 <b>PIGNAT S.A.</b>	
6 rue Calmette BP071 69 741 GENAS cedex France	Date de création : 18/08/17
Tél. : 33 478 905 003 Fax : 33 478 906 388 E-mail : pignat@pignat.com	Document N° : MP_CEB1000FR_A.doc

# BANC DE RÉGULATION MULTI-BOUCLES

## CEB/1000

# MANUEL PEDAGOGIQUE

NOTICE ORIGINALE

A	Création	FD	LB	UTILE
<b>Indice Version</b>	<b>Action</b>	<b>Rédaction</b>	<b>Vérification</b>	<b>État</b>

PIGNAT S.A.S. - 6 Rue Calmette - BP 11 - 69741 GENAS - France			
<b>Document N°</b>		MP_CEB1000FR_A.doc	
<b>Liste des modifications</b>			
<b>Indice Version</b>	<b>Date</b>	<b>Page</b>	<b>Modifications et motifs</b>
A	18/08/17		Création

## SOMMAIRE

<b>1. CERTIFICATIONS .....</b>	<b>8</b>
1.1. MARQUAGE DE L'UNITÉ.....	9
1.2. CERTIFICAT ATEX.....	9
1.3. DIRECTIVE DES EQUIPEMENTS SOUS PRESSION.....	9
<b>2. PRESENTATION DE L'UNITE .....</b>	<b>10</b>
2.1. DESCRIPTION DE L'UNITÉ.....	11
2.2. DOMAINE D'APPLICATION DE L'UNITÉ.....	14
2.3. SCHÉMA DE PRINCIPE.....	16
2.4. NOMENCLATURE.....	18
2.5. COFFRET DE COMMANDE.....	21
2.6. UTILITÉS NÉCESSAIRES .....	23
<b>3. INFORMATIONS SECURITE .....</b>	<b>24</b>
3.1. RESPONSABILITÉS .....	26
3.2. LES RISQUES MIS EN JEU .....	27
3.3. SÉCURITÉ DE L'INSTALLATION .....	31
3.4. RISQUE(S) RÉSIDUEL(S) .....	31
<b>4. MONTAGE, INSTALLATION ET MISE EN SERVICE.....</b>	<b>32</b>
4.1. TRANSPORT / LIVRAISON .....	33
4.2. CONSIGNES D'INSTALLATION.....	33
4.3. RACCORDEMENT AUX UTILITÉS .....	35
<b>5. NOTICE D'UTILISATION DU PILOTE.....</b>	<b>38</b>
5.1. VÉRIFICATION DU PILOTE .....	39
5.2. DÉMARRAGE DE L'UNITÉ .....	40
5.3. CONFIGURATION DES CAPTEURS .....	43
5.4. CONFIGURATION DES ACTIONNEURS.....	52
5.5. CONFIGURATION ET UTILISATION DES RÉGULATEURS.....	54
5.6. UTILISATION D'UN GÉNÉRATEUR 4-20 MA .....	57
5.7. PROCÉDURE D'UTILISATION DE L'UNITÉ .....	58
5.8. FICHES DE TRAVAIL DES MANIPULATIONS .....	66
5.9. ARRÊT DE L'UNITÉ.....	86
5.10. VIDANGE DE L'UNITÉ .....	87
5.11. NETTOYAGE DE L'UNITÉ.....	88
5.12. CAHIER DE MANIPULATION .....	89
5.13. STOCKAGE DE L'UNITÉ .....	89
<b>6. ENTRETIEN ET MAINTENANCE.....</b>	<b>90</b>
6.1. GARANTIE .....	91
6.2. LISTE DES PIÈCES DÉTACHÉES .....	91
6.3. DOSSIER TECHNIQUE CONSTRUCTEUR.....	92
6.4. CAHIER DE MAINTENANCE.....	92
6.5. OPÉRATIONS DE MAINTENANCE.....	92
<b>7. EXEMPLES DE MANIPULATIONS.....</b>	<b>96</b>

7.1.	CARACTÉRISATION DES ACTIONNEURS.....	97
7.2.	EXEMPLE : ÉTUDE D'UNE BOUCLE DE RÉGULATION EN BOUCLE FERMÉE (MÉTHODE ZIEGLER ET NICHOLS).....	102
7.3.	EXEMPLES DE PARAMÈTRES PID.....	107
7.4.	ÉTUDE DE LA POMPE CENTRIFUGE (OPTIONS O2, O3, O6) .....	111
7.5.	ÉTUDE DE L'ÉCHANGEUR THERMIQUE E1 (OPTION O4).....	113
<b>8.</b>	<b>ANNEXES.....</b>	<b>115</b>
8.1.	TABLEAU DE RELEVÉS POUR ÉTUDE DE LA VANNE DE RÉGULATION VR1 .....	116
8.2.	TABLEAU DE RELEVÉS POUR ÉTUDE DU VARIATEUR SY1 .....	116
8.3.	TABLEAU DE RELEVÉS POUR ÉTUDE DE LA VANNE DE RÉGULATION VR2.....	117
8.4.	TABLEAU DE RELEVÉS POUR ÉTUDE DE POMPE P1 .....	117
8.5.	TABLEAU DE RELEVÉ POUR ÉTUDE ÉCHANGEUR THERMIQUE E1 .....	118

## INTRODUCTION

Cette notice d'instructions est un document destiné aux personnes intervenant sur cet équipement. Il est donc important que toutes les personnes intervenant sur cette unité respectent au minimum toutes les prescriptions proposées dans ce document.

Ce document présente :

- Le descriptif détaillé de l'unité avec repérage des équipements et description des fonctionnalités
- Les risques mis en jeu
- Le mode opératoire
- La maintenance

Un dossier technique complet (fourni avec l'unité) regroupe les documentations techniques des différents composants afin de permettre aux utilisateurs de connaître les conditions de maintenance établies par les constructeurs.

L'équipement est muni d'un marquage spécifique selon les normes suivies pour sa conception, sa construction et sa validation.

Ce marquage comporte des informations relatives et essentielles au bon fonctionnement de l'équipement. Par conséquent, l'exploitant doit les respecter scrupuleusement.

Si ces opérations ne sont pas réalisés par du personnel PIGNAT, l'installation et la mise en service de l'équipement ne se feront qu'après avoir pris connaissance et compris la présente notice.

L'exploitant devra s'assurer du respect des conditions d'installation et réaliser les déclarations de mise en service auprès des autorités compétentes si requises.

Avant chaque intervention l'exploitant s'assurera que les intervenants ont bien pris connaissance et compris la notice d'instruction qui sera complétée par une notice utilisateur. Celle-ci sera rédigée par le responsable de l'unité en tenant compte des procédures et directives propres à l'entreprise utilisatrice et relatives au métier et à la formation des utilisateurs.

En aucun cas la société PIGNAT SA ne pourra être tenue responsable de tout dommage résultant d'une mauvaise utilisation du matériel, du non respect des prescriptions, de négligence, de défaut de surveillance ou d'entretien ou de problèmes provenant du fait de personnes autres que PIGNAT.

## OBJECTIFS PEDAGOGIQUES

Le banc de régulation multi-boucles a pour objectifs pédagogiques de familiariser l'utilisateur à l'utilisation de capteurs, d'actionneurs et de régulateurs de technologie industrielle, ainsi que l'étude et la mise au point de différentes boucles de régulation.

Il permet également l'étude d'un échange thermique (en option).

Le banc permet l'étude de plusieurs boucles de régulation : des régulations simples ainsi que des régulations cascades.

Etude du matériel :

- Capteurs de température type Pt100Ω couplés avec convertisseurs de signal
- Transmetteur de pression différentielle
- Débitmètre électromagnétique
- Pompe centrifuge
- Résistance de chauffe et gradateur de puissance
- Vanne de régulation pneumatique, avec positionneur, Cv réglable et convertisseur de signal
- Echangeur thermique de type spiralé
- Débitmètre à flotteur
- Détecteur de niveau
- Thermostat de sécurité

Exemple d'étude et de mise au point des boucles de régulation suivantes :

Boucles simples

- Régulation de débit par action sur une vanne
- Régulation de niveau par action sur une vanne
- Régulation de température d'une cuve par action sur la résistance de chauffe
- Régulation de température de sortie d'un échangeur en boucle directe par action sur la résistance de chauffe

Boucles cascades

- Régulation niveau / débit par action sur une vanne
- Régulation de température de sortie d'un échangeur en boucle cascade

Des options permettent d'équiper l'unité avec du matériel supplémentaire :

- Variateur de fréquence associé à la pompe
- Transmetteurs de pression relative en amont et en aval de la pompe centrifuge
- Vanne de régulation à action proportionnelle
- Transmetteur de débit à ailettes
- Thermomètres digitaux

Et donc d'étudier des boucles supplémentaires de régulation :

Boucles simples

- Régulation de débit par action sur une pompe (variateur de vitesse)
- Régulation de débit par action sur une vanne à action proportionnelle
- Régulation de niveau par action sur une pompe (variateur de vitesse)
- Régulation de pression de refoulement par action sur une pompe (variateur de vitesse)

Boucles cascades

- Régulation niveau / débit par action sur une pompe (variateur de vitesse)

Une option permet d'équiper l'échangeur thermique de mesure de température sur chaque entrée / sortie de fluide et ainsi de réaliser l'étude de l'échange thermique.

La mise en place de mesures de pression en amont et en aval de la pompe associées à la mesure de débit permet l'étude de la pompe centrifuge à vitesse fixe et à vitesse variable si le variateur est présent.

Ce banc permet de mettre en évidence :

- l'importance de la connaissance du matériel, de ses caractéristiques et de ses réglages
- l'importance de la connaissance du gain statique de chacune des boucles étudiées
- l'importance de la connaissance du point de fonctionnement
- les actions des paramètres PID
- la réaction du système à un élément perturbateur
- l'intérêt d'une boucle cascade
- ...

Les matériels installés sont des composants industriels permettant une étude technologique à l'aide des documentations fournies dans le dossier technique.

Les pages suivantes décrivent le banc, sa mise en place, son mode de fonctionnement et quelques exemples de manipulations possibles (ces études pédagogiques sont données comme exemple et doivent être complétées par le formateur en fonction du niveau des utilisateurs).

# **BANC DE RÉGULATION MULTI-BOUCLES**

**CEB/1000**

## **MANUEL PEDAGOGIQUE**



NOTICE ORIGINALE

### **1. *CERTIFICATIONS***



## 1.1. MARQUAGE DE L'UNITÉ

**Marquage de l'unité :**

 <b>PIGNAT</b> FABRIQUE EN FRANCE 6 RUE CALMETTE BP11 69740 GENAS-FRANCE Tél. (33) 478.905.003 Site WEB : www.pignat.com Fax. (33) 478.906.388 E mail: pignat@pignat.com		
APPAREIL	REGULATION MULTI BOUCLES	
MODELE	CEB/1000/S	
N° SERIE	21706109	ANNEE DE FABRICATION 17
ELECTRICITE	3x400V+N+T / 7KW	50 Hz
AIR COMPRI ME	3 B /	l/h
EAU	3 B 500	l/h
AZOTE	NON B /	l/h
VAPEUR	NON B /	kg/h
VIDE	NON	POIDS NET 170 Kg
DIMENSIONS	L 150 P 65 H 160 cm	

## 1.2. CERTIFICAT ATEX

L'unité n'est pas conçue pour travailler en zone ATEX.

L'unité ne sera pas placée dans une zone ATEX.

Aucun produit, pouvant générer une ATEX, autre que ceux spécifiés dans cette notice, ne sera utilisé avec cette unité.

## 1.3. DIRECTIVE DES EQUIPEMENTS SOUS PRESSION

Un équipement peut-être soumis à la DESP si sa pression de service est strictement supérieure à +0,5bar relatif.

L'équipement fonctionne à une pression supérieure à 0,5 bar rel. Il a été conçu, construit et vérifié selon les règles de l'art ou SEP (Sound Engineering Practice) en application de l'article 4, paragraphe 3 de la directive 2014/68/UE.

Toute utilisation en dehors des conditions d'utilisation prescrites dans cette notice décline la responsabilité de PIGNAT.

# **BANC DE RÉGULATION MULTI-BOUCLES**

**CEB/1000**

## **MANUEL PEDAGOGIQUE**

NOTICE ORIGINALE

## **2. *PRESENTATION DE L'UNITE***

## 2.1. DESCRIPTION DE L'UNITÉ

### 2.1.1. Principe de fonctionnement

L'unité est composée d'un châssis sur roulettes supportant l'ensemble des éléments.

Ce banc de régulation multi-boucles est muni d'une cuve calorifugée équipée des éléments suivants :

- Un transmetteur de pression différentielle permet la mesure du niveau dans la cuve par mesure de pression hydrostatique.
- Une sonde de température de type Pt100 mesure la température dans la cuve.
- Une résistance de chauffe protégée par un détecteur de niveau et un thermostat de sécurité assure la mise en température de l'eau dans la cuve.

La cuve permet d'alimenter une pompe centrifuge (associée à un variateur de vitesse en option) qui assure la circulation d'eau dans l'unité et le passage dans un échangeur thermique avant retour dans la cuve. Un transmetteur de débit permet de suivre les caractéristiques hydrauliques. Une vanne de régulation pneumatique permet de réguler le débit de circulation dans la boucle.

L'eau peut tourner en circuit fermé ou peut également être évacuée dans le cadre d'une alimentation continue de l'unité. Cette même alimentation peut être basculée pour alimenter l'échangeur côté froid et ainsi étudier la régulation de température au niveau de la sortie froid équipée d'une sonde Pt100.

L'ajout des options permet d'effectuer des mesures supplémentaires et donc des boucles de régulation supplémentaires. Il permet également de faire une étude de l'échangeur et de la pompe. L'ajout du variateur de vitesse et de la vanne de régulation à action proportionnelle permet d'étudier d'autres systèmes de régulation et d'effectuer une comparaison quant aux choix technologiques.

L'armoire électrique est équipée de 2 régulateurs dont les entrées et sorties sont à connecter aux différents capteurs et actionneurs par le biais de fiches de sécurité. Tous les signaux sont en 4-20 mA.

L'utilisation possible d'un générateur de signal 4-20 mA (non fourni) permet également de forcer l'un des actionneurs manuellement afin de pouvoir exploiter au maximum l'ensemble des régulations possibles sur l'unité.

L'utilisateur peut ainsi câbler les boucles de régulations qu'il souhaite et les étudier tant sur le plan instrumentation que sur le plan régulation.

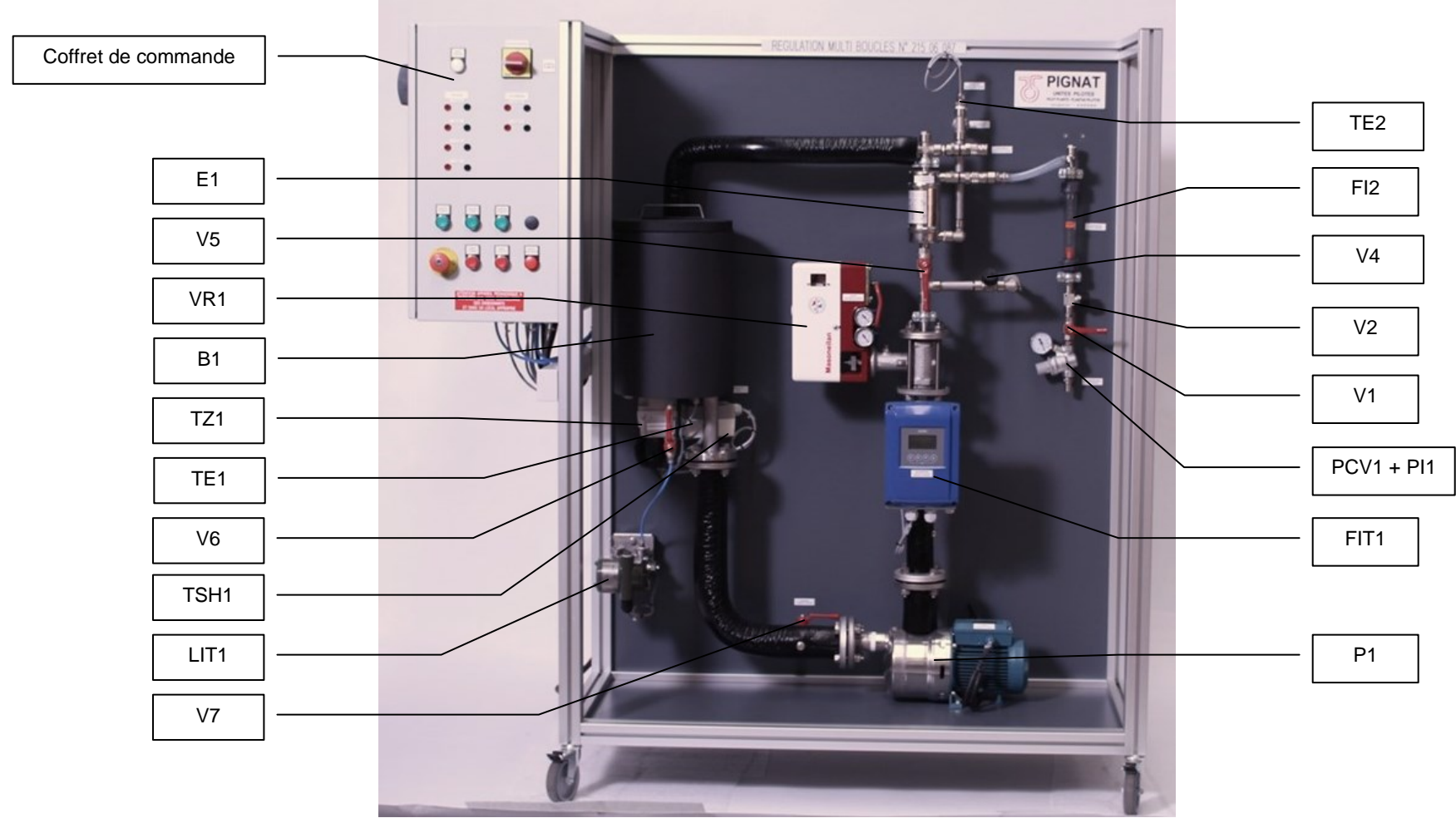
Les régulateurs de marque Eurotherm implantés permettent de travailler en régulation TOR (tout ou rien) comme en régulation PID. L'identification des régulations pourra être menée en boucle ouverte ou en boucle fermée.

#### REMARQUE

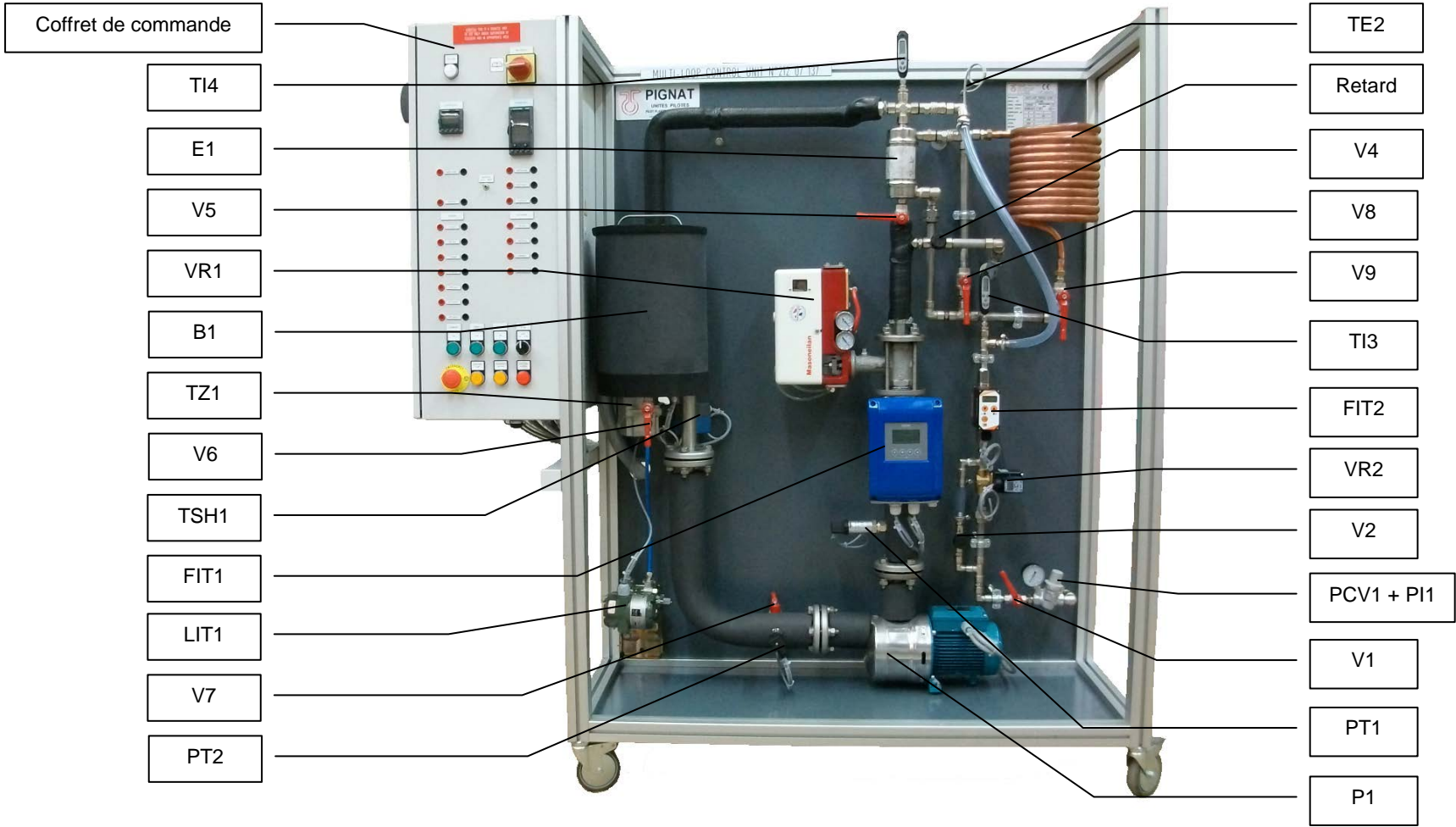
Une option de cette unité est de fournir une armoire sans régulateur : l'ensemble des capteurs / actionneurs sont accessibles sur fiches de sécurité et l'utilisateur peut alors utiliser ses propres régulateurs.

2.1.2. Présentation des principaux composants

Unité de base (option coffret sans régulateur) :



Unité avec toutes les options :



## 2.2. DOMAINE D'APPLICATION DE L'UNITÉ

### 2.2.1. Conditions d'utilisation

Paramètre	Valeur	Unité
Débit	0 à 1000	L/h
Température process	+10 à +60	°C
Pression process	atmosphérique	bar
Température ambiante	+15 à +40	°C

### 2.2.2. Poids et dimensions de l'unité

Dimensions : L x P x H = 150 x 65 x 160 cm

Poids net : 170 kg

### 2.2.3. Liste des produits

Les produits utilisés sur l'installation doivent être compatibles avec les matériaux composant l'unité énumérés ci-dessous.

Les produits mis en jeu dans l'unité sont :

Produit : eau de ville

#### **Avertissement :**

Il est conseillé de vidanger l'installation en fin de manipulation pour éviter les risques de développement bactérien dans les cuves. Néanmoins, il est possible de travailler plusieurs jours sans vidanger la cuve de stockage. Dans ce cas, une attention particulière sera portée à la qualité de l'eau.

Il est déconseillé d'utiliser un algicide ou bactéricide du fait du contact de ce produit avec la résistance de chauffe (température de peau élevée).

Il est de la responsabilité de l'exploitant de mettre à disposition à proximité de l'unité la liste et les fiches de données de sécurité des produits utilisés.

#### **ATTENTION**

**En aucun cas de la javel ou tout autre produit chloré ou incompatible avec l'un des constituants de l'unité ne sera utilisé et laissé ainsi plusieurs jours dans l'unité sous risque de détériorer irrémédiablement le matériel.**

## 2.2.4. Matériaux

De par sa conception, l'unité est compatible avec un grand nombre de produits chimiques et plus particulièrement avec les produits définis ci-dessus.

Les matériaux pour les parties en contact avec les produits sont :

- PVC.
- PTFE
- EPDM.
- Inox 304 et 316 L.
- Laiton nickelé.
- Cuivre.
- Flexible vinyle armé.
- Flexible polyamide ou polyuréthane.

## 2.2.5. Limite de fonctionnement

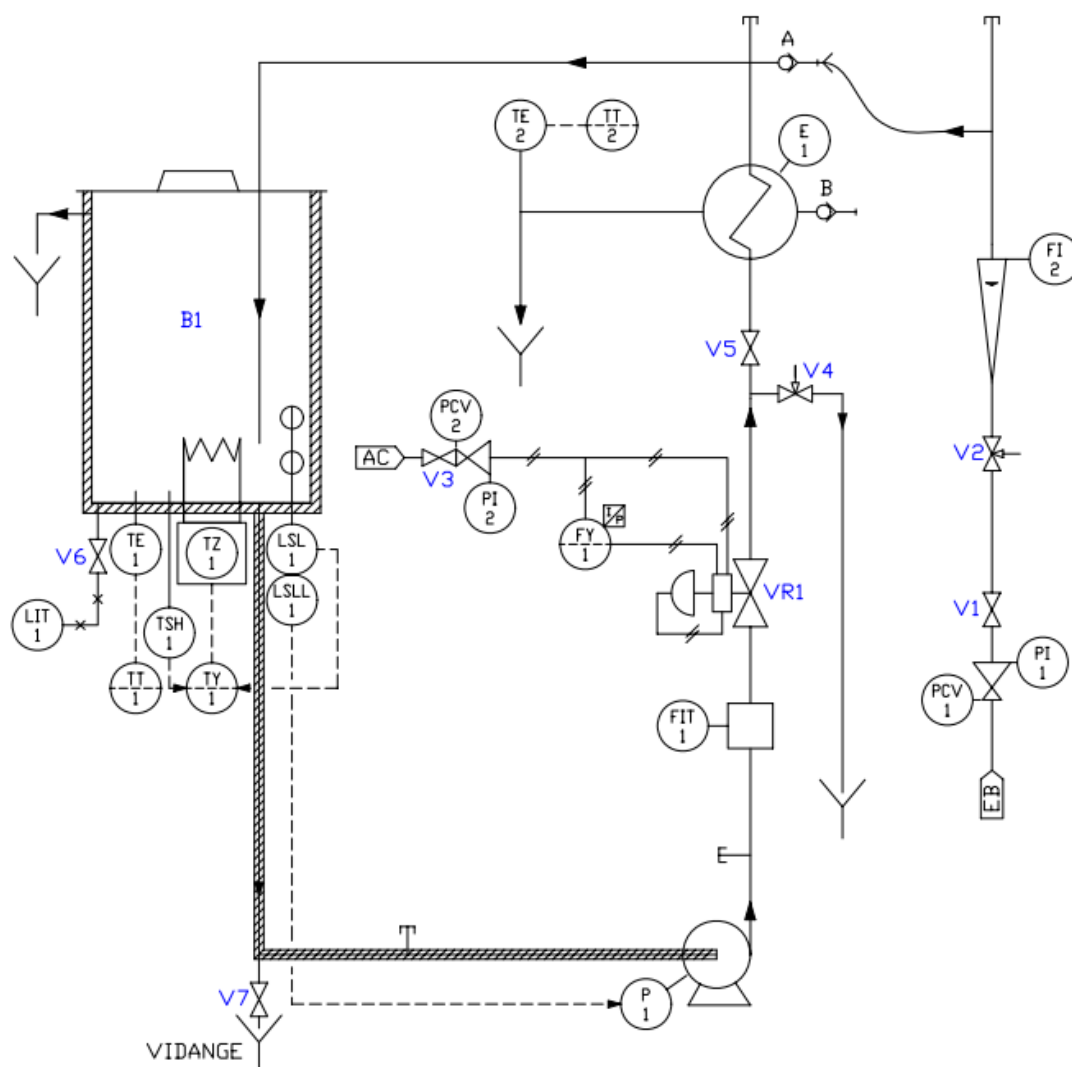
L'unité n'est pas prévue pour les utilisations suivantes :

- Travail avec des produits présentant des particules solides et abrasives taille supérieure à 50 µm
- Travail dans des conditions d'utilisation supérieures aux conditions de service spécifiées dans cette notice et sur la plaque de l'unité
- Remplacement des organes de sécurité par d'autres avec tarage différents de ceux du fabricant
- Suppression ou bouchage ou blocage des organes de sécurité
- Fonctionnement sans surveillance d'opérateurs formés à la conduite de l'unité
- Utilisation de produits non compatibles avec les matériaux de l'unité

Lors des opérations de maintenance, les pièces remplacées devront être conformes aux pièces d'origine (la liste de pièces détachées est fournie dans le dossier technique de l'unité).

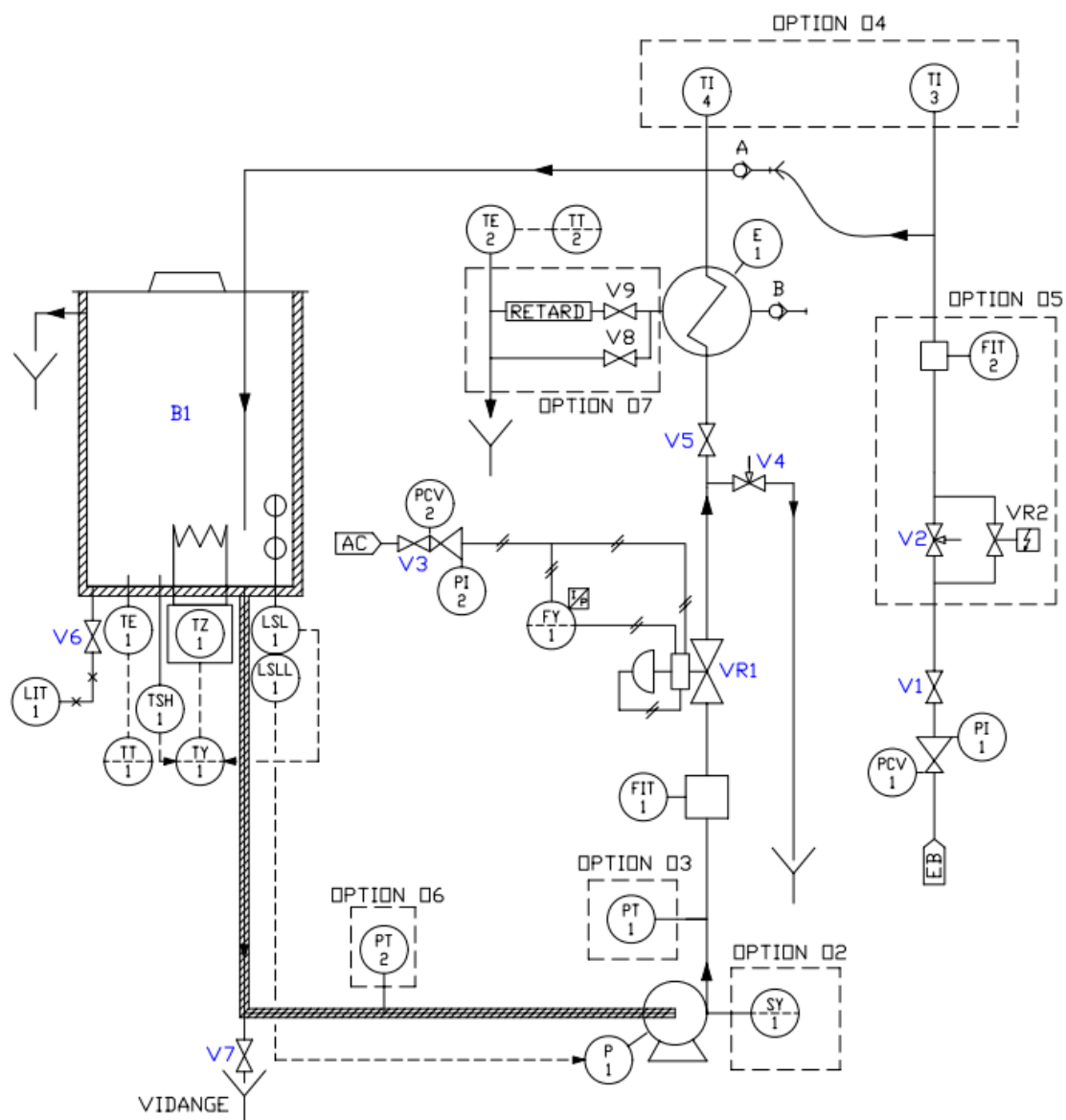
## 2.3. SCHÉMA DE PRINCIPE

Unité de base :





Unité avec toutes les options :



## 2.4. NOMENCLATURE

### 2.4.1. Composants

Repère	Description	Volume / Gamme
B1	Cuve d'alimentation, en inox, avec couvercle amovible Calorifuge de type armaflex	5 L / 10 L
P1	Pompe de circulation de type centrifuge, en inox	1 m <sup>3</sup> /h à 31 mCE
E1	Echangeur thermique en inox, de type spiralé Perturbation ou échangeur pour la régulation de température	0,12 m <sup>2</sup>
Retard	Serpentin en cuivre, Ø14x16 mm, longueur 7m	1 L

### 2.4.2. Instrumentation

#### 2.4.2.1. Mesures / capteurs

Repère	Description	Gamme	Mesure (usine)
LIT1	Transmetteur de pression différentielle Mesure du niveau d'eau dans B1	0 à 100 mbar	4mA = 0 mbar = 0 cm 20mA = 30 mbar = 30 cm
TE1	Capteur Pt100Ω associé à TT1 Mesure de température d'eau dans la cuve B1	-50 à +180°C	
TT1	Convertisseur Pt100Ω - 4-20 mA associé à TE1 Mesure de température d'eau dans la cuve B1		4mA = 0°C 20mA = 100 °C
TE2	Capteur Pt100Ω associé à TT2 Mesure de température d'eau en sortie de E1	-50 à +180°C	
TT2	Convertisseur Pt100Ω - 4-20 mA associé à TE2 Mesure de température d'eau en sortie froid de E1		4mA = 0°C 20mA = 100 °C
TI3	Option O4 : thermomètre digital Mesure de la température en entrée froid de E1	-40 à +180°C	Pas de transmission
TI4	Option O4 : thermomètre digital Mesure de la température en sortie chaud de E1	-40 à +180°C	Pas de transmission
FIT1	Transmetteur de débit type électromagnétique Mesure de débit d'eau de circulation	0 à 2500 L/h	4mA = 0 L/h 20mA = 1000 L/h
FI2	Débitmètre à flotteur	40 à 400 L/h	Pas de transmission
FIT2	Option O5 : Transmetteur de débit de type à ailettes Mesure du débit d'eau d'alimentation	0 à 360 L/h	4mA = 0 L/h 20mA = 360 L/h

PT1	Option O3 : Transmetteur de pression relative Mesure de la pression de refoulement de P1	0 à 4 bar	4mA = 0 bar 20mA = 4 bar
PT2	Option O6 : Transmetteur de pression relative Mesure de la pression d'aspiration de P1	-200 à +200 mbar	4mA = -200 mbar 20mA = +200 mbar

#### 2.4.2.2. Actionneurs

Repère	Description	Gamme	Pilotage
VR1 =FV1, LV1...	Vanne de régulation pneumatique, normalement ouverte, associée à FY1 (=LY1...) Régulation du débit de circulation	Cv réglable de 0,9 à 2,3	0,2 bar = vanne ouverte 1 bar = vanne fermée
FY1	Convertisseur I/P associé à VR1 Régulation du débit de circulation	0,2 à 1 bar	4 mA = 0,2 bar 20 mA = 1 bar
VR2	Option O5 : vanne de régulation à action proportionnelle Régulation du débit d'alimentation	Kv = 0,45	4 mA = vanne fermée 20 mA = vanne ouverte
TZ1	Résistance de chauffe, 3x2 kW, 8 W/cm², associée à TY1 Chauffage de l'eau dans la cuve d'alimentation	6 kW	4 mA = 0 kW 20 mA = 6 kW
TY1	Gradateur de puissance en angle de phase, pilotage de la puissance de chauffe de TZ1 Chauffage de l'eau dans la cuve d'alimentation	50A	4 mA = 0% 20 mA = 100%
SY1	Option O2 : Variateur de fréquence associé à P1 Régulation du débit de circulation	0 à 50 Hz	4mA = 20 Hz 20mA = 50 Hz

**Kv** : Kv est égal à 1 lorsque 1 m³/h d'eau à 20°C passe au travers de la vanne avec une perte de charge de 1 Bar.

**Cv** : Cv est égal à 1 lorsque 1 US gallon/min d'eau à 70°F passe au travers de la vanne avec une perte de charge de 1 psi.

La relation entre les deux unités est : **Cv = 1,16 Kv**

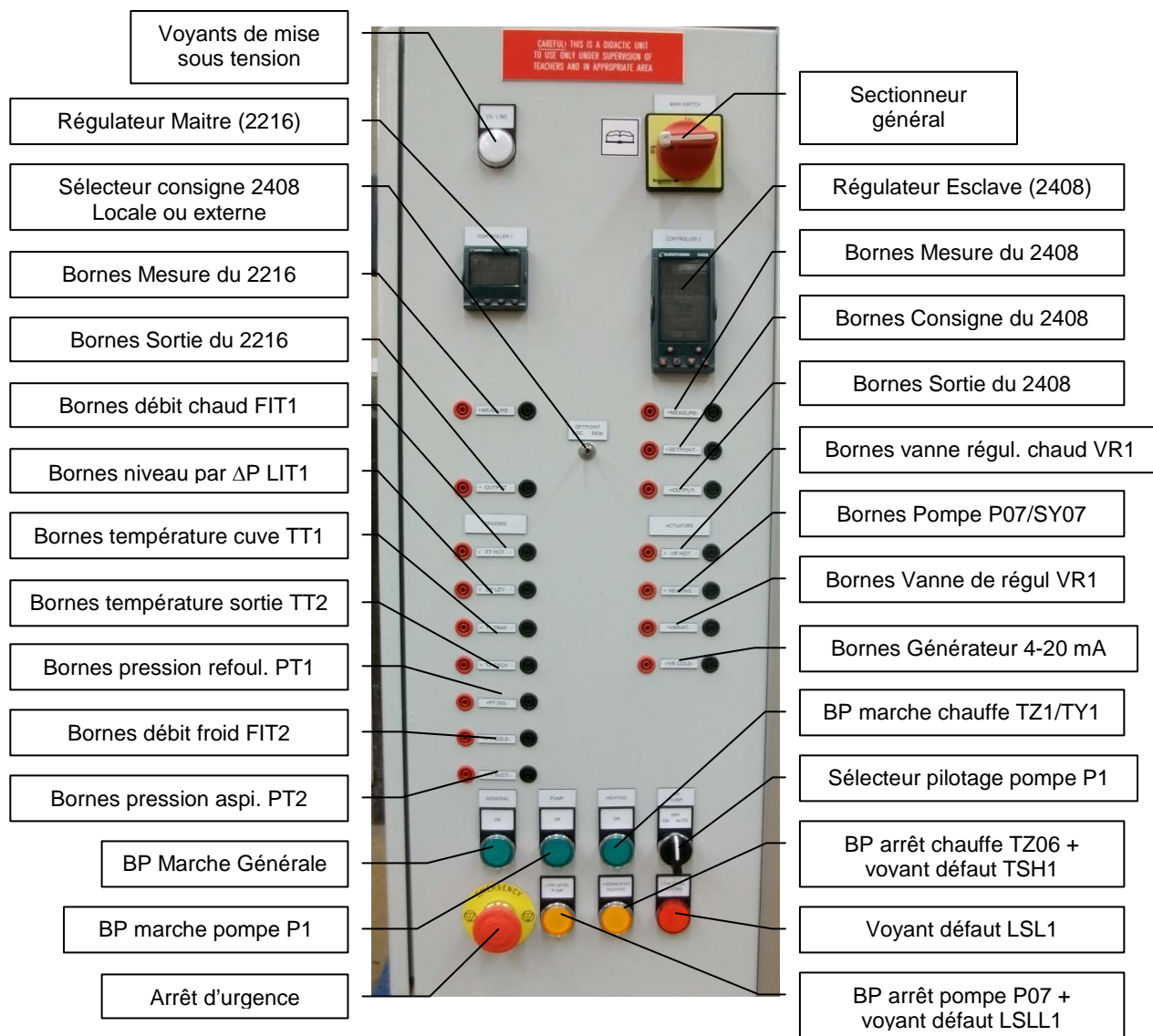
### 2.4.3. Vannes manuelles et accessoires tuyauterie

Repère	Description	Type
V1	Vanne d'isolement de l'alimentation générale en eau	¼ tour
V2	Vanne de réglage du débit d'alimentation en eau	Pointeau
V3	Vanne sectionneur de l'alimentation générale en air comprimé	3 voies air sortant
V4	Vanne de réglage du débit d'évacuation du circuit chaud	Pointeau
V5	Vanne d'isolement du retour à la cuve sur le circuit chaud	¼ tour
V6	Vanne d'isolement du transmetteur de pression différentielle	¼ tour
V7	Vanne de vidange de l'installation	¼ tour
V8	Option O7 : vanne d'isolement du circuit court de sortie d'échangeur E1	¼ tour
V9	Option O7 : vanne d'isolement du circuit long (retard) de sortie d'échangeur E1	¼ tour
PCV1	Détendeur sur l'alimentation générale en eau de l'installation avec manomètre intégré PI1	
PI1	Manomètre à aiguille sur le détendeur PCV1 Mesure de la pression d'alimentation en eau	0 à 10 bar
PCV2	Détendeur sur l'alimentation générale d'air comprimé avec manomètre intégré PI2	
PI2	Manomètre à aiguille sur le détendeur PCV2 Mesure de la pression d'alimentation en air comprimé	0 à 10 bar

### 2.4.4. Equipements de sécurité / Alarmes

Repère	Description	Type	Effet
LSL1	Détecteur de niveau placé sur la cuve B1 – Sécurité réchauffeur TZ1/TY1 en absence d'eau	Niveau bas	Arrêt chauffe TZ1/TY1
LSLL1	Détecteur de niveau placé sur la cuve B1 – Sécurité pompe P1 en absence d'eau	Niveau très bas	Arrêt pompe P1
TSH1	Thermostat placé sur la cuve B1 – Sécurité réchauffeur TZ1/TY1 et utilisateur en cas de températures trop élevées	Température haute	Arrêt chauffe TZ1/TY1

## 2.5. COFFRET DE COMMANDE



Coffret comprenant :

- Sectionneur général et voyants blanc de mise sous tension
- Régulateur Maître de type Eurotherm 2216
- Jeu de bornes "+" et "-" de sécurité pour le régulateur 2216 (signaux 4-20 mA) :
  - o Bornes « **MESURE** » : entrée du régulateur recevant un signal 4-20mA (passif).
  - o Bornes « **SORTIE** » : signal provenant du régulateur en 4-20mA (actif)
- Régulateur Esclave de type Eurotherm 2408
- Jeu de bornes "+" et "-" de sécurité pour le régulateur 2408 (signaux 4-20 mA) :
  - o Bornes « **MESURE** » : entrée du régulateur recevant un signal 4-20mA (passif).
  - o Bornes « **CONSIGNE** » : entrée consigne externe du régulateur recevant un signal 4-20 mA (passif).

- Bornes « **SORTIE** » : signal provenant du régulateur en 4-20mA (actif)
- Interrupteur « **CONSIGNE** » : sélecteur de la consigne du régulateur 2408 :
  - INT : consigne locale. (Local SetPoint)
  - EXT : consigne externe. (Remote SetPoint)
- Jeu de bornes "+" et "-" de sécurité pour les « **CAPTEURS** » (signaux 4-20 mA - actifs) :
  - Bornes « **FT CHAUD** » : signal provenant du transmetteur de débit FIT1
  - Bornes « **DP NIV** » : signal provenant du transmetteur de pression différentielle (niveau) LIT1
  - Bornes « **T1 CUVE** » : signal provenant du transmetteur de température TT1
  - Bornes « **T2 ECH** » : signal provenant du transmetteur de température TT2
  - Bornes « **PT REF** » : signal provenant du transmetteur de pression PT1 (option)
  - Bornes « **FT FROID** » : signal provenant du transmetteur de débit FIT2 (option)
  - Bornes « **PT ASPI** » : signal provenant du transmetteur de pression PT2 (option)
- Jeu de bornes "+" et "-" de sécurité pour les actionneurs (signaux 4-20 mA - passifs) :
  - Bornes « **VR CHAUD** » : pilotage de la vanne de régulation VR1
  - Bornes « **CHAUFFE** » : pilotage de la chauffe TZ1 sur gradateur TY1
  - Bornes « **VARIAT** » : pilotage de la pompe P1 sur variateur SY1 (option)
  - Bornes « **VR FROID** » : pilotage de la vanne de régulation VR2 (option)
- Un bouton « **MARCHE GENERALE** » de mise en marche générale de l'unité
- Un bouton coup de poing d'« **ARRET D'URGENCE** »
- Un bouton vert « **MARCHE POMPE** » pour mettre en route la pompe P1
- Un bouton rouge « **ARRET POMPE** » pour arrêter la pompe P1 (voyant rouge de défaut niveau bas LSLL1 intégré)
- Un bouton vert « **MARCHE CHAUFFE** » pour mettre en route la chauffe TZ1
- Un bouton rouge « **ARRET CHAUFFE** » pour arrêter la chauffe TZ1 (voyant rouge de défaut thermostat TSH1 intégré)
- Un voyant « **DEFAUT NIVEAU CHAUFFE** » associé au niveau bas LSL1 (arrêt de la chauffe)
- Option O2 : un sélecteur 3 positions « **POMPE** » pour sélectionner le mode de fonctionnement de P1 :
  - « **0** » : pompe à l'arrêt
  - « **MARCHE** » : pompe fonctionnant à vitesse fixe : 50 Hz
  - « **AUTO** » : pompe fonctionnant à vitesse fixée par le signal 4-20 mA envoyé sur son variateur SY1

## 2.6. UTILITÉS NÉCESSAIRES

### 2.6.1. Alimentation électrique

Réseau monophasé 3x400 + N + T – 50 Hz  
Consommation : 16A

Il est demandé sur le réseau électrique :

- une protection différentielle amont de haute sensibilité 30mA.
- un raccordement sur fiche débrochable (unité mobile) ou sur canalis (unité fixe).

### 2.6.2. Eau de ville

L'eau de ville permet :

- de remplir la cuve d'alimentation et le circuit pour fonctionner en circuit fermé,
- d'alimenter en direct la boucle de circulation pour fonctionner en circuit ouvert,
- de refroidir le système par circulation dans le serpentin de refroidissement.

Pression minimale : 1 bar

Pression maximale : 3 bar

Débit min / normal / max : 100 / 250 / 500 L/h

Température :           Minimale : 10 °C  
                                  Maximale : 40 °C

Connexion : sur réseau client avec vanne de barrage en 1/2" gaz F

Raccordement : par flexible de type vinyle armé en diamètre 15 x 21 mm

### 2.6.3. Air comprimé

L'air comprimé permet d'actionner la vanne de régulation.

Qualité : air sec déshuilé et filtré de type instrumentation

Pression : 3 bars max

Débit : 500 NL/h

Connexion : sur réseau client avec vanne de barrage en 1/2" gaz F ou 3/8" gaz F

Raccordement : par flexible de type PU98 Ø6x8 mm

### 2.6.4. Eaux usées

Un point d'évacuation des eaux usées est nécessaire en continu lors de l'utilisation de l'échangeur de refroidissement ou du travail en circuit ouvert.

Un caniveau est le plus approprié.

# **BANC DE RÉGULATION MULTI-BOUCLES**

**CEB/1000**

## **MANUEL PEDAGOGIQUE**

NOTICE ORIGINALE

### ***3. INFORMATIONS SECURITE***



La notice contient des instructions importantes qui vous permettent d'exploiter le matériel en toute sécurité et d'une manière appropriée.

Le respect de celles-ci contribue à éviter les risques, à diminuer les coûts de réparation et les temps d'immobilisation et à augmenter la fiabilité et la durée de vie du matériel.

La notice doit toujours être à disposition sur le lieu d'exploitation du matériel.

La notice est à lire et à appliquer par toute personne qui est chargée de travailler avec/sur le matériel par exemple :

- conduite :  
y compris montage, démontage, dépannage pendant le travail, entretien, évacuation de matières consommable usées.
- entretien :  
maintenance, inspection, remise en état.
- transport.

Outre la notice et les réglementations en matière de prévention des accidents et de protection de l'environnement en vigueur dans le pays de l'utilisateur et sur le lieu de l'exploitation, il y a également lieu d'observer les règles techniques reconnues en ce qui concerne sécurité et conformité du travail.

Pour toutes interventions, se reporter à la notice présente dans ce dossier.

### **Utilisations conforme à la destination des équipements**

Ces équipements sont destinés à une utilisation pédagogique. Ils satisfont aux normes et prescriptions en vigueur.

Les caractéristiques techniques et les conditions d'utilisation admissibles sur site figurent dans la présente documentation.

Toutes les consignes doivent impérativement être respectées.

Ces consignes seront à compléter avec les consignes internes de l'exploitant.

## 3.1. RESPONSABILITÉS

### 3.1.1. Responsabilité du constructeur

Les risques rencontrés sur cette unité sont identiques à ceux présents en milieu industriel. L'utilisation de cette unité doit être sous le contrôle d'un technicien formé à l'utilisation de l'unité, et dans un local approprié dont les prescriptions sont détaillées dans ce manuel.

L'implantation de l'unité sera faite dans un local approprié dont le constructeur aura donné les spécifications au préalable.

Toute utilisation de cette unité en dehors des recommandations techniques fournies dans ce présent manuel et à la livraison par le constructeur n'engage pas la responsabilité de l'entreprise en cas d'incidents ou d'accidents survenus lors de manipulations non spécifiées.

Toutes les personnes intervenant sur l'unité devront être formées à son utilisation et aux risques rencontrés sur cet équipement.

### 3.1.2. Responsabilité de l'utilisateur

Les manipulations effectuées sur cette installation devront faire l'objet d'une réflexion sur la compatibilité des produits avec les matériaux, sur la température et la pression de service dans les gammes spécifiées par le constructeur.

Les instructions constructeur seront complétées par les instructions exploitant déterminées et rédigées par le responsable de l'unité.

Chaque personne manipulant sur ce poste devra se reporter aux conditions d'utilisation fournies par le constructeur dans le dossier technique livré avec l'unité ainsi qu'aux instructions internes.

Il devra prendre également les mesures nécessaires pour le travail dans son environnement de travail comme :

- une tenue vestimentaire correcte :
- blouse en coton, port de lunettes de sécurité, de gants, ...
- le transport de produits chimiques sur le lieu de production.
- le stockage de produits chimiques dans un endroit approprié.
- l'utilisation de volumes en quantité correcte par rapport au volume utile de l'unité.
- ne pas utiliser de téléphone portable à proximité de l'unité
- ne pas créer de flamme nue (utilisation de briquet etc...)
- ne pas créer d'étincelle
- .....

Cette liste n'est pas exhaustive et devra être complétée par les utilisateurs en fonction des spécificités de celle-ci.

## 3.2. LES RISQUES MIS EN JEU

### 3.2.1. Risques chimiques

#### 3.2.1.1. Rappel des produits mis en jeu sur l'unité

L'unité est utilisée avec de l'eau de ville. Il n'y a donc pas de risques chimiques de façon générale.

Cependant, il est possible d'utiliser des produits de nettoyage ou de maintenance. Dans ce cas, les précautions nécessaires seront prises par l'utilisateur.

#### ATTENTION

Les produits utilisés devront **OBLIGATOIREMENT** être compatibles avec les matériaux présents et la température.

#### 3.2.1.2. Risques associés à l'utilisation de ces produits

Les produits mis en jeu peuvent présenter des risques importants pour les utilisateurs amenés à les manipuler ou à travailler sur le pilote (opération procédé et maintenance). Il est donc important pour les utilisateurs de connaître les risques liés à leur utilisation.

Il est vivement conseillé :

- de **lire la fiche de données de sécurité** des produits
- de **porter une protection personnelle** :  
blouse en coton, lunettes de sécurité, masque de protection du visage, gants de protection lors des manipulations de ces produits
- de **respecter les consignes** présentées dans le mode opératoire.
- de **notifier dans un cahier de manipulation** toutes les opérations réalisées sur l'unité.

Il est de la responsabilité de l'exploitant :

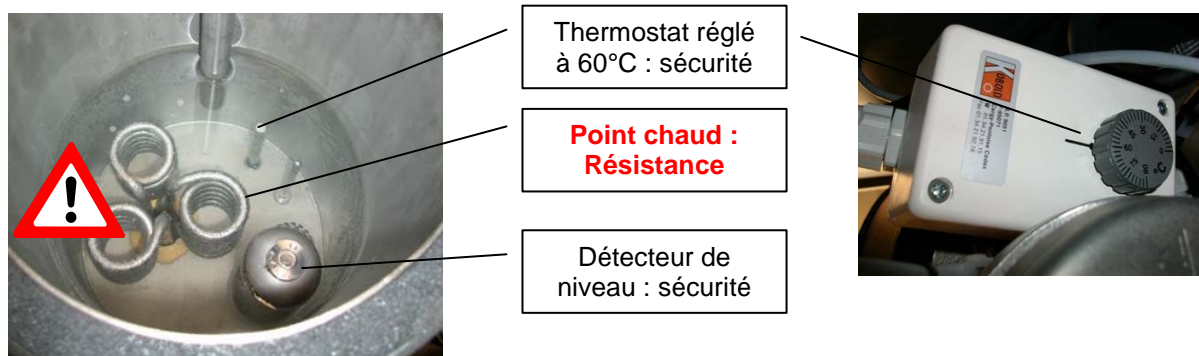
- de vérifier la compatibilité entre les produits mis en œuvre dans le réacteur et les matériaux en contact avec ces produits.
- de mettre à disposition à proximité de l'unité la liste et les fiches de données de sécurité des produits utilisés.

### 3.2.2. Risques thermiques

L'unité est équipée d'un élément chauffant dans la cuve. Celle-ci est isolée à l'aide d'un calorifuge afin d'éviter le contact direct de l'utilisateur sur les points chauds pouvant être créés par la résistance.

#### ATTENTION

**Il est INTERDIT d'ouvrir le couvercle de la cuve lors des phases de chauffe et de toucher les éléments chauffant sans risquer de graves brûlures. Ce point fera partie des informations importantes que le responsable de l'unité doit donner à l'opérateur avant toute utilisation de l'unité.**



Un thermostat de sécurité TSH1 placé en fond de cuve et réglé à 60°C limite la température maximum de l'eau dans l'unité.

Un réglage du thermostat TSH1 à une température supérieure à 60 °C sur le thermostat peut conduire à des brûlures sérieuses de l'utilisateur en cas de contact avec les circuits et l'eau. Cela peut également conduire à une détérioration précoce du matériel.

Pour éviter la surchauffe, la résistance ne peut fonctionner que lorsqu'il y a un niveau d'eau suffisant pour recouvrir entièrement la résistance. Cette sécurité est réalisée par le biais d'un détecteur à flotteur LSL1 placé en fond de cuve.

Un réglage du détecteur de niveau LSL1 à un niveau inférieur peut conduire à l'échauffement d'une partie de la résistance au dessus de la température admissible et l'endommager ainsi que les éléments à proximité. Il y a également un risque important pour l'utilisateur de brûlure grave due à la formation de vapeur.

Avant lancement, l'utilisateur vérifiera que le détecteur n'est pas bloqué et qu'il effectue bien son rôle de mise en sécurité.

#### ATTENTION

**Il est INTERDIT de dérégler ces sécurités :**

**Ne pas régler le thermostat de sécurité à une valeur supérieure à 60°C.**

**Ne pas déplacer le détecteur de niveau LSL1/LSLL1 ce qui pourrait bloquer le flotteur bas (LSLL1) et autoriser le fonctionnement des résistances avec une partie non immergée.**

#### REMARQUE

Pour limiter l'usure prématurée de l'unité et diminuer les risques pour l'utilisateur, il est conseillé de travailler principalement à des températures inférieures à 50°C ce qui permet d'étudier parfaitement l'unité.

### 3.2.3. Risques électriques

Les risques électriques sont présents lors de toute utilisation de l'unité, notamment au niveau du coffret électrique, par le raccordement sur fiches bananes. Le risque est également présent au niveau de la pompe, de la résistance de chauffe et de l'instrumentation.

La mise en service et l'utilisation du banc est réalisée sous la présence d'un responsable. Le coffret électrique sera fermé et ne sera accessible que par une personne habilitée.

L'interrupteur général est cadenassable.

Ainsi, pour éviter l'utilisation du banc par une personne non formée, le cadenas sera placé sur l'interrupteur.

Lors des opérations de maintenance :

- Les personnes intervenant sur les éléments électriques devront avoir l'habilitation électrique.
- L'unité devra être consignée avant toutes opérations de maintenance (électrique ou mécanique).

### 3.2.4. Risques mécaniques

- **Mobilité du châssis**

L'unité est sur roulettes, de type mobile : il y a risque de déplacement lors de l'utilisation de l'équipement. Par sécurité, les freins seront bloqués lorsque l'unité sera en place et prête à être utilisée.

- **Fixation des éléments**

La conception de l'unité est de type autoportée c'est-à-dire que tous les éléments sont fixés sur le châssis. Il n'y a donc pas de risques de chute de matériel lors de l'utilisation de l'unité.

- **Pompe**

Au niveau de la pompe, les pièces en mouvement ne sont pas accessibles donc, pas de risque pour l'utilisateur à ce niveau. Lors des opérations de maintenance, l'unité sera consignée pour éviter tout risque mécanique.

La pompe n'est pas conçue pour aspirer des particules et autres morceaux. Lors de la mise en service, il faudra vérifier la propreté de la cuve.

Un détecteur de niveau très bas LSLL1 placé dans la cuve interdit le fonctionnement à sec de la pompe. Avant lancement, l'utilisateur vérifiera que le détecteur n'est pas bloqué et qu'il effectue bien son rôle de mise en sécurité.

- **Vanne de régulation**

Le mécanisme principal de la vanne de régulation est protégé par un capot.

Lors des interventions de maintenance de la vanne, l'air comprimé sera coupé par le biais de la vanne sectionneur V3 permettant la purge du circuit de commande, sauf si spécifié dans la notice constructeur.

La tige est accessible depuis la face avant mais sa géométrie et son emplacement limitent les risques de pincement.

### ATTENTION

**Il est interdit d'introduire ses doigts lorsque la vanne est en fonctionnement.**



## 3.2.5. Risques liés à la pression

Les risques liés à la pression apparaissent dès que la pression, dans un élément ou une tuyauterie, dépasse 0,5 bar.

Dans le cas de notre unité, la pompe permet de faire circuler l'eau dans l'unité. La pression de refoulement peut être supérieure à 0,5 bar mais est inférieure à 4 bar, au sein des canalisations en inox. Il n'y a pas de risque en fonctionnement normal hormis des fuites en cas de montage défectueux ou de tuyaux mal raccordés.

Le fluide circulant étant de l'eau à température ambiante à tiède, il n'y a pas de risque majeur pour l'utilisateur. L'étanchéité des circuits sera validée à chaque démarrage, avec de l'eau froide.

## 3.2.6. Risques pneumatiques

Le fonctionnement de la vanne de régulation est assuré par un circuit pneumatique.

Un détendeur placé à l'arrière de l'unité permet de limiter la pression d'utilisation. Ce détendeur est muni d'un sectionneur qui permet de purger le circuit pneumatique de l'installation lors de sa fermeture.

Les flexibles posés sur l'installation sont maintenus sur la structure par des colliers.

Lors du raccordement au réseau de la salle, le flexible assurant l'alimentation sera également maintenu à des structures rigides afin d'éviter qu'il ne se dégage en cas de rupture ou de mauvais raccordement.

## 3.2.7. Risque lié à l'émission de bruit

Sur cette unité, le bruit est principalement lié au fonctionnement de la pompe et de la vanne de régulation (air comprimé).

Le niveau sonore engendré par les éléments constitutifs de la machine ne dépasse pas 70dB. Cependant, l'utilisation prolongée de cette unité ou l'utilisation simultanée de plusieurs machines dans le même hall peut engendrer une vraie nuisance pour l'utilisateur. Il est conseillé de porter un casque antibruit ou des bouchons d'oreilles appropriés.

*Les informations sont disponibles dans le dossier technique fourni avec l'unité.*

### 3.3. SÉCURITÉ DE L'INSTALLATION

Il est important de respecter les consignes de sécurité présentées au cours du mode opératoire afin de ne pas endommager les différentes parties de l'installation.

Des sécurités ont été placées sur l'installation afin d'éviter à celle-ci de fonctionner dans des conditions pouvant entraîner immédiatement ou très rapidement une détérioration des éléments constitutifs.

Sur la cuve B1, une sécurité empêche le fonctionnement de la pompe P1 :

- Un détecteur de niveau très bas LSLL1 = sécurité de la pompe : tant que le niveau d'eau n'est pas suffisamment haut pour permettre l'amorçage de la pompe, celle-ci ne peut être mise en fonctionnement.

Sur la cuve B1, deux sécurités empêchent le fonctionnement de la chauffe :

- Un détecteur de niveau bas LSL1 = sécurité de la résistance : tant que le niveau d'eau n'est pas suffisamment haut pour recouvrir totalement les éléments chauffants, celle-ci ne peut être mise en fonctionnement.
- Un thermostat de sécurité TSH1 = sécurité de la résistance, de l'installation et de l'utilisateur : si la température dépasse les 60°C, la chauffe est arrêtée pour ne pas endommager les parties plastiques de l'unité, éviter les brûlures et la surchauffe de la résistance.

### 3.4. RISQUE(S) RÉSIDUEL(S)

De par le but pédagogique lié à cette unité, tous les risques ne peuvent être réduits. Ils sont limités. Néanmoins l'utilisateur devra prendre en compte les risques résiduels et rester attentif au fonctionnement de l'unité et à ses interventions physiques sur celle-ci.

Une partie des canalisations n'a pas été calorifugée. L'utilisateur devra manipuler les vannes manuelles avec précautions lorsque l'unité sera à plus de 40°C.

En fonctionnement normal la surverse de la cuve B1 doit évacuer le débit d'eau entrant (environ 1000 L/h maximum). Cependant, si un débit plus élevé d'alimentation ou de circulation était appliqué, un risque de projection d'eau et de débordement pourrait exister. L'ensemble de l'unité sera alors séché avant remise sous tension de l'unité et des éléments.

Dans tous les cas, les utilisateurs devront porter les EPI qui les protégeront en grande partie des risques résiduels.

# **BANC DE RÉGULATION MULTI-BOUCLES**

**CEB/1000**

## **MANUEL PEDAGOGIQUE**

NOTICE ORIGINALE

### **4. *MONTAGE, INSTALLATION ET MISE EN SERVICE***



## 4.1. TRANSPORT / LIVRAISON

Dès réception du matériel, vérifier s'il n'a pas été endommagé durant le transport.  
Le cas échéant, faire les réserves d'usage auprès du transporteur.

Ne pas mettre en service des appareils endommagés.

Utiliser des moyens de manutention adaptés et suffisamment solides.

Retirer les sécurités de transport avant la mise en service.

## 4.2. CONSIGNES D'INSTALLATION

### 4.2.1. Préconisations

L'unité doit être placée dans un hall technique adapté aux opérations prévues sur cet équipement.

Il est conseillé de prévoir un espace libre d'au moins 1m sur tout le périmètre de l'équipement afin d'assurer l'accès aisé aux différents intervenants.

Ce qui implique les préconisations suivantes :

- **Vidange du poste :**  
La vidange du poste par écoulement gravitaire sans contre pression des liquides contenus dans le pilote doit se faire à proximité de l'unité. Un système d'évacuation au sol est nécessaire.
- **Eclairage du poste de travail :**  
L'utilisation du poste est compatible avec un éclairage ambiant convenable.  
Il est important de veiller à ce que la machine soit située dans un emplacement où l'éclairage est correct.  
L'ajout de moyens d'éclairage spécifique sera réalisé par le client.
- **Emission du bruit :**  
Le niveau sonore engendré par la machine **ne dépasse pas 70 dB.**
- **Consignes de sécurité :**  
Les consignes de sécurité liées à l'utilisation de la machine seront exposées à proximité du poste de travail par le client.

### 4.2.2. Supportage de l'unité

La conception des unités PIGNAT est de type autoportée c'est à dire que tous les équipements sont fixés sur le châssis.

### 4.2.3. Manutention et fixation de l'unité

Deux types de machines sont définis :

- Les machines fixes
- Les machines mobiles

#### **Machines fixes :**

La manutention de ce type de machine est réalisée par transpalette.

Si le châssis standard ne permet pas le déplacement de la machine, des barres amovibles permettent d'assurer un transport aisé.

Les pieds à platine réglables permettent de mettre de niveau le châssis et, selon les modèles, de le fixer au sol dans le cas d'installation de haute dimension (> 2m).

#### **Machines mobiles :**

La mobilité des machines est assurée par 4 roulettes auto pivotantes dont deux avec freins.

#### **Lors de l'utilisation, il est important de bloquer les freins.**

Lors de la manutention, il est important de vérifier que la machine n'est plus raccordée aux utilités et aux équipements complémentaires ou associés.

### 4.2.4. Montage

#### **Montage en usine :**

Les machines sont pré-montées en usine par des techniciens formés aux règles de l'art des équipements pilotes en génie des procédés.

Ce pré montage permet de réaliser les essais de validation des machines avant leur installation finale chez le client.

#### **Montage sur site :**

Le montage sur site est assuré par des techniciens PIGNAT.

La validation du montage est réalisée lors des essais hydrauliques d'étanchéité par le responsable du chantier.

### 4.2.5. Mise en place

#### **Avertissement**

Toutes interventions sur les unités PIGNAT doivent être réalisées sous la responsabilité d'un technicien PIGNAT.

Lors de la livraison, l'installation peut arriver démontée. Le remontage sera fait par les techniciens PIGNAT.

Le pilote sera conduit à l'emplacement souhaité sans engin de manutention s'il est mobile. Les freins seront bloqués une fois l'unité en place pour assurer sa stabilité.

Si le pilote n'est pas mobile, un transpalette sera utilisé pour le déplacer et le positionner à l'endroit souhaité.

Dans le cas où la commande ne comprend pas la mise en service, celle-ci sera faite par l'exploitant après lecture approfondie de cette notice et du dossier technique fourni avec l'unité.

### 4.3. RACCORDEMENT AUX UTILITÉS

Les raccordements aux utilités sont réalisés par les techniciens PIGNAT et leur bon fonctionnement est vérifié lors des essais de validation finaux sur site.

Dans le cas où la commande ne comprend pas la mise en service, celle-ci sera faite par l'utilisateur après lecture approfondie de cette notice et du dossier technique fourni avec l'unité.

Dans tous les cas, le raccordement sera réalisé à l'aide de raccords, de joints et de boulonnerie adaptés aux conditions de service et correctement dimensionnés.

Respecter les sens de montage, filetages, assemblages, ...

S'assurer que l'équipement ne subit aucune contrainte

Le raccordement est réalisé sur les différents réseaux mis à disposition à proximité de la machine.

Il est à la charge de l'exploitant de mettre en place sur les réseaux d'utilités les organes de sécurité (soupape, disjoncteur différentiel, ...) nécessaires pour travailler dans les conditions de service spécifiés par le fabricant.

A ce même titre, des sectionneurs, des vannes d'isolement, des détendeurs, ... doivent être montés au niveau du réseau sur le raccordement de la machine par le client pour isoler l'équipement et le protéger contre les dépassements de pression, température, tension, ... admissibles.

**La machine est équipée de ses propres vannes d'isolement, accessibles facilement par l'opérateur.**

#### 4.3.1. Raccordement électrique

Le raccordement électrique du pilote est réalisé sur le réseau électrique triphasé 3x400V + N + T, protection nécessaire 16 A.

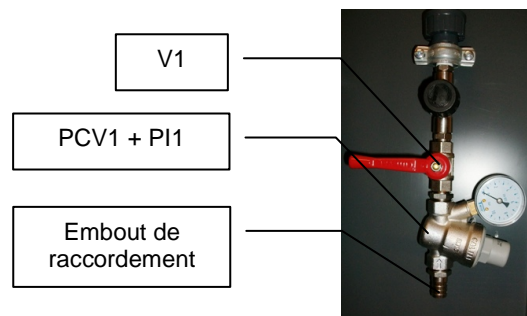
Il est demandé sur le réseau électrique :

- une protection différentielle amont de haute sensibilité 30mA.
- un raccordement sur fiche débrochable (unité mobile) ou sur canalis (unité fixe).

Disposer le câble d'alimentation en dehors de la zone de passage.

### 4.3.2. Raccordement au réseau d'eau de ville

Raccorder l'unité en amont de la vanne V1 sur le réseau eau de ville du hall à l'aide d'un tuyau flexible en vinyle armé et de colliers de serrage adaptés.



### 4.3.3. Raccordement au réseau d'évacuation des eaux usées

L'unité présente plusieurs points d'évacuation qui sont tous ramenés au niveau d'une clarinette de vidange.

Connecter la clarinette de vidange à l'aide d'un tuyau flexible en vinyle armé et de colliers de serrage adaptés jusqu'au point de collecte des eaux usées. Vérifier le positionnement du bouchon d'isolement sur la clarinette : le bouchon est placé au niveau du raccord union du côté opposé au flexible de vidange.



L'évacuation doit être gravitaire et libre (pression atmosphérique) : le système d'évacuation doit être en dessous des douilles de raccordement.

L'évacuation est de type continu.

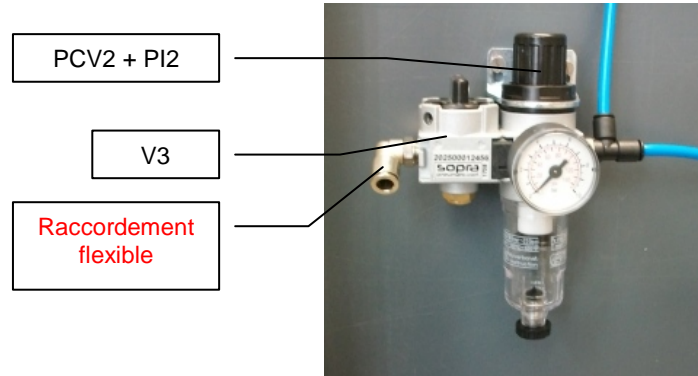
#### 4.3.4. Raccordement au réseau d'air comprimé

L'unité doit être raccordée à un réseau d'air comprimé dit « air instrumentation » propre, sec et déshuilé.

La pression d'alimentation doit être conforme à la valeur indiquée sur la plaque d'identification fixée sur l'unité.

Un flexible type RILSAN Ø6x8 mm sera connecté entre le réseau général muni d'une vanne de barrage et l'unité, au niveau du sectionneur du détendeur.

Le détendeur est muni d'un sectionneur V3 qui permet de couper l'arrivée d'air sur l'unité et de purger les circuits en aval.



# **BANC DE RÉGULATION MULTI-BOUCLES**

**CEB/1000**

## **MANUEL PEDAGOGIQUE**

NOTICE ORIGINALE

### **5. NOTICE D'UTILISATION DU PILOTE**

## 5.1. VÉRIFICATION DU PILOTE

### 5.1.1. Vérifications des raccordements aux utilités

Vérifier que le pilote est raccordé aux différentes utilités nécessaires :

- Réseau électrique
- Réseau d'eau de ville
- Réseau d'évacuation des eaux usées
- Réseau d'air comprimé

### 5.1.2. Vérification de l'état de propreté de l'unité

**Lire les annotations notées dans le carnet de manipulation** pour connaître les dernières manipulations réalisées sur l'unité pour s'assurer qu'il n'y a pas de contre indications avec la manipulation que l'on souhaite réaliser.

**Vérifier l'état de propreté de l'unité :**

**Nb:** le nettoyage de l'unité fait partie intégrante de la manipulation et les conditions de nettoyage doivent être spécifiées à chaque manipulation dans le carnet de manipulation.

Il est donc important de vérifier que le nettoyage a été réalisé.

**Vérifier les points suivants :**

Toutes les vannes procédées doivent être fermées

Au niveau des surfaces extérieures : absence de traces de réactifs et de produits

Au niveau des surfaces internes : absence de traces de réactifs ou de produits

**Si un des points n'est pas respecté, il est important de réaliser la procédure de nettoyage et de vidange totale avant d'utiliser à nouveau l'unité.**

### 5.1.3. Etat des vannes

Toutes les vannes de l'installation sont fermées : seules les vannes utiles seront ouvertes au fur et à mesure de la détermination du circuit à utiliser.

La vanne de régulation est dans son état de repli : elle est donc ouverte.

## 5.2. DÉMARRAGE DE L'UNITÉ

### 5.2.1. Mise sous tension de l'unité

- Vérifier que le pilote est branché au réseau demandé sur sa plaque d'identification.
- Basculer le sectionneur général sur « I » : le coffret est sous tension mais pas les organes de commande. Le voyant blanc s'allume.
- Vérifier que l'arrêt d'urgence n'est pas enclenché sinon le déverrouiller.
- Appuyer sur le bouton « **MARCHE GENERALE** » pour mettre sous tension les éléments. Le voyant vert du bouton s'allume.

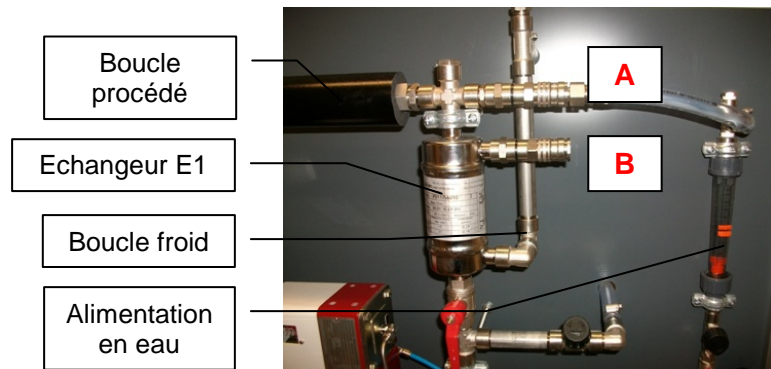
A ce stade, l'unité est sous tension mais l'absence d'eau dans la cuve doit faire allumer le voyant des boutons rouge « **ARRET POMPE** » et « **DEFAUT NIVEAU CHAUFFE** ».

### 5.2.2. Réglage de la pression d'eau d'alimentation

- Vérifier que le flexible d'alimentation en eau est bien connecté au pilote.
- Ouvrir la vanne d'arrivée générale d'eau du réseau.
- Connecter le raccord rapide en point A ou B.

Connexion en A :  
L'eau alimente la boucle procédé, côté chaud de l'échangeur thermique.

Connexion en B :  
L'eau alimente l'échangeur thermique E1 côté refroidissement.



- Ouvrir V1 et V2 pour faire circuler l'eau et purger le flexible d'alimentation.
- Fermer V1 et lire la pression sur le détendeur (PI1)
- A l'aide d'un tournevis, régler la pression du détendeur entre 2 et 3 bar environ :
  - Tourner dans le sens horaire pour augmenter la pression,
  - Tourner dans le sens anti-horaire pour abaisser la pression.
- Ouvrir et refermer V1 pour relâcher la pression et vérifier la nouvelle pression de réglage.
- Fermer V1.



### 5.2.3. Réglage de la pression d'air comprimé

- Vérifier que le flexible d'alimentation en air comprimé est bien connecté au pilote (vérifier qu'il est bien enfoncé dans les raccords rapides).
- Vérifier que le détendeur est en position « ouverte » soit en détente totale : la mollette du détendeur est totalement dévissée (sens antihoraire).
- Ouvrir la vanne d'arrivée générale d'air comprimé du réseau.
- Basculez le sectionneur V3 du détendeur en position « ouverte » ou de « passage » pour alimenter le détendeur en air.
- A l'aide de sa mollette, régler la pression d'air du détendeur entre les valeurs notées sur la plaque de la vanne (2-2,1 bar) :
  - Soulever le bouton,
  - Tourner dans le sens horaire pour augmenter la pression,
  - Tourner dans le sens anti-horaire pour abaisser la pression.
  - Abaisser le bouton pour bloquer toute modification involontaire.

### 5.2.4. Remplissage de la cuve d'alimentation

- Vérifier que la vanne de vidange V7 est fermée.
- Vérifier que la vanne d'évacuation d'eau V4 est fermée.
- Ouvrir la vanne d'isolement V5 du retour de la boucle à la cuve.
- Enlever le couvercle de la cuve et vérifier sa propreté. Au besoin, enlever tout corps étranger pouvant être aspiré et pouvant endommager la pompe.
- Raccorder la ligne d'eau froide au point A à l'aide du raccord auto-obturant.
- Ouvrir V1 puis entrouvrir V2 pour régler le débit de remplissage souhaité.
- Lorsque le niveau souhaité est atteint, fermer V1.
- Remettre le couvercle en place.

#### **ATTENTION**

Ne jamais laisser tomber dans le bac des objets pouvant être aspirés par la pompe malgré la grille d'aspiration. Si cela se produit, arrêter immédiatement la pompe et la chauffe puis procéder à l'intervention de nettoyage avec unité refroidie et hors tension.

## 5.2.5. Démarrage de la pompe P1

### ATTENTION

Lors de la première mise en service ou lorsque l'unité a été déconnectée puis reconnectée au réseau électrique, il convient de s'assurer du sens de rotation de la pompe P1. Si la pompe ne tourne pas dans le bon sens, faire inverser deux phases au niveau de la prise par une personne habilitée électriquement, unité hors tension et consignée.

- Vérifier la présence d'eau dans B1 à un niveau suffisant pour que le voyant rouge « **ARRET POMPE** » soit éteint.
- Vérifier que V4 est fermée.
- Entrouvrir V5.

En version de base :

- Appuyer sur le bouton vert « **MARCHE POMPE** » pour mettre en route P1 : la pompe démarre.

Avec option O2 :

- Basculer le sélecteur de fonctionnement de la pompe P1 sur « **MARCHE** ».
- Appuyer sur le bouton vert « **MARCHE POMPE** » pour mettre en route P1 : la pompe démarre.
- Laisser la pompe s'amorcer et le débit s'établir dans la boucle de circulation en ouvrant V5.
- Appuyer sur le bouton rouge « **ARRET POMPE** » pour arrêter la pompe afin de préparer le câblage et les circuits.

Le banc est prêt à fonctionner

### REMARQUE

Lors de la première mise en service ou après vidange du circuit d'aspiration, la pompe doit s'amorcer et de nombreuses bulles d'air peuvent circuler durant quelques minutes dans le circuit procédé. Ces bulles vont disparaître lorsque le système sera bien amorcé. Pour faciliter l'amorçage, toujours démarrer la pompe à vitesse maximum avec refoulement bridé et remplir à nouveau B1 si le niveau diminue trop.

Voir partie 5.7.5 pour la mise en route de la pompe P1 avec l'option O2 variateur.

### 5.3. CONFIGURATION DES CAPTEURS

L'unité est équipée de dix capteurs dont 5 en option.

Certains capteurs sont configurés d'usine et l'utilisateur ne peut pas intervenir dessus.

D'autres sont réglables, configurables.

D'autres encore permettent la lecture de la mesure mais ne sont pas transmis.

Quelle que soit la configuration des capteurs transmis, leur signal sera traité en 0 – 100% sur les régulateurs.

#### REMARQUE

La compréhension du câblage du capteur, de sa configuration, de son calibrage, de la configuration de l'entrée régulateur associée... peut faire l'objet d'une partie du TP selon le niveau des utilisateurs. Une partie étude de la documentation concernant le principe de mesure du capteur est également intéressante.

***Voir notices d'utilisation des capteurs dans le dossier technique de l'unité pour plus de détails.***

#### 5.3.1. Transmetteur de niveau LIT1

La mesure de niveau dans B1 est effectuée par le biais d'un capteur de pression différentielle entre le pied de B1 et l'atmosphère (B1 étant à ciel ouvert).

Le transmetteur mesure une différence de pression qui est directement convertible en niveau : 1 mbar = 1 cm de colonne d'eau.

Le transmetteur est configuré d'usine (constructeur) sur une gamme de 0 à 500 mbar. Le transmetteur est reconfiguré en capteur de niveau sur une plage correspondant aux dimensions de la cuve, du pied à la surverse : 0 à 100% soit 0 à 30 mbar.

Le 4 mA correspondra au zéro du transmetteur et au niveau 0 % dans la cuve B1.

Le 20 mA correspondra au niveau 100% dans la cuve B1 (début surverse, environ 30cm = 30mbar).

Capteur	Gamme de mesure	Signal de mesure
Transmetteur de niveau LIT1	500 mbar	4 mA = 0 % (= 0 mbar) 20 mA = 100 % (= 30 mbar)

### 5.3.1.1. Fonctionnement du capteur

- La cellule pression haute du capteur est connectée au pied de cuve par le biais d'un flexible type capillaire et d'une vanne d'isolement. Ce flexible est en eau et est purgé de toute bulle d'air ayant pu s'y introduire.
- La cellule pression basse du capteur est connectée au ciel de cuve (ou à l'atmosphère dans le cas d'une cuve ouverte). Cette cellule est en air et est purgée de toute trace de liquide.

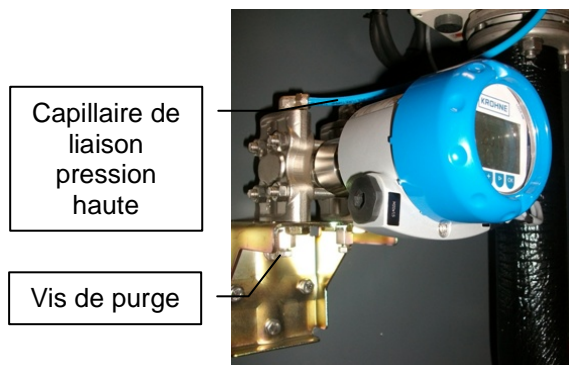
La différence de pression entre ces deux cellules est proportionnelle au niveau de liquide dans la cuve.

Avant toute utilisation du capteur, le circuit de mesure sera purgé et le zéro sera vérifié. Pour plus de précision et selon le niveau des utilisateurs, le réglage du 4-20 mA du capteur sera effectué.

### 5.3.1.2. Purge du circuit de mesure

Des bulles d'air peuvent se stocker dans le tuyau de liaison (capillaire) pression haute. Il est donc nécessaire de purger ce tuyau pour s'assurer de la cohérence des mesures.

- S'assurer que la cuve B1 contient suffisamment de liquide (50%).
- Ouvrir V6.
- Placer un petit b cher sous les vis de purge du transmetteur.
- Avec une petite clé plate, ouvrir la vis de purge associée à la chambre de mesure pression haute.
- Laisser s'écouler le fluide afin de purger le flexible.
- Refermer la vis de purge.
- Laisser V6 ouverte.



Le circuit de mesure est purgé.

### REMARQUE

La vanne V6 permet d'isoler le capteur pour effectuer la maintenance. Elle permet également de créer des défauts sur le circuit de mesure. En fonctionnement normal elle doit rester ouverte pour assurer une mesure correcte.

### 5.3.1.3. Vérification du zéro et de la cohérence des mesures

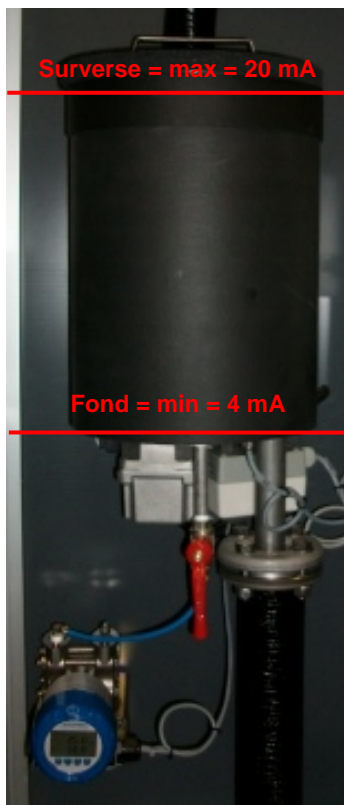
Afin de vérifier que la chaîne de mesure est correcte, on va vérifier le zéro du capteur.

- Vérifier que V6 est ouverte et que le circuit de mesure est purgé.
- Ouvrir V7 pour vider B1.
- Vérifier que le LIT1 affiche 0%.
- Fermer V7.
- Remplir B1 jusqu'à la surverse.
- Vérifier que LIT1 affiche 100%.

### 5.3.1.4. Réglage du zéro et du 4-20 mA

Pour plus de précision, le réglage du zéro (correction de la position de montage) et du 4-20 mA sera fait avant toute opération de régulation.

- Vérifier que le capillaire est purgé.
- Ouvrir V7 pour vider B1.



- Ouvrir le capot de protection de l'affichage du transmetteur.
- Appuyer sur OK pour entrer dans le menu.
- Sélectionner « Mise en service rapide » puis appuyer sur OK.
- Faire défiler les paramètres avec > jusqu'à afficher « Pression différentielle » et « Pression statique » puis appuyer sur OK.
- Dans le menu « Correction position montage », sélectionner « Correction automatique » puis OK : le capteur règle automatiquement la valeur de l'offset puis revient à la page d'affichage pression.
- Appuyer sur > pour accéder au paramètre « Réglage Min. » : suite au zéro fait avant, le capteur doit afficher 0 % = 0 mbar. Valider cette valeur de 0 comme signal de sortie 4 mA.
- Remplir la cuve jusqu'à la surverse. Noter la valeur mesurée.
- Aller ensuite au paramètre « Réglage Max. ».
- Entrer la valeur notée précédemment. Valider cette valeur comme signal de sortie 20 mA.
- Revenir en mode mesure.
- Refermer le capot de protection de l'afficheur.

### 5.3.2. Transmetteurs de température TE1/TT1, TE2/TT2

Les capteurs de température sont des sondes Pt100Ω en inox. Elles sont raccordées directement sur des convertisseurs 4-20 mA (placés dans l'armoire) qui transmettent alors la température sous forme d'un signal 4-20 mA.

Les sondes Pt100 peuvent travailler sur une gamme de température largement supérieure aux possibilités de l'unité.

Les convertisseurs sont configurés d'usine sur une gamme légèrement supérieure à la plage de service normale de l'unité. Ils ne peuvent pas être reconfigurés par l'utilisateur.



Capteur	Gamme de mesure	Signal de mesure
Transmetteurs de température TT1, TT2	-50 à +180°C	4 mA = 0 °C 20 mA = 100 °C

Le principe de mesure est basé sur le fait que généralement, la résistance électrique des métaux augmente avec la température.

Les sondes Pt100 possèdent un élément sensible en platine dont la résistance électrique à 0°C est de 100Ω et dont les caractéristiques (variation / température) sont normées. En faisant circuler un courant de faible ampérage dans la sonde et en appliquant la loi d'Ohm  $U=RI$ , la mesure de la tension aux bornes de la sonde permet la mesure de la résistance électrique et, après conversion, la mesure de la température.

### 5.3.3. Thermomètres digitaux TI3, TI4 (option O4)

Les capteurs TI3 et TI4 sont des thermomètres digitaux qui permettent la mesure et l'affichage en local des températures. Ils ne sont pas transmis au niveau du coffret électrique.



Capteur	Gamme de mesure	Signal de mesure
Thermomètres digitaux TI3, TI4	-40 à +180°C	Pas de transmission

Les thermomètres digitaux électroniques représentent une large gamme d'appareil. Leur classe de précision, de rapidité et de fonctionnalités dépendent de leur fabrication et de l'usage auquel ils sont destinés.

Leur principe de fabrication est basé sur la variation d'une propriété physique (variation de résistance électrique) en fonction de la température. Les éléments sensibles peuvent être des sondes Pt100, des thermocouples, des thermistances...

### 5.3.4. Transmetteur de débit FIT1

Le débit de circulation dans la boucle procédé est mesuré par le biais du transmetteur de débit électromagnétique FIT1.

Le transmetteur est configuré d'usine (constructeur) sur une gamme de 0 à 2500 L/h. Afin d'affiner les mesures, le transmetteur est reconfiguré sur une plage de 0 à 1000 L/h correspondant au point de fonctionnement maximum de l'unité.

Le 4 mA correspondra à un débit nul (pompe à l'arrêt ou vanne fermée).

Le 20 mA correspondra au débit max de 1000 L/h.

Capteur	Gamme de mesure	Signal de mesure
Transmetteur de débit FIT1	0-2500 L/h	4 mA = 0 L/h 20 mA = 1000 L/h

#### 5.3.4.1. Fonctionnement du capteur

Le fluide conducteur coule à l'intérieur du tube de mesure isolé électriquement. Un champ magnétique est généré dans le tube de mesure et induit une tension dans le fluide. Ce signal de tension est proportionnel à la vitesse d'écoulement et donc au débit.

Ce capteur ne fonctionne qu'avec des liquides conducteurs. En cas d'utilisation d'eau déminéralisée, le transmetteur ne mesurera aucun débit.

#### 5.3.4.2. Réglage du 4-20 mA

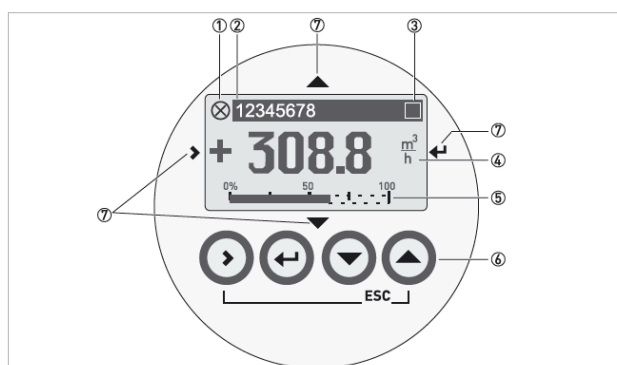


Figure 6-1: Eléments d'affichage et de commande (exemple : affichage de débit avec 2 valeurs mesurées)

- ① Signale un message d'état dans la liste d'états, si existant
- ② Repère du point de mesure (n'est indiqué que si ce numéro a été programmé auparavant par l'opérateur)
- ③ Signale l'utilisation d'une touche
- ④ 1ère valeur mesurée en grand affichage
- ⑤ Affichage sous forme de bargraphe
- ⑥ Touches tactiles pour la programmation lorsque le boîtier est ouvert (voir la description dans le tableau ci-dessous)
- ⑦ Touches magnétiques pour la programmation lorsque le boîtier est fermé (voir la description dans le tableau ci-dessous)

#### INFORMATION !

- Après 5 minutes sans avoir actionné de touches, retour automatique au mode mesure. Les données venant d'être modifiées ne sont pas enregistrées.

Touche	Mode de mesure	Mode de menu	Sous-menu ou mode de fonction	Paramètre et mode données
>	Commutation du mode de mesure au mode de menu ; appuyer sur la touche pendant 2,5 secondes, puis affichage du menu « Quick start »	Accès au menu, puis affichage du 1er sous-menu	Accès au sous-menu ou à la fonction affichée	En cas d'affichage de chiffres, déplacement du curseur d'une position vers la droite
←	Réinitialisation de l'affichage	Retour au mode de mesure, après demande si les données modifiées doivent être enregistrées	Actionner 1 à 3 fois, retour au mode de menu avec enregistrement des données	Retour au sous-menu ou à la fonction avec enregistrement des données
↓ ou ↑	Commutation entre pages d'affichage : valeurs mesurées 1 + 2, tendance et liste d'état	Sélect. du menu	Sélect. du sous-menu ou mode de fonction	Utiliser le curseur en surbrillance pour modifier un chiffre, l'unité, la propriété ou pour déplacer la virgule décimale
Esc (> + ↑)	-	-	Retour au mode de menu sans prise en charge des données	Retour au sous-menu ou à la fonction sans prise en charge des données

Tableau 6-1: Description de la fonction des touches

- Ouvrir le capot de protection de l'affichage du transmetteur ou utiliser le stylo magnétique fourni avec l'unité.
- Appuyer sur > durant plus de 2,5s puis relâcher.
- Appuyer sur ↑ ou ↓ pour sélectionner « Quick setup ».
- Entrer dans le menu avec >.
- Appuyer sur ↑ ou ↓ pour sélectionner « Sorties analogiques ».
- Entrer dans le sous-menu avec >.
- Appuyer sur ↑ ou ↓ pour sélectionner « Echelle De mesure ».
- Entrer dans le paramètre avec > et sélectionner « 0...1000 L/h ».
- Valider avec ← et retourner au sous menu.
- Appuyer sur ↑ ou ↓ pour sélectionner « Cste de temps ».
- Entrer dans le paramètre avec > et sélectionner « 3 s ».
- Valider avec ← et retourner au sous menu.
- Revenir en mode mesure en appuyant sur ← autant que nécessaire.
- Refermer le capot de protection de l'afficheur si nécessaire.



### 5.3.5. Débitmètre à flotteur FI2

Le capteur FI2 est un débitmètre à flotteur qui permet la mesure et l'affichage en local du débit d'alimentation. Il n'est pas transmis au niveau du coffret électrique.

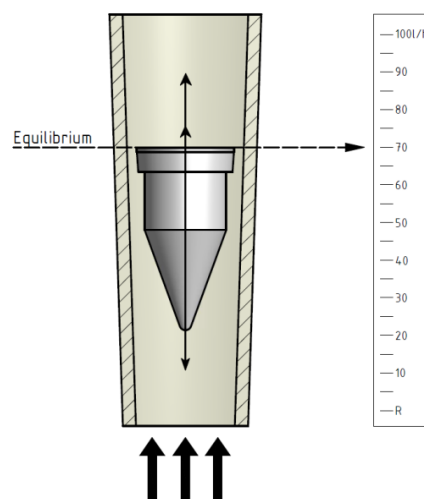


Capteur	Gamme de mesure	Signal de mesure
Débitmètre à flotteur FI2	40 à 400 L/h	Pas de transmission

Les débitmètres à flotteur également appelés rotamètres permettent la mesure de débits de liquide ou d'air dans les tuyauteries. Ils sont généralement placés à la verticale, le fluide entrant par le bas. Ils sont constitués d'un tube conique, plus large en haut et d'un flotteur spécialement profilé.

La force de frottement générée par le passage du fluide entre le flotteur et la paroi permet le soulèvement du flotteur jusqu'à ce que toutes les forces en présence (friction, apesanteur, flottabilité) s'équilibrent. Cette position d'équilibre permet la lecture sur l'échelle graduée du tube. Chaque débitmètre est étalonné par rapport à un fluide, sa densité, sa viscosité, sa pression...

Selon la forme du flotteur, l'arête de lecture diffère.



### 5.3.6. Transmetteur de débit FIT2 (option O5)

Le débit d'alimentation en eau peut être mesuré par le biais du transmetteur de débit à ailettes FIT2.

Le transmetteur est configuré d'usine (constructeur) sur une gamme de 0 à 360 L/h qui convient au fonctionnement de l'unité.

Le 4 mA correspondra à un débit nul.

Le 20 mA correspondra au débit max de 1000 L/h.

Capteur	Gamme de mesure	Signal de mesure
Transmetteur de débit FIT2	0 à 360 L/h	4 mA = 0 L/h 20 mA = 360 L/h

Pour aller plus loin, il est possible de modifier la configuration du transmetteur.

#### 5.3.6.1. Fonctionnement du capteur

Le fluide coule à l'intérieur de la chambre contenant un rotor monté sur palier, comprenant des aimants encapsulés. Lorsque le fluide circule, il fait tourner le rotor plus ou moins vite en fonction du débit. Les aimants vont transmettre le mouvement de rotation à un capteur de Hall monté dans le boîtier. Le capteur transforme le mouvement de rotation en un signal de fréquence proportionnel au débit. Un convertisseur de mesure transforme ce signal en un signal analogique 4-20 mA.

#### 5.3.6.2. Réglage du 4-20 mA

Pour configurer le transmetteur :

- Tenir appuyée 3s la touche « PROG » : « GENERAL ADJUSTM. » s'affiche.
- Avec les flèches, sélectionner « ANALOGUE OUTPUT » puis appuyer sur « PROG ».
- Régler les paramètres comme souhaité :

Paramètre	Fonction	Valeur d'usine
aLIFE0	Choix sortie : 4-20 mA ou 0-20 mA	4 mA
aLowFlo	Valeur du 0/4 mA	0 L/min = 0 L/h
aHighFlo	Valeur du 20 mA	60 L/min = 360 L/h

- Attendre quelques secondes et le transmetteur revient en mode mesure.

### 5.3.7. Transmetteurs de pression relative PT1, PT2 (options O3 et O6)

Les capteurs de pression relative sont de type piézorésistifs à membrane métallique.

Le convertisseur 4-20 mA est directement intégré au capteur.

Le capteur mesure une pression qui est transmise sous forme d'un signal 4-20 mA aux indicateur et régulateurs.

Ces capteurs sont configurés d'usine sur une gamme supérieure à la plage de service normale de l'unité. Ils ne peuvent pas être reconfigurés par l'utilisateur.

Capteur	Gamme de mesure	Signal de mesure
Transmetteur de pression relative PT1	0 à 4 bar	4mA = 0 bar 20mA = 4 bar
Transmetteur de pression relative PT2	-200 à +200 mbar	4mA = -200 mbar 20mA = +200 mbar

Le principe de mesure est basée sur les variations de résistance de jauges piézorésistives lors de leur mise sous contrainte mécanique.

Les jauges piézorésistives implantées sur la cellule de mesure ont une résistance définie au repos. Sous l'action de la pression appliquée, la membrane se déforme et crée des contraintes mécaniques sur les jauges dont la résistance va varier proportionnellement à la pression appliquée. L'électronique intégrée au capteur va transformer et amplifier ces variations pour les traduire en un signal analogique 4-20 mA.

## 5.4. CONFIGURATION DES ACTIONNEURS

L'unité est équipée de quatre actionneurs dont 2 en option.

Certains actionneurs sont configurés d'usine et l'utilisateur ne peut pas intervenir dessus.  
D'autres sont réglables.

Quelle que soit la configuration des actionneurs, leur signal de commande sera traité en 0 – 100% sur les régulateurs.

### REMARQUE

La compréhension du câblage de l'actionneur, de sa configuration, de son fonctionnement... peut faire l'objet d'une partie du TP selon le niveau des utilisateurs.  
Une partie étude de la documentation concernant le principe de fonctionnement de l'actionneur est également intéressante.

***Voir notices d'utilisation des actionneurs dans le dossier technique de l'unité pour plus de détails.***

### 5.4.1. Vanne de régulation VR1

La vanne VR1 est de type normalement ouverte par manque d'air ou d'électricité. A l'arrêt cette vanne est donc ouverte et le débit circulant dans son circuit est maximal.

La vanne VR1 est de type pneumatique : son actionneur et son positionneur sont pneumatiques.

Elle est couplé à un convertisseur I/P FY1 permettant de convertir le signal de commande (puissance de sortie) électrique 4-20 mA provenant du régulateur en un signal de commande pneumatique :

- Signal de 4 mA converti en 0,2 bar de pression d'air : la puissance de sortie est de 0% (vanne ouverte).
- Signal de 20 mA converti en 1 bar de pression d'air : la puissance de sortie est de 100% (vanne fermée).

Ce fonctionnement n'est pas modifiable par l'utilisateur (sauf utilisateur confirmé). Pour des raisons de sécurité de fonctionnement de l'unité, ce sens d'action ne sera pas modifié.

En revanche celui-ci peut régler mécaniquement le CV de la vanne. En effet la vanne de régulation est de type Cv variable. L'utilisateur peut le régler entre 0,9 et 2,3.

L'influence de la valeur de Cv sur le fonctionnement de la vanne peut faire l'objet d'une étude spécifique.

Il peut également régler mécaniquement les points de déclenchement (ouverture, fermeture, amplitude du positionneur) pour une approche maintenance.

### 5.4.2. Vanne de régulation VR2 (option O5)

La vanne VR2 est de type normalement fermée par manque d'électricité. A l'arrêt cette vanne est donc fermée et le débit circulant dans son circuit est nul.

La vanne VR2 est de type électrovanne proportionnelle.

Son ouverture va être pilotée par son électronique de commande, elle-même pilotée par le régulateur comme suit :

- Signal de 4 mA, la puissance de sortie est de 0% (vanne fermée).
- Signal de 20 mA, la puissance de sortie est de 100% (vanne ouverte).

Des paramètres peuvent être ajustés dans l'électronique de commande afin d'adapter au mieux l'électrovanne au procédé à réguler :

- La limite de courant inférieure est la valeur de courant à laquelle la vanne commence tout juste de s'ouvrir. Elle correspond à la valeur de 0%.
- La limite de courant supérieure est la valeur de courant à laquelle la vanne laisse passer précisément le débit maximal. Elle correspond à la valeur de 100%.

En fonction du circuit procédé sur lequel la vanne est installée, les valeurs doivent donc être ajustées précisément sur chaque circuit, dans les conditions de fonctionnement normales.

### 5.4.3. Résistance de chauffe TZ1 associée au relais statique TY1

La résistance TZ1 a une puissance totale de 6 kW. Elle est pilotée par le relais statique TY1 non configurable.

Le pilotage du relais statique est le suivant :

- Signal de 4 mA : la puissance de sortie (donc de chauffe) est de 0%.
- Signal de 20 mA : la puissance de sortie (donc de chauffe) est de 100%.

Cet actionneur est configuré d'usine et ne peut être modifié.

Le fonctionnement du relais statique peut être étudié

### 5.4.4. Variateur de vitesse SY1 (option O2)

Le variateur de vitesse est piloté par un signal 4-20 mA :

- Signal de 4 mA, la puissance de sortie est de 0% (fréquence de 15Hz).
- Signal de 20 mA, la puissance de sortie est de 100% (fréquence maxi de 50 Hz).

Pour des raisons de protection du moteur de la pompe (ventilation nécessaire pour éviter la surchauffe), le variateur ne peut descendre en dessous de 15 Hz.

Le variateur n'est pas accessible à la configuration par un utilisateur non habilité.

## 5.5. CONFIGURATION ET UTILISATION DES RÉGULATEURS

Le régulateur maître est le régulateur Eurotherm 2216. Le régulateur esclave est le régulateur Eurotherm 2408.

Les régulateurs devant travailler avec divers capteurs et actionneurs, ils vont être configurés en 0-100% sur l'entrée comme sur la sortie.

L'utilisateur fera la conversion entre l'échelle 0-100% et l'échelle en valeur vraie du capteur ou de l'actionneur.

Le régulateur esclave possède une entrée consigne externe sur laquelle l'utilisateur câblera la sortie du régulateur maître pour l'étude des boucles cascade. Un interrupteur (noté sélecteur de consigne) permet de switcher entre la consigne locale et la consigne externe.

L'entrée consigne externe sera également configurée en 0-100% ce qui permet au régulateur d'être adapté à tous les capteurs. L'utilisateur fera la conversion entre l'échelle 0-100% et l'échelle en valeur vraie du capteur.

Pour chaque boucle de régulation, l'utilisateur devra déterminer le sens du procédé et donc le sens d'action du régulateur (inverse du procédé).

Les régulateurs sont configurés avec des codes d'accès de façon à ce qu'un utilisateur non averti ne puisse pas entrer dans le mode de configuration mais puisse atteindre les paramètres à modifier nécessaires pour l'étude de la régulation. Ces codes sont donnés dans la fiche de configuration fournie dans le dossier technique livré avec l'unité. Cependant un utilisateur averti pourra prendre en main la configuration manuellement ou à l'aide du logiciel iTools.

Les régulateurs sont configurés comme suit en configuration d'usine :

Paramètre	Régulateur Maître 2216	Régulateur Esclave 2408
Sens d'action	A déterminer	A déterminer
Linéarisation	Linéaire MV	Linéaire MV
Entrée	4 mA = 0 % échelle capteur 20 mA = 100 % échelle capteur	4 mA = 0 % échelle capteur 20 mA = 100 % échelle capteur
Entrée consigne externe		4 mA = 0 % 20 mA = 100 %
Sortie	4 mA = 0% 20 mA = 100%	4 mA = 0% 20 mA = 100%
P.I.D	A déterminer	A déterminer

### ATTENTION



















**NE JAMAIS CONNECTER LA SORTIE DES REGULATEURS SUR UN CAPTEUR  
SOUS PEINE DE L'ENDOMMAGER**

Définition des paramètres :

Paramètre	Définition
PV	Process Value : mesure
SP	SetPoint : consigne
OP	OutPut : sortie

### 5.5.1. Réglage du sens d'action

Le réglage du sens d'action se fait dans le menu Conf / Inst, paramètre Act. Lorsque le régulateur est en configuration, il est en hold et n'effectue plus son rôle de régulateur. Il est conseillé d'arrêter l'unité le temps de faire les réglages pour éviter tout risque de débordement ou arrêt intempestif.

- Appuyer sur  plusieurs fois pour atteindre **ACCS List**.
- Appuyer sur  pour valider.
- Entrer le code d'accès utilisateur ACCP avec les boutons  et .
- Appuyer sur  pour valider.
- Sélectionner le menu **Conf** avec les boutons  et .
- Appuyer sur  pour valider.
- Entrer le code d'accès configuration cnFP avec les boutons  et .
- Sélectionner le menu **inSt** avec le bouton .
- Faire défiler les paramètres de ce menu avec le bouton  jusqu'au paramètre **Act**.
- Sélectionner le sens d'action direct **dir** ou inverse **rEv** avec les boutons  et .
- Valider avec le bouton .
- Appuyer sur le bouton  jusqu'à faire afficher **Exit**.
- Sélectionner **YES** avec les boutons  et .
- Le régulateur enregistre alors les modifications et redémarre.

#### REMARQUE

Dans ce même menu l'utilisateur peut régler le type de régulation : PID, On/Off ou VP. Nous n'étudierons dans cette notice que le mode PID.







## 5.5.2. Passage en mode manuel / automatique

### REMARQUE

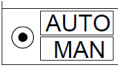


En mode manuel, la consigne SP est inactive même si une valeur est réglée. En mode manuel, c'est la valeur de sortie OP entrée manuellement qui pilote l'actionneur. Le régulateur ne tient pas compte de la consigne réglée.

En mode automatique, c'est la consigne SP entrée manuellement que le régulateur utilise pour calculer la valeur de sortie OP à appliquer. L'utilisateur ne peut pas modifier la valeur de sortie dans ce mode.

#### 5.5.2.1. Pour le régulateur Maître 2216

- Appuyer sur  jusqu'à faire afficher **m-A**.
- A l'aide des flèches  et , sélectionner :
  - **mAn** pour passer en mode manuel,
  - **Auto** pour passer en mode automatique.
- Appuyer sur  jusqu'à revenir au mode affichage.
- Une icône **MAN** s'affiche lorsque le régulateur est en manuel, rien en mode automatique.
- A l'aide des flèches  et , régler la valeur de la sortie OP.











#### 5.5.2.2. Pour le régulateur Esclave 2408

- Appuyer sur  pour sélectionner le mode manuel ou automatique.
- Une icône **MAN** ou **AUTO** est affichée.
- A l'aide des flèches  et , régler la sortie (en mode manuel) ou la consigne (en mode automatique).







### 5.5.3. Réglage des paramètres P.I.D.

En automatique, le régulateur utilise les paramètres PID réglés par l'utilisateur.  
Pour régler ces paramètres :

- Appuyer sur  jusqu'à faire afficher **Pb**.
- A l'aide des flèches  et , régler la valeur souhaitée.
- Appuyer sur  pour valider et afficher le paramètre **ti**.
- A l'aide des flèches  et , régler la valeur souhaitée.
- Appuyer sur  pour valider et afficher le paramètre **td**.
- A l'aide des flèches  et , régler la valeur souhaitée.
- Appuyer sur  pour valider et revenir au mode affichage.

Il est également possible de faire un tune :

- Appuyer sur  jusqu'à faire afficher **tunE**.
- A l'aide des flèches  et , sélectionner **On**.
- Appuyer sur  pour valider puis pour revenir en mode affichage.

## 5.6. UTILISATION D'UN GÉNÉRATEUR 4-20 MA

Du fait de la complexité du système et du nombre d'actionneurs, il peut être utile de « forcer » l'un de ces actionneurs pour réaliser l'étude d'une boucle de régulation. Dans ce cas, il sera nécessaire d'utiliser un générateur de signal 4-20 mA.

Le générateur 4-20 mA, comme son nom l'indique, génère un signal de sortie de 4 à 20 mA qui sera appliqué sur l'un des actionneurs dans la gamme suivante :

$$\begin{aligned} 0\% &= 4 \text{ mA} \\ 100\% &= 20 \text{ mA} \end{aligned}$$

### ATTENTION

**NE JAMAIS CONNECTER LE GENERATEUR 4-20 mA SUR UN CAPTEUR SOUS PEINE DE L'ENDOMMAGER**

## 5.7. PROCÉDURE D'UTILISATION DE L'UNITÉ

Pour toutes les boucles de régulation, la procédure est identique :

### 5.7.1. Identifier la boucle à étudier

A l'aide du ou des schémas P&ID, déterminer quelle va être la boucle à étudier.

- Quel est le circuit hydraulique ?
- Quels sont les capteurs et actionneurs ?
- Le sens du procédé est-il identifié ? Si non, il sera testé lors de la mise en service de la boucle.
- Quels sont les équipements nécessaires au fonctionnement de la boucle ?
- Y a-t-il une autre boucle de régulation nécessaire au fonctionnement ?
- Si oui, les paramètres de régulation sont-ils définis ?
- Dans quel ordre faut-il réaliser la mise en service des équipements ?
- Une perturbation peut-elle être faite pour éprouver le système ?

### 5.7.2. Créer le circuit procédé

- Vérifier que toutes les vannes manuelles sont fermées.
- Ouvrir uniquement les vannes nécessaires au circuit procédé de la boucle.
- Ouvrir les vannes nécessaires au circuit des équipements ou boucles devant être également mis en service pour faire fonctionner la boucle étudiée.

#### 5.7.2.1. Création de la boucle de circulation en circuit fermé sur B1

La pompe aspire l'eau dans la cuve B1 et la refoule à travers VR1 (NO) puis V5 puis l'échangeur E1.

- Vérifier que V4 et V7 sont fermées.
- Ouvrir V5.
- Connecter la ligne d'alimentation en A.
- Ouvrir V1 et fixer le débit d'alimentation à X L/h à l'aide de V2.
- Remplir la cuve à X%.
- Refermer V1.
- La pompe pourra alors être démarrée.

#### REMARQUE

Le remplissage de B1 dépend du travail à effectuer. Le niveau doit être au minimum de 20-25% pour pouvoir fonctionner avec la pompe (si les canalisations sont déjà remplies)

### **5.7.2.2. Création de la boucle de circulation en circuit ouvert (alimentation et évacuation continues)**

L'eau est introduite en continu dans la cuve B1. La pompe aspire l'eau et la refoule à travers VR1 (NO) puis l'évacue par V4 (réglable).

- Vérifier que V5 et V7 sont fermées.
- Ouvrir V4 et vérifier que l'évacuation est bien raccordée.
- Connecter la ligne d'alimentation en A.
- Ouvrir V1 et fixer le débit d'alimentation à X L/h à l'aide de V2.
- Laisser la cuve se remplir à plus de 50-60% avant de démarrer la pompe.

### **REMARQUE**

Ce circuit sera utilisé pour les boucles de régulation de niveau et celles de température en ligne où l'eau est chauffée lors du passage sur l'élément chauffant et ne recircule pas.

### **5.7.2.3. Utilisation de l'échangeur de refroidissement**

Lors du travail sur les boucles de régulation de température, il faut éliminer les calories apportées par l'élément chauffant afin de pouvoir tourner en circuit fermé sur la cuve B1. Dans ce cas, l'échangeur E1 sera utilisé :

- Vérifier que l'évacuation est bien raccordée.
- Connecter la ligne d'alimentation en B.
- Ouvrir V1 et fixer le débit d'alimentation à X L/h à l'aide de V2.

## **5.7.3. Câbler les éléments nécessaires**

### **ATTENTION**

**NE JAMAIS CONNECTER UN GENERATEUR 4-20 mA OU UNE SORTIE SUR UN CAPTEUR SOUS PEINE DE L'ENDOMMAGER**

### **5.7.3.1. Câblage du transmetteur de débit FIT1**

Le transmetteur de débit FT1 peut être utilisé comme capteur.

- A l'aide d'un cordon rouge, raccorder la borne rouge « + » du débitmètre FIT1 (FT CHAUD) à l'entrée mesure « + » du régulateur.
- A l'aide d'un cordon noir, raccorder la borne noire « - » du débitmètre FIT1 (FT CHAUD) à l'entrée mesure « - » du régulateur.

### **5.7.3.2. Câblage du transmetteur de niveau LIT1**

Le transmetteur de niveau LT01 peut être utilisé comme capteur.

- A l'aide d'un cordon rouge, raccorder la borne rouge « + » du niveau LIT1 (DP NIV) à l'entrée mesure « + » du régulateur.
- A l'aide d'un cordon noir, raccorder la borne noire « - » du niveau LIT1 (DP NIV) à l'entrée mesure « - » du régulateur.

### **5.7.3.3. Câblage du transmetteur de température TT1**

Le transmetteur de température TT1 peut être utilisé comme capteur.

- A l'aide d'un cordon rouge, raccorder la borne rouge « + » du transmetteur de température TT1 (T1 CUVE) à l'entrée mesure « + » du régulateur.
- A l'aide d'un cordon noir, raccorder la borne noire « - » du transmetteur de température TT1 (T1 CUVE) à l'entrée mesure « - » du régulateur.

### **5.7.3.4. Câblage du transmetteur de température TT2**

Le transmetteur de température TT2 peut être utilisé comme capteur.

- A l'aide d'un cordon rouge, raccorder la borne rouge « + » du transmetteur de température TT2 (T2 ECH) à l'entrée mesure « + » du régulateur.
- A l'aide d'un cordon noir, raccorder la borne noire « - » du transmetteur de température TT2 (T2 ECH) à l'entrée mesure « - » du régulateur.

### **5.7.3.5. Câblage du transmetteur de pression PT1 (option)**

Le transmetteur de pression PT1 peut être utilisé comme capteur.

- A l'aide d'un cordon rouge, raccorder la borne rouge « + » du transmetteur de pression PT1 (PT REF) à l'entrée mesure « + » du régulateur.
- A l'aide d'un cordon noir, raccorder la borne noire « - » du transmetteur de pression PT1 (PT REF) à l'entrée mesure « - » du régulateur.

### **5.7.3.6. Câblage du transmetteur de débit FIT2 (option)**

Le transmetteur de débit FIT2 peut être utilisé comme capteur.

- A l'aide d'un cordon rouge, raccorder la borne rouge « + » du transmetteur de débit FIT2 (FT FROID) à l'entrée mesure « + » du régulateur.
- A l'aide d'un cordon noir, raccorder la borne noire « - » du transmetteur de débit FIT2 (FT FROID) à l'entrée mesure « - » du régulateur.

### **5.7.3.7. Câblage du transmetteur de pression PT2 (option)**

Le transmetteur de pression PT2 peut être utilisé comme capteur.

- A l'aide d'un cordon rouge, raccorder la borne rouge « + » du transmetteur de pression PT2 (PT ASPI) à l'entrée mesure « + » du régulateur.
- A l'aide d'un cordon noir, raccorder la borne noire « - » du transmetteur de pression PT2 (PT ASPI) à l'entrée mesure « - » du régulateur.

### **5.7.3.8. Câblage de la vanne de régulation VR1**

La vanne VR1 peut être utilisée comme actionneur.

- A l'aide d'un cordon rouge, raccorder la borne rouge « + » de la vanne VR1 (VR CHAUD) à la sortie analogique « + » du régulateur ou à la borne « + » d'un générateur 4-20 mA.
- A l'aide d'un cordon noir, raccorder la borne noire « - » de la vanne VR1 (VR CHAUD) à la sortie analogique « - » du régulateur ou à la borne « + » d'un générateur 4-20 mA.

### **5.7.3.9. Câblage de l'ensemble résistance TZ1 / gradateur de puissance TY1**

La résistance de chauffe TZ1 peut être utilisée comme actionneur via le gradateur de puissance TY1.

- A l'aide d'un cordon rouge, raccorder la borne rouge « + » de l'ensemble TZ1/TY1 (CHAUFFE) à la sortie analogique « + » du régulateur ou à la borne « + » d'un générateur 4-20 mA.
- A l'aide d'un cordon noir, raccorder la borne noire « - » de l'ensemble TZ1/TY1 (CHAUFFE) à la sortie analogique « - » du régulateur ou à la borne « + » d'un générateur 4-20 mA.

### **5.7.3.10. Câblage du variateur de vitesse SY1 de la pompe P1 (option)**

Le variateur de vitesse SY1 couplé à la pompe P1 peut être utilisé comme actionneur.

- A l'aide d'un cordon rouge, raccorder la borne rouge « + » du variateur SY1 (VARIAT) à la sortie analogique « + » du régulateur ou à la borne « + » d'un générateur 4-20 mA.
- A l'aide d'un cordon noir, raccorder la borne noire « - » du variateur SY1 (VARIAT) à la sortie analogique « - » du régulateur ou à la borne « + » d'un générateur 4-20 mA.

#### **5.7.3.11. Câblage de la vanne de régulation VR2 (option)**

La vanne VR2 peut être utilisée comme actionneur.

- A l'aide d'un cordon rouge, raccorder la borne rouge « + » de la vanne VR2 (VR FROID) à la sortie analogique « + » du régulateur ou à la borne « + » d'un générateur 4-20 mA.
- A l'aide d'un cordon noir, raccorder la borne noire « - » de la vanne VR2 (VR FROID) à la sortie analogique « - » du régulateur ou à la borne « + » d'un générateur 4-20 mA.

### **5.7.4. Configurer le ou les régulateurs**

Si les régulateurs sont configurés en 4-20 mA de 0 à 100%, il n'est pas nécessaire de les reconfigurer à chaque fois.

Si l'utilisateur souhaite travailler en valeur vraie, il faut reconfigurer les entrées (décimales, plage de travail associée au 4-20 mA), les plages de consigne, l'entrée consigne externe.

Dans tous les cas, il faut configurer le sens d'action selon la boucle étudiée. Si le sens n'est pas déterminé avant essais, il sera modifié après identification (voir § 5.7.9).

Selon les régulateurs utilisés, le type de régulation peut également être modifié : TOR, PID...

### 5.7.5. Utiliser la pompe P1 et le variateur SY1

En version de base, la pompe fonctionne à vitesse fixe (50 Hz).

Avec l'option O2, la pompe est montée sur variateur de vitesse et peut fonctionner selon deux modes :

- manuel ou forcé : la pompe fonctionne à vitesse fixe, à 50 Hz
- automatique ou piloté : la pompe fonctionne à la vitesse fixée par le signal 4-20 mA envoyé sur son variateur.

#### 5.7.5.1. Mode manuel en version de base, sans variateur

En standard, l'unité est fournie sans variateur et elle est pilotée par les boutons poussoir associés :

- Appuyer sur le bouton vert « **MARCHE POMPE** » pour mettre en route P1 à la vitesse fixe de 50 Hz.
- Appuyer sur le bouton rouge « **ARRET POMPE** » pour arrêter P1.

#### 5.7.5.2. Mode manuel (ou forcé) avec option variateur O2

Avec le variateur en option :

- Basculer le sélecteur de fonctionnement de la pompe P1 sur « **MARCHE** ».
- Appuyer sur le bouton vert « **MARCHE POMPE** » pour mettre en route P1 à la vitesse fixe de 50 Hz.
- Appuyer sur le bouton rouge « **ARRET POMPE** » pour arrêter P1.

#### 5.7.5.3. Mode automatique (ou piloté) avec option variateur O2

Avec le variateur en option :

- Câbler le variateur de vitesse SY1 (VARIAT) sur la sortie du régulateur en mode manuel.
- Basculer le sélecteur de fonctionnement de la pompe P1 sur « **AUTO** ».
- Appuyer sur le bouton vert « **MARCHE POMPE** » pour mettre en route P1 à la vitesse fixée par la sortie du régulateur, entre 0 et 100% soit entre 20 et 50 Hz.
- Ajuster la sortie du régulateur en mode manuel ou basculer le régulateur en mode auto pour effectuer le pilotage selon la consigne saisie.
- Appuyer sur le bouton rouge « **ARRET POMPE** » pour arrêter P1.

### ATTENTION

La pompe ne peut démarrer que lorsque le niveau d'eau dans la cuve B1 est au dessus du détecteur LSLL1.

Tant que le bouton lumineux rouge « **ARRET POMPE** » est allumé, la pompe P1 ne peut être mise en service.

### 5.7.6. Utiliser l'élément chauffant TZ1/TY1

- Câbler l'élément chauffant TZ1/TY1 (CHAUFFE) sur la sortie du régulateur en mode manuel.
- Appuyer sur le bouton vert « **MARCHE CHAUFFE** » pour mettre en route la chauffe à la puissance définie par la sortie du régulateur, entre 0 et 100%.
- Ajuster la sortie du régulateur en mode manuel ou basculer le régulateur en mode auto pour effectuer le pilotage selon la consigne saisie.
- Appuyer sur le bouton rouge « **ARRET CHAUFFE** » pour arrêter la chauffe.

#### ATTENTION

La chauffe ne peut démarrer que lorsque le niveau d'eau dans la cuve B1 est au dessus du détecteur LSL1 **ET** que la température est inférieure au seuil de déclenchement du thermostat TSH1.

Tant que le bouton lumineux rouge « ARRET CHAUFFE » et/ou le voyant « DEFAULT NIVEAU CHAUFFE » sont allumés, la chauffe ne peut être mise en service.

### 5.7.7. Utiliser les vannes de régulation VR1 et VR2 (option)

- Câbler la vanne de régulation sur la sortie du régulateur en mode manuel.
- Dès que le câblage est réalisé, la vanne est pilotée par le régulateur selon la valeur de sortie.
- Ajuster la sortie du régulateur en mode manuel ou basculer le régulateur en mode auto pour effectuer le pilotage selon la consigne saisie.

#### REMARQUE

Dès que la vanne de régulation VR1 n'est plus alimentée électriquement ou pneumatiquement, elle se met en position dite de sécurité ou de repli : elle s'ouvre complètement.

Dès que la vanne de régulation VR2 n'est plus alimentée électriquement, elle se met en position dite de sécurité ou de repli : elle se ferme complètement.

### 5.7.8. Mettre en service les équipements requis

#### 5.7.8.1. Mise en service d'un autre circuit / d'une autre boucle de régulation

Si un circuit ou une autre boucle de régulation sont nécessaires pour étudier le fonctionnement de la boucle principale, procéder selon les étapes ci-dessus pour mettre en service les éléments requis.

#### 5.7.8.2. Mise en service des transmetteurs et actionneurs

Réaliser le calibrage ou la modification de configuration des capteurs et actionneurs si nécessaire en conservant le système en manuel.



### 5.7.9. Identifier le système

Une fois les équipements requis mis en service, sur le régulateur de la boucle en manuel :

- Sur le régulateur en mode manuel, passer la sortie de 0% à 10% ou 20 %.
- Observer la réaction du système : comment évolue la mesure ?
- Le procédé est-il direct (augmentation de sortie → augmentation mesure) ou indirect (augmentation de sortie → diminution mesure) ?
- Le régulateur doit-il être réglé en direct ou en inverse ?

#### REMARQUE

Pour mémoire, les régulateurs sont réglés en sens opposé au procédé sauf cas particuliers.

Si l'identification du sens d'action n'a pas été faite lors de l'identification théorique de la boucle, régler le sens d'action du régulateur.

- Régler la sortie à 0% sur le régulateur en mode manuel.
- Après stabilisation, relever la mesure.
- Régler la sortie à 10%.
- Après stabilisation, relever la mesure.
- Augmenter de 10% la sortie du régulateur et relever à nouveau les valeurs.
- Répéter l'opération jusqu'à 100%.
- Le procédé est-il stable ou instable ?
- Le procédé est-il linéaire sur toute la plage ?
- Y a-t-il une ou plusieurs zones de linéarité ?
- Définir un point de fonctionnement arbitraire.
- Procéder à l'étude des paramètres de régulation selon la méthode souhaitée (méthode en boucle ouverte, en boucle fermée, ...) pour ce point de fonctionnement.
- Après identification des paramètres PID, étudier la réponse du système à :
  - Un changement de consigne de l'ordre de 5 à 10%,
  - Une perturbation (si possibilité) représentant 5 à 10% de la mesure.
- Tester les paramètres PID pour un autre point de fonctionnement :
  - Dans la même zone de linéarité,
  - Dans une autre zone de linéarité.

Effectuer l'étude pour d'autres points de fonctionnement.

Conclure sur les différents essais effectués sur cette boucle de régulation.

#### REMARQUE

Sur les boucles cascade, identifier d'abord la boucle esclave puis tester les paramètres PID identifiés. Une fois la boucle esclave réglée, ajuster la sortie du régulateur maître à la valeur de la consigne locale de l'esclave avant de basculer la consigne de l'esclave sur la consigne externe. Procéder alors à l'identification de la boucle maître.

## 5.8. FICHES DE TRAVAIL DES MANIPULATIONS

La première partie des manipulations sur l'unité consiste à étudier les caractéristiques des actionneurs et leurs limites de fonctionnement. Ces données sont intéressantes voire nécessaire pour les régulations ultérieures.

La seconde partie étudiera les principales boucles de régulation. La liste des régulations proposée n'est pas exhaustive et pourra être complétée en fonction des options dont dispose votre unité.

Voir les essais et résultats en partie 7.

### REMARQUE

Les étapes de la procédure d'étude ayant été décrites en partie 5.7, seules les configurations circuit et régulateur ainsi que des informations complémentaires sont données ci-dessous.

### 5.8.1. Etude de la vanne de régulation VR1

Une première partie de l'étude du banc consiste à étudier la vanne de régulation et sa caractéristique. En effet selon la caractéristique de la vanne, la régulation sera plus ou moins facile à mettre en œuvre. Une caractéristique linéaire permet l'étude la plus simple.

La vanne est une vanne de régulation normalement ouverte, équipée d'un positionneur pneumatique à Cv variable.

Se reporter aux différentes documentations fournies dans le dossier technique : convertisseur I/P, vanne de régulation et schémas électriques.

#### 5.8.1.1. Commande de la vanne et sens d'action

L'ouverture et la fermeture de la vanne de régulation sont commandées par un signal électrique normalisé issu du régulateur : ce signal varie de 4 à 20 mA.

Ce signal électrique est converti en signal pneumatique variant de 0,2 à 1 bar (3 à 15 psi) via le convertisseur électropneumatique situé dans le coffret électrique.

La vanne de régulation est équipée d'un positionneur pneumatique muni de deux manomètres situés en face avant. Le signal de commande issu du convertisseur est visualisable sur le manomètre noté « instrument ». Ce signal est de nouveau converti au niveau du positionneur pour aller piloter le servomoteur de la vanne : ce signal est visualisable sur le manomètre noté « sortie ».

Le positionneur assure, pour un même signal de commande, une position répétitive du clapet de la vanne, c'est à dire indépendante de la pression du fluide circulant dans le corps de vanne.

La vanne équipant le banc est une vanne dite « normalement ouverte » (souvent noté NO) ou encore « ouverte par manque d'air » (OMA).

Ce qui implique :

- En cas de rupture de pression de commande, la vanne s'ouvre.
- La vanne est complètement ouverte lorsque la pression de commande est inférieure ou égale à 0,2 bar. Lorsque le signal de commande augmente, la vanne se ferme. La vanne est complètement fermée lorsque le signal de commande est supérieur ou égal à 1 bar.

Exemple de manipulation :

- Mesurer le signal de commande de la vanne en mettant en série dans la boucle de pilotage un ampèremètre.
- Remplir B1 à 80%.
- Faire circuler l'eau en circuit fermé avec la pompe en mode manuel, V5 ouverte et V4 fermée.
- Placer le régulateur en mode manuel et faire varier la sortie OP de 0 à 100% par échelon de 10%.
- Observer par la fenêtre située en face avant de la vanne symbolisant la position du clapet par rapport à son siège et donnant une indication sur l'ouverture de la vanne.
- Conclure sur le sens d'action.
- Relever le courant circulant dans la boucle et la pression de commande sur le manomètre « instrument ».
- Tracer les courbes courant de commande et pression de commande en fonction de la sortie du régulateur.
- Conclure sur la relation entre sortie régulateur, signal de commande et pression de commande.
- Passer le régulateur à 100%.
- Dé-câbler un des cordons du signal de commande et observer.
- Re-câbler la vanne.
- Couper l'air comprimé et observer.
- Conclure sur le sens de repli de la vanne en cas de coupure électrique et pneumatique et l'influence du sens d'action sur la sécurité globale de l'appareil.

## REMARQUE

Le choix de la vanne normalement ouverte s'est fait sur le critère suivant :  
Possibilité de travailler sur des régulations par variateur de vitesse ou des régulations de température sans avoir besoin de forcer l'ouverture de la vanne de régulation par un générateur 4-20 mA ou un autre régulateur.

### 5.8.1.2. Caractéristique de fonctionnement

En fonction du type de vanne et de positionneur ainsi qu'en fonction du Cv, la vanne peut présenter une caractéristique de travail différente. Cette caractéristique est la relation entre le débit et le signal de commande (donc l'ouverture / fermeture) de la vanne.

Dans le cadre d'une recherche des paramètres de régulation, il est important de connaître la caractéristique de travail de la vanne en situation pour déterminer si les paramètres PID pourront être valide sur toute sa course ou s'il faudra définir plusieurs zones de fonctionnement et dans ce cas plusieurs jeux de paramètres de régulation.

Exemple de manipulation :

- Remplir B1 à 80%.
- Faire circuler l'eau en circuit fermé avec la pompe en mode manuel, V5 ouverte et V4 fermée.
- Placer le régulateur en mode manuel et faire varier la sortie OP de 0 à 100% par échelon de 10%.
- Relever le débit de circulation dans la boucle.
- Tracer la courbe de débit en fonction de la sortie du régulateur.
- Conclure.
- Refaire la même manipulation pour différents Cv.
- Conclure.

Cette procédure peut également être réalisée en partant de OP = 100% jusqu'à OP = 0% pour voir si la vanne possède une hystérésis de fonctionnement.

#### **5.8.1.3. Réglage du coefficient de débit**

- Couper l'alimentation électrique du banc et consigner celui (sectionneur électrique sur 0 et cadenassé) afin de prévenir tout risque de pincement.
- Dévisser les deux vis de fixation du capot blanc de la vanne et retirer celui-ci.
- Dévisser légèrement l'écrou moleté et faire glisser l'axe le long de la réglette : ajuster le Cv à la valeur souhaitée.
- Bloquer l'écrou moleté.
- Refermer le capot.
- Remettre le banc en service.

Exemple de manipulation :

- Remplir B1 à 80%.
- Régler le Cv de la vanne à 2,3 en suivant la procédure décrite ci-dessus.
- Mettre le régulateur en mode manuel.
- Fixer la sortie OP à 50%.
- Faire circuler l'eau en circuit fermé avec la pompe en mode manuel, V5 ouverte et V4 fermée.
- Noter le débit circulant dans la boucle.
- Modifier le Cv de la vanne à 1,7 en suivant la procédure décrite ci-dessus.
- Refaire la même manipulation et noter le débit circulant.
- Répéter l'opération en réglant le Cv à 0,9 en suivant la procédure décrite ci-dessus.
- Conclure sur l'influence du réglage du Cv par rapport au procédé.

### 5.8.2. Etude du variateur de vitesse SY1 (option O2)

Avant d'étudier une régulation avec le variateur comme actionneur, on va étudier sa caractéristique de réponse :

- Câbler le variateur de vitesse SY1 à la sortie du régulateur.
- Câbler le capteur de débit FIT1 à l'entrée mesure du régulateur.
- Si l'unité est équipée de l'option O3 donc du capteur de pression de refoulement, câbler PT1 sur l'entrée mesure d'un autre régulateur.
- Configurer la boucle de circulation en circuit fermé, avec V5 ouverte et V4 fermée.
- Vérifier que VR1 est ouverte (si elle n'est pas câblée, elle est en position de repli donc ouverte).
- Passer le régulateur en mode manuel, avec OP = 0%.
- Démarrer P1 en mode automatique.
- Noter le débit lu ainsi que la pression de refoulement (option) pour la valeur de sortie OP.
- Augmenter la sortie de 5 ou 10 % (selon précision souhaitée).
- Noter le débit lu et la pression de refoulement pour la valeur de sortie OP.
- Répéter jusqu'à OP = 100%.
- Tracer la courbe de débit en fonction de la sortie du régulateur.
- Tracer la courbe de pression en fonction de la sortie du régulateur.
- Conclure.

Cette procédure peut également être réalisée en partant de OP = 100% jusqu'à OP = 0% pour voir si le variateur possède une hystérésis de fonctionnement.

#### REMARQUE

Pour des raisons de sécurité de fonctionnement de la pompe, le variateur est réglé avec une fréquence minimum de 20Hz pour assurer le refroidissement du moteur de la pompe. Le système présente donc toujours un débit et une pression de refoulement minimum. La courbe caractéristique ne passe donc pas par le point 0 (0 L/h pour 0%).

### 5.8.3. Etude de la vanne de régulation VR2

Si l'unité est équipée de la vanne de régulation VR2 (option O5), il peut être intéressant d'étudier la vanne de régulation et sa caractéristique. En effet selon la caractéristique de la vanne, la régulation sera plus ou moins facile à mettre en œuvre. Une caractéristique linéaire permet l'étude la plus simple.

La vanne est une vanne de régulation électrique normalement fermée, à action proportionnelle pilotée par une électronique de commande.

Se reporter aux différentes documentations fournies dans le dossier technique : vanne de régulation et schémas électriques.

#### 5.8.3.1. Commande de la vanne et sens d'action

L'ouverture et la fermeture de la vanne de régulation sont commandées par un signal électrique normalisé issu du régulateur : ce signal varie de 4 à 20 mA.

La vanne de régulation est équipée d'une électronique de commande dont l'utilisateur peut ajuster les limites de courant inférieure et supérieure pour ajuster au mieux le déclenchement et la fermeture de la vanne. Cette électronique doit assurer, pour un même signal de commande, une position répétitive du clapet de la vanne, c'est à dire indépendante de la pression du fluide circulant dans le corps de vanne.

La vanne équipant le banc est une vanne dite « normalement fermée » (souvent noté NF) ou encore « fermée par manque d'air » (FMA).

Ce qui implique qu'en cas de coupure électrique générale ou juste sur le boucle de commande 4-20 mA, la vanne se ferme.

Exemple de manipulation :

- Câbler VR2 sur la sortie d'un régulateur et mesurer le signal de commande de la vanne en mettant en série dans la boucle de pilotage un ampèremètre.
- Régler le régulateur en manuel avec une sortie OP de 0%.
- Connecter l'alimentation au point B.
- Vérifier que V2 est fermée.
- Ouvrir V1.
- L'eau circule-t-elle dans l'échangeur ? Que peut-on en conclure sur la position de la vanne ?
- Faire varier la sortie OP de 0 à 100% par échelon de 10%.
- Observer le débit circulant dans le système et conclure sur le sens d'action.
- Relever le courant circulant dans la boucle et le débit d'eau d'alimentation.
- Tracer les courbes courant de commande et débit en fonction de la sortie du régulateur.
- Conclure sur la relation entre sortie régulateur, signal de commande et débit.

- Passer le régulateur à 100%.
- Dé-câbler un des cordons du signal de commande et observer.
- Re-câbler la vanne.
- Conclure sur le sens de repli de la vanne en cas de coupure électrique et l'influence du sens d'action sur la sécurité globale de l'appareil.

#### REMARQUE

Le choix de la vanne normalement fermée s'est fait sur le critère suivant :  
coupure de l'alimentation en eau de l'unité lors de l'arrêt de celle-ci.

Le couplage avec une vanne manuelle en parallèle permet de travailler sur l'unité sans nécessité d'avoir un générateur 4-20 mA pour ouvrir VR2 et alimenter l'échangeur ou la cuve.

#### 5.8.3.2. Caractéristique de fonctionnement

En fonction des réglages de l'électronique de commande, la vanne peut présenter une caractéristique de travail différente. Cette caractéristique est la relation entre le débit et le signal de commande (donc l'ouverture / fermeture) de la vanne.

Dans le cadre d'une recherche des paramètres de régulation, il est important de connaître la caractéristique de travail de la vanne en situation pour déterminer si les paramètres PID pourront être valide sur toute sa course ou s'il faudra définir plusieurs zones de fonctionnement et dans ce cas plusieurs jeux de paramètres de régulation.

D'après les relevés effectués précédemment, tracer la courbe débit d'alimentation en fonction de la sortie OP du régulateur.

Cette procédure peut être réalisée en partant de de OP = 0% à OP = 100% mais également de OP = 100% jusqu'à OP = 0% pour voir si la vanne possède une hystérésis de fonctionnement.

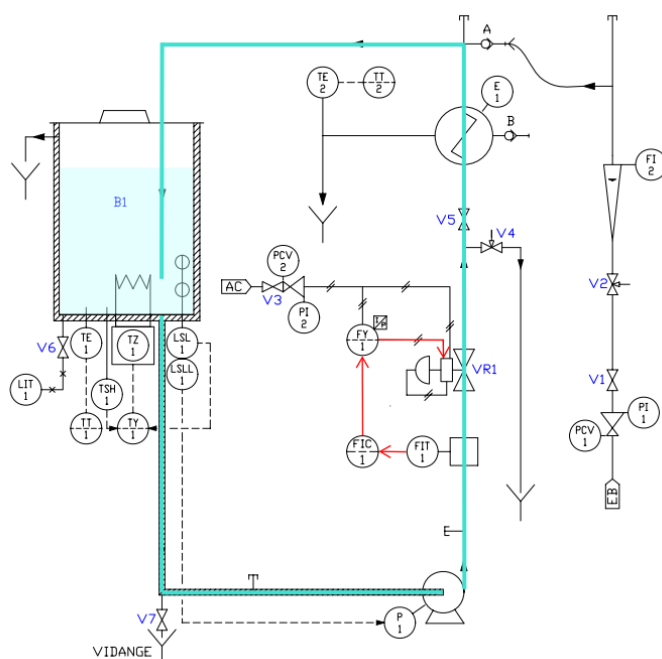
Conclure.

### 5.8.4. Régulation du débit de circulation par VR1 (boucle débit 1)

Sur l'unité de base, la régulation du débit de circulation va être effectuée grâce à la vanne de régulation VR1.

La mesure est effectuée par le capteur FIT1. Le régulateur FIC1 commande, par le biais de sa sortie, l'actionneur VR1 couplée au convertisseur I/P.

#### Schéma procédé :



#### Pré-requis fonctionnement :

En circuit fermé  
B1 remplie à 80%  
P1 en mode manuel

#### Sens procédé : INVERSE

Lorsqu'on augmente la sortie régulateur, on augmente la fermeture de la vanne (vanne NO) alors on diminue le débit de circulation (mesure).

#### Perturbation :

En version de base, fermer partiellement V5 pendant quelques secondes pour perturber la mesure de l'ordre de 5 à 10%.

#### Câblage et configuration du régulateur :

Entrée		Sortie		Sens d'action
Capteur	Gamme	Actionneur	Gamme	
FIT1	4 mA = 0% = 0 L/h 20 mA = 100% = 1000 L/h	VR1	4 mA = 0% = VO 20 mA = 100% = VF	DIRECT

#### REMARQUE

Cette boucle sera préférentiellement étudiée à vitesse max (50 Hz) de la pompe mais si l'unité est équipée du variateur, elle peut également être étudiée pour différentes vitesses de pompe.

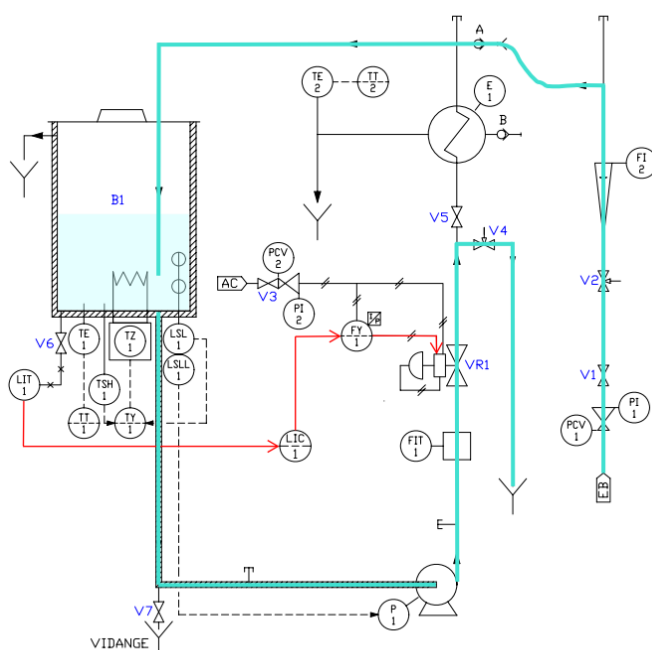


### 5.8.5. Régulation du niveau par VR1 à débit d'alimentation fixe (boucle niveau 1)

Sur l'unité de base, la régulation du niveau dans B1 va être effectuée grâce à la vanne de régulation VR1 en travaillant à débit d'alimentation constant.

La mesure est effectuée par le capteur LIT1. Le régulateur LIC1 commande, par le biais de sa sortie, l'actionneur VR1 couplée au convertisseur I/P.

#### Schéma procédé :



#### Pré-requis fonctionnement :

En circuit ouvert (alim en A)  
Débit d'alimentation réglé à X L/h par V2  
Débit de circulation max réglé par V4  
B1 remplie à 60%  
P1 en mode manuel

#### Sens procédé : DIRECT

Lorsqu'on augmente la sortie régulateur, on augmente la fermeture de la vanne (vanne NO) donc le débit de soutirage diminue. A débit d'alimentation fixe, le niveau (mesure) augmente.

#### Perturbation :

Variation du débit d'alimentation par V2  
Variation du débit de soutirage par V4

#### Câblage et configuration du régulateur :

Entrée		Sortie		Sens d'action
Capteur	Gamme	Actionneur	Gamme	
LIT1	4 mA = 0% 20 mA = 100%	VR1	4 mA = 0% = VO 20 mA = 100% = VF	INVERSE

#### REMARQUE

Cette boucle sera étudiée à différents débits d'alimentation.

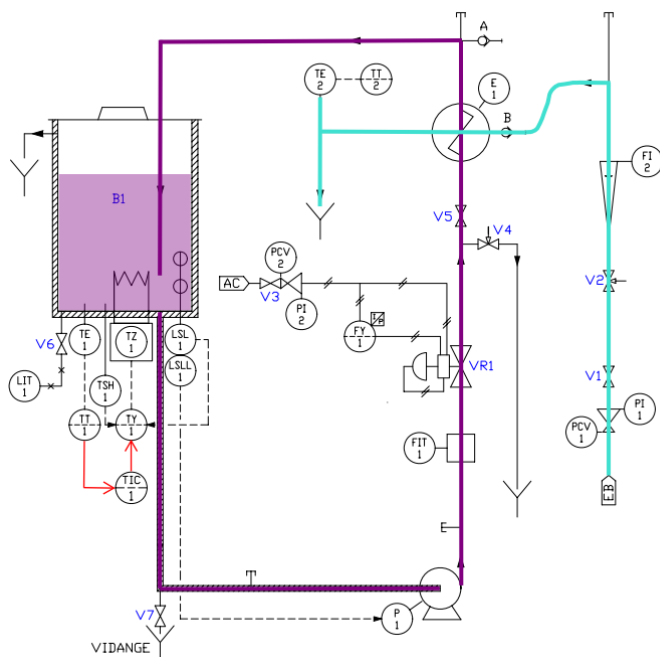
Le débit de soutirage (circulation) maximum pourra être bridé par V4 pour correspondre à la plage des débits d'alimentation mais pourra également être réglé à des valeurs supérieures.

## 5.8.6. Régulation de la température de cuve T1

Sur l'unité de base, la régulation de la température de cuve va être effectuée grâce à la résistance de chauffe TZ1.

La mesure est effectuée par le capteur TE1 et son convertisseur TT1. Le régulateur TIC1 commande, par le biais de sa sortie, l'actionneur TZ1 couplée au gradateur TY1.

### Schéma procédé :



### Pré-requis fonctionnement :

En circuit fermé  
B1 remplie à 80%  
P1 en mode manuel  
Débit de circulation chaud max ou réglé par VR1 (sur géné 4-20 mA)  
Echangeur E1 alimenté (alim en B)  
Débit d'alimentation réglé à X L/h par V2

### Sens procédé : DIRECT

Lorsqu'on augmente la sortie régulateur, on augmente la puissance de chauffe et donc la température (mesure).

### Perturbation :

Variation du débit d'alimentation par V2  
Variation du débit de circulation par VR1 (pilotage par géné 4-20 mA)

### Câblage et configuration du régulateur :

Entrée		Sortie		Sens d'action
Capteur	Gamme	Actionneur	Gamme	
TE1/TT1	4 mA = 0% = 0 °C 20 mA = 100% = 100 °C	TZ1/TY1	4 mA = 0% chauffe 20 mA = 100% chauffe	DIRECT

### REMARQUE

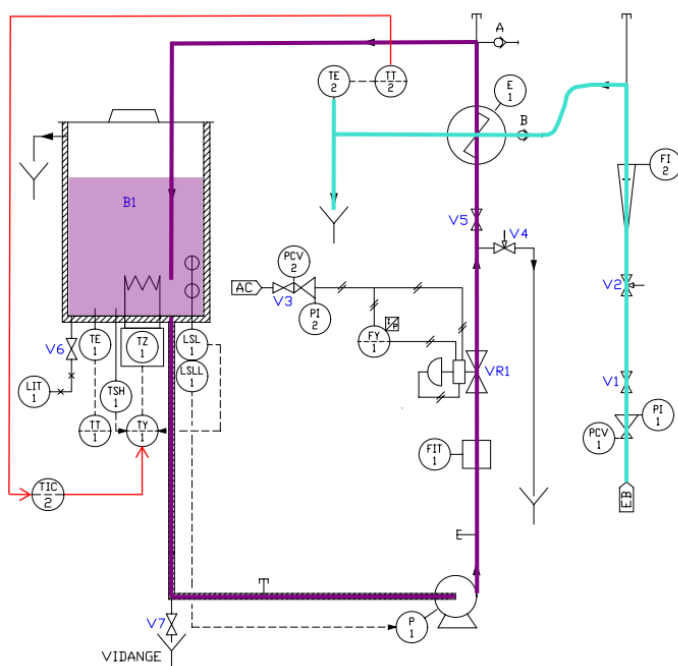
Cette boucle sera étudiée à des débits d'alimentation (refroidissement) différents mais pourra également être étudiée à des débits de recirculation différents.

### 5.8.7. Régulation de la température en sortie d'échangeur T2

Sur l'unité de base, la régulation de la température en sortie d'échangeur va être effectuée grâce à la résistance de chauffe TZ1.

La mesure est effectuée par le capteur TE2 et son convertisseur TT2. Le régulateur TIC2 commande, par le biais de sa sortie, l'actionneur TZ1 couplée au gradateur TY1.

#### Schéma procédé :



#### Pré-requis fonctionnement :

En circuit fermé  
B1 remplie à 80%  
P1 en mode manuel  
Débit de circulation chaud max ou réglé par VR1 (sur généré 4-20 mA)  
Echangeur E1 alimenté (alim en B)  
Débit d'alimentation réglé à X L/h par V2

#### Sens procédé : DIRECT

Lorsqu'on augmente la sortie régulateur, on augmente la puissance de chauffe, donc la température de la boucle de circulation et par transfert thermique la température de sortie (mesure).

#### Perturbation :

Variation du débit d'alimentation par V2  
Variation du débit de circulation par VR1 (pilotage par généré 4-20 mA)

#### Câblage et configuration du régulateur :

Entrée		Sortie		Sens d'action
Capteur	Gamme	Actionneur	Gamme	
TE2/TT2	4 mA = 0% = 0 °C 20 mA = 100% = 100 °C	TZ1/TY1	4 mA = 0% chauffe 20 mA = 100% chauffe	DIRECT

#### REMARQUE

Cette boucle sera étudiée à des débits d'alimentation (refroidissement) différents mais pourra également être étudiée à des débits de recirculation différents.

#### ATTENTION

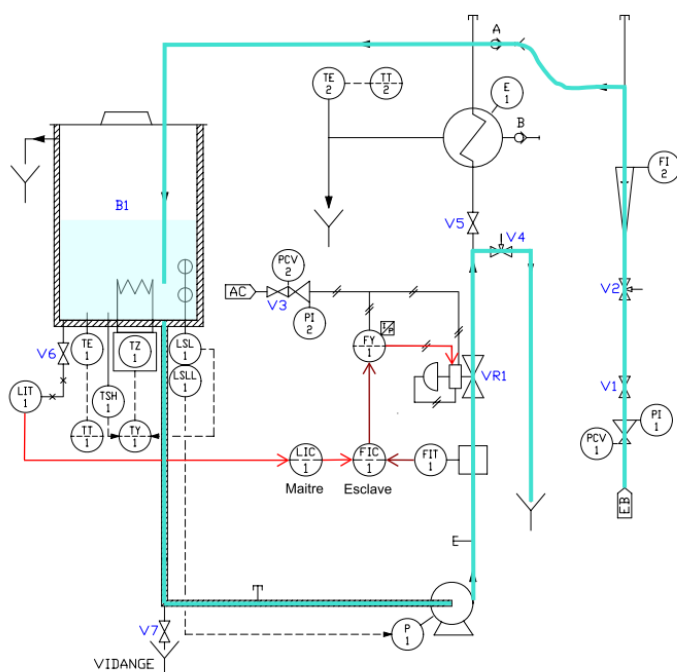
Selon la température de l'eau d'alimentation, certains points de fonctionnement (débits de circulation / alimentation) ne pourront être atteints car la puissance de chauffe est au maximum de 6 kW.

### 5.8.8. Régulation cascade de niveau / débit de circulation par VR1 (boucle niveau/débit 1)

La boucle de régulation de niveau (partie 5.8.5) peut être reprise sous forme de régulation cascade sur le débit avec la vanne de régulation VR1 comme actionneur, en travaillant à débit d'alimentation constant. La boucle lente (niveau) est sur le régulateur maître, la boucle rapide (débit) est sur l'esclave.

La mesure est effectuée par le capteur LIT1. Le régulateur maître LIC1 commande, par le biais de sa sortie, le régulateur esclave FIC1 dont la mesure est donnée par FIT1 et qui commande, par sa sortie, l'actionneur VR1 couplée au convertisseur I/P.

#### Schéma procédé :



#### Pré-requis fonctionnement :

En circuit ouvert (alim en A)  
Débit d'alimentation réglé à X L/h par V2  
Débit de circulation max réglé par V4  
B1 remplie à 60%  
P1 en mode manuel

#### Sens procédé :

Boucle esclave : INVERSE  
Lorsqu'on augmente la sortie régulateur, on augmente la fermeture de la vanne (vanne NO) donc le débit de soutirage diminue.

#### Boucle maître : INVERSE

Lorsqu'on augmente la sortie régulateur, on augmente la consigne de débit de soutirage. A débit d'alimentation fixe, le niveau (mesure) diminue.

#### Perturbation :

Variation du débit d'alimentation par V2  
Variation du débit de soutirage par V4

#### Câblage et configuration des régulateurs :

Entrée Maître		Sortie Maître		Sens d'action
Capteur	Gamme	Actionneur	Gamme	
LIT1	4 mA = 0% 20 mA = 100%	SP externe rég. esclave	4 mA = 0% = 0 L/h 20 mA = 100% = 1000 L/h	DIRECT

Entrée Esclave		Sortie Esclave		Sens d'action
Capteur	Gamme	Actionneur	Gamme	
FIT1	4 mA = 0% = 0 L/h 20 mA = 100% = 1000L/h	VR1	4 mA = 0% = VO 20 mA = 100% = VF	DIRECT

Cette boucle sera étudiée en plusieurs étapes :

*1<sup>ère</sup> étape : câblage des régulateurs*

- Identifier le régulateur maître et le régulateur esclave (doit posséder une entrée consigne externe qui sera configurée en 0-100% comme les entrées et sorties).
- Raccorder les capteurs aux entrées mesure des régulateurs.
- Raccorder la sortie du régulateur maître à l'entrée consigne externe de l'esclave.
- Raccorder la sortie du régulateur esclave à l'actionneur.
- Vérifier que le sélecteur de consigne est sur local (le régulateur utilisera la consigne locale en mode automatique).

*2<sup>ème</sup> étape : identification de la boucle esclave*

- Identifier le système esclave dans les conditions de travail futures.
- Rechercher les paramètres PID au point de fonctionnement ou pour la plage de fonctionnement (exemple : pour un débit d'alimentation / de circulation de 15 à 35 % soit 150 à 350 L/h).
- Tester les paramètres PID pour le point ou la gamme de fonctionnement.
- Vérifier la réaction à un changement de consigne ou à une perturbation.
- Régler la consigne locale à la valeur souhaitée et attendre la stabilisation du système en mode automatique (exemple : 25 % soit 250 L/h).

*3<sup>ème</sup> étape : identification de la boucle maître*

- Sur le régulateur maître en mode manuel, régler la sortie à la valeur de la consigne locale de l'esclave (exemple ci-dessus : 25 %).
- Basculer le sélecteur de consigne sur externe : la valeur de sortie maître étant égale à la valeur de consigne locale, le système doit rester stable.
- Vérifier que le changement de valeur de sortie maître (exemple : de 25 à 20 %) se répercute sur la consigne du régulateur esclave et que le système réagit et se stabilise correctement.
- Procéder alors à l'identification du système maître.
- Rechercher les paramètres PID au point de fonctionnement ou pour la plage de fonctionnement (exemple : pour un niveau de 60%).
- Tester les paramètres PID pour le point ou la gamme de fonctionnement.
- Vérifier la réaction à un changement de consigne ou à une perturbation.

**REMARQUE**

Cette boucle sera étudiée à différents débits d'alimentation.

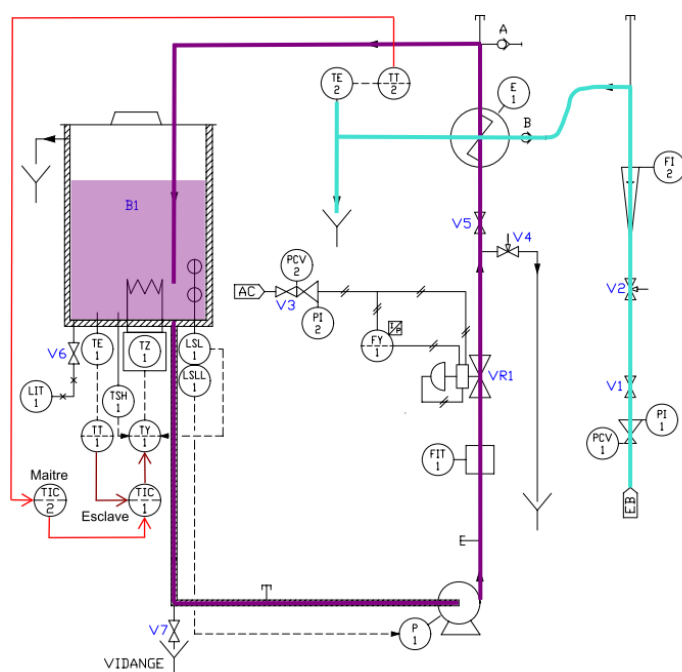
Le débit de soutirage (circulation) maximum pourra être bridé par V4 pour correspondre à la plage des débits d'alimentation mais pourra également être réglé à des valeurs supérieures.

### 5.8.9. Régulation cascade de température en sortie T2 / température de cuve T1

La boucle de régulation de température en sortie d'échangeur (partie 5.8.7) peut être reprise sous forme de régulation cascade sur la température de cuve avec la résistance de chauffe comme actionneur. La boucle lente (température de sortie échangeur) est sur le régulateur maître, la boucle rapide (température de cuve) est sur l'esclave.

La mesure est effectuée par le capteur TE2/TT2. Le régulateur maître TIC2 commande, par le biais de sa sortie, le régulateur esclave TIC1 dont la mesure est donnée par TE1/TT1 et qui commande, par sa sortie, l'actionneur TZ1 couplée au gradateur TY1.

#### Schéma procédé :



#### Pré-requis fonctionnement :

En circuit fermé  
B1 remplie à 80%  
P1 en mode manuel  
Débit de circulation chaud max ou réglé par VR1 (sur géné 4-20 mA)  
Echangeur E1 alimenté (alim en B)  
Débit d'alimentation réglé à X L/h par V2

#### Sens procédé :

Boucle esclave : DIRECT  
Lorsqu'on augmente la sortie régulateur, on augmente la puissance de chauffe donc la température de cuve.

#### Boucle maître : DIRECT

Lorsqu'on augmente la sortie régulateur, on augmente la consigne de température cuve. Donc, à débit d'alimentation fixe, la température de sortie augmente.

#### Perturbation :

Variation du débit d'alimentation par V2  
Variation du débit de circulation par VR1 (pilotage par géné 4-20 mA)

#### Câblage et configuration des régulateurs :

Entrée Maître		Sortie Maître		Sens d'action
Capteur	Gamme	Actionneur	Gamme	
TE2/TT2	4 mA = 0% = 0 °C 20 mA = 100% = 100 °C	SP externe rég. esclave	4 mA = 0% = 0 °C 20 mA = 100% = 100 °C	INVERSE

Entrée Esclave		Sortie Esclave		Sens d'action
Capteur	Gamme	Actionneur	Gamme	
TE1/TT1	4 mA = 0% = 0 °C 20 mA = 100% = 100 °C	TZ1/TY1	4 mA = 0% chauffe 20 mA = 100% chauffe	DIRECT

Cette boucle sera étudiée en plusieurs étapes :

*1<sup>ère</sup> étape : câblage des régulateurs*

- Identifier le régulateur maître et le régulateur esclave (doit posséder une entrée consigne externe qui sera configurée en 0-100% comme les entrées et sorties).
- Raccorder les capteurs aux entrées mesure des régulateurs.
- Raccorder la sortie du régulateur maître à l'entrée consigne externe de l'esclave.
- Raccorder la sortie du régulateur esclave à l'actionneur.
- Vérifier que le sélecteur de consigne est sur local (le régulateur utilisera la consigne locale en mode automatique).

*2<sup>ème</sup> étape : identification de la boucle esclave*

- Identifier le système esclave dans les conditions de travail futures. (
- Rechercher les paramètres PID au point de fonctionnement ou pour la plage de fonctionnement (exemple : pour une température de cuve de 40 à 50 °C soit 40 à 50°C).
- Tester les paramètres PID pour le point ou la gamme de fonctionnement.
- Vérifier la réaction à un changement de consigne ou à une perturbation.
- Régler la consigne locale à la valeur souhaitée et attendre la stabilisation du système en mode automatique (exemple : 45 % soit 45 °C).

*3<sup>ème</sup> étape : identification de la boucle maître*

- Sur le régulateur maître en mode manuel, régler la sortie à la valeur de la consigne locale de l'esclave (exemple ci-dessus : 45 %).
- Basculer le sélecteur de consigne sur externe : la valeur de sortie maître étant égale à la valeur de consigne locale, le système doit rester stable.
- Vérifier que le changement de valeur de sortie maître (exemple : de 45 à 47 %) se répercute sur la consigne du régulateur esclave et que le système réagit et se stabilise correctement.
- Procéder alors à l'identification du système maître.
- Rechercher les paramètres PID au point de fonctionnement ou pour la plage de fonctionnement (exemple : pour une température de sortie de 30°C soit 30 °C).
- Tester les paramètres PID pour le point ou la gamme de fonctionnement.
- Vérifier la réaction à un changement de consigne ou à une perturbation.

**REMARQUE**

Cette boucle sera étudiée à des débits d'alimentation (refroidissement) différents mais pourra également être étudiée à des débits de recirculation différents.

**ATTENTION**

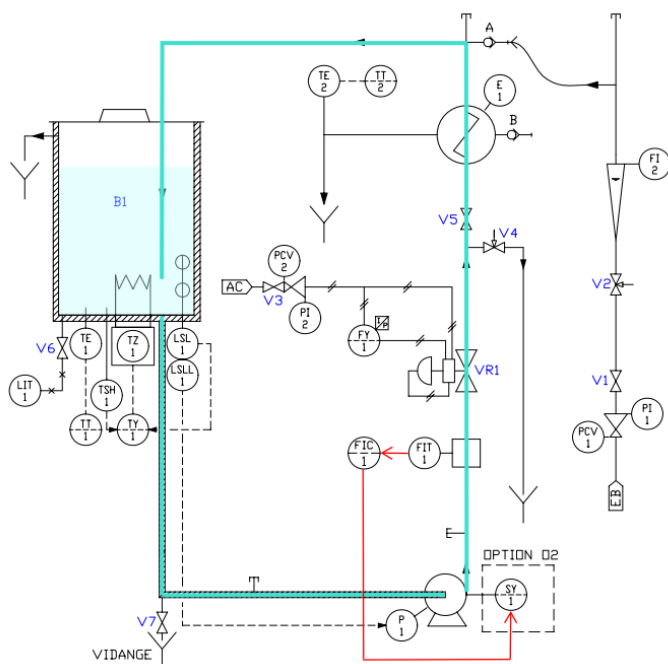
Selon la température de l'eau d'alimentation, certains points de fonctionnement (débits de circulation / alimentation) ne pourront être atteints car la puissance de chauffe est au maximum de 6 kW.

### 5.8.10. Régulation du débit de circulation par SY1 (boucle débit 2)

Sur l'unité équipée de l'option O2, la régulation du débit de circulation peut être effectuée grâce au variateur de vitesse SY1 couplé à la pompe P1.

La mesure est effectuée par le capteur FIT1. Le régulateur FIC1 commande, par le biais de sa sortie, l'actionneur SY1.

#### Schéma procédé :



#### Pré-requis fonctionnement :

En circuit fermé  
B1 remplie à 80%  
P1 en mode auto

#### Sens procédé : DIRECT

Lorsqu'on augmente la sortie régulateur, on augmente la vitesse variateur alors on augmente le débit de circulation (mesure).

#### Perturbation :

Fermer partiellement V5 pendant quelques secondes pour perturber la mesure de l'ordre de 5 à 10%.

Variation du débit de circulation par VR1 (pilotage par généré 4-20 mA)

#### Câblage et configuration du régulateur :

Entrée		Sortie		Sens d'action
Capteur	Gamme	Actionneur	Gamme	
FIT1	4 mA = 0% = 0 L/h 20 mA = 100% = 1000 L/h	SY1	4 mA = 0% = 20Hz 20 mA = 100% = 50Hz	INVERSE

#### REMARQUE

Cette boucle sera préférentiellement étudiée avec VR1 ouverte (non pilotée) mais il est également possible de travailler avec VR1 partiellement fermée pour modifier les caractéristiques de circuit.

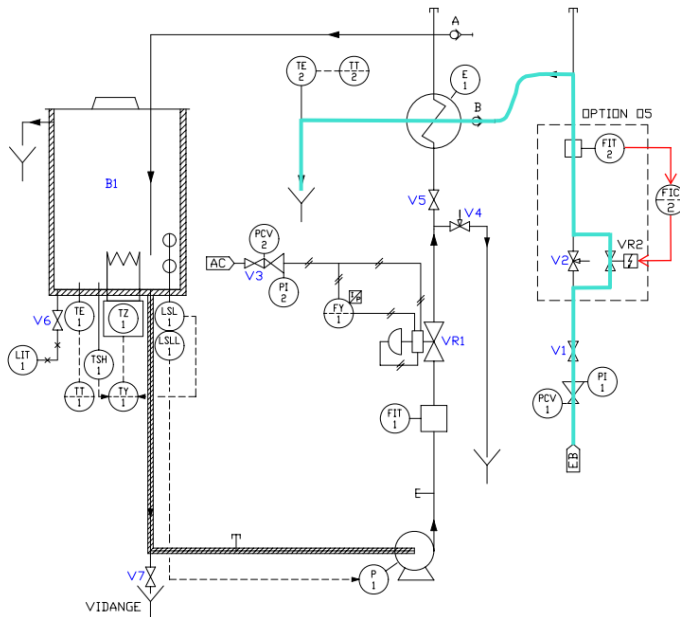


### 5.8.11. Régulation du débit d'alimentation par VR2 (boucle débit 3)

Sur l'unité équipée de l'option O5, la régulation du débit d'alimentation va être effectuée grâce à la vanne de régulation VR2.

La mesure est effectuée par le capteur FIT2. Le régulateur FIC2 commande, par le biais de sa sortie, l'actionneur VR2.

### Schéma procédé :



Pré-requis fonctionnement :

En circuit ouvert sur l'échangeur  
E1

V2 fermée

Sens procédé : DIRECT

Lorsqu'on augmente la sortie régulateur, on augmente l'ouverture de la vanne (vanne NF) alors on augmente le débit d'alimentation (mesure).

Perturbation :

Ouverture partielle de V2 pour  
augmenter le débit d'alimentation

### Câblage et configuration du régulateur :

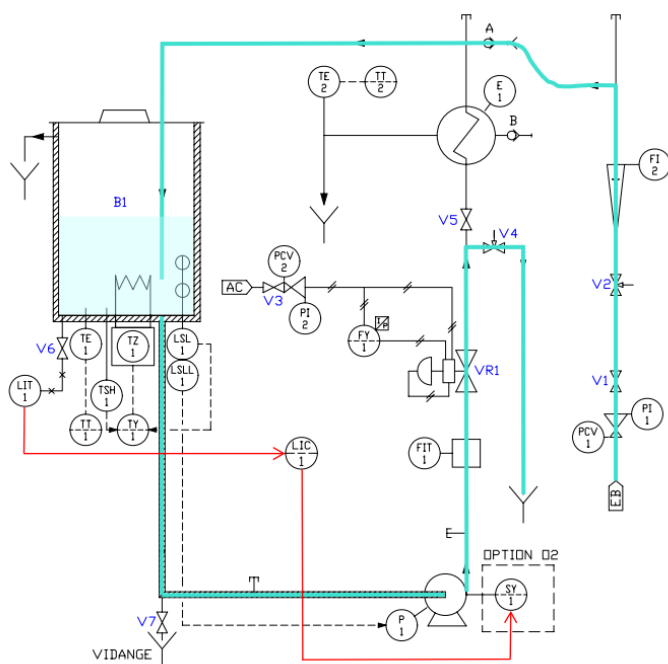
Entrée		Sortie		Sens d'action
Capteur	Gamme	Actionneur	Gamme	
FIT2	4 mA = 0% = 0 L/h 20 mA = 100% = 360 L/h	VR2	4 mA = 0% = VF 20 mA = 100% = VO	INVERSE

### 5.8.12. Régulation du niveau par SY1 à débit d'alimentation fixe (boucle niveau 2)

Sur l'unité équipée de l'option O2, la régulation du niveau dans B1 peut être effectuée grâce au variateur de vitesse SY1 en travaillant à débit d'alimentation constant.

La mesure est effectuée par le capteur LIT1. Le régulateur LIC1 commande, par le biais de sa sortie, l'actionneur SY1.

#### Schéma procédé :



#### Pré-requis fonctionnement :

En circuit ouvert (alim en A)  
Débit d'alimentation réglé à X L/h par V2  
Débit de circulation max réglé par V4  
B1 remplie à 60%  
P1 en mode auto

#### Sens procédé : INVERSE

Lorsqu'on augmente la sortie régulateur, on augmente la vitesse variateur alors on augmente le débit de circulation.  
A débit d'alimentation fixe, le niveau (mesure) diminue.

#### Perturbation :

Variation du débit d'alimentation par V2  
Variation du débit de soutirage par V4 ou VR1

#### Câblage et configuration du régulateur :

Entrée		Sortie		Sens d'action
Capteur	Gamme	Actionneur	Gamme	
LIT1	4 mA = 0% 20 mA = 100%	SY1	4 mA = 0% = 20Hz 20 mA = 100% = 50Hz	DIRECT

#### REMARQUE

Cette boucle sera étudiée à différents débits d'alimentation.

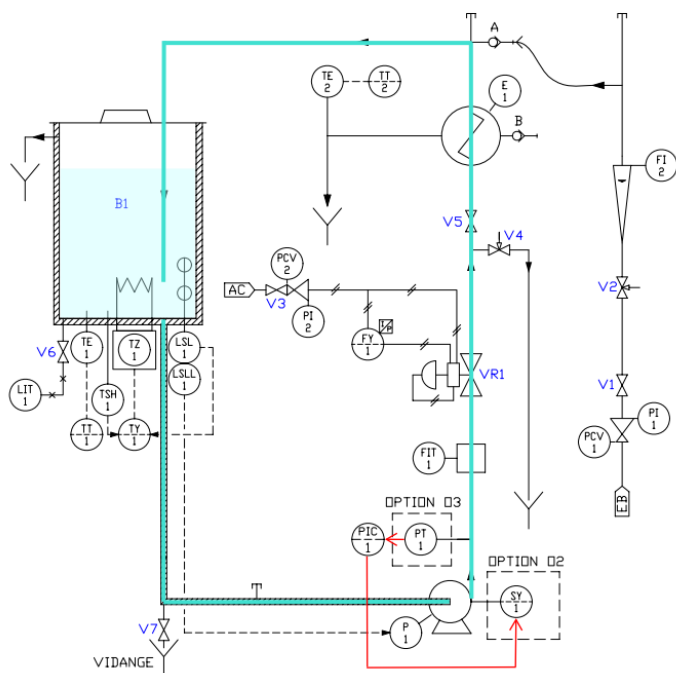
Le débit de soutirage (circulation) maximum pourra être bridé par V4 pour correspondre à la plage des débits d'alimentation mais pourra également être réglé à des valeurs supérieures.

### 5.8.13. Régulation de la pression de refoulement par SY1

Sur l'unité équipée des options O2 et O3, la régulation de la pression au refoulement de P1 peut être effectuée grâce au variateur de vitesse SY1.

La mesure est effectuée par le capteur PT1. Le régulateur PIC1 commande, par le biais de sa sortie, l'actionneur SY1.

#### Schéma procédé :



#### Pré-requis fonctionnement :

En circuit fermé  
B1 remplie à 80%  
P1 en mode auto

#### Sens procédé : DIRECT

Lorsqu'on augmente la sortie régulateur, on augmente la vitesse variateur alors on augmente la pression de refoulement (mesure) pour un même circuit.

#### Perturbation :

Variation des caractéristiques de circuit en fermant partiellement VR1.

#### Câblage et configuration du régulateur :

Entrée		Sortie		Sens d'action
Capteur	Gamme	Actionneur	Gamme	
PT1	4 mA = 0% = 0 bar 20 mA = 100% = 4 bar	SY1	4 mA = 0% = 20Hz 20 mA = 100% = 50Hz	INVERSE

#### REMARQUE

Cette boucle pourra être étudiée avec VR1 totalement ouverte ou en fermant partiellement VR1 à l'aide d'un générateur 4-20 mA pour modifier les caractéristiques du circuit.

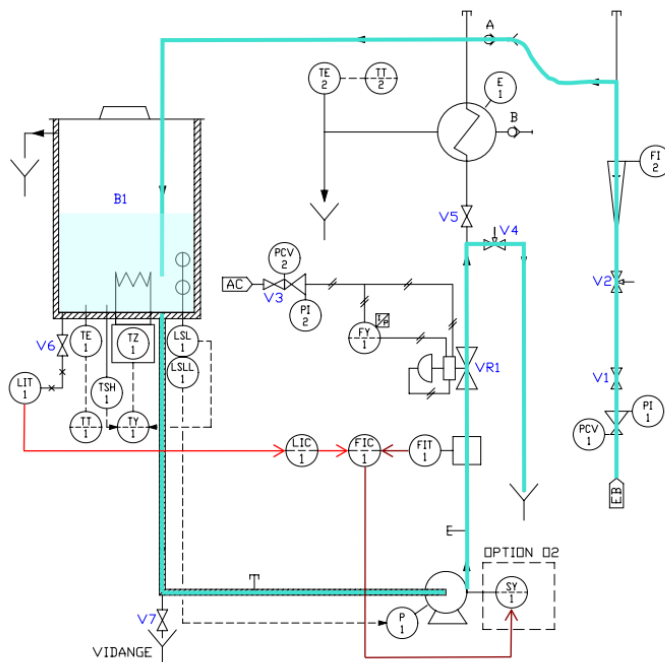
Cette boucle pourrait être étudiée avec VR1 comme actionneur mais la pompe présentant une courbe caractéristique assez plate, cette régulation fonctionne mal.

#### 5.8.14. Régulation cascade de niveau / débit de circulation par SY1 (boucle niveau/débit 2)

La boucle de régulation de niveau (partie 5.8.12) peut être reprise sous forme de régulation cascade sur le débit avec le variateur comme actionneur, en travaillant à débit d'alimentation constant. La boucle lente (niveau) est sur le régulateur maître, la boucle rapide (débit) est sur l'esclave.

La mesure est effectuée par le capteur LIT1. Le régulateur maître LIC1 commande, par le biais de sa sortie, le régulateur esclave FIC1 dont la mesure est donnée par FIT1 et qui commande, par sa sortie, l'actionneur SY1.

### Schéma procédé :



Pré-requis fonctionnement :

En circuit ouvert (alim en A)  
Débit d'alimentation réglé à X L/h  
par V2  
Débit de circulation max réglé par  
V4  
B1 remplie à 60%  
P1 en mode auto

Sens procédé :

**Boucle esclave : DIRECT**  
Lorsqu'on augmente la sortie régulateur, on augmente la vitesse variateur donc le débit de soutirage augmente.

**Boucle maitre : INVERSE**  
Lorsqu'on augmente la sortie régulateur, on augmente la consigne de débit de soutirage. A débit d'alimentation fixe, le niveau (mesure) diminue.

Perturbation :

Variation du débit d'alimentation  
par V2  
Variation du débit de soutirage par  
V4 ou VR1

### Câblage et configuration des régulateurs :

Entrée Maitre		Sortie Maitre		Sens d'action
Capteur	Gamme	Actionneur	Gamme	
LIT1	4 mA = 0% 20 mA = 100%	SP externe rég. esclave	4 mA = 0% = 0 L/h 20 mA = 100% = 1000 L/h	DIRECT

Entrée Esclave		Sortie Esclave		Sens d'action
Capteur	Gamme	Actionneur	Gamme	
FIT1	4 mA = 0% = 0 L/h 20 mA = 100% = 1000L/h	SY1	4 mA = 0% = 20Hz 20 mA = 100% = 50Hz	INVERSE

Cette boucle sera étudiée en plusieurs étapes :

*1<sup>ère</sup> étape : câblage des régulateurs*

- Identifier le régulateur maître et le régulateur esclave (doit posséder une entrée consigne externe qui sera configurée en 0-100% comme les entrées et sorties).
- Raccorder les capteurs aux entrées mesure des régulateurs.
- Raccorder la sortie du régulateur maître à l'entrée consigne externe de l'esclave.
- Raccorder la sortie du régulateur esclave à l'actionneur.
- Vérifier que le sélecteur de consigne est sur local (le régulateur utilisera la consigne locale en mode automatique).

*2<sup>ème</sup> étape : identification de la boucle esclave*

- Identifier le système esclave dans les conditions de travail futures.
- Rechercher les paramètres PID au point de fonctionnement ou pour la plage de fonctionnement (exemple : pour un débit d'alimentation / de circulation de 15 à 35 % soit 150 à 350 L/h).
- Tester les paramètres PID pour le point ou la gamme de fonctionnement.
- Vérifier la réaction à un changement de consigne ou à une perturbation.
- Régler la consigne locale à la valeur souhaitée et attendre la stabilisation du système en mode automatique (exemple : 25 % soit 250 L/h).

*3<sup>ème</sup> étape : identification de la boucle maître*

- Sur le régulateur maître en mode manuel, régler la sortie à la valeur de la consigne locale de l'esclave (exemple ci-dessus : 25 %).
- Basculer le sélecteur de consigne sur externe : la valeur de sortie maître étant égale à la valeur de consigne locale, le système doit rester stable.
- Vérifier que le changement de valeur de sortie maître (exemple : de 25 à 20 %) se répercute sur la consigne du régulateur esclave et que le système réagit et se stabilise correctement.
- Procéder alors à l'identification du système maître.
- Rechercher les paramètres PID au point de fonctionnement ou pour la plage de fonctionnement (exemple : pour un niveau de 60%).
- Tester les paramètres PID pour le point ou la gamme de fonctionnement.
- Vérifier la réaction à un changement de consigne ou à une perturbation.

**REMARQUE**

Cette boucle sera étudiée à différents débits d'alimentation.

Le débit de soutirage (circulation) maximum pourra être bridé par V4 pour correspondre à la plage des débits d'alimentation mais pourra également être réglé à des valeurs supérieures.

### 5.8.15. Régulations diverses

Un grand nombre de boucles ont déjà été évoquées ci-dessus. D'autres peuvent également être étudiées. Ne pas hésiter à tester les possibilités du banc tant que ces manipulations ne vont pas à l'encontre des procédures de fonctionnement de l'unité et des conditions de sécurité.

## 5.9. ARRET DE L'UNITÉ

### 5.9.1. Arrêt de la manipulation

En cours d'utilisation de l'unité, celle-ci peut être arrêtée aisément :

#### 5.9.1.1. Arrêt d'urgence

En cas de problème, l'opérateur peut appuyer sur le bouton d'arrêt d'urgence.

Dans ce cas, la pompe sera arrêtée, la chauffe sera coupée et les vannes de régulation passeront en position de repli par manque de signal électrique.

La tension demeure au niveau du coffret mais le circuit de commande n'est plus alimenté.

Pour remettre le banc en fonctionnement, l'utilisateur doit d'abord résoudre le problème ayant entraîné l'appui de l'arrêt d'urgence.

Après s'être assuré de pouvoir remettre l'installation en fonctionnement sans risques, utiliser la clé pour déverrouiller l'arrêt d'urgence.

#### 5.9.1.2. Arrêt normal

En cours de manipulation, l'opérateur peut aisément :

- arrêter la pompe en appuyant sur le bouton rouge « ARRET POMPE ».
- arrêter la chauffe en appuyant sur le bouton rouge « ARRET CHAUFFE ».
- Couper l'arrivée d'air comprimé en tournant le sectionneur V3.

### 5.9.2. Arrêt de l'installation

En fin de séance :

- Arrêter la chauffe en appuyant sur le bouton rouge « ARRET CHAUFFE ».
- Faire refroidir l'unité en faisant tourner en boucle sur la cuve B1 et en faisant circuler de l'eau dans l'échangeur.

#### ATTENTION

Ne pas vidanger la cuve et envoyer de l'eau froide directement sur la résistance encore chaude sous peine de l'endommager.

Toujours laisser refroidir progressivement la résistance avant vidange de la cuve.

- Arrêter la pompe en appuyant sur le bouton rouge « ARRET POMPE ».
- Procéder à la vidange de l'unité (voir partie 5.10).
- Procéder au nettoyage de l'unité (voir partie 5.11)
- Fermer la vanne d'alimentation générale en eau de l'unité V1.
- Fermer le sectionneur d'air comprimé V3.
- Mettre hors tension l'unité en commutant le sectionneur général sur « 0 ».
- Fermer la vanne de barrage sur le réseau d'eau de ville relié à l'unité.
- Fermer la vanne de barrage sur le réseau d'air comprimé relié à l'unité.

L'installation est ainsi laissée hors énergie.

### **ATTENTION**

Lors de l'arrêt d'une installation, celle-ci doit être laissée hors énergie, c'est-à-dire toutes alimentations fermées (eau, électricité, air comprimé,...).

### **REMARQUE**

En cas de risque, l'unité peut être consignée : sectionneur général cadenassé, unité placé dans un local fermé à clé...

## **5.10. VIDANGE DE L'UNITÉ**

### **5.10.1. Vidange en fin de manipulation**

L'unité ne contient que de l'eau parfaitement compatible avec les matériaux de l'unité. Du fait du petit volume contenu dans la cuve et les canalisations, il est cependant conseillé de la vidanger en fin de manipulation pour éviter les dépôts de calcaire et le développement d'algues ou de bactéries.

- Vérifier que la vidange est bien reliée à un point d'évacuation des eaux usées.
- Ouvrir V7.

### **5.10.2. Vidange avant stockage de longue durée**

La vidange classique doit être réalisée avant stockage de l'unité.

Des canalisations ne se vidangent pas. Il faut alors les démonter pour les vidanger totalement.

#### **Vidange de la tête de pompe :**

- Placer une serpillère ou un linge absorbant sous la tête de pompe.
- Ouvrir le bouchon au bas de la tête de pompe et laisser s'écouler l'eau restant.
- Refermer le bouchon.

### **Vidange du flexible de mesure de niveau**

- Ouvrir V6.
- Placer un petit b cher sous les vis de purge du transmetteur.
- Avec une petite clé plate, ouvrir la vis de purge associée à la chambre de mesure pression haute.
- Laisser s'écouler le fluide afin de purger le flexible.
- Refermer la vis de purge.

### **5.10.3. Devenir des produits utilisés au cours de la manipulation**

L'unité ne fonctionne qu'avec de l'eau qui sera rejetée à l'égout.

Lors des opérations de nettoyage en cas de dépôts de calcaire ou de développement bactérien, le rejet de ces eaux sera à effectuer selon les règles en vigueur dans l'établissement.

## **5.11. NETTOYAGE DE L'UNITÉ**

### **ATTENTION**

Ne pas utiliser de détergent fort ou d'oxydant (ex : eau de Javel).

### **5.11.1. Nettoyage externe**

Le châssis et les différents éléments peuvent être nettoyés avec un détergent doux. L'ensemble sera rincé à l'eau puis essuyé après utilisation.

### **5.11.2. Nettoyage interne**

L'unité ne fonctionnant qu'avec de l'eau, il n'y a pas de nettoyage systématique en fin de manipulation.

Il est conseillé de vidanger quotidiennement l'unité pour limiter les dépôts de calcaire et les développements organiques.

L'opérateur devra obligatoirement se munir de ses EPI et travailler selon les bonnes pratiques de laboratoire lors de l'utilisation de produits de nettoyage et de bactéricide.

En cas de dépôts calcaires, un nettoyage interne à base d'acide acétique dilué ou de détartrant ménager compatible peut être effectué. Il est conseillé d'utiliser des solutions diluées à 0,5% d'acide acétique qui seront utilisées avec une éponge dans la cuve qui sera ensuite abondamment rincée à l'eau.

Le débitmètre à flotteur pourra être retiré de l'unité et nettoyé à part dans un évier.

En fin de nettoyage acide, l'unité sera abondamment rincée jusqu'à neutralité en faisant tourner de l'eau dans l'ensemble de l'unité.



Des produits anti algues ou anti bactérien peuvent également être utilisés pour nettoyer l'unité. Ces produits doivent obligatoirement être compatibles avec les matériaux composant l'unité.

Après utilisation, l'unité sera rincée à l'eau.

En fin de nettoyage, l'unité est rincée et vidangée.

## 5.12. CAHIER DE MANIPULATION

Le carnet de manipulation est à mettre en place par le responsable du hall et pour chaque unité. Il est rempli en fin de chaque manipulation réalisée sur l'unité.

Il devra comporter les renseignements suivants :

- Date
- Nom du responsable des essais
- Nom de l'opérateur
- Nature et quantités de réactifs mis en jeu
- Conditions opératoires
- Vérification du poste en fin de manipulation : vidé, rincé et propre intérieur et extérieur
- Remarques sur des défaillances éventuelles du poste.

## 5.13. STOCKAGE DE L'UNITÉ

Lors des périodes de non utilisation, il est important de respecter ces conditions de stockage de l'unité :

Purger, vidanger, nettoyer et sécher l'installation.

Placer l'unité hors énergie.

Placer l'unité dans un local propre, fermé, à l'abri des intempéries, du soleil direct, des poussières, des particules solides, de produits corrosifs, ...

Stocker l'unité dans les conditions de température spécifiées sur le marquage ou dans le manuel.

# **BANC DE RÉGULATION MULTI-BOUCLES**

**CEB/1000**

## **MANUEL PEDAGOGIQUE**

NOTICE ORIGINALE

### **6. *ENTRETIEN ET MAINTENANCE***

## 6.1. GARANTIE

La garantie classique des équipements PIGNAT est la suivante :

- Durée 12 mois pièces et main d'œuvre pour matériel rendu usine contre tout vice caché.
- Début de garantie : à compter de la date de réception de l'équipement sur le site de l'exploitant.

Se reporter au devis et à la commande si des conditions spéciales sont accordées.

La garantie ne porte que sur le remplacement ou la réparation des pièces reconnues défectueuses. Les pièces modifiées ou remplacées n'entraînent aucune extension de la garantie au-delà de la période de la garantie du matériel principal.

Toutes les pièces défectueuses devront être remplacées par des pièces certifiées d'origine et identiques à celles spécifiées par le fabricant.

La liste des pièces composant l'unité est fournie dans le dossier technique de l'unité.

Seul le fabricant ou les personnes expressément agréées par lui sont qualifiés pour assurer la remise en état ou le remplacement des pièces défectueuses.

Sont compris dans la garantie les défauts de matière ou les vices de conception et de fabrication du matériel dans les limites ci-après.

L'équipement correspond aux conditions de service et d'utilisation définies et portées à notre connaissance à la commande.

Tous dommages dus à des conditions d'utilisation non conformes ou à un non respect des instructions spécifiées dans la notice d'instructions sont exclues de la garantie.

Sont également exclus de la garantie :

- Le remplacement de pièces fournies par PIGNAT par des pièces d'une autre origine,
- Les travaux d'entretien, de vérification, de contrôle,
- Le montage de pièces externes et les modifications de construction non validées par PIGNAT,
- Les pièces d'usure,

## 6.2. LISTE DES PIÈCES DÉTACHÉES

La liste des pièces détachées principales est associée au PID où sont indiqués les repères.

Voir la liste de pièces détachées et le PID avec repères fournis dans le dossier technique de l'unité.

### 6.3. DOSSIER TECHNIQUE CONSTRUCTEUR

Les documentations techniques de chaque matériel implanté sur l'unité sont fournies dans le dossier technique de l'unité et fourni à l'exploitant lors de la livraison ou de la mise en service.

Il est de la responsabilité de l'exploitant de lire ces documentations afin de connaître les spécifications de chaque constructeur pour la maintenance de chaque équipement.

Il est également de la responsabilité de l'exploitant de fournir à toute personne intervenant sur l'unité les informations nécessaires à l'accomplissement des tâches (utilisation, entretien, maintenance, contrôle,...).

### 6.4. CAHIER DE MAINTENANCE

Dès la mise en service et durant toute la durée de vie de l'équipement, l'exploitant doit tenir un registre de toutes les opérations ou interventions datées relatives à l'entretien, la maintenance, le contrôle, les inspections, ...

Ce registre ou carnet d'entretien est à mettre en place par l'exploitant pour chaque unité.

Il est rempli pour chaque intervention même de contrôle visuel par la personne responsable de l'intervention.

Il devra comporter les renseignements suivants :

- Date
- Nom de la personne réalisant l'entretien
- Nature du type d'entretien : courant, de prévention.....
- Description des opérations d'entretien réalisées

### 6.5. OPÉRATIONS DE MAINTENANCE

Il est recommandé de faire réaliser la maintenance sur l'unité par un technicien agréé par la société PIGNAT.

Afin de limiter tout risque d'intervention si l'intervenant n'est pas agréé par PIGNAT, l'exploitant doit disposer d'un personnel qualifié et habilité. Il doit lui fournir les documents, outils et matériels nécessaires à l'accomplissement des tâches.

Avant toute intervention sur l'équipement, il est recommandé de s'assurer que l'appareil n'est plus sous vide, sous pression, qu'il ne contient plus de liquide, qu'il a été nettoyé et ventilé correctement, que l'ensemble des éléments est à température ambiante et qu'il ne demeure aucun autre risque résiduel.

En plus des procédures pouvant être décrites ci-après, l'équipement doit être maintenu constamment en bon état et être vérifié aussi souvent que nécessaire.

La surveillance et les contrôles périodiques doivent être effectués conformément à la réglementation en vigueur dans le pays où l'équipement est installé.

En l'absence de réglementation, nous préconisons

- une vérification des connexions et des étanchéités à chaque utilisation
- un contrôle visuel hebdomadaire,
- une visite de maintenance tous les ans.

Les contrôles des éléments de sécurité, les inspections internes (corrosion notamment) et les requalifications doivent respecter les réglementations en vigueur et, en l'absence de réglementation, être définis par l'exploitant en fonction de son utilisation de l'équipement.

### **6.5.1. Contrôle des flexibles et de leur fixation**

Les flexibles de raccordement de l'unité au réseau d'air comprimé ou aux réseaux d'eau ainsi que ceux entre les différents éléments de l'équipement doivent être vérifiés avant chaque utilisation ou sur un rythme hebdomadaire.

Ces flexibles doivent être remplacés dès qu'un défaut visuel apparaît afin d'éviter tout danger conséquent pour les utilisateurs, la machine ou l'environnement (éclatement du flexible, fuite d'eau,...).

En cas de pliure, cassure, hernie, ... procéder immédiatement au remplacement du flexible. Si ce n'est pas possible, consigner l'unité.

Pour les flexibles de type PU air comprimé connectés à base de raccords rapides, vérifier que le flexible est correctement enfoncé dans le raccord et qu'il ne peut en ressortir en tirant dessus.

Pour les flexibles de type PVC montés sur douille cannelée, vérifier que le collier est bien serré.

### **6.5.2. Entretien des détendeurs**

Le détendeur d'air est muni d'un filtre et d'une cuve de récupération des condensats.

En cas de présence de condensats :

- Ouvrir le bouchon en pied de cuve.
- Laisser s'écouler l'eau.
- Refermer le bouchon.

Si les filtres sont encrassés, les démonter et les nettoyer avant de les remettre en place.

En cas de détérioration du filtre, procéder à son remplacement.

### **6.5.3. Etanchéités**

En cas de défaut d'étanchéité au niveau d'un raccord, procéder immédiatement au remplacement du joint ou du ruban d'étanchéité par un élément identique.

Si ce n'est pas possible, consigner l'unité.

#### 6.5.4. Contrôle électrique

Ce contrôle est à faire réaliser par un personnel habilité électrique sur l'équipement consigné hors énergie.

Hebdomadairement, vérifier que :

- les presse-étoupes sur l'armoire et les instruments sont correctement serrés,
- les embases de connexion en face avant sont correctement serrées et ne laissent pas apparaître de défaut visuel,
- les cordons de raccordement de type sécurité sont en bon état, ne présentent pas de fil conducteur à nu et les systèmes de sécurité fonctionnent.
- aucun câble électrique n'est pincé ou endommagé.

Annuellement, vérifier le serrage des bornes dans l'armoire électrique.

En cas de détérioration d'un câble ou d'un élément électrique, procéder immédiatement à son remplacement par un élément identique.

Si ce n'est pas possible, consigner l'unité.

#### 6.5.5. Contrôle des capteurs et actionneurs

Vérifier que les instruments ne sont pas endommagés et qu'ils sont correctement fixés sur l'unité :

- Le transmetteur de niveau LIT1 est correctement fixé sur son support. L'étanchéité entre le capteur et la vanne V6 est assurée. Le boîtier de protection électrique doit être correctement serré et l'afficheur être orienté face à l'utilisateur.
- Les sondes de température TE1 et TE2 ainsi que les thermomètres TI3 et TI4 (option) et les capteurs de pression PT1 et PT2 (options) sont en place sur le circuit et les joints PTFE assurant l'étanchéité sont en bon état. Les connecteurs électriques doivent être correctement serrés et les boîtiers doivent être en bon état.
- La résistance de chauffe TZ1 doit être étanche au niveau du montage en fond de cuve. Les éléments chauffants doivent être en bon état et ne pas présenter de court-circuit.
- La pompe P1 doit tourner sans chauffer, régulièrement, sans à-coup. La tête de pompe ainsi que le système d'entraînement doivent être étanches. Le variateur associé (option) doit assurer sa fonction linéairement.
- Le transmetteur de débit FIT1 doit être maintenu par la tuyauterie correctement fixée sur le châssis. Le connecteur électrique doit être correctement serré et l'afficheur être orienté face à l'utilisateur.
- La vanne de régulation VR1 est bien maintenue par la tuyauterie correctement fixée sur le châssis. Les connecteurs pneumatiques doivent être bien en place. Le capot de protection du mécanisme doit être en place et ses vis de maintien serrées.

- La vanne de régulation VR2 (option) est bien maintenue par la tuyauterie et sa connexion est étanche. Le connecteur électrique doit être en bon état, bien fixé sur le corps de vanne.
- Le débitmètre à flotteur FI2 doit être propre et permettre la bonne visualisation du débit, graduations face à l'utilisateur.
- Le transmetteur de débit FIT2 doit être maintenu par la tuyauterie correctement fixée sur le châssis. Le connecteur électrique doit être correctement serré et l'afficheur être orienté face à l'utilisateur.
- Les manomètres des détendeurs d'air et d'eau sont en bon état et doivent répondre aux variations de pression. Les détendeurs doivent permettre de détendre la pression et ne doivent pas être bloqués par des dépôts.

En cas de détérioration de l'un des éléments, procéder immédiatement à son remplacement par une pièce identique. Sinon, consigner l'unité.

### 6.5.6. Contrôle des éléments de sécurité

Les éléments de sécurité sont destinés à protéger l'utilisateur ainsi que la machine. Ils sont donc essentiels au fonctionnement du système en toute sécurité et une attention particulière doit leur être portée.

Le détecteur de niveau LSL1/LSLL1 est destiné à protéger la pompe d'un fonctionnement à sec qui abîme les garnitures mécaniques et à protéger les résistances d'un fonctionnement hors de l'eau :

- Vérifier que les flotteurs coulissent librement le long de l'axe.
- Vérifier le déclenchement des contacts manuellement par déplacement du flotteur.

Le thermostat TSH1 doit être en place. Le doigt de gant doit être étanche et le thermostat doit être solidement serré sur le doigt de gant.

Le thermostat TSH1 est destiné à protéger l'utilisateur (risque de brûlure) ainsi que la résistance et le matériel (risque de surchauffe) :

- Vérifier que le doigt de gant est correctement installé sur la cuve, de façon étanche.
- Vérifier que le thermostat est bien fixé sur le doigt de gant.
- Vérifier que le thermostat est bien réglé et déclenche aux environs de 60°C.

# **BANC DE RÉGULATION MULTI-BOUCLES**

**CEB/1000**

## **MANUEL PEDAGOGIQUE**

NOTICE ORIGINALE

### ***7. EXEMPLES DE MANIPULATIONS***



## REMARQUE

Les valeurs ci-dessous sont données à titre d'exemple. Les valeurs de paramètres PID ont été trouvées dans les conditions d'essais et ne sont pas optimales. Ils constituent une première approche de l'unité. En fonction de l'évolution des matériels, ces valeurs peuvent évoluer.

## 7.1. CARACTÉRISATION DES ACTIONNEURS

Comme décrit en partie 5.8, la première étape consiste à étudier les caractéristiques des actionneurs. En effet selon la caractéristique de la vanne de régulation ou du couplage pompe-variateur, la régulation sera plus ou moins facile à mettre en œuvre. Une caractéristique linéaire permet l'étude la plus simple.

### 7.1.1. Caractérisation de la vanne de régulation VR1

#### 7.1.1.1. Sens d'action et sens de repli

Lorsque la vanne est alimentée en air et câblée sur un régulateur et que le signal de commande OP est égal à 0%, la vanne est ouverte et laisse passer le débit maximum. Lorsque la vanne est alimentée en air et câblée sur un régulateur et que le signal de commande OP est égal à 100%, la vanne est fermée et ne laisse plus passer de débit.

La vanne est donc bien de type normalement ouverte. Et lorsqu'on augmente le signal de sortie, le débit diminue puisque la vanne se ferme.

Lorsque la vanne est alimentée en air et câblée sur un régulateur et que le signal de commande OP est égal à 100%, lorsque l'on débranche un cordon la vanne s'ouvre aussitôt. Lorsque la vanne est alimentée en air et câblée sur un régulateur et que le signal de commande OP est égal à 100%, lorsque l'on ferme le sectionneur d'air V3 la vanne s'ouvre aussitôt.

La position de repli est bien vanne ouverte.

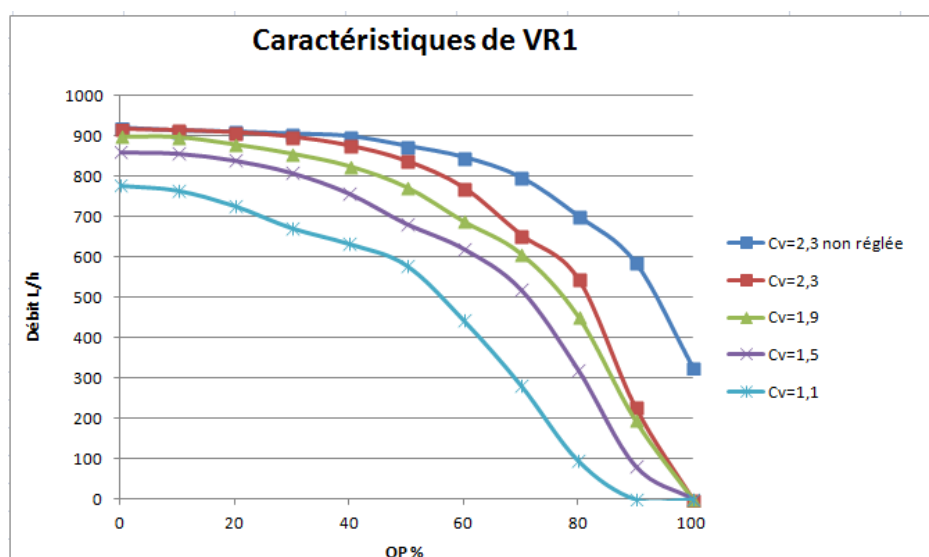
En cas d'arrêt d'urgence, la vanne s'ouvre entièrement ce qui permet une circulation dans la boucle (alimentation par le réseau d'eau pour refroidir la résistance par exemple) et l'absence de risque de montée en pression (inertie de la résistance qui chauffe l'eau située dans son enveloppe).

#### 7.1.1.2. Caractéristique installée de la vanne

La vanne de régulation installée sur ce banc a la particularité d'être à Cv variable. Son Cv pour être réglé mécaniquement. L'étude de la caractéristique va donc être réalisée pour différents Cv afin d'étudier l'influence de celui-ci sur le débit de circulation et donc sur les boucles de régulation.

Pour différents Cv on relève le débit dans la boucle de circulation en faisant varier le signal de commande de 0 à 100% (donc à la fermeture de la vanne).

OP %	Débit de circulation				
	Cv=2,3 non réglée L/h	Cv=2,3 L/h	Cv=1,9 L/h	Cv=1,5 L/h	Cv=1,1 L/h
0	921	917	898	860	777
10	914	914	897	857	765
20	911	909	879	840	727
30	906	898	856	809	672
40	900	876	825	758	633
50	876	838	773	683	580
60	848	772	688	621	444
70	798	655	608	520	283
80	702	546	453	321	96
90	587	228	195	82	0
100	328	0	0	0	0



Lors du premier essai avec Cv à 2,3, on constate que pour un signal de 100% le débit de circulation n'est pas à 0 mais à 328 L/h : la vanne n'est pas fermée. Cela signifie que la tige de clapet est mal réglée : en position vanne fermée, le clapet ne vient pas en contact avec le siège pour assurer l'étanchéité.

Après ajustement de la tige de clapet, la vanne se ferme totalement.

Après réglage, on constate bien que lorsque le Cv diminue, à signal de commande égal, le débit passant diminue.

On observe que le Cv de 2,3 est surdimensionné par rapport au procédé. En effet, pour un signal de commande variant de 0 à 50%, le débit ne diminue que de 15%.

La courbe pour un Cv de 2,3 n'est pas de type linéaire mais du type débit tout ou rien. Or la vanne Varipack est linéaire. En fait, l'échangeur E1 crée une grosse perte de charge dans le circuit et ne permet pas d'exploiter la vanne à son Cv maximum par rapport au potentiel de la pompe.

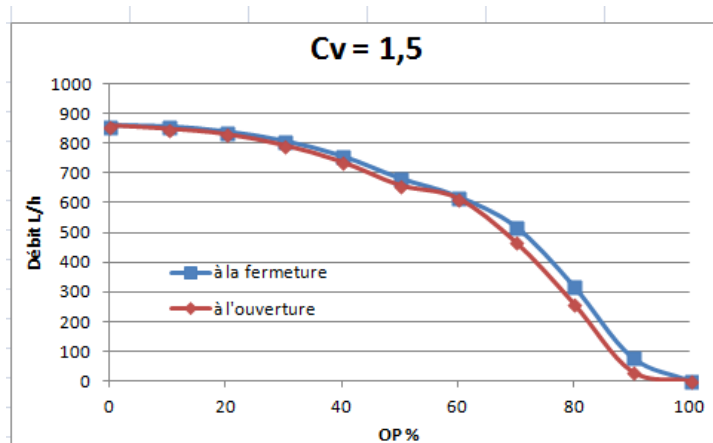
On constate que le système se linéarise lorsque le Cv diminue. En effet, en diminuant le Cv, l'élément limitant devient la vanne VR1 et sa caractéristique linéaire apparaît.

L'avantage d'une vanne à Cv variable est de pouvoir l'adapter au circuit dans une certaine mesure. Le réglage sera un compromis entre la linéarité (et donc la facilité à réguler sur toute la plage de travail) et la gamme de travail (en débit et pression).

Dans notre cas, on travaillera dans les exemples suivants avec un Cv réglé à 1,5.

Le positionneur peut avoir une hystérésis de fonctionnement. On réalise donc la mesure du débit en fonction du signal de commande de 0 à 100% (fermeture vanne) puis de 100 à 0% (ouverture vanne) pour le Cv de 1,5.

OP %	Débit à la fermeture L/h	Débit à l'ouverture L/h
0	860	860
10	857	849
20	840	831
30	809	794
40	758	738
50	683	659
60	621	615
70	520	468
80	321	262
90	82	33
100	0	0



On observe bien une légère hystérésis. Elle est peu marquée et ne devrait donc avoir qu'une légère influence sur la régulation.

#### REMARQUE

Sur les courbes caractéristiques de VR1 en fonction du Cv, on note que pour un Cv de 1,1, la vanne est fermée pour un signal de 90%. Pour un Cv de 1,5, on note un affaissement de la courbe également.

Ce point peut être amélioré en réglant la pression de démarrage du positionneur de la vanne à l'aide d'une vis de réglage.

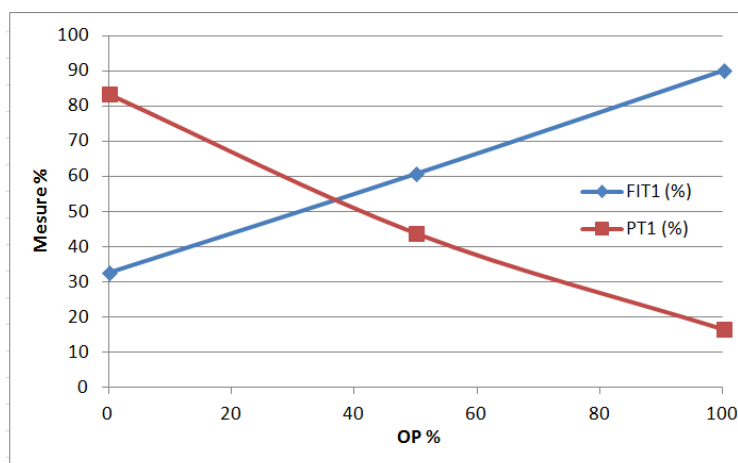
Voir documentation fournisseur sur les procédures de réglage spécifique de la vanne.

### 7.1.2. Caractérisation du variateur SY1 (option O2)

Avant d'étudier une régulation avec le variateur comme actionneur, on va étudier sa caractéristique de réponse. Voir partie 5.8.2.

En tournant en boucle fermée sur l'installation, cuve B1 remplie à 80%, régulateur en mode manuel, pompe en mode auto, on obtient les données suivantes :

OP (%)	FIT1 (%)	PT1 (%)
0	32,6	83,3
50	60,7	43,7
100	90,0	16,4



#### REMARQUE

Cet essai serait à effectuer avec plus de points de mesure ce qui permettrait d'affirmer la linéarité.

On constate que le débit est une fonction linéaire de la sortie et donc de la fréquence. Les paramètres de régulation identifiés pour un point de fonctionnement devraient être valides sur toute la gamme de travail.

On constate également que le débit n'est pas nul pour OP=0%. Cela est dû au fait que le variateur est configuré avec une fréquence minimum de travail pour permettre le refroidissement du moteur. Le débit maximum atteint dans ces conditions est de 90% de la gamme du transmetteur de débit FIT1. En régulation, dans ces conditions d'utilisation, une consigne réglée à une valeur inférieure à 30% ou supérieure à 90% ne pourra jamais être atteinte.

Concernant la pression de refoulement de la pompe en fonction de l'OP (et donc de la fréquence), on constate qu'elle n'est pas tout à fait linéaire. Du fait de la faible courbure, les paramètres PID pourront peut-être être utilisés sur toute la gamme sinon, il faudra essayer de déterminer des paramètres sur la première moitié et d'autres pour la deuxième moitié.

La pression de refoulement dans ces conditions est comprise entre 15 et 80% de la gamme de mesure du capteur de pression PT1. Une consigne réglée en dehors de cette plage ne pourra être atteinte.

Pour augmenter la pression ou diminuer le débit, il faut créer une contre-pression à l'aide de VR1 (simulation d'un circuit plus déprimogène en sortie de pompe). Dans ce cas, réitérer ces essais pour différentes fermetures de VR1. Les paramètres PID déterminés pour VR1 ouverte ne seront pas forcément identiques à ceux déterminés avec VR1 partiellement fermée.

### 7.1.3. Caractérisation de la vanne de régulation VR2 (option)

#### 7.1.3.1. Sens d'action et sens de repli

Lorsque la vanne est câblée sur un régulateur et que le signal de commande OP est égal à 0%, la vanne est fermée et ne laisse plus passer de débit.

Lorsque la vanne est câblée sur un régulateur et que le signal de commande OP est égal à 100%, la vanne est ouverte et laisse passer le débit maximum.

La vanne est donc bien de type normalement fermée. Et lorsqu'on augmente le signal de sortie, le débit augmente puisque la vanne s'ouvre.

Lorsque la vanne est câblée sur un régulateur et que le signal de commande OP est égal à 100%, lorsque l'on débranche un cordon la vanne se ferme aussitôt.

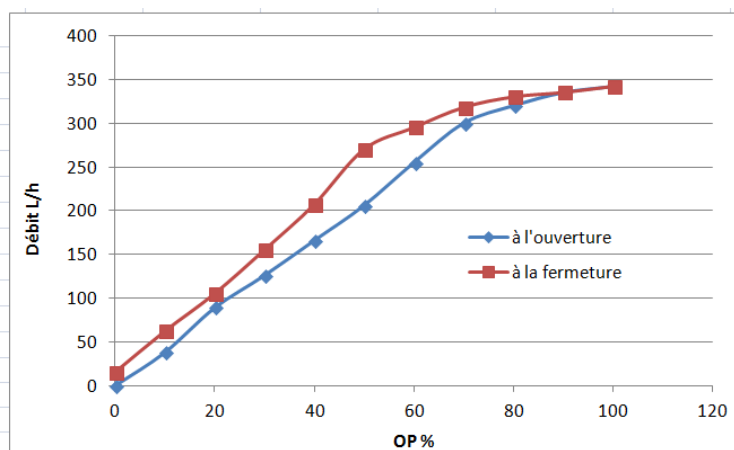
La position de repli est bien vanne fermée.

En cas d'arrêt d'urgence, la vanne se ferme entièrement ce qui coupe l'alimentation en eau du banc.

#### 7.1.3.2. Caractéristique installée de la vanne

On relève le débit dans la boucle d'alimentation en faisant varier le signal de commande de 0 à 100% (donc à l'ouverture de la vanne) puis de 100 à 0% (donc à la fermeture de la vanne).

OP %	Débit à l'ouverture L/h	Débit à la fermeture L/h
0	0	15
10	38	62
20	89	105
30	126	155
40	166	207
50	206	270
60	255	295
70	300	318
80	320	330
90	335	335
100	342	342



La caractéristique n'est pas tout à fait linéaire et présente une légère hystérésis. Pour une gamme de travail de 0 à 250 L/h, un jeu de paramètres PID devrait convenir. Sur la partie de 250 à 360 L/h, le réglage peut être moins précis.

L'hystérésis est peu marquée et ne devrait donc avoir qu'une légère influence sur la régulation.

Le léger débit à la fermeture peut être amélioré en jouant sur les paramètres de l'électronique de commande de la vanne.

Voir documentation fournisseur sur les procédures de réglage spécifique de la vanne.

## 7.2. EXEMPLE : ÉTUDE D'UNE BOUCLE DE RÉGULATION EN BOUCLE FERMÉE (MÉTHODE ZIEGLER ET NICHOLS)

Cette méthode sera décrite de façon générale et sera complétée *en italique* avec les données de l'étude de la régulation de niveau par action sur la vanne VR1 (boucle niveau 1 § 5.8.5) mais elle peut être utilisée pour les autres boucles et notamment sur les boucles rapides.

### 7.2.1. Description de la méthode de Ziegler et Nichols

La méthode de Ziegler et Nichols est également appelée méthode des oscillations.

Cette méthode d'identification des paramètres PID consiste à travailler en boucle fermée (régulateur en mode automatique) en régulation proportionnelle seulement (les temps de dérivée et d'intégrale sont annulés).

On diminue la bande proportionnelle jusqu'à obtenir un début d'instabilité (oscillations entretenues non saturantes sur la mesure et la sortie).

On relève alors la valeur de bande proportionnelle dite critique Bpc ainsi que la période des oscillations Tc.

A partir de ces données, on peut calculer les actions PID du régulateur :

	P	PI série	PI	PID série	PID	PID Mixte
Xp	2 Xpc	2,2 Xpc		3,3 Xpc	1,7 Xpc	
Ti	Maxi	Tc/1,2	0,02 TcXpc	Tc/4	85 TcXpc	Tc/2
Td		0		Tc/8	7,5 Tc/Xpc	Tc/8

Cette méthode donnant des résultats variables selon les systèmes, les paramètres doivent parfois être retouchés pour obtenir les résultats de performance (stabilité, précision, rapidité, ...) proches de ceux désirés.

### 7.2.2. Recherche des paramètres au point de fonctionnement 60%

Identification pour le point de fonctionnement correspondant à PV = 60% (soit LIT1 = 60%) pour un débit d'alimentation de 250 L/h.

Câblage du régulateur, création du circuit procédé et identification du sens procédé :

- Câbler le régulateur : *LIT1 en entrée, VR1 en sortie.*
- Le régulateur est en mode manuel, sa sortie réglée à 90% (VR1 bridée).
- Créer le circuit hydraulique requis : *connecter la ligne de froid en A, V1 ouverte, V2 fermée, V4 ouverte, V5 fermée, V6 ouverte.*
- *Avec V2, régler le débit d'alimentation à la valeur souhaitée (exemple : 250 L/h).*
- *Laisser la cuve B1 se remplir à 60% environ et vérifier que LIT1 est purgé.*
- Démarrer la pompe en mode manuel (vitesse fixe de 50 Hz).
- *Lire le débit de soutirage sur FIT1 et observer le niveau : VR1 étant en grande partie fermée, le débit est faible et le niveau continue de monter.*
- *Régler la sortie à 80% : le débit de soutirage augmente et est proche de celui d'alimentation : le niveau se stabilise.*

- Régler la sortie à 70% : le débit de soutirage augmente et devient largement supérieur à celui d'alimentation : le niveau diminue.
- Arrêter la pompe.

*Conclusion sur le sens procédé : lorsque la sortie diminue, la mesure diminue. Le procédé est direct.*

*L'idéal serait de faire des points de 10 en 10 pour caractériser le procédé. Si le débit de soutirage est trop différent par rapport au débit d'alimentation, vu la petite taille de cuve, celle-ci est rapidement vide ou trop remplie. Il est donc difficile d'étudier toute la plage de travail pour voir la stabilité du système et les zones de linéarité.*

#### Configuration du régulateur et identification du système :

- Régler le sens d'action du régulateur en « *INVERSE* » (à l'opposé du sens procédé).
- Ajuster la consigne à la valeur souhaitée (*exemple : à 60%*).
- Régler la sortie du régulateur à 0%.
- Démarrer la pompe en mode manuel (vitesse fixe de 50 Hz).
- *Fermer V4 pour fixer le débit maximum de soutirage à la valeur souhaitée (exemple : 900 L/h).*
- Régler la sortie de façon à ce que la mesure soit proche de la consigne :  $OP \approx 84\%$ .
- Sur le régulateur, positionner la bande proportionnelle Bp sur une valeur élevée (50 par exemple).
- Sur le régulateur, positionner le temps intégrale Ti sur INACTIF ou OFF ou 0.
- Sur le régulateur, positionner le temps dérivée Td sur INACTIF ou OFF ou 0.
- Passer le régulateur en mode automatique et attendre la réaction du système.
  - Si la mesure oscille et converge, diminuer Bp. et recommencer la manipulation
  - Si la mesure oscille et diverge, augmenter la Bp et recommencer la manipulation
  - Si la mesure oscille régulièrement, la valeur de la bande proportionnelle est la bande proportionnelle critique (BPC).
- Relever la période des oscillations à l'aide d'un chronomètre (relever le temps de 10 périodes pour être plus précis): Tc

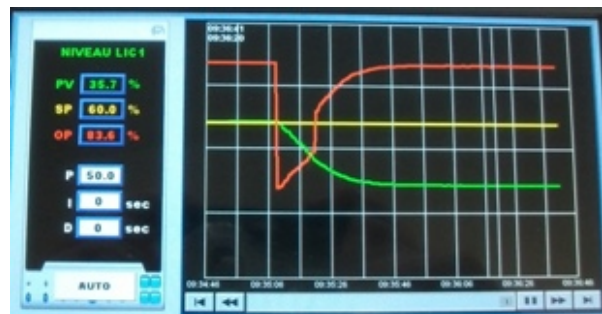
*Dans le cadre de la régulation de LIT1 par VR1 :*

*En mode manuel, une mesure de 60% est obtenue pour une sortie  $OP \approx 84\%$ .*

*Passage en mode automatique avec une  $Bp = 50$  :*

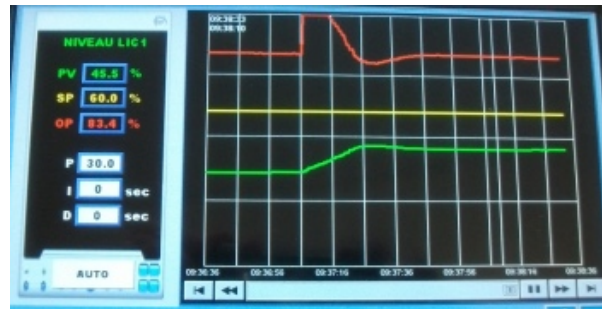
*la mesure PV (en vert) se stabilise à 35,7% pour une sortie (en rouge)  $OP = 83,6\%$ .*

*La Bp est trop élevée.*

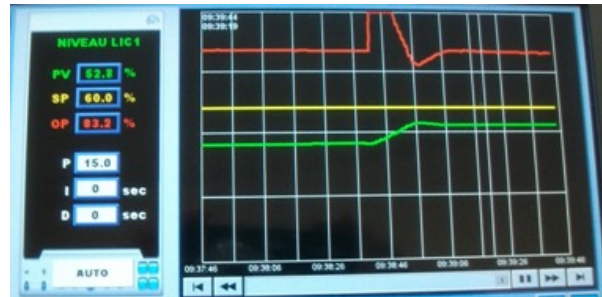




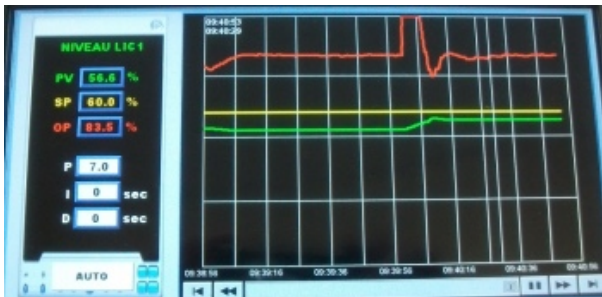
*Diminution de Bp à 30 :  
Stabilisation à PV = 45,5% pour OP = 83,4%.  
La Bp est trop élevée.*



*Diminution de Bp à 15 :  
Stabilisation à PV = 52,7% pour OP = 83,2%.  
La Bp est trop élevée.*



*Diminution de Bp à 7 :  
Une oscillation puis stabilisation à PV = 56,6% pour OP = 83,5%.  
La Bp est trop élevée.*



*Diminution de Bp à 5 :  
Trois oscillations convergentes puis stabilisation à PV = 57,6% pour OP = 83,0%.  
La Bp est trop élevée mais tend à s'approcher de la Bp critique.*



*Diminution de Bp à 3 :  
Faibles oscillations sur PV mais oscillations visibles et entretenues sur OP.  
La période de ces oscillations est de 5-6 s.*



*On retient Bpc = 3 et Tc = 5,5*



- Une fois ces valeurs déterminées, il faut se reporter au tableau de calcul des paramètres PID selon Ziegler et Nichols. Les régulateurs Eurotherm sont de type PID Mixte. Le fabricant conseille d'utiliser la table de réglage suivante (avec  $B = B_{pc}$  et  $T = T_c$ ) :

Type de régulation	Bande proportionnelle 'Pb'	Temps d'intégrale 'ti'	Temps de dérivée 'td'
Proportionnelle uniquement	2xB	OFF	OFF
P + I	2,2xB	0,8xT	OFF
P + I + D	1,7xB	0,5xT	0,12xT

- Le choix du type de régulation à appliquer se détermine soit en caractérisant le système (gain, retard, constante de temps) soit en essayant les jeux de paramètres et en déterminant lequel correspond le mieux aux résultats souhaités.
- Il faut ensuite tester la réponse de la régulation à un changement de consigne vers une valeur supérieure et inférieure, voire sur toute la gamme si le système est linéaire.
- Il faut également tester le système face à une perturbation créant une variation de la mesure de l'ordre de 5 à 10% maximum.
- Dans le cas d'un système non linéaire, cette opération est à réitérer pour chacune des zones définies de travail et trouver ainsi les jeux de paramètres optimisés pour chaque zone.

## REMARQUE

Cette méthode est peu adaptée pour les systèmes très lents comme certaines régulations de température.

Les paramètres trouvés par cette méthode peuvent ne pas donner satisfaction selon l'efficacité recherchée (précision, rapidité, stabilité, dépassement de consigne, ...). Il faut dans ce cas les adapter légèrement selon les besoins en sachant que :

Quand .... augmente	Stabilité	Rapidité	Précision
Bande proportionnelle - $X_p$	Augmente	Diminue	Diminue
Temps Intégral - $T_i$	Augmente	Diminue	Pas d'influence
Temps dérivée - $T_d$	Diminue	Augmente	Pas d'influence

Dans le cas de cet essai, cela donne les valeurs suivantes :

TYPE	$B_p$	$T_i$	$T_d$
P	6		
PI	6,6	4,4 (4)	
PID	5,1	2,75 (3)	0,66 (1)

Dans notre cas, le procédé répond rapidement aux variations de sortie du régulateur et n'atteint pas la consigne lorsqu'il est en proportionnelle seule. Il faudra au moins une régulation PI.

Le temps mort (temps au bout duquel la mesure commence à évoluer après une variation de la sortie en mode manuel) est faible, moins d'une seconde. On peut le considérer comme

*négligeable ; il n'est donc pas nécessaire d'anticiper les variations et d'introduire un terme dérivé.*

*Une régulation PI devrait correspondre au système. Les paramètres pourront être affinés si nécessaire.*

*Les paramètres suivants sont entrés dans le régulateur :  $B_p = 7$  et  $T_i = 4$ .*

*Lors de l'entrée de ces paramètres, le régulateur doit normalement répondre positivement à ces paramètres en stabilisant la mesure. Il doit également répondre rapidement et correctement à un changement de consigne ou à une perturbation de l'ordre de 5 à 10% voire plus.*



*Sur un changement de consigne important de 65 à 45% on constate un dépassement de consigne mais en 30s la mesure est stabilisée à la consigne.*

*Ces paramètres fonctionnent sur l'ensemble de la plage de travail possible du système.*

*Un essai avec les paramètres PID calculés n'est pas concluant car le signal de sortie comme la mesure ne semblent pas plus stables.*

### 7.3. EXEMPLES DE PARAMÈTRES PID

#### REMARQUE

Les paramètres PID ci-dessous ont été déterminés au cours d'essais d'unités de type CEB/1000. Ils constituent une première approche et peuvent être optimisés en fonction de l'efficacité recherchée.

Les boucles de régulation de température peuvent donner des résultats variables d'une séance à l'autre du fait des variations de température de l'eau et de l'air. La plage de fonctionnement peut également varier.

#### 7.3.1. Régulation de débit par VR1 (boucle débit 1 - §5.8.4)

Plage de travail / consigne	Point de fonctionnement	Méthode d'identification	Paramètres PID
10-100%	B1 remplie à 80% Cv = 1,5 Consigne à 30%	Ziegler et Nichols Bpc = 47,5 Tc = 9,2 s	En PI : Bp=105, Ti=8 En PID : Bp=81, Ti=5, Td=1

#### 7.3.2. Régulation de niveau par VR1 (boucle niveau 1 - §5.8.5)

Plage de travail / consigne	Point de fonctionnement	Méthode d'identification	Paramètres PID
25-90%	Débit alim à 240L/h Cv = 1,5 Réglage V4 à 300L/h pour VR1 ouverte Consigne à 70%	Ziegler et Nichols Bpc = 6 Tc = 7 s	En PI : Bp=13,4, Ti=6 En PID : Bp=10,2, Ti=3, Td=1

#### 7.3.3. Régulation de température de cuve T1 par TZ1/TY1 (boucle §5.8.6)

Plage de travail / consigne	Point de fonctionnement	Paramètres PID
10-60%	B1 remplie à 80% Débit circulation à 750 L/h Débit alim E1 à 200 L/h Consigne à 40%	En PID : Bp=2,1, Ti=203, Td=33

### 7.3.4. Régulation de température en sortie d'échangeur T2 par TZ1/TY1 (boucle §5.8.7)

Plage de travail / consigne	Point de fonctionnement	Paramètres PID
10-45%	B1 remplie à 80% Débit circulation à 750 L/h Débit alim E1 à 120 L/h Consigne à 32%	En PID : Bp=4, Ti=307, Td=51

### 7.3.5. Régulation cascade niveau / débit par VR1 (boucle niveau/débit 1 - §5.8.8)

Plage de travail / consigne	Point de fonctionnement	Paramètres PID
<b>Régulateur esclave : débit</b>		
10-100%	B1 remplie à 80%, Cv = 1,5 Réglage V4 à 300 L/h Débit alim à 200 L/h Consigne à 20% (débit soutirage)	En PID : Bp=125, Ti=6, Td=1
<b>Régulateur maître : niveau</b>		
25-90%	Débit alim à 200 L/h Consigne à 70% (niveau)	En PID : Bp=1,2, Ti=25, Td=1

### 7.3.6. Régulation cascade température T2 / température T1 par TZ1/TY1 (boucle §5.8.9)

Plage de travail / consigne	Point de fonctionnement	Paramètres PID
<b>Régulateur esclave : température T1</b>		
10-60%	B1 remplie à 80% Débit circulation à 750 L/h Débit alim E1 à 120 L/h Consigne à 50%	En PID : Bp=4, Ti=182, Td=30
<b>Régulateur maître : température T2</b>		
10-45%	Débit alim E1 à 120 L/h Consigne à 35%	En PID : Bp=1,9, Ti=236, Td=39

### 7.3.7. Régulation de débit par SY1 (boucle débit 2 - §5.8.10)

Plage de travail / consigne	Point de fonctionnement	Méthode d'identification	Paramètres PID
35-100%	B1 remplie à 80% Consigne à 50%	Ziegler et Nichols Bpc = 15 Tc = 7,6 s	En PI : Bp=33, Ti=6 En PID : Bp=25,5, Ti=4, Td=1

### 7.3.8. Régulation de débit par VR2 (boucle débit 3 - §5.8.11)

Plage de travail / consigne	Point de fonctionnement	Méthode d'identification	Paramètres PID
10-100%	Alim sur E1 Consigne à 55% (200L/h sur FIT2)	Ziegler et Nichols Bpc = 11 Tc = 3 s	En PI : Bp=24,2, Ti=2 En PID : Bp=18,7, Ti=1, Td=1

### 7.3.9. Régulation de niveau par SY1 (boucle niveau 1 - §5.8.12)

Plage de travail / consigne	Point de fonctionnement	Méthode d'identification	Paramètres PID
25-90%	Débit alim à 360L/h Réglage V4 à 400 L/h Consigne à 70%	Ziegler et Nichols Bpc = 1,3 Tc = 6 s	En PI : Bp=2,8, Ti=4 En PID : Bp=2,2, Ti=3, Td=1

### 7.3.10. Régulation de pression par SY1 (boucle §5.8.13)

Plage de travail / consigne	Point de fonctionnement	Méthode d'identification	Paramètres PID
0-100%	B1 remplie à 80% VR1 ouverte Cv=1,5 Consigne à 50%	Ziegler et Nichols Bpc = 6 Tc = 1,2 s	En PI : Bp=13,2, Ti=1

### 7.3.11. Régulation cascade niveau / débit par SY1 (boucle niveau/débit 2 - §5.8.14)

Plage de travail / consigne	Point de fonctionnement	Paramètres PID
<b>Régulateur esclave : débit</b>		
10-100%	B1 remplie à 80%, Cv = 1,5 Réglage V4 à 300 L/h Débit alim à 200 L/h Consigne à 20% (débit soutirage)	En PI : Bp=210, Ti=10
<b>Régulateur maître : niveau</b>		
25-90%	Débit alim à 200 L/h Consigne à 70% (niveau)	En PID : Bp=14, Ti=5, Td=1

## 7.4. ETUDE DE LA POMPE CENTRIFUGE (OPTIONS O2, O3, O6)

### REMARQUE

L'étude de la pompe centrifuge P1 est possible lorsque l'unité est équipée des options O3 et O6 : capteurs de pression au refoulement et à l'aspiration de la pompe. L'étude peut être complétée avec l'option O2 : variateur de fréquence couplé à la pompe P1.

- Câbler l'entrée du premier régulateur avec le capteur de pression au refoulement PT1.
- Câbler la sortie du premier régulateur avec la vanne de régulation VR1.
- Mettre le régulateur en mode manuel avec la sortie réglée à 80% (VR1 bridée).
- Câbler l'entrée du second régulateur avec le capteur de pression à l'aspiration PT2.
- Câbler la sortie du second régulateur avec le variateur SY1 si présent.
- Mettre le régulateur en mode manuel avec la sortie réglée à 100% (pompe à 50Hz) si variateur présent.
- Fermer V7 et V4.
- Ouvrir V5.
- Remplir la cuve à 80%.
- Démarrer la pompe P1 (en mode auto si variateur).
- Ouvrir totalement VR1 et vérifier que la pompe P1 est bien amorcée. Au besoin ouvrir et fermer VR1 plusieurs fois.
- Ouvrir totalement VR1 (OP=0%).
- Laisser se stabiliser les mesures et relever le débit de circulation (lu en local sur FIT1) et les pressions amont et aval.
- Fermer légèrement VR1 (OP=10%), attendre la stabilisation et noter les valeurs mesurées.
- Répéter l'opération jusqu'à fermeture complète de VR1.
- Répéter l'opération pour différentes vitesses de pompe si option variateur.
- Tracer sur un graphique la courbe caractéristique de P1 : hauteur manométrique totale = f(débit) et ce pour les différentes vitesses de rotation.
- Comparer par rapport aux courbes théoriques du fournisseur.

### REMARQUE

HMT : hauteur manométrique totale, exprimée en mètre de colonne d'eau mCE ou mH<sub>2</sub>O. C'est la différence de pression du liquide franchissant la pompe :

$$HMT = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} = \frac{(P_{ref} - P_{asp})}{\rho \cdot g}$$

Avec  $\Delta P$  : différence de pression

$\rho$  : masse volumique du liquide (ici de l'eau :  $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$ )

$g$  : accélération de la pesanteur ( $9,81 \text{ m.s}^{-2}$ )

## Résultats :

Pour un réglage du Cv de VR1 à 1,5

A 50 Hz (100%) :

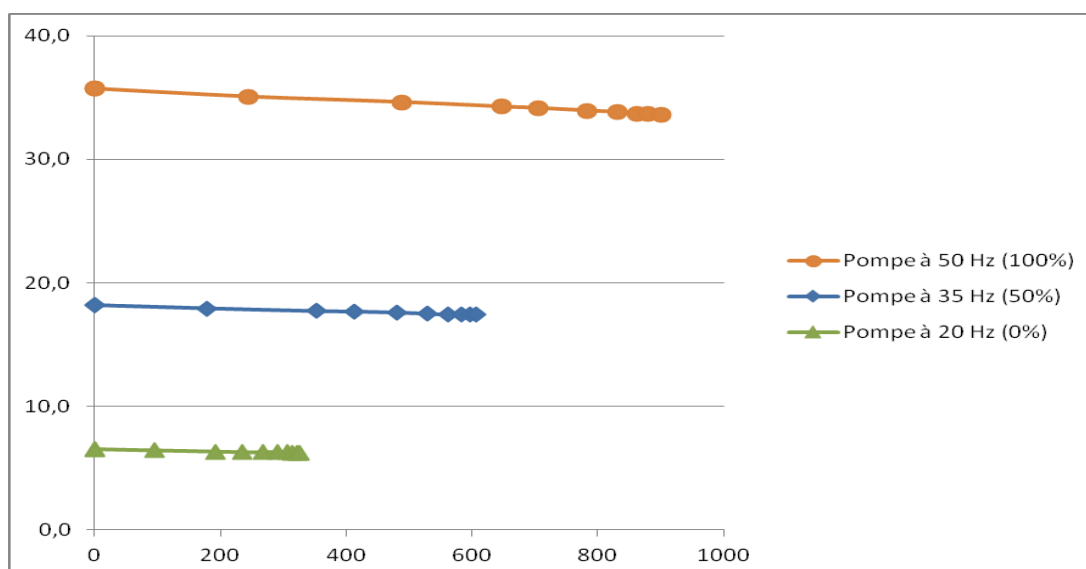
% fermeture VR1	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Débit (L/h)	0	0	245	489	648	706	782	832	862	880	900
Pref (mbar)	3544	3544	3480	3436	3400	3388	3368	3356	3344	3340	3332
Pasp (mbar)	42	41,8	41,6	41,4	41	40,8	40,6	40,6	40,4	40,4	40,4
HMT (mCE)	35,7	35,7	35,1	34,6	34,3	34,1	33,9	33,8	33,7	33,7	33,6

A 35 Hz (50%) :

% fermeture VR1	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Débit (L/h)	0	0	178	352	413	481	530	562	583	597	607
Pref (mbar)	1824	1824	1800	1780	1776	1768	1760	1752	1752	1748	1748
Pasp (mbar)	41,8	41,8	41,8	41,6	41,4	41,2	41,2	41,2	41,2	41	41
HMT (mCE)	18,2	18,2	17,9	17,7	17,7	17,6	17,5	17,5	17,5	17,4	17,4

A 20 Hz (0%) :

% fermeture VR1	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Débit (L/h)	0	0	94,5	192	234	268	291	306	315	321	326
Pref (mbar)	680	680	672	664	660	660	660	660	656	656	656
Pasp (mbar)	41,8	41,8	41,8	41,6	41,6	41,6	41,6	41,6	41,6	41,6	41,6
HMT (mCE)	6,5	6,5	6,4	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3



Sur la faible plage de débit, la courbe caractéristique est plane d'où les difficultés pour réguler la pression de refoulement par le biais de VR1 tandis que la régulation par SY1 est aisée de par l'amplitude de mesure et la linéarité. (voir partie 7.1.2)



## 7.5. ETUDE DE L'ÉCHANGEUR THERMIQUE E1 (OPTION O4)

### REMARQUE

L'étude de l'échangeur thermique E1 est possible lorsque l'unité est équipée de l'option O4 : thermomètres complétant la présence de capteur de température sur chaque entrée sortie de l'échangeur.

- Câbler l'entrée du premier régulateur avec le capteur de température de cuve TT1 (qui correspond à notre entrée chaud Tec).
- Câbler la sortie du premier régulateur avec la chauffe TZ1/TY1.
- Mettre le régulateur en mode manuel.
- Régler les paramètres PID adéquats à la régulation de température et régler une consigne de travail (exemple : SP = 40% = 40°C).
- Câbler l'entrée du second régulateur avec le capteur de température en sortie d'échangeur TT2 (qui correspond à notre sortie froid Tsf).
- Câbler la sortie du second régulateur avec la vanne de régulation VR1.
- Mettre le régulateur en mode manuel avec la sortie réglée à 80% (VR1 bridée).
- TI3 correspond à notre entrée froid Tef et TI4 correspond à la sortie chaud Tsc.
- Fermer V7 et V4.
- Ouvrir V5.
- Remplir la cuve à 80%.
- Ensuite brancher l'alimentation froid au point B.
- Démarrer la pompe P1 (en mode manuel).
- Ouvrir totalement VR1 et vérifier que la pompe P1 est bien amorcée. Au besoin ouvrir et fermer VR1 plusieurs fois.
- Ouvrir totalement VR1 (OP=0%).
- Mettre en service la chauffe en manuel puis lorsque la température s'approche de la consigne, basculer le régulateur en mode automatique
- Laisser se stabiliser la température de cuve puis mettre en service l'alimentation froid à faible débit (exemple : 50 L/h).
- Laisser s'équilibrer les températures et relever dans un tableau les débits chaud et froid ainsi que les 4 températures.
- Augmenter légèrement le débit froid (exemple : 100 L/h).
- Laisser s'équilibrer les températures et relever dans un tableau les débits chaud et froid ainsi que les 4 températures.
- Répéter l'opération jusqu'à débit maximum lu sur la ligne froid.
- Répéter l'opération pour différents débits chauds en fermant VR1 à l'aide du second régulateur en mode manuel.
- Effectuer les calculs de flux de chaleur échangé par le fluide chaud et le fluide froid, le rendement ainsi que le coefficient global d'échange thermique.

# REMARQUE

Flux de chaleur cédé par le fluide chaud :  $\Phi_c = Q_c \times C_c \times \rho_c \times (T_{ec} - T_{sc})$

Flux de chaleur reçu par le fluide froid :  $\Phi_f = Q_f \times C_f \times \rho_f \times (T_{sf} - T_{ef})$

Flux traversant la paroi de l'échangeur :  $\Phi = K \times S \times \Delta T_{LM}$

Avec :

$\Delta T_{LM}$  ou DTLM : différence de température logarithmique moyenne entre les deux

$$\text{fluides : } \Delta T_{LM} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\text{Log} \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

K : coefficient global d'échange en  $\text{W.m}^{-2}.\text{°C}^{-1}$

S : surface d'échange en  $\text{m}^2$

Q : débit du fluide

C : chaleur spécifique du fluide

$\rho$  : masse volumique du fluide

Sur l'échangeur thermique E1 de surface 0,12  $\text{m}^2$  :

Fluide chaud				Fluide froid				Résultats			
Qvc	Tec	Tsc	Pc	Qvf	Tef	Tsf	Pf	P <sub>moyen</sub>	DTLM	Rend $\eta$	K
L/h	°C	°C	Watt	L/h	°C	°C	Watt	Watt	°C	%	Watt. $\text{m}^{-2}.\text{°C}^{-1}$
836	40,5	39,2	<b>1261</b>	56,4	13,4	32,5	<b>1250</b>	1255,1	15,2	99,1	<b>688,1</b>
836	40,5	38,4	<b>2036</b>	91,8	12,8	31,5	<b>1991</b>	2013,9	15,9	97,8	<b>1056,9</b>
836	40,6	38	<b>2521</b>	111	12,8	30,5	<b>2279</b>	2400,2	16,5	90,4	<b>1211,1</b>
836	40,5	37,7	<b>2715</b>	153,6	12,6	26,5	<b>2477</b>	2596,0	19,0	91,2	<b>1137,8</b>
835	40,5	37,3	<b>3100</b>	186	12,5	26,5	<b>3021</b>	3060,1	18,9	97,5	<b>1350,1</b>
835	40,7	37,3	<b>3293</b>	216	12,5	25,5	<b>3257</b>	3275,3	19,6	98,9	<b>1391,8</b>
677	40,5	38,2	<b>1806</b>	114	12,3	25,5	<b>1746</b>	1775,9	20,0	96,6	<b>741,6</b>
677	40,7	37,7	<b>2356</b>	147	12,6	24,5	<b>2029</b>	2192,6	20,3	86,1	<b>898,9</b>
677	40,2	36	<b>3298</b>	198	12,1	25,5	<b>3078</b>	3188,0	18,9	93,3	<b>1403,5</b>
679	40,4	36,3	<b>3229</b>	213	12,2	24,5	<b>3039</b>	3134,2	19,7	94,1	<b>1324,7</b>

# **BANC DE RÉGULATION MULTI-BOUCLES**

**CEB/1000**

## **MANUEL PEDAGOGIQUE**

NOTICE ORIGINALE

### **8. ANNEXES**

## 8.1. TABLEAU DE RELEVÉS POUR ÉTUDE DE LA VANNE DE RÉGULATION VR1

Vanne de régulation de type normalement ☐ ouverte ☐ fermée

Cv = .....		Pompe à ..... Hz		A la fermeture		A l'ouverture	
OP	Signal	Pinstrum	Psortie	Débit	Débit	Débit	Débit
%	mA	Bar	Bar	%	L/h	%	L/h
0							
10							
20							
30							
40							
50							
60							
70							
80							
90							
100							

## 8.2. TABLEAU DE RELEVÉS POUR ÉTUDE DU VARIATEUR SY1

Cv vanne = ..... Fermeture = ..... %

OP	Débit	Débit	Pref	Pref
%	%	L/h	%	mbar
0				
10				
20				
30				
40				
50				
60				
70				
80				
90				
100				

### 8.3. TABLEAU DE RELEVÉS POUR ÉTUDE DE LA VANNE DE RÉGULATION VR2

Vanne de régulation de type normalement ☐ ouverte ☐ fermée

Cv = .....		A la fermeture		A l'ouverture	
OP	Signal	Débit	Débit	Débit	Débit
%	mA	%	L/h	%	L/h
0					
10					
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					
100					

### 8.4. TABLEAU DE RELEVÉS POUR ÉTUDE DE POMPE P1

Fréquence pompe : ..... % = ..... Hz

Débit (%)											
Débit (L/h)											
Pref (%)											
Pref (mbar)											
Pasp (%)											
Pasp (mbar)											
HMT (mCE)											

### 8.5. TABLEAU DE RELEVÉ POUR ÉTUDE ÉCHANGEUR THERMIQUE E1

Fluide chaud				Fluide froid				Résultats			
Qvc	Tec	Tsc	Pc	Qvf	Tef	Tsf	Pf	P <sub>moyen</sub>	DTLM	Rend η	K
L/h	°C	°C	Watt	L/h	°C	°C	Watt	Watt	°C	%	Watt. m <sup>-2</sup> .°C <sup>-1</sup>