave le débit de fluide caloporteur Q_C , ce qui aurait permis de compenser par exemple les perturbations liées au variation de pression dans le circuit du fluide caloporteur. On pourrait bien sûr également réguler en régulant à la fois la grandeur réglante et la grandeur intermédiaire (2 boucles esclaves imbriquées), ce qui aurait encore amélioré le contrôle du procédé.