



LICENCE SCIENCES ET TECHNIQUES Génie Electrique

RAPPORT DE PROJET DEFIN D'ETUDES

Intitulé :

Amélioration des performances des boucles de régulation

Réalisé Par :

KHALIFA Layla

Encadré par :

Pr BOHARB Ali (FST FES)

Mme OUKRID Ghada (OCP Jorf Lasfar)

Soutenu le 10 Juin 2019 devant le jury

Pr. BOHARB Ali (FST FES)

Pr. LAMCHARFI Tajdine (FST FES)

Pr. El MOUSSAOUI Hassan (FST FES)

RESUME

Dans le cadre de la stratégie de développement industriel du groupe OCP, l'atelier phosphorique a connu des concrétisations des divers projets visant l'augmentation de sa capacité de production .

Pour accompagner ce projet, des nouvelles installations ont été mises en place notamment ces nouveaux échelons de concentration VW et IJ où j'ai effectué mon projet .

La tâche qu'on a effectuée durant cette période de stage était dans l'objectif d'étudier le fonctionnement de l'unité phosphorique dont je me suis amenée à dresser les cartographies des échelons de concentration IJ ainsi de décrire l'ensemble des instruments existant dans les deux échelons. Puis on a réalisé une classification de ces instruments selon leurs criticités.

Ensuite, on a étudié les boucles de régulation de l'échelon de concentration 'I' et on a proposé une méthode théorique pour améliorer leurs performances.

REMERCIEMENTS

Avant d'entamer ce rapport, je tiens à remercier les personnes qui m'ont aidé à la concrétisation de ce travail.

Tout d'abord, je tiens à exprimer mes gratitude à **Monsieur BOHARB Ali**, pour son parrainage, ses conseils ainsi que son soutien tout au long de cette période de stage.

Mes vifs remerciements à mon responsable de stage à l'entreprise d'accueil, **Madame OUKRID Ghada** pour son aide précieux, son encouragement et son aimable coopération.

Je remercie infiniment mon encadrant **Monsieur ETTALHI Abdelilah** pour sa disponibilité, ses orientations, ses efforts considérables ainsi pour son chaleureux accueil.

Je souhaiterais à remercier les membres du corps de la salle de contrôle pour leurs explications contribueront, sans doute à l'amélioration de ma mémoire.

Enfin, je remercie les personnes des différents services de l'atelier phosphorique pour les conseils qu'ils ont pu me prodiguer au cours de mon stage.

DEDICACE

A mes chers parents

Pour m'encourager à continuer mes études jusqu'au bout, pour votre support et votre aide pour effectuer ce stage dans des bonnes conditions.

A ma famille, mes frères et sœurs

Pour votre encouragement, pour l'amour que vous m'avez toujours octroyé.

Mes sœurs Manal et Jamila, qui m'ont fait confiance et elles ont essayé toujours de me rendre heureuse.

Mon frère Omar, qui m'a fait oublier toutes les mauvaises circonstances que j'ai vécu.

A mon amie JENNAN Najlae

Pour m'encourager d'effectuer ce stage dans cette entreprise et de me donner l'opportunité d'avoir une nouvelle expérience dans une nouvelle ville.

Sommaire

RESUME.....	2
REMERCIEMENTS	3
DEDICACE.....	4
LISTE DES FIGURES	6
LISTE DES TABLEAUX	6
LISTE DES ABREVIATIONS	7
INTRODUCTION.....	8
CHAPITRE 1 :PRESENTATION DU L'ENTREPRISE D'ACCUEIL	9
1.1. PRESENTATION GENERALE DU GROUPE OCP	9
1.1.1. FICHE TECHNIQUE DE L'OCP.....	9
1.1.2. DYNAMIQUE DE PARTENARIAT :.....	9
1.2. PRESENTATION DU COMPLEXE JORF LASFAR	10
1.2.1. POSITION GEOGRAPHIQUE :	10
1.2.2. ZONES PRINCIPALES DU COMPLEXE JORF LASFAR.....	11
1.2.3. ATELIERS MAROC PHOSPHORE :	11
CHAPITRE 2 :GRANDEURS PHYSIQUES ET LEURS TECHNOLOGIES DE MESURE	14
2.1. MESURE DE PRESSION :	14
2.2. MESURE DE NIVEAU :.....	15
2.3. MESURE DE LA TEMPERATURE.....	16
2.4. MESURE DU DEBIT :	17
2.5. TRANSMETTEUR	17
CHAPITRE 3 :PRESENTATIONDESNOUVELLESUNITES DE CONCENTRATION I-J :.....	18
3.1.1. GENERALISATION SUR LES CIRCUITS DES ECHELONS I-J :	18
3.1.2. CIRCUIT DE DETENTE :	19
3.1.3. CIRCUIT ECHANGEUR :	20
3.1.4. CIRCUIT UNITE A VIDE LAVAGE DES GAZ	21
3.2.1. CARTOGRAPHIE DEL'ECHELON DE CONCENTRATION I :	22
3.2.2. INSTRUMENTS DE MESURE EXISTANTS DANS L'ECHELON I :	23
3.2.3. CARTOGRAPHIE DE L'ECHELON J :.....	26
3.2.4. INSTRUMENTS DE MESURE EXISTANTS DANS L'ECHELON J :.....	27
CHAPITRE 4:ETUDE DES BOUCLES DEREGULATION EXISTANTESDANSECHELON I :	31
4.1. DEFINITION ET TYPES DES BOUCLES DE REGULATION :.....	31
4.1.1. REGULATION EN CHAINE OUVERTE :	31
4.1.2. REGULATION EN CHAINE FERMEE :	31
4.2. ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UNE BOUCLE DE REGULATION :	31
4.3. REGULATEUR PID :	32
4.3.1. CONSTITUTION:	32
4.3.2. ACTIONS DU PID:	32
4.3.3. BOUCLES DE REGULATION EXISTANTES DANS L'ECHELON I :	33
4.4. PERFORMANCES DES BOUCLES DE REGULATIONS	34
4.4.1. STABILITE :	34
4.4.2. PRECISION :	34
4.4.3. RAPIDITE :	35
4.5. METHODES DE REGLAGE EXPERIMENTALES :	35
CONCLUSION	37

LISTE DES FIGURES

Figure 1:Organigramme de Maroc phosphore	12
Figure 2:Schéma de l'atelier phosphorique.....	13
Figure 3:Principe de capteur de pression.....	14
Figure 4:Corps d'épreuve	14
Figure 5:Sonde de niveau à radar	15
Figure 6:Capteur à ultrasons	16
Figure 7:Fonctionnement du transmetteur	17
Figure 10:Schéma des circuits des échelons de concentration IJ.....	18
Figure 11:Circuit de détente.....	19
Figure 12:Circuit de l' échangeur	20
Figure 13:Circuit à vide lavage des gaz.....	21
Figure 14:Cartographie d'échelon de concentration	22
Figure 15:Cartographie d'échelon de concentration J.....	26
Figure 16:Schéma d'une boucle de régulation.	31
Figure 17: Régulateur PID.....	32

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:Caractéristiques d'ensemble d'instruments existants dans l'échelon I	24
Tableau 2:Caractéristiques d'ensemble des vannes existantes dans l'échelon I	26
Tableau 3:Caractéristiques d'ensemble d'instruments existants dans l'échelon J	28
Tableau 4 :Caractéristiques des vannes existants dans l'échelon J	29
Tableau 5:Classification d'ensemble des instruments de l'échelon I	30
Tableau 6:Boucles de régulation existants dans l'échelon I	34
Tableau 7:Paramètres PID obtenus en boucle ouvert	35
Tableau 8: Paramètres PID obtenus en boucle fermée	36

LISTE DES ABREVIATIONS

BP :Base pression.

CERPHOS :Centre d'Études et de Recherches des Phosphates Minéraux.

DAP :Diammoniom de phosphate.

EMAPHOSE :Euro-Maroc-Phosphore.

IMACID :Indo-Maroc Acide phosphore.

IPSE :Institut de Promotion SOCIO-ÉDUCATIVE.

MAP: Monoammoniom de phosphate.

MP :Moyen pression.

NPK: Nitrate phosphate potasse.

OCP :Office Chérifien des Phosphates.

SMESI :Société Marocaine des Etudes Spécialisées et Industrielles.

TSP: Triple super phosphate.

Introduction

La régulation est l'ensemble des techniques permettant de maintenir le bon fonctionnement d'une machine ou l'état d'un système même avec l'existence des perturbations .Son rôle consiste à améliorer les performances des processus industriels et la qualité des produits, ainsi la réduction de la consommation d'énergie et la pollution.

C'est dans ce cadre où j'ai eu l'occasion d'effectuer mon stage à la société anonyme marocaine L'OCP au sein du service maintenance régulation entité phosphorique. Ma mission était de faire l'étude des boucles de régulation existants dans un échelon de concentration. J'ai eu l'opportunité de visiter le chantier ainsi de voir toutes les équipements ayant une relation directe avec mon travail.

Mon rapport de stage comporte quatre chapitres. Le 1^{er} concerne la présentation de l'établissement d'accueil et ses différentes ateliers.

Le 2^{ème} chapitre traite les grandeurs physiques et leurs techniques de mesure existantes dans le service où j'étais affecté, le 3^{ème} chapitre décrit les nouvelles unités de concentration I-J , leurs principes de fonctionnement et ainsi que l'ensemble de ses instruments .

Le 4^{ème} et le dernier chapitre est réservé au thème d'étude des boucles de régulation existantes dans l'échelon de concentration.

Chapitre 1 :Présentation du l'entreprise d'accueil

1.1. Présentation générale du groupe OCP

1.1.1. Fiche technique de l'OCP

- ❖ Création de l'OCP:1920.
- ❖ Création du groupe OCP:1975 - Création d'OCP SA: 2008.
- ❖ Réserve du phosphate : 3/4 des réserves mondiales.
- ❖ Sites de production :
 - Phosphate : Khouribga, Benguérir, Youssoufia, Boucraâ-Laâyoune.
 - Dérivés : Safi, Jorf Lasfar.
- ❖ Ports d'embarquement : Casablanca, Jorf Lasfar, Safi, Laâyoune.
- ❖ Effectifs : 18 000 dont 6% ingénieurs et équivalents.
- ❖ Production marchande de phosphate : 24,45 millions de tonnes.
- ❖ Production de phosphate : 27,16 millions de tonnes.
- ❖ Part du Groupe OCP dans le total des exportations marocaines :
33 % (en valeur).
- ❖ Chiffre d'affaires à l'export : 6,9 milliards de dollars.
- ❖ Parts de marché à l'international :
 - Phosphate : 40 %
 - Acide Phosphorique : 38.4%
 - Engrais : 8.4%

1.1.2. Dynamique de partenariat :

Dans le cadre de sa stratégie de développement à l'international, le groupe OCP a noué des partenariats durables avec ses clients, cette coopération touche aussi bien les accords de livraison à moyen et long terme que la construction des unités de production.

Dans cette optique, des unités basées au Maroc et à l'étranger sont en exploitation en joint-venture avec des partenaires. D'autres axes de collaboration sont actuellement à l'étude ou en cours de réalisation, notamment avec l'Iran, le Pakistan et le Brésil.

- **IMACID**

Indo Maroc Phosphore S.A (IMACID) est une société indo-marocaine créée en 1997 sur le site de Jorf Lasfar.

Son capital social de 619,998 millions de dirhams est détenu à raison d'un tiers chacun par OCP SA, Chambal Fertilizers and Chemicals Ltd et Tata Chemical Ltd.

Imacid produit et commercialise de l'acide phosphorique.

- **EMAPHOS**

Emaphos S.A, créée en 1996 à Jorf Lasfar. Son activité principale est la fabrication et la commercialisation d'acide phosphorique purifié avec une capacité de production de 150 000 tonnes P₂O₅.

- **PAKISTAN MAROC PHOSPHORE**

Installé à Jorf Lasfar, Pakistan Maroc Phosphore a été créé en 2004 avec un capital de 800 millions de DH partagé à égalité entre OCP S.A et le groupe pakistanais Fauji. Avec une capacité installée de 375 000 tonnes P₂O₅, Pakistan Maroc Phosphore a pour activité la production et la commercialisation de l'acide phosphorique marchand.

- **BUNGE MAROC PHOSPHORE**

Société anonyme au capital de 900 millions de DH, Bunge Maroc Phosphore a été créé le 15 avril 2008 à Jorf Lasfar et a débuté ses activités en mars 2009. Le capital est détenu à parts égales par OCP et le brésilien Bunge Koninklijke B.V.

Bunge a pour activité la fabrication et la commercialisation d'acide phosphorique, d'engrais phosphatés et azotés et d'autres produits dérivés.

- **PRAYON**

Prayon S.A a son siège social à Engis en Belgique. OCP est actionnaire depuis 1981. Le capital social de 43 millions d'euros se répartit entre OCP (45,31%). Prayon fabrique et commercialise une large gamme de produits phosphatés (acide phosphorique et dérivés) et fluorés. Il est également actif dans l'industrie des métaux.

1.2. Présentation du complexe Jorf lasfar

1.2.1. Position géographique :

Le pôle Chimique Jorf Lasfar est situé sur le littoral Atlantique, à 20 km au sud-ouest d'El Jadida, le complexe industriel de Jorf Lasfar a démarré sa production en 1986.

Cette nouvelle unité a permis au Groupe OCP de doubler sa capacité de valorisation des phosphates (le 1er site, Maroc- Phosphore I-II, étant situé dans la région de Safi).

Le choix de cet emplacement a pris en considération la position stratégique de la région :

- Proximité des zones minières permettant son alimentation en phosphate (Khouribga).
- Existence d'un port à tirant d'eau important.
- Disponibilité de l'eau de mer et d'eau douce.
- Disponibilité des terrains pour les extensions futures.

1.2.2. Zones Principales du Complexe Jorf lasfar

Le port

Le port est la fenêtre du pôle au monde, il utilise la plupart des quais de ses opérations, l'office importe le soufre et l'ammoniac, et il exporte le phosphate, l'acide phosphorique concentré et purifié, et l'engrais de différentes qualités.

Aussi, le port contient un hangar de stockage de soufre solide, deux bacs pour stockage d'ammoniac, une station de pompage d'eau de mer, et une station de fusion et de filtration de soufre en le transformant en soufre liquide.

Les unités de stockage

-Hangar pour le stockage des produits solides : phosphate, soufre et engrais.

-Bacs pour le stockage des produits liquides : soufre liquide, ammoniac et acide Phosphorique.

L'usine

Rassemble plusieurs ateliers de production à savoir :

- Atelier sulfurique.
- Atelier phosphorique.
- Atelier engrais.
- Atelier des utilités.

1.2.3. Ateliers Maroc Phosphore :

1.2.3.1. Représentation des ateliers du Maroc phosphore :

Afin de doubler la capacité de valorisation des phosphates, le complexe industriel MAROC PHOSPHORE III-IV a décidé de réaliser ce complexe qui est constitué de quatre ateliers :

- **Atelier Sulfurique :**

Cette unité est composée de six lignes de production d'acide sulfurique avec consommation de 771m de soufre liquide. Cette unité est indispensable pour donner naissance à l'énergie électrique grâce à son énergie thermique qui sera exploitée pour faire tourner les turboalternateurs.

- **Atelier Phosphorique :**

Cet atelier consiste à faire la concentration d'acide phosphorique 28% à 54% suivant le principe d'évaporer sous vide l'eau contenu dans l'acide 28% .

- **Atelier engrais :**

Cette unité est composée de quatre lignes de production d'engrais (DAP, MAP, TSP), avec une consommation de 185 tonnes d'acide phosphorique à 29%, 510 tonnes d'acide phosphorique à 54%, 300 tonnes d'ammoniac biophysique, 6 tonnes d'acide sulfurique et 6 tonnes de fuel pour l'enrobage pendant la production. En pleine cadence, avec deux réacteurs en marche, une ligne produit 1440 tonnes d'engrais (DAP) par jour.

- **Atelier des utilités :**

- Une centrale thermoélectrique avec 3 groupes turboalternateurs de 37 MW chacun ;
- Un réservoir d'eau douce et une station de traitement de 2.000m³/h ;
- Une station de reprise d'eau de mer de 60.000m³/h ;
- Une station de compression d'air.

1.2.3.2. Organigramme bloc de l'ensemble industriel

L'ensemble des ateliers du Maroc phosphore fonctionne suivant l'organigramme ci-dessous :

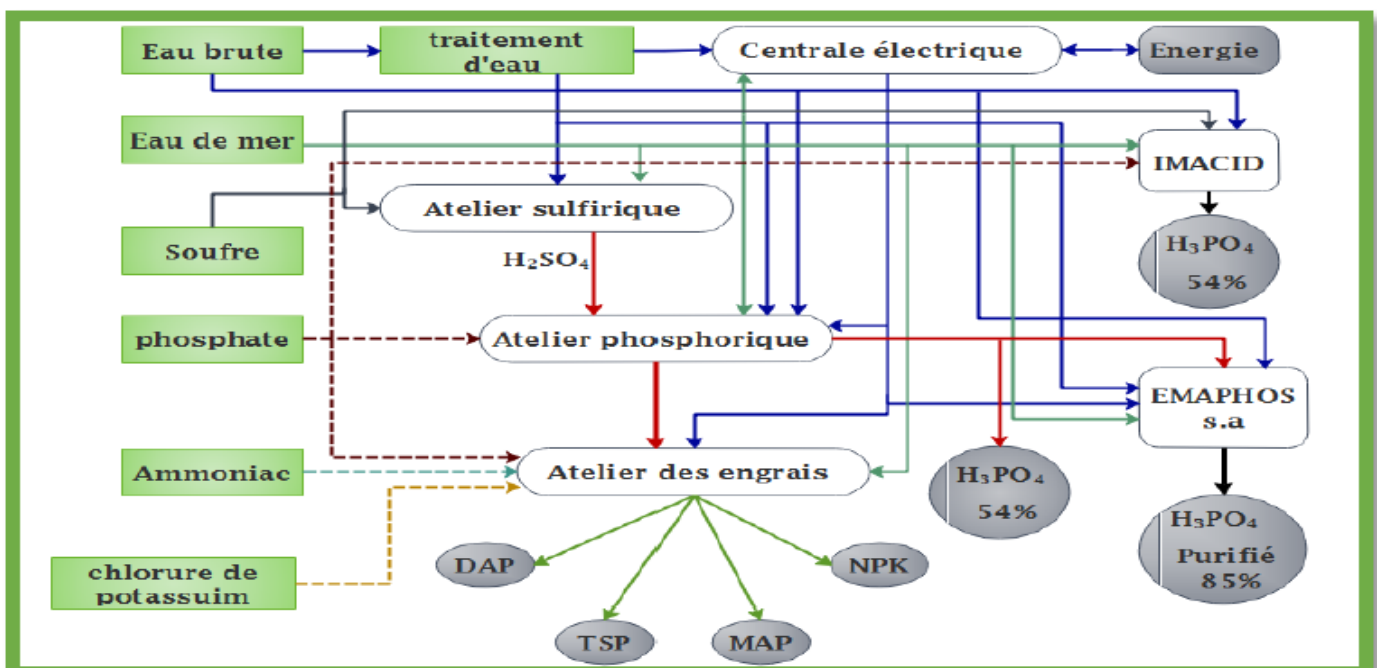


FIGURE 1: ORGANIGRAMME DE MAROC PHOSPHORE

1.2.3.3. Schéma d'atelier phosphorique :

L'atelier phosphorique est décomposé en deux parties le nord et le sud , chacune de ces parties contient un ensemble des lignes de production qui sont identiques.

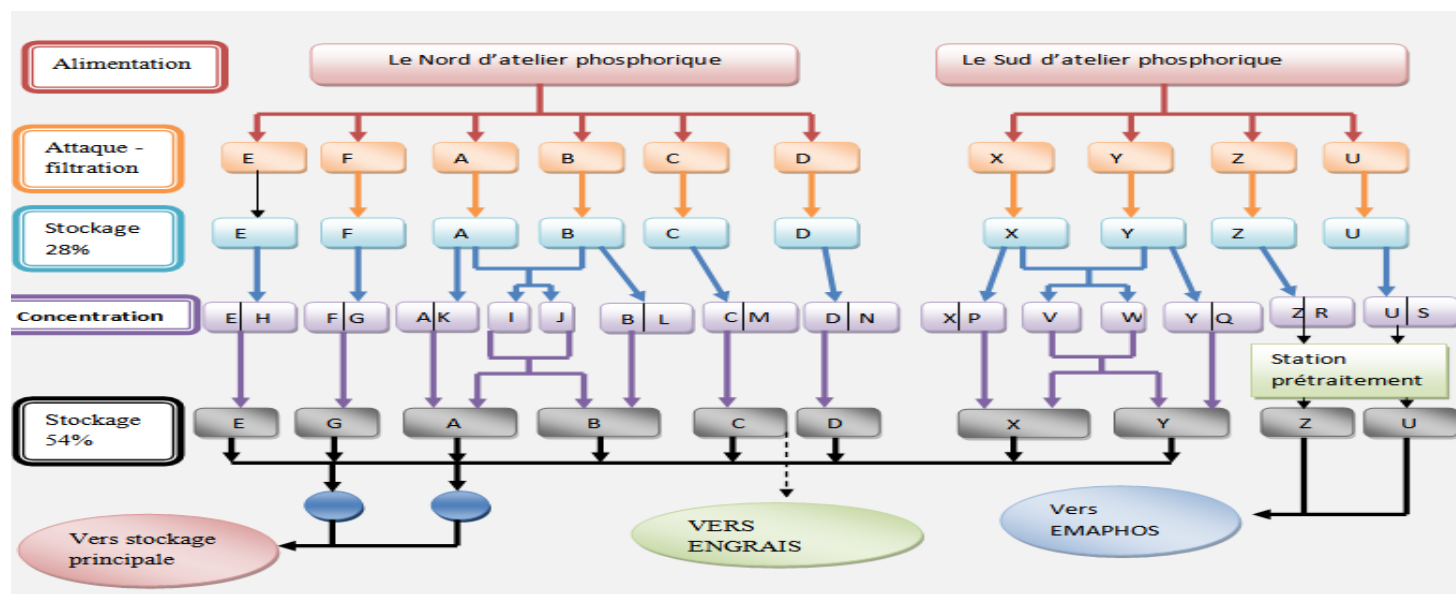


FIGURE 2:SCHEMA DE L'ATELIER PHOSPHORIQUE

1.2.3.4. Les unités de production d'acide phosphorique :

+ Unité d'attaque filtration

Le phosphate est transféré à l'**unité 03**(la cuve d'attaque), il se mélange avec l'eau et l'acide sulfurique pour donner une bouille de l'acide phosphorique et de gypse.

+ Unité de stockage de l'acide 29%

L'acide fort 29% venant de l'unité 03 passe par un jeu de 3 bacs, qui a pour but la séparation de l'acide et les particules solides de gypse qui échappent aux toiles du filtre.

+ Unité de concentration

L'acide venant de l'unité 13 se concentre, le procédé consiste à diminuer la quantité d'eau que porte l'acide par vaporisation pour obtenir enfin le **P2O5 54%**.

+ Unité de stockage d'acide 54% non clarifié

Cette unité sert à stocker l'**acide 54%** non clarifié.

+ Unité de clarification

Cette unité est formée de 4 lignes servent à clarifier l'**acide 54%**.

+ Unité de stockage d'acide 54% clarifié :

C'est le lieu de stockage de l'**acide 54%** provenant de l'**unité 05**.

Chapitre 2 :Grandeurs physiques et leurs technologies de mesure

2.1. Mesure de pression :

Capteur de pression :

La pression du fluide exerce une force sur le corps d'épreuve du capteur. Il en résulte un déplacement, ou une déformation, traduite par le transducteur qui délivre une grandeur électrique exploitée par le transmetteur.

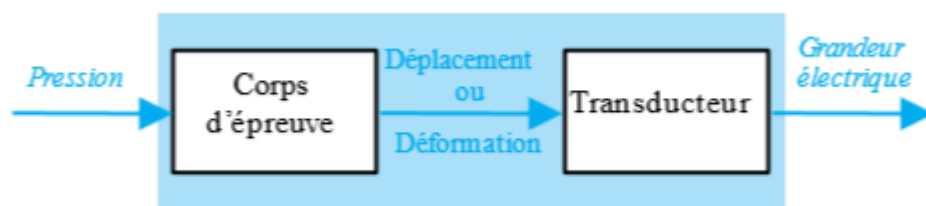


FIGURE 3:PRINCIPE DE CAPTEUR DE PRESSION.

- **Corps d'épreuve :**

Parmi les principaux corps d'épreuve employés par les fabricants, on remarque la membrane, la plaque encastrée, la capsule plane, et le tube borgne.

Chacun d'entre eux, ayant des caractéristiques intrinsèques telles que sensibilité à la pression, étendue de mesure, ou temps de réponse.

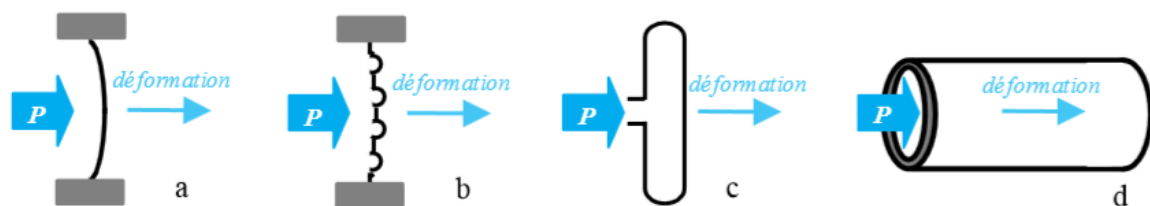


FIGURE 4:CORPS D'EPREUVE

❖ a. Membrane, b. Capsule plane, c. Capsule plane, d. Tube borgne

- **Transducteurs électriques :**

Montés directement ou indirectement sur le corps d'épreuve, le transducteur traduit le déplacement ou la déformation. Il existe une très grande variété de transducteurs, passifs ou actifs ; Parmi eux, ceux à variation de capacité électrique, de résistance ohmique par jauges de contraintes métalliques ou semi- conductrices, ou à effet piézoélectrique.

Manomètre différentiel à membrane :

Le principe de fonctionnement de ce capteur est basé sur la différence de pression appliquée de part et d'autre d'une membrane. Ce gradient de pression induit une déformation de la membrane qui est proportionnelle à une tension donnée par le capteur.

Généralement, cette tension est comprise entre 0 et 10 volts. Les membranes sont interchangeables, et chacune d'eux est destinée à une gamme de pression bien précise.

La différence de pression mesurée est alors exprimée en fonction de la tension délivrée par :

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot k \cdot U$$

Où ρ est la masse volumique du liquide, « g » l'accélération de la pesanteur, « k » une constante déterminée par étalonnage et « U » la tension en volts.

2.2. Mesure de niveau :

Capteur de niveau à radar :

Ce système est basé sur la réflexion d'ondes électromagnétique, pour déterminer le niveau d'un matériau (liquide ou solide), dans un bassin, à condition que la surface soit réfléchissante. Un train d'ondes périodiques est envoyé par un émetteur, elles sont réfléchies par la substance, et l'écho est détecté par un récepteur. La vitesse de propagation étant connue, on mesure le temps écoulé entre l'émission et la réception pour déterminer la distance séparant la substance réfléchissante et l'ensemble émetteur-récepteur. Cette méthode fournit une précision de l'ordre de 1% ou mieux. Toutefois, les caractéristiques environnantes (température, humidité, poussière) influencent le résultat de la mesure.

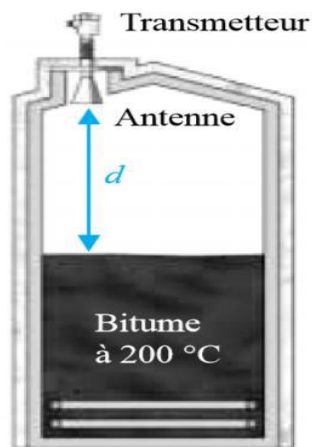


FIGURE 5: SONDÉ DE NIVEAU A RADAR

Capteur de niveau à ultrasons

Pour la mesure du niveau par ultrasons sans contact, le capteur émet des impulsions à ultrasons en direction du produit qui les réfléchit.

La durée de l'envoi jusqu'à la réception des signaux est proportionnelle au niveau de remplissage dans le réservoir. Les capteurs à ultrasons sont idéaux pour des applications standard simples aussi bien pour les liquides que pour les solides.

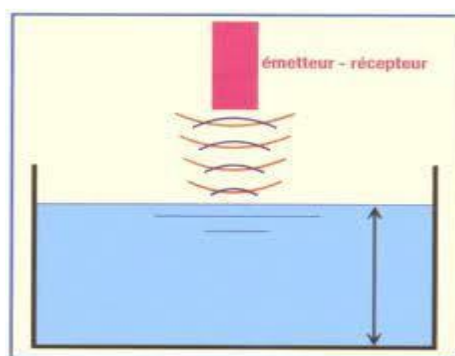


FIGURE 6:CAPTEUR A ULTRASONS

2.3. Mesure de la température

Thermomètres à résistances RTD

- **Définition:**

Le sigle RTD est l'abréviation de Resistance Temperature Detector et s'applique à tout capteur de température par variation de résistance ohmique. Un RTD est une sonde thermométrique dont la résistance augmente en même temps que la température. Un RTD est généralement constitué d'une bobine de fil métallique ou d'une pellicule de métal pur. Les RTD peuvent être composés de différents métaux et peuvent avoir différentes résistances nominales, mais le RTD le plus couramment utilisé reste le RTD platine dont la résistance nominale est de 100 Ohms à 0 °C.

2.4. Mesure du débit :

+ Débitmètre électromagnétique

Le principe de fonctionnement de cet appareil est fondé sur la loi d'induction de Faraday. Le liquide qui traverse le débitmètre constitue un élément conducteur qui génère une tension induite par le champ magnétique créé par les bobines d'induction de cet appareil électromagnétique. Cette tension: $U_m = \gamma \cdot B \cdot D \cdot V$ est linéairement proportionnelle à la vitesse de passage du liquide. Où :

γ : Le facteur de proportionnalité du capteur, B : L'intensité du champ magnétique,

D : Le diamètre du tube, V : La vitesse débitante de l'écoulement dans le tube.

La tension ainsi générée est recueillie par les deux électrodes du débitmètre qui la transmettent à un convertisseur approprié. L'intensité du champ magnétique et la distance entre les électrodes étant constantes, la tension induite est donc en fonction de la vitesse du liquide seulement et indépendante des variations de température, de pression ou de conductivité.

2.5. Transmetteur

- Définition

C'est un dispositif qui converti le signal de sortie du capteur en un signal de mesure standard. Il fait le lien entre le capteur et le système numérique de contrôle commande et de contrôle. Le couple capteur+transmetteur réalise la relation linéaire entre la grandeur mesurée et son signal de sortie.

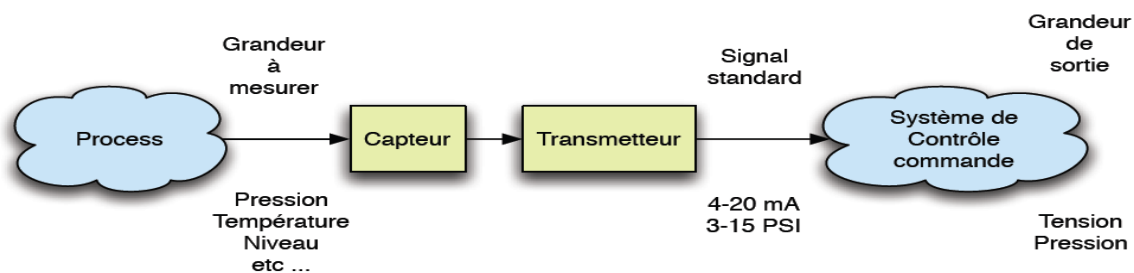


FIGURE 7:FONCTIONNEMENT DU TRANSMETTEUR

Chapitre 3 :Présentation des nouvelles unités de concentration I-J :

3.1 présentation des échelons I-J :

3.1.1. Généralisation sur les circuits des échelons I-J :

Les deux échelons IJ sont des nouvelles unités de concentration qui contiennent trois circuits principaux :

- Echangeur.
- Circuit de détente.
- Circuit des gaz .

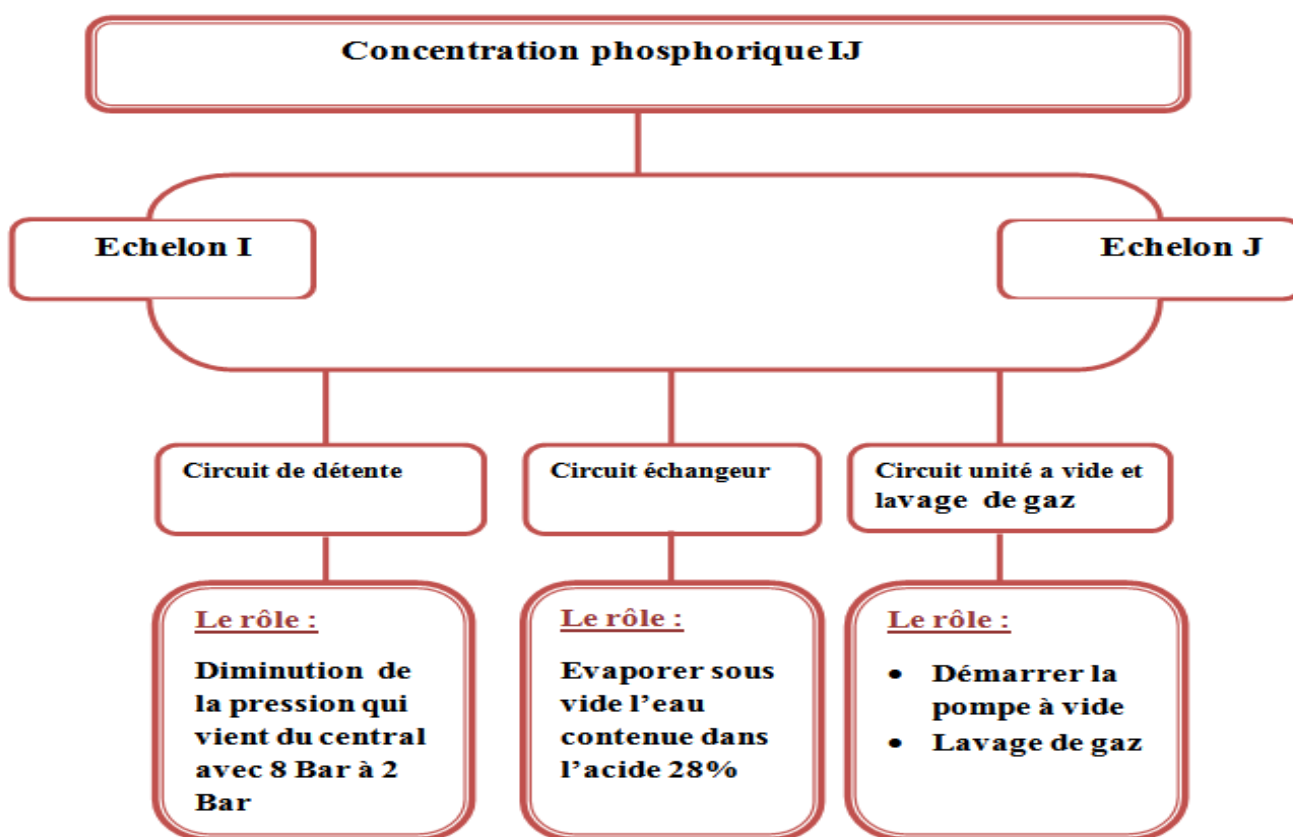


FIGURE 8:SCHEMA DES CIRCUITS DES ECHELONS DE CONCENTRATION I-J

3.1.2. Circuit de détente :

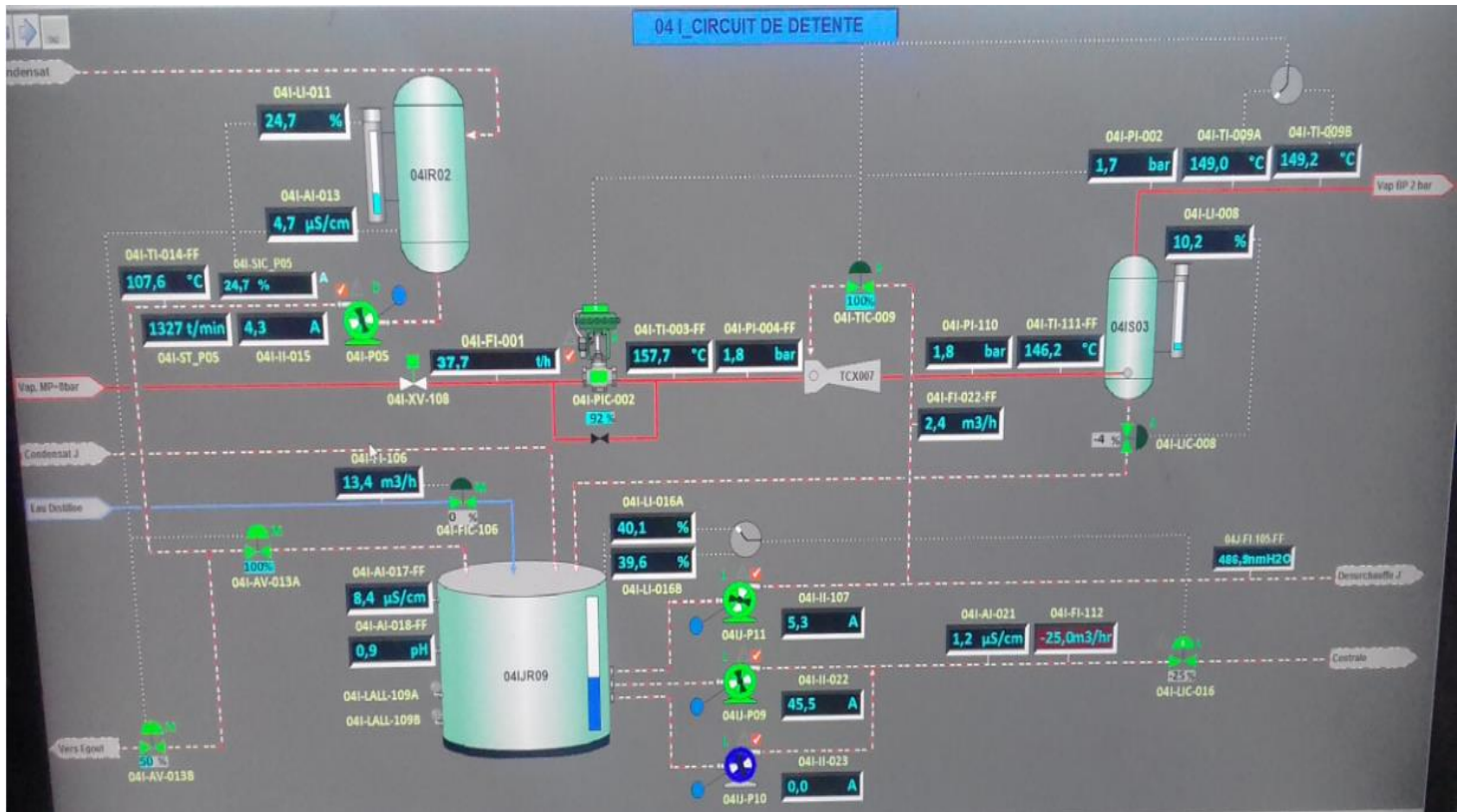


FIGURE 9: CIRCUIT DE DETENTE

Définition :

PIC-002 : C'est une vanne de détente qui a le rôle de faire la détente de pression du vapeur entrée.

TCX007 : C'est un désurchauffeur qui permet de réduire partiellement ou totalement la surchauffe d'une vapeur. Ce modèle détermine le débit de liquide de désurchauffe nécessaire pour obtenir une température de sortie choisie, avec prise en compte éventuelle des pertes de charge.

Principe de fonctionnement de circuit de détente :

Le circuit de détente consiste à produire la vapeur BP 2 bar à partir de la pression MP 8 bar suivant la démarche :

- La vapeur MP vient de la centrale avec une pression de 8 bar et une température de 157°C .

- Elle passe par la vanne de détente qui permet de faire la détente de la pression jusqu'à 2 Bar.
- Après , la vapeur passe au désurchauffe TCX007 qui diminue la température de la vapeur à partir du condensat qui entre par la vanne 04I-TIC-009.
- Ensuite, la vapeur entre dans le bac 04IS03 et elle passe vers l'échangeur avec une température de 149°C et une pression de 2 Bar.

3.1.3. Circuit échangeur :

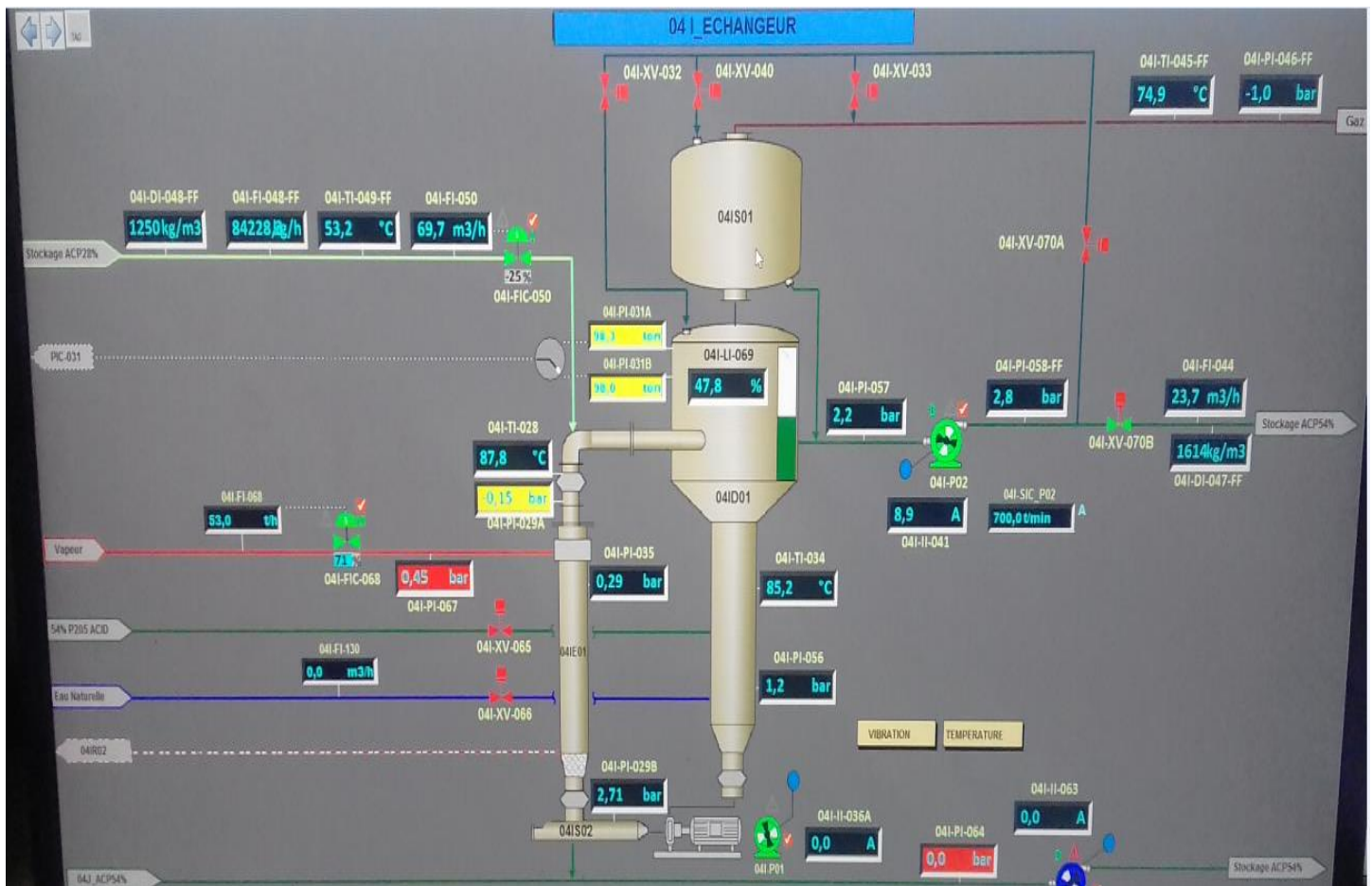


FIGURE 10: CIRCUIT DE L' ECHANGEUR

04IE01 :séparateur gaz-liquide qui a sépare des gaz de l'acide phosphorique 54%.

04IES01 : l'échangeur dans lequel se passe l'échange thermique entre la vapeur et l'acide 54%.

Le circuit échangeur consiste à produire l'acide phosphorique 54% à partir d'acide 28% suivant la démarche :

- L'acide phosphorique vient des bacs de stockage (013) avec une concentration de 28% et une température de 53°C.
- Il entre dans l'échangeur et passe par des tubes ,en même temps la vapeur entre à partir de la vanne régulatrice FIC-068 avec une grande température se qui produit l'échange thermique entre l'acide et la vapeur qui réduit la quantité d'eau qui se trouve dans l'acide 28% .
- A partir de l'échauffement d'acide sous vide, cet échange thermique produit un condensat qui retourne à la centrale pour produire de la vapeur , et l'acide 54% , mais il reste encore pollué avec les gaz. C'est pour cela on le fait passer dans le séparateur 04IS01 afin de les séparer de l'acide .
- Ensuite, l'acide passe à partir de la pompe 04I-P02 vers les bacs de stockage (014) et les gaz se transmettent vers le circuit de lavage des gaz .

3.1.4. Circuit unité à vide lavage des gaz

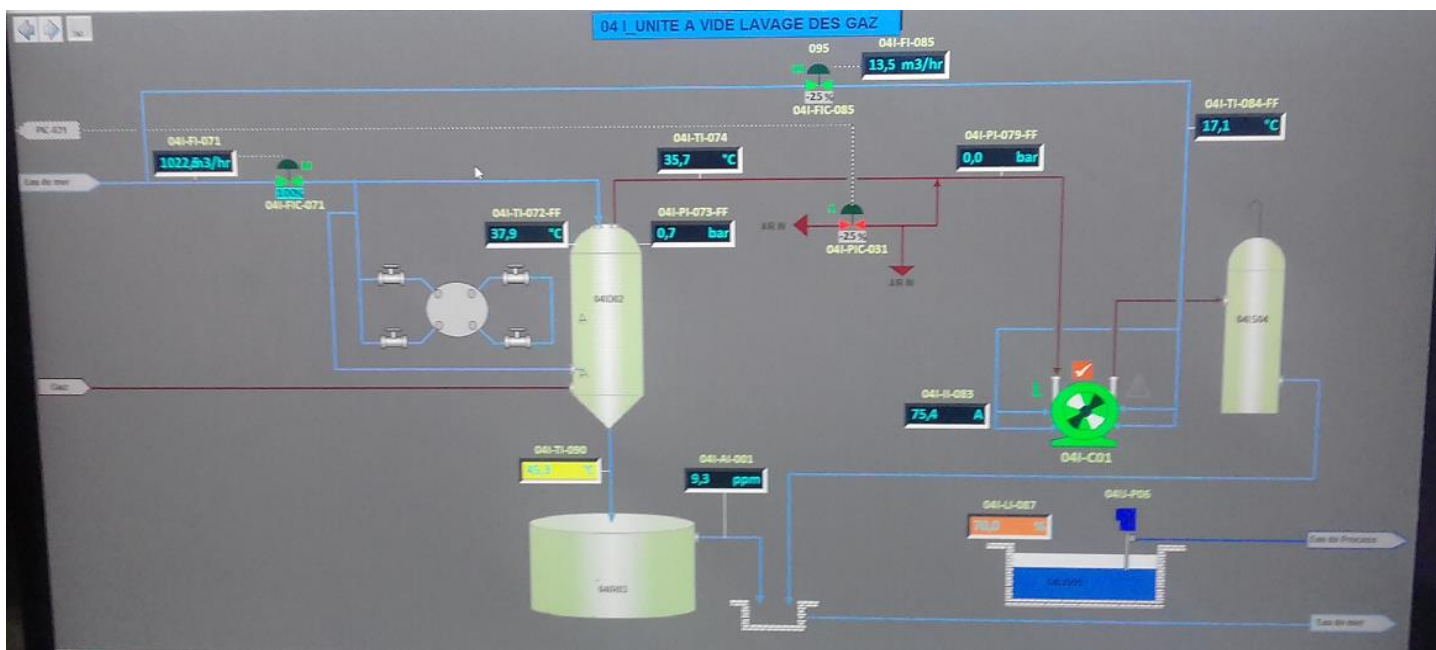


FIGURE 11: CIRCUIT A VIDE LAVAGE DES GAZ

Principe de fonctionnement de circuit à vide et lavage des gaz :

Le fonctionnement de circuit unité à vide lavage des gaz consiste à faire purifier les gaz venant du séparateur et faire transmettre les impuretés vers l'atmosphère.

3.2. Cartographie du parc d'instrumentation des nouvelles unités de concentration :

3.2.1. Cartographie de l'échelon de concentration I :

Le fonctionnement de l'échelon I est résumé dans la cartographie ci-dessous :

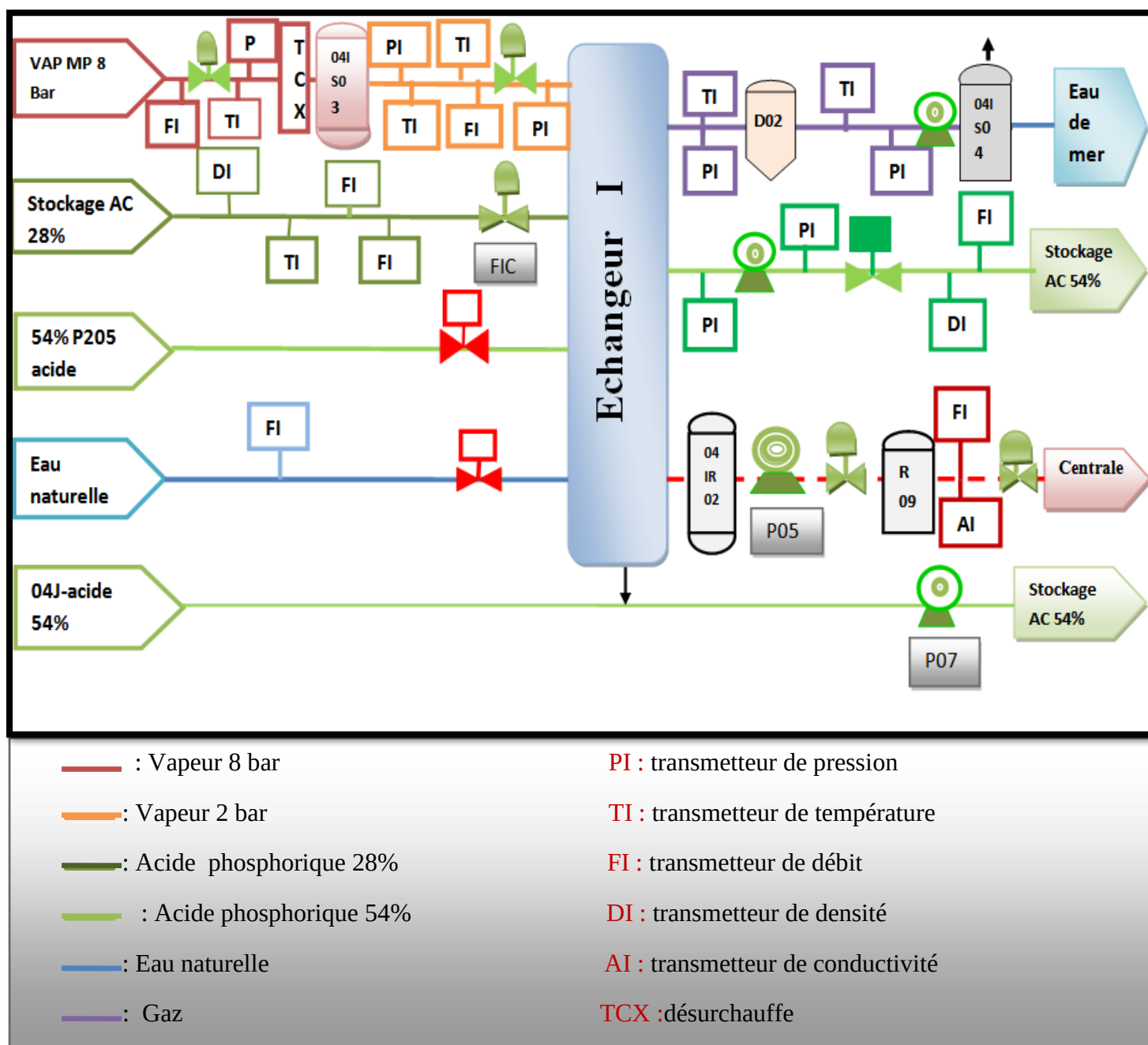


FIGURE 12: CARTOGRAPHIE D'ECHELON DE CONCENTRATION

3.2.2. Instruments de mesure existants dans l'échelon I :

La production de l'acide phosphorique dans l'échelon I consiste à utiliser plusieurs instruments pour mesurer les différentes grandeurs physiques des matières utilisées. On résume ses instruments et leurs caractéristiques dans le tableau suivant :

grandeur physique	Description	Repère	type de mesurant	échelle	Technologie de mesure	Unité
Température	T-acide phosphorique entré 28%	04I-TI-049-FF	Field bus	0 à 100	PT100	°C
	T-entré échangeur	04I-TI-028	Analogique 0 à 4mA	0 à 200	PT100	°C
	T-Gaz à la sortie de séparateur	04I-TI-045-FF	Field bus	0 à 110	PT100	°C
	T-sortie échangeur	04I-TI-034	Analogique 0 à 4mA	0 à 110	PT100	°C
	T-condensat à la sortie du bac R02	04I-TI-014-FF	Field bus	0 à 200	PT100	°C
	T-vapeur à la sortie de vanne de détente	04I-TI-003-FF	Field bus	0 à 250	PT100	°C
	T-vapeur sortie de désurchauffe	04I-TI-111-FF	Field bus	0 à 160	PT100	°C
	T-vapeur 2 bar à l'entrée de l'échangeur	04I-TI-009A	Analogique 0 à 4mA	0 à 250	PT100	°C
	T- l'eau de mer entrée a la pompe à vide C01	04I-TI-084-FF	Field bus	0 à 100	PT100	°C
	T- l'eau de mer entrée laveur	04I-TI-072-FF	Field bus	0 à 110	PT100	°C
	T-l'eau de mer à la sortie laveur	04I-TI-090	Analogique 0 à 4mA	0 à 50	PT100	°C
	T-gaz à la sortie laveur	04I-TI-074	Analogique 0 à 4mA	0 à 110	PT100	°C
Débit	débit eau de mer	04I-FI-085	Analogique 0 à 4mA	0 à 55	débitmètre à effet vortex	m3/h
	débit -acide phosphorique 28%	04I-FI-050	Analogique 0 à 4mA	0 à 80	Débitmètre électromagnétique	m3/h
	débit -vapeur 2 bar	04I-FI-068	Analogique 0 à 4mA	0 à 63	DELTA P (sonde annubar)	t/h
	Débit eau naturelle entré échangeur	04I-FI-130	Analogique 0 à 4mA	0 à 300	débitmètre à effet vortex	m3/h
	Débit acide produit 54%	04I-FI-044	Analogique 0 à 4mA	0 à 60	Débitmètre électromagnétique	m3/h
	Débit- vapeur entrée 8 bar	04I-FI-001	Analogique 0 à 4mA	0 à 60	DELTA P (sonde annubar)	t/h
	débit-eau distillée vers condensat	04I-FI-106	Analogique 0 à 4mA	0 à 30	débitmètre à effet Voltex	m3/h
	débit condensat vers centrale	04I-FI-112	Analogique 0 à 4mA	0 à 100	débitmètre à effet Voltex	m3/h
	Débit- condensat	04I-FI-022-FF	Field bus	0 à 15	débitmètre à effet Voltex	m3/h
	débit eau de mer	04I-FI-071	Analogique 0 à 4mA	0 à 1600	débitmètre à effet Voltex	m3/h

Conductivité	conductivité –condensat	04I-AI-013	Analogique 0 à 4mA	0 à 100	Transmetteur De Conductivité FLEXA202	μS/cm
	conductivité -condensat entrée 04IJR09	04I-AI-017-FF	Field bus	0 à 100	Transmetteur De Conductivité FLEXA202	μS/cm
	conductivité –condensat	04I-AI-021	Analogique 0 à 4mA	0 à 100	Transmetteur De Conductivité FLEXA202	μS/cm
PH	PH-condensat	04I-AI-08-FF	Field bus	0 à 14	PH-mètre	PH
	Densité acide entrée 28%	04I-DI-048-FF	Field bus	500 à 2500	Densimètre OPTIMASS 7000FA50	kg/m3
Densité	densité acide produit 54%	04I-DI-047-FF	Field bus	0 à 5000	Densimètre OPTIMASS 7000FA50	kg/m3
Niveau	Niveau-condensat au niveau R02	04I-LI-011	Analogique 0 à 4mA	0 à 100	Transmetteur de niveau radar	%
	Niveau-condensat au niveau S03	04I-LI-008	Analogique 0 à 4mA	0 à 100	Transmetteur de niveau radar	%
	Niveau-condensat au niveau R09	04I-LI-016A	Analogique 0 à 4mA	0 à 100	Transmetteur de niveau radar	%
	Niveau-condensat au niveau R09	04I-LI-016B	Analogique 0 à 4mA	0 à 100	Transmetteur de niveau radar	%
	Niveau – eau pollué	04I-LI-087	Analogique 0 à 4mA	0 à 100	Transmetteur de niveau radar	%
Pression	Pression vapeur 2 bar à entré échangeur	04I-PI-067	Analogique 0 à 4mA	0 à 6	Transmetteur de pression model EJA30E	Bar
	Pression entré E01	04I-PI-029A	Analogique 0 à 4mA	0 à 6	Transmetteur de pression model EJA30E	Bar
	Pression entré D01	04I-PI-031A	Analogique 0 à 4mA	0 à 1000	Transmetteur de pression model EJA30E	Torr
	Pression entré D01	04I-PI-031B	Analogique 0 à 4mA	0 à 1000	Transmetteur de pression model EJA30E	Torr
	pression au niveau de l'échangeur	04I-PI-035	Analogique 0 à 4mA	0 à 6	Transmetteur de pression model EJA30E	Bar
	Pression au niveau de S02	04I-PI-029B	Analogique 0 à 4mA	0 à 6	Transmetteur de pression model EJA30E	Bar
	Pression au niveau de D01	04I-PI-029A	Analogique 0 à 4mA	0 à 6	Transmetteur de pression model EJA30E	Bar
	Pression au niveau de D01	04I-PI-056	Analogique 0 à 4mA	-1 à 4	Transmetteur de pression model EJA30E	Bar
	Pression acide phosphorique 54% produit	04I-PI-057	Analogique 0 à 4mA	0 à 5	Transmetteur de pression model EJA30E	Bar
	Pression acide phosphorique 54% produit	04I-PI-058-FF	Field bus	0 à 10	Transmetteur de pression model EJA30E	Bar
	Pression Gaz à la sortie S01	04I-PI-046-FF	Field bus	0 à 3	Transmetteur de pression model EJA30E	Bar
	Pression acide 54%entré à la pompe p07	04I-PI-064	Analogique 0 à 4mA	0 à 3	Transmetteur de pression model EJA30E	Bar
	Pression vapeur 2 bar a l'entré désurchauffe	04I-PI-004-FF	Field bus	0 à 6	Transmetteur de pression model EJA30E	Bar
	Pression vapeur 2 bar a la sortie désurchauffe	04I-PI-110	Analogique 0 à 4mA	0 à 6	Transmetteur de pression model EJA30E	Bar
	Pression vapeur 2 bar a l'entré échangeur	04I-PI-002	Analogique 0 à 4mA	0 à 6	Transmetteur de pression model EJA30E	Bar

Tableau 1:Caractéristiques d'ensemble d'instruments existants dans l'échelon I

 Les vannes existantes dans l'échelon I :

Actionneur	repère	Description	Type	pression max	T°max	Débit max
les vannes	04I-FIC-050	régulation de débit acide 28%	vanne régulatrice	4,7	135	50400kg/h
	04I-FIC-068	régulation de débit vapeur entrée vers E01	vanne régulatrice	3,4	90	250m3/h
	04I-XV-065	vanne tout ou rien -acide 54%	TOR	3,15	90	263m3/h
	04I-XV-066	vanne tout ou rien -eau de mer	TOR	4,2	85	28m3/h
	04I-XV-032	vanne tout ou rien -acide 54%	TOR	4,2	85	28m3/h
	04I-XV-040	vanne tout ou rien -acide 54%	TOR	4,2	85	28m3/h
	04I-XV-033	vanne tout ou rien -acide 54%	TOR	4,2	85	28m3/h
	04I-XV-070A	vanne tout ou rien - acide phosphorique 54%	TOR	4,2	85	28m3/h
	04I-XV-070B	vanne tout ou rien - acide phosphorique 54%	TOR	3,15	90	28m3/h
	04I-XV-108	vanne tout ou rien - vapeur 8 bar	vanne régulatrice	10	225	50200kg/h
	04I-TIC-009	vanne régulatrice ouvert ou fermer suivant une consigne de température	vanne régulatrice	8,6	100	2200kg/h
	04I-LIC-008	vanne régulatrice ouvert ou fermer suivant une consigne de débit	vanne régulatrice	3,3	155	8,6m3/h
	04I-FIC-106	Vanne régulatrice ouvert ou fermer suivant le débit d'eau distillé	vanne régulatrice	3,4	45	20m3/h
	04I-AV-013A	vanne régulatrice -condensat	vanne régulatrice	1,2	133	56m3/h
	04I-AV-013B	vanne régulatrice -condensat	vanne régulatrice	1,2	133	56m3/h
	04I-LIC-016	vanne régulatrice ouvert ou fermer suivant une consigne de niveau de condensat	vanne régulatrice	12,4	*****	*****

3.2.4. Instruments de mesure existants dans l'échelon J :

Pour la mesure des grandeurs physiques existantes dans l'échelon J, il existe un ensemble des instruments qui sont résumés dans le tableau suivant :

grandeur physique	Description	Repère	type de mesurant	échelle	unité	TECHNOLOGIE de mesure
Température	t- acide 28% entrée	04J-TI-049-FF	Field bus	0 à 100	°C	Sonde PT100
	T - entré 04JE01	04J-TI-028	analogique 0 à 4 mA	0 à 200	°C	Sonde PT100
	T- au niveau de l'échangeur D01	04J-TI-034	analogique 0 à 4 mA	0 à 110	°C	Sonde PT100
	température gaz vers condensat	04J-TI-045-FF	Field bus	0 à 110	°C	Sonde PT100
	T-Condensat	04J-TI-014-FF	Field bus	0 à 200	°C	Sonde PT100
	T-Vapeur 2 bar	04J-TI-003-FF	Field bus	0 à 250	°C	Sonde PT100
	T-Vapeur 2 bar	04J-TI-009B	analogique 0 à 4 mA	0 à 250	°C	Sonde PT100
	T-Vapeur 2 bar	04J-TI-009A	analogique 0 à 4 mA	0 à 250	°C	Sonde PT100
	T-GAZ	04J-TI-074	analogique 0 à 4 mA	0 à 110	°C	Sonde PT100
	T-eau de mer à l'entrée de JD02	04J-TI-090	analogique 0 à 4 mA	0 à 50	°C	Sonde PT100
	T-eau de mer à la sortie JD02	04J-TI-072-FF	Field bus	0 à 110	°C	Sonde PT100
	T-eau de mer entré a C01	04J-TI-084-FF	Field bus	0 à 100	°C	Sonde PT100
Débit	débit massique acide phosphorique 28% entré	04J-FI-048-FF	Field bus	0 à 70	kg/h	Capteur débit massique
	débit acide entré 28%	04J-FI-050	analogique	0 à 80	m3/h	débitmètre électromagnétique
	débit - vapeur 2 bar entré à l'échangeur	04J-FI-068	analogique	0 à 63	t/h	DELTA P (sonde annubar)
	débit -eau mer	04J-FI-130	analogique	0 à 300	m3/h	électromagnétique
	débit -acide produit 54%	04J-FI-044	analogique	0 à 60	m3/h	débitmètre électromagnétique
	débit- vapeur 8 bar	04J-FI-001	analogique	0 à 60	t/h	DELTA P (sonde annubar)
	débit eau de mer	04J-FI-071	analogique	0 à 1600	m3/h	débitmètre électromagnétique
	débit eau de mer	04J-FI-085	analogique	0 à 55	m3/h	débitmètre électromagnétique

pression	pression - vapeur 2 bar à l'entrée échangeur	04J-PI-067	analogique 0 à 4mA	0 à 6	bar	Transmetteur de pression model EJA30E
	Pression au niveau de l'échangeur	04J-PI-29A	analogique 0 à 4mA	0 à 6	bar	Transmetteur de pression model EJA30E
	Pression au niveau de l'échangeur E01	04J-PI-035	analogique 0 à 4mA	0 à 6	bar	Transmetteur de pression model EJA30E
	pression au niveau de S02	04J-PI-029B	analogique 0 à 4mA	0 à 6	bar	Transmetteur de pression model EJA30E
	Pression à l'entrée de D01	04J-PI-031A	analogique 0 à 4mA	0 à 1000	torr	Transmetteur de pression model EJA30E
	Pression à l'entrée de D01	04J-PI-031B	analogique 0 à 4mA	0 à 1000	torr	Transmetteur de pression model EJA30E
	Pression au niveau de D01	04J-PI-056	analogique 0 à 4mA	0 à 4	bar	Transmetteur de pression model EJA30E
	Pression acide 54% produit à l'entré de P02	04J-PI-057	analogique 0 à 4mA	0 à 5	bar	Transmetteur de pression model EJA30E
	Pression acide 54% produit à la sortie de la pompe p02	04J-PI-058-FF	Field bus	0 à 10	bar	Transmetteur de pression model EJA30E
	Pression- gaz a la sortie échangeur	04J-PI-046-FF	Field bus	-1 à 3	bar	Transmetteur de pression model EJA30E
	Pression – vapeur à l'entré de désurchauffe	04J-PI-004-FF	Field bus	0 à 6	bar	Transmetteur de pression model EJA30E
	Pression – vapeur à la sortie de désurchauffe	04J-PI-110	analogique 0 à 4mA	0 à 6	bar	Transmetteur de pression model EJA30E
	Pression- vapeur 2 bar entré échangeur	04J-PI-002	analogique 0 à 4mA	0 à 6	bar	Transmetteur de pression model EJA30E
	Pression de gaz à l'entré de la pompe C01	04J-PI-079-FF	Field bus	- 1 à 6	bar	Transmetteur de pression model EJA30E
	Pression au niveau de laveur D02	04J-PI-073-FF	Field bus	-1 à 1	bar	Transmetteur de pression model EJA30E
densité	densité acide entrée 28%	04J-DI-048-FF	Field bus	0 à 2500	kg/m3	Densimètre OPTIMASS 7000FA50
	densité acide produit 54%	04J-DI-047-FF	Field bus	0 à 5000	kg/m3	Densimètre OPTIMASS 7000FA50
conductivité	conductivité- condensat	04J-AI-013	Analogique 0 à 4mA	0 à 100	μS/cm	Transmetteur De Conductivité FLEXA202
Niveau	niveau -condensat dans R02	04J-LI-011	Analogique 0 à 4mA	0 à 100	%	Transmetteur de niveau radar
	niveau -condensat dans S03	04J-LI-008	Analogique 0 à 4mA	0 à 100	%	Transmetteur de niveau radar

TABLEAU 3: CARACTERISTIQUES D'ENSEMBLE D'INSTRUMENTS EXISTANTS
DANS L'ECHELON J

 Les vannes existantes dans l'échelon J:

Actionneur	repère	Description	Type	pression max	T°max	débit max
les vannes	04J-FIC-050	régulation de débit acide 28%	vanne régulatrice	4,7	135	50400kg/h
	04J-FIC-068	régulation de débit vapeur entrée vers E01	vanne régulatrice	3,4	90	250m3/h
	04J-XV-065	vanne tout ou rien -acide 54%	TOR	3,15	90	263m3/h
	04J-XV-066	vanne tout ou rien -eau de mer	TOR	4,2	85	28m3/h
	04J-XV-032	vanne tout ou rien -acide 54%	TOR	4,2	85	28m3/h
	04J-XV-040	vanne tout ou rien -acide 54%	TOR	4,2	85	28m3/h
	04J-XV-033	vanne tout ou rien -acide 54%	TOR	4,2	85	28m3/h
	04J-XV-070A	vanne tout ou rien - acide phosphorique 54%	TOR	4,2	85	28m3/h
	04J-XV-070B	vanne tout ou rien - acide phosphorique 54%	TOR	3,15	90	28m3/h
	04J-XV-108	vanne tout ou rien - vapeur 8 bar	vanne régulatrice	10	225	50200kg/h
	04J-TIC-009	vanne régulatrice ouvert ou fermer suivant une consigne de température	vanne régulatrice	8,6	100	2200kg/h
	04J-LIC-008	vanne régulatrice ouvert ou fermer suivant une consigne de débit	vanne régulatrice	3,3	155	8,6m3/h
	04J-AV-013A	vanne régulatrice - condensat	vanne régulatrice	1,2	133	56m3/h
	04J-AV-013B	vanne régulatrice - condensat	vanne régulatrice	1,2	133	56m3/h
	04J-FIC-071	vanne régulatrice ouvert ou fermer suivant une consigne de débit d'eau de mer	vanne régulatrice	2	32	1297m3/h

TABLEAU 4 : CARACTERISTIQUES DES VANNES EXISTANTS DANS L'ECHELON J

3.1.1. Classification des instruments de mesure selon leur criticité :

Pour faire la classification des instruments qui se trouve dans l'échelon I selon leurs criticité on traite leurs influences sur la production, pour cela on propose les valeurs suivantes qui donnent la classification des instruments :

- 1 : si l'indication de l'instrument n'est pas importante.
- 2 : si l'indication est importante mais n'influence pas sur la production
- 3 : si l'indication d'instrument est importante mais n'arrête pas la production.
- 4 : si l'instrument intervient dans l'asservissement.

la grandeur physique	Repère d'instrument	Classification	Explication
Température	04I-TI-049-FF	1	Une fausse indication de la température d'acide 28% entré n'arrête pas la production
	04I-TI-28	4	Il intervient dans l'asservissement
	04I-TI-045-FF	2	une Fausse indication sur La température du gaz à la sortie de séparateur n'arrête pas la production
	04I-TI-034	2	Donne une indication importance mais n'arrête pas la production
	04I-TI-014-FF	2	L'indication de la température de condensat n'intervient pas dans l'asservissement
	04I-TI-003-FF	2	n'intervient pas dans l'asservissement
	04I-TI-111-FF	2	n'intervient pas dans l'asservissement
	04I-TI-009A	4	Intervient dans l'asservissement car une fausse d'indication cause l'arrêt de la vanne TIC-009
	04I-TI-084-FF	1	Une fausse indication ne cause pas l'arrêt de production
	04I-TI-072-FF	1	Une fausse indication ne cause pas l'arrêt de production
	04I-TI-090	1	Une fausse indication ne cause pas l'arrêt de production
	04I-TI-074	1	Une fausse indication ne cause pas l'arrêt de production
Débit	04I-FI-048-FF	3	n'intervient pas dans l'asservissement
	04I-FI-050	2	n'intervient pas dans l'asservissement
	04I-FI-068	3	n'intervient pas dans l'asservissement
	04I-FI-130	3	Donne une indication importance au moment de lavage
	04I-FI-044	2	n'intervient pas dans l'asservissement
	04I-FI-001	2	n'intervient pas dans l'asservissement
	04I-FI-106	2	n'intervient pas dans l'asservissement
	04I-FI-112	2	n'intervient pas dans l'asservissement
	04I-FI-022-FF	3	Indication important mais n'arrête pas la production (si le débit diminué la température TI-009A augmente cause l'arrêt de la vanne TIC -009)
	04I-FI-071	3	Indication important mais n'intervient pas dans l'asservissement
	04I-FI-085	4	Intervient dans l'asservissent car une fausse indication cause l'arrêt de la vanne FIC-085
densité	04I-DI-048-FF	2	n'arrête pas la production
	04I-DI-047-FF	2	Une fausse indication n'arrête pas la production

TABLEAU 5: CLASSIFICATION D'ENSEMBLE DES INSTRUMENTS DE L'ECHELON I

Chapitre 4: Etude des boucles de régulation existantes dans échelon I :

4.1. Définition et types des boucles de régulation :

Une boucle de régulation est un dispositif constitué d'un ou plusieurs capteurs mesurant une grandeur physique à contrôler fournissant ainsi les données nécessaires au système de commande d'une machine ou d'un processus dont l'état est susceptible de modifier cette grandeur.

4.1.1. Régulation en chaîne ouverte :

Dans la boucle de régulation ouverte, la variable perturbatrice agit sur la variable réglante. Cette boucle n'est pas à proprement dit boucle de régulation mais un complément à la boucle fermée. Elle s'utilise principalement pour anticiper l'évolution d'une perturbation en agissant directement sur l'organe de réglage, elle est rapide mais peu précise.

4.1.2. Régulation en chaîne fermée :

En boucle fermée la grandeur réglante agit par l'intermédiaire du procédé, sur la grandeur réglée. Cette boucle se reconnaît à la présence d'une consigne, elle peut agir seule ou être agrémentée d'une boucle ouverte et/ou d'asservissement.

4.2. Eléments constitutifs d'une boucle de régulation :

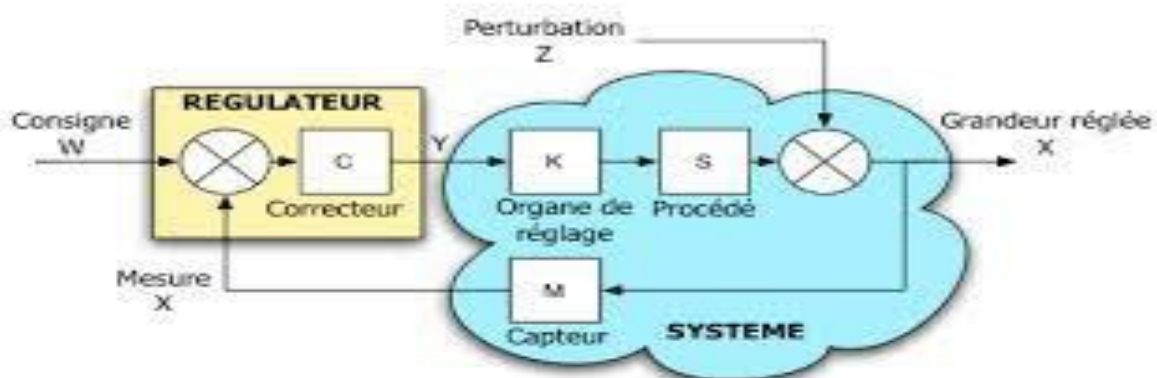


FIGURE 14: SCHEMA D'UNE BOUCLE DE REGULATION.

- **Grandeur réglée :** est la grandeur physique que l'on désire contrôler.
- **La consigne :** c'est la valeur que doit prendre la grandeur réglée.

- **La grandeur réglante:** c'est la grandeur physique qui a été choisie pour contrôler la grandeur réglée, elle n'est généralement pas de même nature que la grandeur réglée.
- **Les grandeurs perturbatrices :** sont les grandeurs physiques qui influencent la grandeur réglée.
- **L'organe de réglage :** c'est l'élément qui agit sur la grandeur réglante.

4.3. Régulateur PID :

4.3.1. Constitution:

Un régulateur est constitué d'un comparateur pour observer l'écart entre la mesure et la consigne, et d'un correcteur dont l'algorithme permet d'obtenir une loi d'évolution de la mesure du procédé conforme au cahier des charges. Le correcteur a une action PID (Proportionnelle, Intégrale et Dérivée) et, associé à un comparateur, forme un régulateur PID .

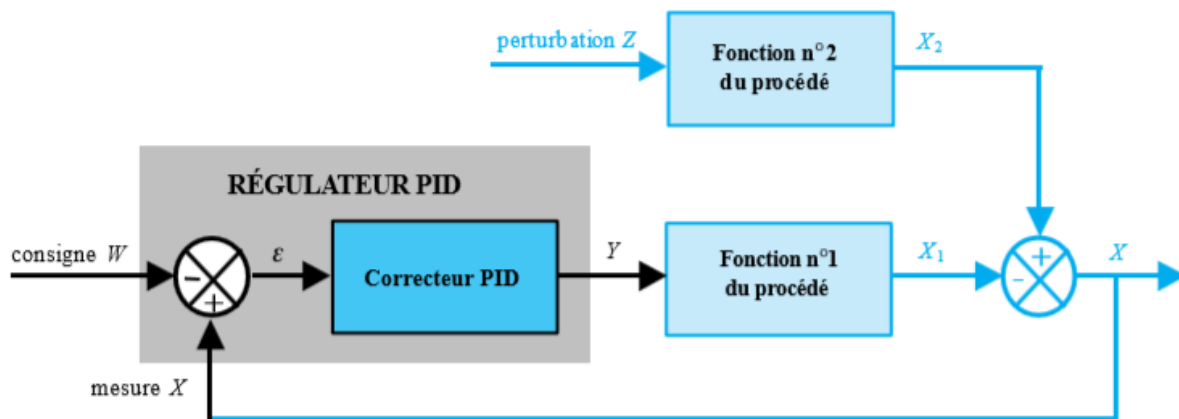


FIGURE 15:REGULATEUR PID.

Notation : X : signal de mesure, W : consigne (valeur entrée ou signal), et ε : signal d'écart (ou d'erreur) sont exprimés dans la même unité. Le signal Y élaboré par le régulateur est le signal de commande .Avec $\varepsilon = X - W$.

4.3.2. Actions du PID:

En pratique, à une catégorie donnée des systèmes à asservir correspond un type de correcteur adopté. Pour effectuer un choix judicieux, il faut connaître les effets des différentes actions de régulateur PID : proportionnelle, intégrale et dérivée.

Action proportionnelle :

L'action proportionnelle est réglée, au choix du fabricant, soit par :

- Le coefficient d'amplification, noté A, aussi appelé « gain » et noté Kr ou Gr.
- La bande proportionnelle (BP ou XP) exprimée en pourcentage : $BP(\%) = 100/A$.

Le rôle de l'action proportionnelle est d'accélérer la réponse de la mesure, ce qui a pour conséquence de réduire l'écart entre la mesure et la consigne.

Action intégrale :

L'action intégrale est réglée, au choix du fabricant, soit par :

- La constante du temps d'action intégrale, notée Ti, exprimée très souvent en minute ;
- Le coefficient ou taux d'action intégrale Ki, exprimé en min^{-1} : $K_i = 1 / T_i$.

Le rôle de l'action intégrale est d'annuler l'écart entre la mesure et la consigne.

Action dérivée :

L'action dérivée est réglée par la constante du temps d'action dérivée, notée Td, exprimée en seconde.

Le rôle de l'action dérivée est de compenser les effets du temps mort (retard) du procédé. Elle a un effet stabilisateur mais une valeur excessive peut entraîner l'instabilité. Son rôle est identique quelle que soit la nature du procédé. La sortie du dérivateur est proportionnelle à la vitesse de variation de l'écart.

Notons que l'action dérivée ne peut pas être utilisée seule.

4.3.3. Boucles de régulation existantes dans l'échelon I :

La boucle	Type de la boucle	Type d'actionneur	Le rôle de la boucle	Les paramètres		
				P	I	D
04I-FIC-050	Boucle de débit	La vanne régulatrice 050	Contrôle le débit d'acide 28% Entrée échangeur	0.50	10	0
04I-FIC-068	Boucle de débit	La vanne régulatrice 068	Contrôle le débit vapeur entrée échangeur	0.50	10	0
04I-SIC-P02	Boucle de vitesse	La pompe 02	Contrôle la vitesse de la pompe P02 de circuit acide produit 54%	0.50	100	0
04I-SIC-P05	Boucle de vitesse	La pompe 05	Contrôle du niveau de ballon 04IR02 de circuit condensat	2	50	0
04I-PIC-002	Boucle de pression	La vanne de détente 002	Contrôle de la pression de la sortie vanne de détente	0.5	10	0
04I-TIC-009	Boucle de température	La vanne régulatrice 009	Contrôle de la température du circuit de désurchauffe	2	5	0

04I-LIC-016	Boucle de niveau	La vanne régulatrice 016	Contrôle de niveau du condensat dans le bac R09 (Condensat vers centrale)	3	50	0
04I-LIC-008	Boucle de niveau	La vanne régulatrice 008	Contrôle de niveau du condensat dans 04IS03	2	10	0
04I-FIC-106	Boucle de débit	La vanne régulatrice 106	Contrôle du débit de l'eau distillé entrée dans R09	0.50	10	0
04I-FIC-071	Boucle de débit	La vanne régulatrice 071	Contrôle de débit d'eau de mer à l'entrée laveur	0.50	10	0
04I-FIC-085	Boucle de débit	La vanne régulatrice 085	Contrôle de débit d'eau de mer pour la pompe à vide C01	0.50	10	0
04I-PIC-031	Boucle de pression	La vanne régulatrice 106	Contrôle du vide pour l'échangeur	0.5	10	0

TABLEAU 6:BOUCLES DE REGULATION EXISTANTS DANS L'ECHELON I

4.4. Performances des boucles de régulations

4.4.1. Stabilité :

La qualité essentielle pour un système régulé, et donc exigée à tout prix, est la stabilité. En effet, un système instable se caractérise soit par des oscillations d'amplitude de plus en plus grande de la grandeur observée ,soit par une croissance irréversible négative ou positive de la grandeur observée .

4.4.2. Précision :

✚ Précision statique :

Il est naturel d'évaluer la précision d'un système régulé en comparant l'objectif atteint par rapport à celui exigé. La précision d'un système régulé se mesure donc à l'écart entre la consigne demandée et la mesure en régime permanent , on parle alors de la précision statique. Plus l'écart statique est petit, plus le système est précis.

L'évaluation de la précision statique s'effectue en réalisant une variation rapide de consigne en amplitude et en mesurant la variation d'amplitude finalement obtenue de la mesure.

✚ Précision dynamique :

La précision dynamique est donc à prendre en compte lors des réglages des régulateurs. Elle s'évaluera généralement par le dépassement maximal D1 que peut prendre la mesure par rapport à la consigne.

4.4.3. Rapidité :

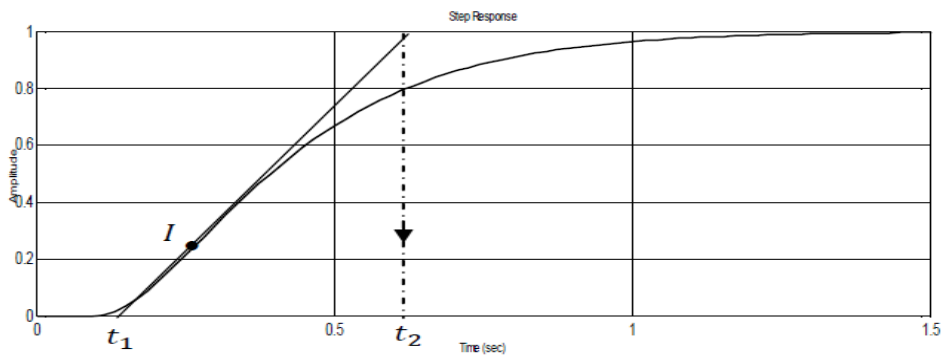
La rapidité d'un système régulé s'évalue par le temps nécessaire à la mesure pour entrer dans une zone $\pm 5\%$ de sa valeur finale (soit entre 95% et 105%). Le système régulé est d'autant plus rapide que le temps de réponse à 5% est court.

4.5. Méthodes de réglage expérimentales :

- Méthodes en boucle ouverte de Ziegler-Nichols :

Détermination des paramètres du correcteur pour des processus stables

Pour obtenir les paramètres du régulateur PID, il suffit d'enregistrer la réponse indicielle du processus seul (c'est-à-dire sans le régulateur), puis de tracer la tangente au point d'inflexion de la courbe.



$$r = t_2 - t_1$$

En calculant les paramètres de correcteur par la méthode de Ziegler et Nichols, en utilisant le tableau ci-dessous :

	K_p	K_I	K_d
P	τ/r	∞	0
PI	$0.9 \tau/r$	$r/0.3$	0
PID	$1.2\tau/r$	$2r$	$0.5r$

TABLEAU 7:PARAMETRES PID OBTENUS EN BOUCLE OUVERT

- **Méthodes en boucle fermée de Ziegler-Nichols :**

Cette méthode est basée sur la connaissance du point critique du processus. Expérimentalement, on boucle le processus sur un simple régulateur proportionnel dont on augmente le gain jusqu'à amener le système à osciller de manière permanente; On se trouve ainsi à la limite de stabilité. Après avoir relevé le gain critique **K_{cr}** du régulateur et la période d'oscillation **T_{cr}** de la réponse, on peut calculer les paramètres du régulateur choisi à l'aide du tableau suivant :

Type	K _p	T _i	T _d
P	0.5 K_{cr}		
PI	0.4 K_{cr}	0.8 T_{cr}	
PID	0.6 K_{cr}	0.5 T_{cr}	0.125 T_{cr}

TABLEAU 8: PARAMETRES PID OBTENUS EN BOUCLE FERMEE

Conclusion

Ce rapport est le fruit d'un travail de deux mois au sein du groupe OCP . Ma mission pendant cette période était de réaliser une étude de l'ensemble des instruments de mesure existants dans les échelons de concentration I-J .

Ce stage était une leçon pratique pour moi, l'objectif était de me familiariser avec le monde professionnelle , de prendre conscience des différentes difficultés pouvant entraver ma carrière professionnelle , d'acquérir des connaissances sur le monde du travail et d'avoir une idée sur la vie professionnelle des employés avec une participation réelle à des travaux de l' entreprise.

Enfin, ce stage s'est déroulé dans des bonnes conditions, malgré que la période était courte pour la réalisation de toutes les tâches de mon projet.