

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

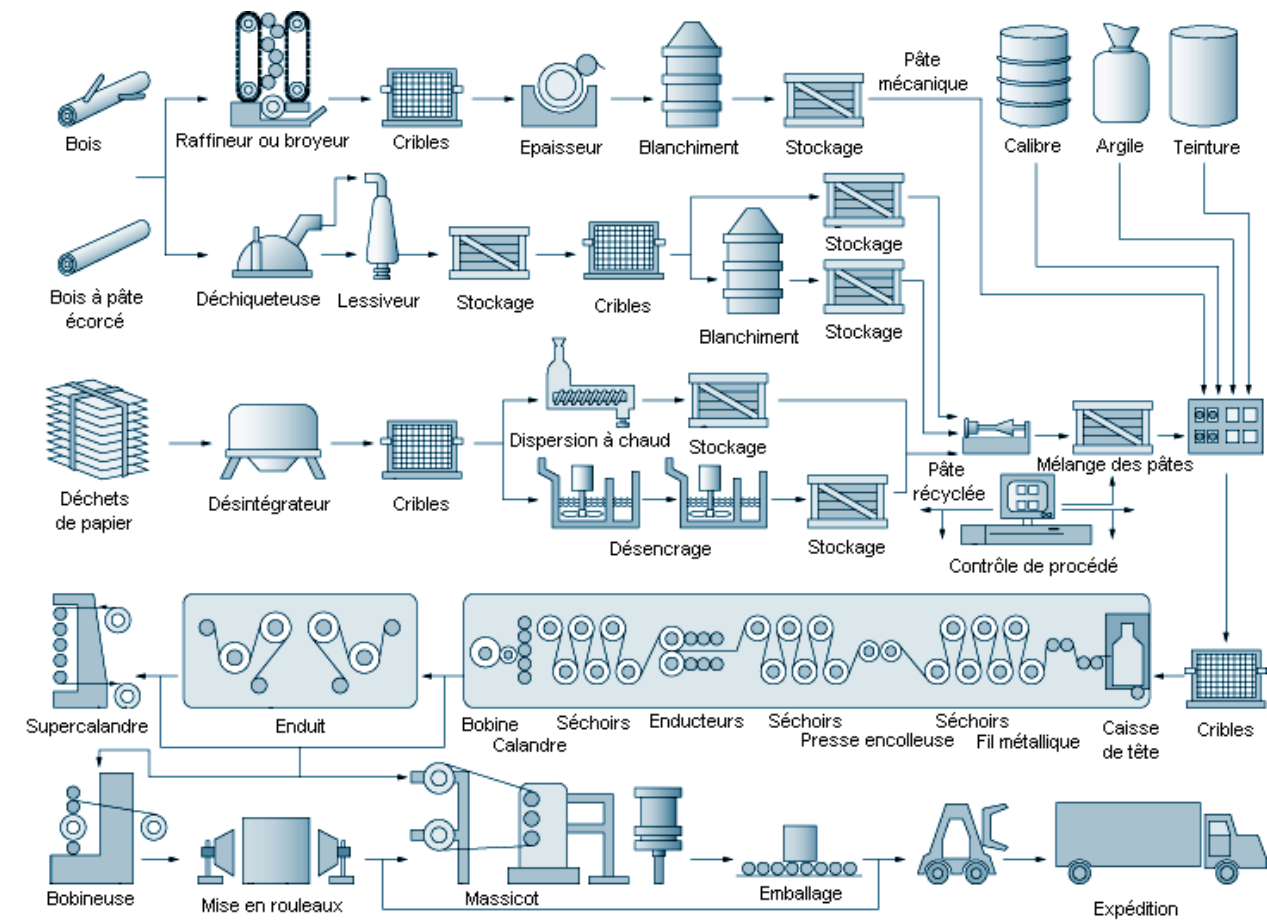
BTS CONTRÔLE INDUSTRIEL ET RÉGULATION AUTOMATIQUE		Session 2018
Analyse d'une installation d'instrumentation, contrôle et régulation	Code : CA52AII	Page 1/24

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.

BTS CONTRÔLE INDUSTRIEL ET RÉGULATION AUTOMATIQUE		Session 2018
Analyse d'une installation d'instrumentation, contrôle et régulation	Code : CA52AII	Page 2/24

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^2 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^{-1} . 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 $10 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$, Q_{eau} de $9 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ et $Q_{\text{pâte}}$ de $1 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$. La valeur de C_3 (de valeur moyenne : 10 g.L^{-1}) 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^{-1} . 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 gammas, 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^{-1} 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	Code : CA52AII	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 annexes 1, 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	Code : CA52AII	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	Code : CA52AII	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.

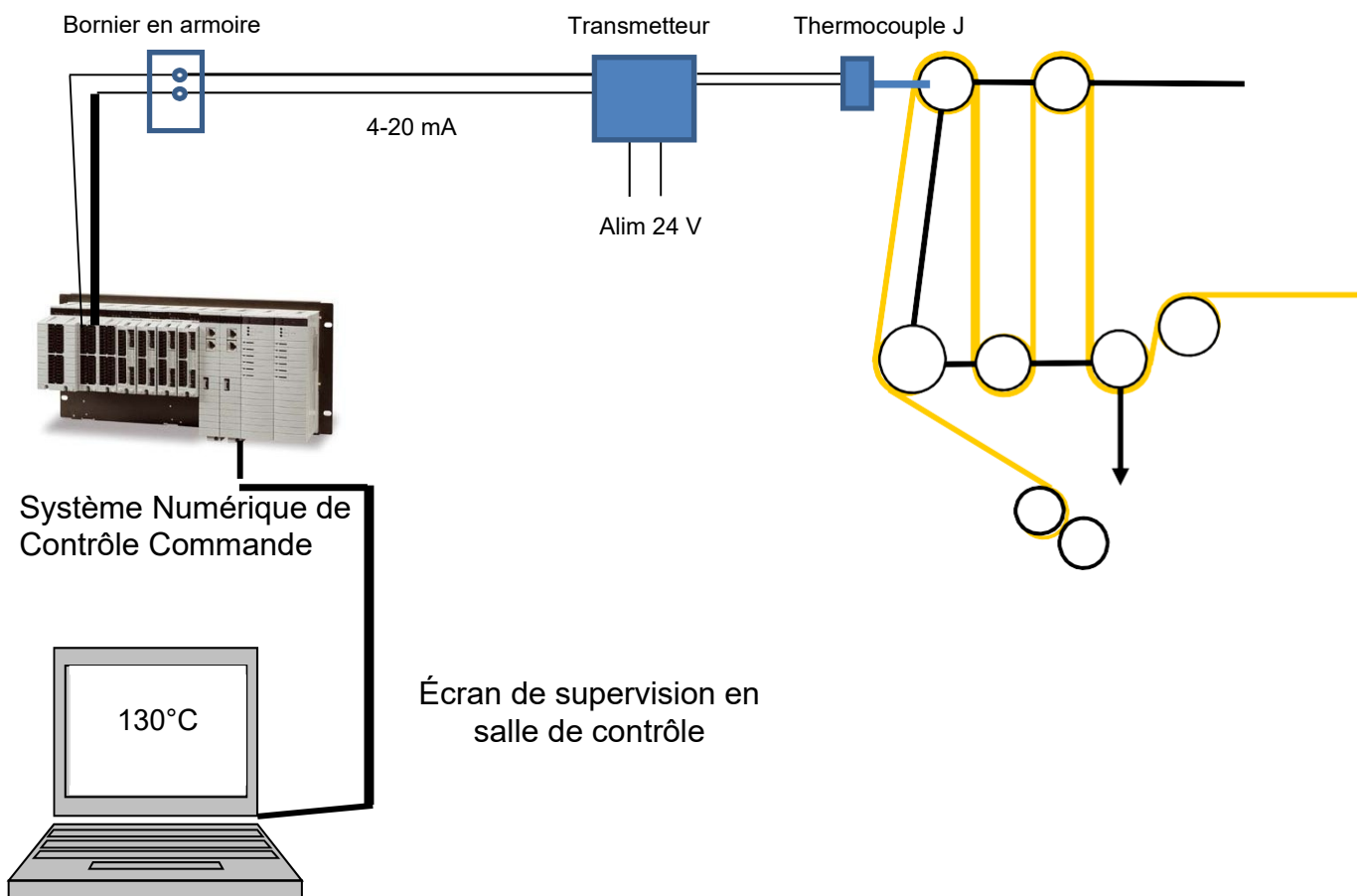
Mesure de température au niveau de la sècherie

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	Code : CA52AII Page 7/24

CA52AII

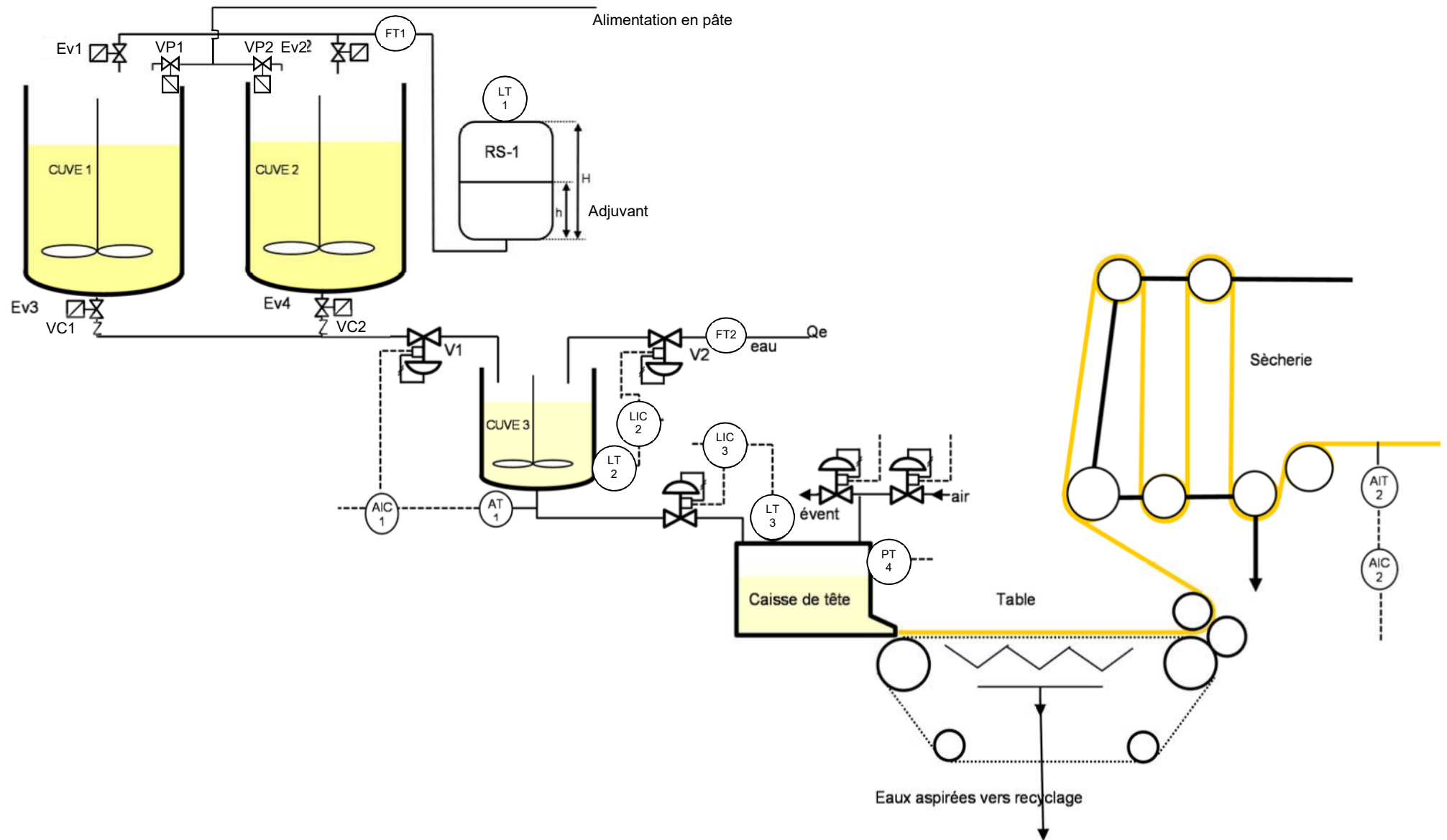
Q10- L'affichage sur l'écran de la supervision est le suivant : 130°C. Or il est impossible physiquement que la température atteigne cette valeur !

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	Code : CA52AII	Page 8/24

ANNEXE 1 SCHEMA D'INSTALLATION



BTS CONTRÔLE INDUSTRIEL ET RÉGULATION AUTOMATIQUE		Session 2018
Analyse d'une installation d'instrumentation, contrôle et régulation	Code : CA52AII	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 (0-3 bar)

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 μ 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

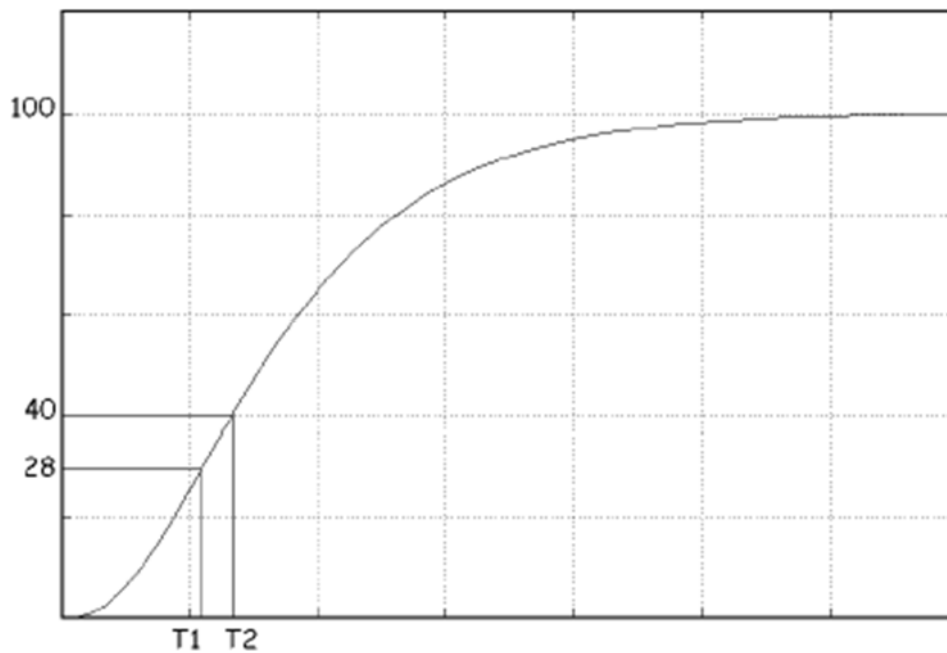
BTS CONTRÔLE INDUSTRIEL ET RÉGULATION AUTOMATIQUE		Session 2018
Analyse d'une installation d'instrumentation, contrôle et régulation	Code : CA52AII	Page 11/24

ANNEXE 4 Méthode de BROÏDA

Tableau des réglages de Broïda d'un régulateur PI parallèle

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

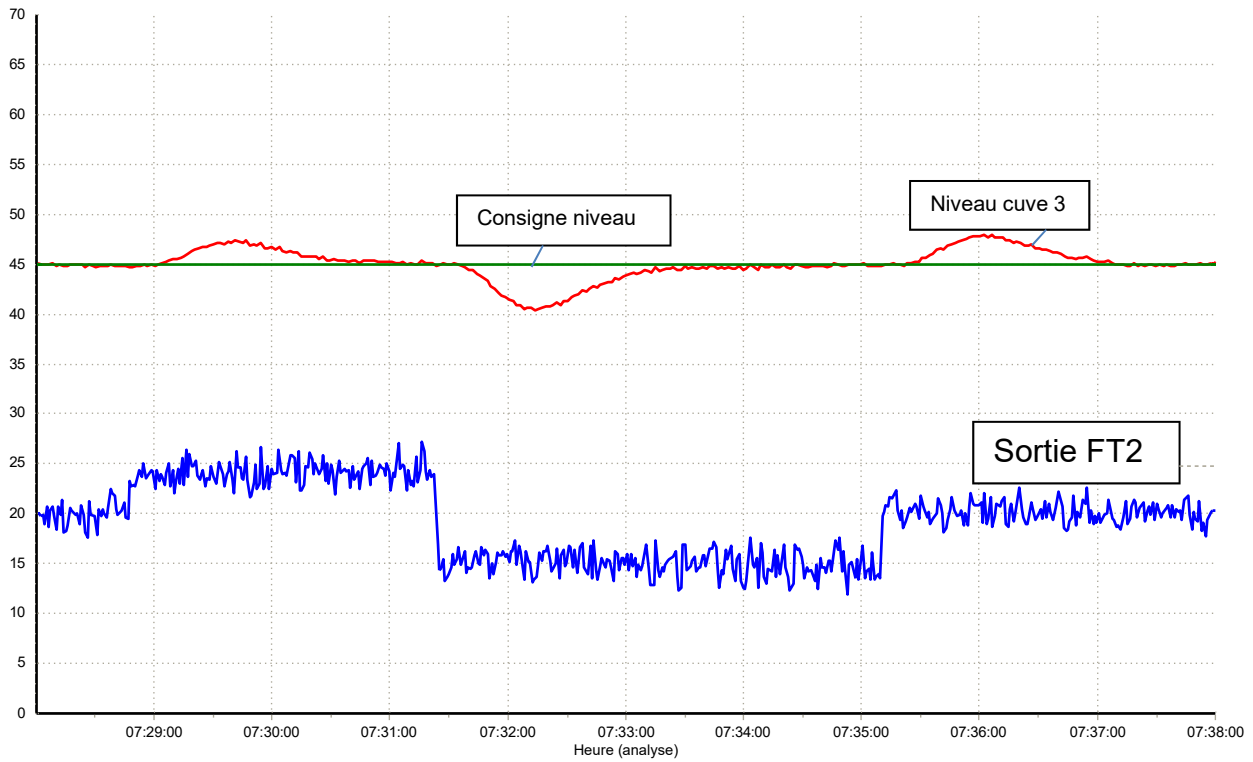
Méthode d'identification de Broïda



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

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 ³ /min	75 dm ³ /min	0,50 dm ³	1 dm ³ /min
40	1 1/2"	25...700 dm ³ /min	200 dm ³ /min	1,50 dm ³	3 dm ³ /min
50	2"	35...1100 dm ³ /min	300 dm ³ /min	2,50 dm ³	5 dm ³ /min
65	-	60...2000 dm ³ /min	500 dm ³ /min	5,00 dm ³	8 dm ³ /min
80	3"	90...3000 dm ³ /min	750 dm ³ /min	5,00 dm ³	12 dm ³ /min
100	4"	145...4700 dm ³ /min	1200 dm ³ /min	10,00 dm ³	20 dm ³ /min

Débitmètre électromagnétique Promag 10D (Montage entre brides)

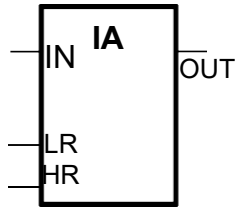
Revêtement	Alimentation ; affichage	Diamètre	Réf. article
Polyamide, KTW/W270 certifié pr le contact av. l'eau potable	85-250 V AC ; 2-ligne, boutons-poussoirs	DN25	10D25- <input type="checkbox"/> CGA1AA0A4AA+M1
		DN40	10D40- <input type="checkbox"/> CGA1AA0A4AA+M1
		DN50	10D50- <input type="checkbox"/>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

Débitmètre électromagnétique Promag 10D (Raccord fileté)

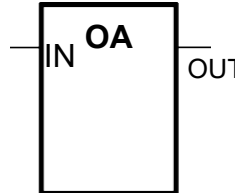
Revêtement	Alimentation ; affichage	Diamètre	Réf. article
Polyamide, KTW/W270 certifié pr le contact av. l'eau potable	85-250 V AC ; 2-ligne, boutons-poussoirs	DN25	10D25- <input type="checkbox"/> UGA1AA0A4AA
		DN40	10D40- <input type="checkbox"/> UGA1AA0A4AA
		DN50	10D50- <input type="checkbox"/> UGA1AA0A4AA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

Annexe 7

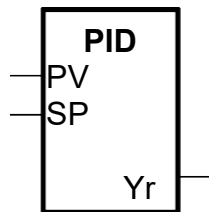
Blocs de programmation disponibles



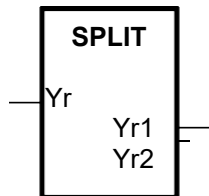
Bloc entrée analogique. Entrée 4-20 mA Sortie 0-100%
(Valeurs à paramétrer, Bas Échelle, Haut Échelle)



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

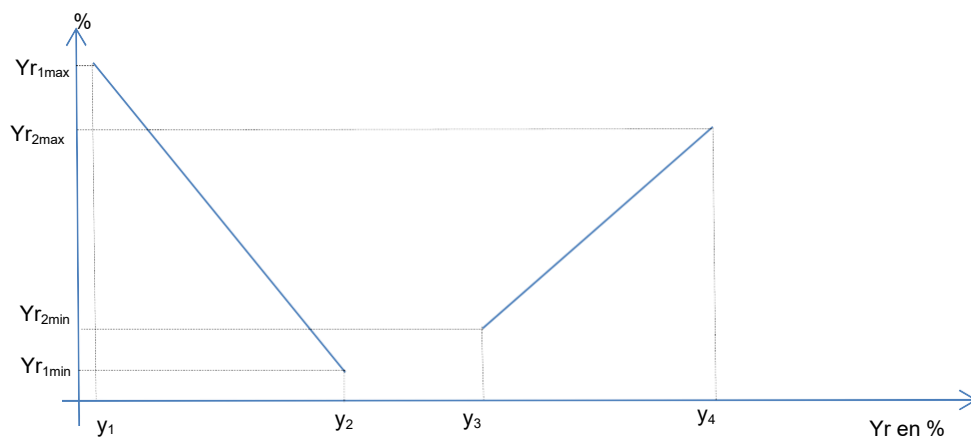


Bloc régulateur PID. Entrée mesure (PV) en % Entrée Consigne (SP) en %, Sortie (Yr) 0-100%



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)



Revised Thermocouple Reference Tables



TYPE

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
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	°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°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	500	27.393	27.449	27.505	27.561	27.617	27.673	27.729	27.785	27.841	27.897	27.953	500
-190	-7.890	-7.868	-7.846	-7.824	-7.801	-7.778	-7.755	-7.731	-7.707	-7.683	-7.659	-190	510	27.953	28.010	28.066	28.122	28.178	28.234	28.290	28.347	28.403	28.460	28.516	510
-180	-7.659	-7.634	-7.610	-7.585	-7.559	-7.534	-7.508	-7.482	-7.456	-7.429	-7.403	-180	520	28.516	28.572	28.629	28.685	28.741	28.798	28.854	28.911	28.967	29.024	29.080	520
-170	-7.403	-7.376	-7.348	-7.321	-7.293	-7.265	-7.237	-7.209	-7.181	-7.152	-7.123	-170	530	29.080	29.137	29.194	29.250	29.307	29.363	29.420	29.477	29.534	29.590	29.647	530
-160	-7.123	-7.094	-7.064	-7.035	-7.005	-6.975	-6.944	-6.914	-6.883	-6.853	-6.821	-160	540	29.647	29.704	29.761	29.818	29.874	29.931	29.988	30.045	30.102	30.159	30.216	540
-150	-6.821	-6.790	-6.759	-6.727	-6.695	-6.663	-6.631	-6.598	-6.566	-6.533	-6.500	-150	550	30.216	30.273	30.330	30.387	30.444	30.502	30.559	30.616	30.673	30.730	30.788	550
-140	-6.500	-6.467	-6.433	-6.400	-6.366	-6.332	-6.298	-6.263	-6.229	-6.194	-6.159	-140	560	30.788	30.845	30.902	30.960	31.017	31.074	31.132	31.189	31.247	31.304	31.362	560
-130	-6.159	-6.124	-6.089	-6.054	-6.018	-5.982	-5.946	-5.910	-5.874	-5.838	-5.801	-130	570	31.362	31.419	31.477	31.535	31.592	31.650	31.708	31.766	31.823	31.881	31.939	570
-120	-5.801	-5.764	-5.727	-5.690	-5.653	-5.616	-5.578	-5.541	-5.503	-5.465	-5.426	-120	580	31.939	31.997	32.055	32.113	32.171	32.229	32.287	32.345	32.403	32.461	32.519	580
-110	-5.426	-5.388	-5.350	-5.311	-5.272	-5.233	-5.194	-5.155	-5.116	-5.076	-5.037	-110	590	32.519	32.577	32.636	32.694	32.752	32.810	32.869	32.927	32.985	33.044	33.102	590
-100	-5.037	-4.997	-4.957	-4.917	-4.877	-4.836	-4.796	-4.755	-4.714	-4.674	-4.633	-100	600	33.102	33.161	33.219	33.278	33.337	33.395	33.454	33.513	33.571	33.630	33.689	600
-90	-4.633	-4.591	-4.549	-4.508	-4.467	-4.425	-4.384	-4.342	-4.300	-4.257	-4.215	-90	610	33.689	33.748	33.807	33.866	33.925	33.984	34.043	34.102	34.161	34.220	34.279	610
-80	-4.215	-4.173	-4.130	-4.089	-4.048	-4.007	-3.965	-3.923	-3.881	-3.839	-3.797	-80	620	34.279	34.338	34.397	34.457	34.516	34.575	34.635	34.694	34.754	34.813	34.873	620
-70	-3.796	-3.742	-3.698	-3.654	-3.610	-3.566	-3.522	-3.478	-3.434	-3.389	-3.344	-70	630	34.873	34.932	34.992	35.051	35.111	35.171	35.230	35.290	35.350	35.410	35.470	630
-60	-3.344	-3.300	-3.255	-3.210	-3.165	-3.120	-3.075	-3.029	-2.984	-2.938	-2.893	-60	640	35.470	35.530	35.590	35.650	35.710	35.770	35.830	35.890	35.950	36.010	36.071	640
-50	-2.893	-2.847	-2.801	-2.755	-2.709	-2.663	-2.617	-2.571	-2.524	-2.478	-2.431	-50	650	36.071	36.131	36.191	36.252	36.312	36.373	36.434	36.494	36.555	36.615	36.675	650
-40	-2.431	-2.385	-2.338	-2.291	-2.244	-2.197	-2.150	-2.103	-2.055	-2.008	-1.961	-40	660	36.675	36.736	36.797	36.858	36.919	36.979	37.040	37.101	37.162	37.223	37.284	660
-30	-1.961	-1.913	-1.865	-1.818	-1.770	-1.722	-1.674	-1.626	-1.578	-1.530	-1.482	-30	670	37.284	37.345	37.406	37.467	37.528	37.589	37.651	37.712	37.773	37.834	37.895	670
-20	-1.482	-1.433	-1.385	-1.336	-1.288	-1.239	-1.190	-1.142	-1.093	-1.044	-0.995	-20	680	37.895	37.958	38.019	38.081	38.142	38.204	38.265	38.327	38.389	38.450	38.512	680
-10	-0.995	-0.946	-0.896	-0.847	-0.798	-0.749	-0.699	-0.650	-0.600	-0.550	-0.501	-10	690	38.512	38.574	38.636	38.698	38.760	38.822	38.884	38.946	39.008	39.070	39.132	690
0	0.000	0.050	0.101	0.151	0.202	0.253	0.303	0.354	0.405	0.456	0.507	0	700	39.132	39.194	39.256	39.318	39.381	39.443	39.505	39.568	39.630	39.693	39.755	700
10	0.507	0.558	0.609	0.660	0.711	0.762	0.814	0.865	0.916	0.968	1.019	10	710	39.755	39.818	39.880	39.943	40.005	40.068	40.131	40.194	40.256	40.319	40.382	710
20	1.019	1.071	1.122	1.174	1.226	1.277	1.329	1.381	1.433	1.485	1.537	20	720	40.382	40.445	40.508	40.570	40.633	40.696	40.759	40.822	40.885	40.949	41.012	720
30	1.537	1.589	1.641	1.693	1.745	1.797	1.849	1.902	1.954	2.006	2.059	30	730	41.012	41.075	41.138	41.201	41.265	41.328	41.391	41.455	41.518	41.581	41.645	730
40	2.059	2.111	2.164	2.216	2.269	2.322	2.374	2.427	2.480	2.532	2.585	40	740	41.645	41.708	41.772	41.835	41.899	41.962	42.026	42.090	42.153	42.217	42.281	740
50	2.585	2.638	2.691	2.744	2.797	2.850	2.903	2.956	3.009	3.062	3.116	50	750	42.281	42.344	42.408	42.472	42.536	42.599	42.663	42.727	42.791	42.855	42.919	750
60	3.116	3.169	3.222	3.275	3.329	3.382	3.436	3.489	3.543	3.596	3.650	60	760	42.919	42.983	43.047	43.111	43.175	43.239	43.303	43.367	43.431	43.495	43.559	760
70	3.650	3.703	3.757	3.810	3.864	3.918	3.971	4.025	4.079	4.133	4.187	70	770	43.559	43.624	43.688	43.752	43.817	43.881	43.945	44.010	44.074	44.139	44.203	770
80	4.187	4.240	4.294	4.348	4.402	4.456	4.510	4.564	4.618	4.672	4.726	80	780	44.203	44.267	44.332	44.396	44.461	44.525	44.590	44.655	44.719	44.784	44.848	780
90	4.726	4.781	4.835	4.889	4.943	4.997	5.052	5.106	5.160	5.215	5.269	90	790	44.848	44.913	44.977	45.042	45.107	45.172	45.236	45.301	45.365	45.430	45.494	790
100	5.269	5.323	5.378	5.432	5.487	5.541	5.595	5.650	5.705	5.759	5.814	100	800	45.494	45.559	45.624	45.688	45.753	45.818	45.882	45.947	46.011	46.076	46.141	800
110	5.814	5.868	5.923	5.977	6.032	6.087	6.141	6.196	6.251	6.306	6.360	110	810	46.141	46.205	46.270	46.334	46.399	46.464	46.528	46.593	46.657	46.722	46.786	810
120	6.360	6.415	6.470	6.525	6.579	6.634	6.689	6.744	6.799	6.854	6.909	120	820	46.786	46.851	46.915	46.980	47.044	47.109	47.173	47.238	47.302	47.367	47.431	820
130	6.909	6.964	7.019	7.074	7.129	7.184	7.239	7.294	7.349	7.404	7.459	130	830	47.431	47.495	47.560	47.624	47.688	47.753	47.817	47.882	47.946	48.011	48.074	830
140	7.459	7.514	7.569	7.624	7.679	7.734	7.789	7.844	7.900	7.955	8.010	140	840	48.074	48.138	48.202	48.267	48.331	48.395	48.459	48.523	48.587	48.651	48.715	840
150	8.010	8.065	8.120	8.175	8.230	8.285	8.341	8.396	8.452	8.507	8.562	150	850	48.715	48.779	48.843	48.907	48.971	49.035	49.099	49.163	49.227	49.291	49.355	850
160	8.562	8.618	8.673	8.728	8.783	8.839	8.894	8.949	9.005	9.060	9.115	160	860	49.355	49.419	49.484	49.548	49.612	49.676	49.740	49.804	49.868	49.932	49.996	860
170	9.115	9.171	9.226	9.282	9.337	9.392	9.448	9.503	9.559	9.614	9.669	170	870	49.996	50.061	50.126	50.190	50.255	50.319	50.384	50.448	50.512	50.576	50.640	870
180	9.669	9.725	9.780	9.836	9.891	9.947	10.002																		

Revised Thermocouple Reference Tables

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



Extension Grade

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
360	-9.835	-9.833	-9.831	-9.828	-9.825	-9.821	-9.817	-9.813	-9.808	-9.802	-9.797	-260
350	-9.797	-9.790	-9.784	-9.777	-9.770	-9.762	-9.754	-9.746	-9.737	-9.728	-9.718	-250
340	-9.718	-9.709	-9.698	-9.688	-9.677	-9.666	-9.654	-9.642	-9.630	-9.617	-9.604	-240
330	-9.604	-9.591	-9.577	-9.563	-9.548	-9.534	-9.519	-9.503	-9.487	-9.471	-9.455	-230
320	-9.455	-9.438	-9.421	-9.404	-9.386	-9.368	-9.350	-9.331	-9.313	-9.293	-9.274	-220
310	-9.274	-9.254	-9.234	-9.214	-9.193	-9.172	-9.151	-9.129	-9.107	-9.085	-9.063	-210
300	-9.063	-9.040	-9.017	-8.994	-8.971	-8.947	-8.923	-8.899	-8.874	-8.850	-8.825	-200
180	-8.825	-8.799	-8.774	-8.748	-8.722	-8.696	-8.669	-8.643	-8.616	-8.588	-8.561	-190
170	-8.561	-8.533	-8.506	-8.477	-8.449	-8.420	-8.391	-8.362	-8.333	-8.303	-8.273	-180
160	-8.273	-8.243	-8.213	-8.183	-8.152	-8.121	-8.090	-8.059	-8.027	-7.995	-7.963	-170
150	-7.963	-7.931	-7.899	-7.866	-7.833	-7.800	-7.767	-7.733	-7.700	-7.666	-7.632	-160
140	-7.632	-7.597	-7.563	-7.528	-7.493	-7.458	-7.423	-7.387	-7.351	-7.315	-7.279	-150
130	-7.279	-7.243	-7.206	-7.170	-7.133	-7.096	-7.058	-7.021	-6.983	-6.945	-6.907	-140
120	-6.907	-6.869	-6.831	-6.792	-6.753	-6.714	-6.675	-6.636	-6.596	-6.556	-6.516	-130
110	-6.516	-6.476	-6.436	-6.396	-6.355	-6.314	-6.273	-6.232	-6.191	-6.149	-6.107	-120
100	-6.107	-6.065	-6.023	-5.981	-5.939	-5.896	-5.853	-5.810	-5.767	-5.724	-5.681	-110
90	-5.681	-5.637	-5.593	-5.549	-5.505	-5.461	-5.417	-5.372	-5.328	-5.282	-5.237	-100
80	-5.237	-5.192	-5.147	-5.101	-5.055	-5.009	-4.963	-4.917	-4.871	-4.824	-4.777	-90
70	-4.777	-4.731	-4.684	-4.636	-4.589	-4.542	-4.494	-4.446	-4.398	-4.350	-4.302	-80
60	-4.302	-4.254	-4.205	-4.156	-4.107	-4.058	-4.009	-3.960	-3.911	-3.861	-3.811	-70
50	-3.811	-3.761	-3.711	-3.661	-3.611	-3.561	-3.510	-3.459	-3.408	-3.357	-3.306	-60
40	-3.306	-3.255	-3.204	-3.152	-3.100	-3.048	-2.996	-2.944	-2.892	-2.840	-2.787	-50
30	-2.787	-2.735	-2.682	-2.629	-2.576	-2.523	-2.469	-2.416	-2.362	-2.309	-2.255	-40
20	-2.255	-2.201	-2.147	-2.093	-2.038	-1.984	-1.929	-1.874	-1.820	-1.765	-1.709	-30
10	-1.709	-1.654	-1.599	-1.543	-1.488	-1.432	-1.376	-1.320	-1.264	-1.208	-1.152	-20
0	-1.152	-1.095	-1.039	-0.982	-0.925	-0.868	-0.811	-0.754	-0.697	-0.639	-0.582	-10
0	-0.582	-0.524	-0.466	-0.408	-0.350	-0.292	-0.234	-0.176	-0.117	-0.059	0.000	0
0	0.000	0.059	0.118	0.176	0.235	0.294	0.354	0.413	0.472	0.532	0.591	0
10	0.591	0.651	0.711	0.770	0.830	0.890	0.950	1.010	1.071	1.131	1.192	10
20	1.192	1.252	1.313	1.373	1.434	1.495	1.556	1.617	1.678	1.740	1.801	20
30	1.801	1.862	1.924	1.986	2.047	2.109	2.171	2.233	2.295	2.357	2.420	30
40	2.420	2.482	2.545	2.607	2.670	2.733	2.795	2.858	2.921	2.984	3.048	40
50	3.048	3.111	3.174	3.238	3.301	3.365	3.429	3.492	3.556	3.620	3.685	50
60	3.685	3.749	3.813	3.877	3.942	4.006	4.071	4.136	4.200	4.265	4.330	60
70	4.330	4.395	4.460	4.526	4.591	4.656	4.722	4.788	4.853	4.919	4.985	70
80	4.985	5.051	5.117	5.183	5.249	5.315	5.382	5.448	5.514	5.581	5.648	80
90	5.648	5.714	5.781	5.848	5.915	5.982	6.049	6.117	6.184	6.251	6.319	90
100	6.319	6.386	6.454	6.522	6.590	6.658	6.725	6.794	6.862	6.930	6.998	100
110	6.998	7.066	7.135	7.203	7.272	7.341	7.409	7.478	7.547	7.616	7.685	110
120	7.685	7.754	7.823	7.892	7.962	8.031	8.101	8.170	8.240	8.309	8.379	120
130	8.379	8.449	8.519	8.589	8.659	8.729	8.799	8.869	8.940	9.010	9.081	130
140	9.081	9.151	9.222	9.292	9.363	9.434	9.505	9.576	9.647	9.718	9.789	140
150	9.789	9.860	9.931	10.003	10.074	10.145	10.217	10.288	10.360	10.432	10.503	150
160	10.503	10.575	10.647	10.719	10.791	10.863	10.935	11.007	11.080	11.152	11.224	160
170	11.224	11.297	11.369	11.442	11.514	11.587	11.660	11.733	11.805	11.878	11.951	170
180	11.951	12.024	12.097	12.170	12.243	12.317	12.390	12.463	12.537	12.610	12.684	180
190	12.684	12.757	12.831	12.904	12.978	13.052	13.126	13.200	13.273	13.347	13.421	190
200	13.421	13.495	13.569	13.644	13.718	13.792	13.866	13.941	14.015	14.090	14.164	200
210	14.164	14.239	14.313	14.388	14.463	14.537	14.612	14.687	14.762	14.837	14.912	210
220	14.912	14.987	15.062	15.137	15.212	15.287	15.362	15.438	15.513	15.588	15.664	220
230	15.664	15.739	15.815	15.890	15.966	16.041	16.117	16.193	16.269	16.344	16.420	230
240	16.420	16.496	16.572	16.648	16.724	16.800	16.876	16.952	17.028	17.104	17.181	240
250	17.181	17.257	17.333	17.409	17.485	17.562	17.639	17.715	17.792	17.868	17.945	250
260	17.945	18.021	18.098	18.175	18.252	18.328	18.405	18.482	18.559	18.636	18.713	260
270	18.713	18.790	18.867	18.944	19.021	19.098	19.175	19.252	19.330	19.407	19.484	270
280	19.484	19.561	19.639	19.716	19.794	19.871	19.948	20.026	20.103	20.181	20.259	280
290	20.259	20.336	20.414	20.492	20.569	20.647	20.725	20.803	20.880	20.958	21.036	290
300	21.036	21.114	21.192	21.270	21.348	21.426	21.504	21.582	21.660	21.739	21.817	300
310	21.817	21.895	21.973	22.051	22.130	22.208	22.286	22.365	22.443	22.522	22.600	310
320	22.600	22.678	22.757	22.835	22.914	22.993	23.071	23.150	23.228	23.307	23.386	320
330	23.386	23.464	23.543	23.622	23.701	23.780	23.858	23.937	24.016	24.095	24.174	330
340	24.174	24.253	24.332	24.411	24.490	24.569	24.648	24.727	24.806	24.885	24.964	340

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
350	24.964	25.044	25.123	25.202	25.281	25.360	25.440	25.519	25.598	25.678	25.757	350
360	25.757	25.836	25.916	25.995	26.075	26.154	26.233	26.313	26.392	26.472	26.552	360
370	26.552	26.631	26.711	26.790	26.870	26.950	27.029	27.109	27.189	27.268	27.348	370
380	27.348	27.428	27.507	27.587	27.667	27.747	27.827	27.907	27.986	28.066	28.146	380
390	28.146	28.226	28.306	28.386	28.466	28.546	28.626	28.706	28.786	28.866	28.946	390
400	28.946	29.026	29.106	29.186	29.266	29.346	29.427	29.507	29.587	29.667	29.747	400
410	29.747	29.827	29.908	29.988	30.068	30.148	30.229	30.309	30.389	30.470	30.550	410
420	30.550	30.630	30.711	30.791	30.871	30.952	31.032	31.112	31.193	31.273	31.354	420
430	31.354	31.434	31.515	31.595	31.676	31.756	31.837	31.917	31.998	32.078	32.159	430
440	32.159	32.239	32.320	32.400	32.481	32.562	32.642	32.723	32.803	32.884	32.965	440
450	32.965	33.045	33.126	33.207	33.287	33.368	33.449	33.529	33.610	33.691	33.772	450
460	33.772	33.853	33.933	34.014	34.095	34.175	34.256	34.337	34.418	34.498	34.579	460
470	34.579	34.660	34.741	34.822	34.903	34.984	35.064	35.145	35.226	35.307	35.387	470
480	35.387	35.468	35.549	35.630	35.711	35.792	35.873	35.954	36.034	36.115	36.196	480
490	36.196	36.277	36.358	36.439	36.520	36.601	36.682	36.763	36.844	36.924	37.005	490
500	37.005	37.086	37.167	37.248	37.329	37.410	37.491	37.572	37.653	37.734	37.815	500
510	37.815	37.896	37.977	38.058	38.139	38.220	38.300	38.381	38.462	38.543	38.624	510
520	38.624	38.705	38.786	38.867	38.948	39.029	39.110	39.191	39.272	39.353	39.434	520
530	39.434	39.515	39.596	39.677	39.758	39.839	39.920	40.001	40.082	40.163	40.244	530
540	40.244	40.324	40.405	40.486	40.567	40.648	40.729	40.810	40.891	40.972	41.053	540
550	41.053	41.134	41.215	41.296	41.377	41.457	41.5					

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"> • Affichage rétro-éclairé • Mesures et émissions en simultané • Fonctions rampes et échelons • Mémorisation de 50 mesures et simulations
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	Code : CA52AII Page 18/24

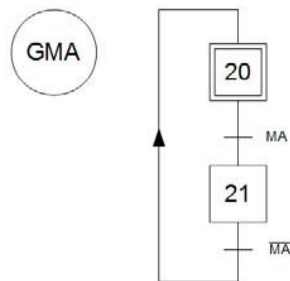
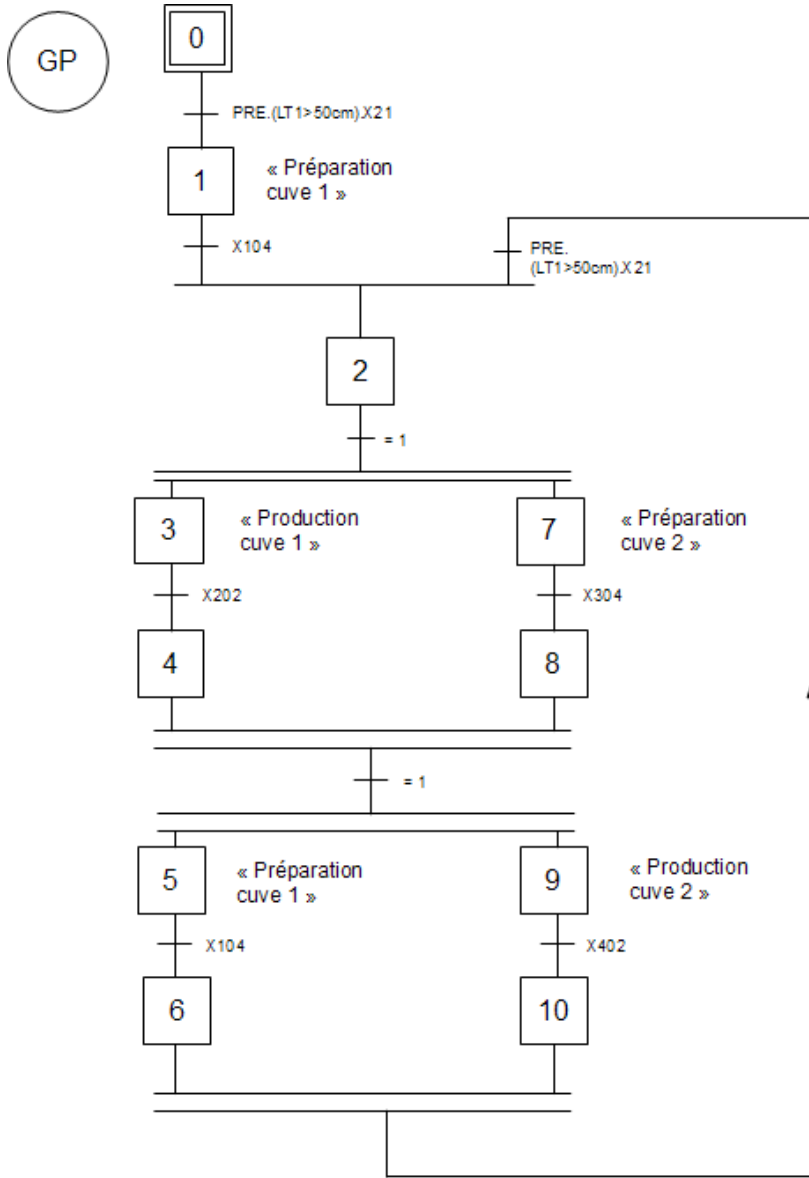
Console de communication Hart



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

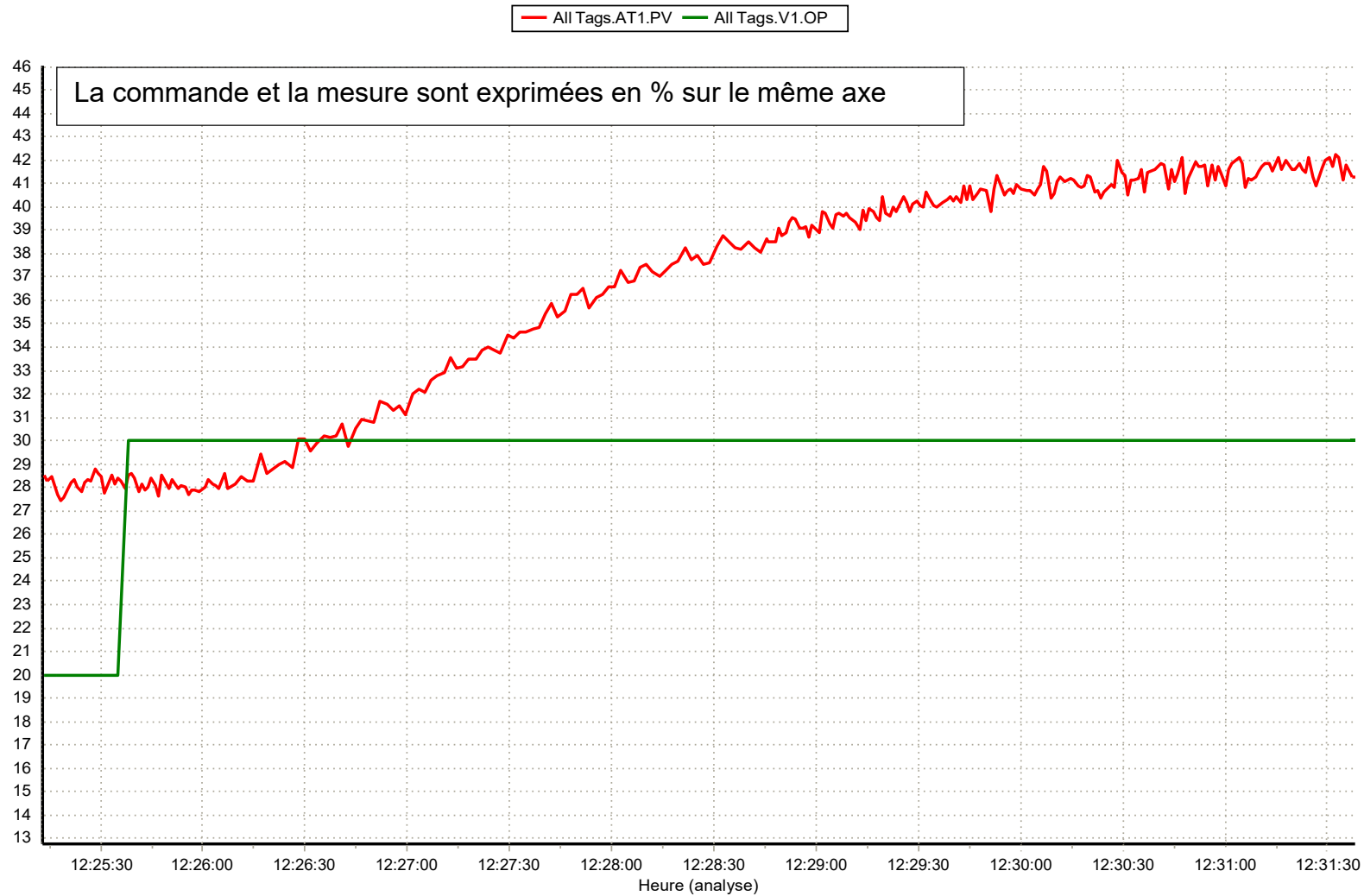


ANNEXE 10

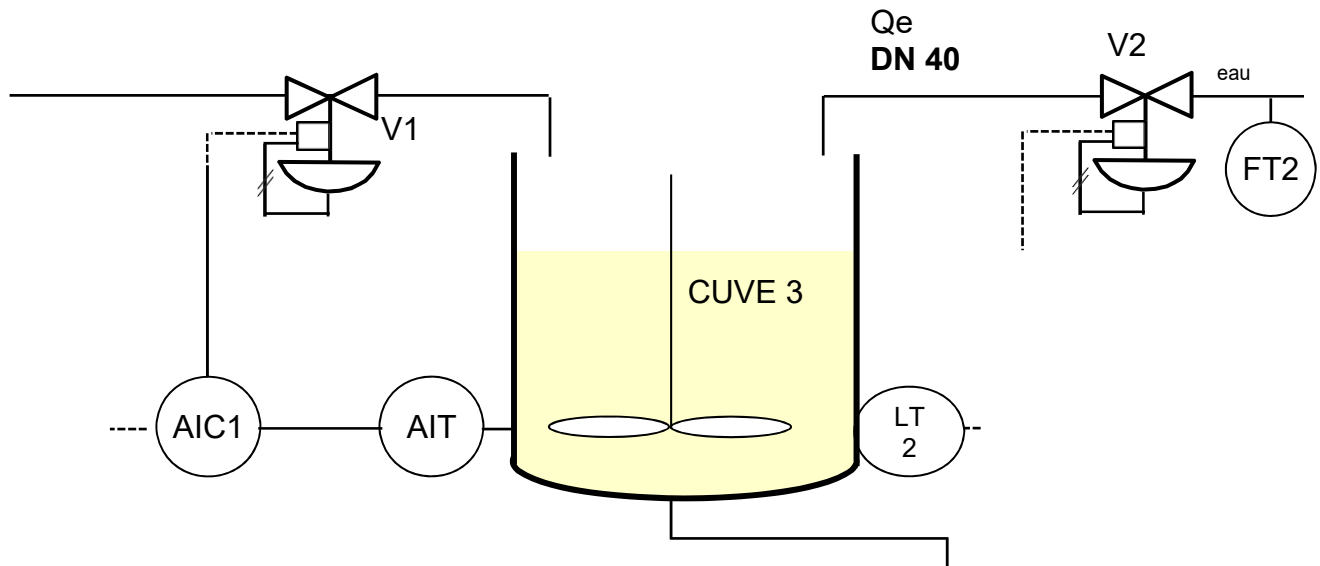


DOCUMENT RÉPONSE N°1(à rendre avec la copie)

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

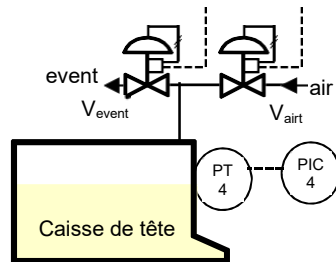


DOCUMENT RÉPONSE N°2 (à rendre avec la copie)

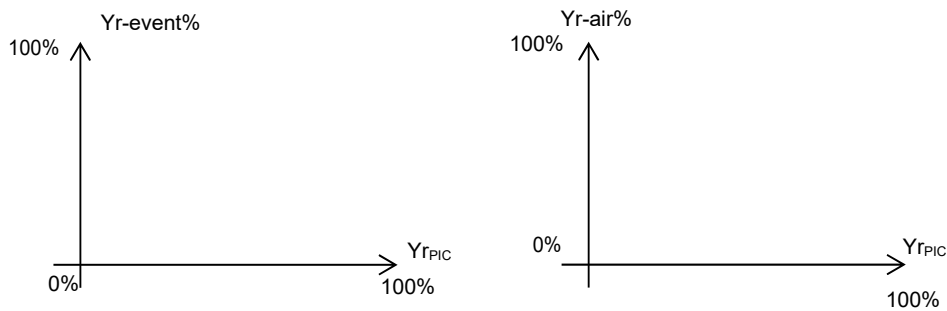


DOCUMENT RÉPONSE N°3(à rendre avec la copie)

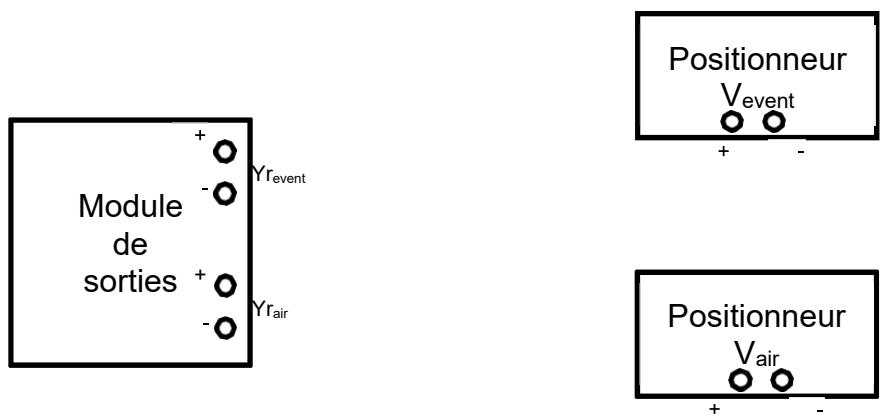
Régulation pression caisse de tête : schéma TI à compléter



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

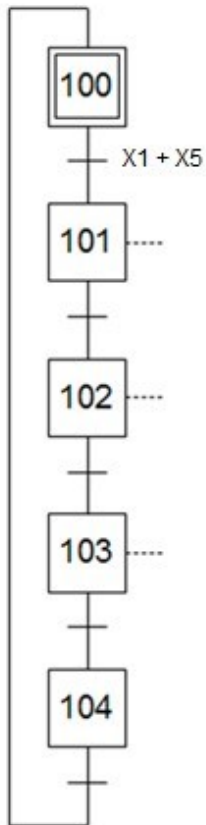


Régulation pression caisse de tête : schéma de câblage électrique

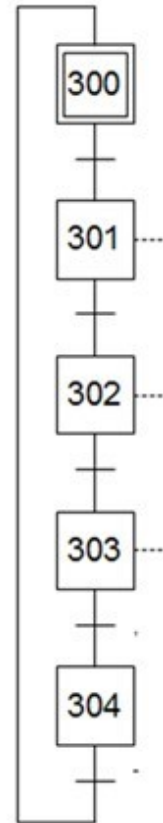


DOCUMENT RÉPONSE N°4 (à rendre avec la copie)

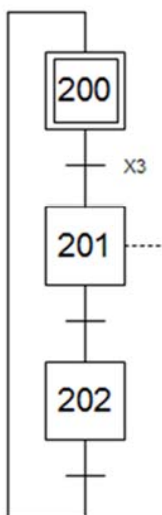
GT1 : Préparation cuve 1



GT3 : Préparation cuve 2



GT2 : Production cuve 1



GT4 : Production cuve 2

