

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMERI, Tizi-Ouzou



Faculté de Génie Electrique et d'Informatique
Département d'Automatique

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme

D'Ingénieur d'Etat en Automatique

Thème

**Mise en place d'une plateforme de
supervision de trois stations de production
d'hydrogène**

Proposé par : M^r NAIT CHABANE

Présenté par : M^r OUMOHAND Hamouche.

Dirigé par : Mme BOUDJAMAA

M^r MAKHOUKH Ouramdane.

Co-promoteur : M^r FADHOULI

Soutenu le : / 07 /2010

2009/2010

Remerciements

Nous tenons en premier lieu à remercier notre promotrice, **Mme BOUDJEMAA.F** ; pour avoir accepté de diriger ce projet ; pour l'avoir dirigé ; pour sa volonté de nous donner chaque jours le meilleur d'elle-même.

Mr CHARIF, Mr HADOUCHE pour leurs réflexions et suggestions,

Nous tenons à remercier tout particulièrement et témoigner toute notre reconnaissance aux personnes suivantes, pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêts qu'elles nous ont fait vivre durant ces trois mois de stage à *Mediterranean Float Glass* :

La direction générale, pour nous avoir accueillis au sein de MFG et permis d'effectuer ces trois mois de stage.

Monsieur **FADHOLI MOURAD**, notre encadreur d'entreprise pour tous ses encouragements et ses précieux conseils.

Monsieur **NAIT CHABANE ABDEL GHANI**, chef de département maintenance, pour nous avoir intégré rapidement au sein de l'entreprise et de nous avoir accordé sa confiance ; pour le temps qu'il nous a consacré tout le long du stage.

L'ensemble du personnel des zones H2 et N2 pour leur accueil sympathique et leur coopération professionnelle tout au long de ces trois mois.

RABAH et ses **AMIS**, résidants de la cité universitaire **SOUMAA BLIDA** qui nous ont accueillis parmi eux et hébergés durant ce stage.

Les membres de jury qui ont acceptés de juger notre travail.

Toutes les personnes ayant participées de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.

SOMMAIRE

Introduction Générale	01
-----------------------------	----

CHAPITRE I : Etude fonctionnelle des stations de production d'hydrogène

I.1 Introduction	03
I.2 Description d'une ligne de production du verre plat par flottage	03
I.3 Présentation des stations utilitaires	07
I.3.1 Station de production d'azote et d'air comprimé	07
I.3.2 Station de traitement et pompage d'eau	07
I.3.3 Les Stations de production d'hydrogène	07
a. Aperçu sur l'histoire de l'électrolyse	08
b. Généralités sur l'électrolyse alcaline sous pression	10
I.4 Etude détaillée de l'une des stations de production d'hydrogène	12
I.4.1 Le transformateur	14
I.4.2 Unité de redressement à base de thyristors	14
I.4.3 Le système électrolyseur	15
a. L'électrolyseur	16
b. Les séparateurs gaz liquide	16
c. L'unité de Purification	18
I.5 Les auxiliaires des stations d'hydrogène.....	19
I.5.1 Unité de refroidissement d'eau	19
I.5.2 Unité d'approvisionnement en eau distillée et en KOH	19
I.6 Conclusion	19

Chapitre II : Etude instrumentale d'une station de production d'hydrogène.

II.1 Introduction	20
II.2 La partie opérative	20
II.2.1 Les appareils de mesure	20
a. Appareil de mesure de la température	21
b. Appareil de mesure de débit	22

c. Appareil de mesure de la pression -----	24
d. Appareil de mesure du niveau de liquide -----	25
e. Appareil de mesure de l'humidité -----	26
II.2.2 Les prés actionneurs -----	26
a. Les distributeurs d'énergie électrique -----	27
b. Les distributeurs d'énergie pneumatique -----	29
II.2.3 Les Actionneurs -----	30
a. Les pompes -----	30
b. Les vannes -----	31
II.2.4 Les Relais Thermiques -----	33
II.3 La partie commande -----	34
II.3.1 L'automate programmable industriel S7-300 -----	34
a. Les différents modules de l'automate S7-300 -----	35
b. Principe de fonctionnement -----	36
II.4 La partie Dialogue -----	38
II.4.1 Le pupitre opérateur -----	38
II.4.2 La communication entre les Trois stations et le pupitre opérateur -----	39
II.4.2 Les Boutons poussoirs/les commutateurs/Les lampes -----	40
II.5 Conclusion -----	40

CHAPITRE III : Modélisation du fonctionnement du procédé par le Grafcet

III.1 Introduction -----	41
III.2 Le Grafcet -----	41
III.2.1 Définition du Grafcet -----	41
III.2.2 Niveau d'un Grafcet -----	41
III.2.3 L'aspect structurel du Grafcet -----	42
a. L'étape -----	43
b. Transition -----	43
c. Liaison -----	44
d. Action -----	44
e. Réceptivité -----	44
III.2.4 Règles d'évolution du Grafcet -----	44
III.2.5 Evolution entre étapes -----	45

III.3 Présentation du modèle Grafcet proposé	46
III.4 Identification des entrées et sorties	51
III.5 Conclusion	54

CHAPITRE IV : Développement d'une plateforme de supervision

IV.1 Introduction	55
IV.2 Avantages d'un système IHM (Interface Homme Machine)	55
IV.3 Présentation du système WIN CC Flexible	56
IV. 3.1 Eléments du système WinCC flexible	56
a. WinCC flexible Engineering System	56
b. WinCC flexible Runtime	57
c. Options WinCC flexible	58
IV.4 Principe de communication de WINCC – S7	58
IV.5 Présentation de la solution proposée	59
IV.5.1 l'interface graphique (les vues)	59
a. Les vues partagées par les trois stations	60
b. Les vues propres à chaque station	65
IV.5.2 Archivage	68
IV.6 Simulation	70
IV.6.1 Mode de fonctionnement	70
IV.6.2 Structure de la table de simulation	70
IV.7 Validation du projet	72
IV.8 Implantation de la solution proposée	73
IV.8.1 Communication via l'interface multi point MPI	73
a. Configuration de la station PC	74
b. Matériels requis pour la connexion au réseau MPI	74
IV.9 Etude comparative	77
IV.10 Conclusion	81
Conclusion Générale	82

Liste des figures

Figure I.1: Schéma global représentant une ligne de production de verre plat par le procédé Float	4
Figure I.2 : Composition du verre	4
Figure I.3 : Schéma représentant les différentes zones du bain d'étain	5
Figure I.4 : Schéma des trois stations de production d'hydrogène et ses unités auxiliaires	9
Figure I.5 : Principe de l'électrolyse alcaline	11
Figure I.6 : Schéma d'une station de production d'hydrogène	13
Figure I.7 : Image réelle du transformateur	14
Figure I.8 : Image réelle du système électrolyseur	15
Figure I.9 : Schéma montrant l'interaction entre les deux séparateurs.	16
Figure I.10 : Régulation de la température du liquide KOH	17
Figure II.1 : Schéma d'un Appareil de mesure	21
Figure II.2 : Image réelle du transmetteur utilisé.	22
Figure II.3 : Sondes de température.	22
Figure II.4 : Schéma de l'appareil de mesure de débit	23
Figure II.5 : Schéma du système de mesure de débit	23
Figure II.6.a : Schéma du transmetteur	24
Figure II.6.b : Transmetteur électronique de pression	24
Figure II.7 : Principe de mesure de la hauteur du liquide KOH dans les séparateurs	25
Figure II.8 : Appareil de mesure de l'humidité du gaz H ₂	26
Figure II.9.a : Image réelle d'un relais	27
Figure II.9.b : Schéma du relais	27
Figure II.10 : Image réelle d'un contacteur	28
Figure II.11 : Distributeur pneumatique	29
Figure II.12 : Pompe à rotor noyé.	30
Figure II.13 : Image réelle des vannes papillons	31
Figure II.14 : Image réelle de l'une des têtes d'asservissement utilisées.	32
Figure II.15: vanne modulante	32
Figure II.16.a : Image réelle d'un relais thermique	34
Figure II.16.b : Principe de compensation	34
Figure II.16.c : Symbole du relais thermique	34
Figure II.17: L'automate S7 300	35
Figure II.18 : Cycle d'exécution d'un programme sous S7 300	36

Figure II.19 : Panel TP 270 10“	38
Figure II.20 : Connecteur de bus	39
Figure II.21 : Schéma de communication des automates via le réseau PROFIBUS	39
Figure II.22 : Image réelle de l'armoire de commande	40
Figure III.1 : Exemple de Grafcet	42
Figure III.2 : Illustration d'une action conditionnée.	43
Figure III.3 : Convergence en ET	45
Figure III.4 : Divergence en ET	45
Figure III.5 : Convergence en OU	45
Figure III.6 : Convergence en ET	45
Figure IV.1 : Interface graphique du logiciel WINCC	56
Figure IV.2 : Vue initiale	60
Figure IV.3 : Vue graphes de température des sécheurs et appareil de désoxydation des trois stations	61
Figure IV.4 : Vue graphes des trois stations	62
Figure IV. 5 : Vue de consignes	63
Figure IV.6 : Vue Alarmes	64
Figure IV.7 : Vue station 1 avec unité de purification 3	65
Figure IV.8 : Station1unité de purification1 avec vue sur les autres stations (S2 et S3)	66
Figure IV.9 : Vue graphes température, pression et niveau	67
Figure IV.10 : Arborescence d'archivage des données recueillies	69
Figure IV.11 : Table de simulation	70
Figure IV.12 : Exemple de simulation du projet.	72
Figure IV.13 : Connecteur de bus	73
Figure IV.14 : Fenêtre de configuration de la station pc avec step 7	74
Figure IV.15 : Schéma de mise en connexion de la station PC au réseau existant	75
Figure IV.16 : Liaison de la station PC au réseau MPI avec net pro.	75
Figure IV.17 : Adaptateur PC	76
Figure IV.18 : Schéma de mise en connexion de la station PC au réseau existant	76
Figure IV.19 : Vue actuelle des consignes	77
Figure IV.20 : Vue des consignes de la nouvelle solution proposée	77
Figure IV.21 : Vue principale actuelle	78
Figure IV.22 : Vue actuelle des états de vannes	78
Figure IV.23 : Vue d'une station de la nouvelle interface	78
Figure IV.24 Vue graphe de température actuelle	79

Figure IV.25 : Vue graphe de pression actuelle-----	79
Figure IV.26 : Vue graphe de niveau actuelle -----	79
Figure IV.27 : Vue des graphes température pression et niveau de la nouvelle interface -----	79
Figure IV.29 : Vue actuelle graphe-----	80
Figure IV.28 : Vue actuelle graphe température sécheur A-----	80
Figure IV.30 : Vue des graphes température sécheur A / B et appareil de désoxydation de la nouvelle interface-----	80

Les systèmes industriels deviennent de plus en plus complexes et les demandes en termes de sûreté, de robustesse, de gain de productivité et de qualité ne cessent de s'accroître. Ce développement s'accompagne d'une évolution des processus d'automatisation.

L'utilisation des automates programmables industriels a évolué vers un emploi à large échelle dans les applications les plus complexes. Cette évolution s'explique par le gain de flexibilité et de performances liées à l'emploi d'un automate programmable, de même que la réduction des coûts et des temps de mise en place.

Les solutions d'automatisation qui ont recours à ces technologies mènent forcément à l'intégration de tous les composants importants (supervision, logique programmée, périphérie décentralisée, etc.)

Mediterranean Float Glass (MFG) est une entreprise spécialisée dans la production du verre plat par le procédé « float », un procédé qui nécessite un approvisionnement permanent en hydrogène de haute pureté. Pour s'auto satisfaire, MFG s'est équipée de trois stations de production d'H₂ par électrolyse sous pression.

Cependant, le caractère sensible de ce type de stations et du gaz produit (H₂) requiert beaucoup de précautions lors de la production. La mise à la disposition de l'opérateur, de toutes les informations nécessaires pour une meilleure exploitation des stations est essentielle.

Afin de réduire les erreurs de manipulation et de rendre l'exploitation des stations plus sûre et plus facile, Les responsables de MFG nous ont chargé de mettre en œuvre une plate forme de supervision sur PC ayant une interface graphique conviviale, efficace, simple à utiliser, adaptée à la stratégie de production suivie par l'entreprise.

Notre travail s'inscrit dans le cadre de la mise à niveau de toutes les installations utilités dont MFG s'est équipée ces dernières années pour satisfaire ses besoins en matières premières.

Nous exposons dans ce présent rapport quatre chapitres contenant les volets principaux de notre projet de fin d'étude, ils sont organisés comme suit :

Le premier chapitre comporte une description générale du complexe suivi d'une étude détaillée du fonctionnement de l'une des stations de production d'hydrogène.

Le deuxième chapitre est consacré à la présentation des dispositifs de contrôle, de mesures et de dialogue utilisés au niveau des stations.

Le troisième chapitre traite la modélisation du fonctionnement de toutes les parties constituant une station de production d'H₂ par l'outil de modélisation GRAFCET.

Le dernier chapitre est consacré essentiellement à la présentation de la plateforme de supervision développée avec WinCC flexible.

I.1 Introduction

Mediterranean Float Glass (MFG) est l'une des filiales du groupe CEVITAL spécialisée dans la production de verre float. Elle est née de la volonté de CEVITAL de relever le défi d'ériger l'industrie du verre au stade d'incontournable dans son domaine. Grâce à la ligne de verre Float de MFG (600 tonnes par jour), l'Algérie est passée de sa position exclusivement importatrice, en un pays exportateur du verre float (75% de la production est destinée à l'exportation).

S'étalant sur une superficie de 30 hectares dans la zone de Iarbaa (environ 30 KM d'Alger). MFG comporte actuellement trois lignes de production dont la première a été lancée en septembre 2005. Ces dernières sont alimentées par plusieurs stations dont celles qui traitent les matériaux entrant dans la composition du verre (ex sable) et celles qui produisent les gaz (H₂-N₂) nécessaires à l'adoption du procédé « Float » comme méthode de production.

Ce chapitre comporte une description générale du fonctionnement d'une ligne de production de verre float et de ses stations utilitaires. Celle de production d'hydrogène y fera objet d'une étude détaillée.

I.2 Description d'une ligne de production du verre plat par flottage « Float process »

Le procédé "float" constitue un pas technologique très important dans la fabrication du verre plat. Ce procédé, qui se démarque radicalement de ses prédécesseurs, a été inventé par Alastair Pilkington en 1952. Il s'agit d'un procédé complet qui rassemble les différentes étapes de la production en une seule et même ligne de production d'une longueur moyenne de 400 m. Généralisé dans les années soixante, le procédé "float" a été adopté depuis comme méthode standard pour la fabrication du verre plat de haute qualité. [1]

Cette technique consiste à faire flotter un ruban de verre en fusion sur un bain d'étain liquide. Grâce à cette méthode, le verre fabriqué est parfaitement plat. Il n'a plus besoin de polissage ou de doucissage et peut donc être directement découpé. Il s'agit là d'un gain financier important car ces opérations sont coûteuses en matériel, en matières premières et en énergie. Cela constitue également une accélération du processus de fabrication, puisque la vitesse de sortie est entre 5 et 10 fois plus élevée que dans le cas de l'étirage. C'est donc un procédé très efficace et c'est pourquoi il s'est si vite installé au rang de standard pour la fabrication du verre plat.

Voici un schéma global figure (1.1) représentant une ligne de production de verre plat par flottage « Float process » :

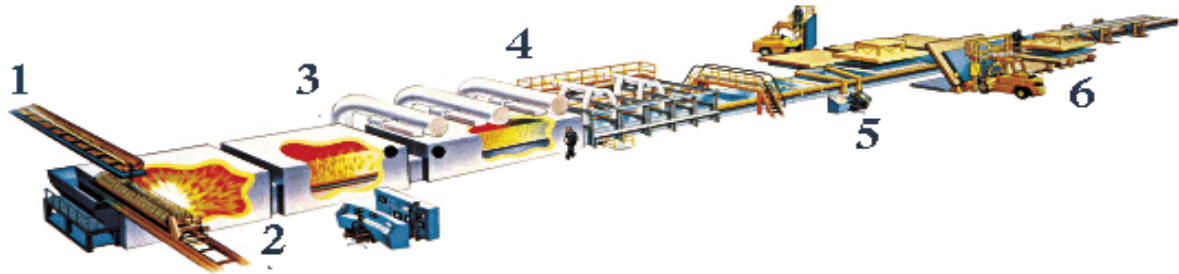


Figure I.1: schéma global représentant une ligne de production de verre plat par le procédé Float.

Chaque numéro fait référence à une étape de la fabrication. Nous allons donc les détailler dans cet ordre.

Phase 1 : L'enfournement des matières premières

Les matières premières sont pesées électroniquement au 1/1000 près, puis mélangées et humidifiées. Elles composent alors la charge vitrifiable. On ajoute du calcin, qui est obtenu en concassant des déchets de verre de la production ou par recyclage des emballages en verre, ce qui permet de les réutiliser en les réinjectant dans le processus de fabrication. Le tout est convoyé jusqu'au four.

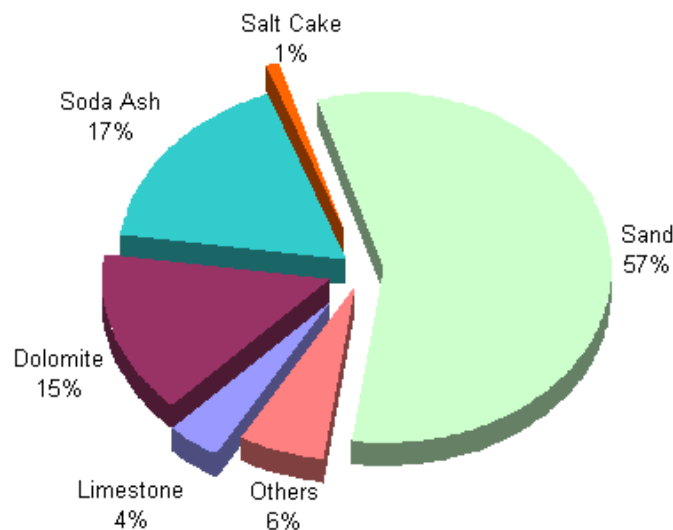


Figure I.2 : composition du verre

Phase 2 : Fusion dans le four

La transformation des matières premières en verre s'effectue dans un four à bassin en matériaux réfractaires, par chauffage à la température de 1550°C (une des températures les plus hautes de l'industrie). Dans le cas du procédé "float", le four contient en moyenne 2000 tonnes de verre en fusion, soit la production de 2 à 3 jours.

Phase 3 : Flottage du verre dans le bain d'étain

A sa sortie du four, le verre fondu est dirigé dans un canal d'où il coule sur un bain d'étain en fusion. Ce lac d'étain liquide est à une température d'environ 1050°C et fournit une surface parfaitement plane. Du fait de sa densité très inférieure à celle du métal, le verre "flotte" sur l'étain liquide, ce qui a donné son nom au procédé. Il s'y étale alors en un long ruban continu. C'est l'équilibre des forces de gravité et de tension superficielle qui produit une feuille de verre aux faces bien parallèles et d'une épaisseur uniforme voisine de 6.5 mm, ce quelle que soit la largeur de la bande.

Pour faire varier l'épaisseur, des roues dentées (appelées *toprolls*) sont placées en aval sur les bords du ruban, à un endroit où il est suffisamment refroidi. Elles étirent ou repoussent le verre latéralement, pour obtenir l'épaisseur désirée. Les épaisseurs ainsi obtenues vont alors de 1,1 mm à 19 mm. Un bain d'étain standard possède trois zones distinctes, comme l'indique le schéma de la figure (1.3) :

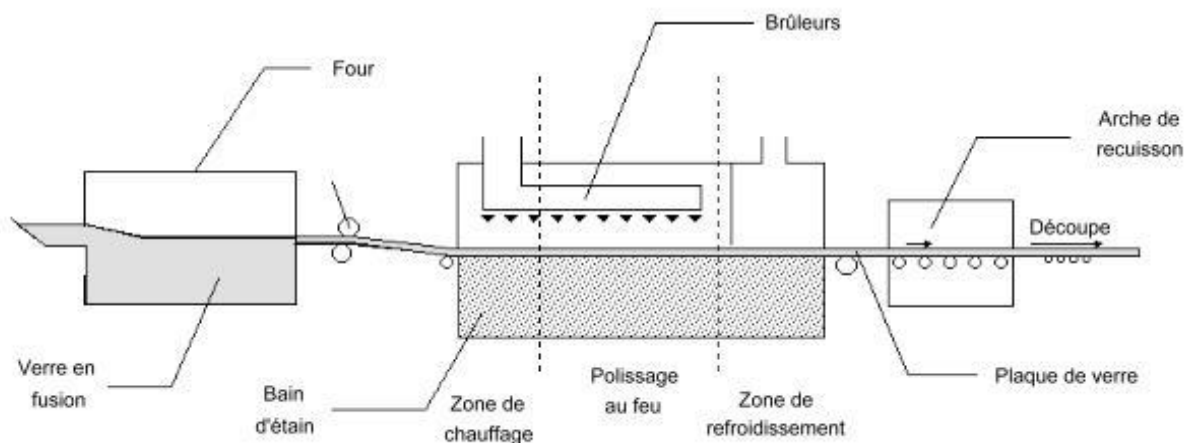


Figure 1.3 : schéma représentant les différentes zones du bain d'étain

A chaque zone correspond une température qui joue un rôle important pour la qualité du verre. La zone de refroidissement est tout particulièrement cruciale. En effet, à la sortie du bain d'étain, le verre doit être suffisamment dur pour être manipulé par les roulements (qui l'entraînent vers la suite du processus) sans que ceux-ci ne laissent des marques sur la face inférieure. C'est pourquoi le bain d'étain doit être d'une longueur suffisante pour que, d'une extrémité à l'autre, la température du ruban de verre puisse décroître de 1050 à 600°C environ.

La température est un élément capital dans la fabrication du verre et doit donc être contrôlée très soigneusement tout au long du procédé. Si elle est trop élevée le verre sera abîmé lors de son passage sur les rouleaux, et si au contraire elle est trop basse il risque de casser net avant de passer dans l'étenderie.

Phase 4 : L'étenderie

A sa sortie du bain d'étain, la feuille de verre est à une température d'environ 600°C, sa plasticité est donc encore assez faible, mais suffisante néanmoins pour être soulevée légèrement afin d'être placée sur un convoyeur à rouleaux. Celui-ci va entraîner la plaque de verre (qui est toujours d'un seul tenant) vers un tunnel de refroidissement appelé "étenderie". Dans ce tunnel long de 100 mètres, le ruban de verre se refroidit de façon régulière et sous contrôle constant. Il acquiert vers 500°C les propriétés d'un solide parfaitement élastique. Et c'est à cette température qu'est effectuée la recuisson qui permet de stabiliser ces propriétés.

Phase 5 : Découpe du verre

La plaque de verre quitte l'étenderie à 200°C environ et continue de se refroidir à l'air libre. Mais elle est déjà suffisamment froide pour être manipulée ; on entre alors dans l'ultime phase de la production. Le verre est contrôlé, puis découpé en plateaux de 6 m x 3 m qui sont débordés automatiquement (enlèvement des bords). Les volumes ainsi obtenus sont ensuite placés verticalement sur des chevalets grâce à des releveuses à ventouses (partie 6 sur la figure 1.1). A partir de là, ils sont enlevés et stockés.

I.3 Présentation des stations utilitaires

Le complexe dispose de plusieurs stations utilités qui assurent l'alimentation des lignes de productions en gaz (Azote, Hydrogène et l'air comprimé) et en eau traitée.

I.3.1 Station de production d'azote et d'air comprimé

Le compresseur envoie l'air dans un pré refroidisseur (5-10°C) sous une pression allant de 6 à 7 bars qui abaisse sa température jusqu'à 5°C pour permettre au tamis moléculaire d'absorber l'humidité et le CO₂, l'air devient ainsi sec.

Une partie de l'air comprimé sert à la production d'azote, et l'autre pour la commande des actionneurs pneumatiques. Pour y'extraire l'azote, l'air est porté à une température avoisinant la liquéfaction (-170°C) permettant la séparation de l'oxygène et du nitrogène.

I.3.2 Station de traitement et pompage d'eau

L'eau brute est soutirée par des pompes dans trois forages d'une profondeur de 150 M, la première étape de traitement est la filtration de l'eau des impuretés, cette dernière passera par trois réservoirs de filtration à sable, avant d'être adoucie. L'adoucissement s'effectue en deux stades, pour chaque stade deux adoucisseurs sont utilisés, à la fin de cette étape l'eau sortant est d'une dureté de 0.5°F.

A ce stade, le traitement de l'eau est terminé. Une partie est distribuée en fonction de la demande, vers les différents circuits de refroidissement, vers la station de production d'hydrogène et les réservoirs de stockage.

I.3.3 Les Stations de production d'hydrogène

La production du verre plat par le procédé « float » nécessite l'utilisation d'hydrogène de haute pureté, qui est injecté dans la chambre du bain d'étain pour y maintenir une atmosphère neutre et faiblement réductrice, et préserver ainsi l'étain de l'oxydation. Il est très important que le bain d'étain soit parfaitement lisse et bien plan, car sinon le ruban de verre formé n'aura pas ses faces bien parallèles, il se formera alors des imperfections dans le verre qui nuiront à sa qualité et peuvent le fragiliser.

Bien qu'il soit très abondant sur Terre (via la ressource en eau planétaire), l'hydrogène n'existe pas à l'état naturel. Actuellement, sa production est essentiellement effectuée par reformage catalytique d'hydrocarbures (principalement gaz naturel). Une très faible proportion d'hydrogène est produite par électrolyse de l'eau (< 1% de la production mondiale). Cette voie de production est envisagée lorsqu'une très grande pureté d'hydrogène est souhaitée, ce qui est le cas de MFG.

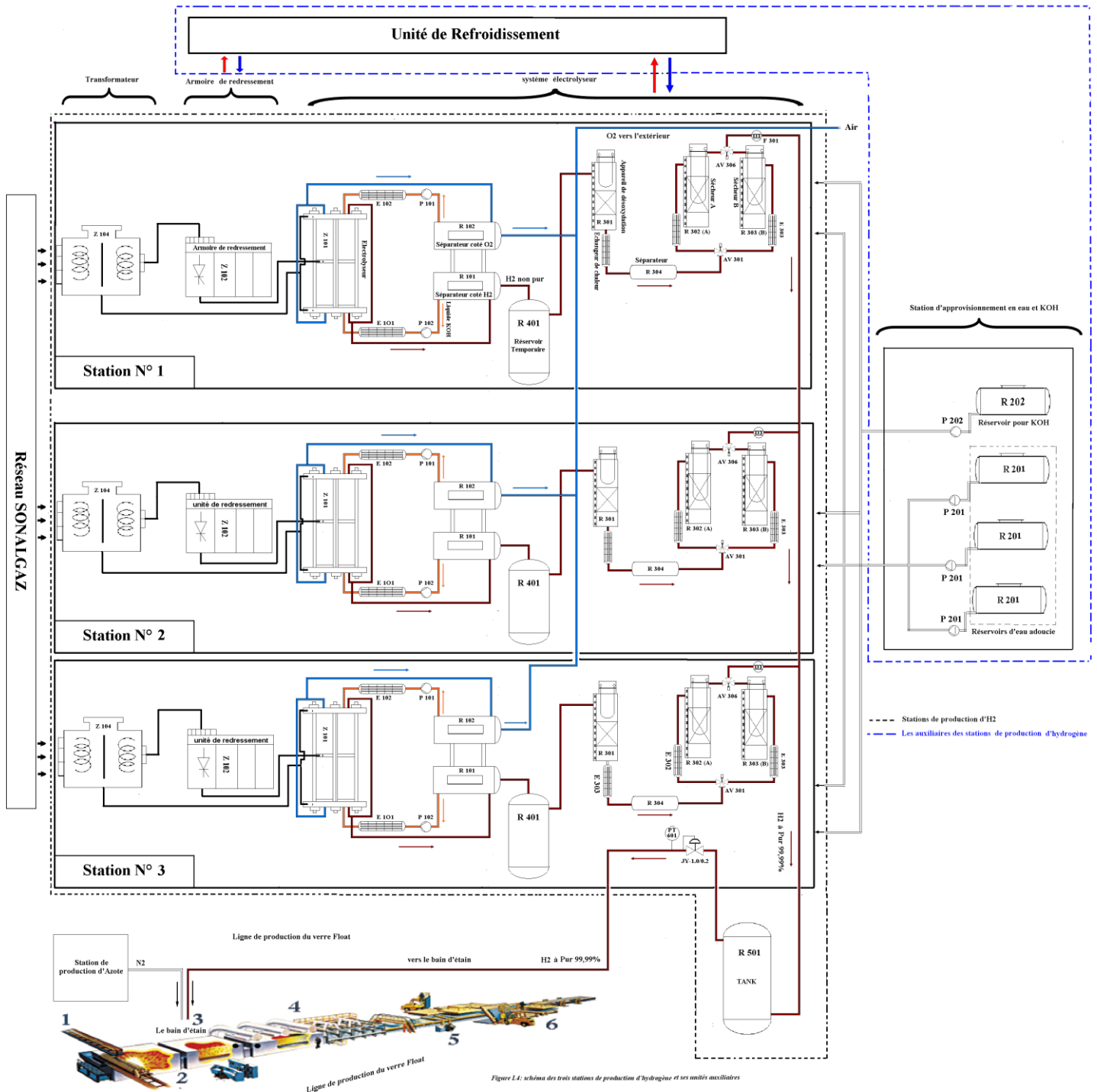
La quantité d'hydrogène nécessaire au maintien du rythme de production suivi par MFG, nécessite toute une station de stockage. Pour des raisons stratégiques et sécuritaires, MFG a choisi de s'auto satisfaire en s'équipant de trois stations identiques de production d'hydrogène par l'électrolyse de l'eau. Voir la figure (I.4)

a. Aperçu sur l'histoire de l'électrolyse

Nicholson et Carlisle sont les premiers à produire de l'hydrogène et de l'oxygène par électrolyse de l'eau. En 1832, Faraday établit les lois quantitatives de l'électrolyse. Cependant, le premier électrolyseur n'est commercialisé qu'un siècle plus tard par la société Oerlikon Engineering Company. [2]

En 1939, le premier électrolyseur dédié à la production d'oxygène à grande échelle (production des gaz $>10^4$ l/h) est installé au Canada. Il est de technologie alcaline à plaques mono polaires. Il sera ensuite reconverti pour produire de l'hydrogène pour la fabrication d'engrais.

En 1948, le fabricant Lurgi apporte une innovation majeure en développant le procédé d'électrolyse sous pression, ce qui permettait de s'affranchir d'une unité de compression pour le stockage des gaz produits et de fonctionner à plus haute température. MFG s'est équipée avec ce genre d'installations.



b. Généralités sur l'électrolyse alcaline sous pression

L'électrolyse est une réaction électrochimique de décomposition de l'eau en hydrogène et en oxygène. Elle est rendue possible par le passage d'un courant continu à travers deux électrodes immergées dans un électrolyte liquide ou solide.

L'électrolyse alcaline sous pression est la technologie la plus répandue et celle utilisée par MFG pour la production d'hydrogène électrolytique. Elle bénéficie d'une très grande maturité industrielle.

Dans un électrolyseur à technologie alcaline, l'électrolyte est une solution aqueuse d'hydroxyde de potassium (KOH). Sa concentration massique est déterminée afin que l'électrolyte présente une conductivité maximale à la température de fonctionnement de l'électrolyseur. La conduction ionique est alors assurée par les ions hydroxyde (OH-) et potassium (K+). Les réactions anodiques et cathodiques sont décrites ci-dessous :

Au niveau de la cathode : Les électrons forcés par l'alimentation dans l'électrode sont consommés selon la demi-réaction suivante :



Cette réaction est une réduction, où le proton (ou l'ion hydronium) est réduit en hydrogène.

Au niveau de l'anode : Ce pôle absorbe les électrons, qui sont produits dans la demi-réaction suivante :



Cette réaction est une oxydation, où l'eau est oxydée en oxygène.

La figure (I.5) illustre d'une manière schématique l'électrolyse alcaline :

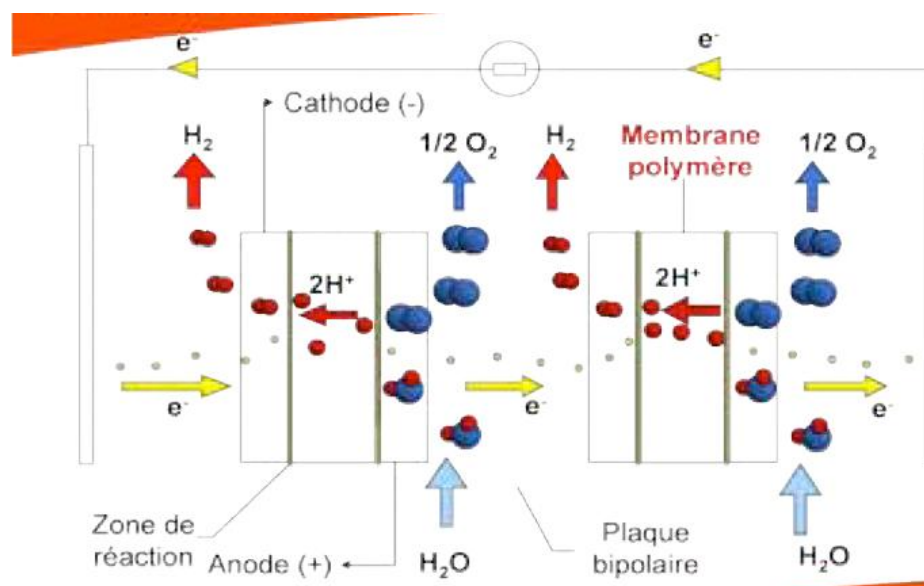


Figure I.5 : Principe de l'électrolyse alcaline

Le procédé d'électrolyse sous pression permet de s'affranchir d'une unité de compression pour le stockage des gaz produits (le H_2 est soutiré par dépression naturelle vers le stock tampon). Ce genre de procédé peut fonctionner à plus haute température tout en limitant les pertes d'eau par évaporation. Cela réduit considérablement la consommation énergétique du système (diminution de la résistance ionique \Rightarrow diminution de la tension pratique) et favorise les réactions de l'oxydation de l'eau en hydrogène et oxygène.

Cependant, une surveillance étroite des variations de température et de pression est primordiale pour le bon fonctionnement du système. Généralement, les valeurs de température sont respectivement limitées entre $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ et la pression de fonctionnement s'échelonne de 1 jusqu'à 30 bars.

Avec un courant de faible intensité et à pression constante, le débit d'hydrogène produit est faible. Du fait de la petite taille des molécules d' H_2 , ce gaz se diffuse à travers la membrane pour se rendre du côté anodique où il est produit l'oxygène, le phénomène existe quelque soit l'intensité. L'oxygène produit est donc moins pur lorsque l'intensité est faible. Cette diffusion peut entraîner un risque d'explosion (si la concentration d'hydrogène dans l'oxygène atteint la valeur critique de 4% en volume). C'est pourquoi on limite généralement le fonctionnement de l'électrolyseur à une intensité minimale et donc à une puissance minimale pour éviter la production d'un mélange explosif. Ce régime minimal augmente lui aussi avec la pression.

Bien que l'augmentation de la pression lors fonctionnement de l'électrolyseur soit favorable d'un point de vue énergétique, elle pénalise la qualité des gaz produits, à faible régime.

Dans les stations de production d'hydrogène sises à MFG, la production se fait sous pression (au voisinage de 8 bars) à une température (80 -90°).

Les électrolyseurs sont alimentés par du courant continu d'ordre de 6000 A.

I.4 Etude détaillée de l'une des stations de production d'hydrogène

Chaque station de production d'hydrogène dont MFG s'est équipée est caractérisée par les unités suivantes comme le montre la figure (I.6) :

- Un transformateur.
- Armoire de redressement à base de thyristors et appareils de contrôle/commande.
- Le système électrolyseur :
 - L'électrolyseur.
 - Séparateurs gaz-liquide.
 - L'unité de Purification : désoxydation et séchage.

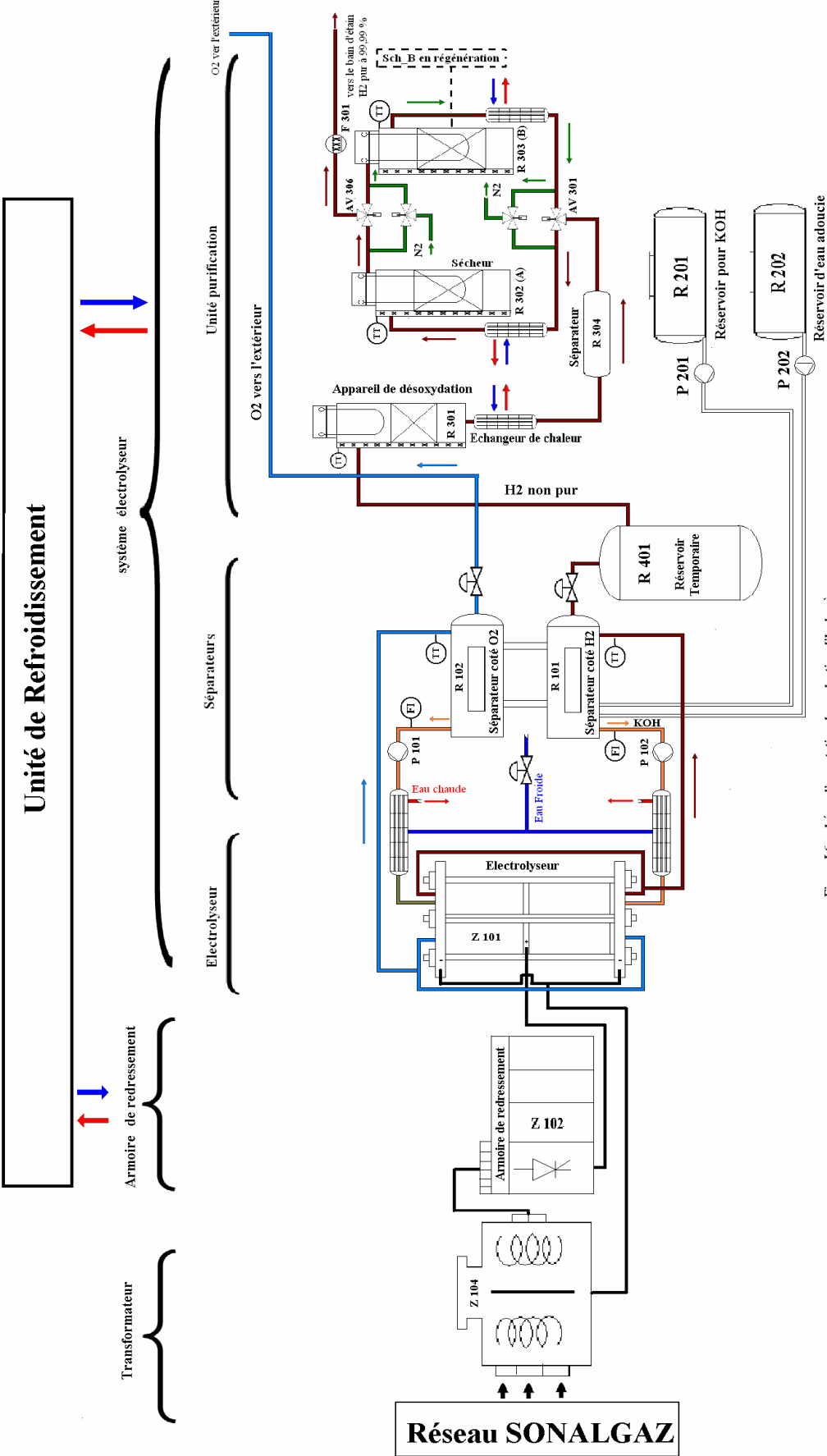


Figure 1.6: schéma d'une station de production d'hydrogène

I.4.1 Le transformateur

L'électrolyseur industriel travaille avec des courants de haute intensité, c'est pour quoi chaque station est équipée par sont propre transformateur qui délivre en sortie un courant d'ordre de 6000 A et une tension de 200 V (régime nominal de l'électrolyseur) , le transformateur est constitué de plusieurs bobines de cuivre couplée entre elles par un circuit magnétique. On envoi un courant alternatif sur un enroulement d'entrée (appelé primaire), ce qui génère un champ magnétique transmis par l'intermédiaire du circuit magnétique à un enroulement secondaire, qui génère à son tour une tension de sortie dépendant du rapport des nombres de spires des deux enroulements.



Figure I.7 : Image réelle du transformateur

I.4.2 Unité de redressement à base de thyristors

Les systèmes électrolyseurs sont alimentés séparément en courant continu par des armoires de redressement à base de thyristors de puissance qui redressent des courants alternatifs de hautes intensités (ordre de 6000 A) .

Les armoires de redressement sont équipées de cartes électroniques qui surveillent la température des thyristors et arrêtent automatiquement l'armoire si l'un des défauts suivants

survient :

- Dépassement de la température de fonctionnement normal des thyristors.
- Insuffisance en eau de refroidissement nécessaire au rafraîchissement des thyristors.
- Sur courant.
- Défaut au niveau du transformateur.
- Arrêt d'urgence.

L'arrêt de l'armoire de redressement entraîne l'arrêt total du système électrolyseur qu'elle alimente, l'électrolyse de l'eau ne peut se faire qu'avec un courant continu.

I.4.3 Le système électrolyseur

L'électrolyseur et les deux séparateurs gaz_liquide forment un circuit fermé liés par le réservoir tampon à l'unité de purification.

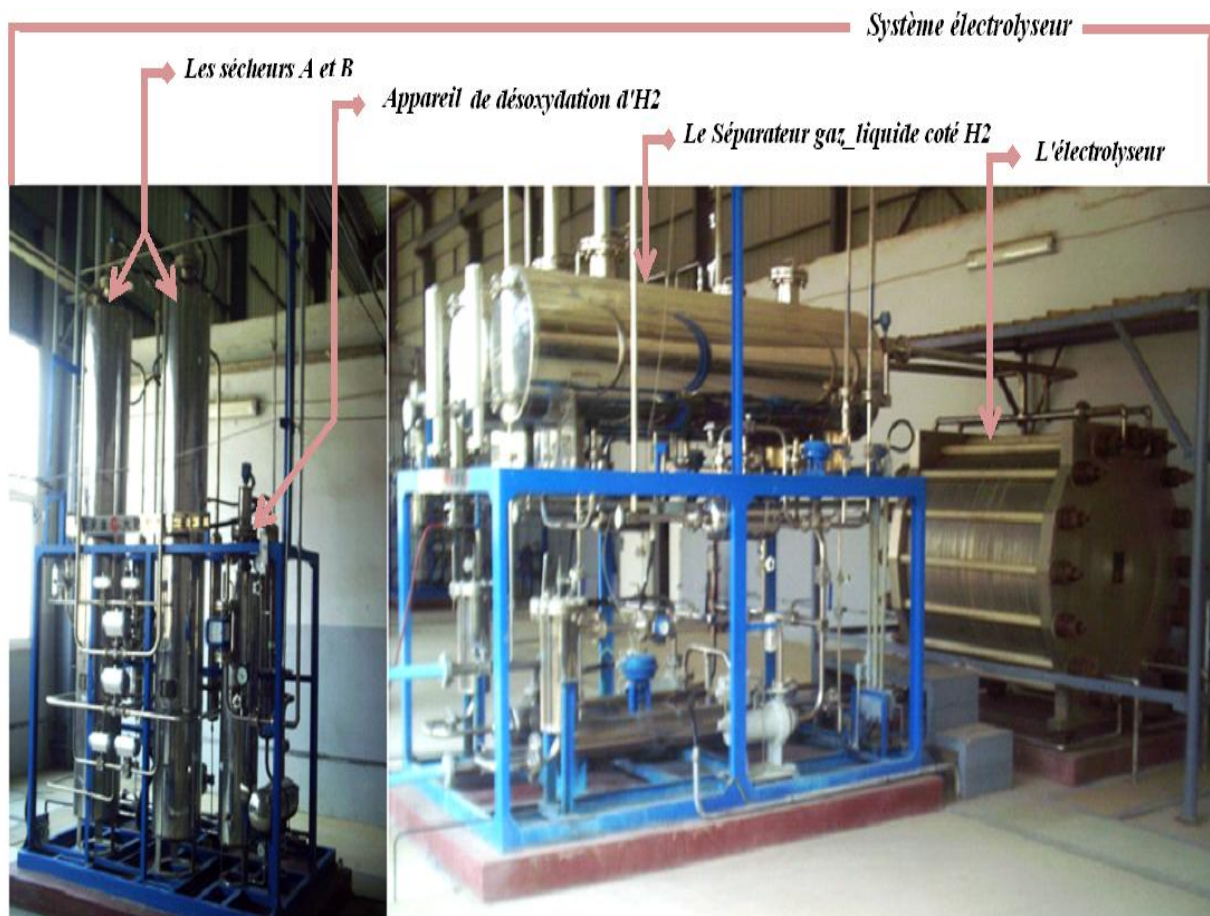


Figure I.8 : Image réelle du système électrolyseur

a. L'électrolyseur

L'électrolyseur procède à l'oxydation de l'eau en hydrogène et oxygène suivant le procédé d'électrolyse sous pression (8 bars) à une température de fonctionnement allant de 80°C jusqu'à 90°C. L'électrolyseur est alimenté par un courant continu atteignant les 6000A (200V) en régime nominal.

b. Les séparateurs gaz-liquide

Les gaz (H_2/O_2) sortant de l'électrolyseur sous forme de vapeur (gaz + traces KOH) sont acheminés via un circuit hydraulique vers deux séparateurs distincts (séparateur coté H_2 / séparateur coté O_2) au niveau des quels s'effectue naturellement la séparation gaz – liquide (gaz vers le haut, liquide vers le bas) et l'ajout d'eau distillée.

Du fait de la jonction des deux séparateurs, L'équilibre du niveau de liquide est primordial (différence maximale 100mm), en effet, le déséquilibre des niveaux peu entrainer la fusion des gaz et causer de fortes explosions si la concentration d'hydrogène dans l'oxygène atteint la valeur critique de 4% en volume. C'est pourquoi les séparateurs sont équipés d'un système de régulation de pression permettant la stabilité du niveau de liquide.

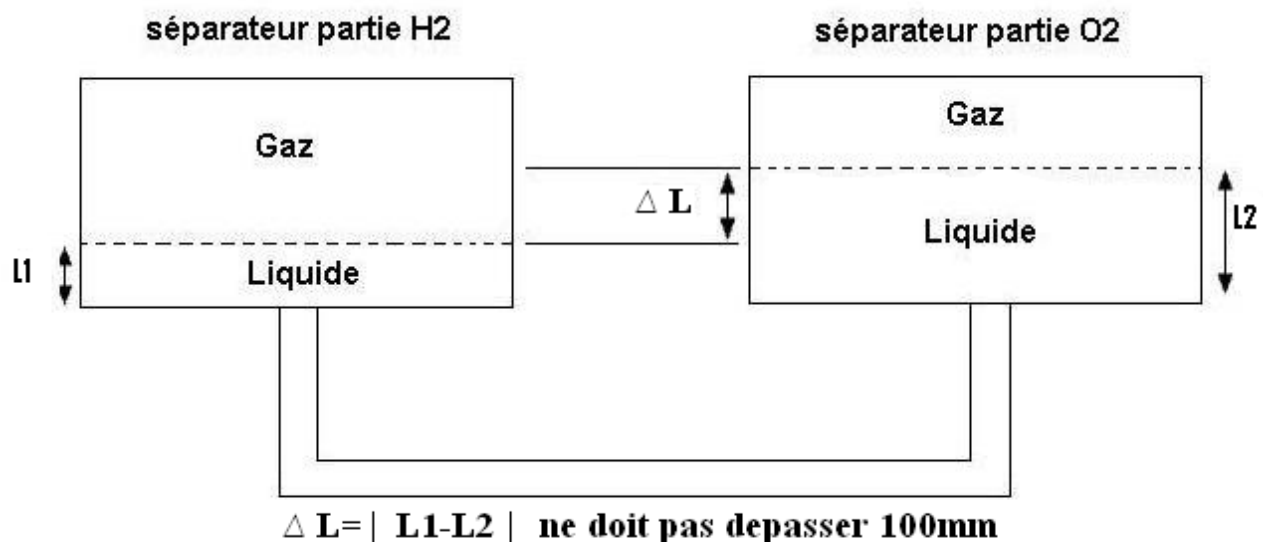


Figure I.9 : schéma montrant l'interaction entre les deux séparateurs.

Le système de régulation de pression est composé de deux vannes régulatrices à commande pneumatique qui fonctionnent par intermittence en fonction de la différence de pression entre les deux séparateurs. L'augmentation du niveau de liquide coté hydrogène (respectivement coté oxygène) entraîne l'évacuation de l'oxygène (respectivement l'hydrogène) vers l'extérieur (respectivement vers le stock tampon) via la vanne régulatrice coté O_2 (respectivement coté H_2).

Après avoir été filtré et refroidi, le liquide (solution KOH) issu des deux séparateurs est acheminé par des pompes vers l'électrolyseur. Son refroidissement s'effectue via un échangeur de chaleur à base d'eau froide dont le débit est contrôlé avec une vanne régulatrice à commande pneumatique. Voir la figure (I.10)

En cas de dysfonctionnement de l'une des pompes (coté O_2 ou H_2), des vannes manuelles sont utilisées pour qu'une seule pompe puisse assurer la circulation du KOH. La pompe opérationnelle n'est activée seulement si le mode mélange est sélectionné, ie. une pompe pour deux séparateurs.

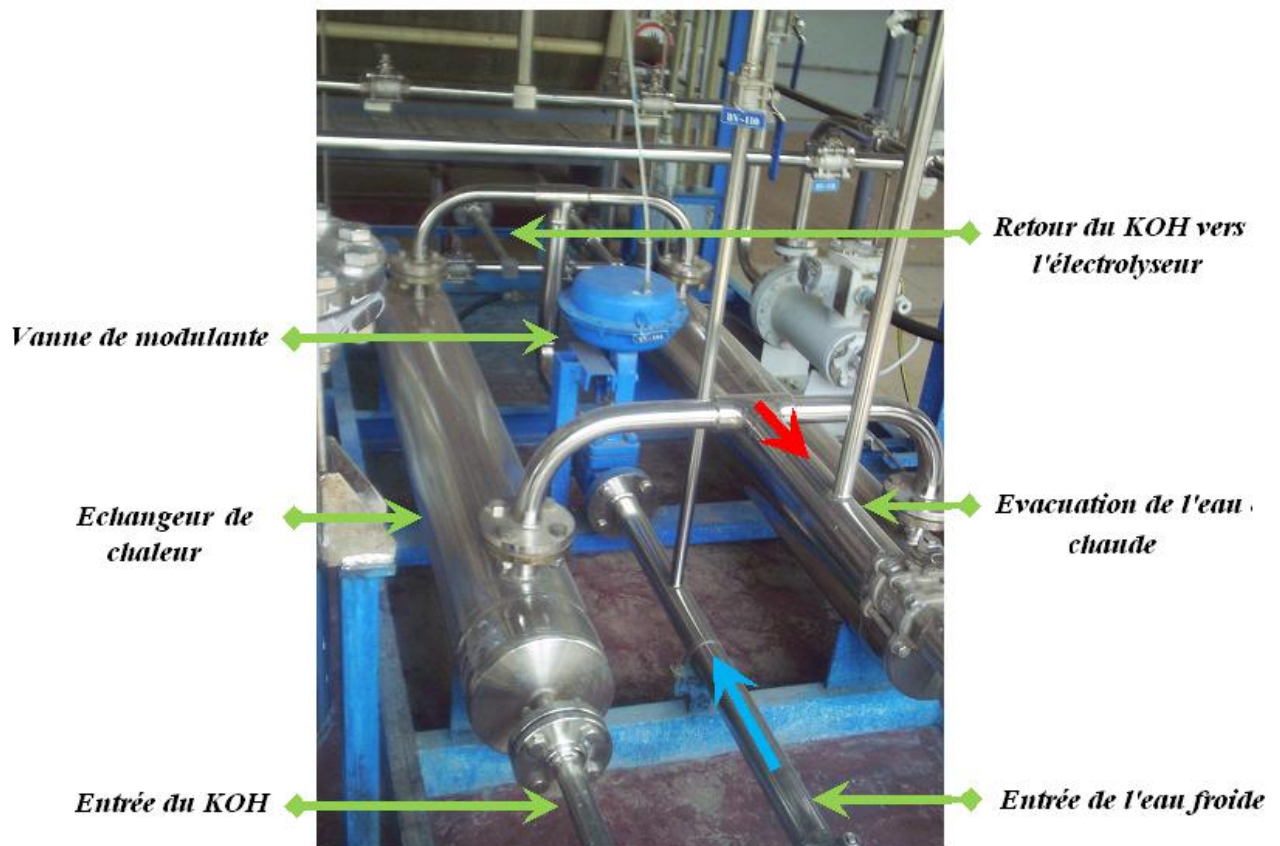


Figure I.10 : Régulation de la température du liquide KOH

c. L'unité de Purification

La présence de traces d'eau et d'oxygène dans l'hydrogène produit le rend impropre à une utilisation directe. Pour en remédier, la purification de ce dernier s'impose.

La purification de l'hydrogène s'effectue en deux étapes :

La désoxydation

Pour éliminer les traces d'oxygène (d'ordre ppm), l'hydrogène produit est acheminé vers un appareil de désoxydation qui fonctionne à des températures qui varient entre 110°C et 300°C.

Le séchage

Le système de purification comporte deux sécheurs qui fonctionnent par intermittence (pendant que l'un fonctionne l'autre fait la régénération), le transfert se fait automatiquement après un temps fixé par l'opérateur.

Le séchage s'effectue par des tamis moléculaires qui absorbent l'humidité de l'hydrogène. Après un certain temps de fonctionnement, les tamis moléculaires se saturent et perdent en efficacité, leurs régénérations se fait selon trois phases qui sont :

- ✓ *phase 1 « chauffage »* : Quand la température atteint à une certaine valeur, l'eau absorbée par les tamis moléculaires s'évapore. Pour l'évacuer, du nitrogène est passé dans le sens contraire de la circulation de l'hydrogène.
- ✓ *phase 2 « le refroidissement par soufflage »* : elle consiste à faire seulement passer du Nitrogène dans le sens contraire de la circulation de l'hydrogène lors de sa purification.
- ✓ *phase 3* : à la fin de refroidissement par soufflage, les vannes de circulation de N₂ sont fermées pour laisser le sécheur se refroidir naturellement. Le sécheur est ainsi prêt pour l'utilisation.

Remarque : Durant toute la phase de purification, la température de l'hydrogène est maintenue constante par les échangeurs de chaleurs E301, E302, E303.

Le gaz purifié est stocké dans un réservoir tampon sous une pression de 4 bars avant d'être envoyé vers le bain d'étain sous une pression de 2 bars.

I.5 Les auxiliaires des stations d'hydrogène

Comme indiqué sur la figure I.4, les trois stations d'hydrogènes sont accompagnées par deux autres unités auxiliaires ; l'unité d'approvisionnement en eau adoucie / KOH et celle de refroidissement d'eau utilisée dans les échangeurs.

I.5.1 Unité de refroidissement d'eau

L'eau utilisée dans les systèmes électrolyseurs pour le refroidissement des liquides (KOH) et les gaz (H_2 , O_2) via les échangeurs de chaleur (E101, E102, E301, E302, E303) est issue de l'unité de refroidissement d'eau située en amont des systèmes électrolyseurs.

I.5.2 Unité d'approvisionnement en eau distillée et en KOH

Elle contient quatre réservoirs servants à l'alimentation des stations en eau et en solution de potasse (KOH). Ces réservoirs sont liés et reliés aux séparateurs liquides _gaz par un circuit hydraulique permettant une meilleure flexibilité. Grâce à des pompes commandées par l'automate, l'ajout d'eau et de soude se fait automatiquement.

Avant son acheminement vers les systèmes électrolyseurs (les séparateurs gaz _liquide), l'eau passe par un dispositif d'adoucissement.

I.6 Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté brièvement le complexe industriel Mediterranean Float Glass en précisant le rôle des parties essentielles composant une ligne de production de verre par flottage, et ses besoins en utilitaires (Stations utilités) dont celle de production d'hydrogène qui a fait l'objet d'une étude détaillée dans ce chapitre. Par contre le prochain chapitre sera consacré à l'étude instrumentale de l'une des stations de production d'hydrogène,

II.1 Introduction

Chaque processus industriel se compose d'un ensemble de machines destinées à la fabrication ou la transformation considérée. Ces machines (partie opérative) comprennent un ensemble de moteurs, vérins, vannes et autres dispositifs qui leur permettent de fonctionner. Ces derniers s'appellent actionneurs, Ils sont pilotés par un automate programmable ou partie commande. Cette partie commande élabore les ordres transmis aux actionneurs à partir des informations fournies par les capteurs.

La partie commande reçoit également des informations transmises par un opérateur en fonctionnement normale, ou d'un dépanneur en cas de réglage ou mauvais fonctionnement de la partie commande ou partie opérative. Entre la partie commande et l'homme (opérateur) se trouve la partie dialogue qui permet à ce dernier de transmettre des informations au moyen de dispositifs adaptés (boutons poussoirs, commutateurs... etc.). De même la partie commande retourne vers l'homme des informations sous des formes compréhensibles par lui (voyants, afficheurs...etc.) .Ainsi entre l'homme et la partie opérative s'instaure un dialogue homme machine.

Dans ce chapitre, l'étude se portera sur les appareils de contrôle, de transmission et de mesure utilisés dans les stations de production d'hydrogène sise à MFG.

II.2 La partie opérative

II.2.1 Appareils de mesure

Dans l'industrie, la plupart des unités de fabrication fonctionnent en permanence. Pour que le fonctionnement de ces installations soit aussi stable que possible, il est nécessaire de contrôler ou de réguler un certain nombre de paramètres de fonctionnement qui sont le plus souvent : pressions, niveaux, températures et débits. Pour ce faire, différents instruments de mesure sont utilisés.

Les appareils de mesure permettent au procédé d'agir de manière à obtenir la qualité et la quantité de produits finis conformément à certaines spécifications dans les meilleures conditions de sécurité, de fiabilité et de rendement.

Dans le cas général, un appareil de mesure est constitué :

- D'un capteur installé à l'endroit où se fait la mesure, il 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.
- D'un transmetteur qui transforme la grandeur mesurée en un signal pneumatique ou électrique qui sera utilisé dans un autre instrument : indicateur, enregistreur, régulateur, relais, convertisseur, alarme visuelle ou sonore, lequel sera situé à plus ou moins longue distance (le plus souvent en salle de contrôle).
- D'un système de transmission entre les deux éléments précédents.

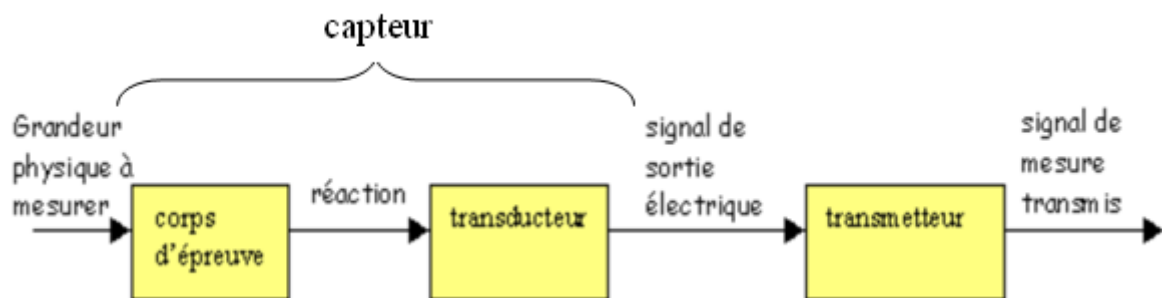


Figure II.1 : Schéma d'un Appareil de mesure

a. Appareil de mesure de la température

La mesure de la température utilise trois principes essentiels :

- Les phénomènes de dilatation et de tension de vapeur : (thermomètre à dilation de liquide).
- Les phénomènes de thermoélectricité de thermo résistance.
- Les thermocouples.

Les Appareils de mesure de température de la station de production d'hydrogène est équipée de capteurs qui utilisent les phénomènes de thermocouple pour la mesure de la température au niveau de la partie inférieur/médiane/supérieure des sécheurs A/B, les séparateurs gaz – liquide et de l'appareil de désoxydation. Figure (1.6)

Principe de la mesure des températures par thermocouple

Lorsque deux fils en métaux différents sont connectés à leurs deux extrémités, un courant continu circule dans la boucle s'il y a une différence de température entre les deux jonctions. On distingue la jonction chaude à la température T_c (à mesurer) et la jonction froide à la température T_f constante et connue. On mesure la différence de potentiel E entre les deux jonctions, résultat du courant I , avec un voltmètre. E est proportionnelle à :

$$\Delta T (\Delta T = T_c - T_f) \quad (\text{II.1})$$

$$E (\text{volt}) = \alpha \times (T_c - T_f) \quad (\text{II.2})$$

Avec : α est appelé coefficient de Seebeck.

Cette force électromotrice E dépend de la nature des métaux de jonction et de la température T_c .



Figure II.2 : Image réelle de l'appareil de mesure utilisé.



Figure II.3 : Sondes de température.

b. Appareil de mesure de débit

Le débit est l'un des paramètres du procédé le plus surveillé.

Au niveau de la station, le contrôleur de débit est utilisé pour arrêter les pompes de circulation du KOH en cas d'absence de débit, ce qui entraînera l'arrêt total de la station.

Système de mesure de débit

Une palette fixée sur une articulation à ressort se déplace librement en sens axial dans un tube Conique (DW 181, DW 182). A l'arrivée d'un débit, le système prend une position d'équilibre entre la force exercée par le liquide sur la palette de mesure et la force du ressort. Ainsi, chaque débit correspond à une position spécifique de la palette de mesure. Un aimant intégré dans le système transmet la position de la palette à l'indicateur et commande en même temps les détecteurs de seuil.[6]

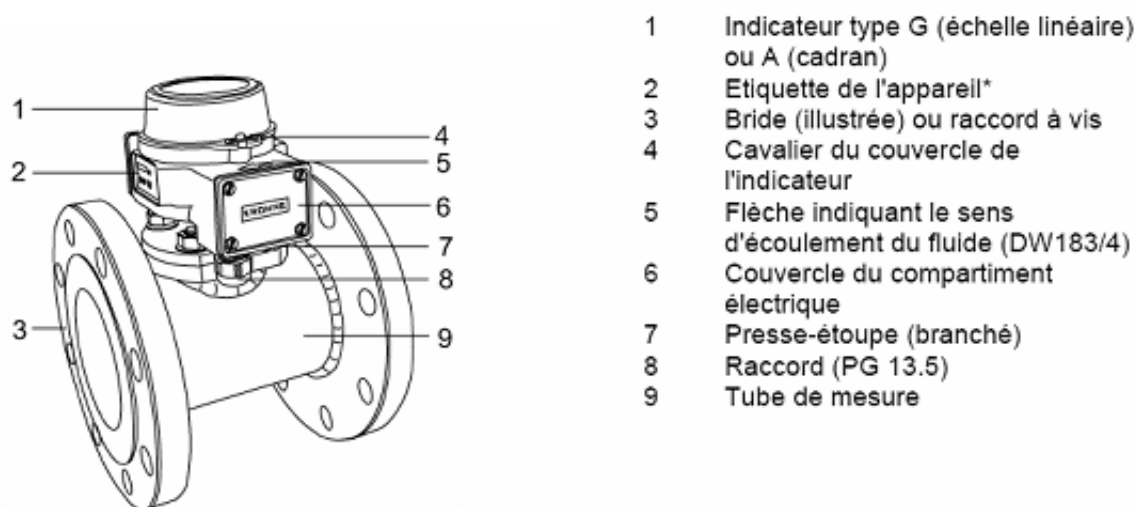


Figure II.4 : Schéma de l'appareil de mesure de débit KHRONE

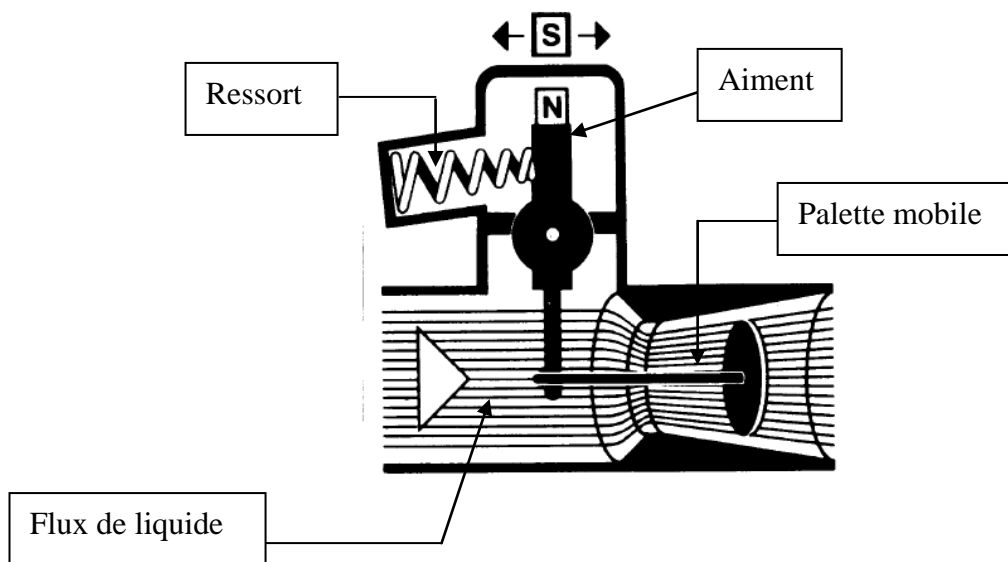


Figure II.5 : schéma du système de mesure de débit

c. Appareil de mesure de la pression

Pour la mesure de la pression dans les séparateurs coté H_2/O_2 , la station s'est équipée de transmetteurs électroniques intelligents composés d'un assemblage de deux modules complémentaires : un module de détection équipé de raccords et des bouchons de purge et un module de traitement de l'information vers l'utilisateur ou venant de celui-ci contenant tous les composants électronique essentiels pour le traitement de l'information. Comme le montre la figure (II.6.a).

Principe de fonctionnement

La pression est appliquée à une membrane isolante et transmise au capteur en poly silicium par l'intermédiaire d'un fluide de remplissage qui est de l'huile silicone.

Les transmetteurs de pression absolue utilisent une capsule scellée référencée au vide. La pression du procédé appliquée au capteur engendre une très légère déformation de la membrane détectrice, qui à son tour applique une contrainte à un pont de Wheatstone situé dans le capteur. La variation de résistance est détectée et convertie en un signal numérique en vue de son traitement dans le microprocesseur. Ce signal numérique est ensuite converti en un signal 4–20 mA proportionnel à la pression du procédé appliquée.[6]

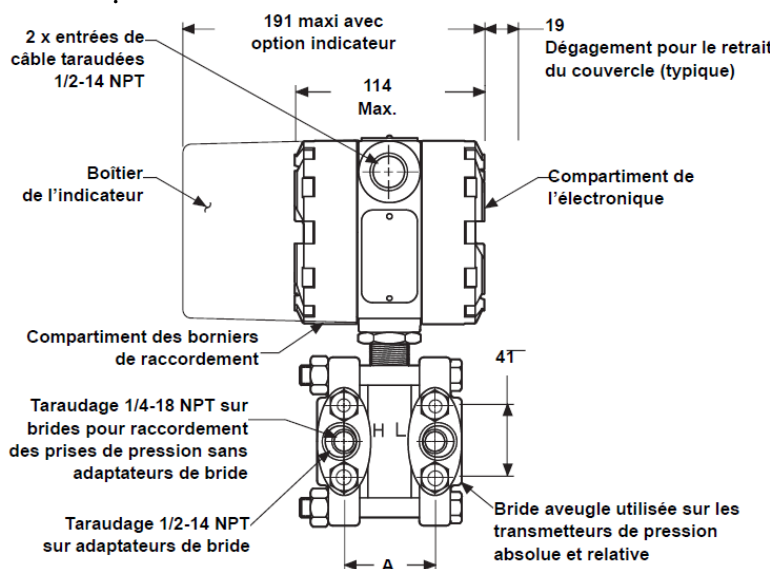


Figure II.6.a : schéma du transmetteur

Figure II.6.b : Transmetteur électronique de pression.

d. Appareil de mesure du niveau de liquide

Les principes de la physique utilisés pour la mesure du niveau (hauteur) sont très variés. Mais seuls quelques uns d'entre eux sont d'un usage fréquent :

- Les mesures directes de hauteurs utilisées surtout pour le jaugeage des bacs.
- Le principe d'Archimède pour les flotteurs et plongeurs.
- Le principe de l'hydrostatique pour les mesures par cellule à pression différentielle.

Les séparateurs sont équipés de transmetteurs de pression différentielle pour mesurer la hauteur du liquide KOH.

Principe

Un transmetteur de pression différentiel fait la différence entre la pression hydrostatique exercée par le liquide KOH et la pression du gaz à l'intérieur du séparateur (pression de référence) comme le montre la figure II.7

La hauteur du liquide KOH dans le séparateur est donnée par la formule suivante :

$$H = \frac{\Delta P}{\rho \times g} \quad (\text{II.3})$$

ρ Masse volumique en [kg/m³]

g Accélération de la pesanteur (9,8 [m/s²])

H Hauteur de liquide en m

ΔP Différence entre la pression hydrostatique exercée par le liquide KOH et celle du gaz (H₂/O₂) [Pa]

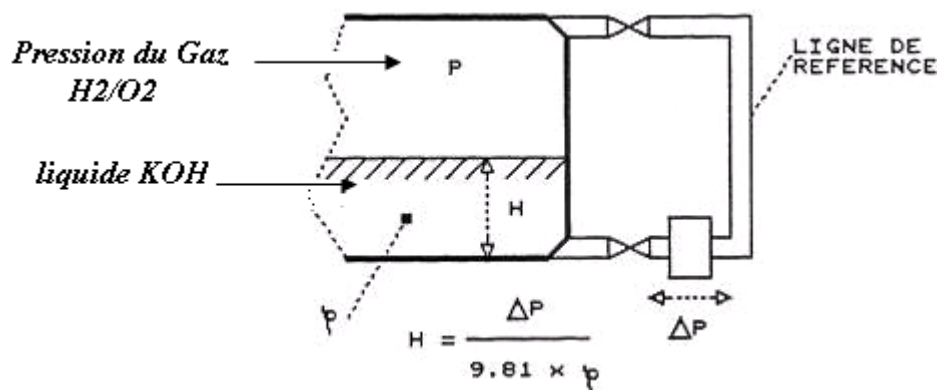


Figure II.7 : principe de mesure de la hauteur du liquide KOH dans les séparateurs

e. Appareil de mesure de l'humidité

L'humidité de l'air et des gaz en général est susceptible d'avoir des répercussions importantes sur certains processus physico-chimiques ou biologiques. En effet, dans l'installation sise à MFG, la surveillance du taux d'humidité (le point de rosé) est essentielle car la présence de vapeur en quantité trop importante pourrait provoquer des condensations.

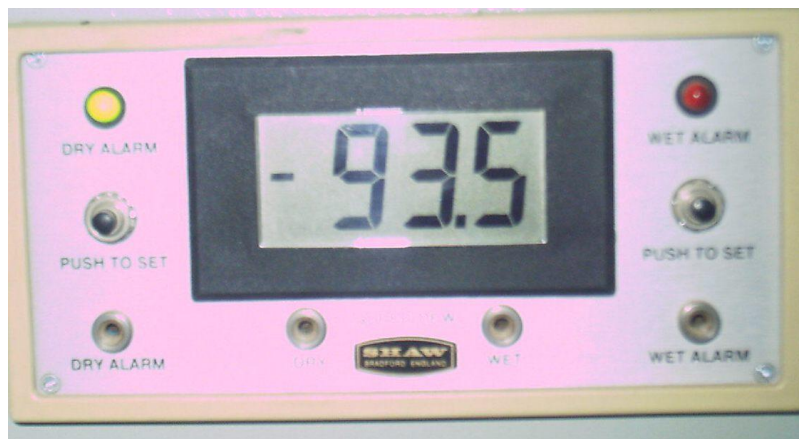


Figure II.8 : Appareil de mesure de l'humidité du gaz H₂

II.2.2 Les pré actionneurs

La Majorité des systèmes automatisés industriels ont pour partie commande un A.P.I (Automate Programmable Industriel). Cet automate est généralement incapable de distribuer directement l'énergie nécessaire à l'actionneur car il traite de l'information, sous forme d'énergie de faible niveau.

Le pré actionneur est donc là pour s'occuper de distribuer une énergie forte adaptée à l'actionneur en fonction de la commande (énergie faible) venant de l'A.P.I. La raison d'être du pré actionneur réside donc dans les problèmes de distribution de l'énergie à l'actionneur.

a. Les distributeurs d'énergie électrique

• Les relais

C'est un appareil composé d'une bobine (électroaimant) qui lorsqu'elle est parcourue par un courant électrique agit sur un ou plusieurs contact il est constitué :

- ✓ D'un électroaimant (bobine+circuit ferromagnétique)
- ✓ D'une palette mobile supportant l contact mobile ainsi qu'un contact fixe
- ✓ D'un ressort de rappel du contact mobile.

En alimentant la bobine, le contact mobile est déplacé fermant ainsi le contact électrique. En l'absence de courant dans la bobine le ressort de rappel maintient le contact ouvert.

Le relais est une solution à la commande en puissance. Il assure en outre une isolation galvanique en mettant en œuvre un mouvement mécanique.

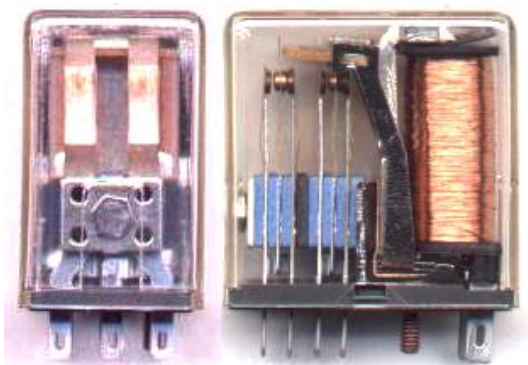


Figure II.9.a : Image réelle d'un relais

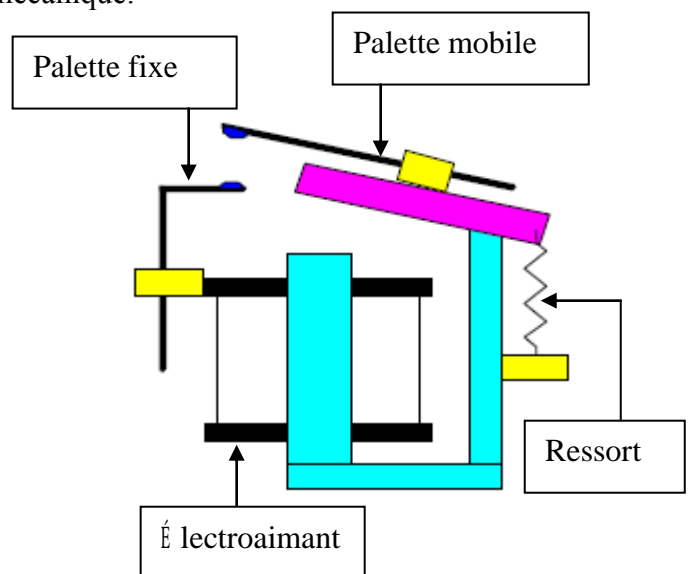


Figure II.9.b : schémas du relais

Caractéristiques de la bobine

- Tension minimale d'alimentation : C'est la tension continue à appliquer à la bobine du relais et permettant le bon fonctionnement de celui-ci.

Certains relais sont prévus pour fonctionner avec une tension alternative.

- Tension de collage : C'est la valeur limite d'alimentation (pour action) à laquelle tous les contacts, de tous les relais, doivent être à l'état de travail.
- Tension de coupure : C'est la valeur limite d'alimentation (pour relâchement) à laquelle tous les contacts de tous les relais doivent être à l'état de repos.
- Résistance de la bobine : Cette valeur permet de calculer l'intensité dans la bobine

▪ Les Contacteurs

Le contacteur assure la même fonction que le relais mais il possède un pouvoir de coupure encore plus important grâce à des dispositifs d'extinction de l'arc électrique. Le pouvoir de coupure est particulièrement important pour la commande de charges fortement inductives comme les moteurs mais aussi de résistances de puissance (chauffage). Pour ces charges l'apparition d'arcs électriques est régulière et il est nécessaire de les interrompre (*risque de destruction et d'incendie*).



Figure II.10. : Image réelle d'un contacteur

Le contacteur est constitué par :

- ✓ Des pôles principaux de puissance,
- ✓ Un ressort de rappel,
- ✓ Un circuit magnétique feuilleté de manière à réduire les pertes par courant de Foucault (dus à la présence d'un flux d'induction magnétique alternatif)
- ✓ Une bobine (insérée dans le circuit de commande). Si la bobine est alimentée en courant alternatif le courant d'appel sur le circuit de commande lors de la fermeture du contacteur peut atteindre 6 à 10 fois le courant de maintien.
- ✓ Une «spire de frager» ou «bague de déphasage» qui évite les vibrations dues à l'alimentation en courant alternatif de la bobine du contacteur.
- ✓ Des contacts auxiliaires (possibilité d'ajouter au contacteur un bloc de contacts auxiliaires instantanés ou temporisés)
- ✓ Une armature fixe et un autre mobile

Caractéristique des contacteurs

- Tension maximale de commutation : C'est la tension maximale entre les lames avant fermeture ou après ouverture
- Courant maximal de commutation : C'est le courant juste avant l'ouverture (coupure) ou juste après fermeture (collage)
- Courant permanent limite (ou courant de passage maximum) : C'est la valeur du courant à ne pas dépasser
- Puissance de commutation (ou pouvoir de coupure) : C'est le produit du courant de commutation et la tension de commutation à ne pas dépasser
- Résistance de contact : C'est la résistance entre les bornes d'un contact fermé
- Tension de claquage contact/bobine : C'est la tension maximum entre les contacts et la bobine
- Résistance d'isolement : C'est la résistance entre les contacts.

b. Les distributeurs d'énergie pneumatique

La grandeur physique sur laquelle la technologie pneumatique est basée est la pression de l'air. L'organe de communication de cette technologie est le distributeur. C'est le distributeur qui fera en sorte de laisser se propager ou non un signal pneumatique. Le symbole du distributeur est constitué de diverses parties, comme le montre la *figure II.11*

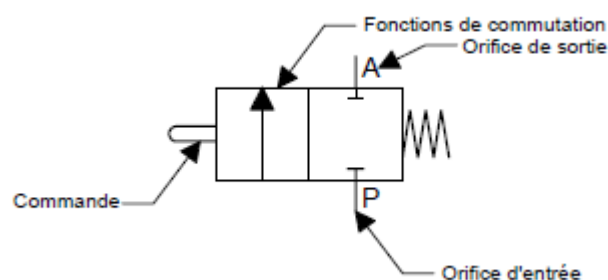


Figure II.11 : distributeur pneumatique

Une fonction de commutation est représentée par un carré contenant une ou des flèches montrant les branchements et les directions possibles de l'air entre les orifices. Le nombre de fonctions de commutation correspond au nombre de positions du distributeur. Ainsi, le distributeur ci haut est à deux positions.

Dans l'une des positions, l'orifice d'entrée P et l'orifice de sortie A ne sont pas connectés et dans l'autre, ces deux orifices sont connectés. Le distributeur est toujours représenté dans sa position au repos. Pour que le distributeur puisse changer de position, il doit être actionné par une commande extérieure. Cette commande peut être de nature mécanique, électrique, pneumatique ou hydraulique.

Le distributeur utilisé au niveau de la station de production d'hydrogène est du type 3/2 à commande électrique avec rappel par ressort.

II.2.3 Les Actionneurs

Dans un système automatisé ou semi automatique l'actionneur est l'organe de la partie opérative qui convertit l'énergie qui lui est fournie sous l'ordre de la partie commande, via un pré actionneur, en un travail utile à l'exécution des tâches du système.

a. Les pompes

Les pompes exercent sur le liquide les forces nécessaires à son déplacement, et cela en agissant de façon aspirante d'un côté et de façon refoulant de l'autre. Cela occasionne une augmentation de la pression du côté entrée de la pompe.

La station de production d' H_2 est équipée de pompes de type rotor noyé qui transfèrent sans fuite le liquide (solution de KOH) issu des séparateurs vers l'électrolyseur figure (II.12). L'ajout d'eau et du KOH s'effectue par des pompes équipées de moteurs synchrones triphasés commandés par l'automate.

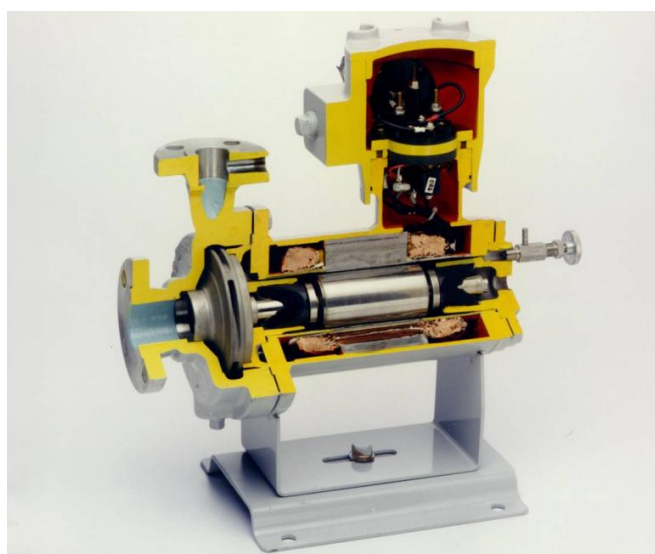


Figure II.12 : Pompe à rotor noyé.

b. Les vannes**▪ Les vannes Papillons**

Les vannes papillons sont des vannes pneumatiques tout ou rien utilisées dans les installations au niveau des séparateurs et des sécheurs.

La vanne papillon est un vérin simple effet équipé d'un ressort de rappel. Les parois internes du piston de cette vanne étant rainurées, alors le mouvement de translation du vérin provoqué par une pression d'air (5 à 7 bar) à son entrée, est converti automatiquement par transmission mécanique en un mouvement de rotation de 90° du disque (en forme de papillon), emmenant ainsi la vanne à un changement d'état.



Figure II.13 : Image réelle des vannes papillons

La Tête d'asservissement

La tête d'asservissement est utilisée pour l'excitation des vannes rotatives à commande pneumatique (angle de 90°), elle contient les actionneurs, les sondes et l'électronique complète pour pouvoir être reliées et intégrées à des systèmes d'asservissement performants.

La tête d'asservissement est de construction modulaire. Selon le type, elle comporte un module de commande pneumatique (max distributeur 3/2) ou un module de commande électrique à deux indicateurs de position. L'excitation pneumatique peut être aussi effectuée par des électrovannes placées extérieurement. La position de la vanne est affichée sur la tête d'asservissement de façon mécanique ou électrique (dans notre cas mécanique). La figure (II.14) représente la tête d'asservissement utilisée dans la station de production d'hydrogène.



Figure II.14 : Image réelle d'une tête d'asservissement utilisée.

▪ **Les vannes modulantes**

Une vanne de régulation est un dispositif conçu pour contrôler de manière continue le débit de toutes sortes de fluides (liquide ou gaz) dans un système de commande.

La vanne est commandée par un régulateur qui utilise l'action de l'air comme fluide d'asservissement. Ainsi l'ouverture ou l'action modulée de la vanne est produite par les variations de pression de sortie d'un instrument de mesure et de control (positionneur). La vanne est actionnée mécaniquement. Elle est reliée à un actionneur capable de faire varier la position d'un organe de fermeture dans la vanne.

La figure ci-dessous montre la vanne modulante utilisée pour la régulation de la température du liquide KOH et de la pression dans les deux séparateurs.

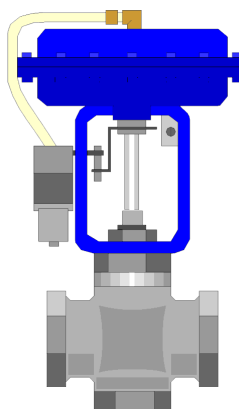


Figure II.15: vanne modulante

▪ *Positionneur électropneumatique*

Le positionneur de signal est un dispositif électropneumatique qu'on associe aux vannes pour des fins de régulation.

Le positionneur détermine une position bien précise de la vanne (grandeur réglée X) par rapport au signal de commande électrique (grandeur directrice). L'appareil compare le signal provenant d'un dispositif de réglage électrique avec la course de la vanne de réglage et émet comme grandeur de sortie un signal pneumatique.

Le positionneur est composé d'un convertisseur électropneumatique et d'une partie pneumatique avec levier, axe et ressort de mesure, ainsi qu'un système pneumatique buse palette amplificateur. Le signal courant continu (4 à 20 mA), provenant d'un dispositif de réglage ou de commande électrique, est transmis au convertisseur électropneumatique. Il est ensuite transformé en un signal de pression proportionnel. Des variations du courant d'entrée modifient également proportionnellement la pression de commande amenée au système pneumatique. La pression produite sur membrane de mesure une force qui est comparée avec celle du ressort de mesure. Le déplacement de la membrane de mesure est transmis à la palette et à la buse par l'intermédiaire du bouton-poussoir. Des variations du signal de pression ou de la position de la vanne entraînent une modification de pression en amont et en aval de l'amplificateur. La pression de sortie provenant de l'amplificateur positionne la tige de clapet en fonction de la grandeur directrice. Les restrictions réglables et débit servent au réglage optimum des boucles de positionnement.

II.2.4 Les Relais Thermiques

Il est constitué d'un bilame métallique composé de deux lames à coefficient de température différent. Le passage du courant, s'il est supérieur à la valeur de réglage du relais, provoque l'échauffement et la déformation du bilame. Un contact électrique (contact NF) associé à ce bilame, déclenche le circuit de commande.

En cas de coupure de phase ou de déséquilibre sur les trois phases d'alimentation d'un moteur, le dispositif dit *différentiel* agit sur le système de déclenchement du relais thermique. Afin d'éviter un déclenchement intempestif dû aux variations de la température ambiante, un bilame de compensation est monté sur le système principal du déclenchement (figure II.16.b). Ce bilame de compensation se déforme dans le sens opposé à celui des bilames principaux. Le relais thermique est généralement : différentiel, et / ou compensé.



Figure II.16.a : Image réelle d'un relais thermique

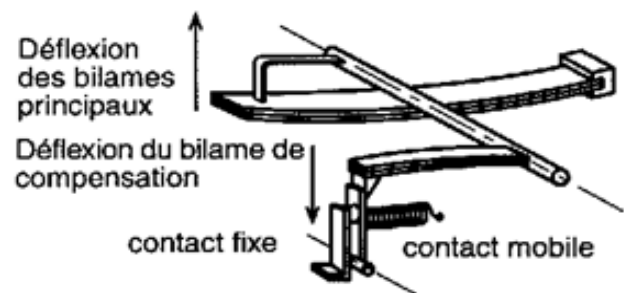


Figure II.16.b : Principe de compensation

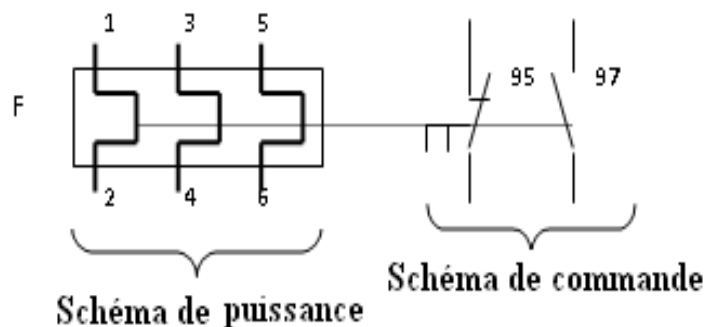


Figure II.16.c : symbole du relais thermique

II.3 La partie commande

II.3.1 L'automate programmable industriel S7-300

L'automate programmable industriel (API), ou en anglais Programmable Logic Controller (PLC), est une machine électronique programmable destinée à piloter dans une ambiance industrielle et en temps réel des procédés logiques Séquentiels. Autrement dit, un utilisateur (censé être un automaticien) l'utilise pour le contrôle et essentiellement la commande d'un procédé industriel en assurant l'adaptation nécessaire entre tout ce qui est de grande puissance par rapport à ce qui est de faible puissance côté commande. Son objectif principal est de rendre tout le mécanisme de type "laisser faire seul", le système contrôle ses sorties, décide et agit sur ses entrées afin de maintenir le fonctionnement comme prévu par l'utilisateur. C'est le principe de l'automatisme.

Le S7-300 est un automate modulaire utilisé dans presque toutes les branches de l'industrie, sa modularité lui permet de réaliser des fonctions d'automatisation les plus diverses. SIMATIC S7

désigne un produit de la société SIEMENS, il est synonyme de la nouvelle gamme d'automates programmables. Ce dernier est celui utilisé dans la station de production d'hydrogène.

a. Les différents modules de l'automate S7-300 utilisé

Le S7-300 est un automate modulaire, disposant d'une vaste gamme de modules qui peuvent être combinés pour constituer un automate particulier adapté à une application donnée.

La figure suivante dénombre les différents modules du S7-300 utilisé dans les stations :

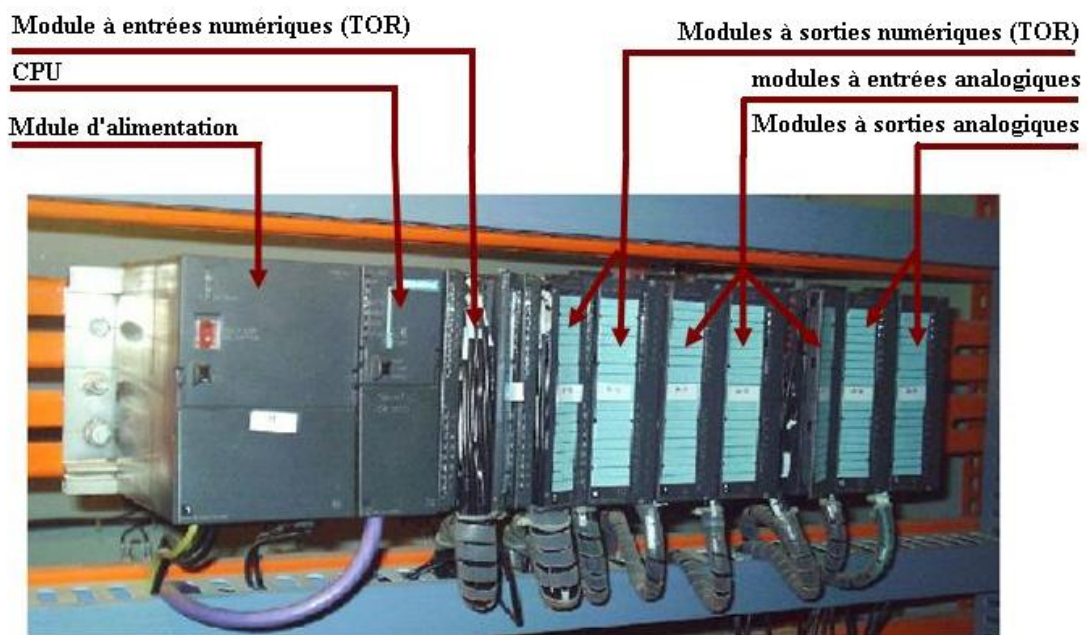


Figure II.17 : Image réelle de L'automate S7 300 utilisé

▪ **Module d'alimentation (PS 307 10A)**

Le S7-300 nécessite une tension de 24 VCC. Le module d'alimentation assure cette exigence en convertissant la tension secteur 120/230 VCA en tension de 24vcc/10A. Une LED indique le bon fonctionnement du module d'alimentation et en cas de surcharge de la tension, un témoin se met à clignoter.

▪ **Unité centrale (CPU 312)**

La CPU (Centrale Processing Unit) est le cerveau de l'automate, elle lit les états des signaux d'entrées, exécute le programme et commande les sorties. Le programme utilisateur est transféré dans la CPU depuis une console de programmation ou depuis une cartouche mémoire.

▪ *Modules d'entrées / sorties TOR*

Chaque station est équipée d'un module à entrées numériques (32 entrées 24 V) et de deux modules à sorties numériques (32 bits /16 bits TOR 24 V 0.5A), Les modules d'entrées / sorties TOR sont des interfaces pour les signaux tout ou rien de l'automate. Ces modules permettent de raccorder à l'automate S7-300 des capteurs et des actionneurs tout ou rien les plus divers.

Les dispositifs d'entrée binaire réalisent, outre l'acquisition de l'information, les opérations suivantes :

- ✓ Mise en forme du signal (calibrage)
- ✓ Filtrage (élimination des parasites)
- ✓ Isolation (galvanique ou par lumière)

▪ *Modules d'entrées / sorties analogiques (PEW/PAW)*

Concernant les modules analogiques chaque station s'est équipée de trois modules à entrées analogiques (AI8x12bits) et deux modules à sorties analogiques (AO4x12bits AO2x12bits), Les entrées analogiques transforment une grandeur analogique variant d'une façon continue en un code numérique. Ces entrées disposent d'un seul convertisseur A/N (CAN), elles sont scrutées les unes à la suite des autres par un multiplexeur (MUX). Par contre, les sorties analogiques disposent d'un seul convertisseur par voie.

▪ *RACK 300 :*

Châssis de base avec 11 emplacements dans le quel tous les modules précédemment cités sont insérés.

b. Principe de fonctionnement

L'automate programmable fonctionne par déroulement cyclique du programme. Le cycle comporte trois opérations successives qui se répètent normalement comme suit :

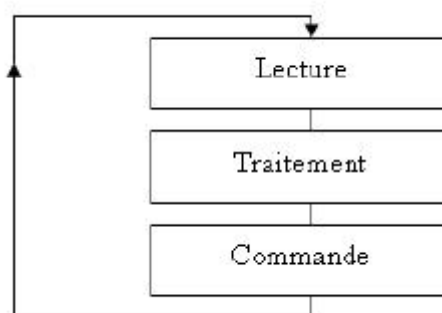


Figure II.18: cycle d'exécution d'un programme sous S7 300

➤ **La lecture :**

La scrutation des entrées binaires pour transférer leurs états dans la zone image des entrées.

➤ **Le traitement :**

Le processeur exécute les instructions de la mémoire programme en fonction des informations de la mémoire des données. Cette exécution se traduit par la modification de certaines variables et leur mise à jour dans la zone correspondante.

➤ **La commande :**

Les images des sorties dans la mémoire des données sont transférées dans le module de sortie pour être converti en signaux électriques pour la commande des prés actionneurs et des dispositifs de visualisation. Ces valeurs sont verrouillées jusqu'au cycle prochain.

Ce cycle se répète infiniment tant qu'il n'y a pas d'interruption interne ou externe qui engendre l'arrêt temporaire ou permanent de l'automate. A chaque cycle seul, l'automate fait une mise à jour de ses données en entrée, garde cet état des entrées et passe à la phase de traitement. Cette dernière phase nécessite un temps prédéfini pour qu'elle se termine, dépendant de la fréquence du processeur et de la technologie interne et de la nature du traitement aussi.

Une fois terminée, on est dans la troisième et finale phase de sortie, où l'automate mets à jour ses signaux de sortie dépendant des résultats obtenus lors du traitement des entrées. Ces sorties restent figées jusqu'au prochain cycle.

Chaque fois que l'on minimise le temps d'un cycle, on améliore l'efficacité de notre automate. Malheureusement, le constructeur joue le rôle principal dans ce cas puisqu'il fixe la fréquence interne en se référant au processeur qu'il a utilisé. Mais l'utilisateur peut minimiser ce temps écoulé en améliorant le coût de son algorithme.

II.4 La partie dialogue :

La communication Homme /Machine est assurée par les éléments suivants :

II.4.1 Le pupitre opérateur :

Il s'agit d'un écran tactile de la famille TP270 10 " figure (II.19), couleur LCD dont les caractéristiques sont les suivantes :

Résolution : 1024*768 pixels

Mémoire : Pour application : 8MoFEPR0M

Sauvegarde de données : 320 Ko SRAM

Interfaces externes :

Port série (com1 com2)

Port série USB

Port Ethernet

Sorties AUX : Sortie Alarme, sortie RUN, sortie BUZZER...

Tension DC24V, courant nominal : 50mA

Entrée AUX : Entrée Reset, tension d'entrée DC24V, courant d'entrée : 6mA, tension d'opération (en ON).

Propriétés électriques : Tension nominale : DC24 V.

Plage de tension admissible : AC85 V à AC 265 V.

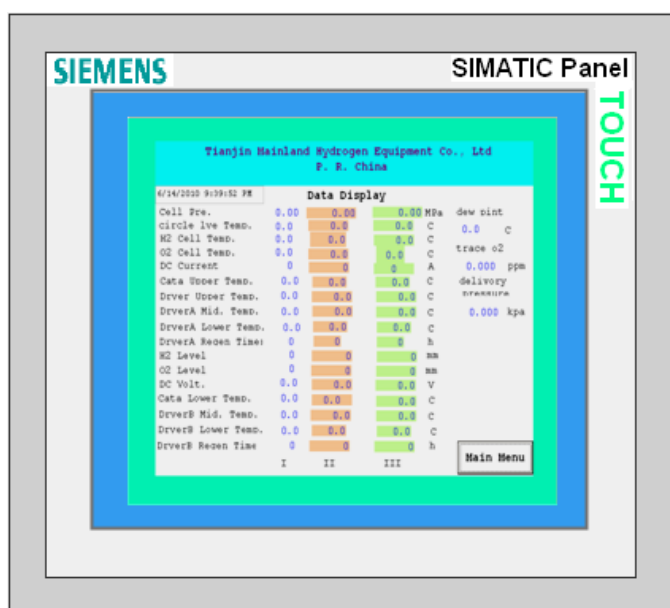


Figure II.19 : Panel TP 270 10"

II.4.2 La communication entre les Trois stations et le pupitre opérateur

Le réseau configuré est de type MPI avec un support de communication proprement électrique. Les câbles de transmission utilisés sont de la gamme PROFIBUS SIMATIC NET de type RS-485 (réseau électriques à base de paires torsadées). La topologie physique adoptée est bus, la transition de données se fait par support logique (virtuel) de type TOKEN RING. Pour la liaison des trois automates S7 300 et le pupitre opérateur TP 270, différents types de connecteurs de bus ont été employés.

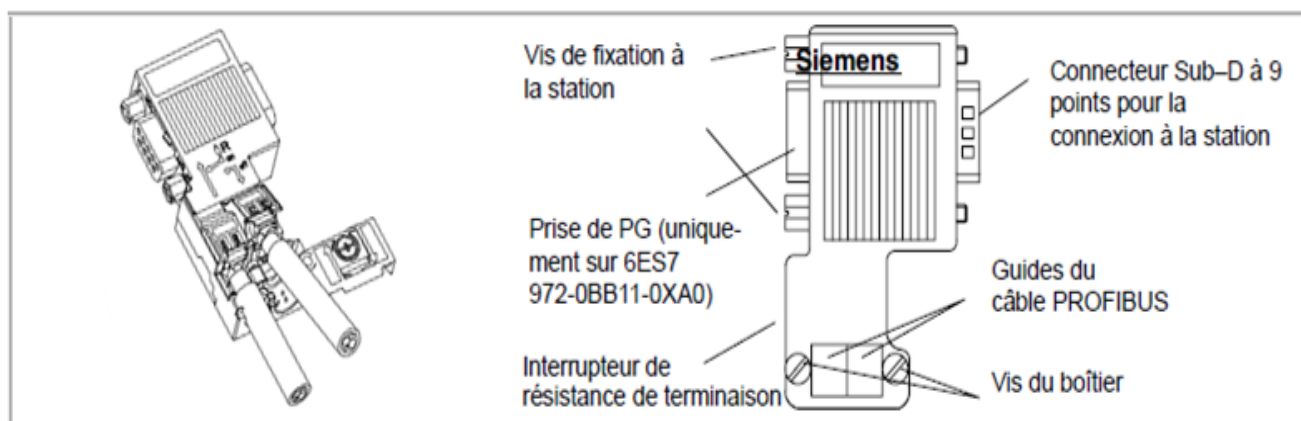


Figure II.20 : Connecteur de bus

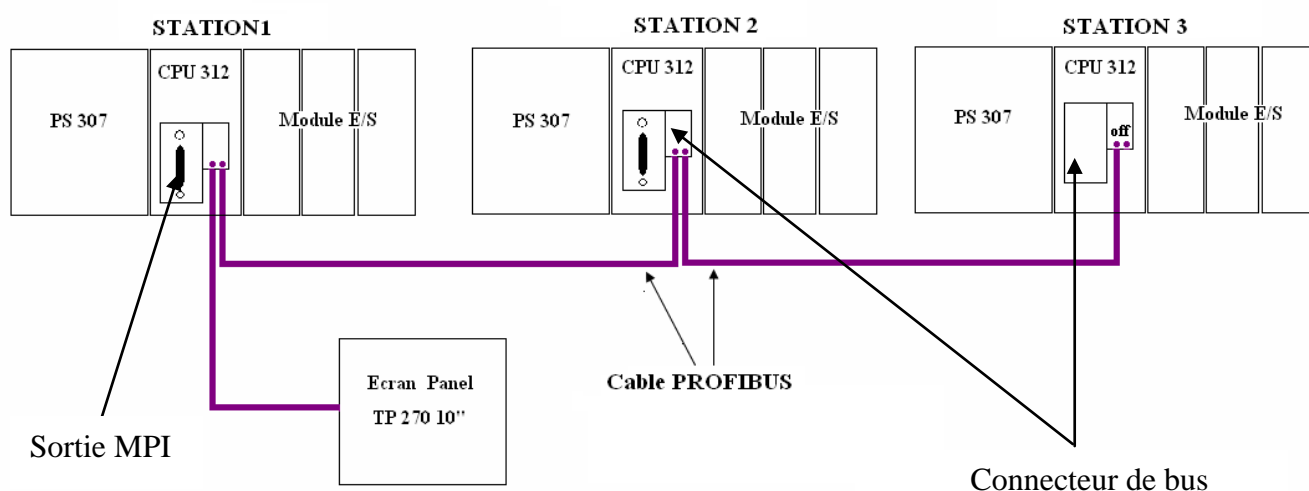


Figure II.21 : Schéma de connexion des automates

II.4.3 Boutons poussoirs/ commutateurs/ lampes :

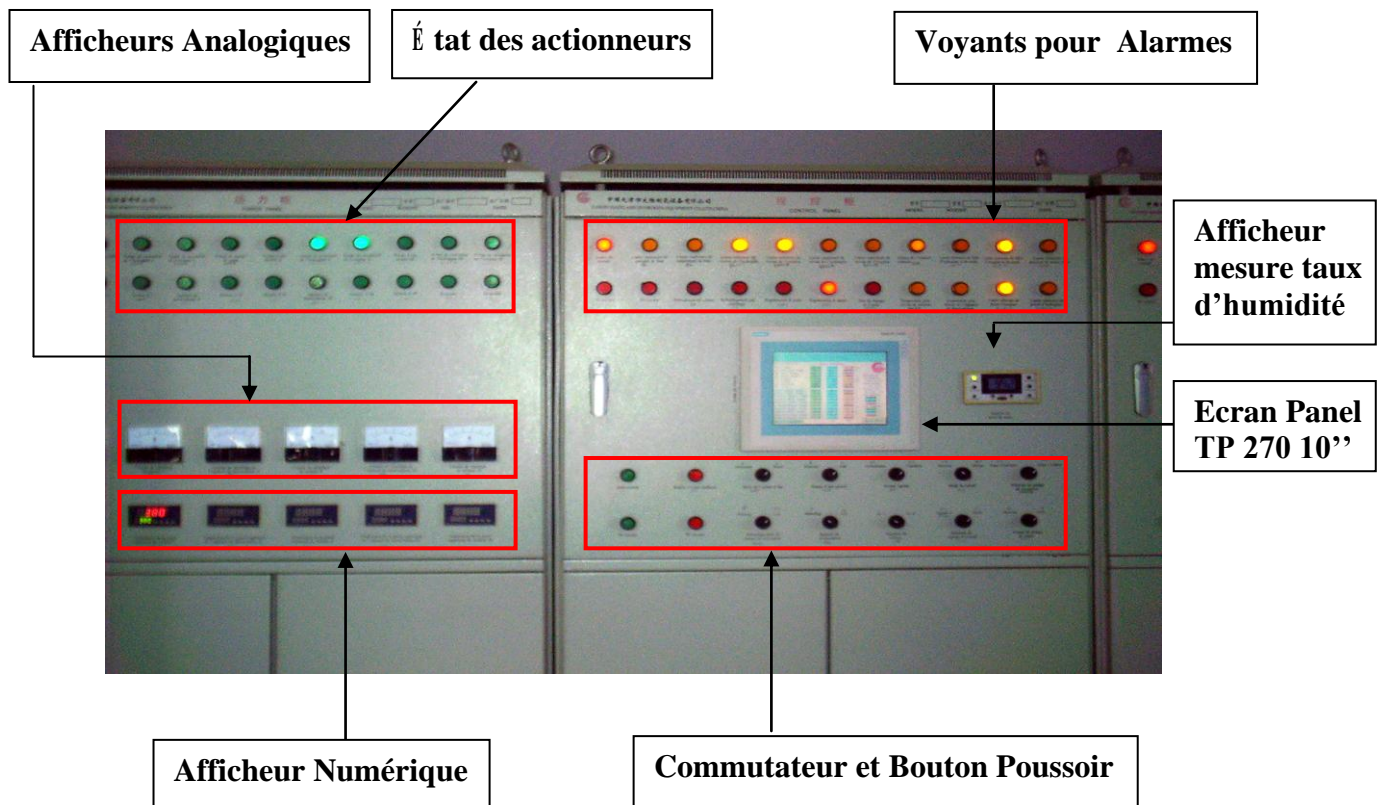


Figure II.22 : Image réelle de l'armoire de commande

II.5 Conclusion

Dans ce chapitre sont présentés quelques instruments et dispositifs nécessaires à l'automatisation des stations de production d'hydrogène. Ils sont répartis selon la fonction qu'ils accomplissent dans trois parties essentielles comme suit :

- La partie opérative : Les appareils de mesure, les pré actionneurs, les actionneurs, les relais thermiques.
- La partie commande : L'automate programmable s7 300
- La partie dialogue : Le pupitre opérateur utilisé

Le chapitre suivant se portera sur la modélisation d'une station par le Grafset en vue de mieux illustrer son fonctionnement.

III.1 Introduction

Avec l'arrivée des nouvelles technologies et l'accroissement de la complexité des systèmes industriels, une définition précise des spécifications fonctionnelles qui régissent le comportement du système s'impose. Pour ce faire, Les automaticiens utilisent plusieurs outils de description dont ceux mis en œuvre par des chercheurs et qui s'appuient sur d'importants travaux théoriques tel que les réseaux de pétri (RDP)..., et ceux établis par des industriels pour décrire le fonctionnement séquentiel des automatismes tel le GRAFCET.

Vu la simplicité, l'accessibilité et la large diffusion du Grafcet en industrie, on l'a choisit pour modéliser le fonctionnement du procédé.

Dans ce chapitre, sont présentés les principes et règles essentielles du Grafcet suivi du modèle GRAFCET obtenu.

III.2 Le Grafcet

III.2.1 Définition du Grafcet

Le GRAFCET (**G**raphe **F**onctionnel de **C**ommande **E**tape **T**ransition) est un outil graphique de modélisation du cahier de charges d'un automate séquentiel. Il est à la fois simple à utiliser et rigoureux sur le plan formel. Il est basé sur les notions d'**étapes** auxquelles sont associées des **actions** et de **transitions** auxquelles sont associées des **réceptivités**. Il décrit les ordres émis par la partie commande vers la partie opérative en mettant en évidence les actions engendrées et les événements qui les déclenchent. Cette représentation est étroitement liée à la notion d'évolution du processus.

Le Grafcet permet de construire des modèles à une structure graphique à laquelle on associe une interprétation qui correspond à l'aspect fonctionnel du Grafcet.

III.2.2 Niveau d'un Grafcet

L'automaticien, confronté à un problème de conception et de réalisation d'un automate, aborde donc l'étude en deux phases successives correspondant aux deux niveaux de spécification :

- ✓ Un niveau fonctionnel ou niveau 1.
- ✓ Un niveau technologique ou niveau 2.

Cette approche en deux niveaux se retrouve dans la conception du GRAFCET :

- un premier GRAFCET dit fonctionnel ou de **niveau 1**, qui ne prend en compte que la partie fonctionnelle des spécifications et qui fait donc abstraction de toute réalisation technologique. Ainsi, s'il est bien conçu, il est valable pour tout type de réalisation. les réceptivités sont décrites en mots et non en abréviation, aux actions sont associés des verbes à l'infinitif.
- un deuxième GRAFCET dit technologique ou de **niveau 2**, qui, en s'appuyant sur le GRAFCET de niveau 1, intègre les contraintes technologiques et opérationnelles. la présentation des actions et des réceptivités est écrite en abréviation, on associe des lettres majuscules aux actions et des lettres minuscules aux réceptivités.

Pour une bonne compréhension, la fusion des deux niveaux est intéressante.

III.2.3 L'aspect structurel du Grafcet

Le Grafcet travail suivant une structure verticale, de haut en bas, ordonnée par des chiffres et aussi en suivant le sens indiqué par les flèches pour les lignes dirigées du bas vers le haut. Il est constitué de places et de transitions.

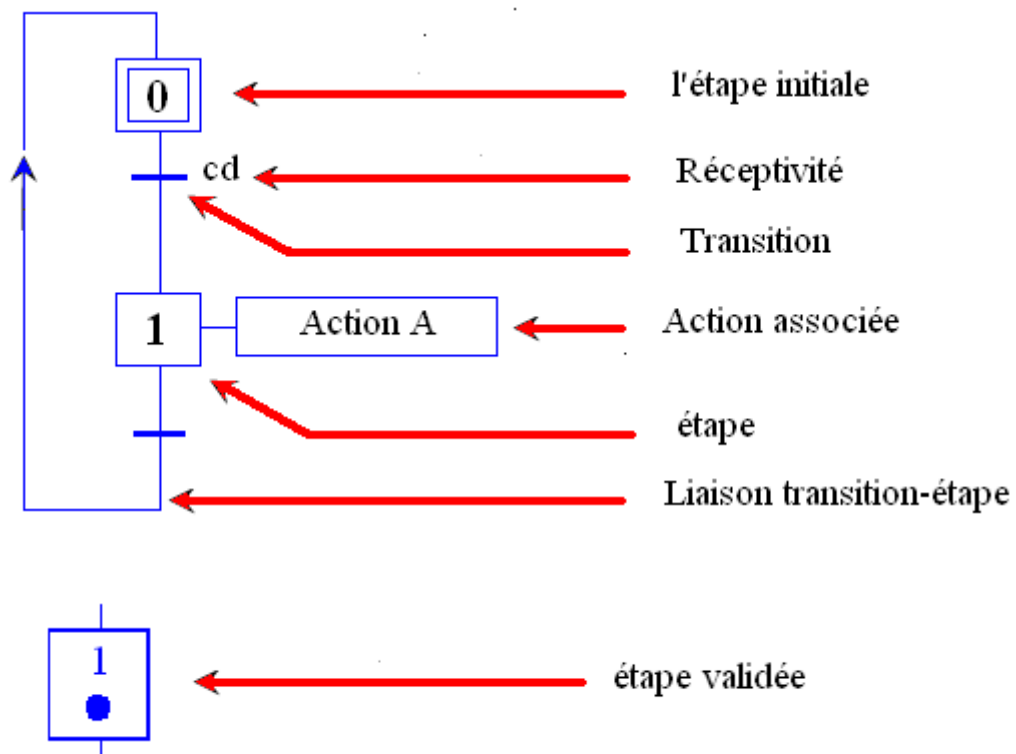


Figure III.1 : Exemple de Grafcet

a. L'étape

Les étapes indiquent le comportement, le fonctionnement, l'action d'une ou plusieurs parties (vérins, moteurs...) de la machine. A un instant donné, suivant l'évolution du processus, une étape est active (l'activation est symbolisée par un point à l'intérieur de l'étape), et toutes les autres sont inactives. Quand une étape est active l'action ou les actions qui lui sont associées peuvent ne pas se réaliser immédiatement, il s'agit d'actions conditionnées, soumises à des conditions logiques (pour des raisons de sécurité par exemple ...). Quelque soit le type d'action, elle ne peut durer plus que le temps d'activité de l'étape au quelle elle associée. Voir figure (III.2)

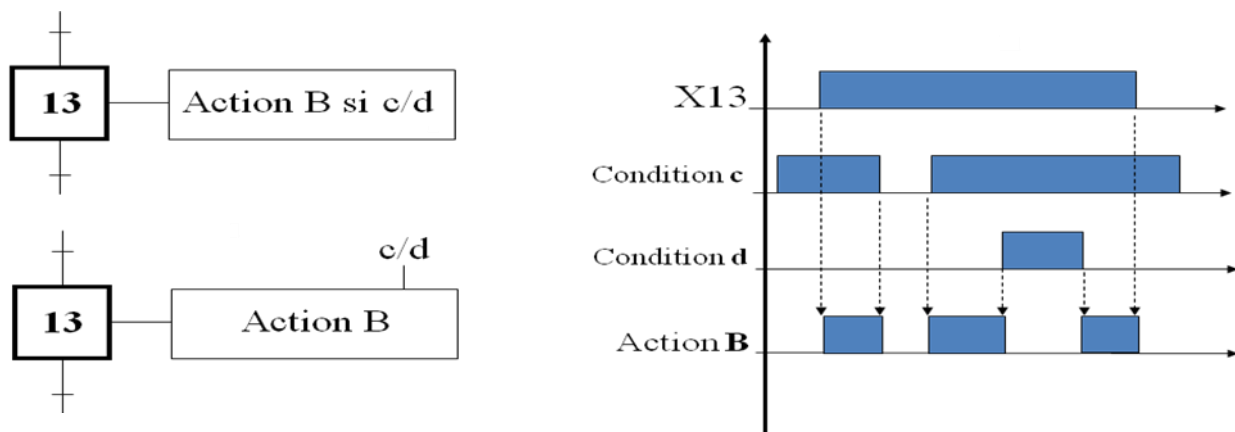


Figure III.2 : Illustration d'une action conditionnée.

L'étape initiale est activée au moment de la mise en énergie de la partie commande, elle est symbolisée par deux carrés voir figure (III.2).

b. Transition :

Une Transition indique la possibilité d'évolution entre étapes. Cette évolution s'accomplit par le Franchissement de la Transition. Elle se représente par une barre perpendiculaire aux liaisons orientées. Pour faciliter la description du GRAFCET, chaque transition peut être repérée, de préférence, à gauche de la barre.

Une transition est dite Validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes, reliées à cette transition sont actives.

c. Liaison :

Les liaisons orientées lient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Elles indiquent les voies suivant les quelles se font les évolutions. Elles sont représentées par des lignes verticales et horizontales. La liaison orientée vers l'étape initiale est marquée par une flèche.

d. Action :

Une ou plusieurs actions élémentaires ou complexes peuvent être associées à une étape. Elles traduisent ce qui doit être fait chaque fois que l'étape à la quelle elles sont associées est activée.

Les actions associées à une étape sont inscrites dans un rectangle d'action de façon à mettre en évidence ce qui s'exécute lorsque cette étape est active.

e. Réceptivité :

Une réceptivité est associée à chaque transition (l'absence de réceptivité signifie réceptivité vérifiée). C'est la condition qui détermine la possibilité ou non d'évolution du système par cette transition.

III.2.4 Règles d'évolution du Grafcet :

On appelle évolution, la modification de l'état d'un automate. Cette modification est régie essentiellement par cinq règles :

1^{ère} règle La situation initiale :

Elle caractérise le comportement initial de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative. Elle correspond aux étapes au début du fonctionnement.

On appelle le début du fonctionnement le moment où le système n'a pas besoin de se souvenir de ce qui c'est passé juste avant.

2^{ème} règle Franchissement d'une transition

Une transition est dite validée lorsque toutes les étapes en amont aux quelles elle est reliée sont actives. Le franchissement de la transition ne se produit que si la transition en question est validée et que la réceptivité qu'il lui est associée est vraie.

3^{ème} règle évolution des étapes actives

Le franchissement d'une transition entraîne simultanément l'activation de toutes les étapes se trouvant en aval liées à la transition en question, et la désactivation de celles situées juste en amont de la transition.

4^{ème} Règle évolution simultanée

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies, permettant ainsi la décomposition du Grafcet en plusieurs parties tout en assurant leurs interconnexions.

5^{ème} Règle activation et désactivation simultanée d'une même étape

Si au cours du fonctionnement, une même étape doit être désactivée et activée simultanément, elle reste active.

III.2.5 Evolution entre étapes

Lorsque plusieurs *étapes* sont reliées à la même transition, les liaisons orientées correspondant à ces étapes sont regroupées **en amont** (respectivement **en aval**) sur deux traits parallèles horizontaux. L'ensemble de la barre et des traits parallèles constitue alors le symbole complet de la transition.

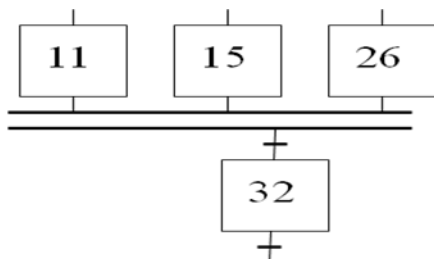


Figure III.3 : convergence en ET

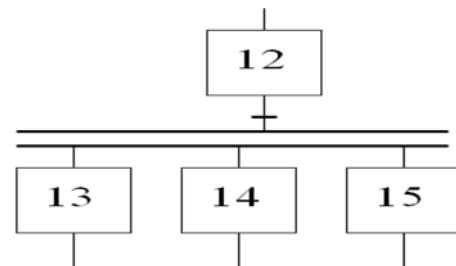


Figure III.4 : Divergence en ET

Lorsque plusieurs *transitions* sont reliées à une même étape, on utilise un simple trait horizontal, il s'agit de convergence « en OU », idem pour la divergence « en OU ».

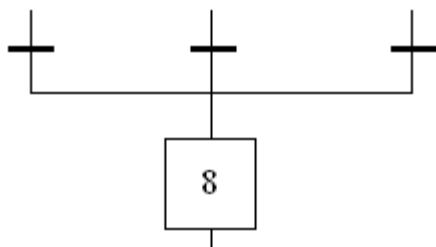


Figure III.5 : convergence en OU

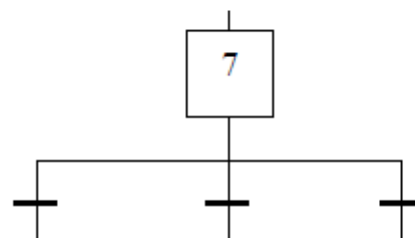


Figure III.6 : Divergence en OU

III.3 Présentation du modèle Grafcet proposé

Afin de simplifier la modélisation du processus, on a choisit de le subdiviser en deux parties essentielles comme suit :

1. Partie séparation gaz /liquide.
2. Partie purification de l'hydrogène.

III.4 Identification entrées / sorties

Afin d'adapter les programmes mis en place par les constructeurs chinois aux besoins formulés dans le cahier des charges, de nettes améliorations ont été apportées, à savoir l'ajout de table de variables et de commentaires adéquats.

Les tables suivantes regroupent toutes les entrées /sorties identifiées :

Tableau III.1 : tableau des entrées TOR

Variable	Type de la variable	Mnémonique	Commentaire
E0.0	BOOL	mode_d'ajout_eau(Au_Man)	choix de mode d'ajout d'eau (automatique / Manuel)
E0.1	BOOL	on_off_pompe_d'eau	démarrage / arrêt pompe d'ajout d'eau
E0.5	BOOL	Insonorisation	désactive la sonorisation (alarme sonore)
E0.6	BOOL	remise_a_l'etat_anti	remise à l'état antérieur
E0.7	BOOL	Mod_utilisat_pompes_SC	choix du mode d'utilisation des pompes (séparée / combinée)
E1.0	BOOL	selection_pompe_O2	Sélection de la pompe O2 (1 pour o2, 0 pour h2)
E1.1	BOOL	on_off_pompe_liquide	démarrage / arrêt des pompes de circulation
E1.5	BOOL	pression_source_air	détecte la limite inférieure de la pression de source d'air
E1.6	BOOL	enclanchement_elimination	enclenchement élimination du contrôle de l'automate
E2.0	BOOL	on_off_chauf_desoxydeu	démarrage / arrêt de l'appareil de désoxydation
E2.1	BOOL	selection_secheur_B	sélection le sécheur B en fonctionnement
E2.2	BOOL	selection_secheur_A	sélection le sécheur A en fonctionnement
E2.3	BOOL	select_essai_ou_travail	sélection le mode de travail de la station (production ou essai)
E2.4	BOOL	On_Off_pompe_Saude	démarrage / arrêt des pompes d'ajout de soude (KOH)
E3.3	BOOL	Débit_liquide_p_H2	Contrôleur de débit partie H2
E3.4	BOOL	Débit_liquide_p_O2	Contrôleur de débit partie O2
E3.5	BOOL	pression_bain	indication de la pression

Tableau III.2 : tableau des sorties TOR

Variable	Type de la variable	Mnémonique	Commentaire
A4.0	BOOL	pompe_d'eau	pompe d'ajout d'eau
A4.1	BOOL	pompe_partie_H2	pompe pour circulation du liquide partie H2
A4.2	BOOL	pompe_partie_O2	pompe pour circulation du liquide partie O2
A4.3	BOOL	armoire de redressement	Armoire de redressement
A4.4	BOOL	Alarme_pres_sup_bain	voyant alarme pression supérieure de bain
A4.5	BOOL	Alarme_sup_temp_bain	voyant alarme température supérieure de bain
A4.6	BOOL	Alar_niv_inf_liquide_H2	voyant alarme niveau inférieur de niveau liquide partie H2
A4.7	BOOL	Alar_niv_inf_liquide_O2	voyant alarme niveau inférieur de niveau liquide partie O2
A5.0	BOOL	Alar_niv_sup_liquide_H2	voyant alarme niveau supérieur de niveau liquide partie H2
A5.1	BOOL	Alar_niv_sup_liquide_O2	voyant alarme niveau supérieur de niveau liquide partie O2
A5.2	BOOL	erreur_armoir_redresseur	voyant alarme défaut au niveau de l'armoire de redressement
A5.3	BOOL	Alarme_inf_debit koh H2	voyant alarme niveau inférieur ou absence de débit liquide KOH partie H2
A5.4	BOOL	Alarme_inf_debit koh O2	voyant alarme niveau inférieur ou absence de débit liquide KOH partie O2
A5.5	BOOL	annoncaiteur	Annonciateur
A5.7	BOOL	AV101 AV102	Vanne de purge des petits séparateurs partie séparation gaz_liquide (H2/O2)
A6.0	BOOL	Alarme_pres_inf_air	voyant alarme limite inférieur source de pression d'air
A6.1	BOOL	Pompe_KOH	pompe d'ajout de KOH
A6.2	BOOL	Alarme_inf_purté H2	voyant alarme pureté H2
A6.3	BOOL	Alarm_inf_purté_O2	voyant alarme pureté O2
A6,6	BOOL	AV301	Vanne d'entrée d'H2 vers les sécheurs A/B
A 6.7	BOOL	AV302	Vanne de sortie de N2 du sécheur A
A 7.0	BOOL	AV303	Vanne de sortie de N2 du sécheur B
A 7.1	BOOL	AV304	Vanne d'entrée de N2 vers le sécheur A
A 7.2	BOOL	AV305	Vanne d'entrée de N2 vers le sécheur B
A 7.3	BOOL	AV306	Vanne de sortie d'H2 des sécheurs A/B
A 7.4	BOOL	AV307	vanne d'évacuation de l'H2 vers l'extérieur
A 7.5	BOOL	AV308	vanne de purge du refroidisseur E303 (partie sécheur B)
A 7.6	BOOL	AV309	vanne de purge du séparateur R304 (après désoxydation)
A 7.7	BOOL	AV310	vanne de purge du refroidisseur E302 (partie sécheur A)
A8.0	BOOL	chauf_deoxyde	chauffage de l'appareil de désoxydation
A8.1	BOOL	chauf_secheur A	chauffage du sécheur A
A8.2	BOOL	chauf_sech B	chauffage du sécheur B

A8.3	BOOL	Temp_sup_deoxydeur	voyant alarme température supérieure de l'appareil de désoxydation
A8.4	BOOL	Temp sup du sech	voyant alarme température supérieure du sécheur
A8.5	BOOL	indic_mode_essai	voyant indique mode d'essai
A8.6	BOOL	regen_sech_A	voyant indique sécheur A en régénération
A8.7	BOOL	regen_sech_B	voyant indique sécheur B en régénération
A9.0	BOOL	refroid_par_soufflage	voyant indique refroidissement par soufflage
A9.1	BOOL	refroid_naturel	voyant indique refroidissement naturelle

Tableau III.3 : tableau des entrées analogiques

Variable	Type de la variable	Mnémonique	Commentaire
PEW 336	Real	A_DC	courant appliqué à l'électrolyseur
PEW 338	Real	V_DC	tension appliquée à l'électrolyseur
PEW 322	Real	CataLowerTemp1	température de la partie inférieure de l'appareil de désoxydation
PEW 320	Real	CataUpperTemp1	température de la partie supérieure de l'appareil de désoxydation
PEW 350	Real	Dew_point	le point de rosé (mesure de taux d'humidité de l'hydrogène)
PEW 332	Real	DryerALowerTemp1	température de la partie inférieure du sécheur A
PEW 328	Real	DryerAMidTemp1	température de la partie médiane du sécheur A
PEW 324	Real	DryerAUpperTemp1	température de la partie supérieure du sécheur A
PEW 340	Real	purté_du_gaz_H2	pureté H2 (%)
PEW 348	Real	purté_du_gaz_H2	pureté du gaz H2 (nombre de particules O2 dans le gaz H2) en ppm
PEW 342	Real	purté_du_gaz_O2	pureté du gaz O2 (nombre de particules H2 dans le gaz O2) en ppm
PEW 334	Real	DryerBLowerTemp1	température de la partie inférieure du sécheur B
PEW 330	Real	DryerBMidTemp1	température de la partie médiane du sécheur B
PEW 326	Real	DryerBUpperTemp1	température de la partie supérieure du sécheur B
PEW 304	Real	H2CellTemp1	température du gaz H2 à l'entrée de séparateur
PEW 310	Real	H2Level1	niveau de liquide coté séparateur H2
PEW 316	Real	jyhyl	la pression sous laquelle le H2 est envoyé vers le bain d'étain
PEW 314	Real	lye_temp1	température de liquide après refroidissement
PEW 308	Real	O2CellPre1	pression de gaz O2 séparateur de la partie O2
PEW 306	Real	O2CellTemp1	température du gaz O2 à l'entrée de séparateur
PEW 312	Real	O2Level1	niveau de liquide coté séparateur O2

Tableau III.4 : tableau des sorties analogiques

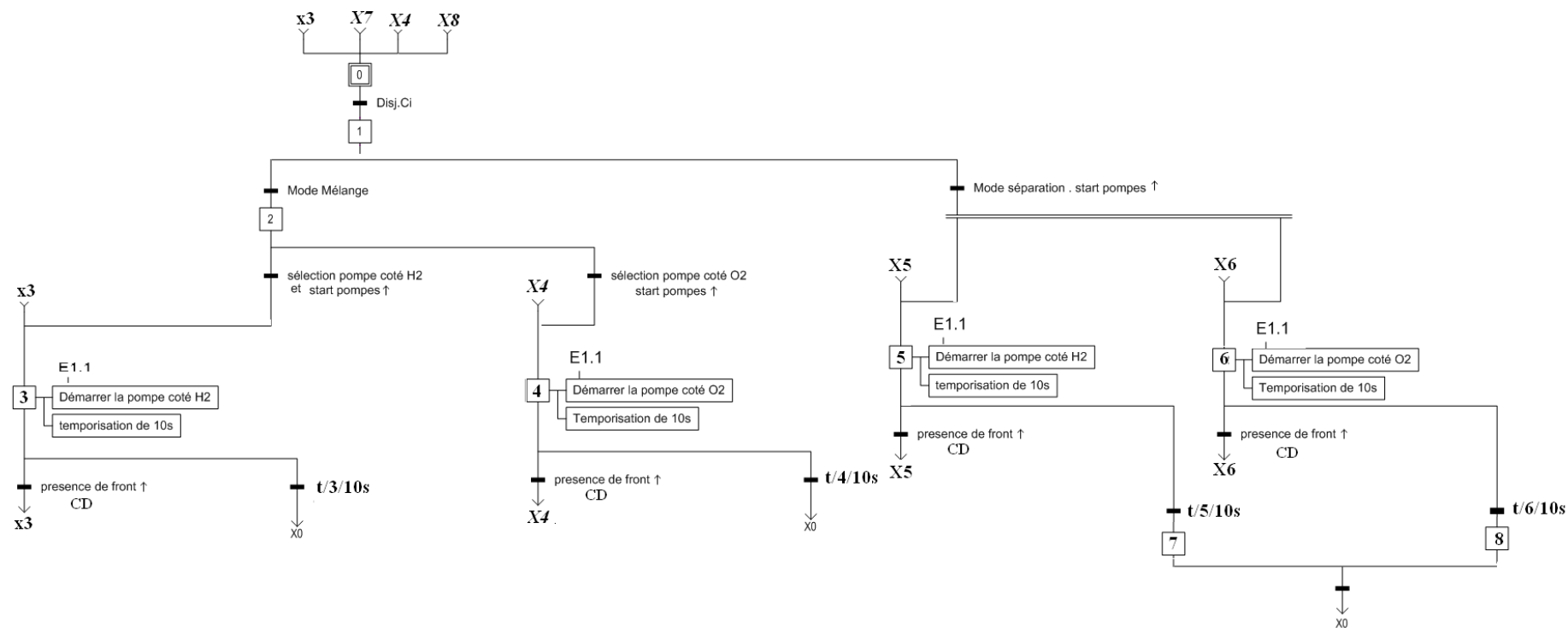
Variable	Type de la variable	Mnémonique	Commentaire
PAW 386	Real	afficheur_temp_désoxy	afficheur de la température de l'appareil de désoxydation
PAW 384	Real	afficheur_press_envoi_H2	afficheur de la pression de transport de H2 vers le bain d'étain
PAW 356	Real	Reg_niv	Sortie du régulateur pour réglage du niveau
PAW 352	Real	Reg_temp	Sortie du régulateur pour réglage de température
PAW 354	Real	Reg_press	Sortie du régulateur pour réglage de pression

III.5 Conclusion

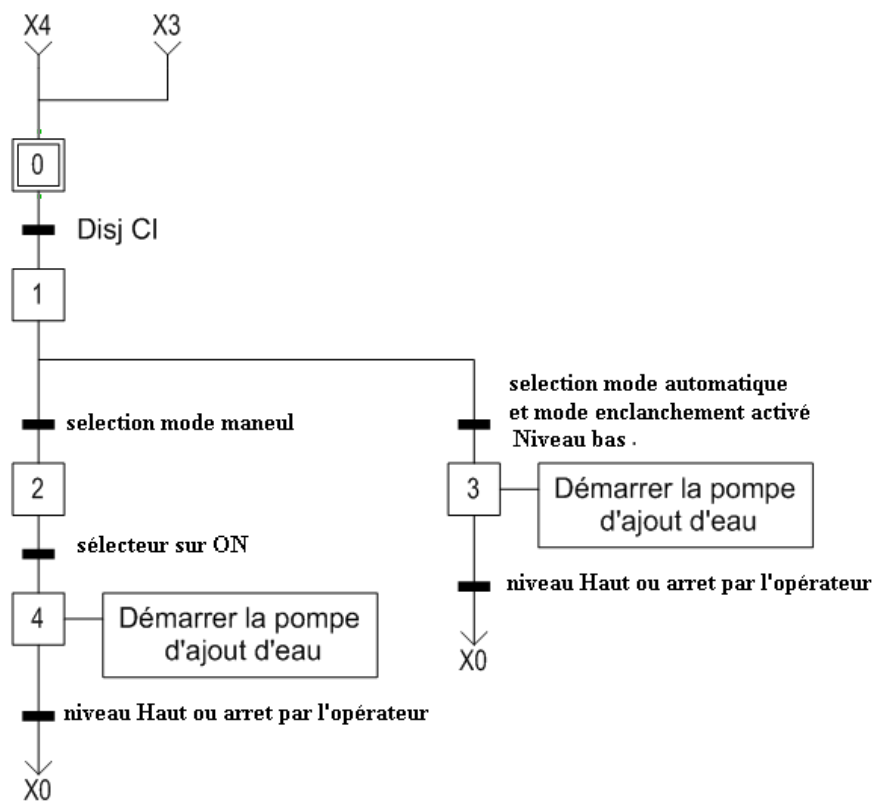
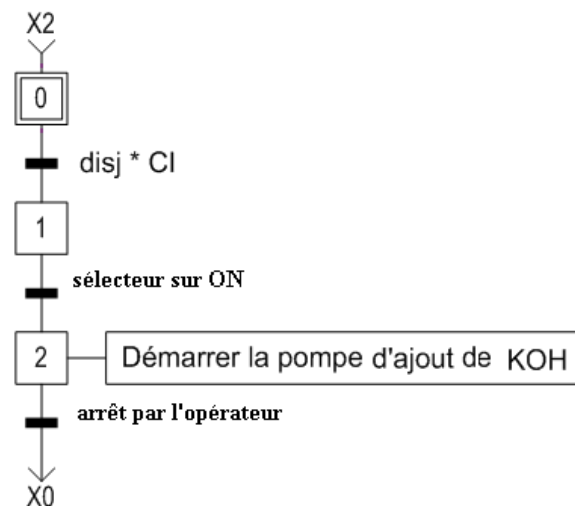
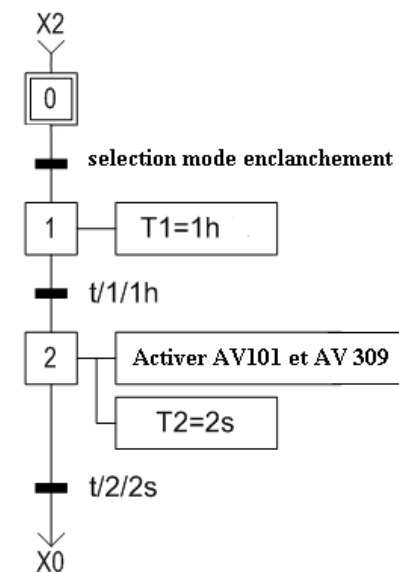
Le Grafcet nous a permis de réunir toutes les informations recueillies auprès des opérateurs pour comprendre mieux le processus de production d'hydrogène par électrolyse.

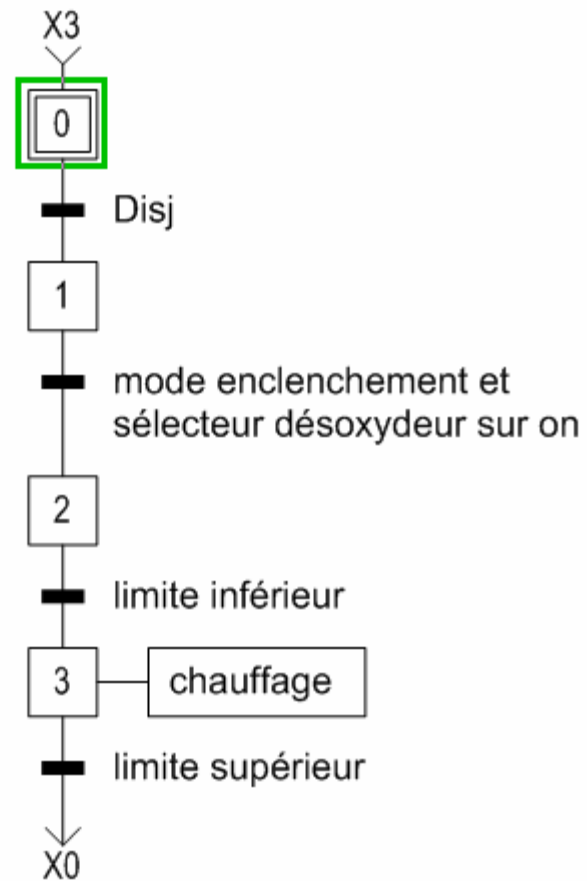
Le modèle Grafcet ainsi obtenu nous a aidés à mieux comprendre les programmes existant pour apporter les améliorations souhaitées (Ajout de commentaires et d'une table de mnémoniques). Il peut aussi être utilisé comme outil de formation pour combler le manque en documentation exploitable.

Le chapitre suivant sera consacré essentiellement à la description de la plateforme de supervision des trois stations de production d'hydrogène.

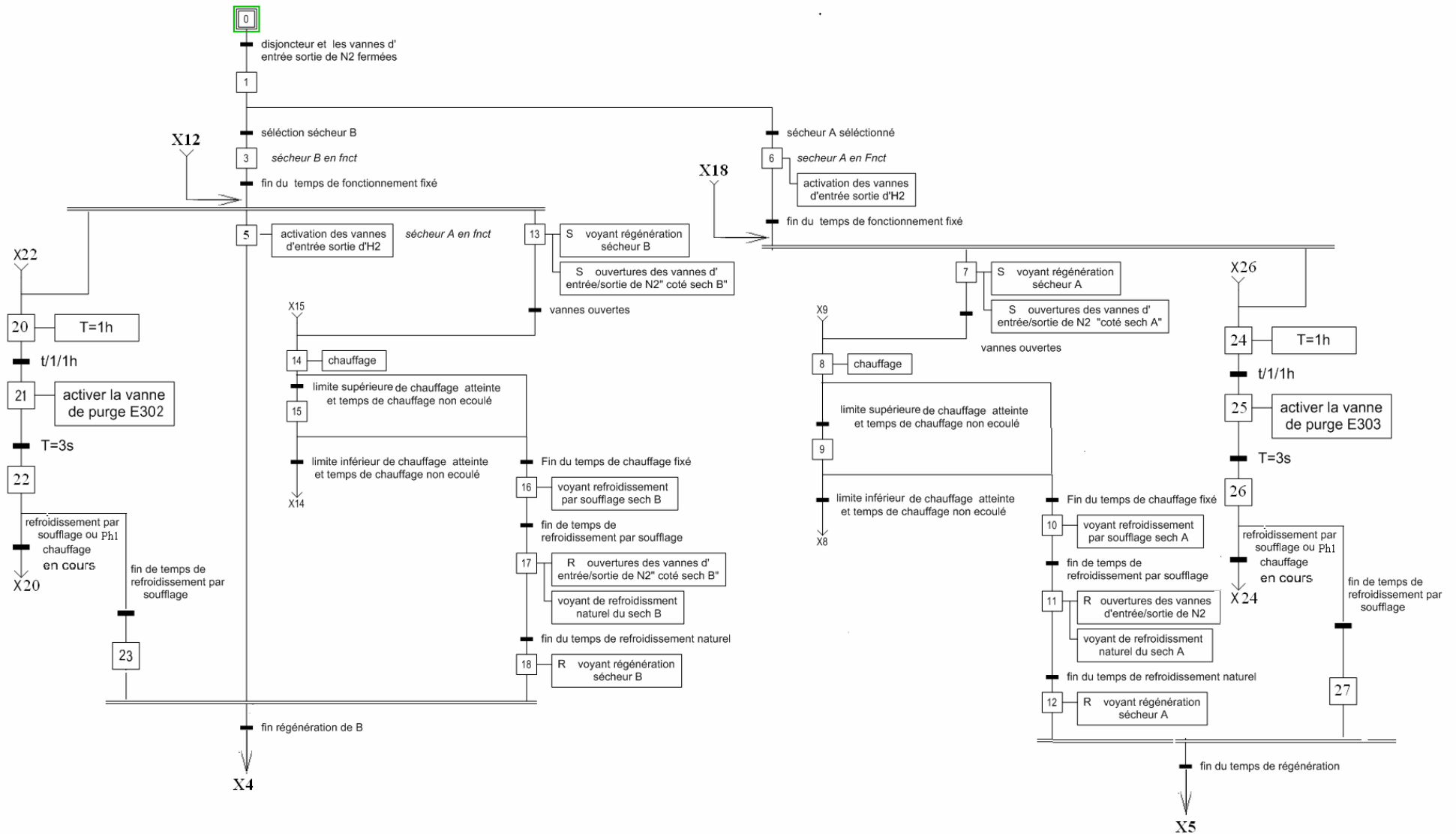


Grafcet des pompes de circulation KOH

Grafcet de la pompe d'ajout d'eauGrafcet de la pompe d'ajout de KOHGrafcet des purgeurs



Grafcet de fonctionnement de l'appareil de désoxydation

Grafcet des sécheurs A/B

IV.1 Introduction

Lorsque la complexité des processus augmente et que les machines et installations doivent répondre à des spécifications de fonctionnalité toujours plus sévères, l'opérateur a besoin d'un maximum de transparence. Cette transparence s'obtient au moyen de l'Interface Homme Machine (IHM). Un système IHM constitue l'interface entre l'homme (opérateur) et le processus (machine/installation). Le contrôle proprement dit du processus est assuré par le système d'automatisation. Il existe par conséquent une interface entre l'opérateur et WIN CC flexible (sur le pupitre opérateur) et une interface entre WIN CC flexible et le système d'automatisation.

Ce chapitre contient une brève présentation des parties essentielles du logiciel de supervision Wincc flexible et la solution proposée pour optimiser l'exploitation de la station tout en assurant la sécurité des personnes et la pérennité du matériel.

IV.2 Avantages d'un système IHM (Interface Homme Machine)

Les interfaces homme/machine (WinCC, WinCC flexible, Protool...) sont des logiciels spécifiques au contrôle-commande dans SIMATIC. Un système IHM se charge des tâches suivantes :

- **Représentation du process :** Le processus est représenté sur le pupitre opérateur. Lorsqu'un état du processus évolue par exemple, l'affichage du pupitre opérateur est mis à jour.
- **Commande du processus :** L'opérateur peut commander le processus via l'interface utilisateur graphique. Il peut définir une valeur de consigne pour un automate ou démarrer un moteur.
- **Vue des alarmes :** Lorsque surviennent des états critiques dans le processus, une alarme est immédiatement déclenchée, par exemple lorsqu'une valeur limite est franchie.
- **Archivage de valeurs processus et d'alarmes :** Les alarmes et valeurs processus peuvent être archivées par le système IHM. On peut ainsi documenter la marche du processus et accéder ultérieurement aux données de la production écoulée.
- **Documentation de valeurs processus et d'alarmes :** Les alarmes et valeurs processus peuvent être éditées par le système IHM sous forme de journal.

IV.3 Présentation du système WIN CC Flexible

Le système de visualisation du processus SIMATIC WinCC flexible est un système de base indépendant des branches et technologies d'utilisation qui comporte toutes les fonctions indispensables au contrôle-commande. WinCC flexible permet aussi la configuration des visuels SIMATIC et des appareils compacts SIMATIC C7.

a. Eléments du système WinCC flexible

Le système WinCC flexible se compose des éléments suivants :

b. WinCC flexible Engineering System

WinCC flexible Engineering System est le logiciel avec lequel on réalise toutes les tâches de configuration requises. L'édition WinCC flexible détermine les pupitres opérateurs de la gamme SIMATIC HMI pouvant être configurés.

- *l'interface graphique de WinCC Flexible Engineering system*

L'éditeur "Vues" nous permet de configurer des vues. Cet éditeur combine un logiciel graphique et un outil de visualisation de process. On peut accéder à l'éditeur "Vues" via la fenêtre de projet.

La figure suivante montre l'interface graphique du logiciel WINCC Flexible

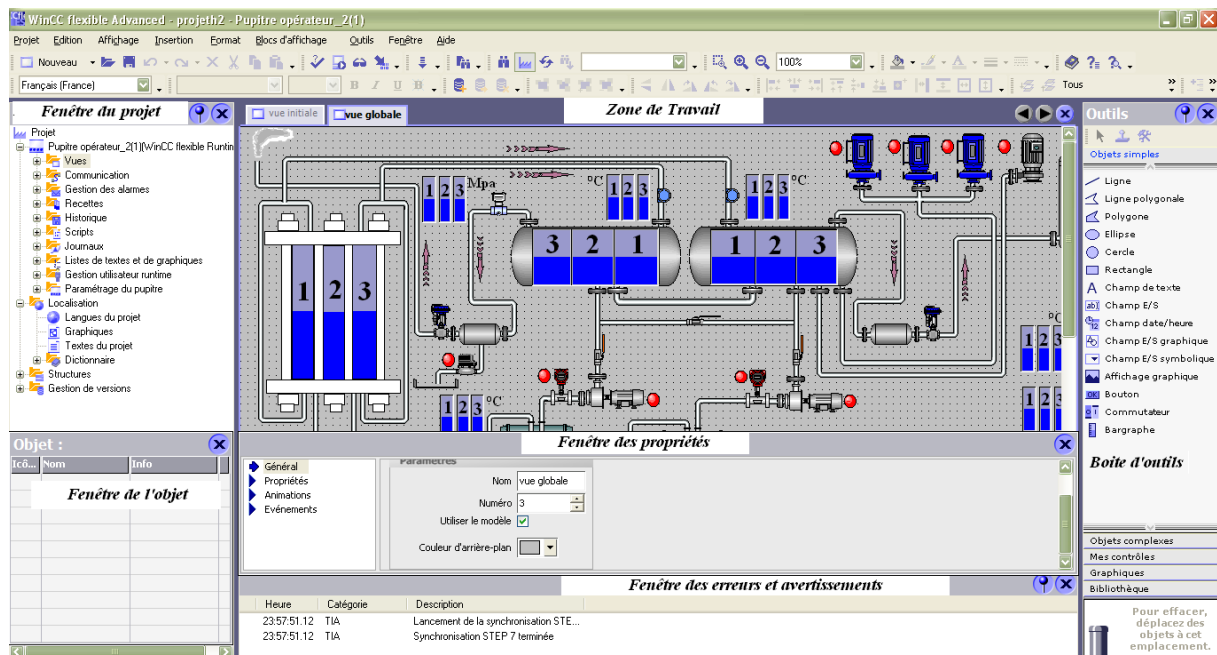


Figure IV.1 : Interface graphique du logiciel WINCC

✓ Barre des menus

La barre des menus contient toutes les commandes nécessaires à l'utilisation de WinCC flexible. Les raccourcis disponibles sont indiqués en regard de la commande du menu.

✓ Barres d'outils

On peut afficher ou masquer une barre d'outils donnée.

✓ Zone de travail

La zone de travail sert à configurer des vues.

✓ Boîte à outils

La boîte à outils nous propose un choix d'objets simples ou complexes que vous pouvez insérer dans vos vues, p. ex. des objets graphiques et éléments de commande. Elle contient en outre des bibliothèques d'objets et des recueils de blocs d'affichage prêts à l'emploi.

✓ Fenêtre des propriétés

Le contenu de la fenêtre des propriétés dépend de la sélection actuelle dans la zone de travail :

- Quand un objet est sélectionné, on voit ses propriétés dans la fenêtre des propriétés et on peut les éditer.
- Quand la vue est simplement affichée mais qu'aucun objet n'est sélectionné, on voit dans la fenêtre des propriétés les propriétés de la vue actuelle.

c. WinCC flexible Runtime

WinCC flexible Runtime est le logiciel de visualisation de process. Dans Runtime, le projet est exécuté en mode process.

Au runtime, l'opérateur peut réaliser le contrôle-commande du processus. Les tâches suivantes sont alors exécutées :

- Communication avec les automates.
- Affichage des vues à l'écran.

- Commande du processus, p. ex. spécification de consignes ou ouverture et fermeture de vannes.
- Archivage des données de runtime actuelles, des valeurs processus et événements d'alarme par exemple.

WinCC flexible Runtime prend en charge un nombre différent de variables de processus ("Powertags") en fonction de la licence achetée :

- WinCC flexible Runtime 128 : Prend en charge 128 variables de processus
- WinCC flexible Runtime 512 : Prend en charge 512 variables de processus
- WinCC flexible Runtime 2048 : Prend en charge 2048 variables de processus

On peut augmenter le nombre de variables de processus prises en charge au moyen d'un PowerPack.

d. Options WinCC flexible

Les options WinCC flexible permettent d'étendre les fonctionnalités de base de WinCC flexible. Chaque option nécessite une licence particulière.

IV.4 Principe de communication de WINCC – S7

L'échange de données entre deux partenaires est considéré comme une communication. Les partenaires de communication peuvent être reliés via une liaison directe ou via un réseau. Tout partenaire d'un réseau apte à communiquer et à échanger des données avec d'autres partenaires peut devenir partenaire de communication. Dans l'environnement WinCC flexible, les participants suivants peuvent être des partenaires de communication :

- les CPU et les modules de communication dans le système d'automatisation.
- les pupitres opérateur et les processeurs de communication dans le PC.

La communication entre le pupitre opérateur et l'automate s'effectue dans WinCC flexible via des variables et une zone de communication.

Les variables sont gérées centralement dans l'éditeur "Variables" de WinCC flexible. Il existe des variables externes et des variables internes. Les variables externes servent à la communication. Une variable externe est l'image d'une cellule mémoire définie de l'automate. L'accès en lecture et en

écriture à cette cellule mémoire est possible aussi bien à partir du pupitre opérateur que de l'automate. Les accès en lecture et en écriture peuvent être cycliques ou commandés par l'événement.

Dans la configuration, on crée des variables indiquant des adresses dans l'automate. Le pupitre opérateur lit et affiche la valeur de l'adresse indiquée. De la même manière, l'utilisateur peut effectuer une entrée sur le pupitre opérateur qui sera ensuite inscrite dans l'adresse de l'automate.

Pour utiliser les fonctions de contrôle commande, le pupitre doit être relié à un automate. L'échange des données entre le pupitre opérateur et l'automate est réglé par un protocole spécifique au couplage. Chaque couplage requiert un protocole particulier.

IV.5 Présentation de la solution proposée

La solution proposée a été élaborée dans le souci de réduire les erreurs de manipulation, de rendre l'exploitation des stations plus sûre et plus facile, cela en reproduisant dans le domaine du possible l'aspect et l'utilisation réelle des stations tout en veillant à ne pas encombrer les vues.

IV.5.1 l'interface graphique (les vues)

L'interface graphique doit être conviviale pour que l'opérateur puisse agir le plus rapidement possible et réduire de fait le temps mort.

Les vues sont les éléments principaux du projet, à travers elles s'effectue la commande et le contrôle des trois stations, les vues contiennent des objets comme les champs de sortie, les zones de texte et d'affichage qui permettent de suivre l'évolution en temps réel des trois stations.

L'interface graphique de notre projet est composée de vues communes aux trois stations de production d'hydrogène (vue initiale, vue sécheurs, vue graphes P.T.C et la vue des consignes), de vues propres à chaque station (une vue pour la station et une vue pour ses régulateurs).

Les vues sont réparties ainsi

a. Les vues partagées par les trois stations

- *La Vue d'accueil*

Cette vue permet à l'opérateur de choisir initialement la station avec laquelle il désire travailler (Station 1, Station 2 ou Station 3).

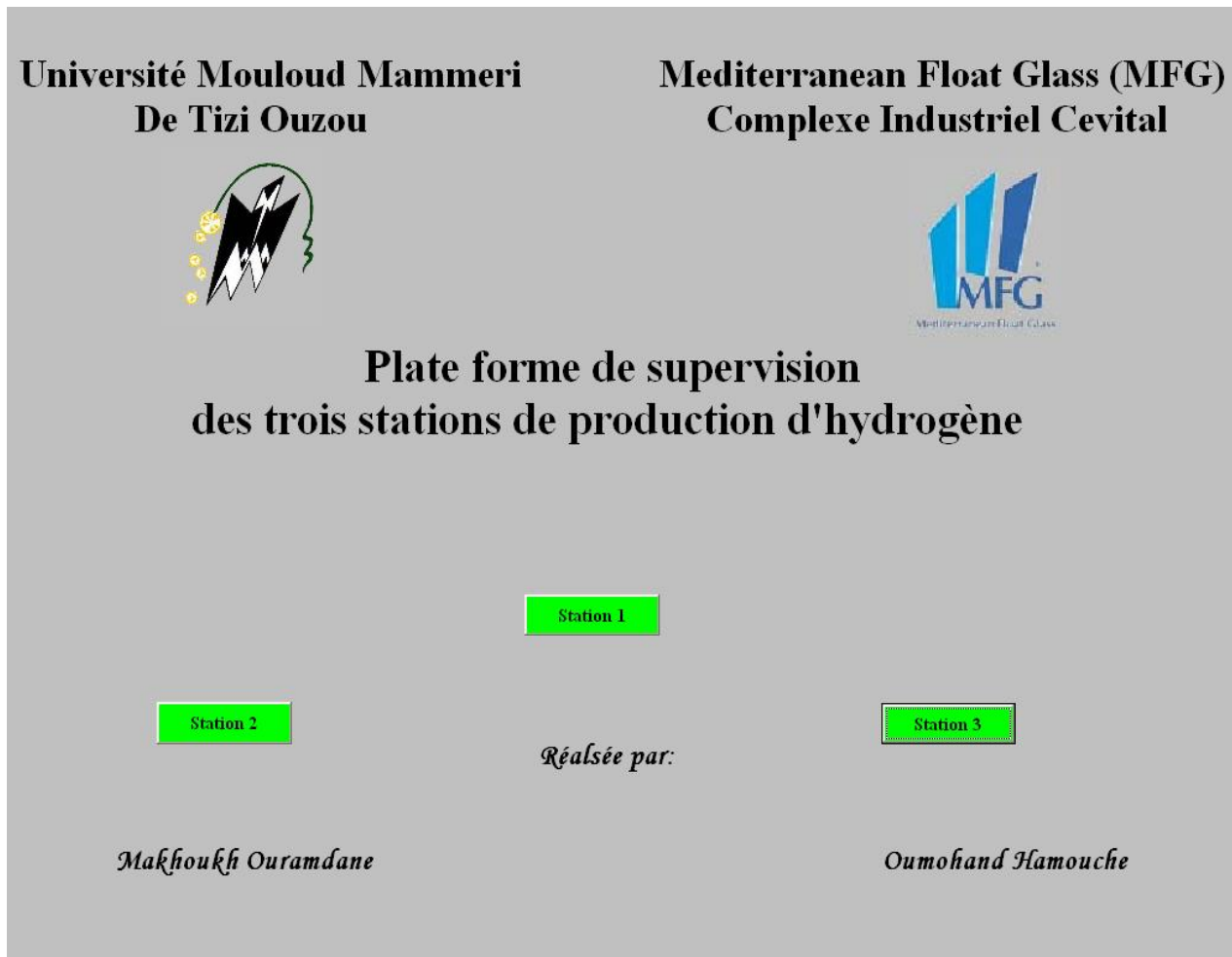


Figure IV.2 : vue d'accueil

- **Vue graphes des unités de Purification (*Graphes sech*)**

Elaborée pour permettre à l'opérateur de suivre l'évolution des températures de fonctionnement des unités de purification (sécheur A et B et l'appareil de désoxydation) des trois stations de production d'hydrogène, afin de s'apercevoir facilement d'un éventuel dysfonctionnement.

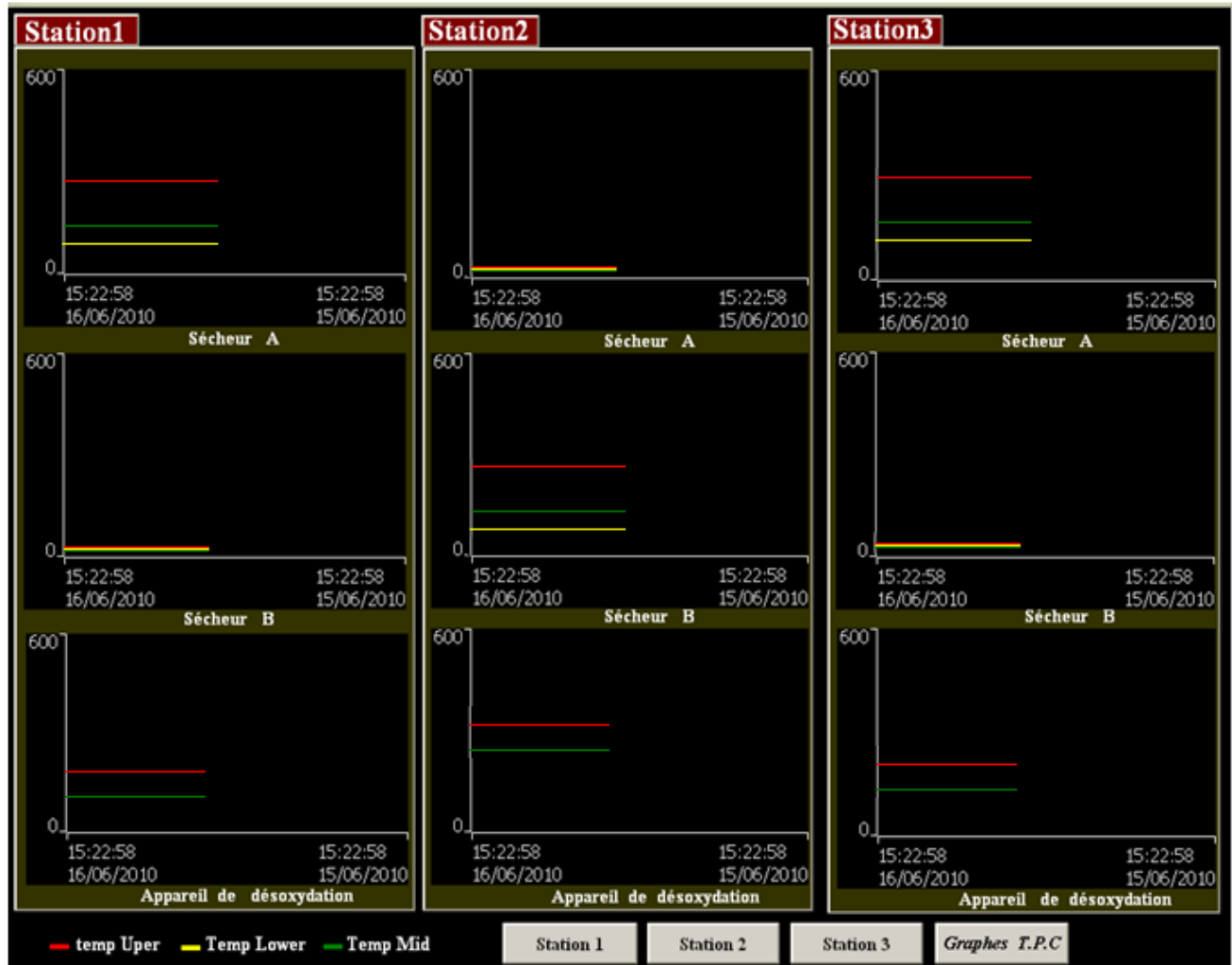


Figure IV.3 : vue graphes de température des sécheurs et appareil de désoxydation des trois stations

- **Vue Graphes T, P, C (paramètres Température, Pression, Courrant)**

La surveillance des trois paramètres température, pression et le courant d'alimentation des électrolyseurs est essentielle, leurs négligences peuvent causer de graves défaillances.

Comme son nom l'indique, la vue graphes T, P, C représentée ci-dessous comporte tout les graphes d'illustration des valeurs prises pendant 24h par paramètres température, pression, et courant d'alimentation des électrolyseurs recueillies des trois station1, 2et3.



Figure IV.4 : vue graphes des trois stations

La qualité du gaz produit dépend essentiellement de la qualité de purification. Les graphes *point de rosé* et *traces O₂* permettent la surveillance de l'évolution du taux d'humidité et le nombre de particules O₂ présentes dans le gaz purifié.

- **Vue des Consignes**

C'est à partir de cette page que l'opérateur introduit les consignes ou fixe les domaines de fonctionnement des éléments essentiels (les séparateurs, les catalyseurs et les sécheurs) appartenant à chaque station de production d'hydrogène.

consignes partie séparateurs		Station1	Station2	Station3	
Niveau Critique Max (Level High)		0	0	0	mm
Niveau Critique Min (Level Low)		0	0	0	mm
niveau bas pour qu'il ait ajout d'eau (Feed water low)		0	0	0	mm
Niveau haut pour qu'il ait interruption d'ajout d'eau (feed water high)		0	0	0	mm
la pression dans le circuit de circulation KOH (Cell pressure)		0,000	0,000	0,000	Mpa
la temperature dans le circuit de circulation KOH (Cell temp)		0,00	0,00	0,00	°C

consignes pour les catalyseurs					
température maximale autorisée (cata upper temp)		0	0	0	°C
température minimale autorisée (cata lower temp)		0	0	0	°C

consignes pour les sécheurs					
température maximale du secheur (dryers upper temp)		0	0	0	°C
température minimale du sécheur (dryers lower temp)		0	0	0	°C
temps de régénération (swich time)		0	0	0	h
temps de chauffage (heat time)		0	0	0	h
temps de refroidissement par soufflage (f. cool time)		0	0	0	h

Station 1

Station 2

Station 3

Graphes P.T.C..

Vue initiale

Figure IV. 5 : vue de consignes

- **Vue alarmes**

Les alarmes s'affichent sur le pupitre opérateur. Elles renseignent sur les états de fonctionnement et sur les défauts de l'automate ou du pupitre.

Les textes d'événement se composent de textes configurables librement et/ou de variables aux valeurs actuelles.

Sous WIN CC, les alarmes sont regroupées en classes comme suit :

- "Erreurs" pour les alarmes TOR et analogiques signalant des états critiques ou dangereux du fonctionnement et du processus. Les alarmes de cette classe doivent toujours être acquittées.
- "Avertissements" pour les alarmes TOR et analogiques signalant des états normaux du fonctionnement et du processus ainsi que des déroulements du processus. Les alarmes de cette classe n'ont pas besoin d'être acquittées.
- "Système" pour les événements système qui informent sur les états de fonctionnement du pupitre opérateur et des automates. Cette classe d'alarmes ne peut être utilisée pour les alarmes définies par l'utilisateur.
- "Événements de diagnostic" pour les messages de diagnostic S7 qui signalent des états et des événements des automates SIMATIC S7 ou SIMOTION. Les alarmes de cette classe n'ont pas besoin d'être acquittées.

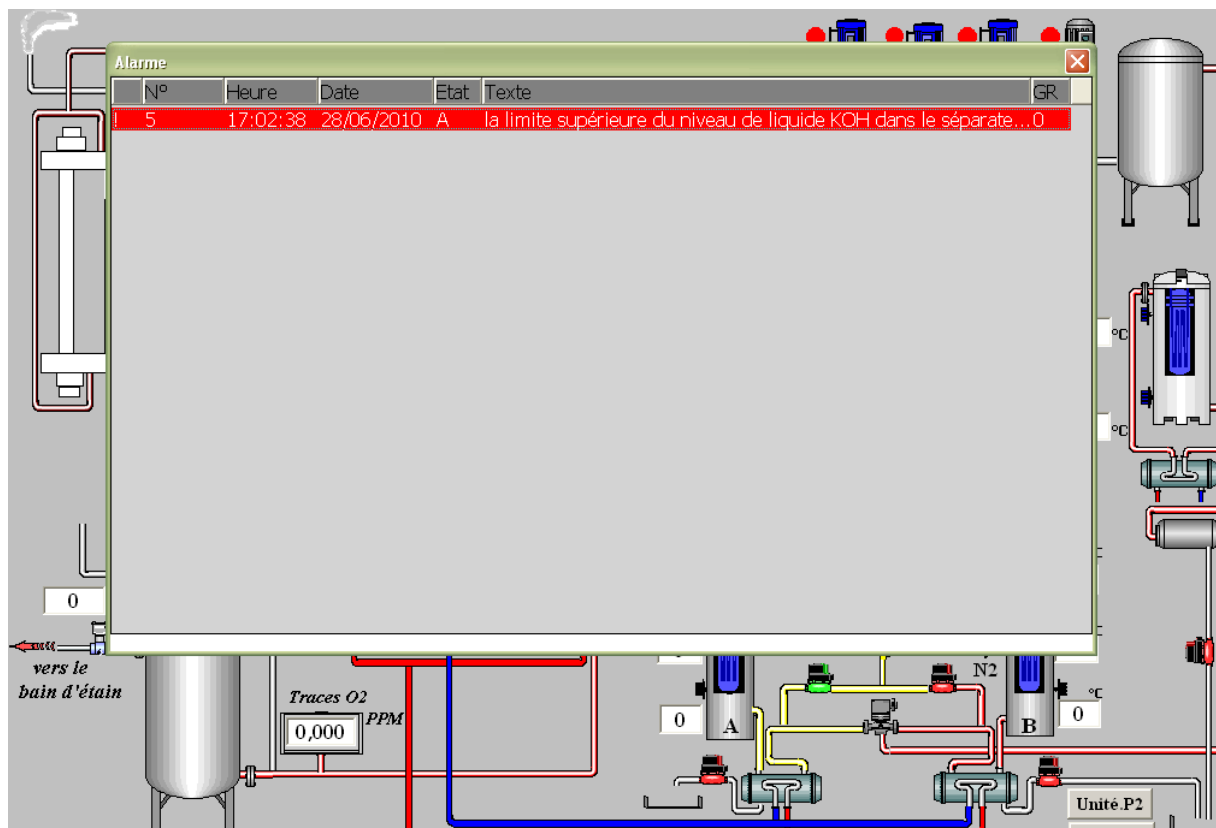


Figure IV.6 : Vue Alarmes

b. Les vues propres à chaque station

Les trois stations sont similaires, dans ce qui suit, seulement une station qui sera décrite.

• Vue d'une station

Chaque vue de station est conçue de façon à ce que l'opérateur puisse suivre la production de l'hydrogène en temps réel ; de sa séparation de l'oxygène jusqu'à son envoi vers le bain d'étain.

Grâce aux barres graphiques et aux champs d'affichage numérique, l'opérateur peut surveiller plus facilement les paramètres température, niveau et pression des parties composant le système électrolyseur de la station de production d'H₂, à savoir l'électrolyseur, les séparateurs et l'unité de purification.

Dans le cas où l'opérateur se retrouve contraint de travailler avec un autre purificateur (un purificateur seulement), les boutons unité p3 ou Unité P2 lui permettront une visualisation réelle de son fonctionnement.

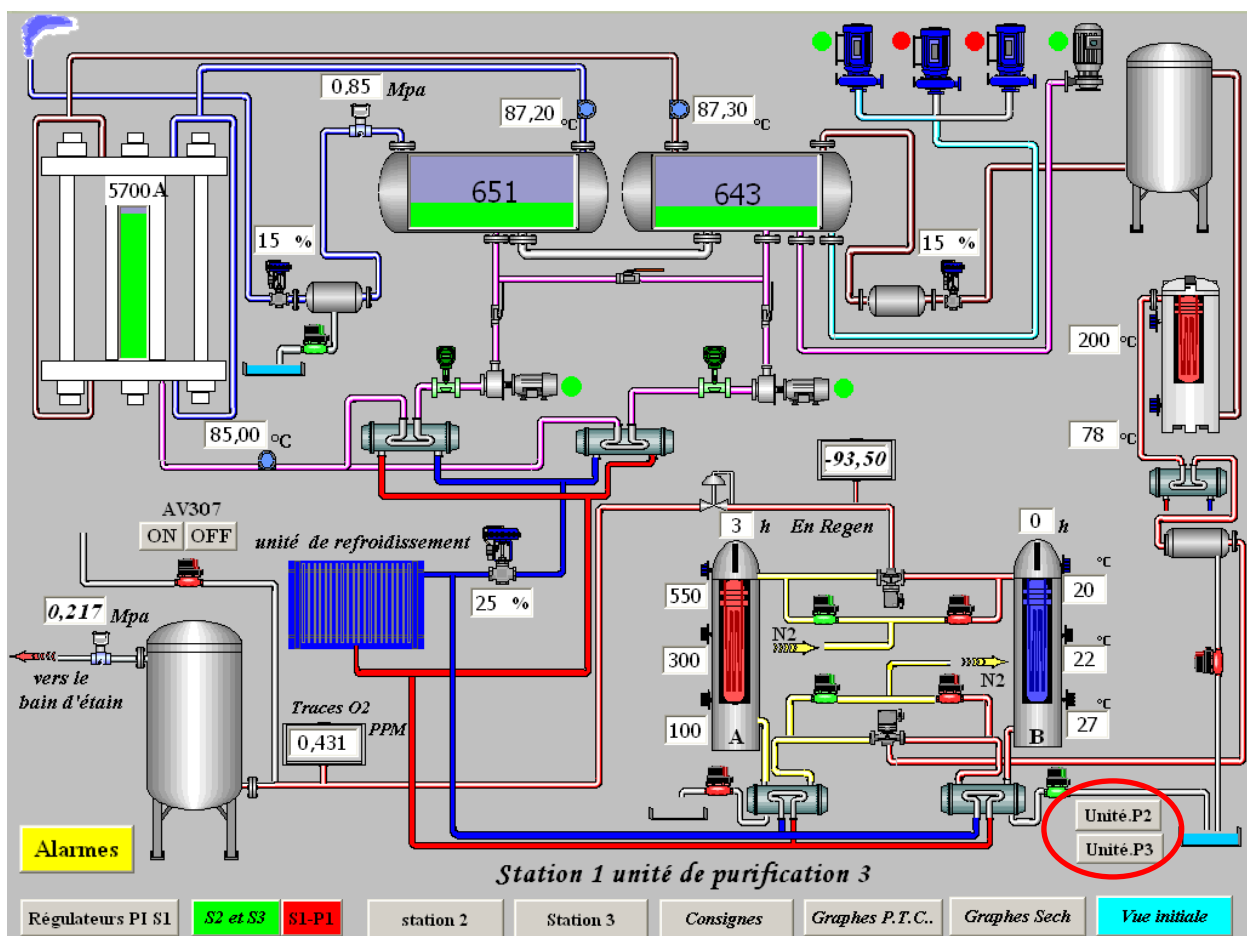


Figure IV.7 : vue station 1 avec unité de purification 3

Chaque vue de station est élaborée de façon à ce que l'opérateur puisse garder l'œil sur les paramètres essentiels cités précédemment et cela dans toutes les stations en fonctionnement, des chiffres sont ajoutés pour lui indiquer les stations et purificateurs en activité. Pour l'indication de l'état des actionneurs (actif/inactif), des animations (cas des électrovannes) et voyants d'indication sont prévus.

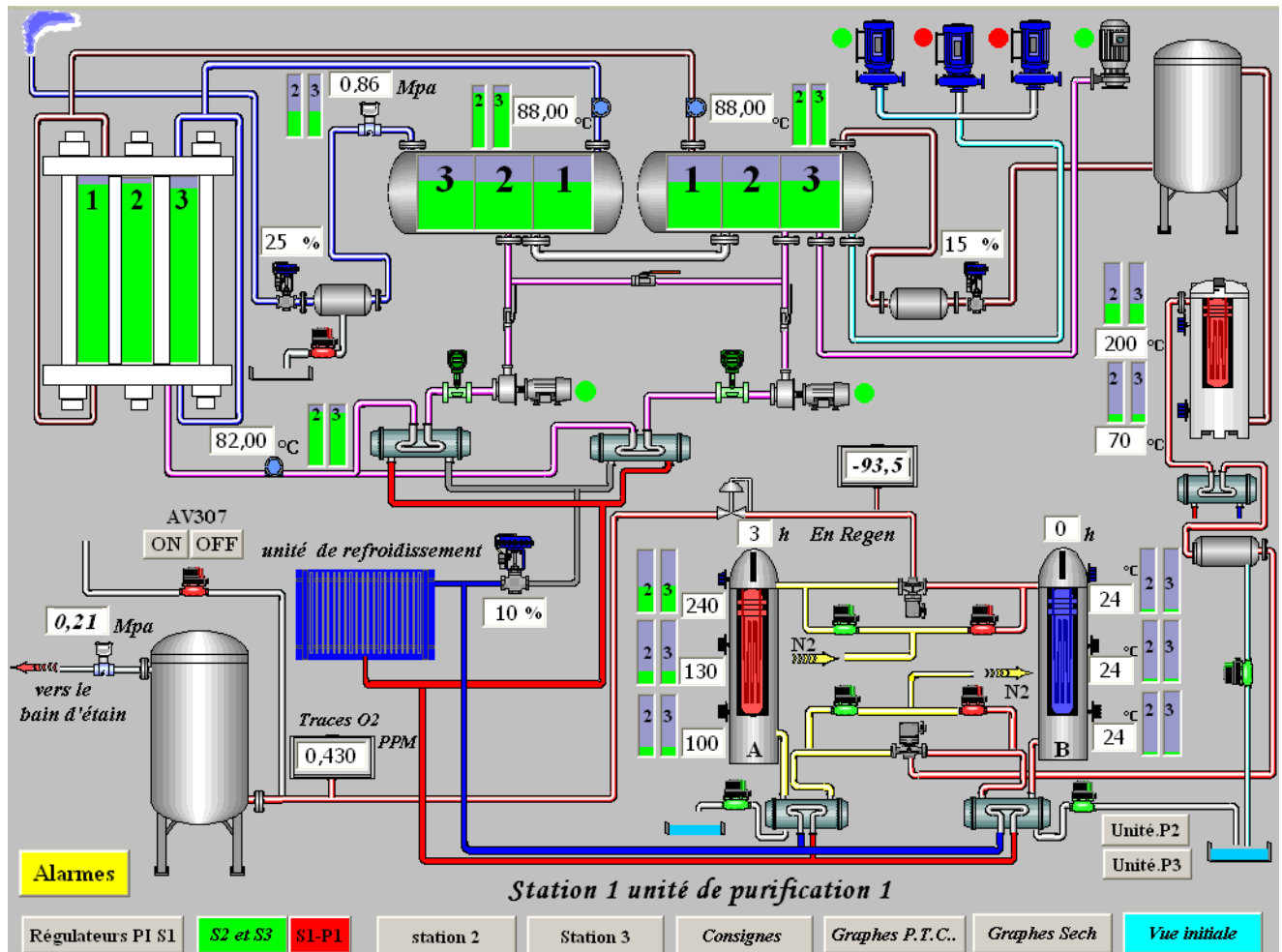


Figure IV.8 : Station 1 unité de purification 1 avec vue sur les autres stations (S2 et S3)

Les boutons :

- **S1 P1** : permet le retour à la vue station 1 unité de purification 1 (désactive le bouton S2 et S3)
- **Station 2 et Station 3** : permet la navigation entre les stations.

- **Vue du régulateur P1 S1**

La sécurité de l'installation et la qualité de l'hydrogène produit dépendent de l'évolution des paramètres température, pression et niveau de la solution KOH dans les deux séparateurs gaz-liquide.

Pour maintenir leurs valeurs constantes, des régulateurs numériques PID ont été utilisés.

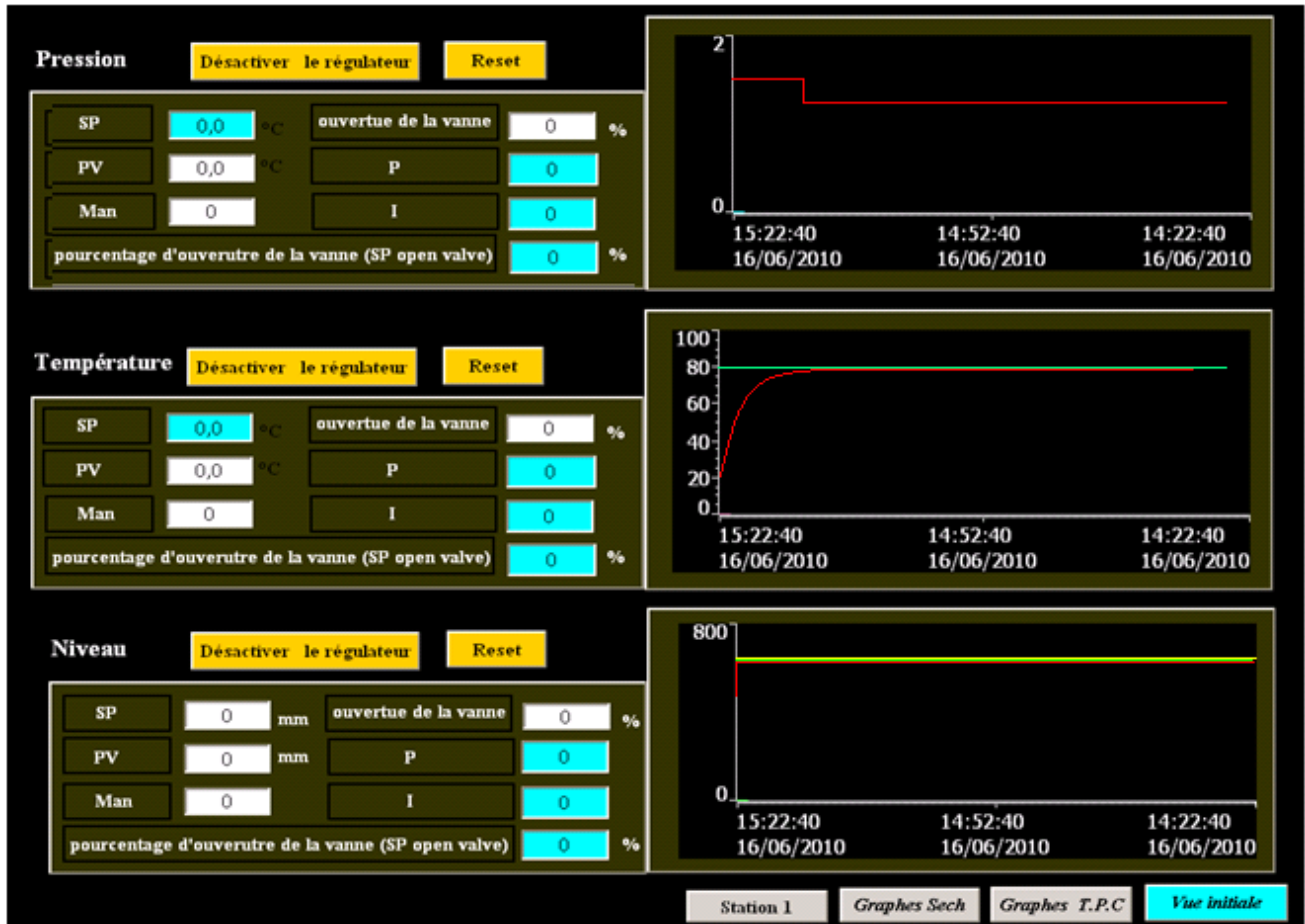


Figure IV.9 : vue graphes température, pression et niveau

A travers cette vue, l'opérateur a la possibilité de changer les paramètres des régulateurs PI utilisés, il peut aussi y'agir manuellement sur les vannes de régulation en introduisant dans le champ d'entrée «SP open valve » le taux d'ouverture désiré (en %). Les graphes ajoutés illustrent l'effet des actions engagées par l'opérateur ou le régulateur PI.

Signification et fonctions des champs :

- ✓ **SP** : pour introduire la consigne (set point).
- ✓ **PV** : est une sortie qui nous donne la mesure effective de la température/pression/ niveau.

- ✓ **Man** : est une sortie qui nous donne l'état du régulateur (activé ou désactivé), quand cette sortie est mise à un le régulateur est désactivé.
- ✓ **Ouverture de la vanne** : pourcentage d'ouverture de la vanne de régulation (sortie).
- ✓ **P** : est une entrée qui sert à régler le gain proportionnel
- ✓ **I** : est une entrée qui sert à régler la constante d'intégration
- ✓ **Pourcentage d'ouverture de la vanne (SP open valve)** : une entrée qui sert à commander la vanne de régulation, elle prise en considération seulement dans le cas où le régulateur est désactivé (pour une régulation manuelle).

IV.5.2 Archivage

Afin de documenter le fonctionnement des stations de production d'hydrogène, on archive les alarmes et les valeurs de Process créées durant la production. L'opérateur peut ainsi s'informer directement sur les événements qui sont survenus à tout moment. On peut ensuite évaluer les alarmes et les données de Process enregistrées. Cela permet de connaître les principaux aspects économiques et techniques relatifs au fonctionnement des stations.

L'archivage des variables peut être déclenché par des événements tels qu'une modification de valeurs. Ces paramètres peuvent être définis individuellement pour chaque variable.

Par exemple l'archivage de la température, niveau, pression s'effectue d'une manière cyclique (chaque une heure).

En Run time, les valeurs des variables à archiver sont acquises, traitées et enregistrées dans un fichier. A la fin de chaque mois on récupère l'archive de chaque variable sous de fichier Excel placé dans un dossier bien spécifique comme le montre le schéma suivant :

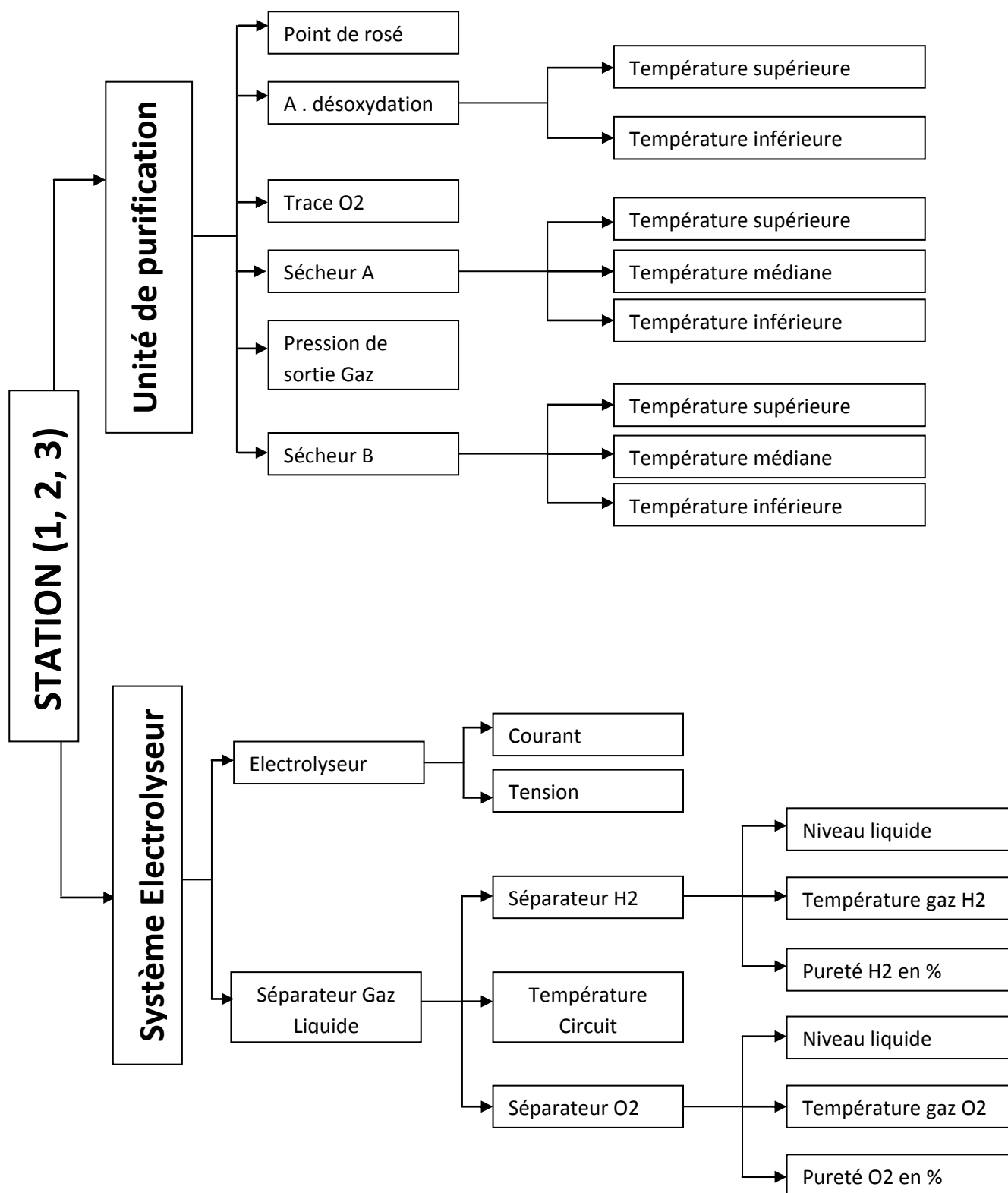


Figure IV.10 : Arborescence d'archivage des données recueillies

IV.6 Simulation

Le simulateur est mis en œuvre pour la simulation de projets de WinCC flexible contenant des variables internes et des variables de process.

IV.6.1 Mode de fonctionnement

Le simulateur réalise la simulation de variables configurées. Durant la simulation, on peut manipuler, activer ou désactiver les variables configurées.

Le temps d'actualisation des valeurs de variables est d'une seconde. Une modification ne prend effet qu'après activation des fonctions ou lors du changement de la table de simulation.

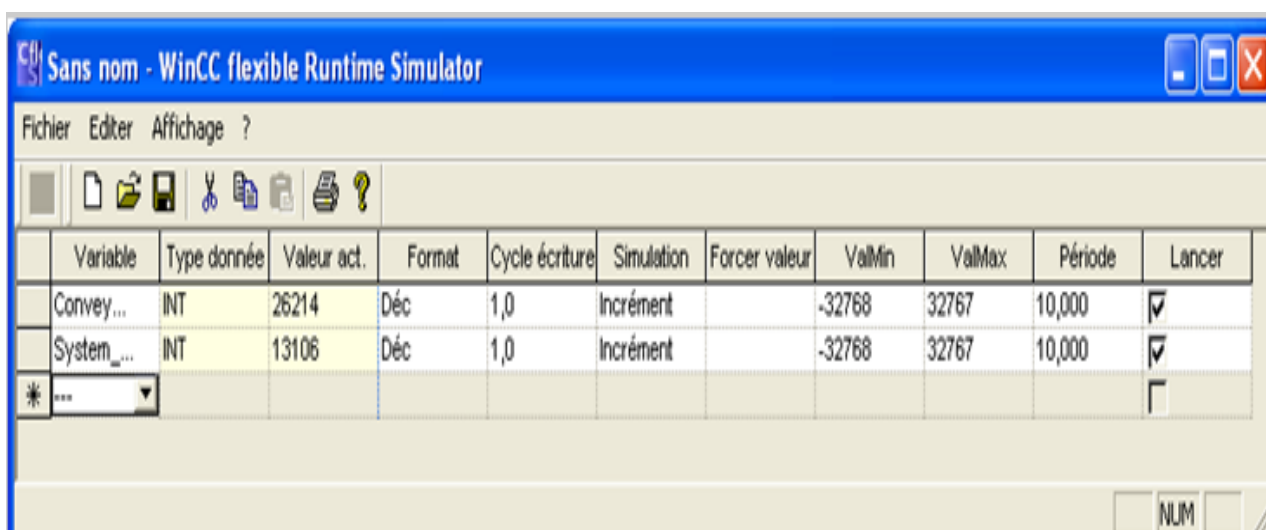
Pour une simulation, on peut configurer 300 variables au maximum.

IV.6.2 Structure de la table de simulation

- *Principes de base :*

Dans la table de simulation, on peut manipuler les variables configurées du process. Selon la propriété de la variable, On dispose de cellules éditables ou verrouillées pour une manipulation. Par défaut, les cellules éditables ont un fond blanc, les cellules verrouillées ont un fond gris.

La table de simulation wincc comporte les colonnes suivantes :



The screenshot shows the 'Sans nom - WinCC flexible Runtime Simulator' window. It features a menu bar with 'Fichier', 'Editer', and 'Affichage'. Below the menu is a toolbar with icons for file operations and simulation control. The main area contains a table with the following columns: Variable, Type donnée, Valeur act., Format, Cycle écriture, Simulation, Forcer valeur, ValMin, ValMax, Période, and Lancer. The table lists two variables: 'Convey...' and 'System...', both of type 'INT'. The 'Convey...' variable has a value of 26214, and the 'System...' variable has a value of 13106. Both have a format of 'Déc', a cycle of 1,0, and a simulation type of 'Incément'. The 'Lancer' column has checkboxes for each row, both of which are checked. A third row is partially visible with a variable name starting with an asterisk and a dropdown arrow.

Variable	Type donnée	Valeur act.	Format	Cycle écriture	Simulation	Forcer valeur	ValMin	ValMax	Période	Lancer
Convey...	INT	26214	Déc	1,0	Incément		-32768	32767	10,000	<input checked="" type="checkbox"/>
System...	INT	13106	Déc	1,0	Incément		-32768	32767	10,000	<input checked="" type="checkbox"/>
*...										<input type="checkbox"/>

Figure IV.11 : Table de simulation

- **Variable** : Dans cette colonne, on entre les variables du projet créé.
- **Type de données** : La colonne "Type données" est une colonne verrouillée n'autorisant aucune manipulation. Le type de données d'une variable est défini dans l'interface de programmation de WinCC flexible.
- **Valeur actuelle** : Cette colonne affiche la valeur actuellement simulée de la variable entrée. On ne peut pas manipuler les valeurs de cette colonne.
- **Format** : La colonne indique le format dans lequel les valeurs de la variable sont simulées. On peut choisir parmi les formats suivants :
 - ✓ format décimal (1, 2, 3, 4, ...)
 - ✓ format hexadécimal (03CE, 01F3, ...)
 - ✓ format binaire (0 et 1)
- **Cycle d'écriture** : Dans la colonne "Cycle d'écriture", on entre l'intervalle de temps entre deux simulations des valeurs actuelles des variables. Lorsque on entre une valeur de 2, la valeur actuelle de la variable s'affiche toutes les 2 secondes.
- **Simulation** : La colonne Simulation indique le mode de traitement des valeurs des variables durant la simulation. On peut choisir parmi les modes de simulation suivants :
 - ✓ Sinus (la valeur de la variable est modifiée selon une courbe sinusoïdale)
 - ✓ Aléatoire (la valeur de la variable est modifiée selon une fonction aléatoire)
 - ✓ Incrémenter (la valeur de la variable est augmentée de manière continue)
 - ✓ Décrémenter (la valeur de la variable est diminuée de manière continue)
 - ✓ Décalage de bit (le bit mis à un est décalé d'une position)
 - ✓ <Affichage> (la valeur actuelle est affichée)
- **Forcer valeur** : Dans cette colonne, on entre une valeur pour la variable correspondante. La simulation démarre à la valeur donnée.
- **Val Min et Val Max** : Dans ces colonnes, On limite la plage de valeurs de la variable, selon le type de variable. Pour cela, on définit une valeur minimale et une valeur maximale.
- **Période** : Si, dans la colonne Simulation, on sélectionne Sinus, Incrémenter ou Décrémenter, on peut manipuler les valeurs dans la colonne Période. La période indique dans quels intervalles la valeur de la variable se renouvelle.
- **Lancer** : Lorsqu'on active la case à cocher "Lancer", la simulation de la variable correspondante est lancée et réalisée selon les indications données.

IV.7 Validation du projet

Après élaboration de la plateforme de supervision des trois stations de production d'hydrogène, nous arrivons à l'étape décisive du travail effectué. Cette étape est la validation du projet par simulation et vérification de son bon fonctionnement.

Pour cela nous avons utilisé le simulateur WinCC Flexible Run Time. L'application de simulation nous permet d'exécuter et de tester le projet.

Ci-après on donne un exemple de simulation de notre projet.

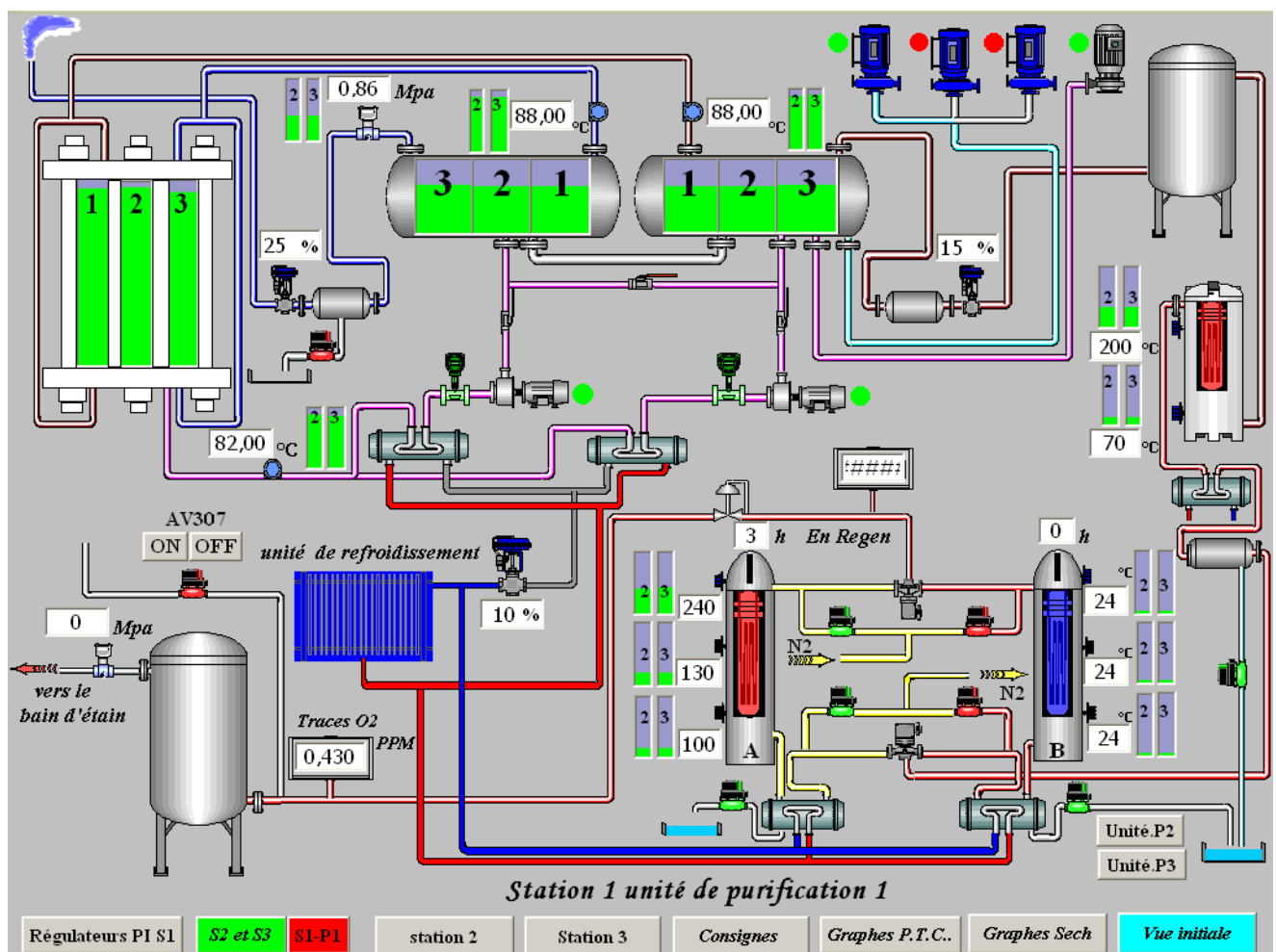


Figure IV.12 : Exemple de simulation du projet.

IV.8 Implantation de la solution proposée

WinCC flexible propose divers réseaux pour la communication entre le pupitre opérateur (type PC) et les automates SIMATIC S7. Les réseaux ci-dessous sont significatifs pour une communication avec WinCC flexible :

- MPI (Multi Point Interface)
- PROFIBUS (Process Field Bus)
- Ethernet

a. Communication via l'interface multi point MPI

Le réseau configuré est de type MPI avec un support de communication proprement électrique. Les câbles de transmission utilisés sont de la gamme PROFIBUS SIMATIC NET de type RS-485 (réseau électriques à base de paires torsadées). La topologie physique adoptée est bus, la transition de données se fait par support logique (virtuel) de type TOKEN RING.

Pour la liaison des trois automates S7 300 et le pupitre opérateur TP 270, différents types de connecteurs de bus ont été employés.

La station PC peut être intégrée au réseau déjà existant par le biais de l'interface MPI/PROFIBUS de la CPU 312 de l'automate 1.

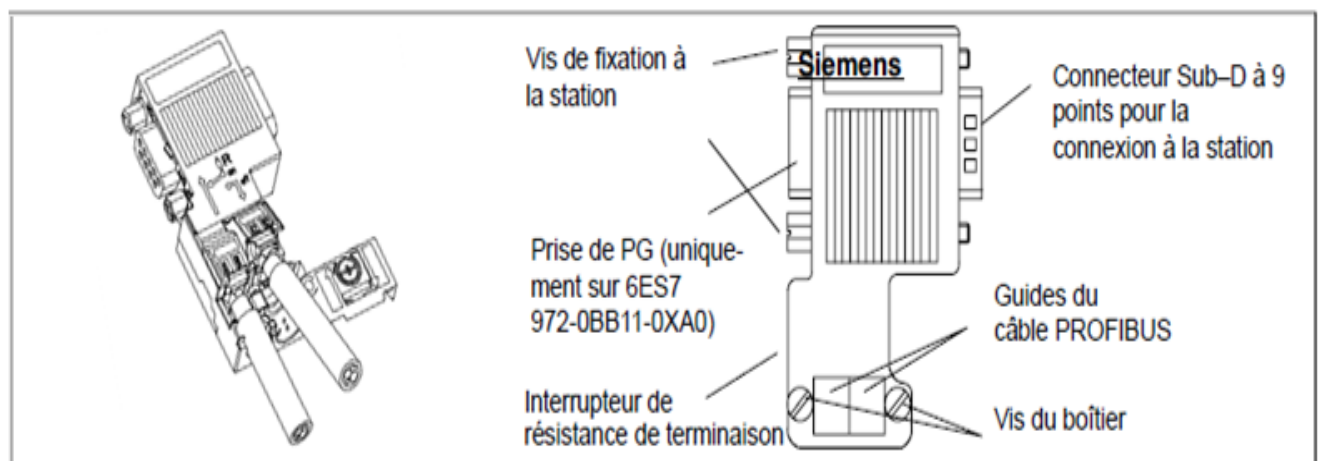


Figure IV.13 : Connecteur de bus

b. Configuration de la station PC

Une station PC pré configurée existe déjà dans WinCC flexible. Pour configurer une station PC, il faut insérer une station SIMATIC HMI dans le projet STEP 7 puis sélectionner comme pupitre opérateur le type "WinCC flexible RT". Le système crée une station SIMATIC HMI avec un pupitre opérateur de type "pc".

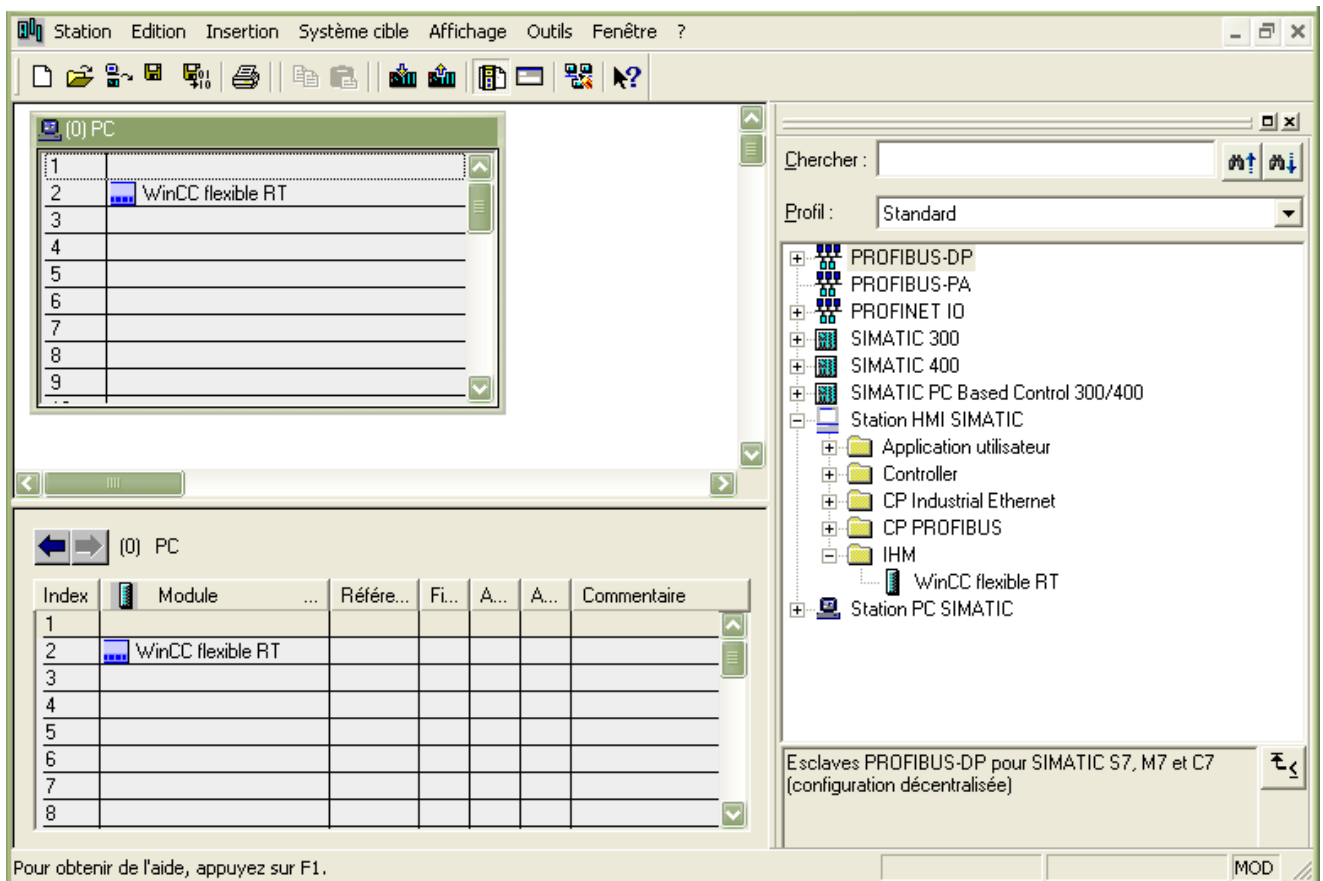


Figure IV.14 : Fenêtre de configuration de la station pc avec step 7

c. Matériels requis pour la connexion au réseau MPI

Un processeur de communication (par ex. CP5512, CP5611, CP5613) ou un adaptateur PC/MPI (par ex. adaptateur PC) est nécessaire pour connecter le PC standard à l'interface MPI de l'automate S7. Une conversion de RS232 (série) en RS 485 (MPI) a lieu dans l'adaptateur PC.

Les composants précédemment cités sont nécessaires pour une meilleure intégration de la station PC.

▪ En utilisant des processeurs de communication

La réalisation d'une liaison de la station WinCC directement au réseau MPI suppose que la station soit équipée d'un processeur de communication approprié.

L'unité de canal MPI supporte la communication par cartes Hardnet et Softnet. Une seule carte peut être installée par ordinateur pour la communication par réseau MPI.

Le pilote de communication SIMATIC S7 PROTOCOL SUITE assure la communication avec les trois automates S7 300.

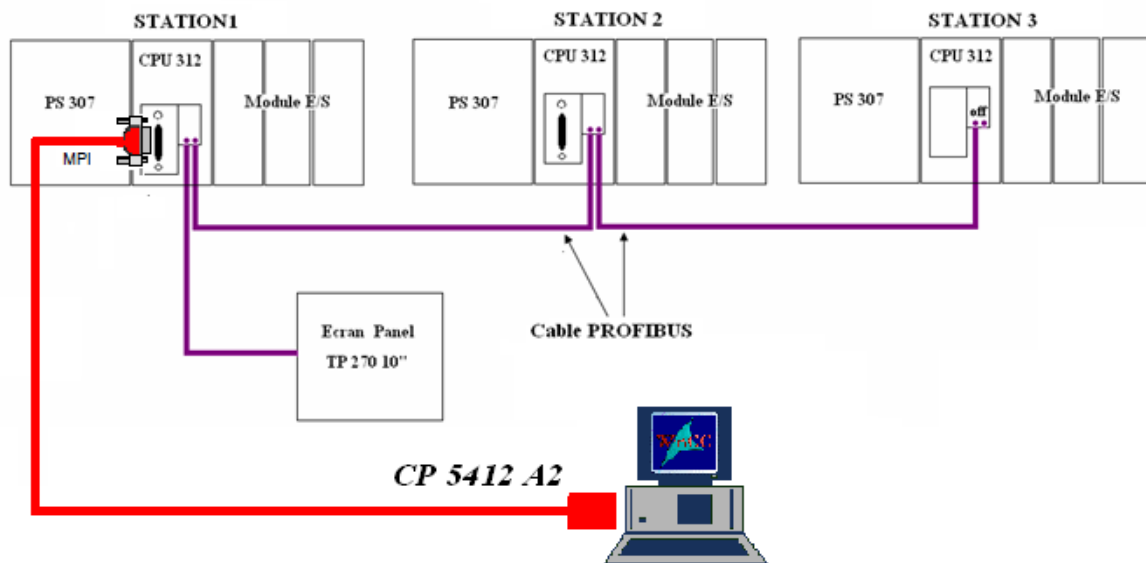


Figure IV.15: Schéma de mise en connexion de la station PC au réseau existant

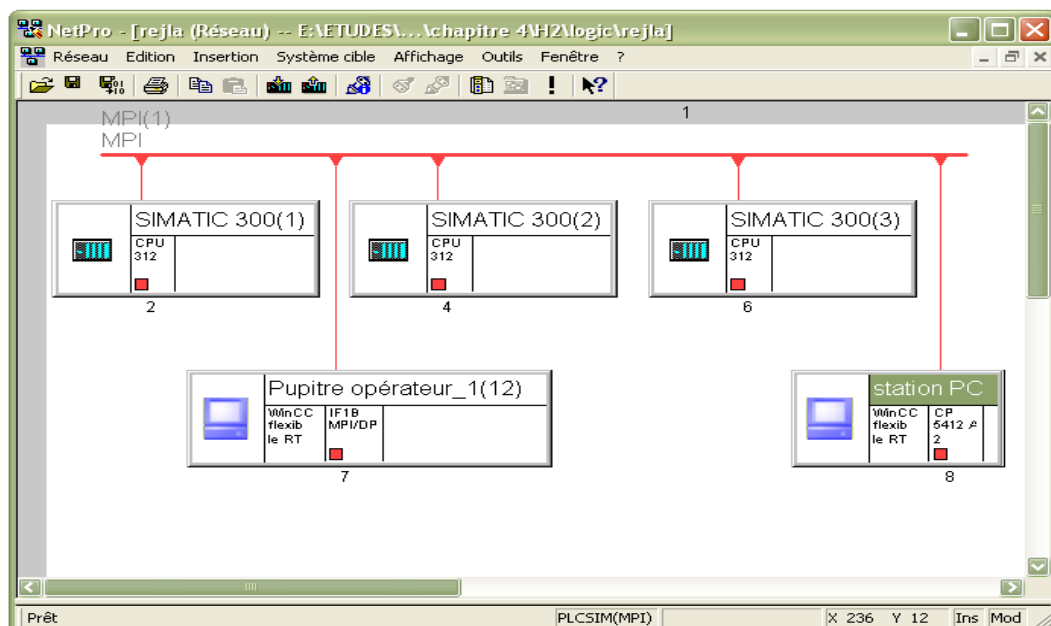


Figure IV.16 : Liaison de la station PC au réseau MPI avec netpro.

- En utilisant un adaptateur PC

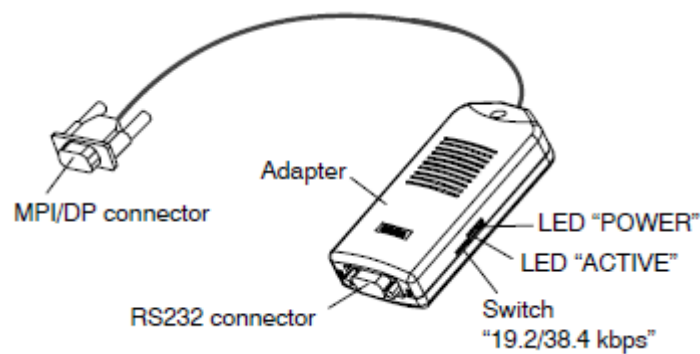


Figure IV.17 : Adaptateur PC

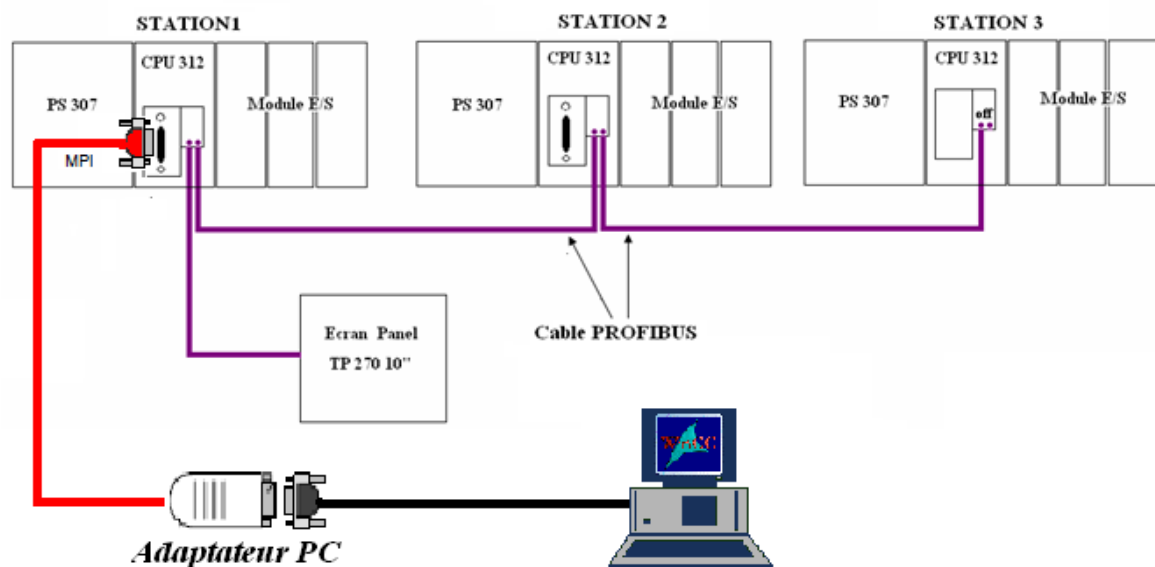


Figure IV.18 : Schéma de mise en connexion de la station PC au réseau existant.

IV.9 Conclusion

Après avoir présenté brièvement le logiciel Wincc Flexible, on a exposé en quelques points la plateforme de supervision proposée pour répondre aux exigences formulées dans le cahier des charges.

Les deux solutions proposées pour l'implantation de la plateforme de supervision sont performantes et facilement réalisables.

L'ajout de composants au niveau du pc (processeur de communication ou adaptateur PC) réduit énormément le coût de réalisation. En effet, les automates S7 300 dont les stations sont équipées ont atteint le nombre maximal de modules enfichables (11), en d'autres termes, l'ajout éventuel de modules ne peut se faire sans extension.

IV.8 Etude comparative

A présent nous allons faire quelques comparaisons entre l’actuelle plateforme de supervision et celle que nous avons proposée afin de mieux illustrer les améliorations apportées.

Remarque : les fenêtres en vert sont celles de l’écran tactile.

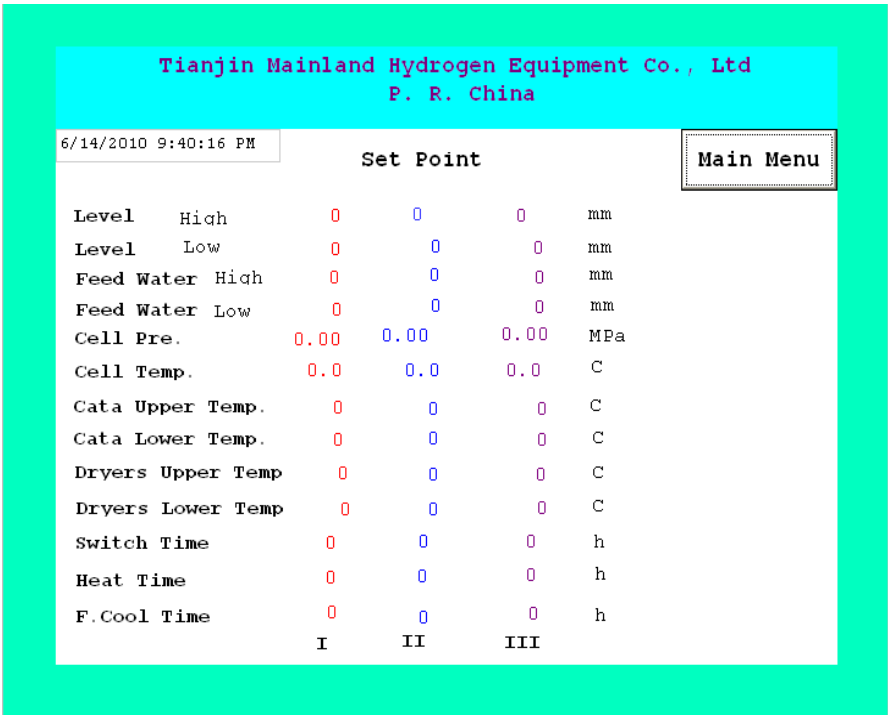


Figure IV.19 : vue actuelle des consignes



Figure IV.20 : vue des consignes de la nouvelle solution proposée

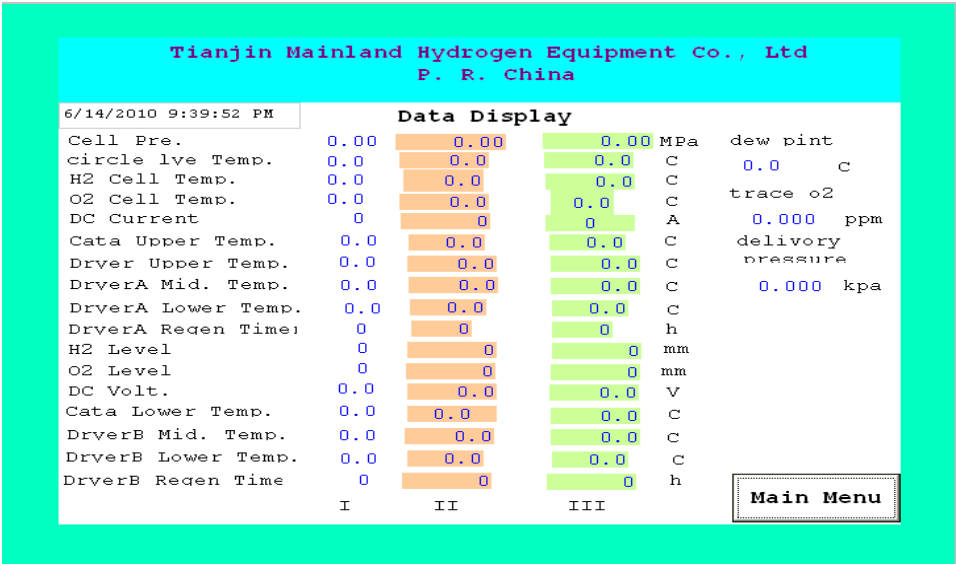


Figure IV.21 : vue principale actuelle

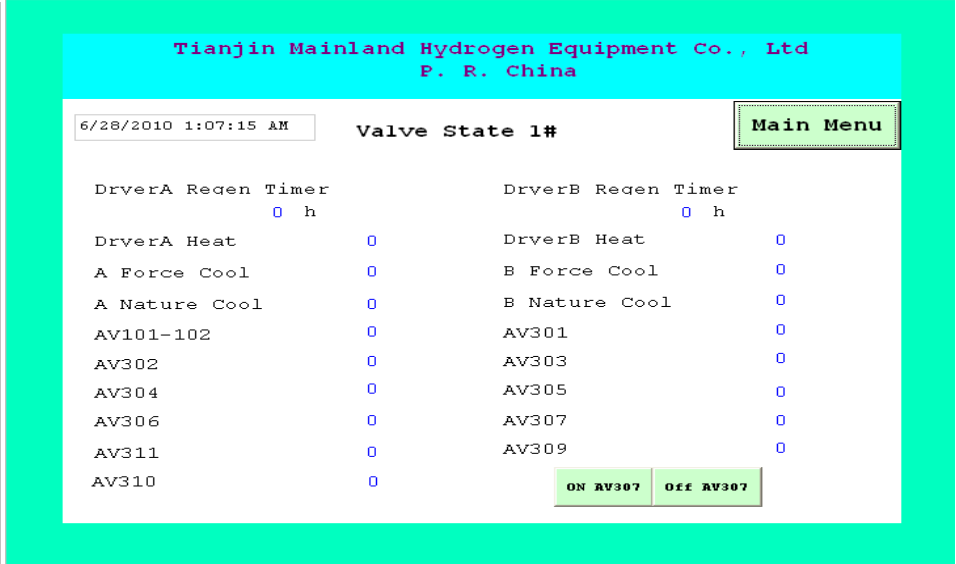


Figure IV.22 : vue actuelle des états de vannes

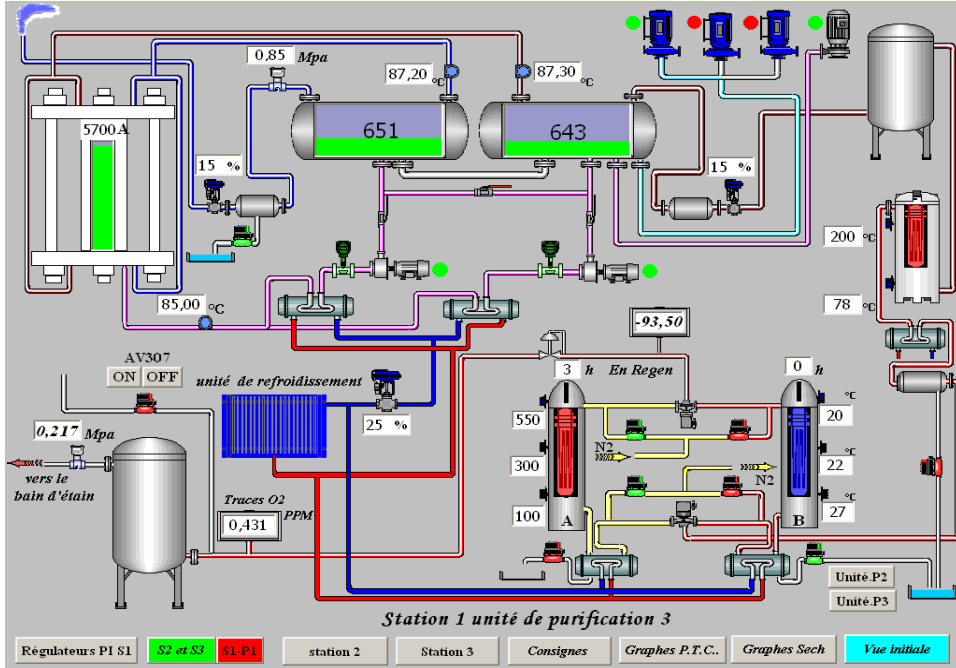


Figure IV.23 : vue d’une station de la nouvelle interface

Grâce à la nouvelle interface l’opérateur peut suivre l’évolution de la production d’hydrogène depuis sa formation au niveau de l’électrolyseur jusqu’à son envoi vers le bain d’étain, en suivant l’état des différents actionneurs avec des animations qui spécifient chaque étape de la production. Dans le cas où l’opérateur se retrouve contraint de travailler avec un purificateur d’une autre station, les boutons unité p3 ou Unité P2 lui permettront une visualisation réelle de son fonctionnement.

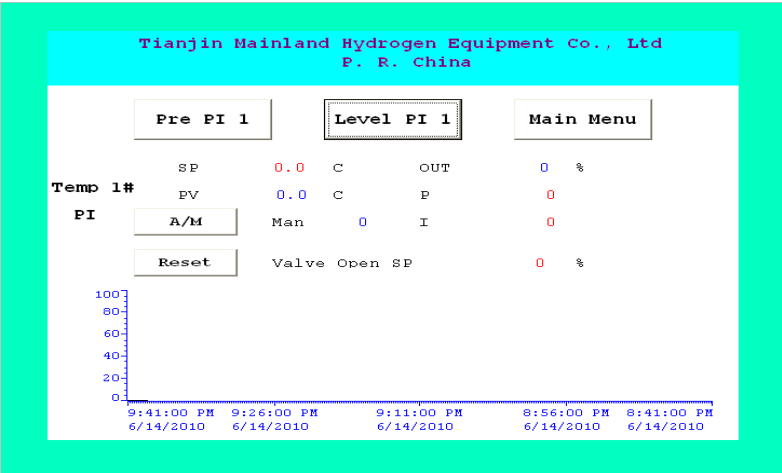


Figure IV.24 vue graphe de température actuelle

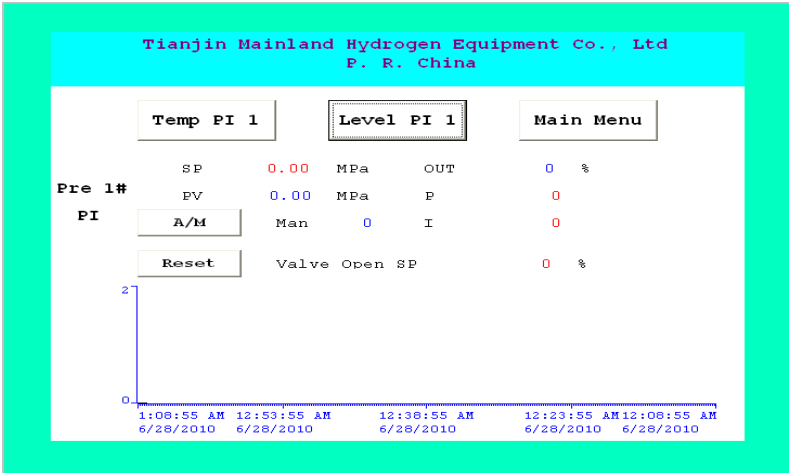


Figure IV.25 : vue graphe de pression actuelle

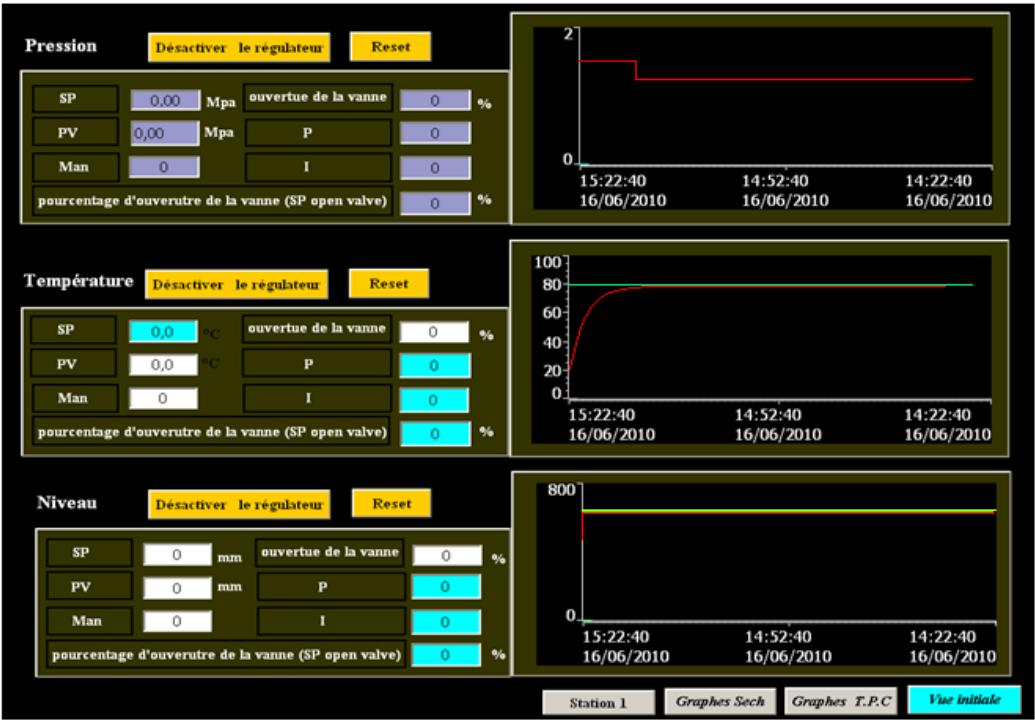


Figure IV.27 : vue des graphes température pression et niveau de la nouvelle interface

La surveillance des paramètres température, pression et niveau est primordiale lors de la production de l'hydrogène sous pression. La nouvelle interface facilite la tâche aux opérateurs en regroupant les graphes de ces paramètres dans une seule vue.

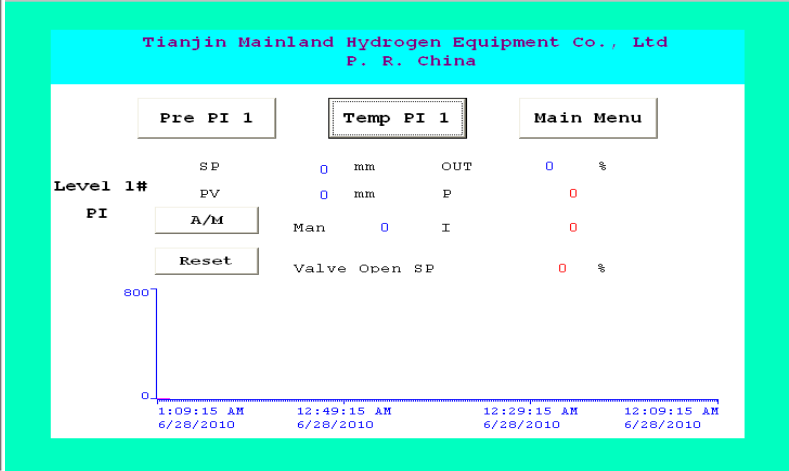


Figure IV.26 : vue graphe de niveau actuelle

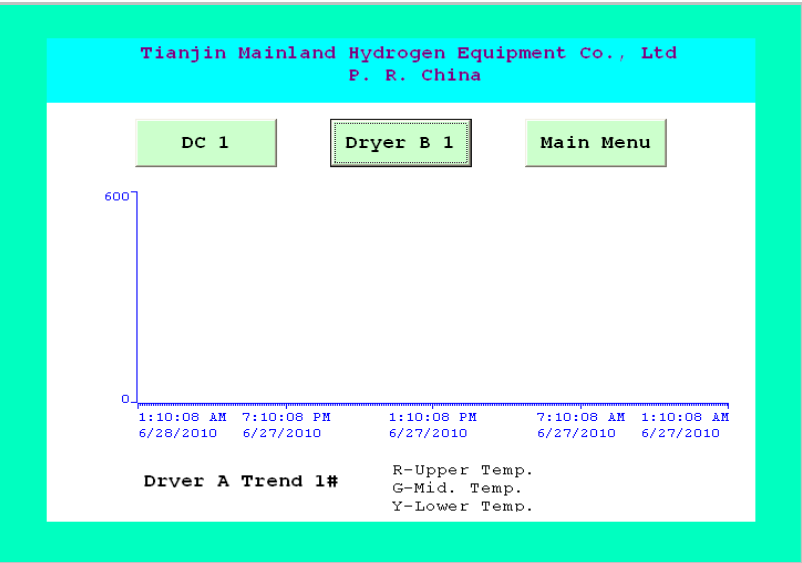


Figure IV.28 : vue actuelle graphe température sécheur A

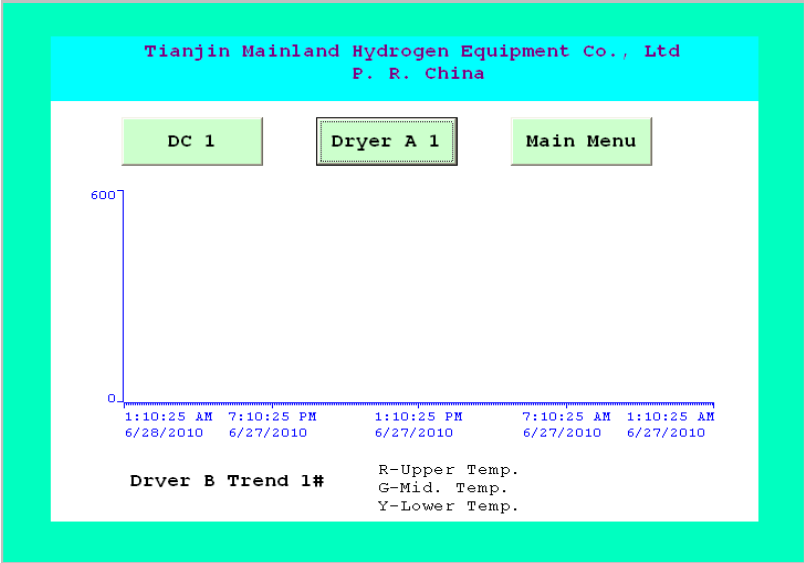
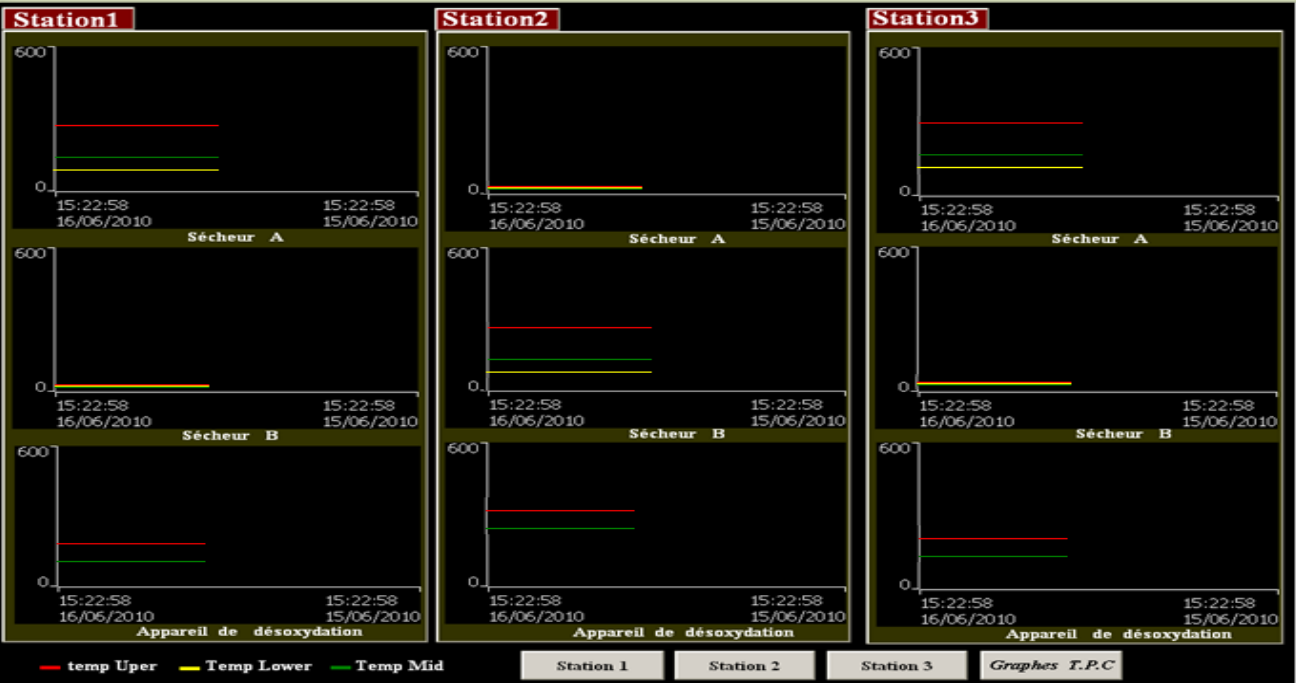


Figure IV.29 : vue actuelle graphe



Les graphes des composants de l'unité de purification des trois stations (sécheur, appareil de désoxydation) sont regroupés dans une seule vue afin de faciliter le contrôle de la température.

Actuellement, l'opérateur ne peut visionner que les graphes des sécheurs de chaque station séparément, quant aux graphes de l'appareil de désoxydation ils n'existent pas dans la version actuelle

Figure IV.30 : vue des graphes température sécheur A / B et appareil de désoxydation de la nouvelle interface

Ce travail accompli au cours de notre stage de fin d'étude au sein de Mediterranean Float Glass (MFG), nous a permis de mettre en pratique nos connaissances théoriques acquises au cours de notre formation d'ingénieur.

Au terme du stage, on a eu la satisfaction d'avoir pu mettre en œuvre une plate forme de supervision sur « PC » de trois stations de production d'hydrogène répondant au mieux aux exigences formulées dans le cahier des charges.

La réalisation de la plate forme de supervision a nécessité une exploration plus approfondie du logiciel de supervision Wincc flexible, riche en options, et possédant la flexibilité nécessaire pour la gestion des systèmes automatisés complexes tel que les stations de production d'hydrogène.

Travailler en collaboration avec le personnel sur site, nous a beaucoup aidé à repérer les éléments essentiels, sensibles, requérant plus d'attention pour les mettre en valeur dans la plateforme de supervision et concevoir de faite des interfaces graphiques qui reproduisent dans le domaine du possible le fonctionnement réel des trois stations.

La méthodologie de travail et d'analyse suivies, nous ont permis de combler le manque en documentation exploitable.

Vu le nombre réduit de correspondants (les automates, l'écran tactile et le pc) et le type des automates dont les trois stations sont équipées (des S7 300), les solutions proposées pour l'intégration du pc au réseau existant en utilisant l'interface MPI des CPU sont réalisables, performantes et financièrement les moins coûteuses.

En effet, l'ajout de matériels nécessaires à une telle intégration, ne nécessite en aucun cas d'extension ni de modules de communication pour les automates (un connecteur bus seulement et câble Profibus), Et que tout ce qui nécessaire à l'établissement d'une bonne connexion, s'ajoute au niveau du PC (processeur de communication ou un adaptateur PC).

Pour terminer, on tient à exprimer notre ravissement d'avoir pu travaillé dans de bonnes conditions et un environnement agréable. Toutefois, notre plus grande satisfaction sera de voir notre travail concrétisé.

Bibliographie

[1] http://membres.multimania.fr/materiaux/verre_float.html

[2] Cox KE, Williamson Jr. KD, “Hydrogen: its technology and implications; vol. I, Hydrogen production technology”, CRC Press, 1979. ISBN: 0849351219.

[3] Julien LABBE, « L’hydrogène électrolytique comme moyen de stockage d’électricité pour systèmes photovoltaïques isolés » thèse de doctorat de l’école des mines de paris soutenu le 21 décembre 2006.

[4] Documentation technique SIEMENS, STEP7.

[5] Documentation technique SIEMENS, WinnCC Flexible.

[6] Documentation technique de MFG

Résumé de notre projet

Notre projet consiste à mettre en œuvre une plateforme de supervision sur PC, de trois stations de production d'hydrogène pour l'entreprise de production de verre float **Mediterranean Float Glass** et d'améliorer les programmes déjà existants en ajoutant des commentaires et une table de mnémoniques.

Les stations en question sont équipées d'automates programmables de type S7 300 liés à un pupitre opérateur TP270 (écran tactile) via un de bus PROFIBUS. Une solution pour l'intégration de la plateforme au réseau existant via l'interface MPI a été proposée.