

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou



Faculté de Génie Électrique et d'Informatique
Département Automatique

Mémoire de fin d'études
Présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'État
en Automatique

THEME

Étude et développement de commande et de
supervision décentralisée pour des unités de
production de SONATRACH

Proposé par :

M^r M.DERDOUHA et M^r M.AMIOUD

Dirigé par :

M^r R.MELLAH

Présenté par :

M^r GOUNANE Hocine

M^r FETTIS Ouamar

Promotion 2007-2008

Remerciements

Au terme de ce travail, qui a été réalisé au département automatique de l'université MOULOUD MAMMARI de Tizi-ouzou ainsi qu'au service instrumentation de la région Haoud Berkaoui de SONATRACH, Nous tenons à exprimer nos infinis remerciements à notre promoteur D^r : R.MELLAH pour son encadrement, pour son aide et surtout pour tous ses conseils et ses remarques qui nous ont permis de réaliser ce modeste travail.

Nous tenons aussi à exprimer notre profonde gratitude et reconnaissance à M^r : M.CHARIF pour son assistance et la disponibilité qu'il nous accordait, ses remarques et ses conseils avertis ce qui nous a permis de réaliser notre travail dans sa meilleure forme.

Nos remerciements s'adressent également au personnel de la division maintenance de la région Haoud Berkaoui et particulièrement aux membres du service instrumentation qui ont contribué à notre formation durant notre stage.

Tous nos infinis remerciements vont à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation durant notre cursus universitaire, pour le riche savoir qu'ils nous ont transmis avec rigueur et dévouement, à eux tous nous éprouvons une intime reconnaissance.

Nous tenons à remercier vivement le président et les membres de jury qui nous feront honneur d'examiner notre travail.

Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail, trouvant ici l'expression de notre profonde gratitude et profonds respects.

Gounane et Fettis



Dédicaces



Il m'est agréable de dédier ce modeste travail à :

*Ma très chère grand-mère, mon très cher père et ma très
chère mère pour leur aide inestimable et leur soutien
permanent durant toutes mes années d'études.*

*Mon très cher frère, ma très chère adorable sœur et son
mari.*

Mes tantes et mes oncles.

Ma cousine et ses enfants.

Toute la famille.

Mon binôme Hocine ainsi que toute sa famille.

*Tous mes amis, avec lesquelles j'ai partagés mes meilleurs
moments.*

Ouamar





Dédicaces



Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents pour leur aide inestimable.

Mes frères et mes sœurs.

Ma grand-mère.

Toute la famille.

Mon binôme Ouamar ainsi que toute sa famille.

Tous mes amis.

Hocine

SOMMAIRE

[Introduction générale:](#) **Erreur ! Signet non défini.**

Chapitre I : Description des unités de production HBK

[I - Description des unités de production Haoud Berkaoui:](#) .. **Erreur ! Signet non défini.**

[I - 1 - Historique de la direction régionale :](#)..... **Erreur ! Signet non défini.**

[I - 2 - Situation géographique de la direction régionale HBK :](#)... **Erreur ! Signet non défini.**

[I - 3 - Description des champs pétroliers:](#)..... **Erreur ! Signet non défini.**

[I - 4 - Organigramme et structure de la direction régionale HBK :](#)..... **Erreur ! Signet non défini.**

[I - 5 - Division maintenance :](#) **Erreur ! Signet non défini.**

[I - 6 - Centre de production de Haoud Berkaoui :](#)..... **Erreur ! Signet non défini.**

[I - 6 - 1 - Unité de séparation :](#)..... **Erreur ! Signet non défini.**

[I - 6 - 2 - Unité de boosting \(compression du gaz\) :](#) **Erreur ! Signet non défini.**

[I - 7 - Les différents instruments des unités de production HBK :](#) **Erreur ! Signet non défini.**

[Conclusion :](#) **Erreur ! Signet non défini.**

Chapitre II : Modélisation du processus par GRAFCET

[II - 1 - Introduction :](#)..... **Erreur ! Signet non défini.**

[II - 2 - Définition du GRAFCET :](#)..... **Erreur ! Signet non défini.**

[II - 3 - Élément de base du GRAFCET :](#)..... **Erreur ! Signet non défini.**

[II - 4 - Règle d'évolution du GRAFCET :](#)..... **Erreur ! Signet non défini.**

[II - 5 - Structure de base du GRAFCET :](#)..... **Erreur ! Signet non défini.**

[II - 6 - Niveaux du GRAFCET :](#) **Erreur ! Signet non défini.**

[II - 7 - Mise en équation du GRAFCET :](#)..... **Erreur ! Signet non défini.**

[II - 8 - Modélisation du procédé par GRAFCET :](#)..... **Erreur ! Signet non défini.**

[II - 8 - 1 - Commande et sécurité de l'unité de séparation :](#)..... **Erreur ! Signet non défini.**

[II - 8 - 2 - Modèle Grafcet pour les différents séparateurs :](#)..... **Erreur ! Signet non défini.**

[II - 8 - 3 - Procédure de démarrage et d'arrêt de la station de boosting HBK :](#)..... **Erreur ! Signet non défini.**

[II - 8 - 4 - Modèle Grafcet pour les différentes parties de la station de boosting :](#) .. **Erreur ! Signet non défini.**

[Conclusion :](#) **Erreur ! Signet non défini.**

Chapitre III : Mise en oeuvre du système de sécurité

III - 1 - Introduction :	Erreur ! Signet non défini.
III - 2 - Structure des systèmes automatisés de production :	Erreur ! Signet non défini.
III - 3 - Définition d'un automate programmable :	Erreur ! Signet non défini.
III - 4 - Présentation de l'automate programmable S7-300 :	Erreur ! Signet non défini.
III - 5 - Caractéristiques de l'automate programmable S7-300 :	Erreur ! Signet non défini.
III - 6 - Constitution de l'automate programmable S7-300 :	Erreur ! Signet non défini.
III - 7 - Programmation du S7-300 avec le Langage STEP 7 :	Erreur ! Signet non défini.
III - 7 - 1 - Représentation de programme :	Erreur ! Signet non défini.
III - 7 - 2 - Les blocs STEP7 :	Erreur ! Signet non défini.
III - 7 - 3 - Structure d'une programmation :	Erreur ! Signet non défini.
III - 7 - 4 - Création d'un projet STEP7 :	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion :	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre IV : Élaboration du système de contrôle du procédé

IV - 1 - Introduction :	Erreur ! Signet non défini.
IV - 2 - Description des régulateurs :	Erreur ! Signet non défini.
IV - 3 - Etapes de réalisation d'un projet de régulation automatique : ...	Erreur ! Signet non défini.
IV - 4 - Automate de contrôle pour les unités de HBK :	Erreur ! Signet non défini.
IV - 5 - Réalisation d'un PID sous STEP7 :	Erreur ! Signet non défini.
IV - 5 - 1 - Présentation du bloc de régulation continue SFB41/FB41 "CONT_C" :	Erreur ! Signet non défini.
IV - 5 - 2 - Etapes de programmation du bloc SFB41/FB41 "CONT_C" :	Erreur ! Signet non défini.
IV - 5 - 3 - Exemples d'application sur les unités de HBK:	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion :	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre V : Développement de la solution de contrôle et de supervision

V - 1 - Introduction :	Erreur ! Signet non défini.
V - 2 - Généralités sur la supervision :	Erreur ! Signet non défini.
V - 3 - Présentation du logiciel de supervision WinCC :	Erreur ! Signet non défini.
V - 4 - Développement d'un système de supervision sous WinCC:	Erreur ! Signet non défini.

V - 4 - 1 - Procédure de programmation : **Erreur ! Signet non défini.**

V - 4 - 2 - Réalisation des représentations de contrôle et de supervision : . **Erreur ! Signet non défini.**

Conclusion : **Erreur ! Signet non défini.**

Conclusion générale :

Erreur ! Signet non défini.

Introduction générale:

L'importance des systèmes et des procédés industriels dans le secteur des hydrocarbures, la complexité croissante qu'ils présentent et les normes de sécurité imposées à leur utilisation, poussent les entreprises pétrolières à intégrer des systèmes de commande plus compacts et flexibles dans leurs installations. Elles cherchent à maîtriser les nouvelles technologies dans le but d'assurer l'augmentation de la productivité afin de couvrir la forte croissance de la demande en énergie, l'amélioration de la qualité et la diminution des coûts de production. En plus de cela, elles doivent garantir également l'amélioration des conditions de travail, la sécurité, la sûreté de fonctionnement et la suppression des tâches pénibles ou répétitives.

La société algérienne SONATRACH représente l'une de ces entreprises qui est spécialisée dans le domaine de recherche, d'exploitation, de transport par canalisation, de transformation et de commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivés. Elle intervient également dans d'autres secteurs tels que la génération électrique, les énergies nouvelles et renouvelables et le dessalement d'eau de mer. Elle exerce ses activités en Algérie et partout dans le monde où des opportunités se présentent.

Ces dernières années, la SONATRACH a connue beaucoup de progrès avec l'installation des nouveaux systèmes numériques de contrôle très performants, la rénovation des équipements, la modernisation de l'instrumentation et des machines afin d'améliorer la fiabilité, d'assurer la sécurité industrielle, de réduire le taux de pollution ainsi que permettre d'optimiser la production ce qui agit positivement sur l'environnement et l'économie du pays.

Le centre de production pétrolier Haoud Berkaoui contient essentiellement deux unités : l'unité de séparation du pétrole brut et l'unité de boosting (compression du gaz).

L'installation des systèmes numériques de contrôle, intervient dans le cadre de la rénovation et de la modernisation des unités de production dont l'étendue des opérations sera :

- Le remplacement du système de contrôle pneumatique local en service actuellement aux unités de production de Haoud Berkaoui par un système de contrôle numérique "PCS" fiable, performant, et surtout compatible avec le système de commande existant des turbocompresseurs et du système de sécurité FEU&GAZ.
- Le remplacement des régulateurs pneumatiques locaux de (débit, pression, niveau et température), installés sur site par des boucles de régulations intégrées dans le système de contrôle numérique "PCS".
- Le remplacement et /ou la modification d'un lot d'instruments pneumatiques locaux et des vannes automatiques existants, ajout des capteurs et transmetteurs électroniques.

- L'installation des postes opérateurs pour toutes les fonctions de conduite, supervision et archivage des données.
- La rénovation et le transfère du système à base de relais gérant le système d'arrêt d'urgence dans l'automate programmable industriel "ESD".

Notre travail est consacré à l'amélioration de la gestion, la commande et l'automatisation des installations qui se trouvent au niveau des unités de production en assurant un bon fonctionnement et ceci par l'élaboration d'un nouveau système de commande à base de deux automates programmables industriels SIEMENS S7 300 avec une communication de données via un bus.

Le système de contrôle du procédé "PCS" est assuré par l'un de ces automates programmables. Il est destiné à la commande, le contrôle des différents équipements et instruments et gère le fonctionnement normal du processus de production.

Le "PCS" assure l'ensemble des fonctions de pilotage, de surveillance et de supervision des unités du centre de production Haoud Berkaoui ainsi que les opérations de collecte et d'archivage de données.

Le second automate programmable est utilisé comme système d'arrêt d'urgence "ESD". Il est mis en place dans le but d'assurer, en cas de perturbations du procédé, de défaillance d'équipements ou d'autres conditions potentiellement dangereuses, que l'ensemble ou une partie de l'usine puisse être mise à l'arrêt, être isolée et/ou dépressurisée de façon contrôlée.

Le système "ESD" devra d'une manière sûre assurer l'arrêt, par la commande manuelle ou automatique, de l'unité et/ou de l'équipement, par suite de détection d'une anomalie, afin de protéger le personnel, l'environnement et les installations.

Nous avons réparti notre travail en cinq chapitres:

Dans le premier chapitre, nous présentons une description des unités de production Haoud Berkaoui ainsi que des différents instruments qui y sont utilisés.

Le deuxième chapitre présente l'étude et la modélisation du procédé des unités de production Haoud Berkaoui par GRAFCET.

Le troisième chapitre est consacré à la mise en oeuvre d'un nouveau système de sécurité à base d'automates programmables industriels SIEMENS S7 300.

Dans le quatrième chapitre, nous avons élaborés un système de contrôle du procédé et programmé des régulateurs dans le cadre d'une application analogique avec STEP7.

Le dernier chapitre sera consacré pour le développement de la solution de contrôle et de supervision des différentes unités de production sous le logiciel WINCC.

I - Description des unités de production Haoud Berkaoui:**I - 1 - Historique de la direction régionale :**

Les études géologiques réalisées à Ouargla ont permis de connaître l'existence de deux structures appelées Haoud Berkaoui, et Benkahla.

C'était en mars 1965 que fut l'implantation du premier sondage OK101 du champ pétrolier Haoud Berkaoui par la Compagnie Française du Pétrole Algérien (CFPA).

La zone pétrolière de Haoud Berkaoui est constituée de près de 20 champs pétroliers, repartis sur une surface de 6 300 km².

Les plus importantes structures de cette région sont ceux de Haoud Berkaoui (HBK), Benkahla (BKH) et Guellala (GLA). Elles renferment les accumulations d'huiles essentielles de cette zone. Parmi les autres champs constituant la périphérie de cette région figurent Guellala Nord-Est (GLA-NE), Drâa Tamra (DRT), N'Goussa, Boukhazana,...etc.

Haoud Berkaoui est devenue une direction régionale autonome en 1976, alors qu'elle dépendait de la direction régionale de Hassi Messaoud, depuis le début de son exploitation.

Développement des sites industriels Haoud Berkaoui :

Les sites industriels Haoud Berkaoui ont connus des changements très importants au fur et à mesure de leur développement. La chronologie des événements marquants cette direction régionale est la suivante :

- **1965** : Démarrage du champ pétrolier HBK par la CFPA (Forage OK101).
- **1966** : Découverte du champ pétrolier BKH par la CFPA (Forage OKP24).
- **1969** : Découverte du champ pétrolier de GLA (Forage GLA 02).
- **1971** : Nationalisation des hydrocarbures : Le champ HBK est relié au district HMD.
- **1972** : Découverte du champ pétrolier GLA-NE.
- **1975** : Découverte des champs pétroliers NGS et DRT.
- **1976 : 10 Octobre** : Création de la direction régionale de Haoud Berkaoui.
- **1976 : 20 Novembre** : Mise en service des unités de production de GLA.
- **1992** : Mise en service des unités de récupération des gaz torchés de HBK, BKH et GLA, mise en service de l'unité de traitement de gaz de GLA et production du GPL.
- **1993** : Démarrage des puits gaz-lift et mise en service de nouvelles unités électriques d'injection d'eau à GLA et BKH.
- **1995** : Mise en service de la nouvelle unité électrique d'injection d'eau de HBK.
- **2001** : Réalisation de 3 stations de déshuilage à HBK, BKH et GLA.
- **2006** : Installation des postes blindés de 60 KV à BKH et GLA.

I - 2 - Situation géographique de la direction régionale HBK :

La direction régionale de Haoud Berkaoui représente l'une des dix (10) principales zones productrices d'hydrocarbures du Sahara algérien.

Elle est située à 35 Km au sud-ouest de Ouargla, et à 100 Km à l'ouest de Hassi Messaoud à une altitude de 220m et sise à 770 Km au sud de la capitale (Alger), elle est très importante en raison de sa part de production des hydrocarbures de notre pays.



Figure 1 : Situation géographique de la région HBK

A ce jour là, 100 puits sont en exploitation, répartis sur l'ensemble des champs pétroliers. La production cumulée depuis l'origine est de 86 millions de m³, pour des réservoirs globaux en place de 472 millions de m³.

Toutes les quantités d'huiles et de gaz, récupérées à partir des puits, sont acheminées vers les différentes unités de production de HBK.

Il existe deux centres principaux de production situés à Haoud Berkaoui (HBK) et Guellala (GLA) et trois centres satellites à Benkahla (BKH), Guellala Nord-Est (GLA-NE) et Draâ Et-Tamra (DRT).

I - 3 - Description des champs pétroliers :

Les plus importantes structures de cette région sont celles de Haoud Berkaoui, Guellala et Benkahla.

I - 3 - 1 - Champ pétrolier de Haoud Berkaoui :

Sur une superficie de 175 km², le champ pétrolier HBK a été découvert en mars 1965 par la compagnie française du pétrole algérien (CFPA) (Forage OK101). Ce champ a été mis en production en janvier 1967.

Le centre de production HBK se compose d'une unité de séparation d'huile avec une capacité de 8 000 m³/j, d'une autonomie de stockage de 13 000 m³, d'une unité de boosting gaz de 1 million m³/j et d'une station d'injection d'eau à raison de 6 000 m³/j.

I - 3 - 2 - Champ pétrolier de Guellala :

Le champ pétrolier de Guellala a été découvert le 28 octobre 1969 (Forage GLA 02), sa mise en production date de février 1973.

Il s'étend sur une superficie de 35 km², avec une profondeur moyenne des puits de 3500 m.

Actuellement, le centre de production se compose d'une unité de séparation d'huile d'une capacité de 7 000 m³/j, d'une unité de stockage de 15 000 m³ et d'une unité de boosting gaz de 762 000 m³/j.

Cette station est également dotée d'une unité de traitement de gaz d'environ 2,4 millions m³/j. Sa capacité de récupération est estimée à 500 tonnes par jour pour les GPL et de 90 tonnes par jour pour les condensats.

Cette unité de traitement est accompagnée d'une unité de compression du gaz à 75 bars d'une capacité de 1 660 000 m³/j dont 560 000 m³/j sont comprimés à 140 bars pour les besoins des puits de la région en gaz-lift, les volumes restants étant expédiés vers Hassi R'mel par le gazoduc GR1.

I - 3 - 3 - Champ pétrolier de Benkahla :

Le champ pétrolier de Benkahla a été découvert en novembre 1966 par la CFPA (Forage OKP24). Sa mise en production date de 1967.

Il s'étend sur une superficie de 72 km².

Le centre de production de Benkahla est composé d'une unité de séparation d'huile de 5 000 m³/j et d'une unité de boosting gaz de 560 000 m³/j. Toute la production d'huile de Benkahla est expédiée vers le centre de production de Haoud Berkaoui.

I - 4 - Organigramme et structure de la direction régionale HBK :

La direction régionale HBK fait partie des différentes divisions production de SONATRACH.

Elle se compose de dix (10) divisions qui sont sous l'autorité du directeur régional.

Les différentes divisions sont représentées dans l'organigramme suivant :

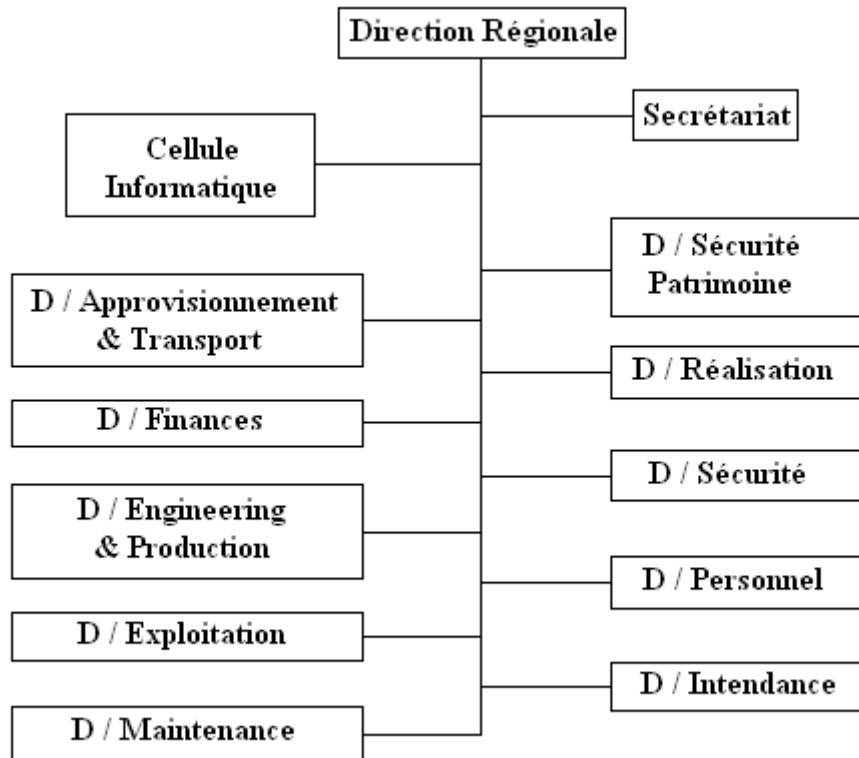


Figure 2 : Organigramme et structure de la direction régionale HBK

Parmi les différentes divisions, on trouve la division maintenance qui joue un rôle important dans la production de la région HBK.

I - 5 - Division maintenance :

Cette division a pour objet de maintenir les équipements pétroliers, les machines, les instruments des unités de production et de suivre de près les installations se rattachant à ses perspectives. Elle a aussi pour but d'intervenir de façon journalière en cas de pannes suivant un programme d'entretien et de révision.

La division maintenance, où on est encadré durant notre stage, est divisée en cinq services qui sont :

- Service instrumentation.
- Service télécommunication.
- Service électricité.
- Service méthode.
- Service mécanique.

La division maintenance et ces différents services sont représentés dans l'organigramme suivant :

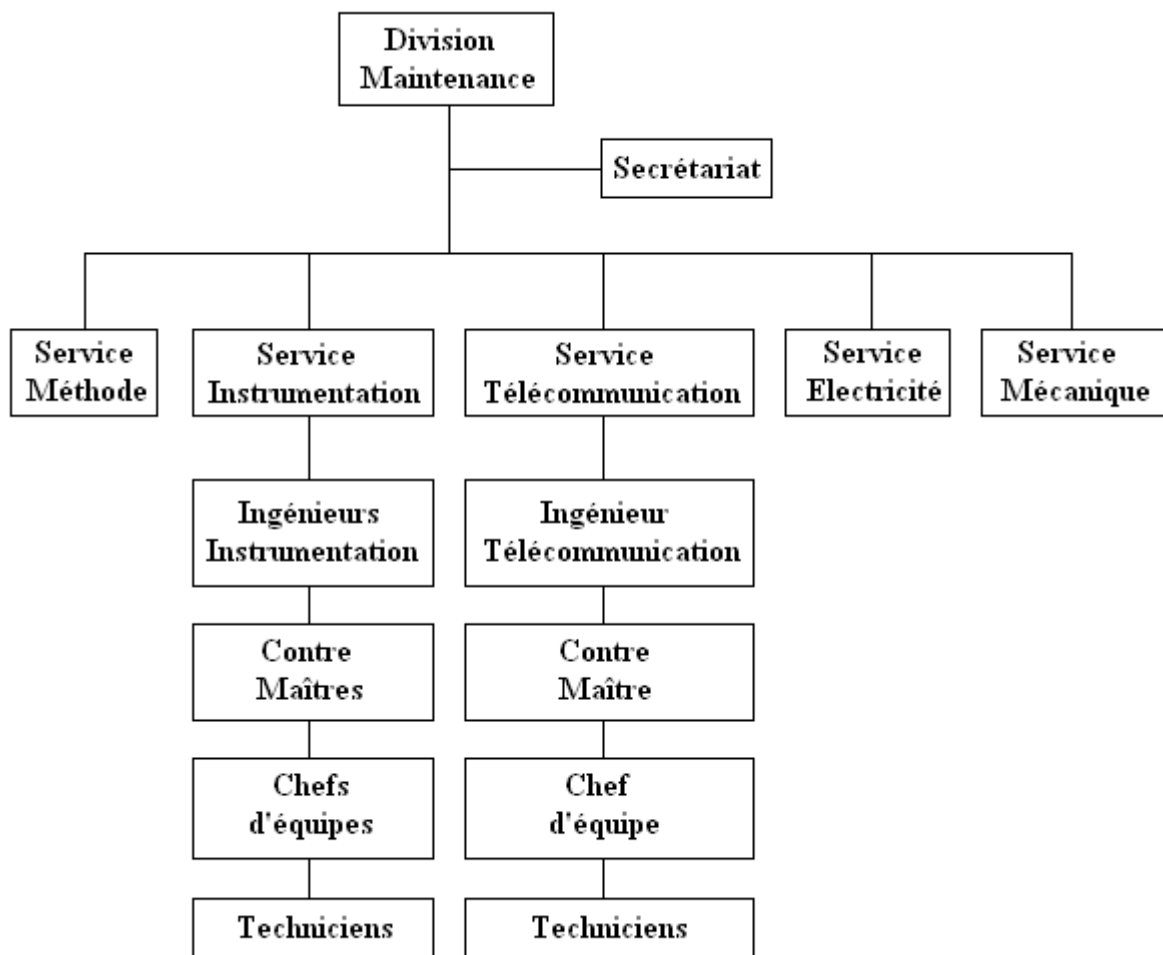


Figure 3 : Organigramme de la division maintenance

I - 5 - 1 - Service méthode :

Ce service assure la planification des travaux, l'approvisionnement en pièces de rechange et la préparation pour la révision des différents équipements des installations.

I - 5 - 2 - Service instrumentation :

Ce service est chargé de la maintenance des instruments pneumatiques et électroniques ainsi que les équipements de régulation tels que les vannes, les régulateurs, les transmetteurs, les capteurs, ...etc. Il intervient aussi dans la réparation des équipements des différentes unités.

Les principaux travaux de ce service sont :

- Nettoyage, vérification et contrôle des instruments de régulation (pneumatique et électronique).
- Contrôle des points de consignes.
- Vérification de la pression d'air instrument à l'entrée de chaque appareil.
- Etalonnage des instruments.
- Examen de l'état de fonctionnement de toutes les activités du système.
- Contrôle de l'état de toutes les alimentations du système.
- Contrôle et vérification des systèmes anti-incendie.
- Intervention en cas de pannes.

I - 5 - 3 - Service télécommunication :

Ce service prend en charge la réalisation, la réparation des équipements de télécommunication et la radiophonie.

I - 5 - 4 - Service électricité :

Ce service est chargé de la maintenance et l'entretien des équipements électriques.

Il contient une équipe permanente au niveau du poste de distribution d'énergie afin d'assurer le besoin en énergie de la direction régionale et des différents champs HBK, GLA et BKH.

I - 5 - 5 - Service mécanique :

Ce service assure la réalisation des travaux de réparation et l'entretien des machines telles que les pompes, les compresseurs, les turbines et les équipements statiques tels que les échangeurs de chaleur, les colonnes, les séparateurs, les filtres ...etc.

I - 6 - Centre de production de Haoud Berkaoui :

Le centre de production de Haoud Berkaoui contient essentiellement deux unités. Au premier lieu, on trouve l'unité de séparation qui permet la séparation triphasique du pétrole brut, provenant des puits, en trois fluides : l'huile, le gaz et l'eau. En suite vient l'unité de boosting qui permet la compression du gaz puis l'envoi vers l'unité de traitement de gaz de Guellala.

I - 6 - 1 - Unité de séparation :

Le pétrole brut venant des différents gisements et des différents champs pétroliers avoisinant subit une première séparation au niveau des séparateurs biphasiques qui se trouvent à la périphérie des unités de HBK dans le but d'enlever l'eau et les impuretés. L'eau prend la destination de l'unité de déshuilage (avant l'installation de celle-ci, l'eau séparée allait vers le bournier), le pétrole brut et le gaz sont envoyés ensemble vers les unités de production HBK. A l'entrée des unités, l'huile entre dans l'unité de séparation via un manifold qui représente un jeu de vannes. L'unité de séparation est constituée de quatre batteries de séparation dont une batterie de test.

Chaque batterie est constituée d'un séparateur haute pression HP et d'un séparateur moyenne pression MP.

Batterie A : S1A (Séparateur HP), S2A (Séparateur MP)

Batterie B : S1B (Séparateur HP), S2B (Séparateur MP)

Batterie C : S1C (Séparateur HP), S2C (Séparateur MP)

Batterie E (test) : S1E (Séparateur HP), S2E (Séparateur MP)

Quatre séparateurs BP (basse pression) : LP1, LP2, LP3, LP test.

On a en tout 12 séparateurs : 4 séparateurs HP, 4 séparateurs MP et 4 séparateurs BP.

- **Principe de séparation :**

L'huile entre dans les différentes batteries. Elle entre d'abord dans les séparateurs HP où ce fait la séparation triphasique entre les trois fluides : L'eau, l'huile et le gaz. Ces derniers sont séparés naturellement par différence de densité : l'eau prend le premier niveau car c'est le plus dense, ensuite l'huile et finalement le gaz. Pour chaque séparateur HP, trois boucles de régulation PID sont nécessaires : deux régulateurs LIC réglant les niveaux d'huile et d'eau en agissant sur les vannes automatiques LV et un régulateur PIC de pression pour régler la pression du gaz en agissant sur la vanne automatique PV. L'eau est envoyée vers l'unité de déshuilage et l'huile est envoyée vers les séparateurs MP où il subit la même séparation que précédemment puis envoyé vers les séparateurs BP qui se trouvent à une altitude donnée dans

le but de diminué la pression de l'huile jusqu'à la pression atmosphérique et de l'envoyer par gravité vers l'unité de stockage qui comporte un bac de stockage R-05 de 5000 m³ et quatre bacs de stockage R-01, R-02, R-03 et R-04 de 2000 m³ chacun. La sécurité de chaque séparateur est assurée par deux soupapes et une plaque d'éclatement dans le cas d'une défaillance de notre régulateur de pression. La plaque d'éclatement est le dernier recours dans le cas où le régulateur et les deux soupapes ne répondraient pas.

Après stockage, l'huile est envoyée vers l'unité d'expédition qui comporte deux (02) électropompes BYRON JACKSON (BJ -1/2) et deux (02) turbopompes RUSTON (TA - 1/2) dont une parmi ces quatre est en service. L'huile est expédiée via une (01) ligne d'expédition qui est protégée par les sécurités suivantes : haut débit, bas débit, la haute pression et la basse pression. La ligne d'expédition est aussi dotée d'un enregistreur de débit, dont l'élément primaire est un diaphragme (orifice DANIEL).

Le pétrole brute (huile) est acheminée vers les usines du Nord tel que : Arzew, Alger et Skikda.

Les gaz récupérés au niveau des différents séparateurs HP, MP et BP sont envoyés vers l'unité de boosting afin de les compressés et ensuite de les expédiés vers l'unité de traitement de gaz de Guellala.

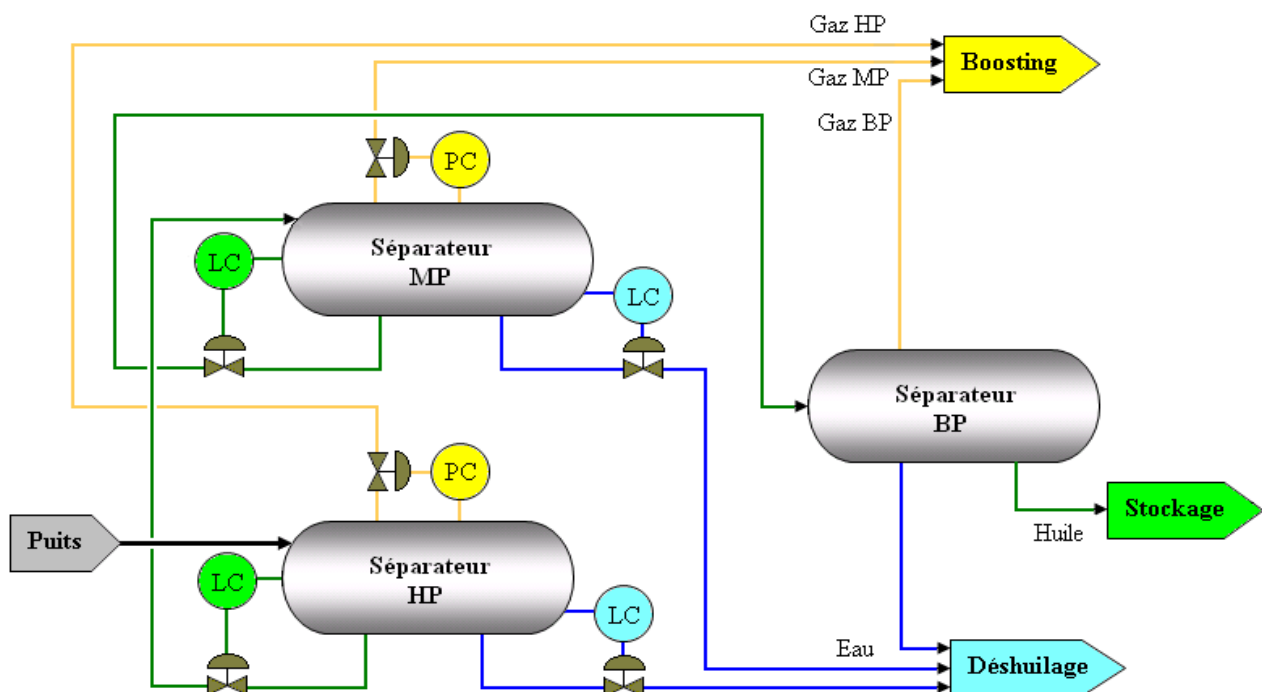


Figure 4 : Sous unité de séparation HBK

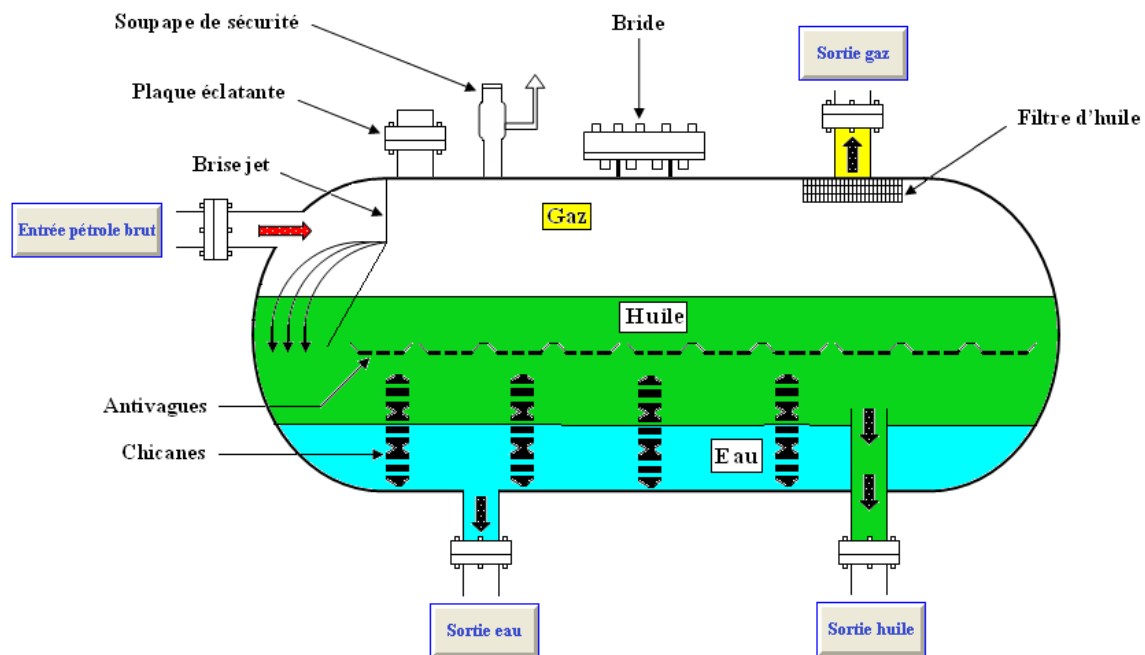


Figure 5 : Architecture interne d'un séparateur triphasique

I - 6 - 2 - Unité de boosting (compression du gaz) :

Les gaz BP, MP et HP issus des séparateurs des différentes batteries entrent dans l'unité de boosting en suivant deux trains de compression A et B. En effet, le gaz BP est amené à la tour de lavage d'aspiration V-100 où on récupère un liquide qui est périodiquement envoyé vers l'unité de déshuilage, avant d'attaquer les deux soufflantes K-100 A et K-100 B qui le comprime de 1,01 bars A à 2,4 bars A pour être injecté avec le gaz MP qui entre dans les ballons purge d'aspiration V-101A et V-101B des premières sections des deux compresseurs K-101A et K-101B.

Les compresseurs se composent chacun de deux étages. Le premier étage sert à récupérer le gaz MP et le comprimer de 2,4 bars A à 9,5 bars A pour être injecté avec le gaz HP qui entre dans les ballons de purge d'aspiration V-102A et V-102B puis admet aux deuxièmes étages des compresseurs de gaz HP. Le deuxième étage comprime le gaz HP de 9,5 bars A à 33 bars A. Ensuite le gaz HP entre dans les aéros-réfrigérant E-101 A et E-101 B pour être refroidi car après chaque compression la température des gaz augmente. Le gaz sorti des aéros-réfrigérant entre tout d'abord dans la tour de lavage de refoulement V-103 puisque après le refroidissement des gaz chauds on a formation de liquides pour être enfin expédié vers l'unité de traitement de gaz de Guellala.

Le procédé de l'unité de boosting du centre HBK est représenté dans la figure suivante :

I - 7 - Les différents instruments des unités de production HBK :**I - 7 - 1 - Transmetteur :**

Pour obtenir une image d'une grandeur physique, on fait appel aux transmetteurs.

Un transmetteur est un appareil de mesure dont l'entrée est issue d'un capteur et dont la sortie est un signal conforme à un signal standard analogique (0,2-1 bar ou 4-20 mA) ou numérique, directement utilisable dans une boucle de mesure ou de régulation.

Les transmetteurs existent dans une gamme très variée de configurations destinées aux applications de mesure de la pression différentielle, du débit, de pression absolue et relative, du vide, du niveau de liquide et de la densité.

Dans l'industrie, on trouve plusieurs modèles de transmetteurs tels que les transmetteurs Rosemount et Foxboro définies par leurs caractéristiques à savoir gamme de pression, type du signal de sortie et matériaux de construction de chaque transmetteur. D'autres options sont également disponibles, notamment en ce qui concerne les accessoires, les certifications et les procédures spéciales de fabrication.

I - 7 - 2 - Convertisseur électropneumatique :

Le convertisseur est un module embrochable pour conversion d'un signal courant continu en signal pneumatique de mesure et de réglage. Utilisé en particulier comme intermédiaire entre les systèmes de mesure électriques et les régulateurs pneumatiques ou les systèmes de régulation électriques et les vannes automatiques de réglage pneumatiques.

L'entrée des convertisseurs est un courant continu de 4-20 mA, la sortie est un signal pneumatique de 0,2 -1,0 bar (3 -15 psi) pour une pression d'alimentation donnée.

I - 7 - 3 - Régulateur :

Les progrès de la mécanique et de l'électricité ont permis de remplacer l'action de l'opérateur par celle d'un appareil de régulation qui rétablit automatiquement les conditions de marche fixées à l'avance pour chaque partie d'installation, quelles que soient les perturbations venues de l'intérieur ou de l'extérieur. Le régulateur transforme les écarts entre la valeur mesurée et la valeur désirée en un signal de commande pour l'organe de réglage. Les régulateurs peuvent être à action discontinue. Dans ce cas, ils agissent par tout ou rien et, généralement, ils donnent satisfaction lorsque les systèmes à régler ont une grande inertie de capacité.

Cependant, il existe des régulateurs à action continue : proportionnelle (P) qui stabilise la grandeur réglée et réduit l'écart mesure-consigne, proportionnelle-intégrale (PI) pour annuler complètement l'écart résiduel et enfin proportionnelle-intégrale-dérivée (PID) utilisées surtout pour les réglages de température dans les systèmes à faible inertie thermique.

On trouve deux types de régulateurs :

a) Les régulateurs pneumatiques :

On dispose sur site de plusieurs types de régulateurs pneumatiques : P, PI et PID à action directe ou inverse venant de plusieurs firmes tels que Foxboro et Fisher. Ces régulateurs contrôlent différentes grandeurs physiques : pression, niveau, débit et température.

Les régulateurs alimentés par l'air instrument détectent en continu la différence entre une grandeur mesurée et son point de consigne, et ils produisent un signal de sortie pneumatique (0.2-1 bar ou 3-15 psi) qui dépend de cette différence et du type de régulation. Le signal de sortie est transmis à la vanne ou à un autre dispositif de régulation. La grandeur mesurée, l'alimentation, le point de consigne et le signal de sortie sont indiqués sur le régulateur.

Suivant les objectifs de régulation désirés, on peut régler les différents paramètres du régulateurs : l'écart buse-palette, action directe ou inverse, commutateur Auto/Manu, la bande proportionnelle, le temps d'action intégrale et le temps d'action dérivée.

b) Les régulateurs électroniques :

Parmi les différents types de régulateur électronique, on trouve le régulateur monobloc à microprocesseur 760 de Foxboro qui est un appareil autonome à microprocesseur à action PID, Configurable et programmable par l'utilisateur à l'aide du clavier pour des types de régulation très divers.

Il contient des affichages graphiques à segment indiquant le point de consigne, la mesure ainsi que la sortie du régulateur allant vers l'organe terminal.

Ce régulateur peut avoir plusieurs types de signaux d'entrée : soit des entrées analogiques tels que des courant (4 – 20 mA) provenant des différents capteurs ou bien des entrées Tout Ou Rien tels que les contacts ou les interrupteurs temporisés et délivre des signaux de sortie analogique ou TOR pour la commande et régulation des différentes grandeurs physiques : pression, niveau, débit et température.

I - 7 - 4 - Vanne automatique :

Une vanne de régulation est un dispositif conçu pour contrôler le débit de toutes sortes de fluides (liquide ou gaz) dans un système de commande de processus. La vanne est commandée par un régulateur qui utilise l'action de l'air comme fluide d'asservissement. Ainsi l'ouverture, la fermeture ou l'action modulée de la vanne est produites par les variations de pression de sortie d'un instrument de mesure et de contrôle. 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 .l'actionneur peut être mû par une énergie pneumatique, électrique, hydraulique ou toute combinaison de ces énergies.

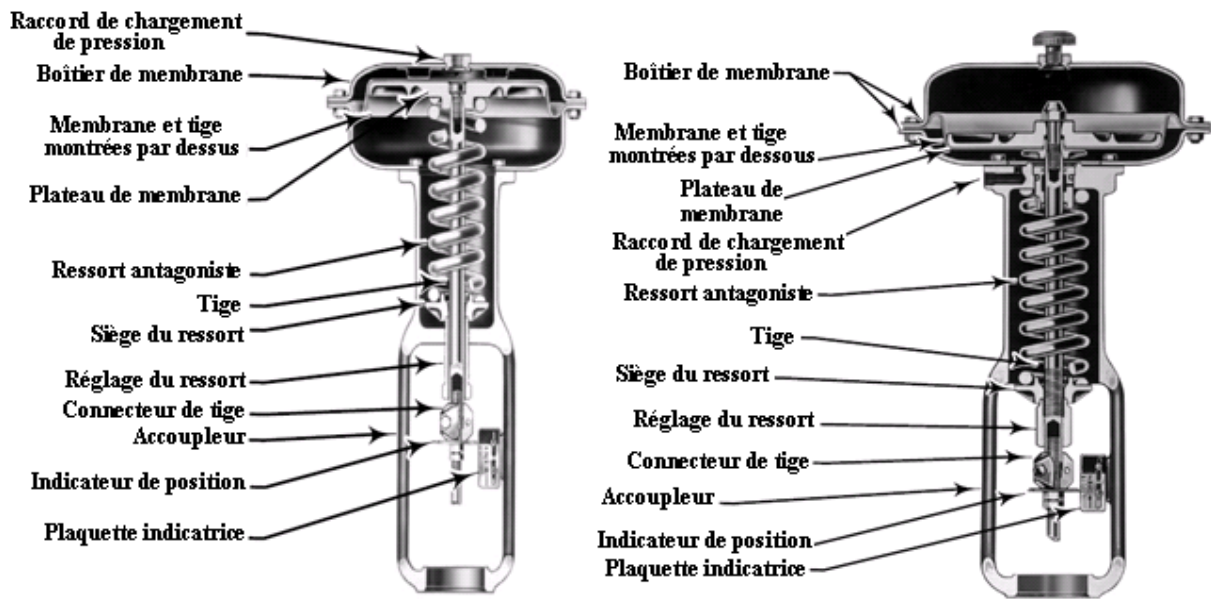


Figure 6 : Servomoteur à action directe et inverse d'une vanne de régulation

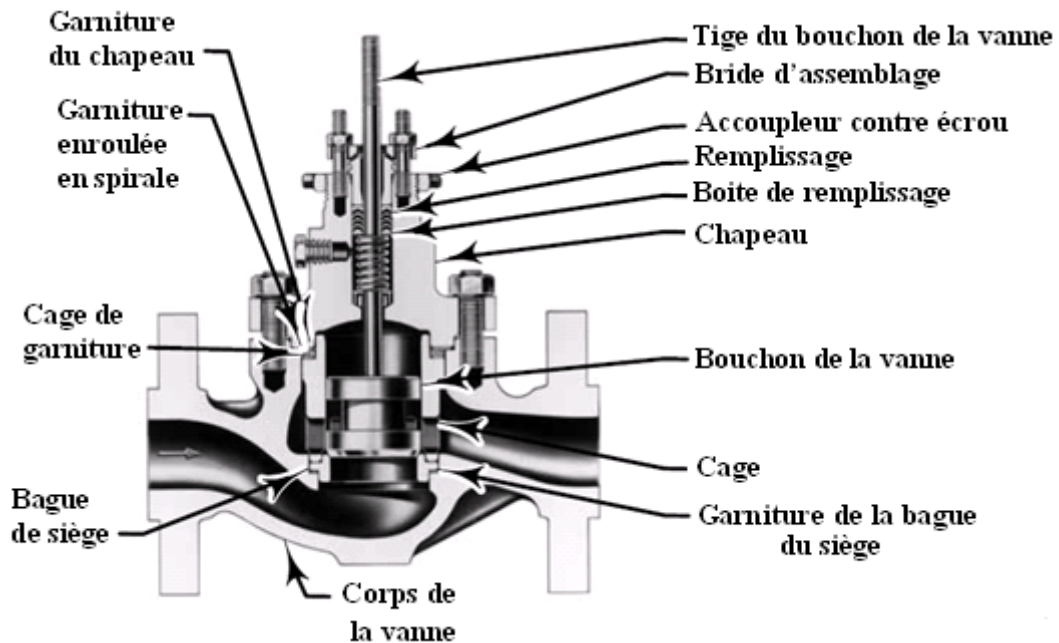


Figure 7 : Corps d'une vanne de régulation

I - 7 - 5 - Vanne Tout Ou Rien :

Une vanne «Tout Ou Rien» utilisée pour contrôle de débit des fluides en tout ou rien, c'est à dire elle exécute une action discontinue qui prend deux positions ou deux états 0 et 1 (ou 0 et 100%), donc soit ouverte ou fermée.

Les vannes tout ou rien sont utilisées pour la commande des systèmes ayant une grande inertie où la précision de régulation n'est pas importante.

I - 7 - 6 - Electrovanne :

Une électrovanne ou électrovalve est un dispositif commandé électriquement permettant d'autoriser ou d'interrompre par une action mécanique la circulation d'un fluide ou d'un gaz dans un circuit.

Il existe deux types d'électrovannes : "Tout Ou Rien" et "Proportionnelle".

- Les électrovannes dites de " Tout Ou Rien " sont des électrovannes qui ne peuvent s'ouvrir qu'en entier ou pas du tout. L'état change suivant qu'elle soit alimentée électriquement ou non.

- Les électrovannes proportionnelles sont celles qui peuvent être ouvertes avec plus ou moins d'amplitude en fonction du besoin.

I - 7 - 7 - Positionneur :

Pratiquement les problèmes de régulation sont causés généralement par les organes terminaux telles que les vannes automatiques. Grâce aux positionneurs, les performances des vannes sont en effet améliorées et donc amélioration des boucles de régulation.

Le positionneur est indispensable pour assurer le positionnement du clapet de la vanne. C'est un régulateur de position qui reçoit comme consigne la sortie du régulateur ou de l'automate, comme mesure la position réelle de la vanne et émet un signal à un moteur (il s'agit en général d'un servo-moteur pneumatique, parfois d'un moteur électrique) pour obtenir la position désirée de la vanne. Il permet ainsi de s'affranchir de l'hystérésis des presse-étoupe de vanne et du servomoteur, des ressorts, des effets des pressions amont/aval agissant sur le ou les clapets, des variations de la pression d'air d'alimentation du servomoteur.

I - 7 - 8 - Filtre-Détendeur :

Le filtre-détendeur est conçu pour alimenter à une pression constante toutes les régulations pneumatiques et instruments de contrôle. Le filtre, comportant un purgeur d'eau, élimine les impuretés, les battitures, la rouille et l'eau de condensation contenues dans l'air comprimé. Le détendeur assure la régulation de l'air comprimé d'alimentation à la pression de service réglée et compense les variations de pression. Une vis de purge du condensât est située au niveau de la cuve de filtre.

I - 7 - 9 - Niveau visuel à glace armé :

Le terme niveau à glace désigne un dispositif reposant sur la propriété de transparence du verre et du principe des vases communicants. C'est évidemment le moyen le plus simple pour détecter le niveau et la surface de séparation de deux fluides différents, mais son rôle est limité à celui d'indicateur local.

Dans l'industrie, les niveaux à glace sont généralement du type armé pour résister aux conditions de pression et de température, et pour présenter une résistance mécanique aux chocs. Selon les applications, on utilise des niveaux à réflexion ou des niveaux à transparence.

I - 7 - 10 - Débitmètre :

Les débitmètres sont des mesureurs des moyens et grands débits de fluides liquides et gazeux s'écoulant dans un tuyau.

Ils sont composés d'un dispositif de détection comportant un capteur pouvant détecter une pression instable au niveau du débit du fluide. Le dispositif de détection est conçu pour produire des données de détection sensible audit paramètre. L'appareil comprend également un dispositif de traitement, relié au dispositif de détection, conçu pour recevoir et pour traiter les données de détection afin de produire des données de mesure.

I - 7 - 11 - Appareils déprimogènes :

Ce sont les débitmètres les plus répandus. Il consiste à mettre un obstacle présentant des caractéristiques géométriques très précises à l'écoulement du fluide tel que le diaphragme. La traversée de cet obstacle engendre une pression différentielle qui est fonction du débit passant dans la tuyauterie. La relation qui lie le débit à la différence de pression est de la forme :

$$Q = K \times \sqrt{\Delta P}$$

Avec : K coefficient de débit qui est fonction de différents facteurs tel que la nature du produit, la géométrie de la ligne, de l'orifice...etc.

I - 7 - 12 - Enregistreur à papier :

Les enregistreurs à papier de type Barton sont des dispositifs locaux mécaniques à diagramme circulaire de 8" ou 12". Ils sont disponibles avec une, deux ou trois plumes qui peuvent effectuer des mesures au choix comme la mesure de débits par cellule de pression différentielle, mesure de pression statique, mesure de température.

I - 7 - 13 - Pressostat:

Un pressostat est un dispositif détectant le dépassement d'une valeur prédéterminée, de la pression d'un fluide.

L'information rendue peut être électrique, pneumatique, hydraulique, ou mécanique.

Ces appareils transforment une ou plusieurs valeurs de pression déterminées qu'ils subissent en informations électriques ou mécaniques. Ils sont utilisés dans de nombreuses applications dans des systèmes de contrôle ou de régulation par exemple en provoquant l'arrêt d'un compresseur d'air ou d'une pompe si la pression du circuit contrôlé descend au-dessous ou monte au-dessus d'une limite déterminée.

I - 7 - 14 - Thermostat:

Le thermostat est conçu dans le but d'assurer la régulation ou la sécurité thermique des différents systèmes tels que : commande d'un ventilateur, coupure d'un circuit d'alimentation, contrôle unitaire systématique des caractéristiques thermiques et électriques ...etc.

Son pouvoir de coupure sous une tension donnée permet une protection directe des ensembles sans avoir recours à un relais pour la coupure de l'alimentation.

I - 7 - 15 - Résistance thermoélectrique (Resistance Temperature Detector ou RTD) :

Une résistance thermoélectrique est un conducteur dont la valeur ohmique traduit la température du milieu qui l'environne, la résistance ohmique augmentant avec la température selon la relation :

$$R_T = R_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$$

Avec :

R_T : résistance à T (°C) en Ω .

R_0 : résistance à T_0 (°C) en Ω .

α : coefficient de température de la thermorésistance.

On utilise généralement des sondes platines (Pt), nickel (Ni) et cuivre (Cu). La sonde platine offre une plage de mesure étendue, une bonne linéarité et une inertie chimique garantissant la stabilité de ses propriétés. C'est la plus utilisée et elle a fait l'objet d'une normalisation, pour utilisation entre -200°C et 650°C. Elle est constituée d'un fil très fin en platine enroulé autour d'un mandrin et recouvert de protection en verre ou en céramique.

I - 7 - 16 - Thermocouple :

Un couple thermoélectrique ou un thermocouple est un ensemble constitué par deux fils métalliques conducteurs homogènes et différents, réunis à leurs extrémités avec jonctions ou soudures. Lorsqu'on a une différence de température entre les jonctions, il se produira une tension proportionnelle à cette différence de température. Si la température d'un point de connexion est connue, la température de l'autre point de connexion peut être connue en mesurant la tension produite.

Les différents types de thermocouples :

Pour la réalisation d'un couple thermoélectrique, on choisit des fils utilisables dans la zone de température attendue tels que nickel, chrome, aluminium, cuivre,...etc, qui forment plusieurs type : K, T, J, E, R pour la mesure et présentant des caractéristiques de précision et de sensibilité convenables. On tient compte également de l'action corrosive du milieu ambiant (atmosphère oxydante, réductrice, sulfureuse, ...etc.) sur les constituants du couple pour arrêter son choix.

I - 7 - 17 - Thermomètre bimétallique :

L'élément primaire de ce type de thermomètre est constitué par deux lamelles métalliques soudées l'une à l'autre et dont les coefficients de dilatation linéaire sont différents. L'une des extrémités de la lame est bloquée mécaniquement alors que l'autre est libre. Une élévation de température de l'élément primaire engendre un couple mécanique faisant fléchir la lame.

L'élément bi-métal est enroulé en hélice, le métal possédant le plus grand coefficient de dilatation linéaire se trouvant à l'intérieur de l'hélice. L'hélice est placée dans un tube protecteur en acier et immobiliser au fond de ce tube, alors que son autre extrémité est rendue solidaire d'une tige portant une aiguille située au-dessus d'un cardan qui est gradué en unité de température (°C). Lorsque l'hélice est soumise à une élévation de température, l'extrémité libre de l'hélice pivote et entraîne la rotation de l'aiguille.

I - 7 - 18 - Manomètre à tube de Bourdon :

Parmi les manomètres à déformation de solide, on trouve le manomètre à tube de Bourdon. Le tube de Bourdon est brasé, soudé ou vissé avec le support de tube qui forme généralement une pièce complète avec le raccord. Par l'intermédiaire d'un trou dans le raccord, le fluide à mesurer passe à l'intérieur du tube. La partie mobile finale du tube se déplace lors de changement de pression (effet Bourdon). Ce déplacement qui est proportionnel à la pression à mesurer, est transmis par l'intermédiaire du mouvement à l'aiguille et affiché sur le cadran en tant que valeur de pression. Le système de mesure, le cadran et l'aiguille sont montés dans un boîtier.

Les manomètres à tube de Bourdon sont utilisés pour la mesure de pressions positives ou négatives de fluides gazeux ou liquides. Les étendues de mesure s'étalent sur toutes les plages de 0,6 bar à 4 kbar. Pour les étendues jusqu'à 40 bars inclus, on utilise normalement la forme en arc et à partir de 60 bars la forme hélicoïdale. Il convient de les protéger contre les risques de surpression ou de dépassement d'échelle. Le tube de Bourdon ne permet pas de mesurer les phénomènes rapides et évolutifs de pression. L'incertitude de mesure varie de 0,02 à 0,2 pour le domaine de mesure de 0 à 3 kbar.

I - 7 - 19 - Level switch:

Un level switch est un dispositif multifonctions qui peut être utilisé pour la détection de niveaux maximum et minimum à l'intérieur de réservoirs contenant des liquides variés donc permette la mise en œuvre d'une sécurité anti-débordement. Il peut également contrôler directement et avec fiabilité la mise en marche et l'arrêt d'une pompe afin d'éviter son fonctionnement à sec. Comme il peut être placé à l'intérieur des bacs pour détecter rapidement la présence d'une fuite.

I - 7 - 20 - Vibroswitch:

Un vibroswitch est un dispositif qui s'installe directement sur les paliers des machines tournantes et qui permet une surveillance de vitesse vibratoire. Il est destiné à la détection des défauts d'équilibrage, délignage ou desserrage sur des machines tournantes telles que les ventilateurs, pompes, compresseurs, multiplicateurs ou réducteurs.

I - 7 - 21 - Les Automates Programmables Industriels (API ou PLC) :

Un automate programmable industriel (API) est une machine électronique programmable utilisée par les automaticiens à l'aide d'un langage adapté et destiné à piloter en ambiance industrielle et en temps réel des procédés ou des systèmes automatisés.

Il est en relation avec les autres parties du système grâce à son interface d'entrée-sortie.

a) - Architecture interne d'un automate programmable industriel (API) :

L'automate programmable industriel reçoit les informations relatives à l'état du système et puis commande les préactionneurs suivant le programme inscrit dans sa mémoire.

L'automate programmable industriel est de conception modulaires (automates multifonctions). Cette organisation modulaire permet une grande souplesse de configuration pour les besoins de l'utilisateur.

Les différents modules de l'API sont :

- le module d'alimentation qui permet de fournir à l'automate l'énergie nécessaire à son fonctionnement.
- l'unité centrale qui contient le processeur et les mémoires, exécute en performance le programme en fonction des données contenues dans la mémoire.
- les modules d'entrées / sorties qui peuvent être analogiques, TOR, etc..., interface entre les signaux électrique issus du processus et les variables informatiques.
- les coupleurs de liaisons avec les organes de dialogue ou d'autres constituants programmables.

Ces unités échangent des informations par l'intermédiaire d'un ensemble de conducteurs (le bus), qui est généralement réalisé par un circuit imprimé.

On trouve dans l'industrie deux types d'automates programmables industriels :

- Les automates compactes qui ont les entrées / sorties sur le même module tels que l'automate S7 200 de SIEMENS et l'automates TSX nano de SCHNEIDER.
- les automates modulaires qui contiennent plusieurs modules comme l'automate S7 300 de SIEMENS et l'automate APRIL 7000.

I - 7 - 22 - Soupape de sécurité:

Les soupapes de sécurité sont principalement utilisées sur des appareils, réservoirs ou tuyauteries véhiculant des gaz, des vapeurs ou des liquides :

- Soit comme soupapes de protection contre toute surpression dangereuse.
- Soit comme soupape de décharge pour évacuer les excédents de produit circulant dans l'installation.

Une soupape de sécurité est composée d'un dispositif à ressort, la tension de ce dernier est réglable à l'aide d'une vis de réglage facilement accessible.

En position de repos, c'est-à-dire dans les conditions normales d'exploitation, le clapet de la soupape, sous l'effet de la pression exercé par le ressort, isole l'appareil sur lequel la soupape est montée de l'atmosphère extérieure.

En position de fonctionnement, c'est-à-dire lorsque les conditions d'exploitation sont devenues anormales, le clapet de la soupape se soulève sous l'effet de la surpression existant dans l'appareil afin de permettre sa décharge.

I - 7 - 23 - Manifold:

Un manifold est un lieu de passage du pétrole, sa structure permet la connexion de plusieurs pipelines ou conduites, donc c'est à ce niveau que se fait la récolte du pétrole brut venant des différents puits.

D'autres types de manifolds permettent d'adapter facilement et économiquement les transmetteurs de pression différentielle électroniques ou pneumatiques pour leur raccordement compact à des éléments primaires.

On dispose de deux types : manifold à 3 vannes et manifold à 5 vannes. Ils permettent de vérifier l'étalonnage, de régler le zéro des transmetteurs et d'effectuer l'entretien sans interruption du procédé.

I - 7 - 24 - Clapet anti-retour:

Ils assurent le passage de l'air dans un sens et bloquent le débit dans l'autre sens. Une bille peut se déplacer dans une cavité. Lorsque l'air se déplace dans le sens contraire au sens de passage, la bille obstrue le passage et empêche l'air de s'échapper. Cet élément peut être utilisé pour maintenir un circuit sous pression en cas de coupure d'alimentation.

Les clapets anti-retour peuvent être utilisés pour éviter un débit de retour dans les conduites de liquides et de gaz.

I - 7 - 25 - Soufflante :

Les soufflantes servent dans de nombreux secteurs d'activité comme l'industrie du pétrole et gaz, chimique, pharmaceutique, agro-alimentaire, secteur de l'eau potable etc... Elles sont utilisées pour transporter et compresser les liquides ou les gaz les plus variés.

I - 7 - 26 - Compresseur centrifuge :

Le compresseur centrifuge à deux étages est une machine tournante entraînée par un moteur électrique ou par une turbine à gaz. Il est composé de trois parties :

- L'actionneur : moteur électrique ou turbine à gaz.
- Le multiplicateur de vitesse.
- Le compresseur.

Il fait partie d'une série d'appareils destinés au transfert d'un fluide en phase gazeuse d'un milieu à un autre à une pression plus importante. Le compresseur n'aspire pas directement des pipelines mais aspire le fluide d'un ballon d'aspiration et il l'injecte dans son 1^{er} étage.

Cette phase consiste à l'élévation progressive de la pression, d'une basse pression à une moyenne pression. Le 2^{ème} étage reçoit le flux de fluide comprimé du 1^{er} étage dans le but d'augmenter encore la pression pour atteindre une haute pression désirée. Le compresseur refoule ce fluide à haute pression dans un ballon de refoulement.

I - 7 - 27 - Aéro-réfrigérant :

Un aéro-réfrigérant est un dispositif permettant de transférer l'énergie thermique interne d'un fluide vers l'air extérieur. On utilise cette méthode pour refroidir un liquide (eau, huile, fuel...) ou pour condenser et refroidir un gaz.

L'aéro-réfrigérant est composé d'une surface d'échange et d'un moyen de ventilation. Le fluide à refroidir passant dans des tubes et l'air extérieur passant autour des tubes qui sont munis d'ailettes pour augmenter le coefficient d'échange thermique. Par exemple, dans une station de boosting le gaz sortant du compresseur devient très chaud après la compression.

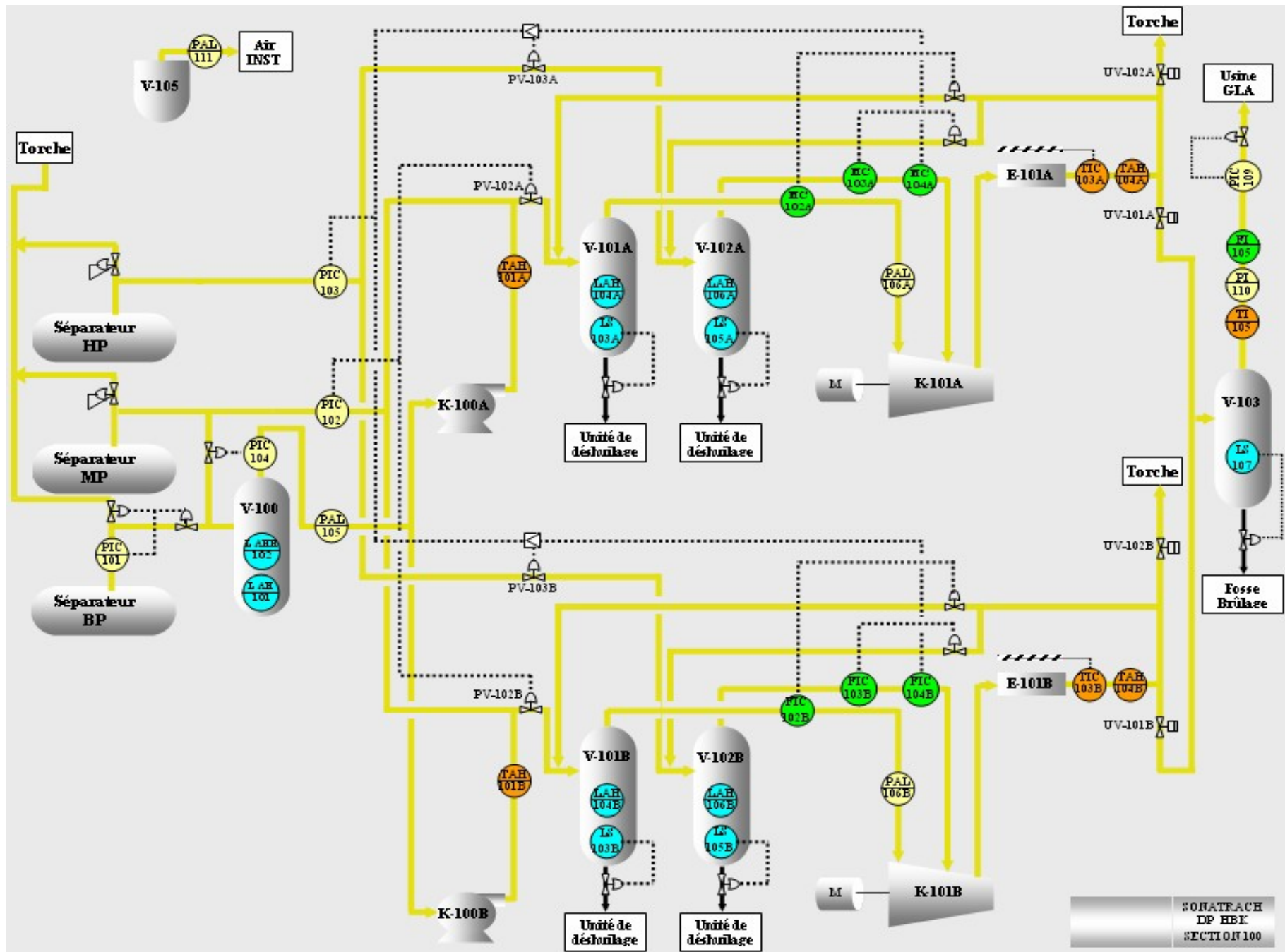
Les conduites du gaz chaud passent à travers des groupes moteurs ventilateurs pour assurer la circulation de l'air et l'évacuation de la chaleur.

Conclusion :

Le centre de production de Haoud Berkaoui contient essentiellement deux unités : l'unité de séparation du pétrole brut provenant des puits et l'unité de boosting de gaz.

Vu la diversité des équipements, machines, instruments des installations, ce centre de production dispose d'une division maintenance qui a pour but de suivre de près tout équipement et toute installation pour un fonctionnement normal et optimal ainsi intervenir en cas de pannes qui sont fréquentes avec le système actuel de contrôle pneumatique.

L'installation des systèmes numériques de contrôle et l'automatisation des installations sont dues aux multiples inconvénients des instruments et du système de contrôle pneumatique qui sont essentiellement : L'encombrement des systèmes de raccordement, la sensibilité des instruments à l'humidité et aux poussières, la lenteur et la perturbation des processus de contrôle.



II - 1 - Introduction :

L'automatisation des installations industrielles ainsi que l'installation des nouveaux systèmes numériques de contrôle incitent à l'utilisation des nouvelles techniques d'analyses, de modélisation et de programmation tel que l'outil graphique GRAFCET.

Le GRAFCET est un outil de modélisation des systèmes séquentiels et il est utilisé plus particulièrement dans les parties commandes d'automatismes. Le fonctionnement de ces automatismes séquentiels peut être décomposé en un certain nombre d'étapes. Le passage (ou transition) d'une étape à une autre étape se fait à l'arrivée d'un évènement particulier (réceptivité) auquel le système est réceptif.

II - 2 - Définition du GRAFCET :

L'acronyme **GRAFCET** désigne **GR**aphe **F**onctionnel de **C**ommande **E**tapes - **T**ransitions.

Le GRAFCET est un langage graphique qui sert à décrire, étudier, réaliser et exploiter les différents comportements de l'évolution des automatismes industriels séquentiels suivant un cahier des charges. Il est à la fois simple à utiliser et constitue un unique outil de dialogue entre toutes les personnes collaborant à la conception, à l'utilisation ou à la maintenance de la machine à automatiser.

Lorsque le mot GRAFCET (en lettres capitales) est utilisé, il fait référence à l'outil de modélisation tendit que lorsque le mot grafcet est écrit (en lettres minuscules), il fait alors référence à un modèle obtenu à l'aide des règles du GRAFCET.

II - 3 - Elément de base du GRAFCET :

Le GRAFCET est un graphe cyclique composé d'une succession alternée d'étapes auxquelles sont associées des actions, et de transitions auxquelles sont associées des réceptivités qui sont des conditions logiques qui doivent être remplies pour que la transition puisse être franchie. Des liaisons orientées relient soit les places aux transitions, soit les transitions aux places.

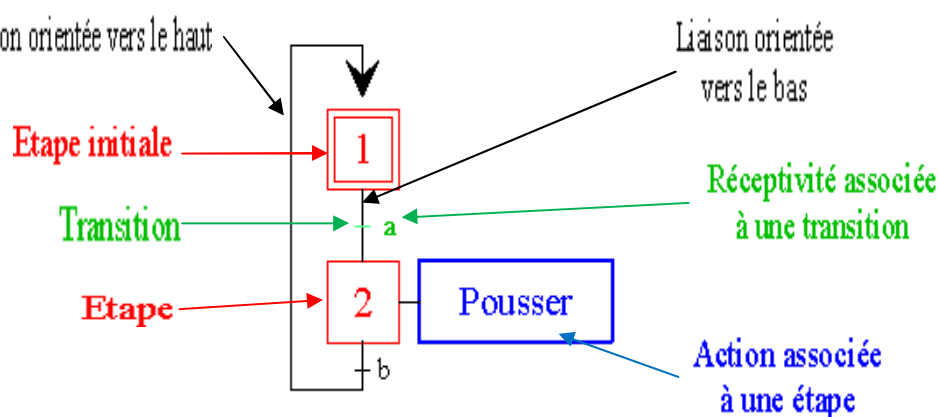


Figure 8 : Elément de base d'un GRAFCET

II - 3 - 1 - Etapes :

Une étape symbolise une partie ou un état particulier du système à un moment donné de son cycle de fonctionnement, et caractérise un comportement invariant du système considéré.

Elle est représentée par un carré repéré par une variable alphanumérique.

Une étape peut avoir deux états : elle peut être soit active (on représente ceci par une marque à l'intérieur de l'étape), soit inactive.

Les étapes qui doivent être actives au moment de la mise en marche du système sont appelées étapes initiales et elles sont représentées par un double carré.

II - 3 - 2 - Actions associées à l'étape :

A chaque étape sont associées une ou plusieurs actions.

Une action qui est représentée dans un rectangle, peut être associée à plusieurs étapes.

Les actions sont produites tant que les étapes auxquelles sont associées sont actives.

II - 3 - 3 - Liaisons orientées :

Les liaisons orientées relient les étapes aux transitions ou bien les transitions aux étapes. Elles indiquent les voies suivant les quelles se fait l'évolution du grafcet.

Le sens des liaisons allant de bas en haut doit être marqué par une flèche.

II - 3 - 4 - Transitions :

Le symbole d'une transition est un trait horizontal placé entre une ou plusieurs étapes.

Une transition indique la possibilité d'évolution d'une étape active à celle qui suit. A toute transition sera associée une ou des conditions logiques (booléennes) qui traduisent la notion de réceptivité.

II - 3 - 5 - Réceptivité :

Une réceptivité associée à chaque transition est une condition qui détermine la possibilité ou non de l'évolution du système par cette transition.

Elle est une fonction combinatoire d'informations booléennes qui définie :

- ✓ Etats des capteurs ;
- ✓ Impulsion sur un bouton poussoir ;
- ✓ Action d'un Temporisateur, d'un compteur ;

Il existe deux cas particuliers de réceptivité :

a) Une temporisation :

La temporisation est une réceptivité qui permet une prise en compte du temps, il implique l'utilisation d'un temporisateur.

On note $t / i / \Delta$ la variable booléenne qui vaut 1 si et seulement si il s'est écoulé un temps au moins égal à Δ depuis la dernière fois que l'étape i est passée de l'état inactif à l'état actif.

b) Une réceptivité toujours vraie :

Une telle réceptivité s'écrit "= 1". Le franchissement de cette transition se fera dès que la ou les étapes immédiatement antérieures seront actives sans autre condition.

II - 4 - Règle d'évolution du GRAFCET :

L'évolution du GRAFCET correspond au changement d'état de l'automatisme, et est régie par les cinq règles suivantes :

➤ **Règle N°1 : Situation initiale**

Les étapes initiales sont celles qui sont actives inconditionnellement au moment de la mise en marche du système. Elles sont représentées par un double carré. Les étapes initiales sont souvent des étapes d'attente pour ne pas effectuer une action dangereuse au début du cycle de fonctionnement de l'automatisme.

➤ **Règle N°2 : Franchissement d'une transition**

Une transition est dite franchissable si et seulement si toutes les étapes qui précèdent cette transition sont actives : on dit que la transition est validée, et que la réceptivité associée à cette transition est vraie.

➤ **Règle N°3 : Evolution des étapes actives**

Le franchissement d'une transition consiste à désactiver toutes les étapes en amont de cette transition et à activer toutes les étapes en aval. Les opérations d'activation et de désactivation sont indissociables et sont effectuées simultanément.

➤ **Règle N°4 : Evolution simultanée**

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

La durée limite dépend du "temps de réponse" nécessaire à l'application.

➤ **Règle N°5 : Activation et désactivation simultanée d'une étape**

Lorsqu'une même étape doit être simultanément activée et désactivée, elle reste active.

Une temporisation ou un compteur actionné par cette étape ne sera pas réinitialisé.

II - 5 - Structure de base du GRAFCET :**II - 5 - 1 - Saut d'étapes :**

Cette propriété du GRAFCET est utilisée quand le système demande de passer plusieurs étapes non utiles, à un moment donné.

II - 5 - 2 - Reprise de séquence :

La reprise de séquence permet de reprendre une même séquence lorsque les actions à réaliser sont répétitives.

II - 5 - 3 - Macroétape :

Le but d'une macroétape est de faciliter la description des systèmes complexes en évitant la surcharge du GRAFCET principal, elle est représentée par un carré partagé en trois parties par deux traits horizontaux.

La macroétape représente une partie du GRAFCET qui est détaillé par un autre diagramme appelé expansion de la macroétape. Cette dernière commence par une étape d'entrée « Ei » et se termine par une étape de sortie « Si ».

II - 6 - Niveaux du GRAFCET :

Le GRAFCET est réalisé selon deux niveaux de représentation qui sont définis comme suit :

➤ Niveau #1 :

Appelé aussi GRAFCET fonctionnel, il décrit sous forme de spécifications fonctionnelles, le comportement de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative et du monde extérieur. Les réceptivités sont décrites sous forme littérale par des mots et non pas par des abréviations. A ce niveau, on ne définit pas les actionneurs ni les capteurs mais uniquement les actions à effectuer et leur enchaînement pour permettre de comprendre l'évolution de l'automatisme.

➤ Niveau #2 :

Ce GRAFCET ajoute aux exigences fonctionnelles, les précisions indispensables aux conditions de fonctionnement, grâce aux spécifications technologiques et opérationnelles compte tenu de la technologie de la partie commande et de la partie opérative ainsi que la prise en compte de la technologie des actionneurs et des capteurs de l'automatisme.

Il est utilisé pour la réalisation et l'exploitation des systèmes automatisés.

La présentation des actions et des réceptivités est écrite en abréviation.

II - 7 - Mise en équation du GRAFCET :

Le GRAFCET est destiné à représenter des automatismes logiques, c'est-à-dire des systèmes dans lesquels les informations ont un caractère « tout ou rien ».

On note X_n la variable booléenne associée à l'étape n : $X_n=1$ si l'étape n est active et $X_n=0$ si l'étape n est inactive.

Chaque étape du GRAFCET peut être représentée par l'équation suivante :

$$X_n = (X_{n-1} * t_{n-1} + X_n) * \overline{X_{n+1}}$$

- **Transcription du modèle GRAFCET en programme PLC :**

Le diagramme à contact connu aussi sous le nom LADDER est le langage le plus utilisé dans la programmation de la majorité des automates alors on fait la transcription du modèle GRAFCET en programme PLC comme suit :

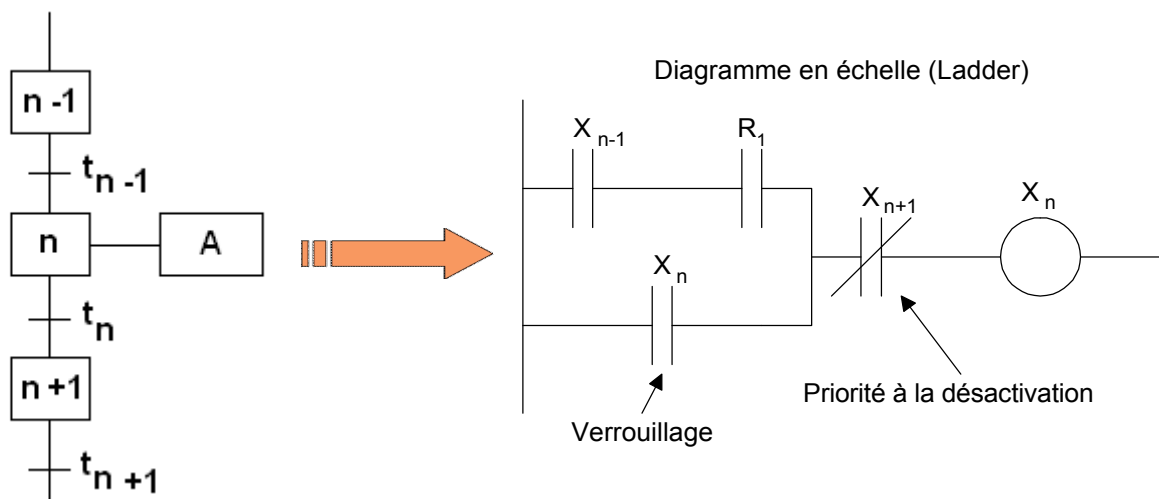


Figure 9 : Transcription du modèle GRAFCET en programme PLC

Soit la partie du GRAFCET représentée dans la figure ci-dessus :

L'état d'une étape X_n peut être notée comme suit :

$X_n = 1$ si l'étape n est active.

$X_n = 0$ si l'étape n est inactive.

De plus la réceptivité qui est une variable binaire à pour valeur :

$t_n = 1$ si la réceptivité est vraie.

$t_n = 0$ si la réceptivité est fausse.

La deuxième et de la troisième règle d'évolution du GRAFCET permettent de déduire les variables qui interviennent dans les équations d'activation et de désactivation de chaque étape. Ces mêmes règles permettent d'écrire :

$$X_n = CAX_n + X_n * \overline{CDX_n}$$

Avec : CAX_n est la condition d'activation de l'étape n

CDX_n est la condition de désactivation de l'étape n.

Soient les variables Arrêt d'Urgence (AUDur et AUDoux) telles que :

AUDur =1 : désactivation de toutes les étapes.

AUDoux =1 : désactivation des actions, les étapes restant actives.

Pour une étape initiale, on définit aussi la variable Init comme telle que :

Init =1 : initialisation du GRAFCET (Mode Arrêt).

Init =0 : déroulement du cycle (Mode Marche).

En tenant compte du mode Marche/Arrêt et des Arrêts d'Urgences, les conditions d'activation et désactivation d'une étape deviennent alors :

- Equation d'une étape n initiale :

$$X_n = (CAX_n + \overline{CDX_n} * X_n + Init) * \overline{AUDur}$$

Avec :

$$CAX_n = (X_{n-1} * t_{n-1} + Init) * \overline{AUDur}$$

$$CDX_n = X_{n+1} * \overline{Init} + AUDur$$

- Equation d'une étape n non initiale :

$$X_n = (CAX_n + \overline{CDX_n} * X_n) * \overline{Init} * \overline{AUDur}$$

Avec :

$$CAX_n = X_{n-1} * t_{n-1} * \overline{Init} * \overline{AUDur}$$

$$CDX_n = X_{n+1} + Init + AUDur$$

- Equation d'une action A :

$$A = X_n * \overline{AUDoux}$$

II - 8 - Modélisation du procédé par GRAFCET :**II - 8 - 1 - Commande et sécurité de l'unité de séparation :****• Cahier de charge :**

Notation : Dans ce cahier de charge on utilise les symboles ($\alpha - \beta$) tel que :

α : Les différents séparateurs **HP** (haute pression) et **MP** (moyenne pression).

β : Les différentes batteries de séparation **A, B, C, et E.**

a) Mise en production :

Pour mettre en production les séparateurs (α - β) triphasiques, il faut s'assurer tout d'abord que les manifolds sont ouverts pour permettre au pétrole brut arrivant des différents champs pétroliers d'entrer dans les conduites qui mènent vers les séparateurs HP- β et s'assurer aussi que les vannes de pressurisation ESDV (α - β) sont ouvertes et les Shut Down Valve SDV (α - β) ainsi que les Blown Down Valve BDV (α - β) sont fermées et qu'il y a aucun défaut ou alarmes. Toutes les conditions définies précédemment représentent l'étape initiale.

Lors du démarrage de l'unité de séparation du pétrole brut, les fluides passent tout d'abord par les vannes de pressurisation ESDV (α - β). Après détection d'une petite pression différentielle PDSL (α - β) entre l'amont et l'aval des SDV (α - β), les Shut Down Valve SDV (α - β) s'ouvrent et au même temps les vannes ESDV (α - β) se ferment.

Dans cette phase, on dit que les séparateurs (α - β) sont en production.

b) Sécurité :

Dans cette unité de séparation, un très haut niveau de sécurité est exigé car on est fréquemment confronté à des perturbations du procédé, des défaillances d'équipements ou d'autres conditions potentiellement dangereuses.

Les différentes batteries (β) sont équipées de plusieurs éléments de sécurité afin d'améliorer la fiabilité, d'assurer la protection du personnel et des installations. Pratiquement, on trouve des boutons d'arrêt d'urgence AU (β), des détecteurs de feu DF (β), des détecteurs de fuites de gaz DG1 (α - β) et DG2 (α - β), des détecteurs de niveau haut huile LSHHO (α - β) et bas LSLLO (α - β), des détecteurs de niveau haut eau LSHHW (α - β) et bas LSLW (α - β), des détecteurs de haute pression de gaz PSHH (α - β) et enfin un détecteur de coupure d'air instrument PSL111.

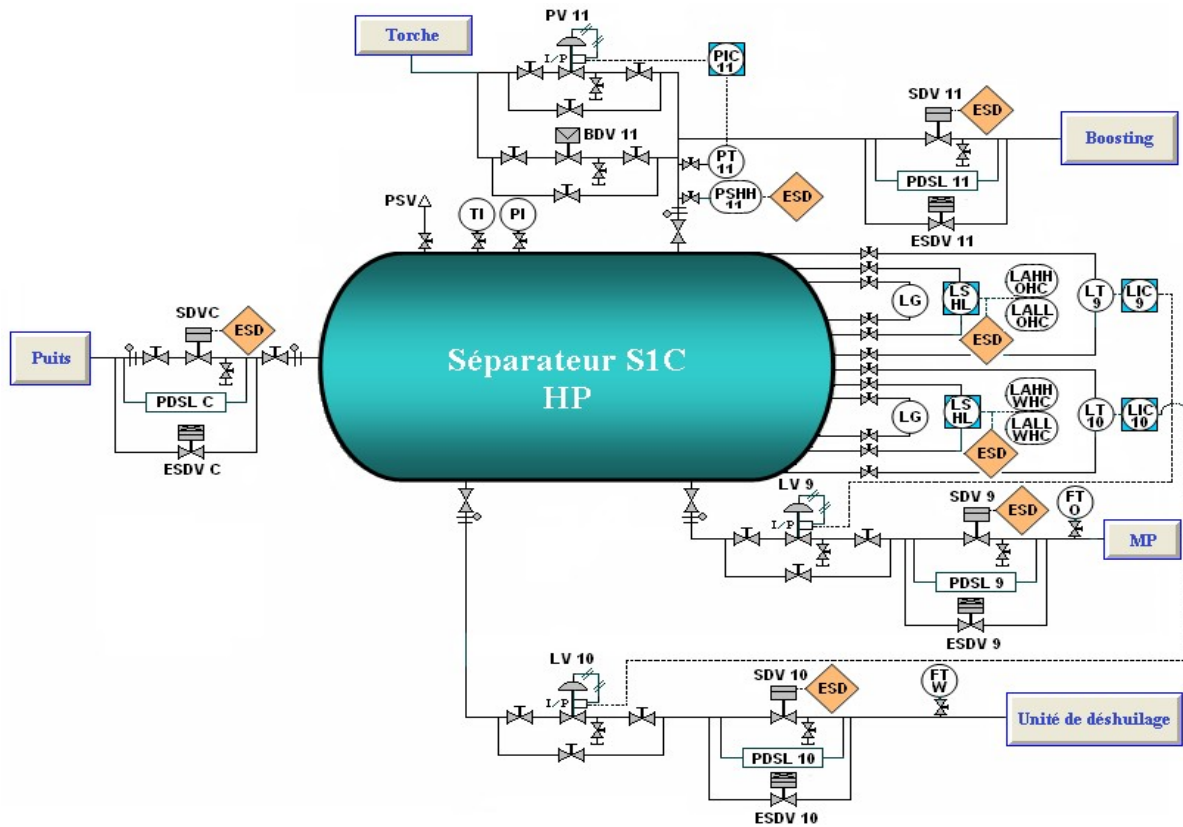


Figure 10 : Séparateur triphasique Haute Pression de la batterie C

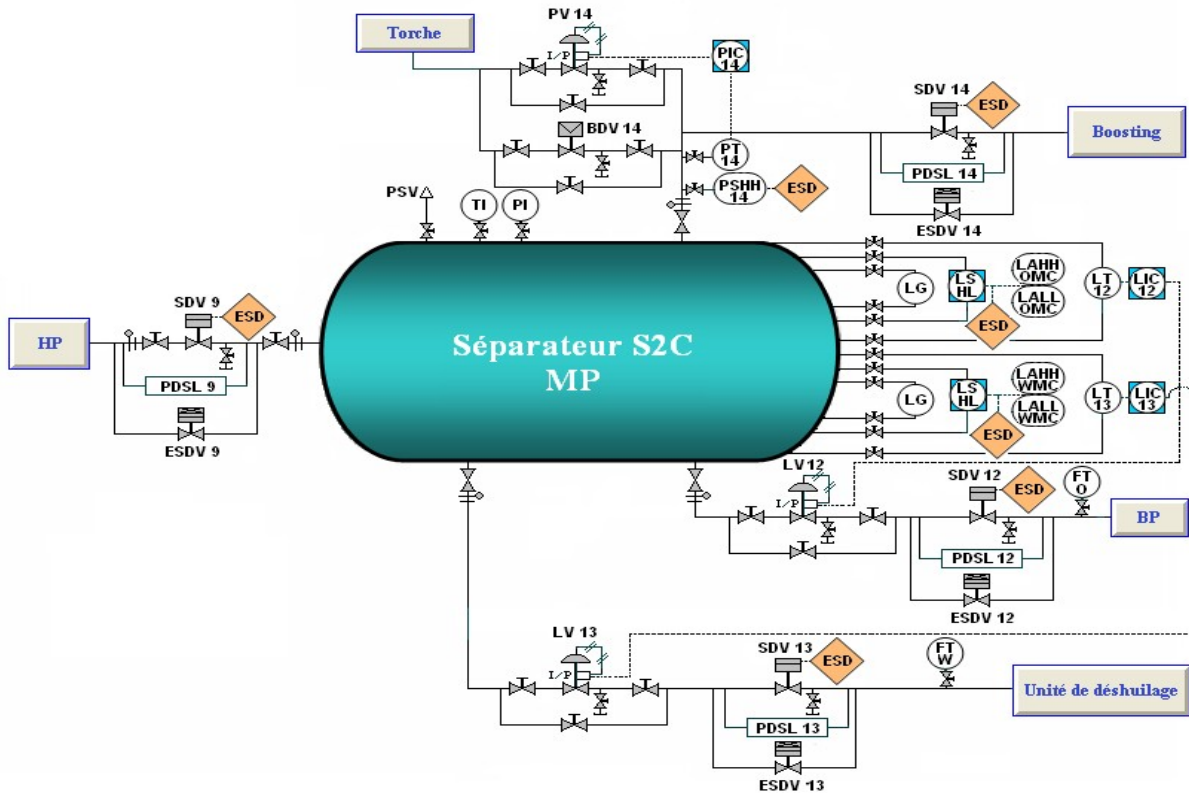


Figure 11 : Séparateur triphasique Moyenne Pression de la batterie C

La détection d'un défaut par l'un des éléments de sécurité définis précédemment déclenche les actions suivantes sur le séparateur et la batterie concernés :

- **Détection de feu (DF) :**
 - Fermeture des SDV.
 - Ouverture de la BDV.
 - Alarme détection feu (ALDF).
 - Déclenchement du système anti-incendie (DSAI).
- **Détection de fuites gaz (DG1) et/ou (DG2) :**
 - Fermeture des SDV.
 - Ouverture de la BDV.
 - Alarme détection gaz (ALDG1) et/ou (ALDG2).
 - Génération d'air (Gén air).
- **Détection de niveau très haut huile (LSHHO) :**
 - Fermeture des SDV.
 - Ouverture de la BDV.
 - Alarme détection niveau très haut huile (LAHHO).
- **Détection de niveau très bas huile (LSLLO) :**
 - Fermeture des SDV.
 - Ouverture de la BDV.
 - Alarme détection niveau très bas huile (LALLO).
- **Détection de niveau très haut eau (LSHHW) :**
 - Fermeture des SDV.
 - Ouverture de la BDV.
 - Alarme détection niveau très haut eau (LAHHW).
- **Détection de niveau très bas eau (LSLLW) :**
 - Fermeture des SDV.
 - Ouverture de la BDV.
 - Alarme détection niveau très bas eau (LALLW).

- **Détection de très haute pression gaz (PSHH) :**
 - Fermeture des SDV.
 - Ouverture de la BDV.
 - Alarme Détection très haute pression gaz (PAHH).

- **Détection de coupure d'air instrument (PSL111) :**
 - Fermeture des SDV.
 - Ouverture de la BDV.
 - Alarme détection de coupure d'air instrument (PAL111).

Remarque : Après la fermeture des vannes SDV, on n'aura pas de détection de pression différentielle PDSL.

c) Remise en production après l'arrêt :

Pour remettre en production l'un des séparateurs (α - β) après son arrêt, il faut pratiquement éliminer tous les défauts, si cette condition est vérifiée alors on aura aucune alarmes, dans ce cas le séparateur est prêt pour la remise en production, il reste uniquement à réarmer les ESDV (α - β) et la BDV (α - β), c'est-à-dire les ramener à leurs états initiales ; ESDV (α - β) sont initialement ouvertes et BDV (α - β) sont initialement fermées. Après ce réarmement le séparateur est revenu à son état initial.

II - 8 - 2 - Modèle Grafcet pour les différents séparateurs :

Notation :

- Dans les actions associées aux étapes, les vannes précédées par la lettre **F** seront fermées et les vannes précédées par la lettre **O** seront ouvertes après la validation des transitions.
- les éléments suivis de la lettre **C** concernent les éléments de la batterie C. Même chose pour les autres batteries A, B, E.
- les éléments suivis de **HC** concernent les éléments du séparateur HP de la batterie C. Et les éléments suivis **MC** concernent les éléments du séparateur MP de la batterie C. Même chose pour les autres écriture HA, MA, HB, MB, HE, ME.

Remarque : les 4 batteries de séparation sont identiques, seul la notation des éléments qui diffèrent, alors on représente le modèle Grafcet uniquement pour la batterie C et les autres batteries A, B et E suivent le même modèle.

➤ Grafcet du séparateur S1C (Séparateur HP de la batterie C) :

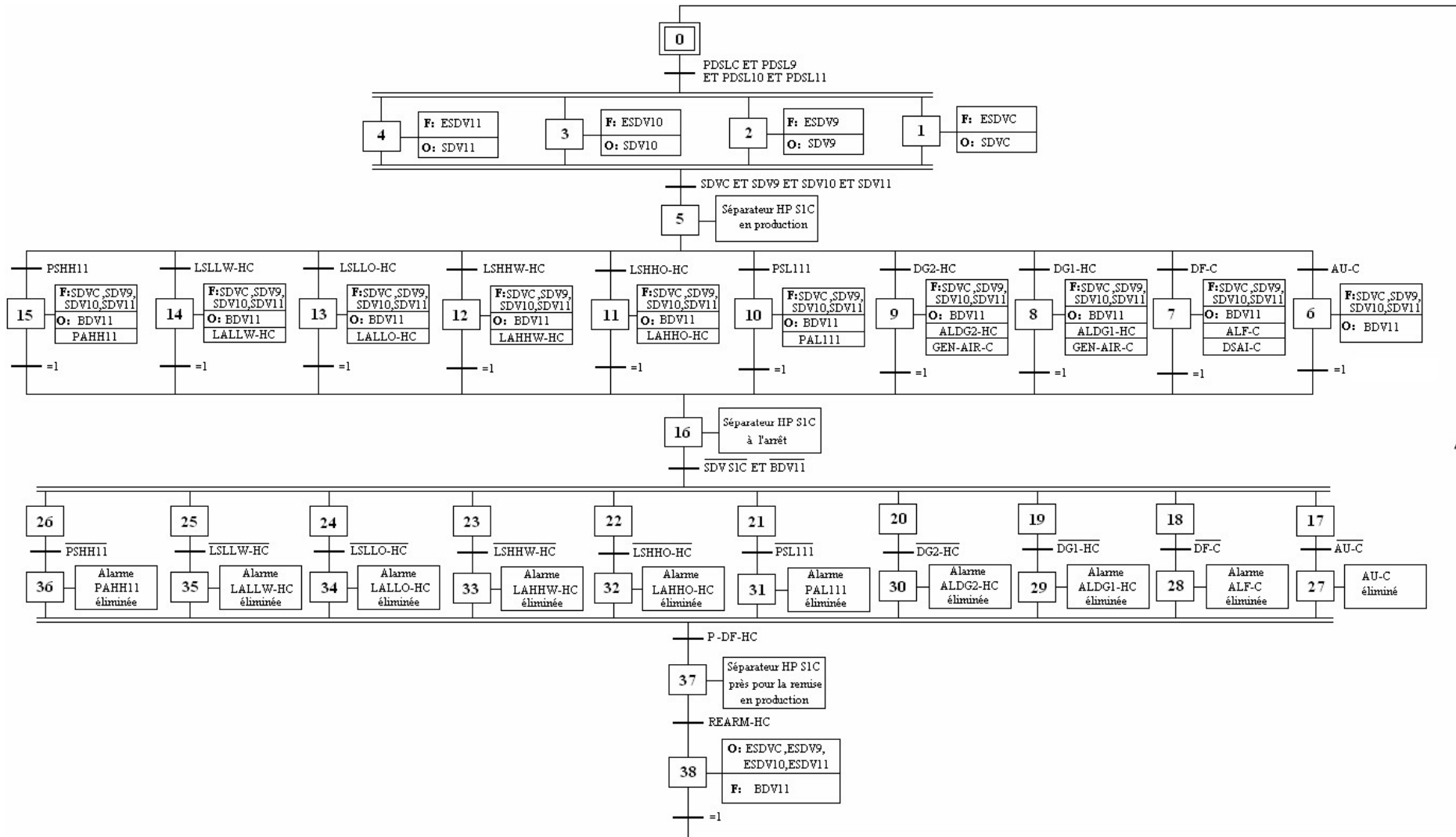


Figure 12 : Etapes de mise en production et la sécurité du séparateur S1C

➤ Grafcet du séparateur S2C (Séparateur MP de la batterie C) :

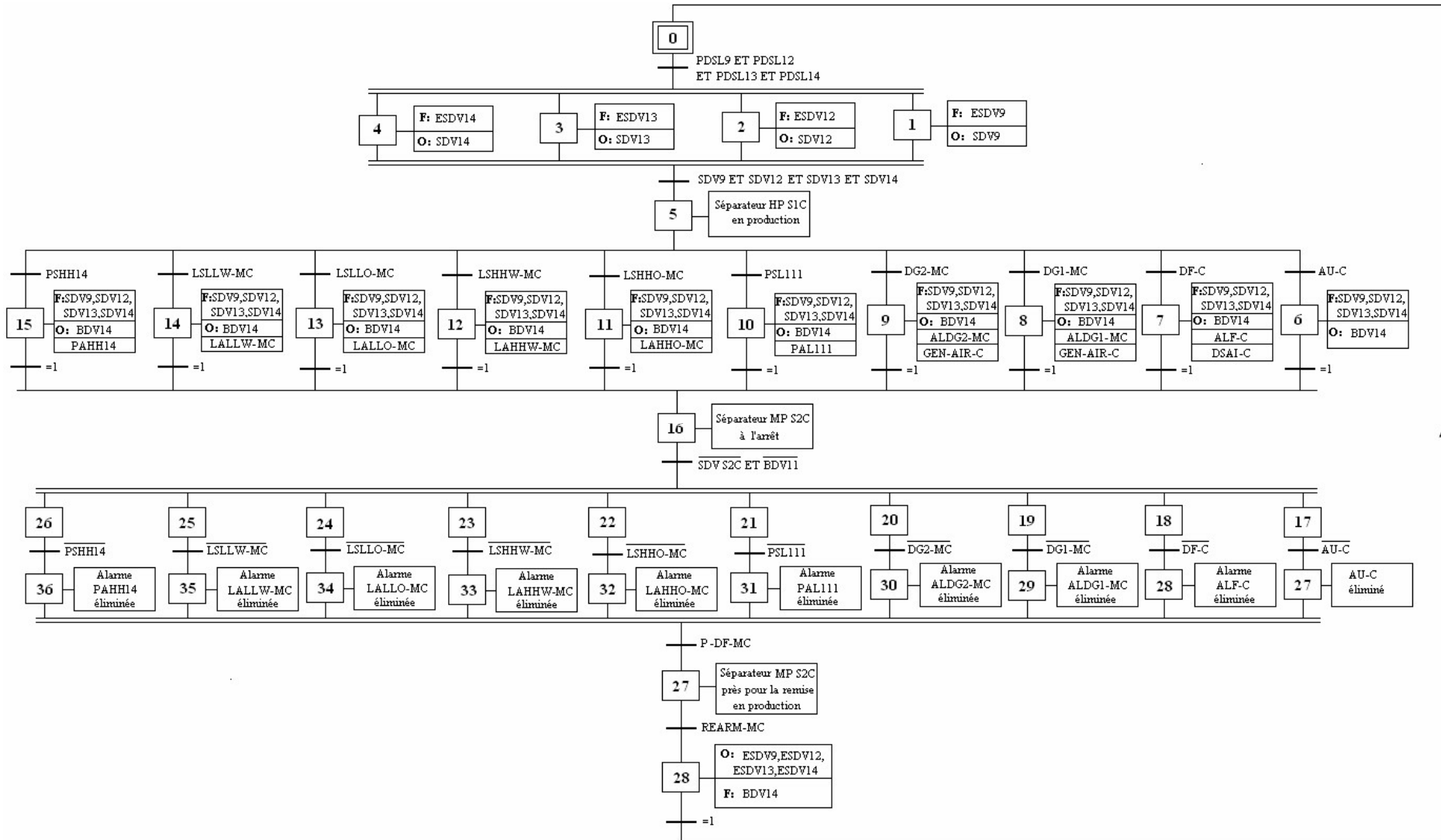


Figure 13 : Etapes de mise en production et la sécurité du séparateur S2C

II - 8 - 3 - Procédure de démarrage et d'arrêt de la station de boosting HBK :**a) Mise en route de la station de boosting HBK :**

En premier lieu, il faut démarrer les pompes à huile de graissage et d'étanchéité des compresseurs K101A/B et réarmer les électrovannes : HS-PV101, HS-PV102A/B, HS-PV104, HS-UV101A/B et HS-UV102A/B. Tandis que les électrovannes PV103A/B et PV109 sont réarmées automatiquement à la suite du démarrage des compresseurs K101A/B.

Ensuite, on procède au démarrage des aéro-réfrigérants E101A/B en appuyant sur les boutons poussoirs HS-E101A et HS-E101B. Après avoir ouvert manuellement et totalement les vannes de débit anti-pompage du premier étage FV102A/B et du deuxième étage FV103A/B, les compresseurs K101A/B sont mis en marche par action sur les boutons poussoirs HS-K101A/B, et après cela, les vannes de débit sont mises en fonctionnement automatique.

La circulation du gaz sortant de la sortie des aéro-réfrigérants E101A/B et retournant aux ballons d'aspirations 1^{er} étage V101A/B et les ballons d'aspiration du 2^{eme} étage V102A/B à travers les vannes FV102A/B et FV103A/B contrôlées par les régulateurs FIC102A/B et FIC103A/B est un recyclage dans le but d'éviter le pompage des compresseurs par manque de débit gaz, ce qui risque de les endommager. Après avoir commencer l'expédition de gaz vers l'usine de traitement de gaz de GLA (après fermeture du PS-109), on procède au démarrage des soufflantes K100A/B par action sur les boutons poussoirs HS-K100A/B.

b) Arrêt normal de la station de boosting HBK :

Dans le cas d'un mauvais fonctionnement quelconque ou dans le cas des travaux qui nécessitent l'arrêt, il est indispensable de procéder à l'arrêt normal de la station dans un ordre précis.

Tout d'abord l'usine de traitement de gaz et ensuite les stations de boosting.

Pour procéder à l'arrêt normal de la station de boosting HBK, on doit commencer par l'arrêt des soufflantes K100A/B en appuyant sur le bouton poussoir HSA-K100A/B.

Ensuite, les compresseurs K101A/B sont mis à l'arrêt par action sur les boutons poussoirs d'arrêt HSA-K101A/B et automatiquement PV102A/B, PV103A/B, UV101A/B se ferment et UV102A/B s'ouvrent et K101A/B sont dépressurisés.

Une fois que K101A et K101B s'arrêtent, automatiquement, PV109 se ferme et E101A, E101B s'arrêtent. Enfin, après dépressurisation des compresseurs K101A/B, il faut arrêter les pompes à huile de graissage et d'étanchéité et communiquer à la salle de contrôle principale de l'usine de traitement gaz de GLA que la station HBK est mise à l'arrêt normal.

c) Arrêt d'urgence de la station de boosting HBK :

La supervision, l'entretien et la maintenance régulière ont pour but d'assurer des bonnes conditions pour un fonctionnement normal des installations industrielles. Mais souvent, on affronte des événements inattendus et des états d'urgence qui exigent une réflexion et une intervention très rapide et instantanée pour l'arrêt immédiat des procédés afin d'assurer la sécurité du personnel et d'éviter les pertes et les dégâts matériels. Ce système d'arrêt qu'on trouve pratiquement dans toutes les installations industrielles et qui est indispensable est l'arrêt d'urgence. La station de boosting HBK dispose de deux boutons d'arrêt d'urgence : l'un se trouve sur site et l'autre est au niveau de la salle de contrôle.

1) Arrêt du compresseur K101A :

Le compresseur K101A peut être arrêté par les facteurs suivants :

- AU : arrêt d'urgence
- HSA-K101A : signal d'arrêt manuel local
- PSL111 : signal de pression basse d'air instrument
- HSAG-K101A : signal d'arrêt manuel salle de contrôle principale à GLA
- LSH-104A : signal de niveau haut de V101A
- LSH-106A : signal de niveau haut de V102A
- TSH-104A : signal de température haute du gaz de sortie de E101A
- PSL-106A : signal de basse pression d'aspiration 1^{er} étage pendant que K101A est en service.

L'entrée de l'un des 8 signaux cités ci-dessus provoque les conséquences suivantes :

- Arrêt du compresseur K101A
- Fermeture des vanne PV102A et PV103A
- Ouverture de l'électrovanne UV102A
- Fermeture de l'électrovanne UV101A

2) Arrêt des compresseurs K101A et K101B :

L'arrêt du compresseur K101A cause l'arrêt de l'aéro-réfrigérant E101A.

L'arrêt du compresseur K101A cause l'arrêt de la soufflante K100A.

L'arrêt des compresseurs K101A et K101B provoquent la fermeture de la vanne PV109.

Remarque :

L'arrêt du compresseur K101B est de même que pour K101A sauf qu'on doit remplacer la lettre A par la lettre B pour chaque repère.

3) Arrêt de la soufflante K100A :

La soufflante K100A peut être arrêté par les facteurs suivants :

- AU : arrêt d'urgence
- HSA-K100A : signal d'arrêt manuel local
- LSHH-102 : signal de niveau très haut de V100
- Signal d'arrêt de K101A
- PSL-105 : signal de basse pression d'aspiration de K100A/B
- TSH-101A : signal de haute température de gaz de sortie de K100A

L'entrée de l'un des 5 signaux cités ci-dessus provoque l'arrêt de la soufflante K-100A

Remarque :

L'arrêt de la soufflante K-100B est de même que pour K-100A sauf qu'on doit remplacer la lettre A par la lettre B pour chaque repère.

L'entrée du signal LSHH-102, AU ou PSL111 provoque la fermeture des vannes PV101, PV104.

II - 8 - 4 - Modèle Grafcet pour les différentes parties de la station de boosting :

➤ **Grafcet des aéros-réfrigérant E101A/B :**

- **L'étape initiale :** Les aéros E101A/B sont à l'arrêt et qu'il n'y a aucun défaut (P-DF-E101A/B) ou alarme.

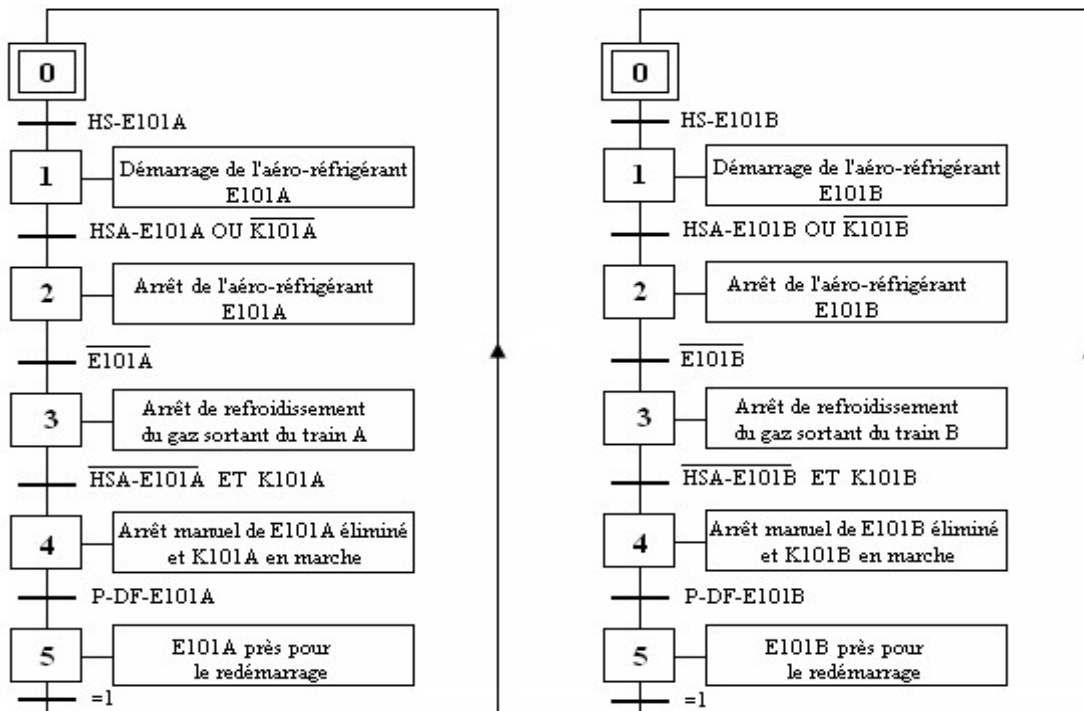


Figure 14 : Marche/arrêt des aéros-réfrigérant E101A/B

➤ **Grafcet du compresseur K101A :**

- **L'étape initiale :** Le compresseur K101A est à l'arrêt et qu'il n'y a aucun défaut (P-DF-K101A) ou alarme.

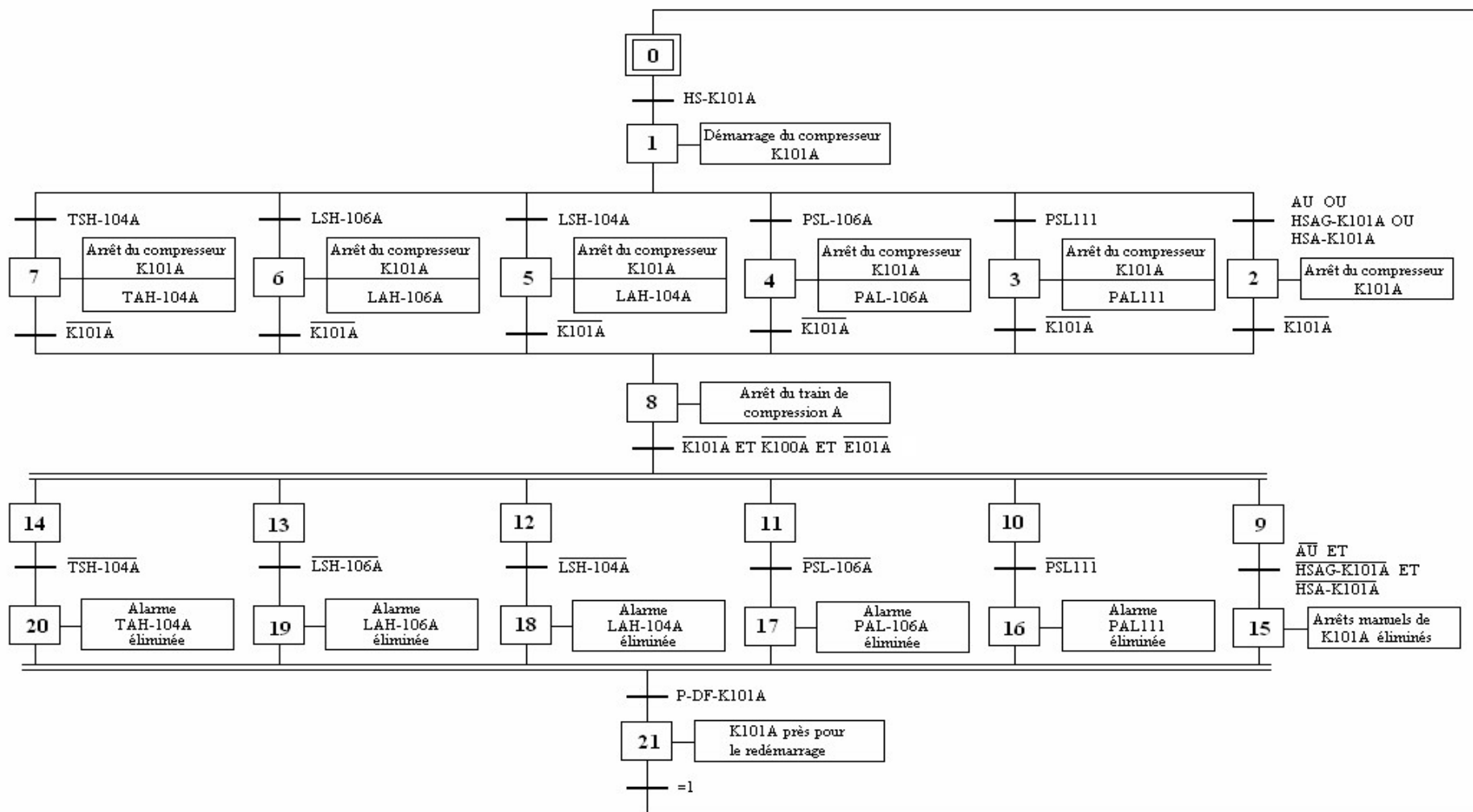


Figure 15 : Marche/arrêt et sécurité du compresseur K101A

➤ Grafcet du compresseur K101B :

- L'étape initiale : Le compresseur K101B est à l'arrêt et qu'il n'y a aucun défaut (P-DF-K101B) ou alarme.

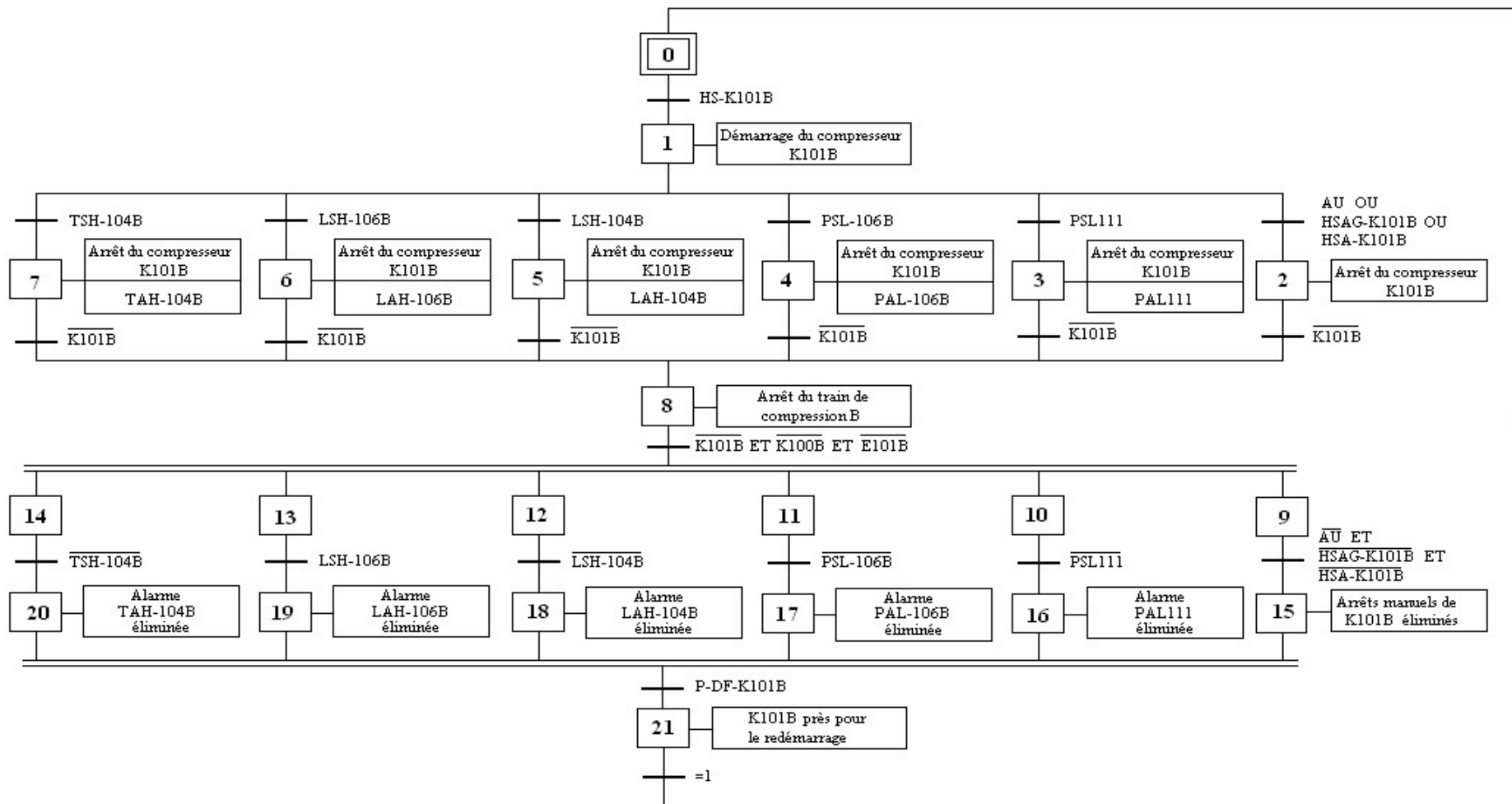


Figure 16 : Marche/arrêt et sécurité du compresseur K101B

➤ Grafcet de la soufflante K100A :

- L'étape initiale : La soufflante K100A est à l'arrêt et qu'il n'y a aucun défaut (P-DF-K100A) ou alarme.

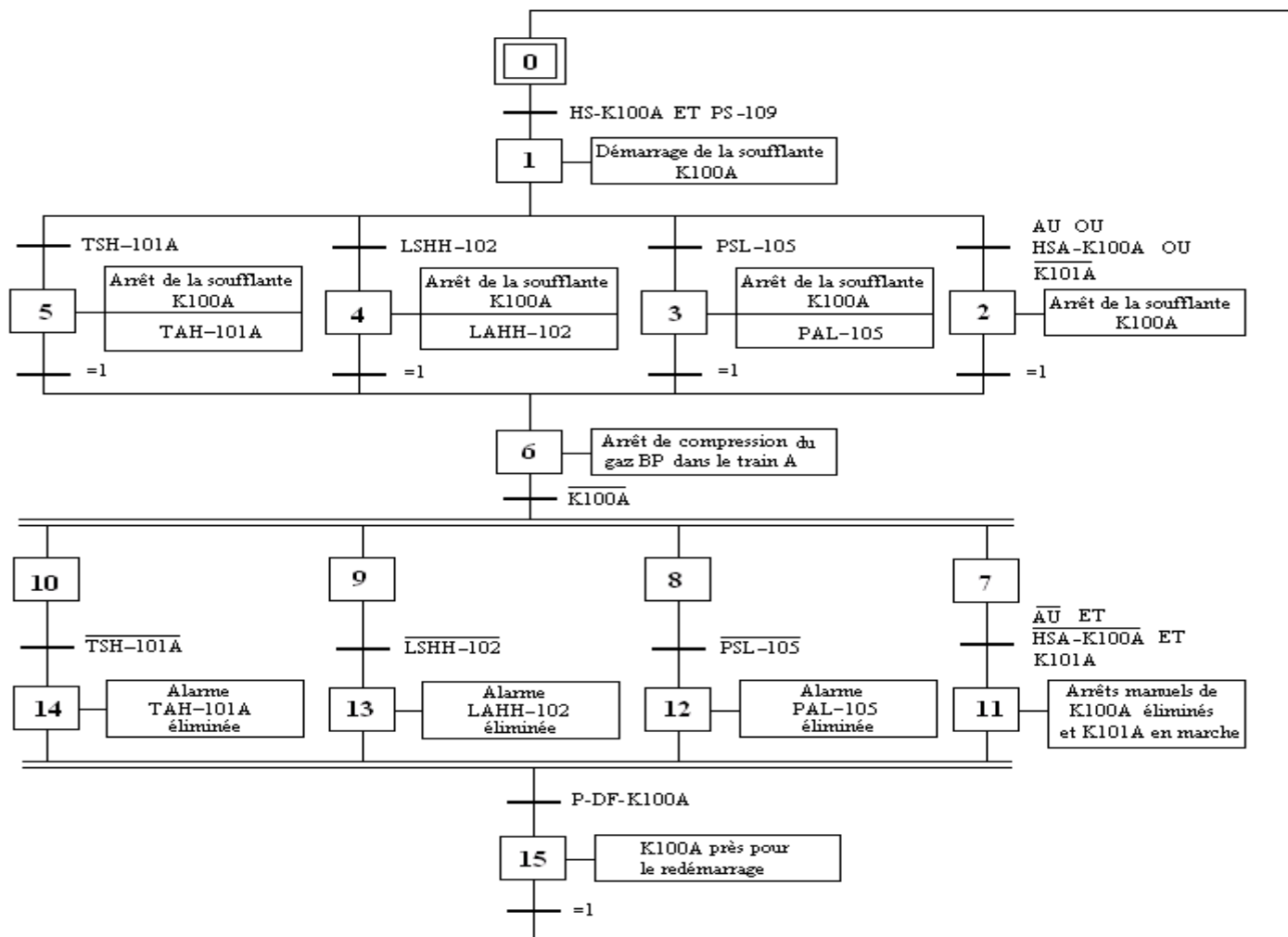


Figure 17 : Marche/arrêt et sécurité de la soufflante K100A

➤ **Grafcet de la soufflante K100B :**

- **L'étape initiale :** La soufflante K100B est à l'arrêt et qu'il n'y a aucun défaut (P-DF-K100B) ou alarme.

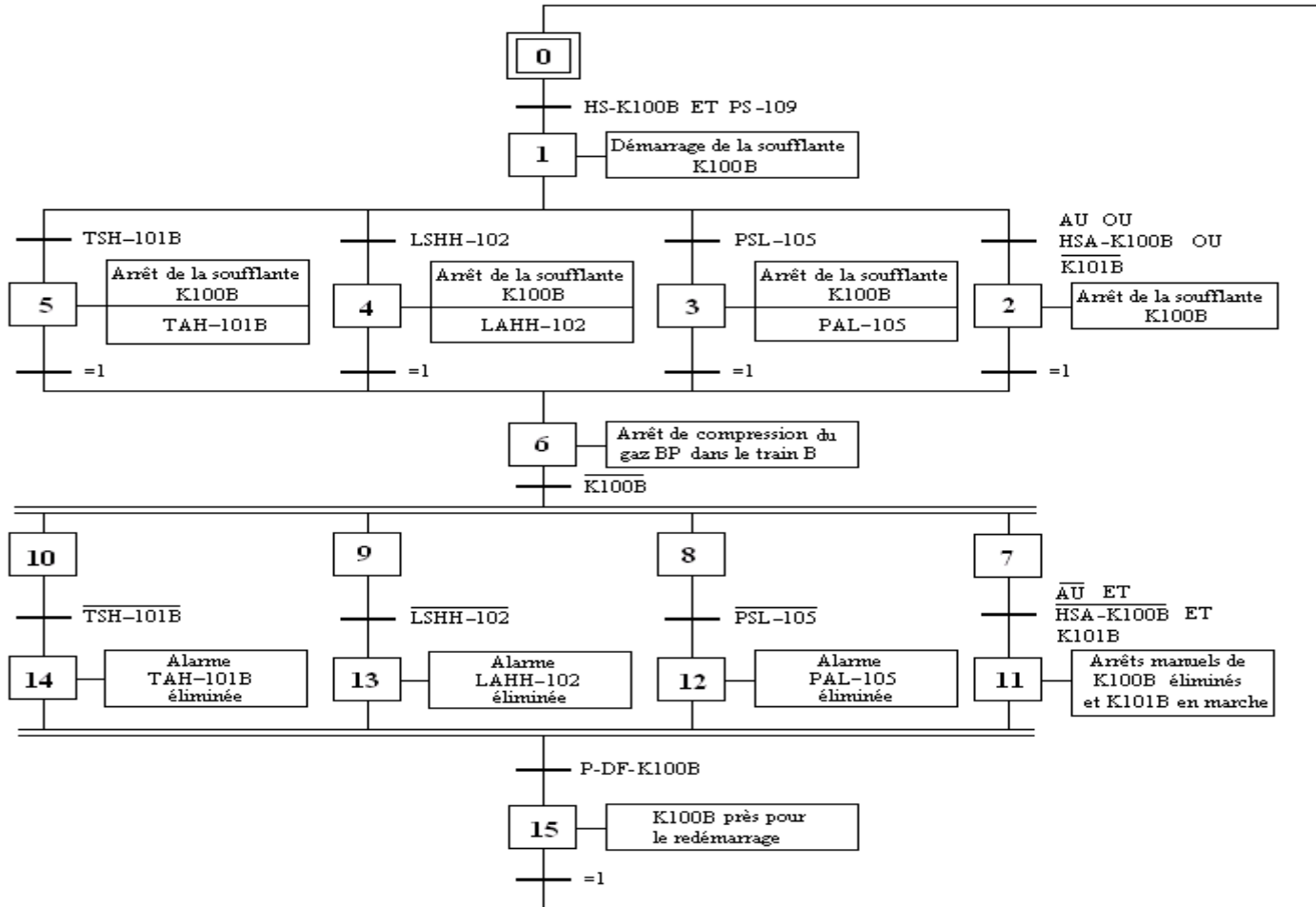


Figure 18 : Marche/arrêt et sécurité de la soufflante K100B

➤ **Grafcet des vannes PXV101 et PXV104:**

- **L'étape initiale :** Les électrovannes PXV101 et PXV104 sont initialement ouvertes.

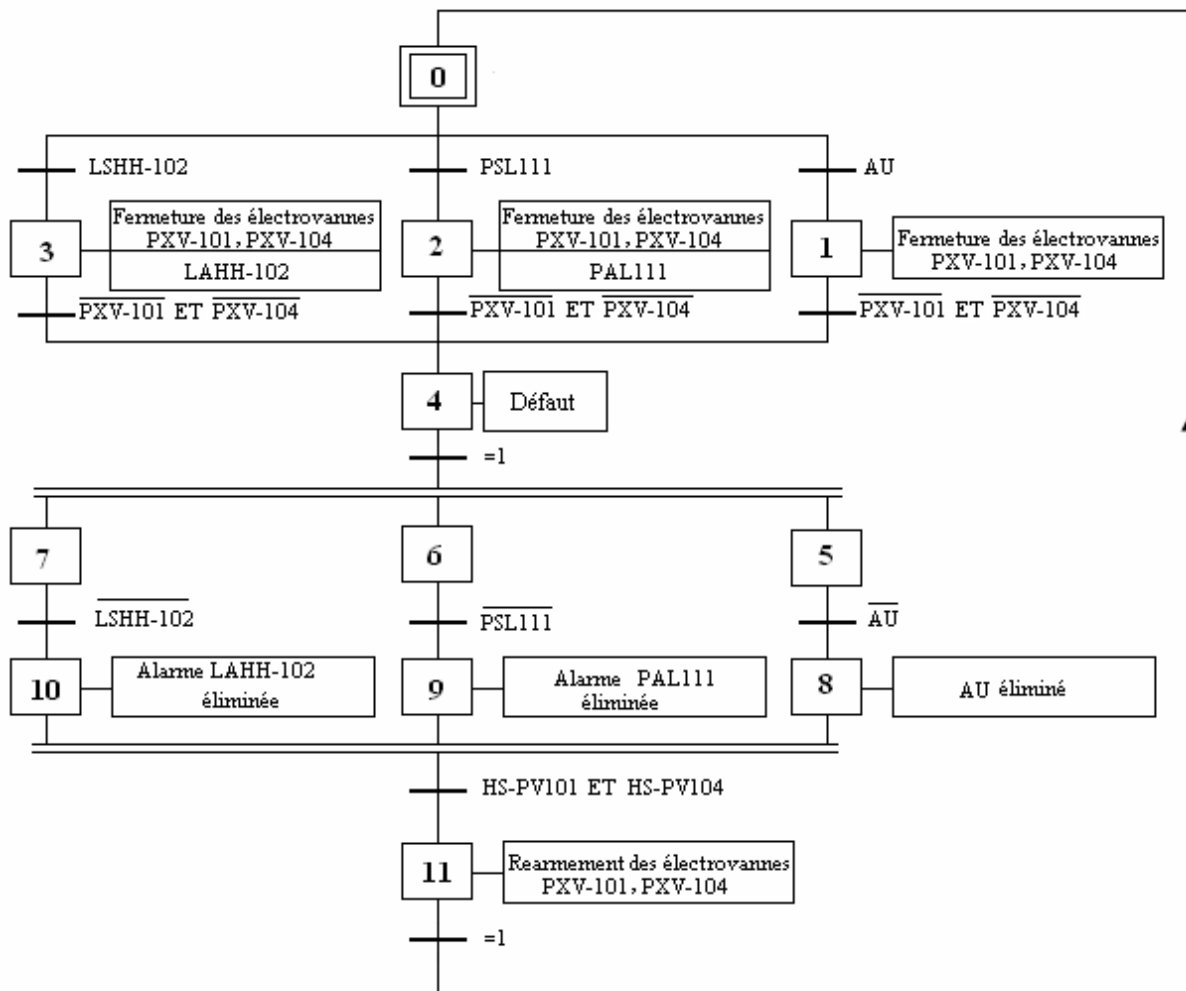


Figure 19 : Commande des électrovannes PXV101 et PXV104

➤ **Grafcet de la vanne PXV-109:**

- **L'étape initiale :**

L'électrovanne PXV-109 est initialement fermée. Il n'y a aucun défaut ou alarme.

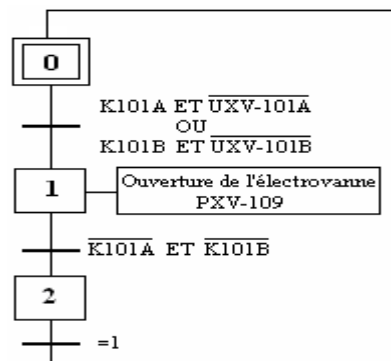


Figure 20 : Commande de l'électrovanne PXV-109

➤ **Grafcet des vannes PXV-102A, PXV-103A, UXV-101A et UXV-102A :**

• **L'étape initiale :**

Les électrovannes PXV-102A, PXV-103A et UXV-101A sont initialement ouvertes.

L'électrovanne UXV-102A est initialement fermée. Il n'y a aucun défaut ou alarme.

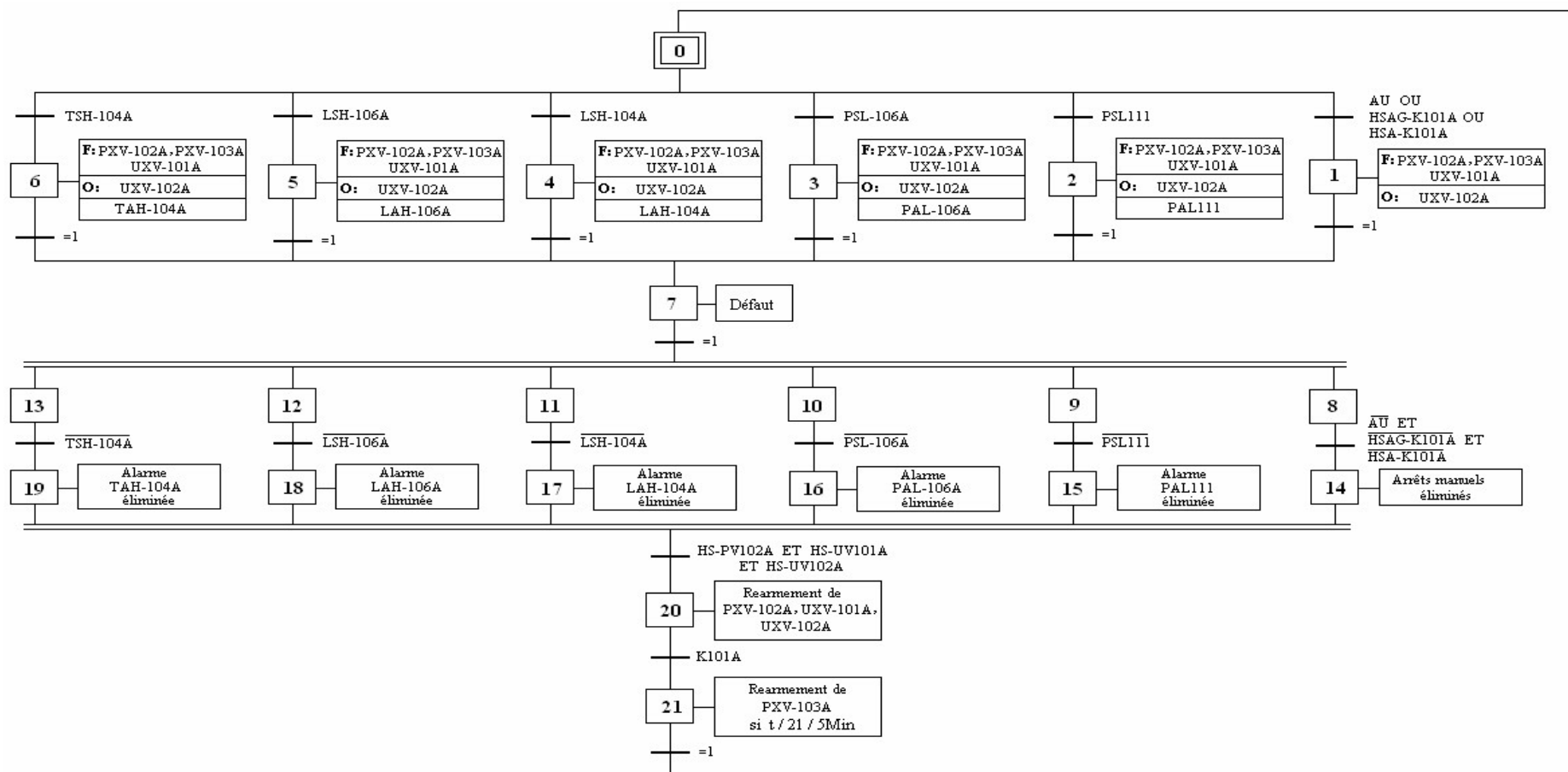


Figure 21 : Commande des électrovannes PXV-102A, PXV-103A, UXV-101A et UXV-102A

➤ **Grafcet des vannes PXV-102B, PXV-103B, UXV-101B et UXV-102B :**

• **L'étape initiale :**

Les électrovannes PXV-102B, PXV-103B et UXV-101B sont initialement ouvertes.

L'électrovanne UXV-102B est initialement fermée. Il n'y a aucun défaut ou alarme.

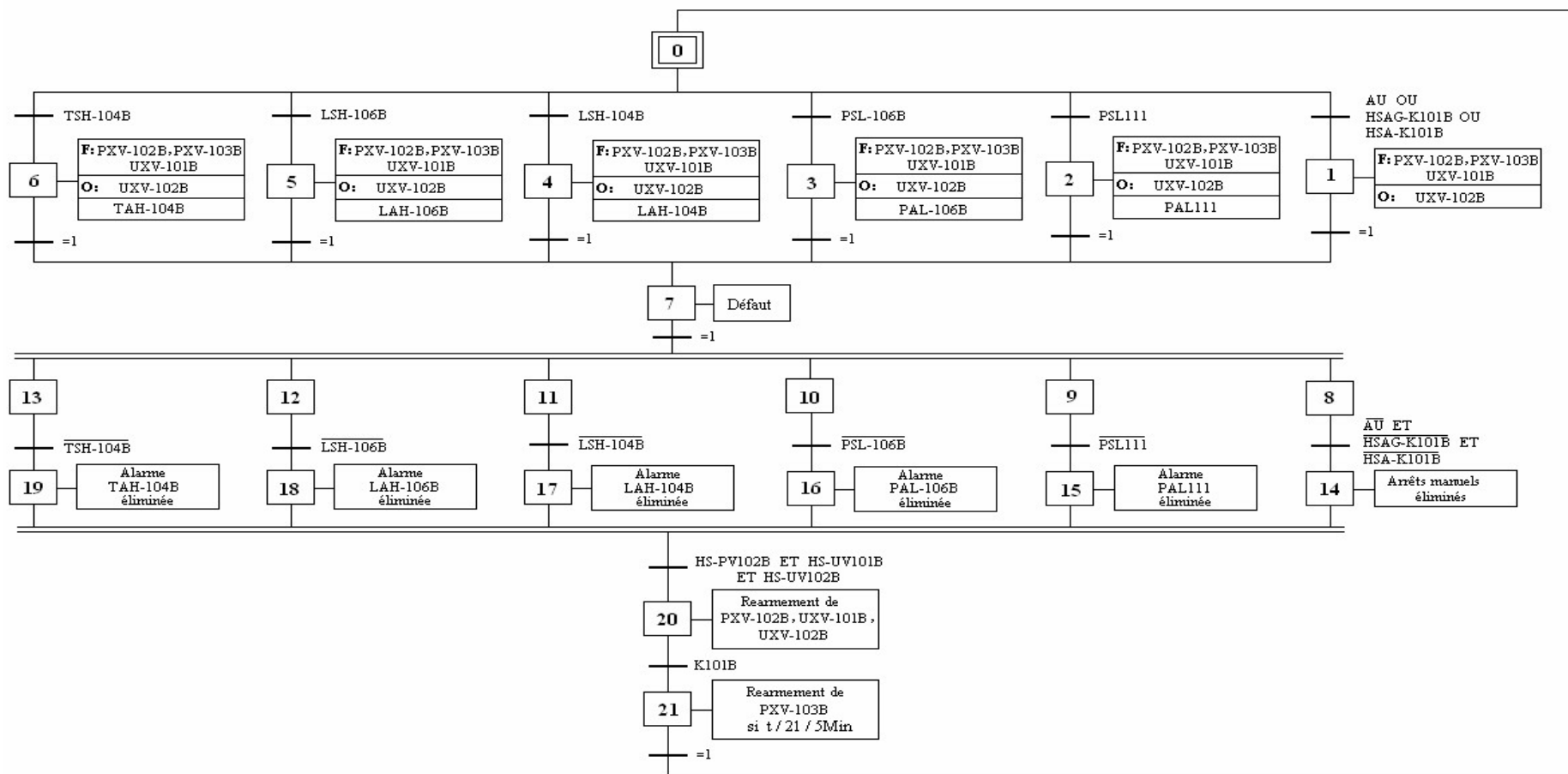


Figure 22 : Commande des électrovannes PXV-102B, PXV-103B, UXV-101B et UXV-102B

➤ **Grafcet des vannes LV-103A/B, LV-105A/B et LV-107:**

- **L'étape initiale :** Les électrovannes LV-103A/B, LV-105A/B et LV-107 sont initialement fermées.

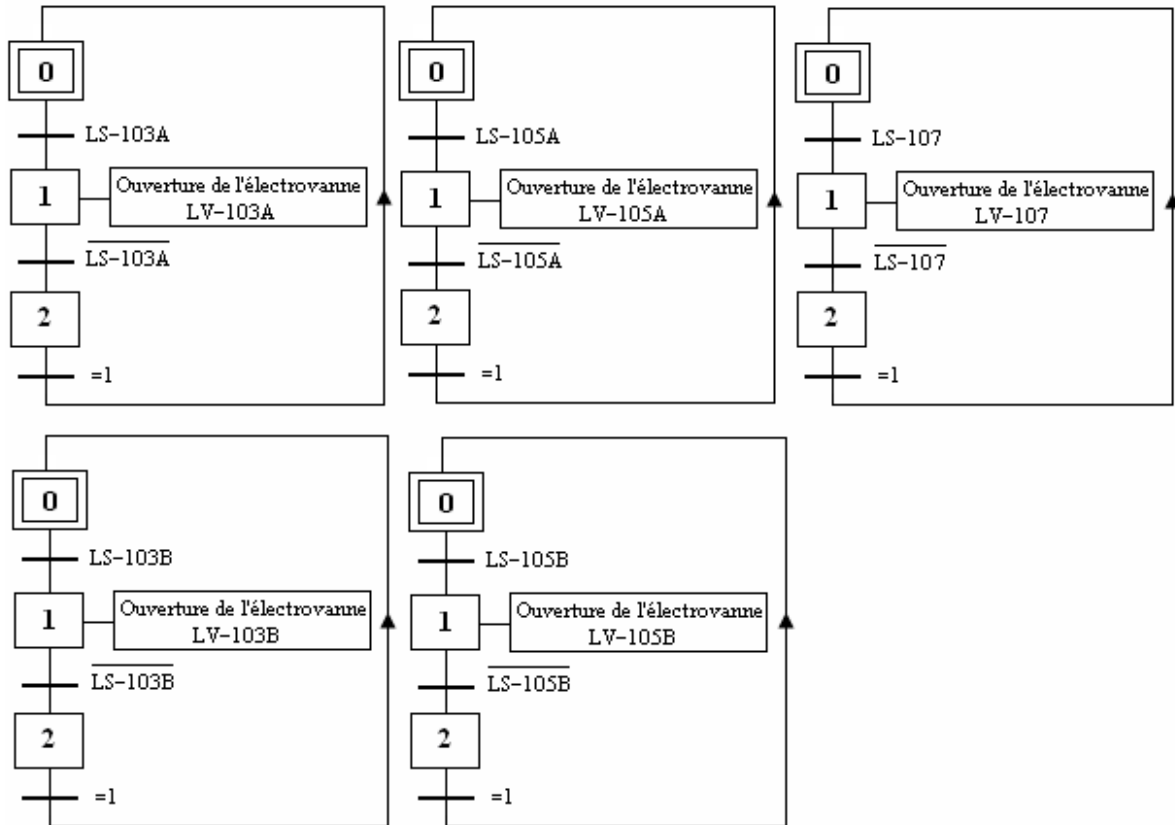


Figure 23 : Commande des électrovannes LV-103A/B, LV-105A/B et LV-107

Conclusion :

Pour établir le cycle de fonctionnement du processus des unités de production Haoud Berkaoui, plusieurs méthodes peuvent se présenteres telles que GRAFCET, organigramme, logigramme...etc.

La représentation par l'outil graphique de modélisation GRAFCET permet de décrire suivant un cahier des charges les comportements attendus d'un automate séquentiel face aux informations qu'il reçoit, en imposant une démarche rigoureuse, éventuellement hiérarchisée, évitant les incohérences, les blocages ou les conflits dans le fonctionnement.

Il est à la fois simple à utiliser et constitue un unique outil de dialogue entre toutes les personnes collaborant à la conception, à l'utilisation ou à la maintenance de l'installation à automatiser.

Cette étude nous a permis d'identifier une base des entrées et des sorties qui présente un critère essentiel dans le choix de l'automate, de sa CPU et de tous les modules qui vont être utilisés.

III - 1 - Introduction :

Les procédés et les installations industrielles sont constitués d'un ensemble de machines et d'équipements de production sur site où les relais électromagnétiques et les systèmes pneumatiques complexes sont utilisés pour la réalisation des parties commandes. Cette contrainte à pousser les chercheurs à concevoir des systèmes de commande automatisés plus compacts tels que les automates programmables industriels dans le but de réduire l'encombrement, renforcer le degré de fiabilité, offrir une très grande adaptabilité et permettre la flexibilité des installations industrielles.

Les automates programmables industriels sont apparus aux Etats-Unis vers l'année 1969, à la demande des constructeurs automobiles qui souhaitaient avoir un contrôleur programmable à des coûts moindres que l'ensemble câblé avec une souplesse d'utilisation et répondant aux besoins d'adaptation et de flexibilité.

III - 2 - Structure des systèmes automatisés de production :

Un système de production est dit automatisé, lorsqu'il peut gérer de manière autonome un cycle de travail préétabli qui se décompose en séquences ou étapes.

Les systèmes automatisés sont constitués de plusieurs parties plus ou moins complexes reliées entre elles qui sont :

- **La partie opérative (PO)** qui est la partie visible du système et qui comporte les éléments mécaniques du mécanisme avec des préactionneurs (distributeurs-contacteurs), des actionneurs (vérins-moteurs) et d'une détection (capteurs).

- **La partie commande (PC)** exploite un ensemble d'informations prélevées sur la partie opérative pour élaborer la succession des ordres nécessaires pour obtenir les actions souhaitées.

- **La partie relation (PR)** [pupitre de dialogue] regroupe les différentes commandes nécessaires au bon fonctionnement du procédé.

III - 3 - Définition d'un automate programmable :

L'automate programmable industriel API (program logic controller PLC) est un appareil électronique programmable destiné, à l'aide d'un langage adapté, pour piloter en ambiance industrielle et en temps réel des procédés ou des systèmes automatisés.

En fonction du programme chargé en mémoire, l'automate reçoit des informations logiques, analogiques ou numériques à partir des dispositifs d'entrées et ordonne des données pour la commande des dispositifs de sortie. Le programme de fonctionnement est effectué à partir d'instructions établies en fonction du processus à réaliser.

III - 4 - Présentation de l'automate programmable S7-300 :

L'automate programmable industriel SIMATIC S7-300 est un appareil électronique destiné à la commande et à la surveillance en temps réel des processus industriels. Le S7-300 est un automate modulaire de moyenne gamme SIMATIC S7 fabriqué par la firme SIEMENS.

Ces modules sont simplement accrochés sur un profilé-support et vissés pour former un ensemble robuste.

La riche gamme de modules de l'automate S7-300 permet la réalisation d'extensions centralisées et de structures décentralisées.

III - 5 - Caractéristiques de l'automate programmable S7-300 :

L'automate S7-300 présente les caractéristiques suivantes :

- Automate très performant, adapté à la résolution des problèmes.
- Gamme diversifiée de module avec possibilité d'extension jusqu'à 32 modules.
- Bus de fond de panier intégré aux modules et les liaisons entre les modules sont assurées par des connecteurs enfichés aux dos des modules.
- Liberté de montage aux différents emplacements.
- Configuration et paramétrage à l'aide de l'outil de configuration matérielle.
- Raccordement central de la console de programmation PG avec accès à tous les modules.
- Possibilité de mise en réseau avec l'interface multipoint MPI, l'interface AS-i, le PROFIBUS ou l'Industriel Ethernet.

III - 6 - Constitution de l'automate programmable S7-300 :

L'automate S7-300 est un système d'automatisation disposant d'une vaste gamme de modules qui sont représentés dans la figure suivante :

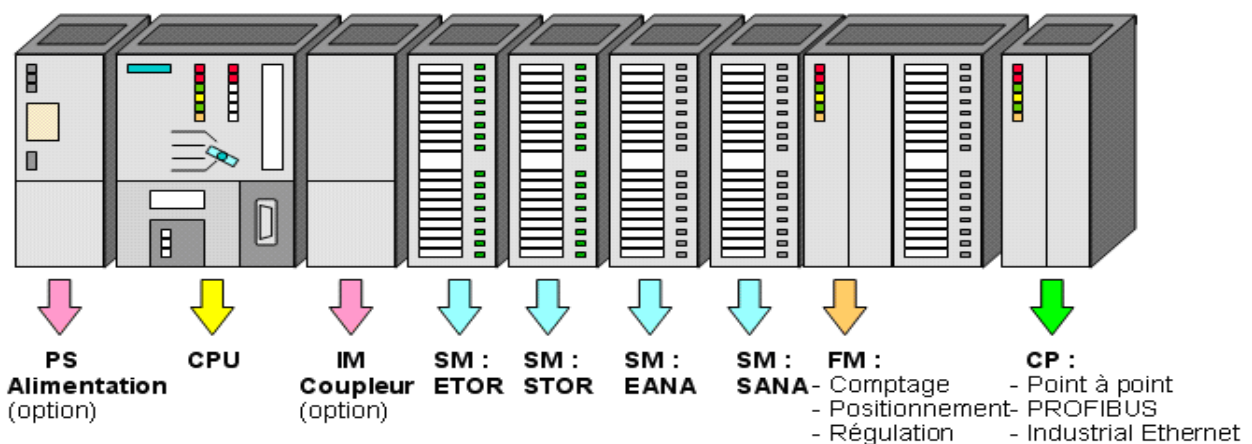


Figure 24 : Disposition des modules de l'automate S7 300

III - 6 - 1 - Modules d'alimentation (PS) :

Ces modules permettent de fournir à l'automate l'énergie nécessaire à sa mise en marche, ils transforment la tension secteur 220/380V à une tension continue de service de 5V, 12V, 24V et assurent ainsi l'alimentation des circuits internes de l'automate ainsi que les différents circuits des capteurs et des actionneurs.

Le tableau suivant représente les différents modules d'alimentation de l'automate S7-300 :

REFERENCE	COURANT DE SORTIE	TENSION A L'ENTREE	TENSION A LA SORTIE
PS 307	2A	120V/230V AC	24V DC
PS 307	5A	120V/230V AC	24V DC
PS 307	10A	120V/230V AC	24V DC

Tableau 1 : Différents modules d'alimentation de l'automate S7-300

L'automate est mis sous tension à l'aide d'un commutateur qui se trouve sur le module d'alimentation. Des voyants utilisés pour l'indication de mise sous tension de l'automate.

III - 6 - 2 - Unité Centrale (CPU) :

La CPU est le cerveau de l'automate, elle lit les états des entrées, ensuite, elle exécute le programme utilisateur qui se trouve en mémoire et enfin, elle commande les sorties.

Elle comporte une unité de commande et de calcul, des mémoires, un programme système et des interfaces de communication. Elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation ...etc.).

L'automate S7 300 dispose d'une large gamme de CPU tel que la CPU 315-2 DP qui permet la mise en place jusqu'à 32 modules. Elle possède une grande puissance de traitement en arithmétique binaire et à virgule flottante et génère grâce à sa vitesse de traitement élevée des temps de cycle machine courts. La petite largeur des modules permet de réaliser des constructions compactes et des armoires électriques à encombrement réduit.

La CPU est constituée des éléments importants suivant :

a) Processeur :

Le processeur est l'élément qui exécute les instructions, c'est l'ensemble fonctionnel chargé d'assurer le contrôle de l'ensemble de la machine et d'effectuer les traitements demandés par les instructions des programmes. Il est composé des éléments suivants :

- Une unité logique (UL) : traite les opérations logiques telles que les fonctions ET, OU, ...etc.
- Unité arithmétique et logique (UAL) : traite les opérations de calcul, temporisations et comptages.
- Un registre d'instructions : contient les instructions à exécuter.
- Un accumulateur : considéré comme un registre dans lequel se range une donnée ou un résultat.
- Un décodeur d'instructions : détermine l'instruction qui doit être exécutée.
- Un compteur programme ou compteur ordinal : contient l'adresse mémoire de la prochaine instruction à exécuter et gère la chronologie de l'exécution des instructions du programme.

b) Mémoire :

La mémoire est conçue pour contenir toutes les informations nécessaires pour le fonctionnement du système et mémorise les données qui sont utilisés ou produites par les programmes d'applications. On distingue :

- Mémoires vives RAM : elles contiennent le programme et les données utilisateur.
- Mémoires mortes ROM : elles contiennent les données propres à l'automate (système d'exploitation) et que l'utilisateur ne peut que lire le contenu stocké.
- Mémoires programmables (PROM) : elles sont programmables à l'aide d'outils spéciaux, elles contiennent les données propres à l'automate.
- Mémoires programmables effaçables (EPROM) : elles stockent les programmes au point et utilisables avec un matériel spécifique.

c) Signalisations d'état et de défaut :

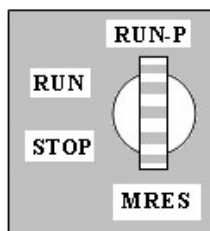
Certains états et défauts de l'automate sont signalés par des LEDS sur la CPU :

Indicateurs	Signification	Explication
SF (rouge)	Liste d'erreurs	Les modules capables de diagnostiquer affichent ici une liste d'erreurs.
BAF (rouge)	Erreur de batterie	Indique si la batterie mémoire tampon ne délivre pas assez de tension ou carrément pas du tout
DC5V (vert)	Alimentation DC5V pour la CPU et le bus panneau arrière	Indicateur pour l'alimentation interne fonctionnelle 5V de la CPU
FRCE (vert)	Forçages	Indicateurs d'état de la CPU, dans les entrées et les sorties par une fonction de test de forçage de commande
RUN (vert)	Etat de fonctionnement RUN	Clignote lors du démarrage de la CPU – Fixe lorsque la CPU est dans l'état Run
STOP (orange)	Etat de fonctionnement STOP	Clignote lorsque le formatage est demandé – Fixe lorsque la CPU est à l'état arrêt

Tableau 2 : Indicateurs de statut et d'erreur de la CPU

d) Commutateur de mode de fonctionnement :

Chaque CPU possède un commutateur de mode de fonctionnement pour commuter entre les différentes catégories de fonctionnement. Celui-ci est la plupart du temps conçu sous la forme d'un commutateur à clé, qui peut être placé sur les modes de fonctionnement RUN et STOP. Les modes de fonctionnement suivants sont possibles :



RUN-P : Le programme est traité, toutes les fonctions PG sont autorisées.

RUN : Le programme est traité, seules les fonctions PG en lectures sont autorisées.

STOP : Le programme n'est pas traité ; toutes les fonctions PG sont autorisées.

MRES : Dans cette position, on peut procéder à un formatage.

e) Carte mémoire et pile :

Elles permettent de sauvegarder le contenu du programme en cas de coupure de courant.

f) Bornes pour l'alimentation et la terre fonctionnelle :

Elles sont communes pour la majorité des CPU de l'automate S7-300, on distingue les bornes d'alimentation suivantes :

- Le cavalier amovible pour le montage sans liaison à la terre.
- La terre.

g) Interface multipoint MPI :

Un port pour l'interface multipoint ; pour la connexion avec la console de programmation (PG) ou un autre périphérique.

h) PROFIBUS DP (PROcess Field BUS) :

L'interface PROFIBUS DP est le profil de protocole pour la connexion de périphérique décentralisé ou d'appareils à champs à temps de réaction très rapides.

III - 6 - 3 - Modules de coupleurs (IM) :

Les coupleurs sont des modules d'extensions ; ils permettent de configurer l'automate sur plusieurs rangées et assurent la communication entre la CPU et les entrées /sorties par l'intermédiaire d'un bus interne, il faut aussi prévoir un module d'alimentation courant supplémentaire pour chaque nouveau châssis.

III - 6 - 4 - Modules de signaux (SM) :

Ces modules établissent la liaison entre la CPU de l'automate S7 300 et le processus commandé. On distingue plusieurs modules de signaux :

a) Modules d'entrées / sorties TOR :

Ils assurent le rôle d'interface entre l'automate et la partie commande.

Les modules d'entrées TOR permettent le raccordement de l'automate aux différents capteurs logiques tels que les fins de course, les boutons poussoirs, les pressostats, les thermostats, les capteurs de niveaux, ...etc.

Les modules de sortie TOR assurent le raccordement de l'automate aux différents actionneurs tels que les vérins, les moteurs, les pompes, les lampes, ...etc.

Les tensions d'entrées et de sorties TOR sont de 24 V, 48 V, 110 V, 220 V en DC et en AC.

b) Modules d'entrées / sorties analogiques :

Ils sont des interfaces entre l'automate et le processus commandé.

Les modules d'entrées analogiques convertissent les signaux analogiques mesurés (courant, tension, pression, température, ...etc.) en signaux numériques à l'aide des convertisseurs CAN pour être traité par l'automate.

Les modules de sorties analogiques convertissent les signaux numériques en signaux analogiques destinés au processus à l'aide des convertisseurs CNA.

III - 6 - 5 - Modules de fonction (FM) :

Ils ont pour rôle l'exécution des tâches de processus spécifiques. Ils sont utilisés pour soulager la CPU dans le traitement des informations et améliorent les performances du travail.

Ces modules se divisent en trois modules spéciaux programmables : le comptage, le positionnement et la régulation.

III - 6 - 6 - Modules de communication (CP) :

Ces modules permettent d'établir les différentes tâches de communication entre plusieurs automates à l'aide des systèmes de bus de terrain industriels.

Dans le domaine des systèmes à bus, on trouve l'interface multipoint MPI, l'interface AS-i, le PROFIBUS (Process Field Bus) et l'Industriel Ethernet.

III - 6 - 7 - Châssis d'extension (UR : Universal Rack) :

Il est constitué d'un profilé support en aluminium et bus de fond de panier avec connecteur.

Il assure le montage et le raccordement électrique des différents modules de l'automate. Il est possible d'utiliser plusieurs châssis en fonction du nombre d'entrées / sorties.

III - 6 - 8 - Console de programmation (PG) ou PC avec le logiciel STEP7 :

Cette console a pour fonction la réalisation, la compilation et le transfert du programme dans l'automate S7-300, la visualisation et le test du programme, la modification et l'archivage des données, la maintenance et le diagnostic.

III - 7 - Programmation du S7-300 avec le Langage STEP 7 :

Le système d'automatisation SIMATIC S7-300 est un automate modulaire compact constitué principalement d'une alimentation, d'une CPU et de modules d'entrées ou de sorties.

L'automate programmable contrôle et commande un processus suivant un programme réalisé à l'aide du logiciel STEP 7 et chargé dans la CPU à travers l'interface de chargement.

Le logiciel STEP7 est l'outil de base pour la configuration et la programmation de systèmes d'automatisation SIMATIC, il présente diverses caractéristiques qui offrent une grande flexibilité lors de la programmation et permet l'utilisation d'autres logiciels optionnels tels que S7-GRAPH ou S7-PLCSIM.

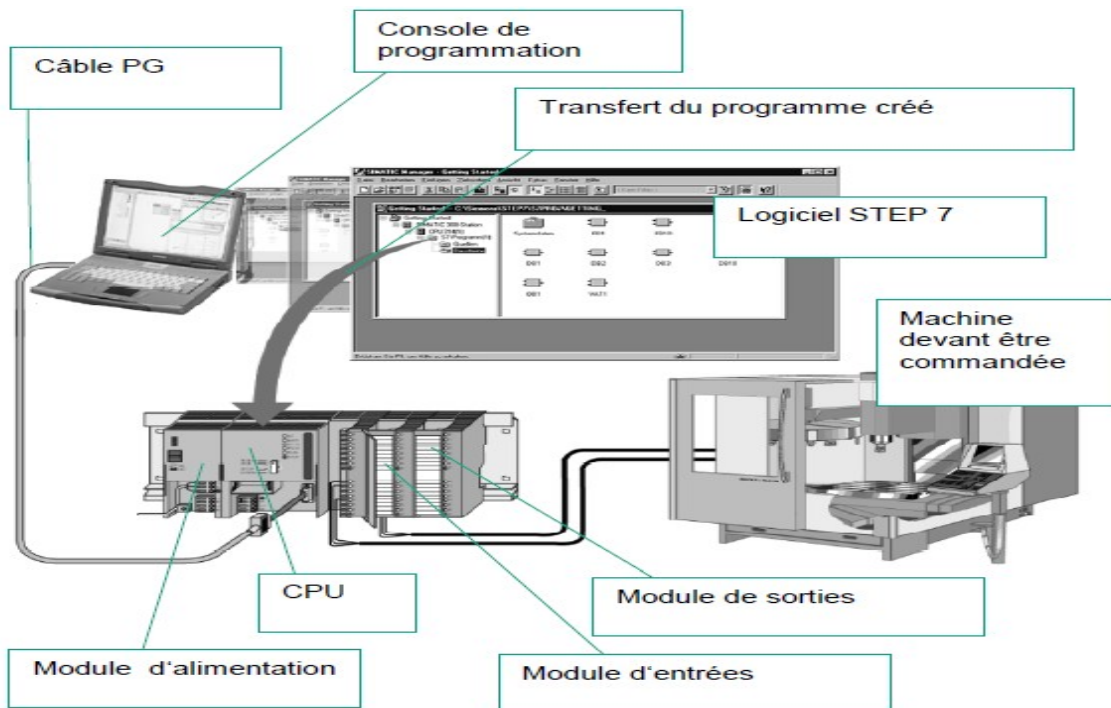


Figure 25 : Vue d'ensemble de l'automatisme.

III - 7 - 1 - Représentation de programme :

Pour créer des programmes S7, Le logiciel STEP 7 dispose de trois langages de programmation : langage à contact (CONT), logigramme (LOG) et liste d'instructions (LIST). La compilation du programme est possible dans les trois modes de représentation. Les programmes en CONT et en LOG peuvent systématiquement être traduits en langage LIST et stockés ainsi dans la mémoire de programmation de l'automate.

Nous avons opté pour le langage à contact (CONT) dans l'automatisation du centre de production Haoud Berkaoui car il est le langage le plus fréquent en industrie.

a) Liste d'instruction (LIST) :

Le langage LIST est un langage textuel, qui est très proche du langage assembleur employé pour la programmation des microprocesseurs, ce mode de programmation utilise de différentes instructions qui comportent des opérateurs et des opérands, ainsi on peut introduire des étiquettes et des commentaires.

b) Logigramme (LOG) :

Ce mode de programmation utilise les boîtes fonctionnelles graphiques de l'algèbre booléenne pour représenter des éléments logiques. Les différentes fonctions sont représentées par des symboles avec indicateurs de fonction, les entrées sont écrites à gauche du symbole et les sorties à droite de ce dernier.

c) Schéma à contact (CONT) :

Ce langage qui s'inspire des schémas de circuits est connu aussi sous le nom (LADDER), est une représentation graphique d'équations booléennes combinant des contacts fermés ou bien ouverts en entrées et des relais en sorties. Il est limité de droite et de gauche par des barres d'alimentation. Le LADDER est le langage le plus fréquent en industrie.

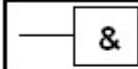
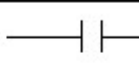
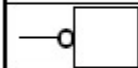
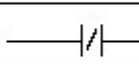
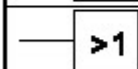
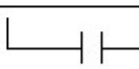
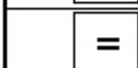
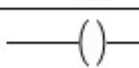
LOG	CONT	LIST	
		U	ET
		N	NON
		O	OU
		=	ATTRIBUTION

Figure 26 : Représentation d'opérations binaires avec les langages de programmation

III - 7 - 2 - Les blocs STEP7 :

Le logiciel STEP7 dans ces différents langages de programmation dispose de deux types de blocs : les blocs utilisateur et les blocs système.

1 - Les blocs utilisateur :

Ces blocs destinés à structurer le programme utilisateur dont on peut citer les blocs importants suivants :

a) Blocs d'organisations (OB) :

Les blocs d'organisations constituent l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur. Ces blocs remplissent des tâches différentes : ils gèrent le traitement de programme cyclique et déclenchement par alarme, ainsi que le comportement à la mise en route de l'automate programmable et le traitement des erreurs.

Ils définissent l'ordre dans lequel les différentes parties du programme seront traitées. L'exécution d'un OB peut être interrompue par l'appel d'un autre OB selon la priorité. L'OB1 est le bloc prioritaire.

Le bloc d'organisation pour le traitement de programme cyclique (OB1) constitue le traitement normal pour les automates programmables.

b) Blocs fonctionnels (FB) :

Un bloc fonctionnel est un bloc avec mémoire. Les paramètres transmis au FB ainsi que les variables statiques sont sauvegardés dans le bloc de données d'instance qui lui est associé. Les variables temporaires sont rangées dans la pile des données locales. Ces blocs sont par exemple utilisés lorsqu'il s'agit de programmer des régulateurs.

c) Fonction (FC) :

Une fonction (FC) est un bloc de code sans mémoire. Les variables temporaires d'une fonction sont sauvegardées dans la pile des données locales. Ces données sont perdues à l'achèvement de la fonction. Les fonctions peuvent faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde des données.

d) Blocs de données (DB) :

Ces blocs servent à stocker les données du programme utilisateur. On distingue deux types : les blocs de données globaux affectés à n'importe quel bloc utilisateur et les blocs de données d'instance qui sont associés à un bloc fonctionnel et peuvent contenir en plus des données de multi-instances que l'on aura éventuellement définies.

2 - Les blocs système :

Ils sont des blocs prédéfinis et intégrés dans le système d'exploitation de la CPU, ces blocs peuvent être appelés par le bloc utilisateur et utilisés dans le programme.

Il s'agit des blocs suivants:

Les blocs fonctionnels systèmes (FSB), les fonctions systèmes (SFC) et les blocs de données système (SDB).

III - 7 - 3 - Structure d'une programmation :**a) Programme linéaire :**

Il est utilisé pour des commandes simples et de volumes moins importants. Les multiples opérations et instructions de différentes fonctions sont stockées dans un seul bloc d'organisation (OB1) qui traite cycliquement le programme.

b) Programme structuré :

Pour les automatismes complexes, le programme utilisateur est subdivisé en fonctions principales que l'on programme à l'aide des blocs de codes (OB, FB, FC).

L'OB1 contient le programme principal qui sera exécuté par la CPU puis il fait appel aux autres blocs quand il le faut pour délivrer les données correspondantes, et dès que la CPU termine l'exécution du programme stocké dans le bloc appelé, elle reviendra pour suivre l'exécution du programme du bloc appelant. Ce genre de traitement de programme est utilisé lorsque le procédé à automatiser est complexe car il permet de simplifier l'organisation, la gestion et le test du programme.

c) Programme segmenté

Les différentes fonctions du programme sont stockées dans des blocs isolés, l'OB1 qui contient le programme principal appelle ces blocs l'un après l'autre.

Le programme subdivisé en bloc, chacun d'entre eux contenant uniquement le programme nécessaire pour réaliser la tâche qui lui est assignée. Un bloc peut à son tour se subdiviser en plusieurs réseaux. Lorsque l'on utilise des réseaux similaires, on peut créer des modèles.

Le bloc d'organisation OB1 contient des opérations qui appellent d'autres blocs dans un ordre défini.

III - 7 - 4 - Création d'un projet STEP7 :

Un projet STEP7 contient la description complète de l'automatisme. Il comporte deux grandes parties : la configuration matérielle et la création de programme.

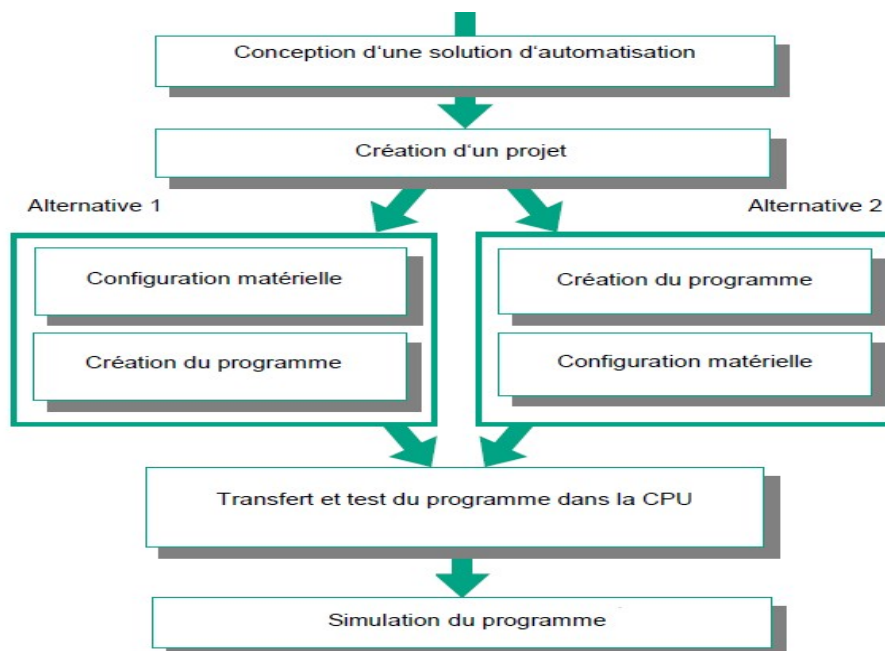


Figure 27 : Les différentes étapes de la création d'un projet STEP7

Après l'installation du logiciel STEP7 ainsi que son autorisation, on lance SIMATIC Manager par double clic sur l'icône qui se trouve sur le bureau Windows.

On crée un nouveau projet en choisissant la commande de menu **Fichier > Nouveau** dans SIMATIC Manager et on lui affecte un nom par exemple SH DP HBK. Ce projet contient déjà l'objet "Sous réseaux MPI".

Ensuite, on insère une station SIMATIC S7-300 pour l'automatisation du procédé.

La première chose à faire est la configuration matérielle.

a) Configuration matérielle :

Les profilés support ou châssis sont représentés par une table de configuration, dans laquelle on peut enficher un nombre défini de modules selon leurs caractéristiques et suivant la solution d'automatisation, tout comme dans les profilés support ou châssis "réels".

Dans la fenêtre "Catalogue du matériel", on sélectionne les composants matériels requis, et les amener dans la fenêtre de station en utilisant la fonction glisser-lâcher.

Le STEP 7 affecte automatiquement une adresse à chaque module dans la table de configuration.

Les étapes à suivre pour configurer et paramétrer une installation sont les suivantes :

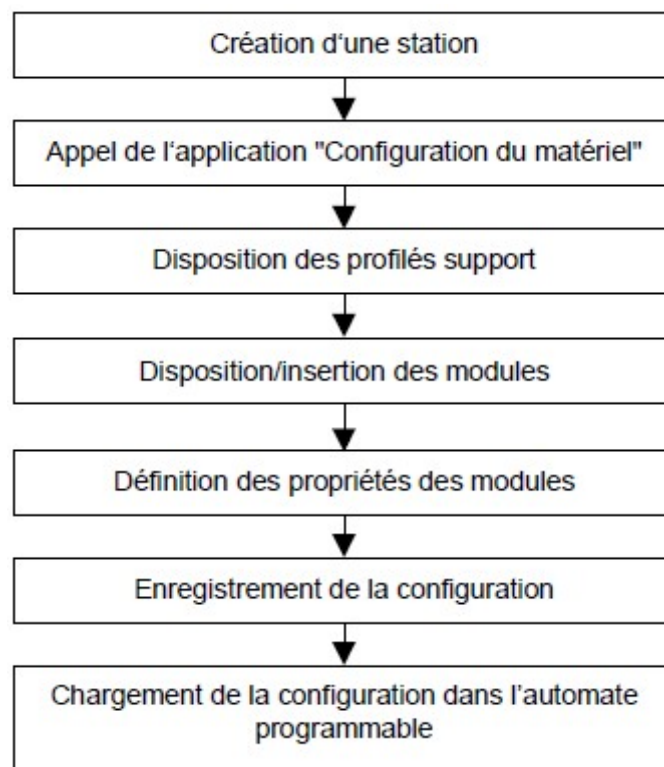


Figure 28 : Etapes de configuration et de paramétrage d'une installation

b) Disposition des modules (S7-300) :**• Profilé support 0 :**

Emplacement 1 : Module d'alimentation PS 307 2A référence 6ES7 307-1BA00-0AA0.

Emplacement 2 : Unité centrale CPU 315-2DP référence 6ES7 315-2AG10-0AB0.

Emplacement 3 : Module de couplage IM 365 référence 6ES7 365-0BA00-0AA0.

Emplacements 4 à 11 : Modules de signaux

Emplacements 4 à 7 : Modules d'entrées TOR DI32xDC24V référence 6ES7 321-1BL80-0AA0.

Emplacement 8 : Module d'entrées TOR DI16xDC24V référence 6ES7 321-1BH00-0AA0.

Emplacements 9 à 11 : Modules de sorties TOR DO32xDC24V/0.5A référence 6ES7 322-1BL00-0AA0.

• Profilés support 1 :

Emplacement 1 : Vide.

Emplacement 2 : Vide.

Emplacement 3 : Module de couplage IM 365 référence 6ES7 365-0BA00-0AA0.

Emplacements 4 et 5 : Modules de sorties TOR DO32xDC24V/0.5A référence 6ES7 322-1BL00-0AA0.

c) Différents types de configuration :**1. Configuration centralisée :**

Dans la configuration centralisée, les modules sont montés à côté de la CPU sur un profilé support ou un châssis. En présence d'une configuration de station très complexe, on fait appel à la configuration du couplage avec l'implantation de nombreux châssis d'extension.

2. Configuration de la périphérie décentralisée (DP) :

Une périphérie décentralisée désigne un réseau maître constitué d'un maître de périphérie décentralisée et d'esclaves de périphérie décentralisée reliés par un câble de bus et communiquant entre eux via le protocole PROFIBUS DP dans le but d'assurer le multiplexage de toutes les informations en provenance des capteurs et des actionneurs.

La nécessité de communication entre cellules (communication entre automates) a permis de voir apparaître de nombreuses normes de communication (Profibus, ...etc.).

Le déterminisme nécessaire pour certaines applications conduit à l'utilisation de réseaux Maître / Esclave.

- **Maître DP**

Lorsqu'on dispose d'un réseau maître DP (par exemple une CPU 315-2DP), STEP 7 trace automatiquement une ligne représentant le réseau maître. A l'extrémité de cette ligne, les esclaves DP sont affectés à ce maître DP par la fonction glisser-lâcher. Ensuite, on procède à la configuration matérielle de l'automate maître DP S7-300 suivant les règles d'enfichage.

- **Esclave DP :**

Tous les esclaves DP figurent dans la fenêtre "catalogue du matériel", sous le dossier "PROFIBUS DP". Selon le type d'esclave DP qu'on configure (par exemple une CPU 315-2DP), les emplacements des modules de l'automate esclave DP S7-300 se feront suivant les règles d'enfichage des modules dans la vue détaillée.

d) Choix de la configuration décentralisée :

La complexité croissante de la commande du centre de production Haoud Berkaoui et les normes de sécurité imposées nous a poussé à choisir une configuration décentralisée à base de deux automates programmables industriels SIEMENS S7-300 (CPU 315-2DP) tel que le système "ESD" est le maître DP et le système de contrôle du procédé "PCS" est l'esclave DP avec une communication de données via un bus PROFIBUS-DP.

Le bus de terrain PROFIBUS-DP est dédié aux exigences d'échanges de données rapides et efficaces entre des automates et des appareils décentralisés. Cette délocalisation de la périphérie dans la couche liaison permet une énorme économie du câblage.

e) Création du programme du système d'arrêt d'urgence "ESD" :

Le programme destiné à une CPU d'une station SIMATIC 300 est stocké dans un classeur appelé "Programme S7".

Dans ce dernier figure directement un classeur pour les blocs, contenant le premier bloc : Bloc d'organisation OB1. Ensuite, on opère la commande **Insertion > Bloc S7 > Fonction** pour l'insertion des blocs fonction FC. Un tableau de propriétés permet de choisir le langage de programmation : CONT, LOG ou LIST dans la page de l'éditeur de programme. (Pour notre cas, on choisit le langage à contact : CONT).

- **Programmation structurée :**

Un processus d'automatisation complexe est constitué de différentes tâches. Il est possible de répartir le programme utilisateur de l'ensemble des tâches de commande en petits blocs de programmes associés à des fonctions FC. Cela présente l'avantage de pouvoir tester les blocs de manière individuelle et de les faire fonctionner ensemble par une fonction globale.

Notre programme utilisateur est subdivisé en 18 blocs fonctions FC1, FC2 jusqu'à FC18 qui seront regroupés dans le bloc d'organisation (OB1) pour obtenir le programme principal qui sera exécuté par la CPU.

L'OB1 fait appel aux blocs fonctions quand il le faut pour délivrer les données correspondantes, et dès que la CPU termine l'exécution du programme stocké dans le bloc appelé, elle reviendra pour suivre l'exécution du programme du bloc appelant. Ce genre de traitement de programme est utilisé lorsque le procédé à automatiser est complexe car il permet de simplifier l'organisation, la gestion et le test du programme.

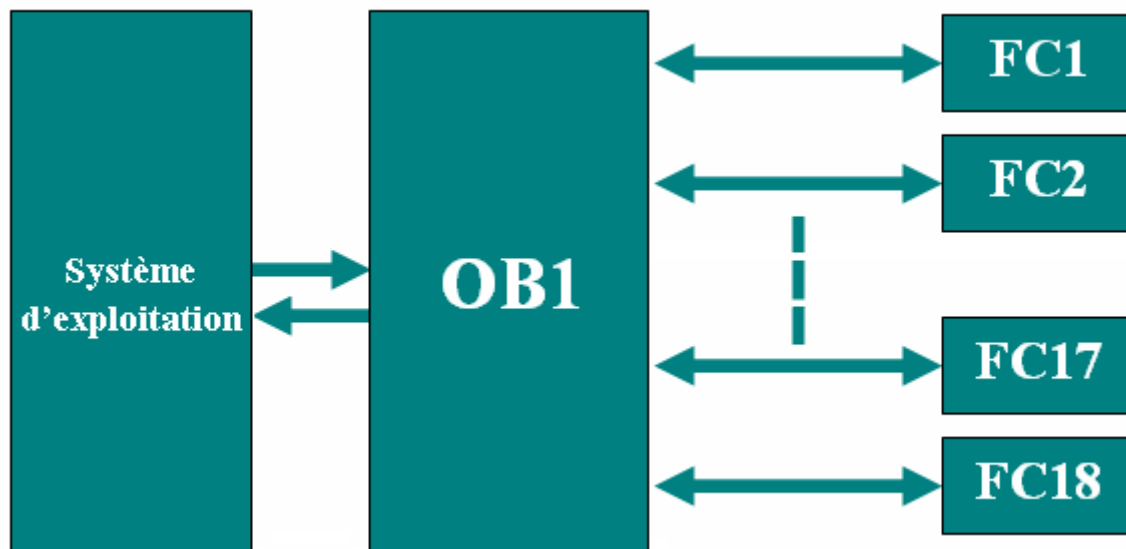


Figure 29 : Programmation structurée du système d'arrêt d'urgence "ESD"

OB1 : Commande de l'unité de séparation et boosting gaz de HBK

FC1 : Commande du séparateur S1A (HP batterie A)

FC2 : Commande des vannes ESDV1 et SDV1 communes entre S1A et S2A

FC3 : Commande du séparateur S2A (MP batterie A)

FC4 : Commande du séparateur S1B (HP batterie B)

FC5 : Commande des vannes ESDV5 et SDV5 communes entre S1B et S2B

FC6 : Commande du séparateur S2B (MP batterie B)

FC7 : Commande du séparateur S1C (HP batterie C)

FC8 : Commande des vannes ESDV9 et SDV9 communes entre S1C et S2C

FC9 : Commande du séparateur S2C (MP batterie C)

FC10 : Commande du séparateur S1E (HP batterie E)

FC11 : Commande des vannes ESDV15 et SDV15 communes entre S1E et S2E

FC12 : Commande du séparateur S2E (MP batterie E)

FC13 : Commande des aéros-réfrigérant E101A/B

FC14 : Commande du compresseur K101A

FC15 : Commande du compresseur K101B

FC16 : Commande de la soufflante K100A

FC17 : Commande de la soufflante K100B

FC18 : Commande des électrovannes

f) Chargement du programme :

Avant de procéder au chargement, il faut vérifier que le PC de programmation est connectée à l'interface MPI de la CPU via un câble MPI et que la configuration de station réalisée est exempte d'erreurs. STEP 7 vérifie alors si la configuration actuelle permet de générer des données système chargeables. Une fois la configuration, le paramétrage et la création du programme terminés, on sélectionne le bloc d'organisation OB1 et les fonctions FC1, FC2 jusqu'à FC18 puis on transfère le programme utilisateur dans la CPU en utilisant la commande **Systeme cible > Charger**.

g) Présentation de l'application S7-PLCSIM :

Après la configuration matérielle, le paramétrage, la création et le chargement du programme du système d'arrêt d'urgence ESD, on procède à la validation et la simulation des programmes destinés aux CPU S7-300 par le logiciel S7-PLCSIM.

Le logiciel optionnel de simulation de modules S7-PLCSIM permet d'exécuter et de tester le programme dans un environnement d'essai incluant automate et processus avant de le charger dans l'automate réel de l'installation automatisée. La simulation par S7-PLCSIM nécessite l'installation du logiciel STEP 7 sur le PC et permet la détection précoce et la suppression des erreurs de programmation.

L'application S7-PLCSIM qui dispose d'une interface simple permet de surveiller et de modifier les différents paramètres utilisés par le programme comme par exemple l'activation ou la désactivation des entrées.

h) Simulation et validation du programme avec S7-PLCSIM :

Dans la barre d'outils du gestionnaire de projets SIMATIC, un bouton permet d'activer ou de désactiver la simulation. Lorsque on clique sur ce bouton ou on sélectionne la commande **Outils > Simulation de modules**, l'application S7-PLCSIM est lancée et sa fenêtre CPU de simulation s'ouvre.

Dans le gestionnaire de projets SIMATIC, on sélectionne le bloc d'organisation OB1 et les fonctions FC1, FC2 jusqu'à FC18 puis on transfère le programme utilisateur dans la CPU de simulation en utilisant la commande **Système cible > Charger**.

On choisit le menu **CPU** dans S7-PLCSIM, puis on active la commande **Mettre sous tension** et on vérifie que la commande **Cycle continu** est activée en choisissant la commande **Exécution > Mode d'exécution**.

Pour permettre l'activation ou la désactivation des entrées ainsi que la visualisation des sorties, on insère de nouvelles fenêtres de la manière suivante :

- Cliquer sur le bouton ou sélectionner la commande **Insertion > Entrée** pour afficher les modules d'entrées **EB** avec leurs adresses (de 0 à 7).
- Cliquer sur le bouton ou sélectionner la commande **Insertion > Sortie** pour afficher les modules de sorties **AB** avec leurs adresses (de 0 à 7).
- Cliquer sur le bouton ou sélectionner la commande **Insertion > Temporisation** pour afficher trois fenêtres de temporisations.

Après avoir créé tout les modules nécessaires pour la visualisation des informations provenant de l'API de simulation, on met la CPU de simulation en marche en cliquant sur l'une des cases à cocher RUN ou RUN-P.

Par exemple, on clique sur le bit 0 de EB0 pour simuler la mise à 1 de l'entrée E0.0 et observer la réaction des temporisations et des AB.

Comme pour une CPU réelle, on a la possibilité de changer l'état de fonctionnement de la CPU (STOP, RUN et RUN-P).

i) Utilisation de STEP 7 pour visualiser la simulation de programme :

Le logiciel STEP 7 offre également la possibilité de visualiser la simulation du programme.

Tout d'abord, on lance le gestionnaire de projets SIMATIC où se trouve le classeur des blocs qui contient le bloc d'organisation OB1 et les fonctions FC1, FC2 jusqu'à FC18.

Après avoir créé les modules nécessaires pour visualiser la simulation du programme, on met la CPU de simulation en mode RUN.

Ensuite, on ouvre les pages de l'éditeur de programme "CONT/LIST/LOG" où on peut visualiser la simulation et observer les effets des modifications sur le programme en cliquant sur l'icône ou en choisissant la commande **Test > Visualisation**.

j) Exemple de simulation :

La figure suivante montre la simulation du bloc FC16 qui permet la commande de la soufflante K100A, avec le logiciel optionnel S7-PLCSIM.

IV - 1 - Introduction :

Depuis le début des années 80, les automates programmables sont intégrés pour le contrôle des différents processus industriels. Aujourd'hui, les progrès de la mécanique et de l'électricité ont permis de remplacer l'action de l'opérateur par celle d'un régulateur qui rétablit automatiquement les conditions de marche fixées à l'avance pour chaque partie d'installation quelles que soient les perturbations.

L'automate programmable n'est plus seulement une machine séquentielle mais il est beaucoup plus considéré comme un calculateur de processus grâce aux énormes progrès quant à la structure de base, la qualité et la diversité des outils proposés comme les modules de régulation continue, module de commande par logique floue et réseaux de neurones,...etc. Son intégration sur Fieldbus (PROFIBUS), sur Ethernet (Standard TCP-IP), accroît ses possibilités et constitue un passage obligatoire pour augmenter les performances des processus.

IV - 2 - Description des régulateurs :

Le régulateur transforme les écarts entre la valeur de mesure et la valeur désirée en un signal de commande pour l'organe de réglage, selon une loi déterminée par ses caractéristiques, loi qui prend différentes formes selon le type du processus à régler.

Les régulateurs peuvent être à action discontinue en agissant par tout ou rien ou à action continue.

Les régulateurs continus se répartissent en trois grands types différents selon leurs actions.

➤ Action proportionnelle (P) :

Pour cette action, la réaction sur la grandeur de réglage est proportionnelle à l'écart entre la valeur mesurée et la valeur de consigne du paramètre à régler. Ce genre de régulateur ne fait pas disparaître l'écart entre la valeur mesurée et la valeur de consigne, mais le réduit simplement.

➤ Action intégrale (I) :

Pour annuler l'écart résiduel, on insère la régulation par action intégrale. Ce genre de régulateur risque d'entretenir une oscillation de la grandeur réglée.

➤ Action dérivée (D) :

Le régulateur à action dérivée établit une valeur régulée en fonction de la vitesse de variation de l'erreur ainsi il améliore les performances de rapidité système à régler.

Le régulateur de type PI est l'un des plus utilisés dans la pratique. Il s'agit d'un couplage parallèle entre un régulateur proportionnel et un régulateur intégral.

IV - 2 - 1- Régulateur PID :

Le régulateur universel PID (Proportionnel-Intégral-Dérivée) s'obtient donc en ajoutant une composante de Type D à un régulateur PI qui cumule les avantages des deux types de régulateurs (stable, rapide, faible erreur résiduelle), tout en compensant leurs désavantages respectifs. Comme pour un régulateur PD, la partie dérivée assure une plus grande rapidité pour atteindre la valeur de consigne en ajoutant une action anticipatrice au régulateur.

- Loi de commande du régulateur PID :

$$u(t) = K_p \cdot \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \cdot \int_0^t e(x) \cdot dx + T_d \cdot \frac{de}{dt} \right)$$

- Fonction de transfert du régulateur PID :

$$C(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p \cdot \frac{1 + T_i \cdot s + T_i \cdot T_d \cdot s^2}{T_i \cdot s}$$

Ce régulateur est caractérisé par trois paramètres de réglage :

K_p : gain proportionnel.

T_i : temps d'intégration.

T_d : temps de dérivation.

IV - 3 - Etapes de réalisation d'un projet de régulation automatique :

De manière schématique, un projet de régulation automatique fait intervenir les tâches suivantes :

a) Analyse du processus :

Il permet de la compréhension du fonctionnement de l'installation et des ses applications ainsi que l'élaboration du cahier des charges sur la base des connaissances des applications visées, spécifiant les performances à atteindre (précision, rapidité, ...etc.).

b) Modélisation ou Identification :

Le modèle mathématique est construit sur la base des lois physiques qui gouvernent le système à régler. La modélisation est donc la phase d'un projet d'automatique consistant à obtenir les équations (différentielles) régissant le système à régler.

La complexité du modèle à obtenir dépend des spécifications du cahier des charges (rapidité, bande passante en boucle fermée, ...etc.).

Cependant le plus souvent complémentaire, consiste à réaliser, à partir d'un nombre limité de mesures pratiquées sur le système, son identification. Les techniques d'identification permettent en principe d'obtenir les valeurs numériques des paramètres d'un modèle mathématique capable de représenter de manière suffisamment fidèle un système donné.

c) Design du régulateur :

Le choix de la stratégie de régulation, compte tenu des résultats des phases d'identification et de modélisation, des performances du matériel où sera implanté cette stratégie ainsi que du cahier des charges.

d) Mise en œuvre :

Elle permet l'implantation de la stratégie de régulation déjà calculée, dans l'automate programmable après avoir effectué des essais dynamiques en laboratoire avant l'exploitation sur site.

IV - 3 - 1- Cas du séparateur de pétrole brut :

Le séparateur représente un système multivariable car il contient plusieurs paramètres à contrôler dépendant l'un de l'autre. On a un débit d'entrée qui est celui du mélange brut et trois débits de sortie qui sont ceux d'huile, d'eau et du gaz.

Le niveau d'huile et d'eau est donné en fonction de la différence entre le débit d'entrée et les trois débits de sortie. Donc il faut trouver un modèle d'état multivariable.

Cependant l'existence des interactions entre les paramètres et la section du séparateur aux formes arrondies ne facilite pas cette étude.

Pour un système multivariable, on ne peut pas concevoir et réaliser des boucles de régulation sans tenir compte des interactions qui agissent entre les boucles.

Dans ce cas de système, il faut passer à la dissociation des interactions, faire sortir des systèmes mono boucle pour pouvoir calculer les régulateurs.

IV - 4 - Automate de contrôle pour les unités de HBK :

Les systèmes de régulation et de commande dans les unités de production Haoud Berkaoui possèdent une importance primordiale. Le système de contrôle qui existe actuellement au niveau de ces unités se base sur des boucles de régulation classiques en utilisant des régulateurs locaux PID purement pneumatiques. Cependant ce système est confronté à certains inconvénients propre à la région du sud du pays ; tels que le sable, la chaleur excessive ainsi que l'usure des éléments constituant les régulateurs avec le temps...etc.

Ces différentes contraintes créent des anomalies dans ce système au niveau de la précision et de la stabilité. Par conséquent l'intégration des boucles de régulations dans l'automate s'impose. Nous avons choisi l'automate SIEMENS S7-300 car il assure une amélioration des boucles de régulation, une plus grande précision, ainsi qu'une parfaite stabilité.

IV - 4 - 1 - Configuration matérielle :

L'analyse fonctionnelle de l'installation et les conditions requises pour l'automatisation nous ont amenés à choisir une architecture décentralisée. La configuration matérielle de l'automate programmable de contrôle est la suivante :

➤ Disposition des modules (S7-300) :

• Profilé support 0 :

Emplacement 1 : Module d'alimentation PS 307 2A référence 6ES7 307-1BA00-0AA0.

Emplacement 2 : Unité centrale CPU 315-2DP référence 6ES7 315-2AG10-0AB0.

Emplacement 3 : Vide.

Emplacements 4 et 5 : Modules de signaux

Emplacement 4 : Module d'entrées analogiques AI18x16Bit référence 6ES7 331-7NF10-0AB0.

Emplacement 5 : Module de sorties analogiques AO8x12Bit référence 6ES7 332-5HF00-0AB0.

a) Réseau Maître-Esclave :

Dans l'architecture décentralisée choisie, le réseau automates est constitué d'un automate Maître qui assure la sécurité du procédé et d'un automate Esclave qui est consacré au contrôle. L'échange de données est assuré par le bus de terrain PROFIBUS DP.

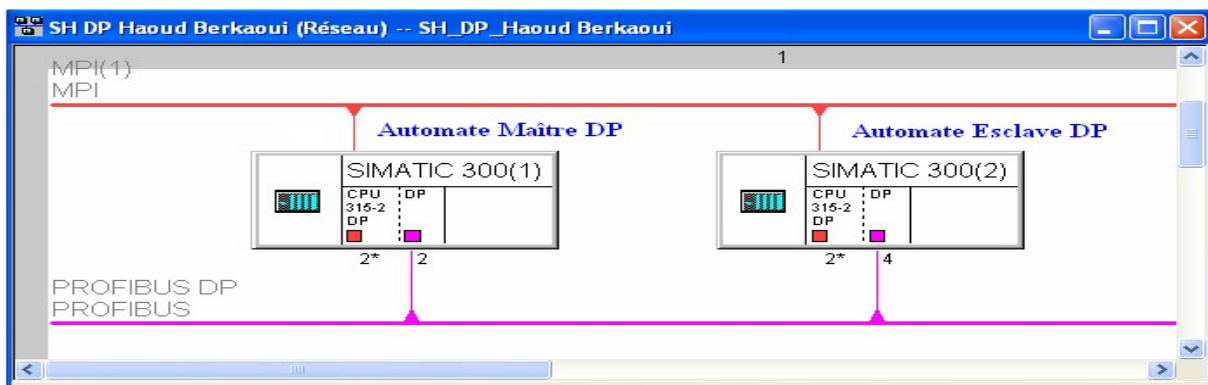


Figure 31 : Réseau Maître-Esclave

b) Choix de la CPU 315-2DP :

La CPU 315-2DP dispose d'une mémoire de programmation de capacité moyenne ainsi d'une interface **PROFIBUS-2DP** Maître / Esclave. Donc elle est destinée aux automatismes mettant en œuvre des structures de périphérie centralisée et décentralisée et à la mise en réseau de l'automate. L'interface multipoint MPI dont elle dispose est un port de communication qui assure la liaison entre les API SIMATIC S7-300 et le PC de supervision. Le but du choix de cette CPU est de pouvoir réaliser une communication par PROFIBUS entre l'automate Maître et l'automate Esclave afin de recevoir un nombre très important d'informations qui seront transmises et affichées dans le PC de supervision.

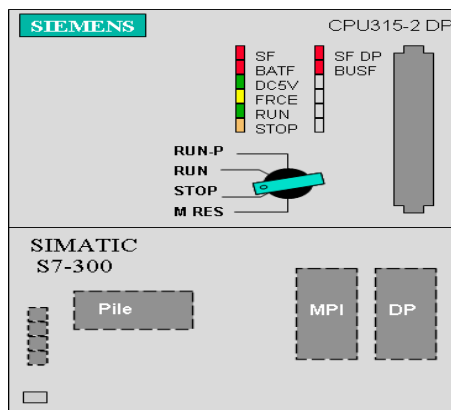


Figure 32 : CPU 315-2DP

c) PROFIBUS-DP :

Le PROFIBUS (Process Field Bus) est le nom d'un type de bus de terrain inventé par SIEMENS et devenu peu à peu une norme de communication dans le monde de l'industrie.

Le PROFIBUS est un réseau qui permet la communication de périphéries décentralisées, appareils de contrôle et de nombreux autres appareils de terrain avec les systèmes d'automatisation. Cette communication sert à l'échange des données entre automates programmables ou entre un automate et les stations décentralisées.

- **Quelques particularités du PROFIBUS-DP :**

- Connexion de 126 stations max.
- Extension modulaire ; le bus de terrain peut croître avec les exigences
- Système ouvert ; possibilité de raccorder les appareils de terrain d'autres fabricants.
- Communication directe entre Esclaves DP.
- Coupure ou mise en marche d'un appareil de terrain en cours de service sans répercussion sur les autres.

d) Raisons d'utilisation du PROFIBUS DP dans cette étude :

Nous avons proposé une CPU avec un PROFIBUS-DP intégré afin de recevoir des informations sur l'état des séparateurs de l'unité de séparation, d'assurer un bon contrôle de niveau d'huile et d'eau et la pression du gaz et d'acquérir le maximum de données sur l'état des deux trains de compression du gaz A et B de l'unité de boosting. La connaissance des différents paramètres est nécessaire pour le bon déroulement de la production dans ces différentes unités. D'autre part, le PROFIBUS-DP sera utilisé pour installer d'autres stations décentralisées ou en cas de besoins d'extension ou ajout d'autres capteurs, actionneurs,...etc.

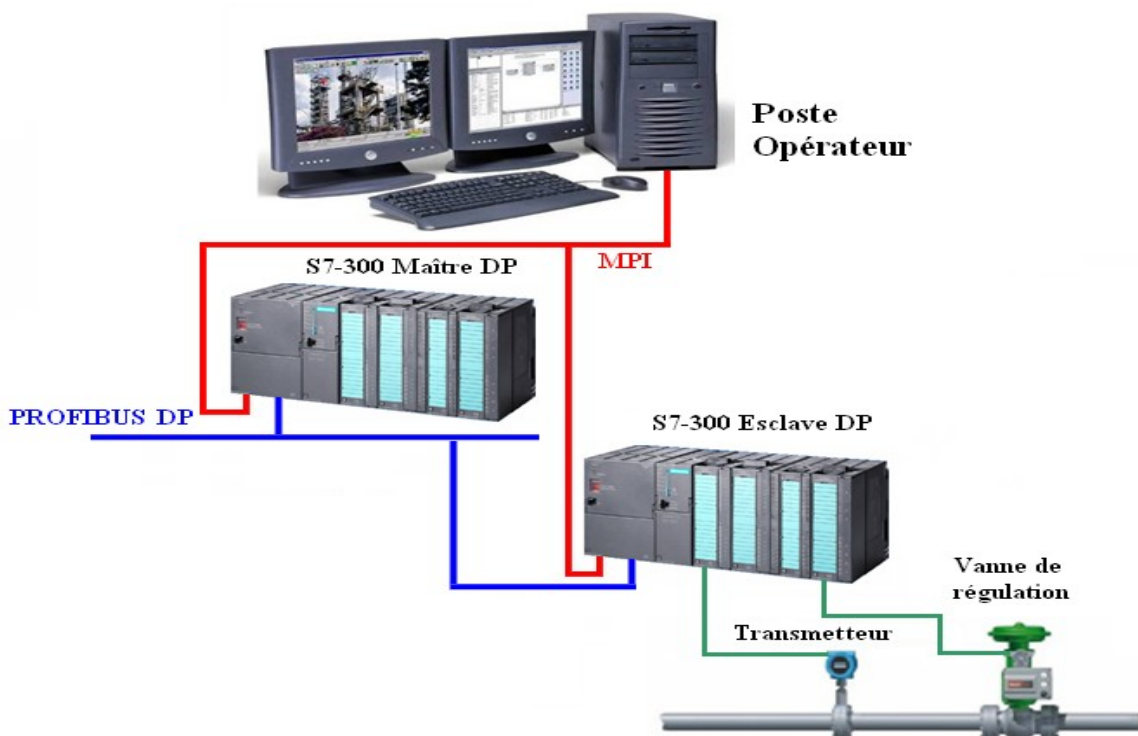


Figure 33 : Communication inter-automates et entre les automates et le PO

e) Modules d'entrées et de sorties analogiques :

➤ **Entrées analogiques :**

Les entrées analogiques sont celles des signaux électriques élaborés par les transmetteurs de niveau, de pression, de température et ceux de débit. Ces signaux sont de type courant normalisé (4-20mA) reliés directement aux modules d'entrée analogique de l'automate. Ces derniers vont réaliser la conversion de ces signaux issus du processus en signaux numériques pour le traitement interne de l'automate S7-300. Ces données de type analogique issues des différents transmetteurs sont nécessaires dans les boucles de régulation continue où la mesure est transmise à chaque instant au bloc de régulation programmable.

➤ **Sorties analogiques :**

Les signaux de sorties analogique servent à la commande proportionnelle des actionneurs tels que les vannes de régulation de niveau, débit existant dans les différentes unités, la position des ailettes au niveau des aéros-réfrigérant dans l'unité de boosting pour augmenter ou diminuer la surface d'échange selon la température du gaz comprimé,...etc.

IV - 5 - Réalisation d'un PID sous STEP7 :

Pour la réalisation des régulateurs qui assurent le contrôle des unités de production HBK, on a choisi le bloc de régulation continue SFB41/FB41 "CONT_C".

IV - 5 - 1 - Présentation du bloc de régulation continue SFB41/FB41 "CONT_C" :

Le bloc SFB41/FB41 "CONT_C" (continuous controller) sert à régler des processus industriels à grandeurs d'entrée et de sortie continues dans les automates programmables SIMATIC S7. Il permet de calculer une valeur d'ajustement y en fonction de l'erreur (différence mesure-consigne) $e = w - x$ selon l'algorithme du régulateur PID, et de livrer cette grandeur d'ajustement y sur sa sortie analogique.

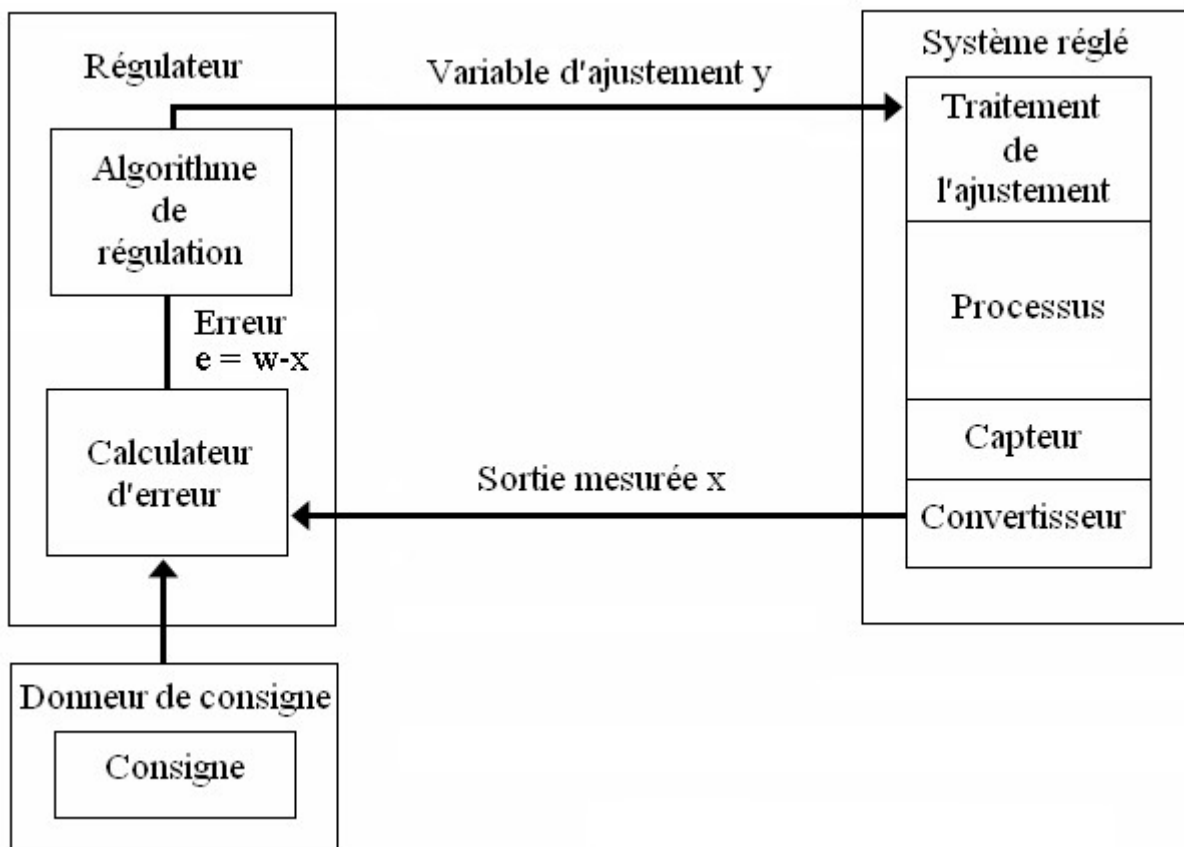


Figure 34 : Schéma fonctionnel d'une régulation avec un PID

- **Utilisation du SFB41/FB41 "CONT_C" :**

Ce régulateur peut être utilisé comme régulateur PID de maintien individuel, mais aussi comme régulateur en cascade, proportionnel ou de rapport dans des régulations à plusieurs boucles. Sa méthode de travail se base sur l'algorithme PID du régulateur d'échantillonnage à sortie analogique, complété le cas échéant par un niveau de formateur d'impulsions assurant la formation de sorties à impulsions modulées en durée pour régulations à deux ou trois échelons avec actionneurs proportionnels.

Le calcul des valeurs dans les blocs de régulation n'est effectué correctement que si le bloc est appelé à intervalles réguliers. C'est pourquoi il convient d'appeler les blocs de régulation dans un OB d'alarme cyclique (OB30 à OB38). La période est précisée dans le paramètre CYCLE.

En plus des fonctions traitant la consigne et la mesure, le SFB/FB réalise un régulateur PID prêt à l'emploi avec sortie continue de grandeur réglante et possibilité d'influencer la valeur de réglage à la main. Il propose les fonctions partielles suivantes :

- **Branche de consigne :**

La consigne est entrée en format de virgule flottante à l'entrée SP_INT.

- **Branche de mesure :**

La mesure peut être lue en format de périphérie ou de virgule flottante. La fonction CRP_IN convertit la valeur de périphérie PV_PER en un nombre à virgule flottante compris entre -100 et +100 %.

- **Formation du signal d'erreur :**

La différence entre la consigne et la mesure donne le signal d'erreur. Il est conduit par une zone morte (DEADBAND) pour atténuer une petite oscillation entretenue causée par la quantification de grandeur réglante. Quand DEADB_W égale 0, la zone morte est désactivée.

- **Algorithme PID :**

L'algorithme PID travaille dans l'algorithme de position. Les parties proportionnelle, intégrale (INT) et dérivée (DIF) sont en parallèle et peuvent être activées ou désactivées séparément. Ceci permet de paramétrer des régulateurs P, PI, PD et PID, mais aussi des régulateurs I et D purs.

- **Traitement de valeur manuelle :**

On peut passer du mode automatique au mode manuel et inversement. En mode manuel, la grandeur réglante est adaptée à une valeur manuelle. L'intégrateur (INT) est forcé de façon interne à LMN - LMN_P - DISV et le dérivateur (DIF) est forcé à 0 et égalisé de façon interne. Ainsi, le passage au mode automatique est exempt de chocs.

➤ **Traitement de valeur de réglage :**

La fonction LMNLIMIT permet de limiter la valeur de réglage à des valeurs que nous indiquons. Si la grandeur d'entrée dépasse ces limites, des bits le signalent.

La fonction LMN_NORM normalise la sortie de LMNLIMIT. La valeur de réglage est disponible aussi en format de périphérie. La fonction CRP_OUT convertit la valeur à virgule flottante LMN en une valeur de périphérie.

• **Schéma fonctionnel :**

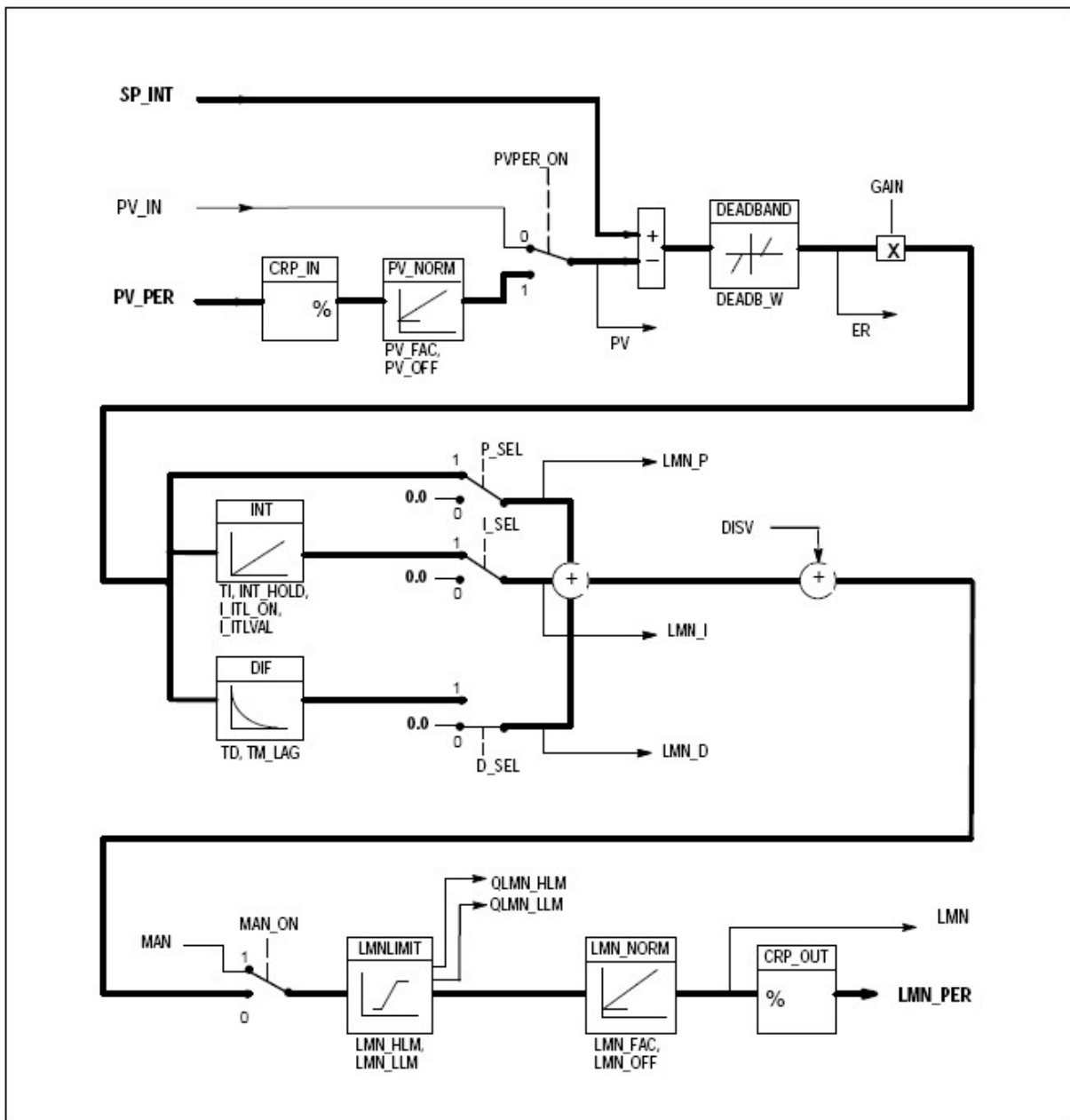


Figure 35 : Schéma fonctionnel du bloc de régulation continue SFB41/FB41 "CONT_C"

- Paramètres du bloc FB 41 « CONT_C » :

- Paramètres d'entrée (INPUT) :

Paramètre	Type de données	Valeurs admises	Par défaut	Description
COM_RST	BOOL		FALSE	COMPLETE RESTART / Démarrage Le bloc renferme un sous-programme de démarrage qui est exécuté quand cette entrée est à 1.
MAN_ON	BOOL		TRUE	MANUAL VALUE ON / Activation du mode manuel Quand cette entrée est à 1, la boucle de régulation est interrompue. La valeur de réglage manuelle est sortie comme grandeur de réglage.
PVPER_ON	BOOL		FALSE	PROCESS VARIABLE PERIPHERY ON / Activation de la mesure de périphérie Pour que la mesure soit lue en périphérie, il faut relier l'entrée PV_PER à la périphérie et mettre à 1 l'entrée PVPER_ON.
P_SEL	BOOL		TRUE	PROPORTIONAL ACTION ON / Activation de l'action proportionnelle Dans l'algorithme PID, il est possible d'activer et de désactiver séparément chacune des actions. L'action P est active quand cette entrée est à 1.
I_SEL	BOOL		TRUE	INTEGRAL ACTION ON / Activation de l'action par intégration Dans l'algorithme PID, il est possible d'activer et de désactiver séparément chacune des actions. L'action I est active quand cette entrée est à 1.
INT_HOLD	BOOL		FALSE	INTEGRAL ACTION HOLD / Gel de l'action par intégration La sortie de l'intégrateur peut être gelée. Pour cela, il faut mettre à 1 cette entrée.
I_ITL_ON	BOOL		FALSE	INITIALIZATION OF THE INTEGRAL ACTION / Initialisation de l'action par intégration La sortie de l'intégrateur peut être positionnée sur la valeur initiale I_ITL_VAL. Pour cela, il faut mettre à 1 cette entrée.
D_SEL	BOOL		FALSE	DERIVATIVE ACTION ON / Activation de l'action par dérivation Dans l'algorithme PID, il est possible d'activer et de désactiver séparément chacune des actions. L'action D est active quand cette entrée est à 1.
CYCLE	TIME	≥ 1 ms	T#1s	SAMPLE TIME / Période d'échantillonnage Le temps s'écoulant entre les appels de bloc doit être constant. Il est indiqué au niveau de cette entrée.
SP_INT	REAL	-100,0 à 100,0 (%) ou grandeur physique ¹	0,0	INTERNAL SETPOINT / Consigne interne Cette entrée sert à introduire une valeur de consigne.
PV_IN	REAL	-100,0 à 100,0 (%) ou grandeur physique ¹	0,0	PROCESS VARIABLE IN / Mesure d'entrée Cette entrée permet de paramétrer une valeur de mise en service ou d'appliquer une mesure externe en virgule flottante.

Paramètre	Type de données	Valeurs admises	Par défaut	Description
PV_PER	WORD		W#16#0000	PROCESS VARIABLE PERIPHERIE / Mesure de périphérie La mesure en format de périphérie est appliquée au régulateur par cette entrée.
MAN	REAL	-100,0 à 100,0 (%) ou grandeur physique ²	0,0	MANUAL VALUE / Valeur de réglage manuelle Cette entrée sert à introduire une valeur de réglage manuelle moyennant des fonctions de contrôle-commande.
GAIN	REAL		2,0	PROPORTIONAL GAIN / Coefficient d'action proportionnelle Cette entrée indique le gain du régulateur.
TI	TIME	>= CYCLE	T#20 s	RESET TIME / Temps d'intégration Cette entrée détermine la réponse temporelle de l'intégrateur.
TD	TIME	>= CYCLE	T#10 s	DERIVATIVE TIME / Temps de dérivation Cette entrée détermine la réponse temporelle de l'unité de dérivation.
TM_LAG	TIME	>= CYCLE/2	T#2 s	TIME LAG OF THE DERIVATE ACTION / Retard de l'action par dérivation L'algorithme de l'action D contient un retard qui peut être paramétré à cette entrée.
DEADB_W	REAL	>= 0,0 (%) ou grandeur physique ¹	0,0	DEAD BAND WIDTH / Largeur de zone morte Le signal d'erreur traverse une zone morte. Cette entrée détermine la taille de la zone morte.
LMN_HLM	REAL	LMN_LLM à 100,0 (%) ou grandeur physique ²	100,0	MANIPULATED VALUE HIGH LIMIT / Limite supérieure de la valeur de réglage La valeur de réglage est toujours bornée à une limite supérieure et une limite inférieure. Cette entrée indique la limite supérieure.
LMN_LLM	REAL	-100,0 à LMN_HLM (%) ou grandeur physique ²	0,0	MANIPULATED VALUE LOW LIMIT / Limite inférieure de la valeur de réglage La valeur de réglage est toujours bornée à une limite supérieure et une limite inférieure. Cette entrée indique la limite inférieure.
PV_FAC	REAL		1,0	PROCESS VARIABLE FACTOR / Facteur de mesure Cette entrée est multipliée par la mesure. Elle sert à adapter l'étendue de valeur de mesure.
PV_OFF	REAL		0,0	PROCESS VARIABLE OFFSET / Décalage de mesure Cette entrée est ajoutée à la mesure. Elle sert à adapter l'étendue de valeur de mesure.
LMN_FAC	REAL		1,0	MANIPULATED VALUE FACTOR / Facteur de valeur de réglage Cette entrée est multipliée par la valeur de réglage. Elle sert à adapter l'étendue de réglage.
LMN_OFF	REAL		0,0	MANIPULATED VALUE OFFSET / Décalage de valeur de réglage Cette entrée est ajoutée à la valeur de réglage. Elle sert à adapter l'étendue de réglage.
I_ITLVAL	REAL	-100,0 à 100,0 (%) ou grandeur physique ²	0,0	INITIALIZATION VALUE OF THE INTEGRAL ACTION / Valeur d'initialisation pour l'action par intégration La sortie de l'intégrateur peut être forcée par l'entrée I_ITL_ON. La valeur d'initialisation est appliquée à l'entrée I_ITLVAL.
DISV	REAL	-100,0 à 100,0 (%) ou grandeur physique ²	0,0	DISTURBANCE VARIABLE / Grandeur perturbatrice La grandeur perturbatrice est appliquée à cette entrée pour l'action anticipatrice.

1. Paramètres dans les branches de consigne et de mesure avec la même unité.
2. Paramètres dans la branche de grandeur de réglage avec la même unité.

➤ Paramètres de sortie (OUTPUT) :

Paramètre	Type de données	Valeurs admises	Par défaut	Description
LMN	REAL		0,0	MANIPULATED VALUE / Valeur de réglage Cette sortie donne en virgule flottante la valeur de réglage agissant réellement.
LMN_PER	WORD		W#16#0000	MANIPULATED VALUE PERIPHERY / Valeur de réglage de périphérie Cette sortie fournit la valeur de réglage en format de périphérie.
QLMN_HLM	BOOL		FALSE	HIGH LIMIT OF MANIPULATED VALUE REACHED / Grandeur de réglage à la limite supérieure La valeur de réglage est toujours bornée à une limite supérieure et à une limite inférieure. Cette sortie signale le dépassement de la limite supérieure.
QLMN_LLM	BOOL		FALSE	LOW LIMIT OF MANIPULATED VALUE REACHED / Grandeur de réglage à la limite inférieure La valeur de réglage est toujours bornée à une limite supérieure et à une limite inférieure. Cette sortie signale le dépassement de la limite inférieure.
LMN_P	REAL		0,0	PROPORTIONALITY COMPONENT / Composante P Cette sortie contient la composante proportionnelle de la grandeur de réglage.
LMN_I	REAL		0,0	INTEGRAL COMPONENT / Composante I Cette sortie contient la composante intégrale de la grandeur de réglage.
LMN_D	REAL		0,0	DERIVATIVE COMPONENT / Composante D Cette sortie contient la composante différentielle de la grandeur de réglage.
PV	REAL		0,0	PROCESS VARIABLE / Mesure Cette sortie donne la mesure effective.
ER	REAL		0,0	ERROR SIGNAL / Signal d'erreur Cette sortie donne le signal d'erreur effectif.

IV - 5 - 2 - Etapes de programmation du bloc SFB41/FB41 "CONT_C" :

Après l'obtention des paramètres nécessaires du régulateur, on suit les étapes suivantes pour générer et programmer le bloc SFB41/FB41 "CONT_C" :

a) Création du bloc OB35 :

L'OB35 est un bloc dit d'alarme cyclique, son utilisation assure une fréquence d'appel constante du bloc SFB41 (régulateur PID). Ceci est primordial pour que le régulateur puisse être optimisé grâce au réglage de ses paramètres.

Ceci serait impossible si l'on utilisait l'OB1 qui offre une fréquence d'appel incertaine.

Dans le programme de configuration matérielle, il est possible de choisir la fréquence d'exécution de l'OB35 en allant dans les propriétés de la CPU sous l'onglet, Alarmes cycliques.

b) Appel du bloc SFB41/FB41 :

Le réseau Call FB41, DB41 appelle le bloc régulateur PID FB41 en l'associant à un DB d'instance local qui est le DB41. Après avoir exécuter cette commande le bloc est généré.

c) Paramétrage du bloc SFB41/FB41 :

Cette étape consiste à implanter les paramètres nécessaires du régulateur dans le bloc tels que la valeur souhaitée, la valeur réelle et la variable d'ajustement. Puis on sauvegarde et on charge l'OB35 et DB41 dans la CPU.

d) Outil de paramétrage et de visualisation de la régulation PID :

Le paramétrage nous permet d'activer ou de désactiver des fonctions partielles du régulateur PID et donc d'adapter ce dernier au système réglé. On peut aisément réaliser ceci à l'aide de l'outil de paramétrage de la régulation PID.

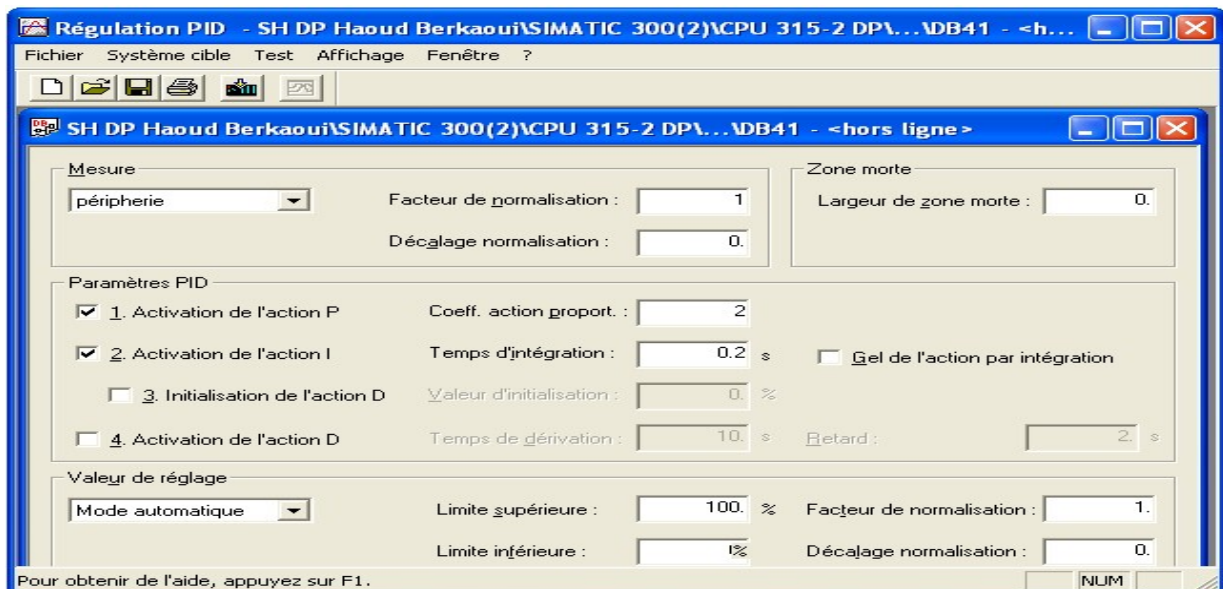


Figure 36 : Paramétrage du régulateur PID

La représentation graphique sera obtenue à l'aide du traceur de courbes pour pouvoir observer le comportement de la régulation avant d'implanter le régulateur dans le système de contrôle.

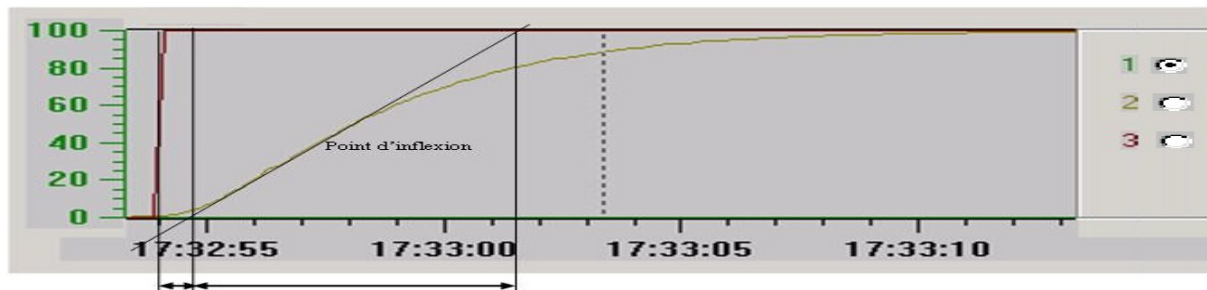


Figure 37 : Traceur de courbe

IV - 5 - 3 - Exemples d'application sur les unités de HBK:

Pour pouvoir programmer le bloc de régulation SFB41/FB41, il faut tout d'abord connaître les différents paramètres du régulateur à introduire tels que la consigne, gain proportionnel, temps d'intégration, temps de dérivation, les seuils min et max des différentes grandeurs (niveau, pression, température, débit),...etc. Dans notre cas on dispose des différents paramètres des régulateurs définis précédemment par les exploitants.

La mesure est assurée par des transmetteurs de niveau et de pression. Elle sera directement raccordée à une entrée analogique. La commande ou la valeur de réglage générée par le régulateur sera coupler à une sortie analogique.

Les organes de réglage dans l'installation sont généralement des vannes à servomoteur pneumatique qui peuvent être commandées par l'intermédiaire d'un convertisseur électropneumatique.

➤ Unité de boosting :**• Programmation du régulateur PIC102 :**

La pression du gaz dans les séparateurs MP est contrôlée par les vannes de sortie gaz PV102A/B.

La mesure de pression est assurée par un détecteur de pression et dirigée vers le transmetteur. Celui-ci transmet le signal au module d'entrée analogique de l'automate. Ce signal analogique est transformé en numérique pour être exploiter par le régulateur PIC102 qui, par ailleurs, a reçu les paramètres suivants :

- Bande proportionnelle BP = 10 % (Gain proportionnel $K_p = 1$).
- Consigne C = 0.9 bars.
- Temps d'intégration $T_i = 0.05$ s.
- Temps de dérivation $T_D = 0$ s.

Le régulateur compare la mesure à la consigne et, s'il existe un écart, agit sur le servomoteur de la vanne de régulation par un signal de commande dans le sens voulu pour ramener la grandeur réglée à la valeur de consigne :

- Sur montée de pression, le PIC 102 augmente l'ouverture des vannes PV102A/B pour évacuer l'excès de gaz vers les ballons d'aspiration 1^{er} étage V101A/B des compresseurs K101A/B de l'unité de boosting.
- Sur baisse de pression, le PIC 102 réduit l'ouverture des vannes PV102A/B ou bien les ferme complètement pour maintenir une pression donnée dans les séparateurs MP.

En mode manuel et interne du régulateur on peut visualiser la consigne, la mesure et la valeur de réglage. La valeur de réglage appliquée permet de ramener la mesure à la valeur de consigne.

- **Programmation du régulateur PIC109 :**

L'expédition de gaz vers l'usine de traitement de gaz de GLA commence après que les compresseurs K101A/B entre en production en passant par la phase de recyclage.

L'expédition de gaz est contrôlée par les vannes de régulation PV109 qui est commandé par le régulateur PIC109 qui, par ailleurs, a reçu les paramètres suivants :

- Bande proportionnelle BP = 50 % (Gain proportionnel $K_p = 2$).
- Consigne C = 22 bars.
- Temps d'intégration $T_i = 0.05$ s.
- Temps de dérivation $T_D = 0$ s.

Lors du démarrage de la station boosting, le PIC 109 qui se trouve en amont de la vanne PV109 mesure une pression nulle. Il maintient alors la fermeture de la vanne PV 109 pour permettre le démarrage des compresseurs K101A/B qui peuvent être bloqués dans le cas contraire par le retour du gaz de l'UTG de GLA.

La vanne de régulation PV 109 commence à s'ouvrir lorsque la pression du gaz dans le ballon V 103 atteint la consigne du PIC 109.

Conclusion :

D'après cette étude sur le système de contrôle qui se base sur les boucles de régulation gérant les différentes unités de production HBK, on peut conclure que les problèmes existant au niveau de ces unités, qui influent directement sur ses performances et sur la production, peuvent être résolus grâce à l'utilisation de l'automate programmable S7-300 qui comporte des blocs de régulation configurés et prêts à l'emploi tel que le bloc de régulation continue SFB41/FB41 "CONT_C". Ce dernier présente beaucoup d'avantages tels que sa facilité de programmation, sa précision, sa stabilité, sa rapidité de réaction qui est liée à la rapidité de traitement de la CPU, ...etc. Ainsi il apporte une meilleure correction au procédé qui sera transmise aux organes de commandes afin de ramener le plus efficacement possible les grandeurs réglées aux valeurs de consignes grâce à sa loi de commande PID et assure un fonctionnement optimal malgré l'évolution rapide des paramètres à régler et l'existence des différentes perturbations considérables.

V - 1 - Introduction :

Actuellement, les installations industrielles deviennent très complexes surtout dans l'industrie du pétrole et gaz, et souvent le contrôle, la surveillance, le diagnostic et les travaux de maintenance dans ce genre d'installations présentent d'énormes difficultés. Mais l'utilisation de la supervision industrielle peut résoudre ces problèmes tout en gagnant du temps qui est un facteur très important dans la production.

La technique de supervision industrielle consiste à surveiller l'état de fonctionnement d'un procédé pour l'amener à son point de fonctionnement optimal. Le but c'est de disposer en temps réel d'une visualisation de l'état d'évolution des paramètres du processus, ce qui permet à l'opérateur de prendre rapidement des décisions appropriées à ses objectifs telle que la cadence de production, qualité des produits et sécurité des biens et des personnes.

Notre objectif dans ce chapitre est de réaliser un système de supervision pour la gestion de l'unité de séparation et l'unité boosting gaz de la station HBK à l'aide d'un logiciel de supervision qui est le WinCC.

V - 2 - Généralités sur la supervision :**V - 2 - 1 - Définition de la supervision :**

La supervision est une forme évoluée de dialogue Homme-Machine, elle présente beaucoup d'avantage pour les processus industriels de production. Elle facilite à l'opérateur la surveillance de l'état de fonctionnement d'un procédé ainsi que son contrôle. Elle permet grâce à des synoptiques préalables créés et configurés à l'aide d'un logiciel de supervision, d'intégrer et de visualiser en temps réel toutes les étapes nécessaires à la fabrication d'un produit et de détecter les problèmes qui peuvent survenir en cours de fonctionnement dans une installation industrielle.

Les fonctions de la supervision sont nombreuses, on peut citer quelques unes :

- Elle répond à des besoins nécessitant en général une puissance de traitement importante.
- Assure la communication entre les équipements d'automatismes et les outils informatiques d'ordonnancement et de gestion de production.
- Coordonne le fonctionnement d'un ensemble de machines enchaînées constituant une ligne de production, en assurant l'exécution d'ordres communs (marche, arrêt,...etc.) et de tâches telles que la synchronisation.
- Assiste l'opérateur dans les opérations de diagnostic et de maintenance.

V - 2 - 2 - Avantage de la supervision :

Un système de supervision donne de l'aide à l'opérateur dans la conduite des procédés industriels, son but est de présenter à l'opérateur des résultats expliqués et interprétés et son avantage principal est :

- Surveiller les procédés industriels à distance.
- La détection des défauts.
- Le diagnostic et le traitement des alarmes.

V - 2 - 3 - Emplacement de la supervision :

La supervision se situe au plus haut niveau dans la hiérarchie des fonctions de production, il est donc essentiel de présenter à l'opérateur sous forme adéquate les informations sur le procédé.

V - 2 - 4 - Architecture d'un réseau de supervision :

En vue de la réalisation d'une communication entre un API et un PC, des mécanismes d'échange ont été développés dans ce sens pour assurer l'acquisition et le transfert de données entre le PC de supervision et un automate programmable.

Le PC de supervision n'échange pas directement les données avec les capteurs ou les actionneurs du procédé à superviser, mais à travers l'API qui gère l'ensemble du processus.

Un réseau de supervision est souvent constitué de :

- Un PC utilisé comme poste opérateur, permet l'acquisition des données, l'affichage des synoptiques et la conduite de l'unité.
- Un PC comme poste ingénieur, dédié à l'administration du système et au paramétrage de l'application.
- Un réseau d'acquisition de type MPI, reliant les postes opérateur à l'automate

V - 2 - 5 - Modules fonctionnels d'un système supervision :

En général, un système de supervision se compose d'un moteur central (logiciel) auquel se rattachent des données provenant des équipements (automates, pupitres,... etc.).

Le logiciel de supervision assure l'affichage, le traitement et l'archivage des données et la communication avec d'autres périphériques.

a) Module de visualisation (Zone d'affichage) :

C'est la représentation graphique du processus où on peut voir son évolution en indiquant l'état des équipements (niveaux, températures, pressions, ouverture ou fermeture des vannes, marche ou arrêt des moteurs, compresseurs, pompes...etc.).

b) Module d'archivage :

Il permet de mémoriser des données (alarmes et événements) pour une longue période afin de pouvoir documenter la marche du process et d'avoir accès ultérieurement aux données de production du passé pour des raisons de maintenance ou de gestion de production.

c) Module de traitement des données :

Il permet de traiter les données afin de les présenter via le module de visualisation aux opérateurs sous une forme adéquate. Il permet le traitement des défauts et alarmes car l'opérateur doit à chaque fois acquitter un défaut apparu, afin d'assurer une meilleure gestion de l'historique des alarmes.

d) Zone de communication :

Une zone de communication permet d'accéder à une plage d'adresse définie dans l'automate afin d'assurer un échange de données avec le PC de supervision et des pupitres de contrôle commande.

V - 2 - 6 - Commande par supervision :

Elle consiste à l'envoi de consignes vers le procédé dans le but de provoquer son évolution. L'acquisition de mesures ou de comptes-rendus permet de vérifier que les consignes envoyées vers le procédé produisent exactement les effets voulus. De plus elle offre une possibilité de paramétrage des dispositifs de commande.

V - 3 - Présentation du logiciel de supervision WinCC :

WinCC (**Windows Control Center**) est un système IHM (**Interface-Homme-Machine**) très performant développé par SIEMENS. C'est un outil flexible qui s'intègre parfaitement dans les solutions d'automatisation et de techniques de l'information et qui est destiné à la configuration des systèmes de supervision.

WinCC permet la saisie, l'affichage et l'archivage des données tout en facilitant les tâches de conduite et de surveillance aux exploitants. Il est compatible avec Windows et comporte des objets graphiques prédéfinis tels que : Affichage numérique, bibliothèque complète de symboles IHM, affichage de texte et courbes, champs d'édition de valeurs du process,...etc.

V - 3 - 1 - Avantage de WinCC :

- WinCC permet de visualiser le process et de concevoir l'interface utilisateur graphique destinée à l'opérateur.
- WinCC permet à l'opérateur de surveiller le process. Pour ce faire, le process est visualisé par un graphisme à l'écran. Dès qu'un état du process évolue, l'affichage est mis à jour.
- WinCC permet à l'opérateur de commander le process. A partir de l'interface utilisateur graphique, il peut p. ex. entrer une valeur de consigne ou ouvrir une vanne.
- Lorsqu'un état de process devient critique, une alarme est déclenchée automatiquement. L'écran affiche une alarme en cas de franchissement d'un seuil défini.
- Les alarmes et valeurs de process peuvent être imprimées et archivées sur support électronique par WinCC. Ceci permet de documenter la marche du process et d'avoir accès ultérieurement aux données de production du passé.
- Les interfaces de programmation ouvertes de WinCC permettent d'intégrer de différents programmes pour piloter le process ou exploiter des données.
- On peut adapter WinCC de façon optimale aux exigences de notre process. Le système supporte de nombreuses configurations.

La gamme des configurations s'étend du système monoposte aux systèmes répartis à plusieurs serveurs en passant par les systèmes client-serveur.

- La configuration WinCC peut être modifiée à tout moment même après mise en service. Les projets existants n'en sont pas affectés.
- WinCC est un système IHM compatible avec le réseau Internet qui permet de réaliser des solutions basées sur le web (commande à distance).

V - 3 - 2 - Applications disponibles sous WinCC :

WinCC dispose de plusieurs applications afin de réaliser un système de supervision complet qui répond bien aux objectifs fixés par l'opérateur. Ces applications sont :

a) Graphics Designer :

Graphics Designer est l'éditeur qui sert à réaliser les schémas de supervision, représenter tous les éléments de vue statiques et actifs tels que textes, graphiques ou boutons,...etc. Les bibliothèques de composants dont il dispose facilitent considérablement la création des représentations graphiques.

Il suffit d'intégrer lors de la configuration les objets de la bibliothèque dans les représentations par glisser-déplacer. Les bibliothèques de composants fournies contiennent de nombreux objets prédéfinis, tels que les vannes, moteurs, tuyauteries, instruments d'affichage et autres, classés par thème.

Cet éditeur permet aussi la configuration des éléments et des objets créés en leur affectant les variables et les adresses correspondantes et assure la fonction de visualisation grâce au **Graphics Runtime** qui affiche au runtime les représentation à l'écran et gère toutes les entrées et sorties.

b) Tag Logging :

Tag Logging permet d'enregistrer les valeurs de process dans des archives de valeurs de process. Ces archives pourront nous servir à afficher et exploiter p. ex. l'évolution des valeurs de process dans le temps et offre la possibilité d'accéder aux valeurs de process du passé.

c) Alarm Logging :

Les alarmes informent l'opérateur des états de fonctionnement ou pannes du process. Elles assurent la détection précoce de situations critiques et permettent d'éviter des immobilisations. Alarm Logging est utilisé pour définir les alarmes et leur contenu. Alarm Logging Runtime se charge au runtime d'exécuter les surveillances définies, de piloter l'émission des alarmes et de gérer leur acquittement.

d) Global Script :

Il dispose de deux éditeurs, l'éditeur C et l'éditeur Visuel Basic, à l'aide desquels on crée des actions et des fonctions qui ne sont pas prévues dans le WinCC.

e) Report Designer :

L'éditeur Report Designer est le composant de configuration du système de journalisation. Il est utilisé pour adapter des modèles de mise en page standard à nos besoins ou créer de nouveaux modèles de journaux. Report Designer permet également de spécifier des travaux d'impression pour le déclenchement du tirage. Report Runtime se charge au runtime d'extraire des archives les données à imprimer et de piloter le tirage.

f) User Administrator :

Les erreurs de conduite d'une machine ou d'un process peuvent avoir des conséquences fatales. Certaines fonctions doivent par conséquent être réservées aux seuls opérateurs autorisés. C'est dans cet éditeur justement que s'effectue la gestion des utilisateurs et des autorisations. Autrement dit, il permet d'attribuer et de gérer les droits d'accès.

V - 3 - 3-WinCC et SIMATIC STEP 7:

Faisant partie du concept TIA de Siemens (Totally Integrated Automation), WinCC s'avère particulièrement efficace dans le cadre d'une mise en oeuvre avec des automates programmables de la famille de produits SIMATIC. Les automates programmables d'autres marques sont bien entendus également pris en charge.

WinCC s'intègre parfaitement au logiciel SIMATIC STEP7. Cela nous permet de choisir des mnémoniques et bloc de données de SIMATIC STEP7 comme variable dans WinCC. On économise ainsi en temps et on évite aussi des sources d'erreurs dues à la répétition de la saisie.

V - 3 - 4- Communication entre le PC de supervision et l'automate:

La communication entre le PC de supervision et la machine ou le processus est réalisé par l'intermédiaire de l'automate, au moyen de « variables ». La valeur d'une variable est écrite dans une zone mémoire (adresse) de l'automate où est lue par le PC de supervision.

V - 4 - Développement d'un système de supervision sous WinCC:**V - 4 - 1 - Procédure de programmation :****a) Création d'un projet WinCC :**

Pour activer WinCC en clique sur l'icône du Windows Control Center.

➤ Configuration avec l'assistant de projet :

L'assistant de projet s'ouvre automatiquement lorsque on sélectionne la commande "**Fichier > Nouveau**". Il nous demandera d'entrer le type de projet (monoposte, multiposte, Multi Client ou ouvrir un projet existant), puis on donne le nom du projet.

Dès que l'assistant a créé le projet, les données de base du projet générées par l'assistant de projet s'affichent dans WinCC Explorer. Le nom du projet est inscrit dans la barre de titre de WinCC Explorer.

b) Elaboration d'une communication entre l'automate programmable et WinCC :

Pour que l'API puisse communiquer avec WinCC, il faut tout d'abord choisir et installer le pilote de communication. Le pilote à sélectionner dépend de l'API exploité. La famille d'API SIMATIC gère de quelques centaines à plusieurs milliers de points E/S.

Pour ajouter un pilote d'API, on clique avec le bouton droit de la souris sur "Gestion des variables" dans la fenêtre de gauche.

Dans le menu contextuel, on clique sur "Ajouter un nouveau pilote".

➤ **Pilote SIMATIC S7 Protocol Suite :**

Le canal "SIMATIC S7 Protocol Suite" est utilisé pour les couplages aux systèmes SIMATIC S7-300 et SIMATIC S7-400 et puisque l'automate qu'on a choisi pour notre projet est l'API S7-300 alors on installe ce pilote pour établir une communication à WinCC.

Pour créer une nouvelle liaison on clique avec le bouton droit de la souris sur le canal "MPI" puis dans le menu contextuel, on clique sur "nouvelle liaison".

➤ **Protocole de communication MPI :**

L'unité de canal "MPI" (**M**ulti **P**oint **I**nterface) est une interface de communication qui sert à coupler à l'ordinateur WinCC les automates programmables SIMATIC S7-300 et S7-400. L'unité de canal est une partie du Pilote de communication elle sert à gérer les liaisons logiques par lesquelles est réalisé l'accès aux variables.

La connexion au réseau est réalisée:

- sur l'automate programmable, par l'interface MPI de la CPU ou par une carte de communication.
- sur l'ordinateur WinCC, par l'interface MPI incorporée, p. ex. d'une console de programmation ou d'un processeur de communication (carte réseau).

La combinaison du canal et du protocole de communication détermine l'unité de canal utilisée par WinCC.

L'automate programmable connecté est finalement affiché dans WinCC Explorer comme entrée sous l'unité du canal.

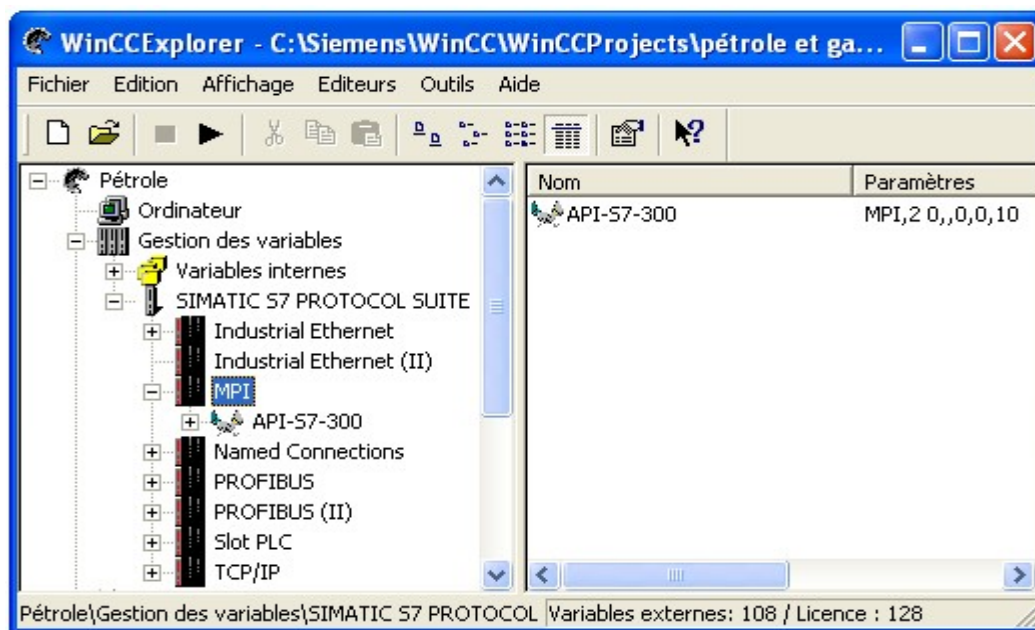


Figure 38 : Configuration de la liaison entre l'API S7-300 et WinCC

c) Déclaration des variables de process :

Pour créer un groupe de variables on clique avec le bouton droit de la souris sur la liaison conçue sous l'unité de canal MPI puis dans le menu contextuel, on clique sur "nouveau groupe de variables ". Une unité de canal peut contenir plusieurs groupes de variables. Mais le nom du groupe de variables doit être unique pour tout le projet.

On crée les variables de process dans ces groupes de variables. On attribue à chaque variable de process créée sous WinCC un nom unique sous lequel elle sera accessible dans le projet.

Les variables de process sont affichées dans WinCC Explorer comme objets de l'automate programmable associé.

Pour configurer une variable on effectue un double clic sur celle-ci. Alors on obtient la fenêtre propriété variable où on peut donner le nom de la variable, choisir le type de donnée, sa longueur, l'adresse...etc.

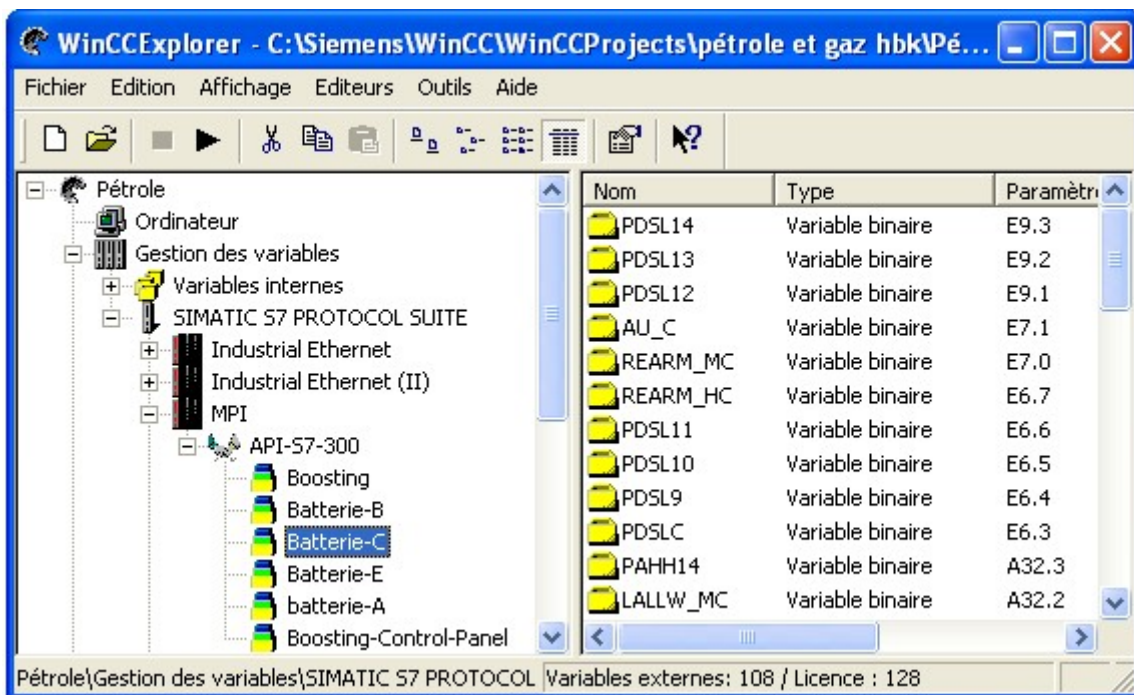


Figure 39 : Création des variables de process

d) Création et configuration des représentations de supervision :

Dans cette étape on réalise les représentations de supervision grâce à l'éditeur Graphics Designer en insérant les différents éléments ou objets de vue statiques et actifs dont on a besoin tels que textes, graphiques, boutons, vannes, moteurs, tuyauteries, instruments d'affichage et autre.

➤ **Réglage et configuration des objets :**

L'éditeur d'image permet d'éditer tous les objets image provenant de la bibliothèque SIEMENS HMI Symbol Library en choisissant :

- **Les symboles :** représentent les types et les formes d'objet.
- **Le style :** représente les modes d'affichage : avant plan ou arrière plan, et l'alignement : symétrie, rotation.
- **Les couleurs :** définissent les couleurs d'avant et d'arrière plan, de clignotement...etc.
- **Liaison des variables aux objets :**

Dans la plage de valeur dynamique on choisit la variable, type de donnée, les couleurs d'activation ou désactivation de l'objet puis on clique sur valider et la variable est liée à l'objet.

e) Simulation du projet :

Comme notre configuration est intégrée à SIMATIC STEP7, nous pouvons simuler une liaison à l'automate S7-300 avec le simulateur de variables PLCSIM en exécutant notre projet directement dans la version d'exécution (Runtime).

➤ **Activation du projet :**

Après avoir défini les propriétés du Runtime, on active le projet par la commande "Activer" qui se trouve dans le menu "Fichier" sous WinCC Explorer ou on clique sur l'icône dans la barre d'outils.

Lors de l'activation, WinCC démarre les composants sélectionnés du logiciel Runtime. Nous pourrions alors utiliser et tester le projet.

V - 4 - 2 - Réalisation des représentations de contrôle et de supervision :

La station HBK comporte une unité de séparation et une unité de boosting gaz.

On a développé 7 représentations graphiques pour cette station :

- Page d'accueil.
- Supervision de la batterie de séparation A.
- Supervision de la batterie de séparation B.
- Supervision de la batterie de séparation C.
- Supervision de la batterie de séparation E.
- Supervision de l'unité de boosting gaz.
- Supervision du panneau de contrôle de l'unité de boosting (boosting control panel).

➤ **Page d'accueil :**

Cette première représentation est la page d'accueil qui comporte les différents boutons de navigation qui serviront à basculer vers les autres représentations.



Figure 40 : Page d'accueil

➤ **Supervision des batteries de séparation A, B, C et E :**

Dans ces représentations graphiques on a configuré les éléments et les objets pour visualiser l'ensemble des séparateurs HP, MP et BP de chaque batterie de séparation. Dans les quatre batteries on a inséré et configuré des boutons de commande et de navigation, les vannes en choisissant des différentes couleurs afin de spécifier l'état de ces vannes s'elles sont ouvertes ou fermées, des alarmes qui nous informent sur les défauts process...etc.

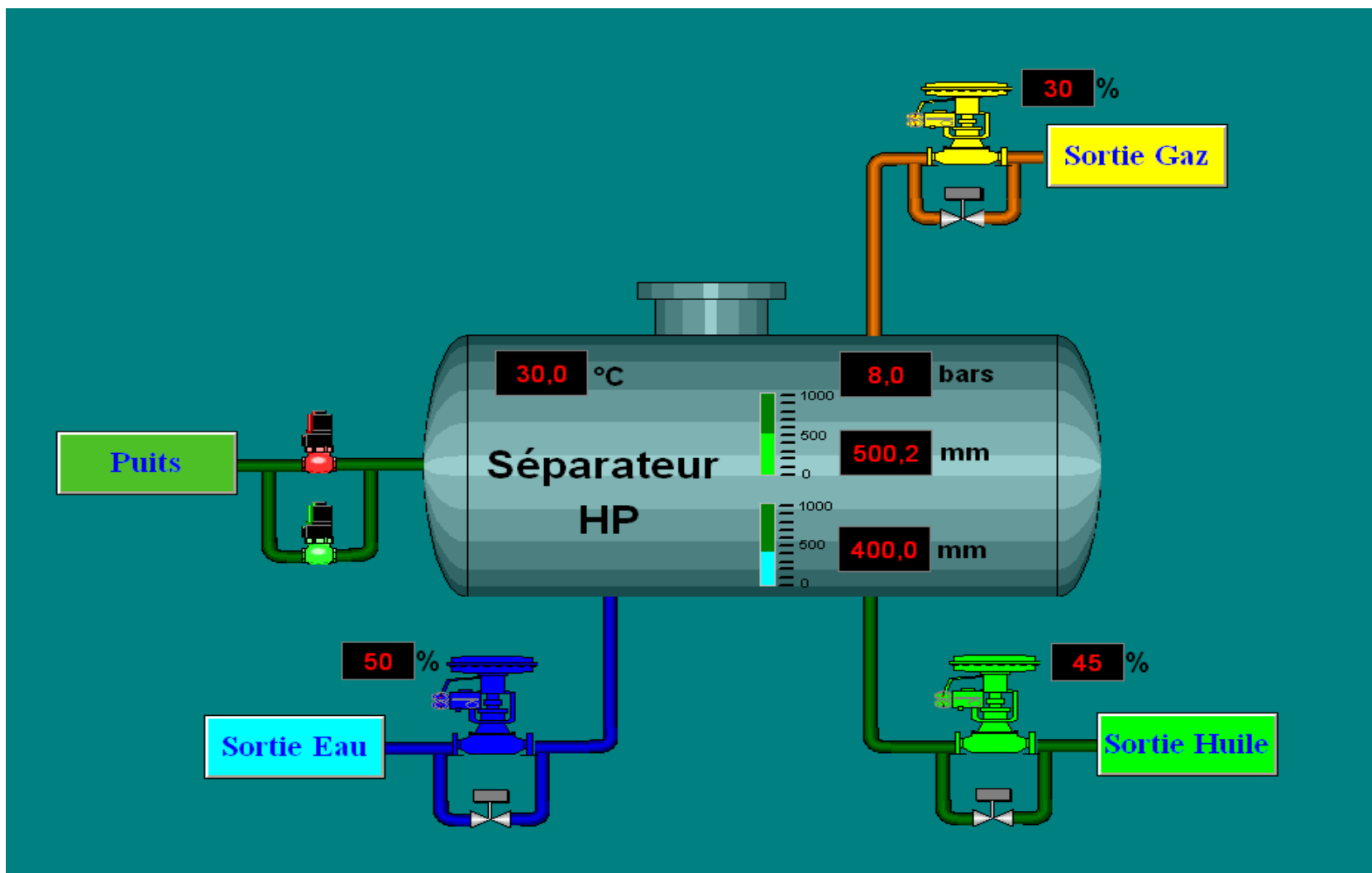


Figure 42 : Supervision d'un séparateur HP avec ses paramètres de régulation

Dans la figure précédente, les afficheurs sont configurés d'une façon à afficher les données des transmetteurs tels que les niveaux d'huile et d'eau, la pression du gaz, la température ainsi que le pourcentage d'ouverture des différentes vannes de régulation afin de permettre à l'opérateur de suivre leur évolution en fonction du temps.

➤ **Supervision de l'unité de boosting gaz :**

Cette représentation nous permet de visualiser l'ensemble de l'unité de compression de gaz qui se compose de deux trains de compression, on a configuré les différents objets : bouton de navigation, soufflantes, compresseurs, aéros-réfrigèrent, tuyauterie les différentes électrovannes et les vannes de régulation tout rien, les détecteurs de niveau dans les ballon d'aspiration et de refoulement de gaz et les différentes alarmes de niveau, de pression et de température. Pour les effets d'animation on a fait de telle sorte que ces objets ont des couleurs différente pour différencier entre l'état de marche et arrêt, ouverture et fermeture, déclenchement et l'état ordinaire.

➤ **Supervision du panneau de contrôle de l'unité de boosting :**

Cette représentation visualise le panneau de contrôle qui nous permet le contrôle de l'unité de boosting gaz. Il comporte les différents boutons qui nous permet de piloter les différents éléments constituant les deux train de compression A et B. Ces bouton sont : Un bouton d'arrêt d'urgence en cas d'événements inattendus, des boutons de marche/arrêt des aéros-réfrigèrent, compresseurs et des soufflantes et les bouton de réarmement des différentes électrovannes.

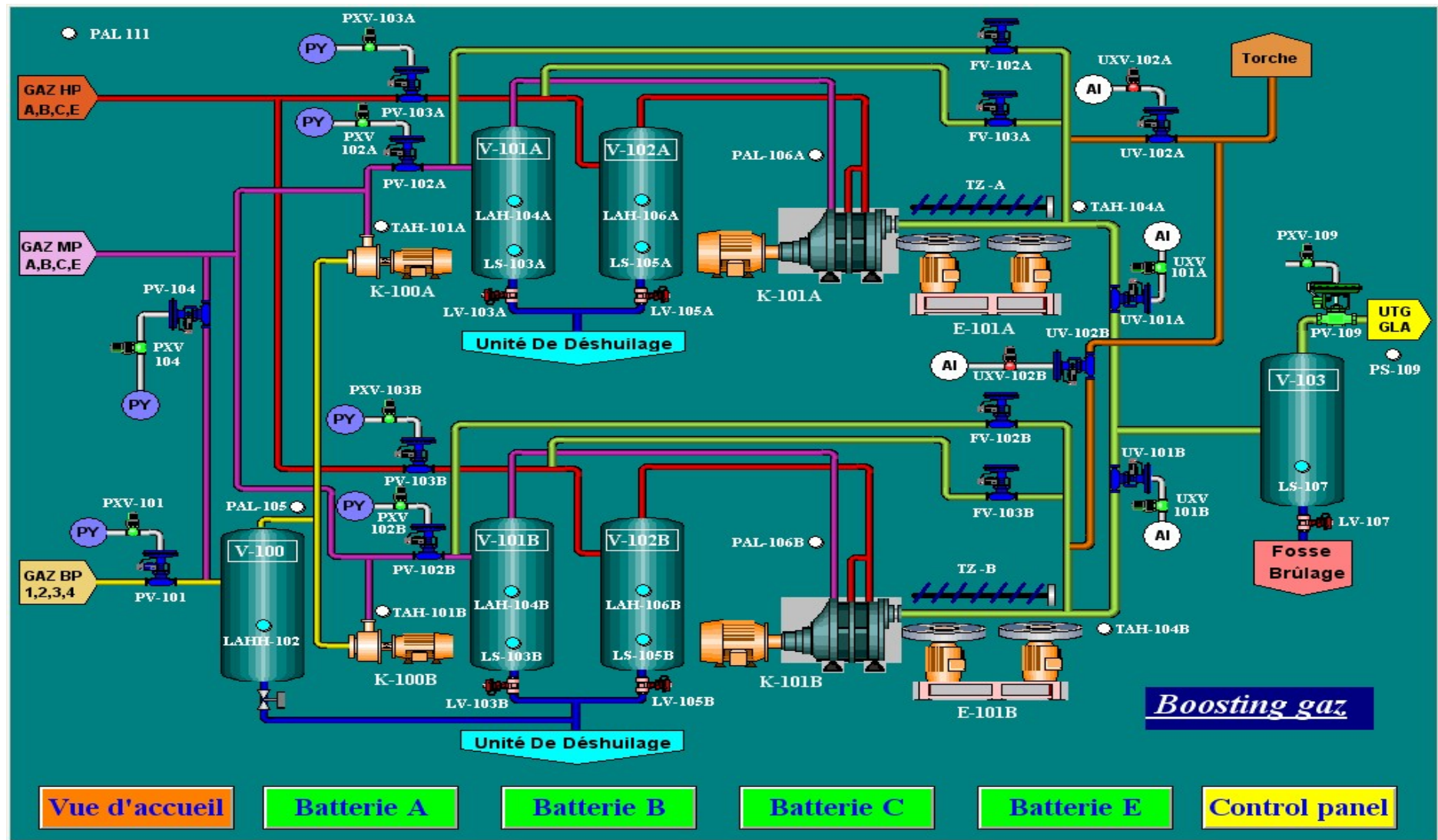


Figure 43 : Supervision de l'unité de boosting gaz

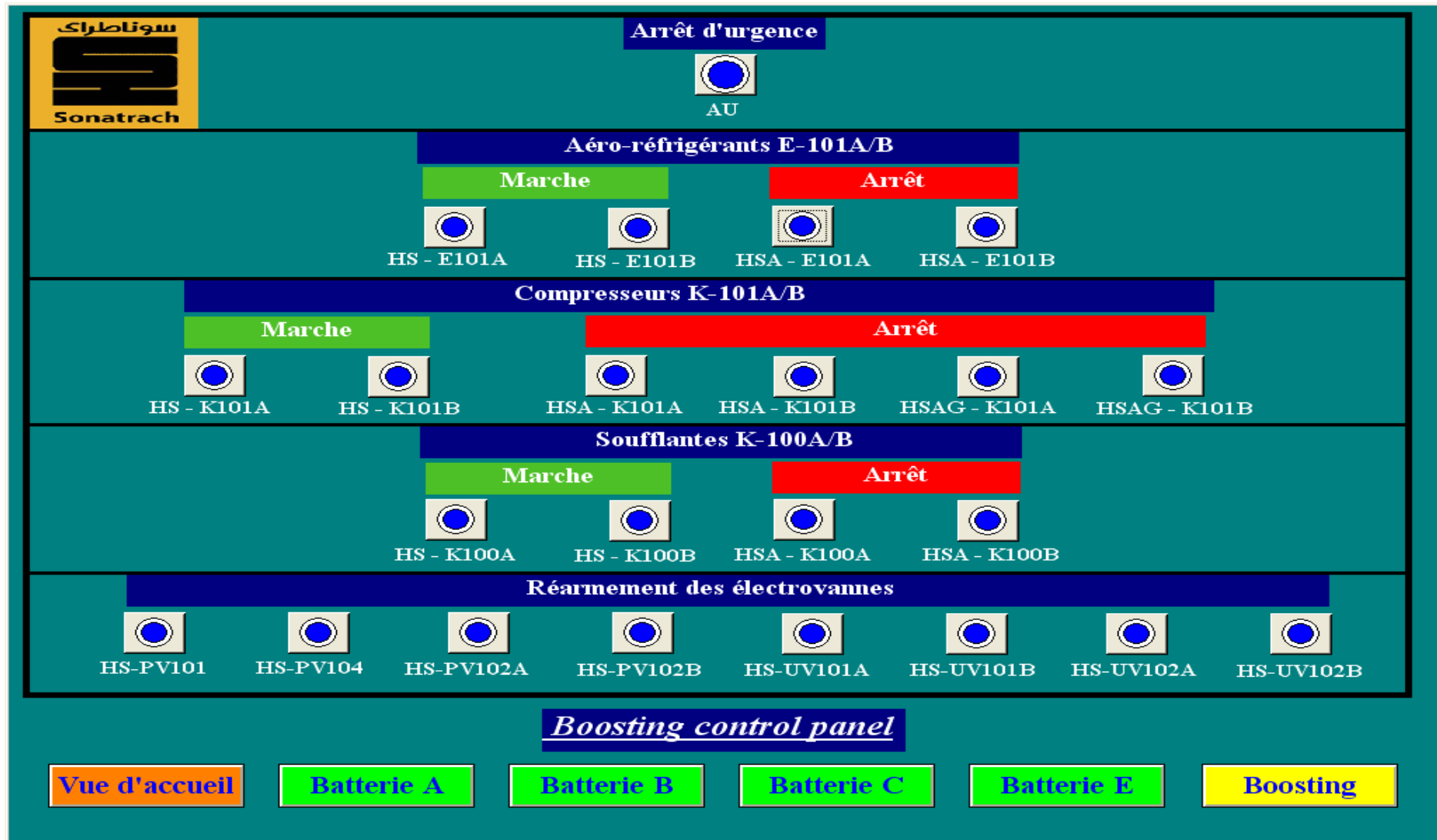


Figure 44 : Supervision du panneau de contrôle de l'unité de boosting

Conclusion :

Dans ce chapitre on a réalisé les représentations graphiques de contrôle et de supervision de la station HBK qui nous permettent de suivre l'évolution du procédé en temps réel. On a constaté que le logiciel de supervision WinCC est très riche en options. Il est très puissant dans les solutions globales d'automatisation car il assure un flux continu d'informations. Ses composants conviviaux permettent d'intégrer sans problème les applications dont on a besoin. Il combine entre l'architecture moderne des applications Windows et la simplicité du logiciel de conception graphique et il intègre tous les composants nécessaires aux tâches de visualisation et de pilotage. Donc il suffit d'imaginer le design de l'installation et tout les effets d'animations qui seront nécessaire pour bien apporter l'état réel de l'installation à l'opérateur avec plus d'informations à partir des messages configurés et l'attribution des couleurs différentes pour les états différents des objets.

Grâce au logiciel de visualisation du process qu'il possède, il nous a permet de contrôler facilement et avec clarté toutes les opérations d'automatisation de la station HBK.

Conclusion générale :

Notre projet de fin d'étude qui a été fait en grande partie au sein du centre de production Haoud Berkaoui de Sonatrach a pour but de développer une solution de commande et de supervision des unités de séparation et boosting. Cependant le développement de cette solution n'est pas aisé car elle se fait en plusieurs étapes et demande un bon usage de méthodes adéquates. En outre l'acquisition des connaissances approfondies dans d'autres disciplines que l'automatisation tels que la mécanique, l'électronique, l'informatique et le domaine des hydrocarbures sont nécessaires pour faire une étude et affronter un tel problème.

L'installation des systèmes numériques de contrôle du procédé "PCS" et d'arrêt d'urgence "ESD" pour les unités de production de Haoud Berkaoui à base d'automates programmables, ainsi que l'élaboration d'un système de supervision qui permet en temps réel la surveillance et la détection des problèmes pouvant survenir au cours du fonctionnement ont permis de satisfaire le cahier de charges et d'améliorer les performances des unités de production Haoud Berkaoui.

Ce projet était une occasion d'appliquer nos connaissances acquises durant notre formation. Il nous a permis d'acquérir un savoir faire dans le domaine pratique, de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine et d'autre part, d'apprendre les différentes étapes à suivre pour l'élaboration des projets d'automatisation. Cela a été pour nous une expérience très enrichissante.

A l'issue de ce travail, nous pouvons conclure que :

L'outil de modélisation GRAFCET a apporté bien des progrès en matière de méthodologie d'élaboration de cahier des charges, de réalisation et de programmation des systèmes automatisés.

Identiques dans leur principe, mais différents dans leur finalité, les automatismes peuvent se différencier entre automatismes de sécurité et automatismes de procédé.

Automatismes de sécurité :

Les "sécurités" ou "protections" comprennent tous les automatismes qui démarrent ou arrêtent automatiquement certains équipements ou parties d'unité lorsqu'une divergence excessive des conditions de marche conduit à un risque humain ou matériel.

Les automatismes de sécurité sont intégrés dans les installations de production afin d'améliorer la fiabilité, d'assurer la protection du personnel, minimiser les pertes et les dégâts matériels.

Automatismes de procédé :

Ils comprennent tous les automatismes qui ne correspondent pas à un risque particulier; mais plutôt à la réalisation du contrôle continu des principaux paramètres de marche du procédé.

Les automatismes de procédé assurent le bon fonctionnement des installations, permettent une meilleure maîtrise des opérations d'exploitation afin d'augmenter la productivité.

Les automates programmables industriels représentent les éléments de base des automatismes. Parmi les automates utilisés dans l'industrie on trouve l'automate programmable industriel SIEMENS S7-300 qui est très puissant dans les solutions globales d'automatisation car il présente beaucoup d'avantage tels que la facilité de programmation grâce au langage STEP7, la flexibilité, la facilité d'extension de ses modules et la possibilité de visualisation et validation du programme établie avant son implantation sur l'automate grâce à son logiciel de simulation des modules physiques S7-PLCSIM. Ainsi que les blocs de régulation configurés et prêts à l'emploi dont il dispose s'intègrent facilement aux solutions de commande afin d'améliorer les performances des boucles de régulation et assurer l'optimalité de la production.

La technique de supervision industrielle par WINCC qui est une forme évoluée de dialogue Homme-Machine est indispensable dans les automatismes complexes comme dans le cas de notre station, car elle facilite le diagnostic ainsi que les tâches de surveillance et de conduite des installations.

Références Bibliographiques

- [01] : Michel.Grout, Instrumentation industrielles, spécification et installation des capteurs et des vannes de régulation, collection EEA série automatismes, édition DUNOD, Paris, 2002.
- [02] : Georges.Asch, Les capteurs en instrumentation industrielle, 5^{ème} édition, édition DUNOD, Paris, 1999.
- [03] : R.David et H.alla, Du Grafcet aux réseaux de Pétri, 2^{ème} édition, édition HERMES, Paris, 1997.
- [04] : X.Normand et A.Treil, L'industrie du raffinage du pétrole Tome 1, Publications de l'institut français du pétrole, édition TECHNIP, Paris, 1998.
- [05] : Alan S.Morris, Measurement and Instrumentation Principles, 3^{ème} édition, Butterworth-Heinemann édition British Library, Grande-Bretagne, 2001.
- [06] : William C. Dunn, Fundamentals of Industrial Instrumentation and Process Control, édition McGraw-Hill Companies, États-Unis d'Amérique, 2005.
- [07] : Control Valve Handbook, 4^{ème} édition, Fisher Emerson Process Management, États-Unis d'Amérique, 2005.
- [08] : Manuel opératoire et procédure de démarrage, station de traitement et de compression gaz de Guellala et HBK, Direction Production Haoud Berkaoui SONATRCH, Algérie.
- [09] : Conception des opérations d'entretien de l'instrumentation et mécanique, division maintenance, Direction Production Haoud Berkaoui SONATRCH, Algérie.
- [10] : Instrumentation, Contrôle et Appareils sous pression, documents des fournisseurs du centre HBK SONATRACH volume 1 à 9, MITSUBISHI INDUSTRIELS.
- [11] : Manuel opératoire et système de contrôle des compresseurs K-101 A/B, documents des fournisseurs de la station Boosting HBK SONATRACH volume 1 et 2, DRESSEUR RAND Control Systems Operation.
- [12] : Rénovation système contrôle et reinstrumentation des centres HBK, Projet Direction Production Haoud Berkaoui SONATRCH, Offre technique FOXBORO & GROUPE INVENSYS.
- [13] : F.Messaili, K.Messai et N.Yadel, Mémoire de fin d'étude d'ingénieur, Développement d'une solution décentralisée à base d'un automate programmable industriel S7-300 pour une station de déshydratation du gaz GPL située à Hassi Messaoud, Département d'électronique, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, Algérie, 2007.

➤ Tableau des entrées de l'unité de séparation :

Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
PDSLA	Bool	E0.0	Détecteur de pression différentielle aux bornes de la vanne SDVA
PDSL1	Bool	E0.1	Détecteur de pression différentielle aux bornes de la vanne SDV1
PDSL21	Bool	E0.2	Détecteur de pression différentielle aux bornes de la vanne SDV21
PDSL2	Bool	E0.3	Détecteur de Pression différentielle aux bornes de la vanne SDV2
REARM_HA	Bool	E0.4	Réarmement des vannes ESDV et BDV du séparateur S1A
REARM_MA	Bool	E0.5	Réarmement des vannes ESDV et BDV du séparateur S2A
AU_A	Bool	E0.6	Bouton d'arrêt d'urgence de la batterie de séparation A
DF_A	Bool	E0.7	Détecteur de feu de la batterie de séparation A
DG1_HA	Bool	E1.0	Détecteur 1 de fuites de gaz du séparateur S1A
DG2_HA	Bool	E1.1	Détecteur 2 de fuites de gaz du séparateur S1A
PSL111	Bool	E1.2	Détecteur de coupure d'air instruments
LSHHO_HA	Bool	E1.3	Détecteur de niveau très haut huile dans le séparateur S1A
LSHHW_HA	Bool	E1.4	Détecteur de niveau très haut eau dans le séparateur S1A
LSLLO_HA	Bool	E1.5	Détecteur de niveau très bas huile dans le séparateur S1A
LSLLW_HA	Bool	E1.6	Détecteur de niveau très bas eau dans le séparateur S1A
PSHH2	Bool	E1.7	Détecteur de très haute pression gaz dans le séparateur S1A
DG1_MA	Bool	E2.0	Détecteur 1 de fuites de gaz du séparateur S2A
DG2_MA	Bool	E2.1	Détecteur 2 de fuites de gaz du séparateur S2A
LSHHO_MA	Bool	E2.2	Détecteur de niveau très haut huile dans le séparateur S2A
LSHHW_MA	Bool	E2.3	Détecteur de niveau très haut eau dans le séparateur S2A
LSLLO_MA	Bool	E2.4	Détecteur de niveau très bas huile dans le séparateur S2A
LSLLW_MA	Bool	E2.5	Détecteur de niveau très bas eau dans le séparateur S2A
PSHH4	Bool	E2.6	Détecteur de très haute pression gaz dans le séparateur S2A
PDSL3	Bool	E2.7	Détecteur de pression différentielle aux bornes de la vanne SDV3
PDSL22	Bool	E3.0	Détecteur de Pression différentielle aux bornes de la vanne SDV22
PDSL4	Bool	E3.1	Détecteur de pression différentielle aux bornes de la vanne SDV4
PDSL5	Bool	E3.2	Détecteur de pression différentielle aux bornes de la vanne SDVB
PDSL6	Bool	E3.3	Détecteur de pression différentielle aux bornes de la vanne SDV5
PDSL23	Bool	E3.4	Détecteur de pression différentielle aux bornes de la vanne SDV23
PDSL7	Bool	E3.5	Détecteur de Pression différentielle aux bornes de la vanne SDV6
REARM_HB	Bool	E3.6	Réarmement des vannes ESDV et BDV du séparateur S1B
REARM_MB	Bool	E3.7	Réarmement des vannes ESDV et BDV du séparateur S2B
AU_B	Bool	E4.0	Bouton d'arrêt d'urgence de la batterie de séparation B
DF_B	Bool	E4.1	Détecteur de feu de la batterie de séparation B
DG1_HB	Bool	E4.2	Détecteur 1 de fuites de gaz du séparateur S1B
DG2_HB	Bool	E4.3	Détecteur 2 de fuites de gaz du séparateur S1B
LSHHO_HB	Bool	E4.4	Détecteur de niveau très haut huile dans le séparateur S1B
LSHHW_HB	Bool	E4.5	Détecteur de niveau très haut eau dans le séparateur S1B
LSLLO_HB	Bool	E4.6	Détecteur de niveau très bas huile dans le séparateur S1B
LSLLW_HB	Bool	E4.7	Détecteur de niveau très bas eau dans le séparateur S1B
PSHH6	Bool	E5.0	Détecteur de très haute pression gaz dans le séparateur S1B
DG1_MB	Bool	E5.1	Détecteur 1 de fuites de gaz du séparateur S2B
DG2_MB	Bool	E5.2	Détecteur 2 de fuites de gaz du séparateur S2B
LSHHO_MB	Bool	E5.3	Détecteur de niveau très haut huile dans le séparateur S2B
LSHHW_MB	Bool	E5.4	Détecteur de niveau très haut eau dans le séparateur S2B
LSLLO_MB	Bool	E5.5	Détecteur de niveau très bas huile dans le séparateur S2B
LSLLW_MB	Bool	E5.6	Détecteur de niveau très bas eau dans le séparateur S2B
PSHH8	Bool	E5.7	Détecteur de très haute pression gaz dans le séparateur S2B
PDSL7	Bool	E6.0	Détecteur de pression différentielle aux bornes de la vanne SDV7

Table des entrées et des sorties

PDSL8	Bool	E6.2	Détecteur de pression différentielle aux bornes de la vanne SDV8
PDSL9	Bool	E6.3	Détecteur de pression différentielle aux bornes de la vanne SDV9
PDSL10	Bool	E6.4	Détecteur de pression différentielle aux bornes de la vanne SDV10
PDSL11	Bool	E6.5	Détecteur de pression différentielle aux bornes de la vanne SDV11
REARM_HC	Bool	E6.6	Réarmement des vannes ESDV et BDV du séparateur S1C
REARM_MC	Bool	E6.7	Réarmement des vannes ESDV et BDV du séparateur S2C
AU_C	Bool	E7.0	Bouton d'arrêt d'urgence de la batterie de séparation C
DF_C	Bool	E7.1	Détecteur de feu de la batterie de séparation C
DG1_HC	Bool	E7.2	Détecteur 1 de fuites de gaz du séparateur S1C
DG2_HC	Bool	E7.3	Détecteur 2 de fuites de gaz du séparateur S1C
LSHHO_HC	Bool	E7.4	Détecteur de niveau très haut huile dans le séparateur S1C
LSHHW_HC	Bool	E7.5	Détecteur de niveau très haut eau dans le séparateur S1C
LSLLO_HC	Bool	E7.6	Détecteur de niveau très bas huile dans le séparateur S1C
LSLLW_HC	Bool	E7.7	Détecteur de niveau très bas eau dans le séparateur S1C
PSHH11	Bool	E8.0	Détecteur de très haute pression gaz dans le séparateur S1C
DG1_MC	Bool	E8.1	Détecteur 1 de fuites de gaz du séparateur S2C
DG2_MC	Bool	E8.2	Détecteur 2 de fuites de gaz du séparateur S2C
LSHHO_MC	Bool	E8.3	Détecteur de niveau très haut huile dans le séparateur S2C
LSHHW_MC	Bool	E8.4	Détecteur de niveau très haut eau dans le séparateur S2C
LSLLO_MC	Bool	E8.5	Détecteur de niveau très bas huile dans le séparateur S2C
LSLLW_MC	Bool	E8.6	Détecteur de niveau très bas eau dans le séparateur S2C
PSHH14	Bool	E8.7	Détecteur de très haute pression gaz dans le séparateur S2C
PDSL12	Bool	E8.0	Détecteur de pression différentielle aux bornes de la vanne SDV12
PDSL13	Bool	E9.1	Détecteur de Pression différentielle aux bornes de la vanne SDV13
PDSL14	Bool	E9.2	Détecteur de pression différentielle aux bornes de la vanne SDV14
PDSLE	Bool	E9.3	Détecteur de pression différentielle aux bornes de la vanne SDVE
PDSL15	Bool	E9.4	Détecteur de pression différentielle aux bornes de la vanne SDV15
PDSL16	Bool	E9.5	Détecteur de pression différentielle aux bornes de la vanne SDV16
PDSL17	Bool	E9.6	Détecteur de Pression différentielle aux bornes de la vanne SDV17
REARM_HE	Bool	E9.7	Réarmement des vannes ESDV et BDV du séparateur S1E
REARM_ME	Bool	E10.0	Réarmement des vannes ESDV et BDV du séparateur S2E
AU_E	Bool	E10.1	Bouton d'arrêt d'urgence de la batterie de séparation E
DF_E	Bool	E10.2	Détecteur de feu de la batterie de séparation E
DG1_HE	Bool	E10.3	Détecteur 1 de fuites de gaz du séparateur S1E
DG2_HE	Bool	E10.4	Détecteur 2 de fuites de gaz du séparateur S1E
LSHHO_HE	Bool	E10.5	Détecteur de niveau très haut huile dans le séparateur S1E
LSHHW_HE	Bool	E10.6	Détecteur de niveau très haut eau dans le séparateur S1E
LSLLO_HE	Bool	E10.7	Détecteur de niveau très bas huile dans le séparateur S1E
LSLLW_HE	Bool	E11.0	Détecteur de niveau très bas eau dans le séparateur S1E
PSHH17	Bool	E11.1	Détecteur de très haute pression gaz dans le séparateur S1E
DG1_ME	Bool	E11.2	Détecteur 1 de fuites de gaz du séparateur S2E
DG2_ME	Bool	E11.3	Détecteur 2 de fuites de gaz du séparateur S2E
LSHHO_ME	Bool	E11.4	Détecteur de niveau très haut huile dans le séparateur S2E
LSHHW_ME	Bool	E11.5	Détecteur de niveau très haut eau dans le séparateur S2E
LSLLO_ME	Bool	E11.6	Détecteur de niveau très bas huile dans le séparateur S2E
LSLLW_ME	Bool	E11.7	Détecteur de niveau très bas eau dans le séparateur S2E
PSHH20	Bool	E12.0	Détecteur de très haute pression gaz dans le séparateur S2E
PDSL18	Bool	E12.1	Détecteur de pression différentielle aux bornes de la vanne SDV18
PDSL19	Bool	E12.2	Détecteur de Pression différentielle aux bornes de la vanne SDV19
PDSL20	Bool	E12.3	Détecteur de pression différentielle aux bornes de la vanne SDV20

➤ Tableau des sorties de l'unité de séparation :

Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
SDVA	Bool	A20.0	Vanne d'entrée pétrole brut du séparateur S1A
ESDVA	Bool	A20.1	Vanne de pressurisation de SDVA
SDV1	Bool	A20.2	Vanne de sortie huile du séparateur S1A et d'entrer huile pour S2A
ESDV1	Bool	A20.3	Vanne de pressurisation de SDV1 commune entre S1A et S2A
SDV21	Bool	A20.4	Vanne de sortie eau du séparateur S1A
ESDV21	Bool	A20.5	Vanne de pressurisation de SDV21
SDV2	Bool	A20.6	Vanne de sortie gaz du séparateur S1A
ESDV2	Bool	A20.7	Vanne de pressurisation de SDV2
BDV2	Bool	A21.0	Vanne de torche du séparateur S1A
ALF_A	Bool	A21.1	Alarme détection feu de la batterie de séparation A
DSAI_A	Bool	A21.2	Déclanchement du système anti-incendie de la batterie de séparation A
ALG1_HA	Bool	A21.3	Alarme 1 détection fuites gaz dans le du séparateur S1A
ALG2_HA	Bool	A21.4	Alarme 2 détection fuites gaz dans le du séparateur S1A
PAL111	Bool	A21.5	Alarme coupure d'air instrument
LAHHO_HA	Bool	A21.6	Alarme niveau très haut huile dans le séparateur S1A
LAHWH_HA	Bool	A21.7	Alarme niveau très haut eau dans le séparateur S1A
LALLO_HA	Bool	A22.0	Alarme niveau très bas huile dans le séparateur S1A
LALLW_HA	Bool	A22.1	Alarme niveau très bas eau dans le séparateur S1A
PAHH2	Bool	A22.2	Alarme très haute pression gaz dans le séparateur S1A
Gen_air_A	Bool	A22.3	Génération d'air pour la batterie de séparation A
SDV3	Bool	A22.4	Vanne de sortie huile du séparateur S2A
ESDV3	Bool	A22.5	Vanne de pressurisation de SDV3
SDV22	Bool	A22.6	Vanne de sortie eau du séparateur S2A
ESDV22	Bool	A22.7	Vanne de pressurisation de SDV22
SDV4	Bool	A23.0	Vanne de sortie gaz du séparateur S2A
ESDV4	Bool	A23.1	Vanne de pressurisation de SDV4
BDV4	Bool	A23.2	Vanne de torche du séparateur S2A
ALG1_MA	Bool	A23.3	Alarme 1 détection fuites gaz dans le du séparateur S2A
ALG2_MA	Bool	A23.4	Alarme 2 détection fuites gaz dans le du séparateur S2A
LAHHO_MA	Bool	A23.5	Alarme niveau très haut huile dans le séparateur S2A
LAHWH_MA	Bool	A23.6	Alarme niveau très haut eau dans le séparateur S2A
LALLO_MA	Bool	A23.7	Alarme niveau très bas huile dans le séparateur S2A
LALLW_MA	Bool	A24.0	Alarme niveau très bas eau dans le séparateur S2A
PAHH4	Bool	A24.1	Alarme très haute pression gaz dans le séparateur S2A
SDVB	Bool	A24.2	Vanne d'entrée pétrole brut du séparateur S1A
ESDVB	Bool	A24.3	Vanne de pressurisation de SDVB
SDV5	Bool	A24.4	Vanne de sortie huile du séparateur S1B et d'entrer huile pour S2B
ESDV5	Bool	A24.5	Vanne de pressurisation de SDV5 commune entre S1B et S2B
SDV23	Bool	A24.6	Vanne de sortie eau du séparateur S1B
ESDV23	Bool	A24.7	Vanne de pressurisation de SDV23
SDV6	Bool	A25.0	Vanne de sortie gaz du séparateur S1B
ESDV6	Bool	A25.1	Vanne de pressurisation de SDV6
BDV6	Bool	A25.2	Vanne de torche du séparateur S1B
ALF_B	Bool	A25.3	Alarme détection feu de la batterie de séparation B
DSAI_B	Bool	A25.4	Déclanchement du système anti-incendie de la batterie de séparation B
ALG1_HB	Bool	A25.5	Alarme 1 détection fuites gaz dans le du séparateur S1B
ALG2_HB	Bool	A25.6	Alarme 2 détection fuites gaz dans le du séparateur S1B
LAHHO_HB	Bool	A25.7	Alarme niveau très haut huile dans le séparateur S1B

Table des entrées et des sorties

LAHHW_HB	Bool	A26.0	Alarme niveau très haut eau dans le séparateur S1B
LALLO_HB	Bool	A26.1	Alarme niveau très bas huile dans le séparateur S1B
LALLW_HB	Bool	A26.2	Alarme niveau très bas eau dans le séparateur S1B
PAHH6	Bool	A26.3	Alarme très haute pression gaz dans le séparateur S1B
Gen air B	Bool	A26.4	Génération d'air pour la batterie de séparation B
SDV7	Bool	A26.5	Vanne de sortie huile du séparateur S2B
ESDV7	Bool	A26.6	Vanne de pressurisation de SDV7
SDV24	Bool	A26.7	Vanne de sortie eau du séparateur S2B
ESDV24	Bool	A27.0	Vanne de pressurisation de SDV24
SDV8	Bool	A27.1	Vanne de sortie gaz du séparateur S2B
ESDV8	Bool	A27.2	Vanne de pressurisation de SDV8
BDV8	Bool	A27.3	Vanne de torche du séparateur S2B
ALG1_MB	Bool	A27.4	Alarme 1 détection fuites gaz dans le du séparateur S2B
ALG2_MB	Bool	A27.5	Alarme 2 détection fuites gaz dans le du séparateur S2B
LAHHO_MB	Bool	A27.6	Alarme niveau très haut huile dans le séparateur S2B
LAHHW_MB	Bool	A27.7	Alarme niveau très haut eau dans le séparateur S2B
LALLO_MB	Bool	A28.0	Alarme niveau très bas huile dans le séparateur S2B
LALLW_MB	Bool	A28.1	Alarme niveau très bas eau dans le séparateur S2B
PAHH8	Bool	A28.2	Alarme très haute pression gaz dans le séparateur S2B
SDVC	Bool	A28.3	Vanne d'entrée pétrole brut du séparateur S1C
ESDVC	Bool	A28.4	Vanne de pressurisation de SDVC
SDV9	Bool	A28.5	Vanne de sortie huile du séparateur S1C et d'entrer huile pour S2C
ESDV9	Bool	A28.6	Vanne de pressurisation de SDV9 commune entre S1C et S2C
SDV10	Bool	A28.7	Vanne de sortie eau du séparateur S1C
ESDV10	Bool	A29.0	Vanne de pressurisation de SDV10
SDV11	Bool	A29.1	Vanne de sortie gaz du séparateur S1C
ESDV11	Bool	A29.2	Vanne de pressurisation de SDV11
BDV11	Bool	A29.3	Vanne de torche du séparateur S1C
ALF_C	Bool	A29.4	Alarme détection feu de la batterie de séparation C
DSAI_C	Bool	A29.5	Déclanchement du système anti-incendie de la batterie de séparation C
ALG1_HC	Bool	A29.6	Alarme 1 détection fuites gaz dans le du séparateur S1C
ALG2_HC	Bool	A29.7	Alarme 2 détection fuites gaz dans le du séparateur S1C
LAHHO_HC	Bool	A30.0	Alarme niveau très haut huile dans le séparateur S1C
LAHHW_HC	Bool	A30.1	Alarme niveau très haut eau dans le séparateur S1C
LALLO_HC	Bool	A30.2	Alarme niveau très bas huile dans le séparateur S1C
LALLW_HC	Bool	A30.3	Alarme niveau très bas eau dans le séparateur S1C
PAHH11	Bool	A30.4	Alarme très haute pression gaz dans le séparateur S1C
Gen air C	Bool	A30.5	Génération d'air pour la batterie de séparation C
SDV12	Bool	A30.6	Vanne de sortie huile du séparateur S2C
ESDV12	Bool	A30.7	Vanne de pressurisation de SDV12
SDV13	Bool	A31.0	Vanne de sortie eau du séparateur S2C
ESDV13	Bool	A31.1	Vanne de pressurisation de SDV13
SDV14	Bool	A31.2	Vanne de sortie gaz du séparateur S2C
ESDV14	Bool	A31.3	Vanne de pressurisation de SDV14
BDV14	Bool	A31.4	Vanne de torche du séparateur S2C
ALG1_MC	Bool	A31.5	Alarme 1 détection fuites gaz dans le du séparateur S2C
ALG2_MC	Bool	A31.6	Alarme 2 détection fuites gaz dans le du séparateur S2C
LAHHO_MC	Bool	A31.7	Alarme niveau très haut huile dans le séparateur S2C
LAHHW_MC	Bool	A32.0	Alarme niveau très haut eau dans le séparateur S2C
LALLO_MC	Bool	A32.1	Alarme niveau très bas huile dans le séparateur S2C
LALLW_MC	Bool	A32.2	Alarme niveau très bas eau dans le séparateur S2C
PAHH14	Bool	A32.3	Alarme très haute pression gaz dans le séparateur S2C
SDVE	Bool	A32.4	Vanne d'entrée pétrole brut du séparateur S1E
ESDVE	Bool	A32.5	Vanne de pressurisation de SDVE
SDV15	Bool	A32.6	Vanne de sortie huile du séparateur S1E et d'entrer huile pour S2E
ESDV15	Bool	A32.7	Vanne de pressurisation de SDV15 commune entre S1E et S2E
SDV16	Bool	A33.0	Vanne de sortie eau du séparateur S1E

Table des entrées et des sorties

ESDV16	Bool	A33.1	Vanne de pressurisation de SDV16
SDV17	Bool	A33.2	Vanne de sortie gaz du séparateur S1E
ESDV17	Bool	A33.3	Vanne de pressurisation de SDV17
BDV17	Bool	A33.4	Vanne de torche du séparateur S1E
ALF_E	Bool	A33.5	Alarme détection feu de la batterie de séparation E
DSAI_E	Bool	A33.6	Déclanchement du système anti-incendie de la batterie de séparation E
ALG1_HE	Bool	A33.7	Alarme 1 détection fuites gaz dans le du séparateur S1E
ALG2_HE	Bool	A34.0	Alarme 2 détection fuites gaz dans le du séparateur S1E
LAHHO_HE	Bool	A34.1	Alarme niveau très haut huile dans le séparateur S1E
LAHHW_HE	Bool	A34.2	Alarme niveau très haut eau dans le séparateur S1E
LALLO_HE	Bool	A34.3	Alarme niveau très bas huile dans le séparateur S1E
LALLW_HE	Bool	A34.4	Alarme niveau très bas eau dans le séparateur S1E
PAHH17	Bool	A34.5	Alarme très haute pression gaz dans le séparateur S1E
Gen_air_E	Bool	A34.6	Génération d'air pour la batterie de séparation E
SDV18	Bool	A34.7	Vanne de sortie huile du séparateur S2E
ESDV18	Bool	A35.0	Vanne de pressurisation de SDV18
SDV19	Bool	A35.1	Vanne de sortie eau du séparateur S2E
ESDV19	Bool	A35.2	Vanne de pressurisation de SDV19
SDV20	Bool	A35.3	Vanne de sortie gaz du séparateur S2E
ESDV20	Bool	A35.4	Vanne de pressurisation de SDV20
BDV20	Bool	A35.5	Vanne de torche du séparateur S2E
ALG1_ME	Bool	A35.6	Alarme 1 détection fuites gaz dans le du séparateur S2E
ALG2_ME	Bool	A35.7	Alarme 2 détection fuites gaz dans le du séparateur S2E
LAHHO_ME	Bool	A36.0	Alarme niveau très haut huile dans le séparateur S2E
LAHHW_ME	Bool	A36.1	Alarme niveau très haut eau dans le séparateur S2E
LALLO_ME	Bool	A36.2	Alarme niveau très bas huile dans le séparateur S2E
LALLW_ME	Bool	A36.3	Alarme niveau très bas eau dans le séparateur S2E
PAHH20	Bool	A36.4	Alarme très haute pression gaz dans le séparateur S2E

➤ Tableau des entrées de l'unité de boosting :

Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
HS_E101A	Bool	E12.5	Bouton poussoir de mise en marche de l'aéro-réfrigérant E101A
HSA_E101A	Bool	E12.6	Bouton d'arrêt de l'aéro-réfrigérant E101A
HS_E101B	Bool	E12.7	Bouton poussoir de mise en marche de l'aéro-réfrigérant E101B
HSA_E101B	Bool	E13.0	Bouton d'arrêt de l'aéro-réfrigérant E101B
HS_K101A	Bool	E13.1	Bouton de démarrage du compresseur K101A
AU	Bool	E13.2	Bouton d'arrêt d'urgence
HSAG_K101A	Bool	E13.3	Bouton d'arrêt du compresseur K101A à partir de GLA
HSA_K101A	Bool	E13.4	Bouton d'arrêt local du compresseur K101A
PSL_106A	Bool	E13.5	Basse pression d'aspiration 1er étage du compresseur K101A
LSH_104A	Bool	E13.6	Haut niveau d'eau dans le ballon d'aspiration V101A
LSH_106A	Bool	E13.7	Haut niveau d'eau dans le ballon d'aspiration V102A
TSH_104A	Bool	E14.0	Haute température de sortie de l'aéro-réfrigérant E101A
HS_K101B	Bool	E14.1	Bouton de démarrage du compresseur K101B
HSAG_K101B	Bool	E14.2	Bouton d'arrêt du compresseur K101B à partir de GLA
HSA_K101B	Bool	E14.3	Bouton d'arrêt local du compresseur K101B
PSL_106B	Bool	E14.4	Basse pression d'aspiration 1er étage du compresseur K101B
LSH_104B	Bool	E14.5	Haut niveau d'eau dans le ballon d'aspiration V101B
LSH_106B	Bool	E14.6	Haut niveau d'eau dans le ballon d'aspiration V102B
TSH_104B	Bool	E14.7	Haute température de sortie de l'aéro-réfrigérant E101B
HS_K100A	Bool	E15.0	Bouton de démarrage de la soufflante K100A
HSA_K100A	Bool	E15.1	Bouton d'arrêt local de la soufflante K100A
PSL_105	Bool	E15.2	Basse pression d'aspiration des soufflantes K100A/B
LSHH_102	Bool	E15.3	Très haut niveau d'eau dans le ballon d'aspiration V100
TSH_101A	Bool	E15.4	Haute température de sortie gaz de la soufflante K100A
PS_109	Bool	E15.5	Détecteur de pression d'expédition du gaz vers GLA
HS_K100B	Bool	E15.6	Bouton de démarrage de la soufflante K100B
HSA_K100B	Bool	E15.7	Bouton d'arrêt local de la soufflante K100B
TSH_101B	Bool	E16.0	Haute température de sortie gaz de la soufflante K100B
LS_103A	Bool	E16.1	Switch de niveau qui commande l'électrovanne LV_103A
LS_103B	Bool	E16.2	Switch de niveau qui commande l'électrovanne LV_103B
LS_105A	Bool	E16.3	Switch de niveau qui commande l'électrovanne LV_105A
LS_105B	Bool	E16.4	Switch de niveau qui commande l'électrovanne LV_105B
LS_107	Bool	E16.5	Switch de niveau qui commande l'électrovanne LV_107
HS_PV101	Bool	E16.6	Bouton de réarmement de l'électrovanne PXV101
HS_PV104	Bool	E16.7	Bouton de réarmement de l'électrovanne PXV104
HS_PV102A	Bool	E17.0	Bouton de réarmement de l'électrovanne PXV102A
HS_PV102B	Bool	E17.1	Bouton de réarmement de l'électrovanne PXV102B
HS_UV101A	Bool	E17.2	Bouton de réarmement de l'électrovanne UXV101A
HS_UV101B	Bool	E17.3	Bouton de réarmement de l'électrovanne UXV101B
HS_UV102A	Bool	E17.4	Bouton de réarmement de l'électrovanne UXV102A
HS_UV102B	Bool	E17.5	Bouton de réarmement de l'électrovanne UXV102B

➤ Tableau des sorties de l'unité de boosting :

Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
E101A	Bool	A36.5	Aéro-réfrigérant A
E101B	Bool	A36.6	Aéro-réfrigérant B
K101A	Bool	A36.7	Compresseur K101A
PAL_106A	Bool	A37.0	Alarme basse pression d'aspiration 1er étage du compresseur K101A
LAH_104A	Bool	A37.1	Alarme haut niveau d'eau dans le ballon d'aspiration V101A
LAH_106A	Bool	A37.2	Alarme haut niveau d'eau dans le ballon d'aspiration V102A
TAH_104A	Bool	A37.3	Alarme haute température de sortie de l'aéro-réfrigérant E101A
K101B	Bool	A37.4	Compresseur K101B
PAL_106B	Bool	A37.5	Alarme basse pression d'aspiration 1er étage du compresseur K101B
LAH_104B	Bool	A37.6	Alarme haut niveau d'eau dans le ballon d'aspiration V101B
LAH_106B	Bool	A37.7	Alarme haut niveau d'eau dans le ballon d'aspiration V102B
TAH_104B	Bool	A38.0	Alarme haute température de sortie de l'aéro-réfrigérant E101B
K100A	Bool	A38.1	Soufflante K100A
PAL_105	Bool	A38.2	Alarme basse pression d'aspiration des soufflantes K100A/B
LAHH_102	Bool	A38.3	Alarme très haut niveau d'eau dans le ballon d'aspiration V100
TAH_101A	Bool	A38.4	Alarme haute température de sortie gaz de la soufflante K100A
K100B	Bool	A38.5	Soufflante K100B
TAH_101B	Bool	A38.6	Alarme haute température de sortie gaz de la soufflante K100B
LV_103A	Bool	A38.7	Electrovanne de purge LV_103A du ballon V101A
LV_105A	Bool	A39.0	Electrovanne de purge LV_105A du ballon V102A
LV_103B	Bool	A39.1	Electrovanne de purge LV_103A du ballon V101B
LV_105B	Bool	A39.2	Electrovanne de purge LV_105A du ballon V102B
LV_107	Bool	A39.3	Electrovanne de purge LV_107 du ballon V103
PXV_101	Bool	A39.4	Electrovanne PXV101
PXV_102A	Bool	A39.5	Electrovanne PXV102A
PXV_102B	Bool	A39.6	Electrovanne PXV102B
PXV_103A	Bool	A39.7	Electrovanne PXV103A
PXV_103B	Bool	A40.0	Electrovanne PXV103B
PXV_104	Bool	A40.1	Electrovanne PXV104
UXV_101A	Bool	A40.2	Electrovanne UXV101A
UXV_101B	Bool	A40.3	Electrovanne UXV101B
UXV_102A	Bool	A40.4	Electrovanne UXV102A
UXV_102B	Bool	A40.5	Electrovanne UXV102B
PXV_109	Bool	A40.6	Electrovanne PXV109