



Ce document a été mis en ligne par l'organisme [FormaV®](#)

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :

www.formav.co/explorer

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

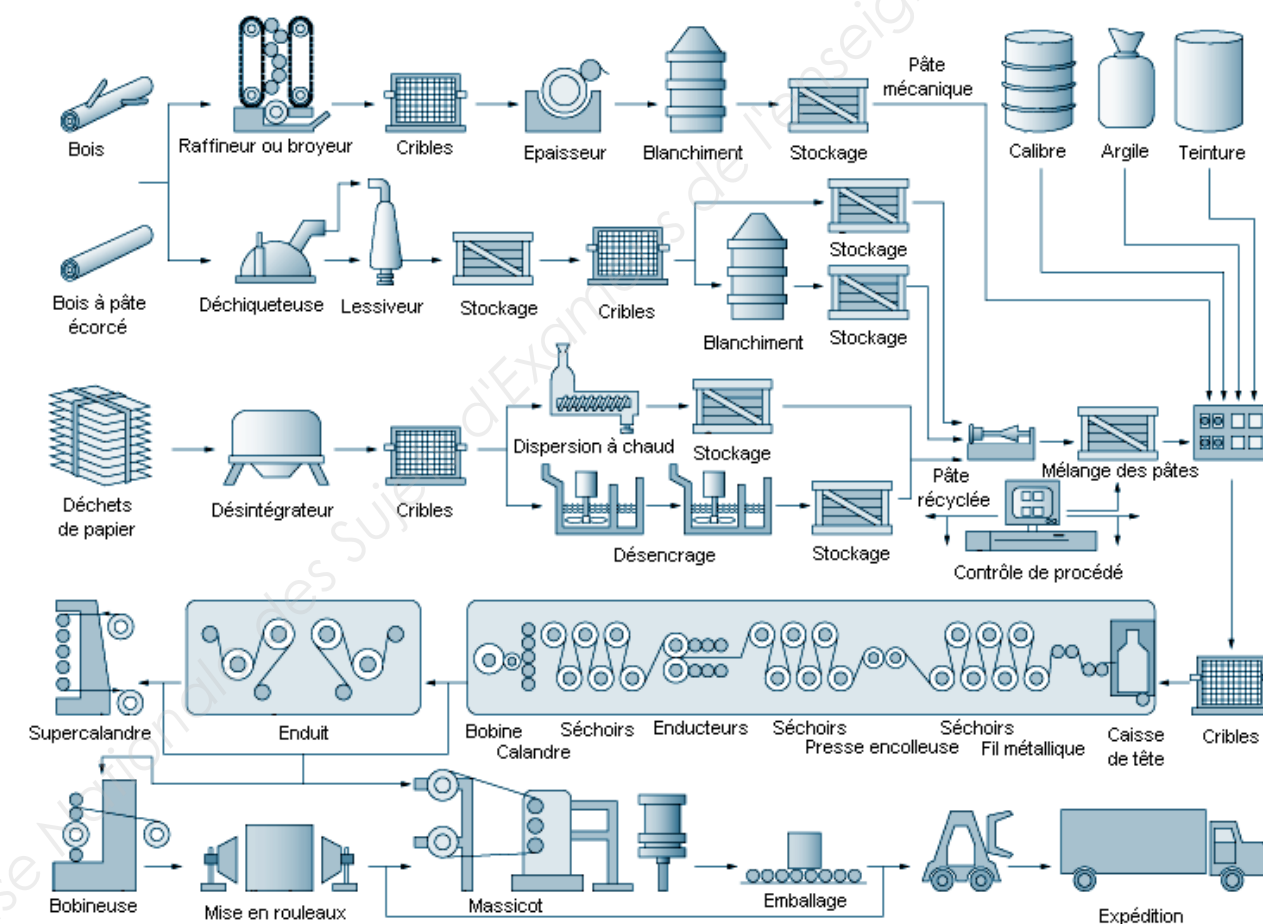
BTS CONTRÔLE INDUSTRIEL ET RÉGULATION AUTOMATIQUE		Session 2018
Analyse d'une installation d'instrumentation, contrôle et régulation	Code : CA52AII	Page 1/24

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 jusqu'à la fin du XVIII^e siècle. Les premières machines à papier en continu ont été brevetées au début du XIX^e 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.

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 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^{-1} et la longueur de la feuille est de 160 m.

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 CUVÉ-1 et CUVÉ-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.

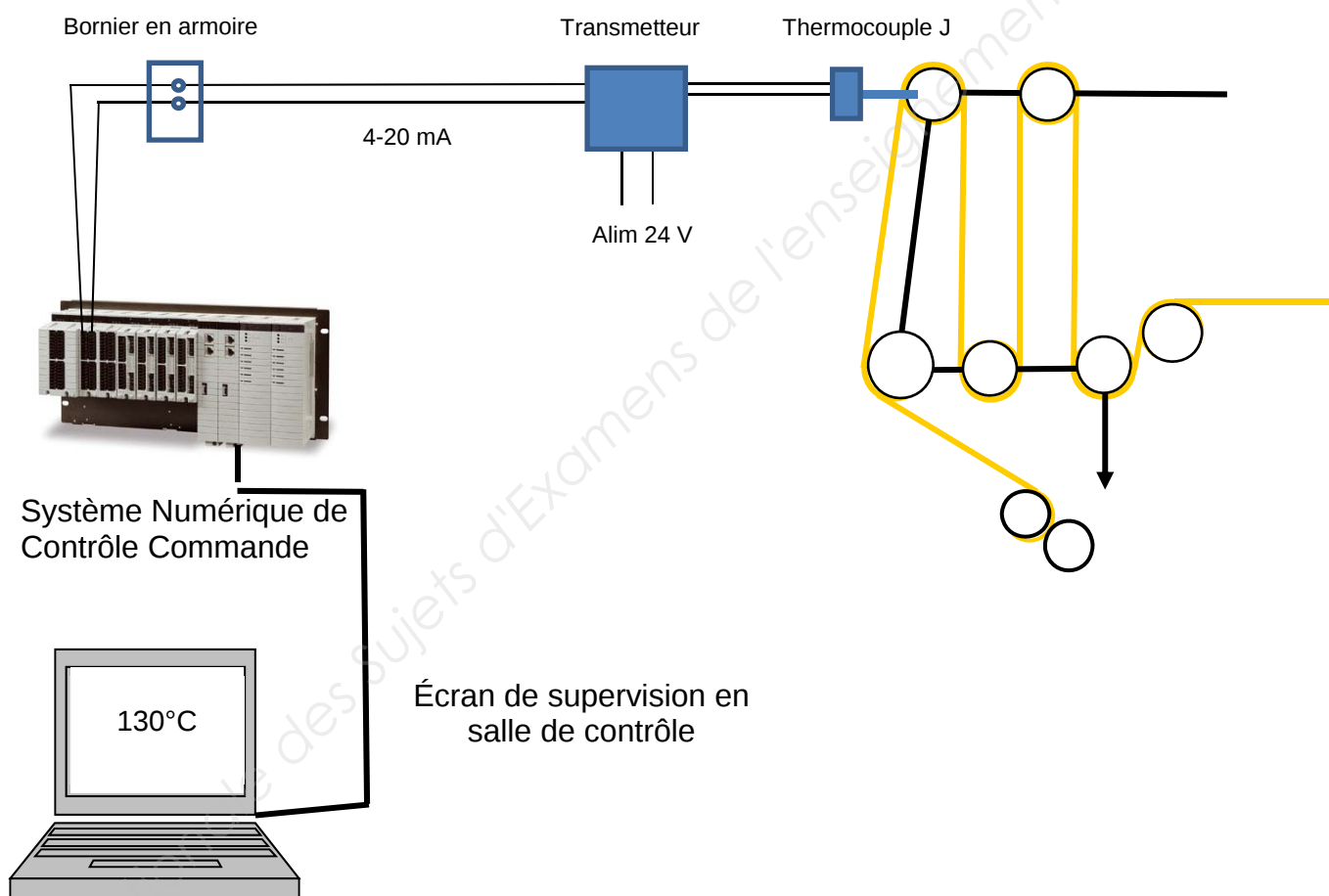
Mesure de température au niveau de la sècherie

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.

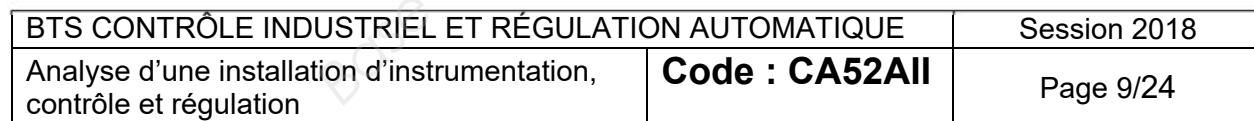
Q9- Proposer une méthode d'étalonnage du transmetteur (ainsi que les calculs éventuels).

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

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.



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

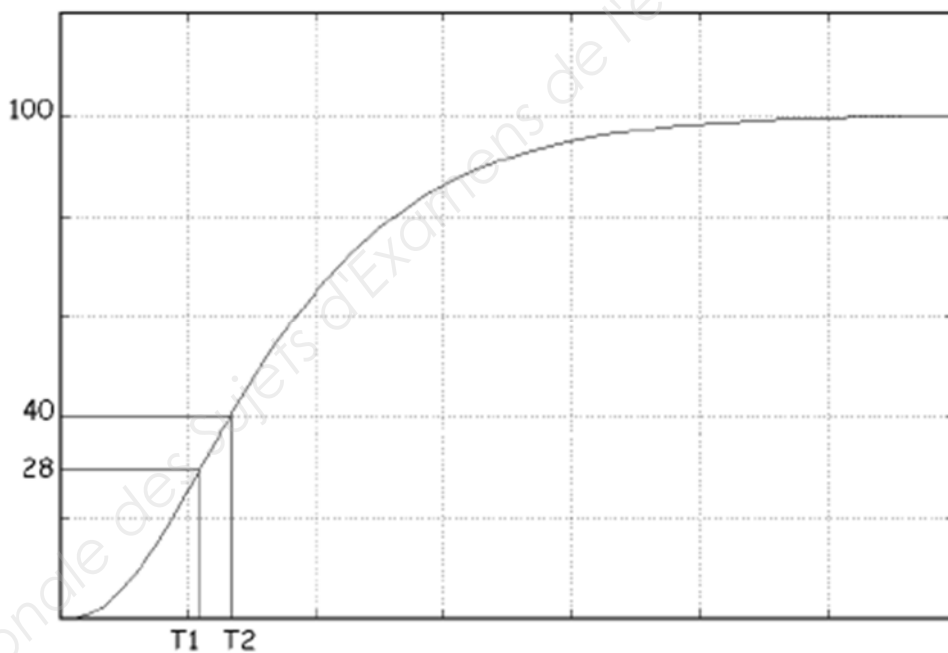
ANNEXE 4

Méthode de BROÏDA

Tableau des réglages de Broïda d'un régulateur PI parallèle

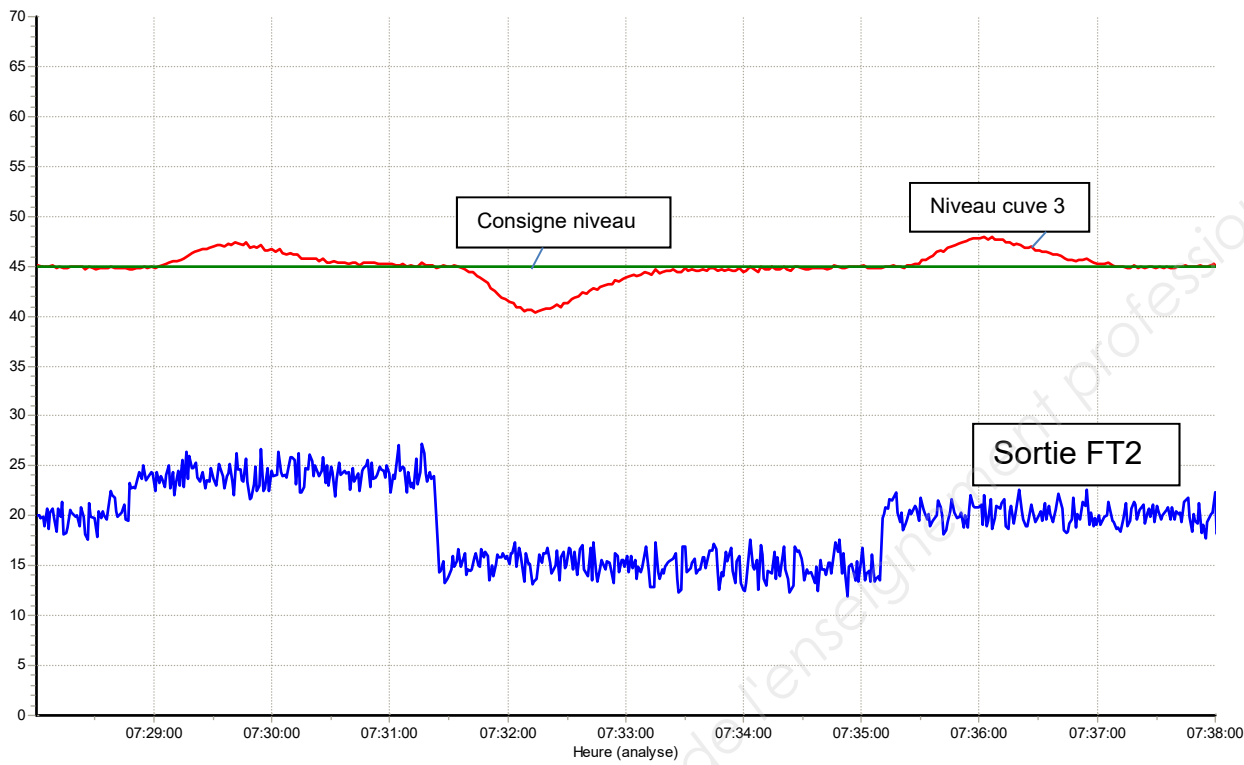
	PI //	PID//
BP en %	$\frac{125 \times K \times T}{\tau}$	$\frac{120 \times K \times T(\tau + 0.4T)}{\tau}$
Ti en s	$1.25 \times K \times \tau$	$\frac{1.3 \times K}{T}$
Td en s		$\frac{0.35 \times \tau}{K}$

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	Réglages usine		
[mm]	[inches]	Fin d'échelle min./max. (v ~ 0,3 ou 10 m/s)	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)

Réf. article

Revêtement	Alimentation ; affichage	Diamètre	
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	10D25-□CGA1AA0A5AA+M1
		DN40	10D40-□CGA1AA0A5AA+M1
		DN50	10D50-□CGA1AA0A5AA+M1
		DN65	10D65-□CGA1AA0A5AA+M1
		DN80	10D80-□CGA1AA0A5AA+M1
		DN100	10D1H-□CGA1AA0A5AA+M1

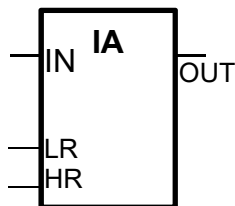
Débitmètre électromagnétique Promag 10D (Raccord fileté)

Réf. article

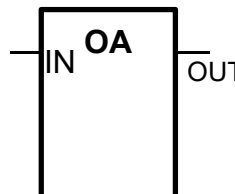
Revêtement	Alimentation ; affichage	Diamètre	
Polyamide, KTW/W270 certifié pr le contact av. l'eau potable	85-250 V AC ; 2-ligne, boutons-poussoirs	DN25	10D25-□UGA1AA0A4AA
		DN40	10D40-□UGA1AA0A4AA
		DN50	10D50-□UGA1AA0A4AA
	20-28 V AC / 11-40 V DC ; 2-ligne, boutons-poussoirs	DN25	10D25-□UGA1AA0A5AA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

Annexe 7

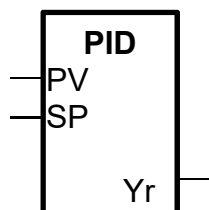
Blocs de programmation disponibles



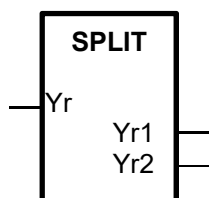
Bloc entrée analogique. Entrée 4-20 mA Sortie 0-100%
(Valeurs à paramétrer, Bas Échelle, Haut Échelle)



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

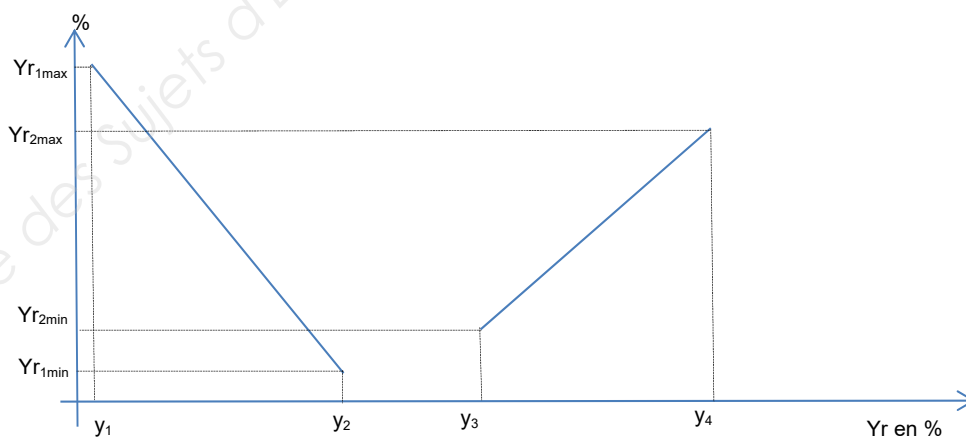


Bloc régulateur PID. Entrée mesure (PV) en % Entrée Consigne (SP) en %, Sortie (Yr) 0-100%



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

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

ANSI color code
IEC color code

°C

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	32.868	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	-4.550	-4.509	-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	-4.088	-4.045	-4.002	-3.959	-3.916	-3.872	-3.829	-3.786	-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	-3.786	-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	36.433	36.494	36.554	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	37.835	37.896	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	37.896	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	-0.501	-0.451	-0.401	-0.351	-0.301	-0.251	-0.201	-0.151	-0.101	-0.050	0.000	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	0.000	0.050	0.101	0.151	0.202	0.253	0.303	0.354	0.405	0.456	0.507	10	710	39.755	39.818	39.880	39.943	40.005	40.068	40.131	40.193	40.256	40.319	40.382	710
20	0.507	0.558	0.609	0.660	0.711	0.762	0.814	0.865	0.916	0.968	1.019	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	1.019	1.071	1.122	1.174	1.226	1.277	1.329	1.381	1.433	1.485	1.537	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	1.537	1.589	1.641	1.693	1.745	1.797	1.849	1.902	1.954	2.006	2.059	40	740	41.645	41.708	41.772	41.835	41.899	41.962	42.026	42.090	42.154	42.218	42.281	740
50	2.059	2.111	2.164	2.216	2.269	2.322	2.374	2.427	2.480	2.532	2.585	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	2.585	2.638	2.691	2.744	2.797	2.850	2.903	2.956	3.009	3.062	3.116	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	3.116	3.169	3.222	3.275	3.329	3.382	3.436	3.489	3.543	3.596	3.650	70	770	43.559	43.623	43.687	43.751	43.815	43.879	43.943	44.007	44.071	44.135	44.199	770
80	3.650	3.703	3.757	3.810	3.864	3.918	3.971	4.025	4.079	4.133	4.187	80	780	44.199	44.263	44.327	44.391	44.455	44.519	44.583	44.647	44.711	44.775	44.839	780
90	4.187	4.240	4.294	4.348	4.402	4.456	4.510	4.564	4.618	4.672	4.726	90	790	44.839	44.903	44.967	45.031	45.095	45.159	45.223	45.287	45.351	45.415	45.479	790
100	4.726	4.781	4.835	4.889	4.943	4.997	5.052	5.106	5.160	5.215	5.269	100	800	45.479	45.543	45.607	45.671	45.735	45.799	45.863	45.927	45.991	46.055	46.119	800
110	5.269	5.323	5.378	5.432	5.487	5.541	5.595	5.650	5.705	5.759	5.814	110	810	46.119	46.183	46.247	46.311	46.375	46.439	46.503	46.567	46.631	46.695	46.759	810
120	5.814	5.868	5.923	5.977	6.032	6.087	6.141	6.196	6.251	6.306	6.360	120	820	46.759	46.823	46.887	46.951	47.015	47.079	47.143	47.207	47.271	47.335	47.399	820
130	6.360	6.415	6.470	6.525	6.579	6.634	6.689	6.744	6.799	6.854	6.909	130	830	47.399	47.463	47.527	47.591	47.655	47.719	47.783	47.847	47.911	47.975	48.039	830
140	6.909	6.964	7.019	7.074	7.129	7.184	7.239	7.294	7.349	7.404	7.459	140	840	48.039	48.103	48.167	48.231	48.295	48.359	48.423	48.487	48.551	48.615	48.679	840
150	7.459	7.514	7.569	7.624	7.679	7.734	7.789	7.844	7.900	7.955	8.010	150	850	48.679	48.743	48.807	48.871	48.935	48.999	49.063	49.127	49.191	49.255	49.319	850
160	8.010	8.065	8.120	8.175	8.231	8.286	8.341	8.396	8.452	8.507	8.562	160	860	49.319	49.383	49.447	49.511	49.575	49.639	49.703	49.767	49.831	49.895	49.959	860
170	8.562	8.618	8.673	8.728	8.783	8.839	8.894	8.949	9.005	9.060	9.115	170	870	49.959	50.023	50.087	50.151	50.215	50.279	50.343	50.407	50.471	50.535	50.599	870
180	9.115	9.171	9.226	9.282	9.337	9.393	9.448	9.503	9.559	9.614	9.669	180	880	50.599	50.663	50.727	50.791	50.855	50.919	50.983	51.047	51.111	51.175	51.239	880
190	9.669	9.725	9.780	9.836	9.891	9.947	10.002	10.057	10.113	10.168	10.224	190	890	51.239	51.303	51.367	51.431	51.495	51.559	51.623	51.687	51.751	51.815	51.879	890
200	10.224	10.279	10.335	10.390	10.446	10.501	10.557	10.612	10.668	10.723	10.779	200	900	51.879	51.943	52.007	52.071	52.135	52.199	52.263	52.327	52.391	52.455	52.519	900
210	10.779	10.834	10.890	10.945	11.001	11.056	11.112	11.167	11.223	11.278	11.334	210	910	52.519	52.58										

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-NickelExtension
GradeRevised Thermocouple
Reference Tables
TYPE
Reference
Tables
N.I.S.T.
Monograph 175
Revised to
ITS-90

IEC color code

ANSI color code

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
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
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
													370	26.552	26.631	26.711	26.790	26.870	26.950	27.029
													380	27.348	27.428	27.507	27.587	27.667	27.747	27.827
													390	28.146	28.226	28.306	28.386	28.466	28.546	28.626
240	-9.718	-9.709	-9.698	-9.688	-9.677	-9.666	-9.654	-9.642	-9.630	-9.617	-9.604	-240	400	28.946	29.026	29.106	29.186	29.266	29.346	29.427
230	-9.604	-9.591	-9.577	-9.563	-9.548	-9.534	-9.519	-9.503	-9.487	-9.471	-9.455	-230	410	29.747	29.827	29.908	29.988	30.068	30.148	30.229
220	-9.455	-9.438	-9.421	-9.404	-9.386	-9.368	-9.350	-9.331	-9.313	-9.293	-9.274	-220	420	30.550	30.630	30.711	30.791	30.871	30.952	31.032
210	-9.274	-9.254	-9.234	-9.214	-9.193	-9.172	-9.151	-9.129	-9.107	-9.085	-9.063	-210	430	31.354	31.434	31.515	31.595	31.676	31.756	31.837
200	-9.063	-9.040	-9.017	-8.994	-8.971	-8.947	-8.923	-8.899	-8.874	-8.850	-8.825	-200	440	32.159	32.239	32.320	32.400	32.481	32.562	32.642
190	-8.825	-8.799	-8.774	-8.748	-8.722	-8.696	-8.669	-8.643	-8.616	-8.588	-8.561	-190	450	32.965	33.045	33.126	33.207	33.287	33.368	33.449
180	-8.561	-8.533	-8.505	-8.477	-8.449	-8.420	-8.391	-8.362	-8.333	-8.303	-8.273	-180	460	33.772	33.852	33.933	34.014	34.095	34.175	34.256
170	-8.273	-8.243	-8.213	-8.183	-8.152	-8.121	-8.090	-8.059	-8.027	-7.995	-7.963	-170	470	34.579	34.660	34.741	34.822	34.903	34.983	35.064
160	-7.963	-7.931	-7.899	-7.866	-7.833	-7.800	-7.767	-7.733	-7.700	-7.666	-7.632	-160	480	35.387	35.468	35.549	35.630	35.711	35.792	35.873
150	-7.632	-7.597	-7.563	-7.528	-7.493	-7.458	-7.423	-7.387	-7.351	-7.315	-7.279	-150	490	36.196	36.277	36.358	36.439	36.520	36.601	36.682
140	-7.279	-7.243	-7.206	-7.170	-7.133	-7.096	-7.058	-7.021	-6.983	-6.945	-6.907	-140	500	37.005	37.086	37.167	37.248	37.329	37.410	37.491
130	-6.907	-6.869	-6.831	-6.792	-6.753	-6.714	-6.675	-6.636	-6.596	-6.556	-6.516	-130	510	37.815	37.896	37.977	38.058	38.139	38.220	38.301
120	-6.516	-6.476	-6.436	-6.396	-6.355	-6.314	-6.273	-6.232	-6.191	-6.149	-6.107	-120	520	38.624	38.705	38.786	38.867	38.948	39.029	39.110
110	-6.107	-6.065	-6.023	-5.981	-5.939	-5.896	-5.853	-5.810	-5.767	-5.724	-5.681	-110	530	39.434	39.515	39.596	39.677	39.758	39.839	39.920
100	-5.681	-5.637	-5.593	-5.549	-5.505	-5.461	-5.417	-5.372	-5.327	-5.282	-5.237	-100	540	40.243	40.324	40.405	40.486	40.567	40.648	40.729
-90	-5.237	-5.192	-5.147	-5.101	-5.055	-5.009	-4.963	-4.917	-4.871	-4.824	-4.777	-90	550	41.053	41.134	41.215	41.296	41.377	41.458	41.539
-80	-4.777	-4.731	-4.684	-4.636	-4.589	-4.542	-4.494	-4.446	-4.398	-4.350	-4.302	-80	560	41.862	41.943	42.024	42.105	42.186	42.267	42.348
-70	-4.302	-4.254	-4.205	-4.156	-4.107	-4.058	-4.009	-3.960	-3.911	-3.861	-3.811	-70	570	42.671	42.752	42.833	42.914	42.995	43.076	43.157
-60	-3.811	-3.761	-3.711	-3.661	-3.611	-3.561	-3.510	-3.459	-3.408	-3.357	-3.306	-60	580	43.479	43.560	43.641	43.722	43.803	43.884	43.965
-50	-3.306	-3.255	-3.204	-3.152	-3.100	-3.048	-2.996	-2.944	-2.892	-2.840	-2.787	-50	590	44.286	44.367	44.448	44.529	44.609	44.690	44.771
-40	-2.787	-2.735	-2.682	-2.629	-2.576	-2.523	-2.469	-2.416	-2.362	-2.309	-2.255	-40	600	45.093	45.174	45.255	45.335	45.416	45.497	45.577
-30	-2.255	-2.201	-2.147	-2.093	-2.038	-1.984	-1.929	-1.874	-1.820	-1.765	-1.709	-30	610	45.900	45.980	46.061	46.141	46.222	46.302	46.383
-20	-1.709	-1.654	-1.599	-1.543	-1.488	-1.432	-1.376	-1.320	-1.264	-1.208	-1.152	-20	620	46.705	46.785	46.866	46.946	47.027	47.107	47.188
-10	-1.152	-1.096	-1.039	-0.982	-0.925	-0.868	-0.811	-0.754	-0.697	-0.639	-0.582	-10	630	47.509	47.589	47.670	47.751	47.831	47.912	47.993
0	-0.582	-0.524	-0.466	-0.408	-0.350	-0.292	-0.234	-0.176	-0.117	-0.059	0.000	0	640	48.313	48.393	48.474	48.554	48.634	48.715	48.795
10	0.000	0.059	0.118	0.176	0.235	0.294	0.354	0.413	0.472	0.532	0.591	10	650	49.116	49.196	49.276	49.356	49.436	49.517	49.597
20	0.591	0.651	0.711	0.770	0.830	0.890	0.950	1.010	1.071	1.131	1.192	20	660	49.917	49.997	50.077	50.157	50.238	50.318	50.398
30	1.192	1.252	1.313	1.373	1.434	1.495	1.556	1.617	1.678	1.740	1.801	30	670	50.718	50.798	50.878	50.958	51.038	51.118	51.197
40	1.801	1.862	1.924	1.986	2.047	2.109	2.171	2.233	2.295	2.357	2.420	40	680	51.519	51.599	51.679	51.759	51.839	51.919	51.999
	2.420	2.482	2.545	2.607	2.670	2.733	2.795	2.858	2.921	2.984	3.048		690	52.315	52.395	52.475	52.555	52.635	52.715	52.795
50	3.048	3.111	3.174	3.238	3.301	3.365	3.429	3.492	3.556	3.620	3.685	50	700	53.112	53.192	53.272	53.351	53.431	53.510	53.590
60	3.685	3.749	3.813	3.877	3.942	4.006	4.071	4.136	4.200	4.265	4.330	60	710	53.908	53.988	54.067	54.147	54.226	54.306	54.385
70	4.330	4.395	4.460	4.525	4.591	4.656	4.722	4.788	4.853	4.919	4.985	70	720	54.703	54.782	54.862	54.941	55.021	55.100	55.179
80	4.985	5.051	5.117	5.183	5.249	5.315	5.382	5.448	5.514	5.581	5.648	80	730	55.497	55.576	55.655	55.734	55.814	55.893	55.972
90	5.648	5.714	5.781	5.848	5.915	5.982	6.049	6.117	6.184	6.251	6.319	90	740	56.289	56.368	56.447	56.526	56.605	56.685	56.764
100	6.319	6.386	6.454	6.522	6.590	6.658	6.725	6.794	6.862	6.930	6.998	100	750	57.080	57.159	57.238	57.317	57.396	57.475	57.554
110	6.998	7.066	7.135	7.203	7.272	7.341	7.409	7.478	7.547	7.616	7.685	110	760	57.870	57.949	58.028	58.107	58.186	58.265	58.344
120	7.685	7.754	7.823	7.892	7.962	8.031	8.101	8.170	8.240	8.309	8.379	120	770	58.659	58.738	58.816	58.895	58.974	59.053	59.132
130	8.379	8.449	8.519	8.589	8.659	8.729	8.799	8.869	8.940	9.010	9.081	130	780	59.446	59.525	59.604	59.682	59.761	59.839	59.918
140	9.081	9.151	9.222	9.292	9.363	9.434	9.505	9.576	9.647	9.718	9.789	140	790	60.232	60.311	60.390	60.468	60.547	60.626	60.704
150	9.789	9.860	9.931	10.003	10.074	10.145	10.217	10.288	10.360	10.432	10.503	150	800	61.017	61.096	61.174	61.253	61.331	61.409	61.488
160	10.503	10.575	10.647	10.719	10.791	10.863	10.935	11.007	11.080	11.152	11.224	160	810	61.801	61.879	61.958	62.036	62.114	62.192	62.271
170	11.224	11.297	11.369	11.441	11.514	11.587	11.660	11.733	11.805	11.878	11.951	170	820	62.583	62.662	62.740	62.818	62.896	62.974	63.052
180	11.951	12.024	12.097	12.170	12.243	12.317	12.390	12.463	12.537	12.610	12.684	180	830	63.364	63.442	63.520	63.598	63.676	63.754	63.832
190	12.684	12.757	12.831	12.904	12.978	13.052	13.126	13.199	13.273	13.347	13.421	190	840	64.144	64.222	64.300	64.377	64.455	64.533	64.611
200	13.421	13.495	13.569	13.644	13.718	13.792	13.866	13.941	14.015	14.090	14.164	200	850	64.922	65.000	65.077	65.155	65.233	65.311	65.388
210	14.164	14.239	14.313	14.388	14.463	14.537	14.612	14.687	14.762											

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	• 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

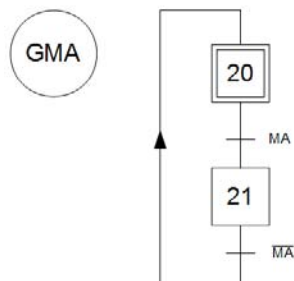
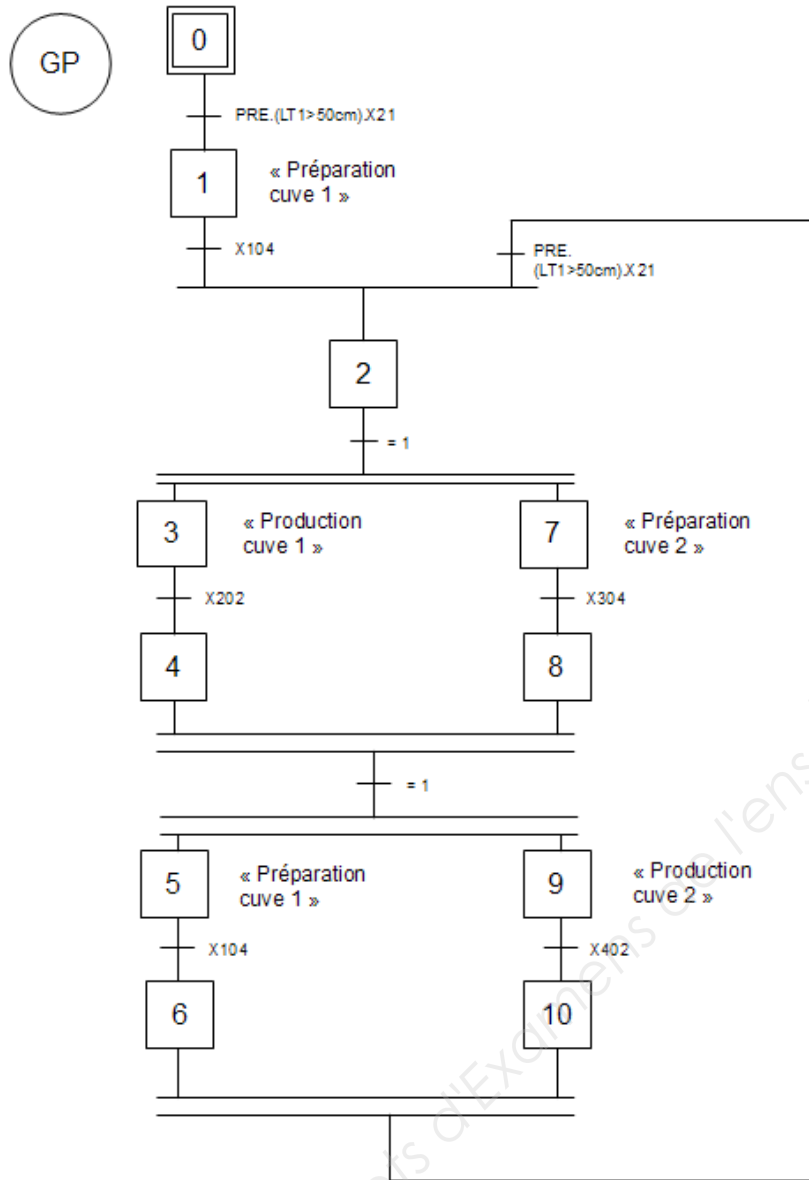
Console de communication Hart



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

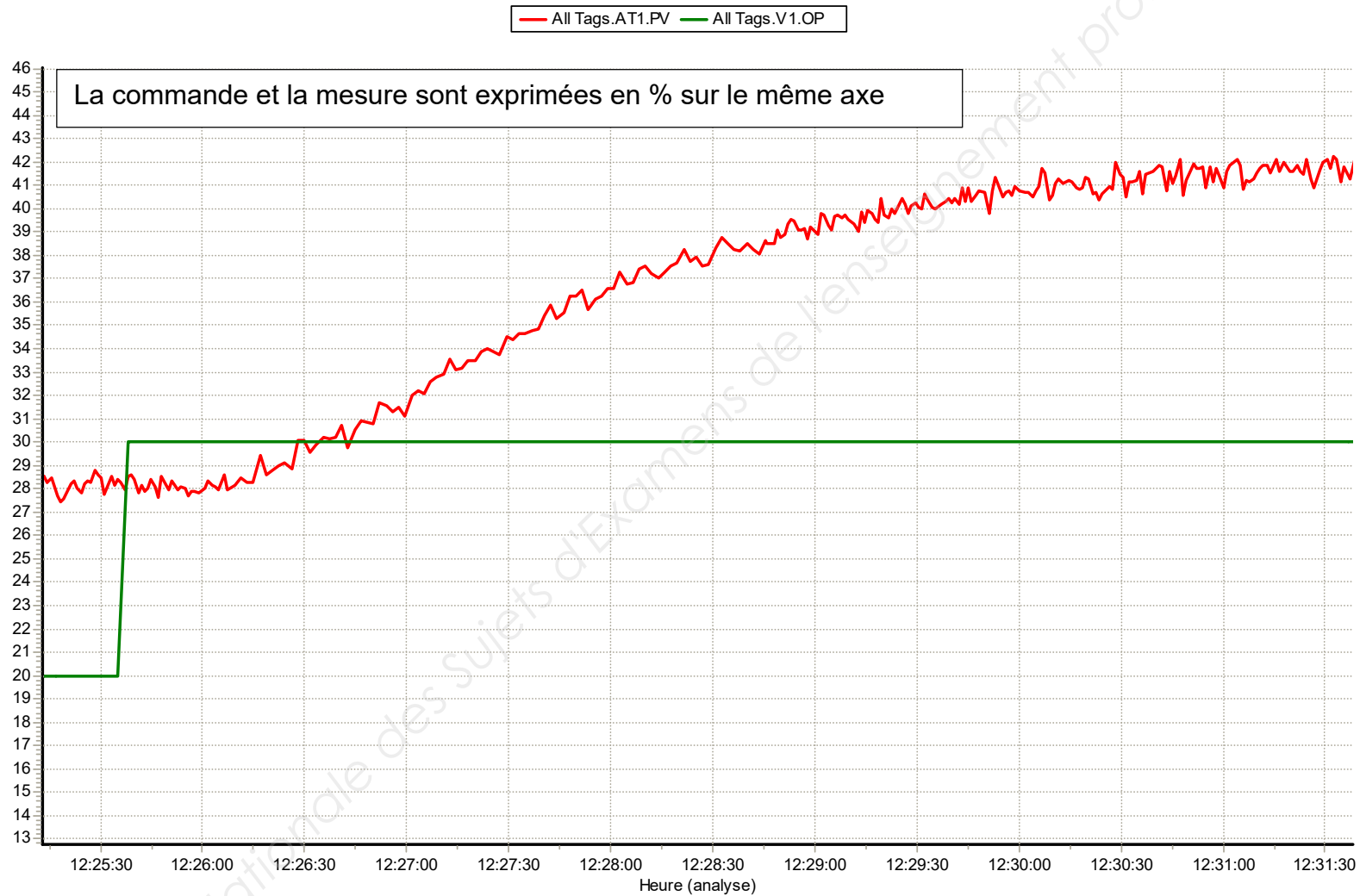


ANNEXE 10

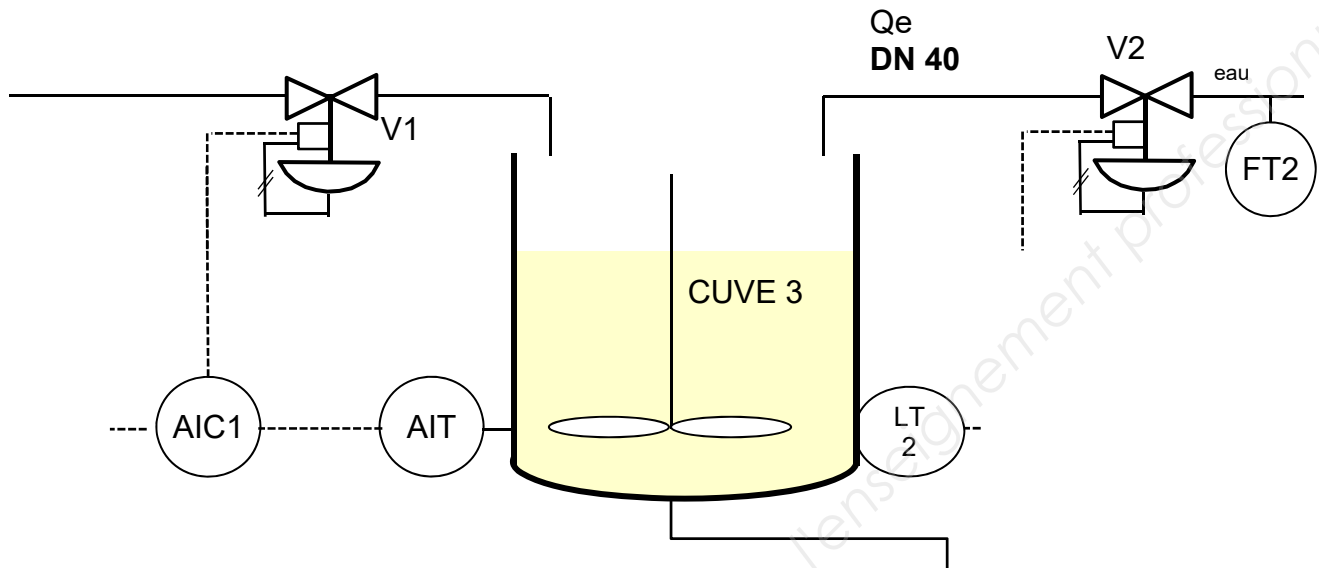


DOCUMENT RÉPONSE N°1(à rendre avec la copie)

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

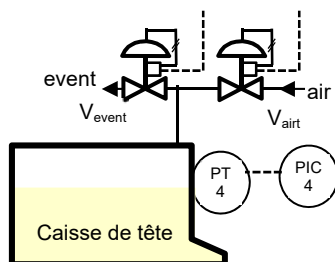


DOCUMENT RÉPONSE N°2 (à rendre avec la copie)

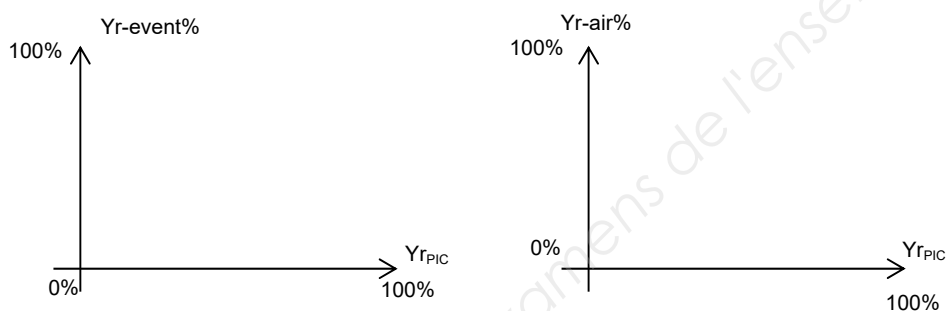


DOCUMENT RÉPONSE N°3(à rendre avec la copie)

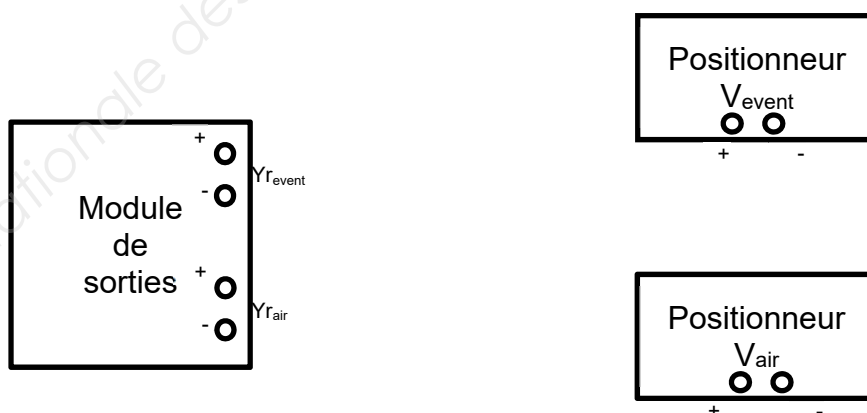
Régulation pression caisse de tête : schéma TI à compléter



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

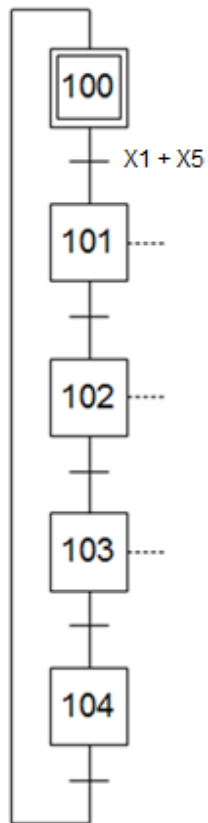


Régulation pression caisse de tête : schéma de câblage électrique

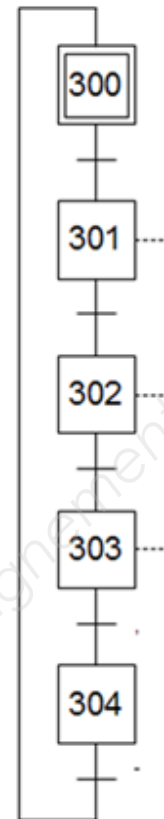


DOCUMENT RÉPONSE N°4 (à rendre avec la copie)

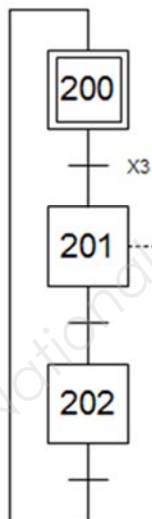
GT1 : Préparation cuve 1



GT3 : Préparation cuve 2



GT2 : Production cuve 1



GT4 : Production cuve 2

