

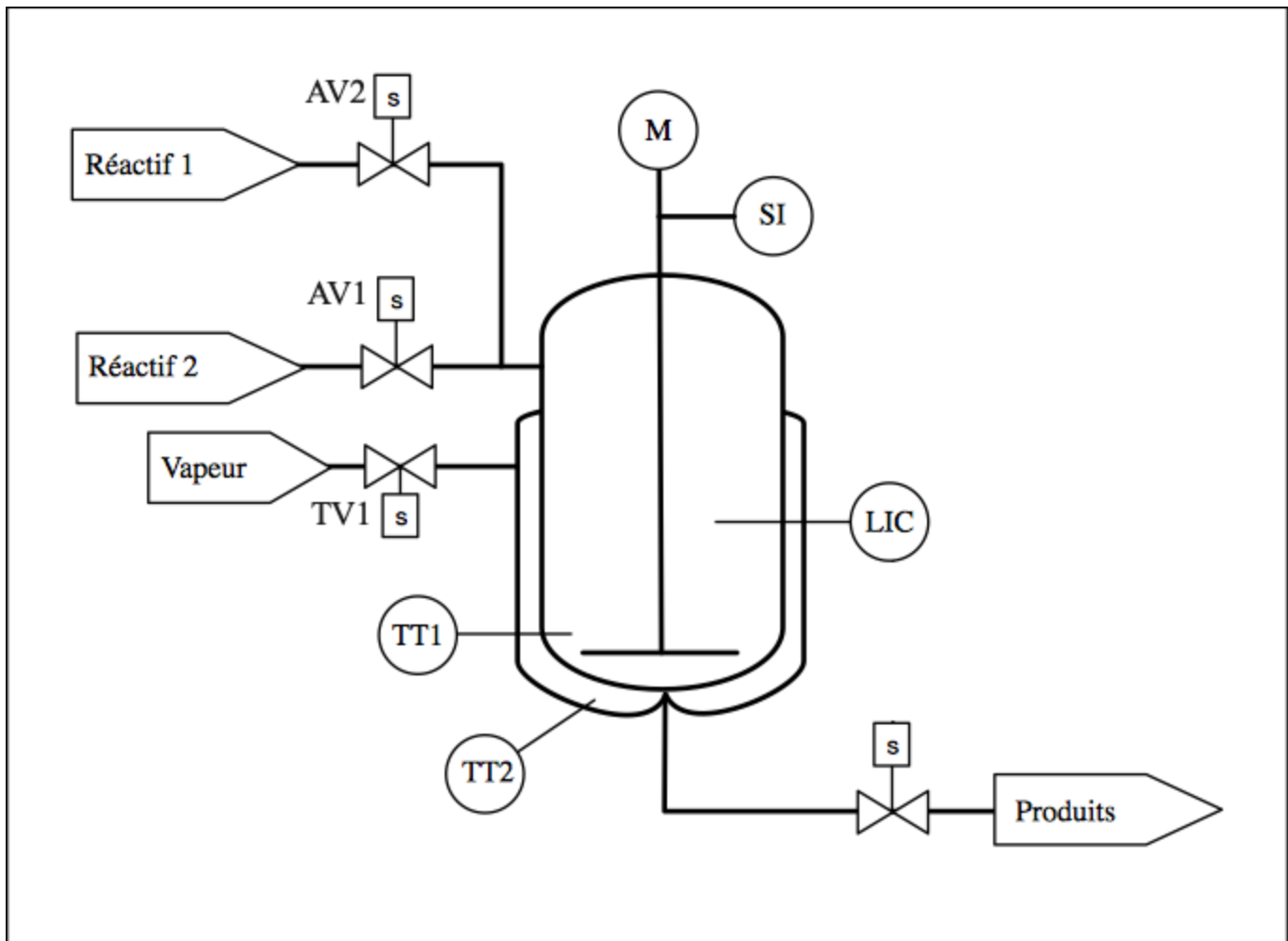
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20
A	A	A	A	B	A	A	A	B	A	A	A	C	D	D	D	A	A	B	A

## Réglage d'un réacteur chimique

La fabrication d'un engrais nécessite l'utilisation d'un réacteur chimique à double enveloppe, permettant :

- Le maintien de la température du mélange réactionnel en régime stabilisé.
- Une évolution contrôlée de la température pendant les changements de phase de la fabrication.

En fin de fabrication, le produit est soutiré par gravitation, le réacteur est lavé puis à nouveau chargé pour le départ d'un nouveau lot.



Le procédé peut être considéré comme approximativement linéaire dans toute la plage de variation de la température, grâce au choix judicieux de la vanne. Les transmetteurs sont des transmetteurs 2 fils 4-20 mA et les vannes sont à commande 4-20 mA.

**Contraintes :** le procédé peut permettre un dépassement de la consigne de 20% maximum. L'erreur statique doit être nulle.

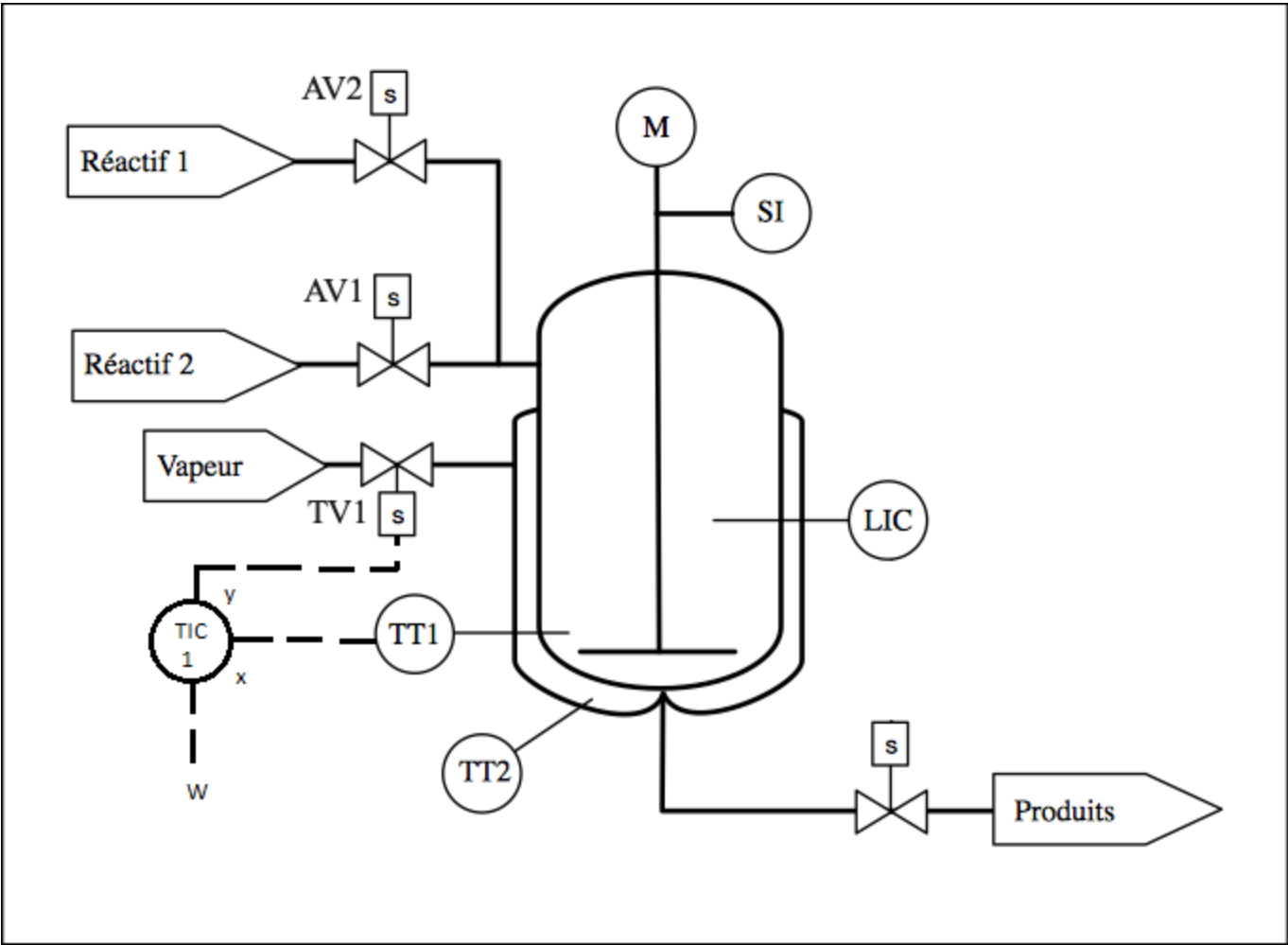
Le système sera simulé par le logiciel [Process IV](#) qui vous permet de tester différents réglages.

**Boucle simple**

Le technicien décide dans un premier temps de réaliser une régulation simple pilotée par un régulateur P.I.D. mixte TC1.

**Q1:** Compléter le schéma TI pour faire apparaître la boucle de régulation.

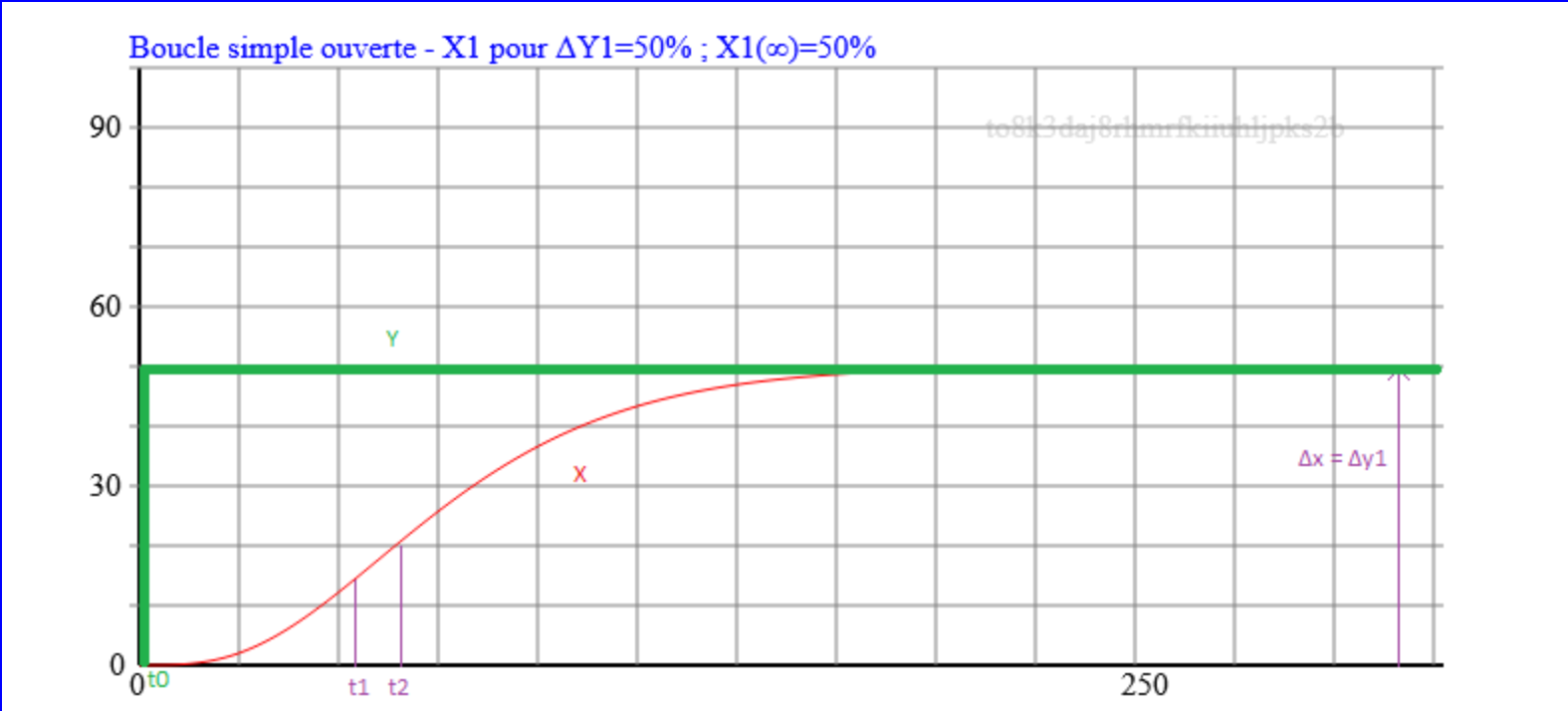
1 



**Q2 :** Identifier le procédé à un modèle de Broïda. On donnera le gain K, la constante de temps  $\tau$  et le retard T. 1

$K=1$  ;  $T=37\text{sec}$  ;  $\tau=55 \text{ sec}$

**Q3 :** Fournir le graphique qui a permis d'identifier le procédé. 1



**Q4 :** À l'aide des réglages de Dindeleux fournis dans le cours, déterminer les paramètres  $A1$ ,  $Td1$  et  $Ti1$  de votre correcteur. 1

$A1= 1,5$  ;  $Ti=70\text{s}$  ;  $Td=11,7\text{sec}$

Type : AI_UIO
Name :
Mode :
Type :
PV :

**Name :** Nom de l'élément sur le schéma TI  
**Mode :** Manu/Auto/Remote  
**Type :** mA/mV/V  
**InvPID :** True/False

Type : PID
Name :
Mode :
PV :
OP :
SL :
RSP :
InvPID :
Xp :
Ti :
Td :

Type : AI_UIO
Name : TT1
Mode : Auto
Type :
PV :

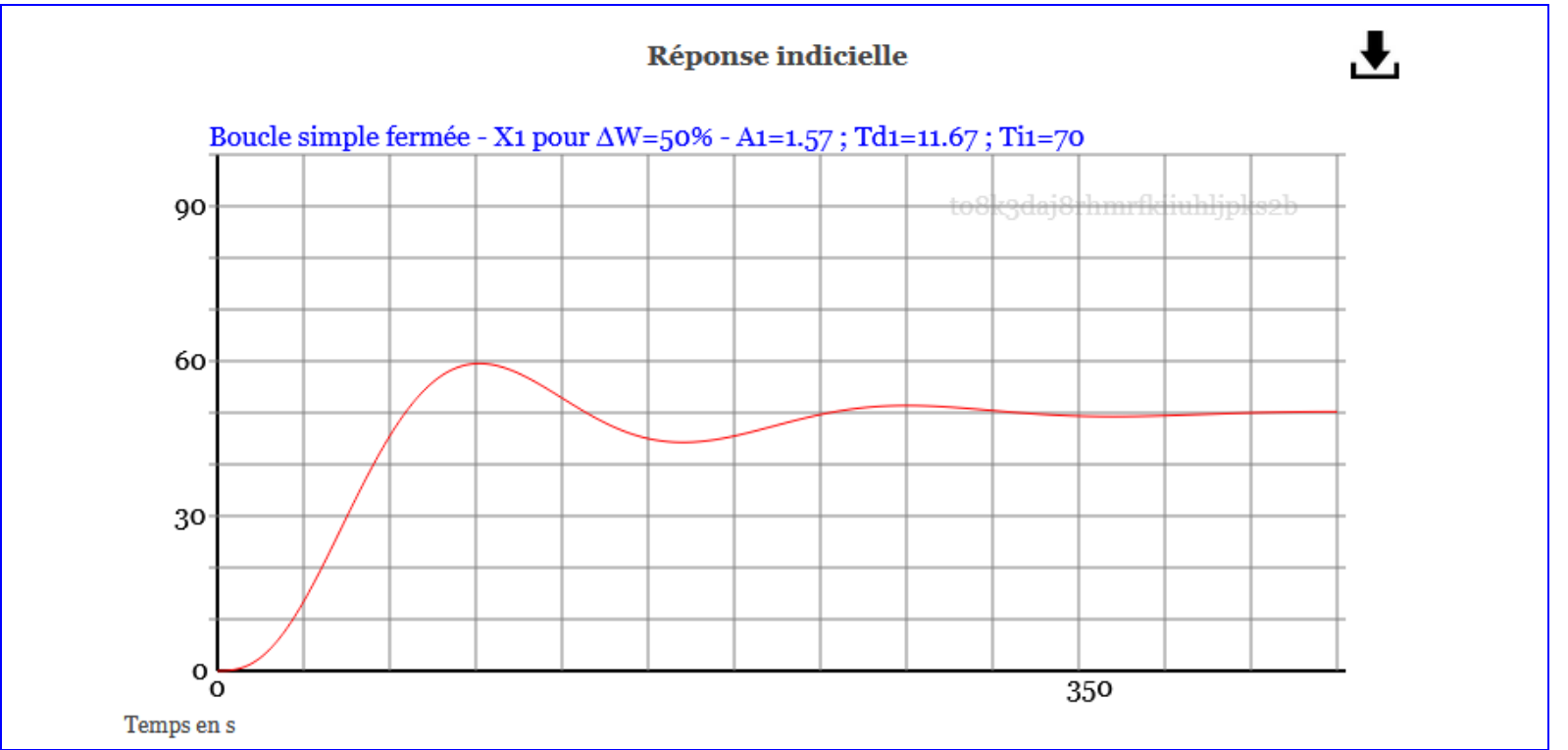
Type : ADD2
Name :
Mode :
PV1 :
PV2 :
K1 :
K2 :
OP :

Type : PID
Name : TIC1
Mode : Auto
PV :
OP :
SL :
RSP :
InvPID : False
Xp : 64%
Ti : 70 sec
Td : 11,6 sec

Type : AO_UIO
Name :
Mode :
Type :
OP :

Type : AO_UIO
Name : TV1
Mode : Auto
Type :
OP :

**Q6 :** Enregistrer la réponse obtenu de votre régulation en réponse à un échelon de consigne. 1 A

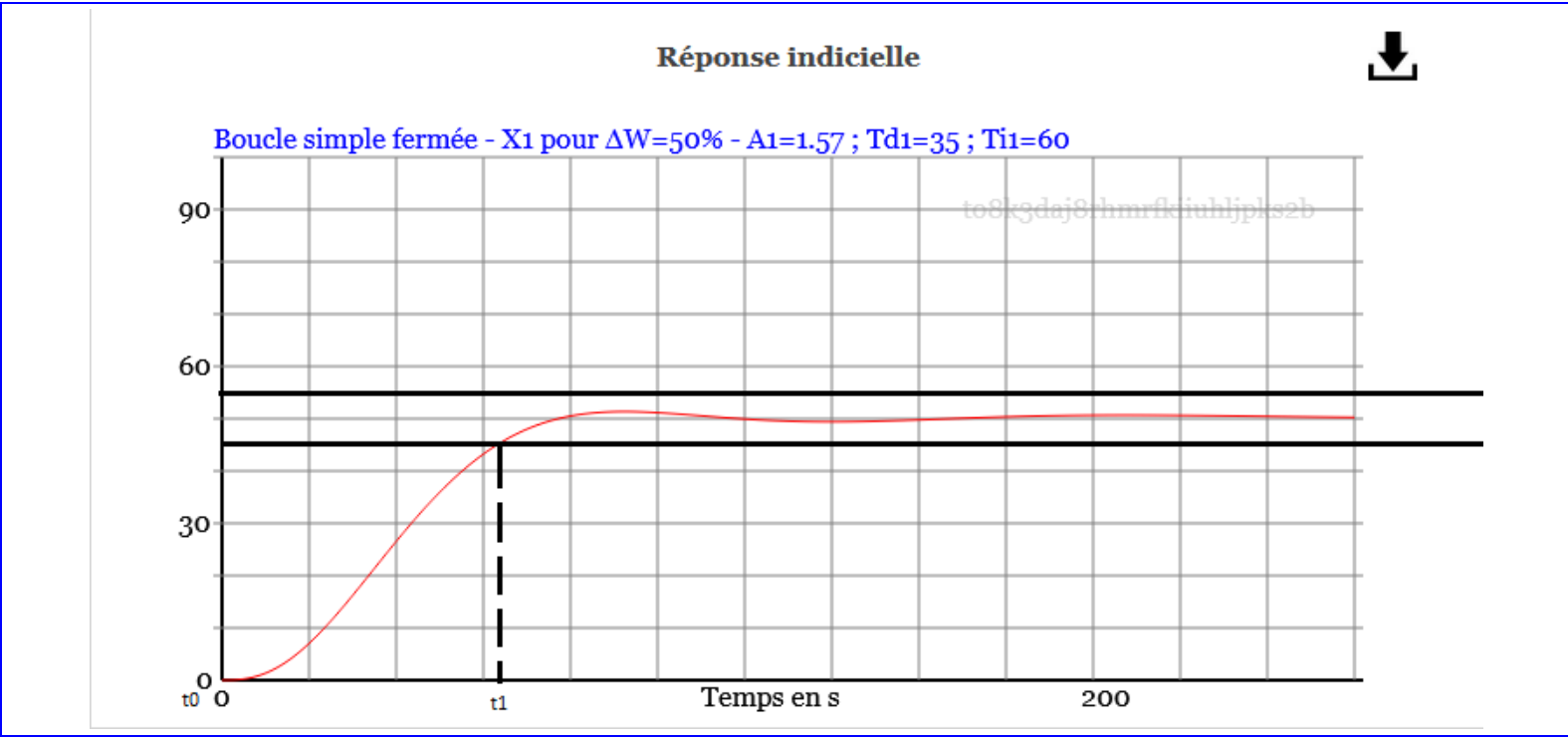


**Q7 :** Faire l'analyse critique de ce résultat. 1 A

le signal met plus de temps a se stabiliser que en boucle ouverte . Cependant le signal n'est pas très lisse on obtient une bosse à 90 secondes en début de procédé.

Déterminer un réglage des actions PID qui respectent les contraintes du procédé (page 1), avec un temps de réponse le plus court possible.

**Q8 :** Enregistrer la réponse obtenu de votre régulation en réponse à un échelon de consigne. 1 A



**Q9 :** Mesurer les performances de votre régulation (Erreur statique  $\epsilon_s$ , Temps de réponse à  $\pm 10\%$   $T_r$  et premier dépassement  $D_1$ ). Faire apparaitre les constructions sur le graphique précédent. 1 B

$t_1=62\text{sec}$  ;  $\epsilon_s=0\%$  ;  $D_1=0\%$

**Q10 :** Meilleurs temps de réponse que la correction ? 1 A

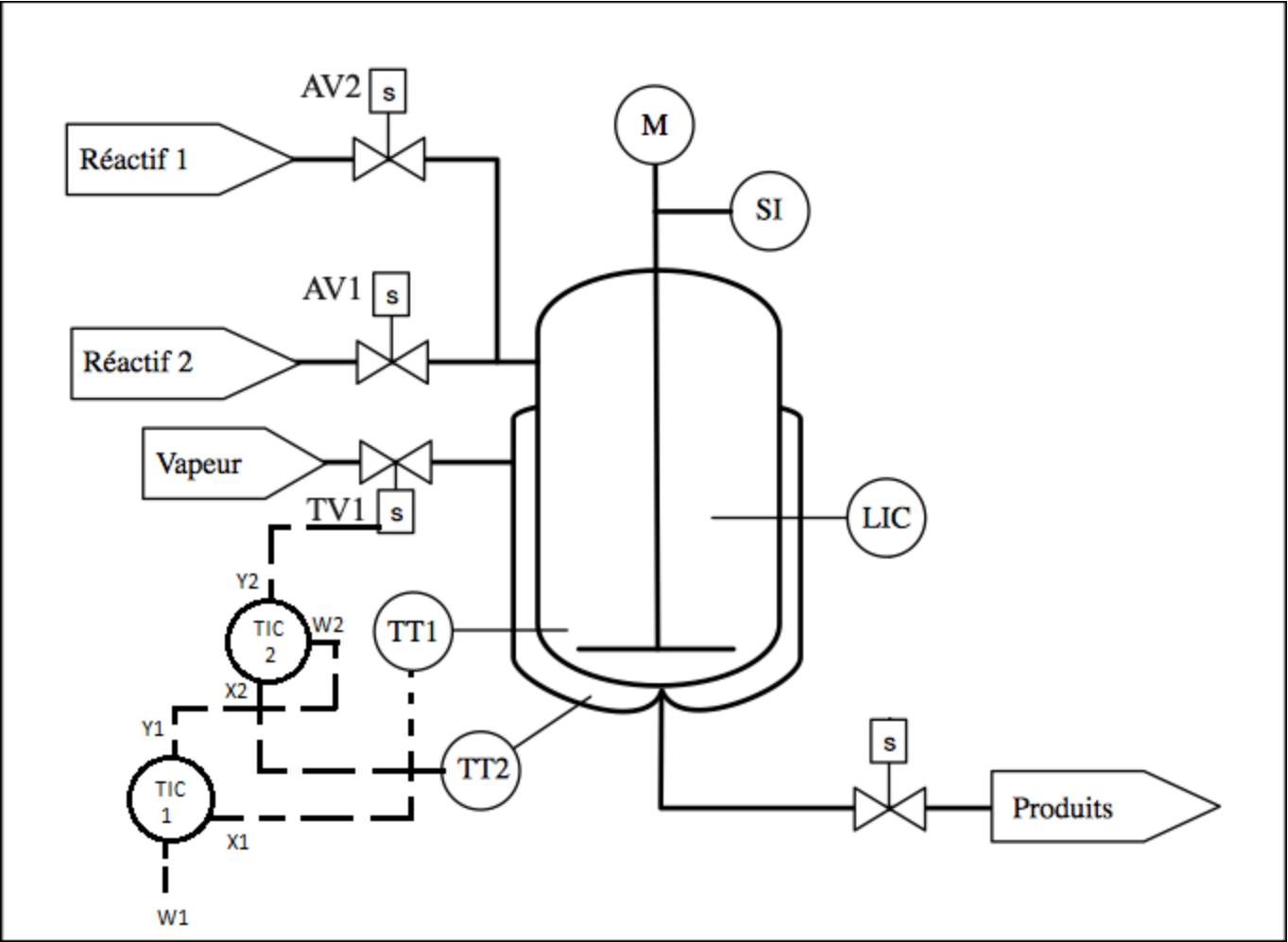
oui le temps de réponse a diminué de 60 sec environ .

**Boucle cascade**

Le technicien décide d'essayer une régulation cascade sur la grandeur intermédiaire (la température de l'enveloppe) en ajoutant un régulateur TC2.

**Q11 :** Compléter le schéma TI pour faire apparaître la boucle cascade.

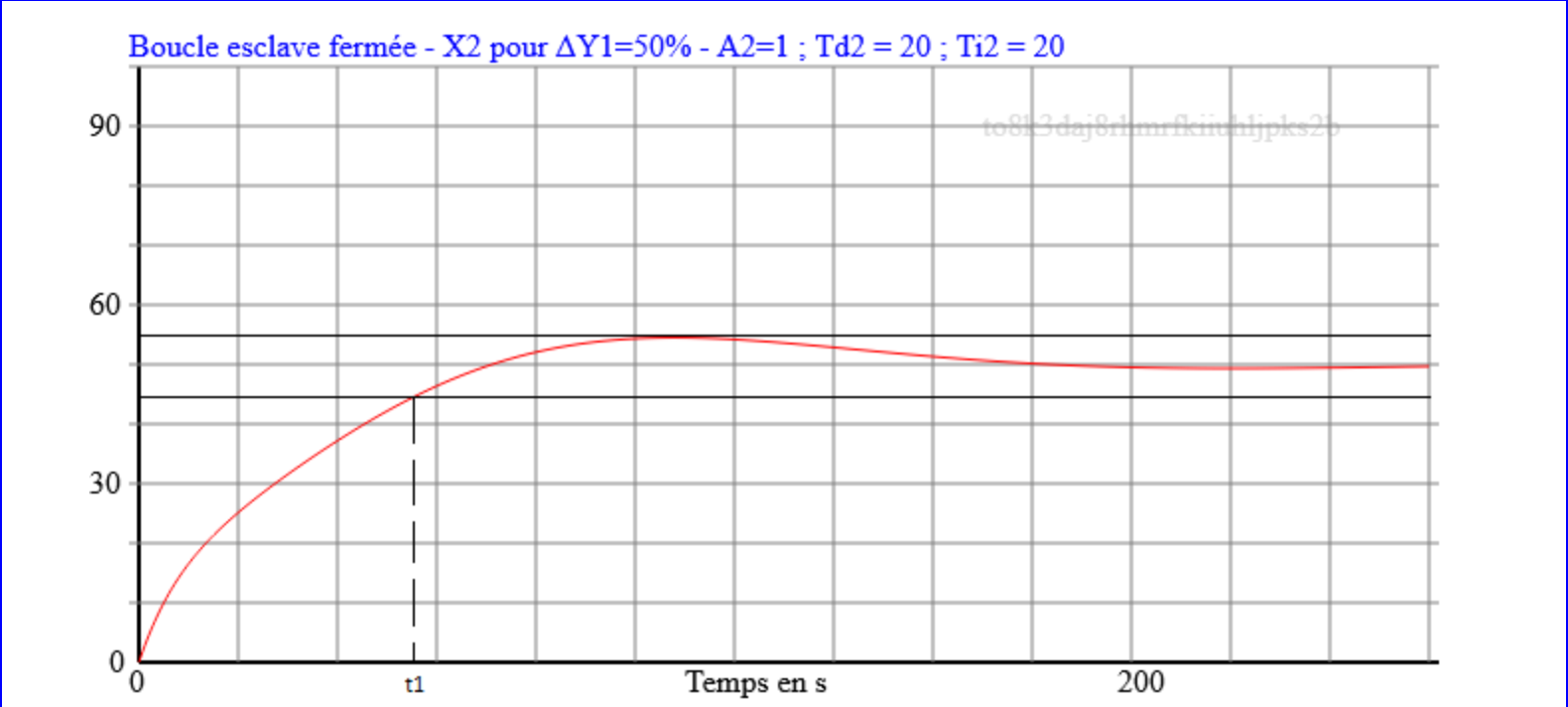
1 




# Réglage de la boucle esclave

D'expérience le technicien sait que la boucle esclave fonctionne correctement avec  $T_i = T_d = 20\text{ s}$  et un dépassement limité à 10%. Déterminer un réglage des actions PID qui respectent ces contraintes, avec un temps de réponse le plus court possible.

**Q12 :** Enregistrer la réponse obtenu de votre régulation en réponse à un échelon de consigne. 1 



**Q13 :** Mesurer les performances de votre régulation (Erreur statique  $e_s$ , Temps de réponse à  $\pm 10\%$   $T_r$  et premier dépassement  $D_1$ ). Faire apparaitre les constructions sur le graphique précédent. 1 

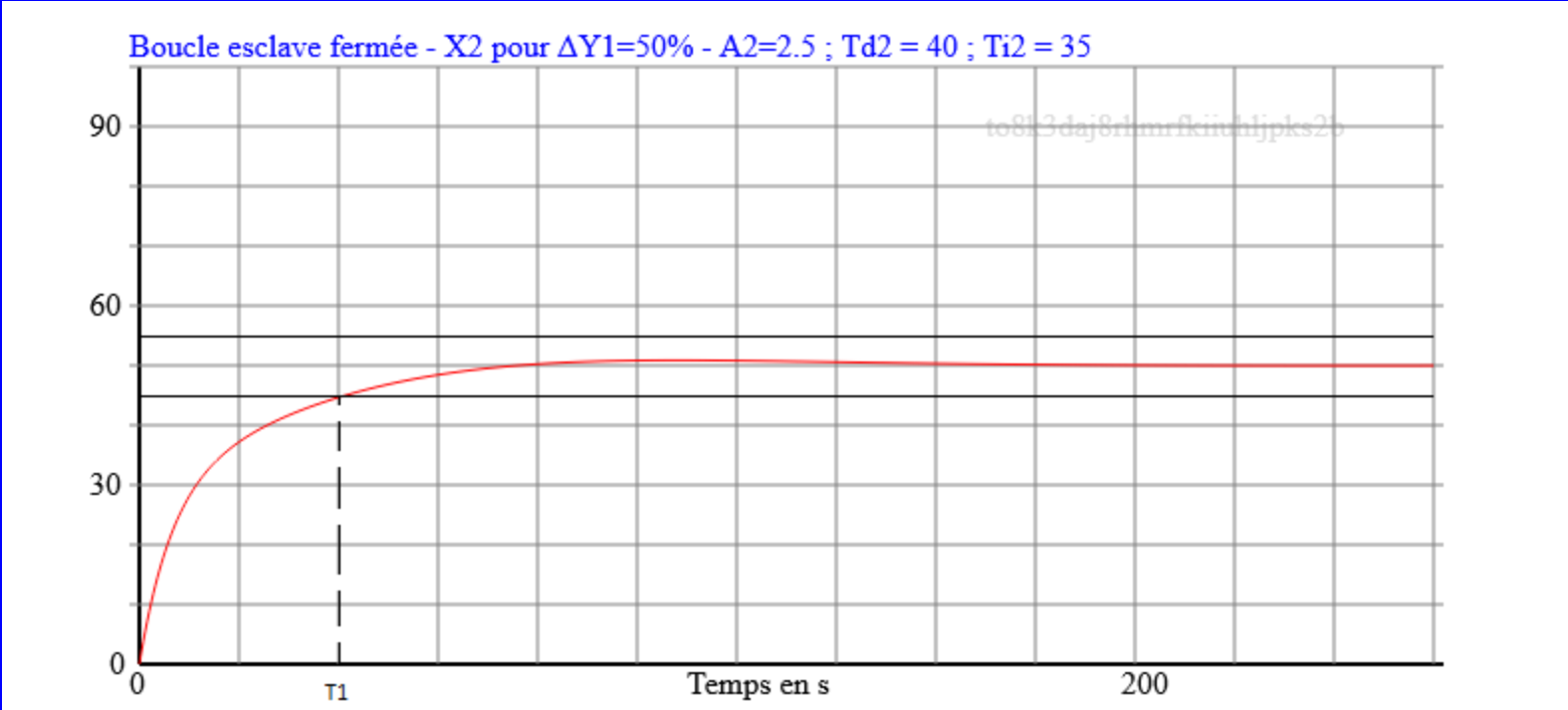
$T_{r10\%} = 55\text{sec}$  ; pas de 1er dépassement; erreur statique nulle



# Réglage de la boucle maitre

Déterminer un réglage des actions PID, par la méthode du régleur, qui respectent les contraintes du procédé (page 1), avec un temps de réponse le plus court possible.

**Q14 :** Enregistrer la réponse obtenu de votre régulation en réponse à un échelon de consigne. 1 D



**Q15 :** Mesurer les performances de votre régulation (Erreur statique  $\epsilon_s$ , Temps de réponse à  $\pm 10\%$   $T_r$  et premier dépassement  $D_1$ ). Faire apparaitre les constructions sur le graphique précédent. 1 D

$T_{r10\%}=40$  sec; erreur statique nulle; pas de premier depassement;

**Q16 :** Meilleurs temps de réponse que la correction ? 1 D

oui on a gagné 15 secondes comparé à la regulation de base


# Conclusion

**Q17 :** Quand une régulation cascade se justifie-t'elle ? Appliquer ce raisonnement au procédé étudié ici. 1 

On utilise une régulation cascade quand on a besoin de régler une grande inertie du système par rapport à une perturbation sur la grandeur réglante ou la grandeur intermédiaire.  
Ici la grande inertie est la température du mélange que l'on mesure avec TT1, et notre perturbation se joue sur la double enveloppe que l'on règle ensuite avec TT2.

**Q18 :** Comparer les performances de la boucle simple et de la boucle cascade. 1 

En boucle cascade le signal du procédé est plus stable et le temps de réponse est réduit comparé à la boucle simple.

**Q19 :** Qu'apporte la régulation cascade dans ce procédé ? 1 

La régulation en cascade permet d'augmenter considérablement la qualité de la régulation. Cela permet de corriger en temps réel la mesure dans le cas d'une augmentation soudaine de température ou encore dans l'ajout d'une quelconque perturbation.

**Q20 :** Quelle régulation choisissez-vous ? Justifier votre réponse. 1 

Si on parle de façon économique la régulation en boucle simple est plus facile à régler et est moins coûteuse (moins de capteurs, régulateurs etc...); Cependant la régulation cascade permet d'avoir un meilleur temps de réponse et un meilleur contrôle sur le procédé.  
- Pour l'argent et la simplicité: boucle simple  
- Pour un procédé optimal: Boucle cascade