

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE FERHAT ABBAS -SETIF
Faculté de Technologie
Département d'Electrotechnique



جامعة فرحات عباس سطيف
كلية التكنولوجيا
قسم : الالكتروتقنية

Mémoire de Master

No. Réf. : MAC/20/2014

Présenté au Département d'Electrotechnique

Domaine : Sciences et Technologie
Filière : Automatique
Spécialité : Commande des processus industriels

Réalisé par :

AZZOUG MOHAMED ABDEL HAKIM

Thème

Modélisation d'une chaudière a l'aide d'un outil graphique.

Soutenu le 24/06/2014 devant la commission d'examen composée de :

D. SAIT Belkacem	MCA	à l'Université de Sétif	Président
D. LAMAMRA Athmane	MCA	à l'Université de Sétif	Directeur du Mémoire
M. MANAA Hassen	MCB	à l'Université de Sétif	Examineur
M. LATRECHE Samia	MAA	à l'Université de Sétif	Examineur

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à qui me sont les plus chers et les plus proches de mon cœur.

À mes très chers parents qui sont toujours à mes côtés pour me soutenir et m'encourager .a mes deux petits frères

À tous mes amis et mes collègues qui étaient avec moi dès le début de mon parcours

dilmi, maynou, taha , rougie , nabil, imed, housseem, hmed, bilfel ,rabie et hunter

À tous mes enseignants.

Je dédie enfin ce travail à toute personne ayant contribué de près ou de loin à sa concrétisation.

Remerciements

Je remercie en premier lieu dieu tout puissant pour le courage et patience qui m'a permet d'aboutir ce modeste mémoire.

Je tiens à remercier Dr. A.LAMAMRA, Directeur de ce mémoire. Tout d'abord d'avoir proposé ce thème passionnant et qui m'as vraiment aidé et éclairé avec ses conseils tout au long du parcours.

Je remercie tous les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail :

DR. Sait Belkacem

Mme. Latreche Samia

Dr. Mana Hassen

Qui ont accepté de participer et assisté à la valorisation de ce travail.

Mes remerciements sont également adressés aux enseignants qui ont contribués de près ou de loin à ma formation durant mes années d'études.

Je remercie tout mes amis qui ont vraiment été formidables durant ces deux dernières années de MASTER.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE	IX
<i>Chapitre 01</i>	<i>1</i>
DESCRIPTION DES CHAUDIERES	1
1.1. Introduction :	1
1.2. Historique :	2
1.3. Classification des chaudières :	3
1.3.1. Classification par source de chaleur :	3
1.3.2. Classifications par type de fluide caloporteur :	7
1.3.3. Classification par gamme de puissance :	8
1.3.4. Classification par construction :	8
1.4. Principe de fonctionnement d'une chaudière:	10
1.5. Conclusion :	10
<i>Chapitre 02</i>	<i>11</i>
LES OUTILS DE MODELISATION GRAPHIQUE	11
2.1. Introduction :	11
2.2. Réseau de Petri :	12
2.2.1. Historique :	12
2.2.2. Approche et définition du réseau de Petri :	12
2.3. Bond graph :	14
2.3.1. Historique :	14
2.3.2. Approche et définition de bond graph :	14
2.4. Grafcet	16
2.4.1. Historique :	16
2.4.2. Approche et définition de Grafcet :	16
2.5. Conclusion modélisation graphique :	20
<i>Chapitre 03</i>	<i>21</i>
MODELISATION DE LA CHAUDIERE	21
3.1. Introduction :	21
3.2. Cahier de charge (description et choix de la chaudière) :	21
3.2.1. Chaudière a vapeur :	21

3.2.2. Eléments constituant une chaudière à vapeur :	21
3.2.3. Description des éléments de chaudière	22
3.2.4. Niveaux de chaudières :	25
3.3. Présentation et approche de l'AUTOMGEN 8.0 :	26
3.3.1. Programmation avec AUTOMGEN :	26
3.3.2. Création d'un nouveau projet :	27
3.3.3. Ajout d'un nouveau folio (espace de travail)	27
3.3.4. Module iris 2D :	28
3.3.5. Insertion des objets dans le pupitre :	29
3.3.6. Mise en marche de la chaudière :	32
3.3.7. GRAFCET de la simulation (chaudière) :	34
3.3.8. Tableau de symboles :	37
3.4. Conclusion :	37
CONCLUSIONS GENERALES.....	38

Liste des figures

Figure 1-1: chaudière industrielle.....	1
Figure 1-2: classification des chaudières.....	3
Figure 1-3:chaudière électrique.....	4
Figure 1-4:chaudière a récupération.....	4
Figure 1-5: chaudière à foyer.....	5
Figure 1-6 : chaudière a combustion (gaz).....	6
Figure 1-7: centrale solaire.....	6
Figure 1-8:chaudière à tubes fumés.....	8
Figure 1-9: chaudière compacte a deux passes.....	9
Figure 2-1:exemple réseau de Petri (4 saisons).....	13
Figure 2-2:éléments GRAFCET.....	17
Figure 2-3: étapes GRAFCET.....	17
Figure 2-4: transitions de GRAFCET.....	18
Figure 2-5: liaisons GRAFCET.....	18
Figure 2-6:exemple GRAFCET temporisé.....	19
Figure 3-1:réservoir de stockage.....	22
Figure 3-2: bruleur.....	22
Figure 3-3:pressostat.....	23
Figure 3-4: pompe.....	23
Figure 3-5:vanne de régulation.....	23
Figure 3-6:schéma technique de la chaudière.....	24
Figure 3-7: démarche AUTOMGEN 8.0.....	26
Figure 3-8: exécution AUTOMGEN.....	27
Figure 3-9:ajout d'un nouveau folio.....	27
Figure 3-11:pupitre du module IRIS 2D.....	28
Figure 3-10: dessiné un programme GRAFCET.....	28
Figure 3-12 : ajout d'un synoptique.....	29
Figure 3-13: modèle final.....	29
Figure 3-14:configuration d'un capteur.....	30
Figure 3-15:configuration d'un actionneur.....	31
Figure 3-16:configuration forme jaugée (liens).....	31
Figure 3-17:configuration forme jaugée (aspect).....	32
Figure 3-18:simulation état de marche.....	32
Figure 3-19:palette de commande.....	33
Figure 3-20: palette de commande en mode défaut.....	33

Figure 3-21: simulation état de panne.....34

Figure 3-22:GRAFCET basculement de pompes.....34

Figure 3-23: GRAFCET bruleur35

Figure 3-24:GRAFCET des vannes et pompes d'admission35

Figure 3-25:GRAFCET de remplissage du réservoir.....36

Figure 3-26:GRAFCET distributeur36

Figure 3-27: GRAFCET de sécurité36

Liste des tableaux

Tableau 1: éléments chaudière à vapeur	24
Tableau 2: tableau de symboles.....	37

INTRODUCTION GENERALE

Les productions de vapeurs ou d'eau chaude occupent une place dominante dans les activités industrielles, le principe est de chauffer de l'eau et produire de la vapeur, l'énergie thermique peut être produite de diverses manières soit par l'électricité effet Joules, par combustion solide, liquide ou gazeuse.

La chaudière est un nom de sens féminin désignant un appareil où l'eau est transformée en vapeur afin de produire une énergie thermique et répandre de la chaleur .

Chaudière : désigne un appareil (voir une installation industrielle, selon sa puissance) 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 fioul, 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 chimiques, chaudière « nucléaire » recevant la chaleur du circuit primaire, etc.), soit encore d'autres sources de chaleur (chaudières électriques, par exemple). Les chaudières sont aussi bien des systèmes industriels que domestiques.

À l'intérieur de la chaudière, ce fluide caloporteur peut être soit uniquement chauffé (c'est-à-dire qu'il reste en phase liquide), soit chauffé et vaporisé, soit chauffé, vaporisé puis surchauffé (donc avec passage de la phase liquide à la phase gazeuse).

Le but de ce travail est représenter et les caractéristiques et le fonctionnement de la chaudière sous un angle graphique afin de la modéliser et on terminera avec une conclusion générale.

Dans le cadre de mon sujet de mémoire de master j'ai réparti mon travail en trois parties :

- Le premier est une mise en œuvre du travail qui consiste à étudier la chaudière distingué l'industrie et donner les types des chaudières répondus en industrie.
- Le deuxième est consacré aux outils de modélisation graphiques (réseau de Petri, bond graph, GRAFCET).
- Le troisième consiste en le choix de la chaudière et sa modélisation à l'aide d'un logiciel.

Chapitre 01

DESCRIPTION DES CHAUDIERES

1.1. Introduction :

La chaudière est un générateur de chaleur produisant généralement de l'eau chaude pour le chauffage. Ce n'est pas la seule utilisation d'une chaudière qui peut produire de la vapeur, le plus souvent pour des applications industrielles. Une chaudière comporte un corps de chauffe avec un circuit d'eau intégré qui récupère la chaleur produite par un brûleur utilisant un combustible gaz, fioul, bois ... Elle présente de par son combustible, un rendement de combustion. Selon son dimensionnement et les différents appels de puissance, elle génèrera un rendement de production. C'est dire qu'une chaudière qu'elle soit une chaudière gaz, ou une chaudière au fioul ou une chaudière bois pourra présenter différents rendements selon les applications qu'elle sert. D'où la notion d'économies d'énergie et d'efficacité énergétique de la dite chaudière.

L'efficacité des chaudières est désormais réelle. Nous trouvons les meilleurs rendements avec les chaudières à condensation. La chaleur latente des fumées est ainsi récupérée sur le retour d'eau chaude de chauffage. Les fumées sortent plus froides et la chaleur est transférée au circuit de chauffage.



Figure 1-1: chaudière industrielle

1.2. Historique :

L'idée d'utiliser **la vapeur comme force motrice** remonte au 1er siècle Apr JC avec l'invention de l'éolipile par Héron d'Alexandrie. Mais ce n'est véritablement qu'à partir de la fin du 17ème siècle que les ingénieurs ont développé les machines à vapeur modernes. En 1800, l'ingénieur américain Evans mis au point la première chaudière à tubes de fumée qui servit dans les premières locomotives. La nécessité d'avoir des débits et pressions de vapeur importants aboutit en 1867 à la mise au point de la chaudière à tubes d'eau par les ingénieurs américains Babcock et Wilcox. Depuis, celles-ci se sont sans cesse perfectionner permettant d'avoir notamment des rendements de 90,0 %.

Années 1955-1970 : apparition des foyers au fuel avec les premières chaudières à éléments en fonte, et l'apparition de nouvelles chaudières plus performantes après crise du pétrole de 1973. Après 1973 : chaudières chauffage central avec rendements plus élevés et réductions des pertes par les gaz brûlés par rayonnement ainsi qu'à l'arrêt du brûleur.

Années 1980 : Amélioration des rendements avec les lois d'eau soit des chaudières dont la température d'eau varie progressivement en fonction de la température extérieure. Apparition des chaudières basse température (chaudière dont la température d'eau chaude ne dépasse pas 75°C et qui peut descendre à 40°C)

Années 1990 : montée en puissance de la chaudière à condensation qui récupère la chaleur latente des fumées. Les rendements dépassent les 100% sur PCI.

Années 2000 : mixage des énergies avec pompes à chaleur et solaire. Apparition de l'éco-générateur, de la chaudière hybride (avec pompe à chaleur).

1.3. Classification des chaudières :

C'est une gageure que de vouloir établir une classification des chaudières industrielles, celle-ci faisant intervenir trop de critères non significatifs lorsqu'ils sont pris isolément, trop de variantes et trop de combinaisons possibles.

Il est évident que chaque modèle de chaudière possède, de par sa conception et ses dimensions en général, une limitation en capacité de production de vapeur ; mais il est bien rare de buter sur tous les critères de limitation en même temps et il suffit souvent de changer un paramètre pour étendre sensiblement la plage d'utilisation.[10]

Donc une description de chaudière se fait par classification :

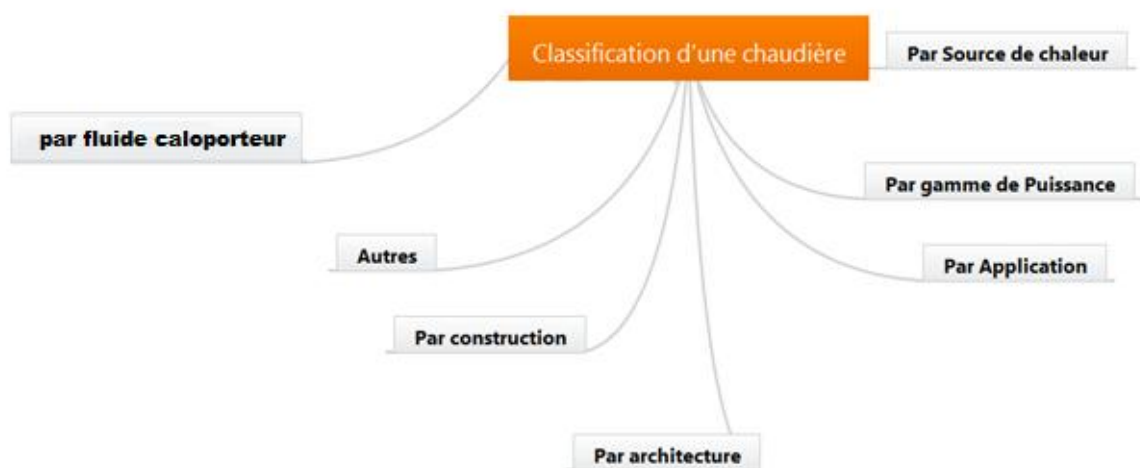


Figure 1-2: classification des chaudières

1.3.1. Classification par source de chaleur :

1.3.1.1. Chaudières électriques :

L'électricité n'est pas à proprement parler un combustible. C'est cependant une source d'énergie qui est parfois convertie en chaleur dans des chaudières électriques. Il existe plusieurs principes de chauffe. Les chaudières à résistances chauffent l'eau à l'aide d'une résistance électrique immergée dans l'eau. Les chaudières à effet joule chauffent l'eau à l'aide d'électrodes immergées dans l'eau. C'est alors l'effet joule de l'eau qui permet le chauffage de l'eau ou la vaporisation. Les chaudières ioniques projettent des ions à grande vitesse (280 km/s) à l'aide d'un champ électrique, provoquant l'échauffement du liquide caloporteur.[6]

La rareté des chaudières électriques s'explique par le prix de l'électricité qui est une énergie plus coûteuse que la plupart des autres énergies. On trouve des chaudières électriques dans le domaine du chauffage central domestique, dans l'humidification de locaux équipés d'air conditionné (petites chaudières vapeur utilisées pour l'humidification), mais aussi dans l'industrie pour des puissances allant jusque quelques dizaines de MW. Du fait de l'absence de pertes d'énergie par la chaleur sensible des fumées, le rendement des chaudières électriques est souvent proche de 100 %.[6]

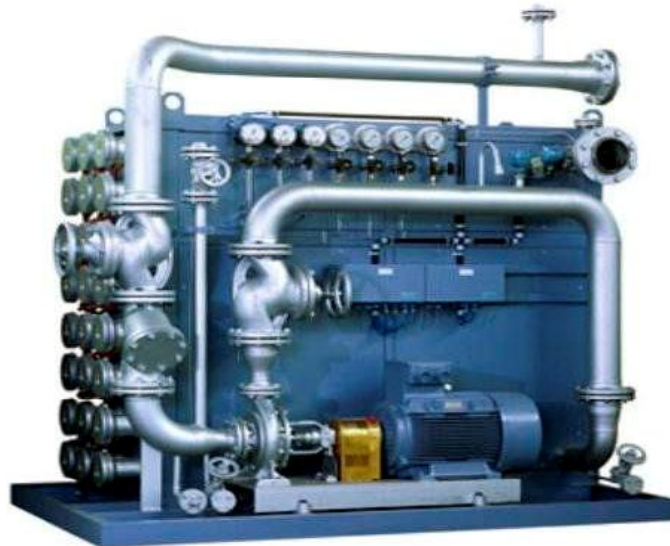


Figure 1-3:chaudière électrique

1.3.1.2. Chaudières à récupération:

Une chaudière de récupération est une chaudière qui utilise la chaleur des gaz d'échappement de la turbine à gaz, elle permet de récupérer les calories contenues dans les fumées pour produire de la vapeur.

La chaudière fonctionne en mode récupération pure (sans post de combustion), elle permet de récupérer l'énergie disponible dans les fumées à l'échappement de la turbine à combustion, pour produire de la vapeur surchauffée à partir d'eau déminéralisée à température ambiante.[6]

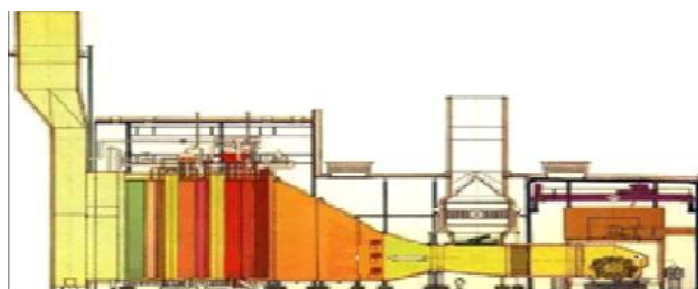


Figure 1-4:chaudière a récupération

1.3.1.3. Chaudière à combustion :

- **Chaudière à combustibles solide** : caractérisé par des foyers les chaudières se sépare en trois types à combustion solide selon leur foyer [3]
 - Les foyers à grilles
 - Les foyers à charbon pulvérisé
 - Les foyers à lit fluidisé



Figure 1-5: chaudière à foyer

- **Chaudière à combustibles liquide ou gazeux** : ce type de chaudière est généralement doté d'un brûleur qui s'occupe de la combustion
 1. **Chaudière à combustion gazeuse** : le fonctionnement au gaz est un système à combustion : le gaz est brûlé dans une chaudière, avec un corps de chauffe. Celui-ci (petit radiateur) chauffe de l'eau qui est ensuite diffusée dans l'habitation par des tuyaux via une ou plusieurs pompes à eau. Ce type de chaudières est très répandu comme utilisation domestique ou bien dans l'industrie il présente des avantages (prix très abordable du gaz, rendement énergétique excellent...) comme des inconvénients (dégâts d'explosions ou d'intoxications). [3]
 2. **Chaudière à combustion liquide** : De nombreuses habitations, ou usines industrielles sont équipées au fioul, les chaudières au fioul ont réalisé de considérables progrès en termes de rendement, d'écologie et d'hygiène.[3]



Figure 1-6 : chaudière a combustion (gaz)

1.3.1.4. Centrale solaire :

Une « chaudière solaire » a en l'occurrence des capteurs solaires thermiques analogues à ceux qui alimentent un chauffe-eau solaire ensuite une distribution par un réseau de tuyauteries semblable à celui utilisé dans les systèmes classiques , un (ou des) dispositif(s) de stockage de l'énergie thermique (ballon-tampon, dalle de béton) sont mis assurant le stockage ,envoyant cette énergie a des émetteurs de chaleur (radiateurs basse température, dalle chauffante, etc.) bien qu'une régulation est indispensable.[4]

Un système d'appoint permet de pallier les insuffisances du rayonnement. Il peut être totalement indépendant de l'installation solaire : cheminée, poêle à bois, convecteurs électriques, etc. Il peut aussi être couplé à la partie solaire de l'installation. Ainsi, la régulation peut gérer la mise en route et l'arrêt de l'appoint, en fonction de l'ensoleillement, de la demande de chauffage ou d'eau chaude sanitaire. Dans ce cas, on utilise une chaudière classique (fioul, gaz, bois, électrique).

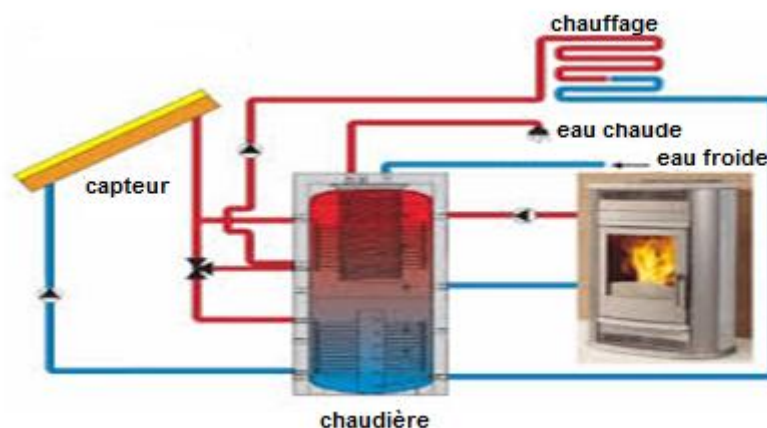


Figure 1-7: centrale solaire

1.3.2. Classifications par type de fluide caloporteur :

Une chaudière échange de l'énergie thermique avec différents types de fluides caloporteurs qui ensuite la véhiculent jusqu'au point d'utilisation.[6]

1.3.2.1. L'eau chaude :

Est principalement utilisée dans les systèmes de chauffage de locaux d'habitation, commerciaux ou industriels. Dans le domaine du chauffage central domestique, c'est quasiment le seul fluide utilisé

1.3.2.2. L'eau surchauffée :

L'eau surchauffée est principalement utilisée dans le chauffage urbain. On peut aussi la trouver dans l'industrie. Pression et température courantes d'usage tournent autour de 20 bars à 180 °C avec retour à 90 °C.

1.3.2.3. La vapeur saturée :

Principalement utilisée dans les procédés industriels. La vapeur produite par la chaudière sert alors à chauffer des fluides au travers d'échangeurs. Des machines spécifiques comme les machines à papier peuvent également avoir besoin d'une alimentation en vapeur.

1.3.2.4. La vapeur surchauffée :

La vapeur surchauffée sert principalement à être turbiner, généralement dans le but d'entraîner un alternateur pour produire de l'électricité .Ce principe est utilisé par les centrales thermiques. Certaines industries ont des déchets à éliminer, ces derniers utilisés comme combustibles leur permettent de produire de l'énergie électrique et tout ou partie de l'énergie thermique nécessaire à l'usine. On parle alors de cogénération.[6]

1.3.2.5. Fluide thermique :

Généralement des huiles, permettant d'atteindre de hautes températures sans nécessiter des pressions élevées. Ils sont utilisés comme énergie thermique par exemple dans l'industrie des panneaux de bois aggloméré. L'utilisation de fluide thermique permet également de meilleures précisions dans la régulation de température. Cependant, l'utilisation de fluide thermique génère de nombreuses contraintes d'exploitation pour les industriels, ils sont de plus en plus remplacés par de la vapeur.[6]

1.3.3. Classification par gamme de puissance :

1.3.3.1. Chaudière domestique : utilisé pour le chauffage dans les habitas et les bâtiments sa consommation est inférieur a 70 KW. [10]

1.3.3.2. Chaudière industrielle : dans l'industrie l'utilisation de la chaudière a une importance massive, elle est utilisée dans plusieurs domaines tels que (la production du lait lacté, industrie de textile etc.) sa consommation dépasse les 70 KW. [10]

1.3.4. Classification par construction :

1.3.4.1. Chaudière à tube de fumée :

C'est historiquement le premier type de construction. Les premiers modèles utilisaient une circulation verticale, plus facile à réaliser, du fait de la convection des gaz, mais par la suite, on réalisa des chaudières avec un arrangement horizontal, plus adaptées, à l'utilisation pour le chemin de fer ou la navigation.[1]

Une chaudière à tubes de fumées est constituée d'un grand réservoir d'eau traversé par des tubes dans lesquels circulent les fumées. Le premier tube du parcours de fumées est un tube de plus gros diamètre qui constituent le foyer. Ce type de construction est aujourd'hui utilisé presque exclusivement pour les combustibles gazeux et liquides. En effet, la forme du foyer des chaudières à tubes de fumées rend difficile l'extraction des cendres. Lorsqu'elles sont utilisées avec des combustibles solides le foyer est placé à l'extérieur de la chaudière proprement dite. [1]

Dans ce cas, le foyer est un avant foyer à tubes d'eau ou en réfractaire. Ce type de construction est généralement réservé à des puissances n'excédant pas 20 ou 30 MW.



Figure 1-8:chaudière à tubes fumés

1.3.4.2. Chaudière à tubes d'eau :

Dans cette construction, c'est le fluide caloporteur qui circule dans des tubes, les gaz chauds circulant à l'extérieur de ceux-ci. L'avantage de cette formule est surtout la sécurité de ne pas avoir de grandes quantités d'eau dans la chaudière même, qui pourraient en cas de rupture mécanique, entraîner une création explosive de vapeur. Elles ont également l'avantage d'avoir une plus faible inertie. Dans ce type de chaudière, le foyer a toujours un volume très important. De plus, le foyer a la possibilité d'être ouvert dans sa partie inférieure. Ce sont ces deux caractéristiques qui font qu'elles sont souvent utilisées avec des combustibles solides même pour des puissances de quelques MW seulement.[1]

1.3.4.3. Chaudières compactes :

Elle possède une enveloppe externe cylindrique contenant deux de gros diamètres dans lesquels est placé le foyer. Les gaz de combustion sortent du tube foyer dans une chambre en brique réfractaire et sont véhiculés à travers les tubes de petits diamètres situés de part et d'autre du tube foyer. Ces tubes représentent une grande surface d'échange pour chauffer l'eau. Les fumées sont ensuite extraites de la chaudière en face avant par un extracteur puis à travers la cheminée. Elle se détermine par deux modèles :[6]

- Les chaudières compactes à deux passes
- Les chaudières compactes à trois passes



Figure 1-9: chaudière compacte a deux passes

1.3.4.4. Chaudières à retour de flamme :

La chambre de combustion est en forme de dé et le brûleur est situé au centre. La flamme revient dans cette chambre vers l'avant de la chaudière.

Les tubes de fumées entourent le foyer et permettent l'évacuation des gaz à travers la cheminée situé à l'arrière de la chaudière.

1.4. Principe de fonctionnement d'une chaudière:

Quel que soit le modèle que vous avez, le principe de fonctionnement d'une chaudière repose sur des éléments qui varient peu :

- Une chaudière a besoin d'un carburant, d'une source d'énergie : bois, fioul, gaz, électricité, ou plus récemment, air.
- Pour les chaudières à combustion, le carburant est brûlé, et c'est cette action qui produit de la chaleur.
- Pour les modèles électriques ou thermodynamiques, il n'y pas de combustion, mais l'utilisation d'une source d'énergie "invisible".
- Dans tous les cas, l'énergie utilisée ou dégagée par la combustion sert à produire de la chaleur, qui se transmet ensuite à des circuits reliés à des émetteurs de chaleur (radiateurs, planchers chauffants) et/ou au dispositif d'alimentation en eau chaude.
- Les vapeurs dégagées et résidus de combustion sont évacués, sauf dans les modèles à condensation, dans lesquels la vapeur est réutilisée en circuit interne.[10]

1.5. Conclusion :

Grace à cette étude on a pu avoir une idée ou une vue globale sur différents types de chaudières pour qu'à la fin faire notre propre classification qui se divise en trois types de chaudières utilisant de l'eau, des chaudières utilisant une vapeur saturé et enfin celles qui utilisent de la vapeur surchauffé tout ça en fonction de la vapeur final désirée.

Chapitre 02

LES OUTILS DE MODELISATION GRAPHIQUE

2.1. Introduction :

Une méthode de modélisation unifiée est nécessaire pour l'analyse et le mode. L'outil graphique est bien convenu à cette fin. Cette méthodologie permet l'affichage de l'échange de puissance d'un système, qui inclut le stockage, la dissipation et la transformation.

En outre, cet outil tient compte de la génération non seulement d'un mode comportemental, mais également il peut être employé pour l'analyse structurale et causale qui est essentielle pour concevoir les systèmes de commande et de surveillance.

Les modèles graphiques associent la théorie des graphes, qui modélise des réseaux, à la théorie des probabilités, qui quantifie l'incertitude. L'idée fondamentale est la modularité : un modèle complexe est construit en combinant des modèles simples. Les modèles graphiques éclairent parfaitement la notion d'indépendance conditionnelle.

Un modèle est considéré comme une abstraction de la réalité, il décrit au mieux la réalité sans pouvoir la reconstituer parfaitement [Muller, 2000]. Ainsi, le modèle se caractérise par :

- Une représentation modèle du système à modéliser,
- Une simplification de la complexité du système à modéliser,
- Une focalisation sur les propriétés importantes du système en négligeant certains détails inutiles
- Une simulation des différents comportements du système à modéliser,
- Une traduction du comportement qui coûte moins cher que le teste du comportement réel.

Généralement, le modèle associé à un système permet de : prendre en compte toute la complexité du système en la représentant le plus fidèlement possible, grâce à la capitalisation des connaissances sur le système, représenter de manière modèle le comportement du système, avec la possibilité de prédire son évolution autour d'un point de fonctionnement optimal.

La modélisation et l'analyse des modèles permettent d'étudier des phénomènes réels et de prévoir des résultats à un niveau d'approximation donné. Les modèles mathématiques peuvent être complexes et difficiles à interpréter ; pour cette raison, dans les dernières décades plusieurs outils graphiques ont été développés, parmi lesquels on peut trouver: les schémas blocs [Graybeal, 1951], les graphes de flux [Mason, 1953], les Bond Graphs (BG) [Karnopp et Rosenberg, 1975], le Graphe Informationnel Causal (GIC) [Hautier et Faucher, 1996], la Représentation Énergétique Macroscopique (REM) [Bouscayrol et al. 2003]

Réseau de [petri (1962)] . [7],[9]

2.2. Réseau de Petri :

2.2.1. Historique :

Les réseaux de Petri ont été introduits par [Petri, 1962]. Ils servent à modéliser et à analyser le comportement dynamique de systèmes à événements discrets [Muratat, 1989] évoluant d'un état à un autre à la suite d'évènements internes ou externes. Les réseaux de Petri offrent une représentation graphique simple des systèmes modélisés.

L'état global d'un réseau de Petri se définit par un ensemble de places dont certaines sont marquées avec un ou plusieurs jetons et d'autres sont non marquées. La distribution des jetons dans les places à un instant donné est appelé marquage du réseau de Petri [Kordik, 2008]. L'évolution d'un réseau de Petri est donc représentée par l'évolution de ses marquages. Si à un moment donné, le marquage du réseau ne permet aucune transition on dit que le système est bloqué. Dans les autres cas on parle d'un réseau vivant ou d'un réseau sans blocage [David, 1997], [Diaz, 2001].

Les premiers réseaux de Petri sont des modèles ordinaires ou généralisés, très limités pour décrire des applications informatiques ou plus généralement industrielles. C'est pourquoi, des extensions des réseaux de Petri ont été introduites. Parmi elles, nous trouvons : Les réseaux de Petri temporisés [Ramchandani, 1974], les réseaux à Prédicats/Transitions [Genrich, 1981], les réseaux réguliers [Haddad, 1987], les réseaux ordonnés [Courveur, 1988], les réseaux colorés [Jensen, 1991], les réseaux algébriques [Reisig, 1991] [11]

2.2.2. Approche et définition du réseau de Petri :

Le réseau de Petri (ou par abréviation le réseau) est un outil graphique et mathématique pour modéliser et analyser les systèmes discrets, particulièrement les systèmes concurrents, parallèles, non-déterministes, etc. En étant rôle d'outil graphique, il nous aide à comprendre facilement le système modélisé, et plus il nous permet de simuler les activités dynamiques et concurrentes. Avec le rôle d'outil mathématique, il nous permet d'analyser le système modélisé grâce aux modèles de graphes, aux équations algébriques, etc. [11]

En général, les méthodes de l'étude de système par réseau se composent de 3 étapes : premièrement on récrit le système en terme de réseau, on obtient le modèle en réseau ; deuxièmement on analyse le modèle obtenue, on déduit des propriétés comme absence de blocage, existence d'une solution, etc. ; analement on fait la révision des propriétés obtenues pour montrer si le système est bon. Le résultat de cette méthode nous indique une analyse qualitative des systèmes. Elle est une approche très importante pour avoir une bonne évaluation des systèmes. Informellement, le réseau est un graphe biparti ayant 2 types des nœuds.

Certains étant les transitions représentent les actions élémentaires du système, et les autres étant les places représentent ses ressources.

Pour modéliser et analyser les applications industrielles, qui sont de plus en plus compliquées, plusieurs types de réseau sont représentés. Selon la proposition des Monika Trompedeller en 1995, les réseaux sont classifiés en 3 niveaux :

- **Niveau 1 :** Les réseaux caractérisent par les places qui peuvent représenter des valeurs booléennes. Un exemple de ce type est les Réseaux de Condition/Événement ;
- **Niveau 2 :** Les réseaux sont caractérisés par les places qui peuvent représenter des valeurs de nombre entier. Un exemple de ce type est les Réseaux de Place/Transition ;
- **Niveau 3 :** Les réseaux sont caractérisés par les places qui peuvent représenter des valeurs à un niveau élevé, c-à-d., une place est marquée par un multi ensemble de jetons structures. Un exemple de ce type est les Réseaux colorés.

Le réseau de Petri est un graphe biparti orienté à valeur qui a 2 types de nœud : la place et la transition ; les arcs sont limités, soit il est un lien d'une place à une transition, soit un lien d'une transition à une place. L'arc est étiqueté par une valeur (ou un poids), qui est un nombre entier positif. L'arc ayant k poids peut être interprété comme ensemble de k arcs parallèles. L'étiquette du poids égale à 1 est ignorée. Un marquage assigne un nombre entier à chaque place, si un marquage assigne un entier k à une place p , on dit que p est marquée par k jetons. On considère d'abord la structure fondamentale qui se compose de deux sortes d'objets (les places et les transitions) et des relations entre eux.[11]

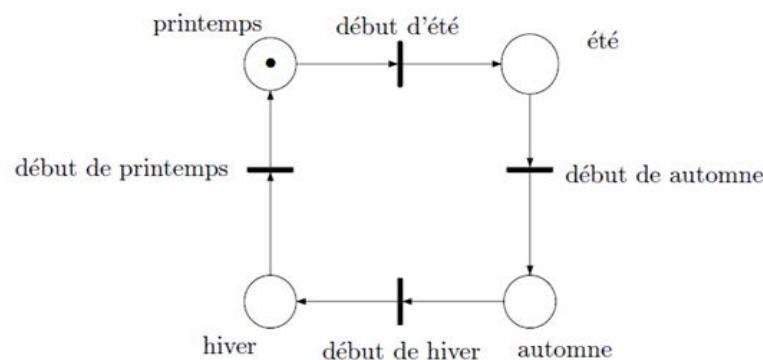


Figure 2-1: exemple réseau de Petri (4 saisons)

Ce graph représente les 4 saisons de l'année par un réseau de Petri. On considère un système décrivant 4 saisons. S'il est printemps et l'événement "début d'été" se produit, la saison change à l'été. Ensuite, si l'événement "début de printemps" se produit, la saison est printemps, etc. Le système modélise le changement séquentiel entre les saisons.

2.3. Bond graph :

2.3.1. Historique :

Le bond graph est une technique graphique utilisée pour modéliser les systèmes avec un langage unifié pour tous les domaines des sciences physiques [Dauphin-Tanguy, 2000]. On peut associer des sous modèles de différents types de systèmes tels que les systèmes électriques, mécaniques, hydrauliques, thermiques en un seul bond graph, ce qui permet une visualisation graphique des relations de cause à effet, et assure la conservation de la puissance.

On le retrouve dans tous les domaines : il constitue le lien entre ceux-ci. Fort de cette constatation, Henry M. Paynter (1923-2002) a introduit le concept de bond graph (BG, graphe de liaisons) en 1961. Ce dernier a été développé, notamment par Karnopp et Rosenberg, pour donner aujourd'hui une méthodologie d'approche globale des systèmes pluri technologiques qui constituent au XXI^e siècle la grande majorité des produits industriels qui nous entourent. Comme on le verra avec cette présentation, la méthode est élégante, et son utilisation, sur des modèles simples, peut être rapide et efficace. Elle ne nécessite en effet que quelques « briques » pour élaborer un modèle complet, directement « dessiné » sur un logiciel adapté permettant d'obtenir des résultats directs sans avoir à écrire une seule équation : c'est le logiciel qui les détermine et les affiche ainsi que les résultats afférents.[8]

2.3.2. Approche et définition de bond graph :

Un graphe de liaisons — également appelé graphe à liens ou *bond graph* — est une représentation graphique d'un système dynamique physique (mécanique, électrique, hydraulique, pneumatique, etc.) qui représente les transferts d'énergie dans le système. Les graphes de liaisons sont basés sur le principe de la conservation de la puissance. Les liens d'un graphe de liaisons sont des symboles qui représentent soit des flux d'énergie, soit des flux d'information.

Le graphe de liaisons est un outil mathématique utilisé en ingénierie des systèmes. Il permet de modéliser un système piloté afin d'optimiser son dimensionnement et la conception de ses lois de commande.

Comparés à une autre représentation visuelle du système en schéma-bloc, les graphes de liaisons ont plusieurs avantages :

- Ils distinguent les flux d'énergie des flux d'information ;
- Puisqu'ils reposent sur le principe de la conservation de l'énergie, ils rendent impossible d'insérer de l'énergie inexistante dans le système ;
- Ils mettent en évidence la causalité entre les efforts (force, tension, pression) et les flux (vitesse, courant, débit). Cette causalité est rajoutée une fois que le schéma initial a été construit, ce qui permet entre autres de détecter des phénomènes modélisés qui ne sont pas physiques tels qu'imposer un courant dans une bobine, la vitesse d'un volant d'inertie, etc. ;

- Comme chaque lien représente un flux bidirectionnel, les systèmes qui produisent des contre-efforts (exemple : force électromotrice des moteurs) qui agissent sur le système se représentent sans ajout de boucle de contre-réaction.

Si la dynamique du système à modéliser opère sur différentes échelles de temps, les comportements rapides en temps réel peuvent être modélisés comme des phénomènes instantanés en utilisant des graphes de liaisons hybrides.[8]

Dans un graphe de liaison :

- Les nœuds (*vertices*) sont des « phénomènes physiques », décrit par des équations : ce terme général peut désigner des pièces mécaniques, des composants électriques, des actionneurs hydrauliques, ... cela peut aussi être des sous-ensembles de pièces, c'est-à-dire qu'un nœud peut lui-même être décrit par un graphe de liaisons, mais également une loi physique s'appliquant à l'ensemble du système (par exemple la loi des mailles ou la loi des nœuds pour un circuit électrique) ;
- Les arcs (*edges*) sont des flux d'énergie, c'est-à-dire qu'ils représentent l'action qu'un nœud exerce sur un autre ; ils sont appelés « liaisons » (*bonds*), d'où le nom du graph

Les échanges entre nœuds sont décrits par deux paramètres : le flux et l'effort. Le flux représente une quantité par unité de temps : intensité du courant électrique, i , débit de fluide Q_v , vitesse d'une pièce v , ... L'effort représente la force avec laquelle le flux est poussé : tension électrique u , pression du fluide P , force F , ... Le produit du flux et de l'effort donne la puissance (en watts).

2.4. Grafcet

2.4.1. Historique :

Le GRAFCET (GRAphe Fonctionnel de Commande Etape Transition) est né en 1977 des travaux de l'AFCEC (Association Française pour la Cybernétique Economique et Technique), en tant que synthèse théorique des différents outils existant à cette époque (organigramme, organiphase, diagramme de Girard, réseaux de Pétri, etc....) Mis sous forme actuelle par l'ADEPA (Agence nationale pour le DEveloppement de la Production Automatisées) en 1979, normalisé sur le plan français en 1990 (norme NF C03-190), sur le plan européen (EN61131) et sur le plan international en 1992 (norme CEI 1131).[12]

2.4.2. Approche et définition de Grafcet :

Le GRAFCET est un outil de description des systèmes automatisés. C'est un langage de spécification pour la description fonctionnelle du comportement de la partie séquentielle d'un système automatisé. Il est utilisé dans les phases d'écriture de cahier des charges d'automatisation d'une machine et dans la recherche de solutions.

Le terme « GRAFCET » est un acronyme : GRAphe Fonctionnel de Commande Etape Transition. Avant de définir les éléments et les règles d'écriture du GRAFCET, il est important de noter que le GRAFCET, tel qu'il est défini par la norme, ne constitue pas un langage de programmation spécifique (SFC : Sequential Function Chart) employé pour la programmation des automates industriels. Même si le langage de programmation SFC est inspiré du langage GRAFCET, ils sont de nature différente : le GRAFCET décrit le comportement logique des systèmes indépendamment de la réalisation technologique alors que le langage SFC est lié à la technologie employée car il décrit une structure interne du logiciel implémenté dans le système.[12]

2.4.2.1. Les éléments de base du GRAFCET :

Le GRAFCET permet la description comportementale des actions en fonction de la sollicitation des entrées d'un système automatisé.

Cette description est réalisée sous forme de représentation graphique où le comportement du système est traduit par un état unique à un instant donné. Ces états correspondent aux situations du GRAFCET. Les états sont reliés entre eux par des liens conditionnels ; ce qui permet de décrire l'évolution d'un état vers un autre.

Le GRAFCET est constitué d'étapes représentant les états et de transitions représentant les liens conditionnels. Ces deux éléments constituent la structure du GRAFCET. A chaque étape il faut décrire la situation des sorties, des actionneurs du système automatisé.

Le GRAFCET utilise des actions qui, reliées aux étapes, décrivent le comportement du système. De la même manière, des réceptivités sont associées aux transitions. Celles-ci contiennent, sous forme d'expression logique, la condition à satisfaire pour l'évolution de la situation du GRAFCET d'une étape vers une autre.

La représentation graphique du comportement d'un système distingue la structure et l'interprétation

qui précise l'évolution du système :

- La structure du GRAFCET doit toujours respecter l'alternance étape – transition reliées par une liaison orientée.
- L'interprétation assure la relation entre les variables d'entrées, la structure et les variables de sortie. L'interprétation est décrite par les réceptivités et les actions.

2.4.2.2. Composition d'un Graphcet :

Le GRAFCET est défini par un ensemble constitué d'éléments graphiques de base :

- Les étapes
- Les transitions
- Les liaisons orientées
- Les actions associées aux étapes
- Les réceptivités associées aux transitions

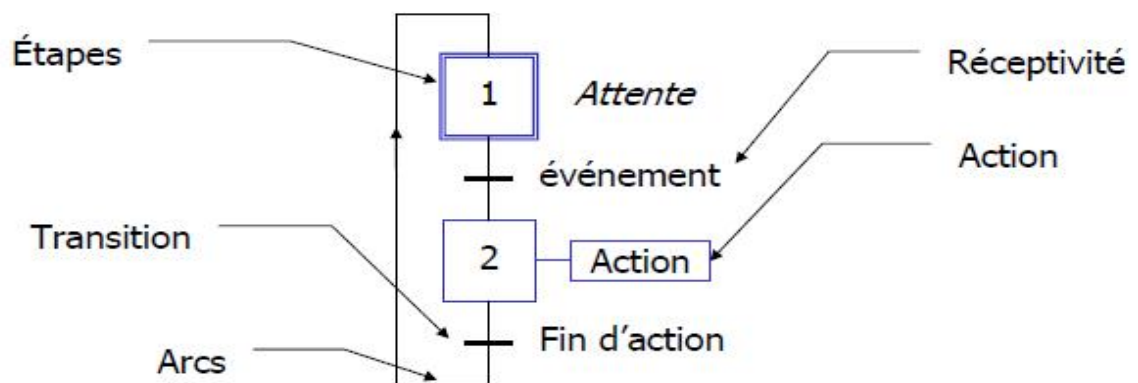


Figure 2-2:éléments GRAFCET

a. Les étapes :

Une étape est une période de temps permettant de réaliser complètement une ou plusieurs actions. Chaque étape est représentée par un carré numéroté. La numérotation est réalisée par des chiffres ou des nombres entiers positifs dans un ordre croissant. Deux étapes différentes ne doivent jamais porter le même.

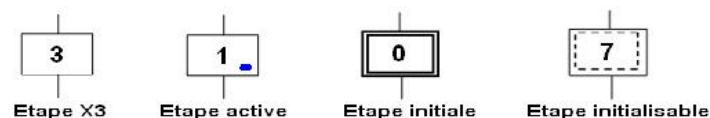


Figure 2-3: étapes GRAFCET

b. Les transitions :

Caractéristique essentielle, elle indique la possibilité d'évolution entre étapes. La transition peut être considérée comme une porte entre deux étapes, et la réceptivité comme la clé ou le code nécessaire pour ouvrir la porte.

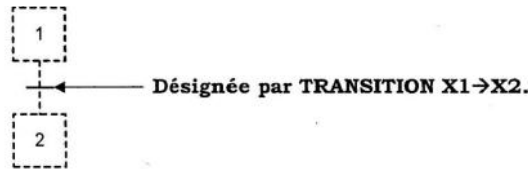


Figure 2-4: transitions de GRAFCET

La réceptivité regroupe toutes les conditions et uniquement celles qui sont nécessaires au franchissement de la transition. Une réceptivité est dite vraie si la condition ou l'équation booléenne, associée est vérifiée et égale à 1, et inversement.

- **1er cas :**

La réceptivité est une variable ou une fonction logique de variables d'entrée issues de capteurs, boutons poussoirs etc. ...

- **2ème cas :**

La réceptivité est une variable ou une fonction logique de variables d'entrée issues de l'activité d'une ou plusieurs étapes de GRAFCET

c. les liaisons orientées :

Les liaisons relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.

Par convention, le sens naturel de l'évolution est du haut vers le bas. Dans un cas différent, il faut montrer le sens d'évolution par une flèche. Pour sa on établie trois règles d'évolution du GRAFCET

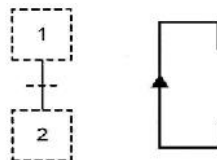


Figure 2-5: liaisons GRAFCET

- Règle n°1 :

Les étapes initiales sont activées inconditionnellement à l'initialisation de l'automatisme, au début du cycle.

- Règle n°2 :

Le franchissement d'une transition ne peut se produire que :

- Si la transition est validée (étapes immédiatement précédentes actives)
- Si la réceptivité associée est vrai (équation logique associée égale à 1)

Si les deux conditions sont réunies, la transition devient franchissable et est alors obligatoirement franchie.

- Règle n°3 :

Le franchissement d'une transition provoque simultanément :

- La désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition.
- L'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes reliées à cette transition.

d. Description détaillée des actions :

- Action continue

L'action est exécutée dès que l'étape associée est active, sans autre condition particulière

-Action conditionnelle

L'action est exécutée que si l'étape associée est active et si la condition « k » est vraie (égale à 1).

-Action temporisée

Exemple de prise en compte d'une temporisation dans un GRAFCET.

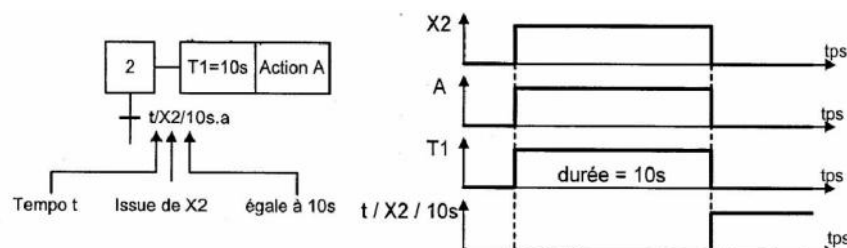


Figure 2-6:exemple GRAFCET temporisé

Dans ce cas là, lorsque l'étape X2 est vraie (à l'état 1) automatiquement, l'action A est activée ainsi que la temporisation qui est normalement fermé dans le cas présent. Dans la transition suivante, on voit qu'il faut que la temporisation ait finie de s'écouler, donc au minimum 10 secondes après son activation et que l'on ait a.

e. Description des réceptivités

Les réceptivités associées aux transitions sont généralement des conditions logiques sur les états des entrées, mais il est quelque fois nécessaire de faire apparaître un changement d'état.

2.5. Conclusion modélisation graphique :

Dans ce chapitre nous avons défini trois des principaux outils de modélisation graphiques ainsi que les règles de bases pour aboutir a une modélisation correcte.

L'existence de tels outils en tant que modèle de description et de modélisation est une contribution essentielle à la conception à la fois en raison de la puissance de description du modèle et de sa rigueur. Ces outils sont particulièrement adaptés à la spécification fonctionnelle des modèles.

Chapitre 03

MODELISATION DE LA CHAUDIERE

3.1. Introduction :

Ce chapitre sera consacré en la modélisation d'une chaudière bien déterminé la modélisation se fera grâce à un outil informatique appelé AUTOMGEN qui utilise les notions et les bases du GRAFCET, bien sûr on établira un GRAFCET de modélisation pour la chaudière et on fera une simulation et supervision de celle-ci.

3.2. Cahier de charge (description et choix de la chaudière) :

3.2.1. Chaudière à vapeur :

Une chaudière est un réservoir contenant un fluide et muni d'un système de chauffage, son but est de produire et stocker de l'énergie thermique dans ce fluide et d'utiliser cette énergie dans un autre lieu. Le fluide chauffé est transporté à l'aide de tuyauterie jusqu'au lieu d'utilisation. Généralement, une chaudière fonctionne en circuit fermé, le fluide chaud sort par une tuyauterie fixée sur sa partie haute et revient par une autre tuyauterie fixée sur sa partie basse après avoir circulé et s'être refroidi.

La vapeur est générée en chauffant un important volume d'eau au moyen de fumées produites par combustion de gaz ou fioul et circulant dans des tubes immergés.[5]

Son principe étant simple, cette chaudière est répandue dans toute l'industrie et cet exemple en est une chaudière à boissons gazeuse et non gazeuse permettant de laver les bouteilles, chauffer le sirop et pasteuriser certains aliments .

3.2.2. Eléments constituant une chaudière à vapeur :

Une chaudière à vapeur est constituée par les éléments suivants :

- Le corps chaudière ainsi que tous les équipements reliés (tuyauterie, collecteur de vapeur etc...)
- Un brûleur à gaz (dans ce cas là) qui assure la présence de la flamme pour chauffer le fluide
- Un réservoir d'eau d'alimentation
- Des pompes d'alimentation pour le réservoir et le remplissage de la chaudière
- Des vannes qui assurent la protection et le transport d'eau et de gaz
- Pressostat ou un détecteur de pression

- Soupapes de protection et de vidange
- Sondes de niveau pour réservoir et chaudière

3.2.3. Description des éléments de chaudière

3.2.3.1. Réservoir d'eau :

Stockage de d'eau et propagation d'eau en cas de besoin



Figure 3-1: réservoir de stockage

3.2.3.2. Remplissage de la chaudière :

Quand le niveau d'eau de la chaudière diminue la commande des pompes et des vannes d'admission s'enclenche si le réservoir est plein.

3.2.3.3. Bruleur :

Pièce maitresse du système, Son rôle est de fournir la quantité de chaleur nécessaire pour la production de la vapeur, et assurer le mélange carburant - comburant dans les proportions choisies et réaliser la combustion de ce mélange dans les conditions optimales il est équipé de :

- Ventilateur
- Servomoteur
- Transformateur d'allumage



Figure 3-2: bruleur

3.2.3.4. Pressostat :

Sert a mesuré la pression dans différent partie de la chaudière



Figure 3-3:pressostat

3.2.3.5. Sonde de niveau :

Mesure le niveau d'eau dans chacun de réservoir et de la chaudière, il ya également des sondes de sécurité.

3.2.3.6. La pompe :

Compte tenu du très grand nombre et de la très grande variété des applications ayant recours aux pompes, il est normal de rencontrer un foisonnement de technologies dans le domaine des pompes, l'idée est de citer les principes les plus courants



Figure 3-4: pompe

3.2.3.7. Les vannes de régulations :

Constituée de deux éléments principaux : Le servomoteur (c'est l'élément qui assure la conversion du signal de commande en mouvement de la vanne) ; Le corps de vanne (c'est l'élément qui assure le réglage du débit).



Figure 3-5:vanne de régulation

3.2.3.8. Schéma de fonctionnement chaudière à vapeur [5]:

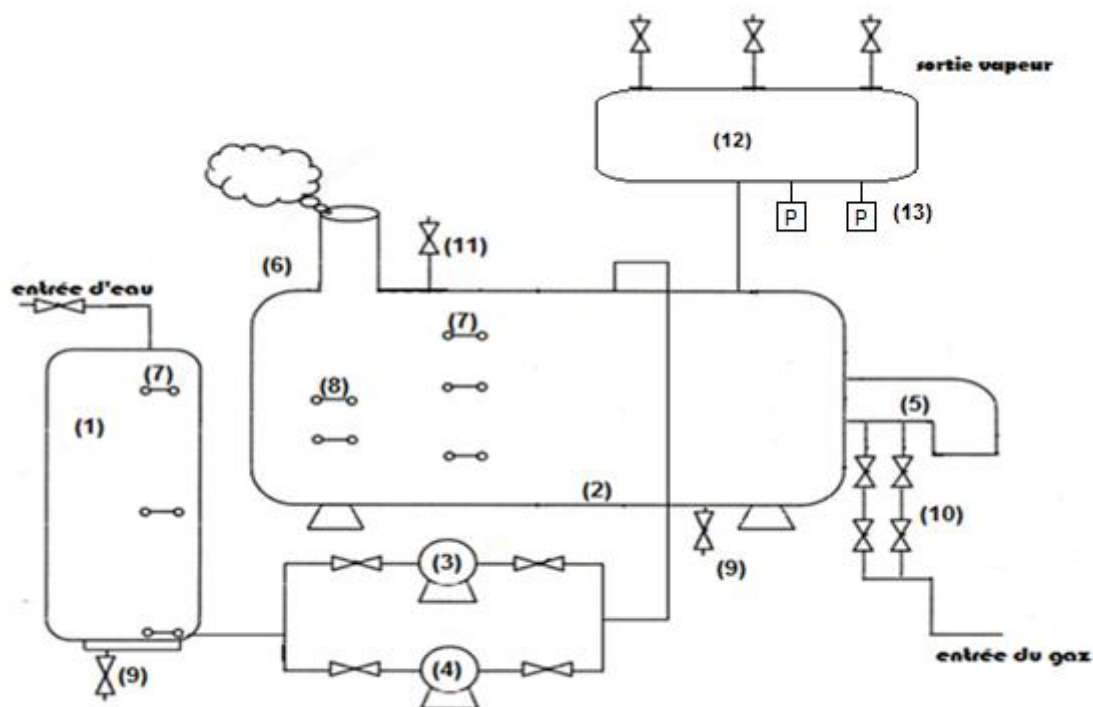


Figure 3-6:schéma technique de la chaudière

N°	Nom de l'élément	7	Sonde de niveau
1	Réservoir d'eau	8	Sonde de niveau sécurité
2	chaudière	9	Vidange
3	Vanne et pompes	10	Soupape GAZ
4	Vanne et pompes (secours)	11	Soupape sécurité
5	Bruleur	12	Distributeur
6	Echappement	13	Pressostat

Tableau 1: éléments chaudière à vapeur

3.2.4. **Niveaux de chaudières :**

3.2.4.1. **Niveau 1 (réservoir et remplissage)**

Conditions de validité :

- ✓ pompe de remplissage opérationnelle
- ✓ Capteurs au point
- ✓ Existence de substance liquide (eau)
- ✓ Vidange fermée

3.2.4.2. **Niveau 2 (pompes et vannes d'admission, remplissage de chaudière)**

- ✓ Pompes et vannes opérationnelle
- ✓ Capteurs chaudière au point
- ✓ Capteurs réservoir état valide
- ✓ Vidange fermée

3.2.4.3. **Niveau 3 (bruleur)**

- ✓ Disponibilité substance gazeuse (combustible)
- ✓ Validité des deux soupapes a gaz
- ✓ Validité de la photocellule
- ✓ Disponibilité entrée air
- ✓ Capteurs chaudière état valide
- ✓ Le ventilateur opérationnel

3.2.4.4. **Niveau 4 (distributeur)**

- ✓ Pression valide (pressostat)
- ✓ Vanne de distribution opérationnelle

3.3. Présentation et approche de l'AUTOMGEN 8.0 :

AUTOMGEN est un logiciel de conception d'applications d'automatisme. Il permet de programmer des systèmes pilotés par des automates programmables industriels, microprocesseurs et ordinateurs équipés de cartes d'entrées-sorties.

Il utilise les langages de programmation compatibles avec : GRAFCET, Logigramme, Ladder, Blocs fonctionnels, Langage littéral, Organigramme. L'utilisation de ces langages évolués facilite la portabilité des programmes et permet d'exploiter sur tout type d'automate le programme source (dans la limite des performances de l'A.P.I.) moyennant la mise en œuvre d'un traducteur spécifique (Post-processeur).[2]

3.3.1. Programmation avec AUTOMGEN :

La mise en place d'une solution d'automatisation avec AUTOMGEN8 nécessite la réalisation de tâches fondamentales. L'organigramme suivant indique les tâches à exécuter dans la plupart des projets et les classes selon de la marche à suivre.[2]

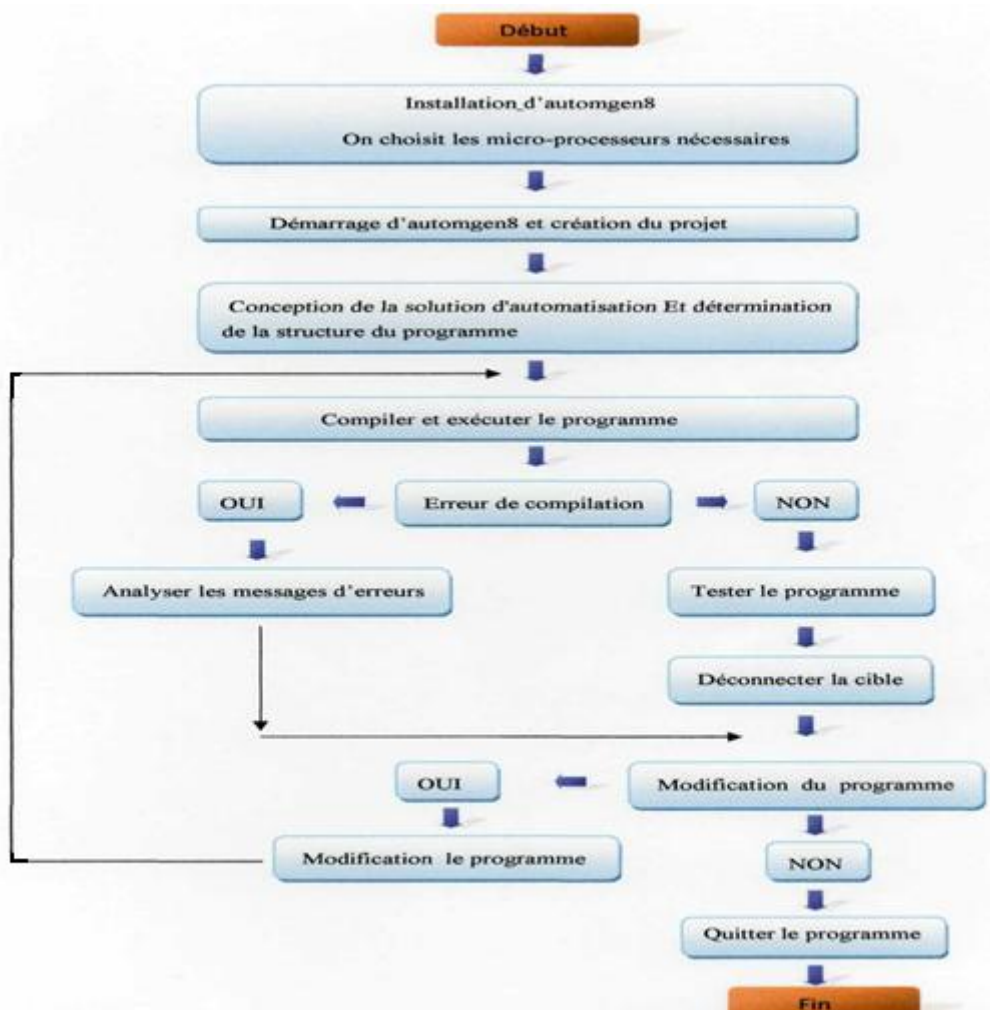


Figure 3-7: démarche AUTOMGEN 8.0

3.3.2. Création d'un nouveau projet :

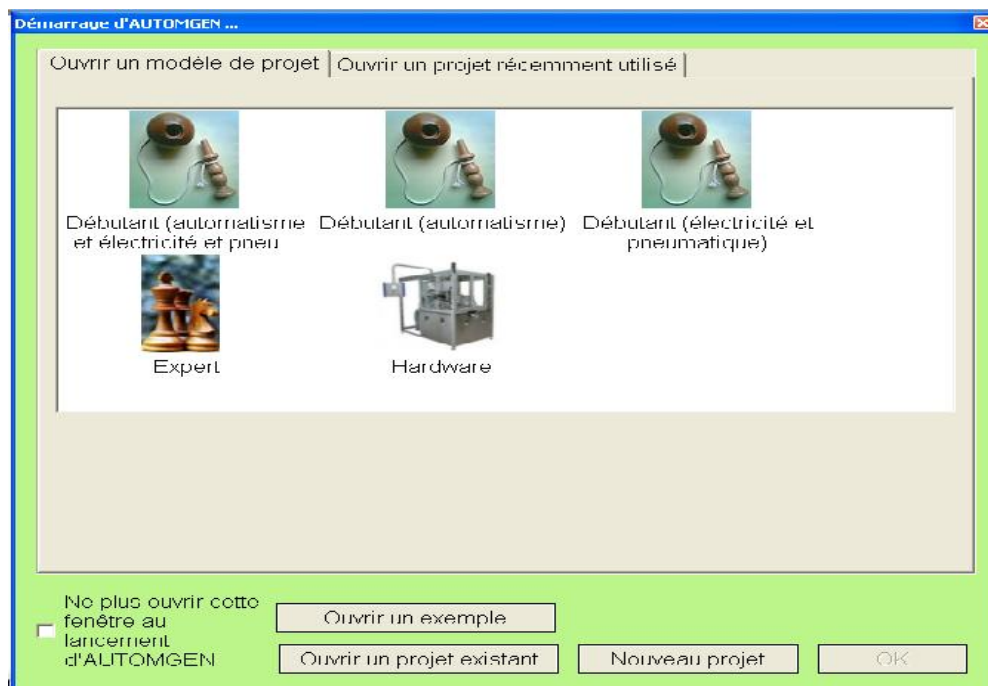


Figure 3-8: exécution AUTOMGEN

- Pointer avec la souris l'élément « Folios ».
- Cliquer avec le bouton droit.
- Choisir « Ajouter un nouveau folio ».
- Le nom du Folio peut être quelconque mais doit être différent pour chaque folios du projet et cliquer sur OK

3.3.3. Ajout d'un nouveau folio (espace de travail)

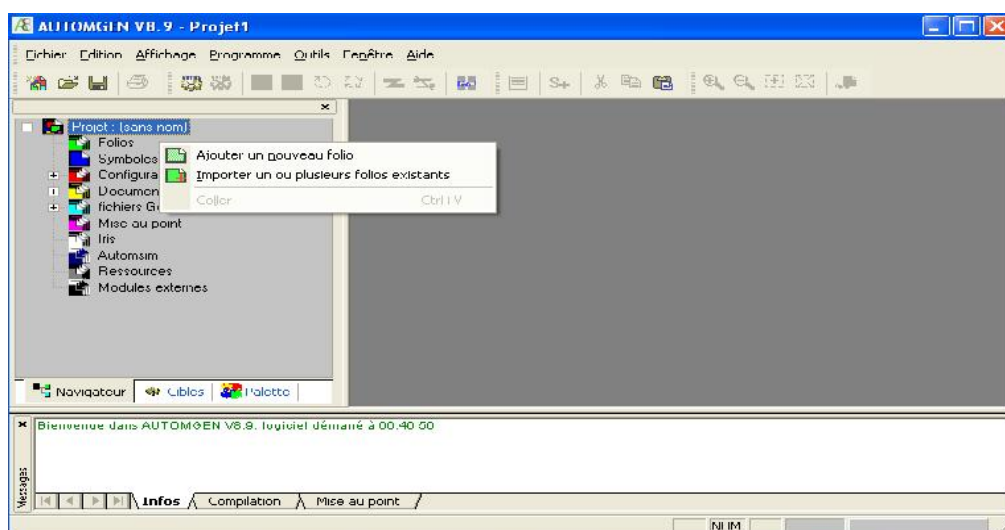


Figure 3-9:ajout d'un nouveau folio

Pour créer un programme sous le logiciel AUTOMGEN on doit ajouter un nouveau folio
Ensuite dessiner des programmes selon trois méthodes :

- Dessin avec l'assistant
- Dessin avec la palette
- Dessin avec les touches du clavier

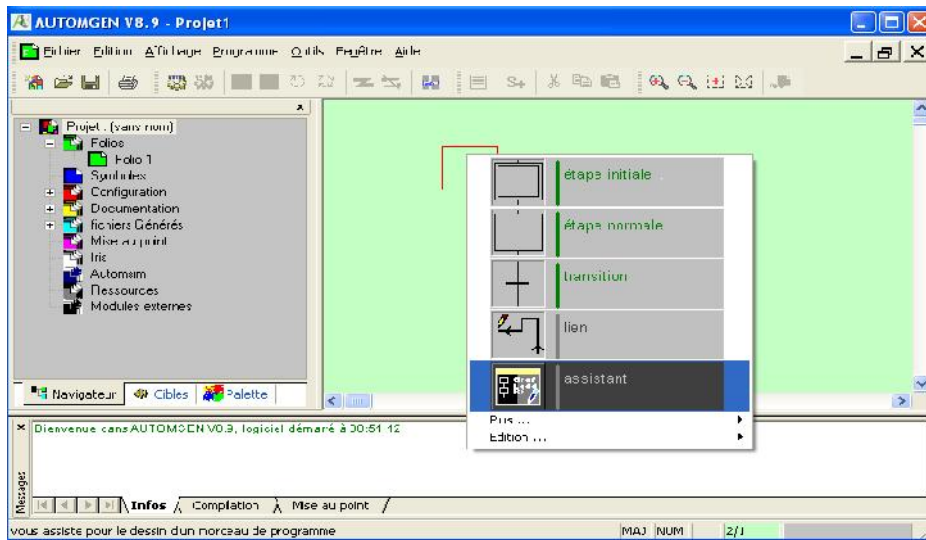


Figure 3-10: dessiné un programme GRAFCET

3.3.4. Module iris 2D :

Pour ouvrir le module IRIS spécialisé pour la visualisation du travail clique droit sur IRIS et choisir le IRIS 2D



Après l'ouverture du IRIS 2D le choix d'un pupitre est indispensable il est considéré comme le lieu de travail, sur ce pupitre la on va attribuer des éléments en le mettant sur mode configuration

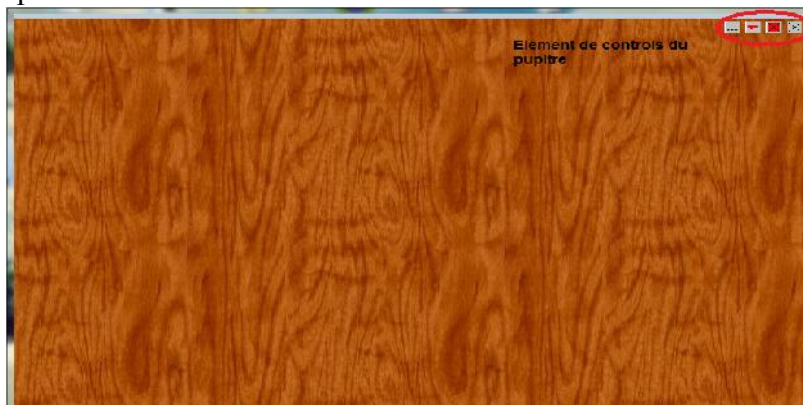



Figure 3-11:pupitre du module IRIS 2D

3.3.5. Insertion des objets dans le pupitre :

L'ajout d'un objet dans le pupitre se fait par le bouton 

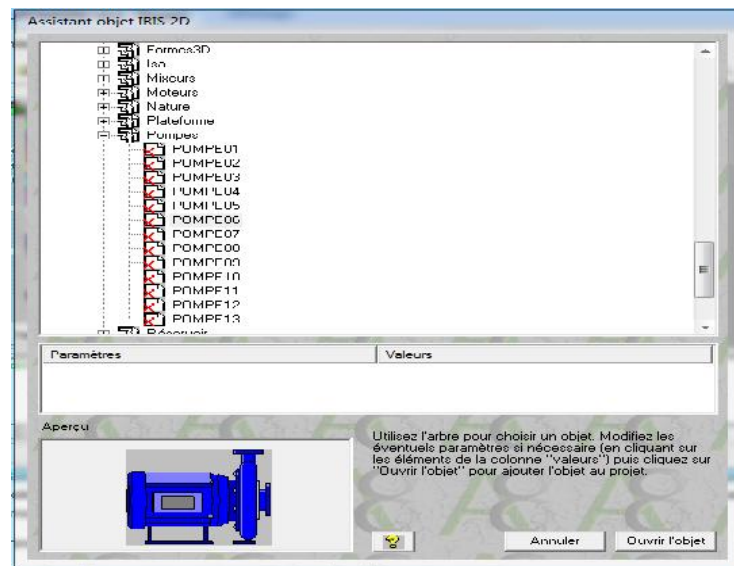


Figure 3-12 : ajout d'un synoptique

Lors du choix de tout équipements nécessaire pour le fonctionnement on relis tout sa avec le respect de l'emplacement des capteurs, la tuyauterie etc. ... ce qui nous donne la simulation décrit dans la figure

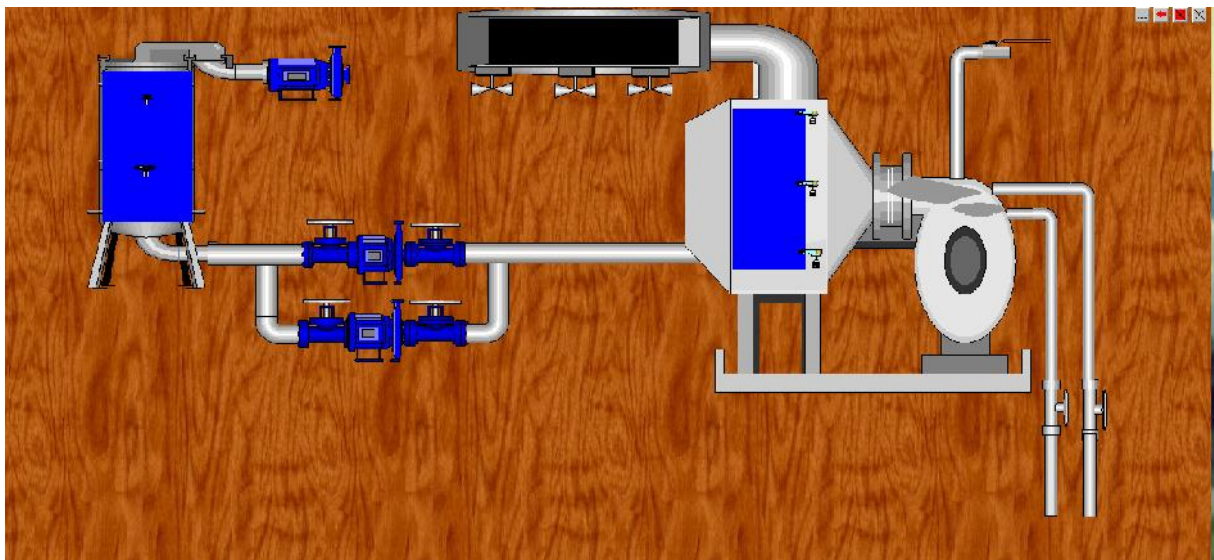


Figure 3-13: modèle final

Après avoir u une synoptique il faut synchroniser notre travail avec le GRAFCET pour ceci on doit déterminer trois éléments importants :

- Les capteurs
- Les actionneurs
- Les formes jaugées

3.3.5.1. Capteurs :

Pour définir un élément comme capteur il faut lui associé la ou les couleurs qui doit capter de forme jaugé ensuite l'endroit de la capture, dans notre exemple le capteur de niveau du réservoir CP3 doit capté une forme jaugé bleue (0,0,255) code couleurs AUTOMGEN en dessous .

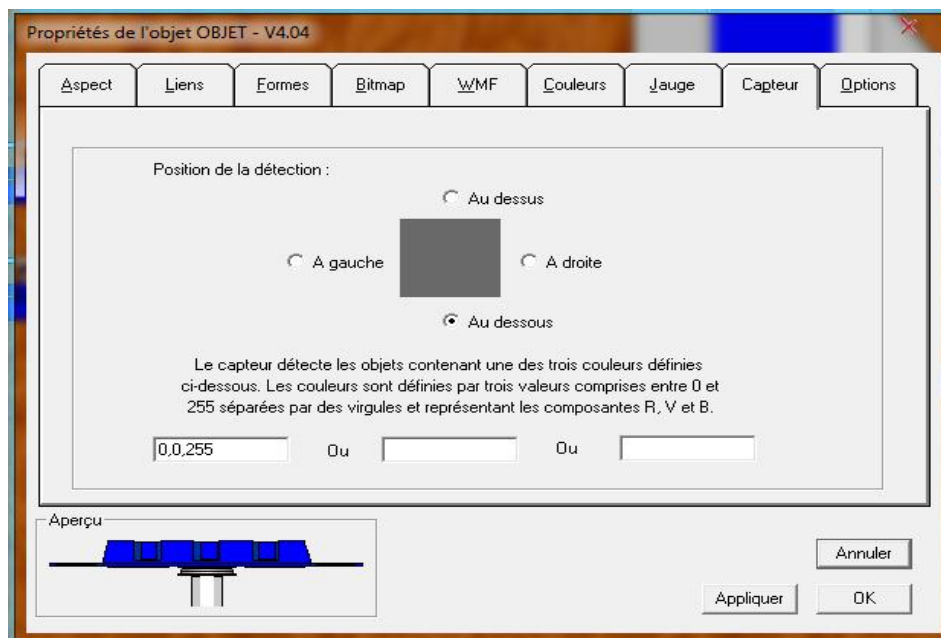


Figure 3-14:configuration d'un capteur

3.3.5.2. Actionneurs :

L'actionneur dans le module IRIS 2D s'enclenche des lors que sa place dans le GRAFCET est valide en lui associant des OUTPUT comme l'exemple du moteur qui s'occupe du remplissage d'eau. Ici le moteur est de sortie O1 est sa couleur de validité est verte (0,255,0) code de couleurs AUTOMGEN .

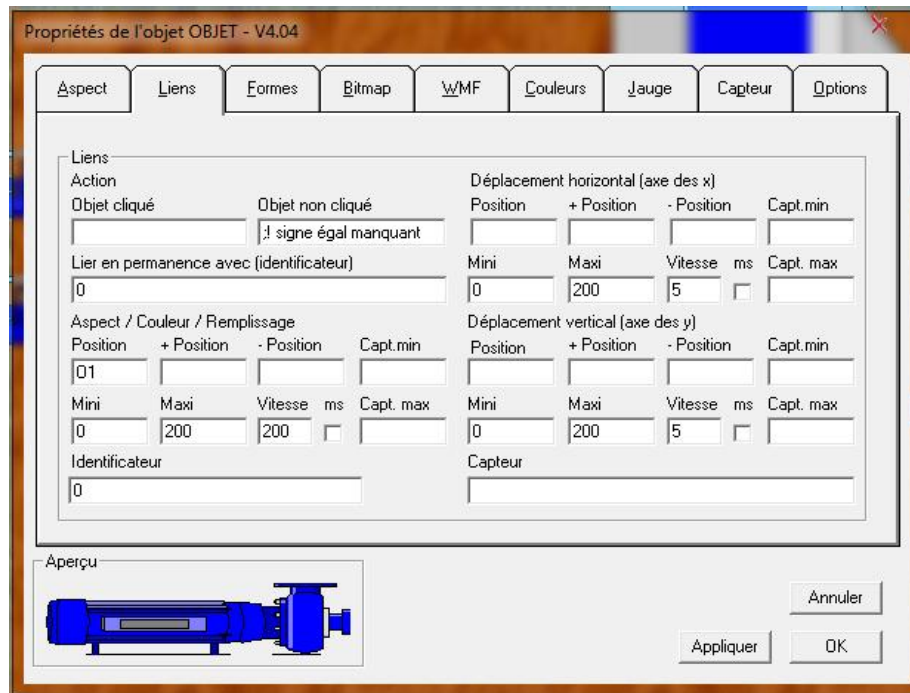


Figure 3-15: configuration d'un actionneur

3.3.5.3. Forme jaugée :

Représenté une substance liquide ou gazeuse dans le module IRIS 2D est déterminé par des formes jaugées car dans la simulation on a pas de module d'entré comme décrit dans des automates , cette forme est bien indispensable, la forme jaugé utilisé dans le réservoir est de couleur bleu (représentation eau .

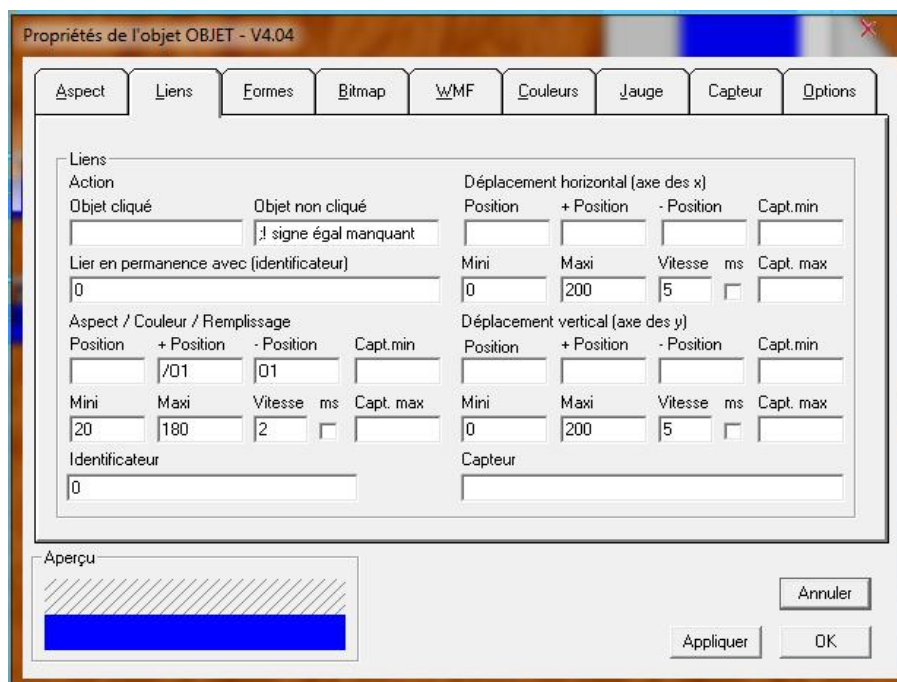


Figure 3-16: configuration forme jaugée (liens`

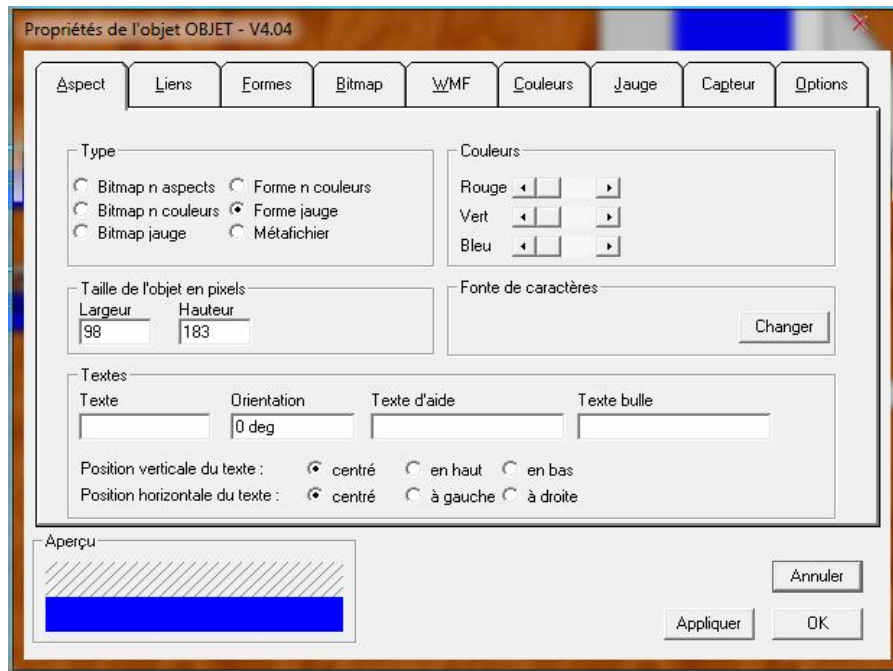


Figure 3-17: configuration forme jaugée (aspect)

✓ **Remarque :** la forme jaugée coché

3.3.6. Mise en marche de la chaudière :

3.3.6.1. Fonctionnement normal :

Le fonctionnement actuel de la chaudière est normale le niveau d'eau dans la chaudière et le réservoir de stockage n'est pas au niveau critique les deux vannes et la pompe d'admission sont en état de marche la photocellule du bruleur, l'admission d'air ainsi que la soupape de gaz sont ouvertes toutes ses condition sont indispensables pour la bonne marche de la simulation

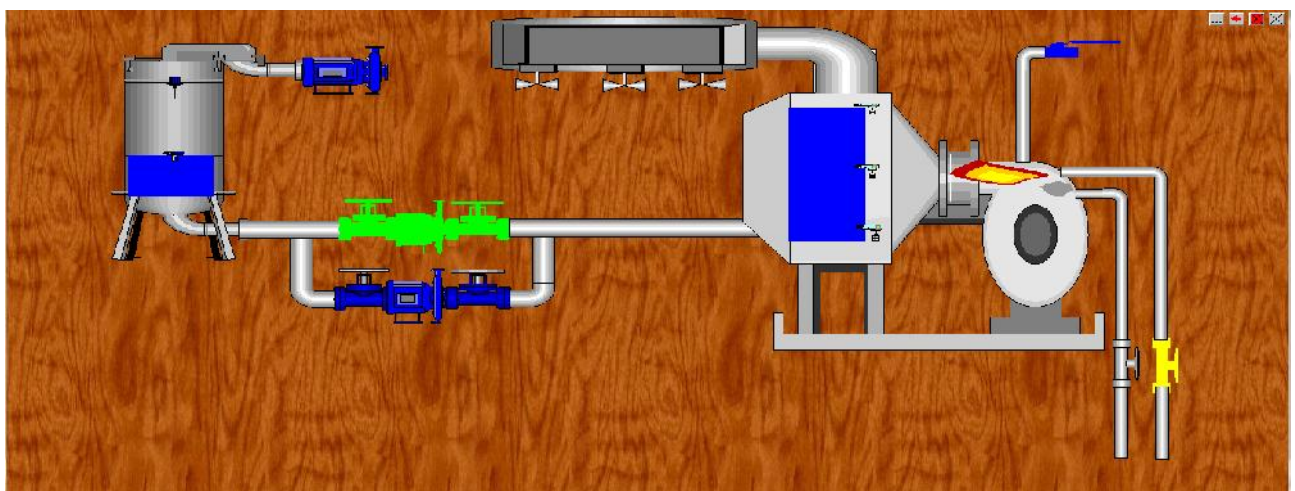


Figure 3-18:simulation état de marche

3.3.6.2. Palette de commande :

La palette de commande un pupitre on trouve un commutateur marche arrêt, un simulateur de défaut car on a besoin de simulé un défaut pour avoir une panne virtuelle ainsi testé l'efficacité du GRACET implanté et de voyant marche et défaut.



Figure 3-19:palette de commande

3.3.6.3. Fonctionnement état défaut :

La provocation d'une panne virtuelle le système se met en hors service jusqu'à le ré enclenchement du bouton 'simulation de défaut', le voyant défaut s'allume en rouge.



Figure 3-20: palette de commande en mode défaut

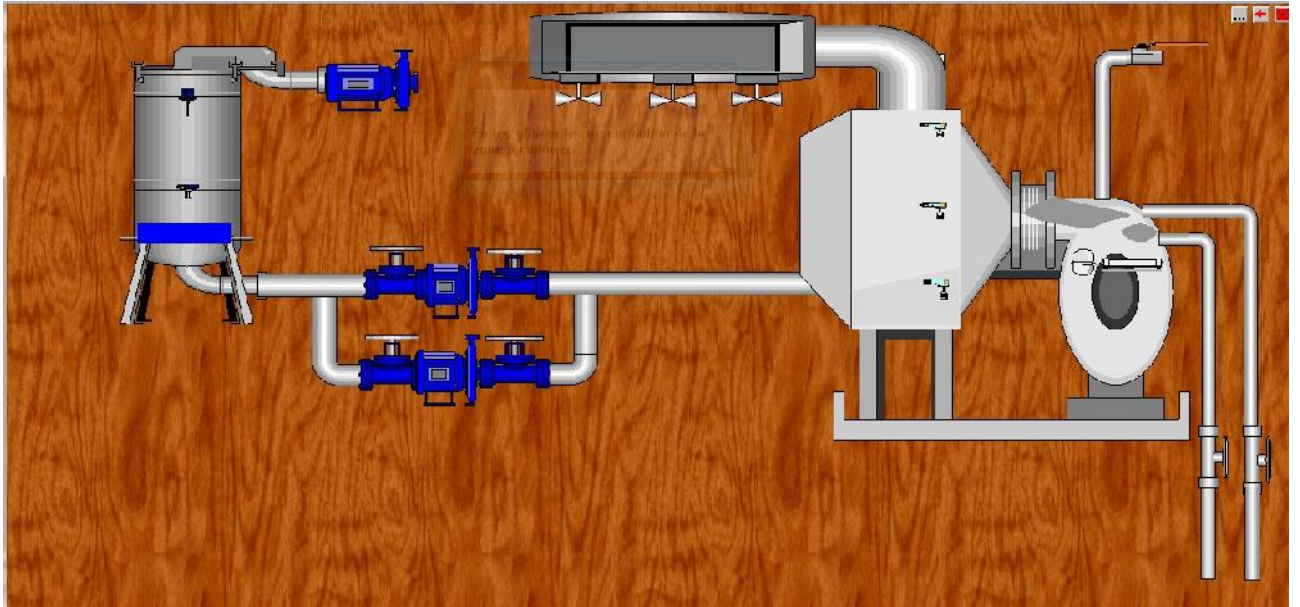


Figure 3-21: simulation état de panne

3.3.7. GRAFCET de la simulation (chaudière) :

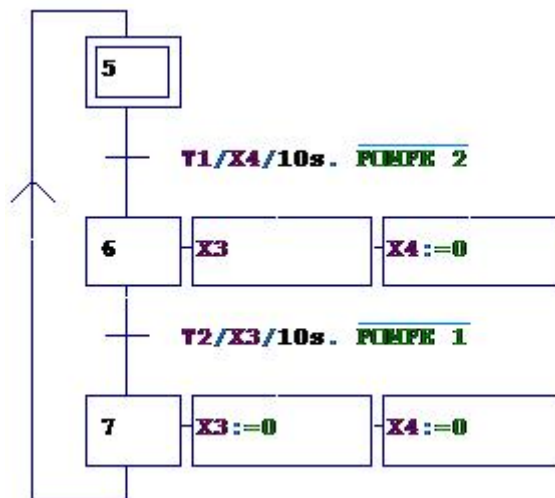


Figure 3-22:GRAFCET basculement de pompes

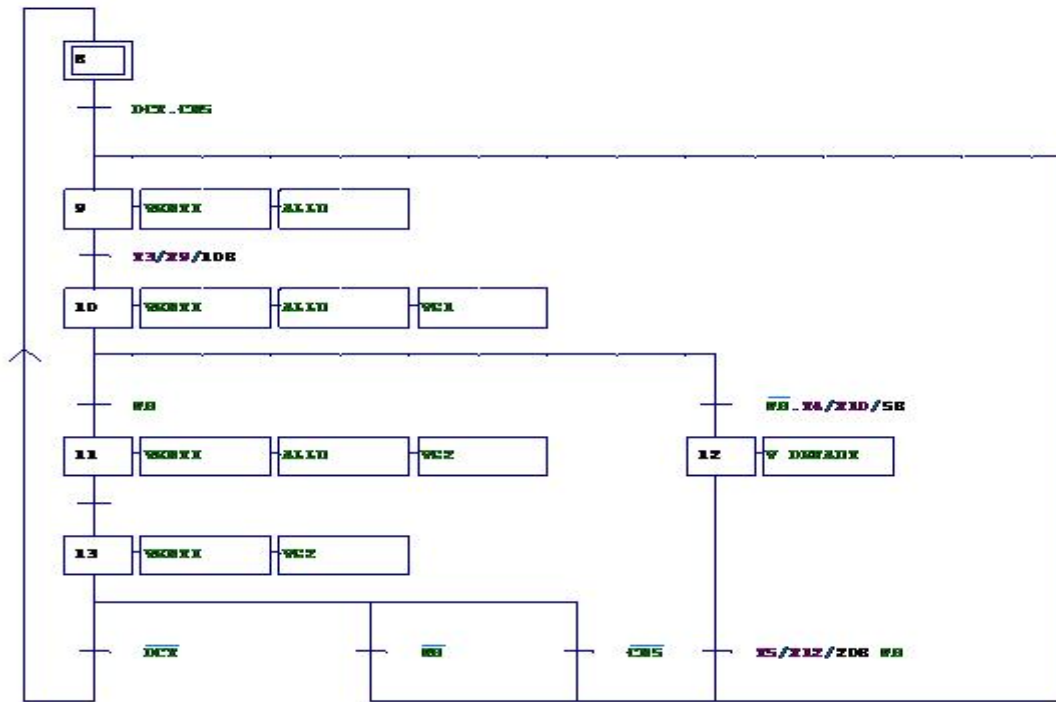


Figure 3-23: GRAFCET bruleur

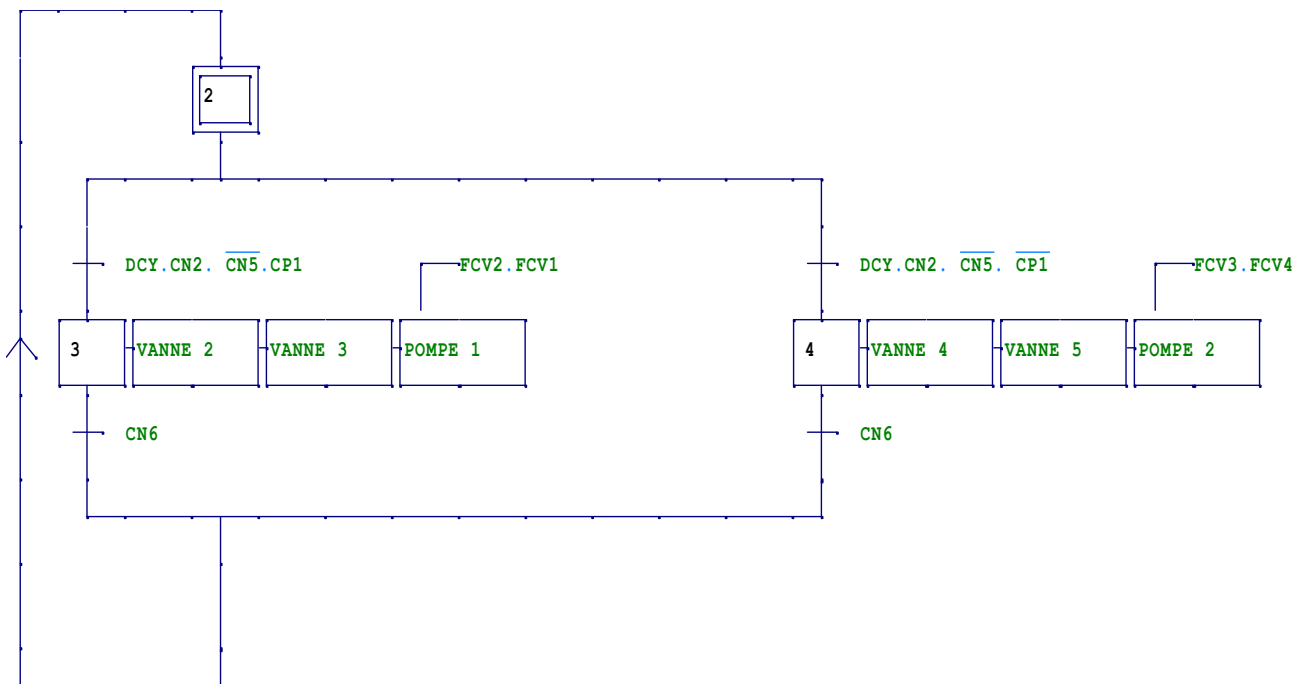


Figure 3-24:GRAFCET des vannes et pompes d'admission

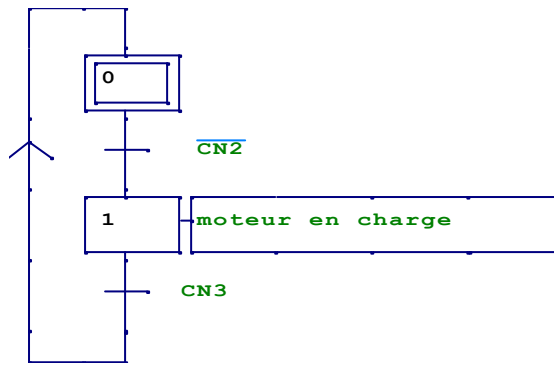


Figure 3-25:GRAFCET de remplissage du réservoir

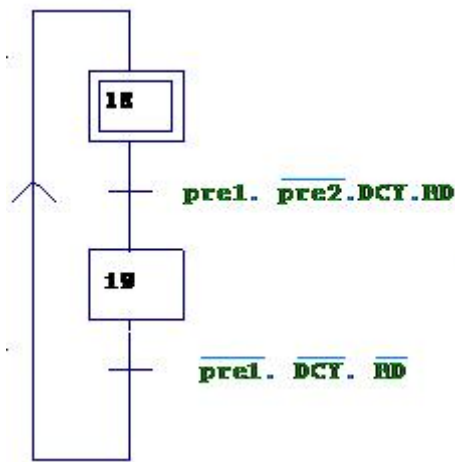


Figure 3-26:GRAFCET distributeur



Figure 3-27: GRAFCET de sécurité

Remarque : le GRAFCET de sécurité correspond à deux états :

- Etat 1 : arrêt d'urgence activé fait complètement arrêté le système et sa remise a zéro
- Etat 2 : détection de l'un des défauts fait arrêté le système enregistré tout les états des place dans des cases mémoires et force le GRAFCET une fois de défaut rétablie le GRAFCET démarre au point ou il s'est arrêté.

3.3.8. Tableau de symboles :

Ce tableau est indispensable pour attribué des variables entré et sortie (capteurs, actionneurs), il sert de communication entre la simulation graphique du module IRIS 2D et le GRAFCET conçus, et d'autre part il sert à définir les différents éléments de la chaudière

Symboles	Variables	Commentaires
dcv	I0	départ cycle
cn2	I2	capteur niveau 2
fc1	I10	fin de course vanne 1
cn3	I3	capteur niveau 3
cn5	I5	capteur niveau 5
cn6	I6	capteur niveau 6
VANNE 2	O2	vanne 2
VANNE 3	O3	vanne 3
POMPE 1	O6	pompe 1
fcv2	I12	fin de course vanne 2
fcv1	I11	fin de course vanne 1
VANNE 4	O4	vanne 4
VANNE 5	O5	vanne 5
POMPE 2	O7	pompe 2
fcv3	I13	fin de course vanne 3
fcv4	I14	fin de course vanne 4
cp1	I16	capteur pompe
ph	I17	Photocellule
VENTI	O10	VENTILATEUR
ALLU	O11	Allumage briquet
VG1	O14	soupape gaz 1
VG2	O15	soupape gaz 2
V DEFAUT	O20	voyant defaut
moteur en charge	O0	pompe réservoir
arrêt d	I30	arrêt d'urgence
cn1	I40	capteur de niveau 1
cn4	I50	capteur niveau 4
pre1	I60	PRESSOSTAT 1
pre2	I70	PRESSOSTAT 2
bd	I80	BOUTON DISTRIBUTEUR

Tableau 2: tableau de symboles

3.4. Conclusion :

Dans ce chapitre on a choisi un type de chaudière très répandu à travers l'industrie (chaudière à vapeur) mais également on a choisi une modélisation graphique faite grâce au logiciel graphique AUTOMGEN 8.0 qui s'est avéré très maniable comme logiciel et nous a permis de modéliser notre système.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Dans ce projet nous nous sommes intéressé en premier lieu aux chaudières en général les étudiant et les classifiant de diverses façons pour nous permettre d'avoir une idée globale sur l'architecture mais aussi sur le fonctionnement qui nous à beaucoup servis.

En deuxième lieu c'était l'étude de la modélisation pour savoir ce qu'ait un modèle et surtout comment faire le choix de la modélisation, La modélisation de la chaudière a de différente façon de l'être , j'ai choisis la modélisation graphique en utilisant le GRAFCET pour plus modélisé le fonctionnement et la sécurité de la chaudière à vapeur , on peut éventuellement dire que s'est aussi une automatisation de celle-ci.

De nombreuse façons et approches de modélisation ont fait l'objet de modélisé la chaudière, son comportement et sa régulation, a noté que dans notre travail nous avons négligé les échanges thermiques et la partie régulation on se concentrant beaucoup sur la partie automatisé de la chaudière

Le modèle établi a comme même quelques failles dues au beug de programme car l'outil AUTOMGEN fonctionne sous Windows XP.

Références Bibliographiques

- [1] MM. Alexandre LALEYE et Cheick o. SANOU "Bond MODELISATION ET REGULATION D'UNE TURBINE A VAPEUR DANS UNE CENTRALE THERMIQUE". École national polytechnique Sénégal , projet fin d'étude ingénieur 2005
- [2] BETCHINE Fatima '' Réalisation d'une bibliothèque Matlab-Simulink d'un générateur de vapeur'', Thèse de magister, université FERHAT ABBAS de SETIF juin 2009.
- [3] Roberto SANCHEZ, Application des bonds graph à la modélisation et à La commande de réseaux électriques, UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LILLE ÉCOLE CENTRALE DE LILLE, Doctorat France 2010 .
- [4] Christophe Alleau '' Chaudières à vapeur à combustible'' .Enseignant de BTS CIRA Lycée Pilote Innovant .édition du 2007.
- [5] CHAUDIÈRE À VAPEUR GUIDE DE CONDUITE LOOS INTERNATIONAL
Nürnbergger Straße 73 Allemagne 2009
- [6] Arnaud Mythone, « application de Chaudière dans le domaine industriel » édition épitech le manuel de l'électrotechnicien 1987.
- [7] Jean-Pierre CORRIOU, « Définitions et relations fondamentales Techniques » de l'Ingénieur, 2005
- [8] GRACET LES BASES université Luis Pasteur STARSBOURG 2003
- [9] P. Borne, "Modélisation et identification des processus", *Tome1*. Edition technip 1992.
- [10] Chaudière un article de WIKIPEDIA.
- [11] http://www.tn.refer.org/hebergement/cours/sys_disc/algebre.html 2007
- [12] www.irai.com

- [13] Les schémas blocs [Graybeal, 1951]
- [14] Les graphes de flux [Mason, 1953]
- [15] Les Bond Graphs (BG) [Karnopp et Rosenberg, 1975]
- [16] Le Graphe Informationnel Causal (GIC) [Hautier et Faucher, 1996]
- [17] La Représentation Énergétique Macroscopique (REM) [Bouscayrol et al. 2003]
- [18] Réseau de [Petri (1962)]
- [19] Les réseaux de Petri temporisés [Ramchandani, 1974]
- [20] Les réseaux à Prédicats/Transitions [Genrich, 1981]
- [21] Les réseaux réguliers [Haddad, 1987]
- [22] Les réseaux ordonnés [Courveur, 1988]
- [23] Les réseaux colorés [Jensen, 1991]
- [24] Les réseaux algébriques [Reisig, 1991]

Résumé :

La modélisation des systèmes en génie des procédés reste encore un domaine ouvert en raison de leur complexité, Le processus de chaudière industrielle est un processus complexe régit par une dynamique non linéaire et l'interaction mutuelle de paramètres thermodynamiques fortement couplés.

Dans l'industrie les chaudières sont les éléments les plus importants d'un réseau vapeur avant tout c'est l'endroit où se crée la vapeur et la chaleur nécessaire pour les différentes utilisations.

Le but de notre travail est essayer de présenter les modèles qui montrent le comportement et le fonctionnement de notre chaudière Ces modèle a été réalisée avec GRAFCET et simulé avec AUTOMGEN

Mots Clés : chaudière, GRAFCET, vapeur, AUTOMGEN, modélisation.

Abstract:

Modeling systems engineering processes remains an open field because complexity, the process of industrial boiler is a complex process governed by nonlinear and mutual interaction of thermodynamic parameters strongly coupled dynamics.

In industrial boilers are the most important elements of a network before steam everything is where creates steam and heat needed for different uses.

The aim of our work is to try to present models that show the behavior and operation of our boiler The model was made with GRAFCET and simulated AUTOMGEN

Key Words : boiler, GRACET, models, AUTOMGEN, steam

ملخص:

إن نمذجة الأنظمة في الميدان الكيميائي يبقى ميدانا مفتوحا و هذا لتعقدها, نظام المراجل الصناعية هو نظام معقد للغاية مخطط بدينامكية غير خطية في الصناعة, المراجل هي قطعة أساسية و الأهم في كل شبكة بخارية فهي الملجأ أين تتم صناعة البخار و الحرارة اللازمة لكل الاستلزمات الهدف من هذا العمل هو محاولة نمذجة المرجل البخاري و عملها تمت هذه النمذجة بنظام grafcet و AUTOMGEN المفاتيح: نمذجة , بخار, مرجل