

### TD3 - Sibilo

	Pt	A	B	C	D	Note
1 Compléter le document réponse ci-dessous en vous aidant de la documentation ci-dessus.	1	B				0,75
2 Compléter le document réponse ci-dessous en vous aidant de la documentation ci-dessus.	1	B				0,75
3 Dans un second temps, on vérifiera la calibration du transmetteur. Compléter le document réponse ci-dessous.	1	B				0,75
4 Donner l'affectation de la chambre HP(Haute Pression) en fonction de la lettre A ou B.	1	A				1
5 Calculer l'étendue de l'échelle EE.	1	D				0,05
6 Calculer le décalage de zéro DZ	1	D				0,05
7 Établir le protocole de vérification d'étalonnage du transmetteur de niveau in situ.	1					0
8 Donner la valeur du courant de sortie Is (au standard 4-20 mA) lorsque le niveau est à sa valeur nominale de 120 cm.	1	A				1
9 Déterminer les valeurs de la constante de temps $\tau$ et du gain statique K.	1	B				0,75
10 Faire apparaître les traits de construction permettant la détermination de ces valeurs.	1	B				0,75
11 Compléter le schéma TI en ajoutant une boucle de régulation du débit de soutirage. Le régulateur a le repère FIC15.	1	D				0,05
12 Déterminer T15(p) la fonction de transfert en boucle ouverte.	1	D				0,05
13 Donner l'allure de la réponse temporelle x15 à l'aide du logiciel EasyReg.	1					0
14 Conclure sur la stabilité et la précision de cette régulation.	1					0
15 Compléter le schéma TI pour faire apparaître la boucle de régulation de niveau.	1	C				0,35
16 Comment se nomme ce type de boucle ?	1	C				0,35
17 Indiquer, en justifiant la réponse, le sens d'action du régulateur de niveau.	1	D				0,05
18 Indiquer, en justifiant la réponse, le sens d'action du régulateur de débit.	1	D				0,05
19 Compléter le schéma de configuration des blocs du SNCC ;	1					0
20 Quel est le type de boucle à utiliser ?	1	C				0,35
21 Faire le schéma TI.	1					0
22 Donner le plan de Black sur EasyReg pour une marge de gain de 6 dB.	1					0

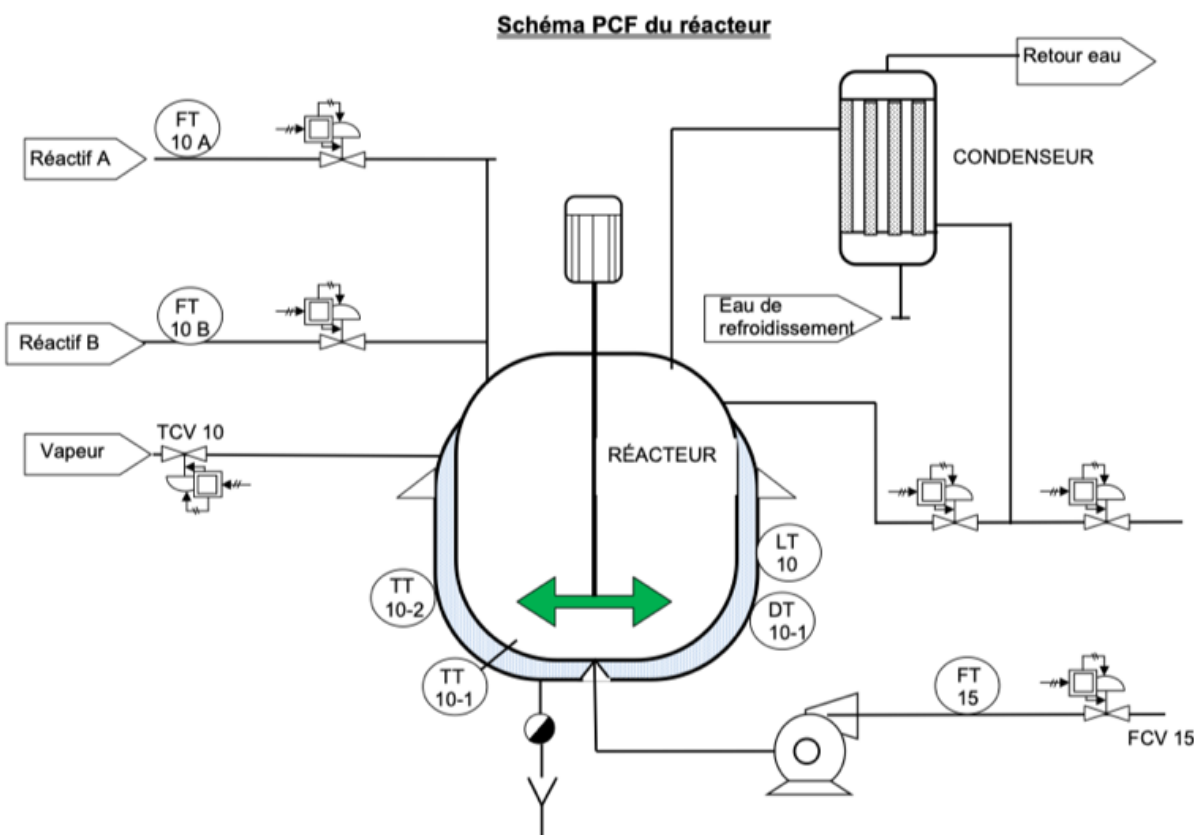
**Note : 7,1/22**

# TD3 Sibilo

Q1 Q2 Q3 Q4 Q5 Q6 Q7 Q8 Q9 Q10 Q11 Q12 Q13 Q14 Q15 Q16 Q17 Q18 Q19 Q20 Q21 Q22

## Réacteur industriel

Le réacteur permet de faire réagir un réactif A et un réactif B. La réaction se produit à la température de 95 °C. L'apport d'énergie thermique est assuré par un fluide caloporteur (vapeur) circulant dans la double enveloppe du réacteur. Les vapeurs produites dans le réacteur sont liquéfiées dans le condenseur, une partie retourne au réacteur et une autre partie est soutirée en tant que distillat. Le niveau dans l'appareil est contrôlé par le débit de soutirage.



### RENSEIGNEMENTS PROCÉDÉ

REPÈRE INSTRUM.	UNITÉ	Point de fonctionnement usuel	ÉCHELLE	OBSERVATIONS
LT 10	cm	120	0 / 200	
DT 10-1	kg.m <sup>-3</sup>	950	900 / 1000	
TT 10-1	°C	95	0 / 120	mesure dans la cuve
TT 10-2	°C	120	0 / 200	mesure dans la double enveloppe
FT 10-A	L.h <sup>-1</sup>	50	0 / 100	
FT 10-B	L.h <sup>-1</sup>	300	0 / 1000	
FT 15	L.h <sup>-1</sup>	350	0 / 1000	
TCV 10	%	80	0 / 100	
FCV 10-A	%	40	0 / 100	vanne type NF
FCV 10-B	%	50	0 / 100	vanne type NF
FCV 15	%	25	0 / 100	vanne type NF

Les signaux des transmetteurs sont linéaires. Les caractéristiques installées des vannes sont considérées comme linéaires.

Mesure de température dans la double enveloppe

On désire réaliser le câblage complet d'une sonde de température du procédé au transmetteur. La mesure de température dans la double enveloppe est réalisée par un thermocouple « J » (TE 10-2) relié à un transmetteur de température (TT10-2), celui-ci étant un convertisseur universel Hart.

ASTM E-230 Lettre Désignée	Grade Thermocouple	Grade Extension ou de Compensation	Code de couleur des fils de thermocouple et fils d'extension de thermocouple.							
			ASTM E-230 T/C	ASTM E-230 Extension	Britannique 1843 1952	Britannique BS-4937-30 1993	Allemand DIN 43710	Japonais JIS C1610 1981	Français NFC 42-324	International IEC 584-3 1989
B (globale)			N/D	Gris	N/D	N/D	Gris	Gris	N/D	N/D
BP (-)	Pt 30% Rh	BPX-PCLW-30-6		Gris			Rouge	Rouge		
BN (-)	Pt 6% Rh	Cuivre		Rouge			Gris	Blanc		
E (globale)			Brun	Violet	Brun	Violet	Noir	Violet	Violet	Violet
EP (+)	Chromel	Chromel	Violet	Violet	Brun	Violet	Rouge	Rouge	Jaune	Violet
EN (-)	Constantan	Constantan	Rouge	Rouge	Bleu	Blanc	Noir	Blanc	Violet	Blanc
J (globale)			Brun	Noir	Noir	Noir	Bleu	Jaune	Noir	Noir
JP (+)	Fer	Fer	Blanc	Blanc	Jaune	Noir	Rouge	Rouge	Jaune	Noir
JN (-)	Constantan	Constantan	Rouge	Rouge	Bleu	Blanc	Bleu	Blanc	Noir	Blanc
K (globale)			Brun	Jaune	Rouge	Vert	Vert	Bleu	Jaune	Vert
KP (+)	Chromel	Chromel	Jaune	Jaune	Brun	Vert	Rouge	Rouge	Jaune	Vert
KN (-)	Alumel	Alumel	Rouge	Rouge	Bleu	Blanc	Vert	Blanc	Brun	Blanc
N (globale)			Brun	Orange	Orange	Rose	*	*	*	Rose
NP (+)	Nicrosil	Nicrosil	Orange	Orange	Orange	Rose	*	*	*	Rose
NN (-)	Nisil	Nisil	Rouge	Rouge	Bleu	Blanc	*	*	*	Blanc
R (globale)			N/D	Vert	Vert	Orange	Blanc	Noir	Vert	Orange
RP (+)	Pt 13% Rh	Cuivre		Noir	Blanc	Orange	Rouge	Rouge	Jaune	Orange
RN (-)	Platine Pure	#11 Alloy		Rouge	Bleu	Blanc	Blanc	Blanc	Vert	Blanc
S (globale)			N/D	Vert	Vert	Orange	Blanc	Noir	Vert	Orange
SP (+)	Pt 10% Rh	Cuivre		Noir	Blanc	Orange	Rouge	Rouge	Jaune	Orange
SN (-)	Platine Pure	#11 Alloy		Rouge	Bleu	Blanc	Blanc	Blanc	Vert	Blanc
T (globale)			Brun	Bleu	Bleu	Brun	Brun	Brun	Bleu	Brun
TP (+)	Cuivre	Cuivre	Bleu	Bleu	Blanc	Brun	Rouge	Rouge	Jaune	Brun
TN (-)	Constantan	Constantan	Rouge	Rouge	Bleu	Blanc	Brun	Blanc	Bleu	Blanc

Q1: Compléter le document réponse ci-dessous en vous aidant de la documentation ci-dessus.

1

**Câble de compensation Norme CEI (international)**  
Couleur de la gaine : Noire

**Conducteur 2**  
Nature du Matériau : fer  
Couleur de repérage : Noir  
Polarité : positive(+)

**Conducteur 1**  
Nature du Matériau : Constantan  
Couleur de repérage : blanc  
Polarité : negative(-)

**Sonde de température**  
Thermocouple chemisé isolé, monté sur un doigt de gant.  
Type : J Normes : CEI (International)

**TT 10-1**

**1- Mesure de température dans la double enveloppe**

**1-1** Compléter les informations manquantes.

**1-2** Schématiser les liaisons :

- sonde de température au câble de compensation en indiquant les polarités de celle-ci ;
- câble de compensation au convertisseur en respectant les polarités.

**1-3** Quel est le rôle du compensateur de soudure froide ?

CSF : Avoir la meme température pour...  
avoir la meme force electromotrice

**1-4** Donner l'expression littérale de  $E_{mes}$  en fonction des tensions indiquées...

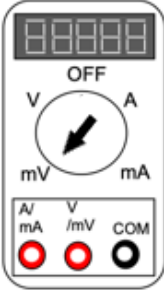
$E_{mes} = \dots$  Loi des mailles :  $E_{mes} - E_{csf} + E_{sf} \dots$

Mesure de température dans la cuve

Lors d'une maintenance, on désire vérifier le bon fonctionnement de la chaîne de mesure de la température T1 comprise entre 0 °C à 120 °C. La mesure de température dans la cuve est analogue à la mesure de la température dans la double enveloppe. Elle est cette fois-ci réalisée par un thermocouple « T » (TE 10-1) relié à un transmetteur de température (TT 10-1). L'intervention est faite au niveau des bornes de raccordement de la sonde.

**Q2 :** Dans un premier temps, on vérifiera le fonctionnement et la justesse de la sonde. Compléter le document réponse ci-dessous.

1



$\theta_3 = 35^\circ\text{C}$

TE 10-1

Doubling enveloppe

Réacteur

$\theta_2 = 120^\circ\text{C}$

$\theta_1 = 95^\circ\text{C}$

CU

CU-NI


**Vérification de la sonde**

**2-1-1** Le thermocouple ayant été débranché du câble de compensation, schématiser le câblage du multimètre avec la sonde.

**2-1-2** Indiquer le choix de la position du sélecteur du multimètre : mV

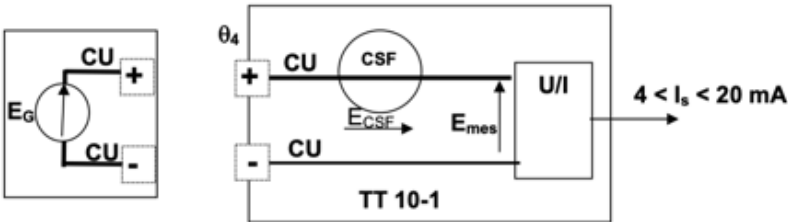
**2-1-3** La température  $\theta_1$  est de  $95^\circ\text{C}$ , quelle doit être la valeur affichée sur le multimètre ?

A l'aide du tableau pour une température de  $95^\circ\text{C}$ , on devrait obtenir 4.046mV sur le multimètre.



Thermoelectric Voltage in mV			
REFERENCE JUNCTION AT $0^\circ\text{C}$			
$^\circ\text{C}$	0	5	10
0	0.000	0.195	0.391
10	0.391	0.589	0.790
20	0.790	0.992	1.196
30	1.196	1.403	1.612
40	1.612	1.823	2.036
50	2.036	2.251	2.468
60	2.468	2.687	2.909
70	2.909	3.132	3.358
80	3.358	3.585	3.814
90	3.814	4.046	4.279
100	4.279	4.513	4.750
110	4.750	4.988	5.228
120	5.228	5.470	5.714

**Q3 :** Dans un second temps, on vérifiera la calibration du transmetteur. Compléter le document réponse ci-dessous.



**Vérification de la calibration**

**2-2-1** Le transmetteur ayant été débranché du câble de compensation puis connecté par un générateur de tension  $E_G$ , donner l'expression littérale de la tension  $E_G$ .

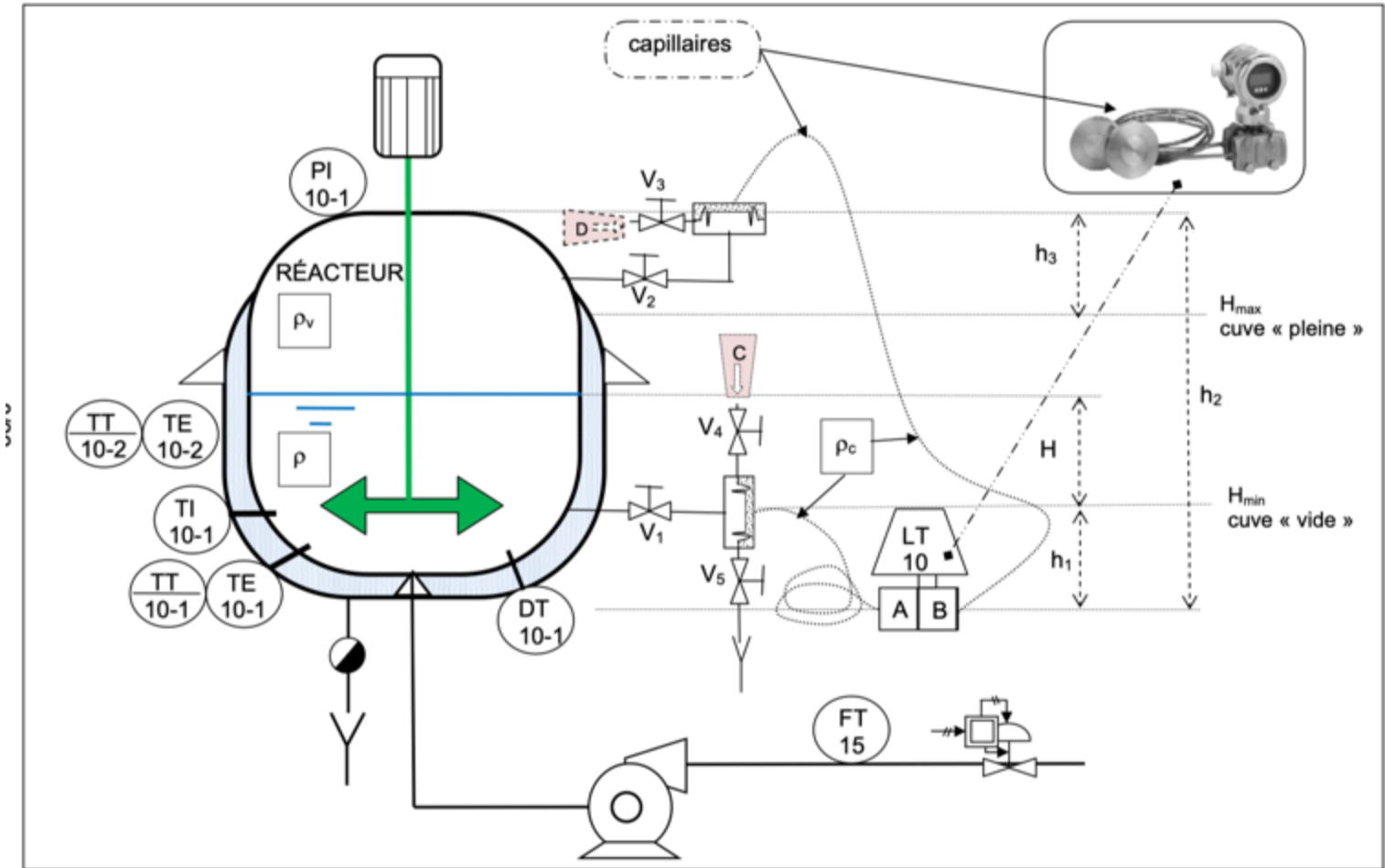
$E_G = \dots$  Loi des mailles :  $E_G = E_{mes} - E_{CSF} \dots$

**2-2-2** Application numérique : compléter le tableau ci-dessous. Utiliser la table précédente.

Tableau des valeurs			
$\theta_4 = 20\text{ °C}$ (température ambiante)			
Température simulée (°C)	0	60	120
$E_G$ (mV)	0	2.468	5.228
$I_s$ (mA)	4	11.55	20

Mesure du niveau dans le réacteur par LT10

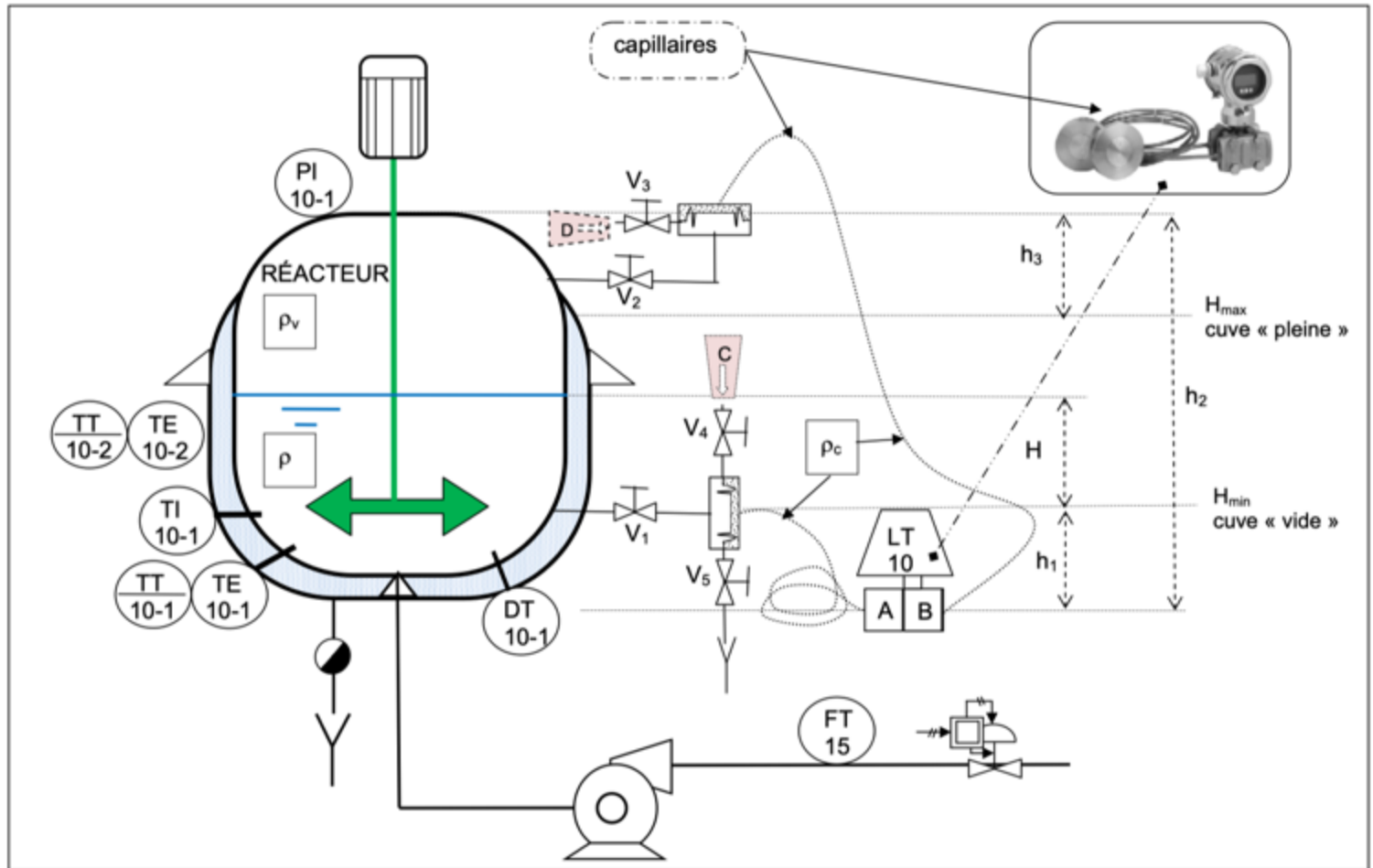
La mesure du niveau est réalisée avec un transmetteur de niveau électrique ( $4 < I_s < 20 \text{ mA}$ ) par pression différentielle et séparateurs à membrane. Le montage utilise un système avec deux capillaires de longueur identique (voir schéma ci-dessous). On désire obtenir le signal de sortie du transmetteur ( $I_s$ ) proportionnel à la hauteur ( $H$ ) du liquide.



Q4.: Donner l'affectation de la chambre HP(Haute Pression) en fonction de la lettre A ou B.

1

La pression se situe en bas de la cuve, car les capillaires sont pleins, c'est donc A



Pour simplifier les calculs, la masse volumique de la vapeur  $\rho_v$  sera négligée et on ne tiendra pas compte de la variation de la masse volumique  $\rho$  du liquide. On appelle  $\rho_c$  la masse volumique du fluide de remplissage des capillaires. On considère que le transmetteur est étalonné avec les valeurs suivantes :

- $\rho = 950 \text{ kg/m}^3$  ;
- $\rho_c = 940 \text{ kg/m}^3$  ;
- $h_1 = 0,3 \text{ m}$  ;
- $h_2 = 2,7 \text{ m}$  ;
- $h_3 = 0,4 \text{ m}$  ;
- $0 \text{ m} < H < 2 \text{ m}$ .
- $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$

**Q5 :** Calculer l'étendue de l'échelle EE.

1

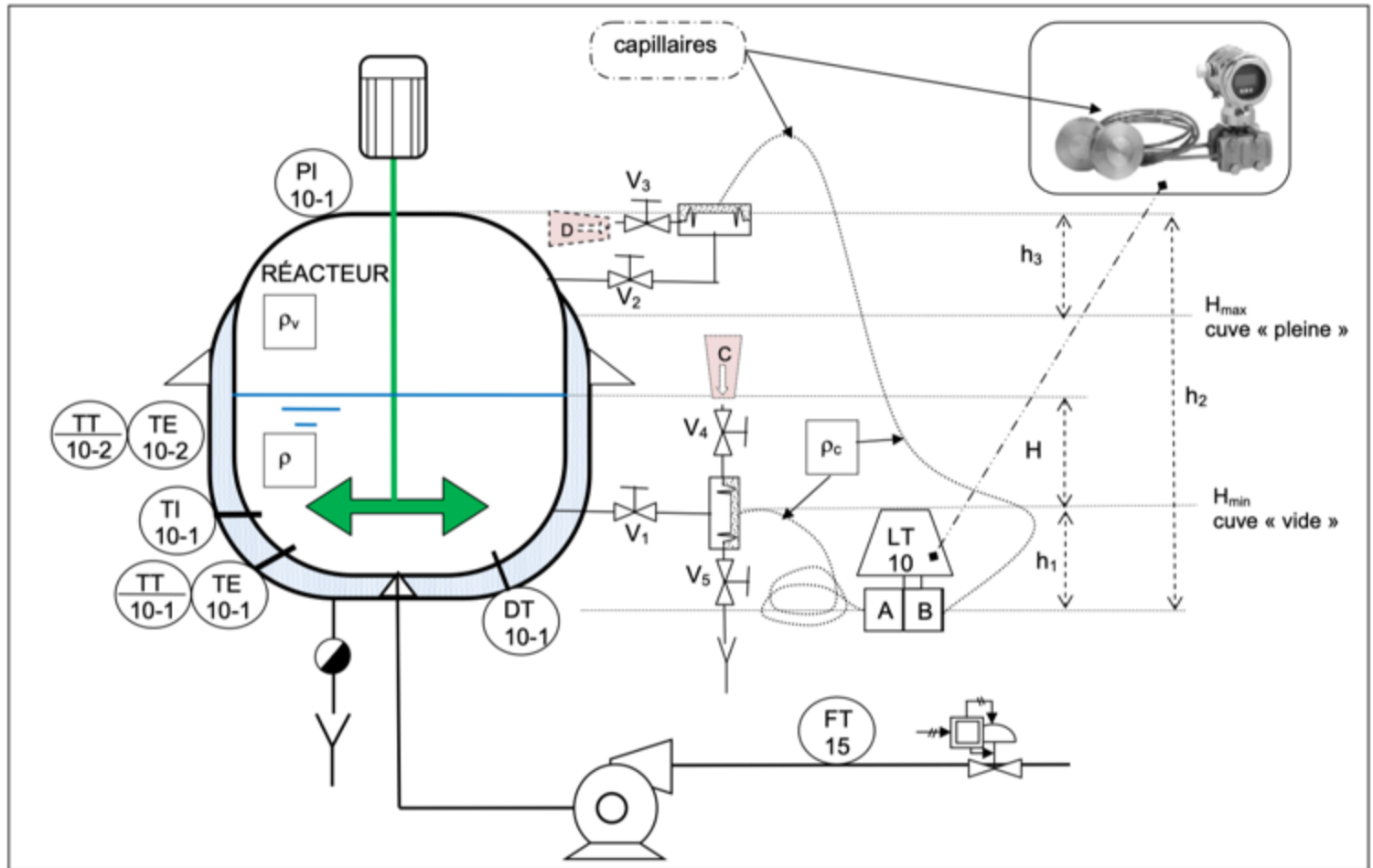
2-0=2=EE

**Q6 :** Calculer le décalage de zéro DZ.

1

0





**Q7:** En respectant les approximations des question précédentes, établir le protocole de vérification d'étalonnage du transmetteur de niveau in situ. Proposer un protocole en indiquant la position des vannes (ouverte ou fermée), leur chronologie et les effets de ces actions. Noter la (ou les) valeur(s) de pression à appliquer au(x) point(s) C ou D (à l'aide d'un calibrateur de pression à pompe) afin de vérifier le zéro et la pleine échelle du transmetteur, puis rédiger la démarche pour le retour au fonctionnement normal.

±

?

**Q8:** Donner la valeur du courant de sortie  $I_s$  (au standard 4-20 mA) lorsque le niveau est à sa valeur nominale de 120 cm.

1

13.6mA



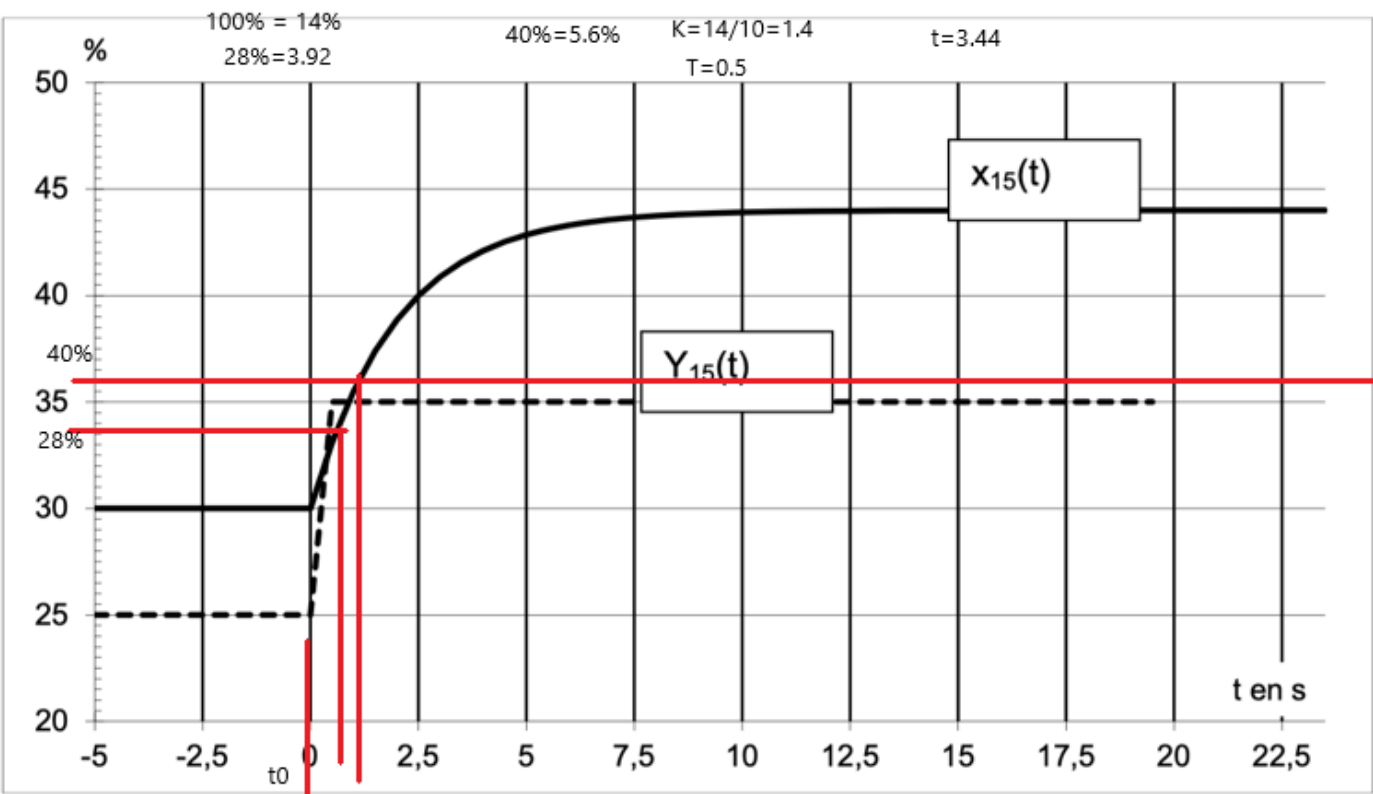
Régulation du débit de soutirage

Sans aucune régulation, on a imposé un échelon de 10 % sur la vanne FCV 15 et on a enregistré la variation du signal du transmetteur de débit FT 15.

Q9 : Déterminer les valeurs de la constante de temps  $\tau$  et du gain statique  $K$ . 1

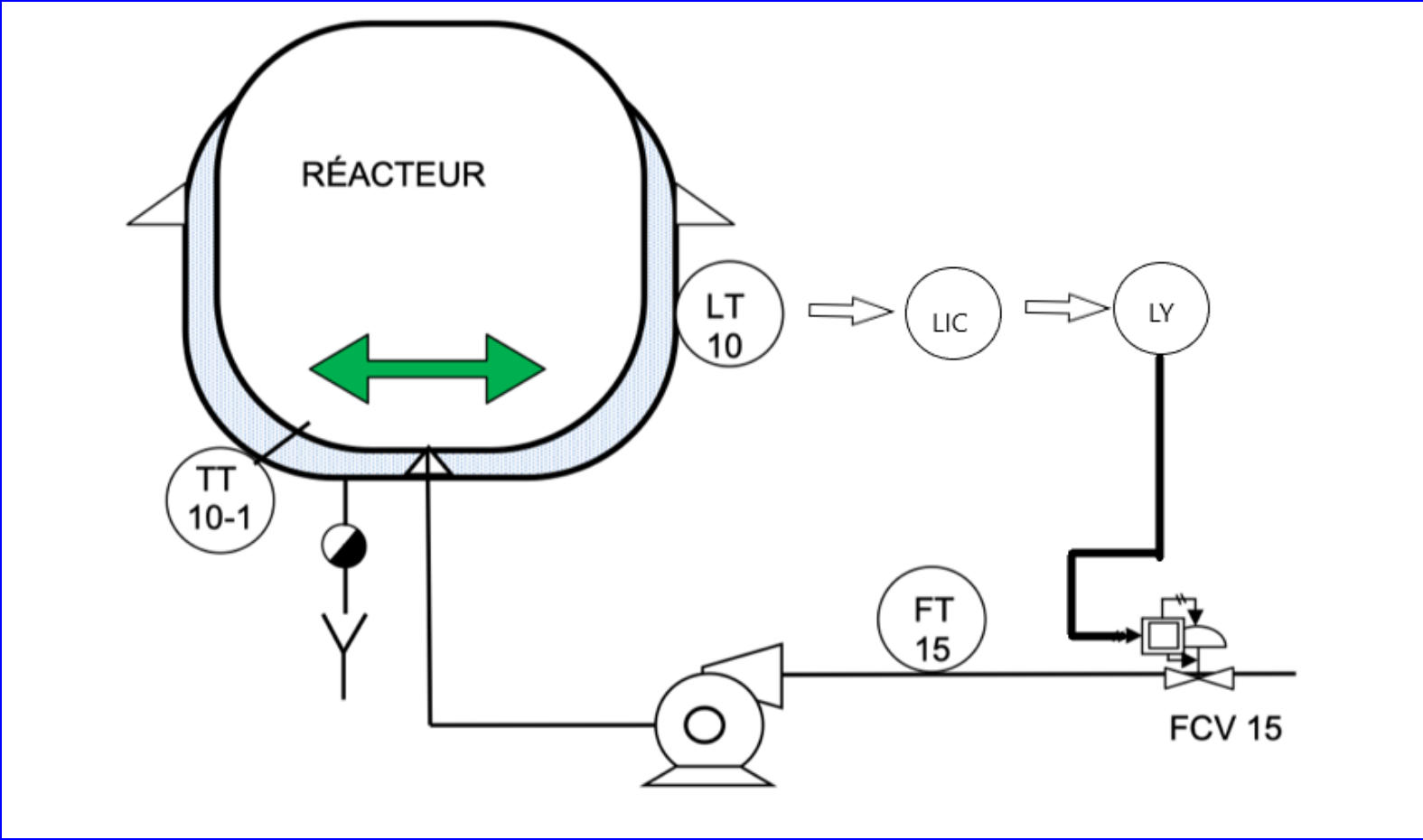
$\tau = 3.44$  et  $K = 1.4$

Q10 : Faire apparaître les traits de construction permettant la détermination de ces valeurs. 1



**Q11 :** Compléter le schéma TI en ajoutant une boucle de régulation du débit de soutirage. Le régulateur a le repère FIC15.

1



**Q12 :** Les actions de réglage du régulateur PI série (FIC 15) sont :  $X_p = 140\%$  et  $T_i = \tau$ . Déterminer  $T_{15}(p)$  la fonction de transfert en boucle ouverte.

1

Régulation de niveau

**Q13.:** Donner l’allure de la réponse temporelle  $x_{15}$  à l'aide du logiciel [EasyReg](#).



**Q14.:** Conclure sur la stabilité et la précision de cette régulation.



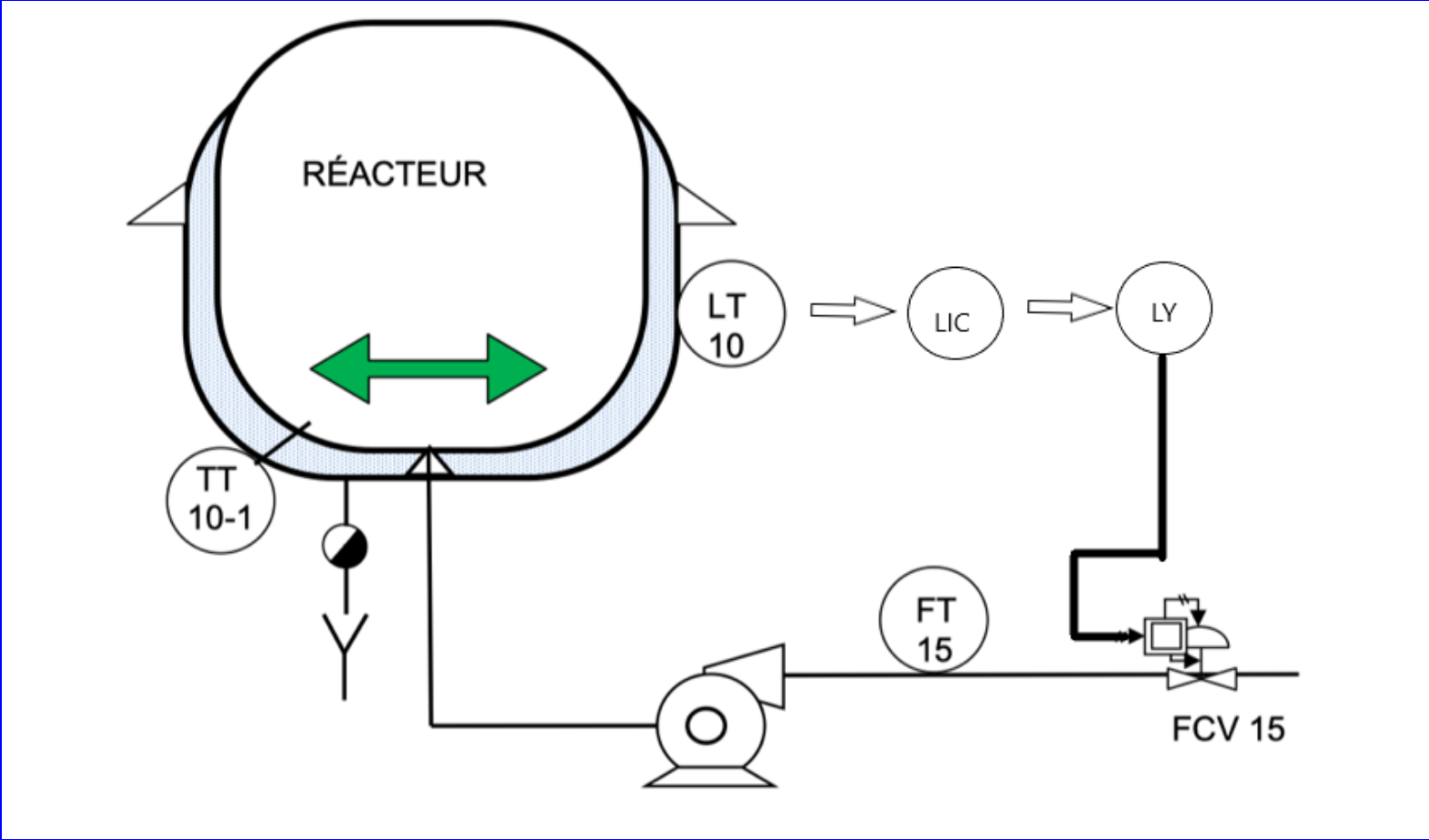
?

**Régulation niveau**

Il s'agit de réguler le niveau du réacteur par action sur le débit de soutirage.

**Q15 :** Compléter le schéma TI pour faire apparaître la boucle de régulation de niveau.

1



**Q16 :** Comment se nomme ce type de boucle ?

1

Régulation de niveau

**Q17 :** Indiquer, en justifiant la réponse, le sens d'action du régulateur de niveau.

1

Quand X augmente, Y diminue, procédé inverse donc régulateur direct.

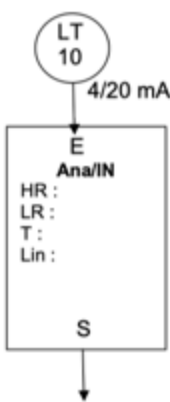
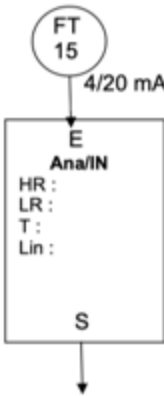
**Q18 :** Indiquer, en justifiant la réponse, le sens d'action du régulateur de débit.

1

Quand X augmente, Y augmente, procédé direct donc régulateur inverse.

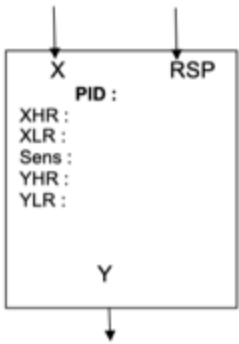
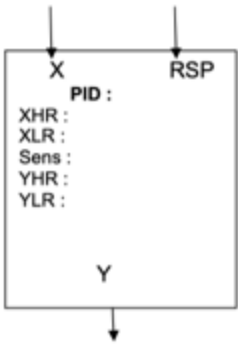
**Q19 :** Compléter le schéma de configuration des blocs du SNCC ; faire apparaître les liaisons et préciser la valeur des paramètres.

BLOC : Entrée Analogique  
HR : Échelle Haute  
LR : Échelle Basse  
T : Temps de Filtre  
Type : linéarisation

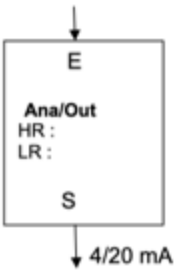


BLOC : PID  
XHR : Échelle Haute Mesure  
XLR : Échelle Basse Mesure  
Sens d'Action : D ou R  
YHR : Échelle Haute Sortie  
YLR : Échelle Basse Sortie

(RSP : consigne externe)



BLOC : Sortie Analogique  
HR : Échelle Haute  
LR : Échelle Basse



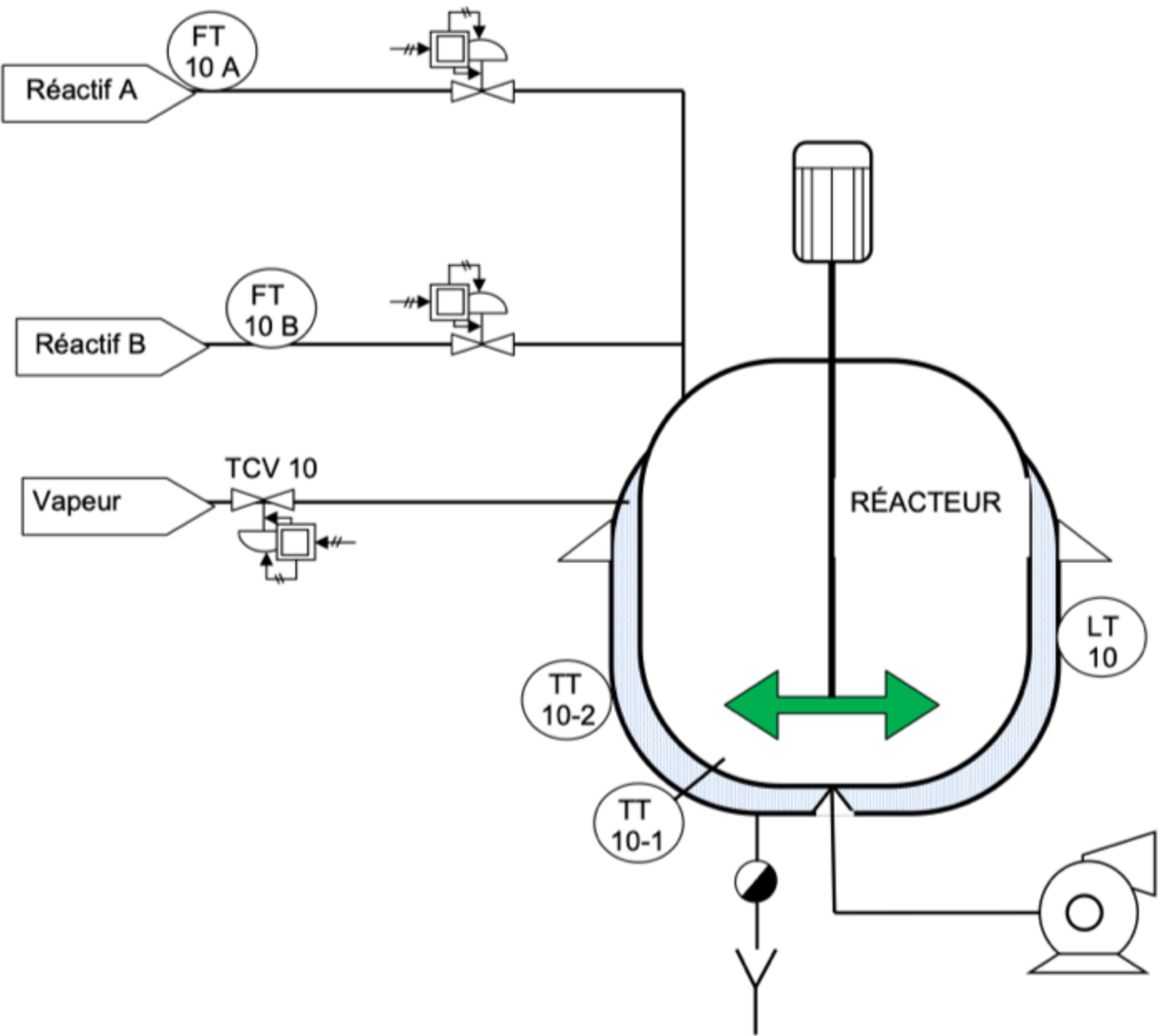
# Régulation de température

On désire régler la température dans le réacteur (95 °C) par action sur le débit vapeur, avec une limitation de la température (150 °C) dans la double enveloppe afin d'éviter les risques de « croûtage » sur les parois internes. Lorsque la température dans la double enveloppe atteint 150 °C, on bascule automatiquement en régulation de température du fluide circulant dans la double enveloppe.

**Q20 :** Quel est le type de boucle à utiliser ? 1

Régulation a 2 grandeurs réglantes

**Q21 :** Faire le schéma TI. ±



On a identifié la fonction de transfert (les temps sont en min et les signaux en %) :

$$H_{10}(p) = \frac{X_{10}(p)}{Y_{10}(p)} = \frac{0,8.e^{-2p}}{(1+4p)}$$

Le régulateur de température est du type PI dont on a réglé le temps d'intégrale à 4 min.

**Q22 :** Donner le plan de Black sur [EasyReg](#) pour une marge de gain de 6 dB. Pour cela vous devrez déterminer le gain A du correcteur.