

Département d'Automatique, Télécommunication et d'Electronique

## Projet de Fin d'Etudes

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Automatique

Spécialité : Automatique et informatique industrielle

### Thème

**Etude et programmation d'un filtre presse (CEVITAL)**

**Préparé par :**

- Mr. MOUHOUB Adel
- Mr. MEKHLLOUF Zineddine

**Dirigé par :**

Mr. MENDIL Boubkour  
Mr. R. Aissou Riad

**Examiné par :**

Mme. Amara Yasmine  
Mr. Kacimi M/akli

Année universitaire : 2023/2024

# *Remerciement*

*Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude envers M. B. Mendil pour son engagement inébranlable et son soutien tout au long de la réalisation de ce mémoire. Ses conseils éclairés et son expertise ont grandement enrichi notre travail.*

*Nous souhaitons également exprimer notre reconnaissance envers l'entreprise CEVITAL pour nous avoir offert l'opportunité de réaliser notre stage pratique au sein de leur équipe. Nos remerciements les plus sincères vont à Meherez Berkouk, Riad Aissou, Saci et MOUHOUB Abdenour, dont l'encadrement attentif et les précieux conseils ont été d'une aide inestimable tout au long de notre expérience professionnelle.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers les membres du jury pour avoir accepté de consacrer leur temps à évaluer notre travail, ce qui nous a profondément honorés.*

*À nos familles, nous sommes profondément reconnaissants pour leur soutien indéfectible et leur encouragement constant. Leur amour et leur compréhension ont été une source de force tout au long de cette période exigeante.*

*Nos amis et collègues méritent également nos remerciements les plus sincères. Leur soutien et leur camaraderie ont rendu cette aventure encore plus enrichissante.*

# ***Table des matières***

<b><i>Introduction générale</i></b> .....	<b>1</b>
<b><i>Chapitre I : Présentation du filtre-presse</i></b> .....	
I.1 Introduction .....	2
I.2 Présentation de CEVITAL Agroalimentaire .....	2
I.3 Description du processus de production sucre .....	3
I.3.1 Section1 Affinage et refonte .....	3
I.3.2 Section2 Carbonatation .....	3
I.3.3 Section 3 Filtration .....	3
I.3.4 Section 4 Décoloration .....	3
I.3.5 Section 5 Concentration .....	3
I.3.6 Section6 Cristallisation haut produit .....	3
I.3.7 Section 7 Séchage .....	4
I.3.8 Section 8 Cristallisation bas-produit .....	4
I.3.9 Section 9 Utilités .....	4
I.3.10 Section 10 Maturation et conditionnement .....	4
I.4 Composants de filtre presse .....	5
I.4.1 Centrale hydraulique .....	5
I.4.2 Moteur hydraulique .....	5
I.4.3 Pompe hydraulique .....	6
I.4.4 Vérin double effet .....	6
I.4.5 Distributeur .....	6
I.4.6 Dispositif de débatissage .....	7
I.4.7 Les Panneaux de sécurité .....	8
I.4.8 Un pressostat .....	8
I.4.9 Un débitmètre .....	9
I.4.10 Les électrovannes .....	9
I.4.11 Les panneaux de contrôle .....	10
I.4.12 Les plateaux .....	10
I.5 Fonctionnement de filtre presse .....	11
I.5.1 Fermeture de filtre presse .....	11
I.5.2 Filtration .....	12
I.5.3 Le pré-compactage .....	12
I.5.4 Lavage gâteaux .....	12
I.5.5 Compactage .....	12
I.5.6 Séchage .....	12
I.5.7 Décompactage .....	12
I.5.8 Purge .....	12
I.5.9 Ouverture de filtre presse .....	12

I.5.10 Débatissage .....	12
I.5.11 Lavage haut pression.....	12
I.6 Les avantages de filtre presse : .....	13
I.7 Conclusion.....	13
<b>Chapitre II : Etude de l'automatisation du filtre presse .....</b>	
II.1 Introduction .....	14
II.2 Elaboration du cahier des charges .....	14
II.2.1 Définition.....	14
II.2.2 Description de filtre presse .....	14
II.2.3 Description fonctionnelle du filtre-presse .....	17
II.2.3.1 Sécurité sur filtre presse fermé .....	19
II.2.3.2 Fermeture filtre .....	19
II.2.3.3 Filtration .....	21
II.2.3.4 Pré-compactage.....	22
II.2.3.5 Lavage gâteaux .....	24
II.2.3.6 Compactage .....	26
II.2.3.7 Séchage .....	28
II.2.3.8 Décompactage.....	30
II.2.3.9 Purge.....	31
II.2.3.10 Ouverture filtre presse.....	33
II.2.3.11 Débatissage.....	34
II.2.3.12 Lavage haute pression .....	35
II.3 Conclusion.....	39
<b>Chapitre III : Matériel et logiciels utilisés.....</b>	
III.1 Introduction .....	40
III.2 Le contrôleur programmable SIMATIC S7-1500 .....	40
III.2.1 Adaptabilité du système d'automatisation SIMATIC S7-1500.....	40
III.2.2 Caractéristique et fonctionnalité de S7-1500 .....	40
III.3 Tia Portal .....	42
III.3.1 Logiciel STEP7 .....	42
III.3.2 Logiciel WinCC .....	45
III.4 Les modules décentralisés (distributed I/O systems) .....	46
III.4.1 Le module décentralisé ET 200S.....	46
III.4.2 Communication de module décentralisé ET 200S .....	49
III.5 Conclusion.....	49
<b>Chapitre IV : Implémentation et programmation avec Tia Portal</b>	
IV.1 Introduction .....	50
IV.2 Configuration matérielle.....	50
IV.2.1 Le système de contrôle automatisé.....	50

IV.2.2 Configuration Réseau du Système de Contrôle du Filtre-Pressé .....	53
IV.3 Description de la Structure du Programme .....	53
IV.4 Programmation .....	56
IV.4.1 La table des variables .....	56
IV.4.2 Programme .....	58
IV.5 Supervision.....	69
IV.5.1 Interface Homme Machine .....	69
IV.5.2 Les alarmes.....	71
IV.6 Conclusion.....	72
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>73</b>
Bibliographie .....	74
<i>Annexe de simulation de programme</i>	

## **Introduction générale**

L'automatisation, véritable pilier du monde industriel moderne, révolutionne la manière dont les processus sont exécutés et gérés. Grâce à ses avancées, elle permet d'accroître l'efficacité, la productivité et la précision dans la fabrication, tout en réduisant les coûts et en minimisant les erreurs humaines. Cette évolution technologique offre ainsi des opportunités sans précédent pour améliorer la compétitivité des entreprises et transformer la manière dont les produits sont conçus, fabriqués et livrés.

Dans ce contexte, notre projet de Master, réalisé au sein de l'entreprise Cevital, porte sur l'étude et la programmation du filtre-pressé en utilisant l'automate S7-1500 et le logiciel TIA Portal. Ce projet vise à optimiser le fonctionnement du filtre-pressé, un dispositif crucial dans les processus de filtration industrielle pour séparer les solides des liquides. En intégrant un automate programmable industriel (API), nous cherchons à contrôler et optimiser automatiquement les paramètres de filtration, tels que la pression, le débit et la durée. Cette automatisation vise à améliorer l'efficacité du processus tout en réduisant la nécessité d'une intervention humaine constante.

Pour atteindre ces objectifs, en élaborant un cahier des charges et un GRAFCET pour modéliser les étapes du processus de filtration. La programmation via TIA Portal permis de gérer automatiquement la filtration avec des fonctions de contrôle, de surveillance et de gestion des anomalies. WinCC est utilisé pour développer des interfaces de supervision, permettant aux opérateurs de surveiller et ajuster les paramètres en temps réel.

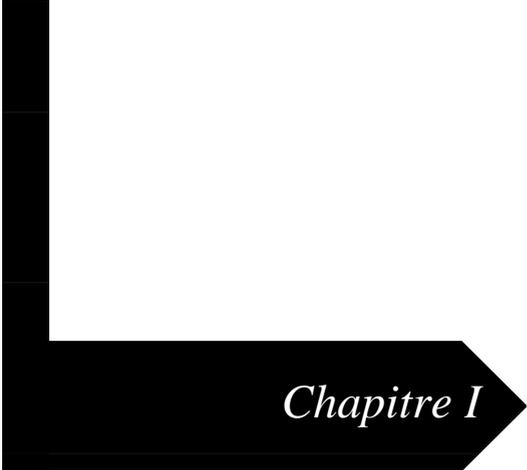
Le présent mémoire est structuré en quatre chapitres, chacun explorant un aspect clé du sujet.

Le premier chapitre, est dédié à la présentation de l'entreprise, du processus de raffinage du sucre et des composants du filtre- presse ainsi que son fonctionnement.

Dans le deuxième chapitre, nous avons élaboré le cahier des charges du filtre-pressé et son GRAFCET.

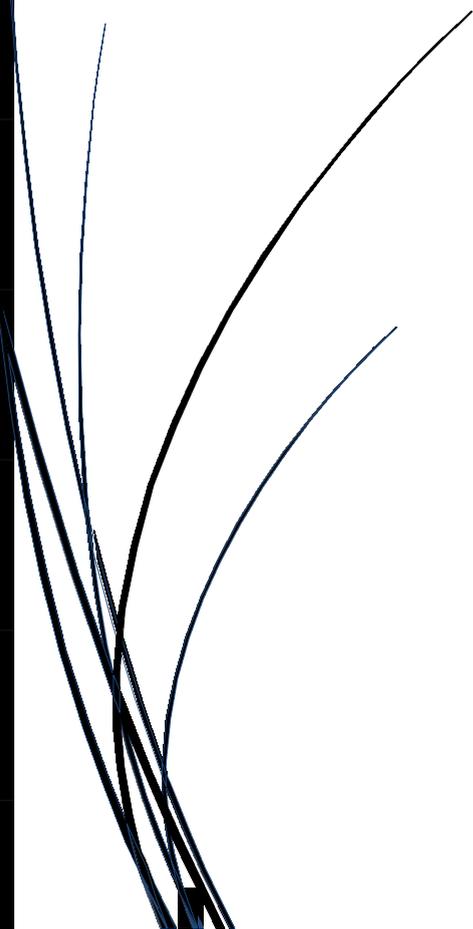
Le troisième chapitre, Présentation des outils utilisés pour le projet, notamment l'automate S7-1500 et TIA Portal.

Le quatrième chapitre, Détails de la mise en œuvre et de la programmation du filtre presse.



*Chapitre I*

*Présentation du filtre-presse*



## **I.1 Introduction**

Dans la raffinerie de sucre de CEVITAL, le filtre-presse est essentiel pour la filtration des boues composées de  $\text{CaCO}_3$  (chaux) et de sirop. Sa mission principale est de séparer ces éléments pour extraire le sucre sous forme de jus concentré. Les résidus de boues sont ensuite évacués et recyclés comme amendement pour le sol.

Ce chapitre examine le processus de production du sucre et décrit en détail les composants et les fonctions du filtre-presse.



*Figure I.1 Le filtre presse*

## **I.2 Présentation de CEVITAL Agroalimentaire**

Créée en 1998, CEVITAL Agroalimentaire, société par actions au capital de 25 milliards de DA, est la plus jeune et la plus importante des entreprises d'un groupe familial diversifié. CEVITAL Agroalimentaire offre des produits de qualité supérieure à des prix compétitifs, grâce à son savoir-faire, ses unités de production ultramodernes, son contrôle strict de qualité et son réseau de distribution performant. Elle couvre les besoins nationaux et a permis à faire passer l'Algérie du stade d'importateur à celui d'exportateur pour les huiles, les margarines et le sucre. La raffinerie 3000T/J, toute nouvelle, elle est dotée de toutes les nouvelles technologies requises sur l'échelle mondiale envers les enjeux technico-commerciaux [1].

## **I.3 Description du processus de production sucre**

Pour obtenir du sucre blanc, le sucre roux passe par les différentes étapes de raffinages effectuées dans les sections suivantes [1] :

### **I.3.1 Section1 Affinage et refonte**

**Affinage :** Après l'avoir pesé, le sucre roux (matière première) sera mélangé à une liqueur d'affinage saturée en sucre puis malaxé sans provoquer la refonte des cristaux. La séparation de l'égout d'affinage du sucre se fait par une centrifugeuse discontinue, l'égout va être traité de façon à extraire le maximum de sucre qu'il contient.

**Refonte :** le sucre obtenu dans l'affinage est refondu à l'eau dans un fondoir de façon à obtenir un sirop

### **I.3.2 Section2 Carbonatation**

La carbonatation est une multitude de réactions chimiques qui permettent la décoloration du sirop obtenu à la refonte. Ce dernier sera traité par une solution de chaux (lait de chaux), le mélange (sirop de refonte/lait de chaux) barbotera avec du gaz carbonique qui insolubilise la chaux en carbonate de calcium afin de piéger les impuretés présentes dans le sucre.

### **I.3.3 Section 3 Filtration**

Le sirop carbonaté sera filtré afin d'éliminer le carbonate de calcium et les impuretés piégées à l'aide des filtres à bougies autonettoyants. Le filtrat est envoyé alors à la décoloration, par contre la boue résultante de la filtration est envoyée vers un filtre presse qui a pour fonction de récupérer le sucre résiduel s'y trouvant encore. Ce sucre est récupéré sous forme de petit jus et est injecté en tête de processus pour être traité. La boue résultante appelée << écume >> est utilisée en agriculture.

### **I.3.4 Section 4 Décoloration**

La technique utilisée est la décoloration sur résines échangeuses d'ions. Le sirop traverse plusieurs colonnes en série remplies de billes de résines décolorantes. Les matières colorantes sont absorbées par la résine jusqu'à sa saturation. La colonne dont la résine est saturée est isolée puis régénérée par le passage dans une saumure.

### **I.3.5 Section 5 Concentration**

Cette étape est la plus délicate, elle consiste à faire évaporer une certaine quantité d'eau pour faciliter la cristallisation du sucre. On obtient alors un sirop contenant 70% de sucre.

### **I.3.6 Section6 Cristallisation haut produit**

La cristallisation est une opération qui a une forte incidence sur l'ensemble de l'équilibre énergétique de l'usine. Le sirop est concentré dans des bacs spéciaux appelés "cuites". Elle est réalisée en faisant l'opération de grainage en introduisant une semence de tel sorte que les particules du sirop se fixent autour. Quand les cristaux atteignent la taille voulue et que les

cuites arrivent à leur volume maximal, le produit est déchargé dans un malaxeur qui sera ensuite centrifugé par desessoreuses séparant les cristaux et le sirop.

### **I.3.7 Section 7 Séchage**

Le sucre obtenu après centrifugation est humide. Alors un séchage pour éliminer cette humidité est nécessaire. On utilise un tube sécheur et un refroidisseur. En sortant de la cristallisation, le sucre est humide à 0.05%. Pour une bonne conservation, on le fait sécher dans un cylindre à air chaud, puis on le fait refroidir dans un refroidisseur à lit fluidisant et on l'envoie vers les silos de maturation pour finaliser la déshumidification et le stocker.

### **I.3.8 Section 8 Cristallisation bas-produit**

C'est une étape de récupération de sucre contenu encore dans les égouts provenant des cuites haute pureté. Elle se fait en trois étapes :

Lors de l'affinage, la séparation du sucre et de la liqueur d'affinage nous donne un sirop appelé égout d'affinage composé d'un égout riche, réutilisé comme liqueur d'affinage et d'un égout pauvre, envoyé vers cette section pour son épuisement en sucre.

L'étape A nous donne un sucre pouvant être réutilisé comme sucre roux.

L'étape B et C ne sont que des moyens d'épuisement supplémentaires. L'égout final, obtenu après l'étape C, contient une quantité de non sucre équivalente à la quantité de sucre non cristallisable, appelé mélasse, et commercialisée pour diverses utilisations telles que :

- La production d'alcool ;
- La fabrication de levure boulangère ;
- L'introduction dans l'alimentation du bétail.

### **I.3.9 Section 9 Utilités**

Elles comportent tous les besoins en vapeur, eau, gaz carbonique et réseau du vide de la raffinerie, d'où son appellation « utilité ». Elle est constituée de:

- Un poste de livraison d'électricité haute tension et moyenne tension pour la distribution vers les différentes sous stations de transformation.
- Différents équipements nécessaires au fonctionnement de la raffinerie;
- Une station de production d'air comprimé.

### **I.3.10 Section 10 Maturation et conditionnement**

Le sucre provenant du séchage est acheminé vers les silos pour y être stocké durant 48 heures, où l'air conditionné élimine l'humidité résiduelle et assure sa maturité. Il est ensuite conditionné.

## **I.4 Composants de filtre presse**

### **I.4.1 Centrale hydraulique**

Elle se compose de [2] :

- Pompe à engrenages basse pression pour gavage du vérin ;
- Pompe à engrenages haut pression pour l'alimentation du vérin ;
- Un système de by-pass comprenant
  - Un clapet anti-retour
  - Un limiteur de pression BP
  - Un limiteur de pression HP
- Moteur électrique ;
- Un distributeur
  - Position neutre : autorise le passage pompe
  - Position ouverture solénoïde YV/OVF Excité : inverse les passages de la position neutre
- Un clapet anti-retour monté en série sur le circuit de la section pleine du vérin
- Un clapet anti-retour monté en dérivation sur le circuit de la section pleine du vérin
- Un limiteur de pression, monté en dérivation sur le circuit de la section pleine du vérin, permet une décharge au bac lorsque la pression est supérieure à la valeur de son tarage
- Manostat de régulation du type à piston
- Manostat de sécurité
- Manomètre monté en dérivation sur le circuit de la section pleine du vérin permet de visualiser les valeurs des pressions affichées.
- Manomètre monté en dérivation sur le circuit de la section annulaire du vérin permet de visualiser les valeurs des pressions.

### **I.4.2 Moteur hydraulique**

Le moteur hydraulique est un actionneur du système hydraulique qui convertit l'énergie de pression du liquide fournie par la pompe hydraulique en énergie mécanique [3].

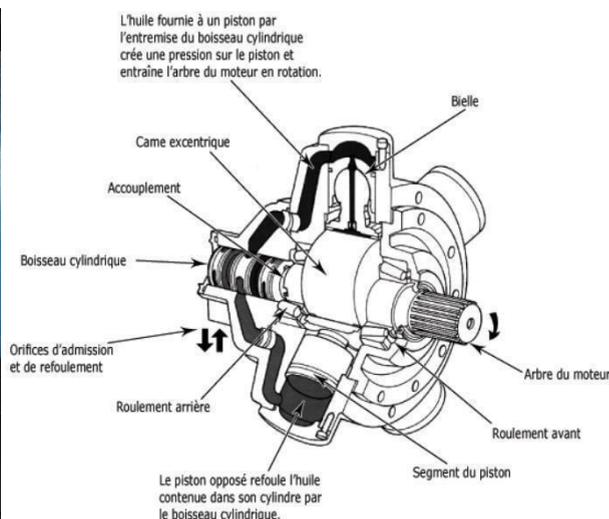


Figure I.2 Moteur hydraulique et sa structure interne

### I.4.3 Pompe hydraulique

Une pompe hydraulique est une pièce mécanique essentielle dans un circuit hydraulique qui transforme l'énergie mécanique de rotation en énergie hydraulique transmise par l'huile vers les récepteurs, tels que les vérins ou les moteurs. Elle permet de faire circuler un fluide, généralement de l'huile [4].

### I.4.4 Vérin double effet

Le vérin hydraulique double effet, connu sous le nom de VDE, utilise la pression de l'huile pour déplacer la tige-piston dans les deux directions. Ce mouvement est contrôlé par une pompe qui est réglée par un système de commande [5].

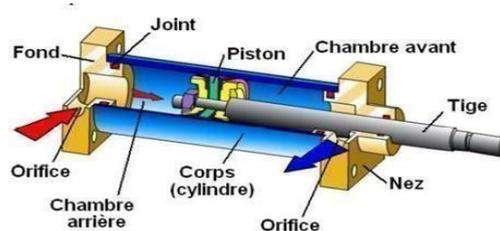


Figure I.3 verin hydraulique double-effet

### I.4.5 Distributeur

Dans les systèmes automatisés, le distributeur hydraulique est un composant clé de la transmission d'énergie, permettant de commuter et de contrôler le flux des fluides sous pression de manière précise. Typiquement, le distributeur se compose d'un tiroir mobile qui se déplace à l'intérieur d'un corps, établissant des connexions entre différents orifices selon diverses configurations. Ce tiroir peut être actionné par divers moyens tels qu'un levier, une bobine, un piston ou un ressort de rappel, assurant ainsi la gestion efficace du flux hydraulique pour répondre aux besoins spécifiques des équipements industriels [6].

### I.4.6 Dispositif de débatissage

Les moyens de débatissage consistent en deux lames portées par des bras disposés en compas sur un chariot à déplacement horizontal, au débatissage, chaque plateau s'écarte pour faire chuter le gâteau.



Figure I.4 chariot de débatissage

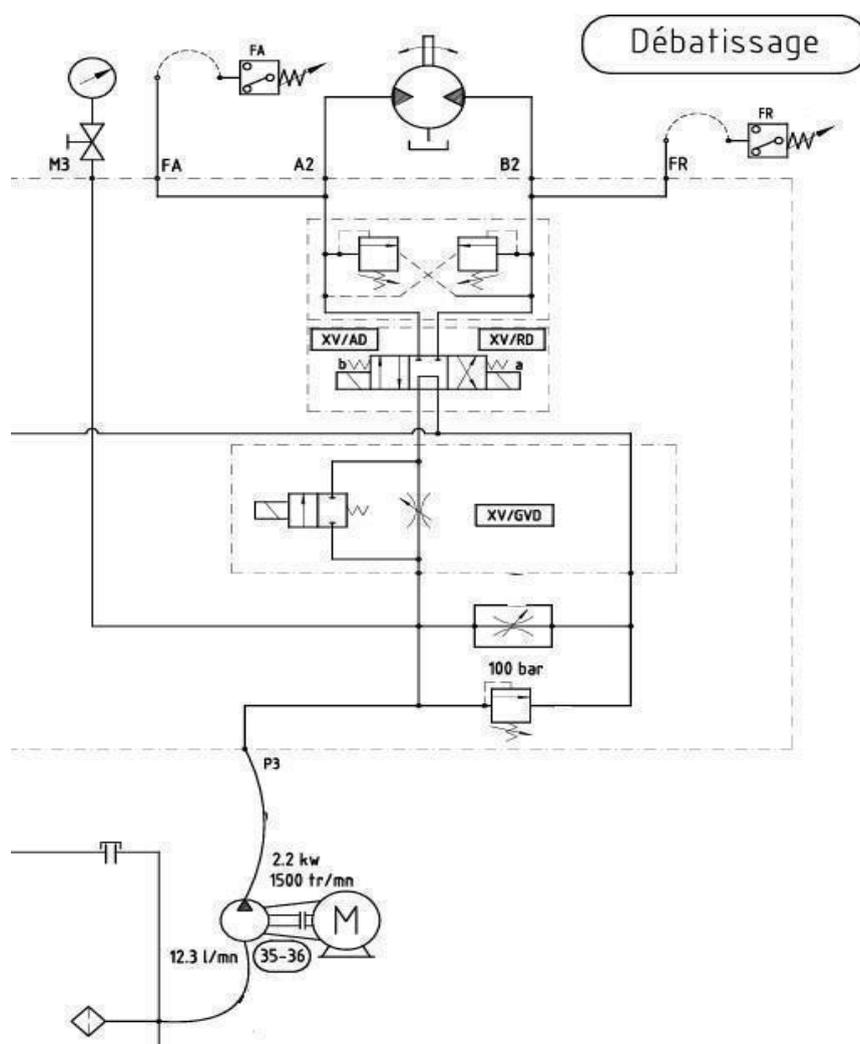


Figure I.5 Installation hydraulique de débatissage

### I.4.7 Les Panneaux de sécurité

Les panneaux de sécurité sont des dispositifs destinés à interrompre les procédures de filtration. Ils se composent de portes de sécurité qui sont reliées à des capteurs qui communiquent toute information concernant l'arrêt souhaité à tout moment. Ces capteurs sont situés en haut de chaque porte. En tirant sur le câble de réarmement, on signale l'activation du processus de filtration.

Pour reprendre le travail du filtre-presse là où il s'était arrêté, il faut d'abord refermer les portes et mettre le levier dans la bonne position, ensuite tirer sur le câble [6].



Figure I.6 Panneaux de sécurité

### I.4.8 Un pressostat

Un pressostat est un dispositif qui actionne un contact électrique lorsqu'une pression de fluide prédéfinie est atteinte. Il peut être mécanique ou électronique et est utilisé dans divers domaines. Son rôle est principalement de contrôler ou de réguler la pression d'un fluide liquide ou gazeux dans un équipement sous pression.



Figure I.7 Pressostats

### I.4.9 Un débitmètre

Un débitmètre est un outil important pour mesurer, contrôler et réguler le débit des fluides liquides ou gazeux dans des canalisations.



Figure I.8 Débitmètre

### I.4.10 Les électrovannes

Les électrovannes, également connues sous le nom d'électrovalves, sont des vannes commandées électriquement permettant de réguler le débit d'un liquide dans un circuit. Grâce à cet organe, il est possible d'agir sur le débit d'un fluide dans un circuit en ouvrant ou fermant la vanne en réponse à des signaux électriques. On distingue différents types d'électrovannes, tels que les électrovannes à commande directe, les électrovannes à commande assistée et les électrovannes à commande forcée. Les électrovannes peuvent être normalement fermées (NF) ou normalement ouvertes (NO), selon leur état par défaut en l'absence de courant. Dans notre filtre-presse on utilise que les électrovannes tout ou rien

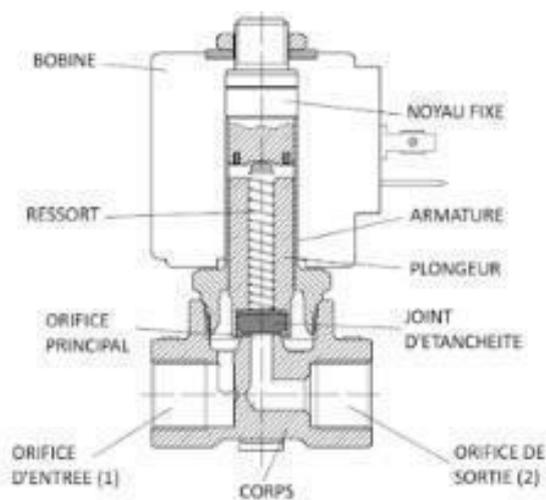
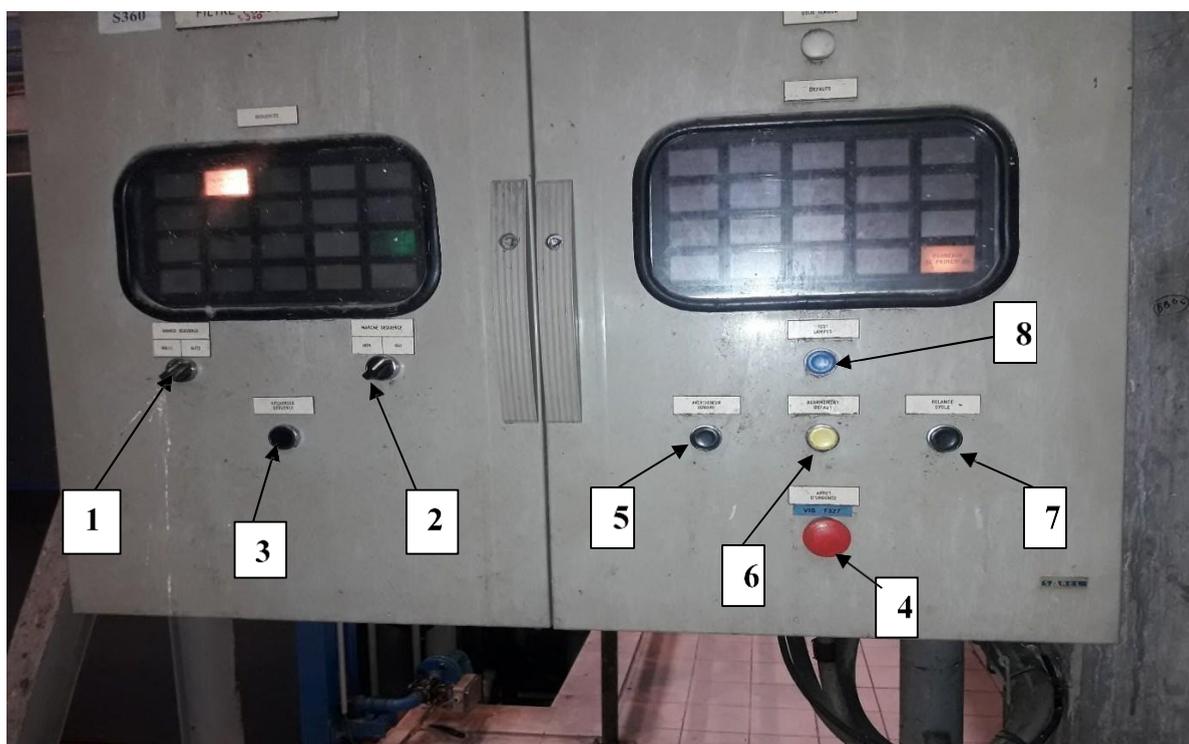


Figure I.9 Electrovanne tout ou rien

### I.4.11 Les panneaux de contrôle

Dans un contexte général, ils font référence à des interfaces ou dispositifs permettant à l'utilisateur d'accéder et de contrôler les principales fonctions d'une application ou d'un système. Ils jouent un rôle crucial en offrant une interface conviviale pour surveiller, ajuster et paramétrer divers aspects d'un système.



**Figure I.10** Les panneaux de controle du filtre-presse

1-Commutateur du mode de fonctionnement, 2- Commutateur de mise enmarche,3- Recherche séquence, 4- Bouton d'arrêt d'urgence, 5- Avertisseur sonore, 6- Réarmement défaut, 7- Relance cycle, 8- Test lamp

### I.4.12 Les plateaux :

Dans un filtre-presse, les plateaux sont suspendus par des oreilles latérales sur deux glissières entre une tête fixe et une tête mobile. Ils sont serrés les uns contre les autres en une pile horizontale lors de la filtration et, pour l'évacuation des gâteaux, ils sont écartés tour à tour de la pile, vers la tête mobile. Généralement, cette manipulation des plateaux est réalisée avec le dispositif de débâtissage automatique.

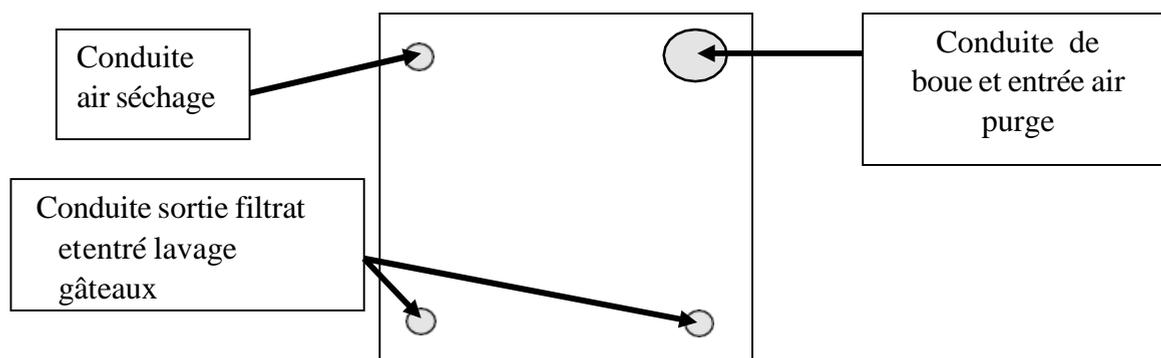
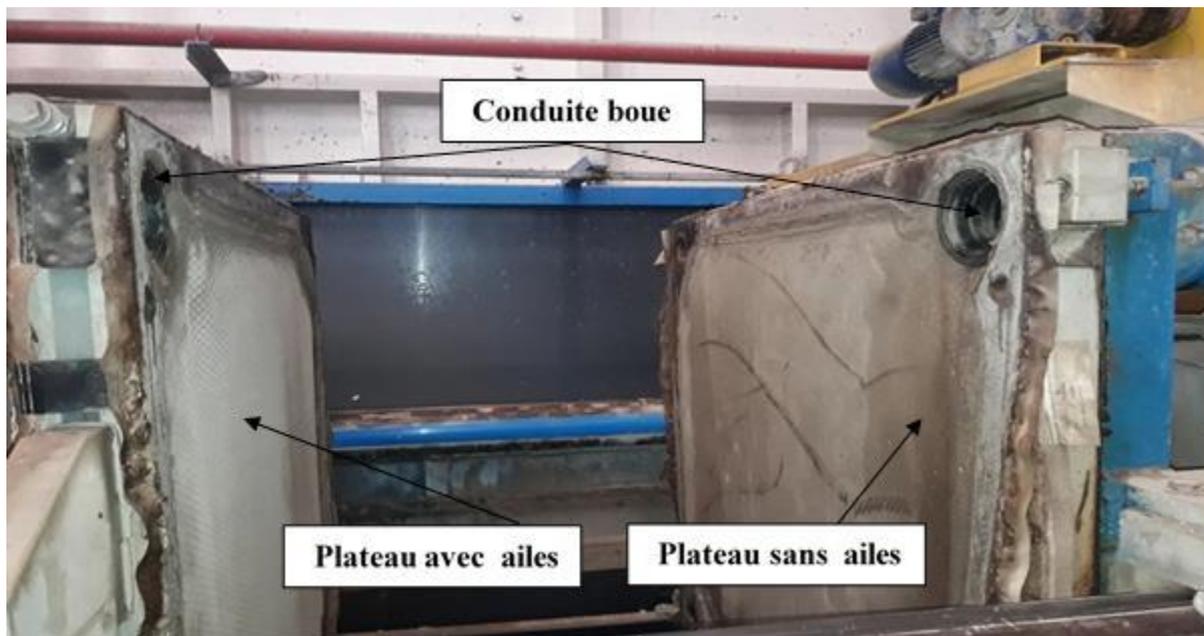


Figure I. 11 Les plateaux de filtration

## I.5 Fonctionnement de filtre presse

### I.5.1 Fermeture de filtre presse

La fermeture du filtre presse est une étape importante dans son fonctionnement. Elle consiste à serrer les plateaux les uns contre les autres à l'aide d'une centrale hydraulique, jusqu'à une pression de 350 bars, pour résister à la poussée provoquée par la pompe d'alimentation de boue. Cette pression est autorégulée pendant toute la filtration pour assurer l'étanchéité au niveau des plaques. Le cycle de travail démarre avec la mise en pression de la partie mobile composée par les différentes plaques qui se serrent.

### **I.5.2 Filtration**

Les chambre de filtration sont remplies de boues à l'aide d'une pompe d'alimentation. L'arrivée continue de boue provoque une montée en pression, cela entraîne la formation d'une couche de boue filtrée.

### **I.5.3 Le pré-compactage**

Durant cette étape, les plateaux membranes sont enflées avec l'air sous pression.

### **I.5.4 Lavage gâteaux**

Dans cette séquence, on envoie de l'eau chaude pour nettoyer les toiles filtrantes et d'éliminer le filtrat rester dans le gâteau.

### **I.5.5 Compactage**

Compactage est la séquence où on envoie plus d'air dans les plateaux, on gonfle les plateaux.

### **I.5.6 Séchage**

Le processus de séchage cannelure consiste à ouvrir la vanne de liaison et la sortie filtrat pour évacuer l'air, la vapeur et l'humidité, puis à ouvrir la vanne d'entrée de séchage si le compactage a été effectué. Ensuite, la fermeture de la vanne de liaison et la sortie filtrat se fait à la fin du temps de séchage cannelure, suivi du début du temps de séchage avec compactage si autorisé pour le séchage des gâteaux.

### **I.5.7 Décompactage**

Libération de l'air dans les plateaux.

### **I.5.8 Purge**

On vide les conduites de l'air.

### **I.5.9 Ouverture de filtre presse**

Dans cette étape on retire la tige de vérin.

### **I.5.10 Débatissage**

Cette opération consiste à évacuer les gâteaux formés à l'intérieur des chambres du filtre-pressé en écartant progressivement l'ensemble des plateaux [7].

### **I.5.11 Lavage haut pression**

Pour maintenir un filtre-pressé en bon état, il est recommandé d'utiliser un pistolet à eau à haute pression pour éliminer les résidus et les impuretés du tissu filtrant, en veillant à maintenir une distance adéquate pour éviter tout dommage. De plus, il est essentiel de déterminer un cycle de lavage adapté, généralement ne dépassant pas 2 mois, afin de nettoyer régulièrement le filtre-pressé et ainsi garantir une qualité de filtrage optimale.

## **I.6 Les avantages de filtre presse :**

Les avantages du filtre-presse incluent [8] :

- ✓ Il peut éliminer une grande quantité des solides en une seule opération.
- ✓ La chambre de filtration peut être remplie plusieurs fois avant de devoir retirer les solides piégés.
- ✓ Le filtre presse facilite la filtration et optimise la productivité.
- ✓ Le filtre presse réduit le temps de filtration en appliquant une pression élevée pour forcer le liquide à travers la toile filtrante.
- ✓ Le filtre presse est un équipement de filtration robuste et durable.

Ces avantages font du filtre-presse un équipement essentiel pour les processus de filtration et de déshydratation dans diverses industries.

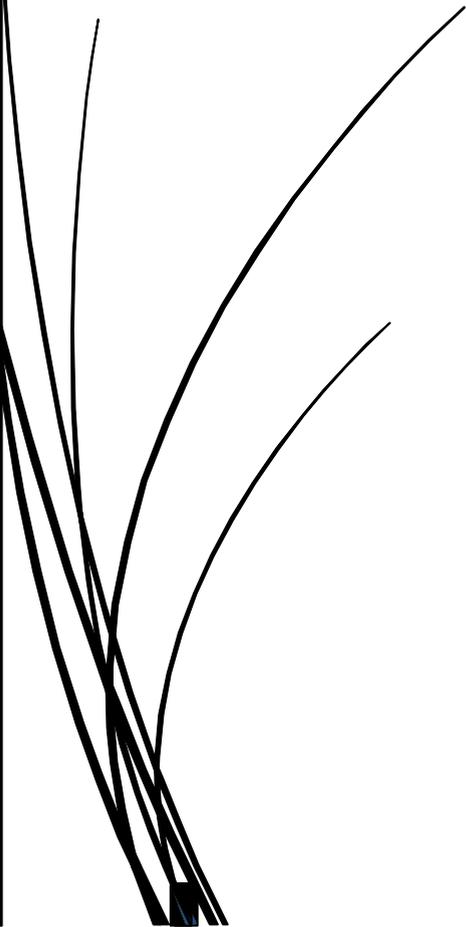
## **I.7 Conclusion**

La compréhension de la structure du filtre-presse offre la possibilité d'anticiper et de résoudre efficacement les problèmes techniques éventuels. Ce premier chapitre pose ainsi la base pour une analyse approfondie du fonctionnement et de l'optimisation des performances du filtre- presse, ouvrant la voie à des solutions innovantes et une gestion proactive des défis rencontrés dans le domaine de la filtration industrielle.



*Chapitre II*

*Etude de l'automatisation du  
filtre presse*



## **II.1 Introduction**

Le chapitre 2 aborde le sujet du cahier des charges et du Grafcet de la machine du filtre presse. Le Grafcet, ou Graphe Fonctionnel de Commande Etape-Transition, est un outil de représentation graphique des séquences opérationnelles d'un système automatisé. Il permet de modéliser le comportement logique et séquentiel d'une machine [9]. D'autre part, le cahier des charges est un document essentiel qui définit de manière détaillée les besoins, les contraintes et les spécifications techniques d'un projet. En combinant la compréhension du Grafcet et l'élaboration précise du cahier des charges, on établit des bases solides pour la conception et la mise en œuvre efficace de systèmes automatisés.

## **II.2 Elaboration du cahier des charges**

### **II.2.1 Définition**

Le cahier des charges fonctionnel de la machine est un document qui définit avec précision les exigences fonctionnelles, les contraintes techniques, les spécifications de performance, les exigences de test et de validation, et les exigences de documentation pour la conception, la fabrication et la mise en service d'une machine. Le cahier des charges fonctionnel doit être rédigé avec soin, en offrant une clarté et une précision qui guideront le projet de sa conception à sa réalisation.

### **II.2.2 Description de filtre presse**

La figure II.1 illustre l'installation hydraulique du filtre presse qui se compose de :

- 3 vannes
- 2 pompes hydrauliques
- 4 pressostats
- 4 capteurs de fin de course
- Vérin hydraulique double effet

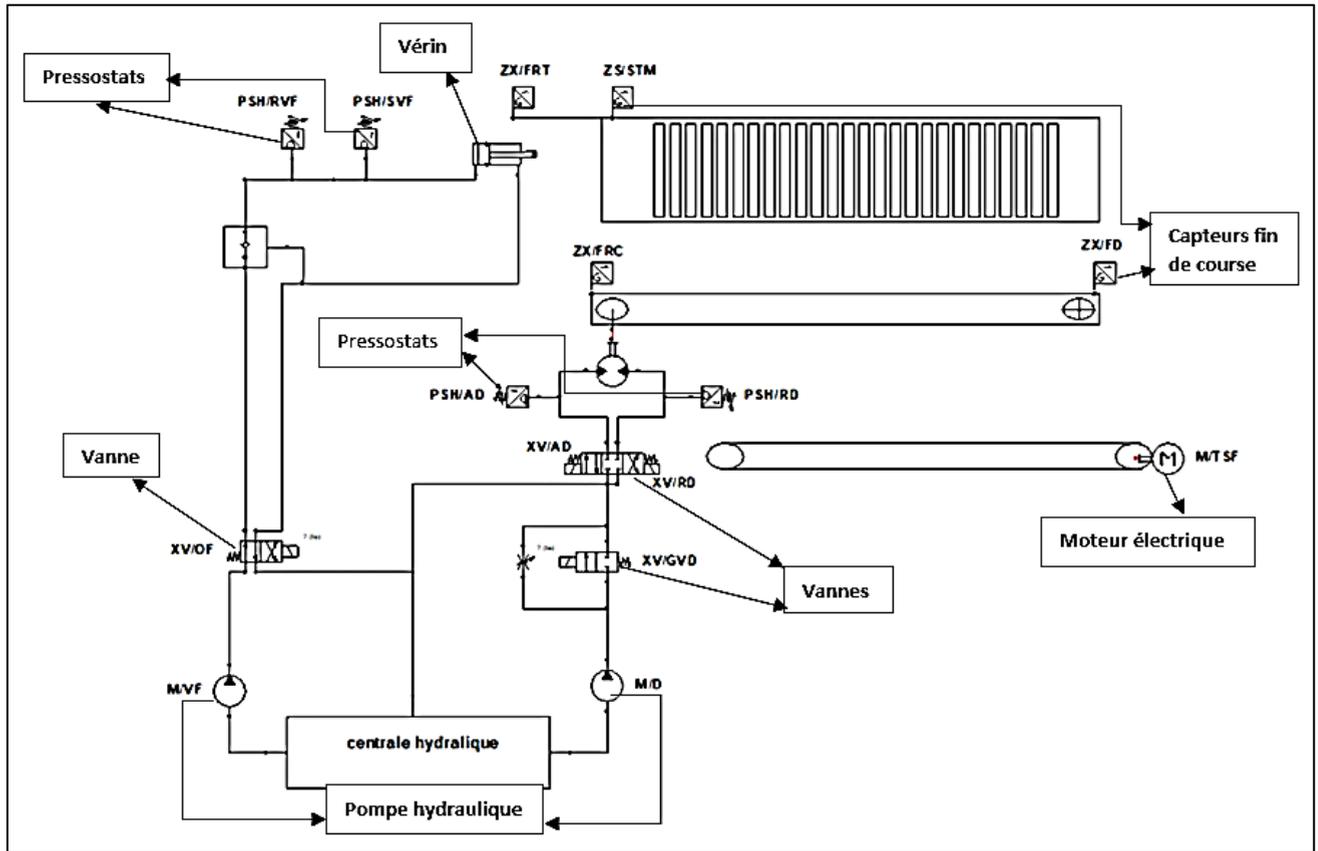


Figure II. 1 Schéma de l'installation hydraulique de filtre-presse

La figure II.2 illustre l'installation de processus complet du filtre presse qui se compose de :

- 16 vannes
- 2 pompes hydrauliques
- 2 réservoirs

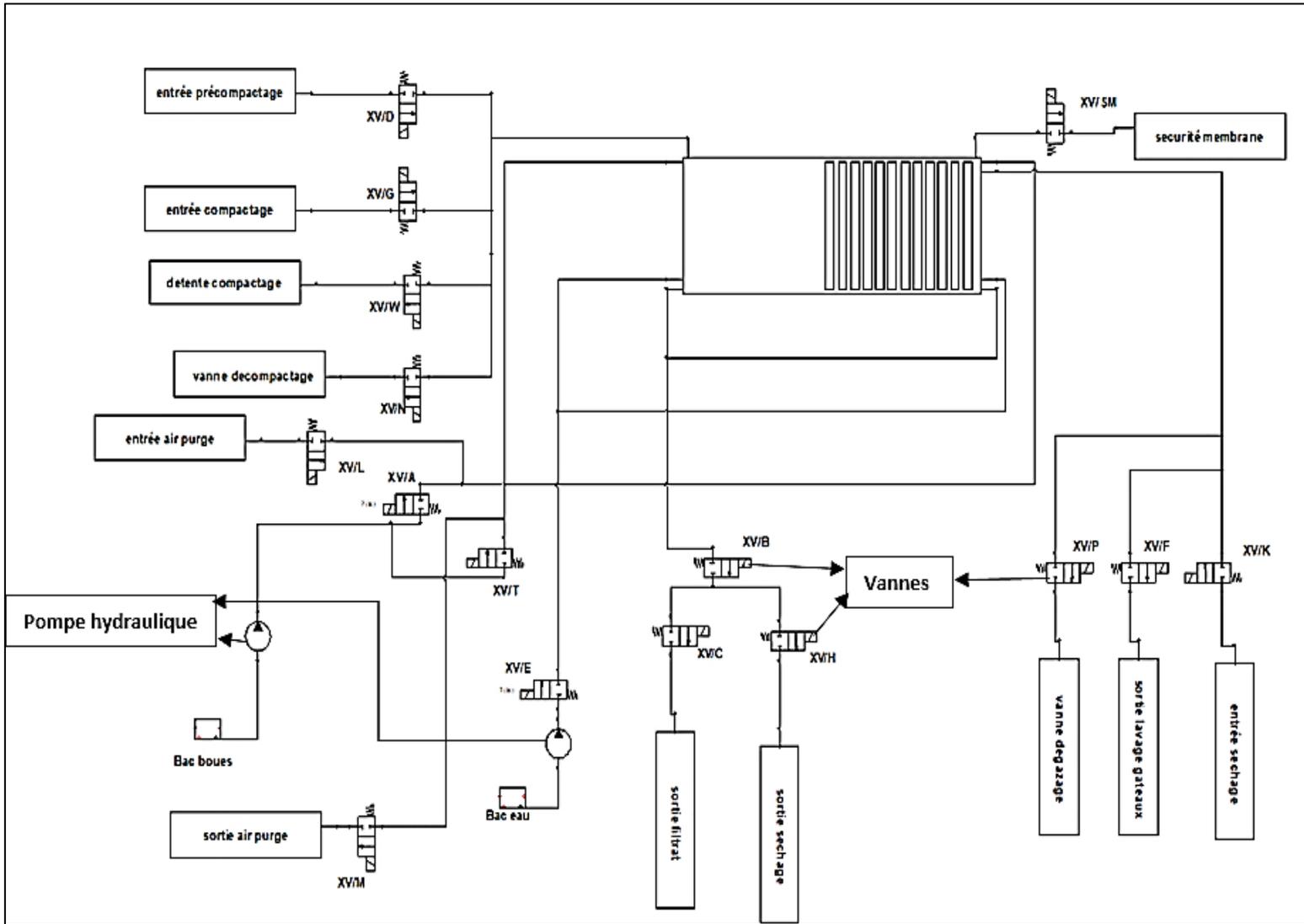
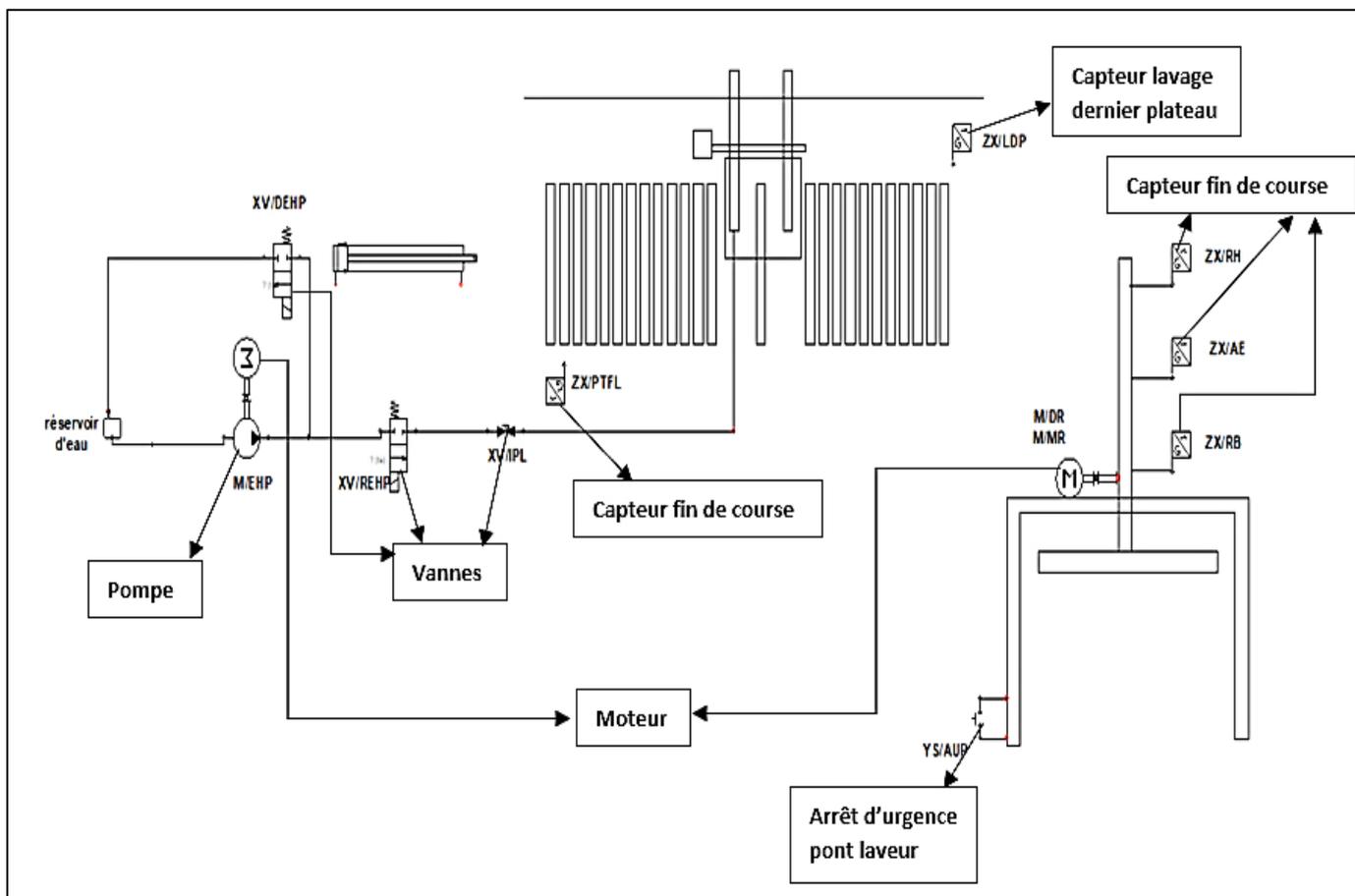


Figure II.2 Schéma de processus complet

La figure II.3 illustre l'installation de lavage haute pression du filtre presse qui se compose de :

- 3 vannes
- 1 pompes hydrauliques
- 5 capteurs de fin de course
- 2 moteurs
- 1 réservoir d'eau



*Figure II.3 Schéma de lavage haute pression*

### II.2.3 Description fonctionnelle du filtre-presse [10]

Le filtre-presse dispose de deux modes de fonctionnement, à savoir le mode automatique et le mode manuel. En mode automatique, le cycle est continu. Tandis qu'en mode manuel, l'utilisateur peut choisir entre un cycle continu ou discontinu. En appuyant sur le bouton "auto", le cycle sera en mode automatique.

Le processus de filtration à travers le filtre presse est planifié en 11 étapes clés. Tout commence par la fermeture précise du filtre. La filtration qui constitue le noyau du processus de purification du sucre.

Après la filtration, quatre étapes complémentaires interviennent pour renforcer l'efficacité du processus et garantir une qualité optimale du produit final : le pré-compactage, le lavage des gâteaux, le compactage et le séchage, ces étapes complémentaires enrichissent le processus de filtration en assurant une purification approfondie du sucre. Le décompactage et la purge, préparant soigneusement le terrain pour l'ouverture du filtre.

Enfin, pour nettoyer le filtre et maintenir des normes d'hygiène élevées, les étapes de débâtissage et de lavage haute pression sont mises en place (Figure II.4).

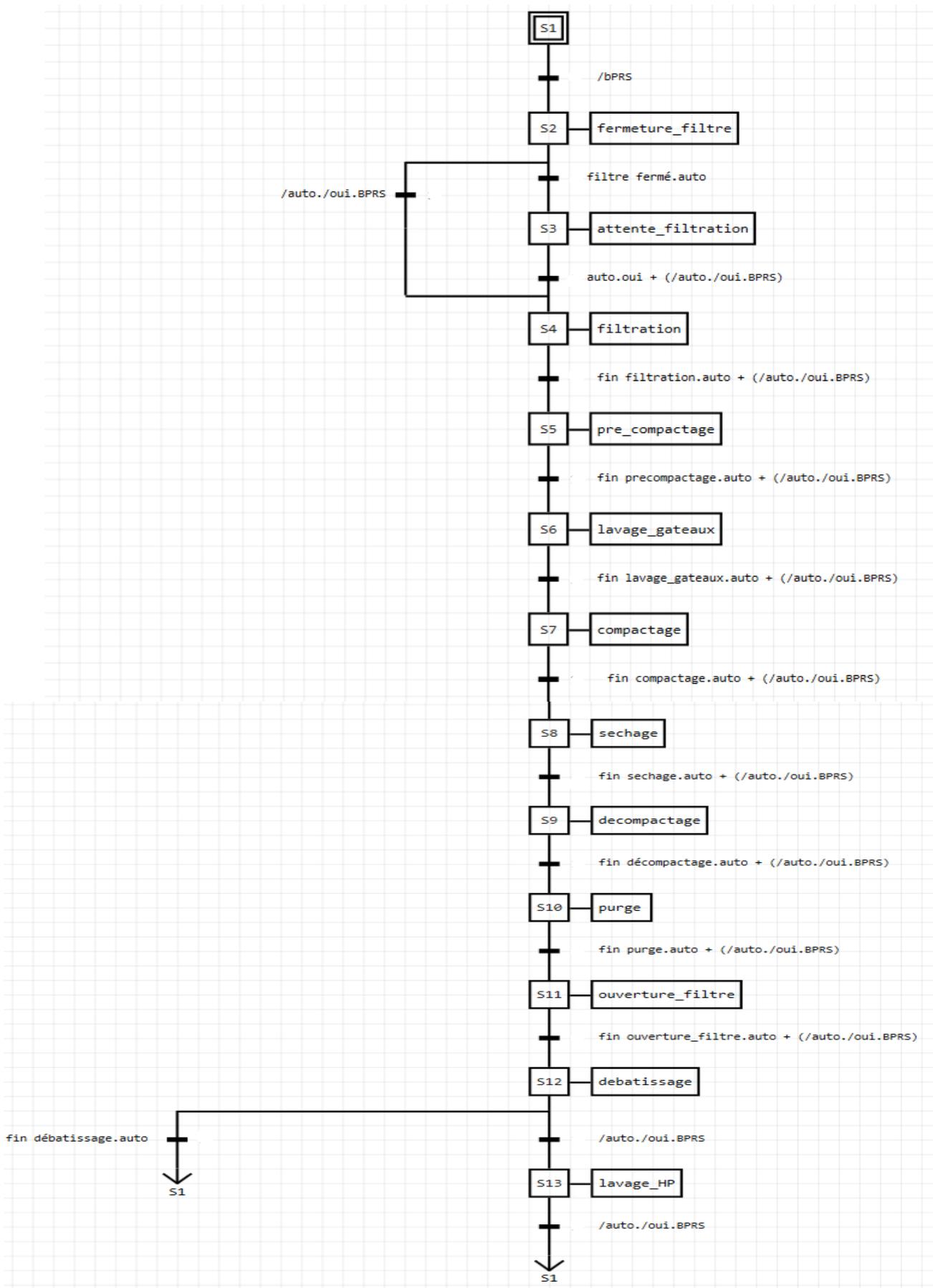


Figure II.4 Grafcet générale

### **II.2.3.1 Sécurité sur filtre presse fermé**

#### **II.2.3.1.1 Sécurité sur la machine**

C'est un système de sécurité combinant des éléments mécaniques et hydrauliques, utilisant des pressostats pour surveiller la pression et un détecteur de position de la tête mobile.

#### **II.2.3.1.2 Sécurités sur automatismes**

➤ **Centrale hydraulique**

- Discordance du moteur de la pompe.
- Discordance du pressostat de sécurité PSH/SVF.
- Discordance de régulation de pression PSH/RVF.

➤ **Tête mobile**

La position de la tête mobile est contrôlée en permanence par le détecteur ZS/STM.

Ce capteur est traité en sécurité positive (normalement ouvert - NO) et doit être active jusqu'à l'ouverture du filtre en assurant deux fonctions principales :

- Arrêt de la tête mobile.
  - Position de la came liée à tête mobile.
- **Arrêt d'urgence** : l'opérateur appuie sur le bouton d'arrêt d'urgence, le cycle s'arrête.
- **Vanne de sécurité membrane**

C'est une vanne normalement ouverte, elle se ferme dès que le détecteur ZS /STM est activé. En cas de perte de l'information de détecteur ZS/STM, la vanne XV/SM est dilatation ouverte.

### **II.2.3.2 Fermeture filtre**

➤ **Condition de démarrage :**

- Pas d'arrêt d'urgence
- Pas d'autres séquences démarrer
- Contrôle du pressostat **PSH/RVF** et **PSH/SVH** à 0
- Panneaux de protection fermer

➤ **Condition de fonctionnement :**

- Pas d'arrêt d'urgence
- Pas discordance dans la centrale hydraulique
- A la fin de la montée en pression, pas de défaut de positionnement de la tête mobile (ZS/STM).

➤ **Fonctionnement :**

La pompe hydraulique du vérin démarre. Ce qui entraîne une augmentation de la pression dans le vérin. Cette augmentation active le pressostat de sécurité. Lorsque le pressostat de régulation est activé, la pompe s'arrête (Figure II.5).

✓ Grafcet de régulation de pression :

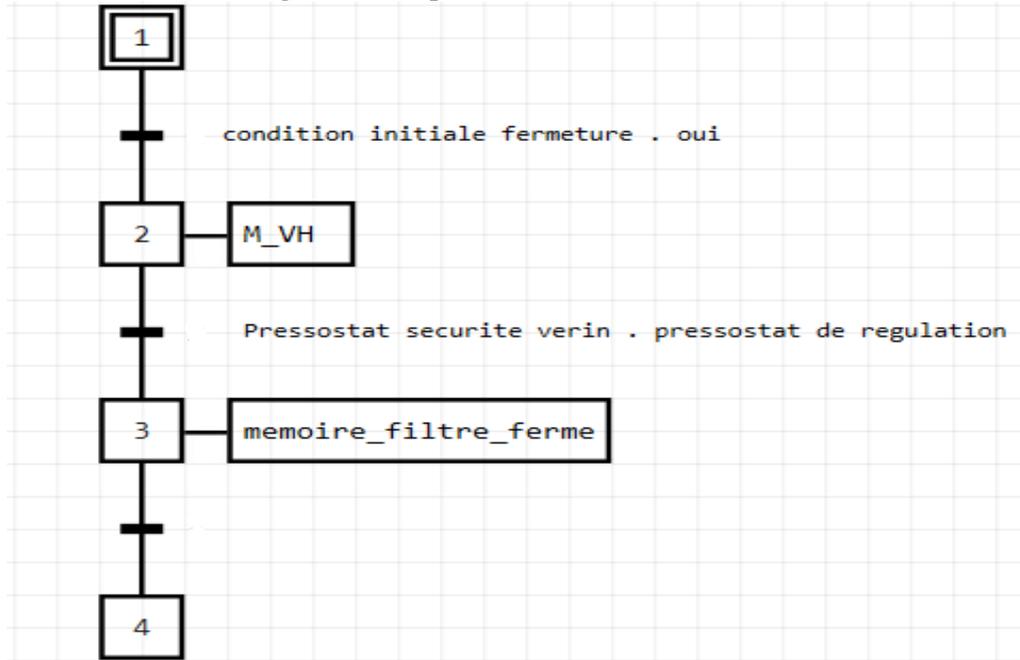


Figure II. 5 Grafcet de l'étape fermeture

Pour maintenir la pression dans le filtre en utilise un pressostat de régulation, si le pressostat est inactif la pompe démarre jusqu'à que le pressostat devient actif. Ce cycle se répète jusqu'à l'ouverture de filtre (Figure II.6).

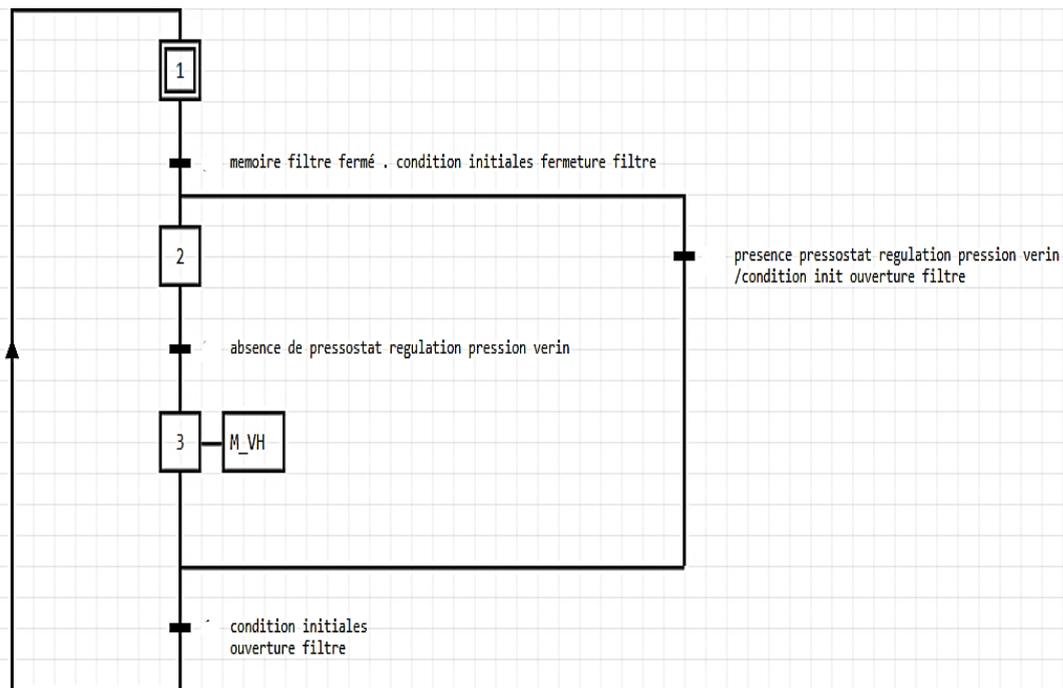


Figure II. 6 Grafcet de régulation de pression

➤ **Défauts-Alarmes :**

- Centrale hydraulique :  
PSH/RVF ou PSH/SVF activé (état 1) au démarrage de la séquence de fermeture interdit le démarrage de cette dernière.
- Discordance de la séquence fermeture.
- Sécurité sur filtre-presse fermé.

### **II.2.3.3 Filtration**

➤ **Condition de fonctionnement :**

- Séquentiel ou automatique.
- Pas d'autre séquence démarrée
- Pas d'arrêt d'urgence.
- Sécurité filtre-presse fermé.
- Filtre-presse fermé

➤ **Fonctionnement :**

Les vannes XV/B, XV/C, XV/A et XV/T s'ouvrent et la pompe de filtration à petite vitesse démarre. Après une temporisation, la pompe à petite vitesse s'arrête et la pompe à grande vitesse prend le relais. Cette dernière fonctionne jusqu'à ce que la pression désirée soit atteinte ou que le temps de filtration soit écoulé. Ensuite, les vannes XV/C, XV/B et XV/T se ferment et le compteur de cycle s'incrémente (Figure II.7).

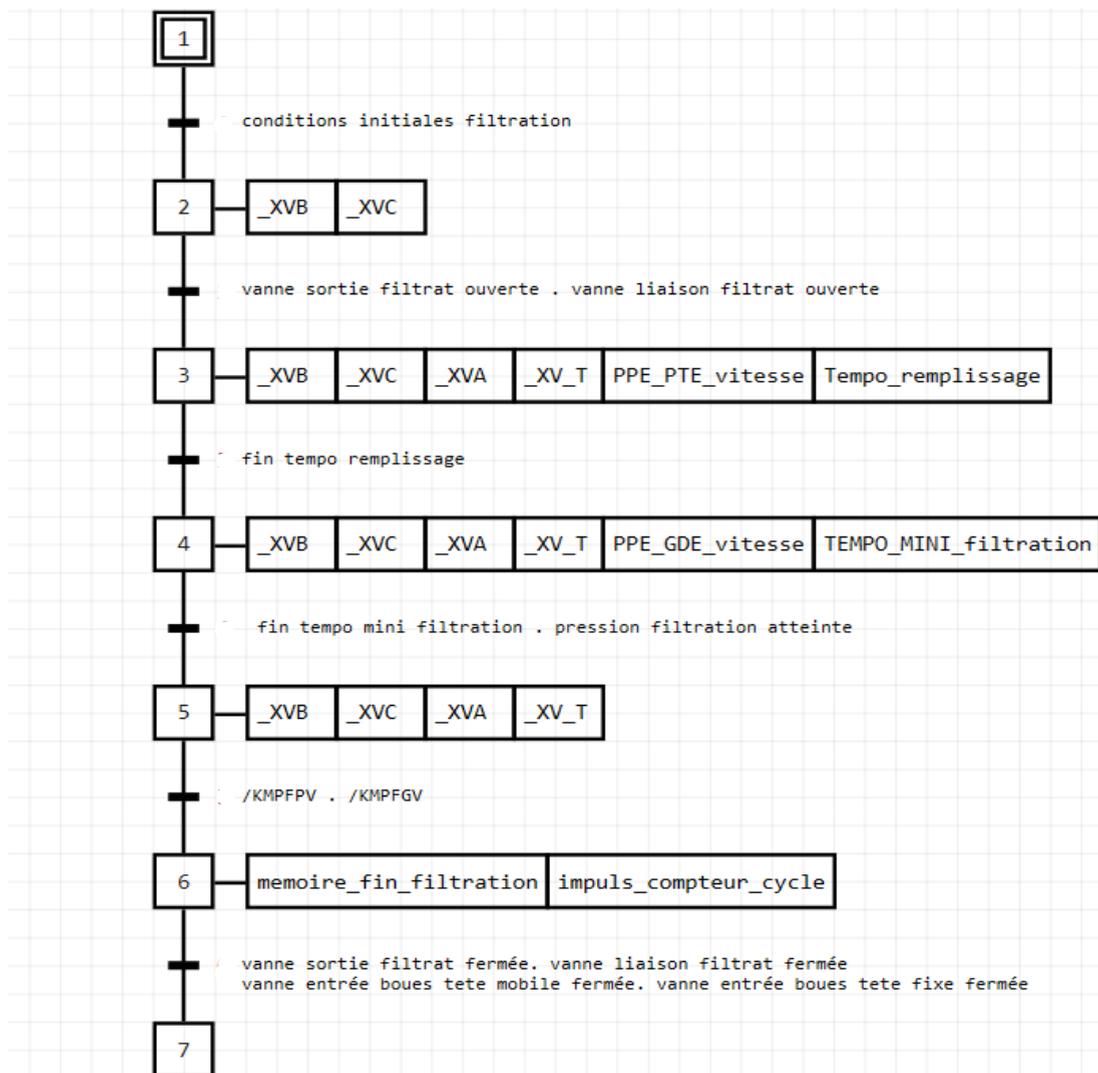


Figure II.7 Grafcet de l'étape filtration

➤ **Défauts alarmes :**

- Discordance des vannes processus.
- Discordance des pompes de filtration.
- Sécurité sur sécurité filtre.
- Arrêt d'urgence.

Le cycle s'arrête. Le klaxon se met en marche. La voyant concerner clignote.

**II.2.3.4 Pré-compactage**

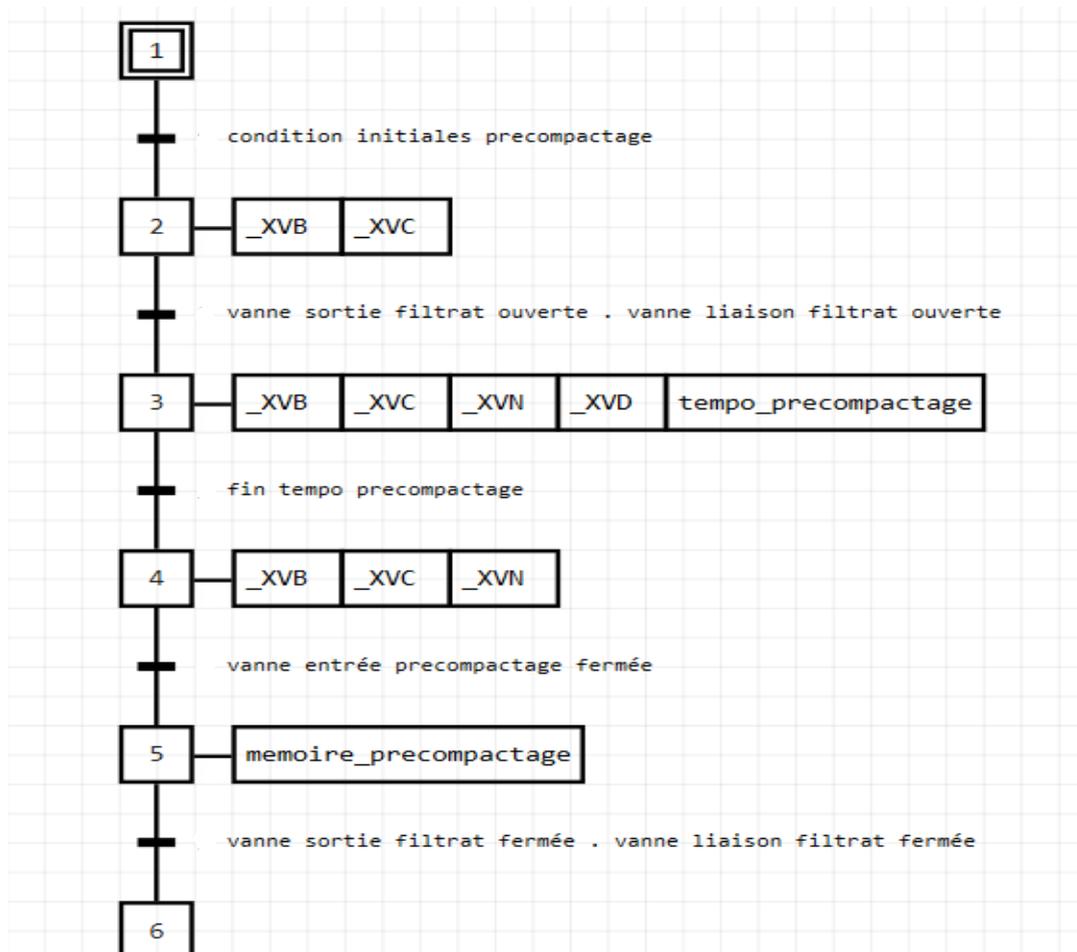
➤ **Condition de fonctionnement :**

- Séquentiel ou automatique.
- Pas d'autre séquence démarrée.
- Sécurité sur filtre presse fermé.
- Pas d'arrêt d'urgence.

- Filtre presse fermé
- Commutateur pré-compactage sur « avec »

➤ **Fonctionnement :**

La vanne XV/N se ferme, tandis que les vannes XV/C, XV/B et XV/D s'ouvrent lorsque le pressostat PSH/P01 est activé pour démarrer la temporisation du pré-compactage. À la fin de cette période, les vannes XV/C, XV/B et XV/D se ferment et XV/N reste fermée (Figure II.8).



*Figure II.8 Grafcet de l'étape pré-compactage*

➤ **Défauts alarmes :**

- Discordance des vannes processus.
- Sécurité sur le filtre-presse fermée.
- Arrêt d'urgence.

Le cycle s'arrête. Le klaxon se met en marche. Le voyant concerner clignote.

### **II.2.3.5 Lavage gâteaux**

➤ **Conditions de démarrage :**

- Pas d'autre séquence démarrée.
- Filtre presse fermé.
- Commutateur lavage gâteaux sur « avec ».
- Niveau bas de lavage gâteaux présent.

➤ **Conditions de fonctionnement :**

- Séquentiel ou automatique.
- Pas d'arrêt d'urgence.
- Sécurité sur filtre fermé.

➤ **Fonctionnement :**

Le système de lavage des gâteaux de filtration offre deux modes de fonctionnement, avec ou sans compactage.

En mode sans compactage, le processus débute par le choix du mode de lavage (volume ou temps). La vanne XV/F s'ouvre et la pompe M/PLG démarre. La vanne XV/E s'ouvre ensuite, selon le mode de lavage sélectionné, soit une temporisation démarre, soit le débitmètre compte les impulsions. Enfin, la pompe M/PLG s'arrête et les vannes XV/E et XV/F se ferment.

En mode avec compactage, le processus est similaire jusqu'à l'arrêt de la pompe M/PLG et la fermeture de la vanne XV/E. Un compteur du nombre de cycles compactage- lavage effectués est alors vérifié. Si la valeur cible est atteinte, le processus passe à l'étape finale (fermeture vanne XV/F). Sinon, le cycle continue : la vanne XV/G s'ouvre et le temps de compactage démarre. L'ouverture et la fermeture de la vanne de détente de compactage XV/W dépendent de l'état du pressostat PSH/P03 : si activé, XV/W s'ouvre, sinon elle reste fermée (figure II.9).

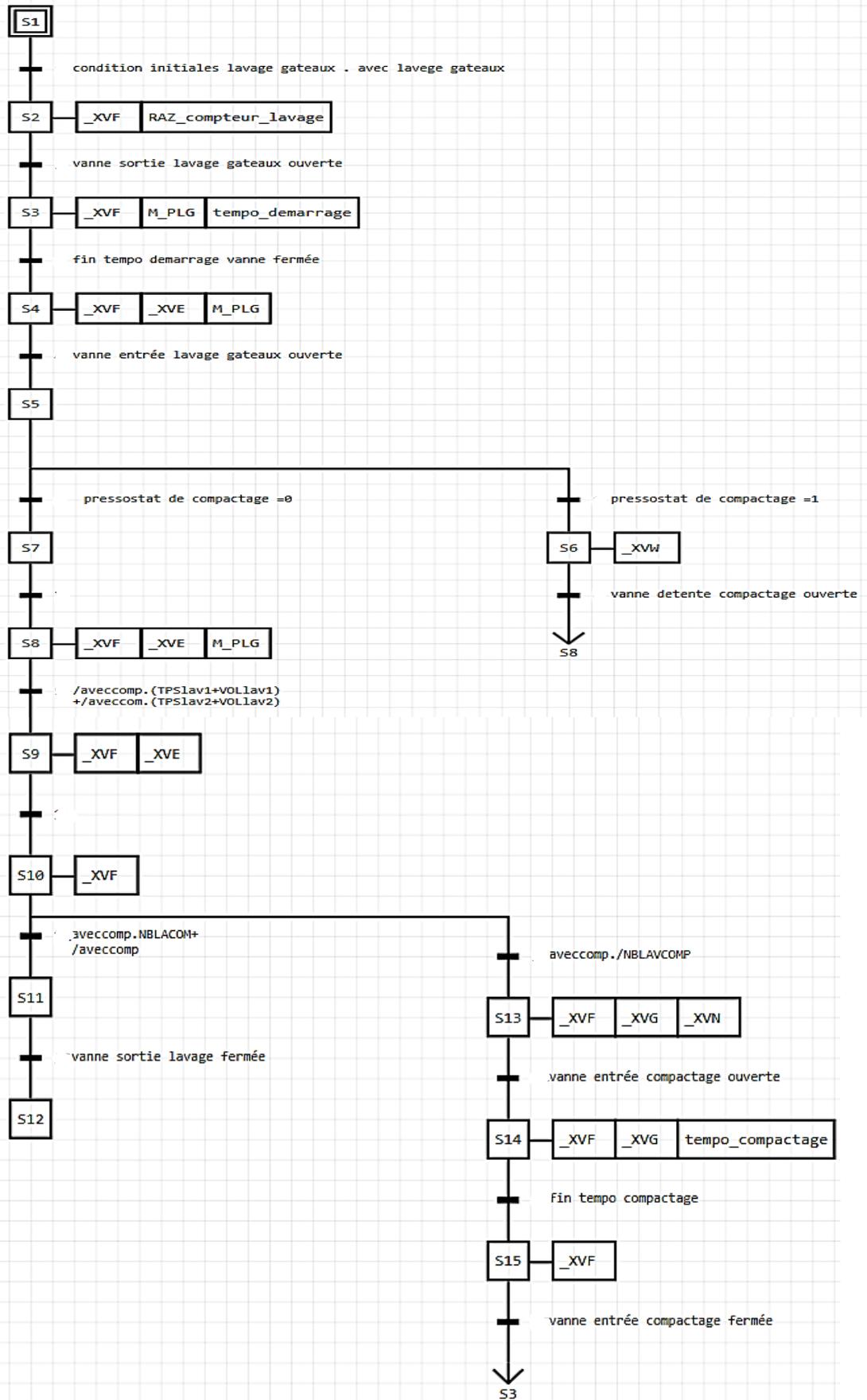


Figure II.9 Grafset de l'étape lavage gâteaux

➤ **Défauts-Alarmes :**

- Sécurité sur filtre fermé.
- Discordance des vannes de processus.
- Discordance pompe lavage gâteaux.
- Niveau bas dans le réservoir lavage gâteaux.
- Arrêt d'urgence.

Le cycle s'arrête. Le klaxon se met en marche. La voyant concerner clignote.

### **II.2.3.6 Compactage**

➤ **Conditions de fonctionnement :**

- Séquentiel ou automatique.
- Pas d'autre séquence démarrée.
- Pas d'arrêt d'urgence.
- Sécurité sur filtre fermé.
- Autorisation pour compactage.
- Commutateur « COMPACTAGE » sur « AVEC ».
- Filtre-presse fermé.

➤ **Fonctionnement :**

Dans le processus de compactage, deux modes de fonctionnement sont distingués en fonction de la réalisation ou non du lavage des gâteaux. Lorsque le lavage est effectué, la séquence débute par l'ouverture de la vanne XV/F et la fermeture de la vanne XV/N, suivie de l'ouverture de la vanne XV/G. Ensuite, la temporisation du compactage<sup>1</sup> démarre. À la fin de cette temporisation, la vanne XV/C s'ouvre, puis la vanne XV/B s'ouvre pour permettre le déroulement de la temporisation compactage<sup>2</sup>. En conclusion, la vanne XV/G se ferme en premier, suivie de la fermeture des vannes XV/F, XV/B et XV/C, tandis que la vanne XV/N reste fermée.

En revanche, si le lavage des gâteaux n'a pas été effectué, le processus démarre par l'ouverture des vannes XV/F, XV/B et XV/C, et la fermeture de la vanne XV/N. Ensuite, l'ouverture de la vanne XV/G est suivie du début de la temporisation compactage<sup>2</sup>. Enfin, la vanne XV/G se ferme en premier, puis les vannes XV/F, XV/B et XV/C se ferment, la vanne XV/N restant fermée (figure II.10).

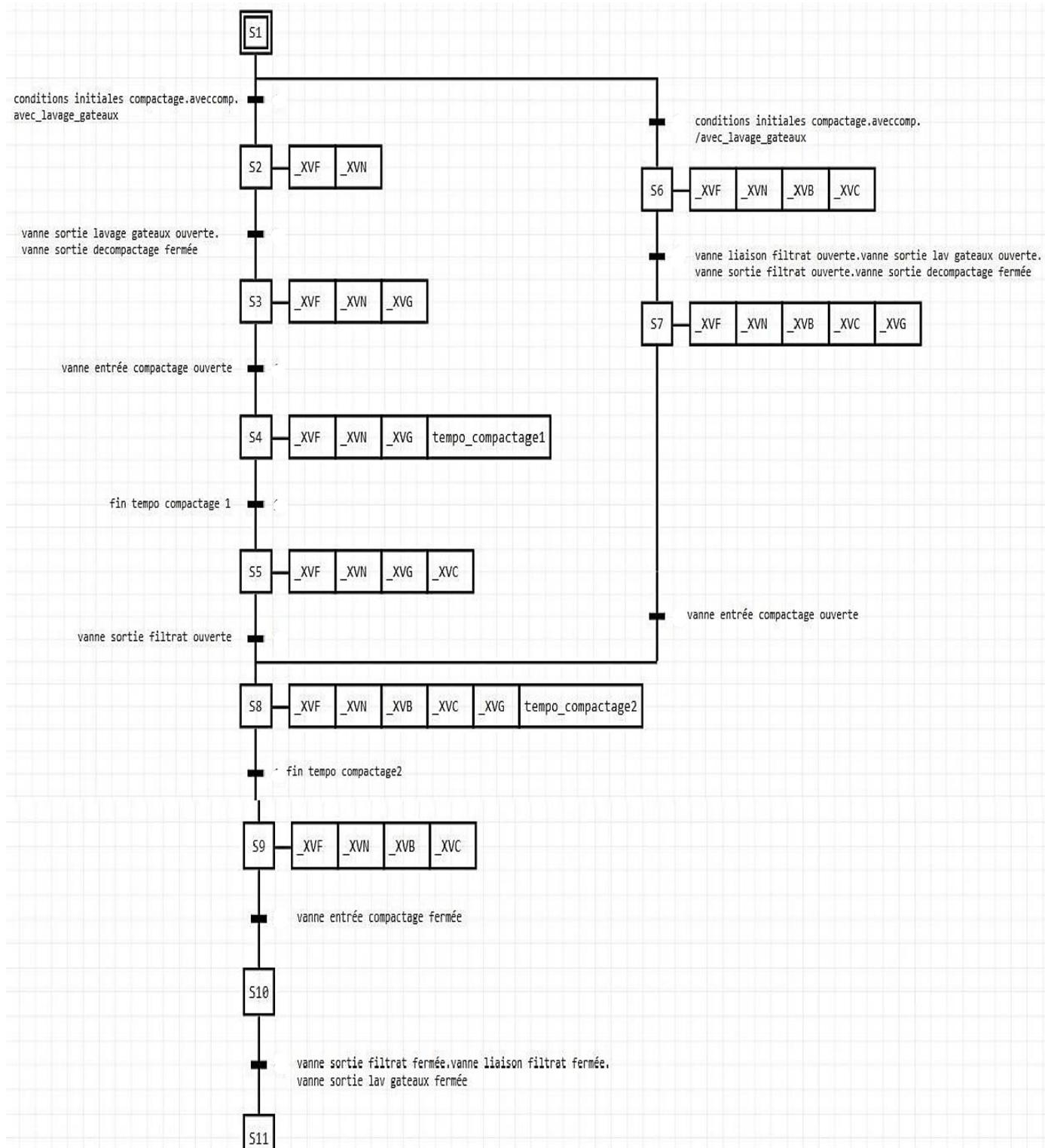


Figure II. 10 Grafcet de l'étape compactage

➤ **Défauts alarmes :**

- Sécurité sur filtre fermé.
- Discordance des vannes de processus.
- Arrêt d'urgence.

Le cycle s'arrête. Le klaxon se met en marche. La voyant concerner clignote.

### II.2.3.7 Séchage

➤ **Conditions de fonctionnement :**

- Séquentiel ou automatique.
- Pas d'autre séquence démarrée.
- Pas d'arrêt d'urgence.
- Sécurité sur filtre fermé.
- Filtre-presse fermé.

➤ **Fonctionnement :**

Le processus se divise en quatre étapes :

La première Etape est le séchage de la cannelure débute par l'ouverture des vannes XV/B et XV/H. Si le compactage est autorisé, la vanne XV/G s'ouvre et la vanne XV/N se ferme. Ensuite, la vanne XV/K s'ouvre et la temporisation du séchage de la cannelure démarre.

A la fin de cette temporisation, la deuxième étape démarre par la fermeture de la vanne XV/B, et la temporisation du séchage des gâteaux démarre en fonction du mode choisi, avec ou sans compactage.

La troisième étape est la décompression : la vanne XV/K se ferme, les vannes XV/F et XV/B s'ouvrent, puis débute la temporisation de décompression.

Enfin, la quatrième étape consiste à fermer toutes les vannes utilisées sauf la vanne XV/N reste fermée (Figure II.11).

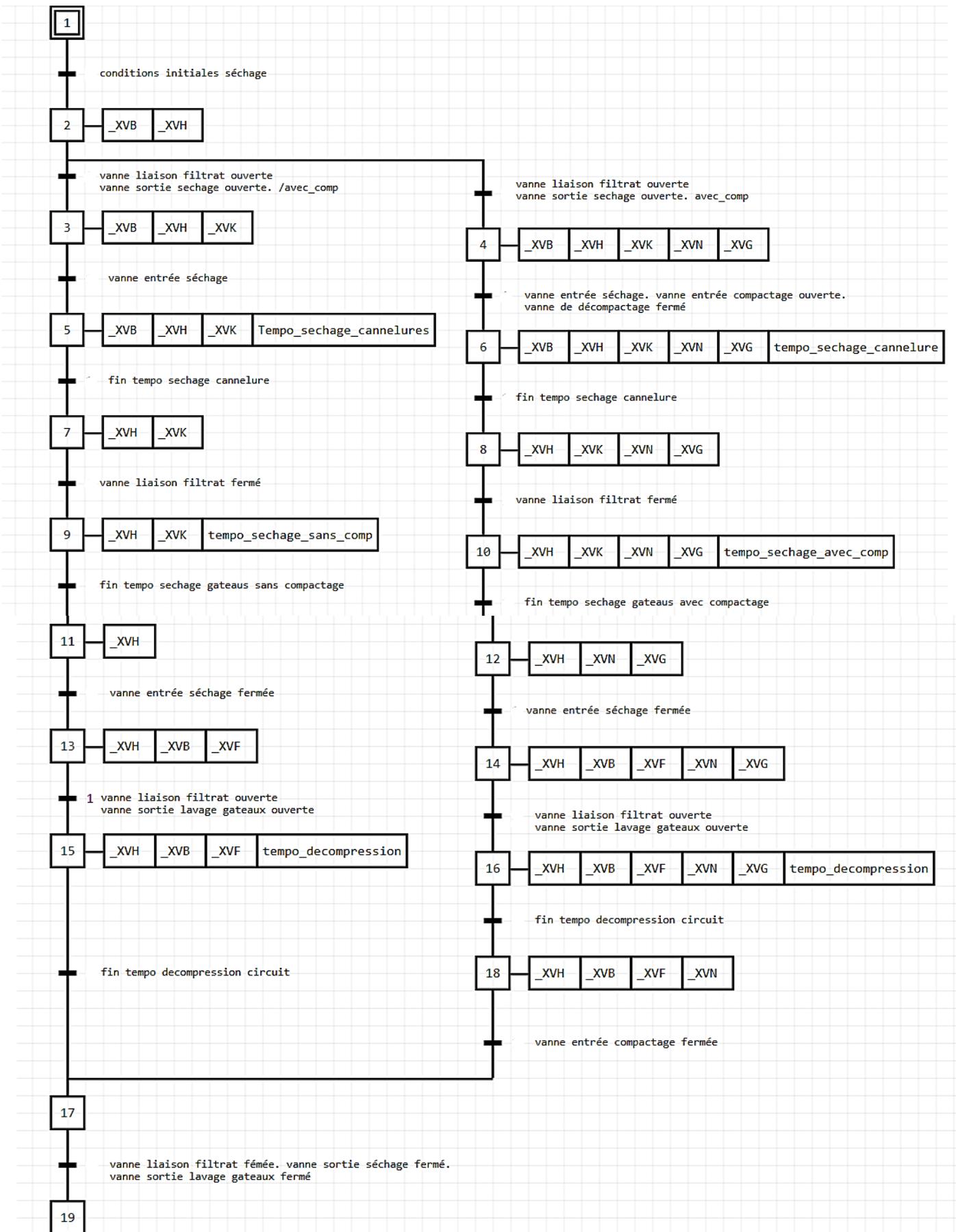


Figure II. 11 Grafcet de l'étape séchage

➤ **Défauts-Alarmes**

- Sécurité sur filtre fermé.
- Discordance des vannes de process.
- Arrêt d'urgence.

Le cycle s'arrête. Le klaxon se met en marche. La voyant concerner clignote.

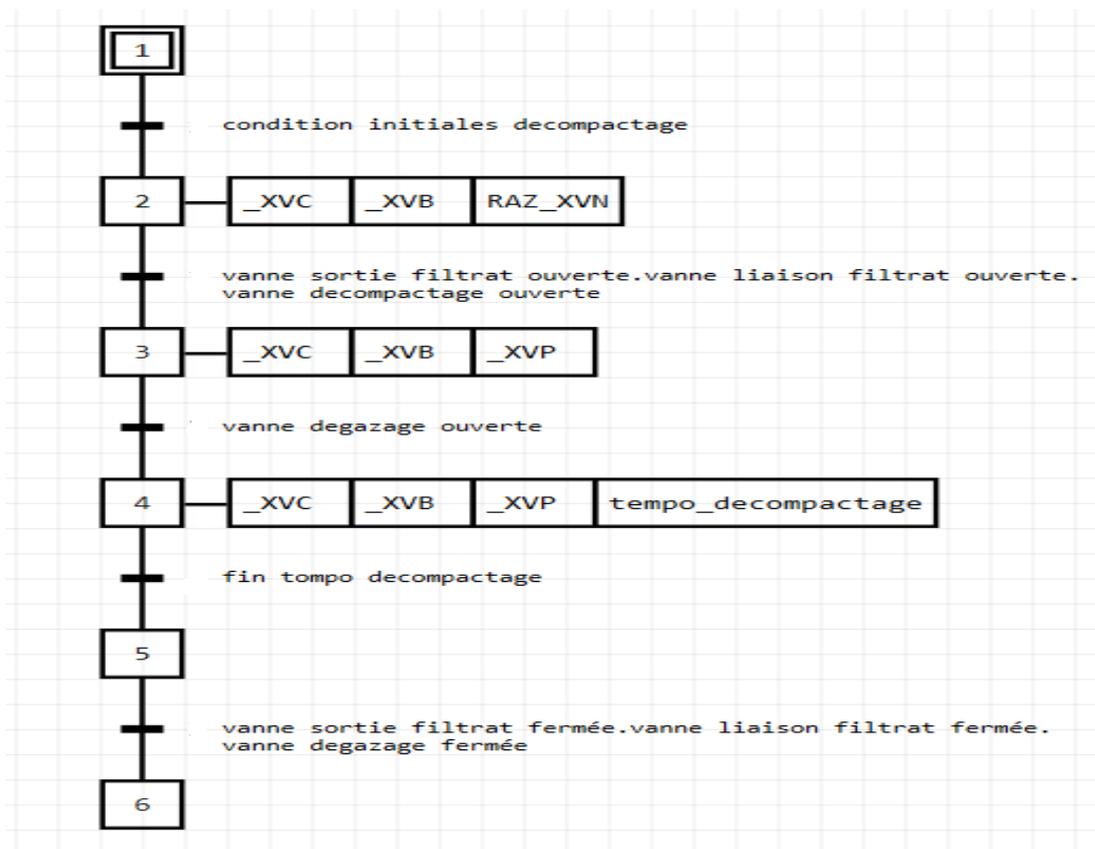
**II.2.3.8 Décompactage**

➤ **Conditions de fonctionnement :**

- Séquentiel ou automatique.
- Pas d'autre séquence démarrée.
- Pas d'arrêt d'urgence.
- Sécurité sur filtre fermé.
- Filtre-presse fermé.

➤ **Fonctionnement :**

Le processus débute par l'ouverture des vannes XV/B, XV/C, XV/N et XV/P. Ensuite, la temporisation de décompactage démarre. À la fin de cette temporisation, les vannes XV/B, XV/C et XV/P se ferment (Figure II.12).



*Figure II. 12 Grafcet de l'étape décompactage*

➤ **Défauts-Alarmes :**

- Sécurité sur filtre fermé.
- Discordance des vannes de process.
- Arrêt d'urgence.

Le cycle s'arrête. Le klaxon se met en marche. La voyant concerner clignote.

### **II.2.3.9 Purge**

➤ **Conditions de fonctionnement :**

- Séquentiel ou automatique.
  - Pas d'autres séquence démarrée.
  - Pas d'arrêt d'urgence.
  - Sécurité sur filtre-presse fermé.
  - Filtre-presse fermé.

➤ **Fonctionnement :**

La purge est un processus qui comprend quatre étapes clés pour assurer une maintenance efficace et sécurisée des systèmes.

La première étape consiste à ouvrir les vannes sortie purge XV/M et entrée purge XV/L pour permettre l'accès à la tuyauterie de purge. Une temporisation suit, permettant de vérifier que la purge est effective.

La deuxième étape est la purge de boues dans le canal de transfert. Elle commence par l'ouverture de la vanne XV/H et la fermeture de XV/M. Une nouvelle temporisation est nécessaire pour permettre le relâchement des boues.

La troisième étape est la décompression purge, qui commence par la fermeture de XV/L et l'ouverture des vannes XV/B et XV/M. Une nouvelle temporisation est nécessaire pour permettre la décompression.

Enfin, la quatrième et dernière étape consiste à fermer toutes les vannes, incluant XV/M, XV/B et XV/H, pour terminer le processus de purge (Figure II.13).

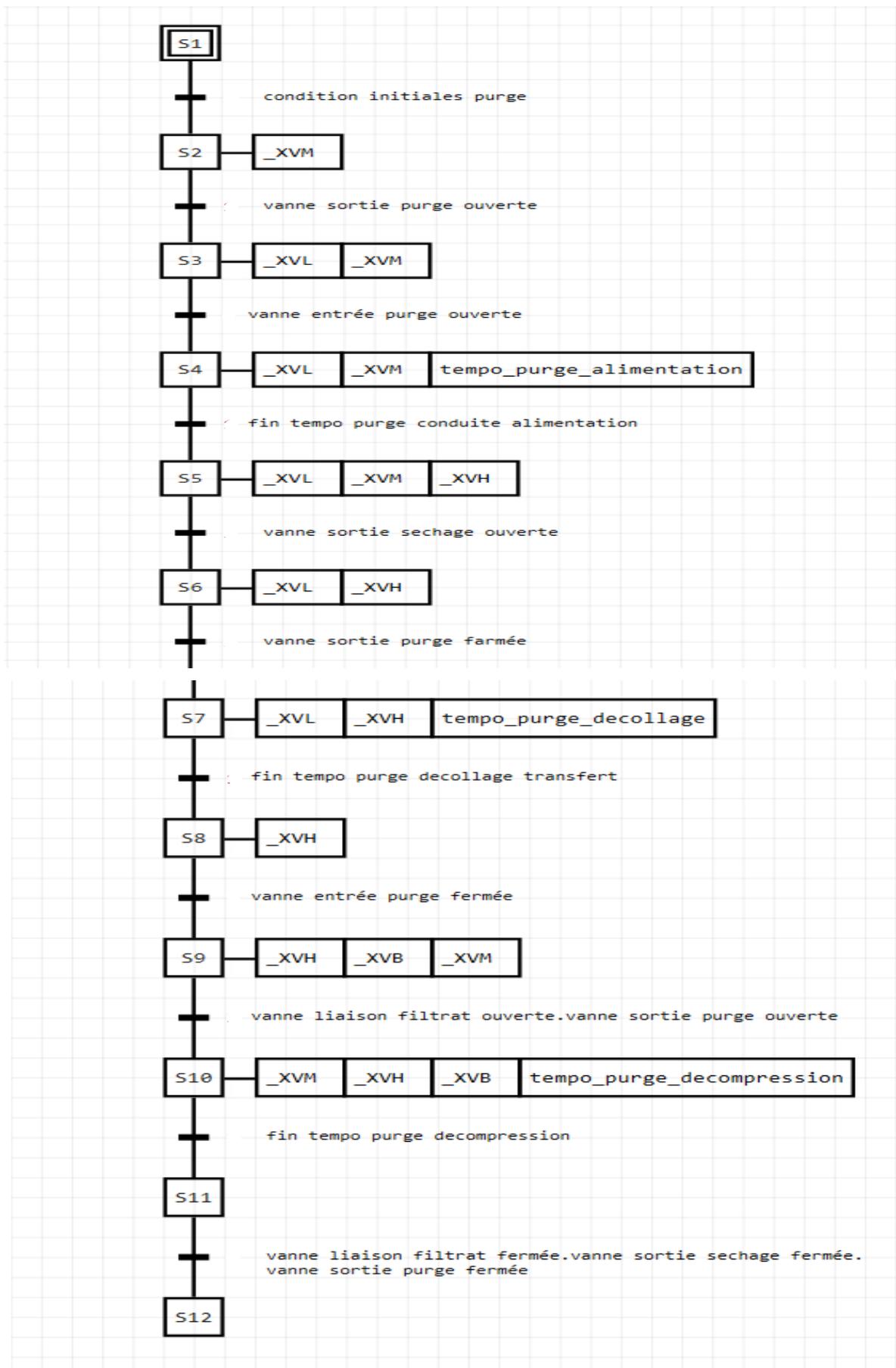


Figure II.13 Grafcet de l'étape purge

➤ **Défauts-Alarmes :**

- Sécurité sur filtre fermé.
- Discordance des vannes de process.
- Arrêt d'urgence.

Le cycle s'arrête. Le klaxon se met en marche. La voyant concerner clignote.

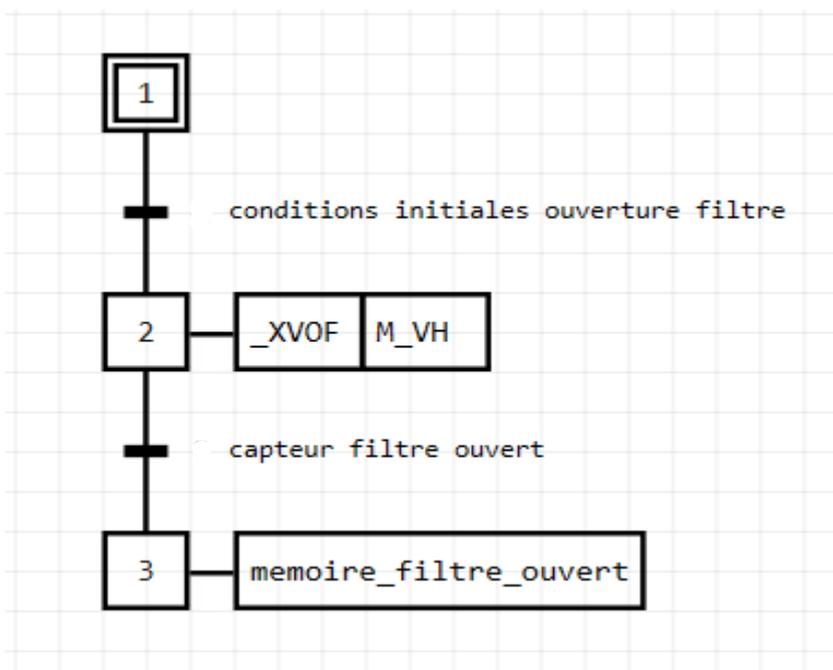
**II.2.3.10 Ouverture filtre presse**

➤ **Conditions de fonctionnement :**

- Séquentiel ou automatique.
  - Pas d'autre séquence démarrée.
  - Pas de panneaux ouverts.
  - Pas d'arrêt d'urgence.
  - Pressostat PSL/P00 contrôlé à 0 (entrée automate = 1).
  - Pressostat PSH/P01 contrôlé à 0 (entrée automate = 0).
  - Pressostat PSH/P02 contrôlé à 0 (entrée automate = 0).

➤ **Fonctionnement :**

Le processus d'ouverture du filtre débute par l'excitation de l'électrovanne d'ouverture XV/OF, suivie du démarrage de la pompe hydraulique. Ce processus se poursuit jusqu'à ce que le détecteur de fin de retour de la tête mobile soit activé (Figure II.14).



*Figure II. 14 Grafcet de l'étape ouverture*

➤ **Défauts-Alarmes :**

- Centrale hydraulique : Discordance du moteur M/VH.
- Arrêt d'urgence.

Le cycle s'arrête. Le klaxon se met en marche. Le voyant rouge clignote.

**II.2.3.11 Débatissage**

➤ **Conditions de fonctionnement :**

- Séquentiel ou automatique.
  - Pas d'autre séquence démarrée.
  - Pas de panneaux ouverts.
  - Pas d'arrêt d'urgence.
  - Pas de discordance dans la centrale hydraulique.
  - Filtre-presse ouvert.

➤ **Fonctionnement :**

Le processus de débatissage commence par le démarrage du convoyeur sous filtre, puis le processus ce boucle sur l'étape suivante tant que le capteur fin de retour des chariots est inactif :

Démarrage du moteur de débatissage M/D. Ensuite, les électrovannes XV/AD et XV/GVD sont activées. Après une période d'inhibition AD, si le pressostat PHS/AD est activé, l'électrovanne XV/AD est libérée et l'électrovanne XV/RD est activée. Une fois la période d'inhibition RD terminée, si le pressostat PSH/RD est activé et que le capteur de fin de retour des chariots est inactif, le processus revient.

Si le capteur de fin de retour des chariots est activé, les électrovannes XV/RD et XV/GVD sont libérées et le moteur de débatissage est arrêté. Enfin, après une période d'arrêt du transporteur, le convoyeur est arrêté (Figure II.15).

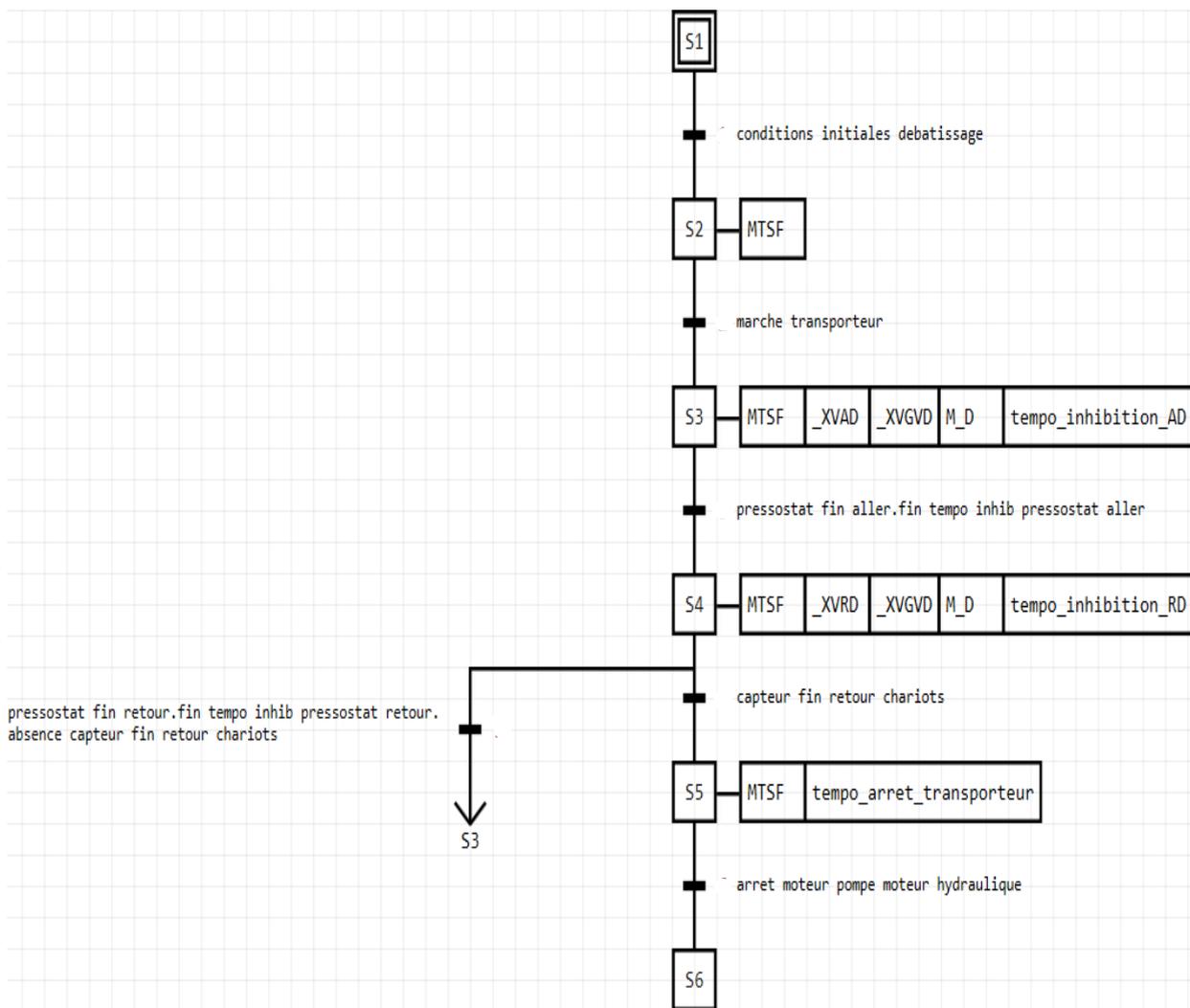


Figure II. 15 Grafcet de l'étape de débatissage

➤ **Défauts-Alarmes :**

- Centrale hydraulique : Discordance du moteur.
- Arrêt d'urgence.
- Discordance de moteur de convoyeur.
- Défauts des pressostats PHS/AD et PSH/RD.

Le cycle s'arrête. Le klaxon se met en marche. Le voyant rouge clignote.

**II.2.3.12 Lavage haute pression**

➤ **Conditions de fonctionnement :**

- Seulement en manuel.
- Pas d'arrêt d'urgence.
- Filtre-presse ouvert.
- Pas d'autres séquences démarrées.
- Vannes d'alimentation eau pont laveur ouverte.

➤ **Manipulation :**

- Atteler le pont laveur sur son chariot.
- Brancher le flexible d'eau sur le pont laveur.
- Brancher les deux prises électriques sur le pont laveur.
- Armer les chariots bloqueurs.

➤ **Opération de lavage avec pont laveur :**

Le cycle de lavage démarre par une impulsion sur le câble de réarmement (ZX/CR), activant la pompe de lavage haute-pression (M/EHP) en by-pass avec le réservoir via la vanne XV/DEHP. L'électrovanne d'avance débatissage (XV/AD) est excitée, démarrant ainsi la pompe hydraulique de débatissage (M/D). Pendant un temps de neutralisation, les chariots de débatissage avancent avec le pont laveur jusqu'à ce qu'ils soient bloqués sur les plateaux à débâter. Le pressostat de fin d'avance (PSH/AD) est activé, déclenchant le relâchement de l'électrovanne XV/AD et l'excitation de l'électrovanne de retour débatissage (XV/RD). Les chariots reviennent avec un train de plateaux pendant un nouveau temps de neutralisation, jusqu'à ce que le pressostat de fin de retour (PSH/RD) soit activé, permettant le relâchement de l'électrovanne XV/RD. Le pont laveur se positionne alors pour laver le train de plateaux. Le moteur de descente des rampes (M/DR) démarre jusqu'à l'activation du détecteur d'alimentation eau (ZX/AE), puis s'arrête. La vanne by-pass vers le pont laveur (XV/REHP) s'ouvre tandis que la vanne vers le réservoir (XV/DEHP) se ferme, permettant l'écoulement de l'eau pendant un certain temps. Le moteur M/DR redémarre jusqu'à l'activation du détecteur de rampes basses (ZX/RB), suivi du moteur de montée des rampes (M/MR) jusqu'à la réactivation du détecteur ZX/AE. L'eau s'arrête alors que la vanne XV/DEHP s'ouvre et XV/REHP se ferme (Figure II.17). Ce cycle se répète jusqu'au dernier train de plateaux, détecté par le capteur ZX/LDP. Le débatissage du dernier plateau suit, avec un retour des chariots jusqu'à la butée côté tête fixe. Le détecteur de fin débatissage (ZX/FD) est activé, arrêtant la pompe M/EHP et déclenchant le klaxon pour appeler l'opérateur. Celui-ci doit désarmer les doigts des chariots, réarmer le système via ZX/CR, permettant ainsi aux chariots de revenir à leur position initiale (Figure II.16).

✓ Le grafcet de lavage haute pression :

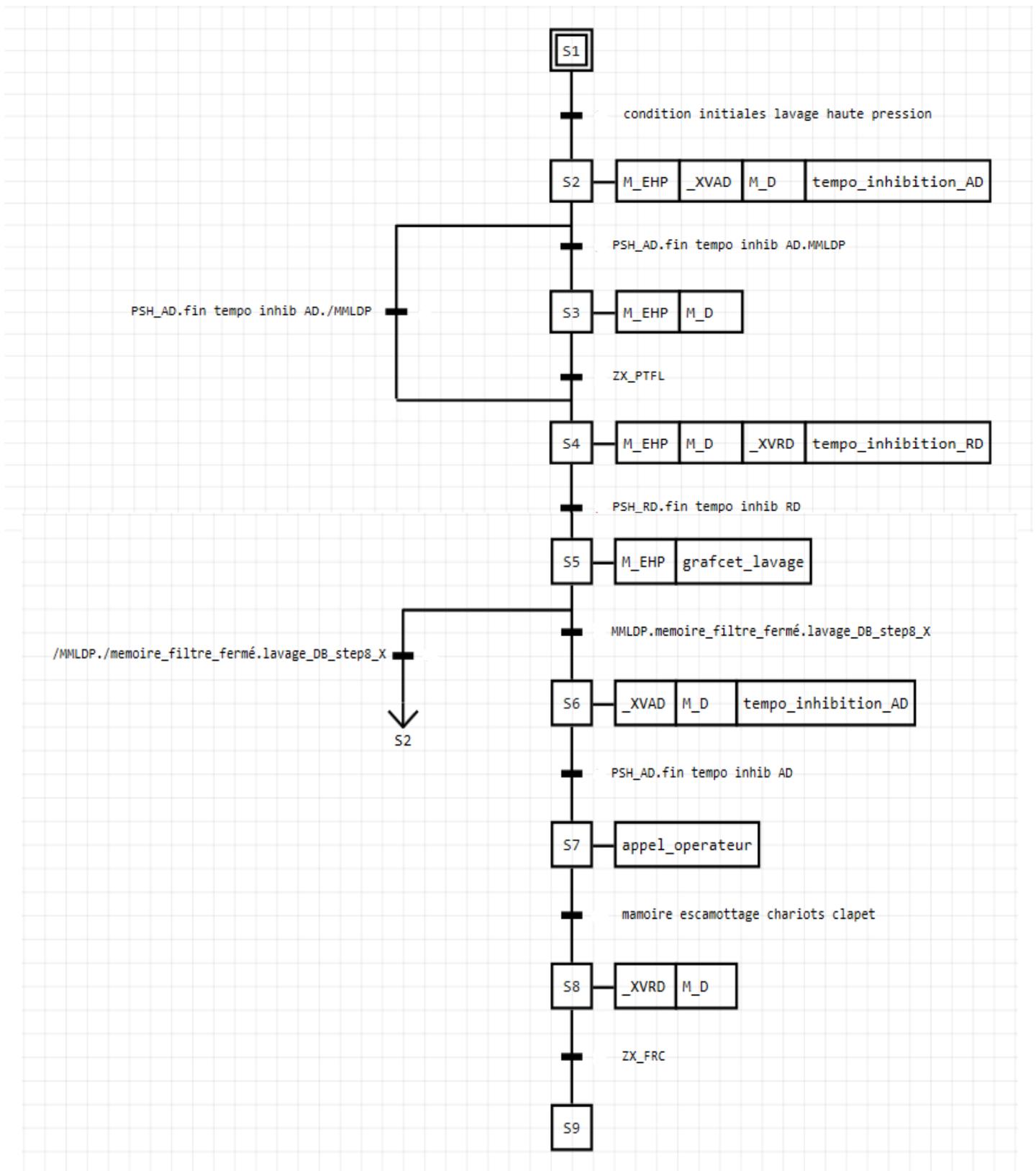


Figure II.16 Grafcet de l'étape de lavage haute pression

✓ Grafcet de lavage :

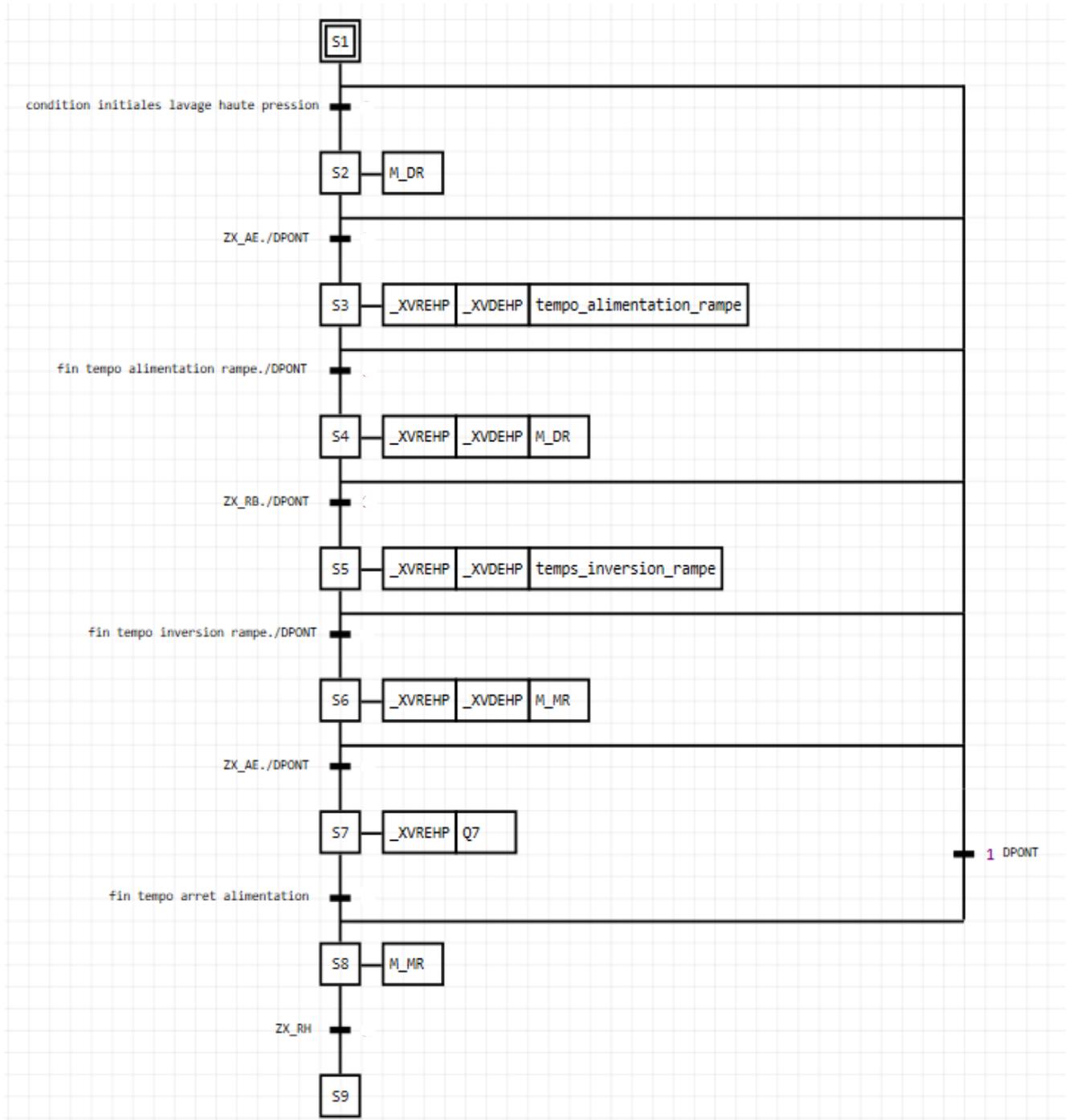


Figure II.17 Grafcet de lavage

Q7 : temps arrêt alimentation

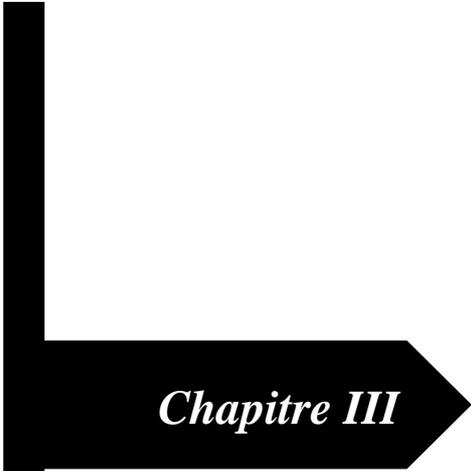
➤ **Défauts-Alarmes :**

- Discordance de la pompe de lavage haute pression.
- Niveau bas réservoir eau.
- Centrale hydraulique : discordance de moteur de débatissage.
- Arrêt d'urgence.

Le cycle s'arrête. Le klaxon se met en marche. Le voyant rouge clignote.

### **II.3 Conclusion**

Le chapitre 2 aborde la description fonctionnelle de la machine du filtre presse en utilisant le cahier des charges et le Grafcet. Le cahier des charges définit les besoins et spécifications techniques du projet, tandis que le Grafcet permet de modéliser le comportement logique et séquentiel de la machine.



*Chapitre III*

*Matériel et logiciel utilisés*



### III.1 Introduction

Ce chapitre présente le contrôleur programmable SIMATIC S7-1500 de Siemens, un système d'automatisation industrielle avancé offrant flexibilité et haute performance. Nous détaillons ses caractéristiques, ses fonctionnalités, ainsi que le logiciel STEP 7 et les langages de programmation associés. L'interface homme-machine WinCC et le module décentralisé ET200S, qui complètent le système, sont également abordés.

### III.2 Le contrôleur programmable SIMATIC S7-1500

#### III.2.1 Adaptabilité du système d'automatisation SIMATIC S7-1500

Le système d'automatisation SIMATIC S7-1500 offre la flexibilité et la puissance nécessaires à un large éventail d'applications d'automatisation dans la construction de machines et d'installations. Sa structure modulaire vous permet d'adapter votre automate aux conditions sur site. Les CPU technologiques SIMATIC S7-1500 proposent, outre les fonctions technologies et Motion Control présentent par défaut sur les S7-1500, des fonctionnalités supplémentaires, comme les fonctions élargies de synchronisme et de cinématique. Le système d'automatisation SIMATIC S7-1500 est conforme à l'indice de protection IP20 et conçu pour être installé dans une armoire électrique dans un environnement sec [11].



Figure III.1 CPU S7-1500

#### III.2.2 Caractéristique et fonctionnalité de S7-1500 [11]

- **Simple à utiliser**
  - Connecteur frontale standardisé
  - L'emplacement de pré-cablage facilite le câblage et la modification des connexions
  - Blindage intégré pour une acquisition des signaux de qualité élevée.
- **Performance élevée**
  - Traitement des signaux rapide
  - Bus de fond de panier rapide permettant d'atteindre une vitesse de transmission élevée
  - Acquisition des informations en tout lieu grâce au serveur Web intégré

- **Diagnostic diversifié**
  - Diagnostic système intégré pour un concept d'affichage unique sans dépenses de programmation supplémentaires
  - Alarmes personnalisées
  - Evaluation des erreurs système via des blocs système
- **Conception innovante**
  - Ecran embarqué pour le diagnostic et la mise en service
  - Flexibilité élevée grâce à une structure modulaire
  - Visibilité maximale sur un espace très réduit
  - CPU compactes avec périphérique embarqué analogique et numérique intégré et fonction technologique intégrées
- **Normes de communication**
  - Profinet IO
  - Profibus DP
  - Point à point (RS232, RS485)
- **Ingénierie efficace**
  - Innovation linguistique step 7
  - Prise en charge de différents langages de programmation (LIST, CONT, LOG, SCL, GRAPH)
  - Vérification de la cohérence via step 7 et non sur la CPU
- **Safety integrated**
  - Intégration facile de CPU de sécurité (CPU F) et de module de sécurité (modules F)
  - Configuration de tous les paramètres F par logiciel
- **Security integrated**
  - Concept de niveau de protection pour une protection d'accès accrue
  - Protection know-how contre les accès et modification non autorisées
  - Protection anticopie sur carte mémoire SIMATIC contre la reproduction des programmes utilisateur
- **Technology integrated**
  - CPU technologie avec fonction Motion control élargie
  - Programmation simple des déplacements avec les blocs PLCopen Motion control
  - PID control pour processus de régulation continus et discrets avec Autotuning

- Régulateur de température

### III.3 Tia Portal

Le TIA Portal, ou "Totally Integrated Automation Portal", est un ensemble de logiciels développé par Siemens qui intègre divers outils d'automatisation dans une plateforme unifiée. Il intègre les automates SIMATIC dans son environnement.

L'ingénierie avec le TIA Portal comprend la configuration et la programmation des automates, la gestion commune des données, ainsi qu'un concept de commande cohérent pour l'automatisation, la visualisation et les entraînements [11].

Le TIA Portal inclut des logiciels tels que STEP 7 pour la programmation des PLC et WinCC pour la visualisation et le contrôle.

#### III.3.1 Logiciel STEP7

STEP7 est le logiciel essentiel pour la configuration et la programmation des systèmes d'automatisation SIMATIC, faisant partie intégrante de l'écosystème logiciel SIMATIC. Ce logiciel de programmation offre des langages conformes à la norme DIN EN 61131-3, permettant la création de programmes structurés en blocs dédiés à des modules spécifiques. STEP7 SIMATIC facilite la structuration des programmes en différentes parties autonomes, offrant ainsi plusieurs avantages significatifs : la rédaction de programmes complexes de manière claire, la standardisation de certaines sections du programme, la simplification de l'organisation globale, la facilité de modification, la simplification des tests par exécution section par section, et enfin, une mise en service simplifiée [9].

##### III.3.1.1 Blocs dans le programme utilisateur

- **Blocs d'organisation et structure de programme (OB)**

Ils constituent l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur. Ils sont appelés par le système d'exploitation et gèrent le traitement de programme cyclique et déclenché par alarme, ainsi que le comportement à la mise en route de l'automate programmable et le traitement des erreurs [9].

- **Fonctions (FC)**

Une fonction est un bloc de code sans mémoire. Domaine d'application :

- ✓ Renvoyer une valeur de fonction au bloc appelant (exemple : fonction mathématique).
- ✓ Exécuter une fonction technologique (exemple : commande individuelle avec combinaison binaire) [9].

- **Blocs fonctionnels (FB)**

Un bloc fonctionnel est un bloc avec rémanence. Un bloc de données d'instance lui est associé qui en constitue la mémoire. Les paramètres transmis au FB ainsi que les variables statiques sont sauvegardés dans le bloc de données d'instance. Les variables temporaires sont rangées dans la pile des données locales.

Les données sauvegardées dans le bloc de données d'instance ne sont pas perdues à l'achèvement du traitement du FB. En revanche, les données sauvegardées dans la pile des données locales le sont [9].

- **Blocs de données d'instance**

Un bloc de données d'instance est associé à chaque appel de bloc fonctionnel transmettant des paramètres. Ce bloc de données d'instance contient les paramètres effectifs et les données statiques du FB. Les variables déclarées dans le FB déterminent la structure du bloc de données d'instance. On appelle instance l'appel d'un bloc fonctionnel. Si, par exemple, un bloc fonctionnel est appelé cinq fois dans le programme utilisateur S7, il existe cinq instances de ce bloc [9].

- **Blocs de données globaux (DB)**

Contrairement aux blocs de code, les blocs de données ne contiennent pas d'instructions STEP7. Ils servent à l'enregistrement de données utilisateur : ils contiennent des données variables que le programme utilisateur utilise. Les blocs de données globaux servent à l'enregistrement de données utilisateur pouvant être utilisées par tous les autres blocs. C'est vous qui définissez l'organisation des blocs de données globaux [9].

- **Blocs fonctionnels système (FCB) et fonction système (SFC)**

Il n'est pas nécessaire que vous programmiez vous-même chaque fonction. En effet, les CPU S7 vous proposent des blocs tout prêts que vous pouvez appeler à partir du programme utilisateur.

- ✓ Blocs fonctionnels système

Un bloc fonctionnel système (SFB) est un bloc fonctionnel intégré à la CPU S7. Comme les SFB font partie du système d'exploitation, ils ne sont pas chargés en tant que partie du programme. Comme les FB, les SFB sont des blocs avec mémoire. Vous devez donc également créer pour les SFB des blocs de données d'instance que vous chargez dans la CPU en tant que partie du programme.

- ✓ Fonctions système

Une fonction système (SFC) est une fonction préprogrammée et intégrée dans la

CPU S7. Vous pouvez appeler les SFC à partir de votre programme. Comme ces fonctions font partie du système d'exploitation, elles ne sont pas chargées en tant que partie du programme. Comme les FC, les SFC constituent des blocs sans mémoire [9].

### III.3.1.2 Langages de programmation

- **Langage de programmation CONT (schéma à contacts)**

La représentation en langage de programmation CONT (schéma à contacts) s'inspire des schémas de circuits. Les éléments d'un schéma de circuit, tels que contacts à fermeture et contacts à ouverture, sont rassemblés dans des réseaux. Un ou plusieurs réseaux forment la section des instructions complète d'un bloc de code [9].

- **Langage de programmation LOG (logigramme)**

Le langage de programmation LOG (logigramme) utilise les boîtes fonctionnelles graphiques de l'algèbre booléenne pour représenter des éléments logiques. Il permet en outre de représenter des fonctions complexes, telles que les fonctions mathématiques en les mettant directement en liaison avec ces boîtes logiques [9].

- **Langage de programmation LIST (liste d'instructions) (S7-300, S7-400, S7-1500)**

Le langage de programmation LIST (liste d'instructions) est un langage textuel proche du langage machine. Chaque instruction correspond à une étape de l'exécution du programme par la CPU. Vous pouvez regrouper plusieurs instructions en réseaux [9].

- **Langage de programmation SCL (Structured Control Language)**

Est un langage évolué textuel, dont la structure de la langue correspond à la norme IEC 113-3, ce langage est basé sur le PASCAL et le langage d'éléments typique de PLC comme les entrées, les sortie, les temporisateurs [9].

SCL est supérieur au langage de programmation traditionnel dans :

- ✓ Optimisation de processus
- ✓ Opération mathématique/statistique
- ✓ Gestion des données
- ✓ Gestion des recettes

- **Langage de programmation GRAPH (commande séquentielle) (S7-300, S7-400, S7-1500)**

Le langage de programmation graphique optionnel GRAPH vous permet de programmer de commandes séquentielles. Ceci implique la création d'une succession

d'étapes la définition des actions associées à chaque étape et celle des transitions indiquant les possibilités d'évolution entre deux étapes successives [9].

- **Langage de programmation CEM (graph d'état) (S7-1200, S7-1500)**

Le CEM (Cause-Effect-Matrix) est un langage de programmation avec lequel vous pouvez définir rapidement et clairement les relations de cause à effet directes. Vous décrivez des événements spécifiques du processus et définissez les réactions possibles du processus. Vous les attribuez les uns aux autres dans une matrice bidimensionnelle. Dans la méthodologie CEM, un événement du processus est appelé une "cause", tandis que la réaction du processus est appelée un "effet" [9].

### III.3.2 Logiciel WinCC

#### III.3.2.1 Présentation du système

WinCC est un système de visualisation et de contrôle polyvalent pour l'automatisation de la production et des process. Il propose des modules fonctionnels adaptés à l'industrie pour la représentation graphique, la signalisation d'alarmes, l'archivage et la journalisation. Il garantit une haute disponibilité en offrant un rafraîchissement rapide des vues et un archivage de données fiable. De plus, WinCC offre des interfaces ouvertes pour des solutions personnalisées, permettant son intégration dans des projets d'automatisation complexes [12].

#### III.3.2.2 SIMATIC HMI Comfort Panels

Les SIMATIC HMI Comfort Panels constituent une ligne de produits entièrement repensée des Touch Panels et Key Panels. Cette ligne de produits comprend les modèles suivants :

- Cinq panneaux clés (utilisés par clavier) avec des écrans de 4", 7", 9", 12" et 15"
- Six panneaux tactiles (utilisés par écran tactile) avec des écrans de 7", 9", 12", 15", 19" et 22"
- Un panneau clé et tactile (utilisé par clavier et écran tactile) avec un écran de 4"

Tous les appareils offrent la même excellente fonctionnalité et sont configurés exclusivement avec le logiciel HMI innovant, WinCC. Le logiciel est intégré dans le cadre d'ingénierie, "Totally Integrated Automation Portal" [13].



*Figure III.2* Appareil IHM

### III.4 Les modules décentralisés (distributed I/O systems)

Lorsqu'un système est configuré, les entrées/sorties situées entre le processus et l'automate programmable sont souvent centralisées dans ce dernier.

Le câblage des circuits électriques qui couvre de grandes distances entre les E/S et le système d'automatisation peut devenir très complexe et confus et les perturbations électromagnétiques peuvent donc nuire à la fiabilité.

Les E/S distribuées constituent la solution idéale pour de tels systèmes :

- La CPU de l'automate se trouve au point central
- Les systèmes de périphérie (entrées/sortie) fonctionnent de manière décentralisée sur le site concerné [14].

#### III.4.1 Le module décentralisé ET 200S

L'ET 200S est un système de périphérie décentralisée à haute modularité et flexibilité permettant de relier les signaux du processus à une commande centralisée via un bus de terrain. L'ET 200S prend en charge les bus de terrain PROFIBUS DP et PROFINET IO. Il est doté d'un degré de protection IP 20.

Vous pouvez connecter les modules de périphérie selon un ordre et dans une quantité pratiquement quelconque juste à côté du module d'interface qui transfère les données au contrôleur central. Vous pouvez ainsi concentrer votre configuration sur les exigences locales.

Selon le module d'interface, chaque ET 200S peut être composé de jusqu'à 63 modules par exemple, des modules d'alimentation, des modules d'E/S et des démarreurs de moteur.

La possibilité d'intégrer des démarreurs de moteurs garantit que l'ET 200S peut être rapidement adapté pour répondre à pratiquement tout usage lié au processus de votre machine.

Les modules de sécurité de l'ET 200S assurent la lecture et la sortie en toute sécurité des données jusqu'à la catégorie de sécurité 4 (EN 954-1) [14].

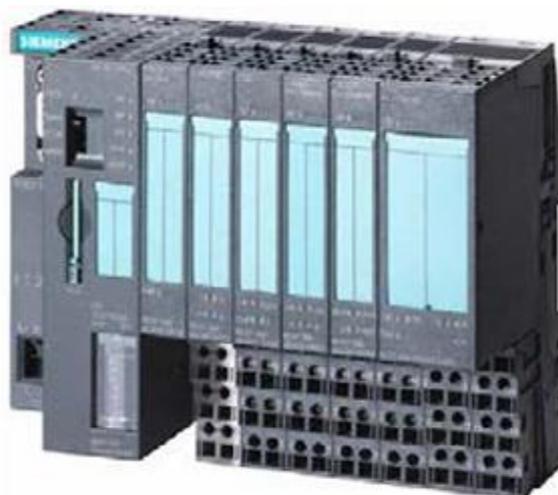


Figure III.3 ET 200S

➤ Propriétés et avantages de ET 200S [14]

Tableau III.1 Propriétés et avantages de ET 200S

Propriétés	Avantages
<b>Structure</b>	
Conception modulaire discrète	-Station fonctionnelle et optimisée en termes de coûts conception -Réduction significative des coûts et des efforts pour configuration et documentation -Gain de place grâce à la possibilité de cordage modules ensemble dans un ordre aléatoire
Gamme étendue de modules électroniques	Large domaine d'application
Convertisseur de fréquence ET 200S FC	-contrôle de vitesse -Technologie de sécurité intégrée : Rampe de freinage sûre et Réduction de vitesse sûre -Régénération sur le réseau en mode générateur -Pas besoin de réacteur de commutation réseau
Démarrateurs-moteur aptes à la communication et intégrés au système :	Entrées et sorties PLC, borniers, disjoncteurs et contacteurs dans un module enfichable

Démarrateurs directs et démarrateurs inverseurs jusqu'à 7,5 kW	permettent d'économiser de l'espace et l'effort nécessaire au câblage
Câblage fixe, par séparation des composants mécaniques et électroniques	- Précâblage possible -Remplacement du module pendant le fonctionnement du ET200S (échange à chaud)
Regroupement individuel de modules d'alimentation	-Formation individuelle de groupes potentiels - Simple load interruption
Architecture robuste adaptée aux environnements industriels sévères (résistance aux vibrations 5 g)	Fiabilité de fonctionnement élevée en cas de montage direct sur la machine, haute disponibilité
<b>Système de connexion</b>	
bus de tension intégrés	Effort réduit requis pour le câblage
Bus de puissance jusqu'à 50 A pour démarrateurs moteurs	minimisation du câblage dans la gamme 400 V
Bornes à vis, bornes à ressort, et Fast Connect	Un changement dans la méthode de connexion du terminal n'est pas nécessaire
Connexion à 2 ou 3 conducteurs, connexion à 2, 3 et 4 conducteurs	Sélection optimale en termes d'espace et de coût
Fast Connect	-Méthode de connexion sans dénudée requis -Gain de temps lors du câblage
Boîte à bornes remplaçable dans le module terminal	Pas besoin de retirer le module terminal dans le en cas de dommage au terminal
codage automatique des modules d'E/S	Remplacement de module rapide et fiable
Plaque de marquage de grandes dimensions	Espace suffisant pour un étiquetage clair
Vitesse de transmission des données élevée jusqu'à 12 Mbps sur PROFIBUS DP et 100 Mbps sur PROFINET E/S	Temps de réponse courts
Fonctions de sécurité intégrées Pour démarrateurs moteurs jusqu'à la catégorie de sécurité 4 selon EN 954-1	Économies sur l'ingénierie de sécurité chronophage

Modules de sécurité	Pour acquérir et émettre des signaux de sécurité via PROFINET (PROFIsafe) jusqu'au SIL3 conformément à la norme IEC 61508, Catégorie 4 conformément à la norme EN 954-1, et Niveau de performance e conformément à la norme ISO 13849.
---------------------	--

**III.4.2 Communication de module décentralisé ET 200S**

- PROFIBUS DP est un système de bus ouvert conforme à la norme CEI 61784-1:2002 Ed1 CP 3/1, utilisant le protocole "DP" pour Périphérie Décentralisée. Il peut être déployé de deux manières : en tant que réseau électrique avec un câble blindé à deux conducteurs, favorisé pour sa simplicité et son coût, ou en tant que réseau optique avec des fibres optiques, idéal pour les transmissions longue distance et les environnements sujets aux interférences.

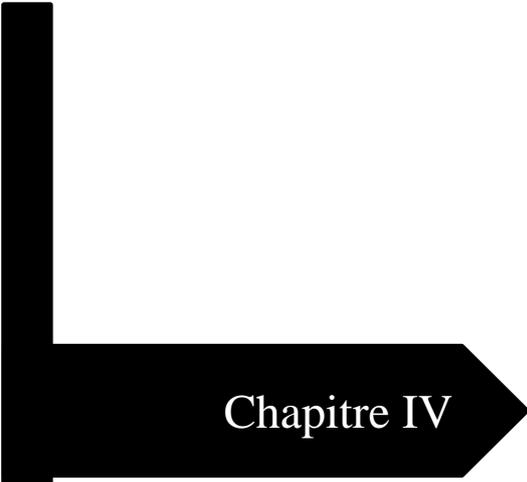
Dans ce système, le maître DP établit le lien entre la CPU de l'automate programmable et les systèmes de périphérie décentralisée. Le périphérique ET 200S agit en tant qu'esclave DP sur PROFIBUS DP [14].

- PROFINET IO est un système de transmission ouvert offrant des fonctionnalités temps réel définies selon la norme PROFINET. Ce standard établit un modèle de communication, d'automatisation et d'ingénierie non propriétaire. Pour le câblage des composants PROFINET, des connecteurs conformes aux normes industrielles sont disponibles, garantissant une installation fiable et robuste.

Contrairement à PROFIBUS, PROFINET abandonne le concept hiérarchique esclave/maître au profit du principe Provider/Consumer (fournisseur/client). Le périphérique ET 200S agit en tant qu'IO-Device sur PROFINET IO [14].

**III.5 Conclusion**

En conclusion, ce chapitre a mis en lumière le contrôleur programmable SIMATIC S7-1500 de Siemens, reconnu pour sa flexibilité et ses performances exceptionnelles. Nous avons exploré ses caractéristiques, le logiciel STEP 7 et les langages de programmation associés, ainsi que l'interface homme-machine WinCC et le module décentralisé ET 200S. Ce chapitre a fourni une vision complète de l'écosystème S7-1500, soulignant son rôle essentiel dans l'automatisation industrielle moderne et son importance pour l'optimisation des processus industriels.



## Chapitre IV

# Implémentation et programmation avec Tia Portal



## **IV.1 Introduction**

Pour contrôler le fonctionnement du filtre-presse, nous avons réalisé un programme basé sur l'étude effectuée dans le chapitre III. Nous l'avons ensuite implanté dans l'API S7-1500 en utilisant le logiciel de programmation STEP7 de la firme SIEMENS. Pour la supervision, nous avons utilisé le logiciel de supervision WinCC Flexible. Ce chapitre décrit l'implémentation du programme d'automatisation, en expliquant les différentes étapes suivies pour réaliser notre projet dans TIA Portal V18 de SIEMENS.

## **IV.2 Configuration matérielle**

Lors de la configuration du système d'automatisation, nous avons choisis des châssis (racks) à partir d'un catalogue électronique, puis nous avons assigné les modules sélectionnés aux emplacements désirés dans les racks.

La configuration de la périphérie décentralisée est identique à celle de la périphérie centralisée. La configuration matérielle est nécessaire pour :

- Paramétrer les modules
- Configuration de réseau

Pour réaliser la configuration matérielle il faut d'abord déterminer le nombre d'entrées et de sorties digitales et analogiques. En effet, nous avons :

- 56 entrées digitales
- 4 entrées analogiques
- 32 sorties digitales

### **IV.2.1 Le système de contrôle automatisé**

Dans notre projet, nous avons déployé un ensemble intégré comprenant un automate programmable S7-1500, un module décentralisé ET200S, ainsi que sept modules d'entrées digitales, deux modules d'entrées analogiques et quatre modules de sortie digitale. Ces composants sont interfacés avec une Interface Homme Machine (IHM) conviviale et intuitive.

#### **✓ CPU S7-1500**

La figure IV.1 représente une partie d'un automate programmable avec ses modules d'extension. Les éléments clés sont :

- **Alimentation :**

Indiquée par "PS 25W 24VDC-1", cette unité d'alimentation fournit l'énergie nécessaire au fonctionnement du CPU et de ses modules.

- **Rail de Montage :**

Marqué "Rail\_0", c'est l'élément sur lequel tous les modules du CPU sont montés et connectés.

- **CPU (Central Processing Unit) :**

Situé dans le module 1, c'est le cœur du CPU. Il exécute le programme utilisateur, gère les communications et traite les entrées et les sorties.

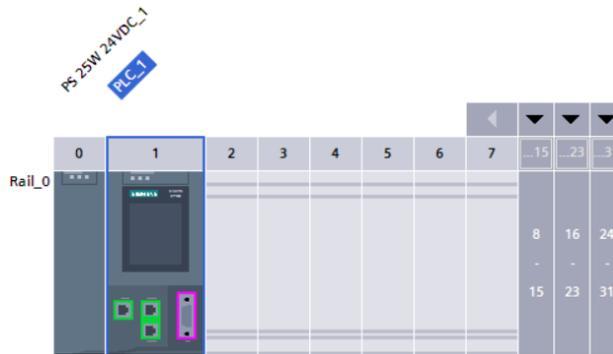


Figure IV.1 Vue du CPU S7-1500

✓ **Module décentralisés ET200S et les modules E/S :**

La figure IV.2 représente un rack de modules du système d'entrées/sorties déportées Siemens ET200S. On en trouve :

- **Module de base (IM 151-1) :**

Le premier module à gauche est l'interface de communication IM 151-1, qui permet la communication entre le rack ET200S et le contrôleur principal via un réseau industriel (comme PROFINET ou PROFIBUS).

- **Modules d'alimentation (PM) :**

En emplacement 1, ce module est une alimentation pour le rack, fournissant une tension de 24V DC nécessaire pour alimenter les modules connectés.

- **Modules d'entrées numériques :**

De l'emplacement 2 jusqu'à 8 ces modules sont des modules d'entrée numérique (Binary Digital Input), qui permettent de recevoir des signaux numériques (0 ou 1) de capteurs ou autres dispositifs. Chacun de ces modules peut gérer plusieurs canaux d'entrée.

- **Module d'entrée analogique :**

Les modules des emplacements 10 et 12 est module est un module d'entrée analogique (Analog Input), capable de lire des signaux analogiques (comme des

tensions ou des courants variables) provenant de capteurs analogiques. "2AI" indique qu'il peut gérer 2 canaux d'entrée.

- **Modules de sorties numériques :**

De l'emplacement 13 jusqu'à 17 ces modules sont des modules de sortie numérique (Binary Digital Output), capables de commander des actionneurs ou autres dispositifs externes en envoyant des signaux numériques. Chaque sortie peut supporter 0.5A.

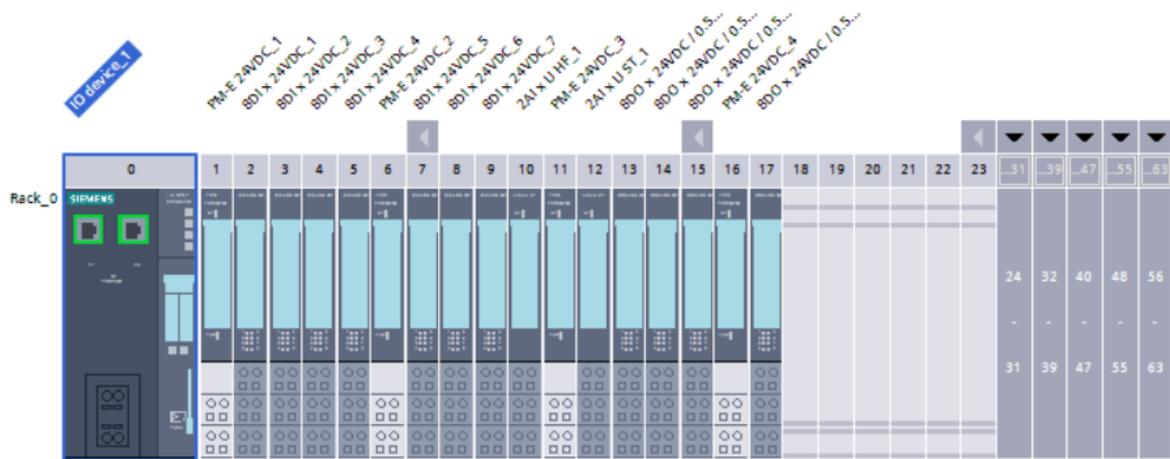


Figure IV.2 Vue du périphérique décentralisé

- ✓ **Interface Homme-Machine**

La figure IV.3 montre un panneau Interface Homme Machine (IHM) de Siemens, spécifiquement un panneau SIMATIC IHM. Ces panneaux sont utilisés pour la surveillance et le contrôle des machines industrielles. Il est constitué de :

- **Écran:** La partie supérieure de l'image montre un écran tactile utilisé pour l'interaction avec les machines. Les opérateurs peuvent visualiser les processus, entrer des commandes et recevoir des alertes via cet écran.
- **Connecteurs de communication:** Les deux ports en vert sont typiquement utilisés pour la communication réseau, tels qu'Ethernet ou Profinet, permettant au IHM de se connecter au système de contrôle plus large.
- **Ports additionnels:** Le port en orange peut être utilisé pour des connexions supplémentaires comme les câbles série ou d'autres interfaces de communication.

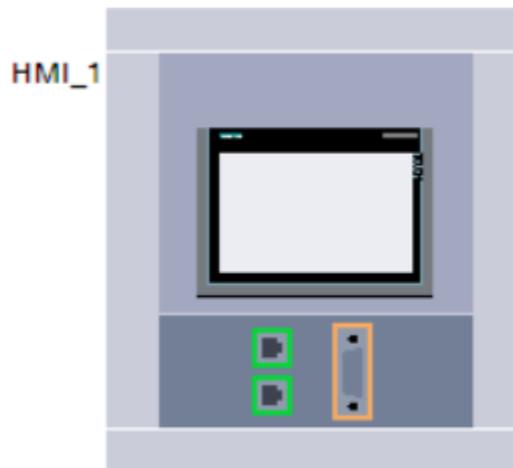


Figure IV.3 Vue du module IHM

### IV.2.2 Configuration Réseau du Système de Contrôle du Filtre-Pressé :

La Figure IV.4 montre la configuration réseau du système de contrôle du filtre-pressé. Le module PLC\_1 (CPU 1516-3 PN/DP) est le cœur du système qui communique avec le module d'entrées/sorties ET200S (IM 151-3 PN ST) via PROFINET IO pour une transmission rapide et fiable des données. La communication avec l'interface homme-machine HMI\_1 (TP1200 Comfort) se fait également via PROFINET, permettant une surveillance en temps réel et un contrôle efficace par l'opérateur. Cette configuration assure une communication synchronisée et stable pour un fonctionnement optimal du système.

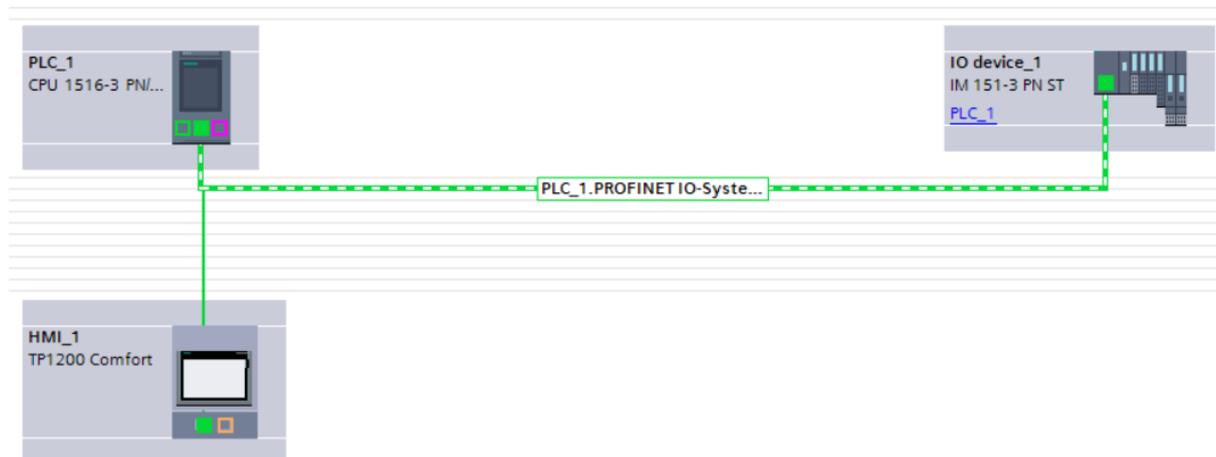


Figure IV.4 Vue du réseau

### IV.3 Description de la Structure du Programme

Le programme suit une séquence logique d'opérations, de « sélection de la séquence » au « lavage haute pression (HP) ». Chaque étape intègre des mécanismes de sécurité et de détection de défauts pour assurer un fonctionnement sûr et efficace du filtre-pressé.

La Figure IV-5 représente la structure d'un programme de contrôle automatisé, organisé en trois parties : OB1, FC, et FB.

1. **OB1 (Organisation Block 1)** : C'est le bloc principal qui coordonne l'exécution du programme.
2. **FC (Function Call)** : Inclut des séquences spécifiques comme la sélection de la séquence (FC1) et la gestion des alarmes (FC3).
3. **FB (Function Block)** : Comporte divers blocs fonctionnels qui réalisent des tâches précises du processus, comme la fermeture des filtres, la filtration, la régulation de la pression, le compactage, le lavage, et le séchage. Chaque tâche est accompagnée de contrôles de sécurité et de gestion des défauts pour assurer une opération sans problème.

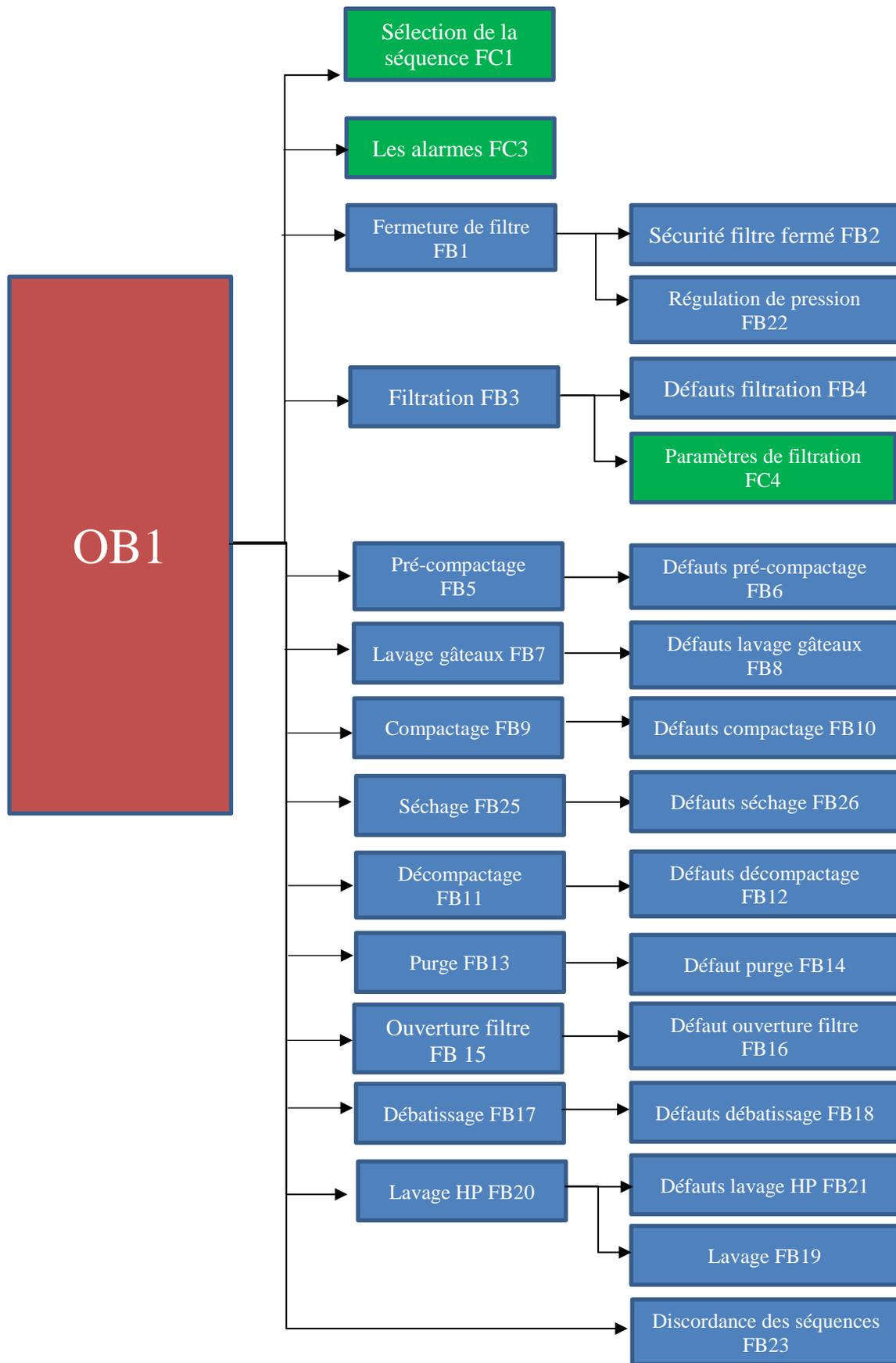


Figure IV. 5 Structure de programme

## IV.4 Programmation

### IV.4.1 La table des variables

On a trois types de variables

➤ **Les entrées :**

Les données sont collectées par l'automate à partir de capteurs, de dispositifs de mesure ou d'autres sources de données.

Les principales entrées incluent un bouton d'arrêt d'urgence, plusieurs pressostats (pressostat de sécurité **PSH\_SVF**, pressostat de régulation **PSH\_RVF**). Il y a également des capteurs des fins de course (détecteur la position finale du vérin **ZS\_STM** et les détecteurs de fermeture, identifiés par les deux lettres "FF" (Figure IV.6).

1		arret_urgence	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2		PSH_SVF	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3		PSH_RVF	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4		PSL_P00	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5		PSH_P01	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6		PSH_P02	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7		PSH_P03	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8		PSH_AD	Bool	%I0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9		PSH_RD	Bool	%I1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10		ZS_STM	Bool	%I1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23		FFVA	Bool	%I2.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24		FFVB	Bool	%I2.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25		FFVC	Bool	%I3.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26		FFVD	Bool	%I3.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27		FFVE	Bool	%I3.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figure IV.6 Les entrées

➤ **Les sorties :**

La figure IV.7 illustre les sorties numériques d'un automate programmable industriel (API) utilisées pour contrôler différents équipements tels que des vannes, des moteurs, et des pompes.

Les vannes, identifiées par des codes allant de XV\_A à XV\_L, sont associées aux sorties %Q0.0 à %Q1.1. Ces sorties booléennes permettent d'activer ou de désactiver les vannes.

Des pompes, comme PPE\_filtration\_PTE et PPE\_filtration\_GDE. L'état de ces sorties détermine si les pompes sont en marche ou arrêtées.

Des moteurs, Dans notre exemple, il y a deux moteurs : MSTF et un autre moteur qui fonctionne en deux modes, M\_DR (pour la descente de rampe) et M\_MR (pour la montée de rampe), utilise les sortie %Q3.0, %Q3,3 et Q3,4 pour le contrôler. Chaque moteur peut être activé ou désactivé en fonction de l'état de sa sortie correspondante.

	Name	Data type	Address ▲	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...
1	XV_A	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	XV_B	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	XV_C	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	XV_D	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	XV_E	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	XV_F	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	XV_G	Bool	%Q0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	XV_H	Bool	%Q0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	XV_K	Bool	%Q1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	XV_L	Bool	%Q1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
30	PPE_filtration_PTE	Bool	%Q3.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
31	PPE_filtration_GDE	Bool	%Q3.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25	MTSF	Bool	%Q3.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28	M_DR	Bool	%Q3.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
29	M_MR	Bool	%Q3.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figure IV.7 Les sorties

➤ **Les mémontos :**

Ces emplacements mémoires spéciaux sont utilisés pour stocker des résultats intermédiaires pendant l'exécution du programme (Figure IV.8).

table des sequences								
	Name	Data type	Address ▲	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Supervision
1	filtre_fermé	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	fin_filtration	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	fin_precompactage	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	fin_lavage_gateaux	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	fin_compactage	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	fin_sechage	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	fin_decompactage	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	fin_purge	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	filtre_ouvert	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	fin_debatissage	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figure IV.8 Les mémontos

I.V.4.2 Programme

➤ Sélection des séquences :

Ces réseaux vérifient une série de conditions avant d'activer la séquence de filtration et de mettre à jour la variable de séquence de l'API.

Pour activer la filtration, il faut que le mode automatique soit activé avec le filtre fermé et les alarmes et la variable fin\_filtration désactivées, ou bien que le mode manuel soit activé, le commutateur marche séquence est sur « non » avec la séquence égale à 2 et les alarmes et la variable fin\_filtration désactivées.

Si le mode est automatique et « filtration » est mise à 1 la variable « séquence » reçoit 2. Pour désactiver la filtration, le mode automatique doit être activé avec le précompactage, ou le mode manuel doit être activé avec la séquence différente de 2 (Figure IV.9).

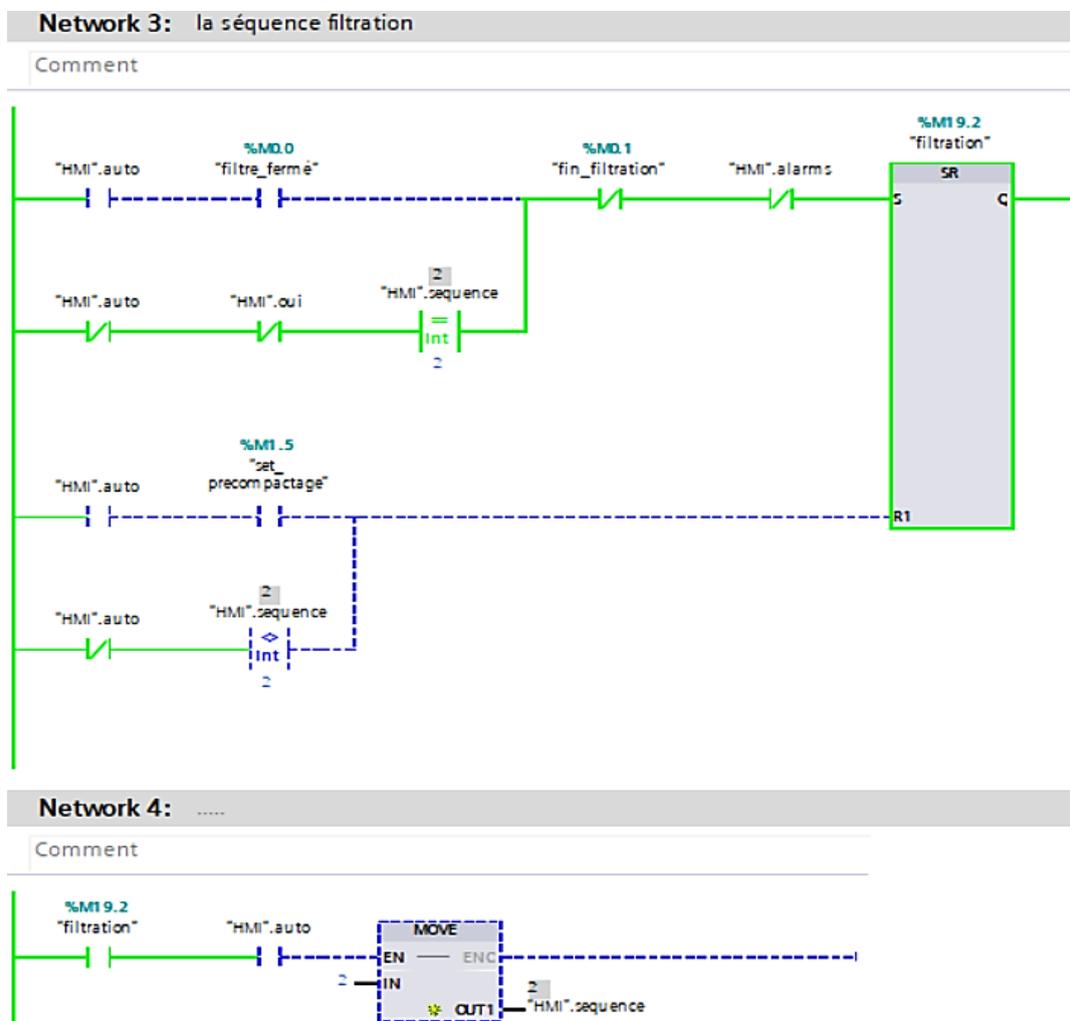


Figure IV.9 Sélection de la séquence filtration

➔ Nous avons simulé le réseau à l'aide de PLCSIM. En sélectionnant le mode de fonctionnement manuel et en choisissant la séquence de filtration, nous avons placé le commutateur de marche de la séquence en position "non". Aucune alarme n'a été

déclenchée et la filtration n'a pas été effectuée dans ces conditions. Une fois ces critères remplis, la bascule RS est activée, ce qui permet le démarrage de la séquence de filtration.

Il est précisé que l'instruction "move" n'est pas effectuée dans ce cas, étant donné que le mode est manuel et que le numéro de séquence a été choisi.

➤ **Discordance des séquences :**

Chaque séquence a un temps maximal, si elle dépasse ce temps ça veut dire il ya une discordance ou un défaut dans le matériel (Figure IV.10).

Rang 1 : Activation du Temporisateur

Si la séquence est égale à 2 et que le nombre de séquence du DB de filtration est entre 1 et 6 inclus, le temporisateur s'active.

Si le temps prédéfini est atteint sans interruption, une discordance de filtration est signalée.

Rang 2 : Réinitialisation du Temporisateur.

Si les conditions acquittement et le câble de réarmement est tiré sont vraies, le temporisateur est réinitialisé, cela empêche l'activation de la sortie de discordance.

Rang 3 : Discordance basée sur le Volume de la Boue.

Si le volume de la boue est inférieur au seuil minimum, une la discordance est activée.

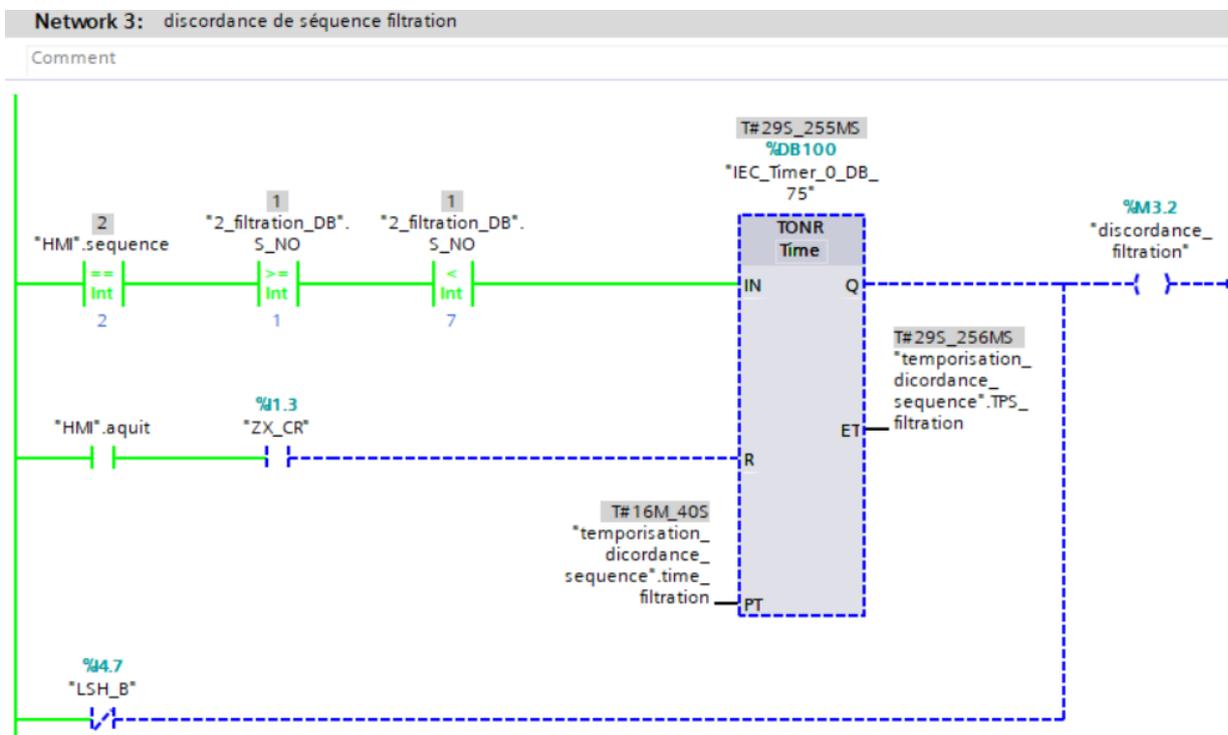


Figure IV.10 Discordance de la séquence filtration

➔ La séquence de filtration a débuté, et si elle ne se termine pas dans le délai prédéfini, cela entraîne une discordance de la séquence de filtration.

➤ **Bloc dans OB1**

Ce bloc de fonction utilise le GRAFCET pour orchestrer la séquence de filtration, en vérifiant des conditions de sécurité et en activant les dispositifs nécessaires pour assurer un fonctionnement correct et sécurisé du système de filtration.

Pour activer la séquence, le panneau de sécurité doit être en bon état, le mode automatique doit être activé, la séquence doit être à l'étape 2, ou « filtration » doit être active, le mode et manuel, et la condition de marche séquence sur « oui ». Si ces conditions sont remplies, le bloc fonctionnel **2\_filtration** est activé. La séquence revient à l'étape initiale si l'une des trois conditions suivantes est remplie : un défaut de filtration, un défaut de sécurité du filtre, ou si le volume est sous le minimum (Figure IV.11).

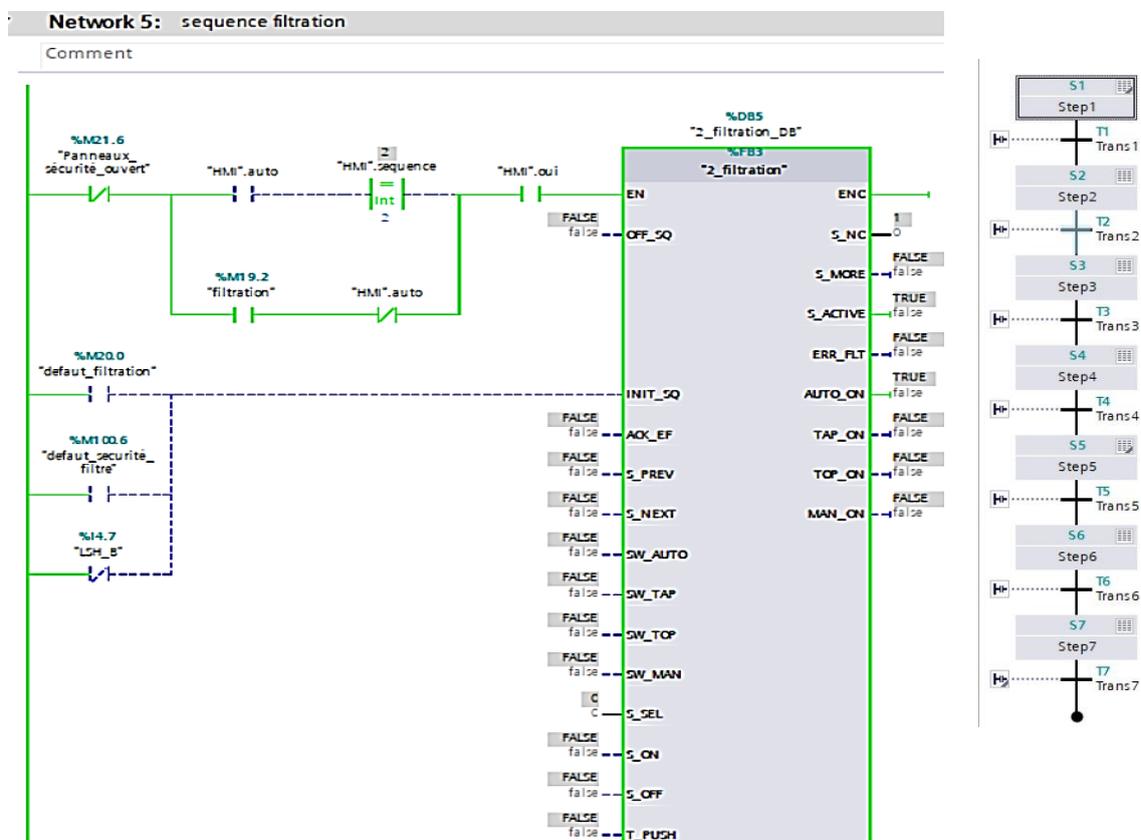


Figure IV.11 Bloc de la séquence filtration

➔ Le réseau de séquence de filtration montre un fonctionnement optimal et sécurisé. Le panneau de sécurité est activé, l'étape de filtration et le mode manuel sont en cours, et la séquence de marche **sequence=2** est active. Les défauts étant désactivés, cela permet l'activation continue de l'étape de filtration sans interruptions.

➤ **Grafcet de la séquence filtration**

Le GRAFCET suivant illustre une partie du programme de la séquence de filtration. Il contrôle l'ouverture et la fermeture des vannes, ainsi que la gestion des pompes et

des temporisations associées. Chaque étape de la séquence assure une transition précise et coordonnée pour garantir le bon déroulement du processus de filtration (Figure IV.12).

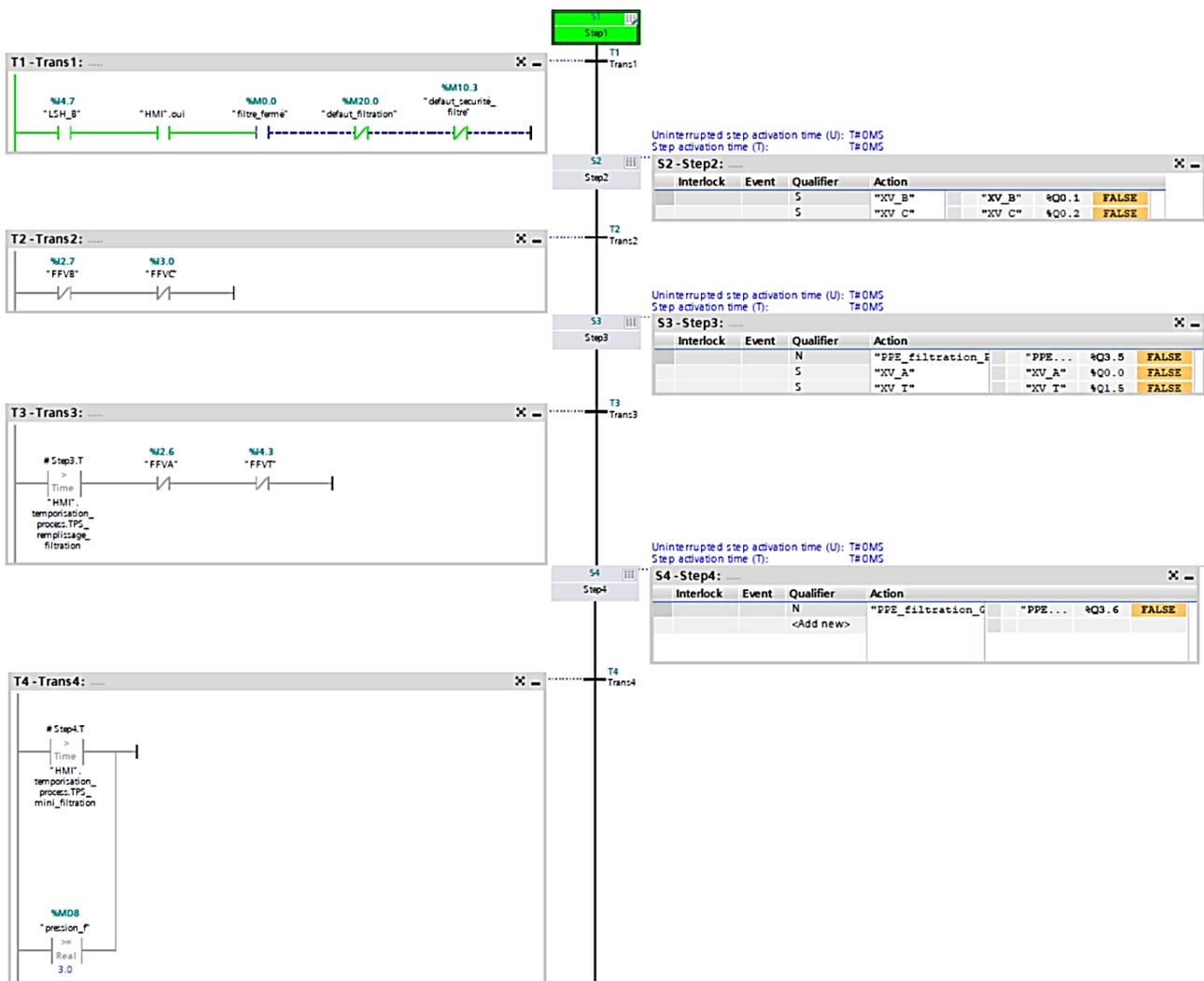


Figure IV.12 Grafset de la séquence filtration

➔ La partie du programme de la séquence de filtration présentée dans la figure indique que la séquence se trouve à son étape initiale. Cette conclusion découle du fait que la condition "filtre\_fermé = 0" révèle que le filtre n'est pas fermé, une condition typique de l'étape initiale. De plus, les commandes des vannes et des pompes sont toutes à 0 (false).

➤ **La fonction de calcul de pression de filtration**

Cette partie du programme s'assure que le calcul ou les opérations relatives à la pression de filtration ne sont exécutés que lorsque la séquence atteint l'étape 2. Lorsque « HM\_Séquence » est égal à 2, le bloc fonctionnel parametre\_filtration est activé pour traiter les paramètres de filtration (Figure IV.13).

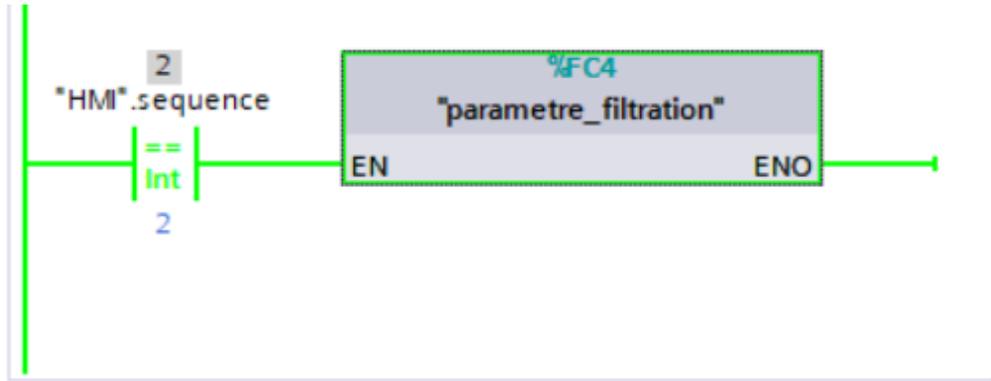


Figure IV.13 La fonction de calcul des paramètres de filtration

➤ **Mise à l'échelle de la pression**

- **Réseau 1** : Met à l'échelle les valeurs brutes des pressions d'entrée et de sortie en utilisant des blocs SCALE.
- **Réseau 2** : Calcule la différence entre les pressions d'entrée et de sortie mises à l'échelle en utilisant un bloc SUB, et stocke le résultat dans **%MD8**.

Ces réseaux permettent de traiter et d'analyser les pressions d'entrée et de sortie, puis de calculer la différence de pression pour une utilisation ultérieure dans le système de contrôle.

- **Réseau 3** : met à l'échelle la valeur brute de niveau de boue présente dans le réservoir (Figure IV.14).

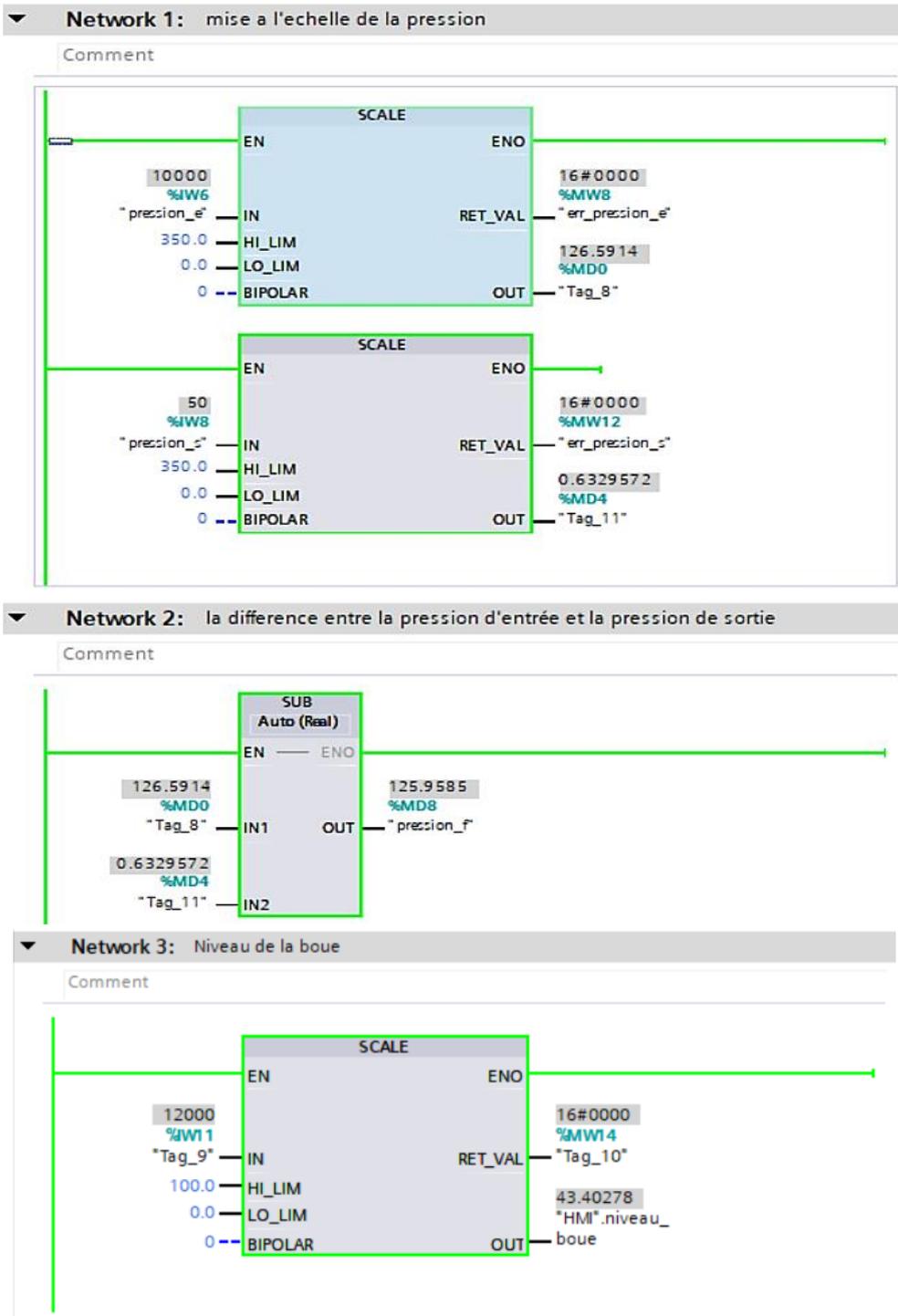


Figure IV.14 Calcul de la pression de filtration

➤ **Les défauts :**

Le réseau est conçu pour gérer les défauts dans la séquence de filtration. Il s'active si la séquence sélectionnée est 2 et le numéro de séquence dans la base de données de filtration est supérieur à 1, si un défaut de sécurité est détecté, ou si un défaut est déjà présent dans la séquence de filtration. Cela assure une gestion efficace des défauts et le bon fonctionnement du système de filtration (Figure IV.15).

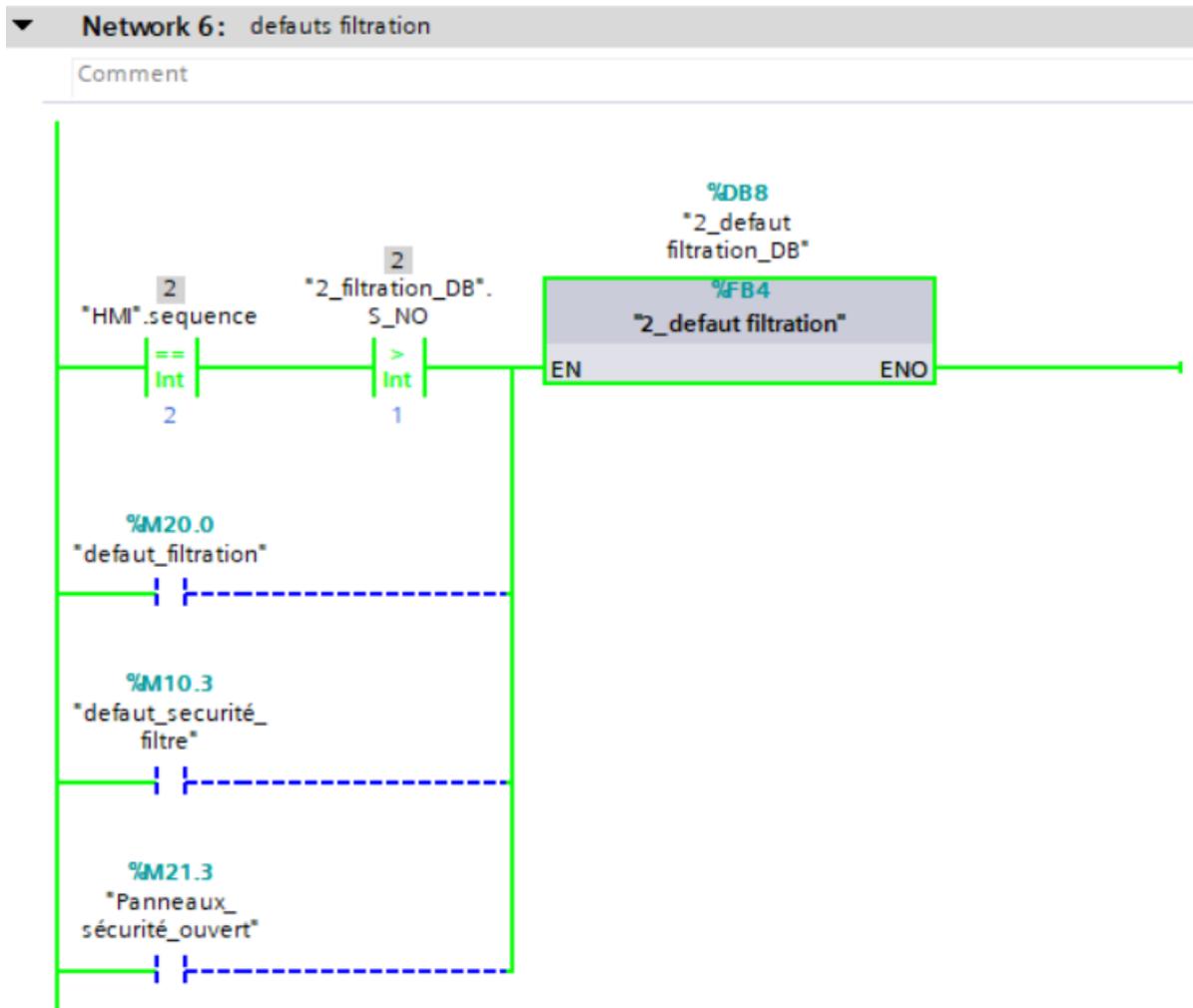
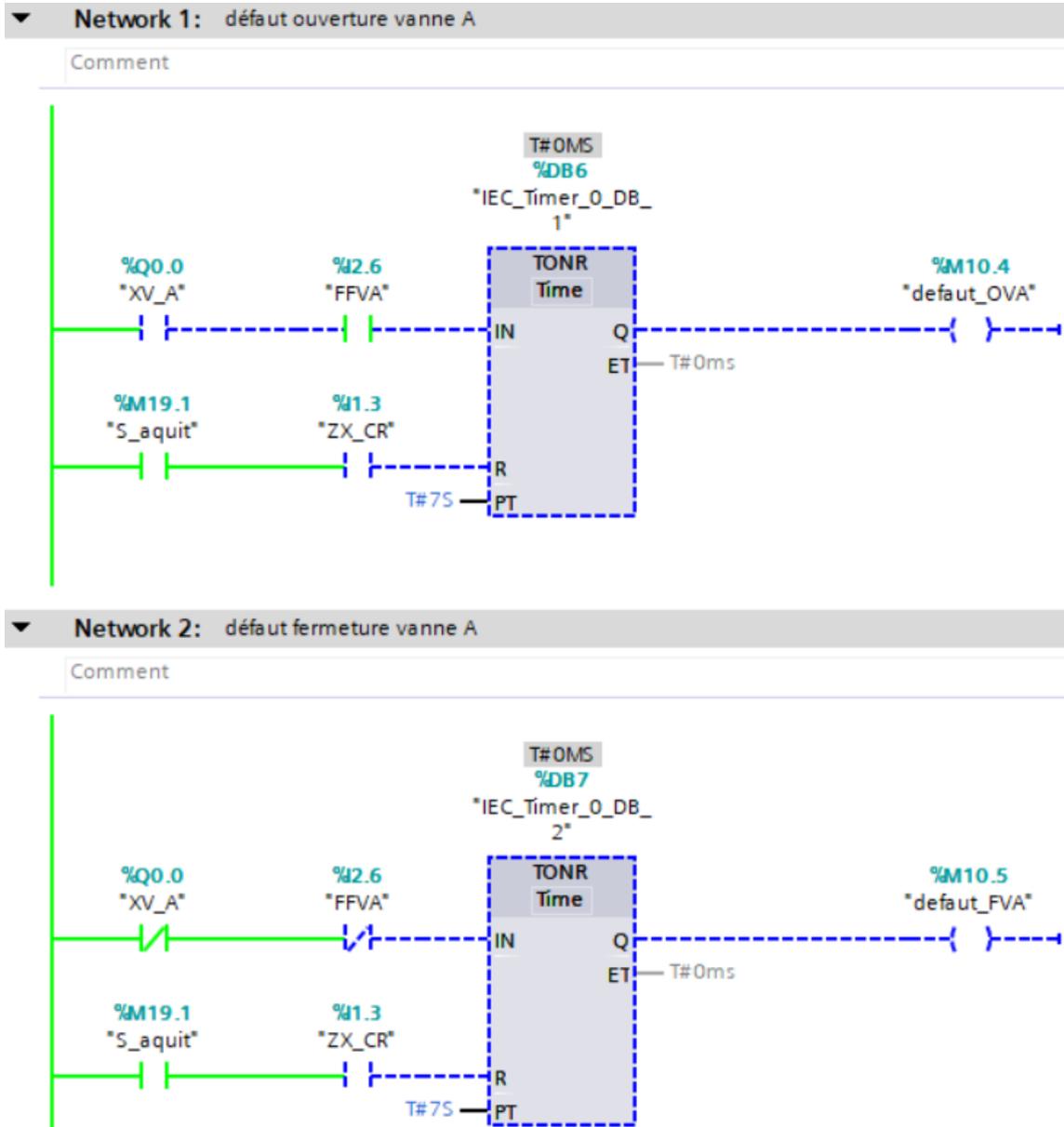


Figure IV.15 Bloc des défauts de la séquence filtration

➔ La séquence de filtrage a commencé et a progressé au-delà de son stade initial, ce qui a déclenché l'exécution du bloc fonctionnel "2\_défaut\_filtration". Les conditions "defaut\_filtration", "defaut\_sécurité\_filtre" et "panneaux\_sécurité\_ouvert" ne sont pas valides, ce qui indique que la séquence ne présente pas de défaut.

➤ **Le programme des défauts**

- ✓ Ces réseaux permettent de détecter les situations où la vanne ne répond pas correctement aux commandes d'ouverture ou de fermeture dans un délai spécifié, indiquant un possible dysfonctionnement de la vanne (Figure IV.16).



**Figure IV.16** Défauts de fermeture et ouverture de la vanne A

- ✓ Les défauts d'ouverture et fermeture des vannes nous donne un défaut de vanne et cette variable on l'utilise dans le défaut de la séquence et les alarmes (Figure IV.17).

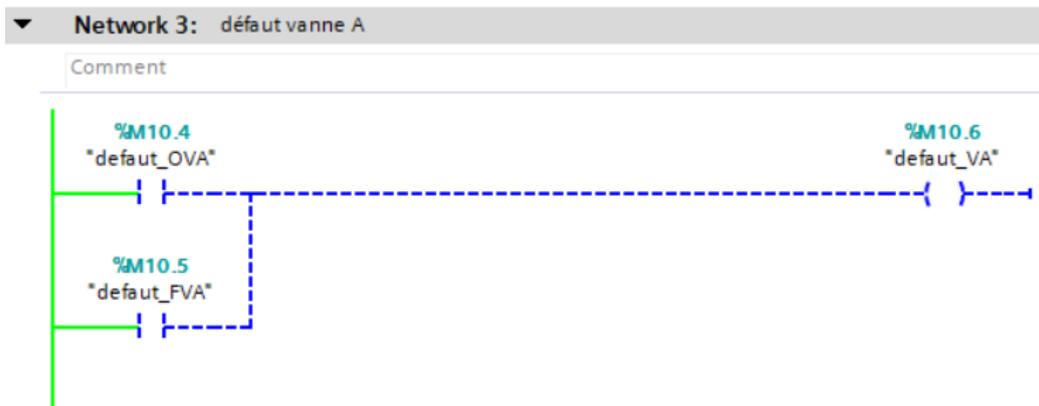


Figure IV.17 Défaut de la vanne A

- ➔ A partir des figures précédentes (Figure IV.16, Figure IV.17) on remarque que la vanne A n'a pas de défaut.
- ✓ Le réseau de la figure IV.18 regroupe tous les défauts potentiels de la séquence de filtration. Chaque contact représente un défaut spécifique dans le processus de filtration, permettant une surveillance et une gestion centralisées des erreurs pour assurer un fonctionnement optimal du système de filtration.

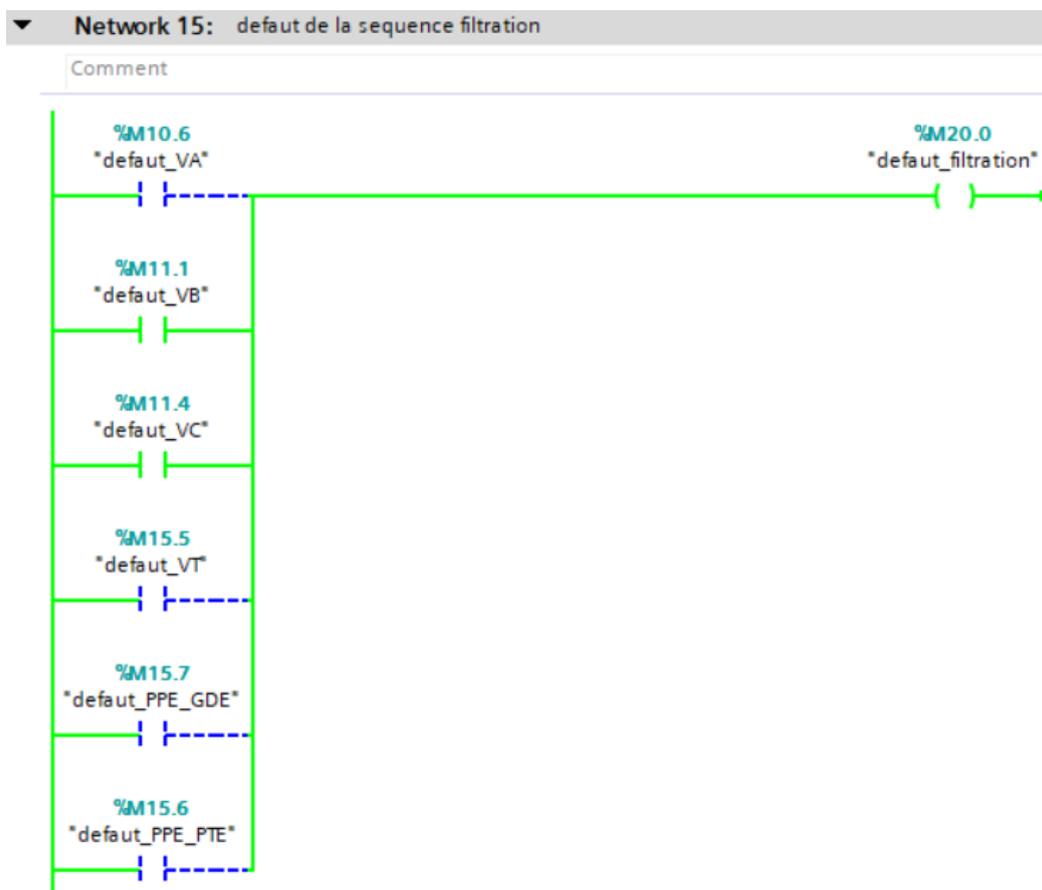


Figure IV.18 Regroupement des défauts de la séquence filtration

- ➔ On visualise dans ce réseau qu'il y a un défaut des vannes B et C, qui produit un défaut dans la séquence de filtration
- ✓ Le réseau de la figure IV.19 est conçu pour réinitialiser toutes les vannes et pompes associées à la séquence de filtration en cas de détection d'un défaut. Lorsqu'un défaut de filtration ou un défaut de sécurité du filtre survient ou le panneau de sécurité est ouvert ou le volume de la boue est inférieur au minimum, les sorties correspondantes aux vannes et aux pompes sont automatiquement mises à zéro.

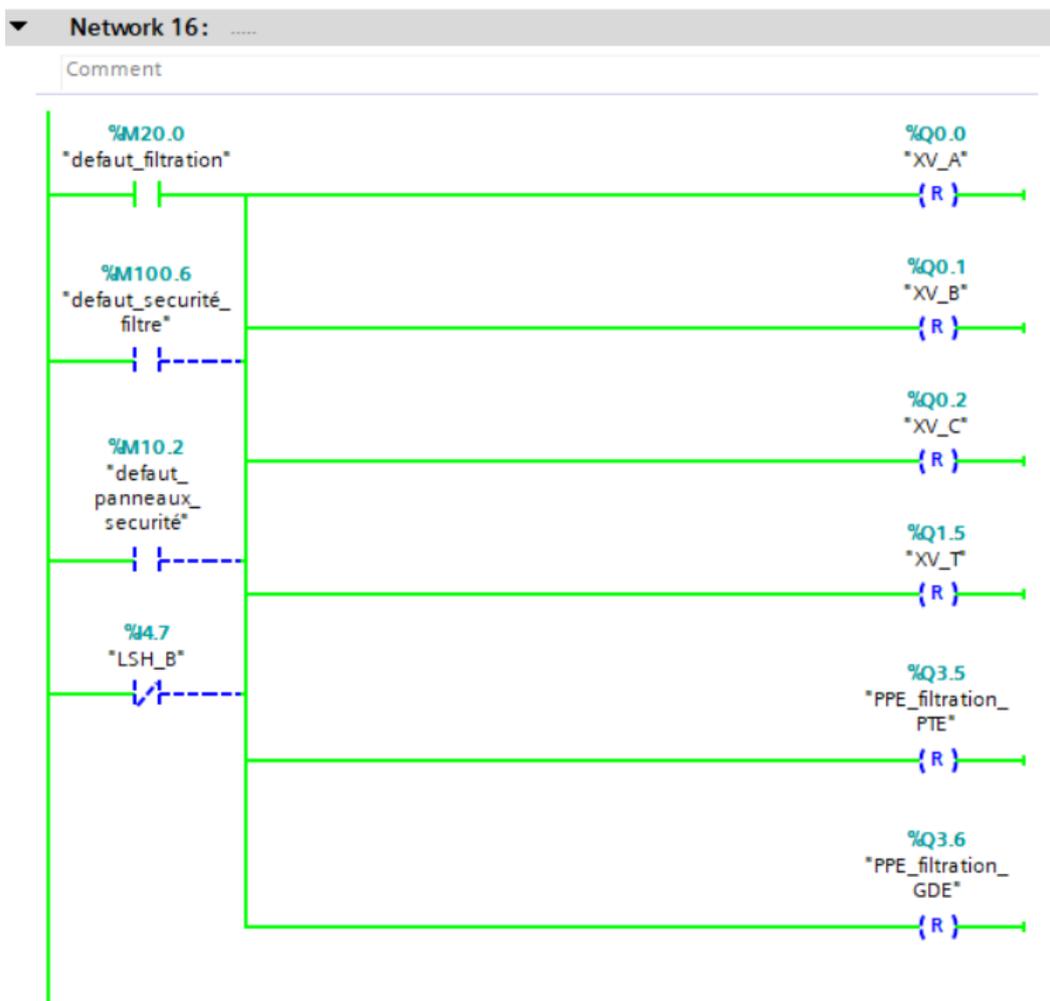


Figure IV.19 Contrôle des vannes et des pompe en cas de défaut

- ➔ Les vanne et les pompes utilisé dans la séquence filtration sont remise à zéro car il y a un défaut dans cette séquence.

➤ **Les alarmes**

- ✓ Cette fonction contient les alarmes des vannes et des pompes (Figure IV.20).



Figure IV. 20 Bloc des alarmes

- ✓ On utilise les bites des variables de type entier non signer pour manipuler les alarmes, et chaque défaut est associé à un bit (Figure IV.21).

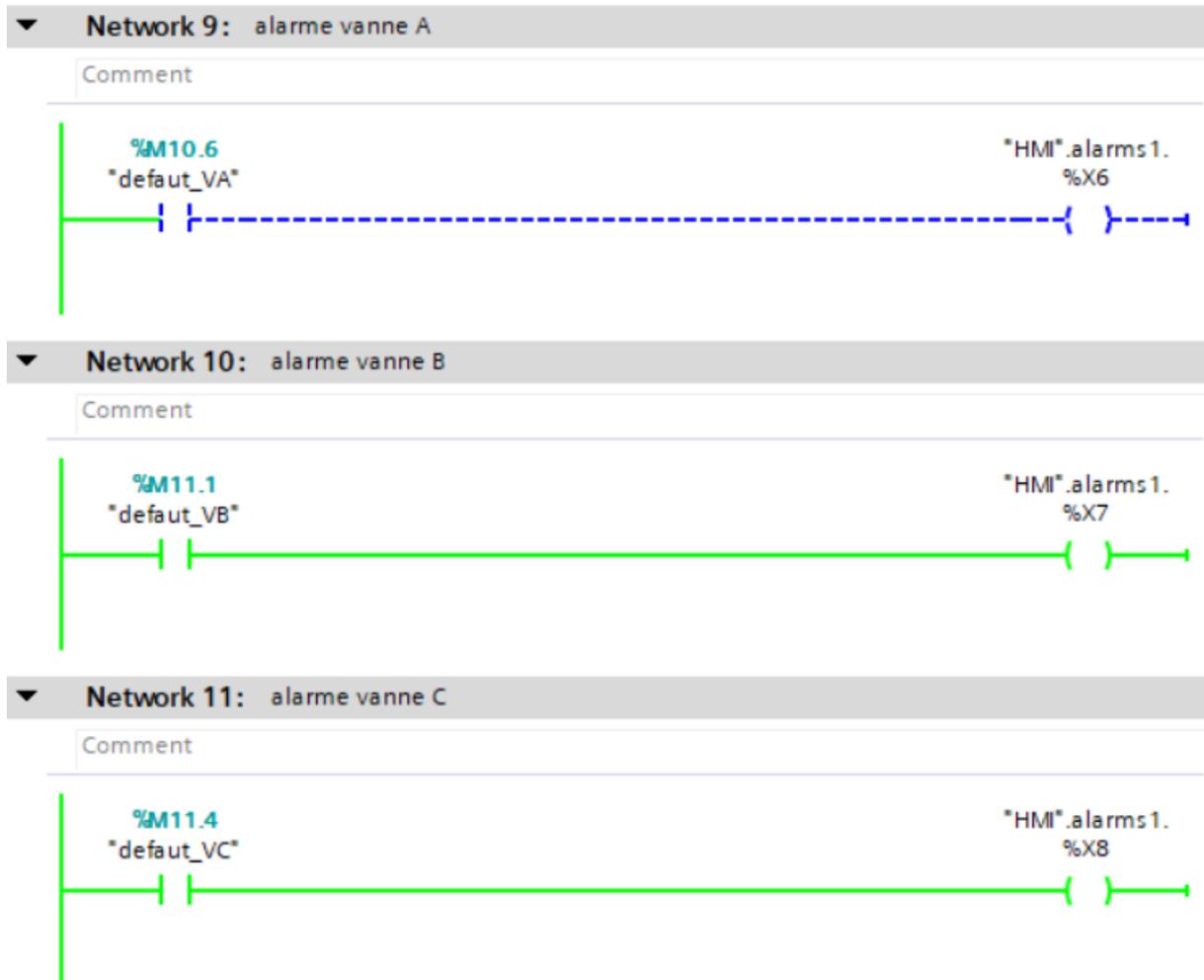


Figure IV.21 Les alarmes des vannes de la séquence filtration

- ➔ Les défauts des vannes B et C déclenchent des alarmes en misant a 1 les bites 8 et 9 de la variable « alarms1 »

## IV.5 Supervision

### IV.5.1 Interface Homme Machine

On utilise WinCC pour créer des écrans qu'un opérateur peut utiliser pour contrôler et surveiller les vannes et les pompes de filtre presse.

➤ **La vue principale**

La Figure IV.22 montre une interface utilisateur Siemens IHM (TP1200 Comfort) utilisée pour contrôler le système. L'écran présente des options de contrôle telles que le mode de fonctionnement (manuel/auto), les commutateurs « marche séquence », « lavage de gâteaux », « précompactage », « compactage », et le « volume/temps ». Des boutons pour l'arrêt du klaxon, l'arrêt d'urgence, et la relance du cycle sont également visibles. Un compteur indique le nombre de cycles, actuellement à zéro.

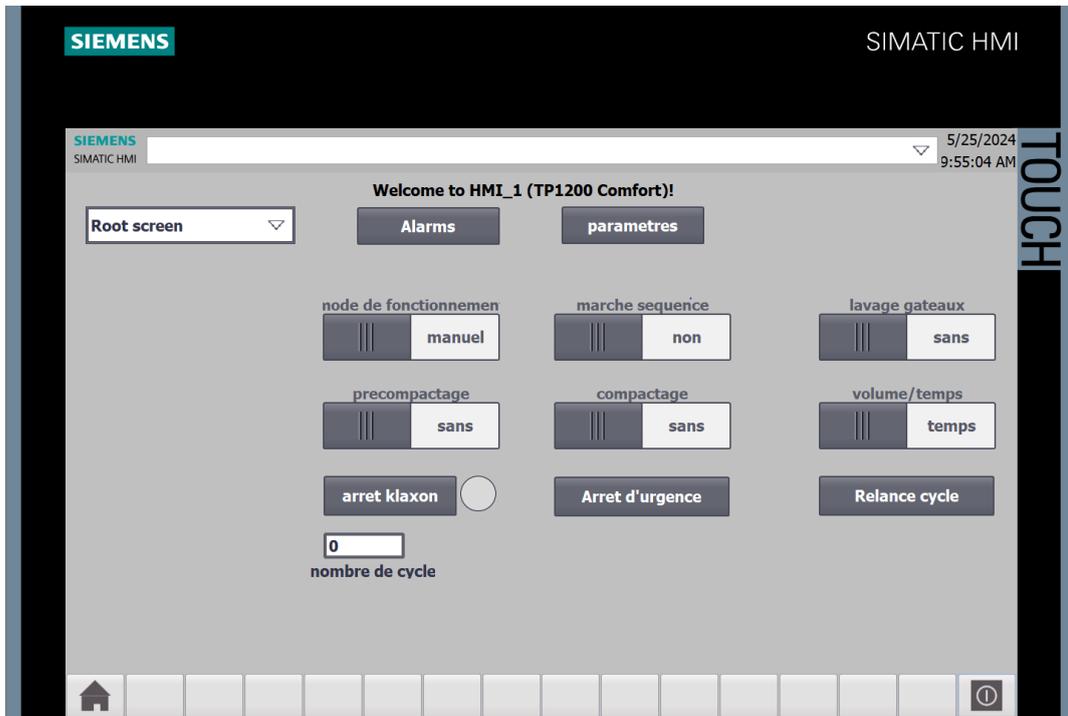


Figure IV.22 Vue principale de l'IHM

➤ **La vue des paramètres**

La Figure IV.23 montre une interface utilisateur pour modifier les paramètres de volume et de temporisation d'un système automatisé. L'écran affiche des champs numériques réglables pour divers processus, comme le remplissage, la filtration, le précompactage, le lavage de gâteaux, le séchage, et la purge. Tous les champs sont actuellement à zéro. Un bouton "Alarms" est également visible pour accéder aux alertes du système.



Figure IV.23 Vue des paramètres

➤ La vue de filtration dans l’IHM

Cette interface permet de surveiller et de contrôler les différentes étapes de la séquence defiltration (Figure IV.24).

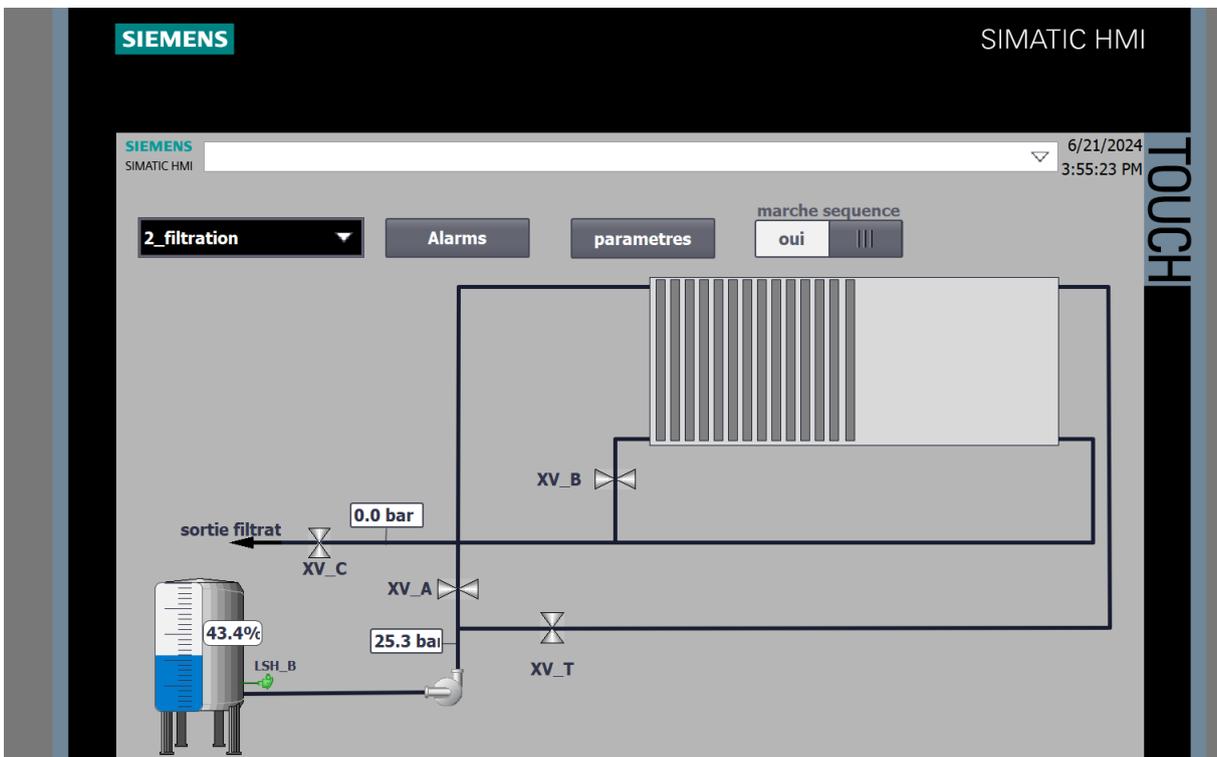


Figure IV.24 Vue de la séquence filtration

### IV.5.2 Les alarmes

➤ **Configuration des alarmes**

La figure IV.25 présente les alarmes discrètes déclenchées par le CPU dans une usine, indiquant des changements d'état tels que l'ouverture ou la fermeture d'une vanne. Chaque alarme est identifiée de manière unique et classée comme une erreur, avec des détails sur les descriptions, les tags et adresses de déclenchement, ainsi que les informations sur l'Interface Homme Machine (IHM)

Discrete alarms										
ID	Name	Alarm text	Alarm class	Trigger tag	Trigge..	Trigger address	HMI acknowl...	HMI a...	HMI acknowl...	
1	Discrete alarm_1	discordance de la pompe	Errors	HM_alarms1	0	HM.alarms1.x0	<No tag>	0		
2	Discrete alarm_2	defaut tete mobile de verin	Errors	HM_alarms1	1	HM.alarms1.x1	<No tag>	0		
3	Discrete alarm_3	defaut panneaux de securité	Errors	HM_alarms1	2	HM.alarms1.x2	<No tag>	0		
4	Discrete alarm_4	defaut regulation	Errors	HM_alarms1	3	HM.alarms1.x3	<No tag>	0		
5	Discrete alarm_5	defaut de la premiere monté de	Errors	HM_alarms1	4	HM.alarms1.x4	<No tag>	0		
6	Discrete alarm_6	defaut de pressostat svf	Errors	HM_alarms1	5	HM.alarms1.x5	<No tag>	0		
7	Discrete alarm_7	defaut de la vanne A	Errors	HM_alarms1	6	HM.alarms1.x6	<No tag>	0		
8	Discrete alarm_8	defaut de la vanne B	Errors	HM_alarms1	7	HM.alarms1.x7	<No tag>	0		
9	Discrete alarm_9	defaut de la vanne C	Errors	HM_alarms1	8	HM.alarms1.x8	<No tag>	0		
10	Discrete alarm_10	defaut de la vanne D	Errors	HM_alarms1	9	HM.alarms1.x9	<No tag>	0		
11	Discrete alarm_11	defaut de la vanne E	Errors	HM_alarms1	10	HM.alarms1.x10	<No tag>	0		
12	Discrete alarm_12	defaut de la vanne F	Errors	HM_alarms1	11	HM.alarms1.x11	<No tag>	0		
13	Discrete alarm_13	defaut de la vanne G	Errors	HM_alarms1	12	HM.alarms1.x12	<No tag>	0		
14	Discrete alarm_14	defaut de la vanne H	Errors	HM_alarms1	13	HM.alarms1.x13	<No tag>	0		
15	Discrete alarm_15	defaut de la vanne K	Errors	HM_alarms1	14	HM.alarms1.x14	<No tag>	0		
16	Discrete alarm_16	defaut de la vanne L	Errors	HM_alarms1	15	HM.alarms1.x15	<No tag>	0		
17	Discrete alarm_17	defaut de la vanne M	Errors	HM_alarms2	0	HM.alarms2.x0	<No tag>	0		
18	Discrete alarm_18	defaut de la vanne N	Errors	HM_alarms2	1	HM.alarms2.x1	<No tag>	0		
19	Discrete alarm_19	defaut de la vanne P	Errors	HM_alarms2	2	HM.alarms2.x2	<No tag>	0		
20	Discrete alarm_20	defaut de la vanne T	Errors	HM_alarms2	3	HM.alarms2.x3	<No tag>	0		
21	Discrete alarm_21	defaut de la vanne W	Errors	HM_alarms2	4	HM.alarms2.x4	<No tag>	0		

Figure IV.24 Configuration Des alarmes

➤ **La vue des alarmes**

L'objet "Vue d'alarme" affiche les alarmes qui surviennent pendant les processus, permettant ainsi de les visualiser sous forme de liste structurée (Figure IV.26).

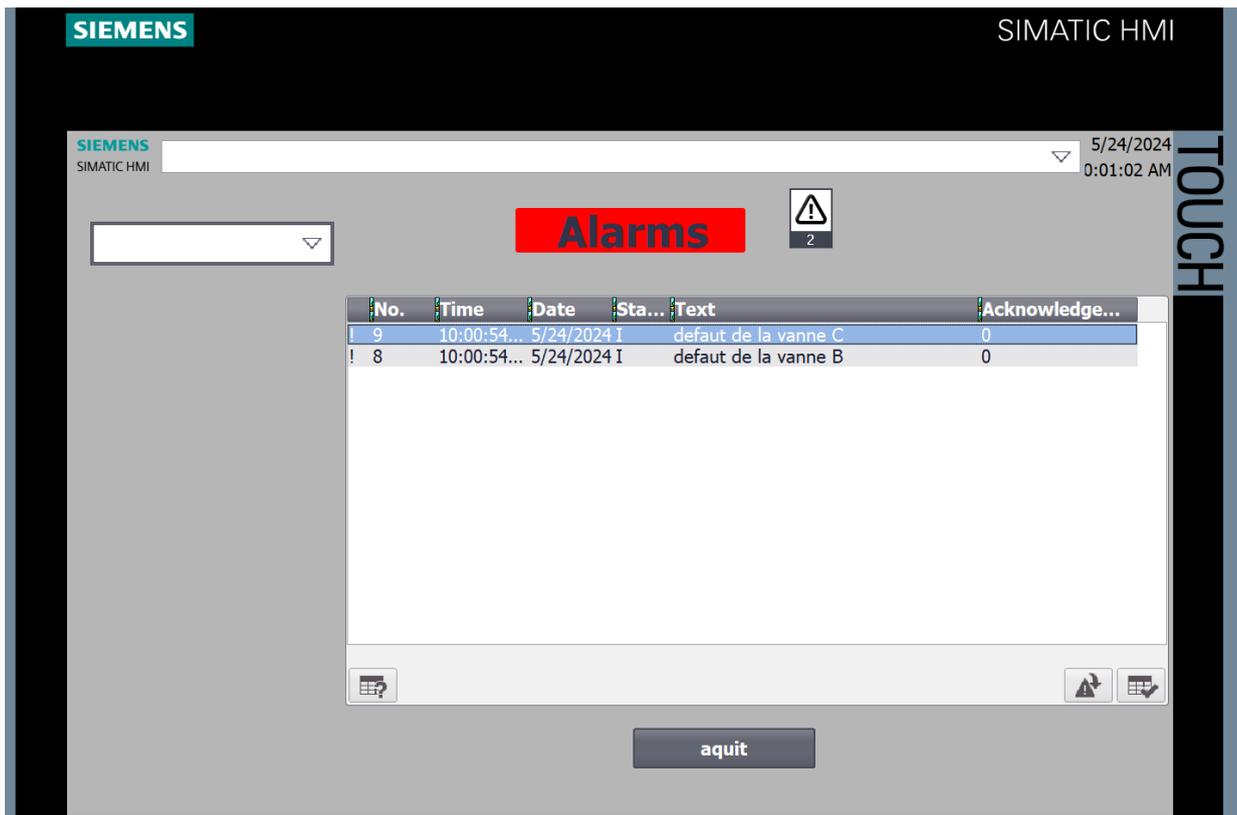


Figure IV. 25 Vue des alarmes

## IV.6 Conclusion

La mise en place d'un programme d'automatisation pour contrôler le filtre-pressé, en utilisant l'API S7-1500 et le logiciel Tia portal de SIEMENS, STEP7 pour la programmation ainsi que la supervision via WinCC Flexible, démontre une approche technologique avancée et intégrée. L'implémentation de ce projet dans TIA Portal V18 de SIEMENS a mis en lumière les étapes clés du développement et de l'intégration nécessaires pour assurer un fonctionnement efficace et fiable du système. Cette démarche souligne l'importance d'une planification minutieuse, d'une programmation précise et d'une supervision adéquate dans la réalisation de projets d'automatisation industrielle sophistiqués, permettant ainsi un contrôle optimal des processus et une gestion efficace des équipements. Il convient de noter que les étapes suivies pour réaliser la séquence de filtration sont identiques à celles appliquées à d'autres séquences.

## Conclusion générale

Notre travail porte sur l'étude et la programmation avec TIA Portal d'un filtre presse pour une raffinerie de sucre de 3000 tonnes par jour au sein de l'entreprise Cevital. Ce projet de fin d'études nous a permis d'améliorer nos compétences en automatisation et de renforcer notre compréhension des processus industriels complexes. Grâce à l'utilisation de technologies avancées, nous avons acquis une expertise précieuse dans la programmation et la supervision des systèmes automatisés. Cette expérience nous prépare à relever les défis de l'industrie moderne et à contribuer à son évolution.

Nous avons étudié le processus de fabrication du sucre en nous concentrant sur le filtre-presse, un élément crucial. À travers l'élaboration du cahier des charges et du GRAFCET, nous avons défini les exigences fonctionnelles et opérationnelles, ainsi que les critères de performance, les contraintes techniques et les besoins en matière de sécurité. Le GRAFCET a fourni une représentation graphique des étapes de filtration, facilitant la compréhension et la mise en œuvre du processus.

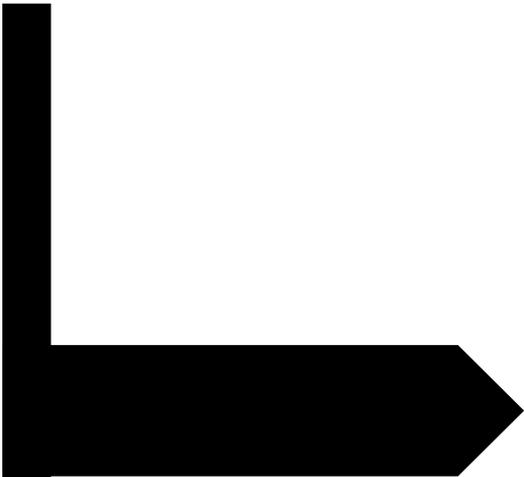
Pour le matériel, nous avons choisi l'automate Siemens S7-1500 pour sa robustesse et sa compatibilité industrielle, ainsi que le module décentralisé ET200S pour sa capacité à réduire les perturbations électromagnétiques. La programmation a été effectuée avec TIA Portal, permettant de gérer automatiquement les étapes de filtration, d'intégrer des fonctions avancées de contrôle et de gestion des anomalies, et d'optimiser les paramètres en temps réel. Enfin, WinCC a été utilisé pour développer des interfaces de supervision, permettant aux opérateurs de surveiller le filtre-presse en temps réel, d'ajuster les paramètres et de réagir rapidement en cas d'anomalies grâce à une interface conviviale et des outils de diagnostic efficaces.

Notre programme offre de nombreux avantages. L'opérant peut visualiser le filtre-presse avec ses différents composants, ce qui minimise les interventions physiques et réduit le nombre de modules nécessaires. Il permet également d'accéder facilement à chaque défaut, avec sa position exacte et la cause identifiée. En intégrant ces fonctionnalités, nous facilitons la gestion des systèmes automatisés, améliorant ainsi l'efficacité et la fiabilité des processus industriels.

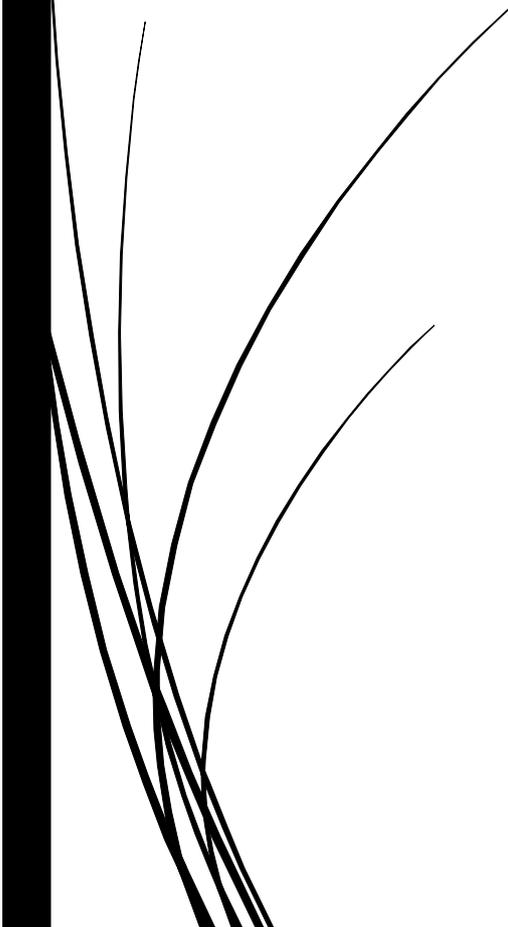
Notre travail pourrait bénéficier d'une intégration de l'analyse de données et de l'apprentissage automatique pour développer des modèles prédictifs afin d'anticiper les pannes et d'optimiser les paramètres du filtre-presse en fonction des variations de la production. De plus, améliorer l'interface utilisateur de WinCC avec des visualisations intuitives et des outils basés sur les données collectées pourrait offrir une expérience utilisateur plus conviviale et efficace.

## Bibliographie :

- [1] Mohamed Rahmani, « *Raffinage de sucre* », Documentation Cevital 2015
- [2] « *Centrale hydraulique* », Datasheet du constructeur CHOQUENET S.A.S, 15/05/11.
- [3] <https://fr.kisho-ceramic-coating.com/news/hydraulic-motor-definition-28137798.html>, consulté en Avril 2024.
- [4] <https://www.socah-hydraulique.fr/definition-pompe-hydraulique>, consulté en Avril 2024.
- [5] Mr Youcef Mebarki, « Cours hydraulique et pneumatique02 », Cours de Master 1, université de Bejaia, 2022/2023.
- [6] Djouhri samira et Khebat nesrine « *Automatisation et supervision d'un filtre-presse à Cevital* » Mémoire de Master, Université de Bejaia, 2018/2019.
- [7] « *Présentation générale des filtre presse* », Documentation Faure Equipement, téléchargé Avril 2024.
- [8] <https://tapflo.fr/pompes-pour-filtre-presse>, consulté en Avril 2024.
- [9] « *Programmer avec Step 7* », Manuel Siemens Simatic, Edition 03/2006.
- [10] « *Analyse fonctionnelle de filtre-presse* » Datasheet du constructeur CHOQUENET S.A.S, 15/02/01.
- [11] « *Système d'automatisation* », Document Siemens Simatic s7-1500 /et 200mp, 11/2023
- [12] « *Simatic HMI WINCC* » Manuel Siemens, Tome ½, Edition 08/1999.
- [13] « *Simatic HMI devices comfort panels* », Document Siemens, Edition 07/2022
- [14] « *Simatic système de périphérie décentralisée et 200s* », Document Siemens, Edition 08/2008.



# Annexe de simulation de programme



# 1.Fermeture filtre

Le paragraphe décrit un bloc fonctionnel utilisant le GRAFCET pour gérer la séquence de fermeture d'un filtre presse. Pour démarrer la séquence, plusieurs conditions de sécurité doivent être remplies, telles que l'état du panneau de sécurité, le commutateur de marche de la séquence sur "oui", le mode automatique activé et "sequence = 1", ou la vérification du mode manuel et la variable "set\_fermeture" à 1. Si ces conditions sont satisfaites, le bloc fonctionnel 1\_fermeture\_filtre est activé. La séquence retourne à son étape initiale en cas de défaut de sécurité du filtre (Figure A1).

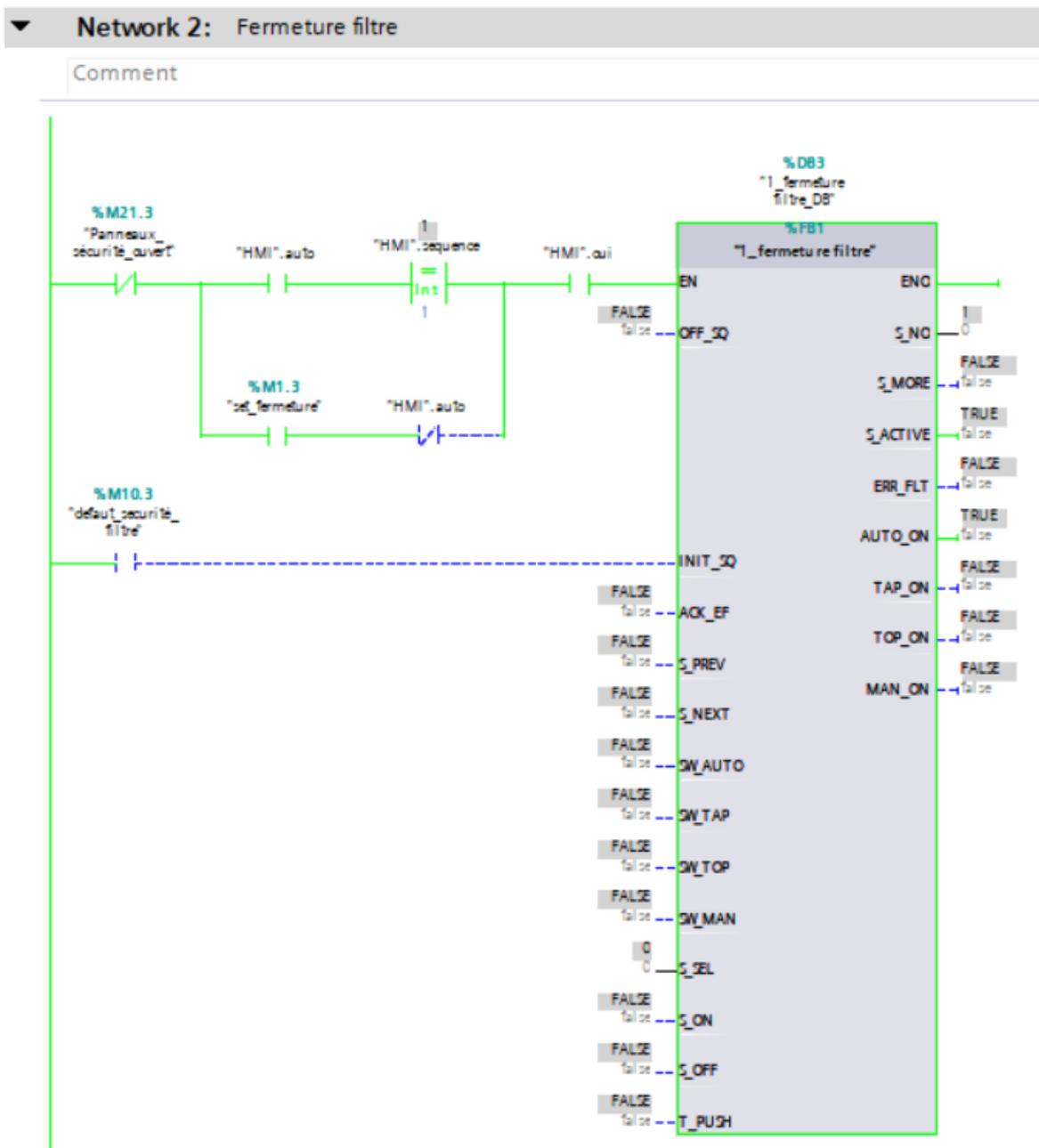
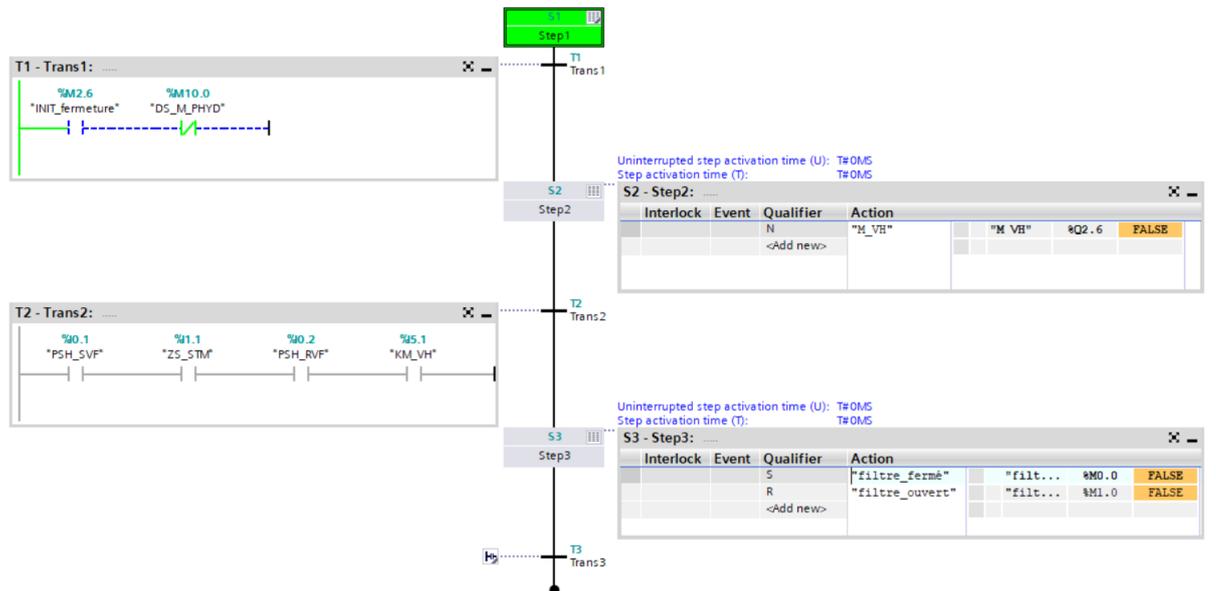


Figure A1 Bloc de la séquence filtration

Le GRAFCET de la figure A2 suivant illustre une partie du programme de la séquence fermeture filtre Il contrôle la gestion de la pompe « M\_VH ».



**Figure A2** Le GRAFCET de la séquence de fermeture

## 2.Régulation de pression

Le réseau de la figure A3 décrit un bloc fonctionnel utilisant le GRAFCET pour réguler la pression d'un filtre presse. Pour démarrer la régulation, plusieurs conditions de sécurité doivent être remplies, notamment l'état du panneau de sécurité et la séquence doit être entre la fermeture et la purge. Si ces conditions sont satisfaites, le bloc fonctionnel « regulation\_filtre » est activé. La séquence retourne à son étape initiale en cas de détection d'un problème de sécurité du filtre.

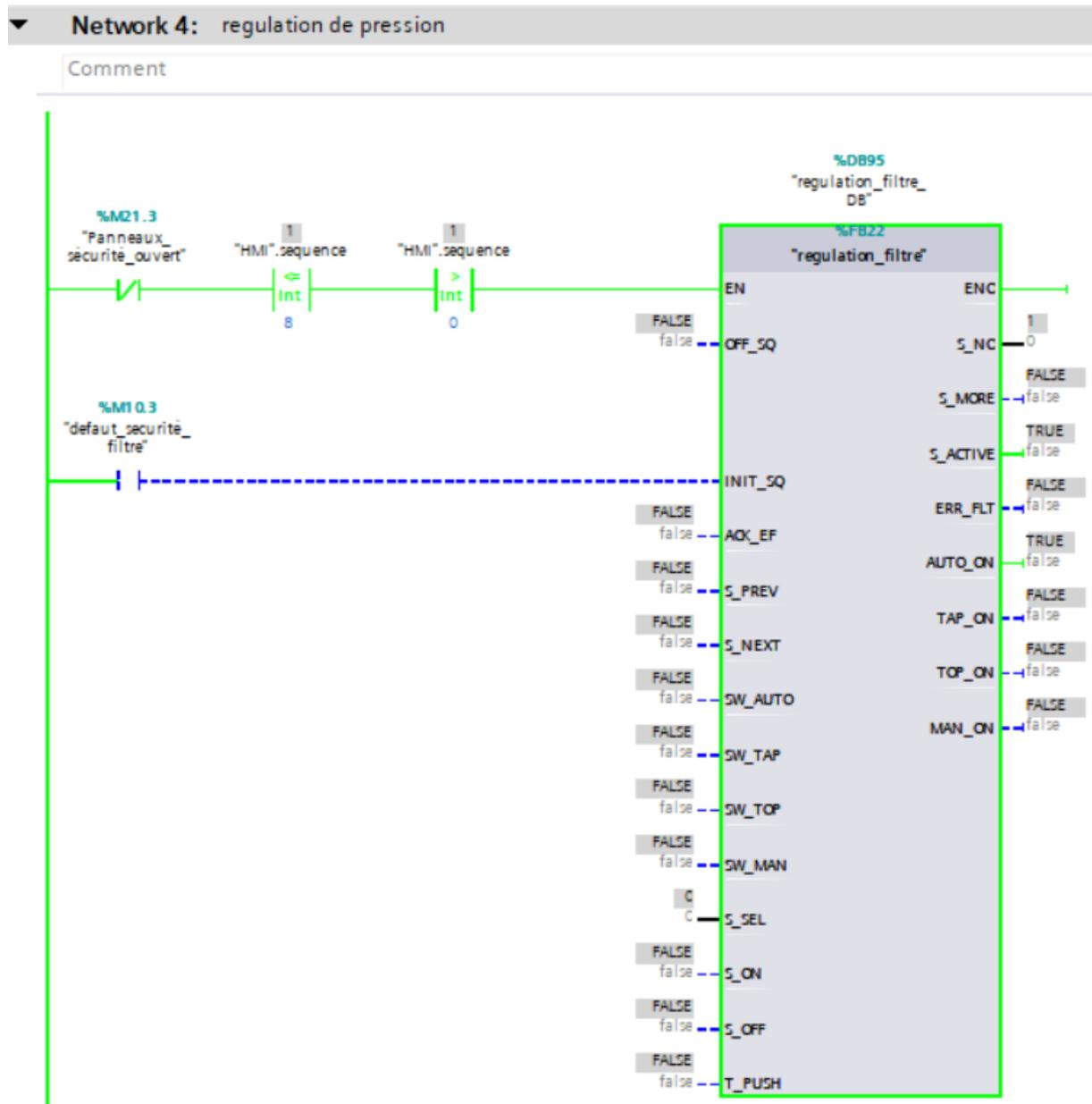


Figure A3 Bloc de la régulation de pression

Le GRAFCET de la figure A4 suivant illustre la régulation de la pression en contrôlant la pompe hydraulique à partir de la surveillance continue effectuée par le pressostat RVF.

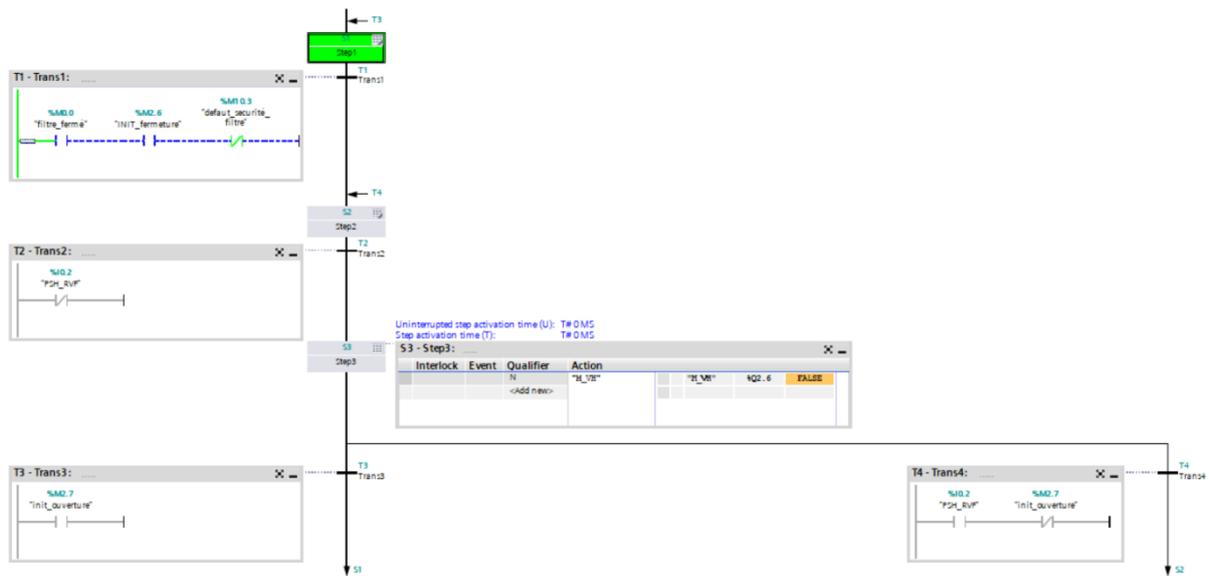


Figure A4 GRAFCET de la régulation de pression

### 3.Alarme fermeture filtre

On utilise les bites des variables de type entier non signer pour manipuler les alarmes, et chaque défaut est associé à un bit

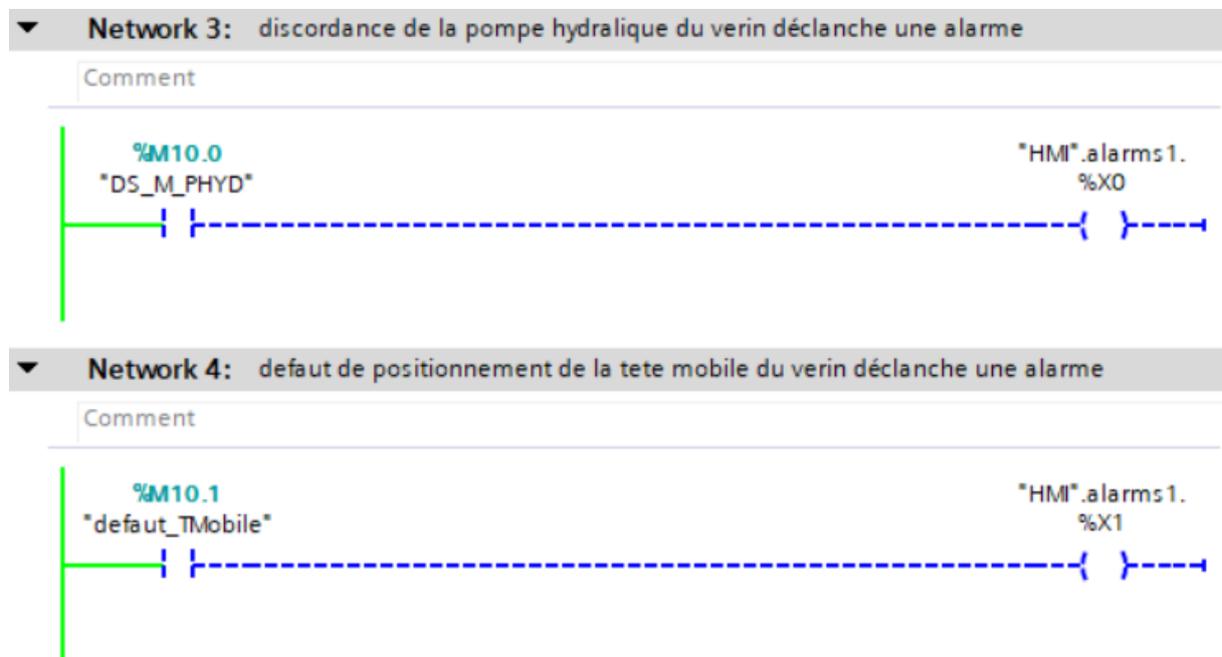


Figure A5.1 alarmes sécurité filtre fermé

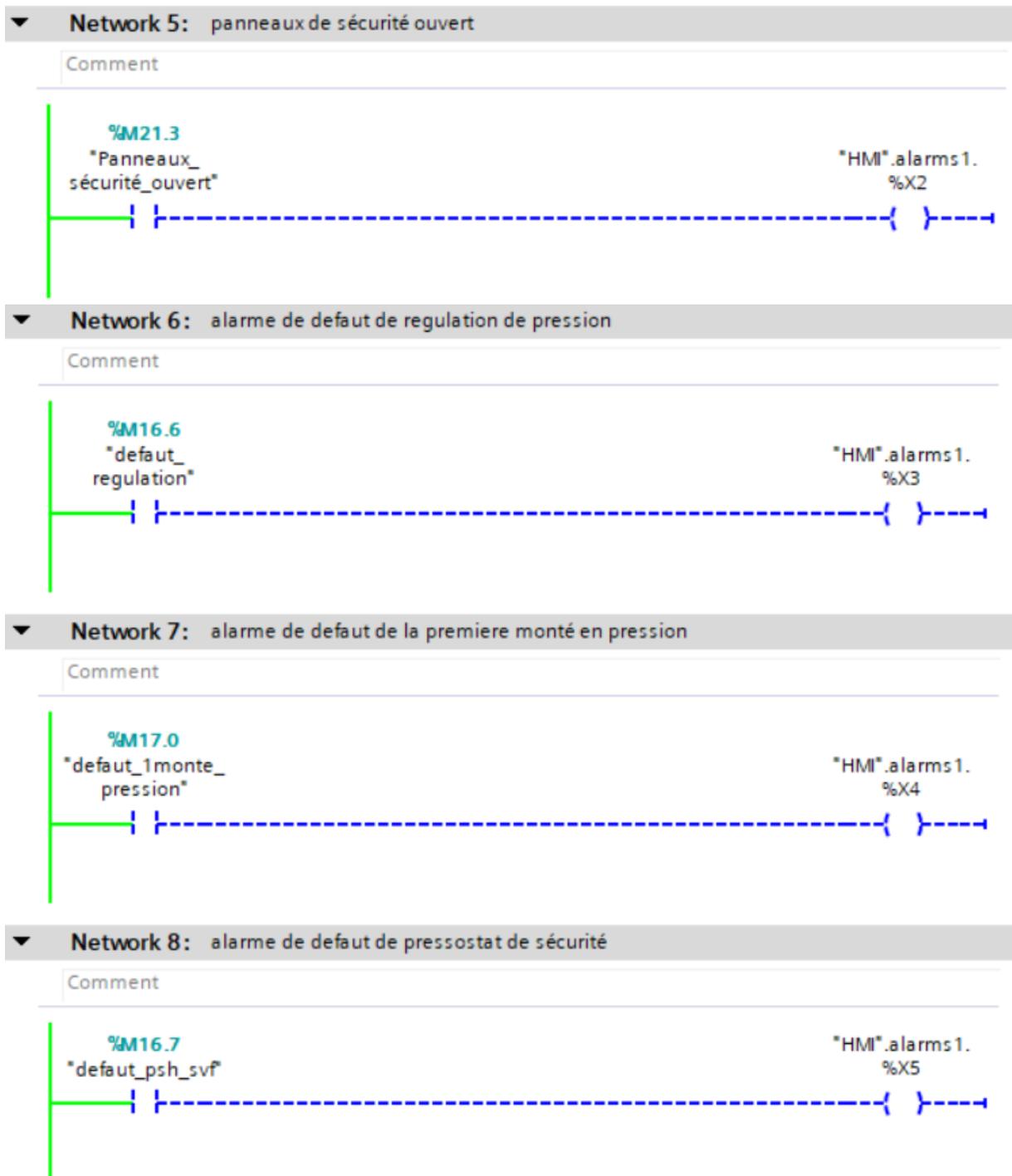
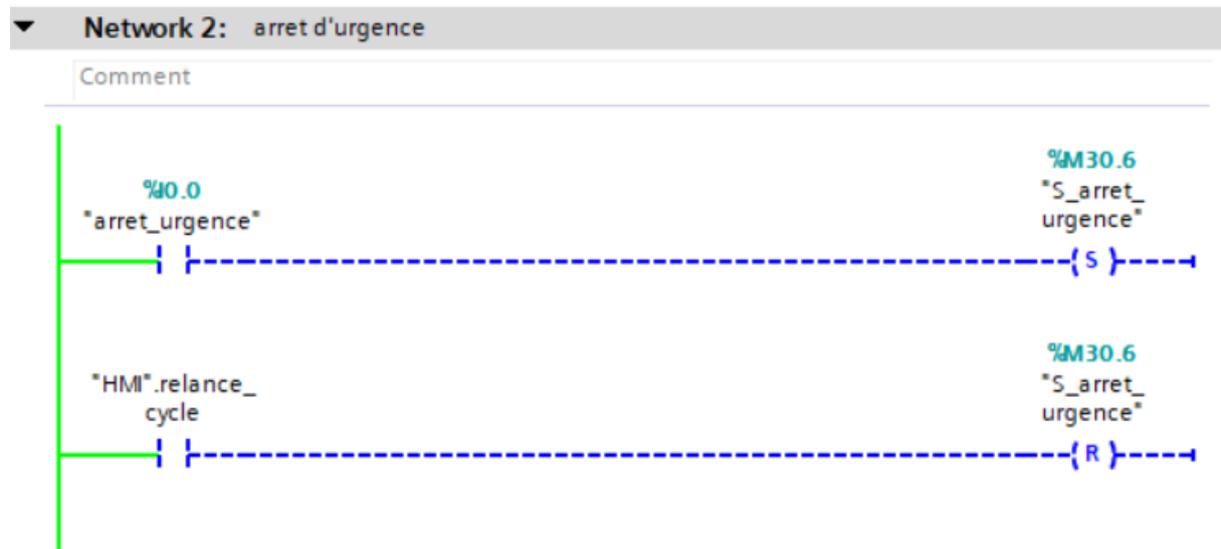


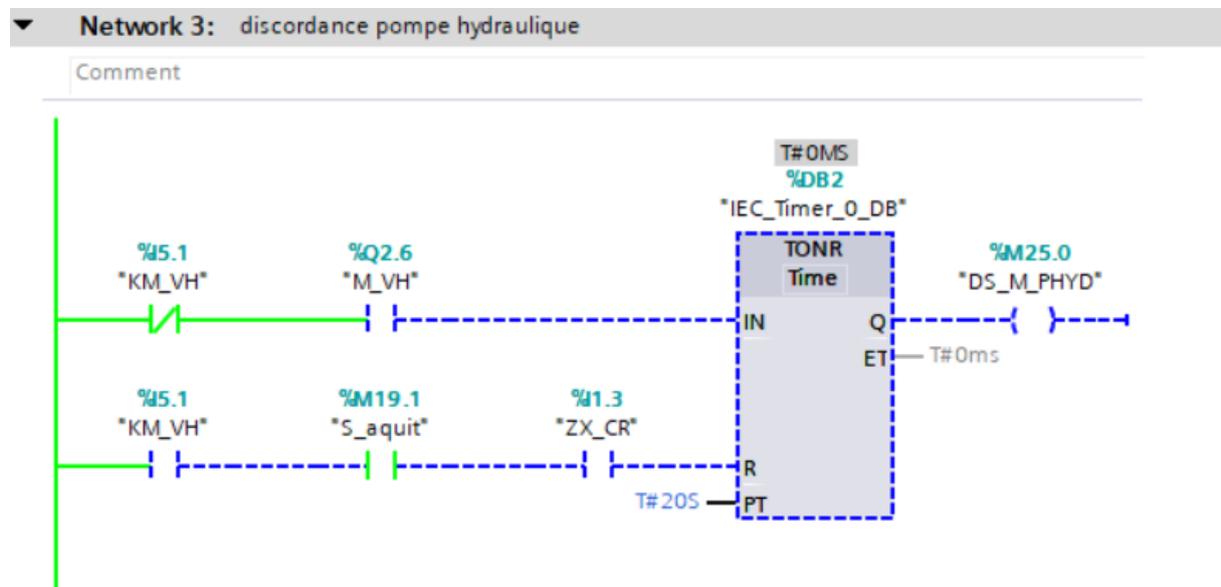
Figure A5.2 alarmes sécurité filtre fermé

## 4.Sécurité filtre fermé



**Figure A6** Arrêt d'urgence

Le réseau de la figure A7 suivant est conçu pour vérifier la discordance de la pompe hydraulique en utilisant les conditions suivantes : si une commande de marche est détectée mais qu'il n'y a pas de retour de marche dans un délai défini, la variable "DS\_M\_PHYD" est définie à 1. Pour réinitialiser ce défaut, il faut qu'un acquittement soit effectué et que le câble de réarmement soit tiré.



**Figure A7** Discordance de la pompe hydraulique

Le réseau de la figure A8 suivant illustre la gestion du défaut de la tête mobile du vérin en fonction de plusieurs conditions. Voici une description détaillée :

- **Première branche :**
  - Si le filtre est fermé ou le pressostat de régulation est activé, et que le capteur de fin de course du vérin n'est pas activé, un défaut est généré "defaut\_TMobile".
- **Deuxième branche :**
  - Si le commutateur marche séquence est sur "oui", et que le capteur de fin de course du vérin et le capteur de retour du vérin sont activés, un défaut est généré "defaut\_TMobile".
- **Réinitialisation :**
  - Pour réinitialiser le défaut, on appuie sur l'acquiescement et on tire le câble de réarmement.

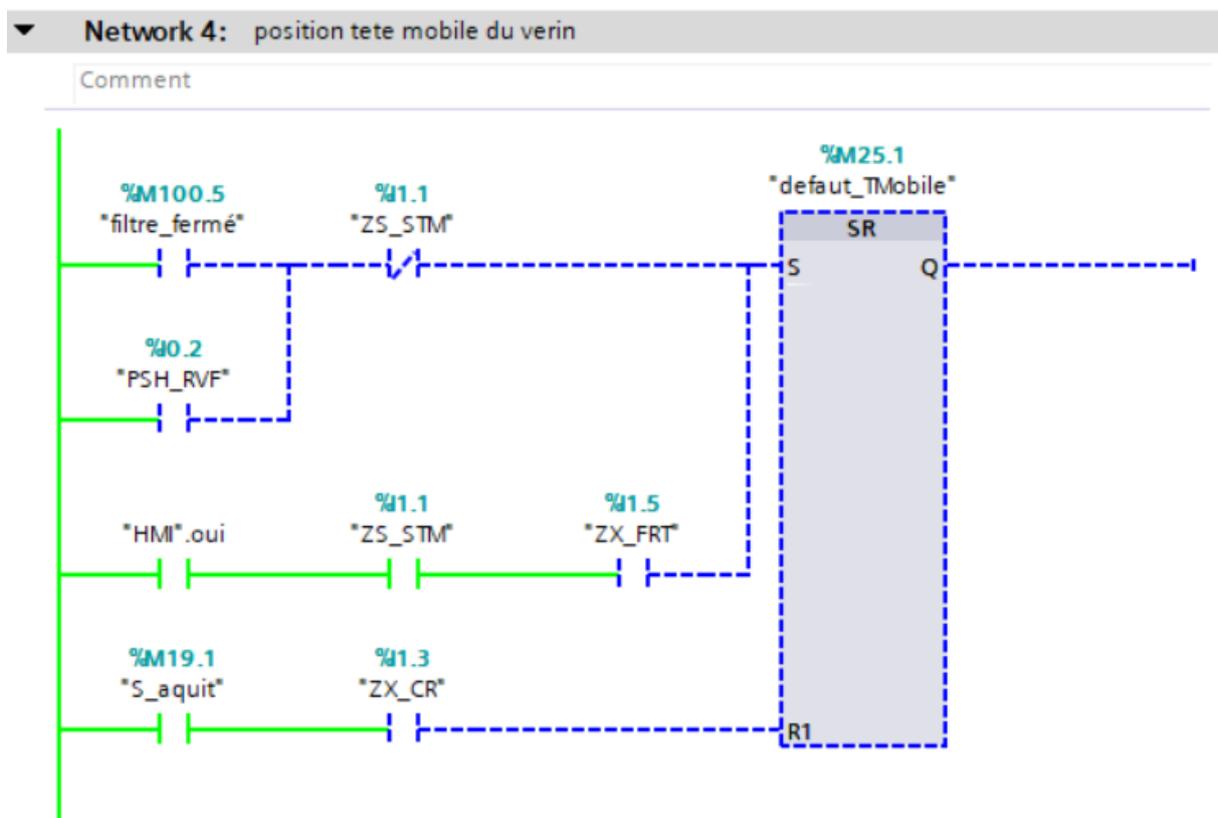
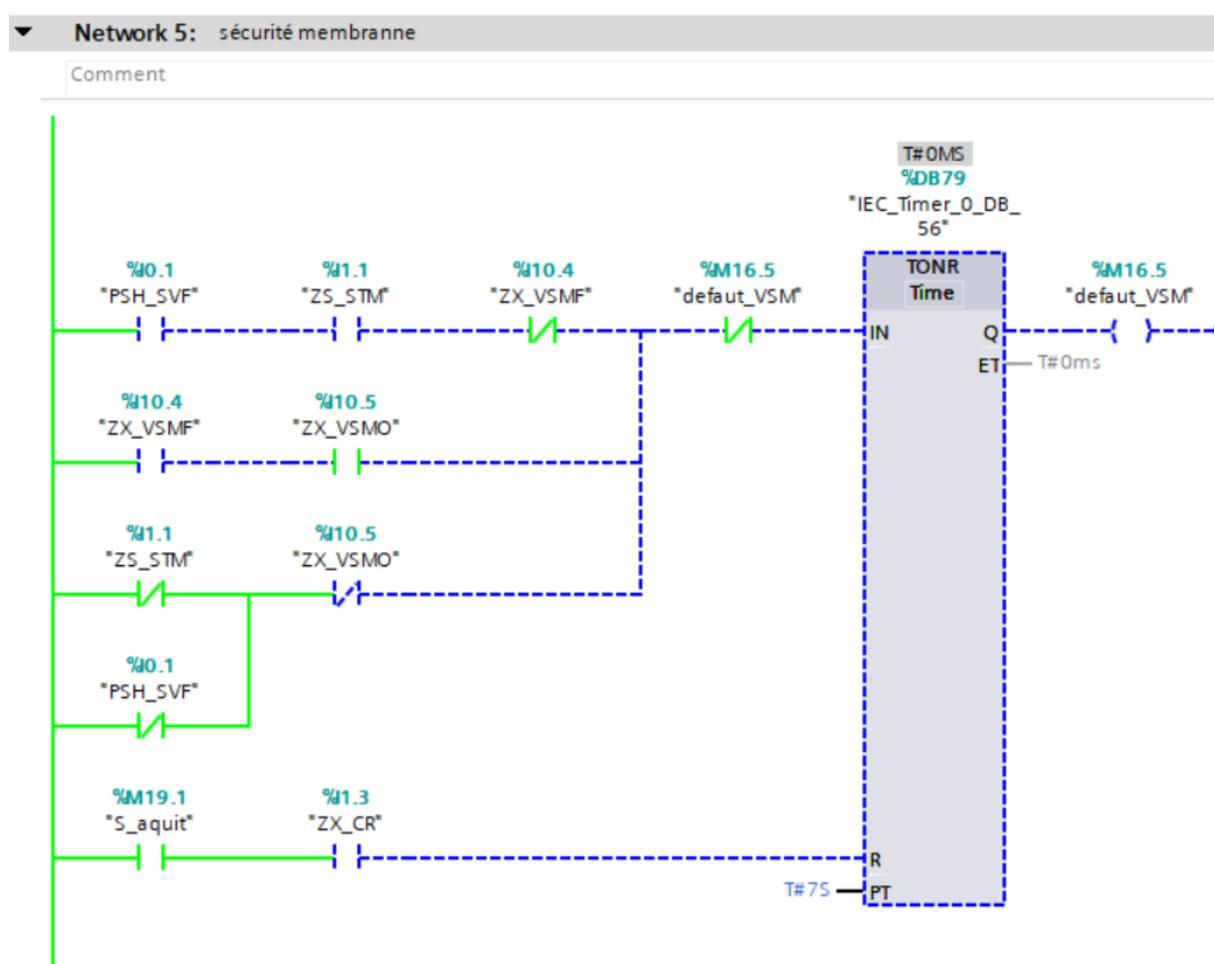


Figure A8 Défaut de la tête mobile

Il existe trois scénarios principaux dans lesquels une défaillance de sécurité de la membrane peut se produire :

- 1- Le pressostat de sécurité et le capteur de fin de course du vérin sont activés, mais le capteur de fermeture de la vanne de la membrane est désactivé.
- 2- Les deux capteurs de fermeture et d'ouverture de la vanne de sécurité de la membrane sont activés simultanément.
- 3- Le capteur de fin de course du vérin et le capteur d'ouverture de la vanne de sécurité de la membrane sont désactivés, ou le pressostat de sécurité et le capteur d'ouverture de la vanne de sécurité de la membrane sont désactivés.

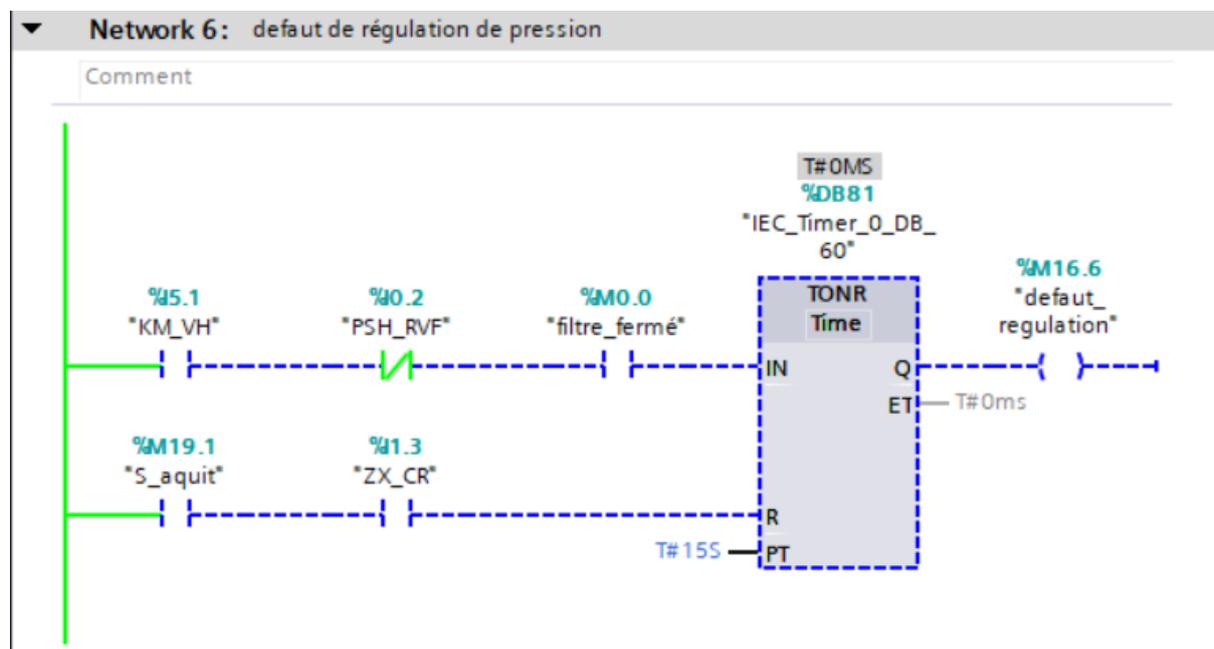
Pour réinitialiser le défaut, on appuie sur l'acquiescement et on tire le câble de réarmement Figure A9.



**Figure A9** Défaut de sécurité membrane

Le défaut de regulation est declenche apres une temporisation de 15 seconde si le filtre est ferme et la pompe en etat marche et le pressostat de regulation est desactive.

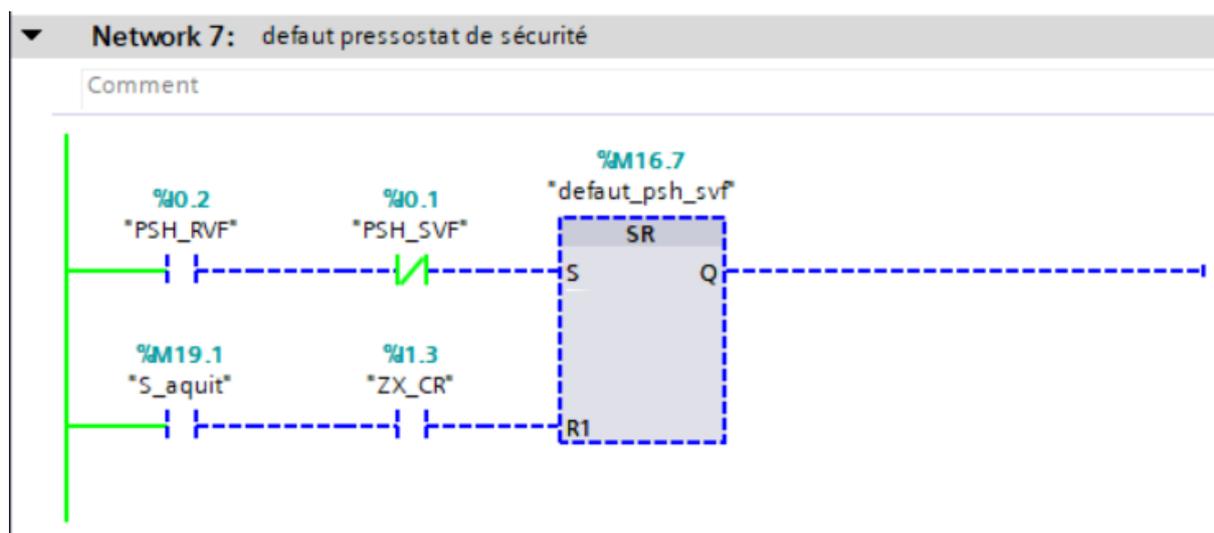
Pour réinitialiser le défaut, on appuie sur l'acquittement et on tire le câble de réarmement figure A10.



**Figure A10** défaut de régulation

Le défaut de pressostat de sécurité est déclenché si le pressostat de régulation est actif et le pressostat de sécurité inactif.

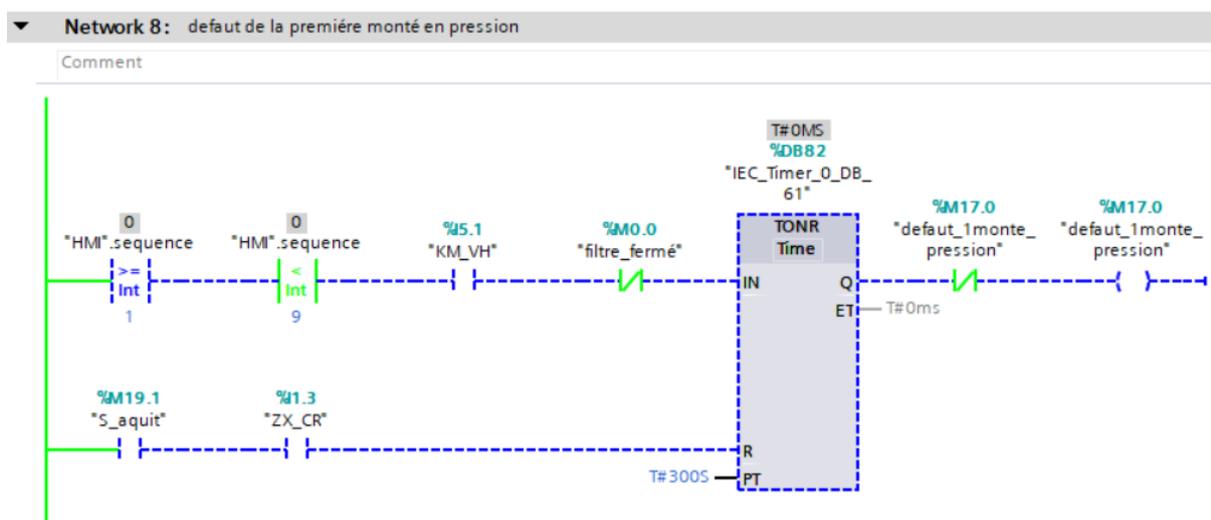
Pour réinitialiser le défaut, on appuie sur l'acquittement et on tire le câble de réarmement.



**Figure A12** défaut de pressostat de sécurité

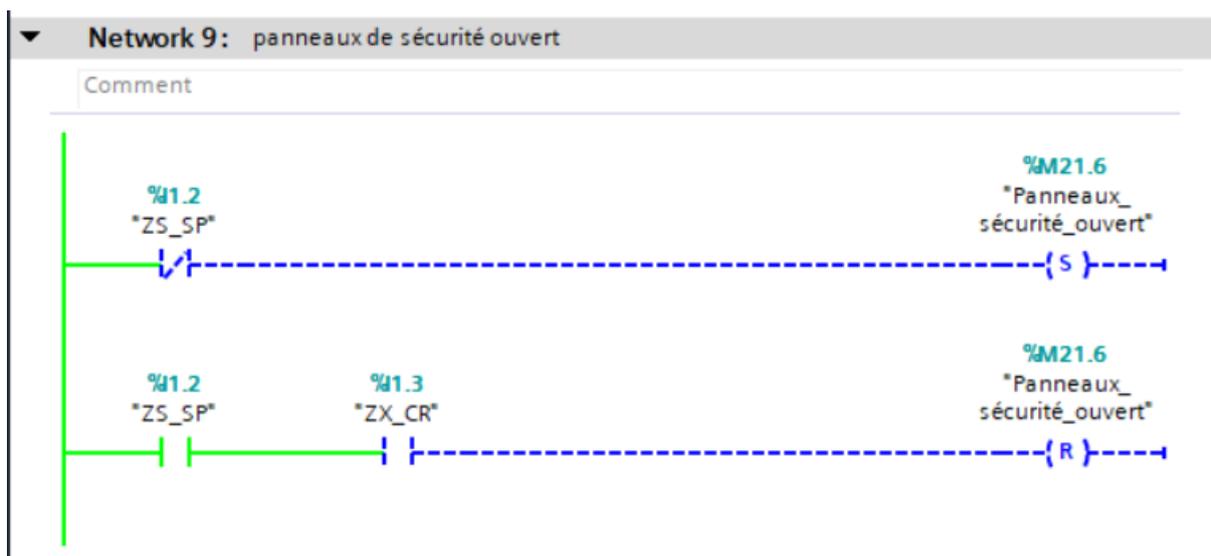
Le défaut de première monte en pression se déclenche après une temporisation de 300 seconde, si la séquence est entre la fermeture et la purge, la pompe est en état marche, et le filtre n'est pas encore ferme.

Pour réinitialiser le défaut, on appuie sur l'acquiescement et on tire le câble de réarmement Figure A13.



**Figure A13** défaut de première montée en pression

Si le panneau de sécurité est ouvert, cela crée un circuit ouvert, et si le capteur ZS\_SP détecte un signal de 0, cela met la variable "panneaux\_sécurité\_ouvert" à 1. Pour réinitialiser cette condition, il faut que le panneau soit fermé et que le câble de réarmement soit tiré Figure A14.



**Figure A14** Panneaux de sécurité ouvert

La figure A15 représente un réseau qui regroupe tous les défauts potentiels de sécurité. Chaque contact dans ce réseau symbolise un défaut spécifique de sécurité, ce qui permet une surveillance et une gestion centralisées des erreurs. Ceci est crucial pour garantir un fonctionnement optimal du système de filtration.

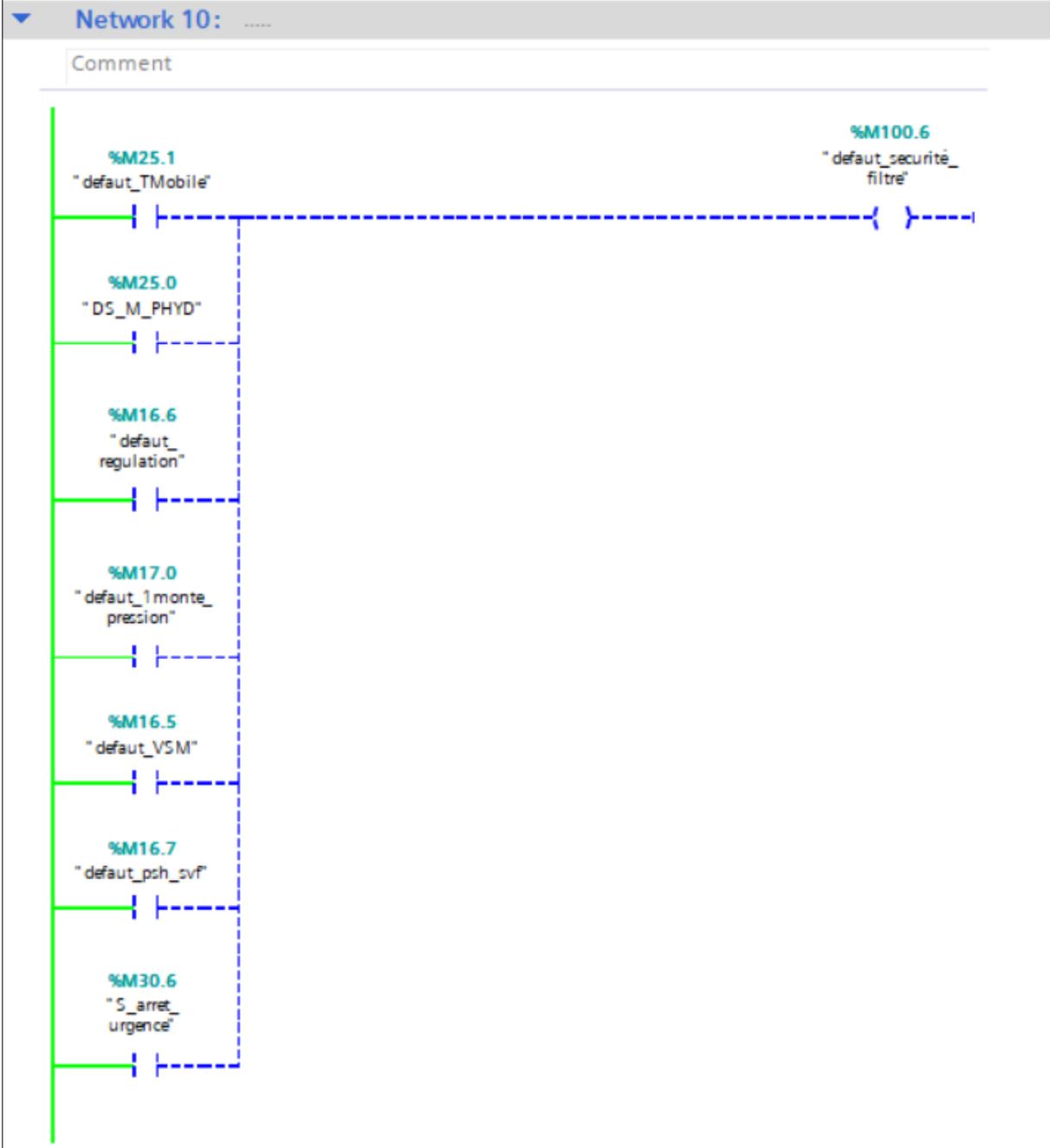


Figure A15 Regroupement des défauts de la sécurité filtre fermé

## Résumé

Notre travail a porté sur l'étude et la programmation d'un filtre-presse, en intégrant un automate programmable industriel (API) de type Siemens S7-1500. Réalisé au sein de l'entreprise Cevital, le projet visait à optimiser le processus de filtration dans la séparation des solides et des liquides. Nous avons étudié le fonctionnement du filtre-presse, élaboré un cahier des charges, modélisé les séquences de fonctionnement avec un GRAFCET, et utilisé le logiciel TIA Portal pour la programmation et WinCC Flexible pour la supervision. L'intégration de modules décentralisés ET200S a permis d'améliorer l'efficacité et la fiabilité du système de filtration, réduisant ainsi les besoins d'intervention humaine.

## Abstract

Our work focused on the study and programming of a filter press, integrating a Siemens S7-1500 programmable logic controller (PLC). Conducted within the company Cevital, the project aimed to optimize the filtration process in the separation of solids and liquids. We examined the operation of the filter press, developed a specification document, modeled the operating sequences with a GRAFCET, and used TIA Portal software for programming and WinCC Flexible for supervision. The integration of decentralized ET200S modules improved the efficiency and reliability of the filtration system, thereby reducing the need for human intervention.

## ملخص

ركز عملنا على دراسة وبرمجة مرشح الضغط، ودمج وحدة التحكم المنطقية القابلة للبرمجة الصناعية (PLC) من نوع Siemens S7-1500. يهدف المشروع الذي تم تنفيذه داخل شركة سيفيتال إلى تحسين عملية الترشيح في فصل المواد الصلبة والسوائل. قمنا بدراسة تشغيل مكبس الترشيح، ووضعنا المواصفات، وقمنا بنمذجة تسلسلات التشغيل باستخدام برنامج GRAFCET، واستخدمنا برنامج TIA Portal للبرمجة وبرنامج WinCC flexible للإشراف. إن دمج وحدات ET200S اللامركزية جعل من الممكن تحسين كفاءة وموثوقية نظام الترشيح، وبالتالي تقليل الحاجة إلى التدخل البشري.