

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITÉ IBN-KHALDOUN DE TIARET**

**FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES**  
**DÉPARTEMENT de GÉNIE ÉLECTRIQUE**



# MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme de Master II

Domaine : Science et Technologie

Filière : électronique

Spécialité : électronique embarquée

## THEME

Commande Et Supervision A Base D'un Transmetteur Intelligent En

Protocole 'HART'

Application : Réalisation D'un Circuit De Commande Puisard De

Drainage Condensat En Mode De Sécurité 'SIL'

*Préparé par : Mr, ABDALLAH Sahraoui*

*Devant le jury :*

Mr,		Président
Mr,		Examineur1
Mr,		Examineur2
Mr, OUARED rahal		Encadreur
Mr, ANANE sahraoui	Ingénieur/responsable Sonatrach	Co-encadreur

PROMOTION : 2017/2018

## Remerciements

---

Une année de parcours pour achever ce mémoire de Master II était pleine d'événements plus au moins motivants.

Heureusement que j'étais entouré de braves gens, qui m'ont soutenu dans les moments difficiles, et m'ont encouragé lorsque cela était nécessaire.

A leur tête, je remercie mon encadreur Mr Rahal OUARED pour sa disponibilité, ses fructueux conseils, son aide, et ses remarques, tout au long de ce mémoire.

Ainsi, Mr sahraoui ANANE autant que Co-encadreur par son attachement, appui et encouragement constant.

Je tiens aussi à exprimer ma profonde gratitude à tous les membres de jury d'examen, pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.

- Mr .....pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de présider ce jury.

Ainsi que :

- Mr .....en tant que premier examinateur.
- Mr ..... en tant que deuxième examinateur.

Pour avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Par la même occasion, je remercie tous les membres de l'institut d'électrotechnique de l'université de Tiaret qui ont aidé de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

D'un autre côté, je remercie particulièrement tous amis qui se sentent concernés, pour les forts sentiments d'amitié et de fraternité qu'ils portent à mon égard et qui me donne la force pour aller plus loin.

Enfin, j'adresse un grand remerciement à ma très chère famille, qui m'a toujours soutenue, m'a donné le courage pour terminer ce que j'ai commencé, et m'a aidé à aller jusqu'au bout de cette formation

## Dédicace

---

**Je dédie ce travail à :**

- ❖ **Mes chers parents.**
- ❖ **Mes frères et sœurs.**
- ❖ **Mes amis.**

# SOMMIARE

---

REMERCIEMENTS.....	i
DEDICACE.....	ii
SOMMAIRE.....	iii
NOMENCLATURE.....	vii
INTRODUCTION GENERALE.....	1
<b>CHAPITRE I : CAPTEUR-TRANSMETTEUR</b>	
I. INTRODUCTION .....	2
II. ... CAPTEURS-TRANSMETTEURS.....	5
II.1 DEFINITION .....	6
II.2. PRINCIPES DE QUELQUES CAPTEURS .....	7
II.3. CAPTEUR ACTIF .....	7
II.4. .... CAPTEUR PASSIF.....	8
III. ... CAPTEUR LVDT.....	9
III.1. CAPTEUR LVDT.....	9
III.2. CONDITIONNEUR DE SIGNAL.....	13
IV. . LE TRANSMETTEUR INTELLIGENT OU « SMART ».....	18
IV.1. CELLULE DE TRAITEMENT .....	18
IV.2. ELECTRONIQUE DE TRAITEMENT .....	19
V. ... L'INTERFACE OU PROTOCOLE « HART ».....	20
V.1. PARAMETRAGE.....	21
V.2. INTERFACE DE COMMUNICATION.....	21
V.3. EXEMPLE D'UTILISATION .....	22
V.4. BUS DE TERRAIN .....	22
VI. . LA BOUCLE DE REGULATION.....	24
VI.1. GENERALITES .....	24
VI.2. REGULATION.....	25
VI.3. ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UNE BOUCLE DE REGULATION .....	26
VII. LA BOUCLE D'INSTRUMENTATION 4-20 mA.....	27
VIII. LE CHOIX D'UN TRANSMETTEUR .....	30
IX. . FONCTIONS, SYMBOLISATION, SCHEMA.....	32
X. CONCLUSION .....	33

## CHAPITRE II : LES SYSTEMES DE SECURITE

I. INTRODUCTION .....	36
I.1. LES SYSTEMES DE SECURITE .....	36
I.2. DIRECTIVES DE SURETE.....	36
I.3. LA SÉCURITÉ FONCTIONNELLE .....	37
I.3.1.FONCTIONS DE SECURITE ET IMPLEMENTATION.....	37
I.3.2.LA NORME IEC 61508 .....	38
I.3.3.SECURITE DES SYSTEMES E/E/PE .....	38
I.3.4.CARACTERISTIQUES DE L'IEC 61508.....	39
I.3.5.OBJECTIFS DE L'IEC 61508 .....	39
I.3.6.INTERETS ET POINTS FORTS .....	40
I.3.7.APPROCHE GENERALE .....	40
I.3.8.LES PRESCRIPTIONS DE SECURITE POUR LES SYSTEMES E/E/PE .....	41
I.3.9.PRESCRIPTIONS TECHNIQUES DE CONCEPTION .....	41
II. NIVEAU D'INTEGRITE DE SECURITE « SAFETY INTEGRITY.....	42
II.1. INTRODUCTION .....	42
II.2. QUI EST RESPONSABLE ?.....	43
II.3. QUELLE TECHNIQUE ?.....	43
II.4. PROBLEMES COURANTS .....	44
II.4.1.EVALUATION DE RISQUE .....	45
II.5. SYSTEME D'INTEGRITE DE SECURITE .....	47
II.6. ALLOCATION DES PRESCRIPTIONS DE SECURITE.....	48
II.7. ANALYSE DES RISQUES/CLASSIFICATION SIL.....	50
II.7.1.ROLE DES BARRIÈRES DE SÉCURITÉ .....	50
II.7.2.CONCEPT DE RÉDUCTION DES RISQUES .....	51
II.7.3.PROCÉDURE DE CLASSIFICATION SIL .....	52
II.7.4.MATRICE DE RISQUE. ....	53
II.8. GENERALITES SUR LES SIL .....	55
III. LE SYSTEME INSTRUMENTE DE SECURITE (SIS) .....	56
IV. PROJECTION ET ETUDE DE NOTRE CAS .....	58
IV.1.ANALYSE SIL.....	58
IV.2.ATTRIBUTION CLASSES SIL .....	58
V. CONCLUSION.....	59

## CHAPITRE III : REALISATION PRATIQUE

I. PROBLEMATIQUE.....	61
II. PLAN D’ACTION .....	63
II.1. PHASE 1 : INSTALLATION D’UNE BOUCLE 4-20mA .....	63
1. OBJET.....	63
2. ETAT DES LIEUX ET CONSTATATIONS.....	63
3. CHRONOLOGIE DES TRAVAUX REALISES PHASE 1 .....	64
4. CONCLUSION.....	70
5. CONSOMMATION EN PDR ET CONSOMMABLE .....	70
II.2. PHASE2 : PROGRAMMATION ET INSTALATION DES CONVERTISSEURS .....	71
1. OBJET.....	71
2. ETAT DES LIEUX ET CONSTATATIONS.....	71
3. CHRONOLOGIE DES TRAVAUX PHASE 2.....	72
4. CONCLUSION.....	75
5. CONSOMMATION EN PDR ET CONSOMMABLE .....	75
II.3. PHASE3 : INSTALATION DES RELAIS DE SIGNALISATION ET COMMANDE ....	76
1. OBJET.....	76
2. ETAT DES LIEUX ET CONSTATATIONS.....	76
3. CHRONOLOGIE DES TRAVAUX EN PHASE3.....	77
4. CONCLUSION.....	84
5. CONSOMMATION EN PDR ET CONSOMMABLE .....	84
III. DISCUSSION DES RESULTAS ET CONCLUSION.....	75
CONLUSION GENERALE.....	96

## ANNEXES

ANNEXE1.L’AFFICHEUR 72*24 ‘MADIP’ .....	102
ANNEXE2. ETALONAGE TRANSMETTEUR DE NIVEAU ‘MAGNETROL’ .....	103
ANNEXE3. CONVERTISSEUR DE MESURE UNIVERSEL SINEAX V604.....	104
ANNEXE4. SPECIFICATION TRANSMETTEUR DE NIVEAU ‘MAGNETROL’ .....	105
ANNEXE5.SKETCH DE CALAGE DE NIVEAU PUISARD DE DRAINAGE R620 .....	108
ANNEXE6.SCHEMA HYDRAULIQUE STATION (PROCESS) .....	109
ANNEXE7. TABLEAU CONSOMMATION EN PDR PHASE1.....	110
ANNEXE8. TABLEAU CONSOMMATION EN PDR PHASE2.....	110

## SOMMIARE

---

ANNEXE9. TABLEAU CONSOMMATION EN PDR PHASE3.....	111
ANNEXE10. LES CLASSES SIL.....	111
ANNEXE11. RELATIONS ENTRE IEC61508 ET IEC61511 .....	112
ANNEXE12. RELATION ENTRE LES FONCTIONS INSTRUMENTEES DE SECURITE ET LES AUTRE FONCTIONS .....	113

## **Nomenclature**

---

**ATEX** : Atmosphère Explosif

**API**: Automate Programmable Industriel

**AIChE, CCPS**: American Institute of Chemical Engineers, Center For Chemical Process Safety.

**ALARP**: As Low As Reasonably Practicable

**AFNOR** : association française de normalisation

**GG** : Armoire Générale Répartiteur Station n°6

**BMS**: Burner Management System **Feu & Gaz**

**CEI /IEC**: Commission Electrotechnique Internationale 3, Varembe 1211 Genève 20 Suisse

**E/E/EP** : Les systèmes Electriques, Electroniques et Electroniques Programmables

**ESD**: Emergency Shut Down

**FIP**: Fipway Factory Instrumentation Protocol

**FCS**: Flare Control System

**FRR**: Facteur de Réduction du risque

**HART**: Highway Addressable Remote Transducer

**HAZOP**: Hazard & Operability studies (Etude danger & opérabilité)

**HIPPS**: High Integrity Pressure Protection System

**IEC**: International Electrotechnical Commission (CEI).

**IPF**: Instrumented Protective Function (fonction instrumentée de protection)

**LOPA**: Layer Of Protection Area

**LVDT**: Linear Variable Differential Transformer

**LRV**: Lower Range Value ''zero %''

**LNZ1** : Ouvrage GPL/Condensat HASSI R'MEL /ARZEW n°1

**NZ1**: Ouvrage Condensat HASSI R'MEL/ARZEW N°1

## **Nomenclature**

---

**OZ2:** ouvrage Oléoduc HASSI MESSAOUD/ARZEW N°2

**PV:** Process Variable

**PLC:** Programmable Logic Control

**PDR:** Pièces De Rechange

**PFD:** Probability of Failure on Demand (Probabilité de défaillance sur demande)

**PSI:** Pound-force per Square Inch (Anglo-Saxons) / livre par pouce carré.

**RVDT:** Rotational Variable Differential Transformer.

**RRF :** Risque Reduction Factor (Facteur de Réduction du Risque).

**SIL:** Safety Integrity Level (le niveau de sécurité intégré).

**SIS:** Security Instrumented System (système instrumenté de sécurité).

**TMR:** Three Modules Redundant.

**TCC :** Tableau de Commande et Contrôle (synoptique).

**URV:** Upper Range Value "full scale 100%".

**INTRODUCTION**

**GENERALE**

## INTRODUCTION GENERALE

---

L'instrumentation d'un procédé industriel de conversion (chimie, pétrochimie, sucrerie, verrerie....) est devenue indispensable dès que l'on désire maîtriser la productivité, la qualité et la sécurité d'un ensemble de production.

L'instrumentation englobe essentiellement trois composantes, à savoir :

- ❖ L'information sur l'état du procédé.
- ❖ La décision de modifier les paramètres de conduite.
- ❖ L'exécution de la (des) décision(s).

Orienté particulièrement vers les procédés continus, notre ouvrage vulgarise très bien ces trois composantes :

- ❖ *Information* : issue de capteurs et de transmetteurs physiques.
- ❖ *Décision* : élaborée par des régulateurs à fonctions mathématiques diverses.
- ❖ *Exécution* : réalisée souvent par des vannes automatiques, ou d'autres actionneurs.

Ce modeste ouvrage, destiné aux régulateurs en instrumentation de notre site et d'autres sites similaires étant un moyen d'exploitation et de maintenance efficace, sert aussi d'initiation à toute personne confrontée aux besoins de connaissance dans ce domaine autant des étudiants et stagiaires. Puisque il traite un sujet purement pratique dans un climat hautement sécuritaire.

L'histoire a démontré que les technologies qui se sont imposées sont celles qui répondent à quelques critères comme, la conservation de l'existant, réponse aux besoins, optimisation des coûts [8].

Notre humble travail se trouve pleinement au cœur de cette approche de choix de solutions stratégiques à une problématique réelle dans l'industrie pétrolière, sans toucher à la fiabilité et la performance des systèmes existants.

Il ne s'agit pas de créer une nouvelle installation, mais plutôt étudier un système en exploitation, le maîtriser, rénover, doter d'un nouveau matériel conforme aux normes de sécurité fonctionnelle basé sur le protocole **HART** et le configurer pour se connecter à une nouvelle boucle de **4-20ma** pour pouvoir déporter des paramètres d'exploitation d'un système technique qui est un puisard de drainage vers une autre interface de supervision (barographe) pour permettre de le surveiller et commander à distance en intégrant une philosophie de sécurité multicouches SIL.

Pour ce fait, nous avons réparti notre travail en trois chapitres distincts :

Dans le premier chapitre nous avons donné une vue générale sur l'état de l'art de l'automatisation des processus industriels et des systèmes techniques et leurs structures matérielles et fonctionnelles. En commençant par les fameux capteurs-transmetteurs, le capteur **LVDT**, les transmetteurs intelligents, le protocole **HART**.

Le deuxième chapitre présente d'une manière globale la sécurité fonctionnelle SIL et son exigence accrue dans le domaine industriel par des lois et standards internationaux. Et qui va donner à notre travail l'aspect purement professionnel et sécuritaire conformément à la stratégie de notre entreprise **SONATRACH** [8].

Le troisième et dernier chapitre présente la réelle problématique technique et les solutions adoptées. Des résultats et recommandations seront aussi présentés.

Et pour conclure, une synthèse sera présentée et des perspectives induites par les résultats de cet humble travail.

En fin, des data-sheets fournisseurs, plans station, sketches et informations générales seront décrit en annexe.

# Chapitre I

## CAPTEURS-TRANSMETTEURS

- I. INTRODUCTION
- II. LE CAPTEUR-TRANSMETTEUR
- III. CAPTEUR LVDT
- IV. LE TRANSMETTEUR INTELIGENT
- V. LE PROTOCOLE HART
- VI. LA BOUCLE DE REGULATION
- VII. LA BOUCLE D'INSTRUMENTATION 4-20 mA
- VIII. LE CHOIX D'UN TRANSMETTEUR
- IX. FONCTIONS, SYMBOLISATION, SCHEMA
- X. CONCLUSION

## I. INTRODUCTION

Les hommes ou les appareils qui ont pour tâche s'assurer le fonctionnement d'un procédé industriel doivent être informés du comportement de ce procédé. C'est-à-dire qu'il faut mesurer, si non toutes les grandeurs, au moins quelque grandeurs caractéristiques de ce procédé ; voire même se contenter de capter les variations de celles que l'on sait mesurer.

Les hommes pourraient peut-être se contenter d'une indication sur place mais les appareils imposent que l'information leur soit transmise.

Transformer une grandeur comme la température ou la pression en une information pouvant circuler dans les tuyaux, des câbles, des fibres optiques ou par ondes radio est matière à réflexions :

- Réflexion sur les mesures industrielles : pour assurer l'asservissement d'une grandeur, il faut commencer par la mesurer, elle ou ses effets.
- Réflexion sur « l'aspect théorique » de ces technologies: comprendre qu'une grandeur physiquement concrète puisse être traduite en une information quasi immatérielle, ne relevé pas du simple bon sens, il faut forcer son esprit à effectuer une gymnastique intellectuelle ! C'est cela que nous appellerons l'aspect théorique.
- Réflexion sur le future : l'évolution de la régulation, c'est-à-dire du fonctionnement automatique des procédés de production industrielle est très liée à l'évolution des techniques de mesurage et de transmission<sup>[1]</sup>.

## II. CAPTEURS-TRANSMETTEURS

Dans les appareils de mesurage, il y a généralement une partie capteur et une partie transmetteur. Il est souvent important de distinguer ces deux parties. L'appellation de ces appareils devrait être capteur-transmetteur, mais c'est un peu long ; en pratique il est utilisé un seul de ces termes, étant entendue qu'un capteur qui ne transmet rien n'intéresse personne, pas plus qu'un transmetteur qui ne capte rien !

A l'entrée d'un capteur il y a la grandeur à mesurer. La mesure de cette grandeur varie d'une valeur mini à une valeur maxi. Il est usuel de parler en pourcentage de variation : le mini est 0 %, le maxi est 100 %. La valeur de ce pourcentage est l'information à transmettre. Pour être comprise par les appareils récepteurs, cette information doit être mise sous forme précise appelée signal et, en l'occurrence : signal de sortie du transmetteur<sup>[1]</sup>.

II.1. DEFINITION

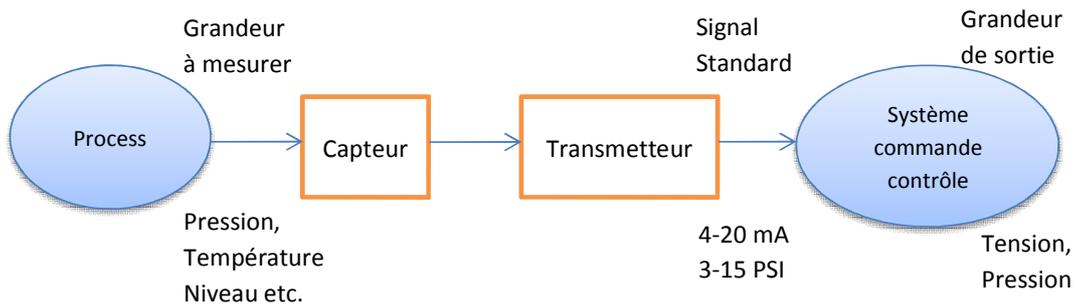


Figure I-1 Capteur et Transmetteur en Situation

*Un capteur* est un organe de prélèvement d’information qui élabore à partir d’une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente (très souvent électrique). Cette grandeur représentative de la grandeur prélevée est utilisable à des fins de mesure ou de commande[2].

*Un capteur* est l’élément d’un appareil de mesure servant à la prise d’informations relatives à la grandeur à mesurer.

*Le capteur* est l’élément capital et le premier maillon d’une chaîne de mesure. Il a pour rôle de saisir et de transformer la grandeur physique à mesurer (ou mesurande) et le contenu de son information en une autre grandeur physique accessible aux sens humains ou aux maillons suivants de la chaîne d’acquisition.

Ce sont donc des organes sensibles, transformant la grandeur à mesurer en un signal électrique, pneumatique, hydraulique ou numérique, normalisé, représentatif de l’information originelle. Cette transformation nécessite généralement un apport d’énergie extérieure au système. En règle générale, l’élément sensible du capteur est lié à un traducteur ou transducteur permettant la transformation du déplacement ou de la déformation de cet élément sensible en un signal ou une indication de mesure.

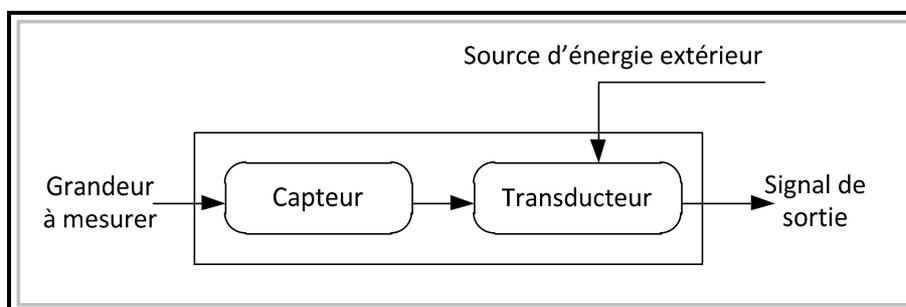


Figure I-2 Schéma de principe d’un capteur

## II.2. PRINCIPES DE QUELQUES CAPTEURS

### *Mesure et capteur de niveau*

De très nombreux systèmes sont utilisés. Il convient de connaître un certain nombre de paramètres indispensables pour choisir le capteur le mieux adapté :

- a. nature du fluide
- b. propriétés physiques et chimiques du fluide
- c. précision recherchée dans la mesure
- d. indication directe ou à distance
- e. conditions de sécurité<sup>[4]</sup>

## II.3. CAPTEUR ACTIF

Fonctionnant en générateur, un capteur actif est généralement fondé dans son principe sur un effet physique qui assure la conversion en énergie électrique de la forme d'énergie propre à la grandeur physique à prélever, énergie thermique, mécanique ou de rayonnement. Les plus classiques sont :

- **Effet thermoélectrique** : Un circuit formé de deux conducteurs de nature chimique différente, dont les jonctions sont à des températures  $T_1$  et  $T_2$ , est le siège d'une force électromotrice ( $T_1, T_2$ ).
- **Effet piézo-électrique** : L'application d'une contrainte mécanique à certains matériaux dits piézo-électrique (le quartz par exemple) entraîne l'apparition d'une déformation et d'une même charge électrique de signe différent sur les faces opposées.
- **Effet d'induction électromagnétique**: La variation du flux d'induction magnétique dans un circuit électrique induit une tension électrique.
- **Effet photo-électrique** : La libération de charges électriques dans la matière sous l'influence d'un rayonnement lumineux ou plus généralement d'une onde électromagnétique dont la longueur d'onde est inférieure à un seuil caractéristique du matériau.
- **Effet Hall** : Un champ  $B$  crée dans le matériau un champ électrique  $E$  dans une direction perpendiculaire.
- **Effet photovoltaïque** : Des électrons et des trous sont libérés au voisinage d'une jonction PN illuminée, leur déplacement modifie la tension à ses bornes

Grandeur physique à mesurer	Effet utilisé	Grandeur de sortie
Température	Thermoélectricité	Tension
Température	Pyroélectricité	Charge
Flux de rayonnement optique	Photoémission	Courant
Flux de rayonnement optique	Effet photovoltaïque	Tension
Flux de rayonnement optique	Effet photo-électrique	Tension
Force ou pression	Piézo-électricité	Charge
Accélération ou Vitesse	Induction électromagnétique	Tension
Position (aimant) ou Courant	Effet Hall	Tension

*Tableau I-1* – Capteurs actifs

#### II.4. CAPTEUR PASSIF

Il s'agit généralement d'impédance dont l'un des paramètres déterminants est sensible à la grandeur mesurée. La variation d'impédance résulte :

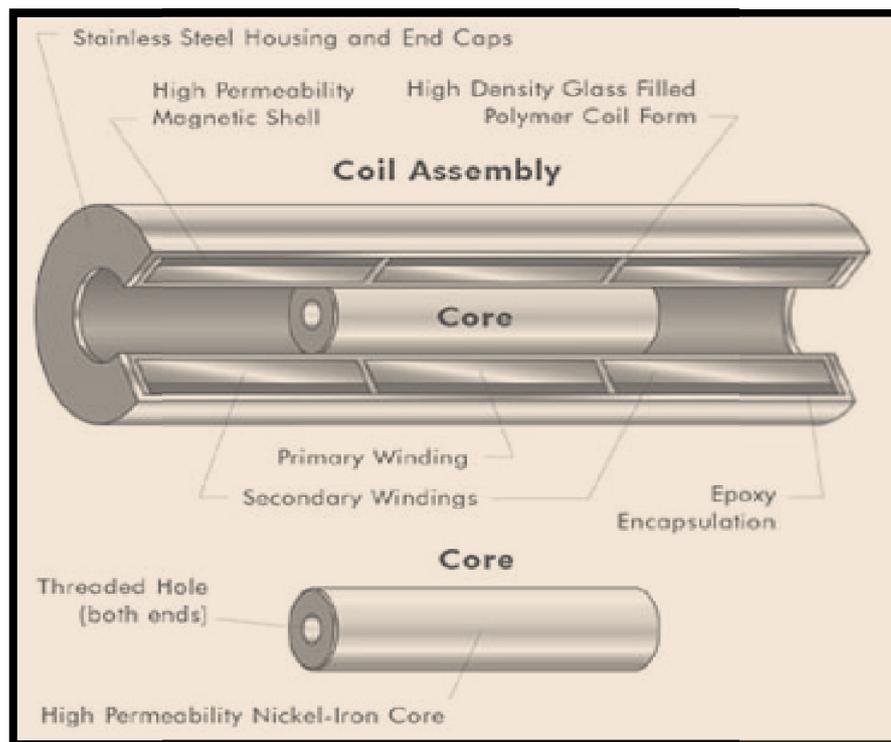
- Soit d'une variation de dimension du capteur, c'est le principe de fonctionnement d'un grand nombre de capteur de position, potentiomètre, inductance à noyaux mobile, condensateur à armature mobile.
- Soit d'une déformation résultant de force ou de grandeur s'y ramenant, pression accélération (armature de condensateur soumise à une différence de pression, jauge d'extensiométrie liée à une structure déformable).

L'impédance d'un capteur passif et ses variations ne sont mesurables qu'en intégrant le capteur dans un circuit électrique, par ailleurs alimenté et qui est son conditionneur[2].

Grandeur physique à mesurer	Caractéristique sensible	Matériaux utilisés
Température	Température	Métaux : platine, nickel, cuivre.
Très basse température	Constante diélectrique	Verre
Flux de rayonnement optique	Résistivité	Semi-conducteur
Déformation	Résistivité	Alliage de Nickel, silicium dopé
Déformation	Perméabilité magnétique	Alliage ferromagnétique
Position (aimant)	Résistivité	Matériaux magnéto résistants
Humidité	Résistivité	Chlorure de lithium

*Tableau I-2* – Capteurs passifs

### III. CAPTEUR LVDT



*Figure I-3*Détail construction LVDT [4]

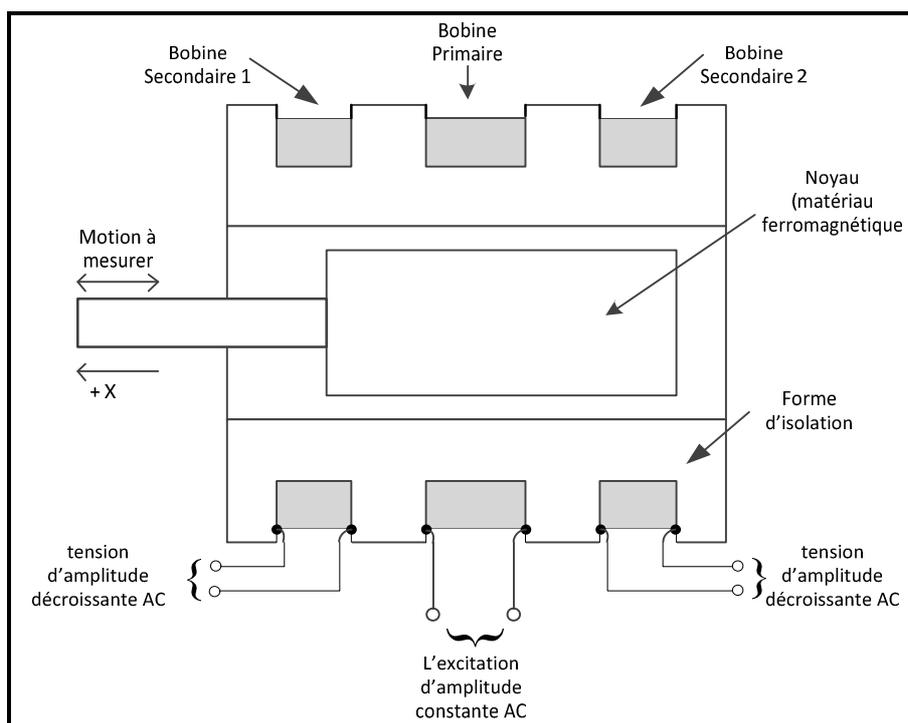
#### III.1. CAPTEUR LVDT

(Linear Variable Differential Transformer) aujourd'hui, il est parmi l'un des plus optimistes et populaires méthodes de mesure de position mécanique. En tant qu'il a trouvé l'utilisation comme le premier capteur de mesure d'une variété de variables comme la force, la pression, le torque et l'accélération. Dans chacun de ces capteurs, la position d'un membre élastique soumis une déflexion en réponse d'une force appliquée est mesurée par un LVDT. La valeur de la variable mesurée est alors déduite du signal de position. Les 'variable differential transformers' ont été utilisés comme dispositifs de contrôle électrique depuis le début de siècle, Mais ce n'est pas avant la fin de 1920 et début de 1930 que l'utilisation de ce concept de capteurs de mesure s'est répandue. Cette adaptation a reçu son impulsion lorsque les fabrications de processus chimique ont demandées un système de télémétrie électrique pour indication à distance des variables de process. L'apparition de la 2<sup>iem</sup> guerre mondiale a vue l'incorporation du LVDT dans plusieurs applications de contrôle de positions mécaniques à bord des sous-marins et d'aéronefs, et depuis la guerre il a été développé et raffiné à un degré remarquable.

Le mot 'linear' s'apparait dans le nom LVDT pour désigner la ligne droite par opposition à une relation linéaire entre l'entrée et la sortie. Sa construction et son principe de fonctionnement sont très simples en apparence, trois bobines de fil conducteur sont enroulées sous une forme d'isolation comme indiqué dans la **figureI-5**. Par le principe d'inductances mutuelles une

tension AC travers les bornes de la bobine primaire induit une tension de même fréquence dans chacune des deux bobines secondaires. Si le noyau ferromagnétique mobile est centré, les deux tensions secondaires sont de la même amplitude. Pour un déplacement positif du noyau (courbes de réponse solide **figure I-6b**), la tension apparaissant sur le secondaire numéro1 est plus grande en amplitude que les conditions nulles, lorsque l'amplitude de l'autre côté de la bobine secondaire numéro2 est moins. Les points noirs dans **figure I-6a** indiquent la polarité relative des trois tensions AC.

Lorsque les deux bobines secondaires sont connectées en série comme illustré à la **figure I-6a**, une réponse unique en tension est générée dont l'amplitude est étroitement liée au déplacement de base du noyau (**figure I-6b, c**). Ce type de signal de sortie n'est pas très pratique. Cependant, nous aimerions un signal directement proportionnel à la position du noyau-une tension positive lorsque le noyau est positivement déplacé et une tension négative lorsque le noyau est négativement déplacé. Cela exige que l'amplitude modulé des tensions secondaires soit démodulé pour donner un tel signal DC. Plus tard nous allons analyser un circuit démodulateur en vertu de conditionneur de signal.



*Figure I-4* Coupe transversale d'un LVDT

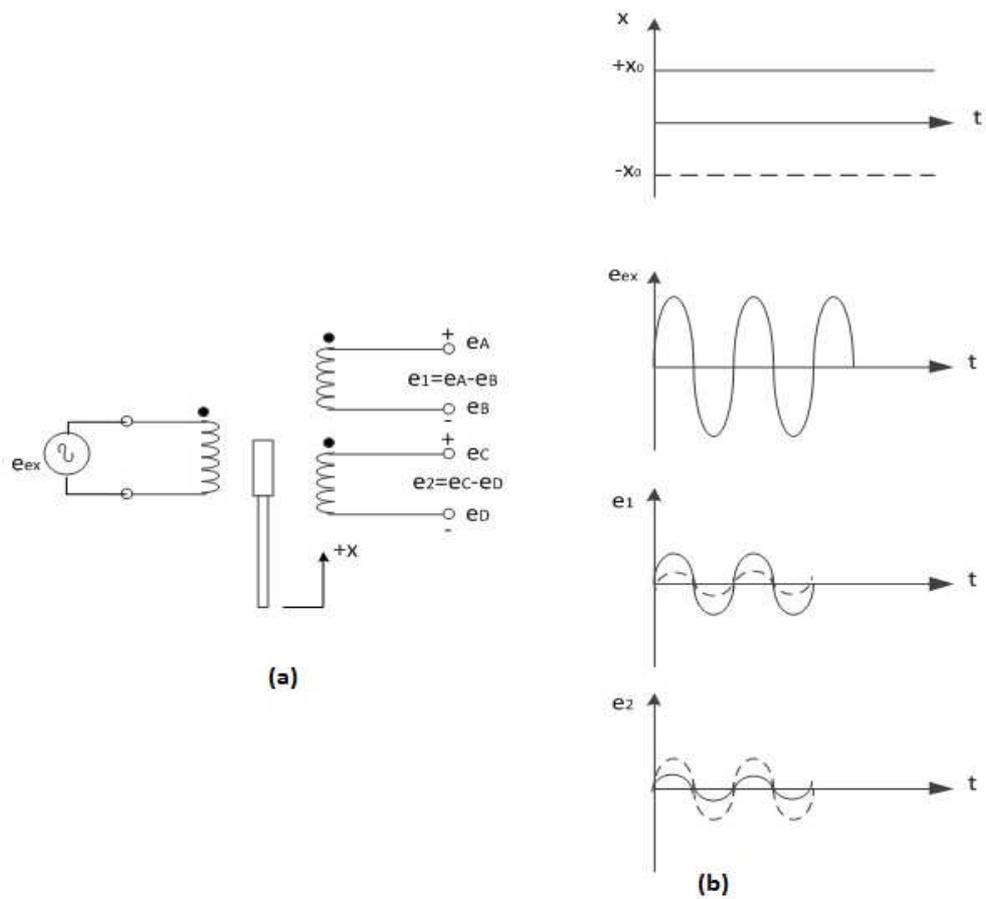


Figure I-5-LVDT schématique et réponse, (a) schématique, (b) réponse des deux déplacements positif et négatif.

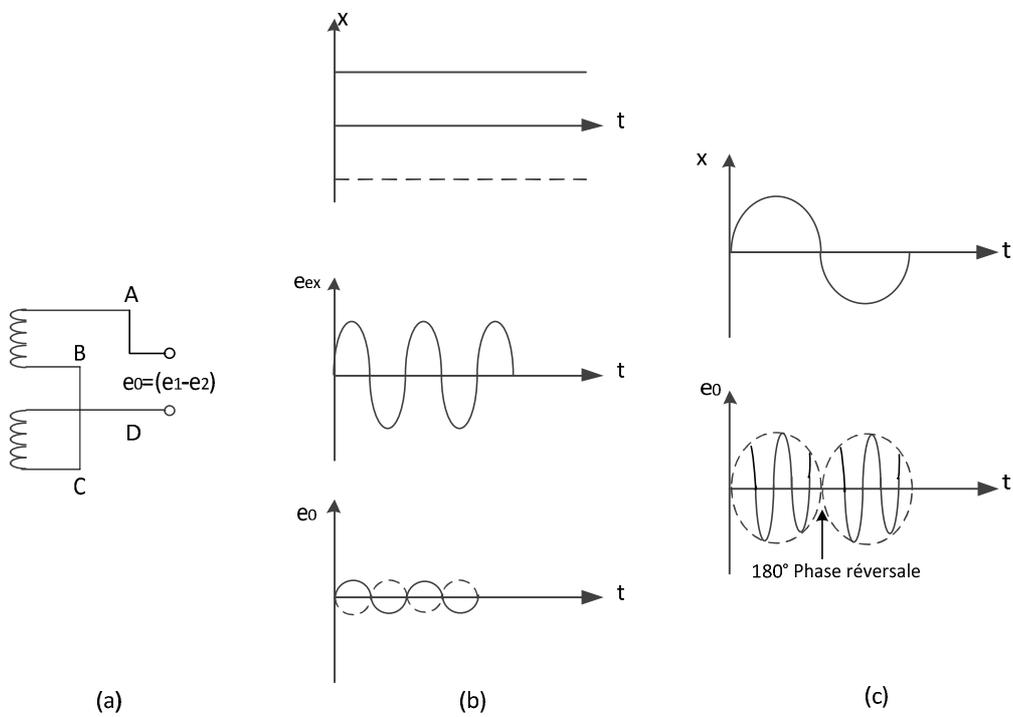


Figure I-6 LVDT opposition en série (soustraction) hook-up des secondaires : (a) opposition en série hook-up; (b) tension de réponse; (c) temps d'entrée et de réponse.

En référence à l'opposition en série hook-up comme indiqué dans **figureI-6a**, les tensions d'entrée et de sortie sont indiquées exactement en phase les unes avec les autres ou exactement  $180^\circ$  hors de phase, selon que le noyau est positivement ou négativement déplacé de sa position nulle. En pratique, il y'a une certaine différence de phase entre  $e_0$  et  $e_{ex}$  qui est fonction de la fréquence d'excitation. La tension de sortie du circuit hook-up d'opposition de séries peut être rapidement obtenue par écriture :

$$\begin{aligned} e_0 &= e_A - e_C = e_A - e_B + e_B - e_C \\ &= (e_A - e_B) - (e_C - e_D) \quad \text{(I.1)} \\ &= (e_1 - e_2) \quad \text{sachant que, } e_B = e_D \text{ (pôles négatives)} \end{aligned}$$

Dans tous les cas où un LVDT est utilisé pour mesurer un déplacement, l'excitation appliqué à la bobine primaire du transformateur est AC. Ce fait est mentionné ici pour protéger contre certains termes pouvant prêter à confusion sur l'industrie. Un "AC LVDT" ou un "AC-operated" LVDT doit être interprété comme l'ensemble de noyau et transformateur à trois bobines. Le "DC LVDT" ou "DC-operated" LVDT est un LVDT qui contient dans son cas toute l'électronique nécessaire pour générer une porteuse sinusoïdale à partir d'une entrée d'excitation DC et de démoduler les tensions de réponse. Un bloc d'alimentation DC est requis pour exécuter ces fonctions, et d'où le nom "DC-operated". Dans certains cas, un amplificateur opérationnel est également inclus dans l'électronique, de sorte que la sortie est de  $\pm 10$ volt.

L'un des plus avantageux attributs du LVDT est le fait que le noyau ne touche pas l'alésage interne du transformateur. Donc, les problèmes d'usure mécanique, la friction de chargement de la source de déplacement d'entrée et de bruit électrique créée par suite de frottement sont tous éliminés. La plupart des capteurs LVDT, sauf le désigné pour la tête de jauge, n'incluent pas de guide pour le noyau par rapport à l'axe du boîtier transformateur. (**Voir figureI-3**) cette tâche est effectuée soit en fournissant un système de roulement pour le noyau et/ou sa tige d'actionnement ou en fonction de la nature du système en cours de mouvement. Par exemple, il est nécessaire de mesurer la position longitudinale d'un piston dans un cylindre en système de contrôle électro-hydraulique.

Un LVDT est bien adapté à cette tâche parce que le mouvement latéral du noyau est limité par le mouvement latéral du piston par rapport au cylindre.

Un actionneur électro-hydraulique utilisé dans un avion, à des fins de redondance quatre (04) LVDTs sont employés pour mesurer le déplacement du piston.

Dans un sens, un LVDT est un dispositif de détection de déplacement sans contact mais le noyau doit être fixé à la partie du système à mesurer.

Cela peut être difficile si pas impossible, comme dans le cas de la mesure de la vibration transversale d'un arbre rotatif, si le noyau ne peut pas être fixé à l'élément mobile qui doit être détecté mais peut être en contact avec elle, une tête de jauge de LVDT peut être sélectionnée, ce type de LVDT, est similaire à un LVDT conventionnel sauf qu'il a deux (02) fonctions supplémentaires : un moyen de guider le long de l'axe central du transformateur et un mécanisme pour maintenir le contact entre la pointe et le système en mouvement. Dans certains cas, le frottement dans le roulement d'orientation de base du noyau provoque une légère erreur de répétabilité. Deux méthodes pour maintenir le contact entre la pointe et l'élément en mouvement sont actuellement en utilisation : un simple ressort hélicoïdal ou un actionnement pneumatique. La dernière méthode est seulement utilisée avec une tête de jauge LVDT ultra précise.

Le diamètre extérieur d'un transformateur LVDT est approximativement 1.9 cm et la longueur varie à partir de 4 cm  $\pm$  0.13cm à 50 cm  $\pm$  13 cm. Même des unités à plus longue portée sont disponibles, en raison du mode d'opération (sans frottement) du LVDT et ses bases sur le principe d'induction, définissent sa longévité infinie.

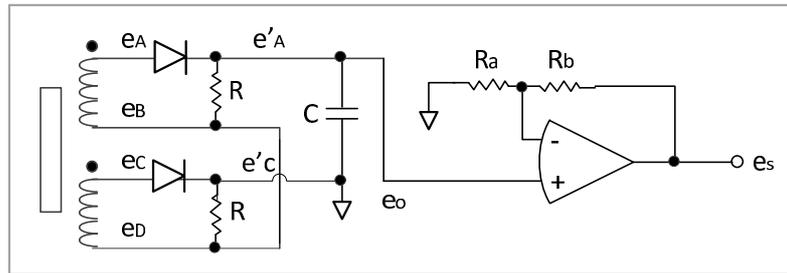
### III.2. CONDITIONNEUR DE SIGNAL

Nous avons vu que la sortie d'un LVDT peut être réduite à une seule tension en référence à la masse. Consiste en un signal porteur modulé en amplitude, **figure I-6c**.

Depuis l'enveloppe du signal de sortie qui contient des informations de la valeur instantanée de la position du noyau ainsi que l'effet négatif de la position du noyau, le système de la **figure I-6** n'est pas encore finalisé. Idéalement, nous pourrions bien avoir une sortie DC proportionnelle à  $x(t)$ . Extraction d'un tel signal de la porteuse modulée est appelé « démodulation » sortie LVDT. Souvent, les tâches de génération d'une sinusoïde de fréquence fixe pour exciter la bobine primaire et la démodulation LVDT, la conversion de deux tensions secondaires à un seul signal fin, le filtrage, et l'amplification de tension sont toutes effectuées par une seule unité appelée le conditionneur de signal.

Le circuit de démodulation LVDT est un simple dispositif de rectification et filtrage passe-bas. La **Figure I-7** montre un échantillon représentatif d'un circuit avec les bobines secondaires d'un LVDT et un étage d'amplification. Le principe de fonctionnement de ce circuit peut être compris en considérant à ses propres tensions. D'abord on suppose que le condensateur est temporairement déconnecté, sur le demi-cycle positif de  $(e_A - e_B)$  et  $(e_C - e_D)$ , les diodes

peuvent être remplacées par un court-circuit. Au cours de demi-cycle négatif, les diodes peuvent être en circuit-ouvert.



**Figure I-7** LVDT circuit démodulateur avec gain

Depuis, les boucles composées de la bobine secondaire, de la diode, et la résistance R sont équivalent à un circuit-ouvert, aucun courant ne peut circuler à travers la résistance R et donc les tensions ( $e'_A - e_B$ ) et ( $e'_C - e_D$ ) doivent être nulles au cours de demi-cycle négatif porteuse.

Ainsi, les formes d'ondes sont comme le montre la **figure I-8a**, parce que les deux bobines secondaires sont connectées en série d'opposition, donc nous avons :

$$\begin{aligned}
 e_o &= e'_A - e'_C \\
 &= e'_A - e_B + e_B - e'_C \\
 &= (e'_A - e_B) - (e'_C - e_D) \qquad (I.2)
 \end{aligned}$$

Donc, la tension de sortie est tout simplement la différence entre les deux tensions des demi-ondes secondaires, comme illustré à la **figure I-8**. Ajouter le condensateur a pour effet d'empêcher la tension de sortie  $e_o$  de tomber à zéro instantanément pendant le temps que ( $e'_A - e_B$ ) et ( $e'_C - e_D$ ) autrement être nulle. Ainsi, les réponses totale avec le condensateur de filtrage en place est comme illustrées à la **figure I-8b**.

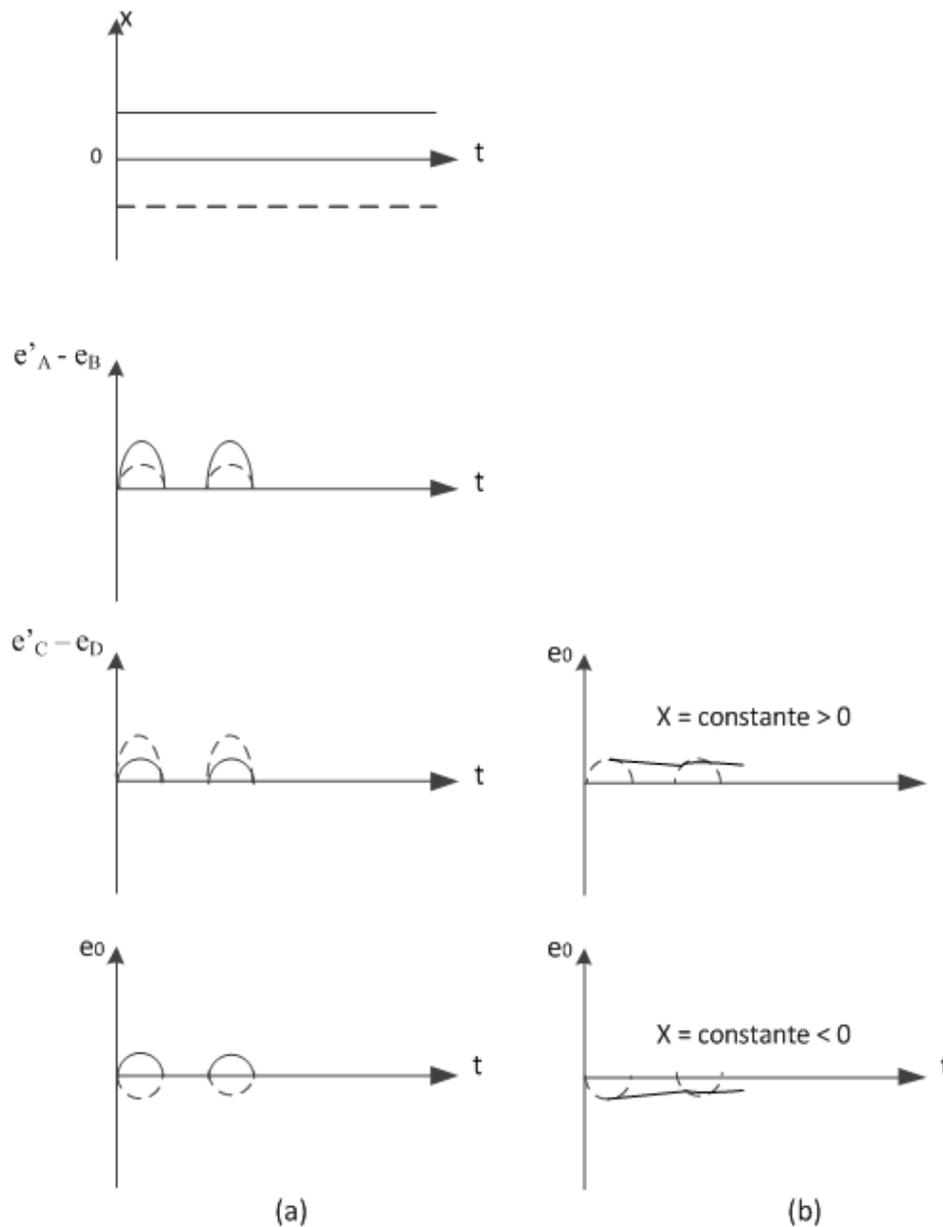


Figure I-8 Tensions démodulateur LVDT

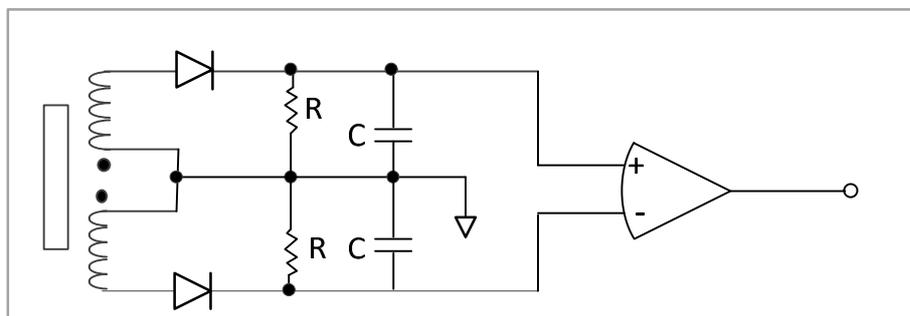


Figure I-9 Démodulateur LVDT différentiel à sortie unique

Lorsque les tensions ( $e'_A - e_B$ ) et ( $e'_C - e_D$ ) sont à la baisse de leurs valeurs de pic locale dans n'importe quel cycle de fréquence porteuse, le condensateur commence la décharge à travers les deux résistances en série  $R + R$ . par conséquent, la constante de temps de ce processus

de décharge est  $\tau = 2RC$ . La valeur de cette constante de temps est choisie pour réduire au minimum les décharges entre les pics successifs de la porteuse d'une part et de suivre l'enveloppe de modulation de l'onde porteuse d'un autre côté. La fréquence de modulation est la position d'entrée imposée sur le noyau. Supposant une fréquence porteuse de 10 KHz et un signal de fréquence 100 Hz. Ainsi le temps pour cycle de porteuse est  $10^{-4}$  secondes et le temps par cycle de signal est de  $10^{-2}$  secondes. Une constante de temps de décharge de  $\tau = 10^{-3}$  secondes se réunira à la fois deux objectifs, soit  $R = 5000 \Omega$  et  $C = 0,1 \mu F$ . Si la résistance est augmentée et la capacitance est diminuée à partir de ces valeurs, le circuit démodulateur aurait une plus grande impédance de sortie. Augmenter la capacitance et diminuer la résistance permettrait d'abaisser l'impédance de sortie mais exigerait une plus grande intensité de charge pour charger le condensateur et donc, créer une éventuelle erreur de chargement en raison de l'impédance de sortie des bobines secondaires transformateur.

Un deuxième circuit démodulateur conçu en interface avec un amplificateur différentiel est illustré à la **figure I-9**, ce circuit serait particulièrement utile si le bruit en mode commun était un problème. Encore d'autres circuits qui ont d'autres étages additionnels de filtrage sont en existence. En général ils sont tous basés sur le principe de rectification à diode et filtrage RC de demi-onde ou onde pleine, signal rectifié pour éliminer la fréquence porteuse. Cette exigence de filtrage est le facteur le plus important qui limite la performance de la repense en fréquence dynamique du système LVDT<sub>[3]</sub>.

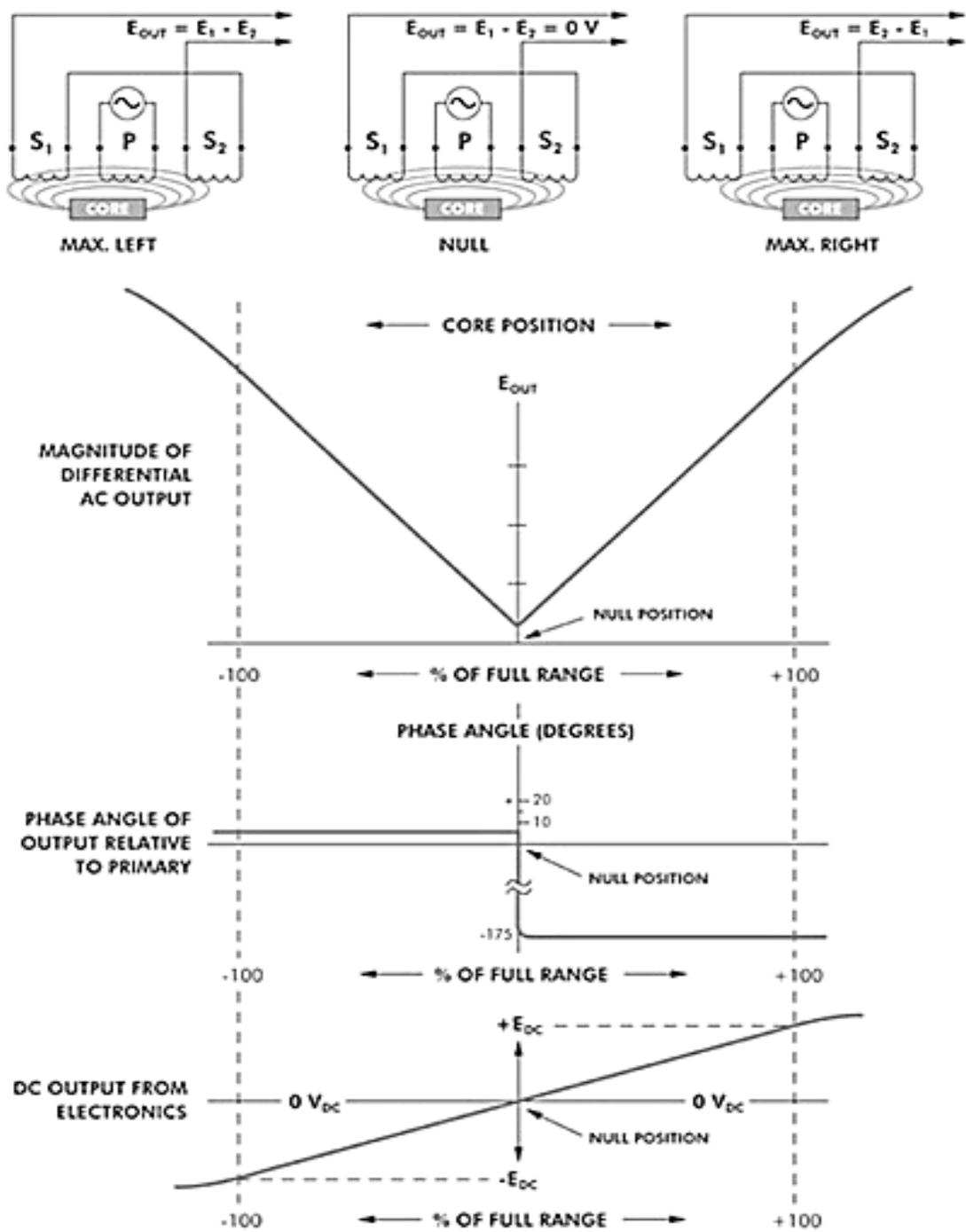


Figure I-10 LVDT opération [4]

#### IV. LE TRANSMETTEUR INTELLIGENT OU « SMART »

Le transmetteur intelligent ou « SMART » [2] est un transmetteur muni d'un module de communication et d'un microcontrôleur. Le module de communication permet :

- De régler le transmetteur à distance ;
- De brancher plusieurs transmetteurs sur la même ligne.

Le microcontrôleur permet :

- De convertir la mesure en une autre grandeur, appelée grandeur secondaire. Par exemple, il peut convertir une mesure de différence de pression en niveau.
- De corriger l'influence des grandeurs d'influence sur la mesure **figure 1-11**.

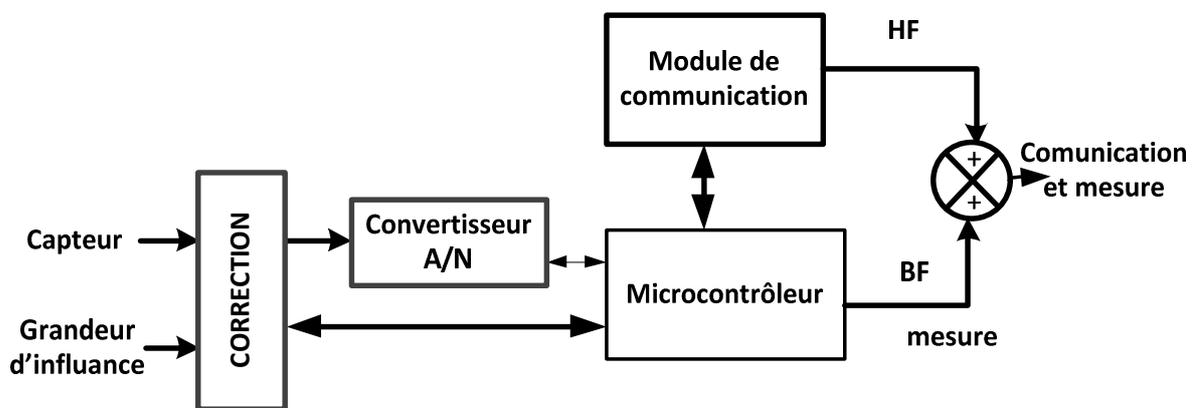


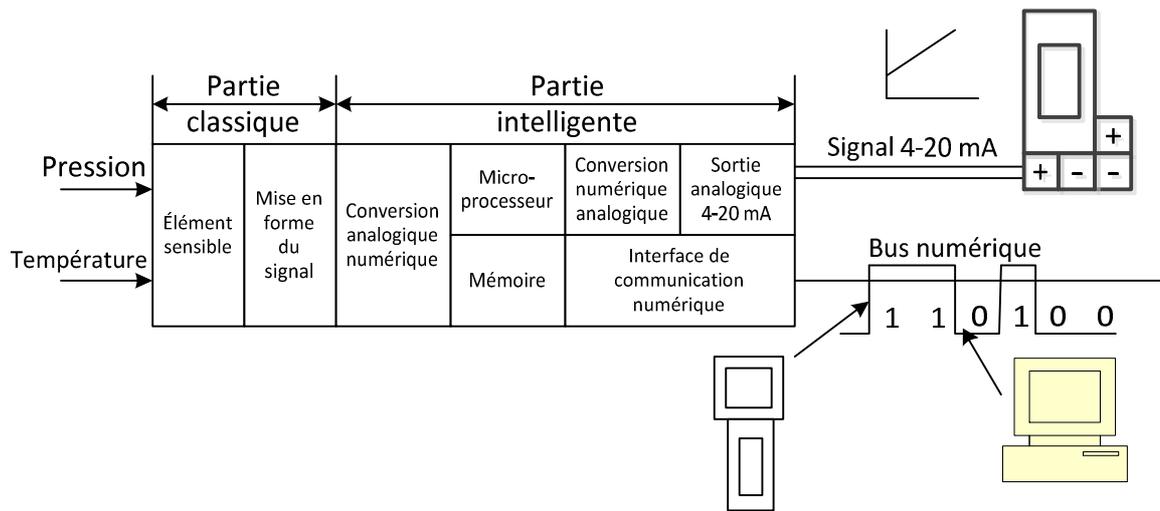
Figure I-11 Structure d'un transmetteur intelligent[2]

Un transmetteur « numérique » ou « smart » [1] comme le montre la **figure I-12** ci-après, est composé d'une partie capteur (cellule de traitement) et d'une partie transmetteur (électronique de traitement).

##### IV.1. CELLULE DE TRAITEMENT

Elle reste classique sur les principes de mesure suivants :

- capacitives
- inductives
- résistives
- piézo-résistives



**Figure I-12** Schéma de principe d'un transmetteur « SMART »<sup>[1]</sup>

#### IV.2. ELECTRONIQUE DE TRAITEMENT

Les constructeurs ont remplacé les éléments de traitement du signal (amplification) qui étaient composés d'amplificateurs opérationnels et d'éléments passifs (varistance, etc.) par un micro-processeur.

La mise en place de cet élément apporte les avantages suivants :

- ❖ **précision de mesure** : les cellules de mesures, bien que fabriquées en série par des machines-outils numériques, ont des caractéristiques métrologiques différentes. Ces dernières sont relevées par des séries de test en pression et températures dans une étuve. Les corrections à apporter à la mesure sont stockées dans la mémoire qui accompagne le microprocesseur (si vous remplacez la cellule, vous remplacez aussi la mémoire). Une mesure de température incluse dans cellule améliore ces corrections. Toutes ces corrections permettent de garantir une précision de 0.1%.
- ❖ **Rangéabilité** : la capacité de la mémoire permet de stocker beaucoup plus d'informations pour les corrections sur les étendues d'échelles. Ce qui porte les valeurs de rangéabilité de 30 à 100 suivant les constructeurs. Pour 4 à 6 avec l'ancienne électronique.

$$\text{Rangéabilité} = \frac{\text{échelle maximale réglable}}{\text{échelle minimale réglable}}$$

Cette rangéabilité permet de réduire le nombre d'appareils pour couvrir une grande gamme de mesures.

- ❖ **communication numérique** : puisque nous avons un microprocesseur qui dialogue avec ces périphériques en interne, pourquoi ne pas transmettre la mesure vers la salle de contrôle en numérique ?

Pour ce faire nous allons rencontrer trois (03) modèles d'interface de communication :

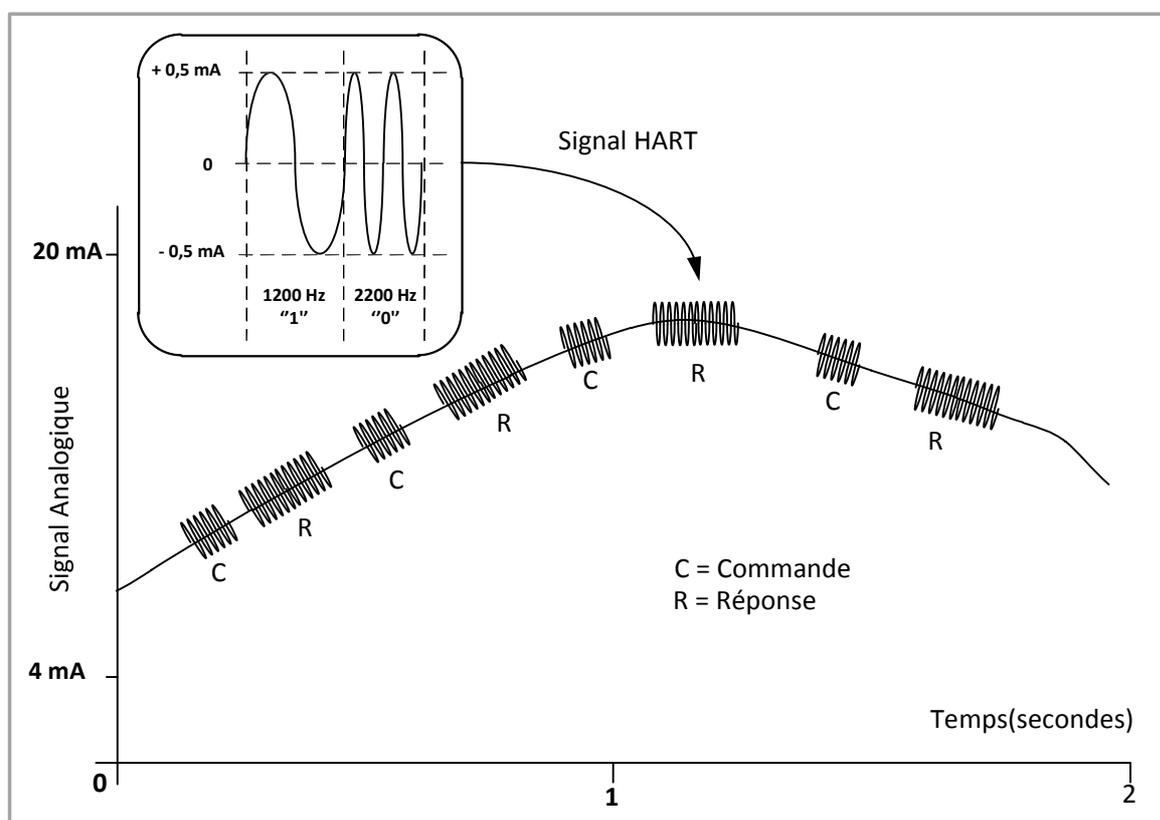
- Interface HART
- Interface PROFIBUS PA
- Interface FOUNDATION Fieldbus

## V. L'INTERFACE OU PROTOCOLE « HART » [1]

Dans les procédés industriels, le système HART (*Highway Adressable Remote Transducer*) développé en 1986 préfigure l'implémentation bus de terrain. Ce système est un protocole de communication qui superpose un signal numérique binaire au courant 4-20 mA.

Le signal numérique est composé de deux signaux sinusoïdaux de fréquences différentes : 2.2 kHz étant égal à 0 et 1.2 kHz à 1.

La communication numérique par modulation de fréquence (FSK), fournit des informations additionnelles transmises sur la même paire du signal 4-20 mA figure I-13.



**Figure I-13** Signal HART

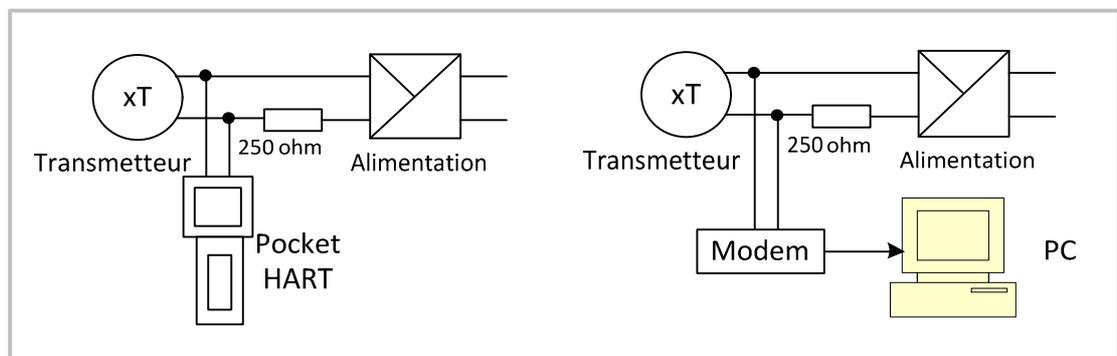
Sa particularité est d'utiliser une modulation de bas niveau superposée au signal de mesure dans la boucle de courant 4-20 mA, très utilisée pour de telles mesures. En raison de la faiblesse du signal HART et de sa composition en ondes sinusoïdales, sa valeur moyenne est nulle et n'affecte pas de manière significative la précision du signal analogique, qui peut donc être encore utilisé.

### V.1. PARAMETRAGE

Suivant les modèles de transmetteurs, on dispose de différentes possibilités de paramétrage, ainsi que de réglage et de contrôle.

- **Paramétrage par touches intégrées (Commande locale)** : les touches intégrées aux transmetteurs permettent un réglage aisé, sans autre auxiliaire, des principaux paramètres.
- **Paramétrage via communication HART** : dans le cas du paramétrage via communication HART, il s'effectue à l'aide d'une interface HART ou d'un PC.

Le Pocket HART se branche directement sur la ligne bifilaire, alors que le modem HART assure la liaison entre les deux éléments **figure I-14**.



**Figure I-14** Paramétrage HART

Aujourd'hui toutes les alimentations fournies par les constructeurs sont compatibles HART, c'est-à-dire que la résistance de 250  $\Omega$  est incluse dans l'alimentation. Mais si après le raccordement de notre Pocket sur le transmetteur, on n'arrive pas à communiquer, le premier réflexe sera de placer une résistance de 250  $\Omega$  suivant les schémas présentés dans **figure I-14**.

### V.2. INTERFACE DE COMMUNICATION

Il existe plusieurs modèles d'interface de communication HART.

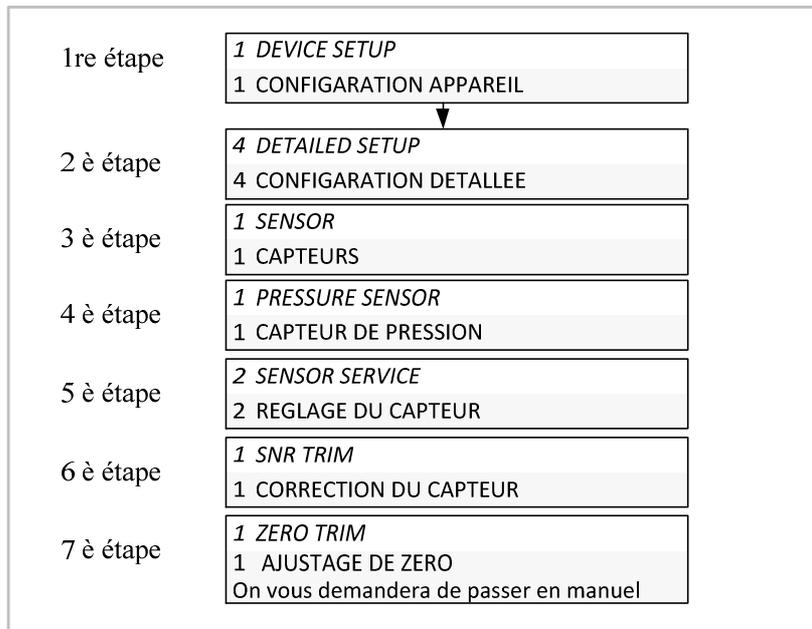
Dans ce chapitre, nous ne pouvons pas décrire tous les différents modèles des constructeurs, d'autant plus que l'apprentissage de l'utilisation de cet outil demande une longue formation. Nous ne citerons que les modèles 265 et 375 d'un constructeur qui fut à l'origine de la communication HART et que d'autres constructeurs utilisent.

Chaque type de transmetteurs (pression, débit, température, niveau, etc.) a sa propre arborescence, nous devons donc nous référer à la documentation de l'appareil. Sur les pages suivantes nous trouverons un exemple d'arborescence pour la communication avec un transmetteur de pression différentielle. Le menu sur l'écran de la calculette étant en anglais, nous avons joint la traduction en français.

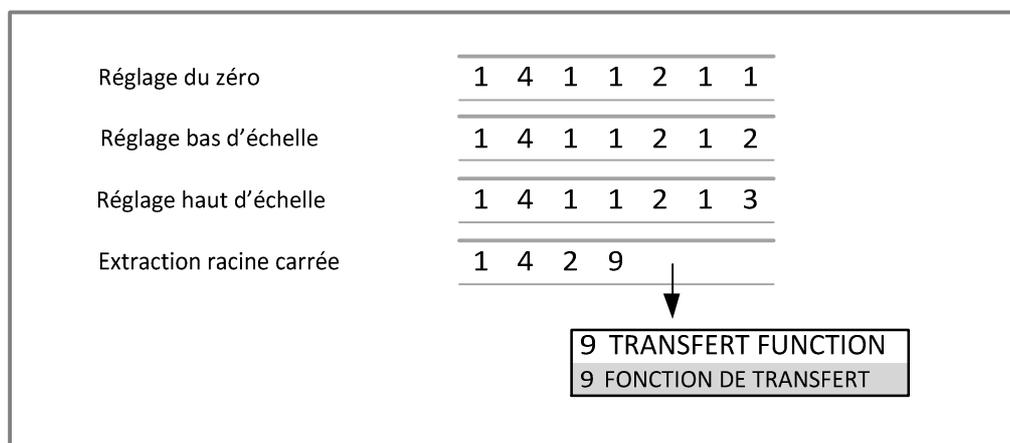
**V.3. EXEMPLE D’UTILISATION**

*Ajustage du zéro*

Cela reste un travail très demandé au régleur. Si l’on recherche dans l’arborescence on trouve cette fonction complètement à droite. Pour accéder à ce pavé, il faudra passer par les étapes intermédiaires suivantes **figure I-15**:



**Figure I-15** Ajustage de zéro



**Figure I-16** Accès rapides et directs

**V.4. BUS DE TERRAIN**

Les transmetteurs possédant une liaison numérique, l'idée a été de les placer sur un bus de liaison.

Les techniques réseaux permettent de transférer une information en effectuant les tâches suivantes :

- formater l'information,
- préciser l'adresse du destinataire,

- établir le chemin de transmission,
- établir la communication,
- vérifier la transmission,
- présenter l'information.

Principaux intérêts attendues des réseaux de terrains :

1. Réduction des couts : économie de câblage et de composants ;
2. Fonctions d'exploitation des transmetteurs « intelligents » :
  - Modification d'échelle,
  - Interrogation à distance (repère, numéro de série...),
  - Autotest,
  - Mise en œuvre simplifiée.
3. Interopérabilité. Capacité que possèdent les équipements d'un système automatisé de production à échanger des informations, pour coopérer dans une architecture répartie multi-applications. L'interopérabilité doit permettre de connecter sur un même bus des équipements de fournisseurs différents mais il faut aussi que les instruments soient capables de communiquer entre eux : il y a plusieurs niveaux d'interopérabilité[1].

Comme dans le reste de l'industrie, les capteurs analogiques laissent la place de plus en plus aux capteurs numériques. Dans un premier temps ceci c'est matérialisé par l'apparition des transmetteurs intelligents.

Aujourd'hui, on se rapproche de plus en plus d'une architecture en réseaux des capteurs ; le bus de terrain.

Il existe plusieurs standards industriels de bus de terrain, on citera : Profibus, Fieldbus, WoldFip. Leur objectif est le même, simplifier la mise en place des boucles de régulation. Pour cela, ils utilisent une liaison unique entre les différents intervenants de la boucle de régulation (capteurs, régulateurs, actionneurs), liaison qui sert à la fois au dialogue entre ces intervenants et à leur alimentation en énergie. Ainsi, l'ajout d'un intervenant dans une boucle complexe se résume en deux interventions :

- Le montage de l'intervenant sur le bus ;
- L'adaptation, par l'intermédiaire d'un logiciel, du fonctionnement de la régulation.

Malgré l'existence de passerelles, on ne peut qu'espérer une standardisation de ces différents bus, dans le but de simplifier la mise en œuvre de ces nouvelles technologies et d'en diminuer le cout[2].

## VI. LA BOUCLE DE REGULATION

### VI.1. GENERALITES [5]

La conduite d'une opération chimique ou physico-chimique implique la connaissance et la maîtrise de certains paramètres tels que la pression, la température, le débit, etc.

Nous sommes donc amenés à effectuer des "mesures" pour obtenir certaines connaissances indispensables avant d'entreprendre une quelconque action. Dans le domaine chimique, la limitation du champ sensoriel et les possibilités biologiques introduisent des bornes au contrôle direct par l'homme. Ce contrôle sera obtenu par l'intermédiaire d'appareillages spécifiques. Ce sont ces informations qui vont nous permettre de :

- a. quantifier
- b. comparer et vérifier,
- c. dupliquer, recopier, répéter

Ces informations peuvent être locales ou renvoyées en salle de contrôle, En salle de contrôle on peut accéder à ces informations sur :

- a. des indicateurs
- b. des enregistreurs
- c. des écrans des consoles sur différentes vues spécifiques :
  1. Synoptiques,
  2. groupes de travail
  3. vues de détail
  4. alarmes
  5. historiques

De façon analogue, les commandes nécessaires à la conduite du procédé s'effectuent soit sur le site, à proximité de l'appareillage, soit à partir de la salle de contrôle-commande, en manuel ou de façon automatique, programmé sur des ordinateurs (régulation numérique).

L'objectif global de la régulation peut se résumer par ces trois mots clefs :

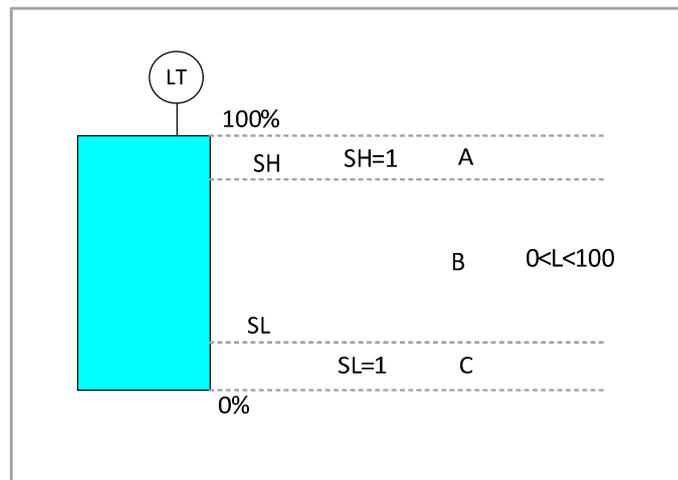
- a. mesurer ;
- b. comparer ;
- c. corriger.

Cependant, chaque procédé possède ses exigences propres, chaque appareil possède ses propres conditions de fonctionnement. Il est donc indispensable que la régulation soit conçue pour satisfaire aux besoins particuliers liés à la sécurité, aux impératifs de production et aux matériels.

La régulation est l'action de régler automatiquement une grandeur de telle sorte que celle-ci garde constamment sa valeur ou reste proche de la valeur désirée, quelles que soient les perturbations qui peuvent subvenir.

**Grandeurs Logiques** : ces grandeurs ne peuvent prendre que deux valeurs notées 0 ou 1, On utilise généralement une logique dite «positive » : 0 : Pas d'action 1 : action

**Grandeurs Analogiques** : Ces grandeurs varient de façon continue (entre deux limites)



**Figure I-17** Exemple Niveau d'un réservoir

Grandeurs logiques :

Zone A : SH = 1 SL = 0

Zone B : SH = 0 SL = 0

Zone C : SH = 0 SL = 1

Les seuils haut SH et bas SL permettent de définir des niveaux logiques à partir de la valeur analogique du niveau. Le niveau peut varier de façon continue de 0 à 100%. C'est une grandeur analogique.

## VI.2. REGULATION

La plupart des systèmes comportent une réaction naturelle qui s'oppose à l'action et conduit à un nouvel état d'équilibre. Cet état n'est que rarement satisfaisant. On est donc amené à concevoir des ensembles dans lesquels la grandeur désirée s'aligne rigoureusement sur une grandeur de consigne. On y parvient en appliquant une rétroaction. On parle de *régulation* quand la grandeur réglée s'aligne avec une grandeur de consigne constante, il s'agit d'*asservissement* lorsque la grandeur réglée suit une grandeur de référence variable.

## VI.3. ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UNE BOUCLE DE REGULATION

Une boucle de régulation doit comporter au minimum les éléments suivants :

- un capteur de mesure ;

- un transmetteur souvent intégré au capteur ;
- un régulateur ;
- un actionneur.

Elle est souvent complétée par :

- un enregistreur ;
- des convertisseurs ;
- des sécurités.

Le régulateur reçoit deux informations :

- Le signal de mesure (**M ou PV**) provenant du capteur,
- la consigne (**C ou SP**) (qui peut être locale ou externe)

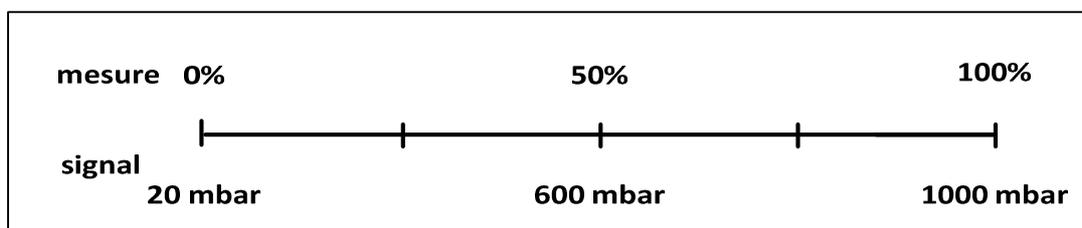
En fonction de l'écart entre ces deux valeurs et de l'algorithme de calcul pour lequel il a été configuré, il délivre un signal de sortie (**S ou OUT**) dirigé vers l'actionneur afin d'annuler cet écart et de ramener la mesure vers la valeur de consigne.

*Le régulateur est le "cerveau" de la boucle de régulation.*

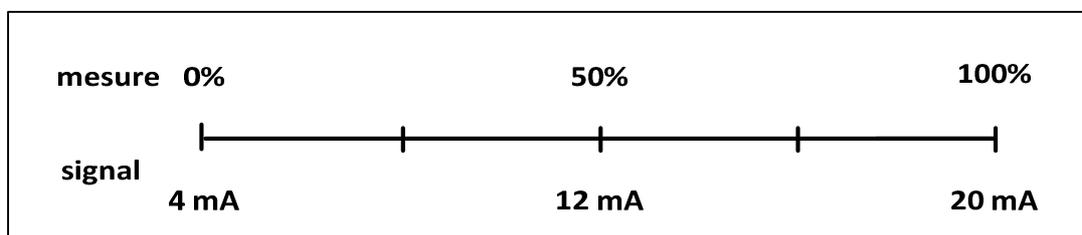
#### VI.4. TRANSMISSION<sup>[1]</sup>

Le signal de sortie peut avoir des formes très différentes, entre autres :

##### 1. Une pression d'air modulée



##### 2. Un courant électrique



D'autres standards ont été utilisés : 1-5 mA, 10-50 mA, 0-5 mA, 0-20 mA, 0-50 mA.

3. *Des signaux en tension* utilisés avec des indicateurs numériques par exemple : 0 à 2V pour 2000 points.
4. *Les signaux numériques* (on dit aussi sorties digitales) sont relativement nouveaux mais le fait qu'ils soient très commodes d'emploi les destines à supplanter toutes les autres formes de transmission.

La transmission par pression d'air modulé (transmission pneumatique) a provoqué le développement d'instruments mécaniques dont l'entretien demande un savoir-faire particulier. Les appellations « régleur en instrumentation » ou « instrumentiste régleur » ont pour origine ce savoir-faire, c'est pourquoi il est intéressant et souvent nécessaire, de prendre d'abord connaissance de la technologie des instruments pneumatiques.

## VII. LA BOUCLE D'INSTRUMENTATION 4-20 mA

### VII.1. PRESENTATION DE LA BOUCLE DE COURANT 4-20 mA[4]

Inventée vers 1930, par un ingénieur du groupe ESSO (S.O. = Standard Oil of New Jersey) aux Etats-Unis, ce procédé est destiné à transmettre un signal analogique à quelques dizaines ou centaines de mètres. Il repose sur le constat que le long d'un câble, aussi long soit-il, le courant continu qui le traverse est constant. Par contre la différence de potentiel en raison de la chute de tension dans le câble va évoluer en fonction de la distance de la source et décroître avec l'augmentation de cette distance. Il était donc exclu de transmettre de façon fiable une faible ddp générée par un capteur en tant que telle. Cependant, si l'on sait transformer le générateur de tension équivalent à un capteur en générateur de courant, le problème est alors différent.

Dans les années 30 les balbutiements de l'électronique à tubes dans lesquels les courants étaient de l'ordre 2 ou 3 dizaines de mA ont induit ce concept dit **4-20mA**.

L'idée est de réaliser un dispositif, capteur + circuit associé, dont la consommation en mA sera proportionnelle à la tension que l'on devrait mesurer aux bornes du capteur et de faire en sorte que celle-ci se situe dans la plage 4-20mA, ces limites correspondant alors aux limites d'utilisation du capteur. On aurait pu choisir 0-20mA mais ceci peut être problématique en cas de dérive qui décale le courant vers les valeurs négatives, la plage 0-4mA constitue donc une marge de sécurité.

De plus, le fait de retenir la plage 4-20mA permet de détecter un défaut dans la boucle si le courant devient nul.

## VII.2. BUT DE LA BOUCLE

La boucle de courant 4-20mA est un moyen de transmission permettant de transmettre un signal analogique sur une grande distance sans perte ou modification de ce signal.

## VII.3. POURQUOI LA BOUCLE 4-20mA ?

On a toujours eu un besoin de transmettre un signal analogique depuis le premier capteur analogique.

Au début les ingénieurs ont eu de grandes difficultés à trouver un signal électrique qui pouvait être transmis sur des fils sans introduire des erreurs. L'utilisation d'une simple variation de tension n'était pas assez fiable, car un changement dans la longueur et la résistance des fils avait pour conséquence de modifier la valeur mesurée.

Deux solutions ont été proposées : une par transmission d'impulsion PDM (Pulse Duration Modulation) et l'autre par variation proportionnelle d'une fréquence selon la valeur analogique. Mais ces deux solutions coûtaient cher et étaient difficiles à mettre en œuvre.

Lorsque la boucle 4-20mA est arrivée, elle est rapidement devenue le standard car elle a pu être très précise et ne pas être affectée par la résistance des fils et par les variations de la tension d'alimentation.

## VII.4. COMMENT EST REALISEE LA BOUCLE 4-20mA ?

Pour réaliser la boucle 4-20mA, il faut au moins 4 éléments : l'émetteur, l'alimentation de la boucle, les fils de la boucle et le récepteur. Ces 4 éléments sont connectés ensemble pour former une boucle.

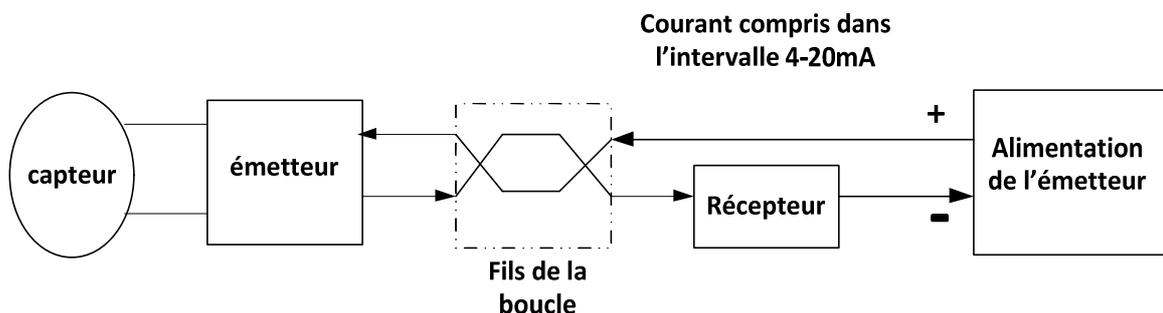


Figure I-18 - Boucle 4-20mA constitution<sup>[4]</sup>

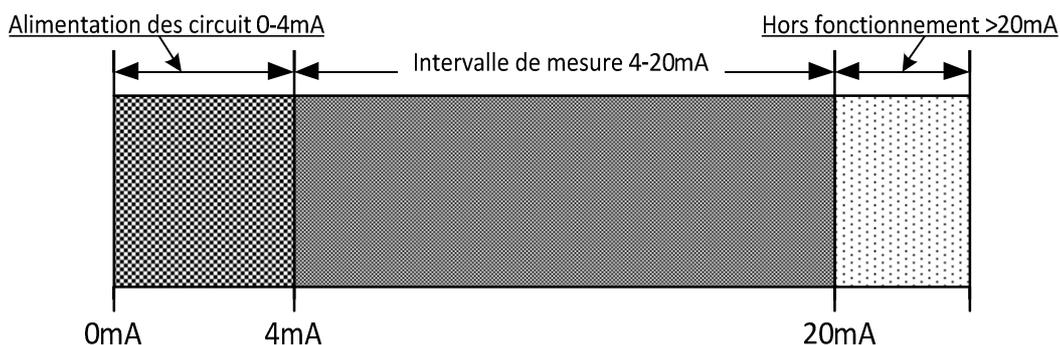
### a) L'émetteur :

L'émetteur est composé d'un capteur qui va mesurer les grandeurs physiques comme la température, la pression... et d'un émetteur de courant 4-20mA. L'émetteur convertit la valeur mesurée par le capteur en un courant compris dans l'intervalle 4-20mA. On a un courant de 4 mA pour la première valeur de l'échelle de mesure du capteur et 20mA pour la

dernière mesure du capteur (exemple: si on a un capteur qui doit mesurer une température de  $-40^{\circ}\text{C}$  à  $50^{\circ}\text{C}$ ,  $4\text{mA}$  correspondra à  $-40^{\circ}\text{C}$  et  $20\text{mA}$  à  $50^{\circ}\text{C}$ ). Si on lit  $0\text{mA}$  la boucle ne fonctionne plus ou il y a une erreur dans la boucle.

b) **L'alimentation :**

L'émetteur doit être alimenté pour fonctionner, ceci est réalisé à l'aide des deux fils de la boucle. Le courant de  $0$  à  $4\text{mA}$  de la boucle sert pour l'alimentation du circuit émetteur (L'émetteur doit donc consommer moins de  $4\text{mA}$ ). La plupart des émetteurs sont alimentés en  $24\text{V}$  mais certains de bonne qualité n'ont besoin que de  $12\text{V}$ .



**Figure 1-19** Alimentation boucle<sup>[4]</sup>

c) **Les fils de la boucle :**

Deux fils relient tous les composants ensemble. Il y a quatre conditions pour le choix de ces fils :

Il faut qu'ils aient une très faible résistance, une bonne protection contre la foudre, ne pas subir d'impulsion de tension induite par un moteur électrique ou un relais et avoir également une seule mise à la masse, plusieurs masses rendrait la boucle inopérante car une petite fuite de courant de masse dans la boucle risquerait d'affecter l'exactitude de la boucle.

d) **Le récepteur :**

On a toujours au moins un récepteur dans la boucle. Il peut être un afficheur digital, un table d'enregistrement, un déclencheur de vanne...

Ils ont tous une chose en commun, une résistance.

Il peut y avoir plus d'un récepteur dans la boucle tant qu'il y a assez de tension pour alimenter la boucle, on peut insérer autant de récepteur que l'on veut.

Si l'on prend par exemple une résistance d'entrée de  $250\text{ohms}$  pour un récepteur, on perdra  $5\text{V}$  à cause de la tension aux bornes de la résistance pour un courant de  $20\text{mA}$ . De même un courant de  $4\text{mA}$  causera une perte de tension de  $1\text{V}$ .

Si l'on prend trois récepteurs avec une résistance d'entrée égale à 250 ohms, on aura une perte totale de tension maximale de  $3 \times 5 = 15V$  pour un courant de boucle de 20 mA. L'alimentation de la boucle devra avoir ces 15V en plus de celle nécessaire pour le fonctionnement de l'émetteur et des pertes (négligeables) dues à la résistance du fil

## VIII. LE CHOIX D'UN TRANSMETTEUR

### VIII.1. ETENDUE DE MESURE

Il faut tenir compte à la fois de la plage de mesure et de la valeur maximale de la grandeur mesurée. Le transmetteur doit être capable d'offrir une mesure correcte dans la totalité de l'étendue de mesure, ainsi que d'offrir une résistance à la valeur maximale de la grandeur mesurée.

### VIII.2. TEMPERATURES

Il faut tenir compte à la fois de la température maximale du procédé et de la température ambiante. Souvent, la température du procédé va dépasser les limites de l'élément détecteur. En effet, l'élément détecteur de la plupart des transmetteurs électroniques ne va pas fonctionner convenablement lorsque les températures dépassent les 107°C. Ceci impose d'utiliser les accessoires de montage appropriés (longueurs suffisantes des prises d'impulsion, serpentins,...) afin de ramener la température du fluide procédé à des limites acceptables par la cellule du transmetteur. L'exposition des électroniques à des températures ambiantes élevées a pour effet de nuire à la longévité des composants. La plupart des électroniques à semi-conducteurs ne peuvent pas aller au-delà d'une température de service de 93°C et il existe un grand nombre de composants dont la température maximale de fonctionnement correct est de 85°C.

Les hautes températures tendent à provoquer des défaillances électroniques. Là encore, il est recommandé de veiller au meilleur refroidissement possible du module électronique. On peut également envisager un système de protection hivernale de l'électronique, que ce soit par un réchauffage vapeur, électrique ou par des boîtiers thermostatés.

### VIII.3. ENVIRONNEMENT

Le transmetteur doit être en mesure de fonctionner dans des environnements où règne un taux d'humidité relative de (0 à 100%). Le fluide du procédé et le milieu ambiant doivent être pris en compte au titre de leur éventuel caractère corrosif. Par exemple, les transmetteurs utilisés sur les plates-formes d'exploitation pétrolière offshore sont soumis à l'action corrosive de l'eau de mer. Autre exemple : un transmetteur monté sur un circuit de vapeur ou d'eau de refroidissement au voisinage d'acides ou de bases qui tendent

à s'évaporer dans l'atmosphère. Les applications ci-dessus ont un fluide de procédé non corrosif, mais opèrent dans un milieu ambiant hautement corrosif.

#### VIII.4. ZONES DANGEREUSES

Les normes nationales des Etats membres de la Communauté Economique Européenne (CEE) sont depuis 1978 les normes unifiées éditées par le CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique). Les règles de construction et d'épreuves des matériels électriques sont contenues dans les normes Européennes (CENELEC) suivantes :

- EN 50.014 - Règles générales
- EN 50.015 - Immersion dans l'huile (symbole EEx.o)
- EN 50.016 - Surpression interne (symbole EEx.p)
- EN 50.017 - Remplissage pulvérulent (symbole EEx.q)
- EN 50.018 - Enveloppe antidéflagrante (symbole EEx.d)
- EN 50.019 - Sécurité augmentée (symbole EEx.e)
- EN 50.020 - Sécurité intrinsèque (symbole EEx.i)

La réglementation internationale CEI distingue les catégories suivantes de zone dangereuses :

- **La zone 0** : Zone dans laquelle un mélange explosif de gaz, de vapeur ou de poussière est présent en permanence.
- **La zone 1** : Zone dans laquelle un mélange explosif de gaz, de vapeur ou de poussière est susceptible de se former en service normal de l'installation.
- **La zone 2** : Zone dans laquelle un mélange explosif de gaz, de vapeur ou de poussière ne peut apparaître qu'en cas de fonctionnement anormal de l'installation (fuites ou négligences d'utilisation).

#### VIII.5. BOITIER ANTIDÉFLAGRANT

L'expression boîtier antidéflagrant désigne un boîtier pour appareillage électrique qui est capable de résister sans dommage à une explosion d'un gaz ou d'une vapeur susceptible de se produire à l'intérieur du boîtier.

Suite à l'explosion du gaz ou de la vapeur à l'intérieur du boîtier, celui-ci ne doit pas générer à l'extérieur du boîtier des étincelles ou des flammes susceptibles d'enflammer le gaz ou la vapeur présente autour du boîtier. Pour rendre un système antidéflagrant, le boîtier doit être capable de résister à une explosion et le système doit être installé conformément au code national de l'électricité pour les zones dangereuses.

### VIII.6. EQUIPEMENTS EN SECURITE INTRINSEQUE

Les équipements et câblages en sécurité intrinsèque sont incapables de libérer une énergie électrique suffisante, dans des conditions normales ou anormales, pour susciter l'inflammation d'un mélange atmosphérique dangereux spécifique. Par conditions anormales, on entend notamment les dommages accidentels à toute partie de l'équipement ou du câblage, de l'isolant, ou toute panne de composants électriques, application d'une surtension, opérations de réglage et d'entretien et autres conditions similaires[2].

## IX. FONCTIONS, SYMBOLISATION, SCHEMA

### IX.1. FONCTIONS

Le capteur peut être associé avec plusieurs fonctions :

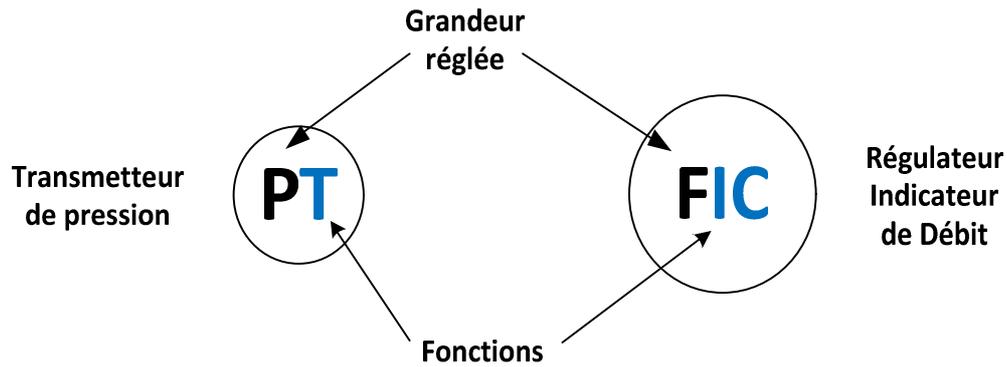
- La fonction indicateur local,
- La fonction indicateur à distance,
- La fonction transmetteur.

### IX.2. SYMBOLISATION

La norme NF E 04-203 définit la représentation symbolique des régulations, mesures et automatismes des processus industriels. Les instruments utilisés sont représentés par des cercles entourant des lettres définissant la grandeur physique réglée et leur (s) fonction (s). La première lettre définit la grandeur physique réglée, les suivantes la fonction des instruments (**tableau I-3 et figure I-20**).

Première lettre		Les suivantes	
Grandeur réglée	Lettre	Fonction	Lettre
Pression	<b>P</b>	Indicateur	<b>I</b>
Température	<b>T</b>	Transmetteur	<b>T</b>
Niveau	<b>L</b>	Enregistreur	<b>R</b>
Débit	<b>F</b>	Régulateur (Controller)	<b>C</b>
Analyse	<b>A</b>	Capteur	<b>E</b>

*Tableau I-3* – Lettres pour le schéma



*Figure I-20* – Schéma Représentation de l'instrumentation

### IX.3. OPERATIONS MATHÉMATIQUES

Dans certain cas, la mesure du capteur sera corrigée pour compenser les effets des grandeurs d'influence. On sera amené alors à représenter sur le schéma ces différentes opérations. Le schéma **figure I-20** représente une mesure de débit avec compensation de température et de pression[2].

## X. CONCLUSION

Ce chapitre est consacré purement à une étude théorique détaillée de chaque élément technique utilisé de près ou de loin dans notre modeste projet afin d'éviter aux lecteurs d'éventuels questionnements basiques concernant ces termes techniques utilisés ou entendus fréquemment dans l'industrie pétrolière ou autre.

Ce chapitre représente une introduction de base indispensable pour aider les lecteurs à pouvoir suivre aisément les autres chapitres suivants et principalement le dernier qui traite de près un ensemble de composants et instruments utilisés dans une boucle de régulation moderne et bien sûr conforme aux normes et standards internationaux en vigueur afin d'assurer les bonnes conditions de sécurité et de performance pour les personnes et les installations.

Ces multiples instruments capteur, transmetteur, flotteur, afficheur, relais de seuil, à l'instar du transmetteur HART nécessitent des actions et des opérations répétitives telles que le calibrage, le test et l'entretien pour arriver à une meilleure et optimale exploitation, pour cela le recours à un savoir et un savoir-faire est une nécessité accrue pour maîtriser ce système multidisciplinaire complexe.

Ce chapitre décrit en détail les étapes qui constituent une chaîne de régulation :

- Mesurer une grandeur physique pour obtenir des informations sur l'état d'un procédé ;
- Transférer et traiter l'information ;
- Contrôler vannes ou actionneur pour agir sur le procédé et modifier son état ;
- Comparer la valeur de la grandeur mesurée à la valeur souhaitée.

A l'occurrence de beaucoup d'entreprises pétrolières SONATRACH porte une immense importance à la sécurité *organisationnelle* et *fonctionnelle* par la dépense des sommes colossales dans le domaine d'information, de formation continue du personnel et des installations de sécurité.

Pour cela des équipes multidisciplinaires est toujours disponible pour des études approfondies des dangers et risque liés aux installations des hydrocarbures pour l'application des orientations techniques exigées par les normes en vigueur pour les nouvelles réalisations et la mise à niveau des anciennes entités pour se conformer aux niveaux de sécurité intégré (SIL) pour chaque procédé.

Ce qui va être développé dans le prochain chapitre.

# Chapitre II

## LES SYSTEMES DE SECURITE

- I. INTRODUCTION
- II. LES SYSTEMES DE SECURITE
- III. SIL : NIVEAUD'INTEGRITE DE SECURITE
- IV. SIS : SYSTEME INSTRUMENTE DE SECURITE
- V. ETUDE DE CAS
- VI. CONCLUSION

*«L'homme qui insiste en voyant avec une parfaite clarté avant de décider, ne décidera jamais »*

*H. F. AMIEL*

## I. INTRODUCTION

Le domaine d'industrie dans le monde a été marqué par des événements historiques à effets catastrophiques pour l'humanité et l'environnement [18]:

- a) 1966 à Feyzin (France), l'explosion successive de deux sphères de stockage propanes avec 18 morts et des dizaines de blessés.
- b) 1976 à Seveso (Italie), quatre communes touchées par dissipation d'un nuage toxique contenant de la dioxine, pas de morts dans l'immédiat et près de 37000 personnes touchées.
- c) 1984 à Mexico (Mexique), l'explosion d'une citerne de GPL a fait 574 mort et plus de 7000 blessés.
- d) 1984 à Bhopal (Inde), l'explosion de 40 tonnes de gaz toxique (isocyanate de méthyle) avec 8000 morts dans la première nuit et entre 16000 et 30000 victimes.
- e) 1987 à Lyon (France), incendie au port d'Edouard Herriot avec 2 morts et 15 blessés.
- f) 1992 la Mède (France), explosion d'une canalisation dans la raffinerie TOTAL a fait 6 morts.
- g) 2001 Toulouse (France), l'explosion de l'usine d'engrais AZF fait 30 morts, 3000 blessés, destruction d'infrastructures et logements.

Donc, suite à ces événements terribles de SEVESO jusqu'à AZF, des directives de sécurité, des lois et des normes ont été créés comme suit :

- 1982 la directive européenne SEVESO, remplacée par SEVESO II en 1996.
- Politique européenne commune en matière de prévention des risques industriels majeurs.
- 30 juillet 2003 « loi des risques » suite à l'accident d'AZF.
- 13 août 2004, loi de modernisation de la sécurité civile.

## II. LES SYSTEMES DE SECURITE

Les systèmes automatisés d'industrie est gérée par un ensemble de système de contrôle globale qui inclus d'autres sous systèmes de gestion, de communication (bus de terrain), de surveillance (feu et gaz), de contrôle (PLC), et de sécurité d'où notre domaine d'intention.

### II.1. DIRECTIVES DE SURETE

La directive **SEVESO II** [18] a pour but de prévention des accidents majeurs sur les sites industriels et impose la mise en place de :

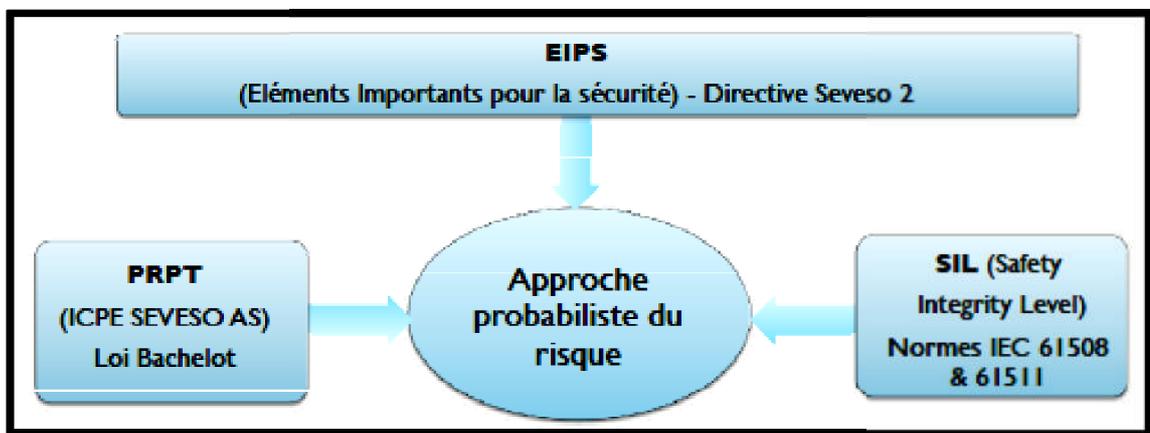
- a) Dispositifs de maîtrise des risques par les gouvernements,
- b) Systèmes de protection des biens, des personnes et de l'environnement pour les sites industriels classés dangereux.

c) Plans de gestion de la sécurité incluant plans d'urgence, d'aménagement du territoire et d'inspection.

La directive n'est pas prescriptive sur le plan technique mais organisationnel. C'est donc aux industriels de fixer leur cadre normatif pour le choix des solutions techniques.

## II.2. LA SÉCURITÉ FONCTIONNELLE

Les directives telles que **SEVESOII**, imposent la maîtrise de la *sécurité* des installations ou machines, le bon *fonctionnement* et la *maîtrise* des dérives, la sécurité des installations se distingue par deux types de sécurité, la *Sécurité globale* qui se définit par l'absence de risque inacceptable d'un site. et la *Sécurité fonctionnelle* qui est définie par un sous ensemble de la sécurité globale qui dépend du bon fonctionnement d'un système ou d'un équipement en réponse à ses entrées.



*Figure II-1* Sécurité fonctionnelle - partie de maîtrise d'un risque-

### II.2.1. FONCTIONS DE SECURITE ET IMPLEMENTATION

Dès la conception d'un système industriel, la nécessité de la sécurité fonctionnelle est déterminée après l'identification des risques significatifs.

Dans le cas échéant, les fonctions de sécurité nécessaires sont définies ainsi que les systèmes qui devront les assurer. La définition de la sécurité *fonctionnelle* fait apparaître deux types d'exigences :

- Exigences des fonctions de sécurité,
- Exigences *d'intégrité* de la sécurité c.-à-d. la probabilité que la fonction de sécurité soit réalisée correctement.

Les exigences des *fonctions de sécurité* sont dérivées de *l'analyse de risque* (plus générale) et les exigences *d'intégrité de la sécurité* sont dérivées de *l'évaluation des risques*.

Les fonctions de sécurité nécessitent de plus en plus l'utilisation de systèmes *électriques, électroniques et électroniques programmables (E/E/EP)*. Ces systèmes tendent à se

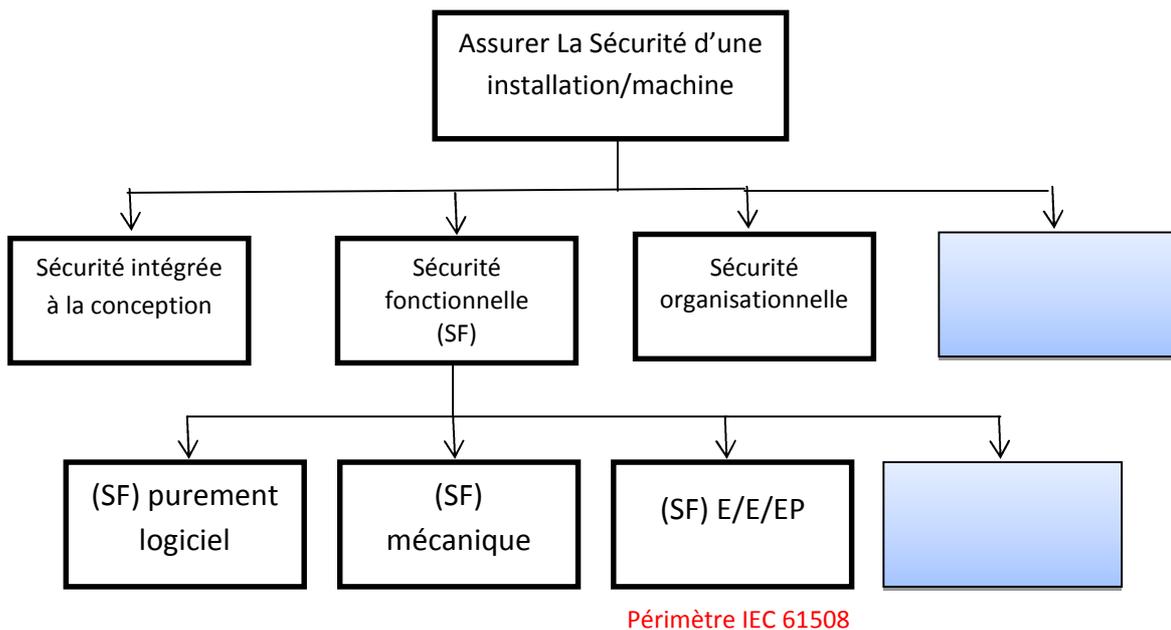
complexifier, il devient difficile de prédire tous leurs modes de défaillance et de tester leur comportement global, leur conception doit donc être au mieux maîtrisée. Des référentiels normatifs sont donc créés à cet effet.

**L'IEC 61508**: Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité.

### II.2.2. LA NORME IEC 61508 [20]

La norme **IEC 61508** répond au besoin de *gérer techniquement la sécurité* des systèmes de protection par intérêts en présence des :

- Institutions représentant l'intérêt des citoyens,
- Constructeurs de composants pour systèmes de sécurité,
- Intégrateurs de systèmes de sécurité et les prestataires de services,
- Utilisateurs finaux, propriétaires et exploitants des installations ou machines dangereuses,
- Organismes tiers de contrôle et certification.



**Figure II-2** Systèmes ciblés de L'IEC 61508

### II.2.3. SECURITE DES SYSTEMES E/E/PE[20]

Pour les E/E/PE les pannes dangereuses peuvent provenir de :

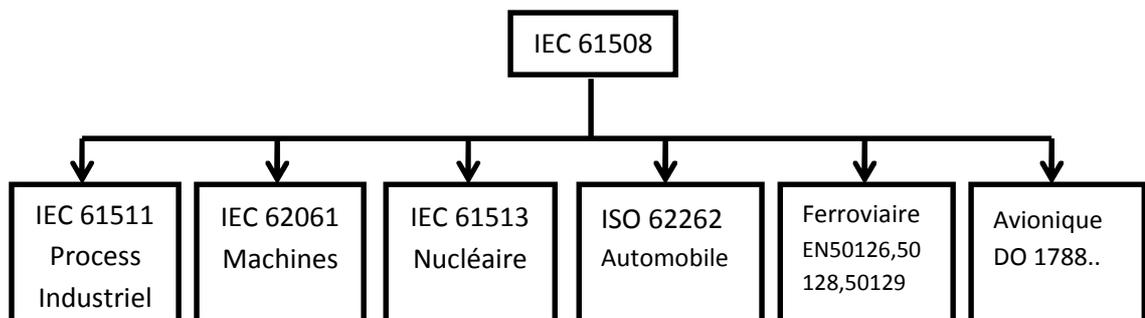
1. Spécifications du système incorrectes, pour le matériel ou pour le logiciel,
2. Omissions dans la spécification des exigences de sécurité,
3. Panne matérielle aléatoire des mécanismes,
4. Panne matérielle systématique des mécanismes,
5. Erreur sur le logiciel,

6. Erreur humaine,
7. Influence de l'environnement (par exemple électromagnétique, température, Phénomène mécanique),
8. Perturbations de la tension d'alimentation du système (par exemple perte d'alimentation, sous-tension).

L'IEC 61508 contient les exigences nécessaires et suffisantes pour minimiser l'apparition ou l'impact de ces pannes

#### II.2.4. CARACTERISTIQUES DE L'IEC 61508

- Norme Internationale.
- Première édition : décembre 1998.
- Adoptée par l'AFNOR en 1999 (NF 61508).
- Conçue comme base pour d'autres normes dédiées par secteur.



*Figure II-3* La norme mère IEC 61508

#### II.2.5. OBJECTIFS DE L'IEC 61508

- Optimiser le déploiement des systèmes E/E/EP pour améliorer la sécurité et les performances économiques.
- Fixer un cadre global de sécurité incluant les développements techniques.
- Fournir une approche système saine et flexible.
- Fournir une approche « riskbased » pour déterminer les performances des systèmes en matière de sécurité.
- Fournir une norme générique dérivable pour différents domaines.
- Fournir les moyens pour acquérir une confiance justifiée dans les technologies basées sur l'informatique
- Fournir des exigences basées sur des principes communs, (meilleure communication parmi les parties prenante : des fournisseurs aux tierces partie).

**II.2.6. INTERETS ET POINTS FORTS**

- Donne un référentiel mondial en facilitant les échanges et standardise les pratiques dans un seul domaine,
- Amélioration et réduction des coûts associés à la sécurité,
- Meilleure visibilité des coûts des investissements,
- L'augmentation de la fiabilité fait souvent augmenter la disponibilité.
- Introduit un cycle de vie de sécurité global,
- Référentiel de conception d'un matériel sûr,
- Introduit une approche qualitative et quantitative dans la gestion des défaillances,
- Intéresse le matériel et le logiciel,
- Décrit les principes, les techniques et les mesures pour la réalisation de la sécurité fonctionnelle des systèmes E/E/EP relatifs à la sécurité.

**POUR L'EXPLOITANT CELA PERMET :**

- Le choix des équipements, en fonction de critères de sécurité,
- Le choix de la solution optimale,
- De réaliser des solutions globales,
- D'apprécier la solution qui lui est proposée.

**POUR LE FABRICANT :**

- Positionner les performances de ses produits par rapport à la concurrence.

**II.2.7. APPROCHE GENERALE****A. Principes appliqués :**

- Gestion de la sécurité fonctionnelle.
- Exigences techniques.
- Compétences des personnes.

**B. Un cycle de vie intégrant :**

- La spécification.
- La conception et l'implémentation.
- L'installation et la mise en service.
- L'exploitation et la maintenance.
- Les modifications après réception et le démantèlement.

C. Les SIL sont atteints par :

- Mesures destinées à combattre les pannes aléatoires des matériels.
- Mesures destinées à éviter les pannes systématiques des matériels et des logiciels

D. Les étapes de base commandées par la norme sont :

- Etablir une cible de sécurité (risque acceptable) et évaluer le risque existant,
- Identifier les fonctions de sécurité requises,
- Identifier les fonctions à confier à des systèmes E/E/EP et fixer leurs objectifs en termes d'intégrité de sécurité,
- Implémenter les fonctions instrumentées de sécurité SIS et en déterminer le SIL,
- Vérifier que le système instrumenté de sécurité SIS permet d'atteindre la cible de sécurité exigée au départ.

#### **II.2.8. LES PRESCRIPTIONS DE SECURITE POUR LES SYSTEMES E/E/PE**

- Diversification des systèmes
- Indépendance vis à vis des systèmes de commande de type non sécurité
- Prise en compte des défaillances d'origine commune, Alimentation, ...
- Séparation physique

#### **II.2.9. PRESCRIPTIONS TECHNIQUES DE CONCEPTION**

- a) Des exigences sur le produit
  - classification selon l'utilisation
  - technologie
  - exigences qualitatives de comportement sur défaut
  - exigences quantitatives de comportement sur défaut
  - exigences sur la façon de concevoir et de fabriquer le produit
  - exigences sur le logiciel, ...
- b) Exigences sur l'utilisation et l'exploitation des systèmes (maintenance, ...)
- c) Exigences qualitatives de comportement sur défaut du produit
  - Système de sécurité ou système de protection,
  - Technologie
  - Architecture redondante,
  - Système auto-testable, ...
- d) Exigences qualitatives de comportement sur défaut du système
  - Dissocier les fonctions de sécurité des fonctions de conduite de processus
  - Préférer un fonctionnement dynamique de l'application

e) Les exigences qualitatives- Deux types de composants -

- Les composants de type A (Il s'agit notamment de la technologie à relayage et l'électronique discrète câblée) pour lesquels les modes de défaillance sont définis, la testabilité est de 100 %, et un retour d'expérience existe.
- Les composants de type B, pour lesquels les modes de défaillance ne sont pas tous définis, la testabilité n'est pas de 100 % (ASIC, microprocesseur, ...), la pertinence de la valeur des données relatives au retour d'expérience est faible.

### III. NIVEAU D'INTEGRITE DE SECURITE « SAFETY INTEGRITY LEVEL » SIL

#### III.1. INTRODUCTION<sup>[7]</sup>

Les normes du système de sécurité d'aujourd'hui, sont axées sur la performance, et non plus les prescriptifs. Elles ne recommandent pas une technologie, niveau de redondance, intervalles de test, ou un système logique bien déterminé. Elles disent essentiellement "plus le niveau de risque est élevé, mieux doit le système de sécurité nécessaire pour le contrôler". Il y a une variété de méthodes d'évaluation de risque. Il y a même plusieurs méthodes d'assimiler le risque par rapport à la performance nécessaire des systèmes de sécurité. Le seul terme adéquat pour décrire la performance d'un système de sécurité est « **Safety Integrity Level (SIL)** ».

Beaucoup d'industries avaient le grand besoin d'évaluer et classer les différents risques. Les décisions du management peuvent ensuite met le regard sur les diverses options de conception. Par exemple, quelle est la distance dans le cas échéant qu'une installation nucléaire doit être près d'une grande zone de population ? Quel niveau de redondance approprié à un système de control d'arme nucléaire d'un avion militaire ? Quelle est la force nécessaire aux hélices d'un jet-moteur pour une protection contre les oiseaux en vol ? Comment fonder une période de garantie pour savoir le taux de défaillance d'un système de donnés ? Idéalement, ces décisions seraient basées sur l'analyse mathématique. De façon réaliste, la quantification de tous les facteurs est extrêmement difficile, voire impossible.

Les organisations militaires sont toujours les premiers à faire face à ces problèmes. Par exemple, une personne appuie sur un bouton peut démarrer ou arrêter une 3ème guerre mondiale. L'armée américaine a mis au point une norme pour la catégorisation des risques : **MIL-STD 882** 'Standard Practice for System Safety' qui a été adapté par d'autres organisations et d'industries dans une variété de formats.

Différents groupes et pays ont mis au point diverses méthodes d'assimiler le risque pour augmenter la performance des systèmes de sécurité. Certains sont qualitatifs et certains d'autres quantitatives.

Il est très important de clarifier ce qu'est un SIL et ce qu'il n'est pas. SIL s'agit de mesurer la performance d'un système de sécurité. Un système se compose d'un capteur, boîtier logique et un élément final. Par conséquent, il est incorrect de se référer au SIL d'un seul composant d'un système. Une boucle est aussi forte par ses courtes distances. La solution (solveur) logique pourrait être utilisée jusqu'à SIL 3, mais si elle n'est pas branchée en redondance avec le composant de terrain, et avec des tests peut fréquents, l'ensemble de système peut répondre seulement au SIL1. Il y a eu une poussée dans l'industrie pour les fournisseurs d'utiliser des termes comme 'SIL claim limit- limite de demande SIL' et 'SIL capability- capacité SIL' pour distinguer entre composants et performances d'un système. Il serait plus approprié de faire référence à la probabilité de défaillance sur demande '(PFD) Probability of Failure on Demand' des composants. Malheureusement, le nombre PFD est généralement très petit et fait référence à une notation scientifique, ce qui est difficile pour certains de se rapporter. Ainsi, SIL n'est pas une mesure de risque du process. Il serait incorrect de dire, 'nous avons un process de SIL3' [7].

### **III.2 QUI EST RESPONSABLE ?**

Déterminer des SIL est mentionné dans les différentes normes de système de sécurité. Par conséquent, nombreux assument la tâche incombe à la responsabilité de l'instrumentiste ou l'ingénieur de système de contrôle. Ce n'est pas le cas, la détermination du SIL approprié et risques de process sont à la responsabilité d'une équipe multidisciplinaire, et pas un seul individu. Un ingénieur système de contrôle devrait être participé, mais le processus d'examen aura également besoin d'autres spécialistes, comme ceux qui sont généralement impliqués dans l'étude 'Hazard and Operability (HAZOP)'. Certaines organisations préfèrent déterminer le SIL durant le HAZOP. D'autres croient qu'il n'est pas nécessaire (ou même souhaitable) d'impliquer l'ensemble de l'équipe HAZOP et la détermination du SIL doit être effectué comme une étude distincte après l'HAZOP. Comme un minimum, des représentants des domaines concernés devraient participer à une détermination SIL : process, conception mécanique, sécurité, exploitation et système de contrôle [7].

### **III.3. QUELLE TECHNIQUE ?**

Quand il s'agit, d'analyse des dangers et des risques et déterminer des niveaux de sécurité intégré (SIL), il n'y a pas de réponses qui pourraient être classés soit comme bon ou mauvais. Il y a plusieurs façons d'évaluer le risque lié au process, aucun n'est plus correct que l'autre. Différent documents de l'industrie décrivent plusieurs méthodes qualitatives et quantitatives pour l'évaluation des risques et à la détermination du rendement SIL. Des méthodes ont été élaborées à différents moments par différent pays. Toutes ces méthodes

sont valables. Malheureusement, ils peuvent tous également donner lieu à des réponses différentes.

Les techniques qualitatives sont plus faciles et plus rapides à appliquer, mais l'expérience a montré qu'ils fournissent souvent des réponses conservatrices (c.-à-d., exigences SIL hauts). Il en résulte une sous-conception des fonctions de sécurité et potentiellement des dépenses inutiles.

En plus, plusieurs techniques quantitatives requièrent un grand effort dans son développement et usage. Mais l'expérience a montré qu'ils fournissent souvent des exigences SIL faibles. La différence de coût entre un simple SIL2 par rapport d'une fonction SIL1 peut être des dizaines de milliers de dollars. La différence entre SIL2 et SIL3 est encore plus grande. Par conséquent, il y a peut-être des économies de coût associé à l'utilisation des techniques quantitatives plus détaillées.

En général, si l'utilisation de techniques qualitatives indique des exigences non supérieures au SIL, continuer leurs utilisations. Cependant, si les techniques qualitatives indiquent un taux en pourcentage significatif de SIL2 Ou exigences relatives SIL3, envisager sérieusement l'utilisation de plus de techniques quantitatives comme l'analyse de couches de protection (LOPA : Layer Of Protection Analysis). L'ensemble de l'économie des coûts qui en résultera, en particulier sur des projets multiples, sera facilement justifier leur usage et développement[7].

#### **III.4. PROBLEMES COURANTS**

N'importe quelle méthode d'analyse des risques choisie, plusieurs facteurs restent souvent communs. Par exemple, toutes les méthodes impliquent l'évaluation des deux (02) composants de risques — Probabilité et Gravité — habituellement en classant chacun à différents niveaux.

Il y a différents événements dangereux associés à chaque unité de process et chaque événement a ses risques associés. Prenez par exemple une capacité ou l'on mesure la pression, température, niveau et débit. La mesure de pression est probablement destinée à détecter et prévenir d'un état de surpression et d'explosion. Cet événement aurait un niveau de risque correspondant (c.-à-d. Probabilité et Gravité). Un faible débit peut uniquement engendrer la surchauffe d'une pompe. Cela aurait une toute autre gravité et probabilité, par conséquent, une autre exigence SIL. Des températures élevées peuvent causer des produits hors spécifications. Cela aurait également une autre évaluation de gravité et de probabilité, et une autre exigence SIL. Ce que cela signifie, si l'un ne devrait pas essayer de déterminer le

SIL pour toute une unité de process ou d'une pièce d'un équipement. Mais plutôt de déterminer le SIL pour chaque fonction de sécurité[7].

### III.4.1. EVALUATION DE RISQUE

Les risques sont partout, travailler dans une usine de produits chimiques implique des risques en toute évidence, alors il en est de prendre un bain. L'un implique plus de risques que les autres, mais il s'agit d'une mesure de risque dans tout ce que nous faisons. Bien que zéro blessures est l'objectif de nombreuses organisations, il est important de comprendre que le risque zéro n'existe pas. L'un est en péril simplement assis à la maison regarder la télévision (par exemple, crise cardiaque, tornade, séisme, etc...). Alors, comment un processus d'usine devrait être sécurisé ? Si le risque de travailler dans une usine de produits chimiques est égale à celle de rester à la maison, ou conduire sa voiture, ou voler dans un avion, ou parachuter ? Toutes choses étant égales, autant l'usine est sûre, autant chère il sera. Il doit y avoir une contrepartie économique à un moment donné. Si l'objectif de sécurité empêche le processus lui-même de démarrer, de toute évidence, quelque chose doit être changée.

#### a) LE DANGE

La définition de l'Institut Américaine des Ingénieurs de Chimie (AIChE) du danger est « une caractéristique physique ou chimique qui a le potentiel de causer des dommages aux personnes, aux biens, ou à l'environnement. C'est la combinaison d'une matière dangereuse, un environnement d'exploitation, et certains évènements imprévus qui peuvent entraîner un accident. »

Les dangers sont toujours présents. Par exemple, l'essence est un combustible liquide. Tant qu'il n'y a pas de source d'allumage, l'essence peut être considéré comme assez bénigne. Notre objectif est de minimiser ou d'éliminer les évènements dangereux ou d'accidents. Par conséquent nous ne stockons pas l'essence à coté de sources d'inflammation.

**b) LE RISQUE**

Le risque est généralement défini comme la combinaison de la gravité et de la probabilité d'un évènement dangereux. En d'autres termes, combien de fois peut-il arriver, et comment-il est. Le risque peut être évalué de façon qualitative ou quantitative. Bien qu'un bon nombre de normes du système de sécurité semble se concentrer sur le risque du personnel, l'être humain n'est pas la seule chose en risque dans un process usine. Par exemple, des plates-formes offshore ont une quantité considérable de risques, même s'il n'y a pas de personnel sur la plate-forme la plupart du temps. Les facteurs à risques sont :

- **Le personnel.** Les employés de l'usine et le publique de proximité.
- **Perte de production pendant l'arrêt.** La perte associée à ne pas être en position de vente d'un produit. Cela peut souvent être le plus important facteur économique.
- **Les biens d'équipement.** Les couts associés au remplacement D'équipements endommagés.
- **L'environnement.** L'approvisionnement alimentaire polluant utilisé par plusieurs pays où la nécessité d'évacuer une zone complète est évidemment quelque chose à éviter.
- **Les frais de justice.** Les frais juridiques associées aux blessures, décès, pertes d'environnement peut être important.
- **L'image d'entreprise.** Mauvaise presse peut mettre hors les affaires de l'entreprise.

Certain de ces éléments (ex., Perte de production, Les biens d'équipement) peut être quantifié. Quelques autres (ex., L'image d'entreprise) peut être plus difficile à quantifier.

Les niveaux de performance d'un système de sécurité peuvent être affectés en raison d'un des risques énumérés ci-dessus. Par exemple, il y a des organisations qui ont niveau d'intégrité de sécurité (SIL) basé sur le risque du personnel, niveau d'intégrité commercial(CIL) basé sur les questions économiques, et niveau d'intégrité environnementale (EIL) en fonction des facteurs environnementaux[7].

Par définition la formule risque est [18]: **Risque = G \* F**

D'où      G=Gravité de l'accident  
Et          F=Fréquence de l'accident

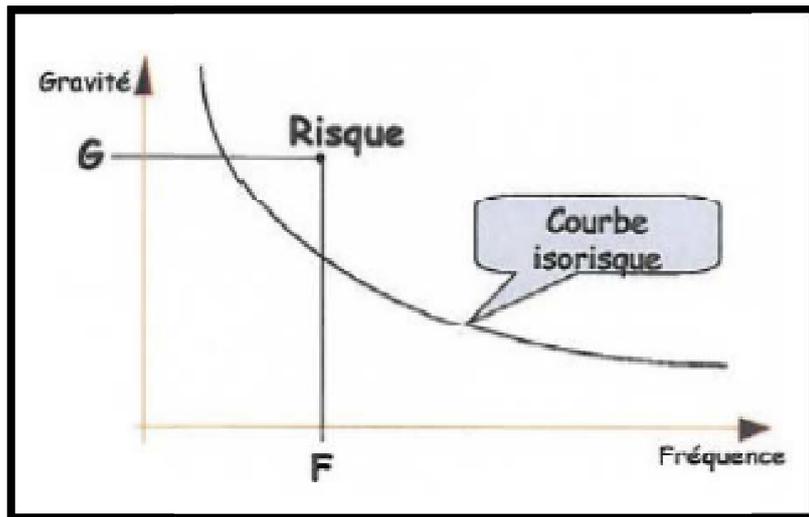


Figure II-4 Présentation risque

GRAVITE	CONSEQUENCES				PROBABILITY				
	personnes	Biens	environnement	Réputation	A	B	C	D	E
					Pas connu dans votre industrie	S'est produit dans votre industrie	Arrivée dans votre compagnie	Arrivée plusieurs fois par an dans votre compagnie	Arrivée plusieurs fois par an dans votre industrie
0	Pas de blessé	Pas de dommage	Pas d'effet	Pas d'impact					
1	Blessures légères	Dommages légers, pas d'arrêt de production	Faibles effets	Impact faible					
2	Blessures mineurs	Dommages mineurs, bref d'arrêt de production (cout < 10000\$)	Effets mineurs	Impact limitée					
3	Blessures graves	Dommage localisés, arrêt partiel de l'unité (1M\$)	Effets localisés	Impact important					
4	1 à 3 décès	Dommages importants (perte partielles d'opération 2 semaines d'arrêt cout < 10M\$)	Effets importants	Impact national					
5	Plusieurs décès	Dommages énormes (perte partielle ou totale d'opération cout > 10M\$)	Effets énormes	Impacts international					

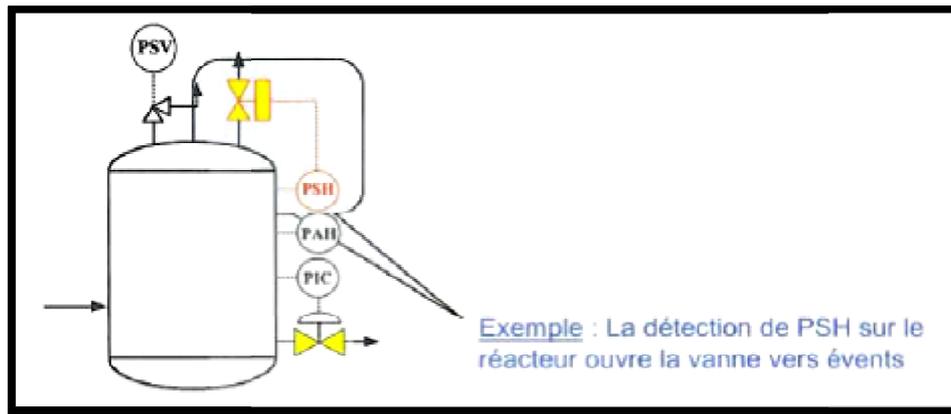
Tableau II-1 Classification des risques

### III.5. SYSTEME D'INTEGRITE DE SECURITE

Plus le niveau de risque lié au process est élevé, mieux doit le système de sécurité nécessaire pour le contrôler. Le niveau d'intégrité de sécurité (SIL) c'est la mesure de la performance d'un système de sécurité. Et ce n'est pas la mesure directe d'un risque relié au process.

Par définition un SIL est caractérisé par[18] :

- Industries de procédé
- Présence de risques pour les personnes, l'environnement ou les biens
- Mettant en œuvre des actions de sécurité automatiques



**Figure II-5** Exemple d'un procédé à SIL

Les normes et standards ont classés quatre (04) globaux niveaux d'intégrité de sécurité. Notez que les documents précédentes d'U.S. des processus d'industrie sont allés seulement jusqu'à SIL3. La base de la performance objective figurant dans les **tableaux II-2 et II-3** ont été un sujet de controverse. En d'autres termes, comment ces tableaux ont été étalonnés ? Peut-être que les chiffres doivent être décalées d'une ligne. Pourquoi commencer (90%) et pas (80%) ? Il suffit de dire que les tableaux ont été acceptés par les différents groupes de l'industrie et apparaissent dans toutes les normes[7].

niveaud'intégrité de sécurité(SIL)	Probabilité Moyenne de défaillance à la demande (PFDavg)	Safety (disponibilité)	Availability (1-PFD)	Réduction de risque cible(1/PFD)
4	.0001 - .00001	99.99 – 99.999%	99.99 – 99.999%	10,000 – 100,00
3	.001 - .0001	99.9 - 99.99%	99.9 - 99.99%	1,000 - 10,000
2	.01 - .001	99 - 99.9%	99 - 99.9%	100 - 1,000
1	.1 - .01	90 - 99%	90 - 99%	10 – 100

**Tableau II-2** Niveaux intégrés de sécurité et la performance du système de sécurité exigée pour les systèmes en mode faible demande.

Niveaud'intégrité de sécurité (SIL)	Défaillance dangereuse par /heure
4	$\geq 10^{-9} < 10^{-8}$
3	$\geq 10^{-8} < 10^{-7}$
2	$\geq 10^{-7} < 10^{-6}$
1	$\geq 10^{-6} < 10^{-5}$

**Tableau II-3** Niveaux intégrés de sécurité et la performance du système de sécurité exigée pour les systèmes en mode continu.

Différents personnes utilisent différents termes pour décrire les performances des systèmes. Un terme très commun, spécialement chez les fournisseurs de systèmes de contrôles, c'est le terme générique " disponibilité " ou « availability ». Le comité **ISA SP84** a utilisé volontairement un terme différent depuis que les normes de sécurité font référence à un tout autre type de performance. La disponibilité de sécurité peut encore être un terme à confusion car la plupart des chiffres sont si fermés à 100%. Par exemple, considérez-vous qu'il y ait une différence significative entre 99% et 99,99% ? La différence pourrait être considérée comme étant moins de 1%.

Le complément de la disponibilité de sécurité est désigné comme la probabilité de défaillance sur demande (PFD). Maintenant, les chiffres sont si petits qu'il faut utiliser la notation scientifique. Combien de managers de sites comprennent lorsque leurs ingénieurs système et contrôles leur disent que leur fonction de sécurité instrumentée a un PFD de  $4.6 * 10^{-3}$  ?

La réciproque de PFD est appelée Facteur de Réduction du Risque (RRF). L'avantage de ce terme est que la différence entre les nombres est plus facile à voir. Par exemple, la différence entre un facteur de réduction du risque de 100 et 10 000 est de toute évidence de deux (02) ordres de grandeur-magnitude- actuellement, la différence entre disponibilité de sécurité de 99% et 99,99% est aussi de deux (02) ordres de grandeur-magnitude-, bien que la plupart ne réalise pas ça initialement.

Les sections suivantes décrivent les différentes méthodes pour déterminer le niveau d'intégrité de sécurité requis basé sur des questions liées aux risques d'un processus. Les méthodes sont décrites dans les normes **CEI 61508** et **CEI 61511** et d'autres textes. Veuillez garder à l'esprit qu'aucune méthodologie de détermination SIL n'est mieux ou plus correcte que l'autre. Elles sont simplement développées par différents groupes à travers le monde à différents moments. De même, Peugeot n'est probablement pas meilleure qu'une Ford. Les deux (02) voitures sont tout simplement mises au point par différents pays. Pas de doute la fierté nationale entrera en jeu lors de la qualification, mais chaque fois les deux (02) serviront leurs fins aussi bien.

### **III.6. ALLOCATION DES PRESCRIPTIONS DE SECURITE**

La réduction du risque est confiée à une combinaison de dispositifs pouvant contenir [18]:

- Des systèmes E/E/EP,
- Des systèmes basés sur d'autres technologies,
- Des dispositifs externes de réduction du risque.

L'analyse de risque permet d'allouer, à chaque dispositif de sécurité, le niveau d'intégrité à atteindre pour se conformer au risque tolérable spécifié. Ainsi, deux processus de prescriptions sont nécessaires :

- Allocation des SIL aux fonctions de sécurité,
- Exigences sur les performances à atteindre par les éléments de l'architecture.

### III.7. ANALYSE DES RISQUES/CLASSIFICATION SIL

Application du principe ALARP (As Low As Reasonably Practicable). Il est ensuite possible de déterminer la réduction de risque souhaitée (Prescription globale de sécurité)[18].

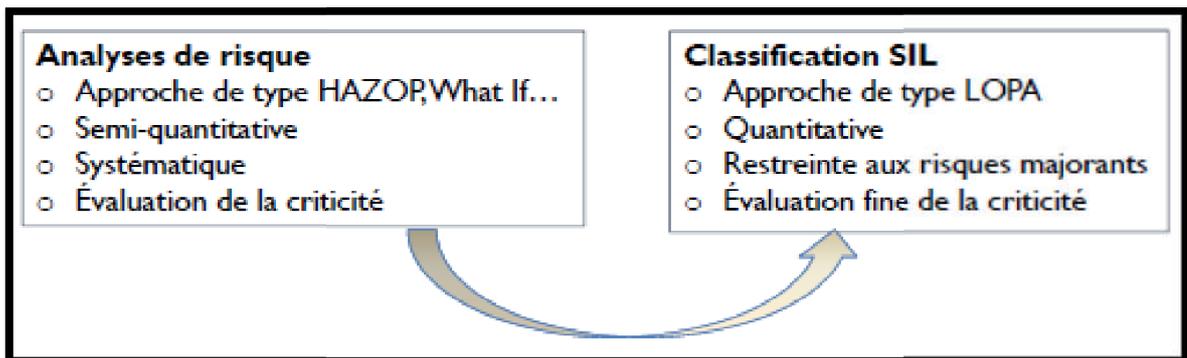


Figure II-6 Analyse SIL: Affinement des scénarios majorants de risque

#### III.7.1 ROLE DES BARRIÈRES DE SÉCURITÉ[18]

La performance des barrières de sécurité s'exprime par leur aptitude à réduire le risque par

- Barrières de *prévention*.
- Barrières de *protection*.

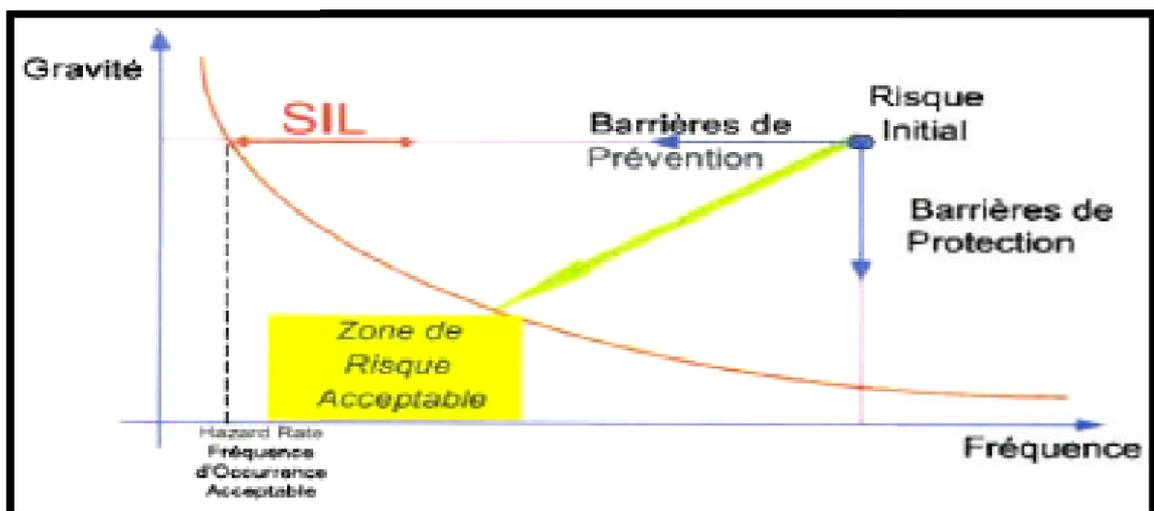


Figure II-7 Barrières de sécurités

Le Risque nul n'existe pas dans la réalité et il doit être réduit jusqu'à la zone « d'acceptabilité ».

Le Hazard Rate (Hr) définit la fréquence maximum acceptable d'un événement de gravité G.

**Principe LOPA:** Analyse systématique de la réduction du risque par des barrières successives jusqu'à d'obtenir de « l'acceptabilité ».

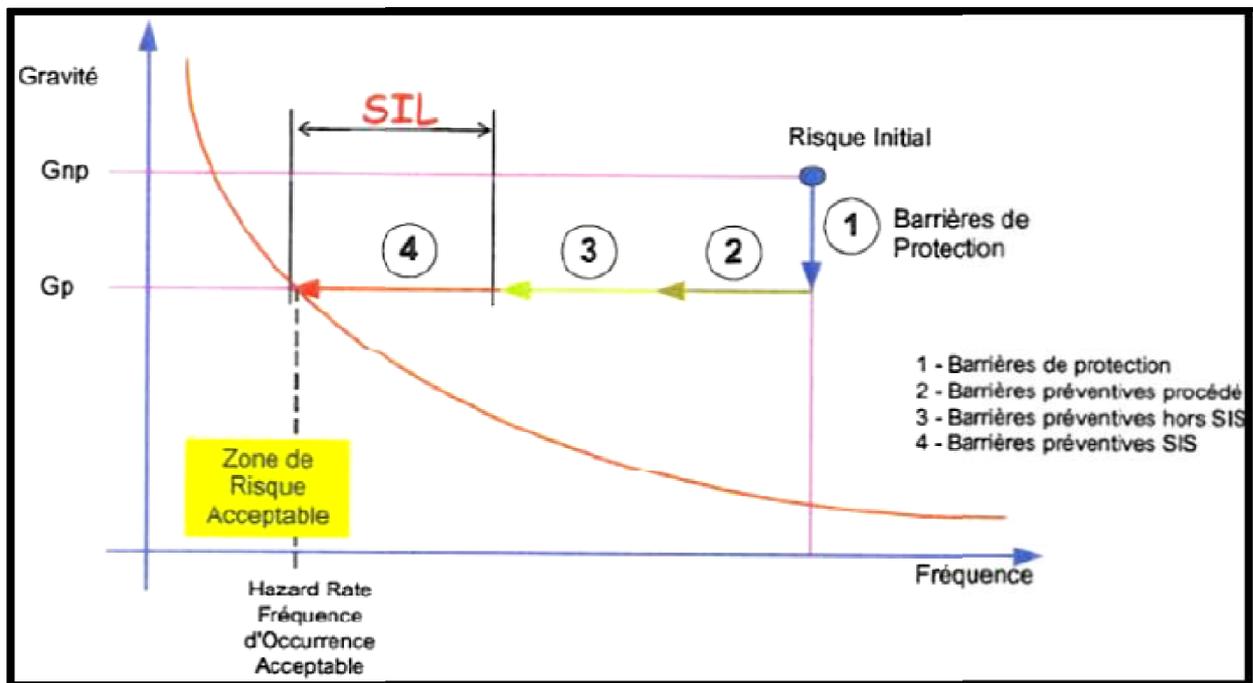
**III.7.2. CONCEPT DE RÉDUCTION DES RISQUES**<sup>[18]</sup>

Le niveau de risque est réduit à un niveau suffisant pour être compatible avec le niveau de risque communément considéré comme acceptable.

Chaque Barrière dispose d'une capacité de réduction du risque (**FRR: Facteur de Réduction du risque**)

Type de barrière	Valeurs de FRR
Procédure écrite et signé	10
Alarme efficace sur le poste de conduite	10
Avertissement réalisé par le système de conduite	10
<b>Sécurités instrumentées (SIL)</b>	<b>SIL 1 à SIL 3 (FRR maxi : 1000)</b>
Sécurité mécanique	30 pour une soupape (FRR maxi : 1000)

*Tableau II-4* Types de barrières de réduction risque.



*Figure II-8* graphe explicite la réduction des risques par barrières de sécurité

### III.7.3. PROCÉDURE DE CLASSIFICATION SIL<sup>[18]</sup>.

La classification SIL est une analyse systématique effectuée par une équipe multidisciplinaire sur chaque fonction de sécurité afin de définir le niveau d'intégrité desécurité (SIL) requis par chaque fonction instrumentée de protection (IPF)

#### 1. La classification est effectuée par:

##### A. La fonction *identification* IPF :

- Pour des fins de classification chaque IPF doit être identifié.
- Les boucles à analyser sont identifiées sur la base des diagrammes cause et effet et des P&ID.
- Seules les boucles associées à des fonctions automatiques de sécurité sont considérées, les boucles actionnées par des interrupteurs manuels sont exclues de l'identification.
- Chaque boucle identifiée est insérée dans une feuille de calcul où sont rapportés les initiateurs, les solveurs logiques et les actionneurs.

##### B. Classification des échecs non révélés (échecs à la demande liée à la sécurité) d'où vient le **Taux de demande W** et la première question à répondre par l'équipe de classification est la suivante: à quelle fréquence d'IPF le taux de demande est activé ?

- Probabilité très faible W1 : moins d'une fois tous les 10 ans.
- Probabilité faible W2: une fois tous les 1-10 ans
- Probabilité relativement élevée W3: plus d'une fois par an.

##### C. Classification des échecs révélés (échecs parasites).

#### 2. Les conséquences des échecs non révélés:

L'évaluation des conséquences, en cas de non activation de l'IPF sous analyse, il est nécessaire de faire une classification par :

- A. Santé, sécurité : le risque en matière de sécurité personnelle ; C0 aucune blessure, blessure mineure C1, C2 blessures graves, la mort C3, C4 plusieurs décès
- B. Environnement : les dommages environnementaux ; E0 aucun dommage, E1 effet mineur, E2 effet localisé, E4 effet majeur;
- C. Economie : Les conséquences économiques ; aucunes L0 / légères conséquences <10 K \$ US, L1 mineures 10-100 k \$ US; L2 modérées de 0,1 à 1 M \$ US, L3 principales 1-10 M \$ US, L4 Vastes > 10 M \$ US

### 3. Classification SIL :

Le niveau de SIL requis est défini sur la base de la fréquence d'occurrence de la cause conduisant à l'évènement redouté (W), de la fréquence d'exposition au risque (F), des conséquences de risque sur l'utilisateur (C), et de la probabilité d'éviter le danger (P). Facteurs donnés d'après les *matrices de risques* de la norme CEI 61508/61511.

#### III.7.4. MATRICE DE RISQUE [18].

##### a) METHODE QUALITATIVE

Technique prenant en compte les conséquences du risque, l'exposition au risque, la contrôlabilité ou évitement et la fréquence de survenue de l'évènement redouté si le système est non protégé.

Plusieurs graphes peuvent être utilisés, principalement par domaines d'application.

Paramètres		Classification
Gravité des conséquences	$C_A$	Blessure mineure
	$C_B$	Blessure sérieuse ou victime
	$C_C$	Plusieurs victimes
	$C_D$	Grand nombre de victimes
Temps d'exposition (occupation)	$F_A$	Rare
	$F_B$	Fréquent
Probabilité d'éviter le phénomène dangereux	$P_A$	Possible
	$P_B$	Invraisemblable
Probabilité d'apparition d'un accident (taux de demande)	$W_1$	Très faible probabilité
	$W_2$	Faible probabilité
	$W_3$	Forte probabilité

*Tableau II-5* Paramètresmatrice de risques.

##### c) UNE METHODE QUANTITATIVE

- Déterminer le risque tolérable,
- Déterminer le risque sur le système,
- Déterminer la réduction de risque nécessaire,
- Allouer la réduction nécessaire au système E/E/EP,
- Comparer la fréquence cible (celle du risque tolérable) et la fréquence du risque non protégé. On obtient :  $PFD_{avg} = F_t/F_{np}$ .
- Retranscrire le  $PFD_{avg}$  obtenu en SIL **Tableau II-7**.

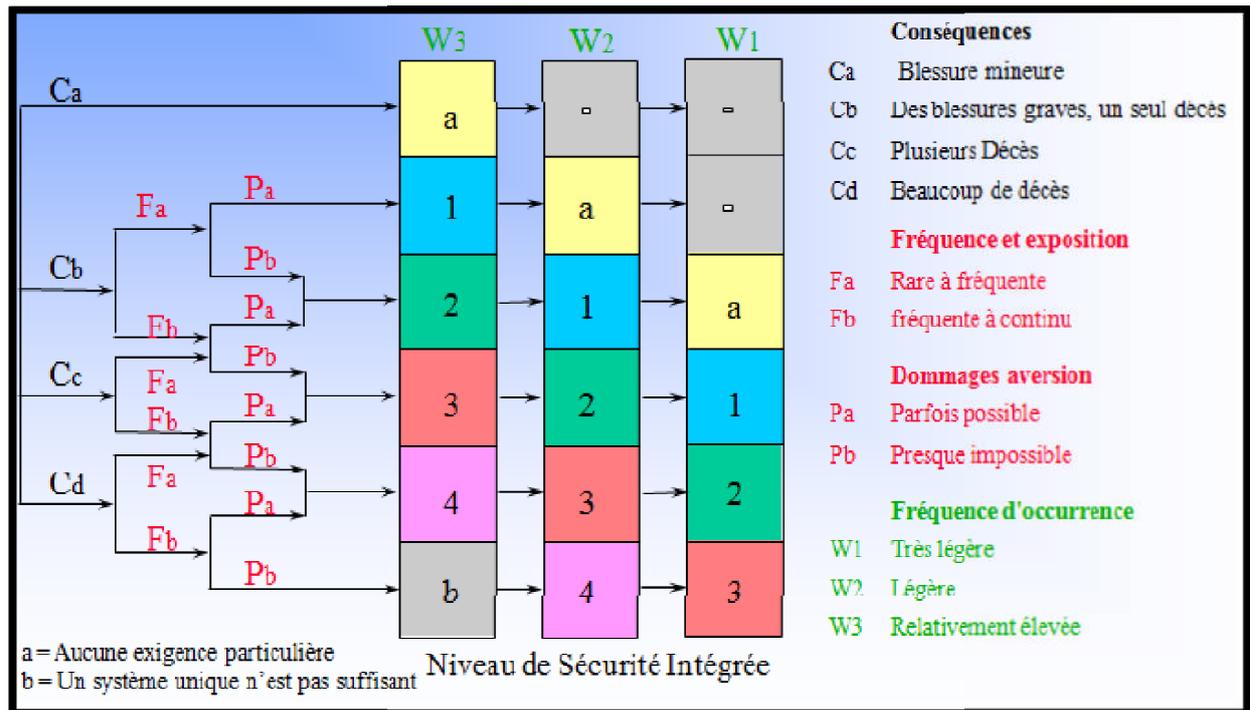


Tableau II-6 Graphes des risques.

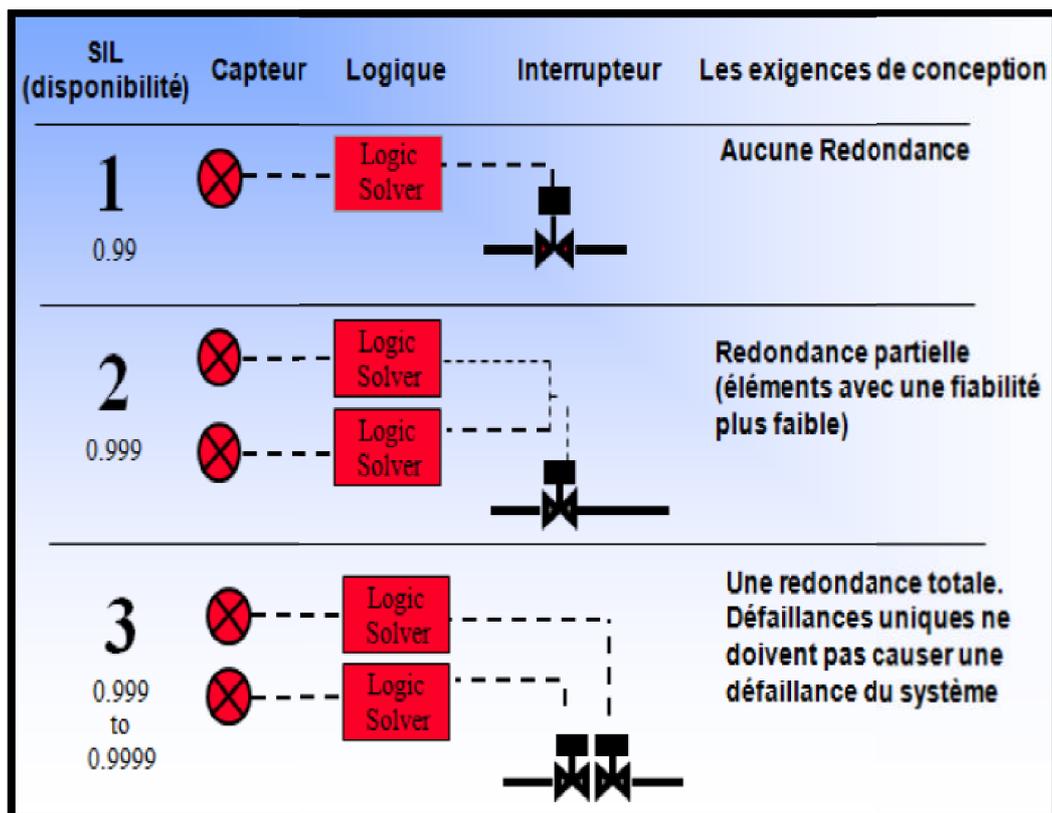


Figure II-9 Exemple d'exigence de conception par niveau de SIL.

### III.8. GENERALITES SUR LES SIL

- La norme définit les SIL parmi 4 niveaux pour spécifier le niveau de réduction de risque à atteindre.
- SIL 4 est le niveau le plus élevé, SIL 1 le plus faible.
- Les SIL définissent le niveau de sécurité que remplissent les fonctions de sécurité réalisées par les systèmes relatifs à la sécurité.
- Les SIL sont attribués au regard des études de risque prenant en compte les défaillances dangereuses aléatoires et systématiques.
- Un sous-système ou composant ne possède pas intrinsèquement de SIL. Mais peut se montrer adéquat pour atteindre un certain SIL, s'il présente la réduction de risque spécifié dans le contexte de l'application.
- Les objectifs quantifiés, associés au SIL, dépendent du type de sollicitation de la fonction.
- La frontière entre faible et forte sollicitation est fixée à 1 par an ou à 2 fois la fréquence des tests périodiques.
- Pour les faibles sollicitations, on se réfère à la moyenne de la probabilité de défaillance à la demande sur  $[0, t]$  : PFD<sub>avg</sub> (average Probability of Failure on Demand).

Fonctionnement à la sollicitation		
Niveau d'intégrité de sécurité (SIL)	Prob. Moy. de Défaillance à la sollicitation (PFD <sub>avg</sub> )	Réduction de risque cible (RR)
4	$10^{-5} \leq \text{PFD}_{\text{avg}} < 10^{-4}$	$100\,000 \leq \text{RR} < 10\,000$
3	$10^{-4} \leq \text{PFD}_{\text{avg}} < 10^{-3}$	$10\,000 \leq \text{RR} < 1000$
2	$10^{-3} \leq \text{PFD}_{\text{avg}} < 10^{-2}$	$1000 \leq \text{RR} < 100$
1	$10^{-2} \leq \text{PFD}_{\text{avg}} < 10^{-1}$	$100 \leq \text{RR} < 10$

Tableau II-7 Sollicitations SIL

#### IV. LE SYSTEME INSTRUMENTE DE SECURITE (SIS) [20]

Les systèmes instrumentés de sécurité sont utilisés depuis des années pour exécuter des fonctions instrumentées liées à la sécurité dans les processus industriels. Si l'instrumentation doit être effectivement utilisée pour les fonctions instrumentées liées à la sécurité, il est important que cette instrumentation satisfasse à certaines normes et à certains niveaux minima de performances.

Cette Norme IEC61511-1 concerne l'application des systèmes instrumentés de sécurité aux industries de production par processus. Elle exige également de conduire une évaluation de danger et de risque des processus pour permettre d'en déduire des spécifications pour les systèmes instrumentés de sécurité. D'autres systèmes de sécurité ne sont considérés que de manière à ce que leur contribution puisse être prise en compte lors de l'examen des exigences de performances concernant les systèmes instrumentés de sécurité. Le système instrumenté de sécurité inclut tous les composants et les sous-ensembles nécessaires pour remplir la fonction instrumentée de sécurité, du (des) capteur(s) à (aux) l'élément(s) terminal(aux).

Cette norme repose sur deux concepts qui sont fondamentaux vis-à-vis de son application: le cycle de vie de sécurité et les niveaux d'intégrité de sécurité.

Cette norme repose sur deux concepts qui sont fondamentaux vis-à-vis de son application: le cycle de vie de sécurité et les niveaux d'intégrité de sécurité. Cette norme concerne les systèmes instrumentés de sécurité qui sont basés sur l'utilisation d'une technologie **électrique/électronique/électronique** programmable. Dans le cas où d'autres technologies sont utilisées pour les unités logiques, il convient aussi d'appliquer les principes fondamentaux de cette norme. Cette norme concerne également les capteurs et les éléments terminaux des systèmes instrumentés de sécurité, quelle que soit la technologie utilisée.

Cette norme est spécifique de la production industrielle par processus dans le cadre de la CEI 61508.

Cette norme présente une approche relative aux activités liées au cycle de vie de sécurité, pour satisfaire à ces normes minimales. Cette approche a été adoptée afin de développer une politique technique rationnelle et cohérente.

Dans la plupart des cas, la meilleure sécurité est obtenue par une conception de processus de sécurité inhérents, chaque fois que cela est possible, combinée, au besoin, avec d'autres systèmes de protection, fondés sur différentes technologies (chimique, mécanique, hydraulique, pneumatique, électrique, électronique, électronique programmable) et qui couvrent tous les risques résiduels identifiés. Pour faciliter cette approche, cette norme:

- nécessite de réaliser une évaluation des dangers et des risques pour identifier les exigences globales de sécurité;
- exige d'effectuer une allocation des exigences de sécurité au(x) système(s) instrumenté(s) de sécurité;
- s'inscrit dans un cadre applicable à toutes les méthodes instrumentées qui permettent d'obtenir la sécurité fonctionnelle;
- détaille l'utilisation de certaines activités, telles que la gestion de la sécurité, qui peuvent être applicables à toute méthode permettant d'obtenir la sécurité fonctionnelle.

Cette norme sur les systèmes instrumentés de sécurité pour l'industrie de la production par processus:

- prend en compte toutes les phases du cycle de vie de sécurité, depuis le concept initial, en passant par la conception, la mise en œuvre, l'exploitation et la maintenance, jusqu'au déclassement;
- permet d'harmoniser avec la présente norme les normes spécifiques de processus industriels existantes ou de nouveaux pays

Cette norme conduit à un haut niveau de cohérence (par exemple, pour les principes sous-jacents, la terminologie, l'information) au sein des industries de production par processus. Ceci devrait avoir comme conséquence une amélioration en termes de sécurité et d'économie.

Dans les juridictions où des réglementations (par exemple, nationales, fédérales, étatiques, provinciales, du comté, de la ville) sont applicables aux processus de sécurité, à leur conception, à leur gestion, ou à d'autres exigences, ces réglementations sont prioritaires par rapport aux exigences définies dans cette norme.

### **Domaine d'application**

Cette Norme internationale permet de définir des exigences relatives aux spécifications, à la conception, à l'installation, à l'exploitation et à l'entretien d'un système instrumenté de sécurité, de telle manière qu'il puisse être mis en œuvre en toute confiance, et ainsi établir et/ou maintenir les processus dans un état de sécurité convenable. La présente norme a été conçue pour être une mise en œuvre de la CEI 61508 dans le domaine de l'industrie des processus.

## V. PROJECTION ET ETUDE DE NOTRE CAS

### V.1. ANALYSE SIL

#### Démarche de l'analyse :

- a) Identification de l'événement redouté et de sa gravité :Déversement produit dangereux inflammable (condensat) adjacente des équipements vitaux process.
- b) Identification des scénarios possibles et de leur fréquence initiale :Déversement (2 à 3 fois/an)incendie (2 à 3 fois/an), explosion (1/an), pollution air et nappe (2 à 3 fois/an), exploitation abusive d'équipement (365 opérations/ans), brulures (2 à 3 fois/an)
- c) Recherche des barrières et calcul de la fréquence résiduelle (FR) pour chaque Scénario : un seul système a sécurité fonctionnelle (E/E/EPS) pour avoir une fréquence de FR 0.001/an au lieu de 0.5/an
- d) Attribution des FRR requis et de la classe SIL à la chaine : paragraphe suivant (B).

### V.2. ATTRIBUTION CLASSES SIL

D'après le diagramme des classes conventionnées de SIL[annexe10] de la norme CEI61508 on doit développer notre circuit de réalisation pratique de sécurité tenant en considérationla protection des biens, des personnes et de l'environnement dansnotre site industriel classé dangereux.

- La première classe (sans SIL) : c'est notre point de départ, là où il n'y pas d'un système de vidange automatique, pas de supervision déportée, indisponibilité de la plupart des équipements, des déversements répétitifs et parfois jusqu'à la formation d'une flaque de dizaine de m<sup>3</sup> de condensat (remplissage caniveaux périmètre turbines/pompes principale).
- La deuxième classe (SIL1/mode *continu*) : prévision d'un système performant (E/E/EPS) de supervision, contrôle et commande pour travailler dans des intervalles de niveaux de condensat non critiques (20-50 %) en mode automatique ou semi-automatique avec signalisation des alarmes et niveaux.
- La troisième classe de sécurité (SIL2/mode *continu*) : si le SIL 1 n'a pas répondu pour des raisons multiples (technico-humaine) on est recours à un autre niveau de sécurité qui est base d'une alarme lumineuse et sonore qui requise l'intervention de l'opérateur de site pour un vidange manuel et secours de situation dans les alentours de 85%.
- La troisième couche (SIL3/mode *sollicité*) : ou la couche (SIS), la plus importante en protection et qui by-pass les autres niveaux de sécurités, réagit en priorité d'urgence, conçu à base d'un circuit purement câblé pour la commande du système de vidange aux alentours de 90%.

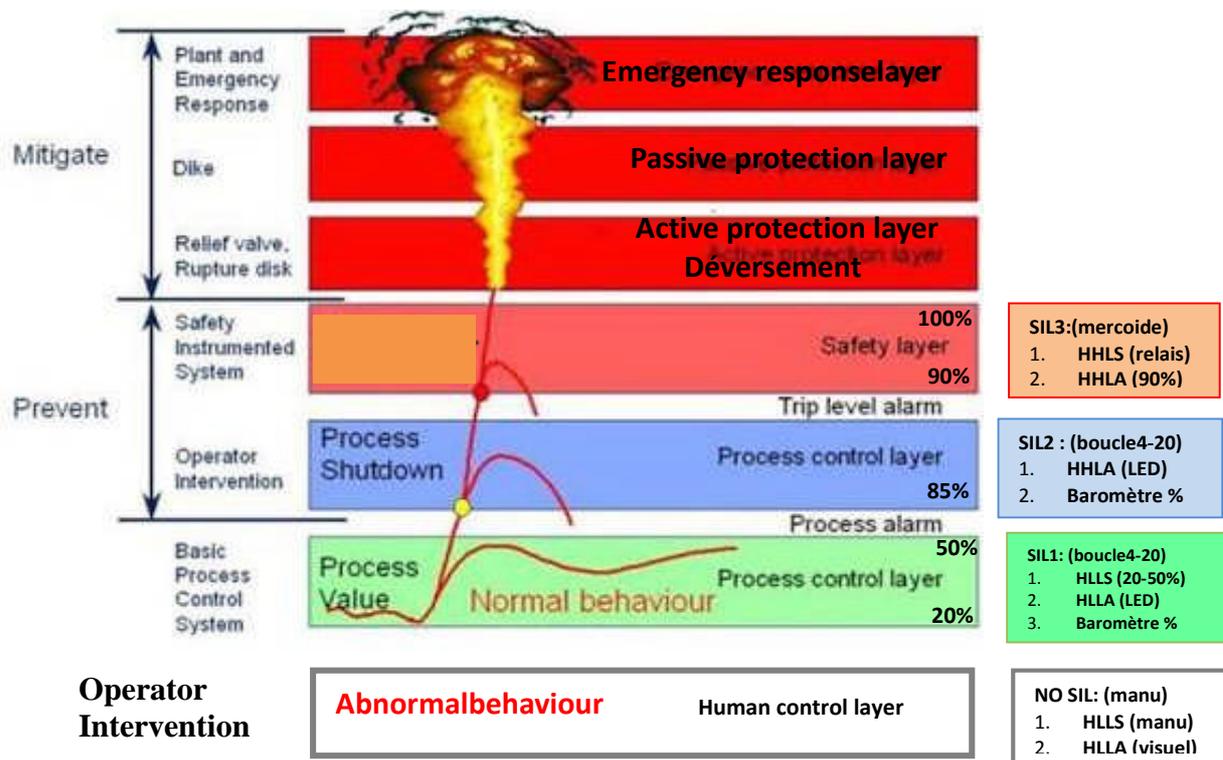


Figure II-11 Attribution Classes SIL Pour Notre Cas

VI. CONCLUSION

Ce chapitre nous a permis de bien comprendre les exigences des normes et directives internationales dans le sens de délimiter le monde industriel dans un seul et unique objectif « la sécurité des personnes et des biens »

Parmi ces normes la norme **IEC 61508** issue de **Seveso II** concernant l'assurance de la sécurité dans l'industrie des processus à risque élevé par la prescription d'une sécurité fonctionnelle à base des systèmes Electrique/Electronique/Electronique Programmée.

Ces notions nous ont permis de fournir un système de sécurité fonctionnelle pour une installation vétuste non protégée à risque jugé grave et fréquent par une équipe multidisciplinaire par des équipements performants normalisés E/E/EP disponible dans notre site.

Une étude technico-économique nous a permis la fourniture de ce système d'intégrité de sécurité suite au faible coût de revient en bénéficiant de la disponibilité de la plus part des composants utilisés.

# Chapitre III

## REALISATION PRATIQUE

### I. PROBLEMATIQUE

### II. PLAN D'ACTION

A. **PHASE1** : INSTALLATION D'UNE BOUCLE 4-20mA DE TRANSMISSION ET D'AFFICHAGE DE NIVEAU PUISARD R620 STATION CONDENSAT.

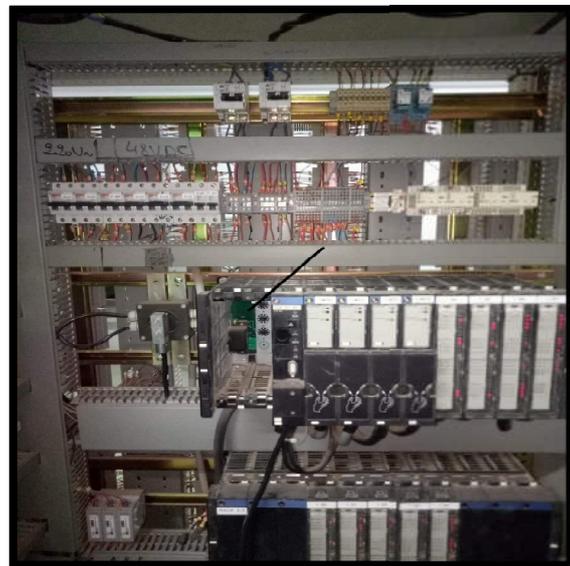
B. **PHASE2** : PROGRAMMATION ET INSTALLATION DES CONVERTISSEURS UNIVERSELS (V600) POUR LSAH/LSAL NIVEAUX PUISARD R620.

C. **PHASE3** : INSTALLATION DES RELAIS DE SIGNALISATION ET COMMANDE CIRCUIT MISE EN SERVICE POMPERIE GAVAGE ET TRANSFERT EN MODE D'EXPLOITATION AUTOMATIQUE (SIL1) DU PUISARD R620.

### III. DISCUSSION DES RESULTATS ET CONCLUSION

**PROBLEMATIQUE**

1. La carence de la supervision dans la salle de contrôle du niveau de la citerne de purge (puisard) du produit condensat a subit le contrecoup des exploitants par un nombre excessif de déplacements sur site et l'ouverture d'une prise de vue conçue pour le jaugeage manuel (**FigureIII-1-a**) en faisant contact direct avec un chapeau de gaz nocif et dangereux en plus l'imprécision du jaugeage visuel et surtout pendant la nuit. Ce qui nous positionne dans la situation de NO SIL (Safety Integrity Level) en occurrence la sécurité des installations, des êtres humains et d'environnement avec des factures très lourdes de **remise en état** dans le cas échéant d'incident ou d'accident et ne parlant pas des sanctions morales dans le cas de perte humaine.



**FigureIII-1 a)** Prise de jaugeage manuel

**Figure III-1b)** Alimentation automatique défectueuse

2. Défaillance totale de l'automate station par manque d'alimentation (SUP 702 télémécanique (**FigureIII-1-b**) qui engendre le non fonctionnement de tout un système d'automatisme conçu pour protéger le réservoir de condensat contre le débordement et met en cause la réponse des deux (02) flotteurs à mercoides HHLA, HLLS (High High Level Alarm, High Low Level Switch) puis le non enclenchement automatique des pompes de réinjection ce qui touche aux niveaux de sécurités SIL1 ainsi le manque du signal d'alarme qui implique l'intervention de l'opérateur en secours de situation SIL2. donc manque du « CONTROL SYSTEM-active/dynamic ».
3. Absence totale du niveau de sécurité SIL3 (Safety Integrity Level 3) à base de logique câblée (relayage/Switch) qui est le SIS (Security Instrumented System) cette sécurité by-

pass l'opérateur ou bientôt pour le couvrir, en utilisant les contacts HHLS (High HighLevel Switch) et LLLS (Low Low Level Switch). donc manque de « SAFETY SYSTEM-passive/dormant » voir chapitre II.

4. Les flotteurs existants sont à base de tubes à mercures *Figure III-11*, un système dépassé posant des problèmes de blocage et de fidélité ainsi de maintenance par le manque de la PDR (mercure interdit dans l'industrie pour des raisons environnementales et financières)
5. Manque de Presso-Switch (pressostat) qui sert au pilotage automatique des pompes de transferts MP623/624 à base de pression de refoulement (2bar) des pompes de gavage MP621/622 (s'assurer de la présence du produit) donc protection des pompes, Un faible débit peut simplement engendrer la surchauffe d'une pompe *Figure III-22*.
6. La commande des pompes se fait pour le moment uniquement manuelle locale et manuelle distance par un système de choix et de sélection *Figure III-17*.
7. Le système de supervision et d'acquisition de données est hors service par carence de terminaux de supervision ainsi la déficience du système de communication qui est à base de protocole FIP (Factory Instrumentation Protocol) qui nécessite une révision pertinente et minutieuse en correspondance avec l'automate station télémécanique.



*Figure III-2* Boîte à réseau FIP way isolé (Api-superviseur)

## ■ PLAN D'ACTION

### II.1. PHASE 1 : INSTALLATION D'UNE BOUCLE 4-20mA DE TRANSMISSION ET D'AFFICHAGE DE NIVEAU PUISARD R620 STATION

#### 1. OBJET

La mise en évidence d'une nouvelle boucle 4-20 mA à base de transmetteur (HART) avec affichage digital électroluminescent sur tableau synoptique station du niveau réel de puisard de drainage **R620** du produit condensat, suite à la demande de l'exploitation et les normes de sécurité approuvées par SONATRACH.

**Lieu :** NZ1/PUISARD DE PURGE/SALLE DE CONTROLE

#### 2. ETAT DES LIEUX ET CONSTATATIONS

Discuter avec le chef de station NZ1 la faisabilité d'installer un nouveau transmetteur pour l'affichage (système actuel aveugle) en temps réel sur tableau de commande de la salle de contrôle du niveau du produit condensat afin de renforcer le système de sécurité par la création des niveaux de sécurité SIL (Safety Integrity Level) conformément à la législation et politique HSE SONATRACH qui répond aussi à la norme internationale IEC61508, ainsi pour soutenir l'exploitation.

D'autre part, une équipe multi disciplinaire (**HAZOP**) composée des agents HSE, exploitants, mécaniciens et électriciens, est associée pour répondre aux différentes contraintes et problèmes qui peuvent nous rencontrer au cours de la réalisation de ce projet d'envergure avec l'évaluation et l'analyse des risques.

A cet effet, une prospection était faite pour aménager un ensemble de transmetteur HART et afficheur numérique en pourcentage pour un test de fonctionnement et étalonnage dans l'atelier en premier temps puis faire un transfert éventuel vers le dit site.

Suite à la délicatesse de l'espace de travail (zone 0) explosive, on a recours à une sécurité augmentée par l'utilisation des équipements (ATEX) de premier choix en terme de fiabilité, sécurité et pérennité d'où vient l'utilisation d'un transmetteur (HART) de la marque "MAGNETROL" [annexe4] et un afficheur de marque "MADIP" [annexe1] de dernière génération conçu pour la nouvelle station OZ2 (exigence équipement).

### 3. CHRONOLOGIE DES TRAVAUX REALISES PHASE 1

Début de travaux dans l'atelier par la réalisation d'une boucle de transmission locale avec un transmetteur, un afficheur et une alimentation de 24Vdc *figureIII-3*.



*FigureIII-3*Travaux préliminaires de réalisation d'une boucle 4-20mA

Mise en service et étalonnage avec le communicateur **HART 375**[annexe2] par simulation manuelle des niveaux et calibration des courants 4mA (**LRV**) et 20mA (**URV**).

Le réglage en mode programmation sur afficheur 'MADIP' [annexe1] des valeurs  
LOWet HIGHT



*FigureIII-4*Interface programmation afficheur 'MADIP'

Démantèlement de la bride 6'' puisard NZ1 conçu pour la télémétrie avec l'assistance du service mécanique station, pour préparer la pose de notre futur transmetteur LT6200, voir **figureIII-5**.



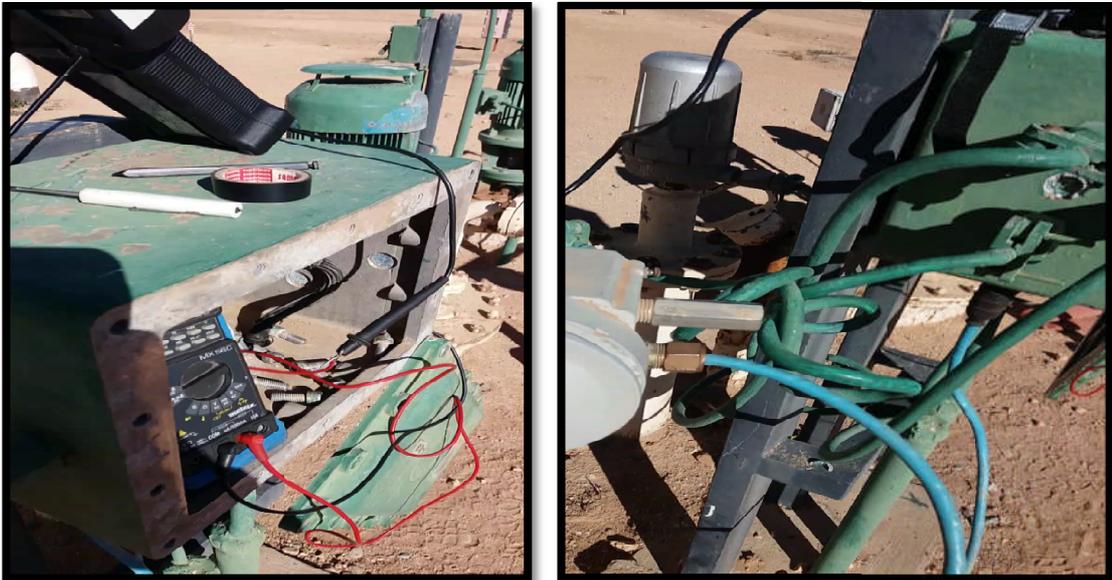
**FigureIII-5** Pose du transmetteur sur bride 6''

Repérage du câble de terrain entre armoire répartiteur station **GG** située dans la salle technique et le coffret C3 du site dans les borniers **S1P4** fiches B11/B12.



**FigureIII-6** Armoire répartiteur station **GG** avec (02) sections et (10) plaques

Câblage du transmetteur à partir du coffret C3 en utilisant un câble d'instrumentation normalisé avec armature et tresse *Figure III-7*.



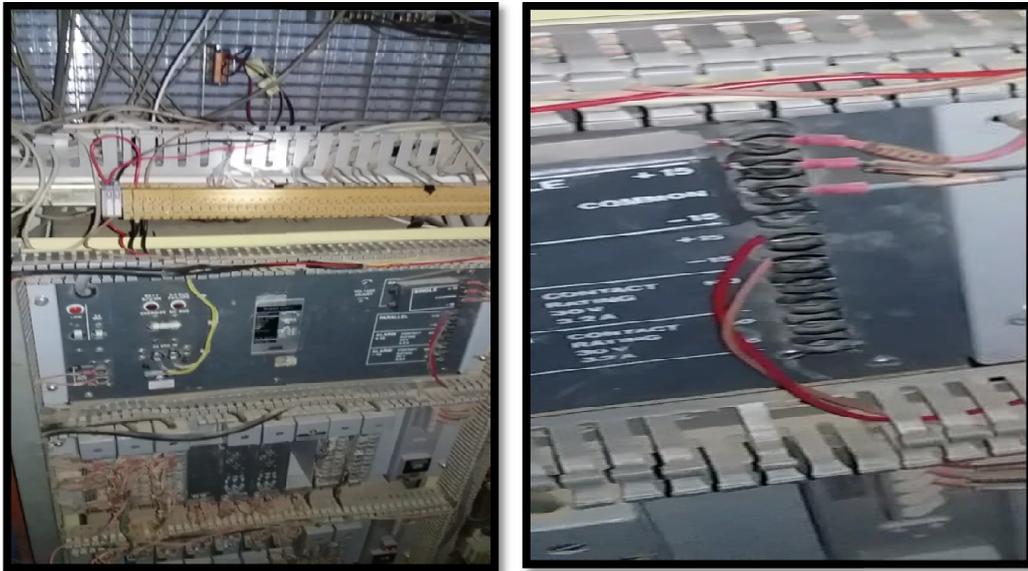
*Figure III-7* Boite de jonction 'coffret' C3 de liaison site et salle de contrôle  
Travaux sur site pour allonger le fil (Stainless Steel) de suspension flotteur à 2400mm en fonction de la hauteur citerne plus colonne, (Corrections des distances par rapport à la citerne d'essence d'origine) puis redimensionner la longueur du fil de flotteur pour avoir 4300 mm bout à bout [annexe 5].

Tirage d'un câble d'instrumentation à quatre (04) paires de huit (08) mètres entre l'armoire répartiteur station **GG** et la plaque borniers **BR TCC** synoptique station afin d'interconnecter le transmetteur à l'afficheur en premier temps et d'autres futures liaisons.



*Figure III-8* Plaque à bornes BR-TCC

Alloué une source d'alimentation de 30Vdc (28Vdc réelle) stable du rack de régulation 'FOXBORO' TCC pour alimenter l'afficheur et la boucle de transmission.

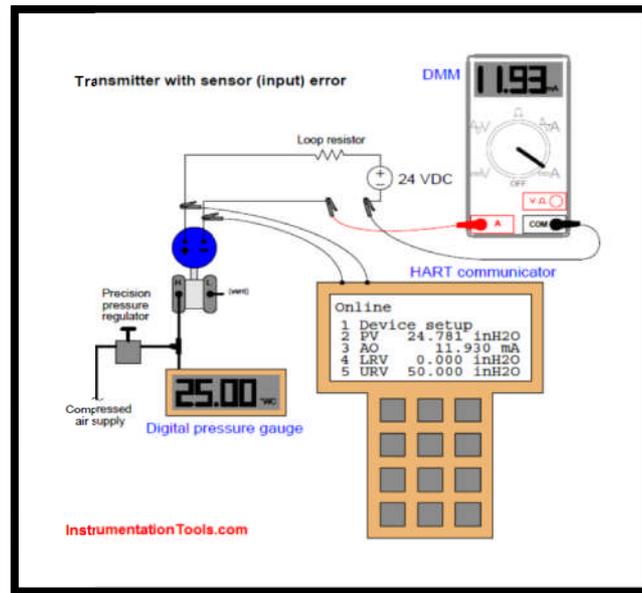


*Figure III-9* L'alimentation 'FOXBORO' de 28Vdc choisit

Travaux d'étalonnage avec le 'Pocket HART' [annexe2] et afficheur 'MADIP' [annexe1] à la fois du niveau bas 4mA correspond à 400 mm (LRV) et 20mA correspond à 2000mm (URV) par remplissage du produit réel (condensat) avec l'utilisation de la carotte de jaugeage *Figure III-1-a* en assistance et présence de l'opérateur du site, voir *Figure III-10* et *Figure III-11*.



*Figure III-10* Etalonnage transmetteur 'Magnétrol' avec le 'PocketHART375'



**Figure III-11** Exemple d'étalonnage avec pocket HART et affichage de LRV et URV

### ETALONNAGE – MENU HART [10]

ACTION    ECRAN/COMMENTAIRE

I/O    **Lancer la programmation**

1    **Passer en mode configuration** : pour poursuivre la procédure, appuyer sur l'une des touches numériques suivantes :

> 1    **entrez le mot de passe**

> 2    **Passez en mode étalonnage**

> 1    **valeurs de référence**

> 1    **4mA** : appliquer une nouvelle entrée associée à 4mA :

> 1    **Sélectionnez-la comme étant la valeur correspondant à 4mA** : le niveau actuel deviendra le nouveau niveau à 4mA

> 2    **Lisez la nouvelle valeur** : introduisez une valeur qui correspondra 4mA

> 3    **Maintenez la valeur affichée** : conservez l'ancienne valeur correspondant à 4mA

> 2    **20mA** : appliquez une nouvelle entrée associée à 20mA :

> 1    **Sélectionnez-la comme étant la valeur correspondant à 20mA** : le niveau actuel deviendra le nouveau niveau à 20mA

> 2    **lisez la nouvelle valeur** : introduisez une valeur qui correspondra 20mA

> 3    **Maintenez la valeur affichée** : conservez l'ancienne valeur correspondant à 20mA

> 3    **20mA en %** : entrez la plage de mesure en % plutôt que le niveau réel

> 4    **Fin**

> 2    **Atténuation**

> 3    **état de défaut** (sélectionnez par l'intermédiaire des boutons poussoirs ↑ et ↓

3.6 mA

22 mA

> 4    **Date/Heure/Initiales** : informations relatives à la dernière modification apportée aux données

- 
- > 5           **Essai en boucle**
  - > 1           **4 mA** : appareil se bloque à 4 mA
  - > 2           **20mA** : appareil se bloque à 20mA
  - > 3           **Autres** : entrez une valeur comprise entre 3.6 et 22
  - > 4           **fin**
- 
- > 3            **passez en mode configuration de base**
  - > 1           **Repère** : entrez le numéro d'identification de l'appareil
  - > 2           **Descriptif** : 16 caractères max. – descriptif client du transmetteur
  - > 3           **Message** : 32 caractères – réservé au message client
  - > 4           **Numéro d'assemblage final** : numéro d'assemblage fini de l'appareil
  - > 5           **Adresse d'interrogation** : à n'utiliser qu'en cas de raccordement de plusieurs appareils à une même boucle – laissez la valeur "0" si vous exploitez l'appareil  
Comme transmetteur unique
- 
- > 4           **Passez en mode de configuration avancée**
  - > 1           **Déterminez le point sec** : cette valeur n'est indispensable qu'en cas de changement de masse volumique. Le point sec correspond à la position où le plongeur pend librement sans être en contact avec le liquide.
  - > 2           **LVDT %** : extrait les pourcentages requis
  - > 3           **Masse volume.** : définit la valeur de la masse volumique
  - > 4           **Codes d'erreur** : consultez l'usine si une valeur différente de '0000' s'affiche
  - > 5           **Nouveau mot de passe** : l'entrée du nouveau mot de passe suivant "factory default value 0" aura pour effet de désactiver la fonction mot de passe
  - > 6           **Réajustement du point 4mA** : correspondance approximative avec la boucle de courant de 4mA
  - > 7           **Réajustement du point 20mA** : correspondance approximative avec la boucle de courant de 20mA
  - > 8           **Point de réglage 4 mA** : correspondance précise avec la boucle de courant de 4mA
  - > 9           **Point de réglage 20 mA** : correspondance précise avec la boucle de courant de 20mA
  - >>>           **Attribution du numéro de série** : le numéro de série est attribué en usine et ne peut pas être modifié sur site
- 
- > 5           **Passez en mode révision** : révision de l'ensemble
 

Modèle	Masse volumique
Fabricant	Date
Magnetrol S/N	Numéro d'assemblage final
Id de l'appareil	Rév. Universelle
Repère	Rév. Appareil dur site
Descripteur	Rév. Logiciel
Message	Adresse d'interrogation
Atténuation	Présélection des numéros requis
Défaut	

Fin des travaux et mise en service de la boucle de régulation pour affichage sur tableau de commande *Figure III-4*.

**4. CONCLUSION**

- ✓ Le système est mis sous test pour un éventuel perfectionnement.
- ✓ Le système est conçu pour être efficace et simple à entretenir surtout en utilisant le protocole 'HART' pour étalonnage (sur site ou à distance salle technique)
- ✓ Une alimentation très stable 28Vdc (5A) de 'FOXBORO' est utilisée.
- ✓ Un travail d'extension pour relier notre boucle à un automate de vidange est en perspective pour passer à un système de sécurité de niveau SIL1.

**5. CONSOMMATION EN PDR ET CONSOMMABLE [annexe 7].**

## II.2. PHASE2 : PROGRAMMATION ET INSTALATION DES CONVERTISSEURS UNIVERSELS A SEUILS POUR LSH/LSL NIVEAUX PUISARD R620 STATION CONDENSAT

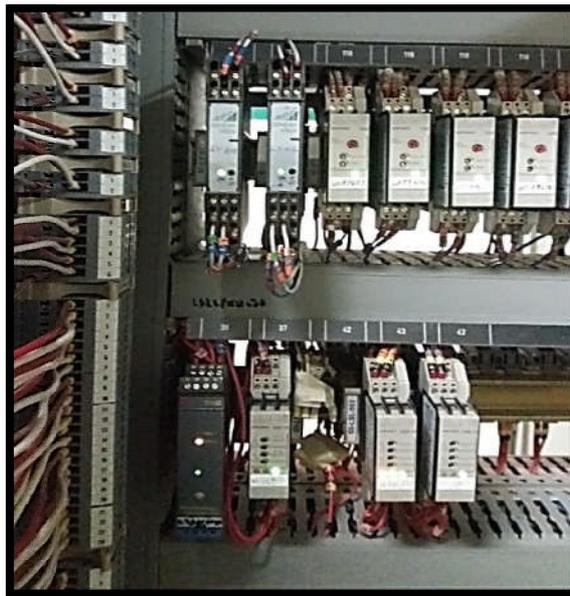
### 1. OBJET

Mise en circuit des relais à seuils pour piloter et signaler les différents niveaux du puisard.

**Lieu :** NZ1/SALLE TECHNIQUE/PUISARD DE PURGE

### 2. ETAT DES LIEUX ET CONSTATATIONS

Pour bien exploiter l'information reçue par le transmetteur de niveau en but de signalisation, commande et supervision, des relais à seuils (convertisseur universel) sont vivement préconisés dans l'installation. Ils servent ainsi à sécuriser l'afficheur des perturbations du site tout en assurant un isolement galvanique et amplifier le courant de transmission suite à la distance parcourue (perte due à la liaison vétuste).



*Figure III-12* Différents types de relais à seuils

### 3. CHRONOLOGIE DES TRAVAUX PHASE 2

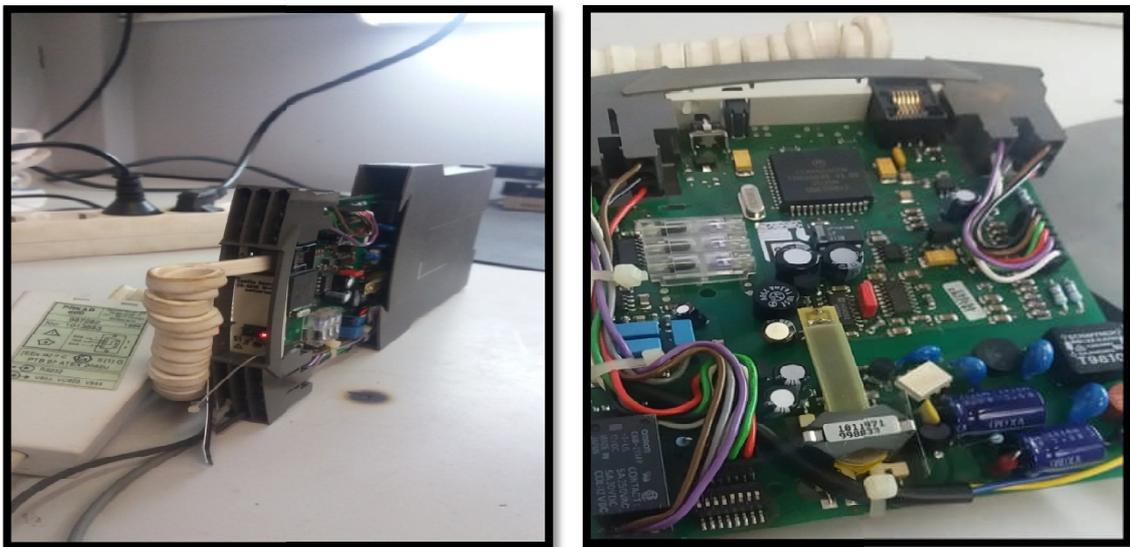
Vérification des contacts des flotteurs à mercoides LLS et HLS sur carte d'entrée automate télémécanique I-23, pour les utiliser plus tard en SIS/SIL3 (logique câblée).



*Figure III-13* Les SwitchLS6200 des deux flotteurs à mercoides

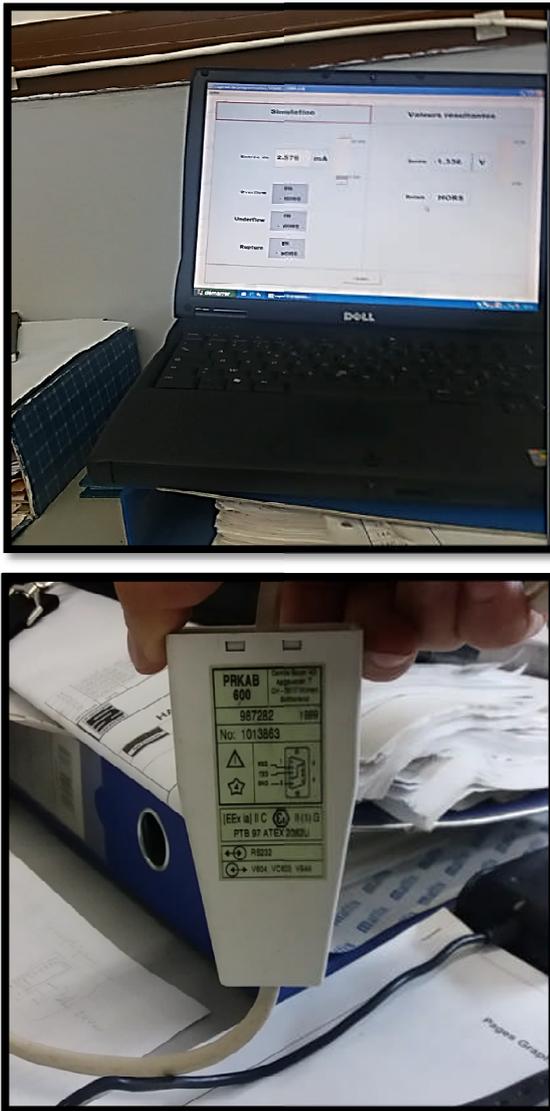
Ces relais à seuils sont utilisés en SIL1, comme barrière de sécurité et amplification et pour remplacer l'automate télémécanique hors service (HS).

Opter pour l'utilisation des convertisseurs de mesure universel SINEAX V604 du constructeur géant suisse CAMILLE BAUER AG découverts en reliquat projet de rénovation des turbines ALSTOM station LN21[12],[13].



**Figure III-14** Relais à seuil V604 programmable

Téléchargement à partir du site constructeur du programme de configuration VC600 V3, 01 CAMILLE BAUER SINEAX en version Windows [annexe3], puis Installation sur les deux (02) PC de maintenance station de ce logiciel pour configurer, simuler et reprogrammer les convertisseurs universels V604 SINEAX existants en stock magasin via le câble de programmation PRKAB 600 [13].



**Figure III-15** Logiciel VC600 sur PC de maintenance station + câble PRKAB600

Renforcer la sécurité des composants du circuit par l'utilisation des borniers à fusibles 2 Ampère de marque 'ENTRELEC' pour alimenter et isoler les équipements suivants : l'afficheur 'MADIP', le convertisseur I/I 'SINEAX', le transmetteur 'MAGNETROL', et l'alimentation générale de 28Vdc venue du rack 'FOXBORO'.

La mise en service du nouveau circuit révisé avec un premier résultat concluant.

Réétalonnage de l'afficheur "MADIP" [annexe1] avec ses boutons de programmation (T1, T2 et T3) en fonction du courant de la source de simulation du logiciel V600 [annexe3] par liaison RS232 [13] au convertisseur. La valeur de la pleine échelle trouvée de 15mA (erronée) est corrigée par le bouton T3 de l'afficheur pour avoir 20mA qui correspond à 100% d'échelle injectée en courant par le simulateur [annexe 3.4].

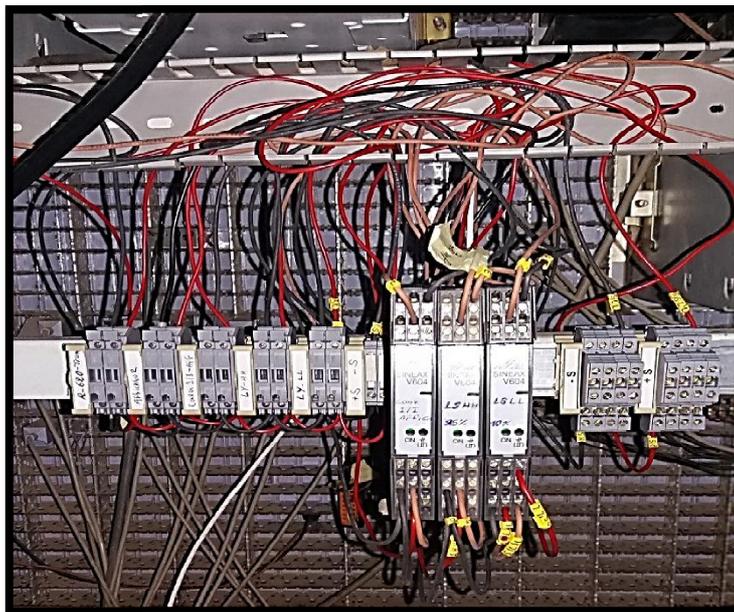
Etablissement d'un schéma préliminaire en s'inspirant du projet d'OZ2 pour faciliter et poursuivre la réalisation pratique du circuit.

Le branchement de l'alimentation 28Vdc et des signaux d'entrées/sorties, des deux (02) autres convertisseurs de niveau haut LSH et bas LSL.

Insertion bloc de (16) borniers 'ENTRELEC' commun pour (+S,-S) de signalisation.

Branchement contact NO (normal open) du relais LSL avec la LED de signalisation TCC, ensuite un test de simulation était fait avec un résultat concluant au-dessous de (30%).

Etiquetage des nouveaux branchements.



*Figure III-16* Circuit phase 2 (affichage et signalisation)

Modifier le schéma de montage de telle sorte d'avoir un point de simulation générale de tout le circuit en attaquant seulement le premier convertisseur I/I (montage série voir schéma SDB).

Finalisation travaux de signalisation et simulation concluante.

**4. CONCLUSION**

- ✓ L'installation d'un nouveau circuit à base de trois (03) relais à seuil pour visualisation, signalisation, sécurisation de l'ensemble puisard dans le compartiment gauche de l'armoire tableau commande contrôle station TCC est réussie.
- ✓ La signalisation de niveau bas (<30%) est concluante sur relais de seuil et sur TCC.
- ✓ La signalisation de niveau haut (>50%) est concluante sur relais de seuil.
- ✓ Montage sous surveillance et en perspective de le brancher comme circuit de commande des relais de 48Vdc de la pomperie de transfert

**5. CONSOMMATION EN PDR ET CONSOMMABLE[annexe8]**

### **II.3. PHASE3 : INSTALATION DES RELAIS DE SIGNALISATION ET COMMANDE DU CIRCUIT DE MISE EN MARCHÉ DE LA POMPERIE GAVAGE ET TRANSFERT EN MODE D'EXPLOITATION AUTOMATIQUE DU PUISARD R620 STATION CONDENSAT**

#### **1. OBJET**

Suite travaux d'automatisation pomperie gavage et transfert en mode d'exploitation normale (normal behavior) avec le niveau de sécurité SIL1 par l'enclenchement de l'ordre de pomperie.

Introduire le niveau de sécurité SIL2 par des alarmes haut (50%), bas (20%) et très haut (80%) en plus du barographe impliquant l'intervention d'opérateurs en cas de non réaction du SIL1.

**Lieu :** NZ1/salle technique/salle électrique/salle de contrôle/site

#### **2. ETAT DES LIEUX ET CONSTATATIONS**

Le démarrage de la pomperie gavage et transfert se fait manuellement sur site sans aucune intervention d'automatisme ou alarme d'enclenchement par l'intermédiaire de l'exploitant pour vidanger le puisard avec des niveaux aléatoires non étudiés, ce qui engendre une exploitation abusive et démesurée de la pomperie, sachant qu'il s'agit des pompes géantes et vétustes de (43.5 Kw /87 Ampère) d'une technologie délicate à trois pistons mobiles gourmandes en énergie.

Par conséquent, on a proposé à l'exploitation la possibilité de bénéficier de la présence du signal de 4-20mA du niveau puisard pour enclenchement et déclenchement en automatique de la pomperie dans un intervalle de (20 à 50%) du niveau reprogrammable selon le choix. Afin de minimiser le nombre d'enclenchement et rentabiliser l'exploitation en préservant toujours la présence de l'agent sur site pour un éventuel choix et ouverture des vanne manuelles jusqu'au changement des clapets anti-retour fuyards qui met en cause le remplissage casuel du puisard.

**NB :** la pompe MP624 indisponible de point de vue mécanique suite à la rondelle frein détachée du couloir piston qui engendre un bruit flagrant et des éventuels étincelles, ce qui met en condition son exploitation par mesure de sécurité.

- La pompe MP621 manque d'un ventilateur de refroidissement ce qui l'a met aussi en stand-by.

- Les clapets anti-retour série 300 huit boulons refoulement transfert sont fuyards ce qui gêne l'exploitation et provoque le remplissage prompt du puisard.
- Les pressostats PLS6230/6240 vétustes et inopérants.
- Piquage pressostat PLS6230 fuyard.



*Figure III-17* Pomperiegavage (refoul. 4 bar) et transfert(refoul.38 bar)

### 3. CHRONOLOGIE DES TRAVAUX EN PHASE3

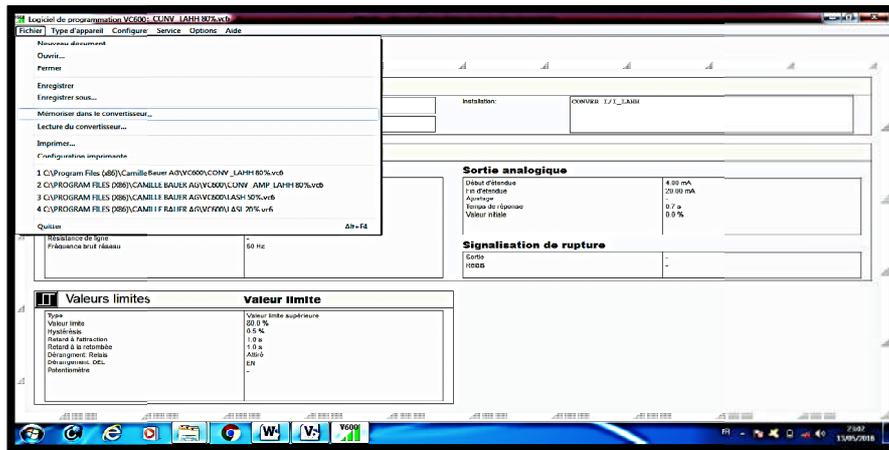
Travaux d'installation et branchement des relais 24Vdc K1-LSH, K2-LSL et MPDSHM avec signalisation sur TCC.



*Figure III-18* Installation des relais 24Vdc 'Entelec'

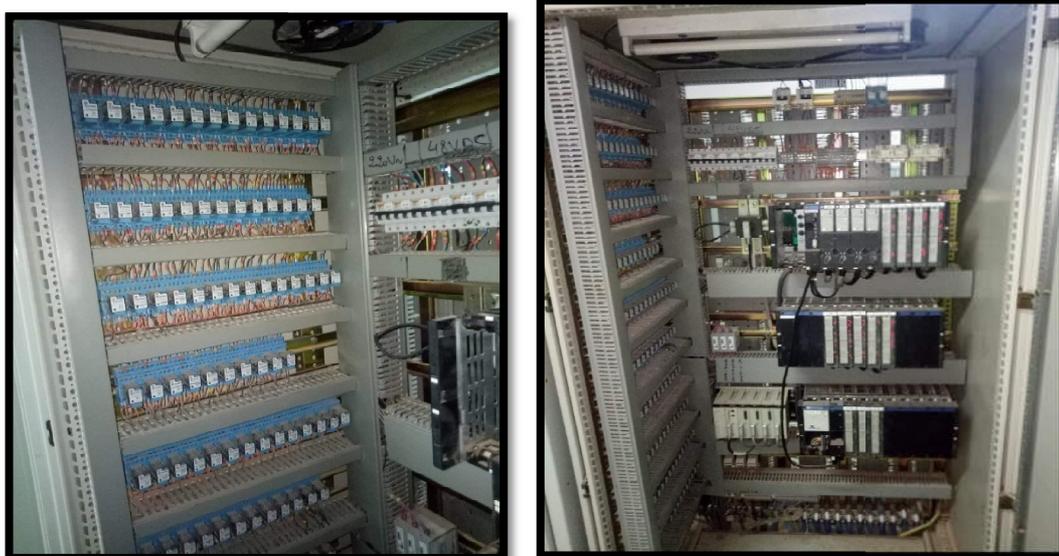
Configurer avec l’interface du programme VC600 le relais du convertisseur V604 N°1 pour activer une alarme visuelle pour (80%) du niveau équivalent à 16,7 mA **figure III-29** et le 2ème convertisseur à la valeur (50%) LSH **figure III-30** avec la fermeture du relais K1 24Vdc qui enclenche une alarme visuelle, enfin configurer le 3ème convertisseur à la valeur (20%) LSL **figure III-31** avec l’activation du relais K2 24Vdc d’alarme et futur arrêt pomperie.

Enregistrement des nouveaux paramètres sur PC et les charger (uploader) sur les convertisseurs appropriés.



**Figure III-19** Téléchargement programme sur RAM convertisseur pour exécution

Simuler les différents niveaux par le logiciel VC600 sur le 1<sup>er</sup> convertisseur pour tester les différents niveaux.



**Figure III-20** Compartiment relais ‘FINDER’ 48Vdc dans l’armoire automate station

Test de démarrage pompes de gavage MP621/MP622 et de transfert MP623/MP624 pour localiser les relais responsables au démarrage (relais S42/S59) pour un futur branchement automatique avec notre circuit.

Installer des nouveaux supports lampes à LED sur le TCC pour signalisation :

- LAHH (80%) en rouge.
- LAH (50%) en orange.
- LAL (20%) en vert clair.

Un test de simulation (augmenter la performance des équipements SIL) *Figure III-19* était fait avec succès en présence d'un exploitant.

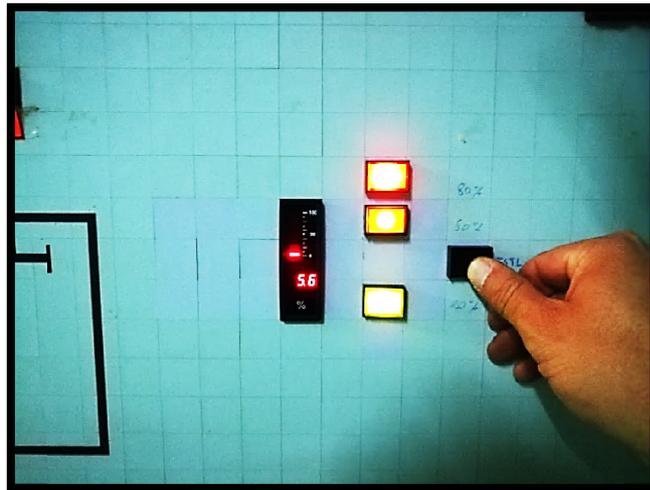


*Figure III-21* Signalisation LSL, LSH, LAHH en mode SIL2

Prospection des instruments nécessaires (bouton poussoir, fils électrique, diodes etc.) pour l'intégration d'un système de test lampes sur le TCC pour épreuve visuelle et préventive des LED's de signalisation (niveau bas, haut et très haut) dans le cadre d'assurer des tests fréquents exigés par les systèmes de sécurité (SIL) par l'insertion de :

- Un bouton poussoir (BP) à chape de pression noir pour la fonction test.
- Des diodes de protection MR752 dans la sortie de bouton poussoir, dans la sortie des relais 24Vdc vers chaque lampes et dans les sorties relais convertisseur vers les relais 24Vdc LAH et LAL. Ceci dans le but d'éliminer des éventuels retours en tension *Figure III-25*.

Le test lampes était probant *Figure III-22*.



**Figure III-22** Fonction de sécurité test Lampes (TSTL)

Suite des tests et étude approfondie des schémas de modification c'est avéré que les relais:

- S42 (MP621 et 622 gavages) et S59 (MP623 et 624 transferts) sont conçus uniquement pour la signalisation Marche/Arrêt des pompes sur le TCC suite fermeture des Switchs tiroirs électriques indiquant l'enclenchement électrique des pompes.
- S41 responsable au démarrage pompe MP621/622 selon la sélection sur site.
- S43 responsable à l'Arrêt pompe sélectionnée MP621 ou 622.
- S44 Marche MP623, S45 Arrêt MP623.
- S46 Marche MP623, S47 arrêt MP624. voir schémas de révision **Figures III-32/33/34**

Un test de simulation était fait qui était concluant pour démarrer et arrêter les pompes de gavage MP621/622 en mode automatique **Figure III-32**

Prospection schémas de commande électrique 220Vac pompe MP623/624 de transfert entre le site, armoire GG et salle électrique<sup>[14]</sup>.

Test de démarrage des pompes MP621/622/623/624 sur site en mode manu/local et manu/TC pour confirmer la disponibilité en mode classique.

Branché la sortie de notre circuit pour faire piloter les deux pompes en parallèle gavage 621 et transfert 623 en mode auto par simulation de niveau résultant le démarrage puis arrêt instantané des pompes après une diminution de niveaux au-dessous de (50%), une mise à niveau de circuit été faite en éliminant le contact fermé du relais MPDSHM qui

empêche la continuité de vidange par excitation du relais S43 et S46, puis le brancher directement sur contacte NO du relais LSL.

Une autre simulation était éloquent avec la présence du chef de centre, des exploitants, service maintenance, service HSE qui était aussi une opportunité pour discuter les anomalies mécaniques, électriques et d'instrumentation rencontrées ainsi la procédure d'exploitation en automatique. Ci-dessous quelques anomalies rencontrées :

- a. En mécanique : bruit, clapets anti retour fuyards, indisponibilité de la MP624
- b. En électricité : entretien des tiroirs électriques, redimensionner les fusibles de puissance et commande, placer le ventilateur de refroidissement pour la MP621
- c. En instrumentation : pressostats d'enclenchement des MP623/624 pour éviter la cavitation, et le surchauffe, étanchement fuite au niveau de piquage pressostat MP623.

Reporté les modifications sur schémas de boucle(SDB) **Figure III-32/33/34**.

Le branchement des pompes MP622 et MP624 existe déjà d'après les schémas de rétrofit consultés, de tel sorte que :

- a) Le relais S41 donne l'ordre de démarrage des deux pompes de gavage MP621 et MP622 à la fois passant par un sélecteur de tri sur site (SCH 633/S24) ainsi le sélecteur (S12R).
- b) Le relais S43 ordonne l'arrêt des deux pompes.
- c) L'ordre de démarrage des pompes de transfert MP623 **Figure III-33** et MP624 **Figure III-34** excite les deux relais S44/S46 à la fois prenant le chemin de la pompe sélectionnée sur site.
- d) L'ordre d'arrêt excite les deux relais S45/S47 à la fois.



**Figure III-23** Sélecteur de choix auto/manu et pompe MP621/622



**Figure III-24** Sélection MP623/624

Le sélecteur de site (S12R) pour le choix des deux pompes 621 ou 622 ou uniquement la 622 **figure III-23** de gauche.

Transformer le circuit de tel sorte d'exclure le relais MPDSHM et restituer uniquement les deux relais 24Vdc K1/K2 voire schéma SDB version finale (60-SP-IN-SDB-620) **Figure III-25**.

Simulé avec le nouveau circuitrévisé et approuvé.

Expliquer aux différentes équipes de quart le nouveau procédé d'exploitation en auto entre (20 et 50%) en garantissant toujours la présence d'un agent sur site pour le choix de pompe et ouverture des vannes manuelles qui remplacent les clapets fuyards.

Reporté les modifications sur schéma(60-SP-IN-SDB-620)

Estampé des contretypes des nouveaux schémas (60-SP-IN-SDB-620) en format (A3) pour la maintenance, l'exploitation et d'archivage.

Réglage 27Vdc au lieu de 29Vdc avec potentiomètre sur sortie module d'alimentation 'FOXBORO' armoire TCC pour ne pas gêner l'alimentation d'autres cartes.

Prospection fils de pressostat d'enclenchement PLS6230/6240 pour mise en condition le démarrage en sécurité des pompes de transfert MP623/624.

Test des deux (02) pressostats non concluant, un changement doit être programmé.

Substituer le 48Vdc alimentant les pressostats par celui de notre circuit K1, et rallongement des deux fils B2/B4 S1P5 GG par l'armoire séquence sur câble B2-3, fil 3 et 4 jusqu'à le bornier JE-8 bornier 5/6 **Figure III-33/34**. Puis branchement des deux nouveaux fils sur le bornier BE-25 puis BS-41.

La liaison des pressostats avec notre circuit est concluante.

Le test de démarrage en auto était concluant avec les nouveaux pressostats PLS6230/6240 en tant que condition indispensable pour le démarrage des pompes transfert MP623/624 **Figures III-33/34**.

Donné soutien au service mécanique station pour mise en disponibilité de la pompe MP624 suite au bruit fracassant causé par la rondelle frein dégagée du couloir piston en la tranchant par meule électrique avec la présence des agent HSE suite à la délicatesse de l'opération et de la surface de travail (milieu explosif), et par conséquent l'élimination de la source d'étincelles qui était la source de l'indisponibilité.

**4. CONCLUSION**

- ✓ L'installation des nouveaux relais 24Vdc 'ENTRELEC' dans notre circuit pour signalisation des alarmes LAHH, LAH, LAL sur tableau commande contrôle station pour garantir les niveaux de sécurité SIL1/2.
- ✓ Insertion d'un système test lampes sur TCC (fonction de sécurité test équipement).
- ✓ Equiper notre circuit par des diodes de protection (ajout de performance).
- ✓ La commande en auto des pompes MP621/MP622/MP623/MP624 est concluante. Ce qui implique le niveau de sécurité SIL1.
- ✓ Impliquer les pressostats PLS6230/6240 des deux pompes MP623/624 comme condition de démarrage pour sécuriser la pomperie de transfert d'un éventuel manque de débit (fonction sécurité des équipements).
- ✓ Mise en disponibilité de la pompe de transfert MP624.

**5. CONSOMMATION EN PDR ET CONSOMMABLE [annexe9].**

**DISCUSSION DES RESULTAS ET CONCLUSION**

Nous allons projeter dans cette phase les principaux acquis obtenus durant notre parcours de réalisation pratique sur site en concrétisant l'ensemble des résultats sous forme de schémas modélisés et révisés, de diagrammes fonctionnels et plans de process subissant des modifications selon le nouveau mode du système de sécurité station et d'exploitation (SIL/SIS).

Nous avons réalisé la plus part des objectifs tracés dans notre problématique. Passant par une simple boucle, d'un circuit E/E/EP faisant fonction d'un automate et la liaison avec le circuit de commande existant.

Ce dernier chapitre de ce mémoire peut servir comme un support de maintenance efficace et de consultation pour les spécialistes de la maintenance et exploitants station et moyen d'inspiration pour les autres stations et sites de notre région d'activité.

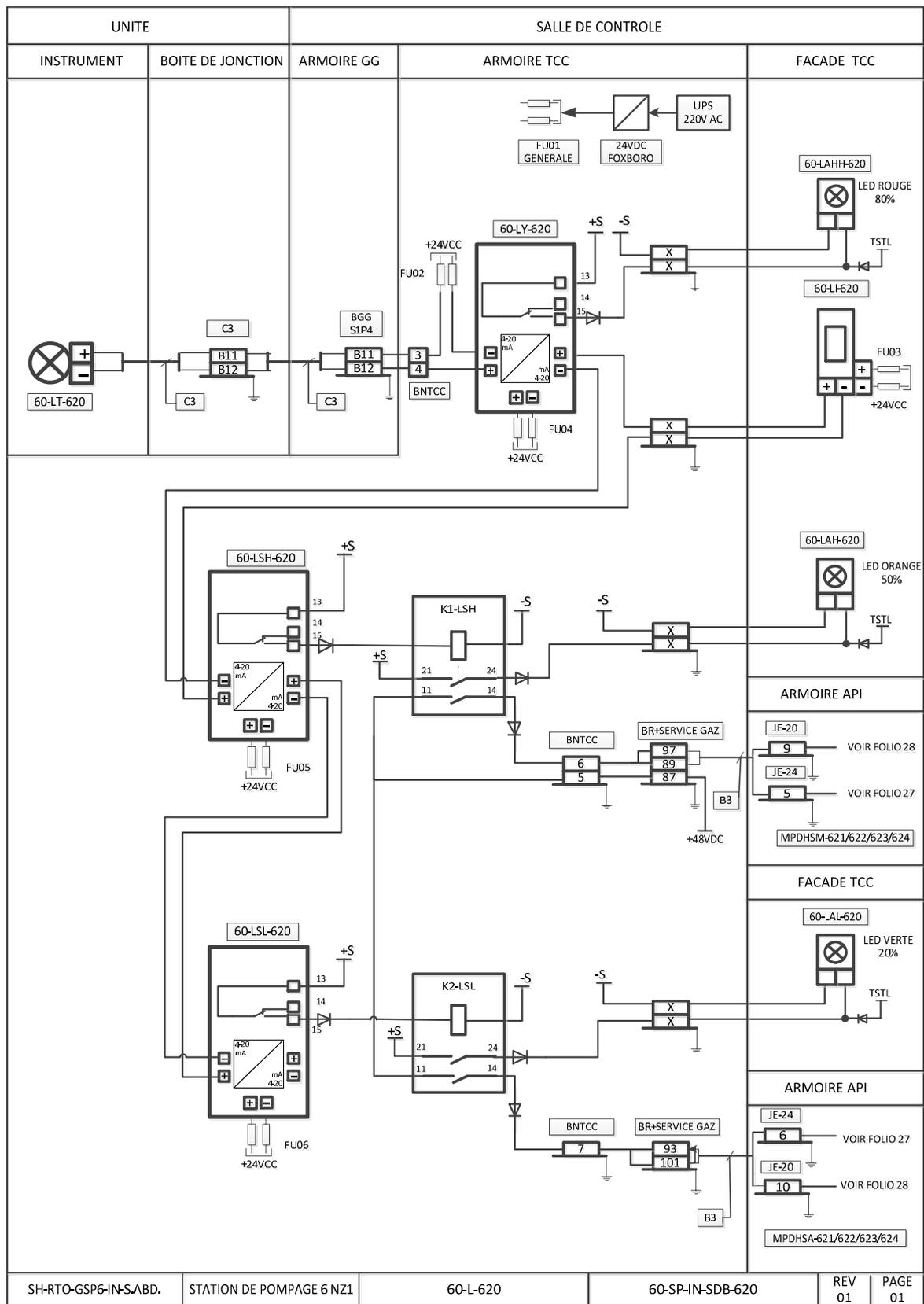


Figure III-25 Schéma De Boucle GénéraleSIL1/2 (SDB)

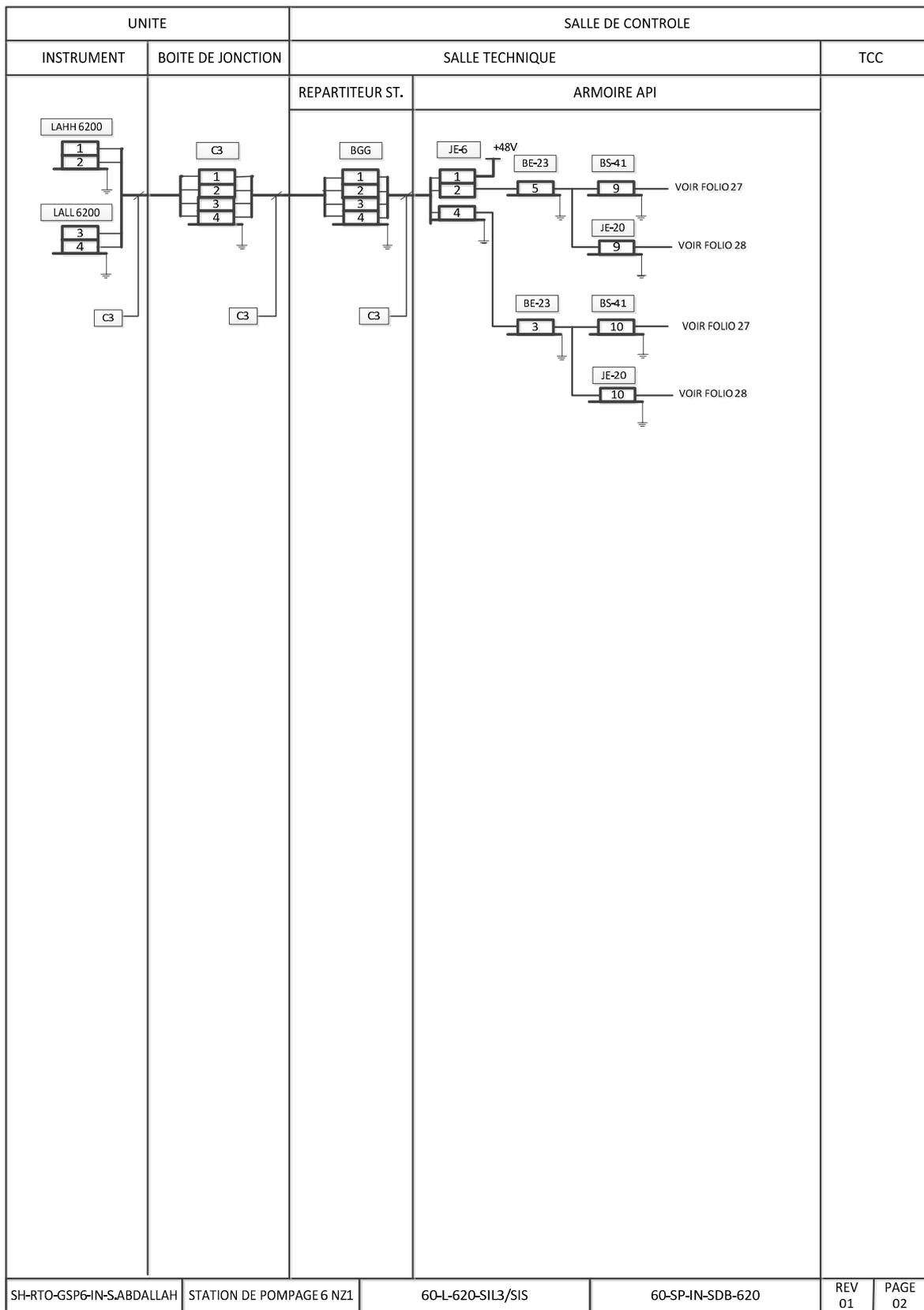


Figure III-26 Schéma De Boucle circuiten mode SIS

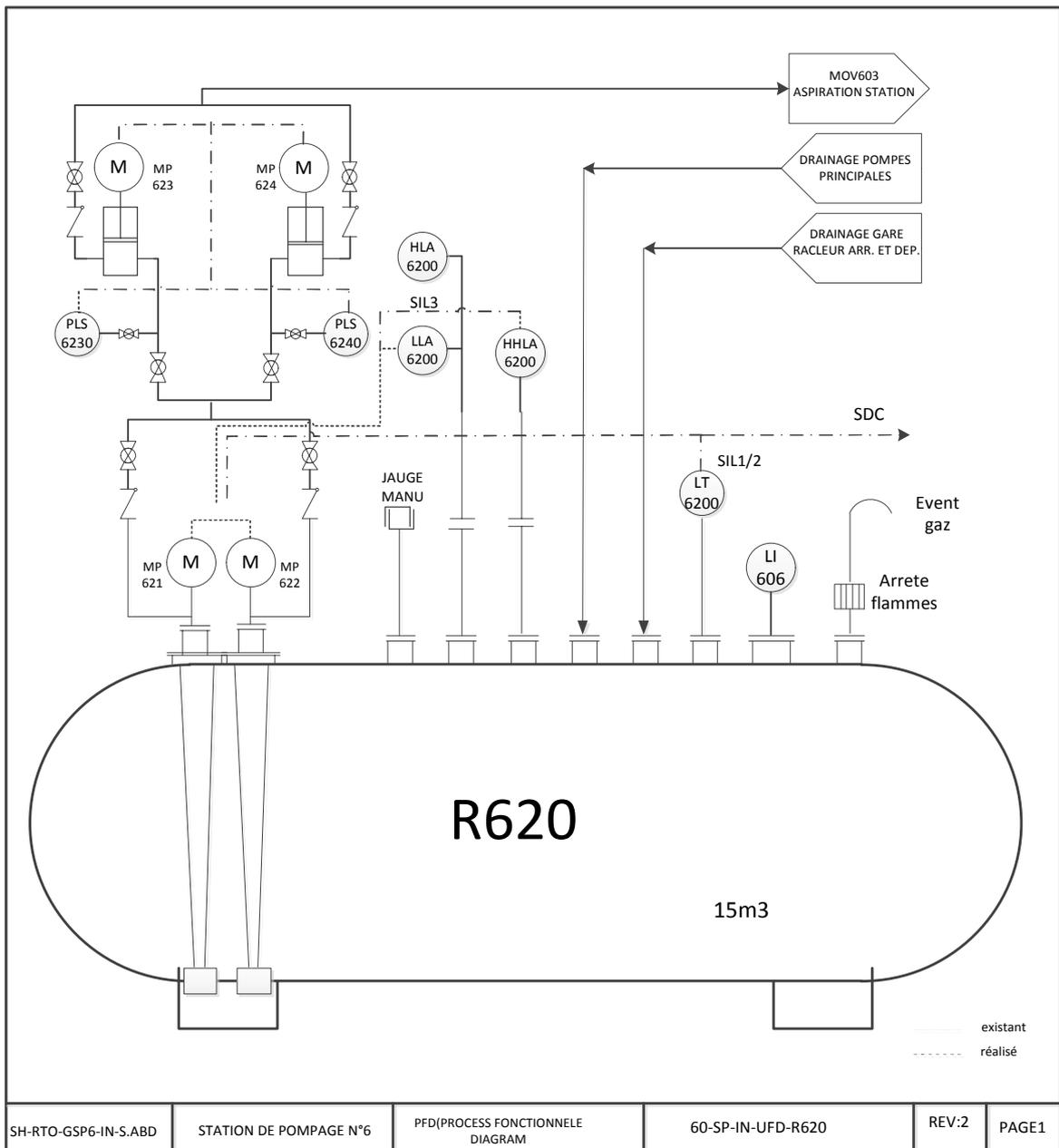


Figure III-27DIAGRAMME FONCTIONNEL PROCESS (FPD)

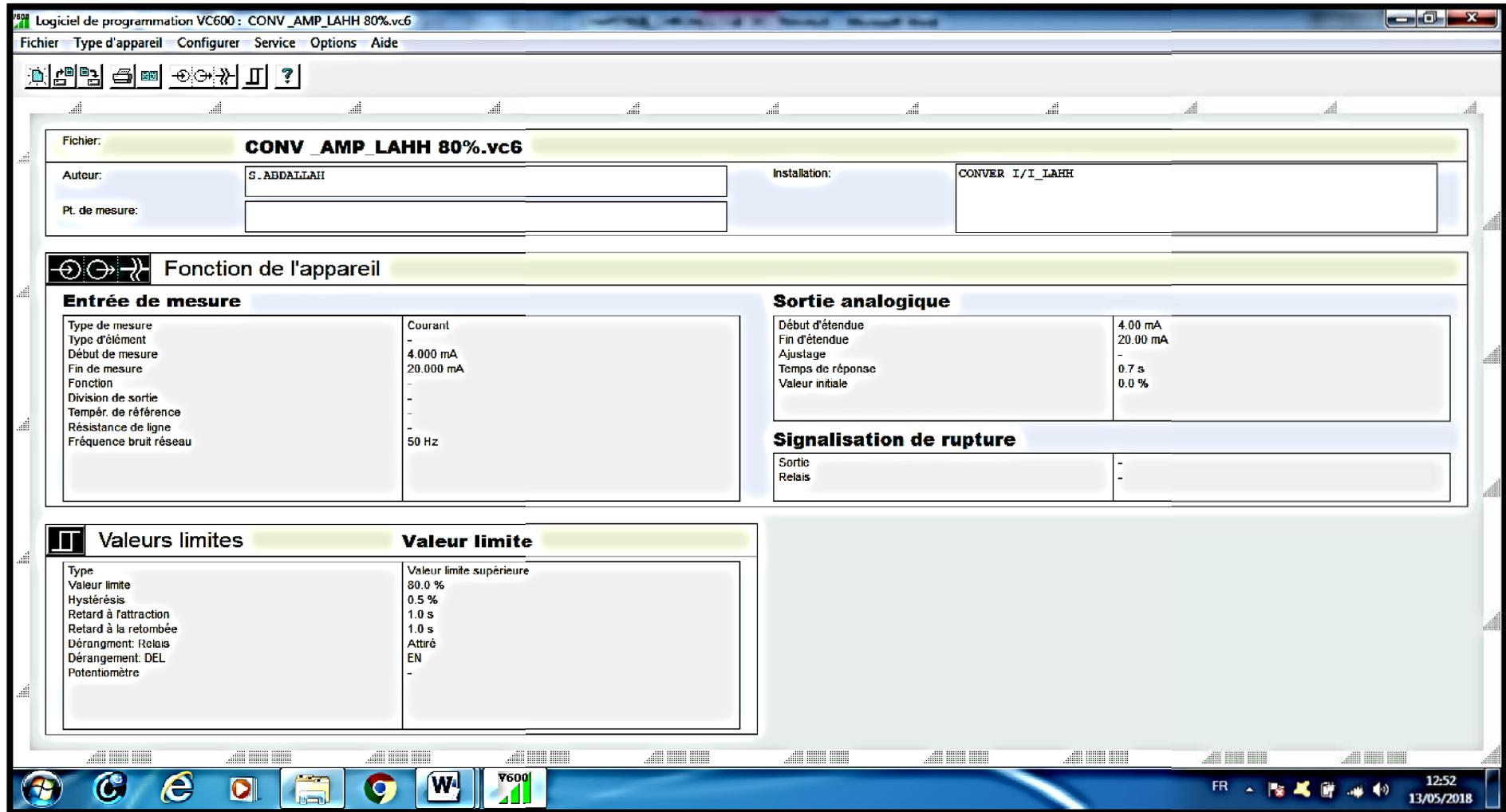


Figure III-29 Programmation Amplificateur I/I avec LAHH (80%) avec (logiciel V600)

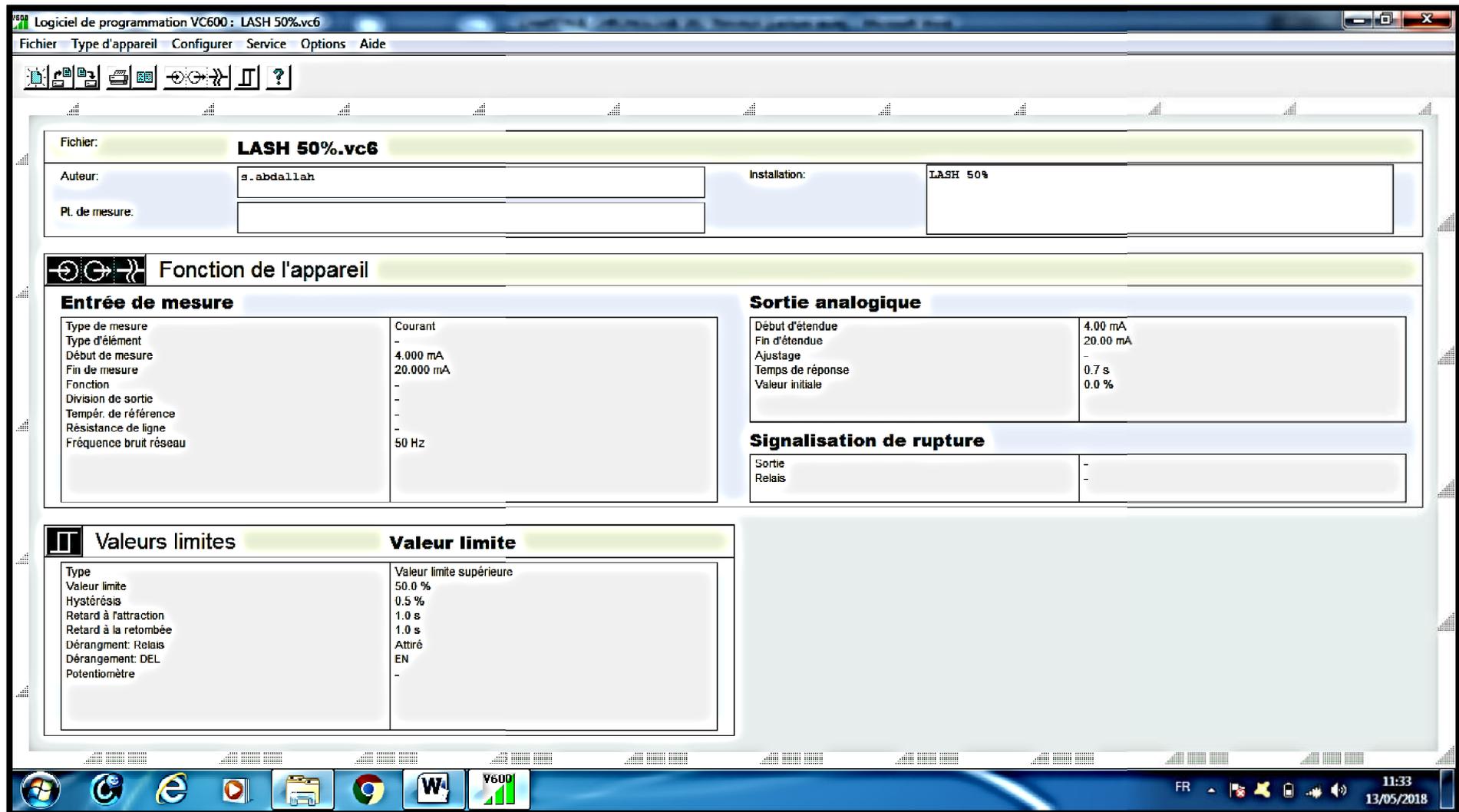


Figure III-30 Programmation LASH (50%)

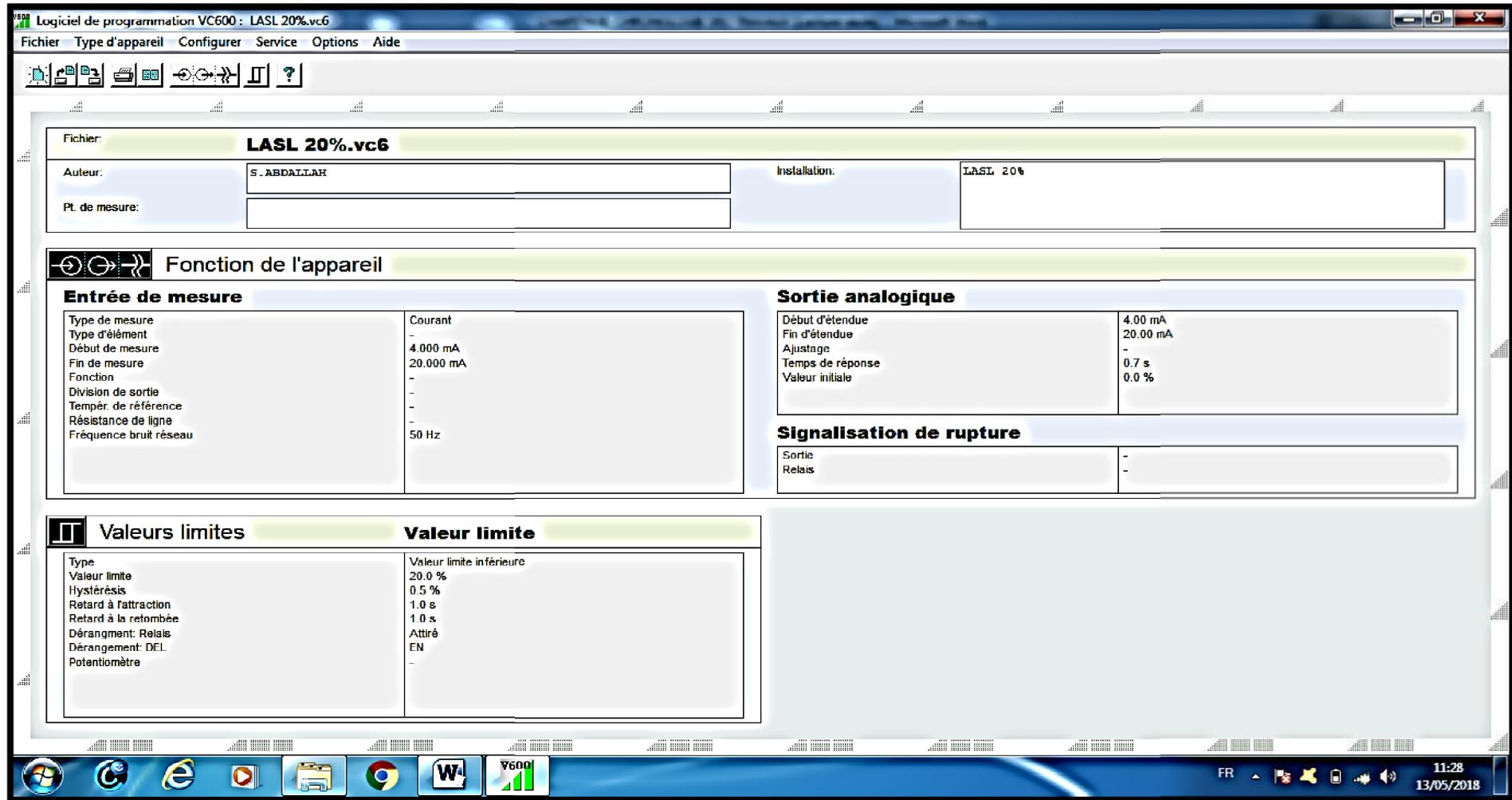


Figure III-31 Programmation LASL (20%)

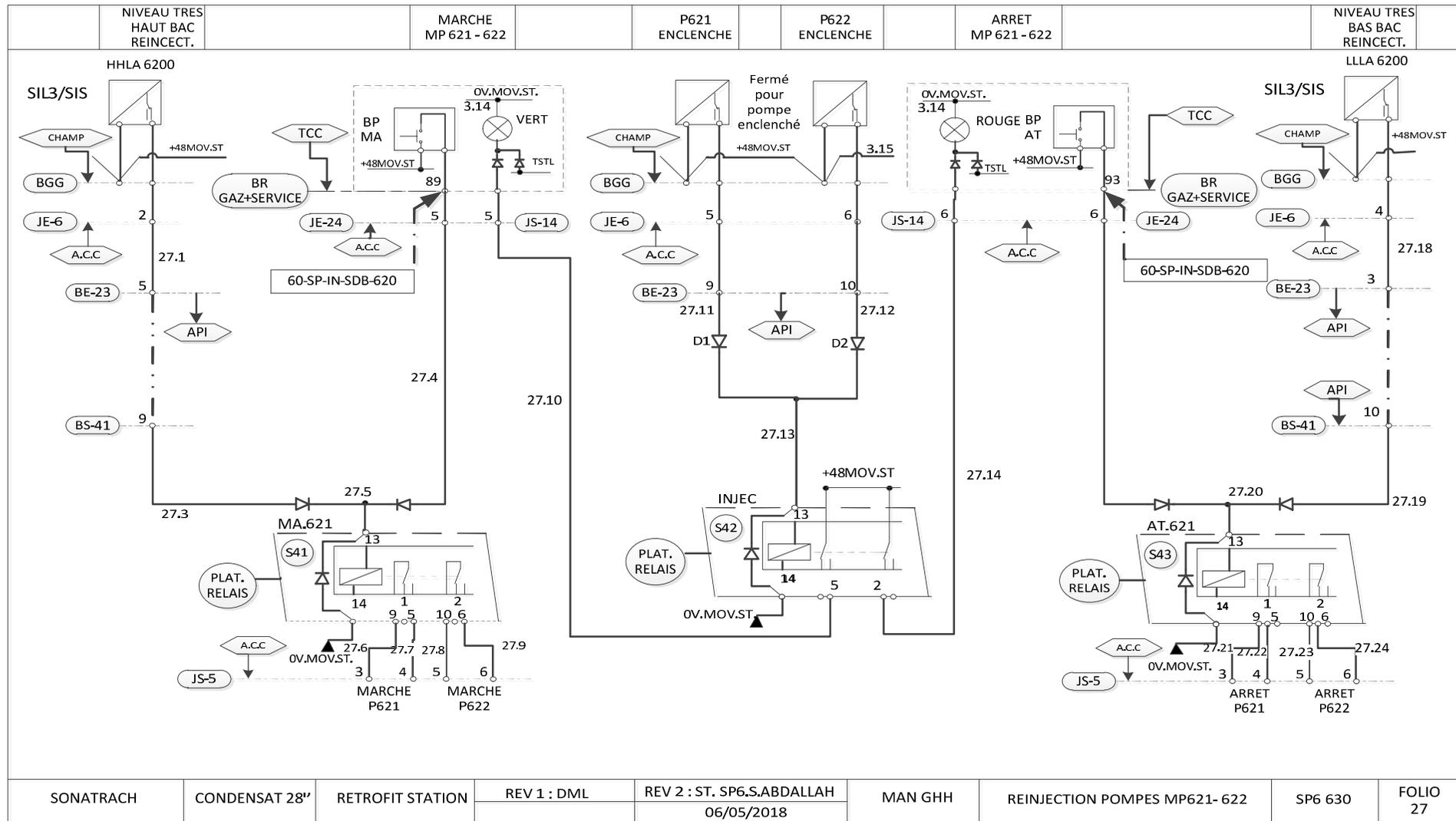


Figure III-32 Schéma De Révision Circuit De Commande MP621/622

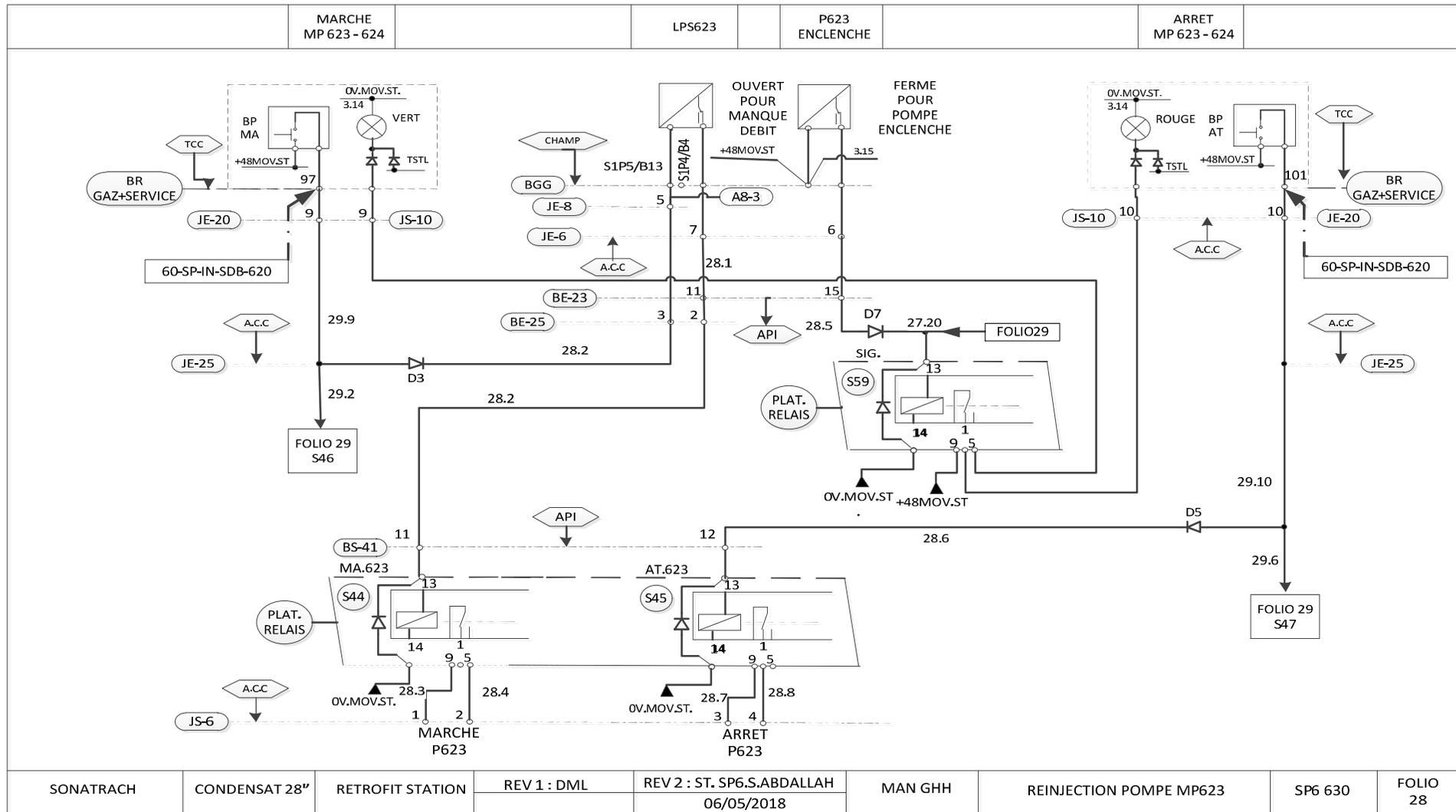


Figure III-33 Schéma De Révision Circuit De Commande MP623

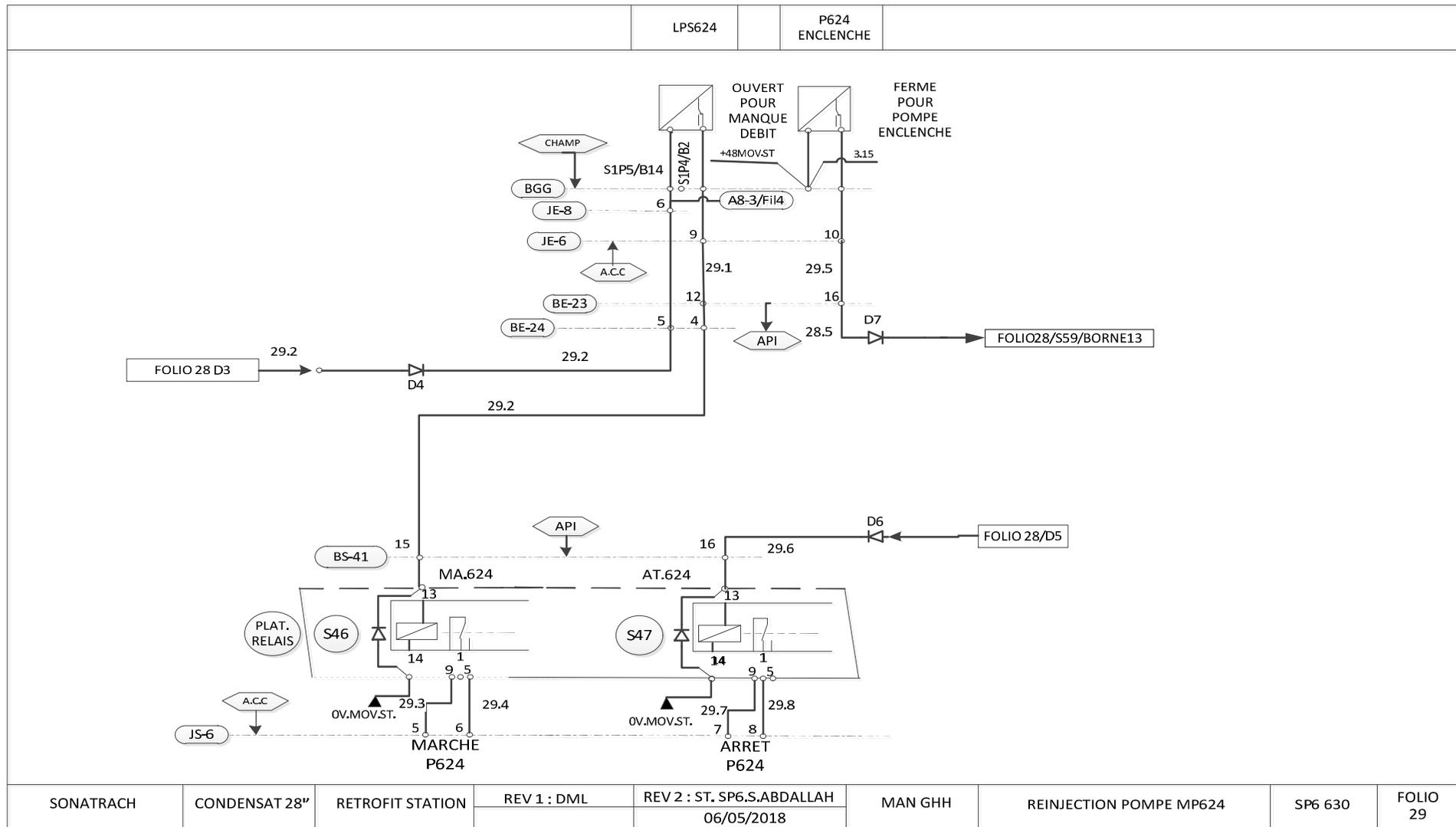


Figure III-34 Schéma De Révision Circuit De Commande MP624

**CONCLUSION**  
**GENERALE**

## CONCLUSION GENERALE

---

Notre thèse consiste à mettre en évidence une nouvelle *boucle de régulation (4-20mA)* à base d'un transmetteur intelligent (**smart**) permettant une communication en *protocole 'HART'* comme moyen d'étalonnage, maintenance et supervision, afin de bénéficier des trois (03) avantages suivants :

- a) Affichage déporté en micro-supervision qui remplace la supervision station HS.
- b) Des alarmes lumineuses traduisant les différents niveaux conventionnés.
- c) La commande automatique du système de vidange qui remplace l'automate station HS.

Notre réalisation est encadrée par un ensemble de standards et normes de sécurité internationales (**IEC61508/IEC61511**) imposées à l'égard de notre entreprise '**SONATRACH**' depuis des années en conséquence des graves accidents vécus, par la formulation d'un système de sécurité à niveaux intégrés (**SIL**) qui demande des prix faramineux pour sa concrétisation en industrie des process.

La plupart des moyens matériels utilisés dans ce projet sont des récupérations locales, neuves et non utilisées qui nous a servi à minimiser plus de (90%) la facturation du coût de revient de l'installation.

De même l'étude de choix, de faisabilité, de développement de notre projet été faite en collaboration avec notre encadrement du département de génie électrique de l'université de **TIARET** qui est encore une autre perche d'optimisation dans un cadre académique et de recherche au profit de l'industrie.

Les résultats obtenus sont concrets et approuvés par un ensemble de témoignage et rapports de travaux validés par nos chefs de structures et régions en tant qu'une valeur ajoutée et travail consistant optimisé en temps et en couts avec une perspective de généralisation sur d'autres équipements de notre entité et d'autres stations de notre région.

Une conformité administrative selon la réglementation interne de '**SONATRACH**' reste toujours utile à développer dans les prochains jours selon la procédure de gestion des modifications (E-102) issue du référentiel entreprise.

Ce projet a créé indirectement une ambiance de travail en équipe par la collaboration des différents agents de différents métiers tels, les mécaniciens, les électriciens, exploitants, HSE, service ligne etc. chacun avec ses moyens de bord pour prélever les différents indisponibilités et réserves selon la demande et d'autres par ses idées et conseils.

De plus, il y a la contrainte de la vétusté des installations à manipuler dedans par la présence de la rouille, coincement des sélecteurs, saleté des lieux, délicatesse des tiroirs électriques etc.

## CONCLUSION GENERALE

---

Enfin et en perspective, la mise en évidence de :

- a) L'automate station TSX P47 455 (télémécanique) en réparant l'alimentation. ou prévient à un tout nouvel automate dans le cas contraire.
- b) L'automate premium TSX RKY 6E de liaison entre l'API station et les automates groupes (SEQUEL 2000) en MODBUS.
- c) Le réseau de supervision FIP way.
- d) Installation d'un terminal de supervision avec la plateforme Monitor Pro ou d'autre CITEC par ex.

**BIBLIOGRAPHIE**  
**ET**  
**WEBOGRAPHIE**

## BIBLIOGRAPHIE & WEBOGRAPHIE

---

- [1] JEAN MARIE VALENCE, LE CARNET DU REGLEUR : mesures et régulation 16 éditions DUNOD page année
- [2] INSTRUMENTATION CIRA : site de la société commerciale ou de service (Contrôle Industrielle et Régulation Automatique) Adresse : 18, Place Gabriel Rambaud 69001 Lyon France
- [3] N°269 CHESTER L. NACHTIGAL, INSTRUMENTATION AND CONTROL: LVDT (université. ibn khaldoune DGE) 312 pages.
- [4] Vincent CYPRIEN, la boucle de courant 4-20 mA [vcyprien@wanadoo.fr](mailto:vcyprien@wanadoo.fr)  
<http://perso.republica.fr/vckyz/>, <http://www.sensorique.fr.st/>
- [5] R. RHODE, REGULATION ANALOGIQUE : ENSEMBLE SCOLAIRE PRADEAU LA SEDE
- [6] KEITH R. CHEATLE, FUNDAMENTALS OF TEST MEASUREMENT INSTRUMENTATION ISA edition version électronique.
- [7] PAUL GRUHN, P.E., CFSE and HARRY CHEDDIE, P.Eng. SAFETY INSTRUMENTED SYSTEMS: Design, Analysis, and Justification 2nd Edition, CFSE. ISA (the instrumentation, systems, and automation society) 302 pages date 2006.
- [8] N°204 MR ANANE sahraoui, COMMANDE ET SUPERVISION PAR UN PLC-5D'AB D'UNE STATION DE POMPAGE DE PETROLE, PROTOCOL DH+, Thèse master II, 2016 encadré par Mr Rahal OARED 149 pages
- [9] BAAKIA Mokhtar, ETUDE PUISARD DE DRAINAGE ouvrage OZ2 : Rapport de stage MSP (mise en situation professionnelle) parrainé par Mr : sahraoui ABDALLAH, OZ2 date 2016.
- [10] MAGNETROLE classeur fournisseur ouvrage oz2, transmetteur de niveau, exploitation et maintenance, projet Sonatrach : OZ2-SP-/DEV/2001 N° document 00-ZC-IN-OPE-21016 date 02/02/2004 18 pages
- [11] SYNOPTIQUE: classeur fournisseur ouvrage oz2
- [12] CAMILLE BAUER switzerland, mode d'emploi convertisseur de mesure universel SINEAX V604, 27 pages année 08/98.
- [13] CAMILLE BAUER switzerland, mode d'emploi câble de programmation PRKAB 600, 07 pages année 07/96.
- [14] FRATELLI (ITALY), schéma fonctionnelle pour moteur MP-621-622-623-624 SP6/N°7215 page 21/22/13/14 de 48 date 29/03/1977.

## BIBLIOGRAPHIE & WEBOGRAPHIE

---

- [15] SNAMPROGETTI (ITALY), plan interconnexion entre champ et salle de contrôle SP6 N° 600-SC-E-57628. révision 1979.
- [16] SNAMPROGETTI (ITALY), plan liste de câblage instrumentation digitale station SP6 N° 600-SD-E-57648. révision 1979.
- [17] SNAMPROGETTI (ITALY), schéma hydraulique de la station SP6, N° 600-SD-D-57643 révision 07/10/1979.
- [18] EPPM(ENGINEERING PROCUREMENT & PROJECT MANAGEMENT), bureau d'étude franco-tunisien sis à Tunis, FORMATION NIVEAU D'INTEGRITE DE SURETE(SIL), projet : élaboration d'une étude détaillée des systèmes de sécurité des installations de SONATRACH/RTO déc. 2015 site internet : [WWW.EPPM.COM.TN](http://WWW.EPPM.COM.TN)
- [19] [WWW.INSTRUMENTATIONTOOLS.COM](http://WWW.INSTRUMENTATIONTOOLS.COM)
- [20] [WWW.IEC.CH](http://WWW.IEC.CH) (International Electrotechnical Commission). IEC61508 et IEC61811-1

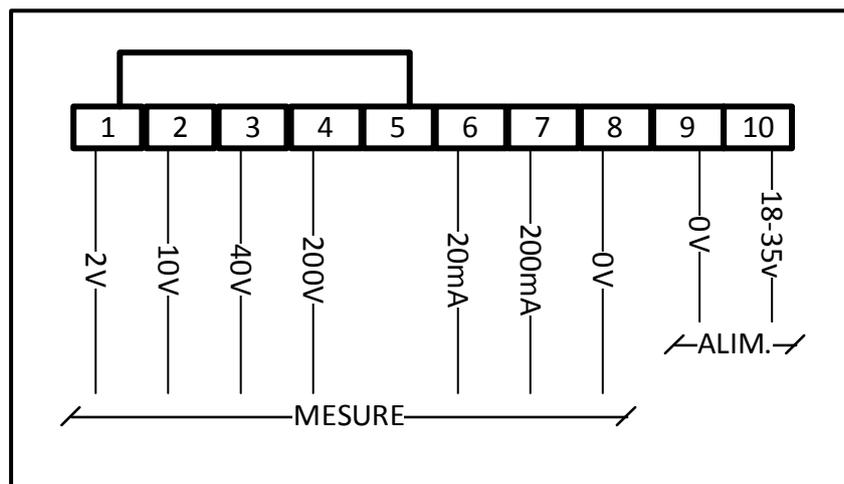
# ANNEXES

## ANNEXE 1 : L’AFFICHEUR 72\*24 ‘MADIP’ : PARAMETRAGE, RACCORDEMENT ET SCHEMA [11]

## A. SCHEMA ET RACCORDEMENT



Vue face avant (après avoir ôter la collerette et la face avant)



## B. PARAMETRAGE (programmation)

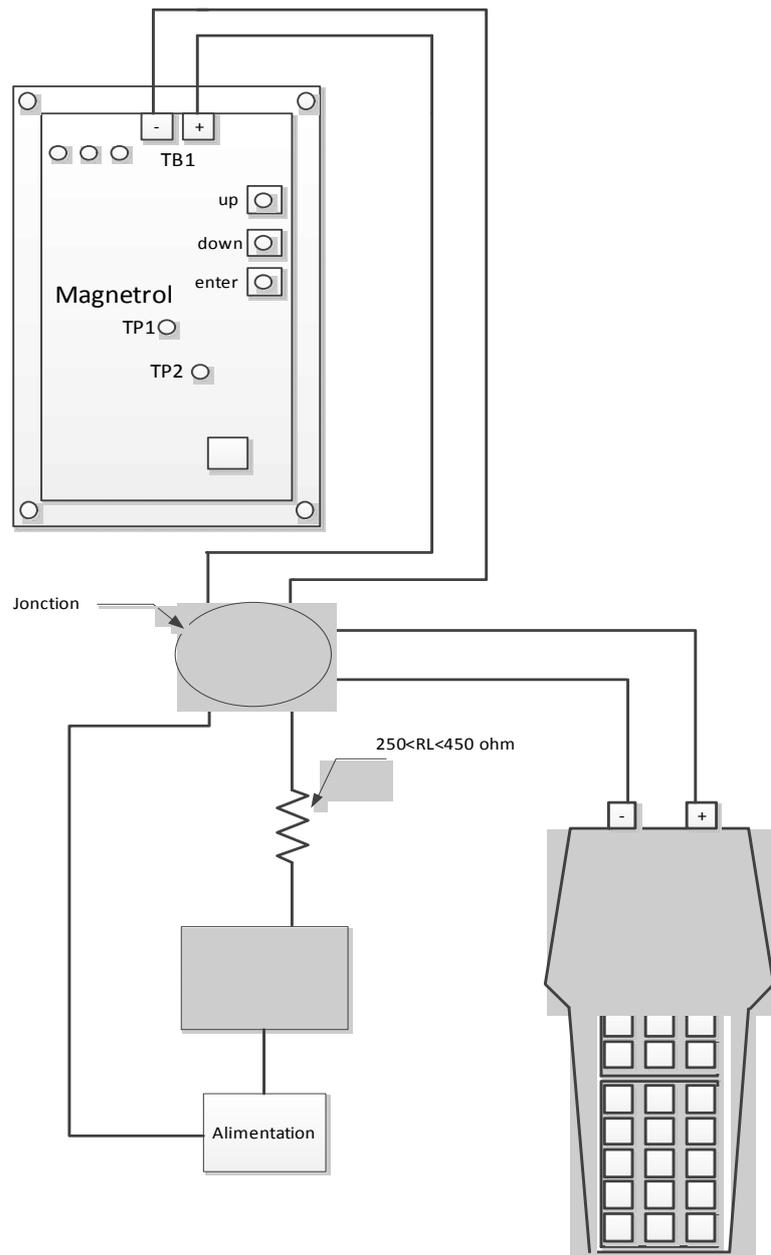
ACTION	AFFICHAGE	DESCRIPTION
T3	0	<b>Réglage de la valeur de début d'échelle</b> régler avec T1 la valeur du digit sélectionné avec T2 se déplacer sur le digit suivant
T3	4 ma	<b>Sélection du calibre valeur mini</b> Raccorder l'entrée mesure suivant le plan ci-dessus Injecter la valeur électrique mini de la mesure Valider la valeur avec T2
T3	99.9	<b>Réglage de la valeur de fin d'échelle</b> Régler avec T1 la valeur du digit sélectionné Avec T2 se déplacer sur le digit suivant
T3	20 ma	<b>Sélection du calibre valeur maxi</b> Raccorder l'entrée mesure suivant le plan ci-dessus Injecter la valeur électrique maxi de la mesure Valider la valeur avec T2
T3	1.....99	<b>Mesure moyenne</b> Affichage de la valeur moyenne entre 1 à 99 mesurés
T3	EE	<b>EEprom non programmée</b>

**ANNEXE 2 : ETALONAGE TRANSMETTEUR DE NIVEAU "MAGNETROL" A L'AIDE DU POKET HART 375 [10]**

**C. BRANCHEMENT**

Raccordement de notre dispositif de communication HART

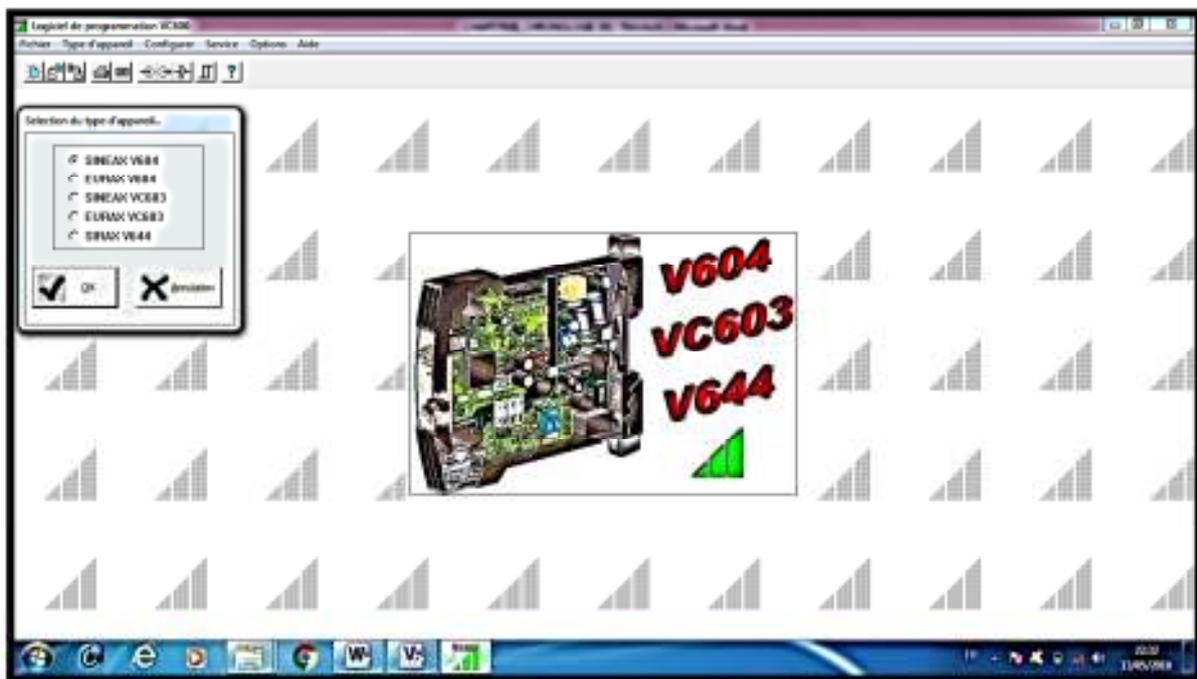
- Au bornes TB1 (+) et (-) de la carte du transmetteur
- Au niveau du premier boîtier de jonction entre l'appareil et salle de contrôle.



### ANNEXE 3 : CONVERTISSEUR DE MESURE UNIVERSEL SINEAX V604

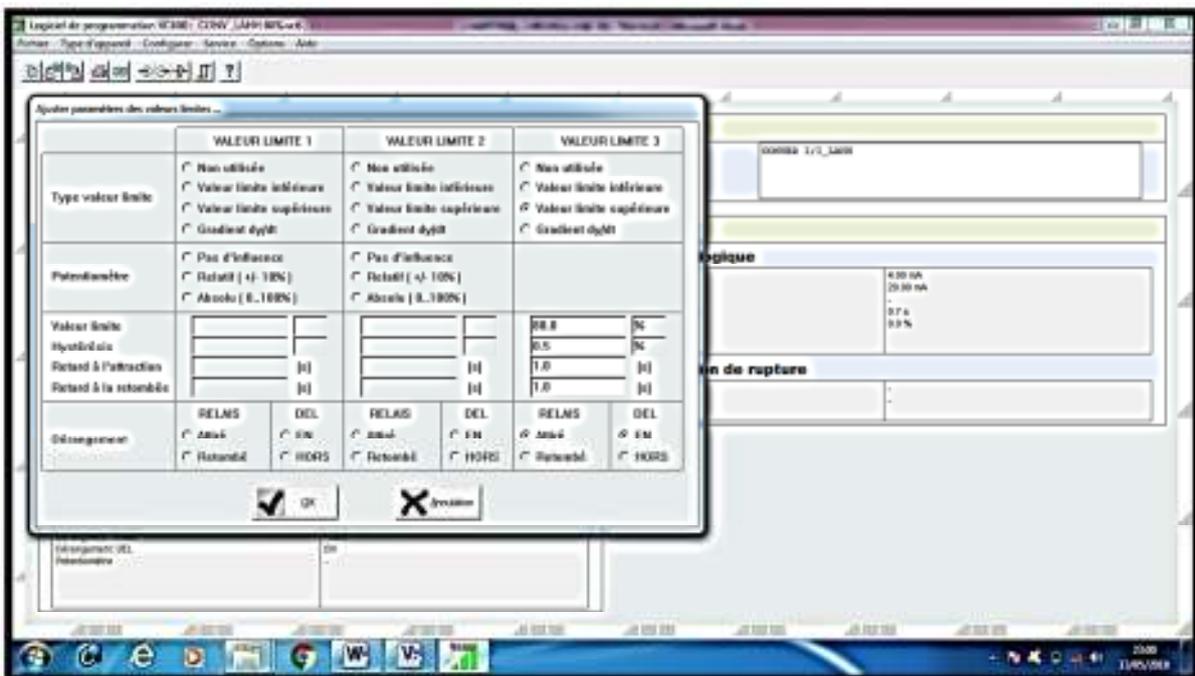
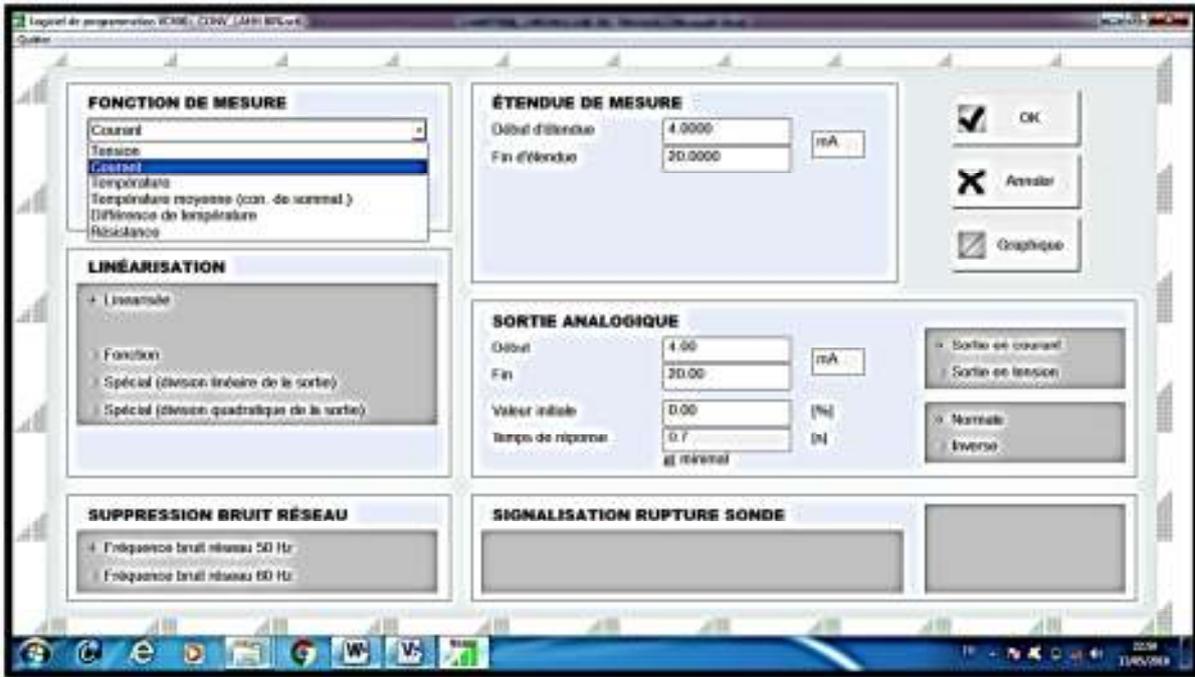
#### D. INTERFACE LOGICIEL

- a) Pour le choix du type du convertisseur à utiliser :
- SINEAX V604
  - EURAX V604
  - SINEAX VC603
  - EURAX VC603
  - SIRAX V644



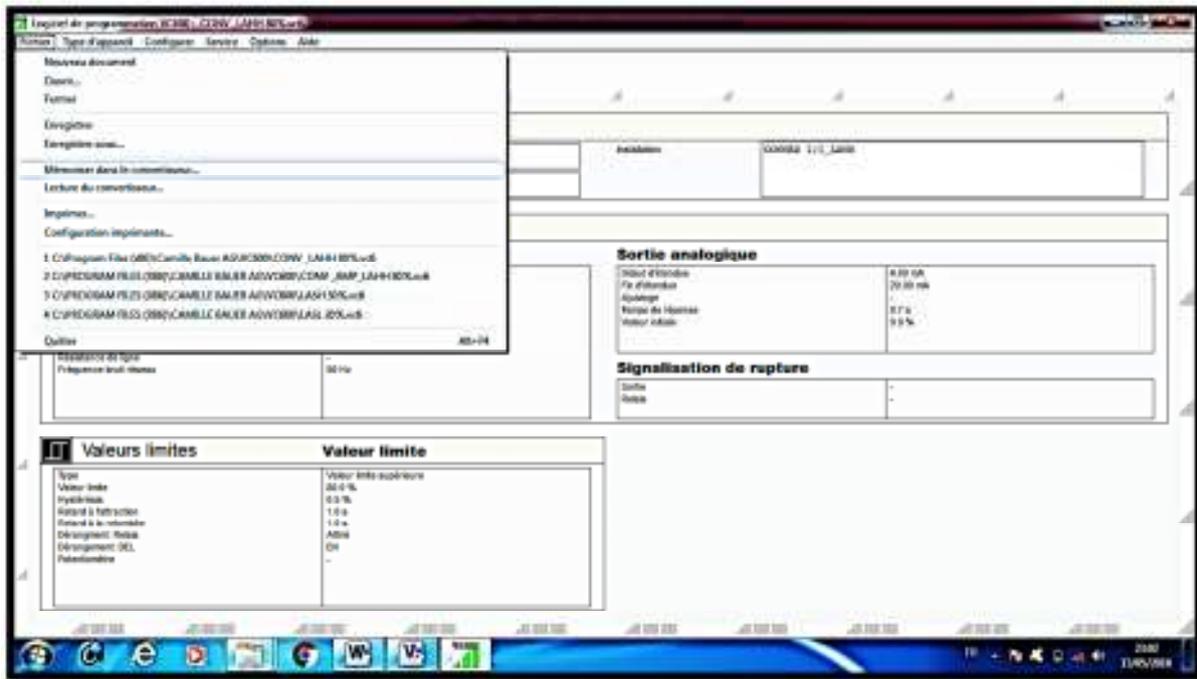
#### E. NOUVEAU PROJET

Après avoir choisi le type du nouveau convertisseur (V604) en sera face à une nouvelle page de configuration pour sélectionner le type de signal d'entrée, sortie et valeur limite d'excitation relais, pour nos convertisseurs sont tous équipés des entrées, sorties en courant et des valeur limite variable pour chaque convertisseur.



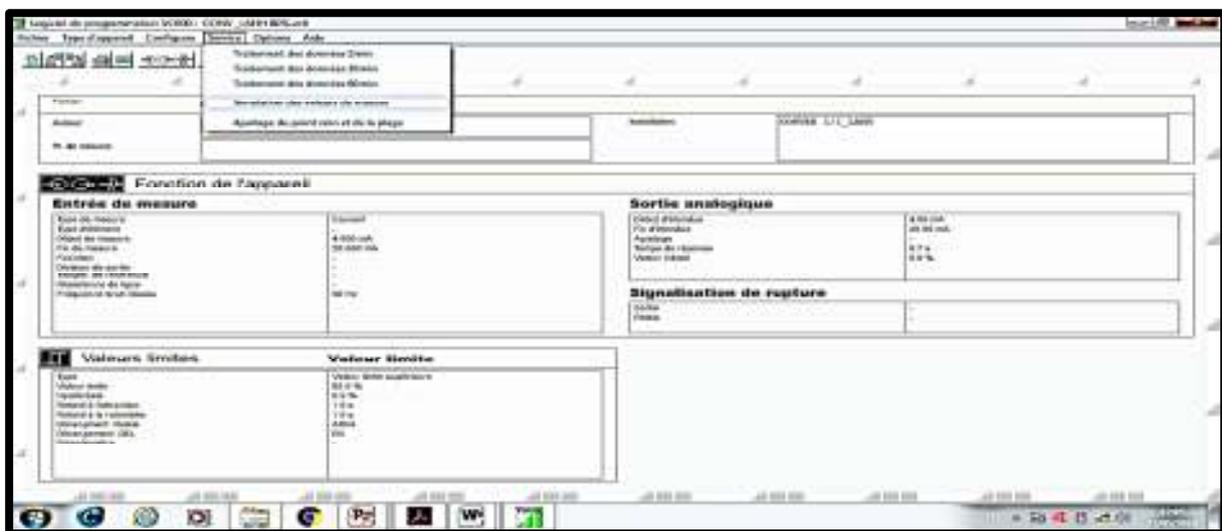
## F. UPLOADER (ENREGISTRER) SUR RAM CONVERTISSEUR

Après avoir fini le projet de configuration on peut passer à l'étape d'enregistrement sur LAPTOP en primo et sur la RAM convertisseur en secundo (en utilisant un câble de liaison série PRKAB 600) pour exécution.



**G. SERVICE SIMULATION DES VALEURS DE MESURE**

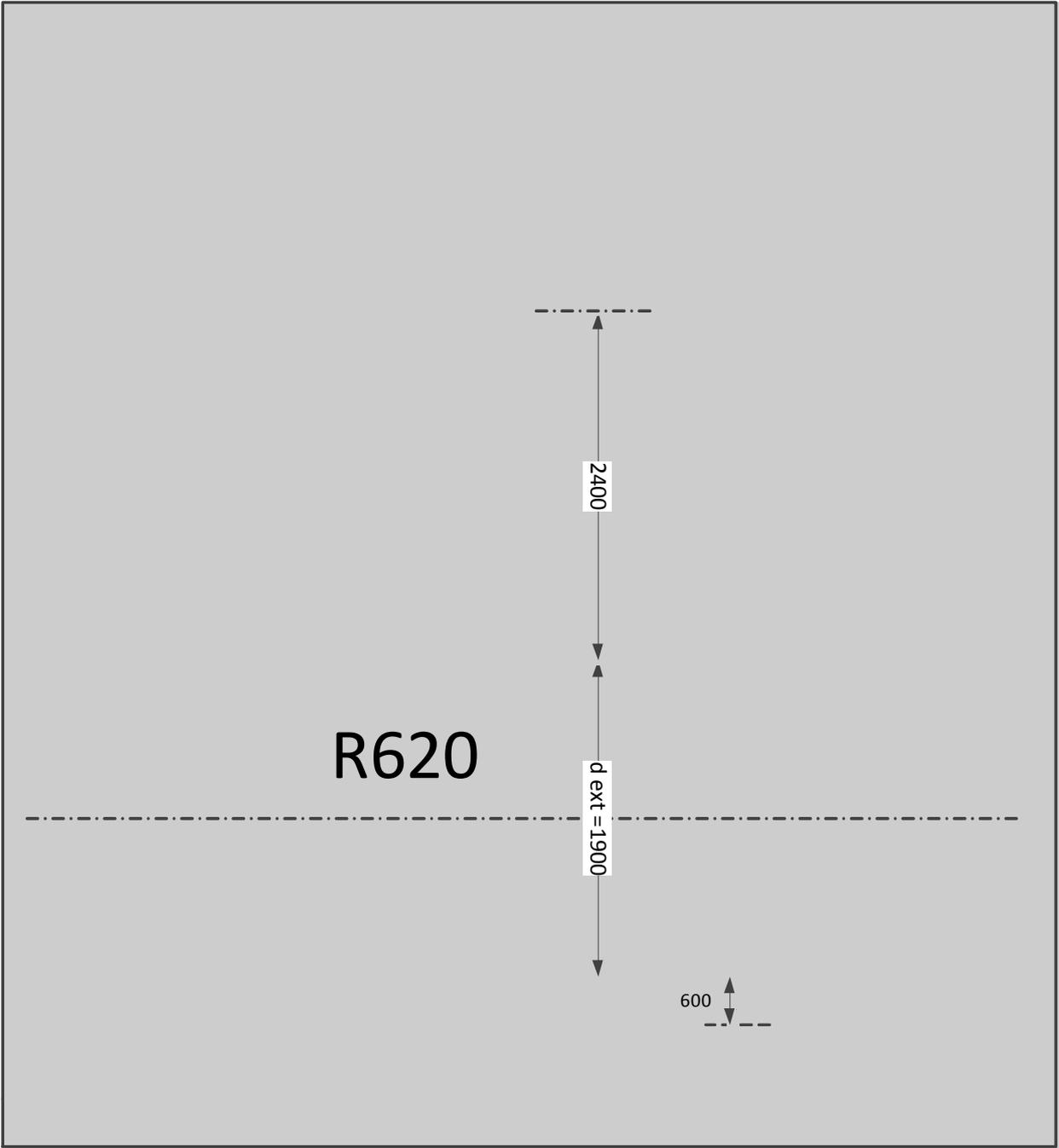
C'est un service très efficace pour simuler les différents scénarios par le biais du LAPTOP et un câble de liaison avec des courants (p. ex.) de **4-20mA** en entrée du convertisseur ce qui agit sur la sortie et ensuite les différentes réponses (variation de niveau, excitation des relais, enclenchement des alarmes etc....)



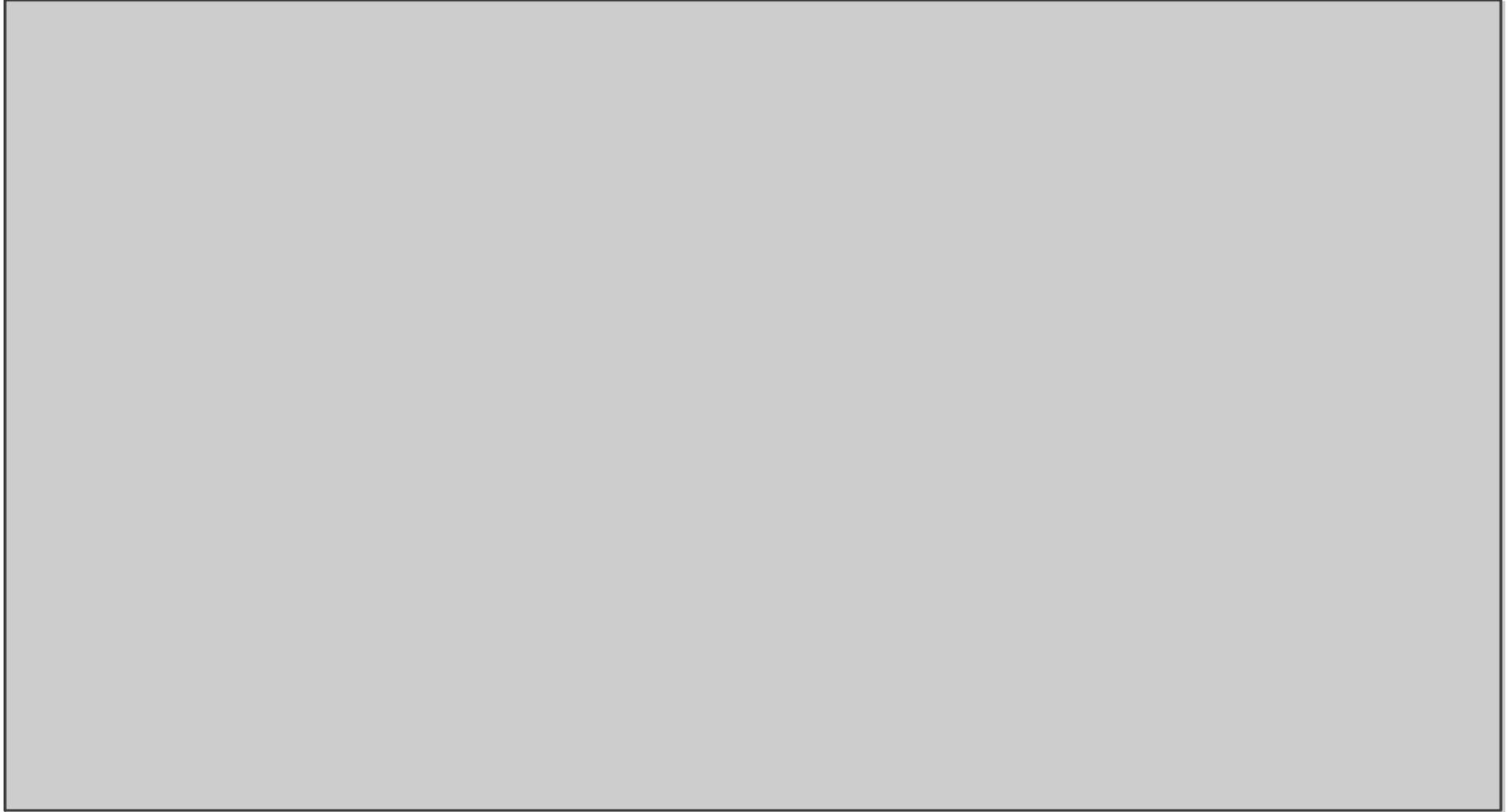
## ANNEXE 4 : SPECIFICATION TRANSMETTEUR DE NIVEAU "MAGNETROL"

GENERALITES	1	Repère		60-LT-620		
	2	Service		Puisard de drainage R620		
	3	Equipement N°	P&ID N°	R620	60-SP-PR-UID-001	
	4	Certification	Classification de zone	EEx''d''	IIB T3	
	5	Protection boîtier		IP65 mini		
CONDITIONS PROCEDE	6	Fluide supérieur		-----		
	7	Fluide inférieur		Condensat		
	8	Densité fluide sup.	Densité fluide inf.	Kg/m3	750	kg/m3
	9	Pression maxi.	Pression de Serv.	1 atm-g	1	atm-g
	10	Temp. Max. service	Température mini	50 °C	5	°C
	11	Température ambiante		-5/+52°C		
CORPS/JAUGE	12	Principe de mesure		Transmetteur à plongeur		
	13	Montage		Au sommet de la cuve		
	14	Matériau du corps et de la jauge		Inox 316		
	15	Classe		ANSI 150#RF		
	16	Partie supérieure : raccordement		6''		
	17	Type		à bride		
	18	Partie inférieure : raccordement		-----		
	19	Matériau du boîtier		Fonte d'aluminium		
	20	Joints		Viton		
	21	Presse étoupes		½ '' NPT .M ADF		
FLOTTEUR	22	Hauteur de mesure		1650 mm		
	23	Densité		De 550 à 1090		
	24	Matériau du flotteur		Inox 316		
	25	Dimension du flotteur		19 mm		
	26	Extension du déplacement		----		
	27	Hauteur totale		2400 mm		
TRANSMETTEUR	28	Fonction		Convertisseur de mesure intégré		
	29	Sortie		4-20Ma		
	30	Modes de contrôle		Protocole HART		
	31	Etendue de mesure mini.	Maxi.	200 mm (0%)	1850 mm (100%)	
	32	Contact de sortie sur la mesure		Non		
	33	Montage		Tête rotative sur 360°		
	34	Protection		IP66 – Eexd IICT6		
	35	Alimentation		24Vcc -2fils –par la boucle		
	36	Précision		Linéarité : +-0.25% de l'échelle - reproductibilité : +-0,2%		
	37	Indicateur intégré	Echelle	Oui-écran LCD	0-100%	
OPTIONS	38	Protection contre les surtensions		Oui-Télématic TP48		
	39	Détendeur	Jauge alimentée	Non	Non	
	40	Niveau à glace : raccordement		Non		
	41	Modèle		----		
	42	Nombre de contacts	Type	Non	----	
	43	Pouvoir de coupure	Sens d'action	----	----	
	44	Constructeur		MAGNETROL		
CARACTERISTIQUES	45	Modèle		XE62-KK3G-ES9		
	46	Item		60-03		
	Notes : 1/ tube tranquilliseur					
20	ECR	20/06/03	Bon pour ingénierie (pour commande)	SPECIFICATION Transmetteur de niveau		SAIPEM Page 12 de 14
No	Par	Date	Révision	Code :74	Doc no : 60-SP- IN-SPE-0204	Rev:20

ANNEXE 5 : SKETCH DE CALAGE DE NIVEAU PUISARD DE DRAINAGE R620



**ANNEXE 6 : SCHEMA HYDRAULIQUE STATION (PROCESS)**



## ANNEXE 7 : TABLEAU CONSOMMATION EN PDR PHASE1.

Item	DESIGNATION PDR	QTE
01	TRANSMETTEUR DE NIVEAU HART 'MAGNETROL'	01
02	AFFICHEUR DIGITAL 'MADIP' 0-100%	01
03	CABLE D'INSTRUMENTATION avec armature et tresse	10 m
04	FIL DE LIAISON ROUGE/NOIRE/MARRON diam : 1 mm <sup>2</sup>	03 m
05	BORNIER (BR)	01
06	BARETTE de fixation	01
07	COSSE	02
08	EMBOUT pour fil	04
09	PRESSE ETOUPE (transmetteur et boite de jonc.)	02
10	DEGRIPPANT/condensat	1L
11	SCOTCH A BANDE pour repérage fil	15cm

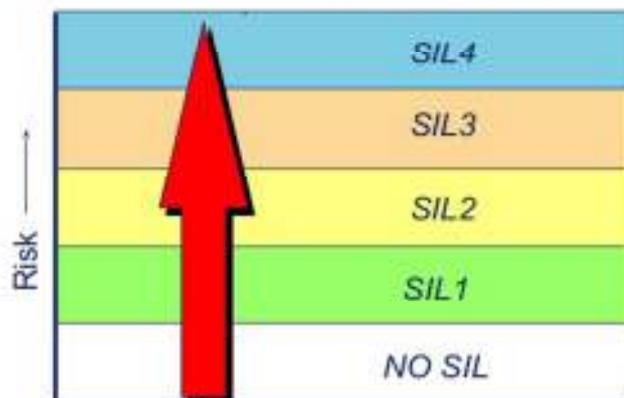
## ANNEXE 8 : TABLEAU CONSOMMATION EN PDR PHASE2.

Item	DESIGNATION PDR	QTE
01	CONVERTISSEURS DE MESURE UNIVERSEL CAMILLE BAUER SINEAX V604 (reliquat projet 16'' GPL d'ALSTOM)	03
02	SUPPORT LAMPE TEMOIN ROUGE (reliquat projet SULER)	01
03	BORNIER A FUSIBLES 2A ENTRELEC (projet OZ2)	12
04	BORNIER A TAG (projet OZ2)	05
05	BARRETTE EN ALUMINIUM	40cm
06	GOULOTTE GRISE (reliquat projet 16'' GPL ALSTOM)	1m
07	FIL ELECTRIQUE ROUGE 1.5 mm <sup>2</sup> (reliquat projet SULER)	6m
08	FIL ELECTRIQUE NOIRE 1.5 mm <sup>2</sup> (reliquat projet SULER)	6m
09	FIL ELECTRIQUE MARRON 1.5 mm <sup>2</sup>	3m
10	ETIQUETAGE	30pcs
11	LED DE SIGNALISATION ROUGE (reliquat projet SULER)	02
12	LED DE SIGNALISATION VERTE (reliquat projet SULER)	01
13	BLOC DE 04 BORNIER COMMUN (projet OZ2)	02
14	ETAINT	01cm

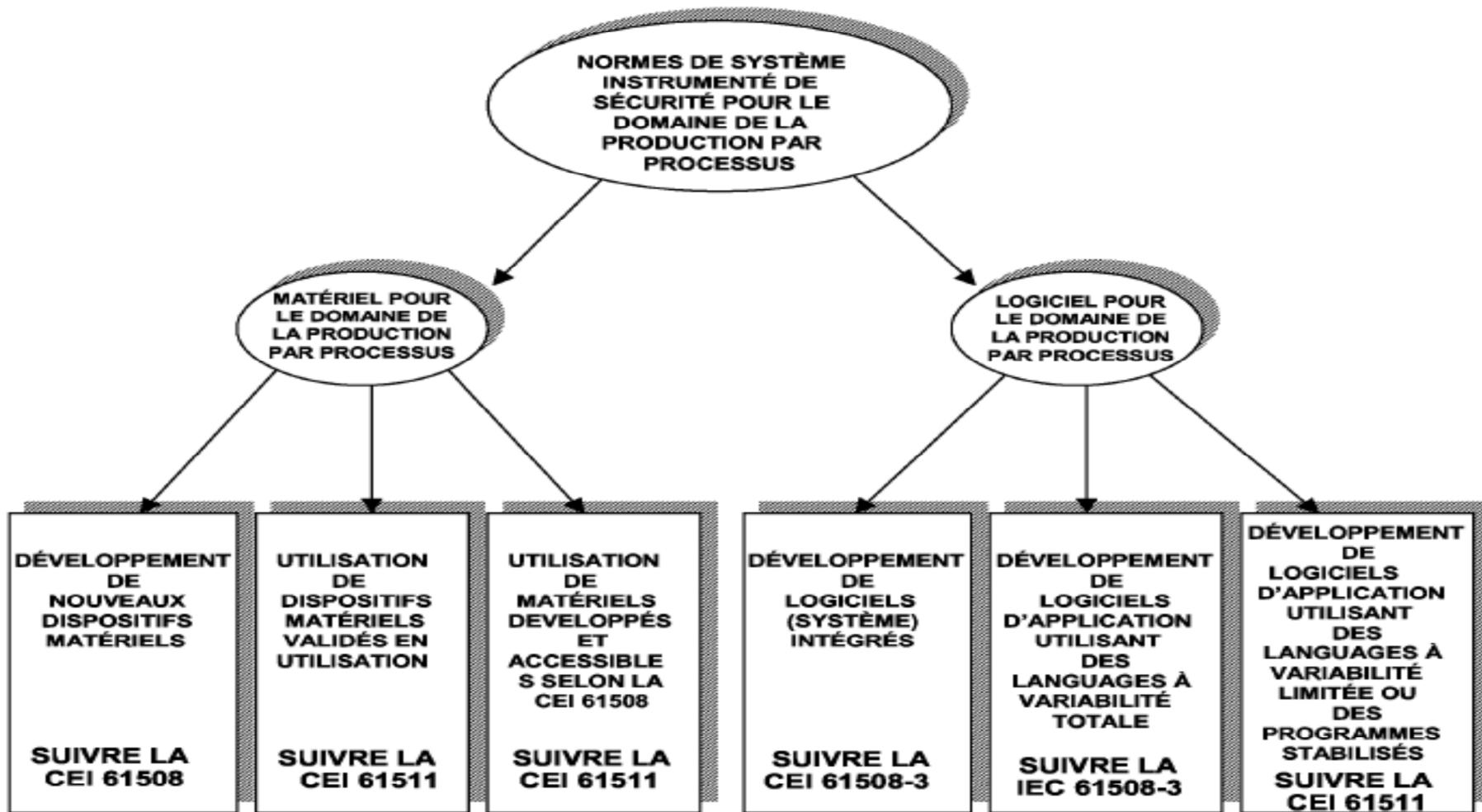
## ANNEXE 9 : TABLEAU CONSOMMATION EN PDR PHASE3

Item	DESIGNATION PDR	QTE
01	RELAIS ENTRELEC 24 VDC (reliquat projet OZ2)	02
02	SUPPORT LAMPE TEMOIN (reliquat projet SULER)	01
03	SUPPORT BP TEST LAMPE (reliquat projet SULER)	01
04	CHAPE DE PRESSION BLANCHE (reliquat projet SULER)	01
05	CHAPE DE PRESSION ROUGE (reliquat projet SULER)	02
06	CHAPE DE PRESSION NOIRE (reliquat projet SULER)	01
07	BORNIER A TAG (reliquat projet OZ2)	02
08	LED DE SIGNALISATION ROUGE (reliquat projet SULER)	01
09	LED DE SIGNALISATION VERTE (reliquat projet SULER)	01
10	FIL ELECTRIQUE ROUGE 1 mm <sup>2</sup> (reliquat projet SULER)	20m
11	FIL ELECTRIQUE NOIRE 1 mm <sup>2</sup> (reliquat projet SULER)	20m
12	FIL ELECTRIQUE MARRON 1 mm <sup>2</sup> (reliquat projet THM)	3m
13	ETIQUETAGE	12pcs
14	COSSE FIL 1.5 mm <sup>2</sup>	07
15	FICHE FIL 1.5 mm <sup>2</sup>	04
16	DIODE MR752 pour test lampe et sortie relais	09
17	PRESSOSTAT GEORGIN 1.5 bar (recuperation TPP 16'' GPL)	02
18	PRESSE ETOUPE pour pressostats	02
19	RACCORD NPT ½''	05
20	TUBE (fiting) INOX HP (reliquat projet OZ2)	03m
21	BOULLON D8+D10	02
22	ECROU D8+D10	02
23	CHATTERTON	20cm
24	ETAINT	10cm
25	SCOTCH A BANDE	15cm

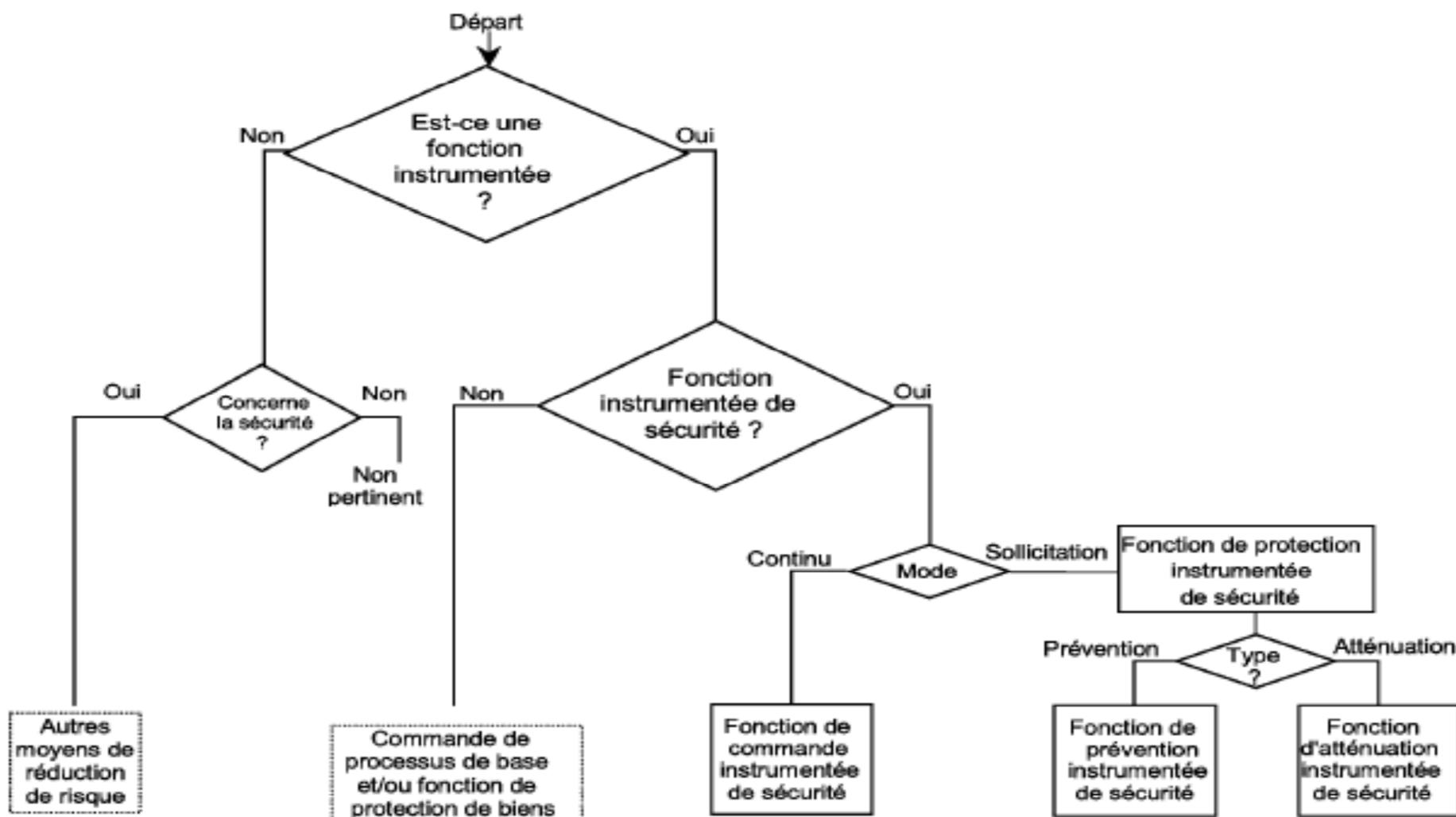
## ANNEXE 10 : Les classes SIL

**What Is SIL? – Safety Integrity Level**

ANNEXE 11 : RELATIONS ENTRE IEC61508 ET IEC61511 [20]



## ANNEXE 12 : Relation entre les fonctions instrumentées de sécurité et les autres fonctions





## RESUME

Ce travail est orienté vers l'élaboration d'une boucle de régulation à base d'un transmetteur HART et d'autres équipements performants pour la commande d'un système de vidange d'un produit dangereux dans un cercle limité par des exigences purement sécuritaires qui répondent à la norme IEC61508/61511.

## Mots clés

Transmetteur SMART, Protocol HART, Capteur LVDT, Boucle 4-20 mA, Régulation, sécurité fonctionnelle, SIL, SIS, API etc.

## ABSTRACT

This work is mainly oriented to the development of a control loop with a basis of a HART transmitter and other high-performance equipment's for the command of a drain system of a hazardous product in a limited circle by requirements safe purely which meet the standard IEC61508

## Key words

SMART Transmitter, Protocol HART, LVDT Sensor, Boucle 4-20 mA, Regulation, functional safety, SIL, SIS, API

## ملخص

تهدف دراسة هذا المشروع الى انشاء دائرة تنظيم على اساس مرسل ذكي هارت و غيرها من المعدات الفعالة من اجل التحكم في نظام تفريغ منتج خطير في دائرة محدودة من المتطلبات الأمنية البحتة و التي تناسب المعيار IEC 61508.

## مفاتيح البحث

المرسل الذكي, البروتوكول هارت, المجس LVDT, الدارة 4-20م أ, دائرة التنظيم, السلامة العملية, المعالج الصناعي المبرمج