

Brevet de Technicien Supérieur

**CONTRÔLE INDUSTRIEL  
ET RÉGULATION AUTOMATIQUE**

**U52 – Analyse d’une installation d’instrumentation,  
contrôle et régulation**

*Durée : 3 heures*

*Coefficient : 5*

**Matériel autorisé :**

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Aucun document autorisé.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet se compose de 24 pages, numérotées de 1/24 à 24/24.

S'il apparaît au candidat qu'une donnée est manquante ou erronée, il pourra formuler toutes les hypothèses qu'il jugera nécessaires pour résoudre les questions posées. Il justifiera, alors, clairement et précisément ces hypothèses.

Au début de chaque question seront précisées les annexes à utiliser

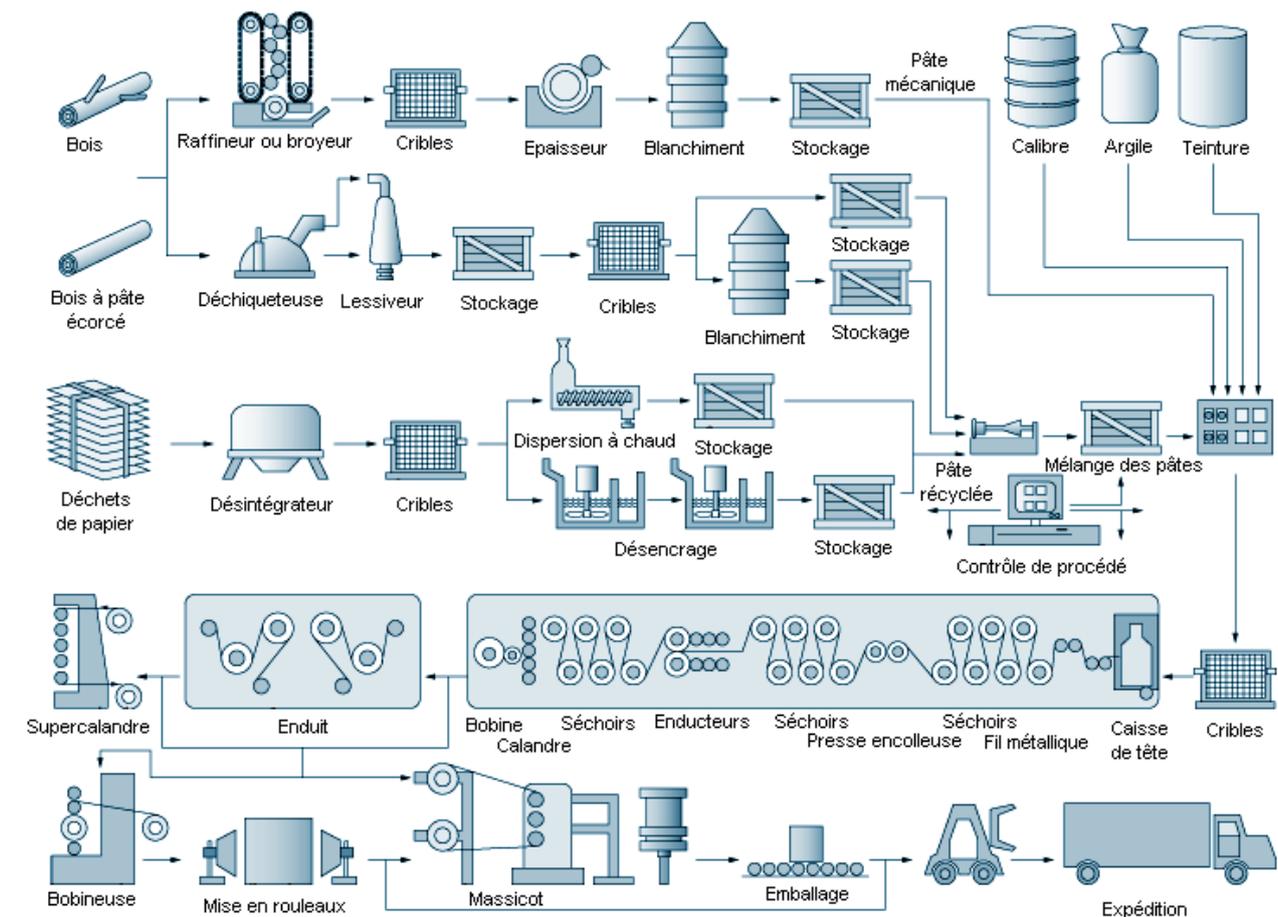
BTS CONTRÔLE INDUSTRIEL ET RÉGULATION AUTOMATIQUE		Session 2018
Analyse d'une installation d'instrumentation, contrôle et régulation	<b>Code : CA52AII</b>	Page 1/24

**L'évolution et la structure de l'industrie papetière**

On pense que la fabrication du papier a débuté en Chine environ 100 ans avant J.-C. Chiffons, chanvre et herbes servaient de matières premières que l'on battait contre des mortiers en pierre en guise de première technique de séparation des fibres. Malgré la mécanisation qui a suivi, les méthodes de production discontinue et les sources de fibres naturelles sont restées inchangées jusque dans les années mille huit cent. Les premières machines à papier en continu ont été brevetées au début du XIXe siècle. Des méthodes de production de bois à pâte, source de fibres plus abondante que les chiffons et les herbes, ont été mises au point entre 1844 et 1884, et elles comprenaient l'abrasion mécanique ainsi que l'emploi de produits chimiques comme la soude, les sulfites et les sulfates (papier kraft). Ces changements ont été à l'origine des techniques modernes de fabrication de la pâte et du papier.

Source : Bureau International du Travail

**Figure 1 : Étapes de la fabrication de pâte et de papier**



Source : d'après Weidenmüller, 1984.

# CA52AII

## Description de l'installation

On considère le schéma simplifié d'une installation (en ANNEXE 1) dont le but est de fabriquer du papier, de grammage donné, et avec un certain tonnage horaire. Le grammage est le poids d'un m<sup>2</sup> de feuille. Il dépend essentiellement de l'épaisseur de la feuille.

La pâte à papier livrée en cubes est réhydratée et malaxée dans les cuves appelées pulpeurs (repérées CUVE-1 et CUVE-2). Les cuves fonctionnent en alternance : lorsque l'une d'entre elles est en préparation, l'autre est en production.

La hauteur des cuves est de 10 m et leur diamètre de 6 m.

La concentration moyenne  $C_1$  en pâte est de 100 g.L<sup>-1</sup>. Un volume constant d'adjuvant  $V_a$  pris dans le réservoir RS-1 est ajouté au contenu de chaque cuve en fin de préparation.

La pâte ainsi réhydratée est acheminée vers le cuvier (CUVE-3) pour y être diluée avec de l'eau pure arrivant par une canalisation de diamètre 40 mm, de manière à ce que la concentration soit amenée à la valeur souhaitée  $C_3$ .

Pour un point de fonctionnement moyen,  $Q_3$  (sortie cuve 3) est de 10 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>,  $Q_{\text{eau}}$  de 9 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> et  $Q_{\text{pâte}}$  de 1 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>. La valeur de  $C_3$  (de valeur moyenne : 10 g.L<sup>-1</sup>) est réglée par un correcteur repéré AIC1.

Lorsque la pâte est à la concentration souhaitée, elle est acheminée vers la caisse de tête dont le rôle est de doser le débit de la suspension vers la machine à papier proprement dite. Le niveau dans la caisse de tête est régulé par le régulateur LIC3. D'autre part la caisse de tête peut être mise sous pression d'air, (mesurée par PT4), par action sur deux vannes de régulation. La caisse de tête comporte dans sa partie inférieure une lèvre réglable en hauteur par laquelle s'écoule la pâte. On dose le débit de sortie en réglant la vitesse de jet  $V_j$  par un dispositif non représenté.

La pâte arrive alors sur une table de formation de la feuille. La table est composée d'une toile métallique sans fin, à maille très fine avançant à la vitesse de 3 m.s<sup>-1</sup>. L'eau contenue dans la pâte est aspirée à travers la toile, les fibres de papier s'agglomèrent et la feuille se forme. Ensuite la feuille humide est décollée de la toile et pressée entre deux rouleaux. Afin d'éliminer le restant d'eau, la feuille ainsi formée est acheminée vers la sécherie constituée de rouleaux métalliques chauffés avec de la vapeur d'eau.

En sortie de sécherie, les caractéristiques (grammage, couleurs, largeur) de la feuille sont analysées : le grammage est mesuré par rayons gamma, la couleur et la largeur sont déterminées par des mesures optiques.

Après mesures et vérifications la feuille est bobinée.

On peut préciser que la feuille de papier avance à vitesse constante de 3 m.s<sup>-1</sup> et la longueur de la feuille est de 160 m.

BTS CONTRÔLE INDUSTRIEL ET RÉGULATION AUTOMATIQUE		Session 2018
Analyse d'une installation d'instrumentation, contrôle et régulation	<b>Code : CA52AII</b>	Page 3/24

***Il incombe au candidat de passer le temps nécessaire à l'élaboration de la réponse aux questions. La qualité de rédaction, la structuration de l'argumentation et la rigueur des calculs seront valorisées ainsi que les prises d'initiative même si elles n'aboutissent pas. Il convient donc que celle-ci apparaissent sur la copie.***

## **Préparation de la pâte à papier**

**Pour traiter cette partie, utiliser les annexes1, 2, 3 et 10**

La pâte à papier livrée en cubes est réhydratée et malaxée dans les cuves appelées pulpeurs (repérées CUVE-1 et CUVE-2). Celles-ci fonctionnent en alternance : Lorsque l'une d'entre elle est en préparation, l'autre est en production.

Des clapets anti-retour VC1 et VC2 placés à la sortie des cuves empêchent celles-ci de se vider l'une dans l'autre.

Un commutateur MA permet de commander le démarrage et l'arrêt du cycle. Le cycle peut commencer si l'autorisation de lancement du cycle (variable PRE) est à l'état logique "1" et si le niveau de la cuve RS-1 contenant les adjuvants est supérieur à un seuil minimum de 50 cm.

La vanne d'isolement de la cuve en préparation (Ev3 ou Ev4) est fermée, la vanne d'alimentation en pâte correspondante est ouverte (VP1 ou VP2) et l'agitateur (commande moteur Z1 ou Z2) est mis en fonctionnement. Lorsque la cuve est remplie (N1H au niveau haut), l'ajout de l'adjuvant s'effectue par ouverture de la vanne correspondante (Ev1 ou Ev2).

La mesure du volume d'adjuvant s'effectue à l'aide d'un capteur à palette. La sortie signal du transmetteur délivre des impulsions qui sont comptées par l'automate (variable VAL\_FT1). Lorsque le volume d'adjuvant a atteint la valeur de consigne (fixé en litre par la variable interne VAL\_ADJ), la vanne correspondante à l'alimentation de la cuve en préparation (Ev1 ou Ev2) se ferme et l'agitation se poursuit pendant 10 minutes.

Lorsque l'agitation cesse, la cuve ayant fini son cycle de préparation peut passer en production ; à ce moment la vanne d'isolement de la cuve prête (Ev3 ou Ev4) s'ouvre et l'autre cuve peut commencer un cycle de préparation.

**Q1-** Compléter sur le document réponse 4 les séquences gestion de production de la pâte GT1, GT2, GT3 et GT4.

### **Gestion des sécurités**

En cas d'anomalie de fonctionnement sur la chaîne de production, un opérateur appuie sur un bouton d'arrêt d'urgence "Aur".

L'appui sur "Aur" provoque l'arrêt du GRAFCET GP (préparation de la pâte) et l'initialisation des séquences de production et de préparation (GT1, GT2, GT3 et GT4). Le déverrouillage du bouton d'arrêt d'urgence provoque l'initialisation du GRAFCET GP.

**Q2-** Établir le GRAFCET de gestion d'arrêt d'urgence GUR.

BTS CONTRÔLE INDUSTRIEL ET RÉGULATION AUTOMATIQUE		Session 2018
Analyse d'une installation d'instrumentation, contrôle et régulation	<b>Code : CA52AII</b>	Page 4/24

**Gestion de la mesure de niveau**

La mesure de niveau dans la cuve d'adjuvant RS-1 s'effectue par un transmetteur à ultrason relié à une entrée signal 4-20 mA de l'automate.

L'échelle du transmetteur a été réglée entre 0 cm et 100 cm.

La variable associée LT1 est codée en binaire naturel non signé sur 8 bits comme l'indique le tableau suivant :

Niveau [cm]	Signal transmetteur [mA]	Valeur automate (binaire)
0	4	0000 0000
10		
50		
100	20	1111 1111

**Q3-** Donner la valeur (en cm) de la plus petite variation de niveau détectable par l'automate.

**Q4-** Déterminer les valeurs manquantes du tableau.

## Concentration de la pâte

### ANNEXES 1, 2, 3, 4 et DOCUMENT RÉPONSE1 (CUVE 3)

**Q5-** Analyser le fonctionnement afin de déterminer le sens d'action du régulateur de concentration.

La vanne V1 est FPMA.

Le relevé de l'essai en boucle ouverte est disponible, il sera possible de l'analyser sur le document réponse 1 à rendre avec la copie.

**Q6-** Déterminer les valeurs de réglage du régulateur PI.

En analysant la réponse en boucle ouverte, le choix de régulateur PI permet-il d'obtenir une réponse satisfaisante en boucle fermée ?

## Analyse de la régulation de niveau de la cuve 3

### ANNEXES 1, 2, 5, 6 et DOCUMENT RÉPONSE 2

Une boucle simple de régulation de niveau a été installée.

**Q7-** En analysant l'enregistrement donné en ANNEXE 5 (donnant l'influence des variations du débit  $Q_e$  sur la mesure du niveau), proposer en argumentant une modification de la stratégie de régulation.

Réaliser un schéma TI sur le document réponse 2.

On pourra utiliser l'ANNEXE 6 pour choisir un appareil nécessaire. (On préférera les appareils alimentés en 24 V à raccorder par brides).

Justifier le(s) sens d'action(s) du ou des régulateurs choisis.

## Régulation de pression caisse de tête

### ANNEXES 1, 2, 7 et DOCUMENT RÉPONSE 3

On a à notre disposition en atelier trois ensembles vannes avec positionneurs de régulation GX FISCHER DVC 2000 commandés par un signal 4-20 mA, 2 vannes NF(normalement fermée) et une NO(normalement ouverte).

**Q8-** Proposer une stratégie, ainsi que tout ce qui sera utile à sa mise en œuvre, pour réguler la pression de l'air au-dessus de la pâte dans la caisse de tête. On précise que pour une sortie du régulateur  $Y_r$  de 50% la ou les vannes sont fermées. On prendra en compte l'aspect sécurité pour le choix des vannes.

**Il sera possible de réaliser sur le document réponse 3 :**

-un schéma TI avec positionnement des vannes, qui prend en compte l'aspect sécurité pour le choix des vannes ;

-un diagramme de partage des deux vannes ;

BTS CONTRÔLE INDUSTRIEL ET RÉGULATION AUTOMATIQUE		Session 2018
Analyse d'une installation d'instrumentation, contrôle et régulation	<b>Code : CA52AII</b>	Page 6/24

## CA52AII

- un schéma de programmation type SNCC du partage en utilisant les blocs fournis en ANNEXE 7 à faire sur la copie ;
- un schéma de câblage électrique régulateur /positionneur.

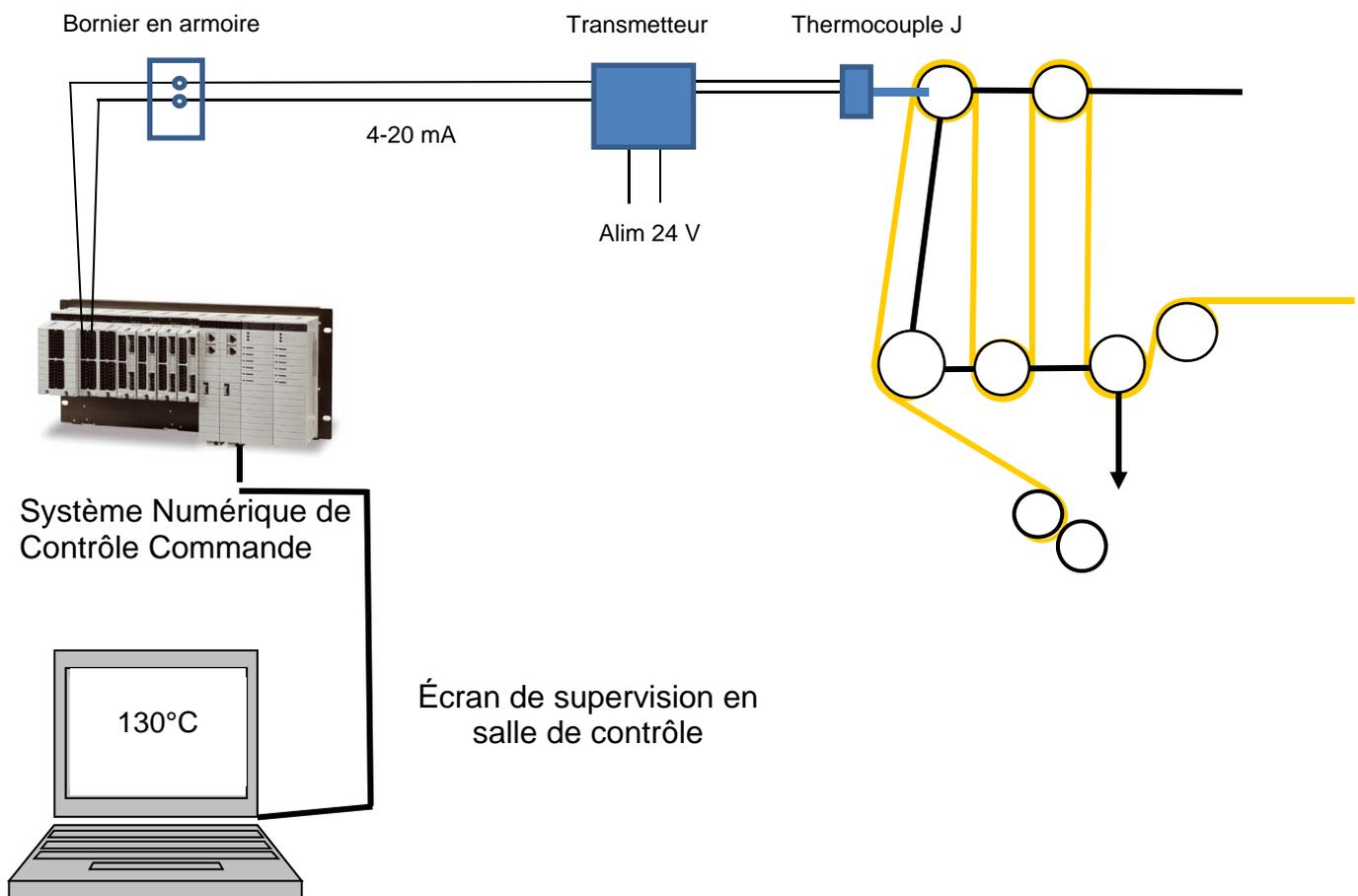
### Mesure de température au niveau de la sècherie

#### ANNEXES 8 et 9

Afin d'optimiser la production, on analyse régulièrement les profils de températures au niveau des rouleaux de la sècherie.

Pour cela une chaîne de mesure de température est mise en place :

On dispose d'un transmetteur (étalonné entre 0 et 100°C) actif relié à un thermocouple type J.



Le transmetteur utilisé ne dispose pas de la compensation de soudure froide, il a été étalonné pour une température ambiante de 20 °C.

**Q9-** Proposer une méthode d'étalonnage du transmetteur (ainsi que les calculs éventuels).

BTS CONTRÔLE INDUSTRIEL ET RÉGULATION AUTOMATIQUE		Session 2018
Analyse d'une installation d'instrumentation, contrôle et régulation	<b>Code : CA52AII</b>	Page 7/24

## CA52AII

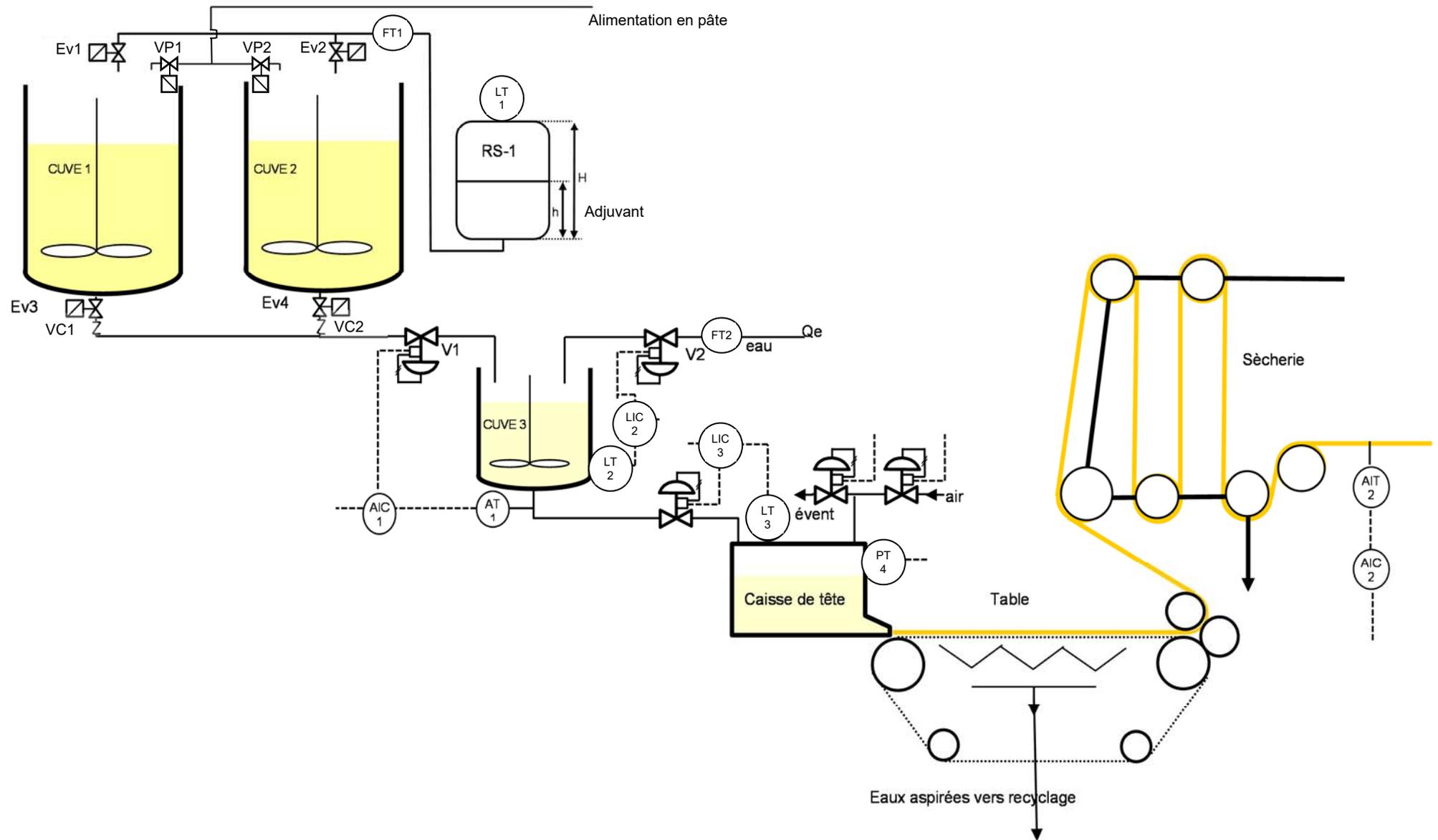
**Q10-** L'affichage sur l'écran de la supervision est le suivant : 130°C. Or il est impossible physiquement que la température atteigne cette valeur !

Ayant à votre disposition le matériel présenté dans l'ANNEXE 9, proposer une démarche structurée en précisant les hypothèses faites, pour déterminer la raison de ce problème d'affichage.

On pourra s'appuyer sur des schémas de câblage électrique qui correspondront aux différents tests réalisés.

BTS CONTRÔLE INDUSTRIEL ET RÉGULATION AUTOMATIQUE		Session 2018
Analyse d'une installation d'instrumentation, contrôle et régulation	<b>Code : CA52AII</b>	Page 8/24

### ANNEXE 1 SCHÉMA D'INSTALLATION



BTS CONTRÔLE INDUSTRIEL ET RÉGULATION AUTOMATIQUE		Session 2018
Analyse d'une installation d'instrumentation, contrôle et régulation	<b>Code : CA52AII</b>	Page 9/24

## ANNEXE 2

### NOMENCLATURE/TABLE DES VARIABLES

## Entrées

Désignation	Type	Fonction
N1H	TOR	Niveau haut CUVE-1 à l'état logique 1 en présence de produit
N1B	TOR	Niveau bas CUVE-1 à l'état logique 0 en présence de produit
N2H	TOR	Niveau haut CUVE-2 à l'état logique 1 en présence de produit
N2B	TOR	Niveau bas CUVE-2 à l'état logique 0 en présence de produit
Aur	TOR	Bouton d'arrêt d'urgence verrouillable de type NF
LT1	Réel	Image du niveau cuve adjuvant RS-1, en échelle physique, variant de 0 à 100.
MA	TOR	Commutateur de commande de « marche/arrêt » du cycle MA=1 démarrage du cycle MA=0 arrêt du cycle
FT1	TOR	Entrée comptage du débitmètre
VAL_FT1	Réel	Nombre d'impulsions comptées

## Sorties

Désignation	Type	Fonction
VP1	TOR	Vanne d'alimentation de la cuve 1, de type NF
VP2	TOR	Vanne d'alimentation de la cuve 2, de type NF
Ev3	TOR	Vanne d'isolement de la cuve 1, de type NF
Ev4	TOR	Vanne d'isolement de la cuve 2, de type NF
Ev1	TOR	Vanne d'injection d'adjuvant de la cuve 1, de type NF
Ev2	TOR	Vanne d'injection d'adjuvant de la cuve 2, de type NF
Z1	TOR	Agitateur cuve 1, commande à l'état logique 1
Z2	TOR	Agitateur cuve 2, commande à l'état logique 1

## Bits et mots automate

Désignation	Type	Fonction
PRE	Booléen	Autorisation de lancement du cycle de préparation de la pâte
VAL_ADJ	Réel	Consigne du volume d'adjuvant en Litre

## Vannes de régulation

Désignation	Type	Fonction
V1	FPMA	Alimentation en pâte de la cuve 3
V2	FPMA	Alimentation en eau de la cuve 3
Vevent		à analyser
Vair		à analyser

## Appareils de mesure utiles

Désignation	Type	Fonction
LT2	4-20 mA	Mesure du niveau dans la cuve 3
FT2	4-20 mA	Mesure du débit d'eau Qe
PT4	4-20 mA	Mesure de la pression dans la caisse de tête <b>(0-3 bar)</b>

## ANNEXE 3 CAPTEUR DE DÉBIT FT1

### CAPTEUR DE DEBIT SERIE ROUES OVALES



- Pour fluides visqueux de 5 à 8000 Centistokes
- Faible perte de charge
- Bonne précision  $\pm 1\%$
- Raccord G 1/4" femelle
- 10 bar maxi

#### GENERALITES - PRINCIPE

Ces capteurs de débit de très bonne précision dans la plage d'utilisation, sont à utiliser pour le dosage et la mesure de débit des fluides visqueux tel que : sirop, huile, détergent plus ou moins concentré.

L'instrument se compose de deux roues à engrenage entraînées par le fluide. Chaque rotation correspond à une quantité précise de liquide. Chaque roue équipée d'un aimant noyé, délivre au travers d'un capteur à effet hall, des impulsions dont le nombre est proportionnel au débit.

#### CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Plage de débit	: 0.06-16.0 l/min (dépendant de la viscosité)
Précision de mesure	: $\pm 1\%$ (dépendant de la viscosité)
Reproductibilité	: $< \pm 0.25\%$
Température d'utilisation	: -10...+65 °C
Pression maxi	: 10 bar à 20 °C
Position de montage	: Horizontale (recommandée)
Ø de passage	: 7 mm
Viscosité	: 5...8000 Centistokes
Tension d'alimentation	: 4.5...24 V DC (12 V DC recommandée)
Consommation	: 8 mA à 25 mA maxi
Type de signal	: Collecteur ouvert NPN
Voltage du signal	: 0 V GND
Charge du signal	: 5 mA maxi
Courant de fuite	: 10 $\mu$ A maxi
Connexions	: 3-pin AMP 2.8 x 0.8 mm
Signal	: Sortie signal carré
Cycle de service	: 50% $\pm$ 3%
Boîtier	: PEEK 150 GL 30
Axes	: Inox 1.4435
O-ring	: FPM
	: EPDM (S/DDE)
Turbine	: PEEK
Aimants	: NdFeB (Neodym) (sans contact avec le produit)

#### CODE ET CARACTERISTIQUES

Code	Référence	Ø de passage	Impulsions /litre	g /impulsion	Débit mini litres /mn départ linéaire	Débit maxi litres /mn	Perte de charge
782 505	OV 16	7,00 mm	462	2,166	0,0653	5,35	0,29 bar

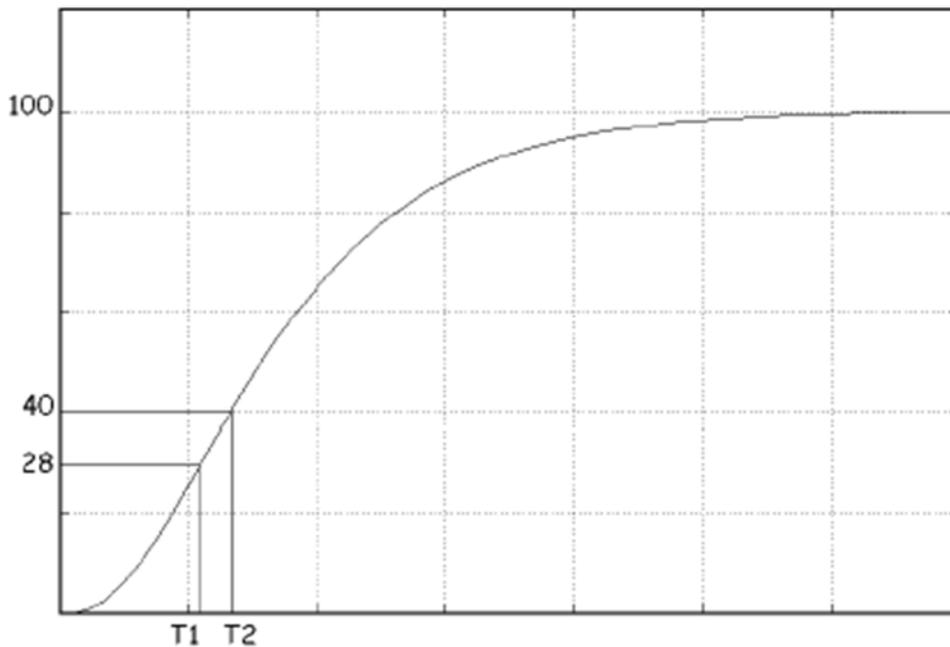
BTS CONTRÔLE INDUSTRIEL ET RÉGULATION AUTOMATIQUE	Session 2018
Analyse d'une installation d'instrumentation, contrôle et régulation	Code : <b>CA52AII</b> Page 11/24

## ANNEXE 4 Méthode de BROÏDA

Tableau des réglages de Broïda d'un régulateur PI parallèle

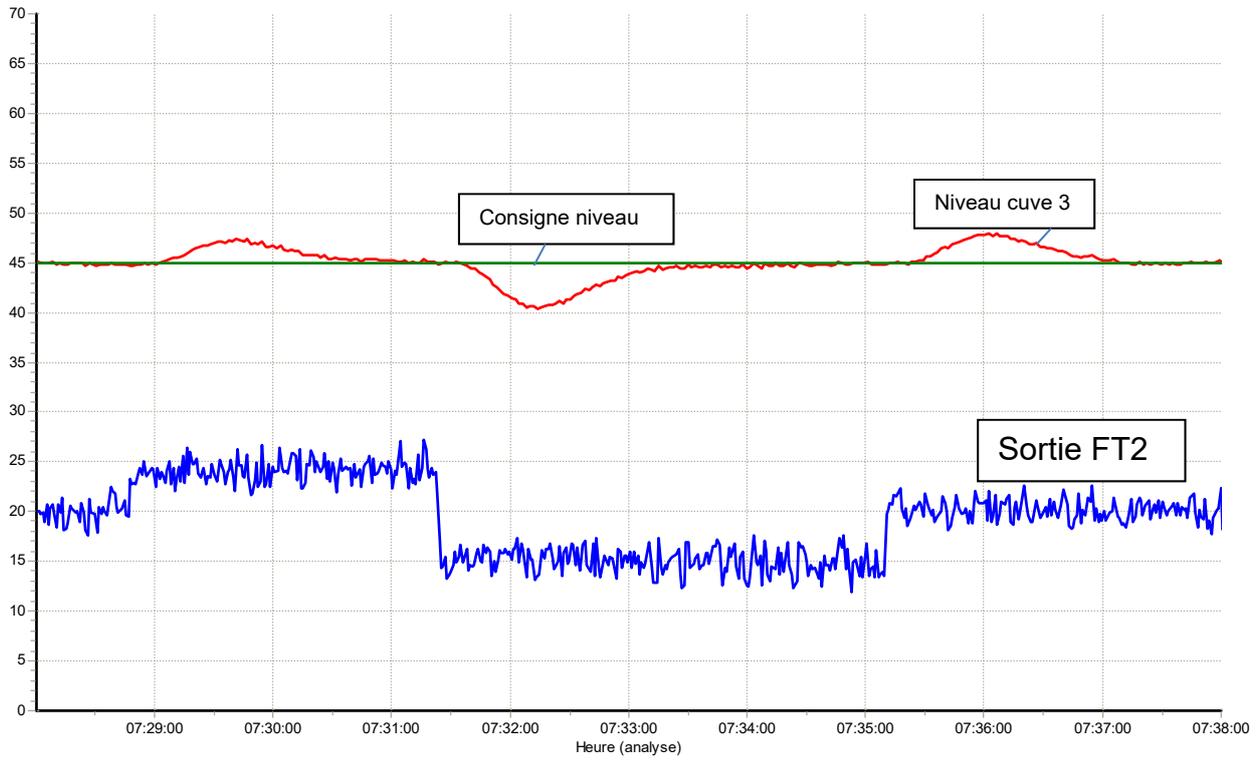
	PI //	PID//
<b>BP en %</b>	$\frac{125 \times K \times T}{\tau}$	$\frac{120 \times K \times T(\tau + 0.4T)}{\tau}$
<b>Ti en s</b>	$1.25 \times K \times \tau$	$\frac{1.3 \times K}{T}$
<b>Td en s</b>		$\frac{0.35 \times \tau}{K}$

Méthode d'identification de Broïda



$$K = \frac{\Delta M}{\Delta Y_r} \quad \tau = 5,2(t_2 - t_1) \quad T = 2,8t_1 - 1,8t_2$$

**ANNEXE 5**  
**ÉVOLUTION DU NIVEAU DE LA CUVE 3 ET DU DÉBIT D'EAU**



## ANNEXE 6

### Transmetteurs de débit PROMAG 10D (ENDRESS HAUSER)



#### Valeurs de débit

Diamètre nominal		Débit recommandé Fin d'échelle min./max. (v ~ 0,3 ou 10 m/s)	Réglages usine		
[mm]	[inches]		Fin d'échelle sortie courant (v ~ 2,5 m/s)	Valeur impulsion (~ 2 impulsions/s)	Débit de fuite (v ~ 0,04 m/s)
25	1"	9...300 dm <sup>3</sup> /min	75 dm <sup>3</sup> /min	0,50 dm <sup>3</sup>	1 dm <sup>3</sup> /min
40	1 1/2"	25...700 dm <sup>3</sup> /min	200 dm <sup>3</sup> /min	1,50 dm <sup>3</sup>	3 dm <sup>3</sup> /min
50	2"	35...1100 dm <sup>3</sup> /min	300 dm <sup>3</sup> /min	2,50 dm <sup>3</sup>	5 dm <sup>3</sup> /min
65	-	60...2000 dm <sup>3</sup> /min	500 dm <sup>3</sup> /min	5,00 dm <sup>3</sup>	8 dm <sup>3</sup> /min
80	3"	90...3000 dm <sup>3</sup> /min	750 dm <sup>3</sup> /min	5,00 dm <sup>3</sup>	12 dm <sup>3</sup> /min
100	4"	145...4700 dm <sup>3</sup> /min	1200 dm <sup>3</sup> /min	10,00 dm <sup>3</sup>	20 dm <sup>3</sup> /min

#### Débitmètre électromagnétique Promag 10D (Montage entre brides)

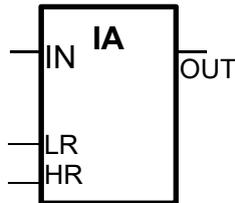
Revêtement	Alimentation ; affichage	Diamètre	Réf. article
Polyamide, KTW/W270 certifié pr le contact av. l'eau potable	85-250 V AC ; 2-ligne, boutons-poussoirs	DN25	10D25-□CGA1AA0A4AA+M1
		DN40	10D40-□CGA1AA0A4AA+M1
		DN50	10D50-□CGA1AA0A4AA+M1
		DN65	10D65-□CGA1AA0A4AA+M1
		DN80	10D80-□CGA1AA0A4AA+M1
		DN100	10D1H-□CGA1AA0A4AA+M1
		20-28 V AC / 11-40 V DC ; 2-ligne, boutons-poussoirs	DN25
	DN40	10D40-□CGA1AA0A5AA+M1	
	DN50	10D50-□CGA1AA0A5AA+M1	
	DN65	10D65-□CGA1AA0A5AA+M1	
	DN80	10D80-□CGA1AA0A5AA+M1	
	DN100	10D1H-□CGA1AA0A5AA+M1	

#### Débitmètre électromagnétique Promag 10D (Raccord fileté)

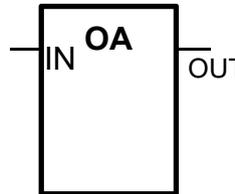
Revêtement	Alimentation ; affichage	Diamètre	Réf. article
Polyamide, KTW/W270 certifié pr le contact av. l'eau potable	85-250 V AC ; 2-ligne, boutons-poussoirs	DN25	10D25-□UGA1AA0A4AA
		DN40	10D40-□UGA1AA0A4AA
		DN50	10D50-□UGA1AA0A4AA
	20-28 V AC / 11-40 V DC ; 2-ligne, boutons-poussoirs	DN25	10D25-□UGA1AA0A5AA
		DN40	10D40-□UGA1AA0A5AA
		DN50	10D50-□UGA1AA0A5AA

## Annexe 7

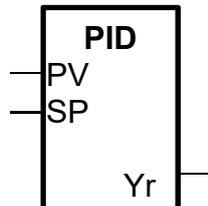
## Blocs de programmation disponibles



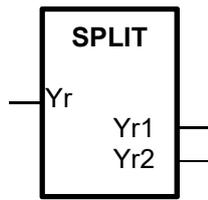
Bloc entrée analogique. Entrée 4-20 mA Sortie 0-100%  
(Valeurs à paramétrer, Bas Échelle, Haut Échelle)



Bloc sortie analogique Entrée 0-100% Sortie 4-20mA

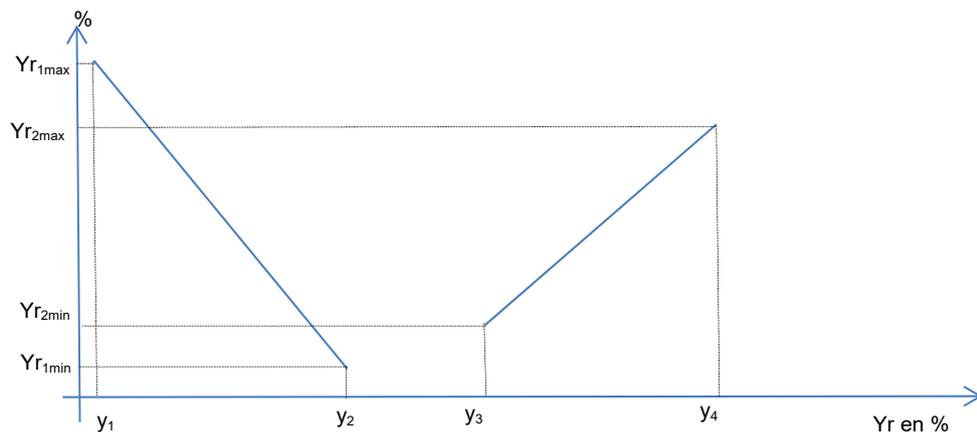


Bloc régulateur PID. Entrée mesure (PV) en % Entrée Consigne (SP)  
en %, Sortie (Yr) 0-100%



Bloc Split range : La fonction split-range permet de piloter deux  
vannes de régulations avec une seule grandeur réglante. A partir  
de la valeur réglante Yr servant de signal d'entrée, la fonction split-  
range génère les deux signaux de sortie : valeur réglante Yr1 et  
valeur réglante Yr2

Valeur à programmer ( $Yr_{1min}$ ,  $Yr_{1max}$ ,  $Yr_{2min}$ ,  $Yr_{2max}$ ,  $y_1$ ,  $y_2$ ,  $y_3$ ,  $y_4$ )



ANNEXE 8 : Thermocouples

Revised Thermocouple Reference Tables



**TYPE J**

Reference Tables  
N.I.S.T.  
Monograph 175  
Revised to ITS-90

ANSI color code

IEC color code



Iron vs. Copper-Nickel

Extension Grade

**MAXIMUM TEMPERATURE RANGE**  
Thermocouple Grade: 32 to 1382°F 0 to 75°C  
Extension Grade: 32 to 392°F 0 to 200°C  
**LIMITS OF ERROR** (whichever is greater)  
Standard: 2.2°C or 0.75%  
Special: 1.1°C or 0.4%  
**COMMENTS, BARE WIRE ENVIRONMENT**  
Reducing, Vacuum, Inert; Limited Use in Oxidizing at High Temperatures;  
Not Recommended for Low Temperatures  
**TEMPERATURE IN DEGREES °C**  
**REFERENCE JUNCTION AT 0°C**

Thermoelectric Voltage in Millivolts

°C	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	°C
-200	-8.095	-8.076	-8.057	-8.037	-8.017	-7.996	-7.976	-7.955	-7.934	-7.912	-7.890	-200
-190	-7.890	-7.868	-7.846	-7.824	-7.801	-7.778	-7.755	-7.731	-7.707	-7.683	-7.659	-190
-180	-7.659	-7.634	-7.610	-7.585	-7.559	-7.534	-7.508	-7.482	-7.456	-7.429	-7.403	-180
-170	-7.403	-7.376	-7.348	-7.321	-7.293	-7.265	-7.237	-7.209	-7.181	-7.152	-7.123	-170
-160	-7.123	-7.094	-7.064	-7.035	-7.005	-6.975	-6.944	-6.914	-6.883	-6.853	-6.821	-160
-150	-6.821	-6.790	-6.759	-6.727	-6.695	-6.663	-6.631	-6.598	-6.566	-6.533	-6.500	-150
-140	-6.500	-6.467	-6.433	-6.400	-6.366	-6.332	-6.298	-6.263	-6.229	-6.194	-6.159	-140
-130	-6.159	-6.124	-6.089	-6.054	-6.018	-5.982	-5.946	-5.910	-5.874	-5.838	-5.801	-130
-120	-5.801	-5.764	-5.727	-5.690	-5.653	-5.616	-5.578	-5.541	-5.503	-5.465	-5.426	-120
-110	-5.426	-5.388	-5.350	-5.311	-5.272	-5.233	-5.194	-5.155	-5.116	-5.076	-5.037	-110
-100	-5.037	-4.997	-4.957	-4.917	-4.877	-4.836	-4.796	-4.755	-4.714	-4.674	-4.633	-100
-90	-4.633	-4.591	-4.550	-4.509	-4.467	-4.425	-4.384	-4.342	-4.300	-4.257	-4.215	-90
-80	-4.215	-4.173	-4.130	-4.088	-4.045	-4.002	-3.959	-3.916	-3.872	-3.829	-3.786	-80
-70	-3.786	-3.742	-3.698	-3.654	-3.610	-3.566	-3.522	-3.478	-3.434	-3.389	-3.344	-70
-60	-3.344	-3.300	-3.255	-3.210	-3.165	-3.120	-3.075	-3.029	-2.984	-2.938	-2.893	-60
-50	-2.893	-2.847	-2.801	-2.755	-2.709	-2.663	-2.617	-2.571	-2.524	-2.478	-2.431	-50
-40	-2.431	-2.385	-2.338	-2.291	-2.244	-2.197	-2.150	-2.103	-2.055	-2.008	-1.961	-40
-30	-1.961	-1.913	-1.865	-1.818	-1.770	-1.722	-1.674	-1.626	-1.578	-1.530	-1.482	-30
-20	-1.482	-1.433	-1.385	-1.336	-1.288	-1.239	-1.190	-1.142	-1.093	-1.044	-0.995	-20
-10	-0.995	-0.946	-0.896	-0.847	-0.798	-0.749	-0.699	-0.650	-0.600	-0.550	-0.501	-10
0	-0.501	-0.451	-0.401	-0.351	-0.301	-0.251	-0.201	-0.151	-0.101	-0.050	0.000	0
0	0.000	0.050	0.101	0.151	0.202	0.253	0.303	0.354	0.405	0.456	0.507	0
10	0.507	0.558	0.609	0.660	0.711	0.762	0.813	0.865	0.916	0.968	1.019	10
20	1.019	1.071	1.122	1.174	1.226	1.277	1.329	1.381	1.433	1.485	1.537	20
30	1.537	1.589	1.641	1.693	1.745	1.797	1.849	1.902	1.954	2.006	2.059	30
40	2.059	2.111	2.164	2.216	2.269	2.322	2.374	2.427	2.480	2.532	2.585	40
50	2.585	2.638	2.691	2.744	2.797	2.850	2.903	2.956	3.009	3.062	3.116	50
60	3.116	3.169	3.222	3.275	3.329	3.382	3.436	3.489	3.543	3.596	3.650	60
70	3.650	3.703	3.757	3.810	3.864	3.918	3.971	4.025	4.079	4.133	4.187	70
80	4.187	4.240	4.294	4.348	4.402	4.456	4.510	4.564	4.618	4.672	4.726	80
90	4.726	4.781	4.835	4.889	4.943	4.997	5.052	5.106	5.160	5.215	5.269	90
100	5.269	5.323	5.378	5.432	5.487	5.541	5.595	5.650	5.705	5.759	5.814	100
110	5.814	5.868	5.923	5.977	6.032	6.087	6.141	6.196	6.251	6.306	6.360	110
120	6.360	6.415	6.470	6.525	6.579	6.634	6.689	6.744	6.799	6.854	6.909	120
130	6.909	6.964	7.019	7.074	7.129	7.184	7.239	7.294	7.349	7.404	7.459	130
140	7.459	7.514	7.569	7.624	7.679	7.734	7.789	7.844	7.900	7.955	8.010	140
150	8.010	8.065	8.120	8.175	8.231	8.286	8.341	8.396	8.452	8.507	8.562	150
160	8.562	8.618	8.673	8.728	8.783	8.839	8.894	8.949	9.005	9.060	9.115	160
170	9.115	9.171	9.226	9.282	9.337	9.392	9.448	9.503	9.559	9.614	9.669	170
180	9.669	9.725	9.780	9.836	9.891	9.947	10.002	10.057	10.113	10.168	10.224	180
190	10.224	10.279	10.335	10.390	10.446	10.501	10.557	10.612	10.668	10.723	10.779	190
200	10.779	10.834	10.890	10.945	11.001	11.056	11.112	11.167	11.223	11.278	11.334	200
210	11.334	11.389	11.445	11.501	11.556	11.612	11.667	11.723	11.778	11.834	11.889	210
220	11.889	11.945	12.000	12.056	12.111	12.167	12.222	12.278	12.334	12.389	12.445	220
230	12.445	12.500	12.556	12.611	12.667	12.722	12.778	12.833	12.889	12.944	13.000	230
240	13.000	13.056	13.111	13.167	13.222	13.278	13.333	13.389	13.444	13.500	13.555	240
250	13.555	13.611	13.666	13.722	13.777	13.833	13.888	13.944	13.999	14.055	14.110	250
260	14.110	14.166	14.221	14.277	14.332	14.388	14.443	14.499	14.554	14.609	14.665	260
270	14.665	14.720	14.776	14.831	14.887	14.942	14.998	15.053	15.109	15.164	15.219	270
280	15.219	15.275	15.330	15.386	15.441	15.496	15.552	15.607	15.663	15.718	15.773	280
290	15.773	15.829	15.884	15.940	15.995	16.050	16.106	16.161	16.216	16.272	16.327	290
300	16.327	16.383	16.438	16.493	16.549	16.604	16.659	16.715	16.770	16.825	16.881	300
310	16.881	16.936	16.991	17.046	17.102	17.157	17.212	17.268	17.323	17.378	17.434	310
320	17.434	17.489	17.544	17.599	17.655	17.710	17.765	17.820	17.876	17.931	17.986	320
330	17.986	18.041	18.097	18.152	18.207	18.262	18.318	18.373	18.428	18.483	18.538	330
340	18.538	18.594	18.649	18.704	18.759	18.814	18.870	18.925	18.980	19.035	19.090	340
350	19.090	19.146	19.201	19.256	19.311	19.366	19.422	19.477	19.532	19.587	19.642	350
360	19.642	19.697	19.753	19.808	19.863	19.918	19.973	20.028	20.083	20.139	20.194	360
370	20.194	20.249	20.304	20.359	20.414	20.469	20.525	20.580	20.635	20.690	20.745	370
380	20.745	20.800	20.855	20.911	20.966	21.021	21.076	21.131	21.186	21.241	21.297	380
390	21.297	21.352	21.407	21.462	21.517	21.572	21.627	21.683	21.738	21.793	21.848	390
400	21.848	21.903	21.958	22.014	22.069	22.124	22.179	22.234	22.289	22.344	22.400	400
410	22.400	22.455	22.510	22.565	22.620	22.676	22.731	22.786	22.841	22.896	22.952	410
420	22.952	23.007	23.062	23.117	23.172	23.228	23.283	23.338	23.393	23.449	23.504	420
430	23.504	23.559	23.614	23.670	23.725	23.780	23.835	23.891	23.946	24.001	24.057	430
440	24.057	24.112	24.167	24.222	24.278	24.333	24.389	24.444	24.499	24.555	24.610	440
450	24.610	24.665	24.721	24.776	24.832	24.887	24.943	24.998	25.053	25.109	25.164	450
460	25.164	25.220	25.275	25.331	25.386	25.442	25.497	25.553	25.608	25.664	25.720	460
470	25.720	25.775	25.831	25.886	25.942	25.998	26.053	26.109	26.165	26.220	26.276	470
480	26.276	26.332	26.387	26.443	26.499	26.555	26.610	26.666	26.722	26.778	26.834	480
490	26.834	26.889	26.945	27.001	27.057	27.113	27.169	27.225	27.281	27.337	27.393	490
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
500	27.393	27.449	27.505	27.561	27.617	27.673	27.729	27.785	27.841	27.897	27.953	500
510	27.953	28.010	28.066	28.122	28.178	28.234	28.290	28.346	28.403	28.460	28.516	510
520	28.516	28.572	28.629	28.685	28.741	28.798	28.854	28.911	28.967	29.024	29.080	520
530	29.080	29.137	29.194	29.250	29.307	29.363	29.420	29.477	29.534	29.590	29.647	530
540	29.647	29.704	29.761	29.818	29.874	29.931	2					

**MAXIMUM TEMPERATURE RANGE**

Thermocouple Grade  
 - 328 to 1652°F  
 - 200 to 900°C

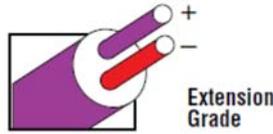
Extension Grade  
 32 to 392°F  
 0 to 200°C

**LIMITS OF ERROR**  
 (whichever is greater)  
**Standard:** 1.7°C or 0.5% Above 0°C  
 1.7°C or 1.0% Below 0°C  
**Special:** 1.0°C or 0.4%

**COMMENTS, BARE WIRE ENVIRONMENT:**  
 Oxidizing or Inert; Limited Use in Vacuum or Reducing; Highest EMF Change per Degree

**TEMPERATURE IN DEGREES °C**  
**REFERENCE JUNCTION AT 0°C**

°C  
**Nickel-Chromium**  
 vs.  
**Copper-Nickel**



**Revised Thermocouple Reference Tables**

IEC color code  
 ANSI color code  
**TYPE E**  
 Reference Tables  
 N.I.S.T.  
 Monograph 175  
 Revised to ITS-90

Thermoelectric Voltage in Millivolts

°C	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	°C	°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
260	-9.835	-9.833	-9.831	-9.828	-9.825	-9.821	-9.817	-9.813	-9.808	-9.802	-9.797	-260	350	24.964	25.044	25.123	25.202	25.281	25.360	25.440	25.519	25.598	25.678	25.757	350
250	-9.797	-9.790	-9.784	-9.777	-9.770	-9.762	-9.754	-9.746	-9.737	-9.728	-9.718	-250	360	25.757	25.836	25.916	25.995	26.075	26.154	26.233	26.313	26.392	26.472	26.552	360
240	-9.718	-9.709	-9.698	-9.688	-9.677	-9.666	-9.654	-9.642	-9.630	-9.617	-9.604	-240	370	26.552	26.631	26.711	26.790	26.870	26.949	27.029	27.109	27.189	27.268	27.348	370
230	-9.604	-9.591	-9.577	-9.563	-9.548	-9.534	-9.519	-9.503	-9.487	-9.471	-9.455	-230	380	27.348	27.428	27.507	27.587	27.667	27.747	27.827	27.907	27.986	28.066	28.146	380
220	-9.455	-9.438	-9.421	-9.404	-9.386	-9.368	-9.350	-9.331	-9.313	-9.293	-9.274	-220	390	28.146	28.226	28.306	28.386	28.466	28.546	28.626	28.706	28.786	28.866	28.946	390
210	-9.274	-9.254	-9.234	-9.214	-9.193	-9.172	-9.151	-9.129	-9.107	-9.085	-9.063	-210	400	28.946	29.026	29.106	29.186	29.266	29.346	29.427	29.507	29.587	29.667	29.747	400
200	-9.063	-9.040	-9.017	-8.994	-8.971	-8.947	-8.923	-8.899	-8.874	-8.850	-8.825	-200	410	29.747	29.827	29.908	29.988	30.068	30.148	30.229	30.309	30.389	30.470	30.550	410
190	-8.825	-8.799	-8.774	-8.748	-8.722	-8.696	-8.669	-8.643	-8.616	-8.588	-8.561	-190	420	30.550	30.630	30.711	30.791	30.871	30.952	31.032	31.112	31.193	31.273	31.354	420
180	-8.561	-8.533	-8.505	-8.477	-8.449	-8.420	-8.391	-8.362	-8.333	-8.303	-8.273	-180	430	31.354	31.434	31.515	31.595	31.676	31.756	31.837	31.917	31.998	32.078	32.159	430
170	-8.273	-8.243	-8.213	-8.183	-8.152	-8.121	-8.090	-8.059	-8.027	-7.995	-7.963	-170	440	32.159	32.239	32.320	32.400	32.481	32.562	32.642	32.723	32.803	32.884	32.965	440
160	-7.963	-7.931	-7.899	-7.866	-7.833	-7.800	-7.767	-7.733	-7.700	-7.666	-7.632	-160	450	32.965	33.045	33.126	33.207	33.287	33.368	33.449	33.529	33.610	33.691	33.772	450
150	-7.632	-7.597	-7.563	-7.528	-7.493	-7.458	-7.423	-7.387	-7.351	-7.315	-7.279	-150	460	33.772	33.852	33.933	34.014	34.095	34.175	34.256	34.337	34.418	34.498	34.579	460
140	-7.279	-7.243	-7.206	-7.170	-7.133	-7.096	-7.058	-7.021	-6.983	-6.945	-6.907	-140	470	34.579	34.660	34.741	34.822	34.903	34.984	35.064	35.145	35.226	35.307	35.387	470
130	-6.907	-6.869	-6.831	-6.792	-6.753	-6.714	-6.675	-6.636	-6.596	-6.556	-6.516	-130	480	35.387	35.468	35.549	35.630	35.711	35.792	35.873	35.954	36.034	36.115	36.196	480
120	-6.516	-6.476	-6.436	-6.396	-6.356	-6.316	-6.275	-6.234	-6.193	-6.152	-6.111	-120	490	36.196	36.277	36.358	36.439	36.520	36.601	36.682	36.763	36.844	36.924	37.005	490
110	-6.107	-6.066	-6.025	-5.984	-5.943	-5.899	-5.855	-5.811	-5.767	-5.722	-5.678	-110	500	37.005	37.086	37.167	37.248	37.329	37.410	37.491	37.572	37.653	37.734	37.815	500
100	-5.681	-5.637	-5.593	-5.549	-5.505	-5.461	-5.417	-5.372	-5.327	-5.282	-5.237	-100	510	37.815	37.896	37.977	38.058	38.139	38.220	38.301	38.382	38.463	38.544	38.624	510
-90	-5.237	-5.192	-5.147	-5.101	-5.055	-5.009	-4.963	-4.917	-4.871	-4.824	-4.777	-90	520	38.624	38.705	38.786	38.867	38.948	39.029	39.110	39.191	39.272	39.353	39.434	520
-80	-4.777	-4.731	-4.684	-4.636	-4.589	-4.542	-4.494	-4.446	-4.398	-4.350	-4.302	-80	530	39.434	39.515	39.596	39.677	39.758	39.839	39.920	40.001	40.082	40.163	40.243	530
-70	-4.302	-4.254	-4.205	-4.156	-4.107	-4.058	-4.009	-3.960	-3.911	-3.861	-3.811	-70	540	40.243	40.324	40.405	40.486	40.567	40.648	40.729	40.810	40.891	40.972	41.053	540
-60	-3.811	-3.761	-3.711	-3.661	-3.611	-3.561	-3.510	-3.459	-3.408	-3.357	-3.306	-60	550	41.053	41.134	41.215	41.296	41.377	41.457	41.538	41.619	41.700	41.781	41.862	550
-50	-3.306	-3.255	-3.204	-3.152	-3.100	-3.048	-2.996	-2.944	-2.892	-2.840	-2.787	-50	560	41.862	41.943	42.024	42.105	42.185	42.266	42.347	42.428	42.509	42.590	42.671	560
-40	-2.787	-2.735	-2.682	-2.629	-2.576	-2.523	-2.469	-2.416	-2.362	-2.309	-2.255	-40	570	42.671	42.752	42.833	42.914	42.995	43.076	43.157	43.238	43.319	43.400	43.481	570
-30	-2.255	-2.201	-2.147	-2.093	-2.038	-1.984	-1.929	-1.874	-1.820	-1.765	-1.709	-30	580	43.481	43.562	43.643	43.724	43.805	43.886	43.967	44.048	44.129	44.210	44.291	580
-20	-1.709	-1.654	-1.599	-1.543	-1.488	-1.432	-1.376	-1.320	-1.264	-1.208	-1.152	-20	590	44.291	44.372	44.453	44.534	44.615	44.696	44.777	44.858	44.939	45.020	45.101	590
-10	-1.152	-1.096	-1.039	-0.982	-0.925	-0.868	-0.811	-0.754	-0.697	-0.639	-0.582	-10	600	45.101	45.182	45.263	45.344	45.425	45.506	45.587	45.668	45.749	45.830	45.911	600
0	-0.582	-0.524	-0.466	-0.408	-0.350	-0.292	-0.234	-0.176	-0.117	-0.059	0.000	0	610	45.911	46.000	46.089	46.178	46.267	46.356	46.445	46.534	46.623	46.712	46.801	610
0	0.000	0.059	0.118	0.176	0.235	0.294	0.354	0.413	0.472	0.532	0.591	0	620	46.712	46.800	46.889	46.978	47.067	47.156	47.245	47.334	47.423	47.512	47.601	620
10	0.591	0.651	0.711	0.770	0.830	0.890	0.950	1.010	1.071	1.131	1.192	10	630	47.512	47.600	47.689	47.778	47.867	47.956	48.045	48.134	48.223	48.312	48.401	630
20	1.192	1.252	1.313	1.373	1.434	1.495	1.556	1.617	1.678	1.740	1.801	20	640	48.401	48.490	48.579	48.668	48.757	48.846	48.935	49.024	49.113	49.202	49.291	640
30	1.801	1.862	1.924	1.986	2.047	2.109	2.171	2.233	2.295	2.357	2.420	30	650	49.291	49.380	49.469	49.558	49.647	49.736	49.825	49.914	50.003	50.092	50.181	650
40	2.420	2.482	2.545	2.607	2.670	2.733	2.795	2.858	2.921	2.984	3.048	40	660	50.181	50.270	50.359	50.448	50.537	50.626	50.715	50.804	50.893	50.982	51.071	660
50	3.048	3.111	3.174	3.238	3.301	3.365	3.429	3.492	3.556	3.620	3.685	50	670	51.071	51.160	51.249	51.338	51.427	51.516	51.605	51.694	51.783	51.872	51.961	670
60	3.685	3.749	3.813	3.877	3.942	4.006	4.071	4.136	4.200	4.265	4.330	60	680	51.961	52.050	52.139	52.228	52.317	52.406	52.495	52.584	52.673	52.762	52.851	680
70	4.330	4.396	4.460	4.526	4.591	4.656	4.722	4.788	4.853	4.919	4.985	70	690	52.851	52.940	53.029	53.118	53.207	53.296	53.385	53.474	53.563	53.652	53.741	690
80	4.985	5.051	5.117	5.183	5.249	5.315	5.382	5.448	5.514	5.581	5.648	80	700	53.741	53.830	53.919	54.008	54.097	54.186	54.275	54.364	54.453	54.542	54.631	700
90	5.648	5.714	5.781	5.848	5.915	5.982	6.049	6.117	6.184	6.251	6.319	90	710	54.631	54.720	54.809	54.898	54.987	55.076	55.165	55.254	55.343	55.432	55.521	710
100	6.319	6.386	6.454	6.522	6.590	6.658	6.725	6.794	6.862	6.930	6.998	100	720	55.521	55.610	55.699	55.788	55.877	55.966	56.055	56.144	56.233	56.322	56.411	720
110	6.998	7.066	7.135	7.203	7.272	7.341	7.409	7.478	7.547																

## ANNEXE 9

### Matériels



#### Multimètre Numérique Portable

- Fonction de mesure : Résistance - DC courant - Tension - Condensateurs - Courant alternatif - Tension de courant continu - Batteries.
- Design petit et compact & fonction rétroéclairage.
- Alimentation : Pile 9V (Non fournie).
- Emballage : 1 x Multimètre numérique (sans batterie) - 2 x Sondes - 1 x Manuel de l'utilisateur en anglais

#### Calibrateur de Process Multifonctions



Fonctions supplémentaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Affichage rétro-éclairé</li> <li>• Mesures et émissions en simultané</li> <li>• Fonctions rampes et échelons</li> <li>• Mémorisation de 50 mesures et simulations</li> </ul>
Type d'affichage	Double affichage LCD
Gamme de tension max.	300 V
Gamme de courant max.	100 mA
Gamme de résistance max.	400 Ω
Gamme de température min.	-250 °C
Gamme de température max.	1 820 °C
Type de capteur	J/K/T/E/L/N/U/B/R/S Pt100
Source de tension max.	30 V
Source de courant max.	20 mA
Source de résistance max.	400 Ω
Source de température min.	-250 °C
Source de température max.	1 820 °C
Appareil portable	Oui
Conformité ATEX	Non
Mémoire / Enregistreur	50 mesures
Interfaces	Oui
Types d'interfaces	RS232
Alimentation	4 piles 1,5 V type LR06 ou secteur



#### Talkie-walkie professionnels

BTS CONTRÔLE INDUSTRIEL ET RÉGULATION AUTOMATIQUE		Session 2018
Analyse d'une installation d'instrumentation, contrôle et régulation	<b>Code : CA52AII</b>	Page 18/24

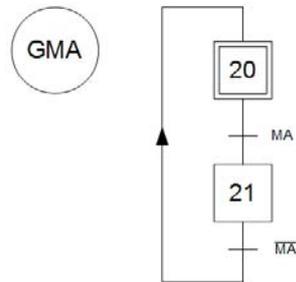
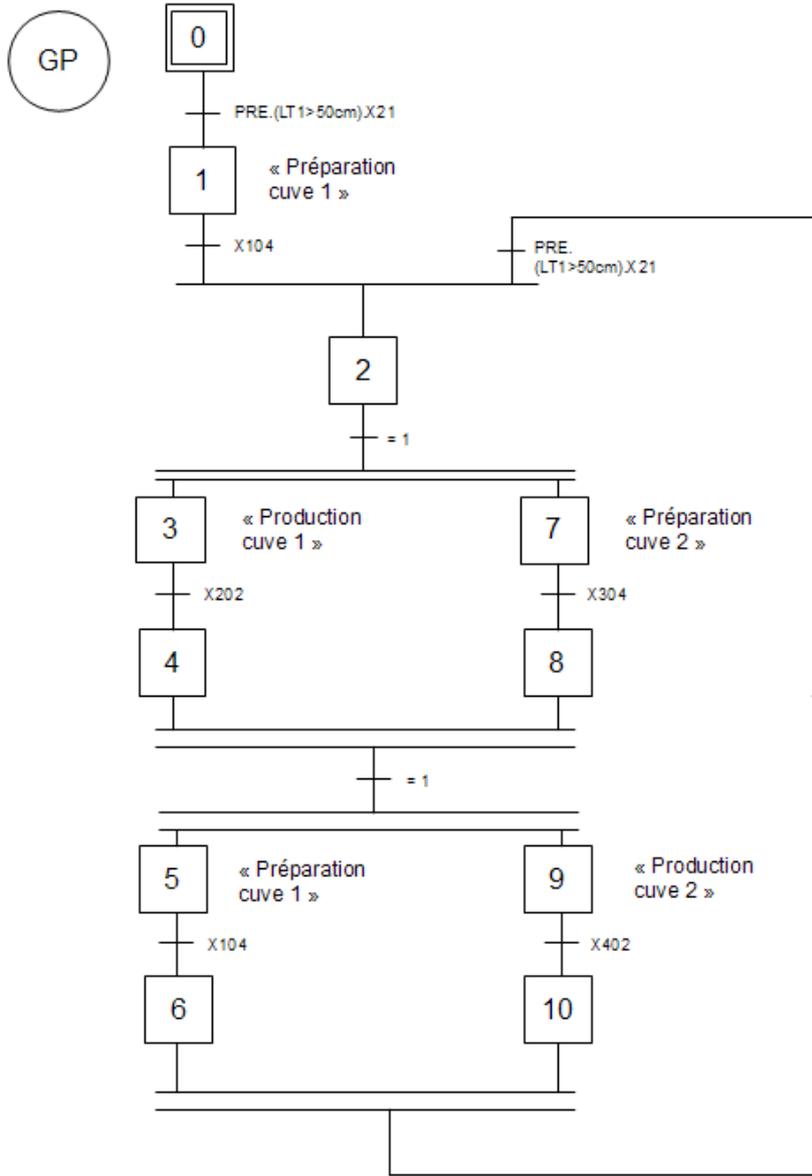
Console de communication Hart



Four d'étalonnage et de calibration (0-150°C)

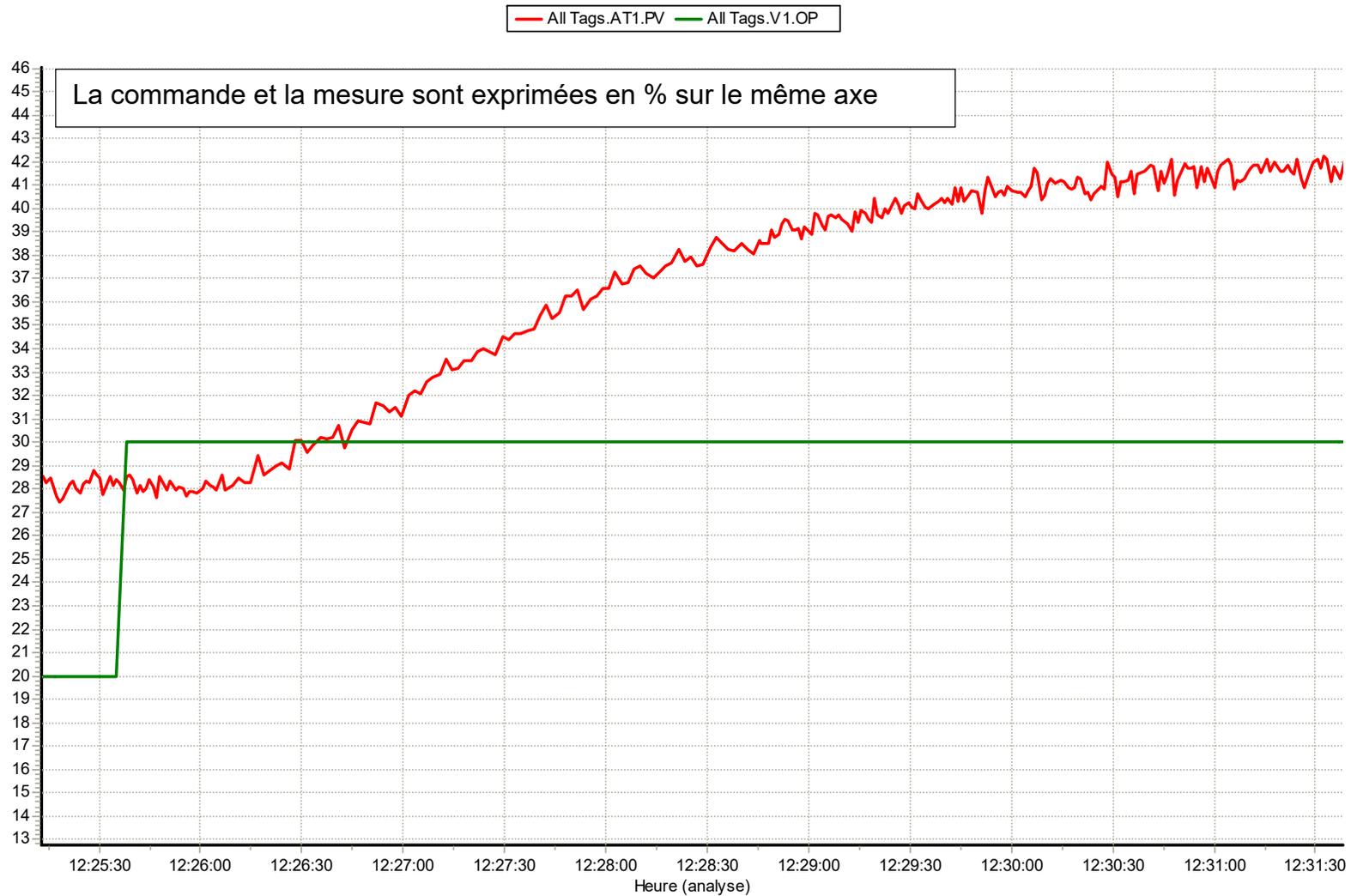


ANNEXE 10

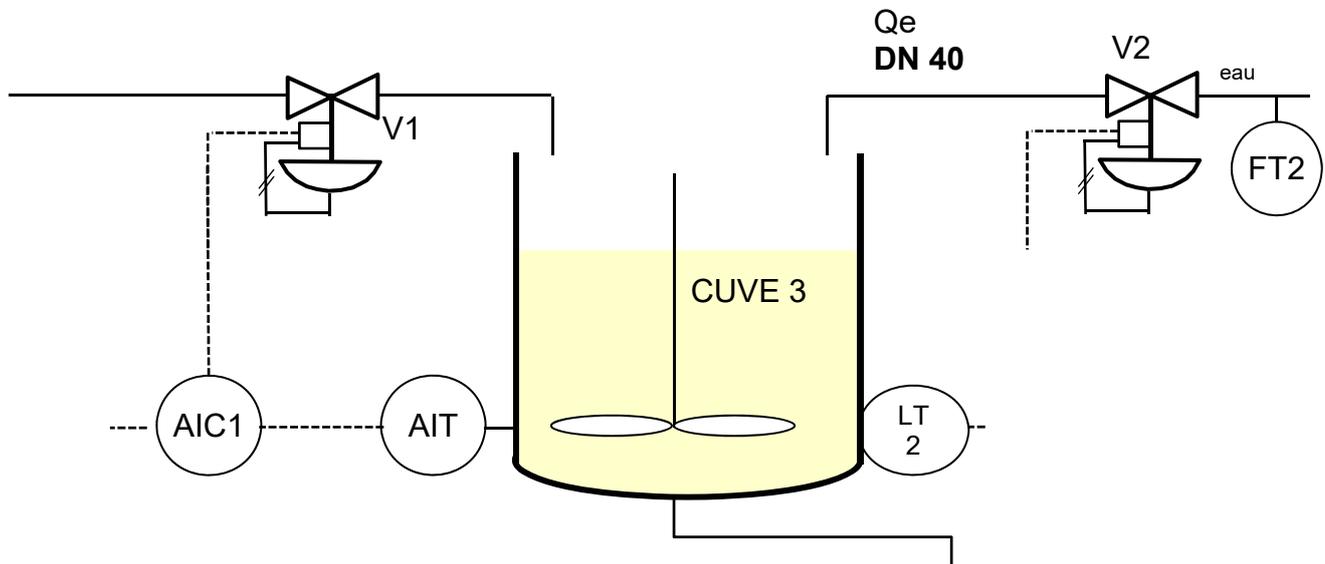


## DOCUMENT RÉPONSE N°1(à rendre avec la copie)

Réponse en boucle ouverte : Évolution de la concentration de pâte à un échelon de 10 % sur le signal de commande de V1

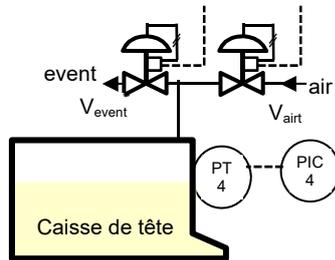


## DOCUMENT RÉPONSE N°2 (à rendre avec la copie)

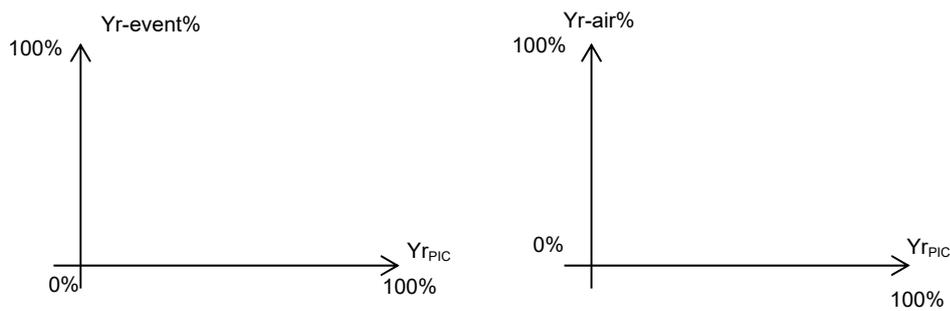


DOCUMENT RÉPONSE N°3(à rendre avec la copie)

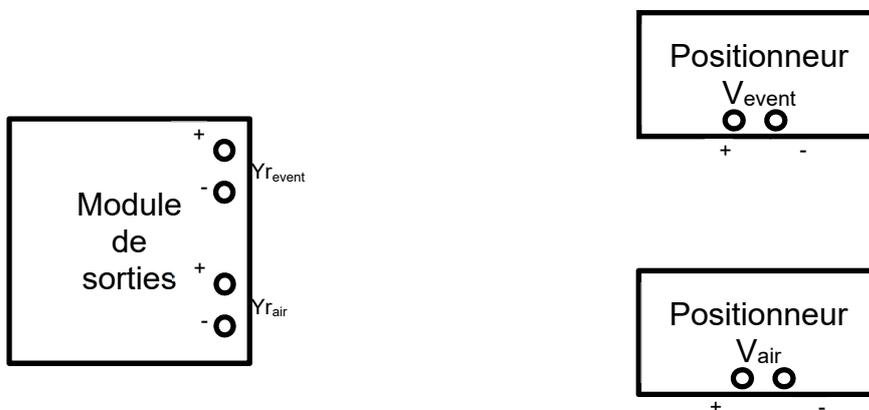
Régulation pression caisse de tête : schéma TI à compléter



Régulation pression caisse de tête : schéma de partage des deux vannes

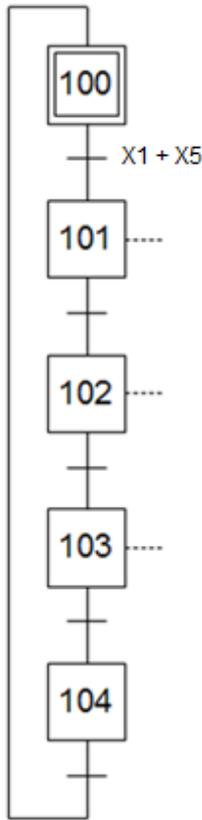


Régulation pression caisse de tête : schéma de câblage électrique

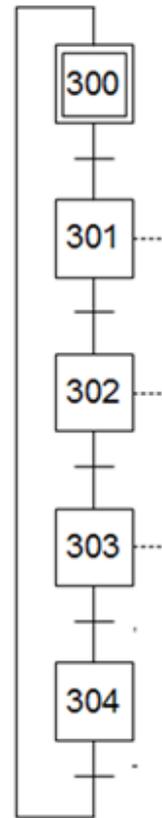


DOCUMENT RÉPONSE N°4 (à rendre avec la copie)

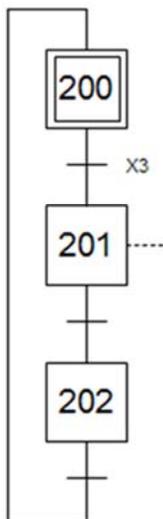
GT1 : Préparation cuve 1



GT3 : Préparation cuve 2



GT2 : Production cuve 1



GT4 : Production cuve 2

