

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة عين تموشنت - بلحاج بوشعيب
Université de Ain Témouchent - BELHADJ Bouchaib -
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Electronique et des Télécommunications



Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

Domaine : Sciences & Technologies

Filière : Electronique

Spécialité : Instrumentation

Thème

Étude et Simulation d'un Lave-vaisselle

Présenté par : Mr KHATER Bilel

Mr BENSENOUCI Yasser

Soutenu le 29 Juin 2022 devant le Jury :

Dr SEKKAL Mansouria	M.C.B	U.A.T	Présidente
Dr BADIR Lahouaria	M.C.B	U.A.T	Examinatrice
Dr ZEBENTOUT Abdel-Djawad	M.C.A	U.A.T	Encadrant

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail en signe de
reconnaissance et de respect*

*A mes très chers parents que Dieu les protège
et les garde pour moi.*

*A tous mes enseignants de l'Université
de Aïn Témouchent.*

A tous mes amis sans exception.

A mon binôme Bensenouci Yasser

*A toutes les personnes qui de près ou de loin,
m'ont aidé dans la réalisation de ce mémoire.*

Bilal

Dédicaces

Dieu me suffit, quel excellent protecteur

Je dédie ce modeste travail

En premier lieu à mes très chers parents que dieu les garde pour moi., en témoignage et en gratitude de leurs encouragements, leurs soutien permanent durant toutes mes années d'études, leurs sacrifices illimités, leurs réconforts moraux, eux qui ont consenti tant d'efforts pour mon éducation, mon instruction et pour me voir atteindre ce but.

A ceux qui sont la source de mon inspiration et mon courage, à qui je dois l'amour et de la reconnaissance.

*A Toute la famille qui prend le nom Bensenouci
A tous les enseignants durant toute la période de mes études. A toute personne que je connais sans exception*

Yasser

Remerciements

Nous remercions ALLAH le Tout-puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour mener à terme ce présent travail.

Nous tenons à présenter nos vifs remerciements à notre encadrant Dr ZEBENTOUT Abdel-Djawad Maître de Conférences à l'Université de Ain Témouchent. Nous le remercions pour ses précieux conseils et orientations très judicieuses. Nous étions extrêmement sensibles à ses qualités humaines. On espère avoir été digne de la confiance qu'il nous ait accordée et que ce travail est finalement à la hauteur de ses espérances.

Nous remercions aussi les membres de jury Dr SEKKAL Mansouria en tant que présidente et Dr BADIR Lahouaria en tant qu'examinatrice pour l'intérêt qu'ils ont porté à cette étude et pour avoir accepté d'examiner et évaluer notre travail.

Finalement, nous exprimons notre reconnaissance et notre sympathie à tous les enseignants du département d'Electronique et des Télécommunications de l'Université de Ain Témouchent et à toute personne qui a contribué d'une façon ou une autre à la réalisation de ce présent mémoire.

Table des matières

Dédicaces	i
Remerciements	iii
Table des matières	iv
Liste des figures	vii
Liste des tableaux	ix
Introduction Générale	2

Chapitre I

Généralités sur les lave-vaisselles

I.1. Introduction.....	4
I.2. Historique du lave-vaisselle	4
I.2.1. Balbutiements - lave-vaisselle mécanique 1850-1886	5
I.2.2. Lave-vaisselle semi-automatique 1886	6
I.2.3. L'électrification (1910-1929)	6
I.2.4. Lave-vaisselle moderne (1929-1960).....	7
I.2.5. Lave-vaisselle tout automatique (1940-1960).....	7
I.2.6. Lave-vaisselle avec courant	7
I.3. Les types de machines	8
I.3.1. Lave-vaisselle pose libre	8
I.3.2. Lave-vaisselle encastrable	9
I.3.3. Lave-vaisselle tout intégrable.....	10
I.3.4. Lave-vaisselle compact	10
I.3.5. Lave-vaisselle polyvalente	11
I.3.6. Les machines spécifiques	12
I.4. Avantages et inconvénients du lave-vaisselle	14
I.4.1. Avantages	14
I.4.2. Inconvénients	15
I 5. Conclusion	15

Chapitre II

Fonctionnement et organes du lave-vaisselle

II.1. Introduction	17
II.2. Les systèmes automatisés	17

II.3. Fonctionnement général du lave-vaisselle.....	18
II.3.1. Programmation du lavage	19
II.3.2. Remplissage en eau.....	20
II.3.3. Lavage.....	21
II.3.4. Vidange.....	22
II.3.5. Rinçage et séchage.....	22
II.4. Processus de fonctionnement.....	23
II.4.1. Action Mécanique.....	24
II.4.2. Action Thermique.....	24
II.4.3. Action Hydraulique.....	24
II.4.4. Action Chimique.....	24
II.5. Description de la partie opérative et commande du lave-vaisselle.....	25
II.5.1 La partie commande (P.C).....	25
II.5.2. La partie opérative (P.O).....	27
II.6. Eléments externes du lave-vaisselle.....	28
II.6.1. Élément chauffant.....	28
II.6.2. Distributeur de produit de rinçage.....	29
II.6.3. Panneau de commande.....	29
II.6.4. Panier.....	29
II.6.5. Bras gicleurs.....	30
II.6.6. Joint de porte.....	30
II.7. Organes internes du lave-vaisselle.....	30
II.7.1. Électrovanne.....	31
II.7.2. Répartiteur d'eau.....	32
II.7.3. Adoucisseur.....	33
II.7.4. Pompe de cyclage.....	33
II.7.5. Résistance, thermoplongeur ou tunnel chauffant.....	34
II.7.6. Pompe de vidange.....	34
II.7.7. Thermostat ou sonde thermique.....	35
II.7.8. Pressostat ou débitmètre.....	35
II.7.9. Flotteur.....	36
II.8. Conclusion.....	36

Chapitre III

Simulation du fonctionnement du lave-vaisselle

III.1. Introduction	38
III.2. Organigramme représentant le fonctionnement du lave-vaisselle	38
III.3. GRAFCET du lave-vaisselle	41
III.3.1 Grafcet de point de vue système	42
III.3.2 Grafcet de point de vue partie opérative	43
III.3.3 Grafcet de point de vue partie commande	44
III.4. Présentation du langage LADDER	46
III.5. Conversion GRAFCET / LADDER	46
III.6. Présentation du logiciel STEP7	47
III.6.1. Définition	47
III.6.2. Création d'un projet STEP7	47
III.6.3. Editeur de mnémoniques	51
III.7. Programmation et simulation du lave-vaisselle	52
III.7.1. Programme réalisé	52
III.7.2. Simulation du programme	52
III.8. Conclusion	53
Conclusion Générale	55
Bibliographie & Webographie	57
Résumé	61

Liste des figures

-----CHAPITRE 01-----

Figure I.1 : Photographies de J. Houghton J. Cochrane inventeurs du lave-vaisselle	5
Figure I.2 : Evolution du lave-vaisselle à travers le temps.	5
Figure I.3 : Lave-vaisselle mécanique.	6
Figure I.4 : Lave-vaisselle semi-automatique.	6
Figure I.5 : L'électrification des lave-vaisselles.	7
Figure I.6 : Lave-vaisselle tout automatique.	7
Figure I.7 : Lave-vaisselle avec courant.	8
Figure I.8 : Lave-vaisselle pose libre.	9
Figure I.9 : Lave-vaisselle encastrable.	9
Figure I.10 : Lave-vaisselle tout intégrable.	10
Figure I.11 : Lave-vaisselle compact.	10
Figure I.12 : Modèle de Lave-vaisselle à panier statique.	11
Figure I.13 : Modèle de Lave-vaisselle à déplacement automatique.	12
Figure I.14 : Modèle de Lave ustensiles.	13
Figure I.15 : Modèle de laveuse de plateaux.	13
Figure I.16 : Machine à laver les verres.	14

-----CHAPITRE 02-----

Figure II.1 : Structure d'un système automatisé.	18
Figure II.2 : Principaux organes du lave-vaisselle.	18
Figure II.3 : Schéma général du fonctionnement du lave-vaisselle.	19
Figure II.4 : Panneau de contrôle du lave-vaisselle.	20
Figure II.5 : Carte électronique du lave-vaisselle.	20
Figure II.6 : Remplissage en eau.	21
Figure II.7 : Système de lavage.	22
Figure II.8 : Système de vidange.	22
Figure II.9 : Circuit de rinçage.	23
Figure II.10 : Circuit de séchage.	23
Figure II.11 : Pompe de cyclage (moteur asynchrone).	24
Figure II.12 : Produits utilisés dans l'action chimique.	25
Figure II.13 : Carte de commande.	26
Figure II.14 : Panneau de contrôle.	26
Figure II.15 : Les éléments externes de la machine.	28
Figure II.16 : Panneau de commande	29
Figure II.17 : Panier à couvert.	30
Figure II.18 : Bras gicleurs.	30

Figure II.19 : Quelques organes internes de la machine.....	31
Figure II.20 : Modèle d'électrovanne	32
Figure II.21 : Répartiteur d'eau pour lave-vaisselle (Circuit d'eau).....	32
Figure II.22 : Adoucisseur	33
Figure II.23 : Vue Pompe de circulation électrique.....	33
Figure II.24 : Thermoplongeur ou tunnel chauffant.	34
Figure II.25 : Pompe de vidange.....	34
Figure II.26 : Thermostat ou sonde thermique.	35
Figure II.27 : Pressostat ou débitmètre	35
Figure II.28 : Flotteur.	36

-----CHAPITRE 03-----

Figure III.1 : Organigramme de fonctionnement du lave-vaisselle.....	40
Figure III.2 : Exemple de grafcet d'un système de lavage.....	41
Figure III.3 : Grafcet du lave-vaisselle du point de vue de système.	42
Figure III.4 : Grafcet du lave-vaisselle du point de vue partie opérative.	43
Figure III.5 : Grafcet du lave-vaisselle du point de vue partie commande.	45
Figure III.6 : Schéma illustrant les deux solutions possibles pour la programmation.	48
Figure III.7 : Assistant de STEP 7 nouveau projet.....	49
Figure III.8 : Fenêtre de choix de la CPU.	49
Figure III.9 : Choix des Blocs à utiliser et du langage.	50
Figure III.10 : Nomination du projet.	50
Figure III.11 : Vue des composants d'un projet S7.....	51
Figure III.12 : Fenêtre de la création de mnémoniques.....	52
Figure III.13 : Programme Ladder du lave-vaisselle.....	Error! Bookmark not defined.
Figure III.14 : Interface de simulation.....	53
Figure III.15 : Simulation de Programmation du lave-vaisselle.....	Error! Bookmark not defined.

Liste des tableaux

-----CHAPITRE 03-----

Tableau III.1 : Différentes désignations du grafctet.....	44
Tableau III.2 : Quelques symboles du langage LADDER	46
Tableau III.3 : Equation logique de chaque étape du grafctet du lave-vaisselle.	47

Introduction Générale

Introduction Générale

Le développement de la technologie a permis la conception de différents appareils électroménagers. Le lave-vaisselle est l'un de ces appareils et qui aurait libéré les femmes de cette tâche, considérée comme étant longue et épuisante. Ainsi, ces femmes peuvent utiliser le temps gagné par ces machines automatiques pour entrer dans la vie active ou, pour les loisirs [w3].

Dans notre mémoire, on va étudier et simuler le fonctionnement d'un lave-vaisselle.

Pour ce faire :

Dans le premier chapitre, nous allons donner un petit historique sur l'évolution de cette machine, ses différents types, ses avantages et inconvénients.

Dans le deuxième chapitre, nous exposons le fonctionnement général de cet appareil, les processus de lavage ainsi que la description des différentes parties (partie commande, partie opérative) avec une présentation de la carte de commande et les organes du lave-vaisselle.

Dans le troisième chapitre, nous allons décrire les étapes du cycle de lavage du lave-vaisselle. Ces étapes seront traduites sous forme d'organigramme, puis écrites en langage GRAFCET. Ce programme sera traduit en langage Ladder pour pouvoir faire la simulation de notre projet sous le logiciel STEP7.

On terminera enfin notre mémoire de fin d'études par une conclusion générale.

CHAPITRE I
Généralités
sur les lave-vaisselles

Chapitre I

Généralités sur les lave-vaisselles

I.1. Introduction

Dans notre siècle, le développement technologique est en évolution rapide, l'évolution d'une variété d'appareils et de gadgets qui facilitent la routine des devoirs devient de plus en plus pertinent. Convenez que quiconque souhaite consacrer plus de temps à sa journée bien remplie pour lui-même et pour communiquer avec ses amis et ses proches [w8].

Un lave-vaisselle ou machine à laver la vaisselle est un appareil électroménager conçu pour nettoyer la vaisselle. En générale, il contient à l'aide de jets d'eau sous pression, et à condition que ces jets ne soient pas bloqués et les buses bien débouchées. Un, deux ou trois bras rotatifs munis de gicleurs aspergent de l'eau tiède à très chaude température, sur la vaisselle, selon un cycle dont la durée est calculée pour assurer une désincrustation des restes alimentaires quelle qu'en soit la nature (graisses brûlées, sucres caramélisés, résidus divers). Pour être efficace, le jet d'eau rotatif doit être puissant et durer assez longtemps. De ce fait, il existe une partie de la vaisselle, réputée fragile, (tel que verre en cristal, bordures dorées, etc.) qu'il n'est pas recommandé, ou autorisé, de laver en machine. [w3]

Dans ce premier chapitre, nous allons donner un bref historique sur l'évolution de la machine à laver la vaisselle, après nous présenterons les différents types et donnerons les avantages et inconvénients de cette appareil.

I.2. Historique du lave-vaisselle

Depuis la nuit des temps, l'être humain a toujours cherché à faciliter le quotidien de sa vie commençant par assurer sa nourriture, son toit, ses moyens de déplacement, etc. L'évolution de la technologie a permis à l'être humain de faire des conceptions de machines mécanique actionnées manuellement, devenues par la suite commandées simplement par des touches d'une commande à distance.

La tâche laver la vaisselle, est une tâche quotidienne, destinée généralement aux femmes dont elles sont appelées à accomplir. Les scientifiques ont pris cette question en compte et ont développé le lave-vaisselle, ils n'ont pas cessé de la performer, la rendre plus fiable [w4].

La première machine à laver a été inventée par Joël Houghton 1850, mais le premier brevet relatif à une machine à laver a été déposé en 1886 par Joséphine Cochrane (**fig. I 1**).

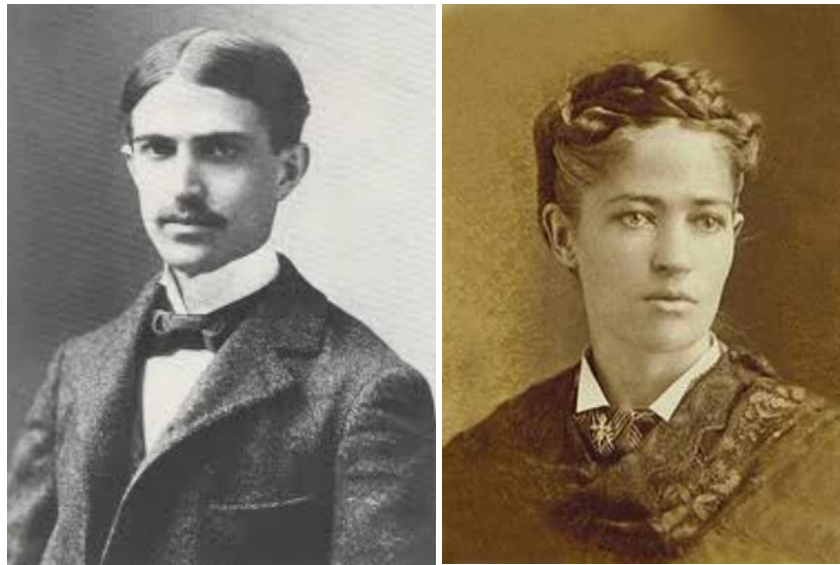


Figure I.1 : Photographies de J. Houghton J. Cochrane inventeurs du lave-vaisselle [w4]

Cet appareil nous facilite la vie au quotidien, on n'imagine plus notre vie sans lui, mais que sait-on vraiment du lave-vaisselle ? Cet indispensable appareil a connu mille et une vies avant de parvenir à se hisser au niveau de sophistication que nous lui connaissons aujourd'hui les plus répandus dans le monde. Dans le schéma suivant, on peut voir son évolution. [w4]

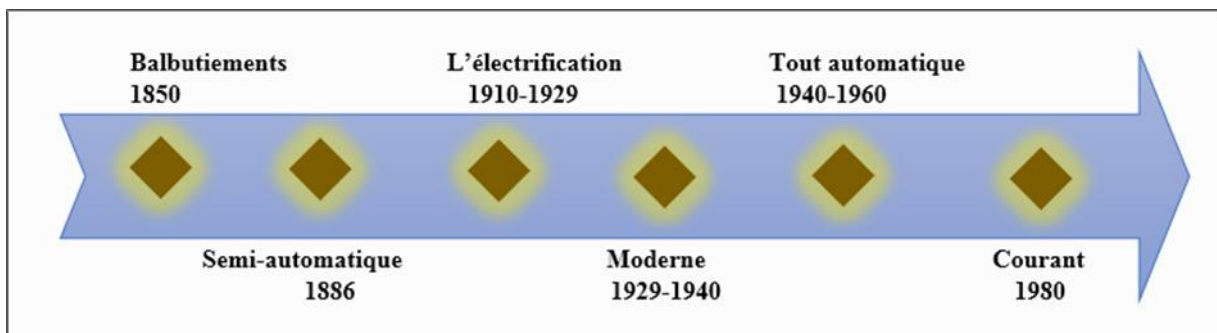


Figure I.2 : Evolution du lave-vaisselle à travers le temps [w9].

I.2.1. Balbutiements - lave-vaisselle mécanique 1850-1886

Le premier appareil permettant de laver la vaisselle remonte à 1850. Il s'agit d'une structure en bois inventée par Joel Houghton. Grâce à une manivelle, il est possible d'asperger la vaisselle avec de l'eau (Fig. I.3). [w5]

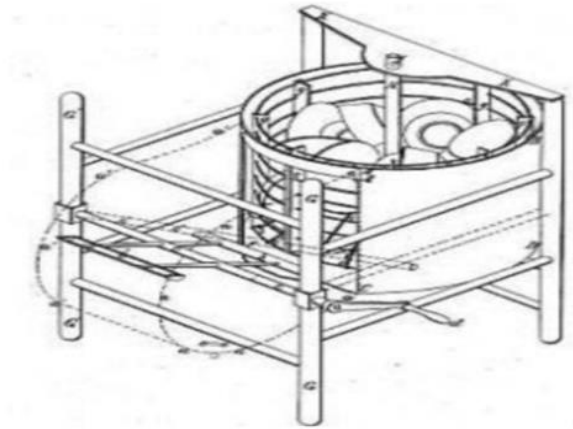


Figure I.3 : Lave-vaisselle mécanique.

I.2.2. Lave-vaisselle semi-automatique 1886

Le brevet du premier lave-vaisselle semi-automatique est déposé par Josephine Cochrane en 1886 (fig. I.4). Elle remporte un prix en 1893 à la foire internationale de Chicago pour son invention, qui bouleverse les mentalités. Le principe est simple, utiliser la pression de l'eau pour nettoyer la vaisselle [w5].



Figure I.4 : Lave-vaisselle semi-automatique.

I.2.3. L'électrification (1910-1929)

En 1911, le premier lave-vaisselle équipé d'un moteur à gasoil voit le jour imaginé par les frères Walker. Les décennies qui suivent sont marquées par l'introduction de moteurs électriques aux États-Unis. [w5]

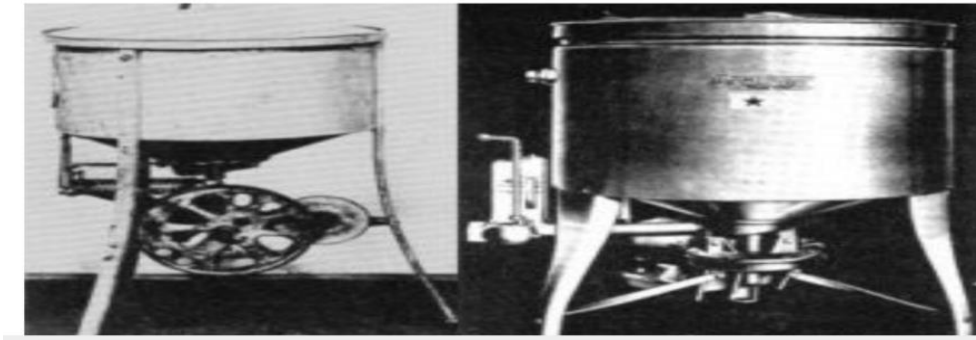


Figure I.5 : L'électrification des lave-vaisselles.

I.2.4. Lave-vaisselle moderne (1929-1960)

Au début du XXe siècle, la clientèle des différentes marques restera surtout limitée aux restaurateurs et aux hôtels, du fait de la taille encombrante des appareils, de leur prix élevé et de la difficulté à acheminer suffisamment d'eau chaude dans les foyers de l'époque. Cependant, les premiers composants électriques sont intégrés aux appareils dans les années 1920 [w5].

I.2.5. Lave-vaisselle tout automatique (1940-1960)

En 1960, le lave-vaisselle tout automatique sort sur le marché européen et c'est le premier lave-vaisselle totalement autonome, mais ces appareils ne pénètrent que faiblement le marché grand public à cause de l'émergence des cuisines familiales [w9].



Figure I.6 : Lave-vaisselle tout automatique.

I.2.6. Lave-vaisselle avec courant

Dans les années 1980, le lave-vaisselle devient un bien de consommation courante. Les grandes marques prennent le marché et on constate une standardisation des modèles. Depuis, il existe de nombreuses options et appareils adaptés aux cuisines d'aujourd'hui : compact, combinés, 45 ou 60 cm, intégrable, pose-live, tout intégrable [w5].



Figure I.7 : Lave-vaisselle avec courant.

I.3. Les types de machines

I.3.1. Lave-vaisselle pose libre

Le lave-vaisselle pose libre est parfait si vous ne possédez pas de cuisine équipée. Comme son nom l'indique, ce dernier peut être installé rapidement et simplement n'importe où dans la cuisine. Qui plus est, il s'agit du modèle le plus courant, la gamme de lave-vaisselle pose libre est donc particulièrement vaste. Vous disposez d'un large choix en termes de dimensions, de fonctionnalités et de design.

Le côté pratique : pour intégrer votre lave-vaisselle plus facilement dans votre cuisine, il est possible d'enlever la partie supérieure (ou "top") sur certains modèles pour placer l'appareil sous un plan de travail.

Le lave-vaisselle pose libre existe en 2 largeurs : [w7]

a. Les 45 cm (petite largeur)

Les modèles de 45 cm de large présentent l'avantage d'être particulièrement compacts et peu encombrants. Ces appareils peuvent très facilement trouver leur place dans n'importe quel type de cuisine. Ils accueillent en moyenne une dizaine de couverts.

b. Les 60 cm (taille standard)

Les lave-vaisselles de taille standard (60 cm de largeur) sont légèrement plus volumineux, ce qui leur permet d'accueillir plus de couverts (au minimum 12). [w7]



Figure I.8 : Lave-vaisselle pose libre.

I.3.2. Lave-vaisselle encastrable

Le lave-vaisselle encastrable est parfait si vous disposez d'une cuisine équipée. L'appareil est spécialement conçu pour être encastré dans une niche. Il est fait pour être habillé d'une porte semblable au reste de la cuisine et ainsi se fondre dans le décor. Votre cuisine reste harmonieuse et design.

Ces lave-vaisselles encastrables existent également en largeur 45 cm et 60 cm. En fonction de l'espace dont vous disposez, vous pourrez choisir la largeur la plus adaptée.

Ce qui différencie le lave-vaisselle encastrable du lave-vaisselle tout intégrable est le bandeau de commandes qui est apparent sur le lave-vaisselle encastrable. [w7]



Figure I.9 : Lave-vaisselle encastrable.

I.3.3. Lave-vaisselle tout intégrable

Le principe de cet appareil est le même que celui du lave-vaisselle encastrable, à l'exception près que le bandeau de commande est entièrement dissimulé dans la tranche de la porte. Ainsi, le lave-vaisselle tout intégrable est le plus discret de tous les appareils. Un signal sonore ou un rayon lumineux vous prévient généralement lorsque le cycle est achevé. Certains appareils vous proposent même d'afficher, sous forme de rayons lumineux au sol, le temps restant du cycle. [w7]



Figure I.10 : Lave-vaisselle tout intégrable [w10].

I.3.4. Lave-vaisselle compact

Le lave-vaisselle compact peut être installé sur un plan de travail ou sur un autre appareil électroménager. Il s'agit de l'appareil le plus petit de la gamme. Il offre une capacité généralement comprise entre 4 et 6 couverts et ne mesure pas plus de 45 cm (de hauteur et de profondeur).



Figure I.11 : Lave-vaisselle compact.

I.3.5. Lave-vaisselle polyvalente

Ces machines sont généralement utilisées dans le domaine industriel. On les classe en deux groupes [w17] :

- Machines à panier statique
- Machines à déplacement automatique de la vaisselle ou machines à translation.

a. Machines à panier statique

Le panier reste fixe et les différentes phases de lavage (lavage proprement dit et rinçage) se réalisent au même emplacement. L'avancement des paniers à l'entrée ou à la sortie est commandé par l'employé.

Le pré-lavage peut se faire manuellement au moyen d'une douchette avant l'entrée dans la machine.

Les machines à panier statique sont à ouverture frontale ou à capot mobile (ou à porte guillotine). Certains appareils présentent un panier à mouvement rotatif.



Figure I.12 : Modèle de Lave-vaisselle à panier statique.

La capacité des machines à laver à panier statique s'exprime en assiettes/heure ou en paniers/heure. Elles sont réservées aux petites exploitations jusqu'à 200 rationnaires environ.

b. Machines à déplacement automatique

Ces machines permettent le déplacement de la vaisselle de façon linéaire sur un tapis articulé et motorisé, à vitesse fixe ou variable. Les différentes phases de lavage se font au fur et à mesure de l'avancement de la vaisselle dans la machine. Ces machines sont aussi appelées machines à tunnel [w17].



Figure I.13 : Modèle de Lave-vaisselle à déplacement automatique.

La capacité des machines à paniers mobiles s'exprime en assiettes/heure ou en paniers/heure.

Ces machines sont réservées aux exploitations de taille moyenne, jusqu'à environ 600 à 700 couverts par service.

I.3.6. Les machines spécifiques

a. Le lave-ustensiles (batterie de cuisine)

Le lave-ustensiles est une machine capable de laver la batterie de cuisine utilisé dans les restaurants par exemple. La phase de lavage des ustensiles se fait par des jets d'eau chargés de billes de plastique, ce qui a pour effet d'augmenter l'effet mécanique du nettoyage. Selon le degré de "brûlure" du plat, la durée de la phase de lavage sera plus ou moins longue [w17].



Figure I.14 : Modèle de Lave ustensiles.

b. La laveuse de plateaux

Le plateau est la pièce de vaisselle la moins souillée et la plus volumineuse nécessitant un grand espace de passage en machine [w17].

La laveuse de plateaux trouve sa place en bout de convoyeur d'amenée de la vaisselle sale. La laveuse de plateaux permet un lavage spécifique des plateaux en direct, sans manutention.



Figure I.15 : Modèle de laveuse de plateaux.

c. Machine à laver les verres

Ces machines ne nécessitant que de faibles quantités d'eau, peuvent fonctionner à l'eau déminéralisée pour un coût intéressant [w17].



Figure I.16 : Machine à laver les verres.

I.4. Avantages et inconvénients du lave-vaisselle

Dans le monde d'aujourd'hui, on ne saurait vivre sans les technologies par exemple la machine à laver. Cette technologie est devenue partie intégrante de notre quotidienne, vivre sans elles serait pour certains d'entre nous inimaginable. Mais chaque technologie a ces avantages et ces inconvénients, dans ce qui suit, nous allons les présenter :

I.4.1. Avantages

- La vaisselle est nettoyée plus efficacement que le lavage à la main,
- Les lave-vaisselles nous font gagner du temps, de l'énergie et de l'argent - s'ils sont utilisés correctement,
- Le lave-vaisselle peut laver un grand nombre d'articles,
- Le lave-vaisselle consomme environ 10 à 15 litres d'eau,
- Cet appareil consomme peu d'électricité, selon la classe d'économie d'énergie,
- Le lave-vaisselle sauvera son propriétaire de la nécessité d'entrer en contact avec des détergents nocifs pour la peau [w8].

I.4.2. Inconvénients

- Pour laver la vaisselle efficacement, le lave-vaisselle demande beaucoup de temps (selon le programme utilisé),
- La vaisselle brillante peut devenir plus trouble et la vaisselle avec des dessins peut la perdre,
- Il existe des types de plats qui ne peut pas être lavé au lave-vaisselle sur tout à des températures élevées. Ces plats comprennent : (Plats en bois, Plats en argent, Étain, Produits en laiton, Batterie de cuisine en aluminium, Plats antiques),
- Les détergents pour laver la vaisselle dans le lave-vaisselle sont assez chers,
- Les lave-vaisselles occupent beaucoup d'espace dans la cuisine [w8].

I 5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit l'évolution de la machine à laver la vaisselle et présenté les différents types. L'invention du lave-vaisselle a permis une vraie révolution technologique et sociale en réduisant le temps de lavage et en utilisant peu d'eau. Cependant, les constructeurs essaient d'améliorer leurs machines en faisant en sorte de les rendre moins polluantes, économique, avec des lessives et des énergies adaptées [w13].

Dans le chapitre suivant, nous allons donner le principe de fonctionnement du lave-vaisselle, ainsi que les différents organes qui le composent en spécifiant les parties opératives et commandes de ce système automatisé.

CHAPITRE II
Fonctionnement et organes
du lave-vaisselle

Chapitre II

Fonctionnement et organes du lave-vaisselle

II.1. Introduction

Les laves vaisselles ont connues une grande évolution. Les modèles rudimentaires et manuelles ont été remplacés par des modèles électriques automatisés. Elles ont conquis le cœur de tous les foyers et font partie intégrante des appareils de bases d'une maison

Dans ce deuxième chapitre, nous allons définir les systèmes automatisés en général, le fonctionnement du lave-vaisselle objet de notre étude avec ses quatre actions et donner une description plus ou moins détaillée du lave-vaisselle (partie opérative et partie commande).et des éléments qui le constituent (externe et interne).

II.2. Les systèmes automatisés

Les systèmes automatisés font tellement partie de notre quotidien qu'on n'a pas toujours conscience de la technicité de ces dispositifs. Les usagers interagissent très naturellement avec des machines à laver le linge et lave-vaisselle, des portes de garage, des ascenseurs, des distributeurs de boissons ou des bornes automatiques d'accueil. Les lignes de production des usines modernes sont également équipées de systèmes automatisés capables d'accomplir de nombreuses tâches, parfois très complexes. Les trains et les avions embarquent de nombreux systèmes automatisés qui facilitent leur pilotage. C'est également le cas de nos voitures actuelles dont le pilotage reste pour l'instant manuel, mais les constructeurs mettent actuellement au point des voitures autonomes à grands renforts de systèmes automatisés. [w13]

D'une façon générale, un système automatisé est constitué de deux parties distinctes :

- Partie commande, qui traite des informations ;
- Partie opérative, composée de capteurs et d'actionneurs et pré-actionneurs.

En faisant une analogie avec l'être humain (voir figure II.1), la partie commande désigne le cerveau et la partie opérative désigne le corps, les capteurs étant nos sens et les actionneurs nos membres. [w13]

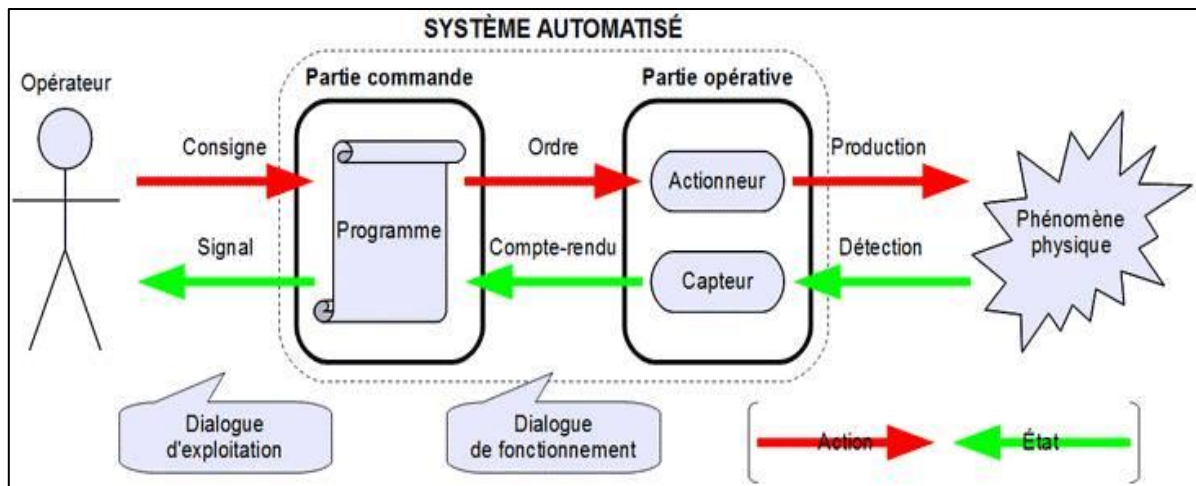


Figure II.1 : Structure d'un système automatisé [w14].

II.3. Fonctionnement général du lave-vaisselle

Le lave-vaisselle constitué de plusieurs composants comme illustré sur la figure II.2. Il est composé essentiellement panier dont lequel est mis la vaisselle, il est disposé à l'intérieur d'une cuve. Il est mû par un moteur universel fonctionnant et. La cuve et une pompe destinée à l'évacuation de l'eau (pompe de vidange). La quantité d'eau nécessaire aux différentes opérations de lavage et rinçage est introduite dans la cuve par l'intermédiaire d'une électrovanne.

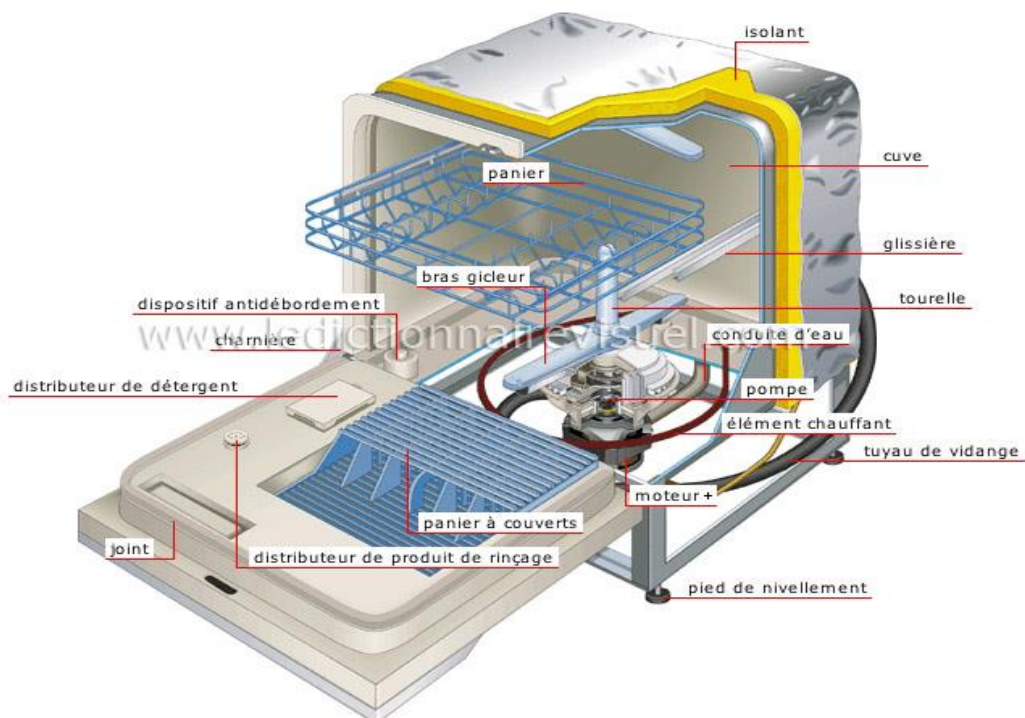


Figure II.2 : Principaux organes du lave-vaisselle [w34]

En définitif, le fonctionnement du lave-vaisselle peut être représenté par 05 étapes (fig. II.3) :

1. Programmation du lavage
2. Remplissage en eau
3. Lavage
4. Vidange
5. Rinçage et séchage

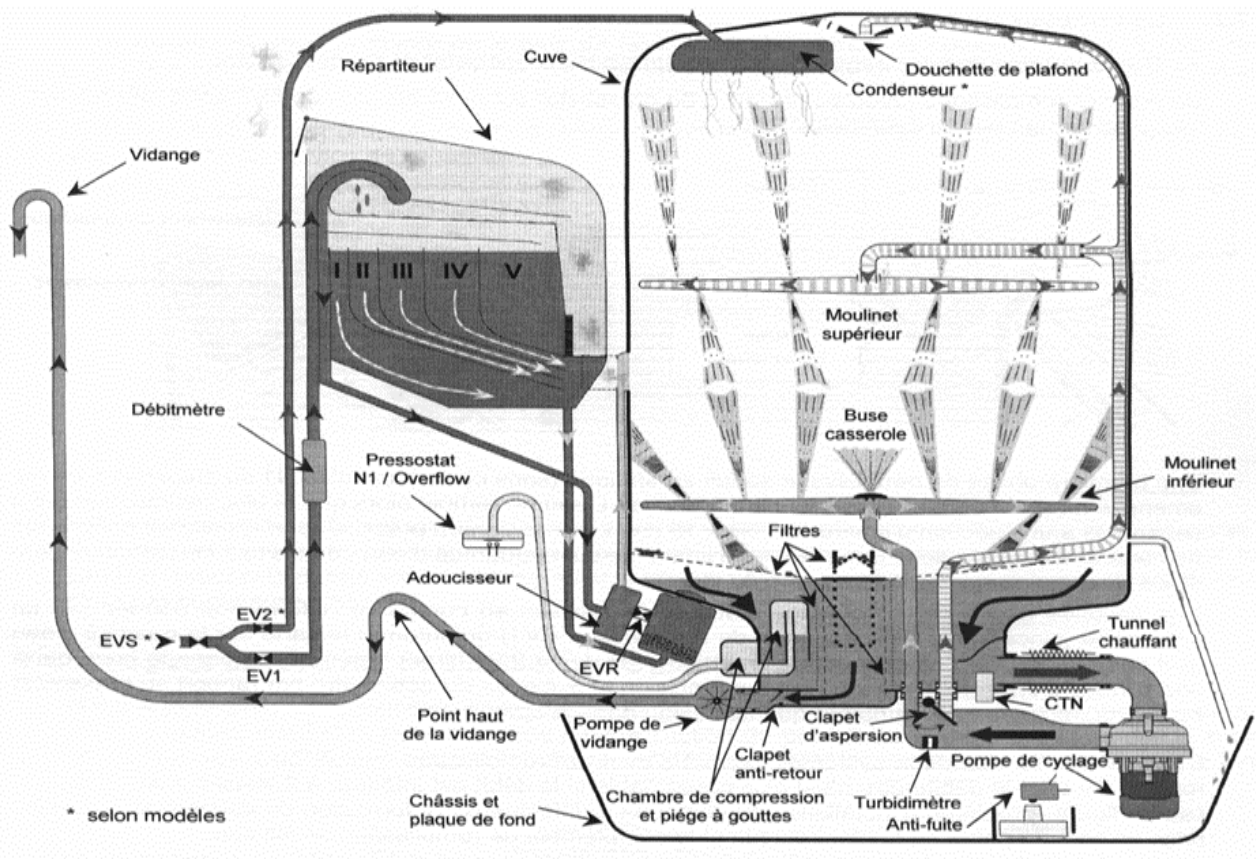


Figure II.3 : Schéma général du fonctionnement du lave-vaisselle[w16]

II.3.1. Programmation du lavage

En appuyant sur l'interrupteur puis les touches du panneau de contrôle, (Figure II.4) on peut lancer le programme de lavage. Les indications parviennent directement au programmeur, une carte électronique, (Figure II.5) qui va piloter le processus de lavage / rinçage / séchage. [w4]

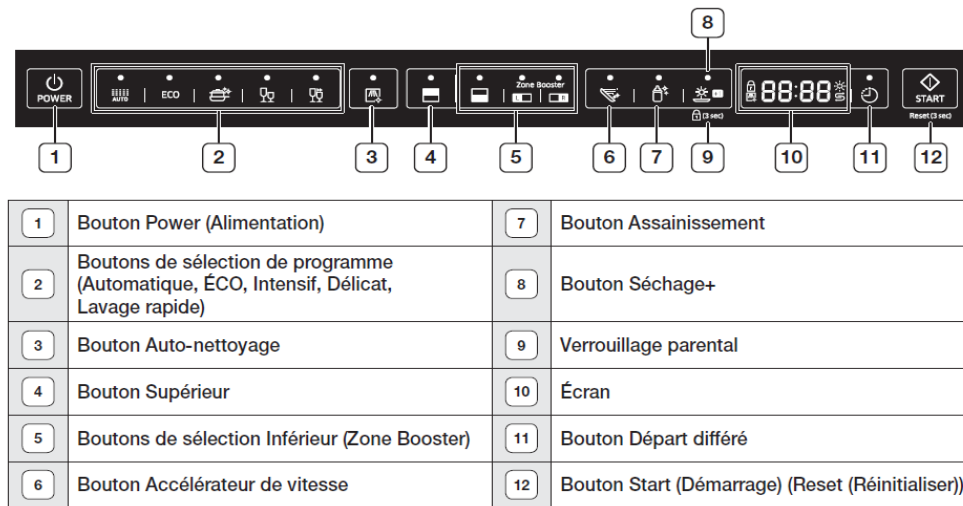


Figure II.4 : Panneau de contrôle du lave-vaisselle [w16].



Figure II.5 : Carte électronique du lave-vaisselle [w17].

II.3.2. Remplissage en eau

En tout premier lieu, le lave-vaisselle actionne la pompe de vidange afin d'éliminer de l'eau qui serait restée dans la cuve, par exemple après la phase de séchage. On doit d'ailleurs entendre un ronronnement sourd lors de son fonctionnement.

L'électrovanne ou l'aqua stop, un robinet "électrique", permet de remplir la cuve en eau (Fig.II.6). Différentes solutions permettent de contrôler la quantité d'eau, en général de 4 à 8 litres :

- Un pressostat qui coupe l'eau dès que la pression voulue est atteinte dans la chambre de compression,
- Un système de flotteur, comme pour une chasse d'eau dans les WC,
- Un débitmètre qui mesure la quantité d'eau qui entre dans le remplisseur,

- Un détecteur qui s'active dès qu'un certain niveau d'eau est atteint dans la cuve,
- Ou une mesure de l'énergie nécessaire pour activer la pompe de cyclage dont le rôle est d'envoyer de l'eau sous pression dans les bras de lavage. [w15]

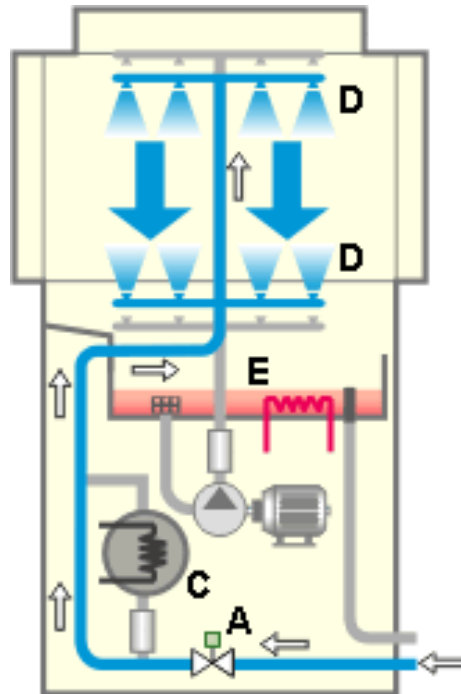


Figure II.6 : Remplissage en eau [w18].

II.3.3. Lavage

Le moteur (pompe de cyclage) aspire l'eau et l'envoie dans les bras de lavage. A la manière d'un tourniquet, les bras tournent sous l'effet de la pression hydraulique, arrosant la vaisselle. La résistance (ou thermoplongeur), situé en fond de cuve, chauffe l'eau jusqu'à ce que la sonde ou le thermostat mesure que la température souhaitée (50°, 60° ou 70°) est atteinte. (Figure II.7)

Dans le même temps, la boîte à produits est ouverte pour que la tablette ou la lessive se dissolve dans l'eau. La projection d'eau chaude et l'action de la lessive permettent de dégraisser la vaisselle et d'en détacher les particules alimentaires.

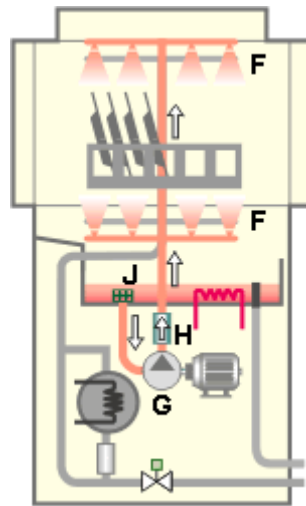


Figure II.7 : Système de lavage [w18].

II.3.4. Vidange

La pompe de vidange envoie l'eau sale à travers le tuyau de vidange vers les égouts, après qu'elle ait été filtrée. (Figure II.8)

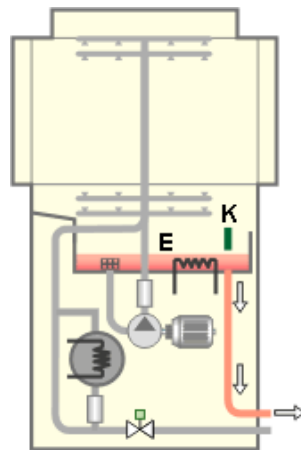


Figure II.8 : Système de vidange [w18].

II.3.5. Rinçage et séchage

Le rinçage passe par plusieurs cycles de vidange, remplissage, aspersion de la vaisselle avec de l'eau propre. Pour assurer son séchage, un dernier rinçage est effectué avec de l'eau réchauffée à près de 70°. La vaisselle devient alors brûlante et sèche naturellement par condensation ou parfois avec l'aide d'un condenseur. Le liquide de rinçage permet à l'eau de glisser sur la vaisselle, facilitant le séchage et améliorant la brillance. (Figure II.9) [w15]

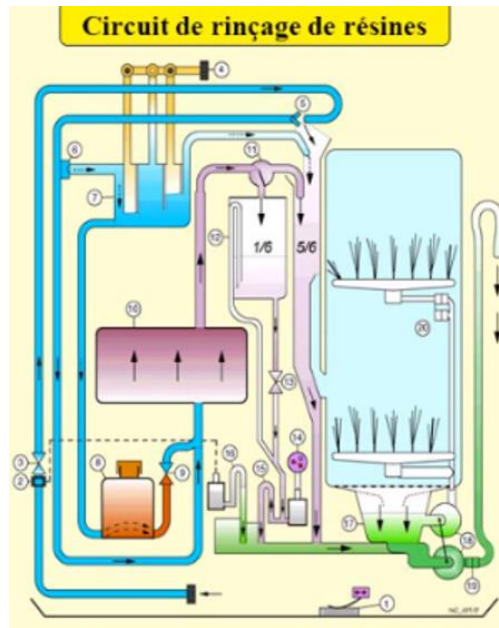


Figure II.9 : Circuit de rinçage [w35].

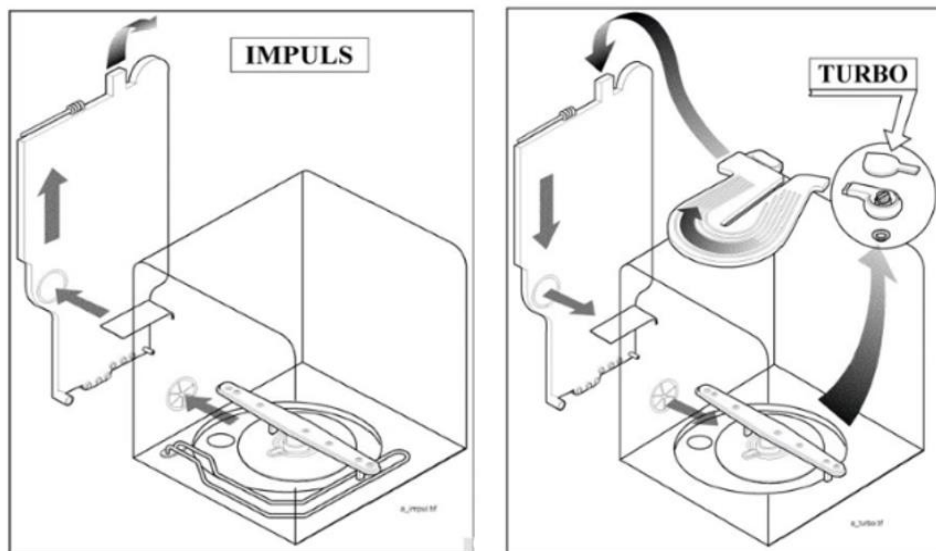


Figure II.10 : Circuit de séchage [w35].

II.4. Processus de fonctionnement

En général, le fonctionnement du lave-vaisselle décrit ultérieurement, c'est-à-dire ces différentes étapes utilisent 04 processus [w20] :

- Mécanique
- Thermique
- Hydraulique
- Chimique

II.4.1. Action Mécanique

Lors du lavage manuel de la vaisselle, le résultat est fonction, pour l'essentiel, de l'action mécanique obtenue par frottement avec une brosse ou une éponge. Ce qui provoque des pressions de l'ordre de plusieurs kg/cm². En machine l'eau est projetée en permanence sur la vaisselle. Une pompe de circulation aspire (Figure II 10) l'eau au fond de la cuve à travers un filtre et la propulse dans les bras rotatifs. Ce cycle se prolonge jusqu'à la fin du lavage. On appelle ce dernier le cyclage.

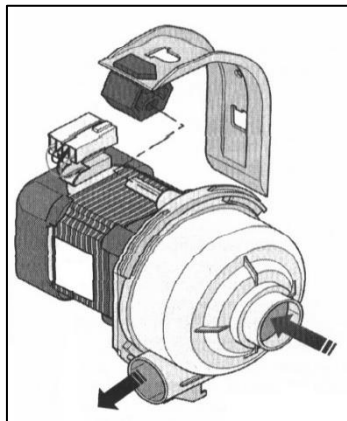


Figure II.11 : Pompe de cyclage (moteur asynchrone) [w20].

II.4.2. Action Thermique

En faisant la vaisselle à la main, les températures se situent en général entre 40°C et 55°C, pour diminuer ensuite rapidement. Le lavage en machine permet d'utiliser des températures plus élevées et constante de l'ordre de 50°C à 70°C.

II.4.3. Action Hydraulique

Le volume d'eau par phase de lavage, le nombre de phases et les caractéristiques de l'eau sont de la plus grande importance pour le résultat du lavage. L'eau transmet l'énergie mécanique et entraîne les résidus

II.4.4. Action Chimique

Le processus mécanique seul ne suffit pas pour enlever tous les résidus de nourriture. Il faut ajouter un effet chimique qui est de deux types :

- Poudre pour le lavage principal (Fig. II.12.a),
- Produit de rinçage (effet mouillant) (Fig. II.13.b).



(a) Poudre pour le lavage [w21]



(b) Produit de rinçage [w22]

Figure II.12 : Produits utilisés dans l'action chimique.

II.5. Description de la partie opérative et commande du lave-vaisselle

Comme tout système automatisé, le lave-vaisselle est un appareil fonctionnant automatiquement et qui présente les deux parties essentielles qui sont la partie commande (P.C) et partie opérative (P.O).

II.5.1 La partie commande (P.C)

Ce secteur de l'automatisme gère dans la suite logique le déroulement ordonné des opérations à réaliser. Il reçoit des informations en provenance des capteurs situés dans la P.O, et les restitue vers cette même P.O en direction des pré-actionneurs (distributeurs).

a. La carte de commande

Elle permet de transmettre à la carte de puissance les instructions de l'utilisateur tels que le choix du programme, la température, la vitesse d'essorage et autres options. L'afficheur, s'il existe, fait partie intégrante de la carte de commande. Elle est la seule à être manipulée et on ne peut atteindre la platine de puissance que par son intermédiaire.

Le programme test et les codes erreurs s'afficheront uniquement sur le module de commande, soit par Led's clignotantes ou directement sur l'afficheur.

Sur certains appareils comme les réfrigérateurs ou congélateur ou encore certains sèche-linge ou lave-vaisselle, la carte de commande et la platine de puissance n'en font qu'une. Elle est alors appelée "Carte de commande". Ce qui est parfois confus. Les symptômes de pannes sont des touches inopérantes, un défaut de l'affichage ou son extinction. [w23]



Figure II.13 : Carte de commande [w23].

b. Bloc de commande et supervision

Le bloc de commande permet la gestion de l'appareil et la supervision, sur la fig. II.14, on peut voir un modèle de tableau de commande constitué d'afficheurs, de boutons et de sélecteur.

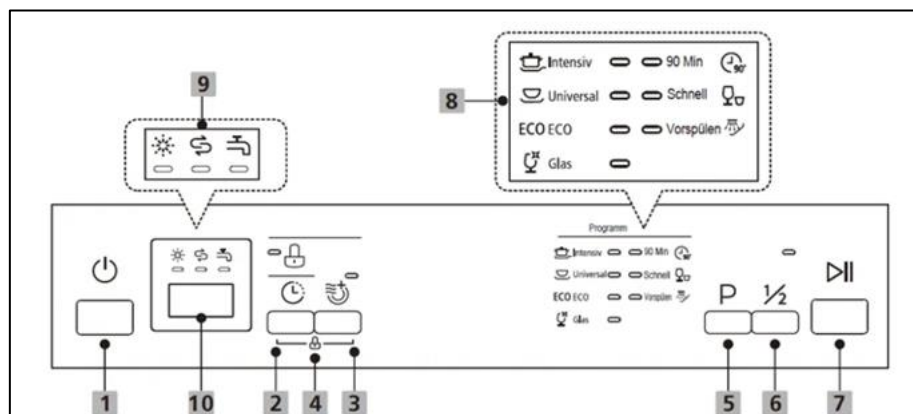


Figure II.14 : Panneau de contrôle [w24].

Le panneau de commande est constitué de :

1. **Alimentation** : bouton pour allumer/éteindre l'alimentation.
2. **Délai** : bouton pour sélectionner le délai de démarrage de 1 à 24 heures. L'appareil démarre automatiquement, une fois le temps sélectionné écoulé.
3. **Séchage supplémentaire** : Bouton pour activer/désactiver la fonction de séchage supplémentaire.
4. **Sécurité enfants** : appuyez sur la combinaison de touches pendant env. 3 secondes pour activer/désactiver la sécurité enfant.
5. **Programme** : Bouton pour sélectionner le programme de rinçage.
6. **Chargement** : Bouton pour activer/désactiver la 1/2 fonction de chargement.

7. **Démarrer/Pause** : bouton pour démarrer/mettre en pause le programme sélectionné ou en cours d'exécution.
8. **Contrôle lampes** : indiquent la sélection du programme.
9. **Contrôle lampe** : s'allume lorsque du liquide de rinçage doit être ajouté / s'allume lorsque le sel pour lave-vaisselle doit être rempli / s'allume lorsque l'alimentation en eau est fermée.
10. **Affichage** : la consommation de sel (dureté de l'eau) et le délai de démarrage sont sélectionnés via l'affichage. Le délai de démarrage (lorsqu'il est activé), le temps restant du programme et les éventuels codes d'erreur sont affichés. [w24]

II.5.2. La partie opérative (P.O)

La partie opérative se compose généralement de 3 éléments, les actionneurs, les pré-actionneurs et les capteurs [w13].

a. Les actionneurs

Les actionneurs qui ont pour rôle d'exécuter les ordres, transforment l'énergie pneumatique (air comprimé), hydraulique (huile sous pression) ou électrique en énergie mécanique [w13].

Dans notre cas, pour le lave-vaisselle, ils se présentent sous formes de :

1. Électrovanne,
2. Pompe de circulation électrique (moteur),
3. Pompe de vidange,
4. Résistance.

b. Les pré-actionneurs

Des pré-actionneurs (distributeurs, contacteurs), lesquels reçoivent des ordres de la partie commande, pour activer les actionneurs, on peut citer les relais et contacteurs.

c. Les capteurs

Des capteurs qui informent la partie commande de l'exécution du travail. Ils existent sous différents types. Pour notre étude, on peut citer comme exemple le capteur de température (thermostat) d'un lave-vaisselle qui transforme la variation de la grandeur physique température du bain en un signal électrique, alors ils remplacent pour la partie commande les sens de l'opérateur. Son rôle est de limiter et de maintenir la température du bain de lavage pendant le chauffage mais aussi d'éviter une surchauffe en cas d'anomalie.

II.6. Éléments externes du lave-vaisselle

La carrosserie d'un lave-vaisselle se constitue d'une porte frontale qu'on ouvre pour introduire les paniers et la vaisselle. Pour le bon fonctionnement du mécanisme, la fermeture de celle-ci s'avère impérative. Comme la plupart des appareils de ce type, la porte est dotée d'une sécurité pour empêcher toute ouverture accidentelle pendant la mise en marche. Ensuite, le dispositif est équipé d'un bandeau électronique sur le devant. Depuis cette unité composée de plusieurs boutons, l'utilisateur va pouvoir faire ses choix de lavage et de programme. L'écran indiquera également diverses informations liées au lave-vaisselle constitue d'un élément chauffant ; chauffe l'eau pour laver et l'air pour sécher et un distributeur et panneau de commande et panier le bras gicleurs et el joint de port [w25].



1. Élément Chauffant,
2. Distributeur,
3. Panneau de commande,
4. Paniers,
5. Bras Gicleurs,
6. Joint de porte.

Figure II.15 : Les éléments externes de la machine [w26].

II.6.1. Élément chauffant

Il chauffe l'eau et sèche la vaisselle après le lavage. Il est situé au fond de la cuve. Si les assiettes ne sont pas sèches après un programme de lavage, l'élément chauffant devrait être inspecté et remplacé si nécessaire.

II.6.2. Distributeur de produit de rinçage

Bien qu'il ne soit pas universel à tous les modèles de lave-vaisselle, le distributeur de produit de rinçage a pour but d'ajouter des agents tensioactifs à l'eau de rinçage final pour améliorer le séchage et réduire les taches sur les articles comme les verres.

II.6.3. Panneau de commande

Le panneau de commande, qui peut être situé sur le devant de la porte ou sur le dessus du panneau de porte, est le principal centre de commande du lave-vaisselle. Il est généralement composé de boutons ou de pavés et peut comporter un écran ACL ou tactile. Il peut également indiquer les erreurs et les composants défectueux du lave-vaisselle.



Figure II.16 : Panneau de commande

II.6.4. Panier

La cuve d'un lave-vaisselle contient habituellement deux paniers pour mettre la vaisselle. Chaque panier est conçu pour être durable et résister à l'eau, à la chaleur et au poids. Il est relié à la cuve par un système de supports de panier, qui comprend généralement une glissière, quelques roulettes pour faire rouler le panier et une butée pour l'empêcher d'être éjecté de la cuve. Il y a aussi, le panier à couverts accueille les ustensiles (fig. II.17). Il se trouve souvent sur le panneau intérieur de la porte.



Figure II.17 : Panier à couvert.

II.6.5. Bras gicleurs

Les bras gicleurs tournent et projettent de l'eau chaude autour de la cuve, ce qui aide à nettoyer la vaisselle de manière uniforme. Certains modèles sont dotés d'une tour de pulvérisation sur le panier inférieur qui distribue de l'eau à la place. Si certaines parties de votre vaisselle ne sont pas assez propres, c'est peut-être parce que le bras gicleur est coincé.



Figure II.18 : Bras gicleurs.

II.6.6. Joint de porte

La porte est munie d'un joint qui longe sa partie inférieure et qui assure l'étanchéité du lave-vaisselle lorsque la porte est fermée. À la longue, il peut se détériorer [w27].

II.7. Organes internes du lave-vaisselle

La plomberie interne d'un lave-vaisselle se compose de plusieurs pièces :

- Mécaniques,
- Électriques,
- Et hydrauliques.

Elles sont essentielles à son bon fonctionnement. Dès la mise en route, l'eau passe par l'**électrovanne** qui agit comme un robinet et règle le débit du flux. Ensuite, le **répartiteur** se charge d'orienter l'eau destinée au lavage d'une part, et à la régénération d'autre part. Puis, l'eau destinée au lavage passe dans un **adoucisseur** où des résines, régulièrement régénérées par du sel, la purifie afin d'éviter les dépôts de tartre et de calcaire.

La prochaine étape du circuit hydraulique consiste à remplir la cuve, l'eau passe alors par la **pompe de cyclage** qui l'injecte dans la **résistance** afin de la chauffer. C'est à ce moment-là que les bras d'aspersion entrent en action en tournant sur eux-mêmes pour enclencher les phases de nettoyage.

À la fin du programme, les fluides usés se dirigent vers la **pompe de vidange** qui les propulse hors de la machine, vers le tuyau d'évacuation des eaux usées. D'autres composants interviennent également pendant ce processus, comme le **thermostat** chargé de gérer les températures, le distributeur de produits, les doseurs, le **pressostat** qui contrôle les niveaux et autorise l'alimentation de la résistance en électricité [w25] (Fig. II.19).

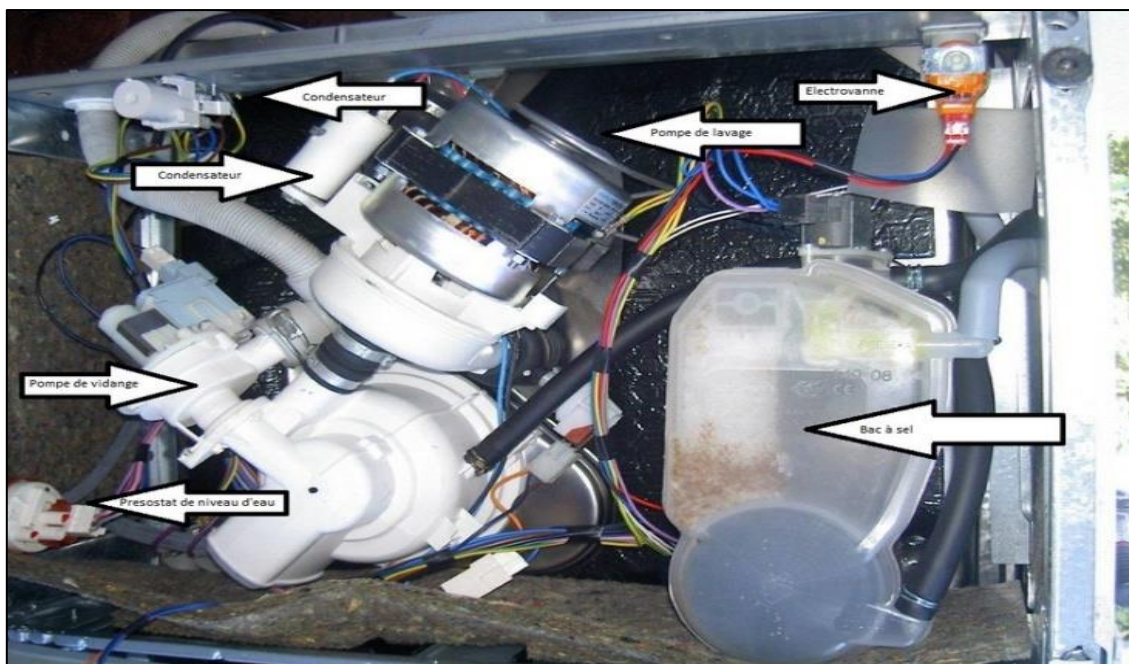


Figure II.19 : Quelques organes internes de la machine [w29].

II.7.1. Électrovanne

Comme son nom l'indique une électrovanne est une **vanne électrique** (un robinet). On trouve des électrovannes dans tous les systèmes automatisés dans lesquels un fluide doit alimenter un système [w4].



Figure II.20 : Modèle d'électrovanne [w30]

II.7.2. Répartiteur d'eau

Le répartiteur est l'un des premiers acteurs du lave-vaisselle, il permet de gérer l'arrivée d'eau. En faisant équipe avec le débitmètre, il disperse l'eau tout en évitant les débordements. Le répartiteur, ou remplisseur d'eau, intervient au début de la phase de lavage. Avant toute chose, la cuve du lave-vaisselle se remplit grâce au robinet d'arrivée d'eau. Le circuit dirige ensuite le liquide vers l'électrovanne afin que le débitmètre mesure le niveau d'eau atteint dans la cuve. Au même moment, le répartiteur diffuse l'eau d'un côté pour le lavage et de l'autre pour la régénération. [w32]

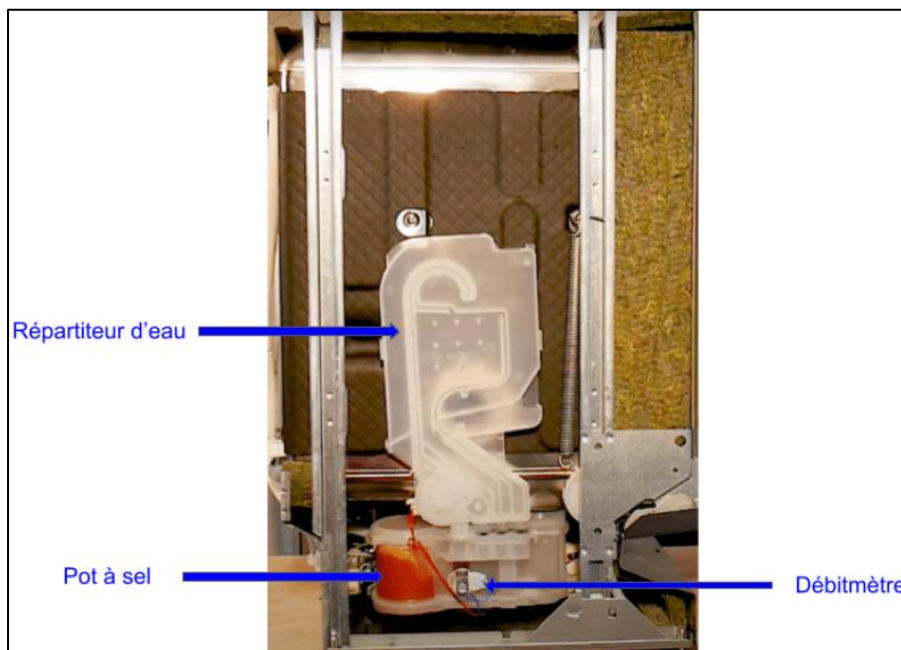


Figure II.21 : Répartiteur d'eau pour lave-vaisselle (Circuit d'eau) [w32].

II.7.3. Adoucisseur

L'adoucisseur, comme son nom l'indique sert à adoucir l'eau. Il permet d'effectuer un cycle complet en eau adoucie. On recherche une solution neutre ($\text{Ph} = 7$), ce qui évitera des traces de calcaire sur votre vaisselle.



Figure II.22 : Adoucisseur [w33]

II.7.4. Pompe de cyclage

La pompe de cyclage est la pièce centrale du lave-vaisselle. Grâce à elle, l'eau est aspirée puis propulsé à travers les bras de lavage. Puis l'eau traverse différents filtres avant de reprendre le cycle.

La pompe de cyclage se repère facilement parmi les autres organes du lave-vaisselle, puisqu'elle possède la forme d'un escargot (fig. II.23). L'intérieur de la pièce se compose d'un moteur et d'une turbine. Alimenté par l'électricité, le dispositif aspire l'eau et la propulse vers les moulinets.

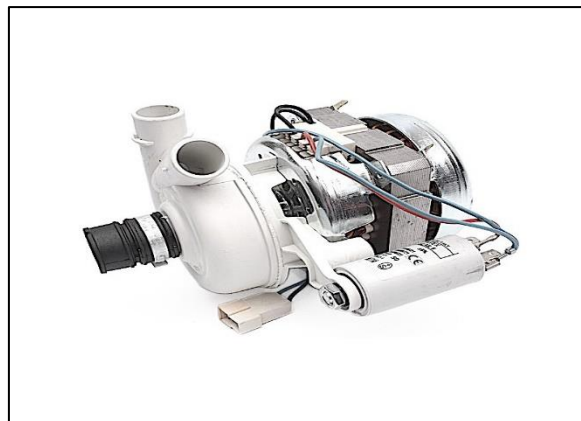


Figure II.23 : Vue Pompe de circulation électrique [w31]

II.7.5. Résistance, thermoplongeur ou tunnel chauffant

La résistance blindée (ou thermoplongeur) est immergée pour chauffer l'eau du lave-vaisselle jusqu'à la température programmée, souvent de 40 à 70° C. Elle est composée d'un fil dit résistif inséré dans une gaine isolée qui chauffe quand le courant la traverse.

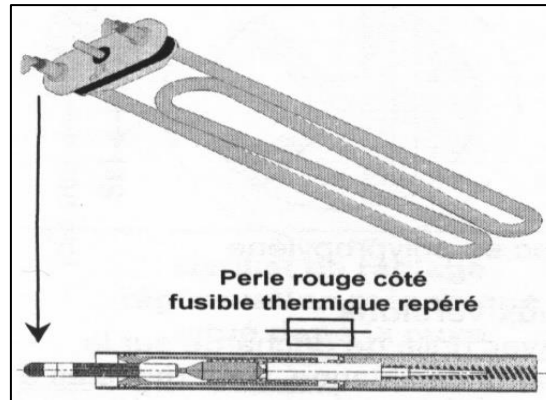


Figure II.24 : Thermoplongeur ou tunnel chauffant.

II.7.6. Pompe de vidange

La cuve va se remplir d'eau et être vidée plusieurs fois pendant un cycle de lavage. Chaque fois que la cuve est remplie, la pompe de vidange se charge d'évacuer cette eau sale qui contient les produits de lavage et les débris alimentaires vers les égouts.

Le rôle de la pompe de vidange est d'aspirer l'eau à l'intérieur du lave-vaisselle et de l'envoyer vers le réseau des eaux usées. Généralement, la pompe se trouve juste en-dessous de la cuve, car cet emplacement facilite l'écoulement de l'eau [w31].



Figure II.25 : Pompe de vidange.

II.7.7. Thermostat ou sonde thermique

Le thermostat est un composant électronique qui mesure la température de l'eau. Grâce à cette sonde, la carte de puissance peut réguler la température de l'eau du lave-vaisselle lors de son fonctionnement. Le lave-vaisselle régule l'alimentation électrique de la résistance en fonction de la température du thermostat pour que la température de l'eau dans la cuve corresponde bien au programme choisi. Il assure également un rôle de sécurité en arrêtant immédiatement l'appareil s'il détecte une surchauffe de la résistance. [w27]



Figure II.26 : Thermostat ou sonde thermique.

II.7.8. Pressostat ou débitmètre

Le pressostat est un interrupteur commandé par la pression de l'air. Il sert à contrôler le niveau d'eau dans la cuve. La pression d'air dans la chambre de compression augmente lorsque le niveau d'eau augmente.

Le pressostat est une pièce ronde, en plastique, d'un diamètre de 8 à 10 cm, situé dans le haut du lave-vaisselle, à l'arrière de la cuve. [w15]

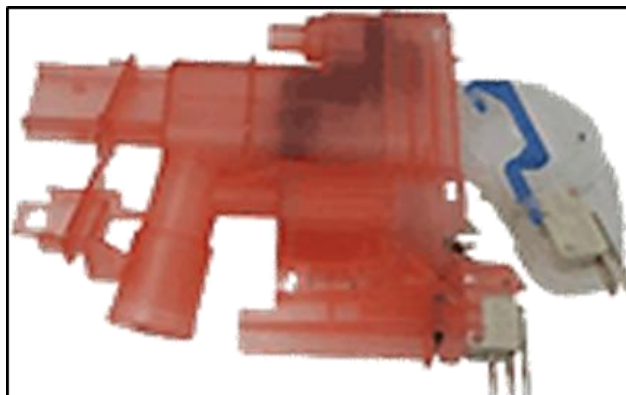


Figure II.27 : Pressostat ou débitmètre

II.7.9. Flotteur

Le flotteur est le plus souvent une simple pièce très légère en polystyrène, en général ronde. Toujours plus léger que l'eau, le flotteur reste toujours à la surface de l'eau. On trouve le même système de flotteur pour arrêter l'eau de couler dans la chasse d'eau des toilettes.

Le flotteur active un système anti-débordement qui agit comme un interrupteur, en général c'est un microcontact, un mini-rupteur ou un switch. Ce sont des composants électroniques capables d'activer un circuit électronique.



Figure II.28 : Flotteur.

II.8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons vu le fonctionnement général du lave-vaisselle en présentant sa partie opérative et sa partie commande, c'est-à-dire son système automatisé. Puis nous avons donné une description des différents éléments internes et externes constituant cette machine. Dans le chapitre suivant, nous allons présenter les différentes étapes du fonctionnement du lave-vaisselle sous forme d'organigramme, et essayer de réaliser un programme en GRAFCET pour le traduire en langage Ladder, ce qui nous permettra de faire la simulation sous le logiciel STEP7.

CHAPITRE III
Simulation
du fonctionnement
du lave-vaisselle

Chapitre III

Simulation du fonctionnement du lave-vaisselle

III.1. Introduction

Les automates programmables effectuent des tâches d'automatisation traduites sous forme de programme d'applications. L'utilisateur définit la manière dont l'automate doit commander l'installation par une suite d'instructions. Le programme doit être écrit dans un langage déterminé avec des règles définies pour que l'automate puisse l'exécuter.

Dans ce dernier chapitre, on va présenter la programmation du lave-vaisselle et les différentes étapes qui seront représentées sous forme d'organigramme puis écrites sous langage GRAFCET d'un point de vue système ; d'un point de vue partie opérative et d'un point de vue partie commande. Le programme en Grafcet sera traduit en Ladder pour pouvoir faire la simulation sous le logiciel STEP7.

III.2. Organigramme représentant le fonctionnement du lave-vaisselle

Dans le chapitre II (partie II.3), nous avons expliqué le fonctionnement du lave-vaisselle ; dans ce qui suit, nous allons résumer ces étapes essentielles qui sont au nombre de huit (08) et les mettre sous forme d'organigramme, ce qui permettra de mieux comprendre le fonctionnement de cet appareil [w36].

- 1. Verrouillage :** Le fonctionnement de l'appareil commence par un verrouillage de la porte, un "clac" peut se faire entendre. Sans cette étape, l'appareil ne démarre pas. Le verrou de la porte est incriminé dans cette phase.
- 2. Vidange :** L'appareil fait une vidange pour éliminer les restes de liquide qui ont pu s'accumuler pendant le chargement de la vaisselle précédente. Sur certains modèles (dans de rares cas) elle n'existe pas. Un ronronnement en début de cycle indique donc le bon fonctionnement de la pompe de vidange.
- 3. Remplissage :** L'appareil se remplit en eau jusqu'au niveau attendu. Un bruit d'entrée du liquide dans l'appareil se fait entendre. C'est l'électrovanne qui permet l'arrivée d'eau dans l'appareil. Pour stopper le remplissage lorsque le niveau d'eau est atteint dans l'appareil on utilise un contrôleur de niveau.

4. Lavage : Une fois le niveau d'eau atteint, l'appareil entame la procédure de lavage, cyclage et chauffage de l'eau. Cette fonction cycle est réalisé grâce à la pompe de cyclage, puis le chauffage est lancé. La vaisselle mouillée indique que la pompe de cyclage fonctionne.

En même temps, la boîte à produits est ouverte pour que la tablette ou la lessive se dissolve dans l'eau. La projection d'eau chaude et l'action de la lessive permettent de dégraisser la vaisselle et d'en détacher les particules alimentaires.

5. Vidange : Vidange de l'eau de lavage. Après quelques minutes de cyclage à température atteinte, l'eau chargée de salissures est évacuée jusqu'au niveau bas.

6. Rinçage : Lancement du ou des rinçages à froid. Selon le programme sélectionné, 1,2 voire 3 rinçages à froid sont lancés. Ils utilisent donc les fonctions remplissage, contrôle de niveau d'eau, cyclage, et vidange.

Dernier rinçage à chaud. Afin d'obtenir un résultat de séchage optimum, le dernier rinçage est exécuté à chaud.

7. Séchage : Le séchage naturel, laisse la vaisselle sécher d'elle-même dans l'appareil. La vapeur d'eau se condense naturellement sur les parois de la cuve.

8. Déverrouillage : L'appareil reste verrouillé quelques minutes (temps de refroidissement du verrou).

Ces différentes étapes peuvent être décrite sous forme d'organigramme (fig. III.1) respectant le déroulement chronologique des fonctions du lave-vaisselle.

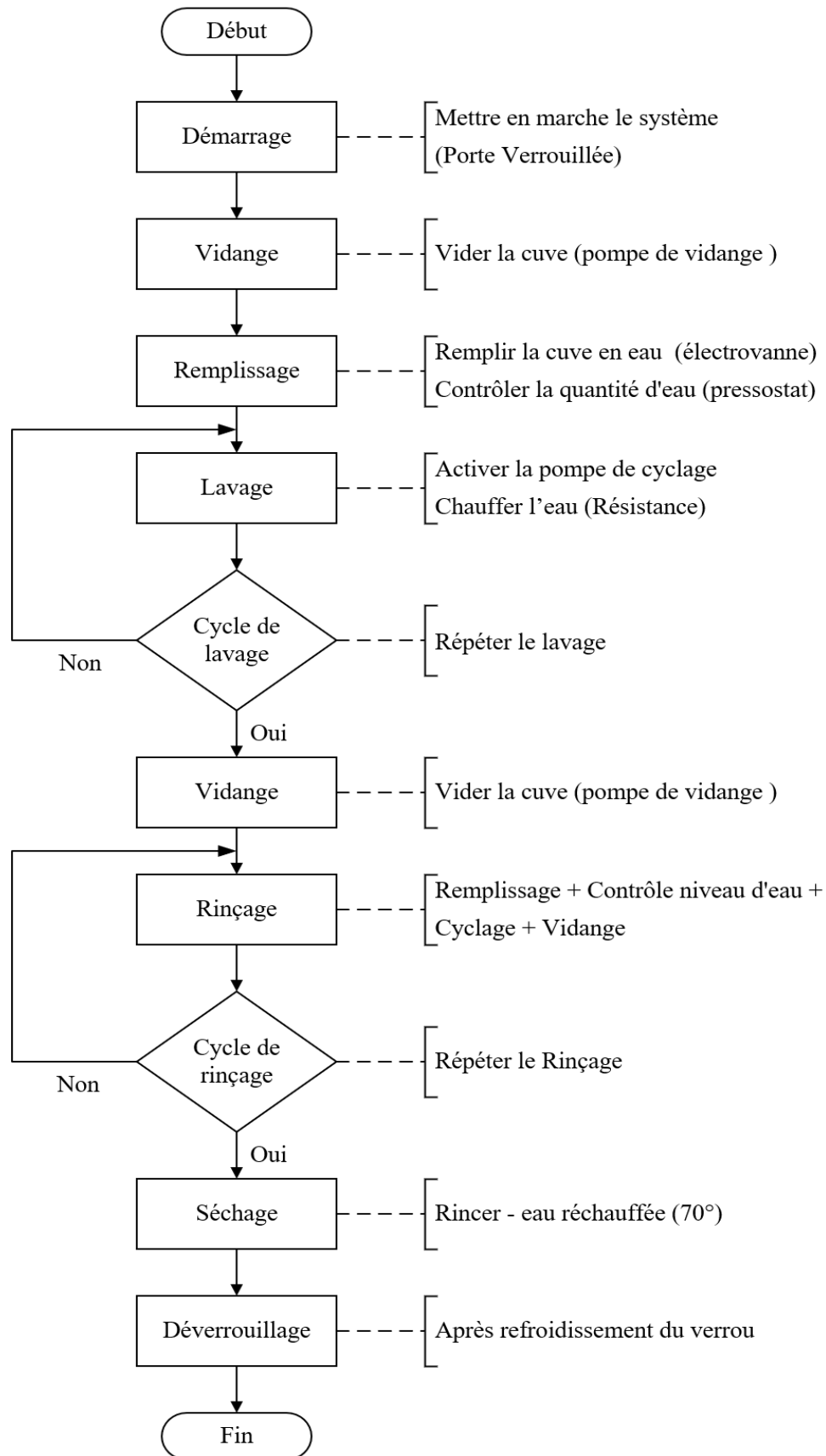


Figure III.1 : Organigramme de fonctionnement du lave-vaisselle.

III.3. GRAFCET du lave-vaisselle

Le grafcet est un outil graphique de description du comportement attendu de la partie commande. Il décrit les relations à travers la frontière d'isolement de la partie commande et de la partie opérative d'un système automatisé.

La description du fonctionnement d'un automatisme logique peut alors être représenté graphiquement par un ensemble :

- D'ETAPES auxquelles sont associées des ACTIONS,
- De TRANSITIONS auxquelles sont associées des RECEPTIVITES,
- De LIAISONS (ou ARCS) ORIENTEES [w38].

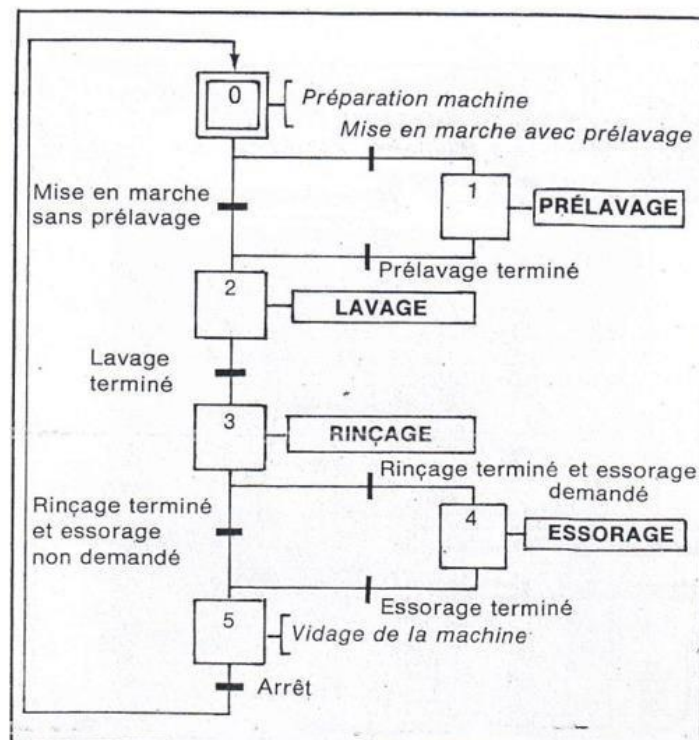


Figure III.2 : Exemple de grafcet d'un système de lavage [w38].

La représentation d'un système automatisé par un grafcet prend en compte le "point de vue" selon lequel l'observateur s'implique au fonctionnement de ce système. On distingue trois "points de vue" :

- GRAFCET du point de **vue système** ;
- GRAFCET du point de **vue partie opérative** ;
- GRAFCET du point de **vue partie commande**.

Dans ce qui suit, nous allons présenter ces différents points de vue pour le cas du lave-vaisselle.

III.3.1 Grafcet de point de vue système

C'est un graphe qui décrit le fonctionnement global du système. Il traduit le cahier des charges sans préjuger de la technologie adoptée [w38]. Son écriture, en langage clair, permet donc sa compréhension par tout le monde (fig. III.3).

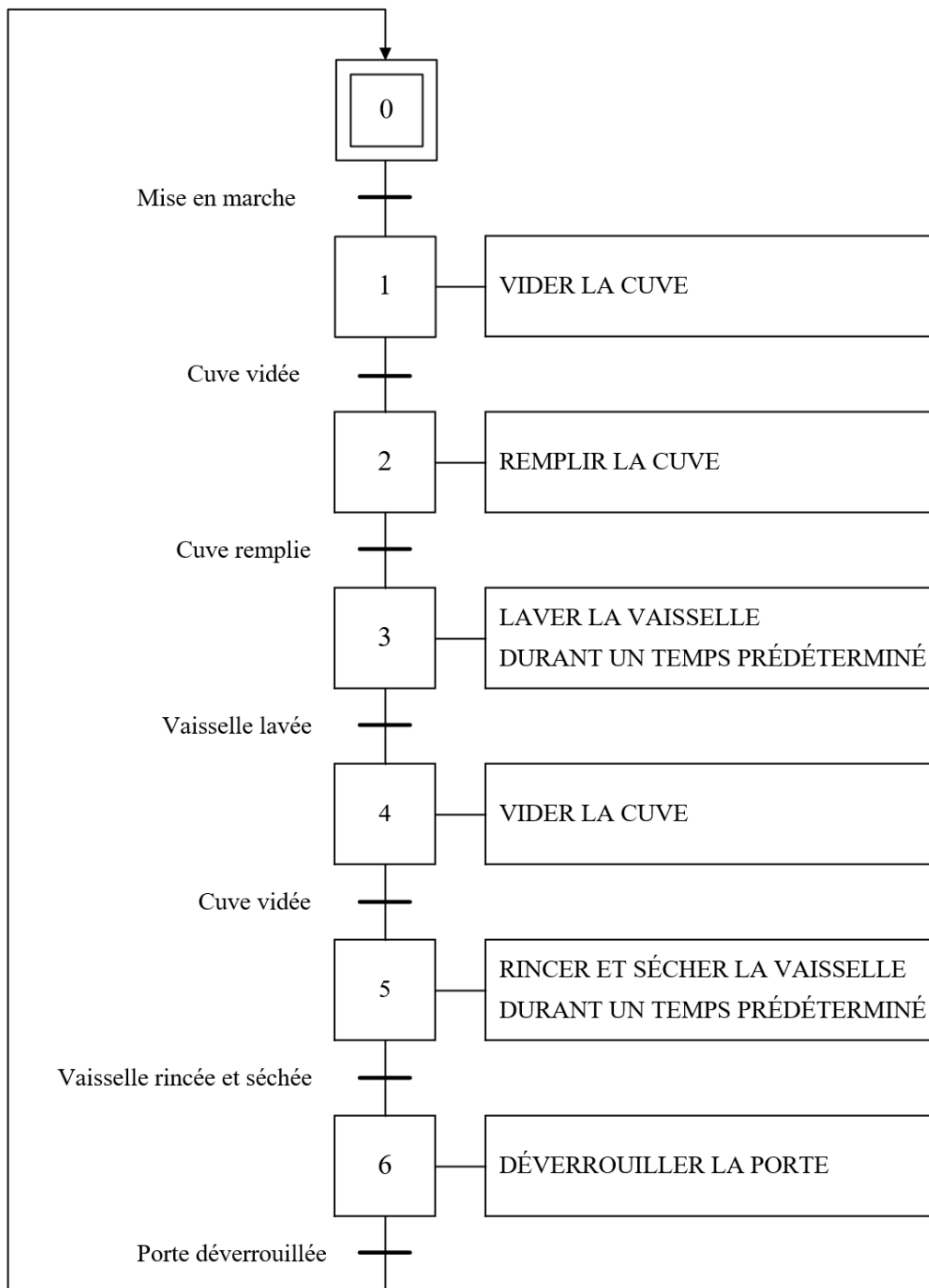


Figure III.3 : Grafcet du lave-vaisselle du point de vue de système.

III.3.2 Grafcet de point de vue partie opérative

Dans ce type de grafcet, on spécifie la technologie de la partie opérative ainsi que le type de ses informations reçues et envoyées [w38]. L'observateur de ce point de vue étant un spécialiste de la partie opérative (fig. III.4).

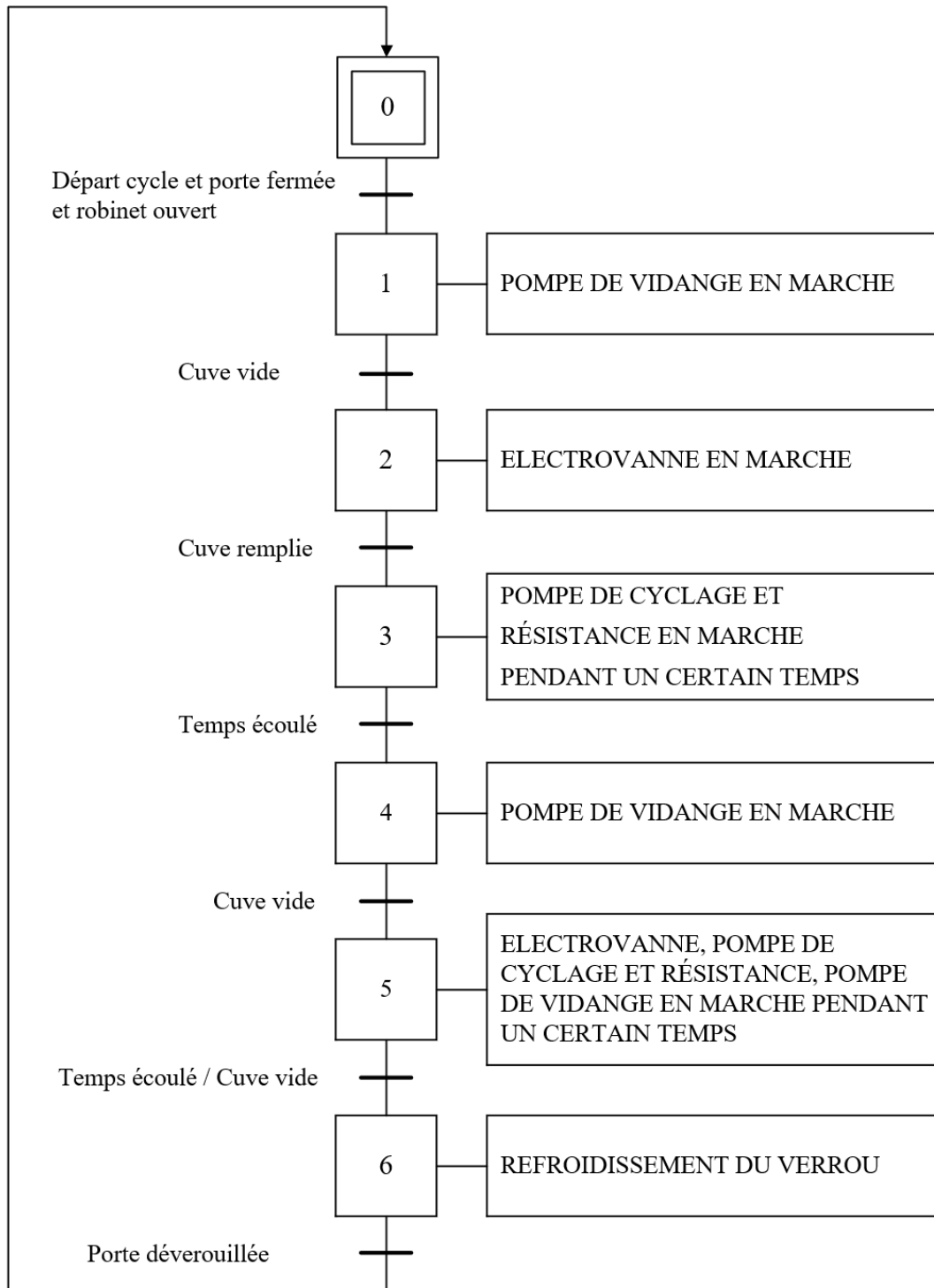


Figure III.4 : Grafcet du lave-vaisselle du point de vue partie opérative.

III.3.3 Grafcet de point de vue partie commande

C'est un grafcet établi par un spécialiste, c'est la version qui lui permet d'établir les équations et éventuellement les schémas de réalisation (électrique, pneumatique, ...) [w38]. Il prend en considération tous les éléments (matériels) à commander (moteur, électrovanne, ...) (fig. III.5).

Tableau III.1 : Différentes désignations du grafcet.

N°	Symbole	Désignation
1	DCY	Départ de cycle
2	R.O	Robinet ouvert
3	P.F	Porte fermée
4	Xi	Etape (de 0 à 7)
5	C1	Capteur de niveau (vidange)
6	C2	Capteur de niveau (remplissage)
7	C3	Capteur de température
8	C4	Capteur de verrouillage
9	Tem	Temporisation du moteur en cours de rinçage
10	Tem1	Temporisation du moteur en cours de lavage
11	M	Moteur
12	E.V	Electrovanne
13	R	Résistance chauffante
14	μ.M	Pompe de vidange
15	D.P	Déverrouillage de porte

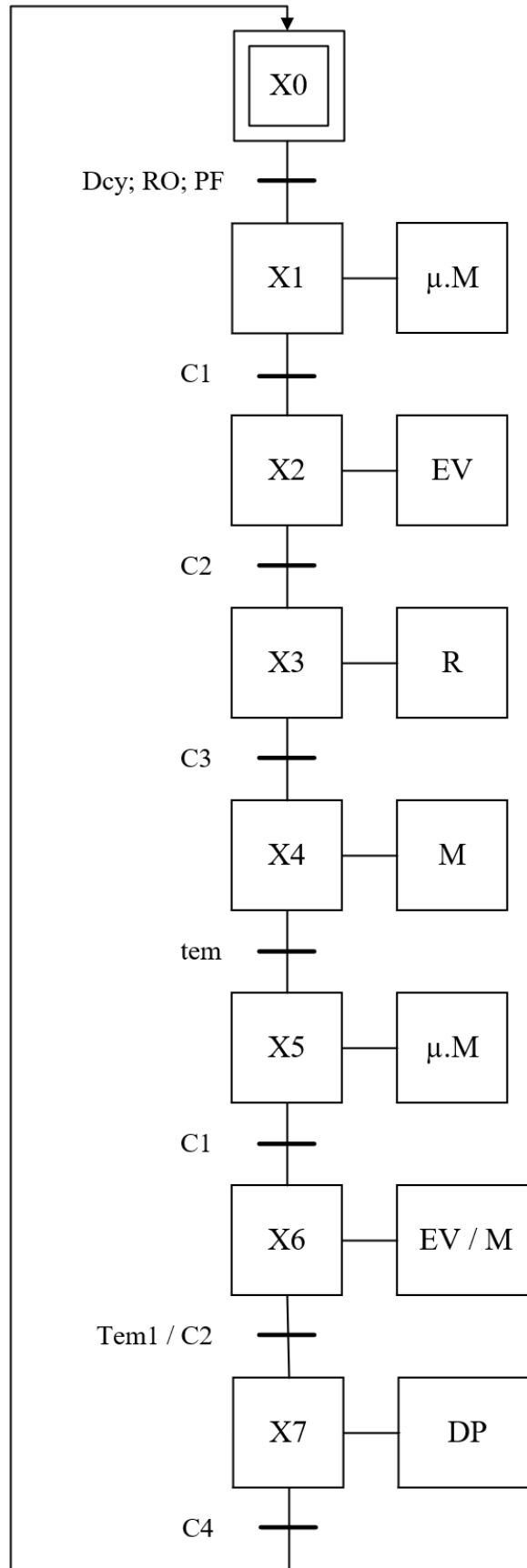
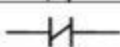

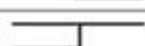
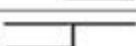


Figure III.5 : Grafcet du lave-vaisselle du point de vue partie commande.

III.4. Présentation du langage LADDER

Dans ce qui suit, nous allons présenter le langage LADDER pour le cas du lave-vaisselle. Le langage Ladder est un langage de programmation graphique facile à comprendre et à prendre en main. C'est sans doute le langage de programmation d'automatisme le plus couramment utilisé pour la programmation d'automates. Le langage Ladder est composé d'une séquence de contacts (interrupteurs qui sont soit fermés, soit ouverts) et de bobines qui permettent de traduire les états logiques d'un système [w41].

Tableau III.2 : Quelques symboles du langage LADDER [w39]

Fonction	Symbole	
	Européen	Américain
Contact ouvert au repos	---o o---	
Contact fermé au repos	---o/o---	
Début de branchement		
Fin de branchement		
Affectation	---()---	---()

III.5. Conversion GRAFCET / LADDER

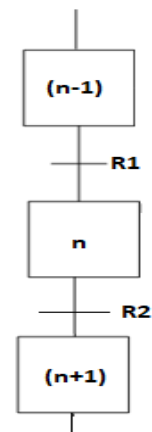
Dans cette partie, on va traduire le GRAFCET du lave-vaisselle du point de vue partie commande en équations logiques. Ces équations sont traduites en adresses afin de réaliser le programme LADDER. Ces équations sont relatives aux entrées et sorties du systèmes de commande. [w41].

L'équation logique de chaque étape du grafcet sera établie suivant le raisonnement suivante :

Une étape de rang « n » a deux états (actif ou inactif) qui peuvent s'écrire respectivement X_n et \bar{X}_n .

Une étape de rang n est active si :

- L'étape de rang (n-1) est active : soit $X_{(n-1)} = 1$
- La réceptivité de la transition entre l'étape de rang (n-1) et l'étape de rang (n) est vraie
- De plus après activation l'étape mémorise son état. Si m_n est sa mémoire $m_n = 1$



Sachant que la désactivation est prioritaire sur l'activation, l'équation générale de l'état actif d'une étape peut décrire :

$$X_n = X_{n-1}.R_1 + \bar{X}_n.X_{n+1}$$

Tableau III.3 : Equation logique de chaque étape du grafctet du lave-vaisselle.

a- Equations d'entrées	b- Equations des sorties
$X_0 = X_7.C_4 + \bar{X}_1.X_0 + \text{INIT}$	$EV = X_3 + X_6$
$X_1 = X_0.Dcy.RO.PF + \bar{X}_2.X_3$	$R = X_3$
$X_2 = X_1.C_1 + \bar{X}_3.X_2$	$M = X_4 + X_6$
$X_3 = X_2.C_2 + \bar{X}_4.X_3$	$\mu M = X_1 + X_5$
$X_4 = X_3.C_3 + \bar{X}_5.X_4$	$DP = X_7$
$X_5 = X_4.Tem + \bar{X}_6.X_5$	
$X_6 = X_5.C_1 + \bar{X}_7.X_6$	
$X_7 = X_6.C_2.Tem_1 + \bar{X}_8.X_7$	

A partir de ces équations, nous avons pu réaliser notre programme en langage Ladder.

Avant de le présenter, nous allons donner un bref aperçu sur le logiciel STEP7 que nous avons utilisé.

III.6. Présentation du logiciel STEP7

III.6.1. Définition

LE STEP7 est un logiciel de base pour à configuration et la programmation des systèmes d'automatisation. Il fait partie de l'industrie logicielle SIMATIC, il existe en plusieurs versions tels que : STEP micro/Dos et STEP7 micro/Win pour les applications S7-300 et S7-400 [w31].

III.6.2. 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 (fig. III.6) illustre les deux solutions possibles lors de la conception d'une solution d'automatisation.

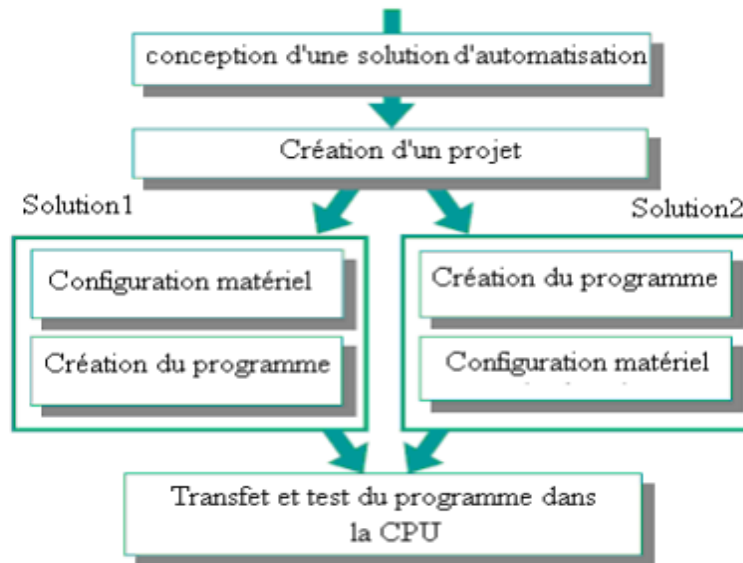


Figure III.6 : Schéma illustrant les deux solutions possibles pour la programmation [w39].

Toutes fois il est recommandé de commencer par la configuration matérielle pour les installations qui contiennent beaucoup d'entrées et de sorties, l'application de la configuration matérielle de STEP7 présente l'avantage de la sélection automatique des adresses. Si on commence par la création de programme, il faudra rechercher les adresses en fonction des constituants choisies, dans ce cas on n'a pas bénéficié de la fonction d'adressage automatique de STEP7. Les procédures qui vont nous permettre la création de projet sous logiciel STEP7 sont comme suit :

- 1- Double clique sur l'icône SIMATIC Manager ; ceci lance l'assistant de STEP7.
- 2- La fenêtre illustrée en (fig. III.7) apparaît, elle permet la création d'un nouveau projet.



Figure III.7 : Assistant de STEP 7 nouveau projet[w39].

3- 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 314.



Figure III.8 : Fenêtre de choix de la CPU.

4- 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).

5- Pour notre projet nous avons choisi l'OB1 (cycle d'exécution) et le langage à contact [w39].

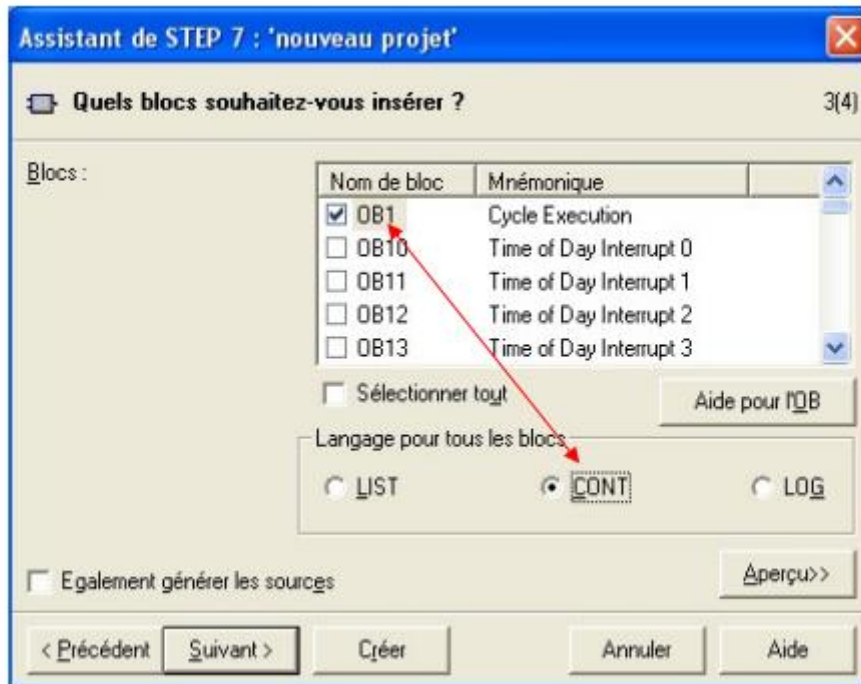


Figure III.9 : Choix des Blocs à utiliser et du langage [w39].

6- En cliquant sur suivant, la création de projet apparaît pour le nommer

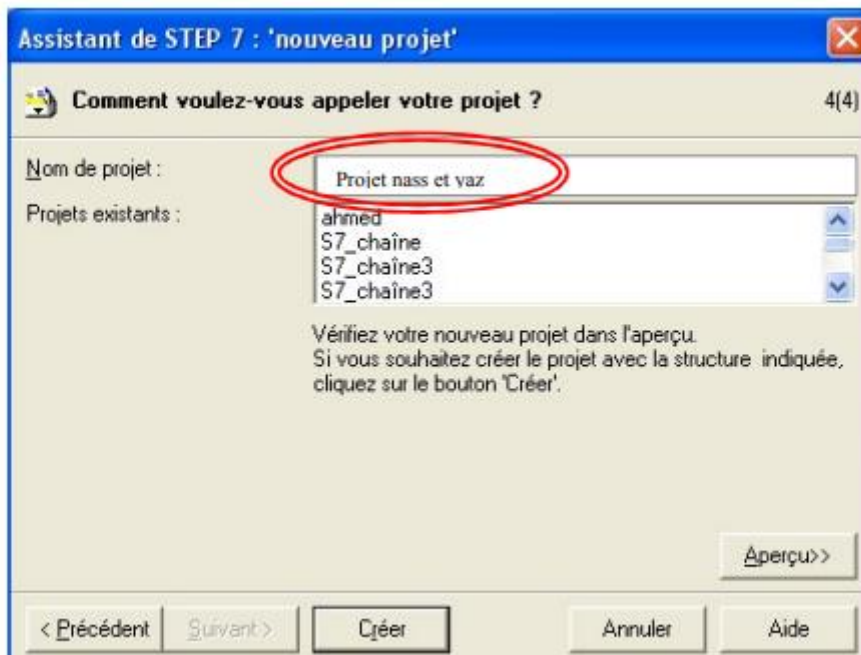


Figure III.10 : Nomination du projet [w39].

7- On clique sur créer, la fenêtre suivante apparaît :

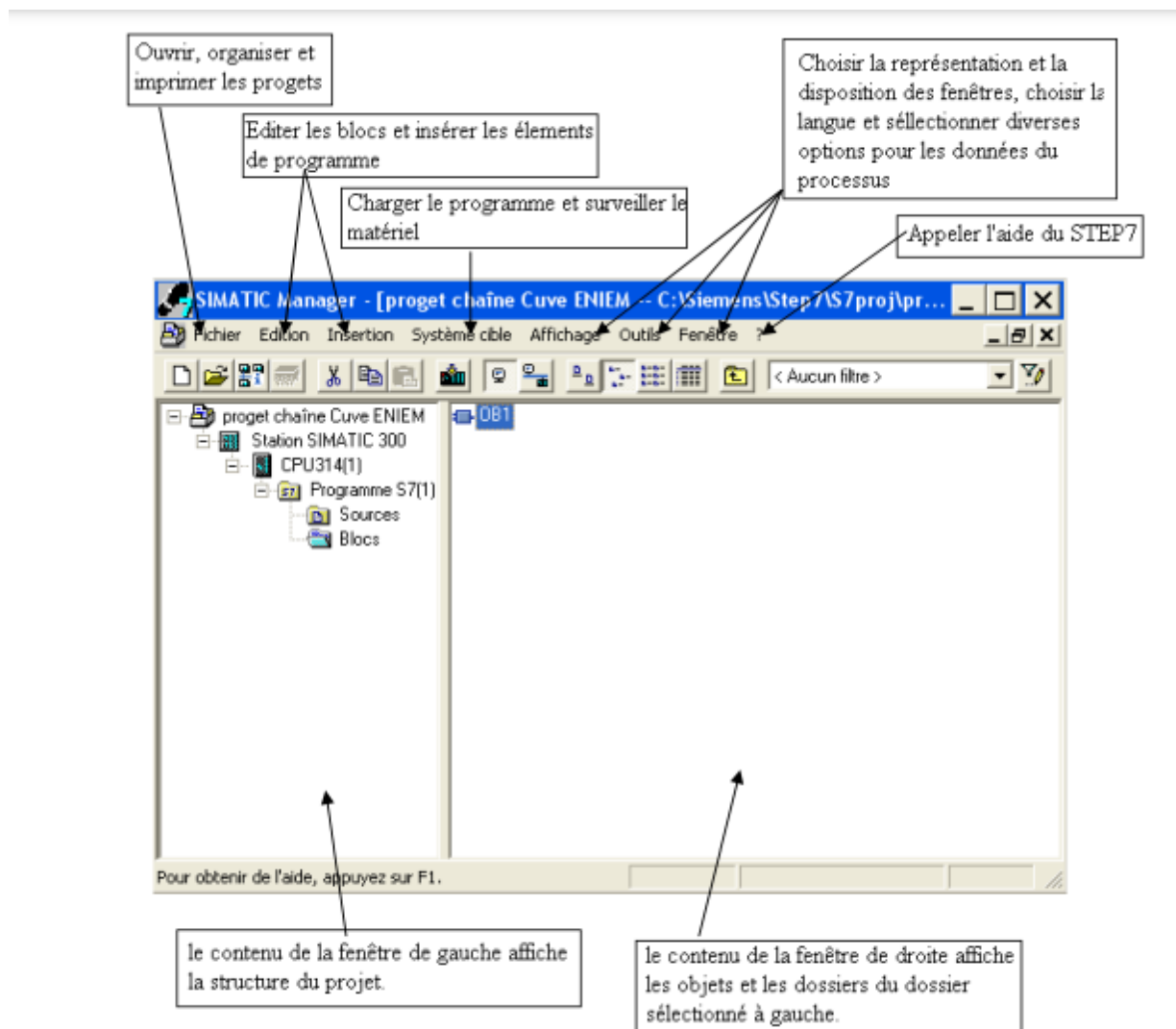


Figure III.11 : Vue des composants d'un projet S7 [w39].

III.6.3. Editeur de mnémoniques

La Mnémonique est le nom donné par l'utilisateur et qui peut remplacer une variable ou un bloc de programmation. La table de mnémonique c'est une table qui permet d'affecter des noms à des adresses de données globales accessibles à partir de tous les blocs.

Pour l'insertion d'une table de mnémoniques, on clic sur <<programme, mnémonique>> (Fig. III 12) [w40].

	Etat	Mnémonique	Opérande /	Type de données	Commentaire
1	X				
2		EV	A 124.0	BOOL	Electrovanne
3		R	A 124.1	BOOL	Résistance chauffante
4		M	A 124.2	BOOL	moteur(pompe de cyclage)
5		µM	A 124.3	BOOL	pompe de vidange
6		DP	A 124.4	BOOL	Déverrouillage de porte
7		DCY	E 124.0	BOOL	Bouton de départ de cycle
8		RO	E 124.1	BOOL	Robinet ouvert
9		PF	E 124.2	BOOL	PORTE FARMEE
1		C1	E 124.3	BOOL	Capteur de niveau (vidange)
1		C2	E 124.4	BOOL	Capteur de niveau (remplissage)
1		C3	E 124.5	BOOL	Capteur de température
1		C4	E 124.6	BOOL	Capteur de verrouillage
1		TEM	E 124.7	BOOL	Temporisation du moteur dans lavage
1		TEM1	E 125.0	BOOL	Temporisation du moteur dans rinçage
1		INIT	M 0.0	BOOL	
1		X0	M 40.0	BOOL	etape 1
1		X1	M 40.1	BOOL	etape 2
1		X2	M 40.2	BOOL	etape 3
2		X3	M 40.3	BOOL	etape 4
2		X4	M 40.4	BOOL	etape 5
2		X5	M 40.5	BOOL	etape 6
2		X6	M 40.6	BOOL	etape 7
2		X7	M 40.7	BOOL	etape 8
2		Cycle Execution	OB 1	OB 1	
2					

Figure III.12 : Fenêtre de la création de mnémoniques [w40].

III.7. Programmation et simulation du lave-vaisselle

Après introduction des différentes désignations (Tab. III.1), les types de données ainsi que les commentaires dans l'éditeur mnémonique, on a réalisé le programme Ladder suivant qui permet la commande du lave-vaisselle (fig. III.13).

III.7.1. Programme réalisé

III.7.2. Simulation du programme

S7-PLCSIM fournit une interface utilisateur graphique permettant de visualiser et de modifier des variables du programme de commande, d'exécuter la CPU de simulation en mode cycle

unique ou cycle continu, ainsi que de modifier l'état de fonctionnement de l'API de simulation. [w40].

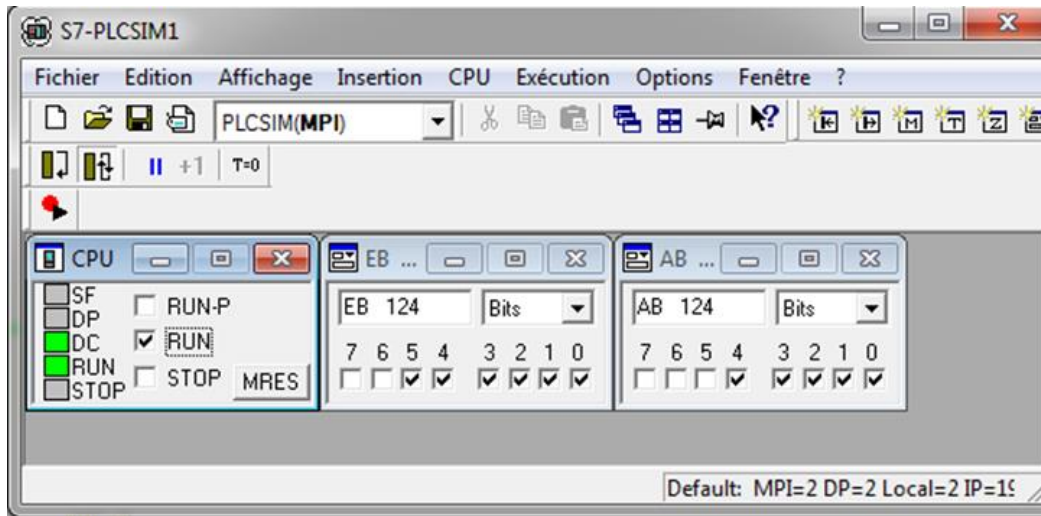


Figure III.13 : Interface de simulation.

III.8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la simulation que nous avons effectuée par le logiciel STEP7. Celle-ci concerne le fonctionnement du lave-vaisselle ; elle a été réalisée après traduction du grafset du point de vue commande en langage Ladder. Les résultats obtenus montrent le bon fonctionnement du programme, mais pour une meilleure satisfaction, il est nécessaire de le transférer dans la CPU de l'automate et de tester la commande de la partie opérative, ce qui constitue une perspective pour un travail ultérieur.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre d'une étude d'un lave-vaisselle. Pour cela, nous avons commencé par présenter un bref historique sur cet appareil, montré les différents types, ses avantages et ses inconvénients.

Ensuite, nous avons présenté la fonction globale de cette machine, exposé les actions du processus de lavage, et montré les éléments essentiels qui la constituent.

Ce travail, nous a permis de passer en revue les étapes du cycle de lavage que nous avons traduit en Organigramme puis en langage Grafset, pour mettre en évidence le système automatisé d'une façon simple.

Puis, nous avons appris à traduire, c'est-à-dire faire la conversion, du programme Grafset en équations logiques pour réaliser enfin le programme en langage Ladder.

L'utilisation du logiciel STEP7-300 V5.5, nous a permis d'implémenter notre programme Ladder représentant les tâches d'automatisation du lave-vaisselle, et de faire la simulation.

Les résultats obtenus montrent le bon fonctionnement du programme, mais reste à le tester par la commande de la partie opérative, ce qui constitue une perspective pour un travail ultérieur.

**Bibliographie
&
Webographie**

Bibliographie & Webographie

- [01] - P. JACQUARD, S. SANDRE, " Automates programmables industriels ", Ed. PYC, Paris, Mai 1993.
- [w1] - <https://fr.wikipedia.org/wiki/Lave-vaisselle>
Consulté le 04/04/22
- [w2] - <http://pmb-int.cuniv-aintemouchent.dz/mémoire>
Consulté le 05/04/22
- [w3] - <https://fr.wikipedia.org/wiki/Lave-vaisselle#Historique>
Consulté le 02/04/22
- [w4] - <https://www.bienchezsoi.net/articles/la-petite-histoire-du-lave-vaisselle-892.php>
Consulté le 02/04/22
- [w5] - <https://www.eraencheres.com/blog/tout-sur-lhistoire-du-lave-vaisselle#:~:text=Le%20premier%20appareil%20permettant%20de,par%20Josephine%20Cochrane%20en%201886.>
Consulté le 05/04/22
- [w6] - <https://www.cddiscount.com/electromenager/lave-vaisselle/lave-vaisselle-tout-integrable-bosch-smv4hcx48e-se/f-11025020104-bos4242005173808.html>
Consulté le 03/04/22
- [w7] - https://www.boulangier.com/info/animation/bcbu/gros-menager/lave-vaisselle/types_lave-vaisselle?fbclid=IwAR06n1BWTz0KKHwTX7GIoU5fPQ2pz-CU2gszmdDm0H6qdwYczjgvZCyGd2c
Consulté le 04/04/22
- [w8] - <https://icdself.com/9/dlja-chistoty-i-porjadka/posudomoechnaja-mashina/pljusy-i-minusy/#i>
Consulté le 06/04/22
- [w9] - <https://fr.calameo.com/read/005159194ef7264ca9e14>
Consulté le 06/04/22
- [w10] - http://jeanluc.rigal.free.fr/reparer_son_lave_vaisselle.html
Consulté le 07/04/22
- [w11] - <https://www.schoolmouv.fr/eleves/cours/systemes-automatisees/fiche-de-cours>
Consulté le 05/04/22
- [w12] - <https://web.facebook.com/AutomatismeIndustriel.Az/posts/775900775884972/>
Consulté le 07/04/22

- [w13] - https://neci.normandie.fr/sites/default/files/contenus_documents/livre-lave-vaisselle.pdf
Consulté le 05/04/22
- [w14] - <https://engineer.decorexpro.com/tech/posudomoyki/princip-raboty-posudomoechnoj-mashiny.html#i>
Consulté le 06/04/22
- [w15] - https://www.google.com/search?q=Panneau+de+contr%C3%B4le+de+la+vaisselle&sxsrf=ALiCzsZvP26p2iWbIXD_1WnkxvOTjQ78tQ:1654280759456&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwibs5qI9JH4AhUixoUKHSKICa0Q_AUoAXoEC_AEQAw&biw=1366&bih=657&dpr=1#imgsrc=90WzVM-o7k8M
Consulté le 22/04/22
- [w16] - <http://www.forum-electromenager.com/reparation-carte-puissance-de-lave-vaisselle.html>
Consulté le 14/04/22
- [w17] - <https://energieplus-lesite.be/concevoir/cuisine-collective2/choisir-la-laverie-vaisselle/choisir-le-lave-vaisselle/>
Consulté le 12/04/22
- [w18] - <https://ww2.ac-poitiers.fr/electronique/spip.php?article96>
Consulté le 12/04/22
- [w19] - https://www.google.com/search?q=Le+produit+de+rin%C3%A7age+&tbm=isch&ved=2ahUKEwiGmZauvJT4AhXihM4BHbFcDgEQ2-cCegQIABAA&oq=Le+produit+de+rin%C3%A7age+&gs_lcp=CgNpbWcQAzIECCMQJ1DNwARYzcAEYOrHBGgAcAB4AIABkgyIAfIVkgEFNy0xLjGYAQCgAQGqAQtn3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&sclient=img&ei=daqbYsaKN-KJur4Psbm5CA&bih=657&biw=1366#imgsrc=S1LysM63sGHGNM
Consulté le 12/04/22
- [w20] - https://www.google.com/search?q=La+poudre+pour+le+la+vaisselle&tbm=isch&ved=2ahUKEwitjZWgvJT4AhXJwoUKHbREA-4Q2-cCegQIABAA&oq=La+poudre+pour+le+la+vaisselle&gs_lcp=CgNpbWcQAzoECCMQJ1D4B1jhU2CIV2gCcAB4AIAB1hKIAf1GkgERMC4zLjEuMC4xLjctMy4xLjGYAQCgAQGqAQtn3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&sclient=img&ei=WKqbYq2BIMmFlwS0iY3wDg&bih=657&biw=1366#imgsrc=HWrPVQkzVb6PsM
Consulté le 12/04/22
- [w21] - http://staff.univ-batna2.dz/sites/default/files/drid-said/files/documentation_chapitre_1_generalites.pdf
Consulté le 13/04/22

- [w22] - <https://www.cyberpieces.com/content/41-module-et-carte-electronique>
Consulté le 12/04/22
- [w23] - <http://www.forum-electromenager.com/reparation-carte-puissance-de-lave-vaisselle.htm>
Consulté le 10/04/22
- [w24] - <https://manuals.plus/fr/bomann/gsp-7411-ix-household-dishwasher-manual#axzz7UyAdD9hB>
Consulté le 15/04/22
- [w25] - <https://atelier.sos-accessoire.com/fonctionnement-lave-vaisselle/#fonctionnement-interne>
Consulté le 16/04/22
- [w26] - https://www.maytag.ca/fr_ca/blog/kitchen/introduction-to-dish-parts.html
Consulté le 18/04/22
- [w27] - <https://infoelectro.ca/conseils-relatifs-a-lusage/guide-des-pieces-de-lave-vaisselle/>
Consulté le 25/04/22
- [w28] - http://jeanluc.rigal.free.fr/reparer_son_lave_vaisselle.html
Consulté le 16/04/22
- [w29] - <https://www.tout-electromenager.fr/forum/1/lavage/36561/panne-f3-lave-lige-whirlpool-adp-6835-wh>
Consulté le 15/04/22
- [w30] - <https://www.amazon.fr/Whirlpool-Electrovanne-Lave-vaisselle-Val500wh-Vaisselle/dp/B07G168VXV>
Consulté le 17/04/22
- [w31] - <https://www.oscaro.com/fr/conseils-mecaniques/pieces-thermiques-climatisation/quand-comment-remplacer-thermostat-eau>
Consulté le 12/05/22
- [w32] - <https://www.electroguide.com/repartiteur-eau-lave-vaisselle>
Consulté le 12/05/22
- [w33] - <https://atelier.sos-accessoire.com/a-quoi-sert-un-adoucisseur-eau-lave-vaisselle/>
Consulté le 12/05/22
- [w34] - <http://www.ikonet.com/fr/ledictionnairevisuel/maison/ameublement-de-la-maison/appareils-electromenagers/lave-vaisselle.php>
Consulté le 18/05/22

- [w35] - <https://slideplayer.fr/slide/3308949/>
Consulté le 16/05/22
- [w36] - http://jeanluc.rigal.free.fr/reparer_son_lave_vaisselle.html
Consulté le 22/05/22
- [w37] - <http://fstech.univ-guelma.dz/sites/default/files/field/Chapitre%202.GRAFCET.pdf>
Consulté le 02/06/22
- [w38] - https://www.est-usmba.ac.ma/GRAFCET/co/module_cours_grafcet_23.html
Consulté le 12/06/22
- [w39] - [file:///C:/Users/Daisi%20Bensenouci/Downloads/FAHEMNASSIM_HAMMARYAZID%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Daisi%20Bensenouci/Downloads/FAHEMNASSIM_HAMMARYAZID%20(1).pdf)
Consulté le 12/06/22
- [w40] - http://archives.univ-biskra.dz/bitstream/123456789/14772/1/daoudi_abd_elghani.pdf
Consulté le 14/06/22
- [w41] - <https://www.youtube.com/watch?v=wzEt8AYomkQ>
Consulté le 14/06/22

Résumé

Le lave-vaisselle est l'un des appareils électroménagers les plus présents dans les foyers et qui a révolutionné la vie des citoyens. Dans ce travail, nous l'avons étudié en présentant son évolution, ces types ainsi que ses avantages et inconvénients. Puis, nous avons présenté ces différentes parties (opérative et commande). Le fonctionnement de cette machine s'effectue en plusieurs étapes (cycle) qu'on a écrit sous forme d'organigramme. Nous avons ensuite représenté son Grafcet et converti ce dernier en Ladder pour enfin faire la simulation avec le logiciel STEP7-300 V5.5.

Mots clés : Lave-vaisselle, programmation, Grafcet, Ladder, simulation STEP7

Abstract

Dishwasher is one of the most common appliances in homes and has revolutionized the lives of citizens. In this work, we have studied it by presenting its evolution, its types as well as its advantages and disadvantages. Then, we presented these different parts (operative and control). The operation of this machine is carried out in several stages (cycle) that have been written in the form of a flowchart. We then represented its Grafcet and converted it into Ladder to finally do the simulation with the STEP7-300 V5.5 software.

Keywords: Dishwasher, programming, Grafcet, Ladder, STEP7 simulation

الملخص

تعتبر غسالة الأطباق من أكثر الأجهزة المنزلية شيوعاً في المنازل وقد أحدثت ثورة في حياة المواطنين. في هذا العمل قمنا بدراسة من خلال عرض تطورها وأنواعها ومزاياها وعيوبها. ثم قدمنا هذه الأجزاء المختلفة (المنطوق والتحكم). يتم تشغيل هذه الآلة على عدة مراحل (دورة) تمت كتابتها في شكل مخطط انسيابي. ثم قمنا بتمثيل Grafcet الخاص به وقمنا بتحويله إلى Ladder للقيام أخيراً بالمحاكاة باستخدام برنامج STEP7-300 V5.5.

الكلمات المفتاحية: غسالة أطباق ، برمجة ، Ladder، Grafcet ، محاكاة STEP7