

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Mouloud MAMMERRI de Tizi-Ouzou**



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

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

En vue de l'obtention du diplôme

*D'INGENIEUR D'ETAT EN AUTOMATIQUE*

*Thème*

*L'adaptation d'un automate programmable  
s7-300 au démarrage d'une Chaudière Marine*

*Avec une supervision*

Proposé par : Officier mécanicien Hachemi Arezki

Présenté par :

**Khennache Mustapha**  
**Medani Ghiles**

Dirigé par : **Mme. Boudjema F**

Co-promoteur : **Mr. Talem hend**

Soutenu le : 03/07/2012

Devant le jury d'examen composé de :

- Pr. Megarbi D
- Pr. Haddouche R
- Pr. Chilali O

*Promotion 2012*

Mémoire préparé au sein de la compagnie maritime  
Hyproc Shipping Company  
Arzew

**Sommaire**

**Introduction générale.....8**

**Chapitre I**

**HYPROC SHIPPING COMPANY**

**I-1 Introduction.....9**

**I-2: Identification d’Hyproc Shipping Company.....9**

**I-3: Historique d’Hyproc Shipping Company.....9**

**I-4 : Activités de la compagnie.....10**

**I-5 : potentialités .....10**

**I-6 : les caractéristiques des navires de la l’HSC.....11**

**I-7 : Ressources humaines.....12**

**I-8 : Conclusion.....12**

**Chapitre II**

**DESCRIPTION DE LA CHAUDIERE MARINE**

**II.1 : Introduction.....13**

**II-2 : Présentation de la chaudière.....13**

**II-3 : Habillage de la chaudière.....15**

**II-4 : Les alimentations de la chaudière.....18**

**II-4-1 : Alimentation en eau et réglage du niveau.....18**

**II-4-2 : Alimentation en air.....20**

**II-4-3 : Alimentation en combustible..... 21**

**II-5 : Caractéristiques de fonctionnement de la chaudière.....25**

**II-5-1 : marche à 100% fuel lourd.....25**

**II-5-2 : MARCHE à 100% FUEL /GAZ .....26**

II-6 : CONCLUSION .....27

**Chapitre III**

**MODELISATION DE DEMARRAGE A L'AIDE DU GRAFCET**

III-1 Introduction.....28

III-2 : Généralité sur le GRAFCET .....28

    III-2-1 : Définition de GRAFCET.....28

    III-2-2 : Aspect structurel du GRAFCE.....28

III-3 : Niveau d'un GRAFCET.....30

III-4 : Démarrage de la chaudière.....30

    III-4-1 : Montée en pression.....30

    III-4-2 : Allumage.....32

III-5 : Allumage des bruleurs fuel (FO).....35

    III-5-1 : Allumage de bruleur fuel FO1.....35

    III-5-2 : Allumage de Bruleur fuel FO2.....37

III-6 : Les brûleurs gaz.....39

    III-6-1 : Principe de fonctionnement.....39

    III-6-2 : Extinction et balayage azote .....40

    III-6-3 : Déroulement de la séquence .....41

III-8 : exemple de Graf cet du démarrage de la chaudière.....42

    III-8-1 : Grafcet Niveau 1.....42

    III-8-2 : Grafcet niveau 2.....46

III-9 : CONCLUSION.....50

**Chapitre IV**

**PROGRAMMATION ET SIMULATION DE DEMARRAGE DE LA CHAUDIERE**

**ETUDE ET PROGRAMMATION SOUS S7 300**

IV-1 Introduction .....	51
IV-2 Automates programmables.....	51
IV-3 Choix d'un API.....	52
IV-4 Présentation de l'automate S7 300.....	53
IV-5 programmation de l'automate S73 00.....	57
IV-6 Création d'un projet step7.....	61
IV-7 Structure de programme de la machine.....	65
IV-8 Présentation du PLCSIM.....	66
IV-9 commande de la CPU.....	66
IV-10 Conclusion.....	70

**Chapitre V**

**SUPERVISION SOUS WINCC**

V-1 Introduction.....	71
V-2 Supervision. ....	71
V-3 Conclusion.....	82
VI Conclusion General.....	83

**Bibliographie**

**Annexes**

### Introduction générale

Dans le but de suivre l'évolution technologique à l'échelle mondiale, les entreprises doivent améliorer la qualité, la quantité ainsi que la réduction des coûts de leurs produits. Pour cela les entreprises sont appelées à intégrer dans leurs chaînes de production des systèmes de commande adaptés tel que les automates programmables industriels.

La compagnie Nationale de transport maritime des hydrocarbures et produits chimique hyproc shipping company est une compagnie étatique filiale de sonatrach. Le siège social de Hyproc SC, précédemment à Arzew, est depuis le 8 mars 2005 à la "Zone des Sièges" ZHUN - USTO à la ville d'Oran. Depuis son implantation, HSC n'a cessé de chercher à automatiser ses différentes Installations a bord de ces anciens navires pour faire face à une concurrence rude des compagnies internationales de transport maritime, notamment depuis son début dans le transport maritime, elle a signé beaucoup de contrats de travail avec des compagnies internationales en vue de transporter des grandes quantités des hydrocarbures et produit chimiques.

Dans ce contexte, les responsables du département maintenance de l'unité « Machine » de l'HSC, nous ont proposé l'adaptation d'un automate programmable de type SIEMENS S7-300, pour l'automatisation de la chaudière marine et la supervision avec wincc à bord de Didouche mourad de 274.42 m de longueur et de capacité de 126.132 m<sup>3</sup> qui est à l'origine en logique câblée (mode manuel).

Pour automatiser un système industriel on doit d'abord connaître toutes ses ambiguïtés et les exigences de son fonctionnement. Ensuite à l'aide des outils et des méthodes facilitant cette tâche, on entame une suite de procédures d'analyse, d'étude et d'essais. Cette démarche peut se résumer en deux phases, phase d'étude et phase de réalisation et de mise en œuvre.

Notre mémoire est subdivisé en cinq chapitres présentés comme suit :

Le premier chapitre est la description générale de la compagnie hyproc shipping company.

Le deuxième chapitre comporte la description générale de la chaudière, ou sont présentées les différentes partie constitutives de la chaudière marine.

Le troisième chapitre est consacré à la modélisation de cahier de charge de démarrage de la chaudière en faisant appel à l'outil de modélisation GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande Etape -Transition).

Le quatrième chapitre représente la programmation et la simulation de la chaudière à l'aide de l'automate S7-300.

Le cinquième chapitre consiste en développement d'une solution de supervision avec le logiciel Win CC

Nous terminons notre travail par une conclusion générale.

**I-1 : Introduction**

Filiale à 100% de Sonatrach, Hyproc Shipping Company s'est imposée comme maillon décisif de la stratégie de valorisation et de commercialisation des hydrocarbures du groupe Sonatrach. Cette dernière, classée actuellement 11<sup>ème</sup> à l'échelle mondiale, occupe le rang de 2<sup>ème</sup> exportateur de GNL (Gaz naturel liquéfier) et de GPL (Gaz pétrolier liquéfier).

**I-2: Identification de Hyproc Shipping Company**

Hyproc Shipping Company est une société par actions au capital de 12 milliards de dinars, détenu entièrement par la Société de Valorisation des Hydrocarbures/SVH agissant pour le compte du groupe SONATRACH.

Le siège social de Hyproc SC, précédemment à Arzew, est depuis le 8 mars 2005 à la "Zone des Sièges" ZHUN - USTO à la ville d'Oran, deuxième pôle économique et industriel d'Algérie. Des divisions opérationnelles demeurent implantées sur l'ancien site d'Arzew, pour être proche de la flotte et répondre aux sollicitations du personnel navigant.

**I-3: Historique d' Hyproc Shipping Company**

Hyproc Shipping Company, anciennement entreprise publique économique "Société Nationale de Transport Maritime des Hydrocarbures et des Produits Chimiques" (SNTM-HYPROC) est née en 1982, à la suite du décret n° 82-282 du 14 Août 1982. La Compagnie est devenue une société par actions (SPA), après transformation de ses statuts en 1995. En octobre 1997, la SNTM-HYPROC devient filiale à 100% du groupe SONATRACH, sous tutelle du holding Société d'Investissement et de Participation (SIP).la Compagnie change de portefeuille au mois de décembre 2001, et intègre le holding Société de Valorisation des Hydrocarbures (SVH) de SONATRACH. En 2003, SNTM-HYPROC devient "Hyproc Shipping Company", après modification de ses statuts.

#### I-4 : Activités de la compagnie :

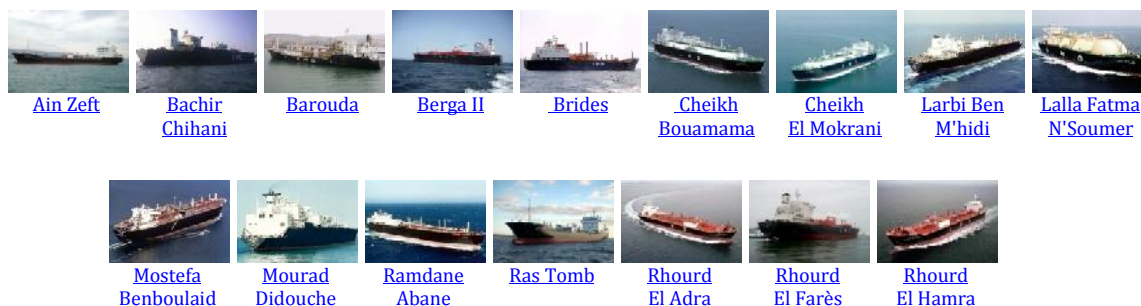
La Compagnie assure principalement le transport maritime des hydrocarbures et des produits chimiques, la consignation des navires, et exploite son savoir-faire dans le créneau du ship-management. Le transport du GNL (gaz naturel liquifier) représente son activité principale, tant en volume transporté qu'en chiffre d'affaires. Ce segment constitue un maillon essentiel dans la chaîne gaz et contribue à la valorisation du gaz naturel algérien exporté. La capacité de transport de GNL de la flotte de Hyproc SC est de 933.000 mètres cubes, ce qui représente une part importante du tonnage de la flotte marchande algérienne. Le cabotage national et international du GPL (gaz pétrolier liquifier) est assuré par six navires GPLiers (Rhourd El Adra, Rhourd El Hamra, Rhourd El Farès, Berga II, Barouda et Brides).

Hyproc SC assure également le transport du bitume, des produits raffinés et produits chimiques, et effectue des affrètements de navires transporteurs de produits pétroliers et chimiques pour le compte de ses clients.

**Principaux pays livrés par la flotte GNL :** Belgique, Chine, Corée du Sud, Espagne, France, Grèce, Italie, Japon, Nigeria, Portugal, Royaume-Uni, Turquie, USA.

#### I-5 : Potentialités

Hyproc Shipping Company dispose d'une flotte de 16 navires qu'elle gère en toute propriété et en partenariat :



**Figure I-2 :** Image des navires exploités par Hyproc SC

**I-6 : les caractéristiques des navires de l'HSC****a) FLOTTE LNG (liquified natural gaz )**

Navires citernes qui transportent de gaz naturel liquifié

NAVIRE	CLASSIFICATION	CAPACITE (m <sup>3</sup> )	PROP / KW	LHT (m)	GRT NRT DWT	EQUIPAGE
<b>LALLA FATMA N'SOUMER</b>	Bureau Veritas	145.445	ST / 26 496	289,50	118.363 35.508 80.920	31
<b>BACHIR CHIHANI</b>	Bureau Veritas	129.700	ST / 26 480	282,62	80.654 24.196 70.328	36
<b>LARBI BEN M'HIDI</b>	Bureau Veritas	129.700	ST / 26 480	282,62	80.654 24.196 70.328	36
<b>MOURAD DIDOCHE</b>	Bureau Veritas	126.132	ST / 25 009	274,42	81.265 29.615 83.228	36
<b>RAMDANE ABANE</b>	Bureau Veritas	126.132	ST / 25 009	274,42	81.265 29.615 83.228	36
<b>MOSTEFA BEN BOULAID</b>	Bureau Veritas	125.260	ST / 23 832	278,82	81.337 24.401 62.675	36
<b>CHEIKH BOUAMAMA</b>	Bureau Veritas	75.500	ST / 13 500	220,00	53.500 16.050 44.250	28
<b>CHEIKH EL MOKRANI</b>	Bureau Veritas	75.500	ST / 13 500	220,00	53.500 16.050 44.250	28

**Tableau I.1** les caractéristiques des navires GNL**b) FLOTTE LPG (liquified petroleum gaz)**

Navires citernes qui transportent de gaz pétrolier

NAVIRE	CLASSIFICATION	CAPACITE (m <sup>3</sup> )	PROP / KW	LHT (m)	GRT /NRT /DWT	EQUIPAGE
<b>BRIDES</b>	Bureau Veritas	7.110	DM / 3 900	114,20	6.841 2.052 8.100	27
<b>BAROUDA</b>	Det Norske Veritas	6.525	DM / 3 354	115,02	6.325 1.898 7.940	22
<b>RHOUD EL ADRA</b>	Bureau Veritas	22.500	DM / 7 280	156,00	16.800 5.100 19.400	30
<b>RHOUD EL HAMRA</b>	Bureau Veritas	22.500	DM / 7 280	156,00	16.800 5.100 19.400	30
<b>RHOUD EL FARES</b>	Lloyd's Register	35.000	DM / 9 960	174,20	- - 23.000	32
<b>BERGA II</b>	Lloyd's Register	35.000	DM / 9 960	174,20	- - 23.000	32

**Tableau I.2** les caractéristiques des navires GPL



### c) FLOTTE BITUMIERS

Les bitumiers sont des navires citernes qui transportent de bitume

NAVIRE	CLASSIFICATION	CAPACITE (m <sup>3</sup> )	PROP / KW	LHT (m)	GRT /NRT /DWT	EQUIPAGE
AIN ZEFT	Germanischer Lloyd Register	4.577	DM / 2.880	108,5	4.243 1.273 4.999	17
RAS TOMB	Germanischer Lloyd Register	4.577	DM / 2.880	108,5	4.243 1.273 4.999	17

Tableau I.3 des caractéristiques des navires bitumiers

### I-7 : Ressources humaines :

L'activité de transport maritime et de ship management de Hyproc SC est assurée par un potentiel humain qualifié de 1663 employés, répartis comme suit :

- Effectif navigant : 1029 dont 401 officiers
- Effectif sédentaire : 634 dont 148 cadres et 93 cadres supérieurs.

### Conclusion :

Dans ce chapitre on a présenté une importante compagnie HSC qui assure le transport des hydrocarbures exportés en général et le GNL en particulier en Algérie. Comme ce dernier est transporté par des navires géants à propulsion vapeur, on va décrire dans le chapitre suivant la chaudière marine qui est la source de cette vapeur.

## II.1 : Introduction

La première installation d'une machine à vapeur utilisée pour la propulsion d'un navire, remonte au 17<sup>ème</sup> siècle, et c'est en 1805, qu'elle a été industrialisée sur les navires avec l'apparition des premiers systèmes asservis.

L'Installation est caractérisée par son circuit mono hydrique (voir annexe : circuit mono hydrique de base), elle comprend d'après le principe de CARNOT, une source chaude appelée générateur ou chaudière, et une source froide, appelé condenseur, la différence de potentiel entre ces deux points, est transformée en énergie cinétique dans les turbines.

## II-2 : Présentation de la chaudière

La chaudière marine E.S.D (External Superheater Dual fire) III<sup>ème</sup> génération est une chaudière a deux ballons à circulation naturelle, elle tire son appellation de la position de surchauffeur qui est placé en dehors du foyer et est ainsi protégé du rayonnement et du contact directe des flammes. La construction d'une chaudière Monowall (à murs membranes) est une méthode de fabrication dans laquelle les tubes qui forment la périphérie externe de la chaudière sont reliés ensemble. Ainsi on obtient une enveloppe refroidie à l'eau et étanche aux fumées. Les tubes sont soudés ensemble au moyen d'ailettes et remplissent alors la fonction de support, autrefois assurée par la charpente et le casing. L'emploi de la construction Monowall supprime les revêtements en réfractaire, sauf aux raccordements entre tubes ailettes et non ailettes, c'est à dire la ou les tubes sont déformés pour entrer dans les ballons, et former des ouvertures pour une porte d'accès. Pour les chaudières qui ne brûlent que du Fuel Oil (FO) lourd, la construction Monowall élimine ainsi les lourds enveloppes des lames d'aires, mais pour les chaudières dans les quelles on brûle à la fois du FO lourd et du gaz naturel, cas des chaudières équipant les méthaniers) ; il est prévu une deuxième enveloppe extérieure. L'espace compris entre cette enveloppe et les murs membranes est pressurisé à l'air de façon à éviter que le gaz se répande dans la salle des machines à la suite d'une fuite. La chaudière ESD a été conçue pour répondre à des caractéristiques élevées de vapeur avec contrôle de température finale de la vapeur par désurchauffeur. Le foyer est suffisamment vaste pour permettre de maintenir un taux de combustion constant et conçu de façon à ce qu'un grand espace soit disponible pour que les flammes à chaque

bruleur puissent se développer facilement en largeur et en longueur. Les bruleurs sont disposés sur la voute du foyer pour que ces conditions soient réalisées ; le foyer et le carneau surchauffeur sont totalement refroidis par des murs d'eau. Des tubes de retour d'eau externes relient le ballon de vapeur au ballon d'eau et aux collecteurs de murs d'eau inférieures avant et arrière du foyer, assurant une bonne circulation d'eau dans toutes les conditions de marche. Le surchauffeur à convection est séparé du foyer par un écran comprenant 03 rangées de tubes générateurs à pas serré. La chaudière et le carneau surchauffeur sont entourés d'une double enveloppe, la lame d'air compris entre cette enveloppe et les murs membranes sont pressurisés par l'aire de combustion pour éviter les fuites de gaz. L'air de combustion passe complètement entre les deux enveloppes après avoir traverser le réchauffeur d'air ; des tôles déflectrices placées à l'intérieur de la lame d'air permettent d'assurer que le flux d'air est bien reparti entre chaque bruleur. Dans les chaudières où on brûle du gaz, il est important que les parties supérieures du foyer soient ventilées en permanence pour l'accumulation du gaz sous le plafond du foyer.

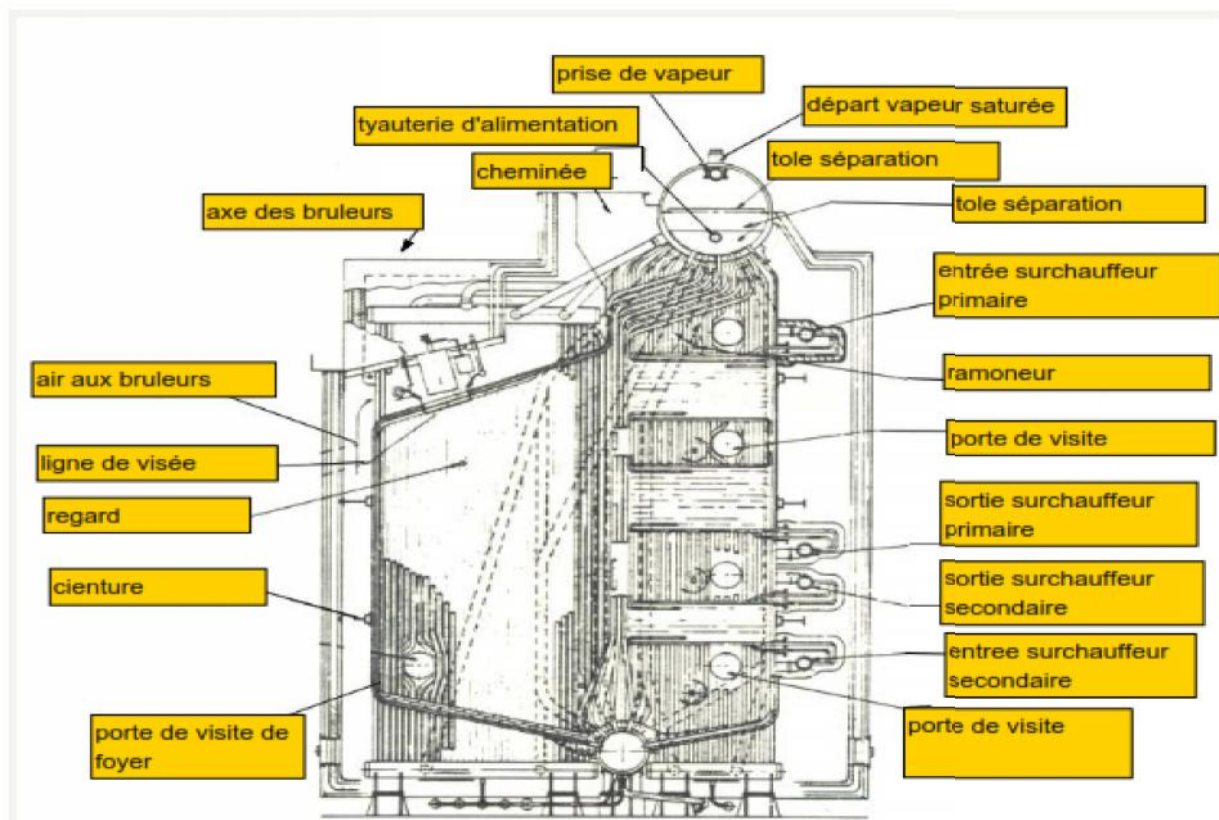


Figure II.2 : illustration de la chaudière

### II-3 : Habillage de la chaudière

#### a) vanne d'arrêt principale :

Une vanne d'arrêt avec dispositif anti-retour est placée sur la tubulure de sortie de surchauffeur secondaire. Une deuxième vanne d'isolement munie d'une soupape d'équilibrage est également prévue.

#### ❖ Soupape de prise de vapeur saturée (pulvérisation bruleur) :

Soupape de prise de vapeur saturée sortant du ballon de vapeur entre le ballon et le surchauffeur primaire ; elle est exclusivement à fournir de la vapeur de pulvérisation aux bruleurs, après passage dans un détendeur.

#### b) soupapes de sureté :

Deux soupapes de sureté sont placées sur le dôme de ballon de vapeur et une troisième soupape est montée sur la tuyauterie de sortie de vapeur surchauffée en amont de la vanne d'arrêt principale. La soupape de surchauffeur est tarée pour se soulever avant les soupapes de sureté du ballon. une soupape de sùreté est également placée sur la tubulure d'alimentation à l'économiseur.

#### c) clapet d'alimentation :

Deux clapets d'alimentation du type à vis et anti retour sont placés sur l'entrée de la tuyauterie d'alimentation d'eau, au ballon de vapeur. L'alimentation principale ou auxiliaire peut se faire directement au ballon, ou par l'économiseur.

#### d) Vanne régulation d'alimentation en eau:

- ❖ Une vanne automatique actionnée par le dispositif de contrôle du niveau d'eau du ballon est montée sur la tuyauterie principale d'alimentation de la chaudière.
- ❖ une vanne manuelle est installée sur la tuyauterie d'alimentation auxiliaire.
- ❖ les deux tuyauteries se rejoignent ensuite pour alimenter la chaudière soit directement par le ballon de vapeur, soit par l'économiseur.

Il est possible d'alimenter aussi la chaudière directement ou par l'économiseur, à l'aide d'une tuyauterie, munie d'une vanne d'isolement, piquée au refoulement de la pompe d'épreuve et sur la tuyauterie d'alimentation auxiliaire vers l'une ou l'autre chaudière.

### e) Indicateurs de niveau d'eau du ballon, Températures et alarmes :

Des vannes d'isolement sont placées sur les tuyauteries de vapeur et d'eau qui relient le ballon aux appareils suivants :

- 1) Indicateurs de niveau d'eau à lecture directe.
- 2) Transmetteur de niveau entre dans la boucle de contrôle d'eau d'alimentation.
- 3) transmetteur de niveau pour alarmes et sécurités de niveau haut et bas et indicateur à distance.
- 4) contacteur de niveau pour la coupure de niveau haut et bas.

Un transmetteur de pression différentielle est installé entre les lignes du signal de 1) et 2) pour indiquer un décalage éventuel entre les deux signaux.

### f) vannes de dégagement d'air :

Celle-ci sont placées au point le plus haut de :

- 1) ballon de vapeur (une sur prise de vapeur saturée).
- 2) tuyauterie du désurchauffeur (une sur tuyauterie de liaison surchauffeur).
- 3) tubulure de sortie de surchauffeur.
- 4) Economiseur : deux vannes sont placées sur collecteur d'entrée et tuyauterie de liaison au ballon de vapeur.

Une seconde vanne est installée en série avec chacune des vannes ci-dessus de même qu'avec les vannes de purges.

### g) vanne de purge :

Placées au point le plus bas de :

- 1) Ballon d'eau.
- 2) Collecteurs de murs d'eau (4 vannes, une sur chaque collecteur inférieur).

- 3) Collecteurs de surchauffeurs (4 vanne, une sur chaque collecteur).
- 4) Tubulure de sortie surchauffeur (une adjacente à la vanne principale).
- 5) Economiseur (une sur collecteur de sortie).

Les repères 1) et 2) sont installés avec un clapet de non retour et reliés à la tuyauterie de vidange à la mer.

Une vanne, munie d'un flexible pour vidange à la cale, est également installée sur la tuyauterie de vidange.

### h) Vanne pour montée en pression (dépense à l'air libre) :

Cette vanne, est installée de façon à permettre à la vapeur de circuler dans le surchauffeur en s'échappant à l'air libre et d'éviter ainsi un échauffement des tubes pendant la montée en pression. Elle est placée en aval de la prise de température de façon à ce que la température de vapeur mesurée soit correcte pendant la montée en pression.

### i) Vanne de purge continue du ballon de vapeur (contrôle TDS) :

Deux vannes sont montées en série pour extraction continue par la pipe d'extraction à l'intérieur de ballon de vapeur, qui est aussi utilisée pour obtenir des échantillons d'eau pour analyse.

### j) Vanne de vidange totale du ballon d'eau :

Deux vannes dont l'une est du type anti-retour sont montées en série pour vidange de la chaudière par la pipe de vidange à l'intérieur du ballon d'eau, la vidange s'effectue à la mer en même temps que la vidange.

### k) vanne des prélèvements d'échantillons d'eau :

Ces vannes sont placées sur une tubulure raccordée à la tuyauterie de purge continue du ballon de vapeur.

### l) Manomètres et manostats :

Des tubulures de raccordement munies de soupapes d'isolement sont prévues sur le ballon de vapeur, la tuyauterie de prise de vapeur saturée et la tuyauterie de sortie de la surchauffeur pour l'installation des monomètres locaux et à distance. La prise de pression vapeur pour les appareils de contrôle de combustion est piquée sur le collecteur principal de vapeur commun aux deux chaudières.

#### m) Débit de vapeur :

Des vannes d'isolement sont installées sur les branchements de pression différentielle du débitmètre vers le transmetteur de débit. Le diaphragme du débitmètre vers le transmetteur de débitmètre est placé dans la tuyauterie de sortie de vapeur.

#### n) vanne d'arrivée d'eau d'injection au désurchauffeur de contrôle :

Une vanne de contrôle automatique et une vanne d'isolement sont installées sur la tuyauterie d'alimentation de la buse d'injection de désurchauffeur de contrôle.

### **II-4 : Les alimentations de la chaudière**

#### **II-4-1 : Alimentation en eau et réglage du niveau (voir annexe: circuit d'alimentation en eau de base)**

L'alimentation en eau est assurée par la turbopompe alimentaire qui aspire du dégazeur de l'installation. Le principe du réglage consiste à ouvrir ou à fermer une vanne située au refoulement de la pompe, en fonction de la position du niveau.

Aux faibles charges, pour éviter de faire fonctionner la TPA (turbo pompe alimentaire), refoulement fermé, on a prévu une recirculation au dégazeur.

#### **a) Niveau d'alimentation en eau**

La législation impose au minimum :

- ❖ Un appareil de visualisation sur place du niveau réel (Niveaux directs)
- ❖ Un enregistrement permanent.
- ❖ Une alarme de niveau haut.
- ❖ Une alarme de niveau bas.

- ❖ Une alarme indépendante de niveau très haut avec action des sécurités.
- ❖ Une alarme indépendante de niveau très bas, avec action des sécurités.

### **b) Niveau directs :**

La façon la plus rationnelle de réaliser des niveaux visibles est d'utiliser le principe des vases communicants.

Cette conception présente de nombreux avantages.

- ❖ l'eau du niveau est à l'abri de l'agitation.
- ❖ deux purges d'élimination des dépôts.
- ❖ circulation naturelle auto-drainante sans érosion de la surface transparente.
- ❖ sécurité totale. Deux isolants et une mise à l'atmosphère dans le cas d'un travail sur la monture, chaudière en service. Les robinets d'isolements sont manœuvrables à distance. Sur les chaudières HP, on ne peut utiliser de grandes surfaces transparentes, qui sont remplacées par des petites glaces rondes protégées coté haute température par des feuilles de mica (montures dur port. Diamond power des méthaniers). Les relaces sont petites, et des systèmes optiques, utilisent la différence d'indice de réfraction des milieux eaux et vapeur, permettant de visualiser plus facilement le niveau. La position de niveau peut être transmise à distance par des jeux de glaces, ou un afficheur en circuit fermé (entre l'afficheur et le ballon supérieur). Pour information, sur les chaudières basse pression, on peut utiliser des glaces plus grandes et de faible épaisseur ce qui facilite la lecture.

### **c) Niveau indirecte :**

Le principe se ramène toujours, sur les chaudières à la mesure d'une pression différentielle. La différence de pression est créée par la différence de charge statique, dans les deux branches d'un tube en U, entre le niveau dans la chaudière, et un niveau de référence. Le niveau de référence est obtenu par condensation de la vapeur dans un « pot » démuné de calorifugeage. Le capteur de pression différentielle est un appareil à déformation de membrane élastique. Déformation qui est ensuite traitée.



Ces capteurs et transmetteurs sont des instruments classiques, utilisés en régulation automatique. Les capteurs et les transmetteurs sont des instruments classiques, utilisés en régulation automatique. Les capteurs de pression différentielle s'intègrent dans un processus général de surveillance du niveau indication et enregistrement, alarmes de dépassement de seuil et réglage du débit alimentaire.

#### **d) But d'alarmes et sécurités de niveau d'un ballon chaudière.**

Le risque que présente un entrainement d'eau dans les surchauffeurs et les turbines par un niveau très haut dans le ballon supérieur de la chaudière peut être de la forme :

Déformation ou fissure des tubes des surchauffeurs, conséquence de chocs thermiques. Dans les turbines, il peut provoquer un refroidissement brutal de la turbine qui sera soumise à des contraintes thermique qui peuvent la déformer. Ou refroidissant plus vite que le stator, des frottements entre ailettes fixes et mobiles peuvent se produire ainsi qu'une détérioration des boîtes étanches, ceci sera perceptible par des vibrations de la turbine. Le risque que présente un manque d'eau ou niveau très bas dans le ballon supérieur peut se répercuter sur la chaudière par la détérioration des tubes branches au plus haut point dans le ballon et qui vont être vider d'eau, donc cassure par effet de chocs thermiques. A cet effet des capteurs de niveaux sont installés sur le ballon supérieur ; Les sociétés de classification obligent l'installation en double, d'indicateurs de niveaux de sécurité, comme par exemple : un capteur transmetteur et un flotteur MOBREY. Elles peuvent être déclenchées par des capteurs indépendants de la mesure continue, ou par des dépassements de seuil sur les indicateurs/enregistreurs de la mesure en continu. Les sécurités de niveaux très hauts et de niveau très bas sont actionnées par des capteurs indépendants, généralement des flotteurs qui font basculer des contacts. Sur les navires de la SNTM-HYPROC, ces appareillages sont de type MOBREY STECH.

#### **II-4-2 : Alimentation en air :**

L'habillage de la chaudière est protégé par un casing qu'on appelle lame d'air. Le réchauffeur d'air à vapeur à surface d'échange ailette est placé à l'entrée de l'air de combustion dans la lame d'air de la chaudière, il est supporté par la chaudière. L'air de

combustion passe complètement entre les deux enveloppes après avoir traverser le réchauffeur d'air qui est situé en haut de la façade arrière du foyer. L'air de combustion est assuré par deux groupes ventilateur de chauffe (caractérisé par un moteur électrique et marche en deux vitesses, grande vitesse pour le gros débit et petit vitesse pour un petit débit). On trouve deux ventilateurs des cellules, qui aspirent avant le réchauffeur d'air et assure la réfrigération des photos cellules et des ramoneurs.

➤ **Mise en marche :**

- Disposer les volets (ventelles) puis démarrer l'électro ventilateur de chauffe(EVC) en surveillant l'intensité de démarrage.
- Bien purger le réchauffeur d'air à vapeur et le disposer.
- L'EVC en service, ventelles d'aspiration fermées (petite vitesse).
- Disposer la ventilation des cellules.

La température de l'air de combustion est nécessaire, l'air doit arriver le plus chaud possible aux bruleurs pour ne pas retardé la combustion et formation d'imbrulés. Le réchauffeur d'air permet d'atteindre 120°C, il est en service assez tôt pour l'allumage. La pression d'air chute régulièrement depuis l'EVC jusqu' au foyer, puis jusqu'à la cheminée. Les différences se mesurent à laide des tubes en U et de capteur de pression. Pour un régime donné, les variations de  $\Delta P$  mesuré, peuvent indiquer l'encrassement au niveau surchauffeur et économiseur. En cas d'avarier réchauffeur d'air les gaz sont plus chauds car il faut augmenter le taux de combustion, ceci peut détériorer les carneaux surchauffeurs, d'ou l'intérêt du réchauffer l'air de démarrage le plutôt possible au démarrage.

### **II-4-3 : Alimentation en combustible (voir annexe: circuit d'alimentation en combustible)**

**a) Généralités :**

L'installation du refoulement du combustible comprend :

- ❖ Une électropompe d'allumage et de transfert de Diesel Oil (DO) d'un débit de  $3.1 \text{ m}^3/\text{h}$ , sous une pression réglable de 15 bars.
- ❖ Deux(02) électropompes de services des bruleurs (une en service et l'autre en stand by) d'un débit unitaire de  $15 \text{ m}^3/\text{h}$  sous une pression de 38 bars ;

la pompe en service démarre automatiquement en cas de défaillance de la pompe en service.

- ❖ Deux (02) réchauffeurs de combustible (un en service et l'autre en stand by) chaque Réchauffeur est capable à l'état propre de réchauffer de 40°C à 150°C, la totalité du FO nécessaire à la vaporisation maximum des deux chaudières.
- ❖ Deux(02) filtres au refoulement des pompes des services des bruleurs, ces filtres d'une finesse de 150 microns, sont à nettoyage manuel à la vapeur ou au DO.
- ❖ Deux(02) filtres à l'aspiration des pompes de service des bruleurs.
- ❖ Un(01) viscosimètre à un élément assure le réglage de la température du FO. En agissant sur la soupape d'entrée de vapeur au réchauffeur.
- ❖ Deux (02) soupapes de réglage (automatique), du débit de combustible, l'une vers la chaudière Bd, l'autre vers la chaudière Td.
- ❖ Une(01) soupape de réglages du débit de combustible faisons retour aux soutes FO, munie d'une commande manuelle de secours.
- ❖ un(01) compteur totalisant le débit de combustible des chaudières.
- ❖ deux(02) tuyères pour la régulation du débit FO.

Un collecteur pris au refoulement de la pompe d'allumage et de transfert de DO, alimente un bruleur de chaque chaudière, la pompe en service aspire aux soutes FO et refoule à la rampe de chaque chaudière a travers les éléments précités. A l'entrée de chaque rampe est installée une soupape électropneumatique a fermeture rapide coupant l'arrivée de combustible si :

- ❖ le niveau de la chaudière associée atteint le niveau d'alarme très bas ou très haut.
- ❖ Manque d'air de contrôle (régulation).
- ❖ manque de courant électrique.
- ❖ arrêt de l'électro ventilateur de chauffe.
- ❖ la pression de vapeur de pulvérisation est trop basse.
- ❖ la pression de combustible est trop basse.
- ❖ par bouton poussoir sur place(TPL).

La recirculation de combustible de chaque chaudière vers les sûtes FO est pourvue d'une soupape électro pneumatique manœuvrable à distance de la cabine de contrôle et par la séquence d'allumage des brûleurs.

**b) Alimentation en combustible gazeux (voir annexe: circuit d'alimentation en combustible gazeux)**

Le combustible gazeux est amené aux chaudières à une pression comprise entre 0.040 et 0.60 bar au refoulement des compresseurs, a une température d'environ 20°C.

La vanne de sécurité sur pont (G) coupe l'alimentation du méthane vers les chaudières quand on a :

- ❖ Pas d'autorisation de chauffe au gaz de la passerelle (TL).
- ❖ Pas d'autorisation de chauffe au gaz cargaison (TL).
- ❖ Pas d'autorisation de chauffe au gaz de la machine (TPL).
- ❖ Arrêt des deux ventilateurs d'extraction hottes chaudières (alarme).
- ❖ Les deux volets sur extraction d'air hotte chaudière sont fermés.
- ❖ Température basse méthane.
- ❖ Pression gaz trop basse (0.04 bar), trop haute (0.06bar).
- ❖ Par défaut fermeture vanne GP ou GS (signal logique).
- ❖ Si pression admission turbine marche avant < 50 bar sans autorisation de déverse.
- ❖ Par détection gaz a 30%, limite explosive inférieure dans la hotte chaudière.
- ❖ Vanne d'azote (Np,Ns) ouverte.
- ❖ Vanne d'évent (Vm, Vms, Vmp) ouverte.
- ❖ Par arrêt coup de poing de l'un ou l'autre des tableaux locaux chaudières.
- ❖ La vanne G ne peut être ouverte à distance que par action sur TPL machine.
- ❖ Chaque chaudière est pourvue d'un double sectionnement de sécurité GP-GP', GS-GS' coupant l'arrivée du méthane avec mise à l'évent (mats) intermédiaire par Vmp,Vms.
- ❖ Aucun brûleur en service au mazout (manque de flamme).
- ❖ Manque d'air de commande (manuel).
- ❖ Variation anormale pression air de chauffe.

- ❖ Pression vapeur surchauffée trop haute (63 bar), (avant ouverture soupape de sureté vapeur).
- ❖ Vanne azote Np (pour gp) ou Ns (pour Gs) ouverte.

Par TPL sur tableau de commande machine.

Les vannes d'évents Vmp-Vms s'ouvrent automatiquement lors de la fermeture des vannes GP-GP' ou GS-GS'. Les vannes GP1 à GP3-GS1 à GS3-VP-VS peuvent être manœuvrées à partir de l'armoire locale par la commande manuelle des électro vannes pilotes.

## II-5 : CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT

## II-5-1 : MARCHE A 100% FUEL LOURD

	Unités	allure normal	allure maximal
Vaporisation	Kg/h	53.00	60.000
Sortie vapeur surchauffée			
- Pression	Kg/cm	63,0	63,0
- Température	°C	515	<u>515</u>
Température d eau d alim.	°C	138	<u>138</u>
Consommation de FO (10280 kcal/kg)	Kg/h	3863	4388
Rendement	%	88.85	
Rapport air/fuel (7.5% d'excès d'air sec)	%	14,8	<u>14,8</u>
Température de l'air			
-entrée réchauffeur	°C	38	<u>38</u>
-Aux bruleurs	°C	120	117
Température des fumées a la cheminée	°C	168	
Timbre de la chaudière	Kg/cm		72,0
Pression d'épreuve hydraulique	Kg/cm		104.8
Tarages des soupapes de sureté :			
-sur ballon chaudière	Kg/cm		72,0/71,5
-sur surchauffeur	Kg/cm		64,8
-économiseur	Kg/cm		78
Poids d'eau dans la chaudière (évalue)			
-Eau au niveau normal a froid (à l exclusion de l'économiseur)	Tonnes		21,0
-eau froid remplissage complet  pour épreuve hydraulique	Tonnes		29,6
-Poids eau froide dans l'économiseur.	Tonnes		1,5

## II-5-2 : MARCHE A 100% FUEL /GAZ

	Unités	allure maximal
Vaporisation	Kg/h	60.000
Sortie vapeur surchauffée :		
-Pression	Kg/cm	63,0
-Température	°C	515
Température d eau d alim.	°C	138
Consommation de FO (10280 kcal/kg)	Kg/h	600
Consommation de GAZ (10280 kcal/kg)	Kg/h	3280
Rendement approché	%	84,4
Rapport air/fuel (7.5% d'excès d'air)		14,8 :1
Rapport air/gaz (7.5% d'excès d'air)		17,6 :1
Température d'air de combustion :		
-avant réchauffeur	° C	38
-Aux bruleurs	° C°	120
Température des fumées a les fumées	° C°	181

**II-6 : CONCLUSION**

Donc on concluant qu'Une chaudière marine est un appareil permettant de transférer en continu de l'énergie thermique à un fluide caloporteur (le plus généralement de l'eau). L'énergie thermique transférée (source de chaleur) peut être soit la chaleur dégagée par la combustion (de charbon, de fuel, de gaz, de bois, de déchets, etc.), soit la chaleur contenue dans un autre fluide (chaudière de récupération sur gaz de combustion ou gaz de procédés chimique. donc scientifiquement la chaudière marine est un système permettant d'augmenter la température d'un fluide caloporteur afin de transporter de l'énergie thermique » à bord d'un navire. Enfin, l'ensemble corps de chaudière et brûleur, produisant de l'eau chaude, de la vapeur d'eau, de l'eau surchauffée, ou modifiant la température d'un fluide thermique grâce à la chaleur libérée par la combustion.

Par conséquent, la description de la chaudière à simplifier considérablement le passage vers le prochain chapitre qui constitue la modélisation de démarrage de cette chaudière à l'aide de GRAFCET.



### **III-1 : Introduction**

Une conception d'un système automatisé industriel comporte un cahier des charges, établi en collaboration avec les différents services utilisant ce système. Outre les contraintes techniques, il comporte des instructions impératives reliant la partie commande à la partie opérative, ainsi que le dialogue avec l'opérateur. Avec l'arrivée des nouvelles technologies et l'accroissement de la complexité des systèmes industriels automatisés, une définition précise des spécifications fonctionnelles qui régissent le comportement du système s'impose et ceci indépendamment de la matérialisation technologique retenue : mécanique, pneumatique et électronique câblée ou programmée. Les automaticiens utilisent plusieurs outils de description, ceux établis par les chercheurs « réseaux de Pétri » s'appuient sur d'importants travaux théoriques. D'autres, mis en œuvre par des industriels « GRAFCET, ... ».

### **III-2 : Généralité sur le GRAFCET**

#### **III-2-1 Définition du GRAFCET**

Le GRAFCET (graphe de commande étapes transitions) est un outil graphique de représentation du cahier des charges d'un automatisme séquentiel. Il est à la fois simple à utiliser et rigoureux sur le plan formel. Il est basé sur les notions d'étapes auxquelles sont associées des actions et des transitions auxquelles sont associées des réceptivités. Il décrit les ordres émis par la partie commande vers la partie opérative en mettant en évidence les actions engendrées et les événements qui les déclenchent. Cette représentation est étroitement liée à la notion d'évolution du processus. Le GRAFCET permet de construire des modèles ayant une structure graphique à laquelle on associe une interprétation (elle correspond à l'aspect fonctionnel du GRAFCET).

#### **III-2-2 : Aspect structurel du GRAFCET**

##### **a) l'étape**

Une étape correspond à une phase durant laquelle on effectue une action pendant une certaine durée (même faible mais jamais nulle). On représente chaque étape par un carré, l'action est représentée dans un rectangle à droite. L'entrée se fait par le haut et la sortie par le bas. Une étape peut être active ou inactive (un point à l'intérieur d'une étape signifie qu'elle est active).

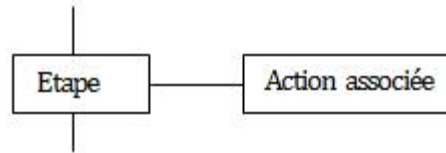


Figure III.1 : Une étape du grafcet et son action.

### b) Transition

Une transition est représentée par un trait horizontal placée entre une étape d'entrée, située en amont, et une étape de sortie située en aval.

Une transition représente une, et une seule, possibilité de dévolution. (Figure III.3).

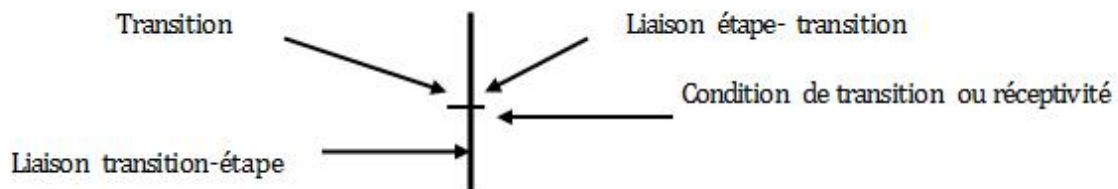


Figure III.3 : Transition.

### c) Liaison

Les liaisons orientées relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Elles sont représentées par des lignes verticales et horizontales.

**d) Action** Une ou plusieurs actions élémentaires ou complexes peuvent être associées à une étape. Les actions associées à une étape sont inscrites dans un rectangle d'action de façon à mettre en évidence ce qui s'exécute lorsque cette étape est active.

### e) Réceptivité

Une réceptivité est associée à chaque transition. C'est une condition qui détermine la possibilité ou non d'évolution du système par cette transition. Une réceptivité s'exprime comme étant une expression booléenne écrite à l'aide des variables d'entrées  $E_i$ , des variables d'étapes  $X_i$ , des opérateurs logiques **et**, **ou**, **non** ainsi que de l'opérateur à retard " $t_1/X_n/t_2$ ", auquel on peut rajouter les opérateurs front montant et front descendant.

**III-3 : Niveau d'un GRAFCET****a) Niveau 1**

Appelé aussi le niveau de la partie commande, il décrit l'aspect fonctionnel du système et des actions à faire par la partie commande en réaction aux informations provenant de la partie opérative indépendamment de la technologie utilisée, les réceptivités sont décrites en mots et non en abréviations. Nous associons le verbe à l'infinitif pour les actions.

**b) Niveau 2**

Appelé aussi le niveau de la partie opérative, il tient compte de plus de détail de la technologie actionneurs, des pré-actionneurs et des capteurs. La présentation des actions et des réceptivités est écrite en abréviation, nous associons une lettre majuscule à l'action et une lettre minuscule à la réceptivité. Après l'étude du système à automatiser et avoir identifié les différentes réceptivités ainsi que les différentes actions, le cahier des charges décrit au premier chapitre est modélisé sous forme de GRAFCET niveaux 1 et 2.

**III-4 : Démarrage de la chaudière****III-4-1 : Montée en pression****a) Opération préliminaire avant montée en pression**

Avant la première montée en pression et après réparation, il sera procédé à une inspection complète de la chaudière. L'inspection sera externe et interne et concernera essentiellement les points suivants :

- Les surfaces internes doivent être propres et sans aucun dépôt.
- A chaque fois que c'est possible, vérifier que les tubes ne contiennent aucun corps étranger.
- L'habillage intérieur doit être convenablement fixe.
- Les orifices des prises de manomètres et autres accessoires doivent être parfaitement dégagés.
- Les bouchons de trous d'homme et les bouchons de trous de poing doivent être montés avec des joints en bon état permettant une étanchéité satisfaisante.

- Les vannes et les robinets sur chaudière doivent être en bon état de fonctionnement et en position fermée.
- Les soupapes de sûreté doivent être manœuvrable à la main et mises en position de fermeture.
- La chambre de combustion et les passages de gaz doivent être propres, le briquage réfractaire doit être en bon état avec les joints de dilatation dégagés. Vérifier que les tubes d'évents de gaz au sommet de l'écran surchauffeur et du foyer sont bien dégagés.
- Les registres des brûleurs et les portes de visites côté gaz de combustion et air doivent être en place

Quand l'inspection est terminée et jugée satisfaisante ouvrir :

- Les dégagements d'air de la chaudière, de surchauffeur et de l'économiseur.
- Les dégagements d'air de la tuyauterie de vapeur et de la tuyauterie d'alimentation.
- Les purges des collecteurs de la surchauffeur et de tuyauterie de vapeur.
- La vanne de dépense à l'air libre.
- Les robinets d'isolement eau et vapeur des indications de niveau.
- Les robinets d'isollements eau et vapeur des transmetteurs de niveau, des alarmes de niveau et des dispositifs de sécurité de coupure du fuel.
- Les vannes d'isolement des indicateurs de niveau à distance.
- Les vannes d'alimentations entre économiseur et ballon de vapeur.
- Les vannes d'isolement des manomètres et transmetteurs de pression.
- Les vannes d'isolement du transmetteur de pression différentielle sur la vapeur (et sur l'eau s'il y en a un).

#### **b) Préparation de la chauffe :**

- Vérifier que la canne du brûleur central est bien équipée d'un atomiseur D.O.
- Vérifier que les autres cannes sont munies d'un équipement F.O.
- Vérifier que les vannes couplées sur brûleurs central sont bien sur D.O.
- Démarrer le ventilateur des cellules.
- Démarrer le ventilateur de chauffe.
- Disposer la pompe à D.O.
- Disposer l'air d'assistance à 2.5 bar.

**III-4-2 : Allumage**

L'allumage ne peut se faire qu'en D.O.

- Ouvrir les ventelles à 50% (nécessaire pour maintenir en route la pompe D.O)
- Démarrer la pompe D.O pression à 10 bars
- Fermer les ventilles à 5% (pour ne pas souffler la flamme).

Allumage sur TPL (c'est un bouton d'allumage à partir de la salle de contrôle) :

- Avance de l'allumeur.
- Excitation.
- Distribution D.O.
- Excitation cellules.
- Retour allumeur.

En cas de non démarrage. Confirmer arrêt sur TPL. Recommencer séquence de balayage et d'allumage : 3 essais successifs au maximum.

Si allumage, régler D.O à 6 bar

- Ajuster les ventelles selon aspect de la flamme.

Si la flamme est molle et fumeuse.

- Augmenter l'air.

Si la flamme est courte et brillante.

- Réduire l'air.

Si l'on n'arrive pas à régler la flamme :

- Vérifier la pression d'air d'assistance.
- Stopper, démonter et remplacer la canne.

Vérifier pendant toute la marche au D.O qu'il n'y a pas d'écoulement de D.O sur la sole.

### Après 1 H 30 mn de l'allumage

C'est la période de montée en température jusqu'à la température d'ébullition sous pression atmosphérique. Le constructeur a prévu durant cette phase un graphe de montée en température d'environ 55°C/heure. Cette courbe sera suivie en augmentant la pression de D.O. rappelons les dangers des transitions rapides qui peuvent amener des déformations importantes de la virole et des fonds du ballon supérieur. Durant cette période si le niveau monte dans le ballon, faire une extraction avec la vanne "GESTRA".

Ne jamais faire d'extractions au ballon inférieur ou aux collecteurs inférieur de murs d'eau lorsque la chaudière est en service. S'il se produit une légère vaporisation dans l'économiseur provoquant des marteaux d'eaux, en dépit de l'ouverture des événements, pratiquer une légère circulation avec une extraction à l'aide de la vanne "GESTRA".

#### a) Montée en pression simultanée à la prise de charge de mise en service

Cette montée en température s'accompagne de la montée en pression suivant la loi de vapeur saturante, et de la prise de charge de mise en service, donc limitée.

**A 1 bar** : fermer les événements ballon, économiseur et surchauffeur.

La vanne de Dépense a un tour ouvert.

**A 2 bars** : contrôler que toutes les vannes sur le circuit de vapeur, turbine, TPA, TA sont bien ouvertes, ainsi que les purges et le by-pass de la vanne principale.

**A 3 bars** : fermer les purges surchauffeurs.

- Purger les niveaux selon procédure.
- Purger les moutures de niveau direct de la façon suivante :
- Fermer la vanne cotée eau
- Ouvrir lentement la vanne de purge, pour réchauffer le monteur.
- Ouvrir en grand la vanne de purge pendant 30 secondes.
- Fermer la vanne de vapeur.
- Ouvrir ensuite la vanne d'eau.

Au bout de 20 secondes, rouvrir la vanne de vapeur.

- Fermer ensuite la vanne de purge.

**NOTA :** pour équilibrer les températures dans la chaudière et le surchauffeur on a toujours intérêt à fonctionner lors des démarrages avec le brûleur central.

**A 5 bars :**

- ouvrir en grand la prise de vapeur principal
- Fermer les purges intermédiaires, excepte celles d'extrémité auxiliaires en réchauffage.

**A 10 bars :** TPA en service.

- Régulation de niveau en manuel.
- Fermer la dépense à 50%.
- Réchauffage F.O en service.
- Réchauffeur d'air en service (Echappement des auxiliaires)

**A 15 bars :** Température d'ambiance minimale pour fonctionner au F.O lourd

Pour obtenir 15 bars de pression vapeur, le débit D.O sur le brûleur d'allumage est proche du maximum, avec une pression rampe d'environ 15 bars, ce débit max de D.O correspond à un débit avec 08 bars à la rampe sur un brûleur équipé d'une pastille F.O, donc pour éviter la discontinuité :

- Régler la pression F.O à 10 bars.
- Allumage sur TPL.
- Redescendre la pression F.O à 08 bars.
- Stopper sur D.O, et remplacer la canne.
- Si l'on stoppe d'abord le brûleur D.O, il y a possibilité d'allumage en automatique (séquence de pré ventilation et d'allumage). Poursuivre la

montée en pression suivant courbe FOSTER WHEELER, en augmentant la pression F.O.

#### **b) Conditions d'allumage de la chaudière:**

- Pression chaudière supérieure à 15 bars
- Réchauffeur d'air en service
- Température du F.O à la rampe 115°C
- Viscosité minimal, 2.3°Ereth (unité marine de la viscosité)
- Vapeur d'assistance 138°C, 2.5 bars

Il est conseillé d'allumer le brûleur F.O avec le brûleur D.O en service.

**A 25 bars** : dès que le débit de vapeur est de 4 à 6 T/H,

- fermer la dépense.

Poursuivre la montée en pression et en charge jusqu'à la pression de manœuvre 60 bars.

NOTA : au passage fuel, il est possible de piloter la pression chaudière en agissant sur la consigne du régulateur principal fuel, la pression fuel sera fonction de la charge, ainsi que la position des ventelles.

### **III-5 : Allumage des brûleurs fuel (FO)**

#### **III-5-1 : Allumage de brûleur FO1**

##### **a) Préparation d'Allumage Brûleur FO1 (voir annexe circuit ordre d'allumage brûleur FO1)**

- Fermeture de registre par mise hors tension de l'électrovanne ( rep 109)
- Retrait allumeur par mise hors/tension de l'élection vanne ( rep 108)
- Fermeture vannes (mazout 29 et 30) ouverture vanne vapeur rap.82 par mise hors/tension des électrovannes rep 107/117
- Fermeture vanne vapeur 81 et ouverture vanne fuite 83 par mise hors-tension de l'électro vanne rep 106
- Les fins de course rep (5-10-13) et 16 indique que le brûleur est à l'arrêt.



**b) Balayage foyer (voir annexe circuit balayage de foyer)**

Ouverture registres par mise sous tension de l'électrovanne rep 109

Le balayage s'effectue les 3 registres ouverts en même temps (commande unique) tant que les électrovannes d'ouverture rep.103 seront excitées.

Remarque : le balayage nécessite un volume d'air de 3 fois le volume de foyer calculé pour une durée de 120 secs et il se fait qu'à l'allumage de premier bruleur.

**c) Allumage de bruleur F01 (voir annexe circuit ordre d'allumage B1)**

Après un temps de balayage prédéterminé, les 3 registres se ferment :

Ouverture registre par mise sous tension de l'électrovanne rep.109

Mise en place allumeur pour mise sous tension de l'électrovanne rep 108

Mise sous tension de l'allumeur pendant 14" par fin de course allumeur en place rep.12

Fermeture vanne vapeur rep.82

Ouverture vanne mazout rep.29 et 30 par mise sous tension des électrovannes rep 107/117

La fin de course rep.9 indique que les vannes mazout rep 29/30 sont ouvertes.

Les fins de courses rep (9.5.14) et 12 indiquent que le bruleur est en condition allumage.

**d) Bruleur F01 en service (voir annexe circuit bruleur 1 en service)**

Pendant la séquence d'allumage l'électrovanne rep 108, est mise maintenue sous tension. Après une temporisation de 15" (maxi) l'électrovanne rep.108 est mise hors tension. Nous obtenons le retrait et la mise hors tension de l'allumeur, les fins de courses rep (5.9.14) et 16 indiquent que le bruleur est en condition de marche

**e) lessivage bruleur F01 (voir annexe circuit lessivage bruleur 1)**

- ✓ A la fin de la séquence 4 (bruleur en service) les électrovannes rep 117 et 107 sont mises hors tension
- ✓ Les vannes mazout rep.29 et 30 se ferment, la vanne vapeur rep.82 s'ouvre.
- ✓ L'électrovanne rep.106 est mise sous tension.

- ✓ La vanne fuite rep .03 se ferme
- ✓ La vanne vapeur repère 81 s'ouvre.
- ✓ Les fins de course rep (1-10-14-16) indiquent que le brûleur est en condition de lessivage.
- ✓ Après une temporisation de 20" les électrovannes rep 106 et 109 sont mise hors tension, la vanne vapeur rep 81 et le registre se ferment la vanne fuite rep 83 s'ouvre.
- ✓ Les fins de course rep.(5-10-13-16) indiquent que le brûleur est en position arrêt.

### III-5-2 : Allumage Brûleur fuel FO2

#### Préparation d'allumage de brûleur FO2 (voir annexe circuit ordre d'allumage brûleur FO2)

- Fermeture de registre par mise hors tension de l'électrovanne rep 109-2
- Retrait allumeur par mise hors/tension de l'électrovanne rep 108-2
- Fermeture vannes mazout 29-2 et 30-2 ouverture vanne vapeur rap.82-2 par mise hors/tension des électrovannes rep 107-2/117-2
- Fermeture vanne vapeur 81-2 et ouverture vanne fuite 83-2 par mise hors-tension de l'électrovanne rep 106-2
- Les fins de course rep (5-10-13)-2 et 16-2 indiquent que le brûleur est à l'arrêt.

#### b) Allumage de brûleur FO2 (voir annexe circuit d'ordre d'allumage B2)

Après un temps de balayage prédéterminé, les 3 registres se ferment :

- Ouverture registre par mise sous tension de l'électrovanne rep.109-2
- Mise en place allumeur pour mise sous tension de l'électrovanne rep 108-2
- Mise sous tension de l'allumeur pendant 14" par fin de course allumeur en place rep.12-2
- Fermeture vanne vapeur rep.82-2
- Ouverture vanne mazout rep.29-2 et 30-2 par mise sous tension des électrovannes rep 107-2 / 117-2
- La fin de course rep.9-2 indique que les vannes mazout rep 29-2/30-2 sont ouvertes.

- Les fins de courses rep (9.5.14)-2 et 12-2 indiquent que le brûleur est en condition allumage.

**c) Brûleur FO2 en service (voir annexe: circuit brûleur 2 en service) :**

Pendant la séquence d'allumage l'électrovanne rep 108-2, mise maintenue sous tension. Après une temporisation de 15" (maxi) l'électrovanne rep.108-2 est mise hors tension. Nous obtenons le retrait et la mise hors tension de l'allumeur. Les fins de courses rep(5.9.14)-2 et 16-2 indiquent que le brûleur est en condition de marche.

**d) Lessivage brûleur FO2 (voir annexe: circuit lessivage brûleur 2)**

À la fin de la séquence 4 (brûleur en service) les électrovannes rep 117-2 et 107-2 sont mises hors tension

- Les vannes mazout rep.29-2 et 30-2 se ferment,
- la vanne vapeur rep.82-2 s'ouvre.
- L'électrovanne rep.106-2 est mise sous tension.
- La vanne fuite rep .30-2 se ferme
- La vanne vapeur rep 81-2 s'ouvre.
- Les fins de course rep (1-10-14-16)-2 indiquent que le brûleur est en condition de lessivage.

Après une temporisation de 20" les électrovannes rep 106-2 et 109-2 sont mises hors tension, la vanne vapeur rep 81-2 et le registre se ferment la vanne fuite rep 83-2 s'ouvre.

- Les fins de course rep (5-10-13-16)-2 indiquent que le brûleur est en position arrêt.

## III-6 : Les brûleurs gaz

### III-6-1 : Principe de fonctionnement

#### a) Remplissage de gaz et allumage

Cette opération consiste à évacuer par les vannes d'évents l'azote de balayage et d'inertie, de préparer l'arrivée du gaz aux brûleurs puis de procéder à l'allumage. Elle se décompose en différentes phases définies ci-dessous :

Phase 1 : But : remplissage du circuit entre G et (GS') en dégageant au mat par VP (vs).

Phase 2 : Remplissage de la rampe et des départs brûleurs en dégageant au mat par VP(VS)

Phase 3 : Allumer les brûleurs successivement par ouverture de leur vanne pour assurer la chauffe au gaz.

Phase 4 : Maintien de la chauffe mixte, tous les brûleurs en service

Toutes les vannes gaz sont ouvertes

Toutes les vannes azote sont fermées

Toutes les vannes événements sont fermées

#### b) déroulement de la séquence

Mise en service volontaire par action sur le TPL G qui entraîne, si les conditions d'initialisation sont correctes l'ouverture des GP et GS. Quand GP et GS sont ouverts en grand et si les conditions de sécurité sont correctes, G reçoit un ordre d'ouverture.

- L'ouverture de G entraîne la fermeture de Vm.
- La phase 1 se déroule pendant Tx secondes, après X secondes, Vmp et Vms reçoivent l'ordre de fermeture.
- Quand Vmp et Vms sont fermées complètement, une signalisation informe l'opérateur que la phase de remplissage du circuit est terminée.
- Action volontaire sur le TPL de GP' qui entraîne son ouverture ce Vmp (Vms) est fermé.

- La phase 2 se déroule pendant Y secondes, après Y secondes VP(VS) reçoit un ordre de fermeture.

Lorsque vp (vs) est fermée complètement, une signalisation informe l'opérateur que l'installation est prête pour allumage si la pression de gaz est satisfaisante.

### **c) maintien en combustion**

La chauffe au gaz est maintenue en service tant que les conditions de sécurité ci-après sont assurées.

- ✓ Sécurités chaudières au FO : Chaudière en service (2 brûleurs correcte).
- ✓ Chauffe au gaz correct :
  - Tous les brûleurs gaz en service
  - Toutes les vannes gaz ouvertes
  - Toutes les vannes azote fermées
  - Toutes les vannes évènements fermées

La disparition d'une de ces sécurités ou l'arrêt volontaire entraîne simultanément la fermeture de toutes les vannes gaz. Le black out entraîne, en plus, l'ouverture des vannes d'évènements Vm-Vmp-Vp (Vs-Vms). Au retour de la tension Vp (Vs) reçoit un ordre de fermeture Vm-Vmp-Vms reçoivent un ordre de fermeture après initialisation de balayage, la séquence de balayage peut alors se dérouler.

### **III-6-2 : Extinction et balayage azote**

Cette opération consiste, après une extinction de la chauffe au gaz, à évacuer, par les vannes évènement, le gaz maintenu dans les circuits et à inertiser ces mêmes circuits. Elle se décompose en différentes phases définies ci-dessous.

**Phase 1** Bien évacuer le gaz contenu dans les brûleurs en ouvrant pendant un temps X et successivement GP1 GP2 – GP3 (GS1-GS2-GS3).

La phase 0 correspond à la situation dans laquelle les vannes sont toutes fermées (vanne gaz – azote et évènement).

**Phase 2** Bien évacué le gaz contenu dans la rampe en dégageant au mat par Vp (Vs).

**Phase 3** Bien évacuer le gaz contenu jusqu'à Gp.Gs en dégageant au mat par Vmp – Vms.

**Phase 4** Bien évacuer le gaz contenu jusqu'à G en dégageant au mat par Vm.

### III-6-3 : Déroulement de la séquence

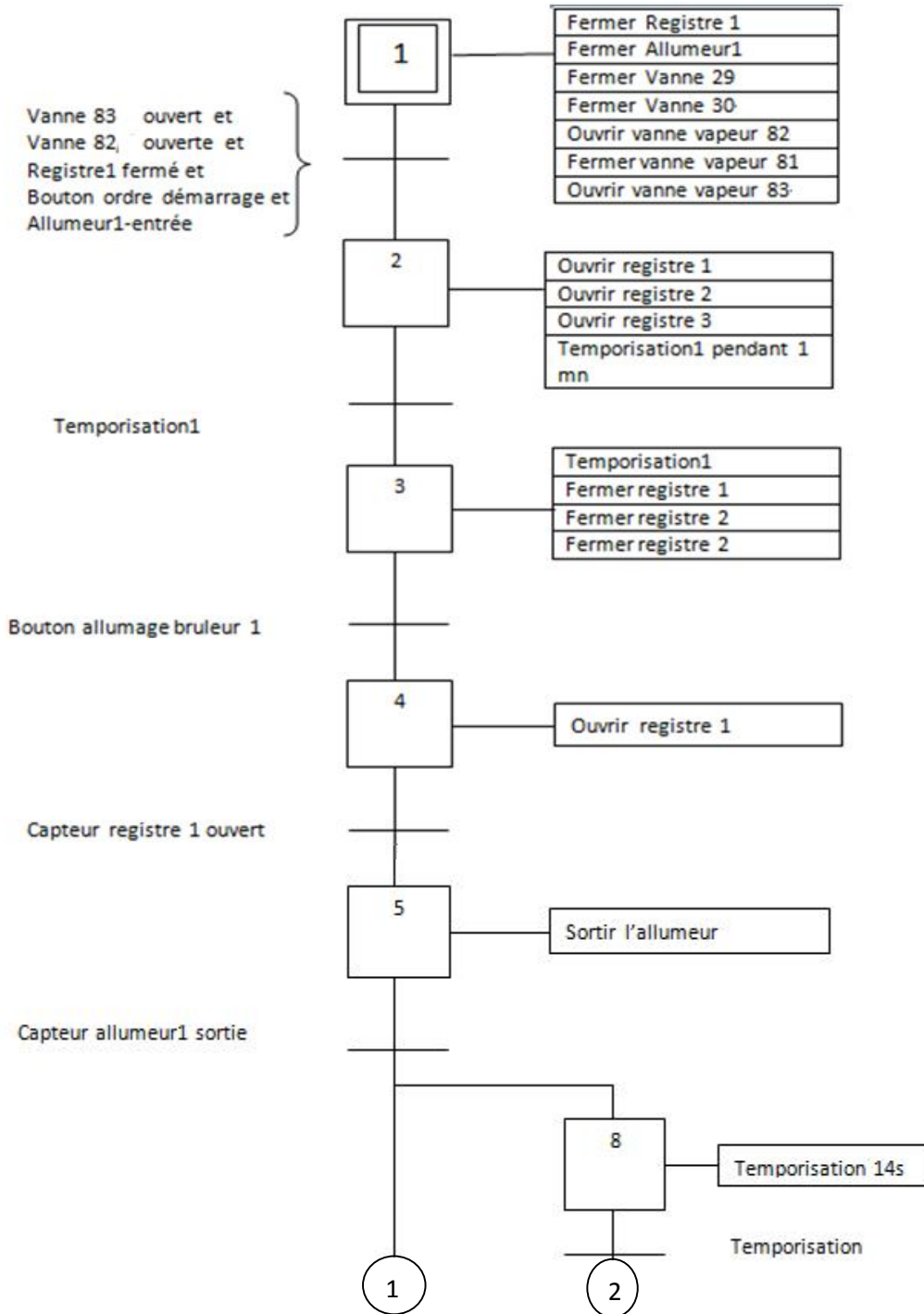
Après arrêt volontaire ou accidentel de la chauffe au gaz, la séquence de balayage se déroule de la façon suivante :

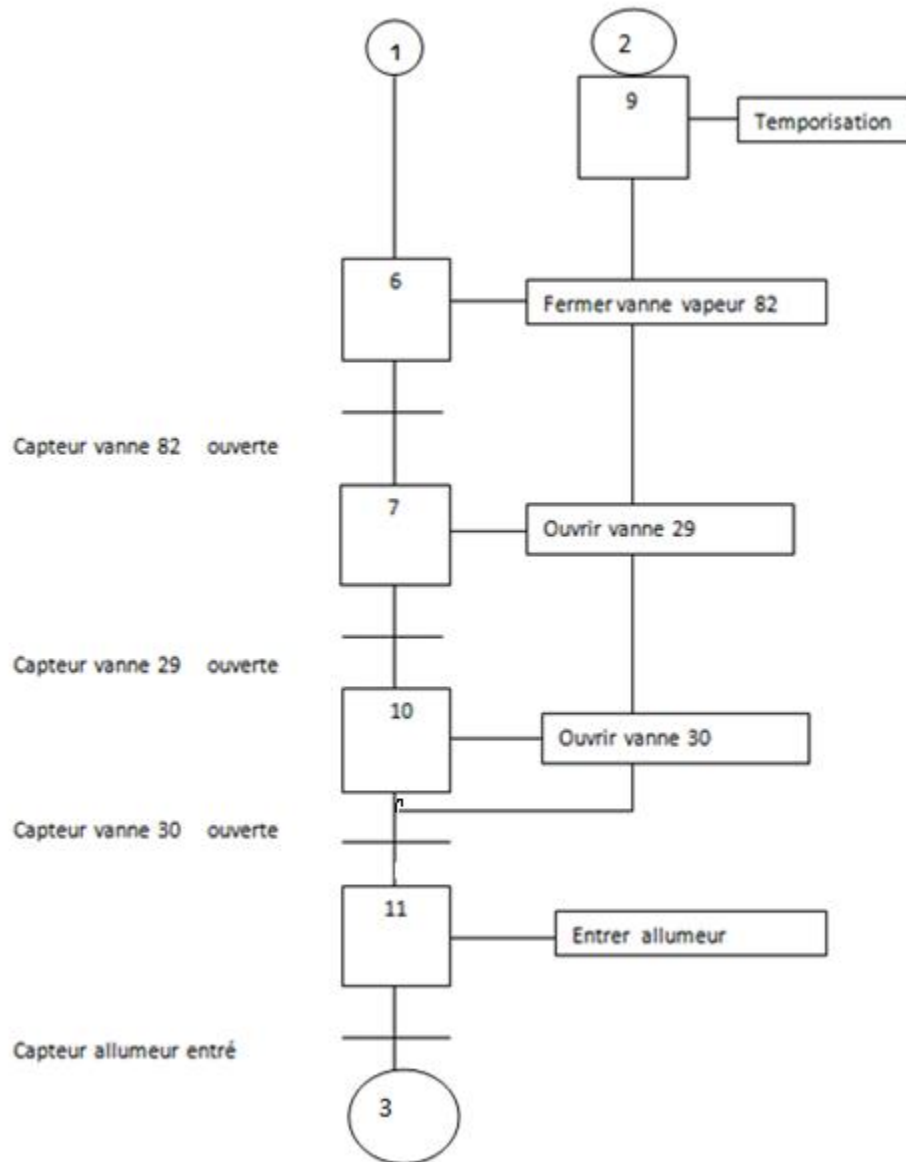
- Fermeture des vannes d'évent (au retour de la tension).
- Initialisation volontaire par action sur la TPL de la vanne Nm ou initialisation automatique au retour de la tension lorsque les vannes G de sécurités sont fermées. Ceci provoque la fermeture des autres vannes d'évent Vm- Vp – Vms et la fermeture des vannes Gp – Gs.
- La séquence se déroule pendant t4 secondes.
- Np (Ns) reçoit un ordre d'ouverture pendant t2 secondes.
- quand Np (Ns) est ouvert, Gp1, Gp2, Gp3, (Gs1,Gs2,Gs3) reçoivent successivement des ordres d'ouvertures. Les phases 1 -1,1 -2,1 -3 se déroulent chacune pendant ti seconde
- A l'issue de t2'' la séquence de balayage bruleur et rampe est terminée et la vanne Np (Ns) se ferme.
- quand Np – Ns ne sont plus ouvertes, Vmp-Vms reçoivent un ordre d'ouverture.
- quand Vmp et Vms sont ouvertes Gp-Gs reçoivent un ordre d'ouverture.  
La phase 3 se déroule pendant t3 secondes.
- A l'issue de t3 secondes, Vm reçoit un ordre d'ouverture. Quand Vm est ouverte Gp (Gs) reçoit un ordre de fermeture.  
La phase 4 se déroule jusqu'à échéance de t4
- A l'issue de la séquence de balayage, après t4 secondes, Nm reçoit un ordre de fermeture

II-7 : exemple de Graf cet du démarrage de la chaudière

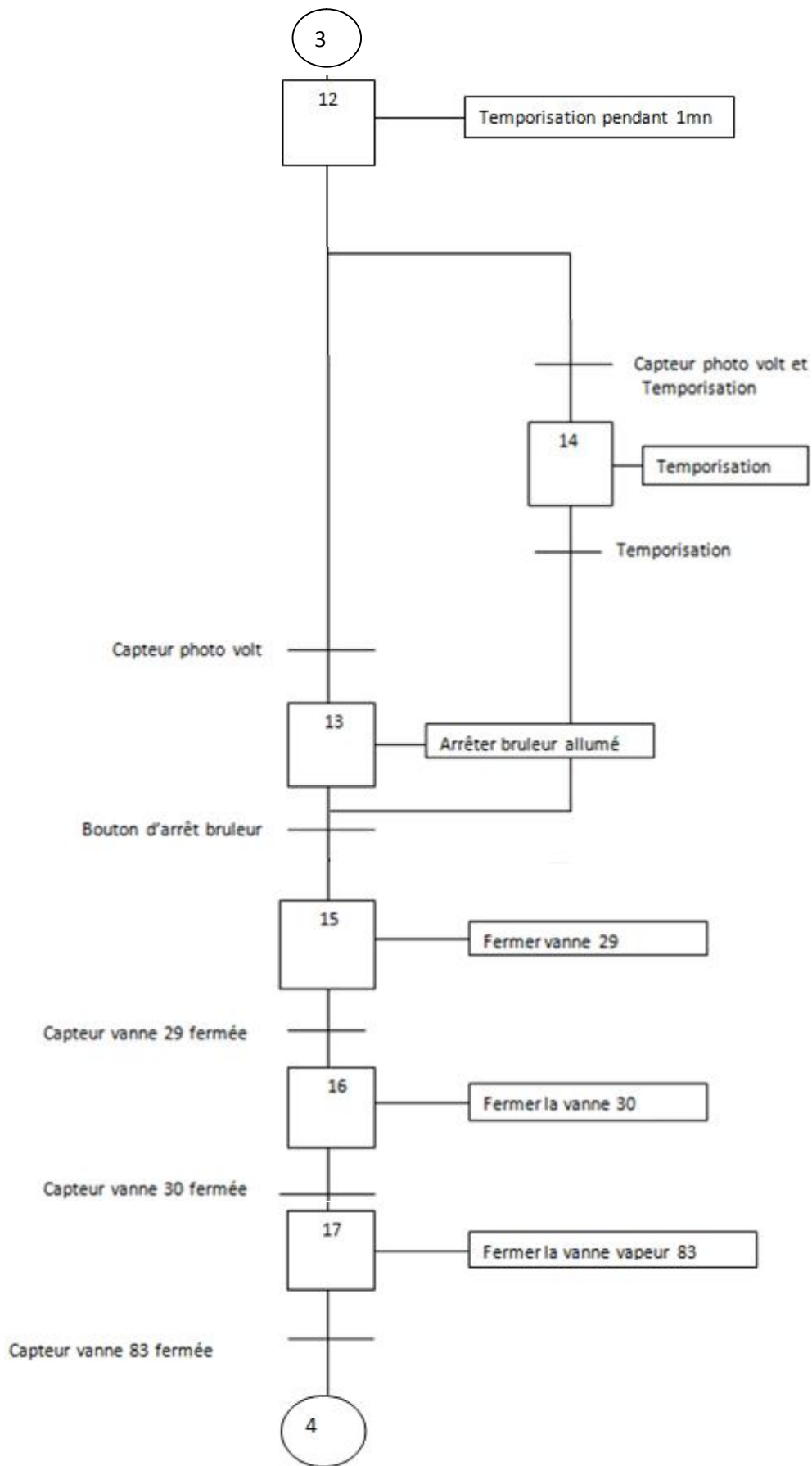
➤ (Bruleur FO numéro 1) :

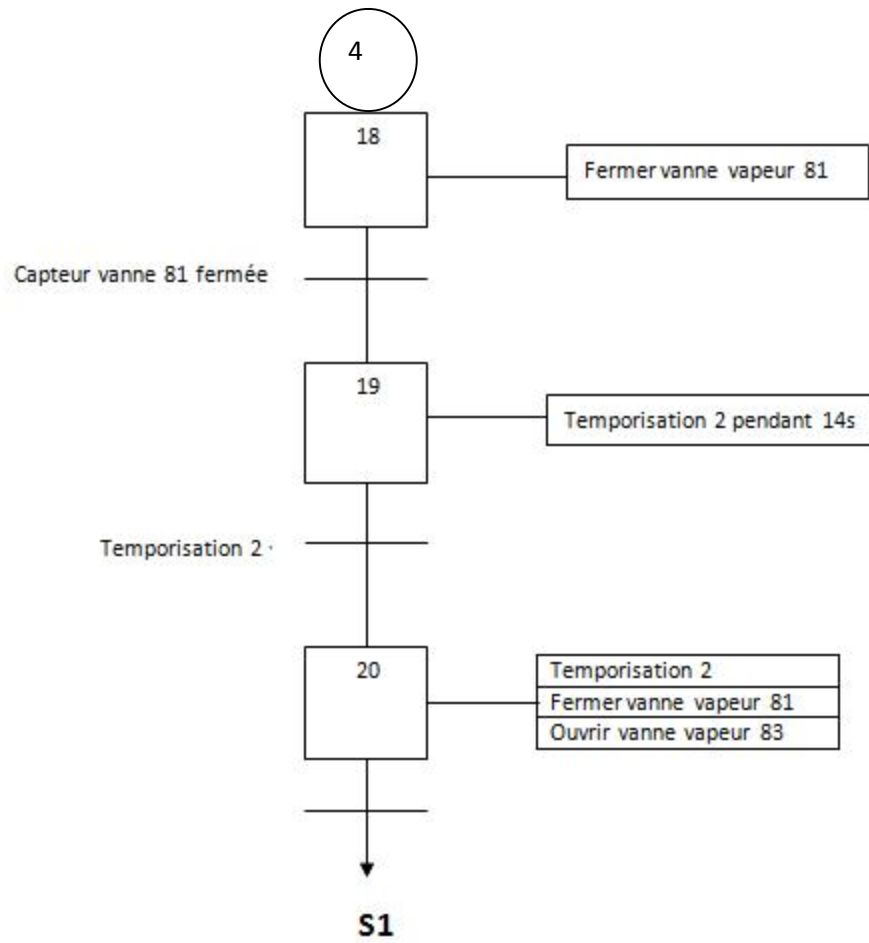
III-8-1 : Grafcet Niveau 1



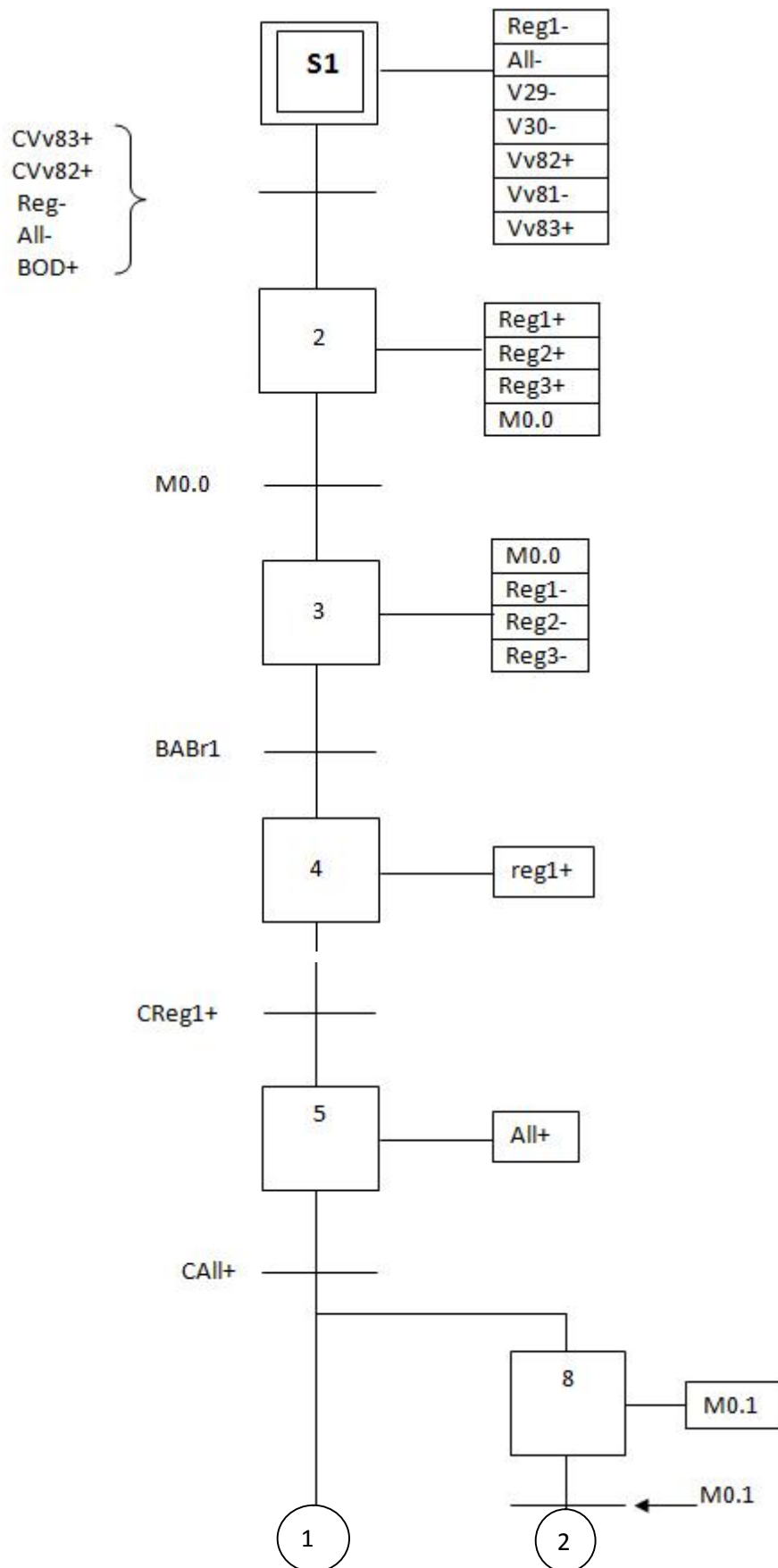


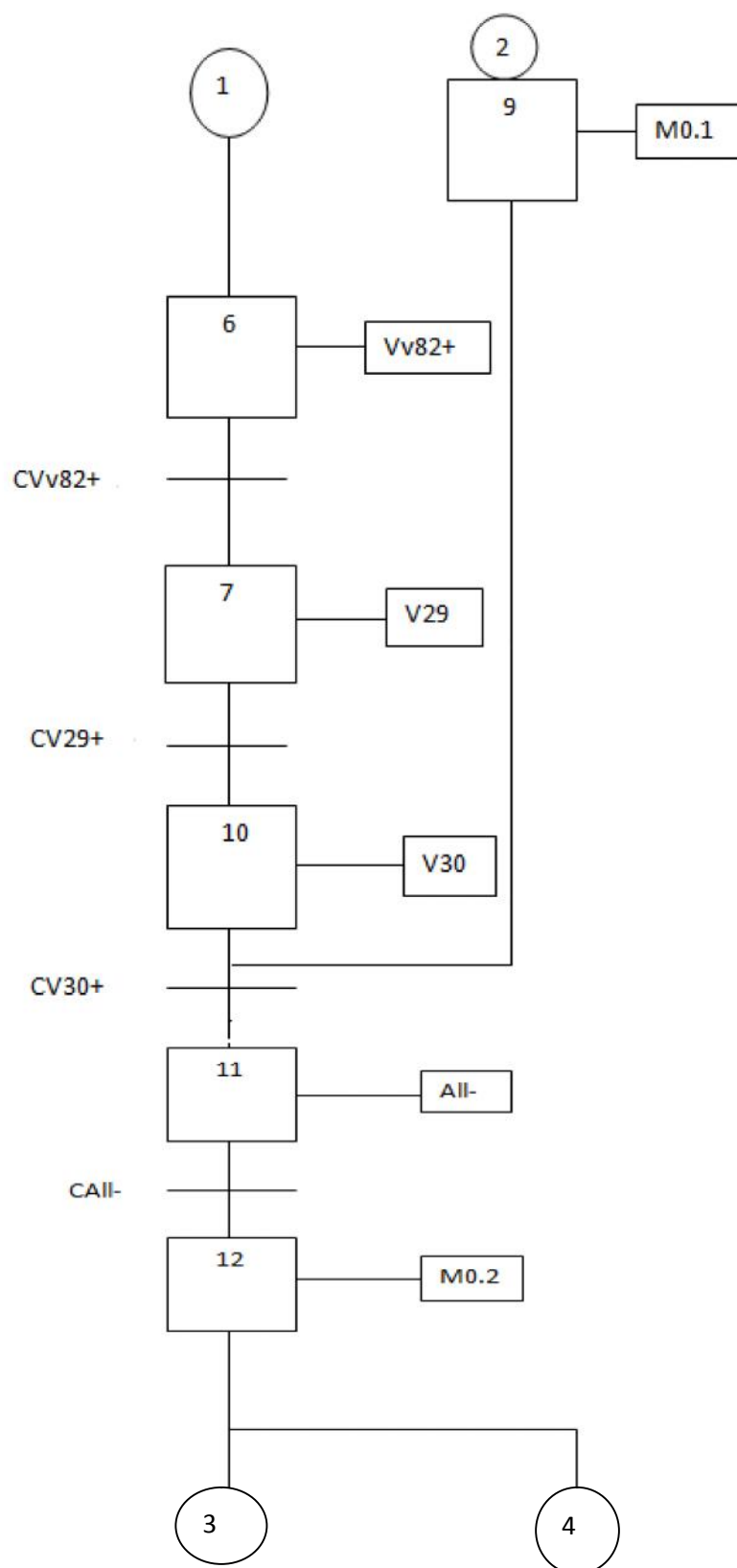


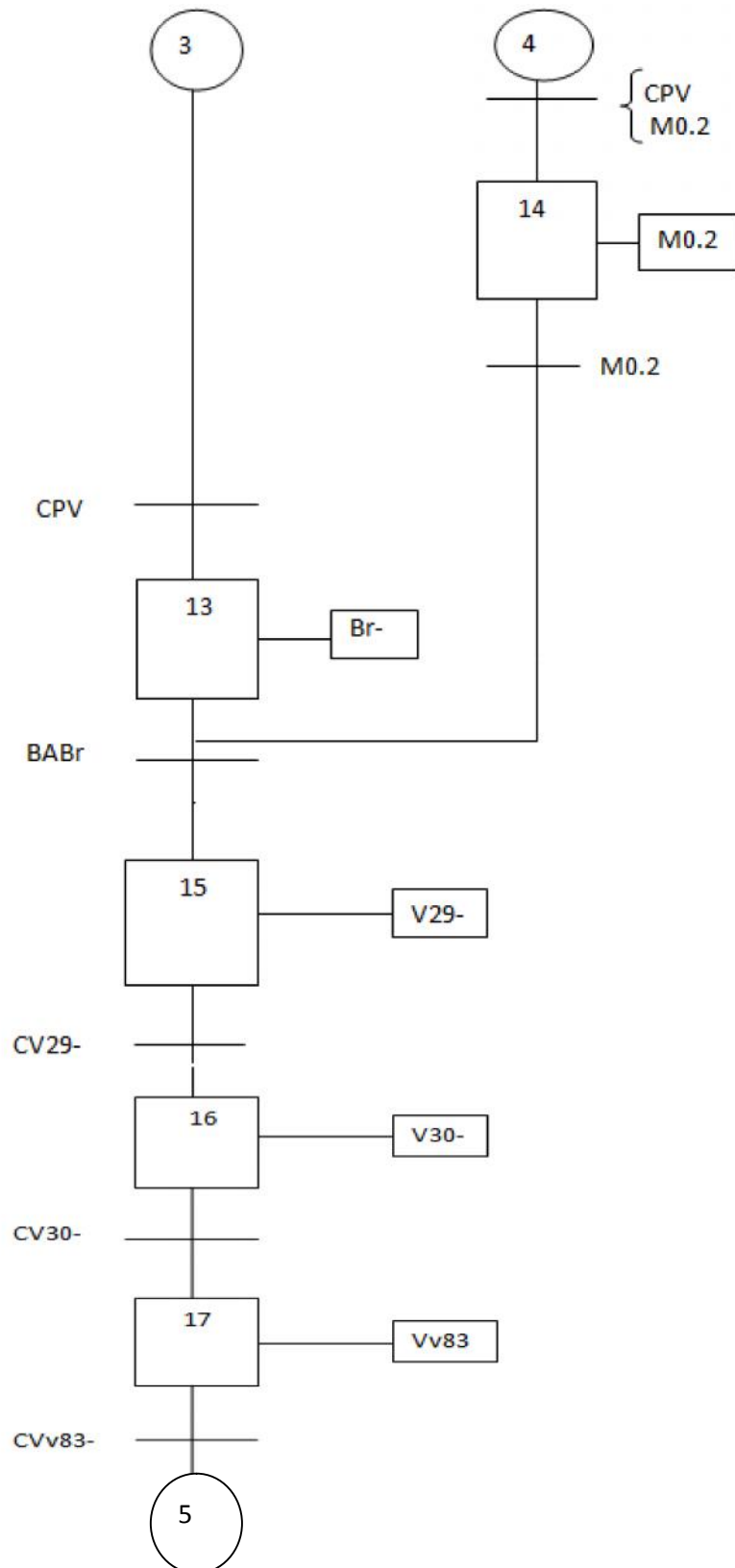


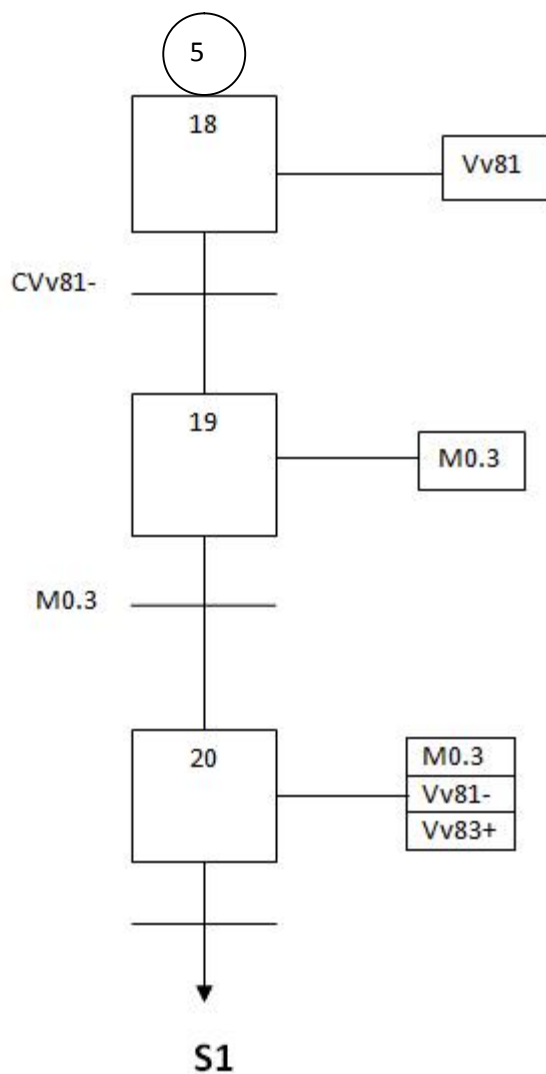


III-8-2 : Grafcet niveau 2









**III-9 : CONCLUSION**

Dans ce chapitre nous avons modélisé notre procédé de commande à l'aide du GRAFCET. Au terme de ce chapitre nous concluons que le GRAFCET est un puissant outil de modélisation et de transmission d'information, qui permet facilement le passage d'un cahier des charges fonctionnels à un langage d'implantation optionnel.

Le GRAFCET permet la description du comportement attendu de la partie commande d'un système automatisé, comme il permet de créer un lien entre la partie commande et la partie opérative.

Ainsi le GRAFCET a facilité considérablement le passage de la description à la modélisation et nous permettra au prochain chapitre la programmation de la partie opérative qui pilotera le procédé et ce à l'aide du STEP 7.

## IV-1 : Introduction

Les automates programmables industriels (API) sont apparus à la fin des années soixante, à la demande de l'industrie automobile américaine (GM), qui réclamait plus d'adaptabilité de leurs systèmes de commande.

Depuis le début des années 80, l'intégration des automates programmables pour le contrôle des différents processus industriels est plus qu'indispensable. A l'origine, l'automate programmable a été considéré comme une machine séquentielle, capable de suppléer des automatismes réalisés en logique traditionnelle, en apportant toutefois de profonds bouleversements dans la manière de concevoir et d'organiser le contrôle d'un processus. L'intégration de l'automate programmable renforce le degré de fiabilité de l'équipement et offre une très grande adaptabilité face aux évolutions de l'environnement.

## IV-2 : Automates programmables

### a) Définition d'un API

Un automate Programmable Industriel (API) est une machine électronique programmable, adapté à l'environnement industriel et destiné à piloter des procédés. Son fonctionnement est défini par programme ; donne des ordres aux pré-actionneurs de la partie opérative à partir des données d'entrées (capteurs, détecteurs ...), rend des comptes en permanence de son état et dialogue avec l'opérateur et le processus. L'automate programmable peut traiter :

- Des commandes de type logique, séquentiel, et analogique
- Des fonctions de calcul arithmétique ; temporisation, comptage, comparaison.
- Des liaisons avec d'autres appareils (imprimantes, calculateurs...) Comme il peut aussi réaliser des fonctions de régulation.

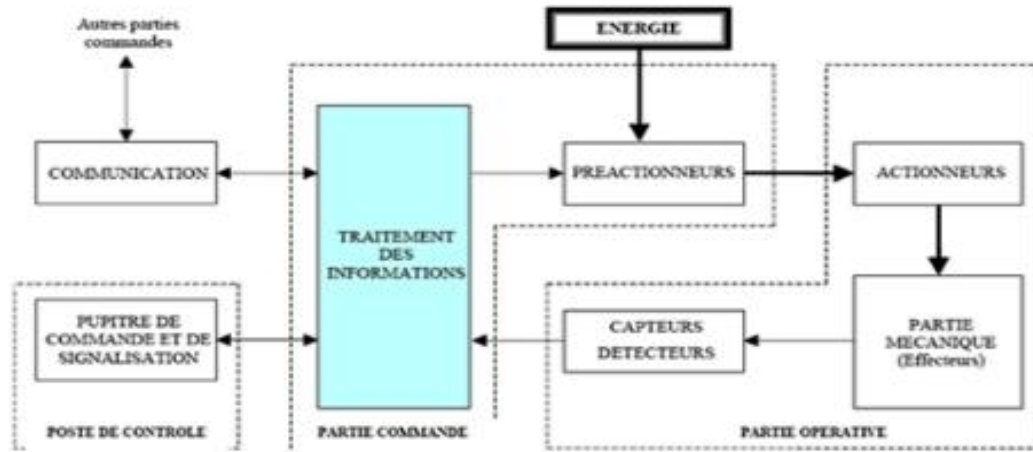
### b) Définition d'un système automatisé

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

Les systèmes automatisés utilisés dans le secteur industriel, possèdent une structure de base identique. Ils sont constitués de plusieurs parties plus ou moins complexes reliées entre elles (voir figure VI-1) que l'on nomme :



- partie opérative (PO).
- partie commande (PC).
- partie relation (pupitre de dialogue) [PR].



**Figure IV-1 :** Structure d'un système automatisé

Pendant le fonctionnement, un dialogue continu s'établit entre les trois secteurs du système, permettant ainsi le déroulement correct du cycle défini dans le cahier des charges.

### IV-3: Choix d'un API

D'après le cahier des charges établi, l'automate choisi doit répondre à certains critères qui sont :

- La capacité de traitement du processeur.
- Le nombre entrées/sorties.
- La nature des entrées/sorties (numériques, analogiques, booléennes).
- La fiabilité.

Il est primordial de connaître le nombre d'entrées, et de sorties du système (démarrage de la chaudière) à fin d'adapter l'automate. Pour les entrées, tout ce qui est capteurs, interrupteurs, vannes, registres, boutons poussoirs... etc. Pour les sorties, tout ce qui est actionneurs, comme les moteurs, les vérins, les vannes les ventilateurs.....etc.

- Nombre d'entrées : 47
- Nombre de sorties : 69

Pour notre cas, nous avons apporté notre choix sur l'automate programmable industriel SIMATIC S7-300 pour le démarrage de la chaudière. Les caractéristiques de l'API S7-300 convient parfaitement à ces exigences car il peut gérer sans extension 256 entrées/sorties et avec extension jusqu'à 1024 entrées /sorties (numérique, logique ou analogique).

#### IV-4 : Présentation de l'automate S7-300

L'automate S7-300 est constitué d'une alimentation, de modules d'entrée et de modules de sortie. A ceux-ci peuvent s'ajouter des processeurs de communication et des modules de fonctions qui se chargeront des fonctions spéciales, telles que la commande d'un moteur pas a pas, par exemple.

##### a) Caractéristique de l'automate S7-300

L'automate S7-300 offre les caractéristiques suivantes :

- Gamme diversifiée de CPU.
- Gamme complète de modules
- Logiciel exploitable en temps réel.
- Possibilité d'exécution jusqu'à 32 modules.
- Possibilité de mise en réseau avec MPI, PROFIBUS, INDUSTRIAL ETHERNET.
- Raccordement central de la PG avec accès à tous les modules.
- Liberté de montage aux différents emplacements.
- Configuration et paramétrage à l'aide du l'outil configuration matériels.

##### b) Constituants de l'automate S7-300

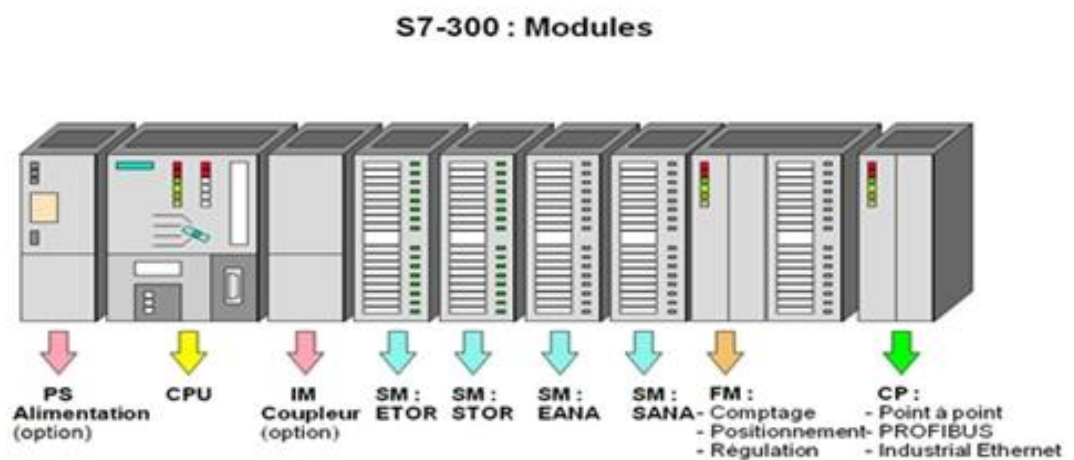


Figure IV-2: constituant d'un automate

**b-1 : L'unité centrale**

La CPU est le cerveau de l'automate, elle lit les états des signaux d'entrées, exécute le programme de l'utilisateur et commande des sorties.

Le module de CPU est l'unité dans lequel le programme sera stocké.

**❖ Interface MPI**

MPI «Interface Multipoints » est l'interface de la CPU vers les consoles de programmation (PG) ou pour la communication avec plusieurs stations au sein d'un-sous-réseau MPI.

**❖ Commutateur de mode de fonctionnement**

Il permet d'échanger le mode de fonctionnement, chaque position du commutateur de mode autorise certaines fonctions à la console de programmation telle que RUN-P, RUN, STOP est MRES.

**❖ Signalisation des états**

Certains états de l'automate sont signalés par LEDs sur la face avant de la CPU tel que par exemple RUN :

- Etat de mise en fonctionnement.
- Clignotement à la mise en route de la CPU.
- Allumage continu en mode RUN.

**❖ Carte mémoire**

Une carte mémoire peut-être montée à la CPU, elle conserve le programme en cas de coupure de courant, même en absence de la pile.

**❖ La pile**

Elle permet de sauvegarder le contenu de la RAM en cas de coupure de courant.

**b-2) Module d'alimentation**

Le S7-300 nécessite une tension de 24 vcc. Le module d'alimentation assure cette exigence en convertissant la tension secteur 380/220 vca en tension de 24 volts. Il

permet de sauvegarder le contenu des mémoires RAM au moyen d'une pile de sauvegarde ou d'une alimentation externe.

### **b-3) Les coupleurs**

Les coupleurs permettent à l'automate de communiquer avec le milieu extérieur (console, imprimantes...) ou de le relier avec d'autres automates.

### **b-4) Module de signaux (SM)**

Il comporte plusieurs signaux tels que : STOR ; ETOR ; SANA ; EANA ; ou E/SANA, et E/STOR, ils ont comme fonction l'adaptation des niveaux de signaux entre le processus et le S7-300.

### **b-5) Modules d'entrées et de sorties tout ou rien (TOR)**

Les API offrent une grande variété d'entrées/sorties TOR adaptées aux milieux aux quels ils sont soumis. Ces entrées/sorties peuvent accepter des informations en courant ou en tension, alternatifs ou continus.

- ✓ Modules d'entrées TOR .
- ✓ Modules de sorties TOR.
- ✓ Modules d'entrée et de sortie analogique.

### **b-6) Module de fonction (FM)**

Il a pour rôle l'exécution de tâche du traitement des signaux du processus à temps critique et nécessitant une importante capacité mémoire comme le comptage, le positionnement et la régulation.

### **b-7) Modules de communication (CP)**

Ils permettent d'établir des liaisons homme-machine ou machine-machine ; ces liaisons sont effectuées à l'aide des interfaces de communication :

- Point à point.
- Profibus.
- Industriel Ethernet.

## **b-8) Châssis d'extension (UR)**

Il est constitué d'un profilé support en aluminium et bus de fond de panier avec connecteur. Il permet le montage et le raccordement électrique de divers modules tels que : les modules d'entrées/sorties et l'alimentation. Il est possible d'utiliser plusieurs racks en fonction du nombre d'entrées/sorties.

## **c) Fonctionnement de base d'un API**

### **c-1) : Module central CPU**

Dans la CPU (Module central), le processeur traite le programme se trouvant dans la mémoire et interroge les entrées de l'appareil pour savoir si elles délivrent de la tension ou pas.

### **c-2) Réception des informations sur les états du système**

Le S7-300 reçoit des informations sur l'état du processus via les capteurs de signaux reliés aux entrées. Le S7-300 met à jour la mémoire image des entrées au début de chaque cycle de programme en transférant le nouvel état des signaux d'entrées des modules vers la mémoire image des entrées ce qui permet à la CPU de savoir l'état du processus.

### **c-3) Exécution du programme utilisateur**

Après avoir acquis les informations d'entrées et exécuter le système d'exploitation, la CPU passe à l'exécution du programme utilisateur, qui contient la liste d'instruction à exécuter pour faire fonctionner le procédé.

### **c-4) Commande du processus**

Pour commander le processus, on doit agir sur les actionneurs. Ces derniers reçoivent l'ordre via le module de sortie du S7-300. Donc l'état des sorties est connu après l'exécution du programme utilisateur par la CPU, puis elle effectue la mise à jour de la mémoire image des sorties pour communiquer au processus le nouvel état.

## IV -5: programmation de l'automate S7-300

La programmation des automates de la famille S7 se fait par la console de programmation ou par PC et sous un environnement WINDOWS, via le langage de programmation STEP7.

STEP7 présente trois langages de programmation :




- STEP 7 Basis : CONT, LOG, LIST.
- S7\_SCL.
- S7-GRAPH.

### a) STEP 7 Basis CONT, LOG, LIST

Les langages programmation disponibles sur STEP 7 Basis sont les suivants : CONT, LOG, LIST. Les différents langages peuvent généralement être combinés et convertis de l'un à l'autre.

#### a-1) Langage CONT (LD Ladder Diagram)

Langage graphique fondé sur une analogie entre flux de données d'un programme et le courant électrique dans un circuit série -parallèle. Les représentations graphiques sont basées sur la méthode de dessin américain, il utilise des symboles tels que : contacts, sorties et s'organise en réseaux (labels).

- Contact normalement ouvert 
- Contact normalement fermé 
- Bobine (sortie) 

On a utilisé le CONT pour programmer le mode Manuel FC1 et le bloc d'organisation OB1.

#### a-2) Langage LOG

C'est un langage graphique, utilisant les symboles de l'électronique numérique (portes logiques). Il n'y a rien de spécial à dire, c'est très intuitif. On peut utiliser plusieurs entrées pour une même porte, placer des inverseurs sur les entrées.... Ici, on découpe son programme en plusieurs réseaux (en général quand un ensemble de blocs n'est pas relié au reste, ou un réseau par sortie...).

### **a-3) Langage LIST (IL : Instruction Liste)**

C'est un langage textuel, qui est le plus proche du comportement interne de l'automate. Il correspond à peu près à l'assembleur dans un ordinateur. Le système sait toujours traduire du CONT ou du LOG en LIST, mais pas l'inverse. Le programme se compose d'une suite de lignes, chacune spécifiant un code opération suivi d'un opérande. L'opérande peut être une adresse absolue (E0.0) ou un mnémonique entre guillemets, comme on ne peut pas utiliser deux opérandes dans une même ligne.

### **b) Programmation d'algorithmes complexes**

S7\_SCL est un langage de programmation évoluée proche du PASCAL S7-SCL convient tout particulièrement aux tâches suivantes :

- programmation d'algorithmes complexes.
- programmation de fonctions mathématiques.

Avantages supplémentaires par rapport à CONT, LOG et LIST sont :

- Elaboration des programmes plus simple, plus rapide et moins sujette aux erreurs grâce à l'emploi d'expressions performantes telles que IF...THEN...ELSE.
- Meilleure lisibilité, meilleure structuration.
- Test simplifié du programme au niveau du langage évolué avec un débogueur.

On a utilisé le langage SCL pour programmer la temporisation variable bloc FB2 et FB3.

### **c) Le S7-GRAPH**

Le langage de programmation S7-GRAPH sert à programmer graphiquement les commandes séquentielles. Avec S7-GRAPH, vous programmerez aisément et rapidement des commandes séquentielles que vous souhaitez piloter avec un système d'automatisation SIMATIC.

#### **c-1) Éléments d'un graphe séquentiel**

- Paire étape/transition

Par défaut, le FB S7-GRAPH contient déjà une paire étape/transition vide à laquelle vous pouvez ajouter d'autres paires.

## ➤ Saut

Un saut permet de passer d'une transition à une étape quelconque dans un graphe séquentiel ou dans un autre graphe du même FB.

## ➤ Branche OU

Une branche OU se compose de plusieurs séquences parallèles (125 au plus). Chaque séquence OU commence par une transition. La seule séquence exécutée est celle dont la transition est franchie en premier. La branche OU est donc un aiguillage traduisant le choix conditionnel entre plusieurs séquences dont une seule peut être active.

## ➤ Branche ET

Une branche ET se compose de plusieurs séquences parallèles (249 max.) commençant chacune par une étape. Ces séquences sont exécutées simultanément. La branche ET correspond à une séquence simultanée.

### c-2) Les actions de FB S7-GRAPH

Les actions S7-GRAPH sont représentées dans le tableau suivant :

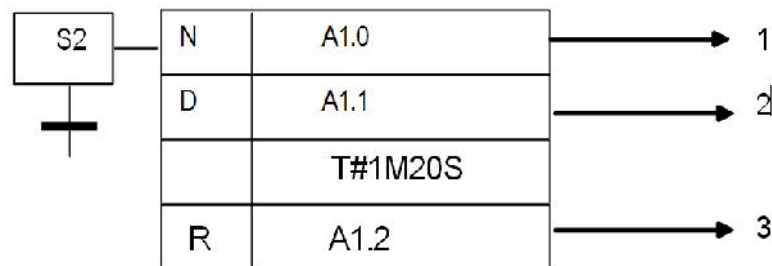
Opérations	Indicateur d'opérande	Adresse d'opérande	signification
N	A,E ,M	m.n	Tant que l'étape est active [et l'interlock vrai]
R	A,E ,M	m.n	Reset (remise à zéro) : dès que l'étape est active, l'opérande est mis a 0 et reste ensuite a zéro (mémoire).
D	A,E ,M	m.n	Delay (retard a la montée) : n seconde après l'activation de l'étape, l'opérande est a 1 pour la durée de l'activation. Ceci n'est pas le cas si la durée de l'activation est inférieure a n secondes (non mémoire)
	T #<const>		Constante de temps
L	A,E ,M	m.n	Impulsion limitée : quand l'étape est active [et <b>L'interlock Vrai</b> ], opérande est à 1 pendant n seconde (nom mémoire)



	T #<const>		Constante de temps
S	A,E ,M	m.n	S et (mise à 1) : des que l'étape est activé, [opérande est mise a 1 reste ensuite a 1(mémorisé).
Call	FB, FC, SFB, SFC	N du bloc	Appel de bloc : tant que l'étape est active [et l'interlock vrai] le bloc spécifié et appel

m = adresse d'octet ; n = adresse de bit ;

Exemple : liste d'actions contenant des actions standard

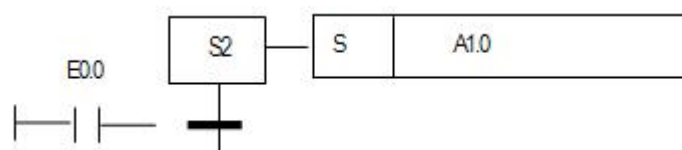


1 : tant que l'étape est active, la sortie A1.0 est à l'état logique 1.

2 : 1 minute et 20 secondes après l'activation de l'étape et tant que l'étape reste active, la sortie A1.1 est à 1. Quand l'étape n'est pas active, A1.1 est à 0  
 3 : dès que l'étape est active, la sortie A1.2 est à l'état logique 0.

### c-3) Les transitions de FB S7-GRAPH

Les transitions sont des états logiques du processus qui, en tant qu'éléments CONT ou LOG (contact à fermeture, contact à ouverture, comparateur, boîte ET, boîte OU, comparateur).



La transition est franchisée lorsqu'E0.0 est à l'état logique 1.

#### c-4) avantages supplémentaires par rapport à CONT, LOG et LIST

- CONT, LOG et LIST sont axés sur la commande combinatoire. S7-GRAPH est orienté sur le déroulement du processus.
- Représentation graphique claire du processus au moyen de séquences.
- Recherche de défauts dans le processus par des fonctions de diagnostic intégrées, d'où une réduction des arrêts de production et des coûts occasionnés.
- On a utilisé le S7-GRAPH pour programmer le mode automatique bloc FB1 et FB5.

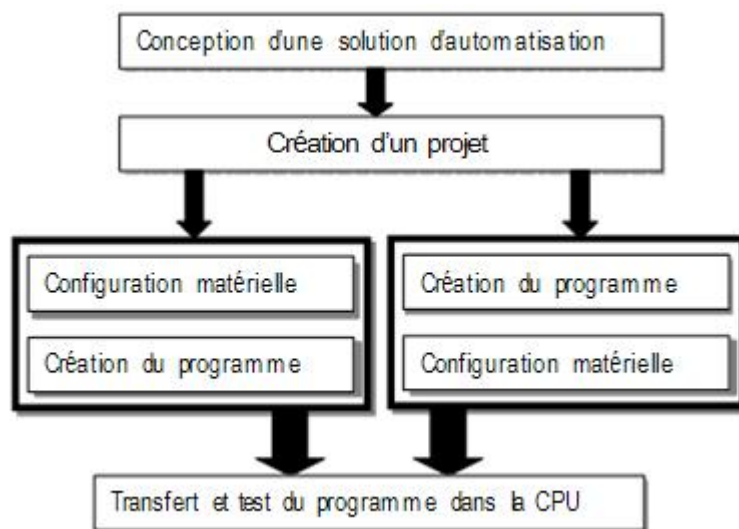
#### IV-6 : Création d'un projet STEP7

Pour créer un projet STEP7 on dispose d'une certaine liberté d'action ; en effet nous avons deux solutions possibles :

Solution 1: commencer par la configuration matérielle.

Solution 2 : commencer par la création de programme.

Le schéma suivant (figure IV.3) illustre les deux solutions possibles lors de la conception d'une solution d'automatisation :



**Figure IV.3** : Les deux solutions possibles pour la programmation.

L'application de la configuration matérielle de STEP7 présente l'avantage de la sélection automatique des adresses.

Lancement du logiciel :

Double clique sur l'icône SIMATIC Manager sur le bureau Windows ; ceci lance l'assistant de STEP7.

Création du projet :

La fenêtre illustrée en figure (IV-4) apparaît, elle permet la création d'un nouveau projet.



**Figure IV-4** : Assistant de STEP7 ' nouveau projet'.

En cliquant sur l'icône suivant, la fenêtre suivante apparaît, elle nous permet de choisir la CPU. Pour notre projet nous avons choisi la CPU 312. Après validation de la CPU, la Fenêtre qui apparaît permet de choisir les blocs à insérer, et choisir le langage de programmation (LIST, CONT, LOG). Pour nôtre projet nous avons choisi l'OB1 et le langage à contact. En cliquant sur suivant, la création de projet apparaît pour le nommer.

### **a) Configuration matériel de l'automate**

La configuration matérielle consiste en la disposition de profilés support ou châssis (racks), de modules et d'appareils de la périphérie centralisée. Les châssis sont représentés par une table de configuration dans laquelle on peut enficher un nombre définit de module, comme dans les châssis réels. STEP 7 affecte automatiquement une adresse à chaque module dans la table de configuration. Pour notre système, nous avons choisi une configuration dans laquelle nous avons (figure IV.5).

- Un rack.
- Le module d'alimentation PS 307 10A.
- La CPU 313.
- Un module d'entrées logiques de 32 bits.
- Un module d'entrées logiques de 16bits.
- Deux modules de sortie logique de 32 bits.
- Un module de sortie logique de 16 bits.
- Deux modules d'entrées analogiques 16bits.
- Un Module d'entrées /sorties analogiques.

Slot	Module
1	PS 307 10A
2	CPU313(1)
3	
4	DI32xDC24V
5	DI16xDC24V
6	DO32xDC24V/0.5A
7	DO32xDC24V/0.5A
8	DO16xDC24V/0.5A
9	AO2x12Bit
10	AO2x12Bit
11	AI4/AO2

**Figure IV-5** : Configuration matérielle de l'automate.

Sauvegardons cette configuration en cliquant sur l'item Enregistrer du menu déroulant Fichier. Fermons la fenêtre.

### **b) Blocs du programme utilisateur**

Il faut avoir l'habitude de subdiviser le procédé à automatiser en différentes tâches. Les parties d'un programme utilisateur structuré correspondant à ces différentes tâches, sont les blocs de programmes. Le STEP7 offre la possibilité de structurer le programme utilisateur, c'est-à-dire le subdiviser en différentes parties autonomes qui donnent les avantages suivants :

- écrire des programmes importants et clairs.
- Standardiser certaines parties du programme.
- Simplification de l'organisation du programme.
- Modification facile du programme.
- Simplifier le test du programme, car on peut l'exécuter section par section.
- Faciliter la mise en service.

Le logiciel de base STEP7 dans ses différents langages de programmation possède un nombre important de blocs d'utilisateur, destiné à structurer le programme utilisateur.

**b-1) Bloc d'organisation (OB)**

Un OB est appelé cycliquement par le système d'exploitation et constitue donc une interface entre le programme utilisateur et le système d'exploitation. L'OB contient des instructions d'appel de blocs indiquant à l'unité de commande de l'automate l'ordre dans lequel il doit traiter les blocs.

**b-2) Bloc fonctionnel (FB)**

Un bloc fonctionnel contient un programme qui est exécuté dès son appel par un autre bloc de code. Il facilite la programmation de fonction complexe, comme la commande de moteur (accélérateur, ...etc.).

**b-3) Fonction (FC)**

Les fonctions font partie des opérations que le concepteur programme. Elles ne possèdent pas de mémoires. Les variables temporaires d'une fonction sont sauvegardées dans la pile de données locales. Ces données sont perdues après exécution de la fonction. Les fonctions peuvent faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde de données. Une fonction contient un programme qui est exécuté lorsqu'elle est appelée par un autre bloc de code. Elle peut-être utilisée pour :

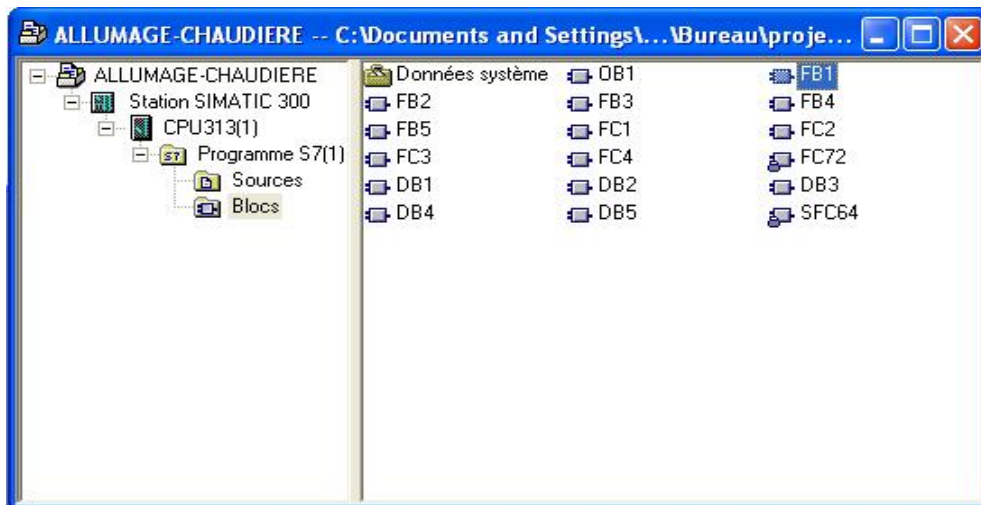
- renvoyer une valeur de fonction au bloc appelant (exemple : fonction mathématique).
- Exécuter une fonction technologique.

**b-4) Bloc de données (DB)**

Les DB sont utilisés pour la mise à disposition de l'espace mémoire pour des variables de type données, on a deux types de bloc. Tous les FB, FC, OB peuvent lire les données contenues dans un DB global ou écrire des données dans un DB global. Ces données sont conservées dans le bloc de données même lorsqu'on quitte le DB.

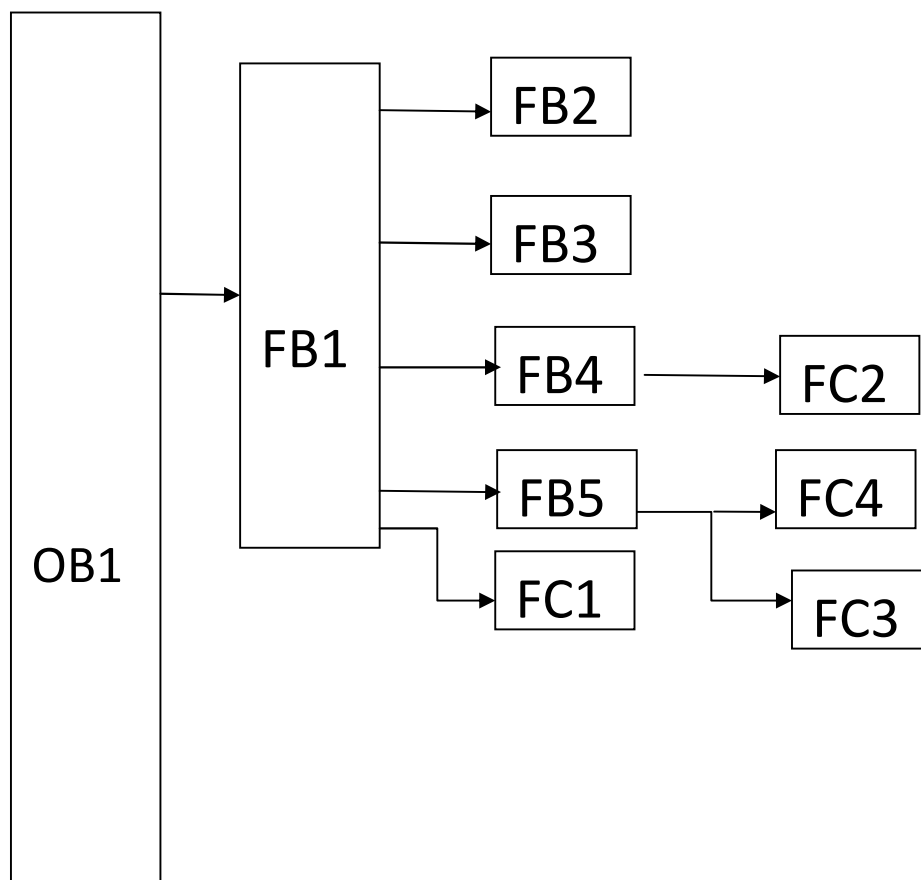
### IV-7 : Structure de programme de la machine

La figure IV-6 représente la structure du programme de démarrage de la chaudière



**Figure IV-6** la structure du programme de démarrage de la chaudière

Quant à la structure hiérarchique des blocs de la machine, elle est illustrée dans figIV-7



**Figure IV-7** Structure hiérarchique du programme

## IV-8 : Présentation du S7-PLCSIM

L'utilisation du simulateur de modules physiques S7-PLCSIM nous permet d'exécuter et de tester le programme dans un automate de simulation que nous simulons dans un ordinateur ou dans une console de programmation. La simulation étant complètement réalisée au sein du logiciel STEP7.

Le S7-PLCSIM dispose d'une interface simple nous permettant de visualiser et de forcer les différents paramètres utilisés par le programme (comme activer ou désactiver des entrées.). Tout en exécutant le programme dans l'API de simulation, nous avons également la possibilité de mettre en œuvre les diverses applications du logiciel STEP7 comme, par exemple, le test de bloc afin de visualiser les variables d'entrées et de sorties.

## IV-9 : Commande de la CPU

### a) La fenêtre CPU



Figure IV-8 : Mise en marche de la CPU

- SF : signale une erreur dans le système.
- DP : indique l'état de communication avec les E/S décentralisées.
- DC : indique si la CPU est mise ou non sous tension.
- RUN : indique que la CPU est en mode de visualisation.
- STOP : indique que la visualisation est arrêtée.
- RUN-P, RUN : c'est pour sélectionner le mode de fonctionnement de la CPU.
- MRES : c'est pour effectuer un effacement général de la mémoire de la CPU.


### b) Les modes de fonctionnement de la CPU

- Mode STOP : dans ce mode la CPU n'exécute pas de programme et pour pouvoir charger un programme, la CPU doit être obligatoirement dans ce mode.
- Mode RUN : dans ce mode la CPU exécute le programme mais on ne peut ni charger de nouveaux programmes ou blocs ni forcer les variables.
- Mode RUN-P : le programme est exécuté dans la CPU, et il est possible de charger de nouveaux programmes ou blocs et de forcer des variables en utilisant les applications de STEP7.


### c) Mise en route du logiciel S7-PLCSIM

Le mode de simulation est disponible à partir du gestionnaire de projet SIMATIC à condition qu'aucune liaison à des API réels ne soit établie. On peut suivre la procédure suivante pour la mise en route du logiciel S7-PLCSIM. La procédure à suivre est :


Ouvrir le gestionnaire de projet SIMATIC.


- Cliquez sur  ou sélectionnez la commande Outils > simulation de modules.

Cela lance l'application S7-PLCSIM et ouvre une fenêtre CPU

- Parcourir la boîte de recherche jusqu'au projet S7\_démarrage\_chaudiere
- Parcourir la boîte de recherche jusqu'au classeur des blocs.
- Cliquez sur  ou choisir la commande Système cible> charger pour charger le dossier blocs dans l'API de simulation.

Dans l'application S7-PLCSIM, on crée de nouvelles fenêtres pour visualiser les informations provenant de l'API de simulation :

- Cliquez sur  ou choisissez la commande Insertion > Entrée pour créer une fenêtre dans laquelle vous pouvez visualiser et forcer des variables dans la zone de mémoire des entrées (zone E). Cette fenêtre s'ouvre avec l'adresse de mémoire par défaut EB0. Mais on peut modifier l'adresse (EB1, EB2...).


- Cliquez sur  ou choisissez la commande Insertion > Sortie pour créer une fenêtre dans laquelle vous pouvez visualiser et forcer des variables dans la zone de



mémoire des sorties (zone A). Cette fenêtre s'ouvre avec l'adresse de mémoire par défaut AB0. Mais on peut modifier l'adresse (AB1, AB2...).

Ça sera la même procédure pour la création de fenêtres de mémentos, temporisations et de compteurs. Choisir le menu CPU dans la fenêtre du S7-PLCSIM et vérifier que la commande Mettre sous tension est activé.

- Choisir la commande Exécution > Mode d'exécution et vérifier que la commande cycle continue est activée.
- Mettre la CPU de simulation en marche en cliquant sur l'une des cases à cocher RUN ou RUN-P.

Pour sauvegarder la version actuelle de la simulation d'AP, cliquez sur  ou choisissez la commande Fichier > Enregistrer CPU.

Une fois toutes les fenêtres d'entrées et de sorties sont prêtes, nous activons les entrées voulues pour lire l'état des sorties. Dans notre cas, par exemple, pour allumer le premier bruleur DO (Figure IV-9).

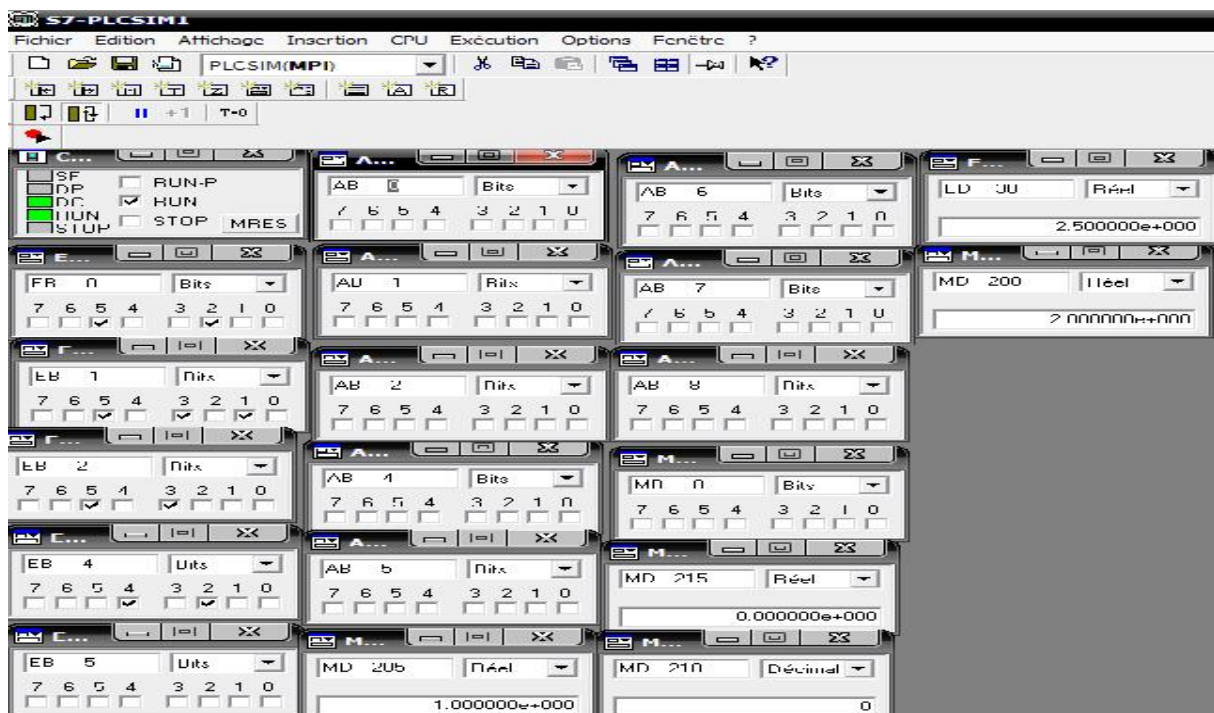

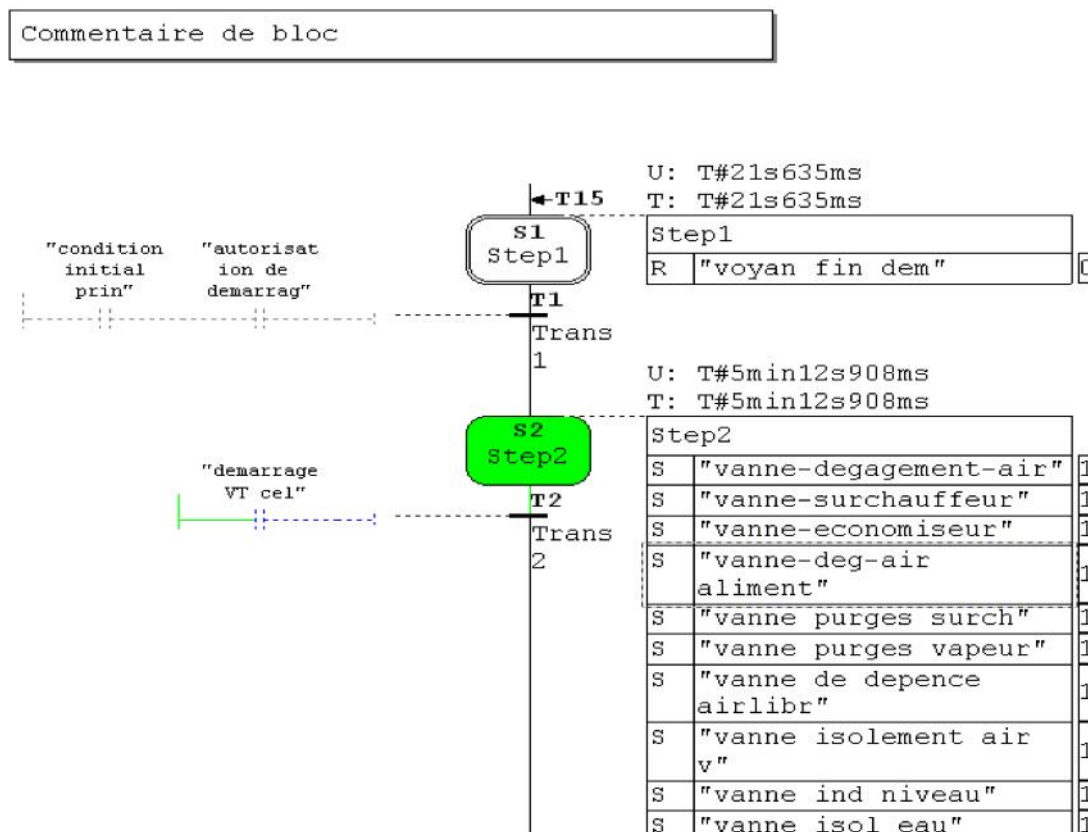


Figure IV-9 : Simulateur S7-PLCSIM

**d) Visualisation de l'état du programme**

Après le chargement du programme dans la CPU du simulateur et la mise de cette dernière en mode « RUN-P » le STEP 7 nous permet de visualiser l'état du programme soit en cliquant sur l'icône  ou on sélectionnant la commande Test > Visualiser.



**Figure IV-10 : Résultat de la simulation**

**e) Simulation du programme de démarrage de la chaudière**

La simulation du programme de la machine est faite comme suit :

Etape 1 : simulation du programme par bloc, c'est-à-dire charger chaque FB tous seul puis effectuer la simulation.

Etape 2 : simulation du cycle complet, c'est-à-dire charger tous les blocs FB (FB1...FB5) puis effectuer la simulation du cycle.

**IV-10 : Conclusion**

Nous avons présenté l'automate programmable industriel et l'automate S7-300 été choisi comme solution adéquat et extensible, facile à adapter aux diverses conditions non seulement industrielles mais aussi dans des différents secteurs. Vu le degré de difficulté du fonctionnement de notre processus, l'utilisation de la programmation structurée, langage SCL et S7-GRAPH est indispensable. Une fois tous les FC et FB programmés, nous avons inséré ces derniers dans le bloc d'organisation OB1 pour la phase de simulation qui nous a permis de présenter le logiciel S7-PLCIM qui est un outil indispensable à la simulation des programmes et des concepts de commande automatisés. Grace à ce logiciel de simulation nous avons pu visualiser le comportement des sorties de notre processus et valider avec succès la solution que nous avons développé.

## **V-1 : Introduction**

Autrefois, pour pouvoir suivre chaque phase du procédé et intervenir dans le cas échéant, il fallait câbler les voyants, interrupteurs et boutons poussoirs. Lorsqu'il s'agissait de procédés complexes, il fallait avoir recours à des synoptiques coûteux. Ces solutions appartiennent maintenant au passé. En effet, avec le développement de l'informatique il est devenu possible de traiter des données dans le domaine industriel, grâce à des vues préalablement créées et configurées, et à l'aide d'un logiciel adéquat.

Le logiciel de supervision est une entité capable de présenter à l'opérateur des informations utiles, afin qu'il prenne à temps les bonnes décisions pour la conduite du procédé. Il a essentiellement pour mission de collecter les données (acquisition et stockage) et les mettre en forme (traitement), afin de les présenter à l'opérateur (supervision).

## **V-2 : Supervision**

### **a) 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, indispensables pour une éventuelle prise de décision. Cette présentation passe par les images synthétiques qui représentent un ensemble de vues. Le processus est représenté par une synoptique comprenant des circuits animés, par l'état des organes de commande et les valeurs transmises par les capteurs. Outre la synoptique, on trouve aussi des vues d'alarme, de statistique, de régulation...etc.

### **b) Constitution d'un système de supervision**

La plus part des systèmes de supervision se composent d'un moteur central (logiciel), auquel se rattachent des données provenant des équipements (automates). Le logiciel de supervision assure l'affichage, le traitement des données, l'archivage et la communication avec d'autres périphériques.

**c) Module de visualisation**

Il permet d'obtenir et de mettre à la disposition des opérateurs des éléments d'évaluation du procédé par ses volumes de données instantanées

**d) Module d'archivage**

Il mémorise des données (alarme et événement) pendant une longue période, et permet l'exploitation des données pour des applications spécifiques à des fins de maintenance ou de gestion de production.

**e) Module de traitement**

Il permet de mettre en forme les données afin de les présenter via le module de visualisation aux opérateurs sous une forme prédéfinie.

**f) Module de communication**

Il assure l'acquisition et le transfert de données et gère la communication avec les automates programmable industriels et autre périphériques (figure V.1).

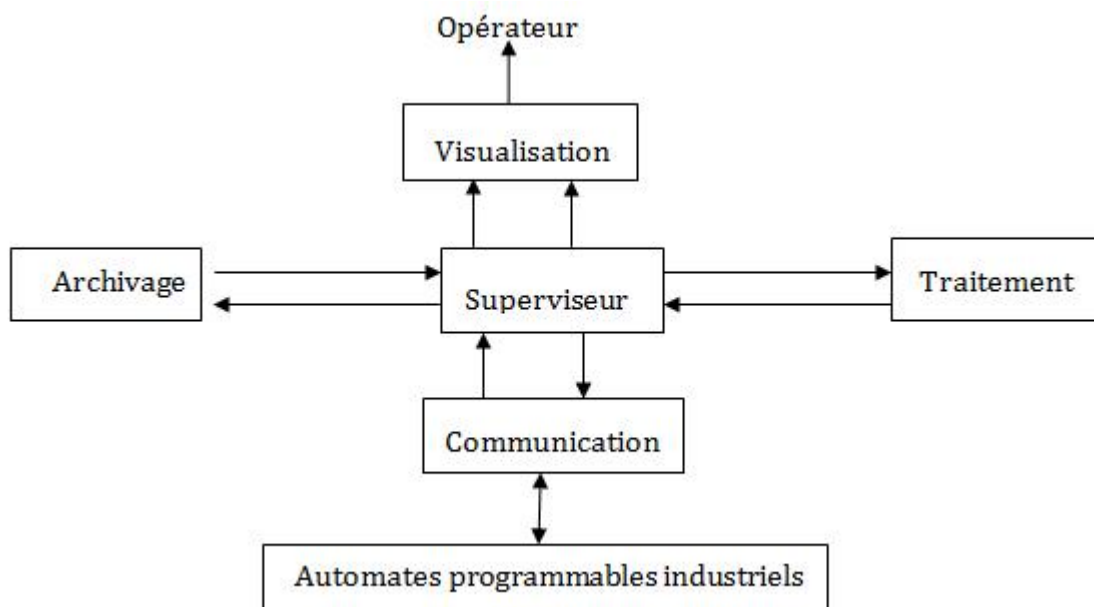


Figure V-1: Principe de communication.

**g) Apport de la supervision**

La supervision a eu un impact considérable sur le monde industriel, tant pour les exploitants que pour les entreprises.

- Apport pour le personnel

-La supervision permet de dégager les exploitants des tâches délicates, surtout dans des milieux hostiles, et de ne les réserver que pour des tâches importantes. Elle permet de rendre le travail moins contraignant pour celui qui l'exécute et améliore les conditions de travail.

-La supervision permet à l'opérateur de suivre le fonctionnement du procédé et d'effectuer des tâches de routine (vérification des paramètres, inspection de l'installation...).

- Apport pour la compagnie

L'effet de la supervision sur la compagnie est considérable, elle permet entre autre :

-Respecter les délais de livraison en diminuant le nombre de pannes et en réduisant le nombre de réparation qui coûte très chère.

**h) Application développée sous WinCC**

Le programme de supervision que nous avons développé a été élaboré avec le logiciel WinCC (Windows Control Center), développé par SIEMENS. Il est caractérisé par sa flexibilité c'est-à-dire qu'il peut être utilisé pour les composants hors SIEMENS. Il nous permettra la visualisation du fonctionnement de la machine à tout moment de fonctionnement. WinCC constitue la solution de conduite et de supervision de procédés sur ordinateur, pour système monoposte et multiposte, et permet le transit des informations sur l'Internet. Il offre une bonne solution de supervision car il met à la disposition des opérateurs des fonctionnalités adaptées aux exigences courantes des installations industrielles.

**i) Procédure de programmation avec application**

Les principales étapes suivies pour créer notre application sous WinCC sont :

- Créer un projet.
- Sélectionner et installer l'API.
- Définir les variables dans l'éditeur stock de variable.
- Créer et éditer les vues (vue d'accueil, vue de tous les blocs) dans l'éditeur Graphics Designer.

- Paramétrer les propriétés de WinCC runtime.
- Activer les vues dans le WinCC runtime.
- Utiliser le simulateur pour tester les vues du processus. On présentera la procédure que nous avons suivie pour réaliser la supervision de démarrage de la chaudière. Puis on procède à la configuration du système de supervision pour assurer la communication entre l'API S7-300 avec WinCC. Pour ce faire nous avons sélectionné à partir de l'éditeur stock de variable, le pilote « SIMATIC S7 Protocol suite » et choisi MPI comme réseau de communication. L'étape suivante est l'introduction des variables de procès. Ces variables correspondent à des variables manipulées par le programme de l'API S7-300. L'étape d'après est la création des vues dans l'éditeur« Graphic designer », ce dernier nous a permis d'insérer les différents types d'objets dont on a besoin, grâce à la palette d'objet et la bibliothèque interne du WinCC. Pour ce faire on crée la vue d'accueil, qui contient les boutons de navigation à partir desquels on peut choisir la vue à visualiser parmi :

- vue d'accueil la chaudière.
- vue de Fuel.
- vue d'Huile.
- vue de Vapeur.
- vue d'Eau chaudière.
- vue d'Eau de mer.
- vue d'Air.

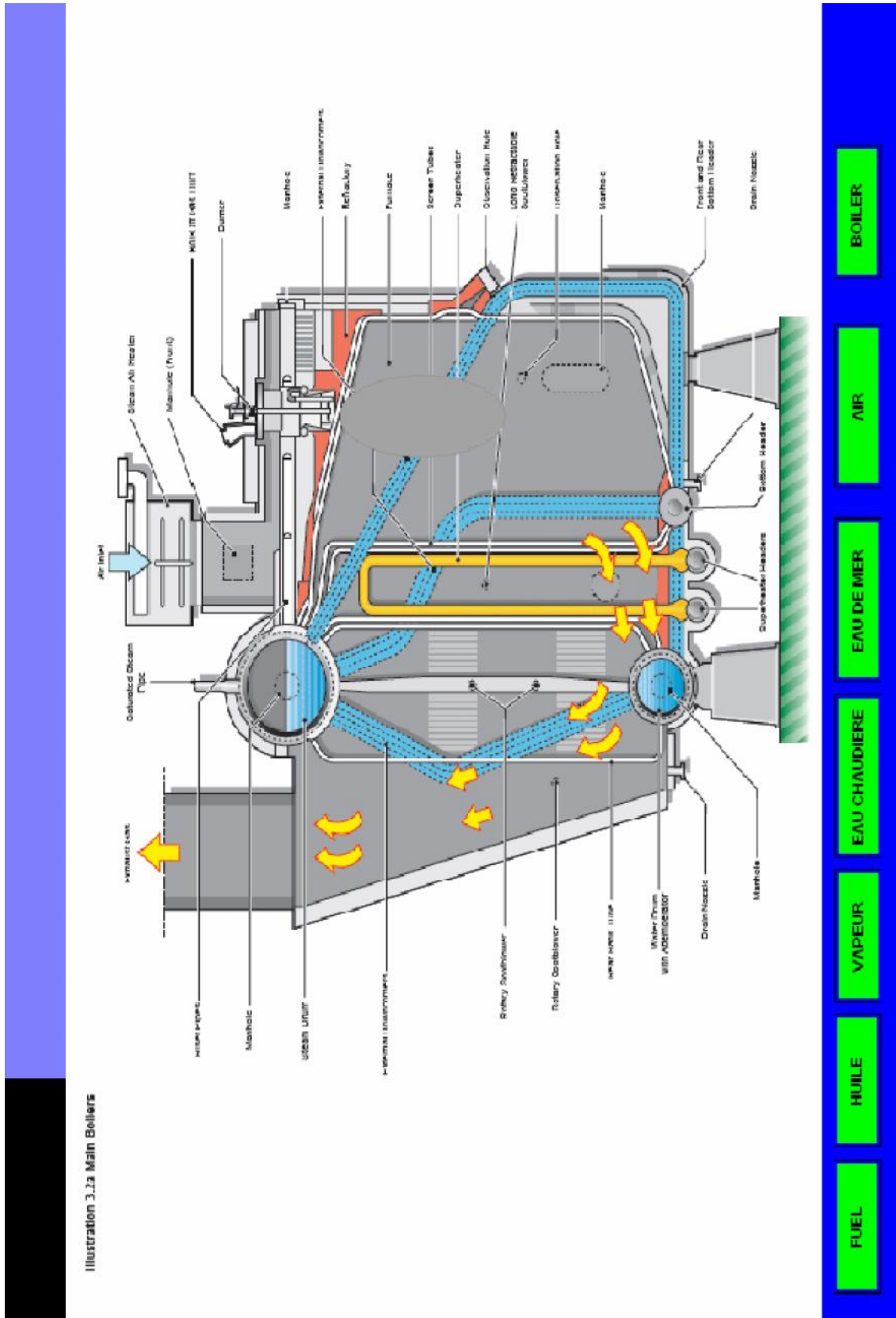


Illustration 3.23 Main Boilers

Figure V-2 : Vue d'accueil la Chaudière



Après la création de la vue d'accueil on fera de même pour les autres vues. Ensuite on doit configurer les boutons qui serviront à basculer de la vue d'accueil vers les autres vues.

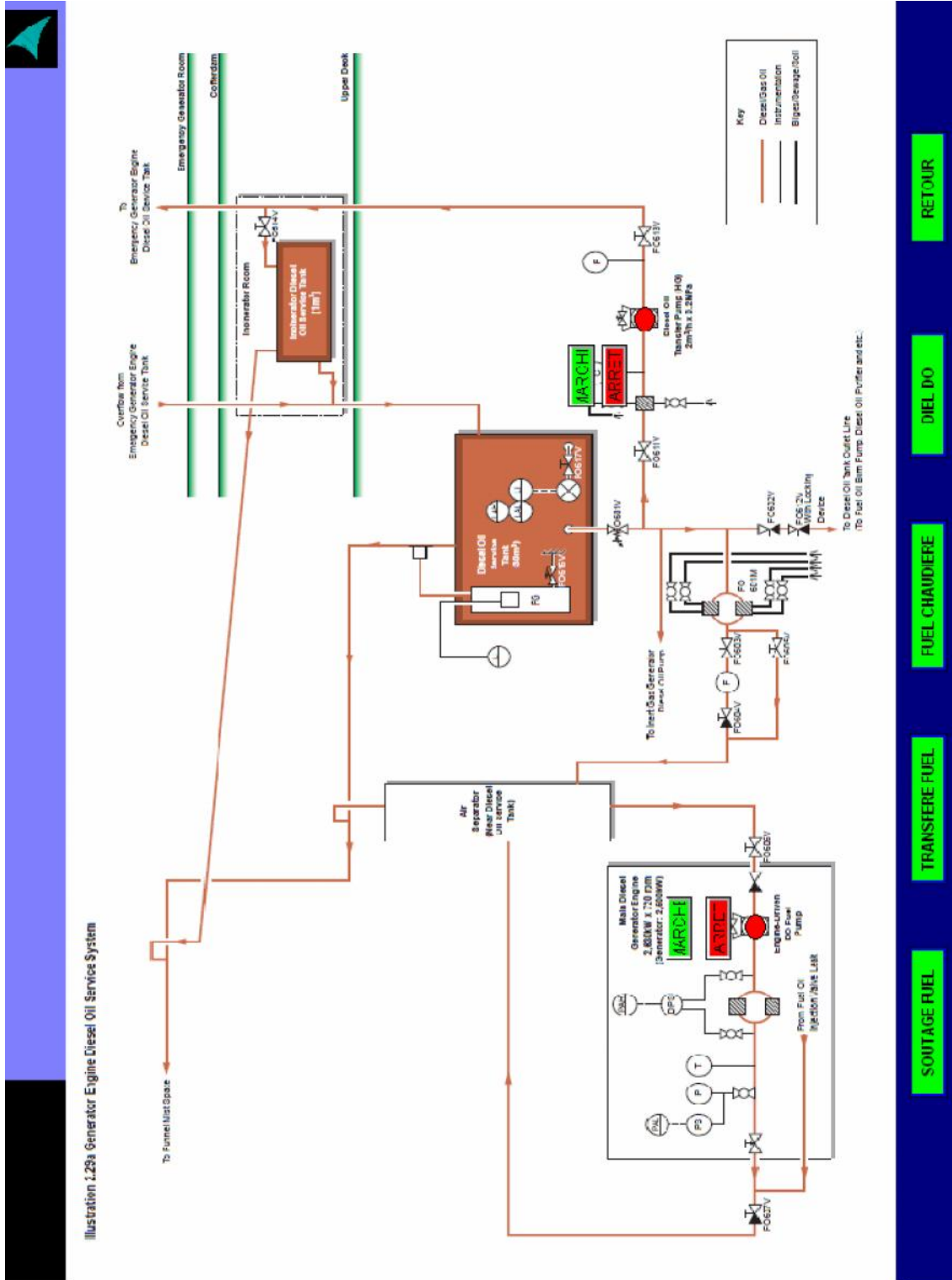


Figure V-3 : vue de Fuel.

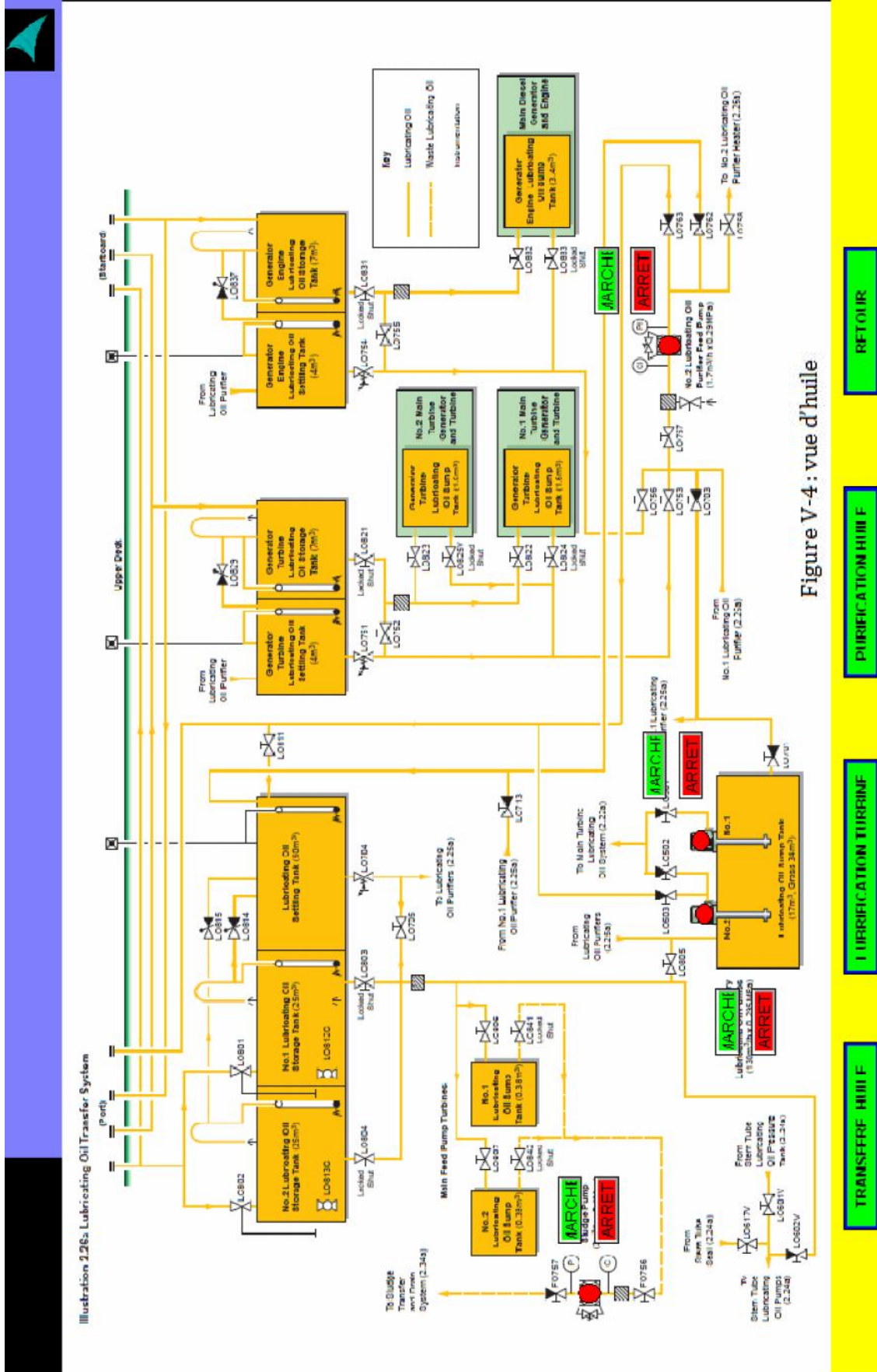


Figure V-4 : vue d'huile

Figure V-4 : vue d'huile

RETOUR

PURIFICATION HUILE F

PURIFICATION TURBINE

TRANSFERT HUILE F







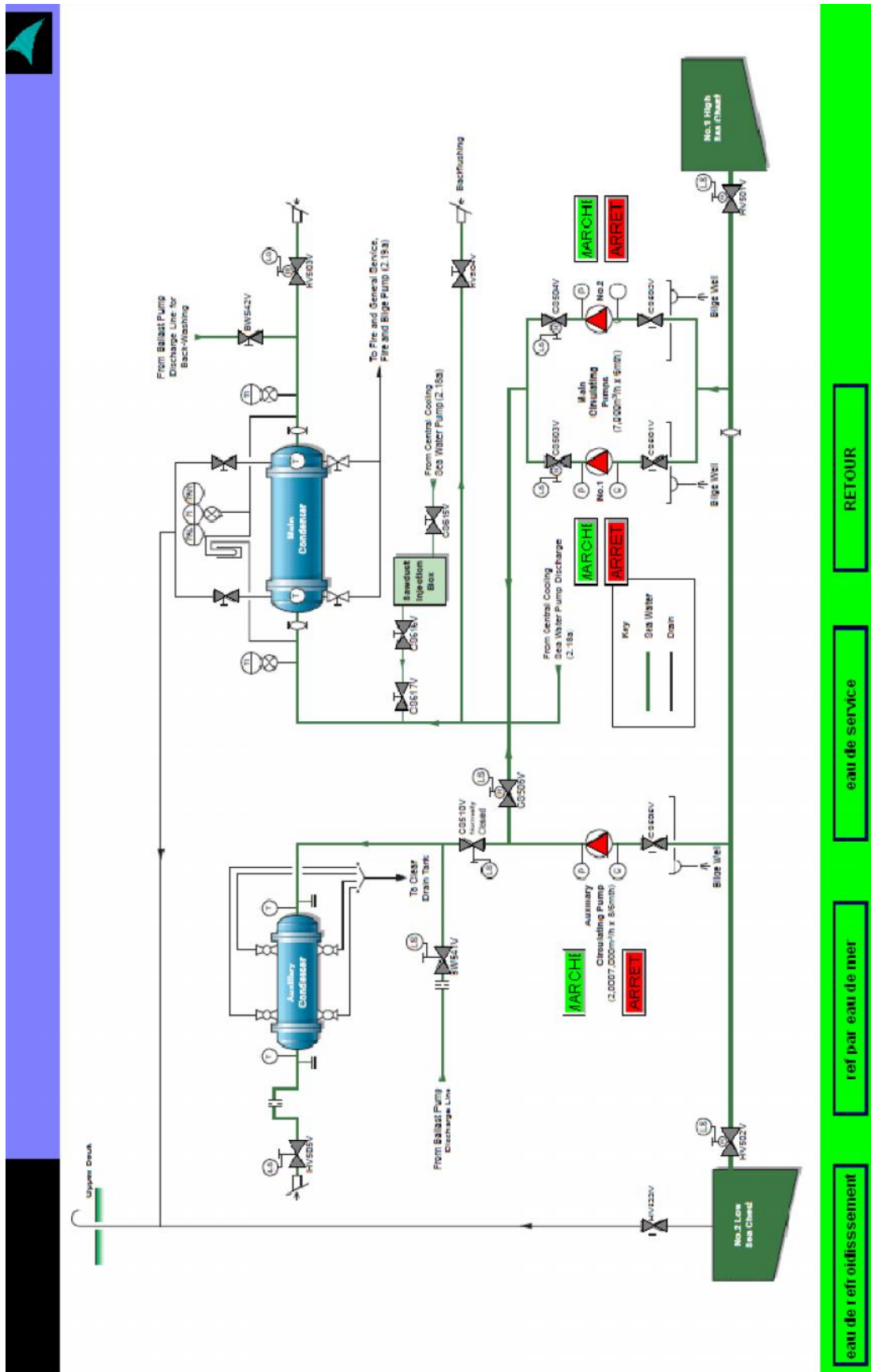


Figure V-7 : vue d'eau de mer.

RETOUR

eau de service

ref par eau de mer

eau de refroidissement



Une fois les vues réalisées et la configuration des boutons de navigation effectuées, on passera à la dynamisation des objets en leur affectant les variables correspondantes.

### **V-3 : Conclusion**

Dans ce dernier chapitre nous avons décrit la supervision en précisant sa place dans l'industrie, ou nous avons élaboré sous le logiciel WinCC les vues qui permettent de suivre l'évolution du procédé en fonction du temps.

# Conclusion générale

---

## Conclusion générale

Le travail présenté dans ce mémoire s'inscrit dans le cadre de l'adaptation d'un automate programmable à la chaudière marine.

Ce stage de fin de cycle nous a été bénéfique à plus d'un titre compte tenu des nombreux avantages qu'il présente : il nous a permis de découvrir l'environnement marin et la propulsion vapeur abord des grand navires et de concrétiser nos connaissances théorique dans le domaine pratique et initier au fonctionnement et le grand rôle de la chaudière a la propulsion vapeur.

A travers ce travail, nous avons utilisé l'outil de modélisation GRAFCET qui nous a facilités le passage à la transcription de ce modèle en langage STEP 7 et l'élaboration d'une solution programmable dont la validité de ce programme à été réalisée par le biais du logiciel de simulation des modules physique le S7-PLCSIM. Nous avons touché aussi à l'élaboration d'une solution de supervisions dont le but est de contrôler le déroulement de démarrage par l'intermédiaire de graphismes et des schémas en temps réel.

Enfin, nous souhaiterons que ce travail puisse apporter un plus et constituer un support supplémentaire aux promotions à venir.



# BIBLIOGRAPHIE

[1] : [www.hyproc-shipping-company.dz](http://www.hyproc-shipping-company.dz)

visité le : 05/06/2012

[2] : Documentation machine de bord du navire DIDOUCHE MOURAD.

[3] : Documentation techniques de siemens, aide step7 CD ROM siemens. (CD STEP7 5.5).

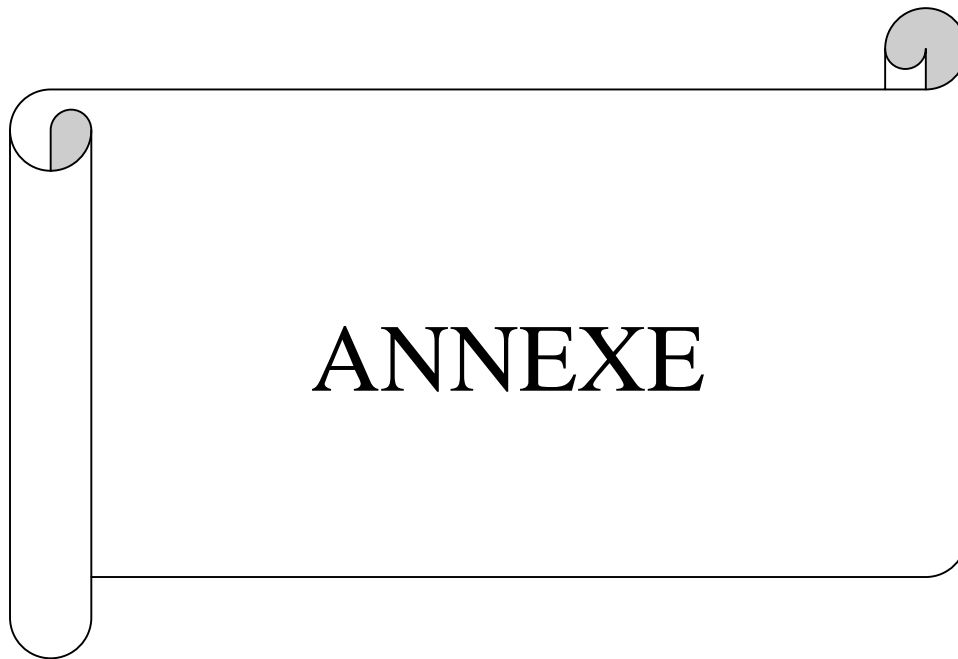
[4] : -<http://www.siemens.com>.

visité le : 25/07/2012

[5] : Documentation techniques de wincc, aide wincc CD ROM siemens. (CD wincc 5.1).

[6] : S.TOUIFIK, M.BERREFAS mémoire de fin d'étude « Etude d'une solution programmable en vue d'automatiser l'équipement de moussage "porte R1" à l'ENIEM. Par S7-300 » promotion 2008.

[7] : J.C. Bossy, P.Brard, P.Faugère, et Cmerlaud "LE GRAFCET" sa pratique et ses applications. Edition castella-25, rue Monge-75005 paris.



- Circuit de base mono hydrique.
- Circuit de base d'alimentation en eau.
- Circuit d'alimentation en combustible.
- Circuit d'alimentation en combustible gazeux.
- Circuit balayage de foyer.
- Circuit d'ordre d'allumage bruleur 1.
- Circuit bruleur 1 en service
- Circuit lessivage de bruleur1
- Circuit arrêt de buleur1
- Circuit ordre d'allumage bruleur 2
- Circuit bruleur 2 en service
- Circuit lessivage de bruleur2
- Circuit arrêt de buleur2
- PROGRAMME
- TABLE DES MNEMONIQUE