



**AUTOMATISATION DU SYSTEME DE DECANTATION DE LA  
CENTRALE THERMIQUE DE VRIDI AVEC SUIVI DU  
FONCTIONNEMENT EN SALLE DE COMMANDE**

**MASTER EN GENIE ELECTRIQUE ET ENERGIE  
RENOUVELABLE**

**Option : PRODUCTION ET DISTRIBUTION ELECTRIQUE**

...

**DIE Déca Kouakou Honorat**

**Travaux dirigés par : ADOU Okoni**  
Directeur adjoint de l'UTAG

**Promotion 2012/2013**

## REMERCIEMENTS

A l'issue de mon projet de fin d'études, je voudrais remercier la Compagnie Ivoirienne d'Electricité (CIE) de m'avoir accueilli comme stagiaire, le 2iE pour l'encadrement et la formation reçue et ma famille pour son soutien indéfectible.

Je remercie particulièrement au sein de la CIE, l'ensemble des agents de la centrale thermique de VRIDI à commencer par:

- Monsieur KALIFA EHOUMAN, Directeur de la centrale thermique qui, malgré son emploi du temps bien souvent chargé, ne manquait de s'informer de nos travaux et de nous encourager au travail.
- Monsieur OKONI ADOU, Sous directeur de la centrale thermique et mon maître de stage. Il m'a mis dans les dispositions qu'il me fallait afin que je puisse achever mon projet. Je tiens vraiment à le remercier pour l'encadrement dont j'ai bénéficié.
- Monsieur KOFFI N'DRI : responsable de la section Electricité dans laquelle j'ai été affecté.
- Monsieur DIOKOURI, Chef de la section exploitation dont les conseils et les encouragements motivants me manqueront.
- Monsieur OKPO et Monsieur DADIE, contremaîtres de la section électrique auprès de qui j'ai pratiqué l'électricité. J'ai beaucoup appris d'eux. Encore merci.
- Monsieur Kouamé M'BRA, ingénieur 2iE en stage. Il m'a aidé à améliorer la rédaction de ce mémoire.

Au 2iE, mes remerciements vont à l'endroit de mes enseignants et de Madame SYLVIE OUEDRAOGO : coordinatrice de la formation de M2GEER.

A mon père Mr DIE BERTIN et à mon frère aîné DIE AURELIEN qui a financé ma formation, je dis MERCI. Je vous dédie ce présent mémoire.

## **RESUME**

Mon projet de fin d'études s'est déroulé au sein de la Compagnie Ivoirienne d'Electricité (CIE), plus précisément à la centrale thermique de Vridi qui est aussi appelée Usine des Turbines à Gaz (UTAG).

Arrivé à la centrale, j'ai été chargé, dans le cadre de mon projet de fin d'études, de concevoir l'automatisation du système de décantation tout en permettant le suivi de son fonctionnement depuis la salle de commande.

Vous trouverez donc dans ce rapport les points essentiels qui sont :

- la modélisation des automatismes assurant le fonctionnement du système de décantation ;
- le choix des équipements permettant la réalisation de ces automatismes ;
- le paramétrage et la programmation des principaux équipements de l'automatisme ;
- l'apport de solution au problème de visibilité du fonctionnement du système de décantation par la salle de contrôle-commande ;
- le câblage nécessaire à l'installation.

### **Mots Clés :**

---

**1 - Décantation**

**2 - Automatisation**

**3 - Commande**

**4 - Energie**

**5 - Turbine**

## ABSTRACT

Have completed my training at the Ivorian Electricity company especially at the thermal power of Vridi also known as Turbine Gas Plant.

Upon my arrival, my job consisted to design the automation settling system while allowing the monitoring of its operation from the control room.

You will therefore find in this report the following:

- modeling automation ensuring the functioning of the system settling.
- the choice of materials.
- setup and programming of the main equipment of the operator.
- the contribution of solution to the problem of visibility of system operation by settling the room control systems.
- the necessary wire ring

### Key words:

---

**1 - Decantation**

**2 - Automation**

**3 - Command**

**4 - Energy**

**5 – Turbine**

## LISTE DES ABREVIATIONS

**CIE** : Compagnie Ivoirienne d'Electricité.

**DPE** : Direction de la Production d'Electrique.

**UTAG** : Usine des Turbines à Gaz aussi appelée Centrale thermique de Vridi.

**TAG** : Turbine à gaz.

**M2GEER** : Master 2 en Génie Electrique et Energie Renouvelable.

**DDO**: Diesel Dislate Oil.

**HVO**: Heavy Vacuum Oil.

**dcy** : Départ cycle.

**Auto**: choix de fonctionnement « automatique » fait par l'opérateur.

**Manu**: choix de fonctionnement « manuel » fait par l'opérateur.

**Au**: « arrêt d'urgence » actionné par l'opérateur.

**It**: « initialisation » du système demandé par l'opérateur.

**Marche**: démarrer le fonctionnement automatique du système de décantation.

**Arrêt**: stopper le fonctionnement automatique du système de décantation.

**V0** : Voyant désignant la fin du fonctionnement automatique après avoir appuyé « Arrêt ».

**nh1** : détection du niveau « haut » du bac d'égoutture N°1.

**nh2** : détection du niveau « haut » du bac d'égoutture N°2.

**nh3** : détection du niveau « haut » du bac d'égoutture N°3.

**nh4** : détection du niveau « haut » du bac d'égoutture N°4.

**nb1** : détection du niveau « bas » du bac d'égoutture N°1.

**nb2** : détection du niveau « bas » du bac d'égoutture N°2.

**nb3** : détection du niveau « bas » du bac d'égoutture N°3.

**nb4** : détection du niveau « bas » du bac d'égoutture N°4.

**nbd** : consigne du niveau « bas » du bac de décantation.

**nhd** : consigne du niveau haut du bac de décantation.

**ncd** : consigne du niveau « critique » du bac de décantation.

**ntd** : Mesure du niveau total du contenu du bac de décantation.

**nid** : Mesure du niveau d'interface combustible-eau.

**VBE1** : Vidage du bac d'égoutture N°1.

**VBE2** : Vidage du bac d'égoutture N°2.

**VBE3** : Vidage du bac d'égoutture N°3.

**VBE4** : Vidage du bac d'égoutture N°4.

**TFBD** : Transvasement du fioul du bac de décantation vers le bac 7500 m3.

**EEBD** : Evacuation de l'eau contenue dans le bac de décantation.

**GFA** : Grafcet du fonctionnement automatique.

**GC** : Grafcet de conduite.

**GI** : Grafcet d'initialisation.

**GS** : Grafcet de sécurité.

**G1** : Grafcet Contrôlant le niveau de contenu du bac d'égoutture N°1.

**G2** : Grafcet Contrôlant le niveau de contenu du bac d'égoutture N°2.

**G3** : Grafcet Contrôlant le niveau de contenu du bac d'égoutture N°3.

**G4** : Grafcet Contrôlant le niveau de contenu du bac d'égoutture N°4.

**G5** : Grafcet Contrôlant le niveau de contenu du bac de décantation.

**G6** : Grafcet Contrôlant le niveau de l'interface dans le bac de décantation.

## SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	i
RESUME (ABSTRAT) .....	ii
ABSTRAT (RESUME) .....	iii
ABREVIATIONS.....	ix
LISTE DES TABLEAUX.....	2
LISTE DES FIGURES .....	3
<b>I. INTRODUCTION.....</b>	<b>5</b>
I.1 Contexte .....	5
I.2 Objectifs .....	6
<b>II. CADRE DE L'ETUDE:.....</b>	<b>7</b>
II.1 Présentation de l'entreprise d'accueil : Compagnie Ivoirienne d'Electricité.....	7
II.2 Présentation du lieu du stage : Centrale thermique de VRIDI .....	7
II.3 Présentation des auxiliaires externes à la TAG.....	8
<b>III. ETAT DES LIEUX DU SYSTEME DE DECANTATION:.....</b>	<b>14</b>
III.1 Généralité : .....	14
III.2 Description du système actuel de décantation .....	14
III.2-1) La partie récupération du système de décantation.....	14
III.2-2) La partie séparation du système de décantation.....	15
III.3 Fonctionnement du système de décantation :.....	16
III.4 Diagnostique du système de décantation .....	17
III.5 Solution aux faiblesses du système de décantation.....	18
<b>IV. MISE EN ŒUVRE DE L'AUTOMATISATION DU SYSTEME DE DECANTATION.....</b>	<b>19</b>
IV.1 Généralité.....	19
IV.1-1) Le pupitre. ....	19
IV.1-2) La partie commande .....	19
IV.1-3) La partie opérative .....	19

IV.2 Modélisation de l'automatisation du système de décantation.....	20
IV.2-1) Modélisation de la partie commande selon les tâches opératives.....	20
IV.2-1-1) Cahier de charge fonctionnel.....	21
IV.2-1-2) Schema synoptique.....	21
IV.2-1-3) Grafcet fonctionnel.....	22
IV.2-2) Modélisation de la partie opérative.....	24
IV.2-2-1) Les capteurs.....	24
IV.2-2-2) Les motopompes et l'électrovanne.....	24
IV.2-3) Modélisation de la partie commande selon l'opérateur .....	24
IV.2-3-1) Guide d'étude des modes de marches et arrêts GEMMA.....	25
IV.2-3-2) Grafkets issus du GEMMA.....	27
IV.2-4) Modélisation du pupitre .....	30
<b>V. RESULTATS .....</b>	<b>31</b>
V.1 Choix des équipements de l'automatique .....	31
V.1-1) Les capteurs .....	31
V.1-2) Les moteurs et l'électrovanne.....	34
V.1-3) L'automate programmable.....	35
V.2 Programmation de l'automate .....	36
V.2-1) Réalisation du programme de l'automatisme.....	36
V.2-2) Transfert du programme vers l'automate .....	44
V.3 Installation et câblages .....	45
V.2-1) Installation.....	45
V.2-2) Câblage.....	45
<b>VI. CONCLUSION.....</b>	<b>46</b>
<b><i>Bibliographie</i> .....</b>	<b>43</b>
<b><i>Annexes</i>.....</b>	<b>45</b>

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 - caractéristiques des turbines de la centrale thermique de Vridi.....	7
Tableau 2 – Dimensions des bacs d’égoutture et de décantation.....	10
Tableau 3 - caractéristiques des capteurs de l’automatisme.....	27
Tableau 4 - caractéristiques de la sonde VEGAFLEX 67 de l’automatisme.....	27
Tableau 5 - Caractéristiques du transmetteur VEGAMET 624 de l’automatisme.....	28
Tableau 6 - Caractéristiques des motopompes des bacs d’égoutture.....	30
Tableau 7 - Caractéristiques des motopompes du bac de décantation.....	31
Tableau 8 - Caractéristiques de l’électrovanne choisie dans l’automatisme.....	31
Tableau 9 - Caractéristiques de l’automate choisi dans l’automatisme.....	32
Tableau 10 - Listes des équipements électriques secondaires.....	41

## LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1 - Vue extérieur d'une turbine à gaz 5000.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 2 - Chaudière.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 3 - Bac HVO et DDO.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 4 - Bombonne de gaz.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 5 - Bac d'égoutture.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 6 - Skid DDO.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 7 - Réseau de tuyauterie.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 8 - Schéma descriptif et fonctionnel du système de décantation.....</i>	<i>10</i>
<i>Figure 9 - Structure d'un système automatisé. Cette image est issue du logiciel : Guide des automatismes.....</i>	<i>14</i>
<i>Figure 10 - Schéma fonctionnel du système de décantation automatisé.....</i>	<i>17</i>
<i>Figure 11 - Fiche GEMMA du système de décantation.....</i>	<i>21</i>
<i>Figure 12- Capteur de niveau.....</i>	<i>27</i>
<i>Figure 13 - VEGAFLEX 67.....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 14 - VEGAMET 624.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure 15 - Electrovannes.....</i>	<i>31</i>
<i>Figure 16 - L'automate TSX 3705 et ses cartes d'entrée et de sortie.....</i>	<i>31</i>
<i>Figure 17 - Capture d'écran montant la composition du programme.....</i>	<i>40</i>

# I. INTRODUCTION

---

## I.1 Contexte

Ça fait déjà plusieurs années que la centrale thermique de Vridi, appelée aussi l'usine des turbines à gaz (UTAG), s'est inscrite dans l'efficacité énergétique tout en se conformant aux normes internationales en matière de qualité, sécurité et environnement.

En 2008, cette centrale thermique, qui est l'un des centres de production d'électricité de la Compagnie Ivoirienne d'Electricité (CIE), obtenait sa troisième certification nommée ISO 9001 après celle de la sécurité (OHSAS 18001) et celle de l'environnement (ISO 14001). Et depuis lors, la volonté de produire l'électricité de façon efficace tout en préservant l'environnement et la sécurité des biens et des personnes, est devenue une tradition à l'UTAG. Plusieurs systèmes au sein des unités de production de la centrale ont donc été fiabilisés pour assurer cette tradition. Aujourd'hui, nous en sommes au tour du système de décantation de la centrale.

Fonctionnant manuellement à ce jour, ce système de décantation sert à récupérer le combustible liquide et les huiles perdus par fuite ou par une vidange de maintenance au niveau des unités de production. De par son rôle, on constate qu'il constitue l'un des systèmes qui assurent l'hygiène et la protection de l'environnement sur le site de production tout en réduisant les pertes énergétiques des unités de production.

Admis à cette centrale thermique comme stagiaire de la CIE, j'ai eu en charge, concernant mon projet de fin d'études, de concevoir l'automatisation de ce système de décantation tout en permettant le suivi de son fonctionnement par la salle de contrôle-commande. Ce travail apparaît comme la mise en œuvre de la solution devant fiabiliser le système de décantation de la centrale.

Après 3 mois de réflexion, l'étude s'est bien achevée. Ce qui m'a permis, de rédiger ce mémoire dont le 1<sup>er</sup> chapitre consacré à l'introduction est suivi du chapitre 2 qui présente la structure d'accueil et le fonctionnement des turbines à gaz. Dans les chapitres 3 et 4, nous faisons respectivement l'état des lieux du système de décantation de la centrale et la mise en œuvre de son automatisation. Le chapitre 5 présente les résultats utiles à la réalisation de l'automatisation du système.

## **I.2 Objectifs**

Les objectifs de notre étude consistent à la conception de l'automatisation du système de décantation de la centrale thermique de Vridi et au suivi de son fonctionnement depuis la salle de contrôle-commande. A cet effet, les résultats attendus sont les suivants :

- la description du fonctionnement du système de décantation automatisé ;
- le choix et la description des équipements devant intervenir dans le fonctionnement du système de décantation automatisé ;
- la programmation et le paramétrage des équipements choisis ;
- la schématisation électrique de l'installation.

## II. CADRE DE L'ETUDE

---

### II.1 Présentation de l'entreprise d'accueil: Compagnie Ivoirienne d'Electricité

La Compagnie Ivoirienne d'Electricité (CIE) est une Société Anonyme (SA) de droit privé gérée par un conseil d'administration au capital de 14 milliards de FCFA. Son siège se trouve à Abidjan plus précisément à Treichville à l'Avenue Christian. Cette structure est chargée de produire et de distribuer l'électricité sur le territoire ivoirien et à certains pays de la sous région comme le Burkina Faso, le Togo, le Ghana et le Mali.

La CIE est constituée de plusieurs directions opérationnelles dont la Direction de Production d'Electricité qui regroupe en son sein les quatre directions hydroélectriques (Barrage d'Ayamé 1 ; d'Ayamé 2, de Kossou, de Buyo, de Taabo) et la direction thermique : la centrale thermique de Vridi qui est aussi appelée la direction de l'usine des turbines à gaz (DUTAG). C'est dans cette la centrale thermique que nous avons effectué notre stage pratique.

### II.2 Présentation du lieu du stage: Centrale thermique de VRIDI

La Centrale thermique de VRIDI est constituée de quatre turbines à gaz (TAG) (*Figure 1*) de type 5001 P du constructeur ALSTOM (*Tableau 1*). Les quatre turbines installées depuis 1984 assurent une production maximale de 100 MW d'électricité à partir des combustibles suivants :

- ✓ Les fiouls liquides que sont : le DDO (Diesel Dislate Oil) ou HVO (Heavy Vacuum Oil), livrée par la Société Ivoirienne de Raffinage (SIR).
- ✓ le gaz naturel de PETROCI ou de FOXTROT International.

Tableau 1 - caractéristiques des turbines de la centrale thermique de Vridi

Unité de production	Modèle	Puissance maximale	Tension alternateur	Vitesse turbine	Vitesse alternateur
TAG	5000	26,5 MVA	11 kV	5120 tr/mn	3 000 tr/mn

La centrale est dirigée par un directeur qui est aidé dans sa tâche par un adjoint. Ceux-ci sont à la tête d'une équipe d'agents repartis en cinq sections : l'électricité, la mécanique, l'exploitation, la sécurité et la logistique – planification.



Figure 1 - Vue extérieure d'une turbine à gaz 5000

### **II.3 Présentation des auxiliaires à la turbine à gaz**

Il y a sur le site de la centrale thermique tout un ensemble d'équipements aidant les TAG à fonctionner. Il s'agit :

- des bacs de stockage de fiouls HVO et DDO (*Figure 3*)
- des bombonnes de stockage de gaz (*Figure 4*);
- d'un réseau de tuyauterie (*Figure 7*) servant à acheminer les fiouls et le gaz.
- des Skids de HVO, de DDO (*Figure 6*) et de Gaz. Ils jouent le rôle de filtre.
- de la chaudière (*Figure 2*) permettant de préchauffer les combustibles.
- des bacs d'égoutture (*Figure 5*), du bac de décantation et du château d'eau.



Figure 3 - Bac HVO et DDO



Figure 4 - Bombonne de gaz



Figure 2 - Chaudière



Figure 7 - Réseau de tuyauterie



Figure 6 - Skid DDO



Figure 5 - Bac d'égoutture

### **III. ETAT DES LIEUX DU SYSTEME DE DECANATION**

---

#### **III.1 Généralité**

La décantation est un procédé de purification. Il est obtenu après un repos prolongé de la substance à purifier. En effet, lorsque la substance est laissée au repos, des phénomènes de gravité et de poussée d'Archimède ont lieu. On observe alors un déplacement des corps étrangers à cette substance au sein de celle-ci ; les corps étrangers solides ou fluides dont la masse volumique est inférieure à celle de la substance, décriront un mouvement ascendant tandis que ceux à masse volumique élevée par rapport à la substance, descendront.

Connaissant la définition de la décantation, on pourra dire qu'un système de décantation est l'ensemble des équipements servant à réaliser une décantation.

Concernant le système de décantation de la centrale thermique de Vridi, il s'agit d'une part des équipements qui servent à récupérer le mélange eau-huile-combustible devant être décanté et d'autre part des équipements servant à séparer l'eau des autres constituants du mélange liquide afin qu'on puisse les réutiliser dans les unités de production.

#### **III.2 Description du système actuel de décantation**

Le système de décantation de la centrale de Vridi (*Figure 8*) est constitué de deux parties qui sont :

- la partie récupération.
- la partie séparation.

##### **III.2-1) La partie récupération du système de décantation**

Cette partie (*Figure 8*) est composée de quatre ensembles d'équipements identiques associés à chacune des quatre turbines à gaz (TAG) de la centrale. Chacun de ces ensembles d'équipements contient :

- Un réseau de tuyauterie connecté en amont aux compartiments de la turbine à gaz et aux skids (filtre HVO et de DDO) associés à celle-ci. Il sert à récupérer les huiles, les combustibles (HVO et DDO) ou l'eau qui devraient stagner dans ces compartiments et au niveau de ces Skids.

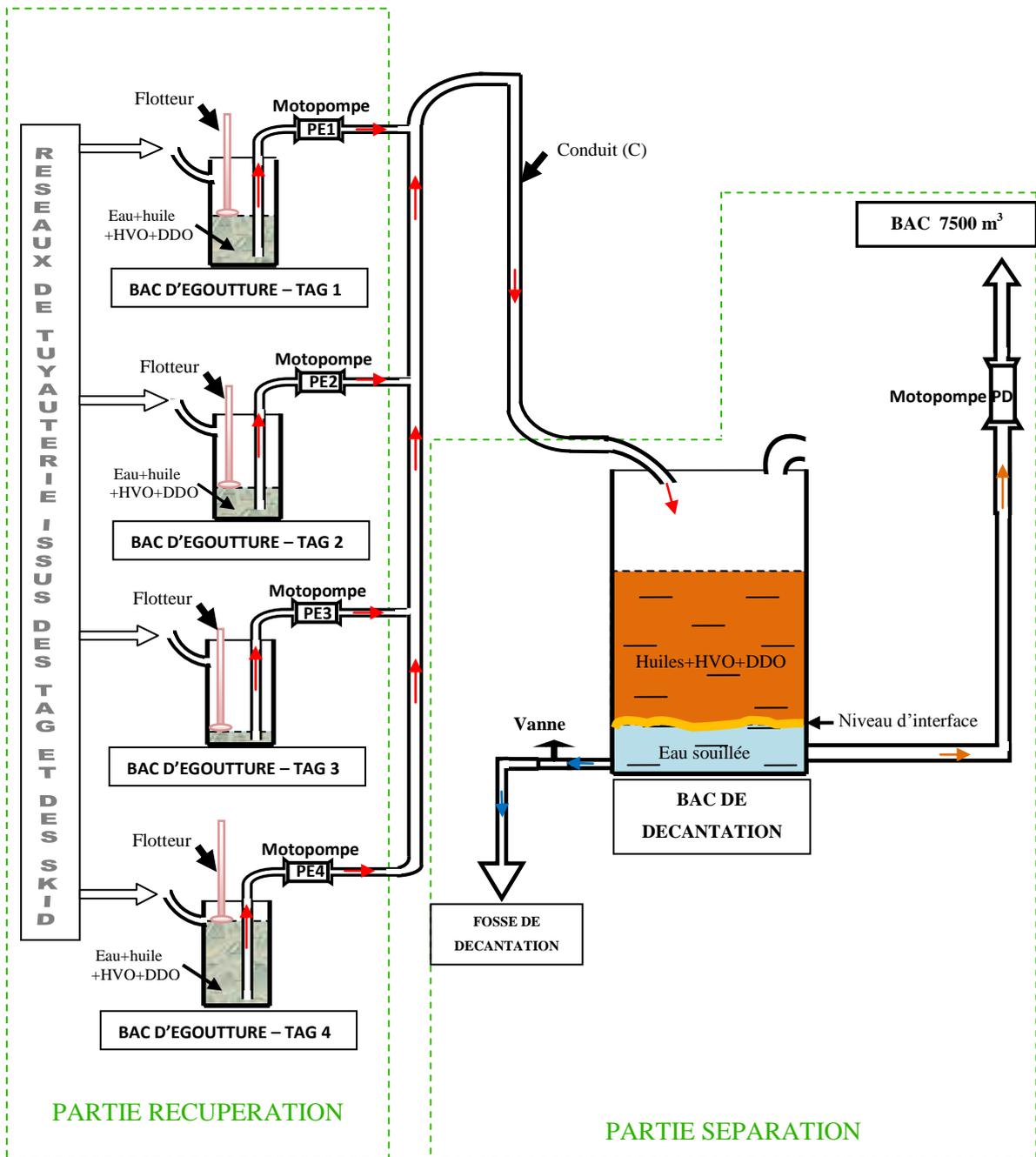


Figure 8 - Schéma descriptif et fonctionnel du système de décantation

Tableau 2 – Dimensions des bacs d’égoutture et de décantation

BAC D’EGOUTTURE	BAC DE DECANTATION
Hauteur : 1,5 m	Hauteur : 2,1 m
Diamètre : 1,26 m	Diamètre : 2,5 m
Volume : 1,8 m <sup>3</sup>	Volume : 10 m <sup>3</sup>

- Un bac d'égoutture (*Figure 8* et *Tableau 2*) connecté au réseau de tuyauterie. Il sert à réceptionner le mélange fluide (huiles + combustibles imbrulés+ eau) récupéré au niveau des compartiments de la TAG et des Skids .
- Un flotteur (F1) (*Figure 8*) indiquant le niveau du contenu du bac d'égoutture.
- Une motopompe (PE) (*Figure 8*) qui, lorsqu'elle est actionnée à partir du bouton poussoir situé non loin, aspire le mélange fluide contenu dans le bac d'égoutture pour le refouler dans un conduit (C) en direction du bac de décantation.

Remarquons que ce conduit (C) est commun aux quatre ensembles d'équipements et constitue l'élément physique qui permet de relier les parties récupération et séparation.

### **III.2-2) La partie séparation du système de décantation**

Les constituants de cette partie (*Figure 8*) sont :

- Le bac de décantation (*Figure 8* et *Tableau 2*) d'une capacité de 10 m<sup>3</sup>. C'est vers ce bac que sont déversés les contenus des bacs d'égoutture via le conduit (C). Après la réception du mélange fluide, c'est dans ce bac qu'a lieu la décantation proprement dite.
- Un indicateur du niveau de contenu du bac de décantation.
- Une motopompe (PD) qui sert à transférer le mélange d'huile et combustibles (huiles + HVO + DDO) vers un bac de 7500 m<sup>3</sup>.
- Une vanne servant à évacuer l'eau contenue dans le bac de décantation vers la fosse de décantation
- Une fosse de décantation. C'est dans cette fosse qu'est évacuée l'eau souillée du bac.

### **III.3 Fonctionnement du système de décantation**

Le fonctionnement du système de décantation débute dès que des fluides sont réceptionnés au niveau des bacs d'égoutture au travers du réseau de tuyauterie (*Figure 8*). Ces fluides proviennent généralement de 3 sources qui sont:

- les eaux de pluie ;
- les fuites d'huile ou de combustibles aux niveaux des vannes de l'unité de production (TAG + skids) ;
- les combustibles imbrulés récupérés lors de la maintenance des TAG et/ou des Skids.

Ces fluides arrivés dans les bacs d'égoutture vont donc augmenter le niveau de leur contenu, entraînant ainsi les flotteurs. Lorsqu'un flotteur atteint sa position critique, caractéristique de l'état « trop plein » du bac d'égoutture dont il effectue la mesure du niveau de contenu, les agents exploitants des unités de production se déplacent vers la pompe (PE) associée afin d'actionner celle-ci. Cette pompe actionnée, aspire le contenu de ce bac d'égoutture plein pour le refouler vers le bac de décantation via le conduit (C) reliant les quatre bacs d'égoutture au bac de décantation.

Arrivé dans le bac de décantation, ce mélange fluide va, avec le temps, subir la décantation. Ce qui aura comme conséquence, la séparation de l'eau et des autres fluides (les huiles et les combustibles HVO et DDO aussi appelés fioul) à l'intérieur du bac. L'eau qui possède la densité massique la plus élevée, se verra donc recouverte d'huile et de combustible HVO et DDO.

Lorsque les agents exploitants des TAG, à travers leurs différentes rondes de contrôle sur le site, constatent que le bac de décantation est rempli, ils se rendent au niveau de la vanne d'extraction d'eau située au pied du bac. Ils ouvrent cette vanne, laissent l'eau s'écouler du bac de décantation vers la fosse de décantation (*Figure 8*). Quelques temps après, le mélange fioul-huile qui baignait à la surface de l'eau après la décantation commence aussi à s'écouler à travers cette vanne. Les exploitants concluent que toute l'eau contenue dans le bac a été retirée. Ils referment donc cette vanne et se rendent par la suite vers la pompe (PD) afin d'actionner celle-ci. La pompe (PD) actionnée, transvase l'ensemble huiles-combustibles restant dans le bac de décantation vers un autre bac nommé « bac 7500 m<sup>3</sup> ». Ces combustibles et huiles arrivés dans le bac 7500 m<sup>3</sup> seront réutilisés par les TAG pour produire l'électricité. Cependant, l'eau souillée rejetée dans la fosse de décantation sera évacuée vers un puits dit de décantation. C'est à ce niveau qu'une entreprise sous traitante spécialisée, vient en faire la vidange.

#### **III.4 Diagnostic du système de décantation**

Après inspection et analyse de ce système de décantation, nous avons décelé dans son fonctionnement, plusieurs faiblesses et risques. Concernant les faiblesses, notons que :

- la surveillance des niveaux des bacs est inefficace. En effet, les exploitants sont obligés de déplacer régulièrement vers les bacs d'égouttures et de décantation afin vérifier les différents niveaux atteints par leur contenu.

- le démarrage des pompes n'est pas synchronisé avec la détection des bacs remplis. En effet, après que l'exploitant ait détecté le bac rempli, il lui faut se déplacer vers le bouton poussoirs de démarrage de la pompe correspondante afin de démarrer celle-ci et vider ainsi le bac.
- il n'existe aucune possibilité de suivre le système de décantation depuis la salle de commande. En effet toutes informations sur le système de décantation nécessitent au moins un déplacement des exploitants sur le site.
- manœuvre manuelle de la vanne d'évacuation d'eau du bac de décantation.

Les principaux incidents qui peuvent survenir suite à ces faiblesses sont :

- l'échappement sur le site des contenus des bacs d'égouttures ou du bac de décantation. Cela mettra en mal la préservation de l'environnement, l'hygiène de la centrale et la sécurité des biens et des personnes.
- fatigue exagérée des agents exploitants.

### **III.5 Solution aux faiblesses du fonctionnement du système de décantation**

Les faiblesses du système de décantation énumérées dans la partie précédente nous conduit à la problématique suivante :

- Comment fiabiliser le système de décantation de la centrale thermique ?

Pour apporter une réponse à cette problématique, il nous faut connaître les besoins qui sont :

- maîtriser les niveaux de contenu des quatre bacs d'égoutture sans erreurs humaines ;
- évacuer les contenus des bacs d'égoutture remplis vers le bac de décantation dès détection de l'état trop plein des bacs d'égoutture ;
- contrôler le niveau du contenu du bac de décantation sans erreur humaines ;
- commander le vidage du bac de décantation en évacuant l'eau vers la fosse de décantation et les combustibles liquides mélangés à l'huile vers le bac 7500 m<sup>3</sup>.

Un moyen de satisfaire à tous ces besoins est d'automatiser le système de décantation.

## IV. MISE EN ŒUVRE DE L'AUTOMATISATION DU SYSTEME DE DECANATION

### IV.1 Généralité

L'automatisation d'un système est l'ensemble des modifications apportées à ce système de sorte que l'exécution partielle ou totale des tâches techniques de celui-ci se fasse par des équipements de diverses natures (mécaniques, électriques, pneumatiques ou hydrauliques...) fonctionnant sans une intervention humaine. Le système obtenu est donc un système automatisé.

Pour fonctionner tout système automatisé est constitué de trois parties distinctes [15] qui échangent des informations (Figure 9). Il s'agit :

- De la partie opérative ou exécutante des différentes tâches du système automatisé ;
- De la partie commande ou coordonnatrice de toutes les tâches du système automatisé ;
- Du pupitre ou interface entre l'utilisateur du système automatisé et la partie commande .

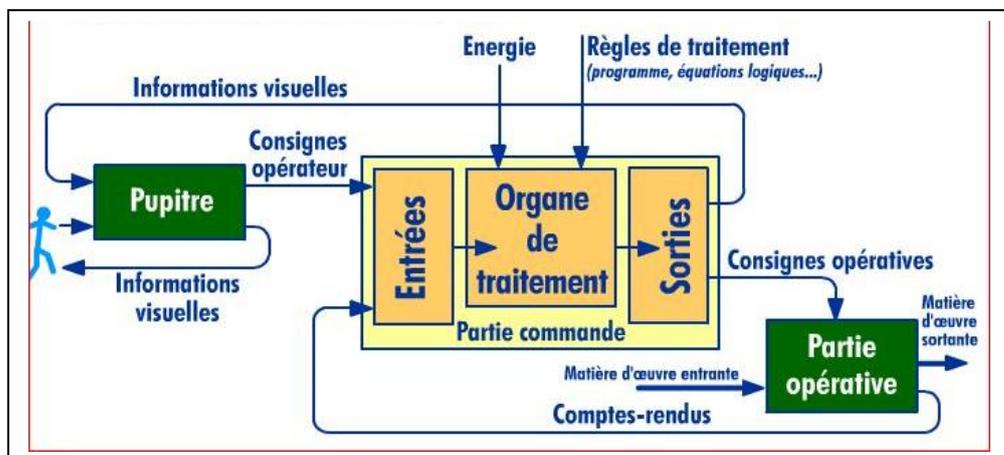


Figure 9 - Structure d'un système automatisé. Cette image est issue du logiciel : Guide des automatismes.

#### IV.1-3) La partie opérative

La partie opérative exécute les tâches techniques à partir des consignes opératives élaborées par la partie commande et génère des comptes rendus d'exécution à destination de celle-ci. Ses constituants principaux sont les actionneurs (moteurs, vérins,...) et les capteurs.

#### **IV.1-2) La partie commande**

La partie commande est le « cerveau » du système automatisé chargée de gérer le fonctionnement du système [2], [15]. Elle élabore des consignes opératives à destination de la partie opérative en fonction de ses entrées (comptes rendus des capteurs et consignes de l'opérateur) et de règles de traitement décrites par des équations logiques, un programme, un grafset... Cette consigne opérative peut être par exemple la mise en marche d'un moteur. La partie commande peut être réalisée par l'intermédiaire d'un automate programmable (API), d'un ordinateur ou par un circuit de logique câblée (séquenceur).

#### **IV.1-1) Le pupitre**

Le pupitre est l'un des éléments qui permet le dialogue entre l'opérateur ou l'utilisateur du système et la partie commande afin de gérer l'ensemble des modes de marches-arrêts du système [14], [15]. A l'aide du pupitre, l'opérateur envoie des consignes opérateurs comme par exemple « mettre en marche le moteur n°1 » et reçoit des informations principalement visuelles qui indiquent par exemple les niveaux de contenu, de température, etc. Il dispose pour cela de sélecteurs, de boutons et de voyants.

### **IV.2 Modélisation de l'automatisation du système de décantation**

De ce qui précède, notre système de décantation automatisé possédera les trois parties que sont : la partie opérative, la partie commande et le pupitre.

#### **IV.2-1) Modélisation de la partie commande selon des tâches de la partie opérative.**

La partie commande de notre système de décantation aura pour rôle de piloter tout le système afin que dans un premier temps, les besoins mentionnés dans le paragraphe **III.5**, soient satisfaits. Remarquons que ces besoins sont en réalité les différentes tâches que doit accomplir la partie opérative.

#### **IV.2-1-1) Principales obligations fonctionnelles du système de décantation automatisé**

Nous établissons ici les premières charges qui permettront d'assurer l'autonomie du fonctionnement de notre système de décantation tel que présenté sur le schéma synoptique (*Figure 10*) :

##### **PARTIE RECUPERATION**

- Détecter automatiquement pour chaque bac d'égoutture, l'atteinte des niveaux « bas » et « haut » de ces bacs par le contenu de ceux-ci.
- Démarrer automatiquement le vidage des bacs d'égoutture dont le niveau de contenu a atteint le niveau « haut ». Ce vidage a pour effet d'évacuer les contenus des bacs d'égoutture concernés vers le bac de décantation.
- Stopper immédiatement le vidage des bacs d'égoutture dès lors que le niveau « bas » est atteint.

##### **PARTIE DECANTATION**

- Détecter l'atteinte des niveaux « bas » et « haut » du bac de décantation par le contenu de celui-ci.
- Mesurer le niveau d'interface entre les combustibles et l'eau dans le bac de décantation qui permet de détecter la présence d'eau dans le bac.
- Evacuer l'eau contenue dans le bac de décantation sous 3 conditions que sont :
  - le contenu du bac de décantation atteint le niveau « haut ».
  - le niveau de l'interface combustible-eau mesuré est supérieur au niveau « bas » du bac de décantation.
  - il faut au moins trois heures de temps entre le dernier vidage des bacs d'égoutture et l'évacuation de l'eau contenue dans le bac de décantation. En effet il faut au moins une durée de deux heures et demie pour permettre l'établissement ou le rétablissement d'une interface de séparation entre l'eau et les combustibles issus du mélange fluide arrivé des bacs d'égoutture.
- Transvaser le fioul contenu dans le bac de décantation vers le bac 7500m<sup>3</sup> après l'évacuation de l'eau contenue dans le bac de décantation.

#### **IV.2-1-2) Schema synoptique**

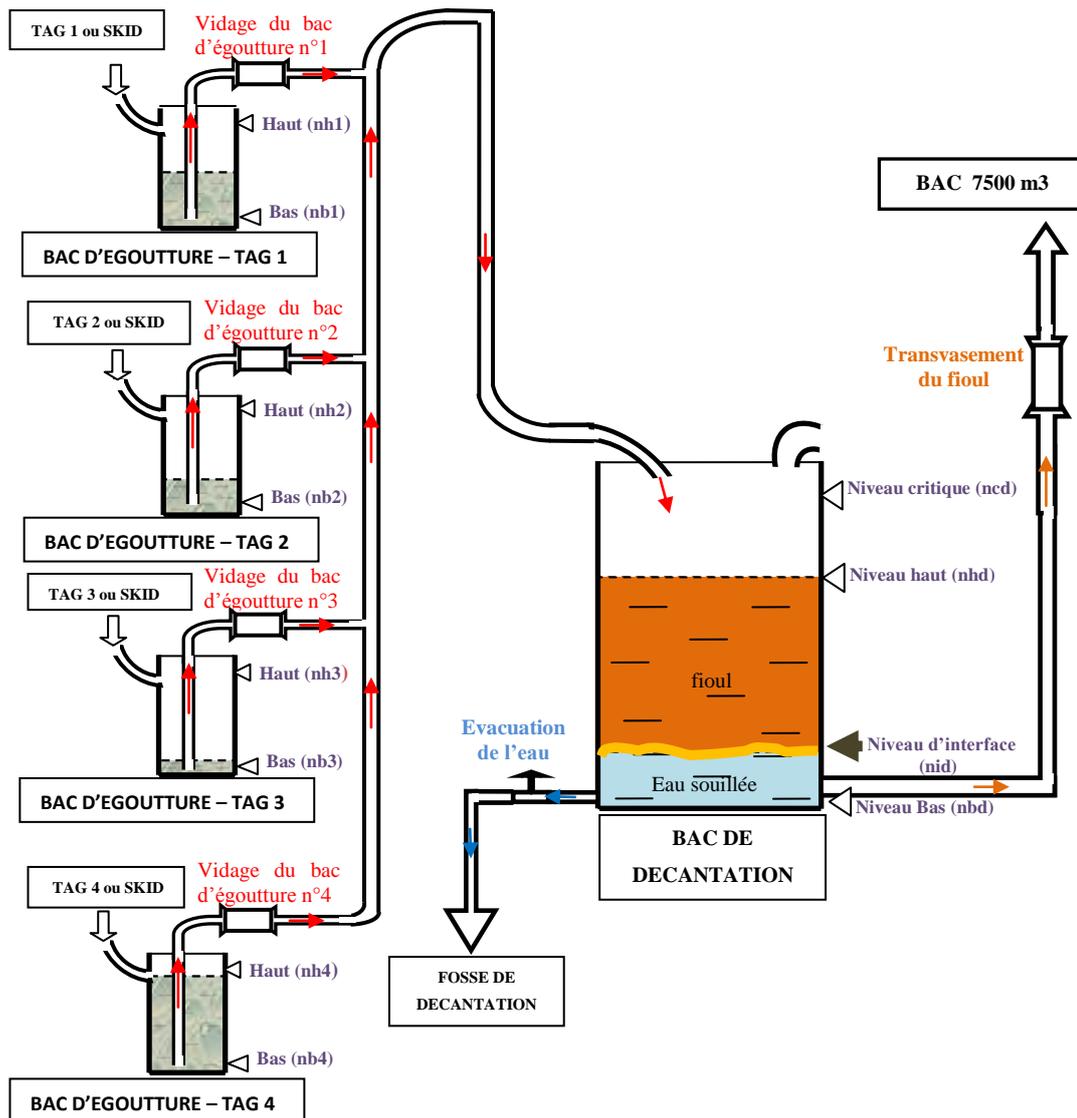


Figure 10 - Schéma fonctionnel du système de décantation automatisé

#### IV.2-1-3) Grafset fonctionnel du fonctionnement automatique [1]

Pour accomplir les différentes obligations fonctionnelles, Nous aurons besoin des actions suivantes :

**dcy** : départ cycle.

**nh1** : détection du niveau « haut » du bac d'égoutture N°1.

**nh2** : détection du niveau « haut » du bac d'égoutture N°2.

**nh3** : détection du niveau « haut » du bac d'égoutture N°3.

**nh4** : détection du niveau « haut » du bac d'égoutture N°4.

**nb1** : détection du niveau « bas » du bac d'égoutture N°1.

**nb2** : détection du niveau « bas » du bac d'égoutture N°2.

**nb3** : détection du niveau « bas » du bac d'égoutture N°3.

**nb4** : détection du niveau « bas » du bac d'égoutture N°4.

**nbd** : consigne du niveau « bas » du bac de décantation.

**nhd** : consigne du niveau haut du bac de décantation.

**ncd** : consigne du niveau « critique » du bac de décantation.

**ntd** : mesure du niveau total du contenu du bac de décantation.

**nid** : mesure du niveau d'interface combustible-eau.

**VBE1** : vidage du bac d'égoutture N°1.

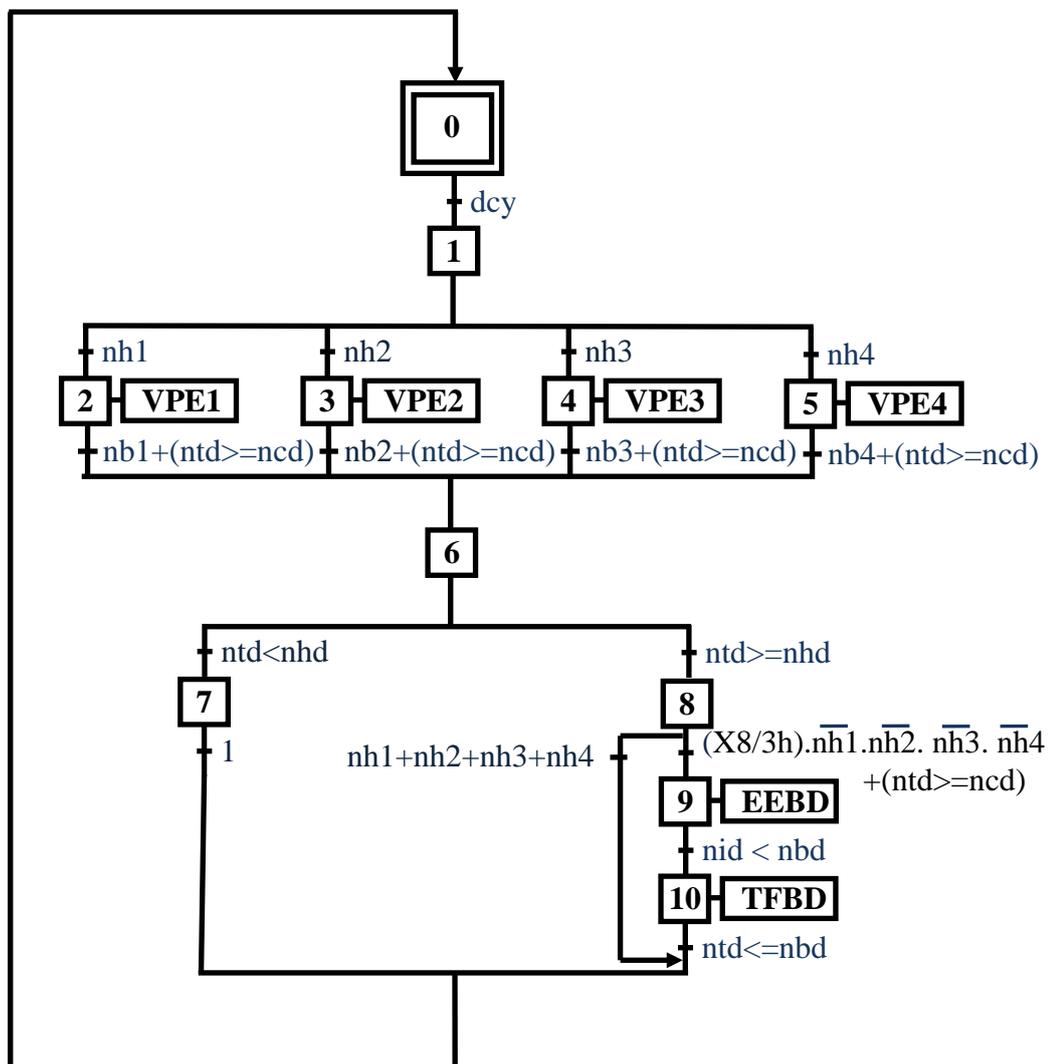
**VBE2** : vidage du bac d'égoutture N°2.

**VBE3** : vidage du bac d'égoutture N°3.

**VBE4** : vidage du bac d'égoutture N°4.

**TFBD** : transvasement du fioul du bac de décantation vers le bac 7500 m<sup>3</sup>.

**EEBD** : évacuation de l'eau contenue dans le bac de décantation.



#### **IV.2-2) Modélisation de la partie opérative.**

La description du fonctionnement automatique du système de décantation faite dans la section **IV.2-1-3**, sous-entend un certain nombre d'équipements qui permettent d'assurer le grafcet fonctionnel. Ces équipements sont les composantes de la partie opérative et nous les choisissons parmi ceux qui sont de nature électrique. Ainsi nous portons notre choix sur des capteurs et des sondes à transmetteur électrique en ce qui concerne les actions de détection et de mesure de niveau d'interface, sur des pompes couplées à des moteurs électriques (motopompes) pour ce qui concerne le transvasement (TFBD) et les vidages (VBE1, VBE2, VBE3, VBE4) et sur une électrovanne pour assurer l'action de vidange (EEBD).

##### **IV.2-2-1) Les capteurs**

Le système de décantation possédait avant cette automatisation, plusieurs types de capteurs de niveau (cf. chapitre III, section III.2-1 et III.2-1). Malheureusement, ils ne sont pas tous adaptés à l'automatisation (cf. chapitre III).

Ainsi, nous faisons le choix de :

- 08 capteurs de détection de niveau pour les 4 bacs d'égoutture.
- 01 capteur de mesure pour repérer le niveau total et le niveau d'interface eau-combustible dans le bac de décantation.

##### **IV.2-2-2) Les motopompes et l'électrovanne**

Nous utiliserons dans notre système automatisé, les motopompes (PE1, PE2, PE3, PE4 et PD) qui existaient déjà dans le système de décantation (cf. chapitre 3 : II.1) et II.2)), afin d'assurer les fonctions de vidage et de transvasement.

Par contre, pour remplir la fonction (EEBD), nous choisirons une électrovanne en lieu et place de la vanne manuelle de vidange (cf. chapitre 3 : II.1) et II.2)).

#### **IV.2-3) Modélisation de la partie commande selon des tâches le pupitre.**

Cette deuxième modélisation de la partie commande répond au besoin d'offrir plusieurs options à l'opérateur afin de suivre l'évolution du système et de communiquer ses consignes à la partie commande en fonction des besoins et des imprévus (défaillances, coupures

d'électricité,...) qui pourraient subvenir. Ces différentes options définissent les modes de marches et d'arrêts du système de décantation.

#### **IV.2-3-1) Guide d'étude des modes de marches et d'arrêts :** **GEMMA**

Le GEMMA est une méthode systématique pour sélectionner les Modes de Marches et d'Arrêts lors de la conception d'une machine automatique. Il constitue un moyen pratique pour les présenter et les exploiter [14]. Ainsi pour notre système de décantation, nous avons cette feuille GEMMA renseignée (*Figure 11*).

Ce qui nous permet de dégager les trois cycles suivants :

- Cycle de marche-arrêt automatique
- Cycle de marche manuelle et/ou de réglage
- Cycle de défaillance

#### **Cycle de marche-arrêt automatique :**

Le cycle formé sur la feuille GEMMA (*Figure 11*) par les états **A1 - F1 - A2 - A1**, constitue le cycle de marche-arrêt automatique de notre système de décantation. En effet le système de décantation en **A1** se trouve à l'arrêt à l'état initial c'est-à-dire que le contenu du bac de décantation est en dessous du niveau « critique ». Lorsque l'opérateur sélectionne « auto » (Automatique) et appuie sur le bouton « marche » du pupitre, alors notre système de décantation entre dans l'état **F1** et le fonctionnement automatique du système se met en marche. C'est ce fonctionnement qui est pratiquement traduit par le grafctet fonctionnel (cf. IV.2-1-3).

Lorsque l'opérateur voudra arrêter ce fonctionnement, il appuiera sur « arrêt » du pupitre, alors le système passera de l'état **F1** à l'état **A2** qui permettra au cycle de fonctionnement en cours de s'achever. C'est alors que le système repassera à l'état **A1** sous une condition que l'on donnera.

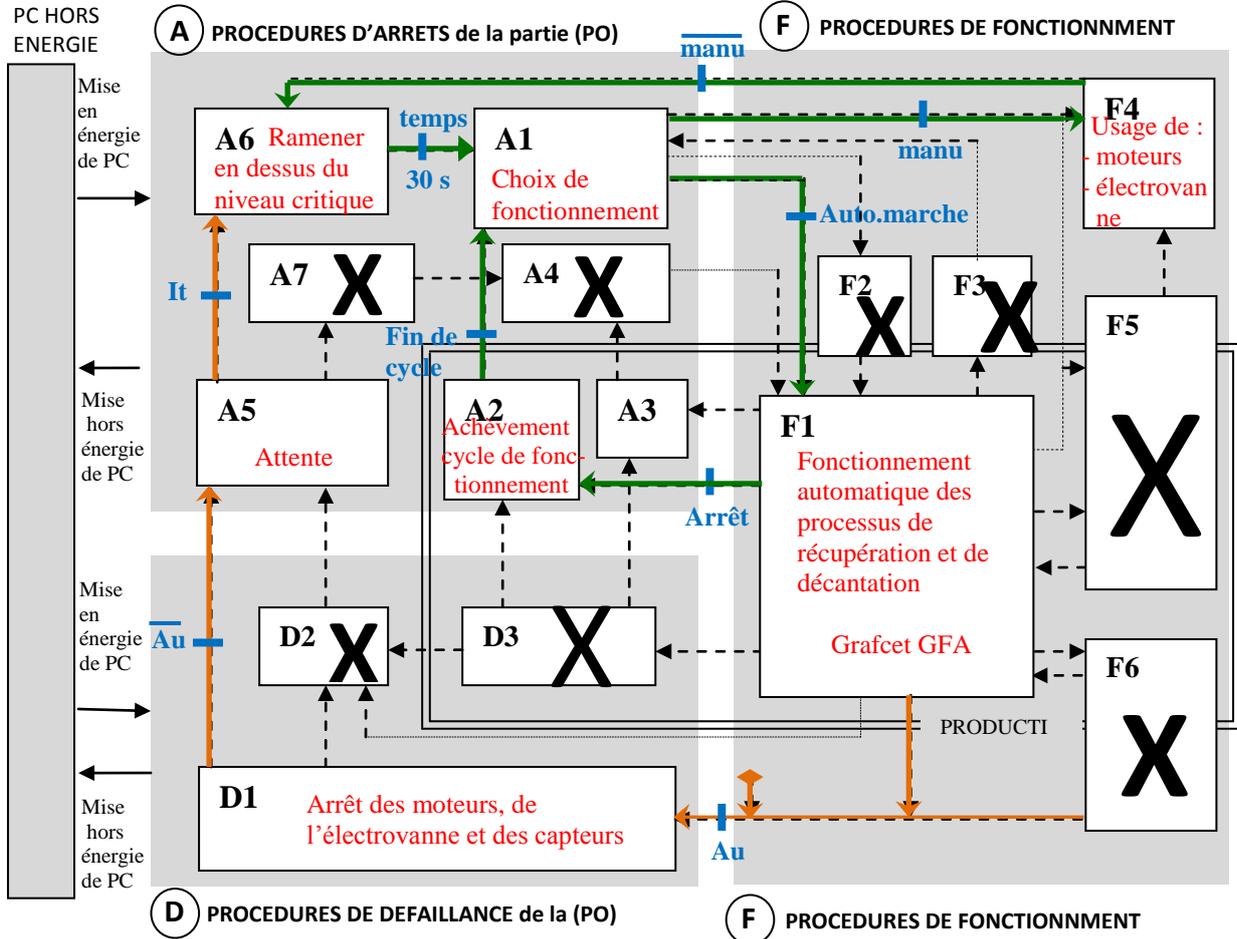
#### **Cycle de marche manuelle et/ou de réglage :**

Il s'agit du cycle **A1 - F4 - A6 - A1** de la feuille GEMMA (*Figure 11*). En effet, lorsque le système de décantation se trouve à l'état initiale **A1** de la feuille GEMMA, l'opérateur, au lieu de choisir « auto » comme précédemment, peut choisir « manu » traduit par manuel. Cela conduit le système à passer à l'état **F4** où l'opérateur peut démarrer les moteurs et

### GEMMA : Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêts

EQUIPEMENT  
**SYSTEME DE DECANTATION**

PC : Partie Commande  
PO : Partie Opérative



#### NOMENCLATURE DES ETATS

- A1 « état initial » (A)
- A2 « arrêt demandé en fin de cycle » (A)
- A3 « arrêt demandé dans état déterminé » (A)
- A4 « arrêt obtenu » (A)
- A5 « préparation pour remise en route après défaillance » (A)
- A6 « mise P.O dans un état initial » (A)
- A7 « mise P.O dans état déterminé » (A)

- F1 « production normal » (F)
- F2 « marches de préparation » (F)
- F3 « marches de clôture » (F)
- F4 « marches de vérification dans le désordre » (F)
- F5 « marches de vérification dans l'ordre » (F)
- F6 « marches de test » (F)

- D1 « arrêt d'urgence » (D)
- A2 « diagnostic ou traitement de la défaillance » (D)
- A3 « production tout de même » (D)

Figure 11 - Fiche GEMMA du système de décantation

l'électrovanne à sa guise et ce dans l'ordre voulu. C'est aussi dans cet état que les vérifications des démarrages des moteurs s'opèrent afin de procéder à des réglages. Lorsque l'opérateur quitte l'option « manu », le système passe à l'état **A6** où le système de décantation est remis en conditions initiales et s'arrête 30 secondes après en **A1**.

### **Cycle de défaillance :**

Le cycle **F1 - D1 - A5 - A6 - A1 - F1** de la feuille GEMMA (*Figure 11*) est composé des états que prend notre système lorsqu'il y a une défaillance et que l'opérateur enclenche l'Arrêt d'urgence : « Au ». Le système de décantation passe donc de l'état **F1** à **D1**. En **D1**, les moteurs et l'électrovanne sont à l'arrêt.

Lorsque l'arrêt d'urgence est réarmé après maintenance corrective, le système passe à l'état d'attente **A5** où l'opérateur entreprend par exemple des ouvertures ou des fermetures de vannes de sécurité. Et lorsque l'opérateur actionne « It » (initialisation) alors le système passe à **A6** où les conditions initiales de fonctionnement sont restaurées. 30 secondes après, le système passe à l'état **A1**. De cet état **A1**, si l'opérateur active « auto » et « marche », le système reprend son fonctionnement automatique normal en **F1**.

### **IV.2-3-2) Graficets issus du GEMMA**

A partir de l'étude GEMMA précédente, on déduit les graphicets suivants [1], [14] :

- Graphicet de sécurité (GS) relatif au cycle de défaillance.
- Graphicet de conduite (GC) relatif aux cycles marche-arrêt automatique et marche manuelle.
- Graphicet d'initialisation (GI) relatif à l'état A6.

A ces graphicets, on ajoute un graphicet (GFA) de fonctionnement automatique inspiré du graphicet fonctionnel (cf VI.2-1-3) et les graphicets (G1, G2, G3, G4, G5, G6) de suivie des niveaux de contenu des différents bacs.

Désignons par :

**Auto:** choix de fonctionnement « automatique » fait par l'opérateur.

**Manu:** choix de fonctionnement « manuel » fait par l'opérateur.

**Au:** « arrêt d'urgence » choisi par l'opérateur.

**It:** « initialisation » du système demandé par l'opérateur.

**Marche :** démarrer le fonctionnement automatique du système de décantation.

**Arrêt:** stopper le fonctionnement automatique du système de décantation.

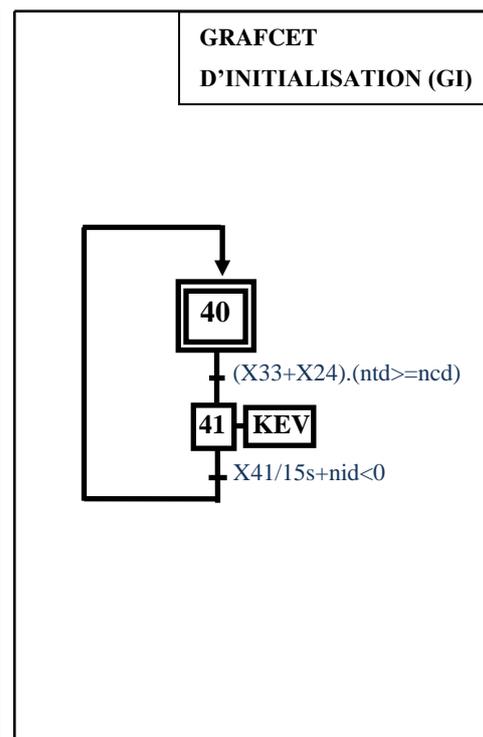
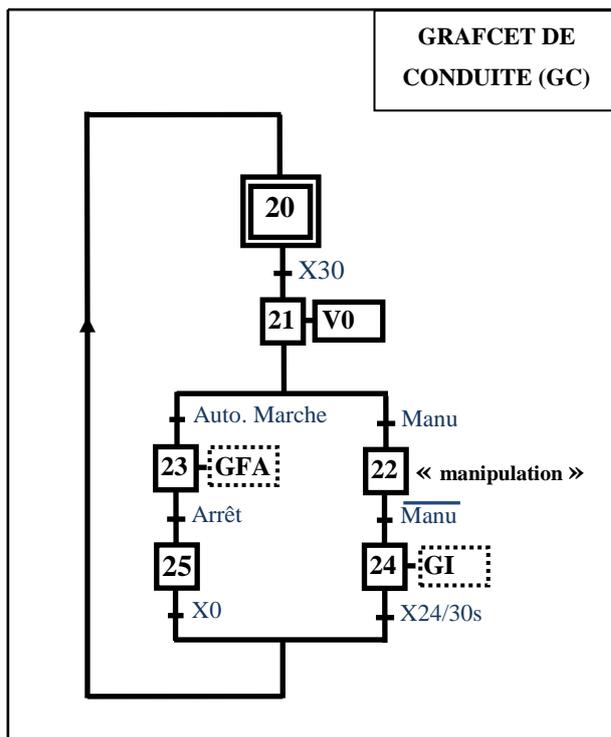
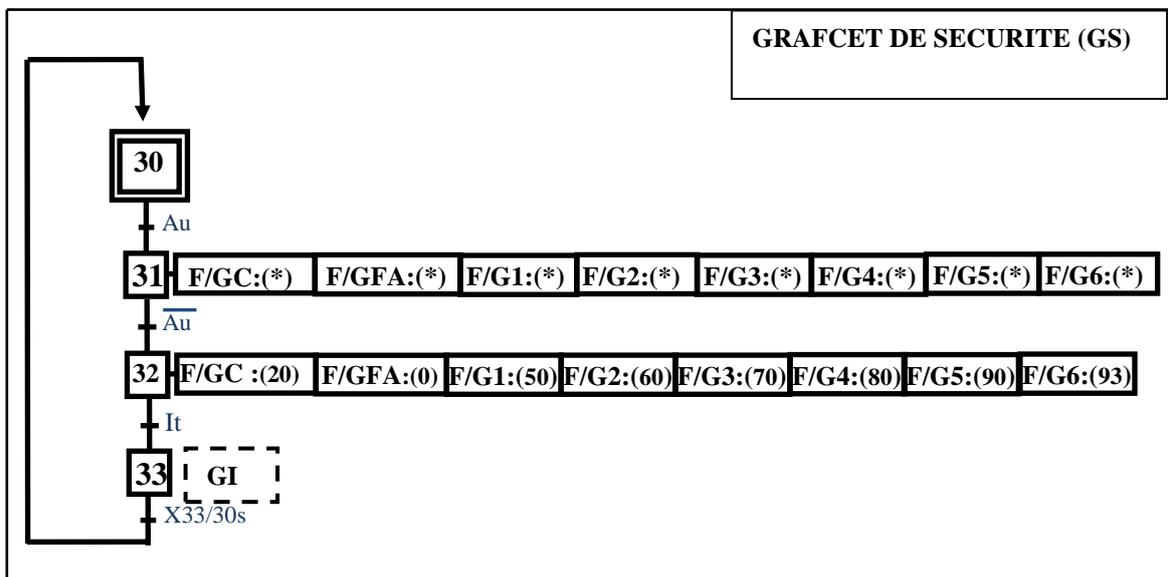
**V0:** Voyant indiquant la possibilité de choisir le mode de fonctionnement.

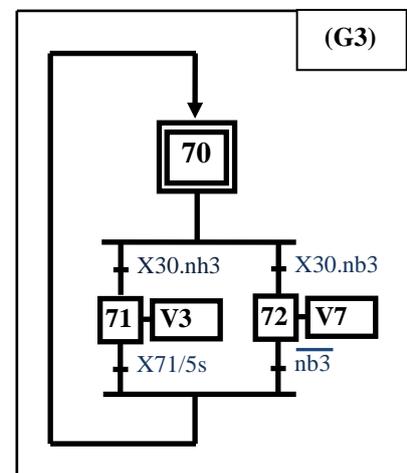
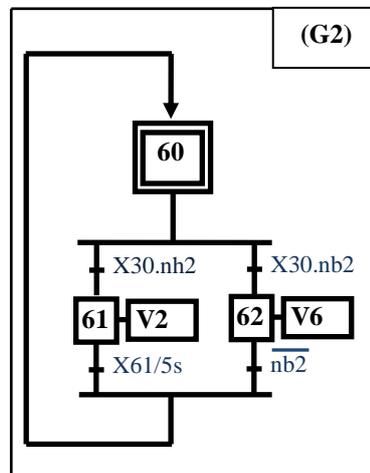
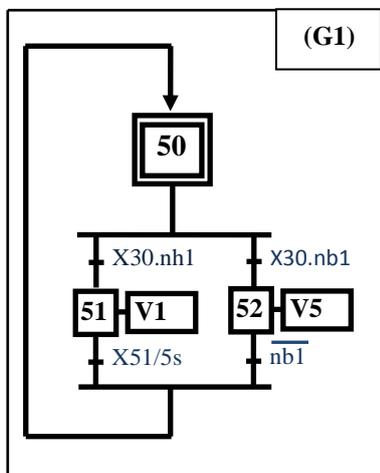
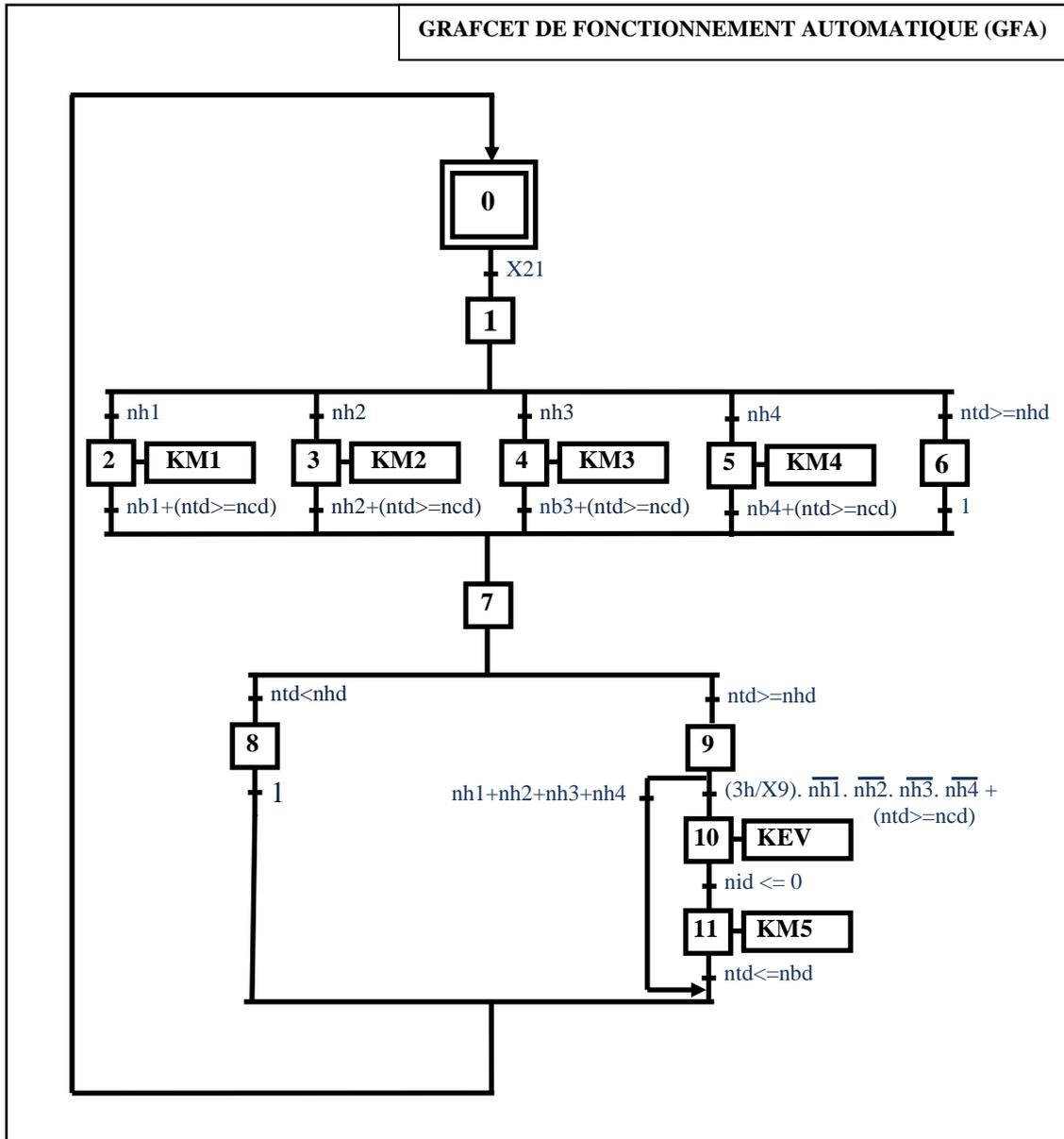
**V1, V2, V3, V4 :** Voyants désignant respectivement l'atteinte du niveau haut des bacs d'égoutture N°1, N°2, N°3, N°4.

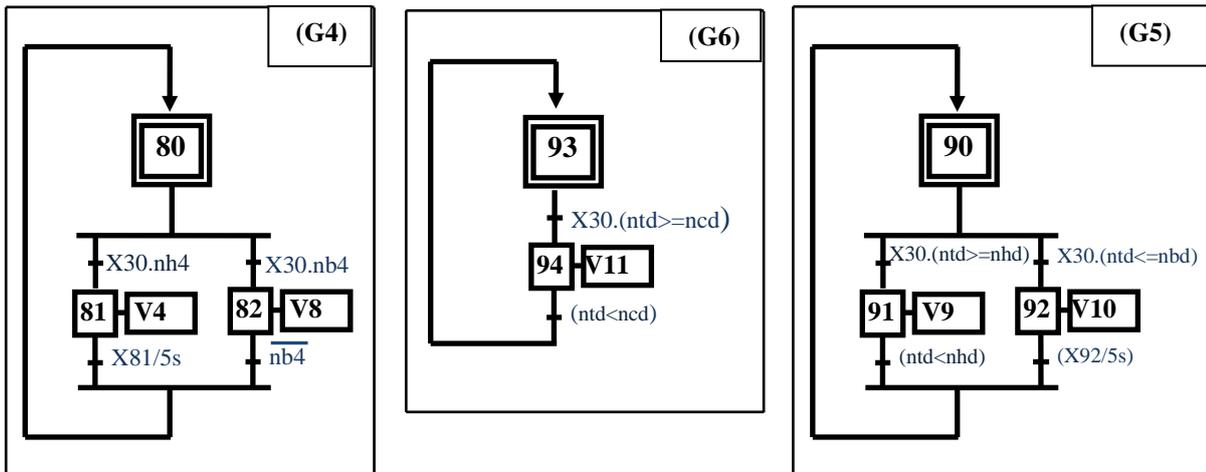
**V5, V6, V7, V8 :** Voyants désignant respectivement l'atteinte du niveau bas des bacs d'égoutture N°1, N°2, N°3, N°4.

**V9, V10 :** Voyants désignant respectivement l'atteinte du niveau haut et du niveau bas du bac de décantation.

**V11:** Voyant indiquant l'atteinte du niveau critique du bac de décantation.







#### IV.2-4) Modélisation du pupitre.

A partir de la modélisation faite précédemment, nous savons que notre pupitre doit contenir les options : « auto », « manu », « marche », « arrêt », « It » et « au ». Mais en plus de cela, nous voudrions que l'opérateur puisse :

- être informé lorsque les niveaux des contenus des différents bacs atteignent les niveaux « bas » et « haut ».
- être informé du niveau de l'interface eau-fioul qui caractérise la présence d'eau.
- démarrer et arrêter aussi bien les pompes que l'électrovanne lorsque celui ci choisit le mode « manu » (manuel).

Ce qui nous conduit à l'ajout de voyants sur le pupitre et donc justifie la présence de ceux-ci dans les graficets donnés précédemment.

Notons :

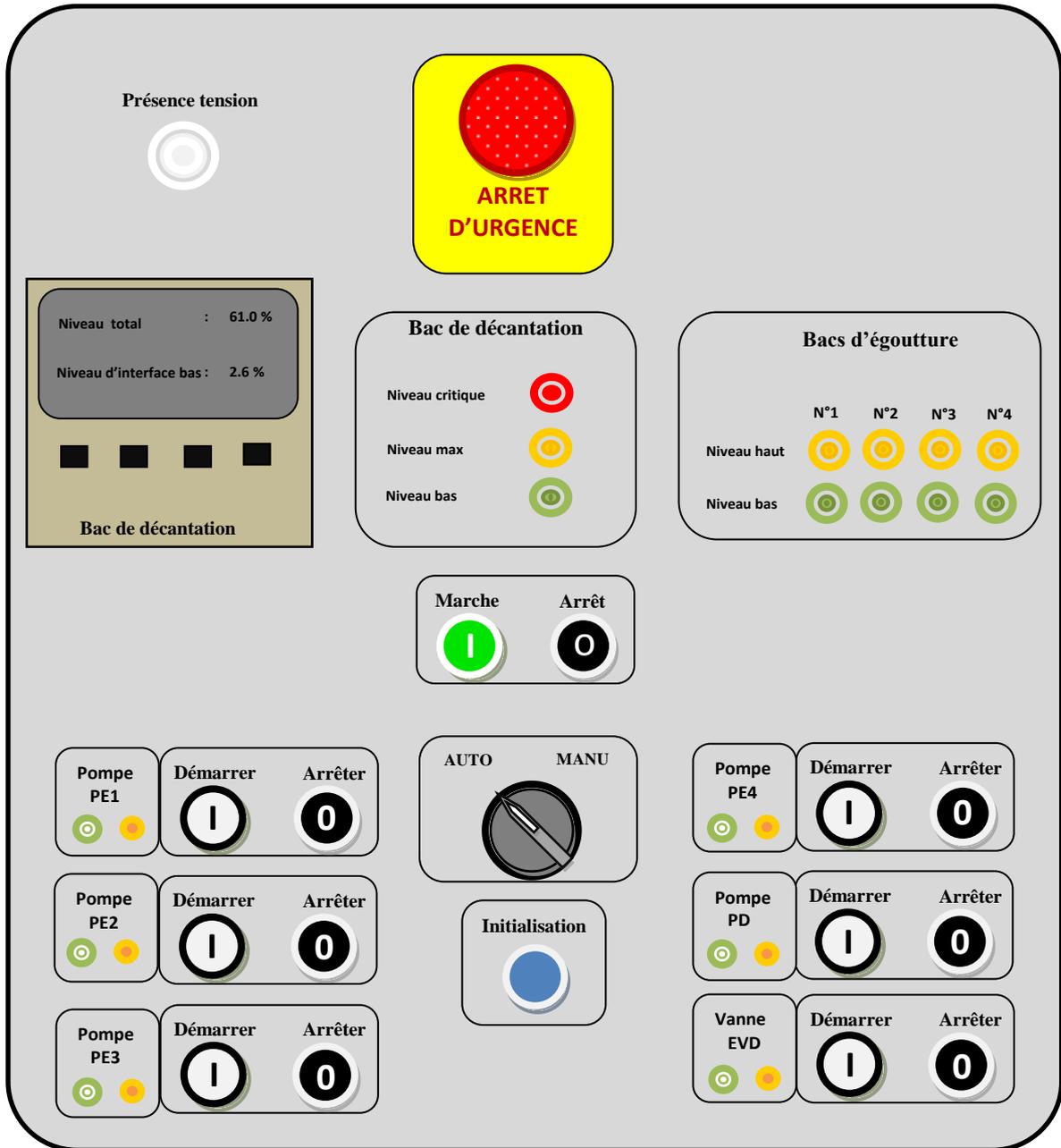
**EVD** : l'électrovanne du bac de décantation.

**PE1, PE2, PE3, PE4** : les pompes d'égoutture n°1, n°2, n°3 et n°4.

**PD**: la pompe du bac de décantation.

● ○: les voyants de marche et de défaut des motopompes la norme EN 60204-1 [3].

○ ○ ○ ○: les autres voyants selon les normes EN 60204-1 [3].



## V. RESULTATS

---

### V.1 Choix des équipements principaux de l'automatisme

La réalisation de l'automatisme conçu au chapitre 4 nous conduit à faire des choix concernant les équipements principaux qui constituent l'automatisme. Il s'agit des capteurs, des moteurs, de l'électrovanne et de l'automate.

#### V.1-1) Les capteurs

- Capteurs de détection de niveau (Figure 12).

Il s'agit de capteurs de fin de course. Et notre choix s'est porté sur les capteurs de type flotteur dont les caractéristiques sont données dans le Tableau 3.

Tableau 3 - caractéristiques des capteurs de l'automatisme

<b>CAPTEURS DE NIVEAU</b>				
Reference	Courant max (A)	Sortie	Montage	Qté
<b>RSF50 Séries</b>	0.6	tor	noyable ou non	08



Figure 12- Capteur de niveau

Il s'agit d'un interrupteur à flotteur, en nylon, totalement étanche [4].

Le flotteur est constitué d'un cylindre, qui coulisse librement le long de la tige principale.

Par un jeu d'aimants, la position de ce cylindre permet d'ouvrir ou de fermer le circuit électrique enfermé dans la tige principale.

La position « tête en haut » ou « tête en bas », permet de choisir le mode de fonctionnement « normalement ouvert » ou « normalement fermé ».

- Capteur de mesure du niveau d'interface (Figure 13).

Il s'agit de la sonde « intelligente » VEGAFLEX67 qui mesure le niveau d'interface entre deux liquides [11]. Ces caractéristiques sont données dans le Tableau 4.

Tableau 4 - caractéristiques de la sonde VEGAFLEX 67 de l'automatisme

<b>CAPTEURS DE NIVEAU D'INTERFACE</b>				
Reference	Alimentation	Sortie	Montage	Qté
VEGAFLEX 67	220	4...20mA HART	noyable	1

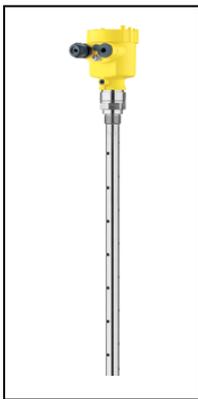
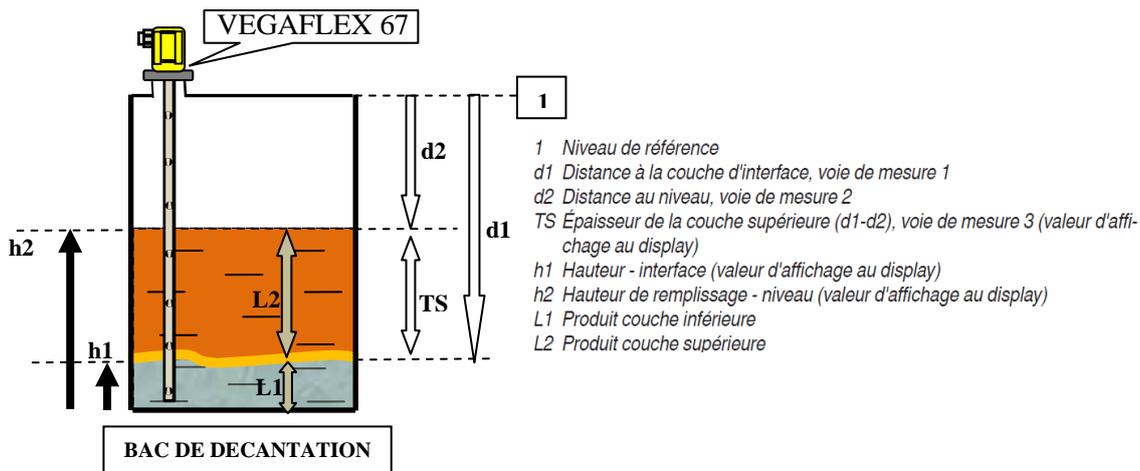


Figure 13 - VEGAFLEX 67

Remarquons que la sortie de cette sonde n'est pas une sortie analogique standard. Il s'agit d'une sortie utilisant le protocole HART (Highway Addressable Remote Transducer) qui permet de transporter plusieurs informations (niveau et interface) sous une forme numérique [11], [10].

Pour ainsi transmettre les informations de mesure d'interface à un automate qui ne comprend pas le langage HART, nous utiliserons le transmetteur HART « VEGAMET 624 » qui convertira le signal de mesure HART 4 - 20mA en un signal analogique standard 4 - 20mA.

- Transmetteur VEGAMET 624 (Figure 14).

Tableau 5 - Caractéristiques du transmetteur VEGAMET 624 de l'automatisme

<b>TRANSMETTEUR HART</b>				
Reference	Alimentation	Entrée	Sortie	Qté
VEGAMT 624	220 V	4...20mA HART	4...20mA	1

Puisque le capteur d'interface VEGAFLEX 67 mesure aussi bien la distance à la couche supérieure que celle à la couche d'interface, nous pouvons alors, par l'intermédiaire du VEGAMET 624, obtenir le calcul et l'affichage du niveau total, du niveau de la couche d'interface et de l'épaisseur de la couche supérieure.



Figure 14 - VEGAMET 624

Mais pour notre besoin, nous paramètrons le VEGAMET 624 afin d'obtenir sur ses 2 sorties analogiques standards 4 - 20mA (*Tableau 5*) compréhensible par les automates programmables (API), la mesure du niveau total et la mesure du niveau d'interface.

#### Programmation de VEGAMET 624 [12]

La programmation du VEGAMET 624 se fait par les boutons     qui permettent de naviguer dans son menu intégré.

#### • Sélection de l'application

Sélectionner sous " *Réglages appareils - Application* " la mention " *Mesure d'interface*" et confirmez avec **[OK]**. Avec la touche  , vous passerez au point suivant.

#### • Attribution des entrées et voies de mesure

Sélectionnez " *Entrée - modifier l'entrée* ". L'appareil démarre automatiquement une recherche de capteur et si le capteur est raccordé correctement, vous obtiendrez alors l'affichage du VEGAFLEX. Sauvegardez votre saisie en cliquant sur  et passez avec  à la saisie de la constante diélectrique. Les grandeurs d'entrée seront affectées automatiquement aux voies de mesure suivantes:

Voie de mesure 1 : interface (hauteur du produit de la couche inférieure)

Voie de mesure 2 : niveau total (hauteur de remplissage totale des deux produits)

Voie de mesure 3 : épaisseur de la couche (épaisseur de la couche supérieure)

#### • Saisie de la constante diélectrique

Saisissez ici la constante diélectrique exacte du produit de la couche supérieure. Puisque dans notre cas, le produit de la couche supérieure est un hydrocarbure alors la constante diélectrique est égale à 2 [12]. Cette valeur sera transmise automatiquement au VEGAFLEX.

#### • Réglage

Chaque VEGAFLEX est livré avec un réglage d'usine. Les valeurs de ce réglage seront transmises automatiquement au VEGAMET 624 en créant la mesure d'interface.

Sélectionnez maintenant " *Voies de mesure- Voies de mesure 1- réglage* " dans l'option " *réglage Min* " inscrivez la valeur qui correspond à 95% de la hauteur du bac de décantation soit dans notre cas (1.9 m) et dans l'option " *réglage Max* ", inscrivez plutôt la valeur correspondant à 3% de cette hauteur c'est-à-dire (0,063m) dans notre cas.

• **Affectation des mesures de niveau et d'interface aux sorties du VEGAMET 624**

Sélectionnez " *Voies de mesure- Voies de mesure 1- sortie- sortie courant- sortie courant 1* ".

Sous l'option sortie courant1, il ya les réglages suivants à faire :

" *Grandeur de référence* " : %

" *Courbe caract.*" : 4 – 20 mA

" *Mode erreur*" : 0%

savegardez votre choix en cliquant sur OK .

Sélectionnez " *Voies de mesure- Voies de mesure 2- sortie- sortie courant- sortie courant 1* ".

Sous l'option sortie courant 2, nous faisons les mêmes réglages que sur la sortie courant 2 :

" *Grandeur de référence* " : %

" *Courbe caract.*" : 4 – 20 mA

" *Mode erreur*" : 0%

savegardez votre choix en cliquant sur OK .

**V.1-2) Les motopompes et l'électrovanne**

Les caractéristiques des différentes motopompes et de l'électrovanne (*Figure 15*) sont données dans le Tableau 6, le Tableau 7 et le Tableau 8.

Tableau 6 - Caractéristiques des motopompes des bacs d'égoutture.

<b>MOTOPOMPE D'EGOUTTURE</b>						
REFERENCE Moteur	REFERENCE Pompe	Ns (tr/min)	Fluides	rapport de vitesse		
BBC	LEPI CAA12H1R3	1370	Eau et Fioul	2,45		
Caractérisques électriques	Tension (V)	Fréquence (Hz)	Puissance (KW)	cosφ	Rendement	Qté
	230Δ/380Y	50	0,55	0,7	0,89	04

Tableau 7 - Caractéristiques des motopompes du bac de décantation

<b>MOTOPOMPE DE DECANTATION</b>						
REFERENCE Moteur	REFERENCE Pompe	Ns (tr/min)	Fluides	rapport de vitesse		
BBC	LEFI CAC12H1R3H1	1400	Fioul	2,77		
Caractéristiques électriques	Tension (V)	Fréquence (Hz)	Puissance (KW)	cosφ	Rendement	Qté
	230Δ/380Y	50	0,5	0,85	0,87	01

Tableau 8 - Caractéristiques de l'électrovanne choisie dans l'automatisme

<b>ELECTROVANNE [5]</b>					
CODE	debit (m <sup>3</sup> /h)	ΔP Maxi (bar)	Ø (mm)	Fluides	Commande
ELV15008	3.3	10	20	Eau et Fioul	Directe
Type	Tension (V)	Fréquence (Hz)	P (VA)	Connexion électrique	Qté
NF	230	50/60	33	Fils	01



Figure 15 - Electrovanne

### **V.1-3) L'automate programmable industriel (API)**

L'API choisit pour ce travail, est le TSX 37 05 (Figure 16) dont les caractéristiques sont présentées dans le Tableau 9.

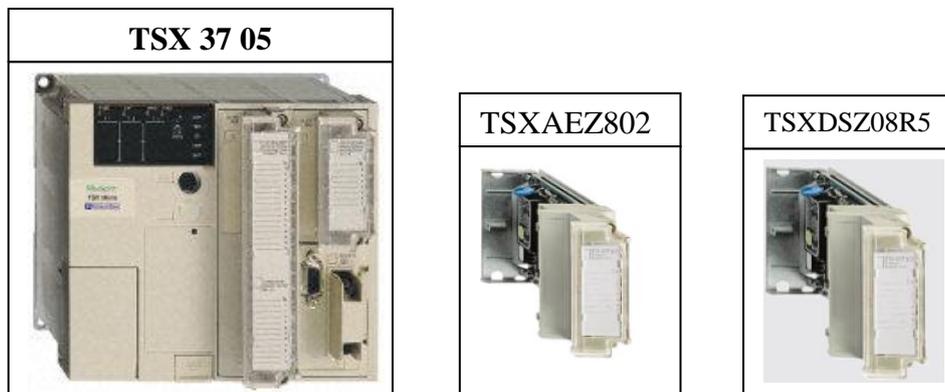


Figure 16 - L'automate TSX 3705 et ses cartes d'entrée et de sortie

Tableau 9 - Caractéristiques de l'automate choisi dans l'automatisme

<b>AUTOMATE PROGRAMMABLE INDUSTRIEL</b>		
<p><b>Informations</b> [6], [7], [9]:</p> <p><b>TSX 37 05</b>                      Alimentation: 110... 240 V AC                      Nombre d'emplacements de base: 2 (1 disponible)                      Nombre de modules d'entrées/sorties TOR intégrés: 1 (16 E, 12 S)                      Nombre de modules analogiques intégrés : 0                      Type d'entrées/sorties intégrées: {E : 24 V DC, S : relais}                      Capacité mémoire intégrée: 11 K mots                      Références avec bornier à vis: <b>TSX3705028DR1</b></p> <p><b>MODULE DE SORTIR TOR A AJOUTER</b>                      Raccordement: par bornier à vis fournis                      Nombre de voies: 8                      Format: demi                      Signal d'entrée: relais                      Références: <b>TSX DSZ 08R5</b></p> <p><b>MODULE D'ENTREE ANALOGIQUE A AJOUTER</b>                      Raccordement: par bornier à vis fournis                      Nombre de voies: 8                      Format: demi                      Signal d'entrée: 0 ... 20mA ; 4 ... 20mA                      Références: <b>TSX AEZ 802</b></p>		
<b>Références</b>	<b>Désignation</b>	<b>Qtité</b>
TSX3705028DR1	TSX 37 05	01
TSXAEZ802	Module d'entrée analogique 8E	01
TSX DSZ 08R5	Module de sortie TOR 8S	01

## **V.2 Programmation de l'automate**

Programmer l'automate TXS 37 05, c'est d'une part réaliser le programme de l'automatisme sur un ordinateur à l'aide du logiciel PL7 pro, et d'autre part transférer ce programme dans l'automate via le câble de liaison adapté « série DB9/PC ».

### **V.2-1) Réalisation du programme de l'automatisme**

C'est à la réalisation du programme de l'automatisme que servent les grafjets. Ils seront donc réécrits sous forme d'équation avant d'être traduit en langage de programmation « LADDER ».

**V.2-1-1) Mise en équation des grafquets**

A partir des 10 grafquets précédents (G1, G2, G3, G4, G5, G6, GFA, GI, GS, GC) (cf VI.2-3-2), on déduit les équations ci-dessous où T et X désignent respectivement les transitions et les étapes. Les chiffres en indices de T et X sont les numéros des transitions et des étapes.

- **GRAFQCET GS**

$$\begin{aligned} T_{3031} &= X_{30}.Au \\ T_{3132} &= X_{31}.Au \\ T_{3233} &= X_{32}.It \\ T_{3330} &= X_{33}.(\text{tempo } 16s) \\ X_{30} &= (T_{3330}+X_{30}./T_{3031}+Init)./Au \\ X_{31} &= (T_{3031}+X_{31}./T_{3132})./Init \\ X_{32} &= (T_{3132}+X_{32}./T_{3233}) ./Au./Init \\ X_{33} &= (T_{3233}+X_{33}./T_{3330})./Au./Init \\ X_{20} &= X_{32} \\ X_0 &= X_{32} \\ X_{50} &= X_{32} \\ X_{60} &= X_{32} \\ X_{70} &= X_{32} \\ X_{80} &= X_{32} \\ X_{90} &= X_{32} \\ X_{93} &= X_{32} \\ X_{40} &= X_{33} \end{aligned}$$

- **GRAFQCET GC**

$$\begin{aligned} T_{2021} &= X_{20}.X_{30} \\ T_{2122} &= X_{21}.Manu \\ T_{2224} &= X_{22}./Manu \\ T_{2123} &= X_{21}.Auto. Marche \\ T_{2325} &= X_{23}.Arrêt \\ T_{2520} &= X_{25}.X_0 \\ T_{2420} &= X_{24}.(\text{tempo } 16s) \\ X_{20} &= (T_{2520}+T_{2420}+X_{20}./T_{2021} +Init)./Au \\ & \quad (T_{2520}+T_{2420}+X_{20}./T_{2021}./T_{2022}+Init)./Au \\ X_{21} &= (T_{2021}+X_{21}./T_{2123}./T_{2122})./Init./Au \\ X_{22} &= (T_{2122}+X_{22}./T_{2224})./Init./Au \\ X_{23} &= (T_{2123}+X_{23}./T_{2325})./Init./Au \\ X_{24} &= (T_{2224}+X_{24}./T_{2420})./Init./Au \\ X_{25} &= (T_{2325}+X_{25}./T_{2520})./Init./Au \\ V_0 &= X_{21} \\ X_{40} &= X_{24} \\ X_0 &= X_{23} \end{aligned}$$

- **GRAFQCET GI**

$$\begin{aligned} T_{4041} &= X_{40}.(X_{33}+X_{24}).(\text{ntd } \geq \text{ncd}) \\ T_{4140} &= X_{41}.(\text{tempo } 15s).(\text{nid } < 0) \\ X_{40} &= (T_{4140}+X_{40}./T_{4041}+Init)./Au \\ X_{41} &= (T_{4041}+X_{41}./T_{4140})./Init./Au \\ KM6 &= X_{41} \end{aligned}$$

**GRAF CET GFA**

<p>T0001 = X0.X23</p> <p>T0102 = X1.nh1</p> <p>T0103 = X1.nh2</p> <p>T0104 = X1.nh3</p> <p>T0105 = X1.nh4</p> <p>T0106 = X1. (ntd &gt;= nhd)</p> <p>T0207 = X2.(nb1+(ntd &gt;= ncd))</p> <p>T0307 = X3.(nb2+(ntd &gt;= ncd))</p> <p>T0407 = X4.(nb3+(ntd &gt;= ncd))</p> <p>T0507 = X5.(nb4+(ntd &gt;= ncd))</p> <p>T0607 = X6</p> <p>T0708 = X7. (ntd &lt; nhd)</p> <p>T0709 = X7. (ntd &gt;= nhd)</p> <p>T0910 = X9.(tempo 3h)./nh1./nh2./nh3./nh4 + (ntd &gt;= ncd)</p> <p>T1011 = X10.(nid &lt; 0)</p> <p>T0800 = X8</p> <p>T0900 = X9.(nh1+nh2+nh3+nh4)</p> <p>T1100 = X11. (ntd &lt;= ncd)</p>	<p>X0 = (T80+T90+T110+X0./T01 +Init)./Au</p> <p>X1 = (T0001+ X1./T0102 ./T0103 ./T0104 ./T0105./T0106 )./Init./Au</p> <p>X2 = (T0102+X2./T0207)./Init./Au</p> <p>X3 = (T0103+X3./T0307)./Init./Au</p> <p>X4 = (T0104+X4./T0407)./Init./Au</p> <p>X5 = (T0105+X5./T0507)./Init./Au</p> <p>X6 = (T0106+X6./T0607)./Init./Au</p> <p>X7 = (T0207+T0307+T0407+T0507+T0607 + X7./T0708 ./T0709)./Init./Au</p> <p>X8 = (T0708+X8./T0800)./Init./Au</p> <p>X9 = (T0709+X9./T0900./T0910)./Init./Au</p> <p>X10 = (T0910+X10./T1011)./Init./Au</p> <p>X11 = (T1011+X11./T1100)./Init./Au</p> <p>KM1 = X2</p> <p>KM2 = X3</p> <p>KM3 = X4</p> <p>KM4 = X5</p> <p>KM5 = X11</p> <p>KEV = X10</p>
--	--

- **GRAF CETS G1, G2, G3, G4, G5, G6**

**G1**

T5051 = X50.X30.nh1

T5052 = X50.X30.nb1

T5150 = X51.(tempo 5s)

T5250 = X52./nb1

X50 = (T5150+T5250+X50./T5051./T5052  
+Init)./Au

X51 = (T5051+X51./T5150)./Init./Au

X52 = (T5052+X52./T5250)./Init./Au

V1 = X51

V5 = X52

**G2**

T6061 = X60.X30.nh2

T6062 = X60.X30.nb2

T6160 = X61.(tempo 5s)

T6260 = X62./nb2

X60 = (T6160+T6260+X60./T6061./T6062  
+Init)./Au

X61 = (T6061+X61./T6160)./Init./Au

X62 = (T6062+X62./T6260)./Init./Au

V2 = X61

V6 = X62

### G3

$$T_{7071} = X_{70}.X_{30}.nh3$$

$$T_{7072} = X_{70}.X_{30}.nb3$$

$$T_{7170} = X_{71}.(\text{tempo } 5s)$$

$$T_{7270} = X_{72}./nb3$$

$$X_{70} = (T_{7170}+T_{7270}+X_{70}./T_{7071}./T_{7072} \\ +Init)./Au$$

$$X_{71} = (T_{7071}+X_{71}./T_{7170})./Init./Au$$

$$X_{72} = (T_{7072}+X_{72}./T_{7270})./Init./Au$$

$$V3 = X_{71}$$

$$V7 = X_{72}$$

### G5

$$T_{9091} = X_{90}.X_{30}.(\text{ntd } \geq \text{nhd})$$

$$T_{9092} = X_{90}.X_{30}.(\text{ntd } \leq \text{nbd})$$

$$T_{9190} = X_{91}.(\text{ntd } < \text{nhd})$$

$$T_{9290} = X_{92}.(\text{tempo } 5s)$$

$$X_{90} = (T_{9190}+T_{9290}+X_{90}./T_{9091}./T_{9092} \\ +Init)./Au$$

$$X_{91} = (T_{9091}+X_{91}./T_{9190})./Init./Au$$

$$X_{92} = (T_{9092}+X_{92}./T_{9290})./Init./Au$$

$$V9 = X_{91}$$

$$V10 = X_{92}$$

### G4

$$T_{8081} = X_{80}.X_{30}.nh4$$

$$T_{8082} = X_{80}.X_{30}.nb4$$

$$T_{8180} = X_{81}.(\text{tempo } 5s)$$

$$T_{8280} = X_{82}./nb4$$

$$X_{80} = (T_{8180}+T_{8280}+X_{80}./T_{8081}./T_{8082} \\ +Init)./Au$$

$$X_{81} = (T_{8081}+X_{81}./T_{8180})./Init./Au$$

$$X_{82} = (T_{8082}+X_{82}./T_{8280})./Init./Au$$

$$V4 = X_{81}$$

$$V8 = X_{82}$$

### G6

$$T_{9394} = X_{93}.X_{30}.(\text{ntd } \geq \text{ncd})$$

$$T_{9493} = X_{94}.(\text{ntd } < \text{ncd})$$

$$X_{93} = (T_{9493}+X_{93}./T_{9394} +Init)./Au$$

$$X_{94} = (T_{9394}+X_{94}./T_{9493})./Init./Au$$

$$V11 = X_{94}$$

**REMARQUE :** « Init » est une variable introduite pour fixer toutes les étapes initiales des grafjets. Init = 1 : réinitialise tous les grafjets. Elle diffère de la variable « It » qui met le système dans un état dit « initial ».

### **V.2-1-2) Définition des variables dans PL7 pro**

Puisque le programme est réalisé sur un ordinateur à l'aide de PL7 pro [8], il nous faut configurer les variables qui ne sont que les éléments constitutifs des équations précédents auxquels ont été ajoutées des paramètres systèmes.

- Affectation des entrées / sorties

Variables				
<input checked="" type="checkbox"/> Paramètres		E/S	Adr. 1: TSX DMZ 28DR	<input type="checkbox"/> Zone de saisie
Repère	Type	Symbole	Commentaire	
%I1.3	EBOOL	Arrêt	Stopper le fonctionnement automatique du système	
%I1.4	EBOOL	Au	Arrêt d'urgence	
%I1.1	EBOOL	Auto	Fonctionnement Automatique du système	
%I1.5	EBOOL	It	Activation de l'initialisation du système	
%I1.0	EBOOL	Manu	Fonctionnement manuel du système	
%I1.2	EBOOL	Marche	démarrer le fonctionnement automatique du système	
%I1.11	EBOOL	Nb1	Détection du niveau bas du bac d'égoutture N1	
%I1.12	EBOOL	Nb2	Détection du niveau bas du bac d'égoutture N2	
%I1.13	EBOOL	Nb3	Détection du niveau bas du bac d'égoutture N3	
%I1.14	EBOOL	Nb4	Détection du niveau bas du bac d'égoutture N4	
%I1.6	EBOOL	Nh1	Détection du niveau haut du bac d'égoutture N1	
%I1.7	EBOOL	Nh2	Détection du niveau haut du bac d'égoutture N2	
%I1.8	EBOOL	Nh3	Détection du niveau haut du bac d'égoutture N3	
%I1.9	EBOOL	Nh4	Détection du niveau haut du bac d'égoutture N4	

Variables				
<input checked="" type="checkbox"/> Paramètres		E/S	Adr. 2: TSX DMZ 28DR	<input type="checkbox"/> Zone de saisie
Repère	Type	Symbole	Commentaire	
%Q2.0	EBOOL	V0	Voyant permettant de choisir entre fonctionnement AUTO ou MANUEL	
%Q2.1	EBOOL	V1	Voyant de detection du niveau haut du bac d'égoutture N1	
%Q2.10	EBOOL	V10	Voyant de detection du niveau bas du bac de décantation	
%Q2.11	EBOOL	V11	Voyant de detection de la présence d'eau dans le bac de décantation	
%Q2.2	EBOOL	V2	Voyant de detection du niveau haut du bac d'égoutture N2	
%Q2.3	EBOOL	V3	Voyant de detection du niveau haut du bac d'égoutture N3	
%Q2.4	EBOOL	V4	Voyant de detection du niveau haut du bac d'égoutture N4	
%Q2.5	EBOOL	V5	Voyant de detection du niveau bas du bac d'égoutture N1	
%Q2.6	EBOOL	V6	Voyant de detection du niveau bas du bac d'égoutture N2	
%Q2.7	EBOOL	V7	Voyant de detection du niveau bas du bac d'égoutture N3	
%Q2.8	EBOOL	V8	Voyant de detection du niveau bas du bac d'égoutture N4	
%Q2.9	EBOOL	V9	Voyant de detection du niveau haut du bac de décantation	

Variables				
<input checked="" type="checkbox"/> Paramètres		E/S	Adr. 3: TSX AEZ 802	<input type="checkbox"/> Zone de saisie
Repère	Type	Symbole	Commentaire	
%IW3.1	WORD	Nid	Mesure du niveau d'interface du contenu du bac de décantation	
%IW3.2	WORD	Ntd	Mesure du niveau total du contenu du bac de décantation	

Variables				
<input checked="" type="checkbox"/> Paramètres		E/S	Adr. 4: TSX DSZ 08R5	<input type="checkbox"/> Zone de saisie
Repère	Type	Symbole	Commentaire	
%Q4.6	EBOOL	Kev	Bobine du contacteur de l'electrovanne (EV) associé au bac de décantation	
%Q4.1	EBOOL	Km1	Bobine du contacteur de lamotopompe (PE1) associée au bac d'égoutture N1	
%Q4.2	EBOOL	Km2	Bobine du contacteur de la motopompe (PE2) associée au bac d'égoutture N2	
%Q4.3	EBOOL	Km3	Bobine du contacteur de la motopompe (PE3) associée au bac d'égoutture N3	
%Q4.4	EBOOL	Km4	Bobine du contacteur de la motopompe (PE4) associée au bac d'égoutture N4	
%Q4.5	EBOOL	Km5	Bobine du contacteur de la motopompe (PD) associée au bac de décantation	

- Définition des temporisateurs

Repère	Type	Symbole	Commentaire
%TM1	TM	Tempo1	Temporisateur (grafcet GS)
%TM2	TM	Tempo2	Temporisateur (grafcet GC)
%TM3	TM	Tempo3	Temporisateur (grafcet GI)
%TM4	TM	Tempo4	Temporisateur (grafcet GFA)
%TM5	TM	Tempo5	Temporisateur (grafcet G1)
%TM6	TM	Tempo6	Temporisateur (grafcet G2)
%TM7	TM	Tempo7	Temporisateur (grafcet G3)
%TM8	TM	Tempo8	Temporisateur (grafcet G4)
%TM9	TM	Tempo9	Temporisateur (grafcet G5)

- Définition des constantes pour la régulation

Repère	Type	Symbole	Commentaire
%KW0	WORD	Nbd	Niveau bas du contenu du bac de décantation (cm)
%KW2	WORD	Ncd	Niveau critique du contenu du bac de décantation (cm)
%KW1	WORD	Nhd	Niveau haut du contenu du bac de décantation (cm)

- Définition des bits systèmes utilisés

Repère	Type	Symbole	Commentaire
%S0	EBOOL	S0	Démarrage à froid après reprise secteur
%S1	EBOOL	S11	Démarrage à chaude après reprise secteur
%S13	EBOOL	S13	Mise à l'état 1 par le système durant le premier cycle après la mise en RUN
%S9	EBOOL	S9	Mise à 0 de toutes les sorties

- Affectation des étapes et transitions des grafkets

Repère	Type	Symbole	Commentaire
%M0	EBOOL	X0	Etape initiale 0 (grafcet de fonctionnement Automatique)
%M1	EBOOL	X1	Etape 1 (grafcet de fonctionnement Automatique)
%M2	EBOOL	X2	Etape 2 (grafcet de fonctionnement Automatique)
%M3	EBOOL	X3	Etape 3 (grafcet de fonctionnement Automatique)
%M4	EBOOL	X4	Etape 4 (grafcet de fonctionnement Automatique)
%M5	EBOOL	X5	Etape 5 (grafcet de fonctionnement Automatique)
%M6	EBOOL	X6	Etape 6 (grafcet de fonctionnement Automatique)
%M7	EBOOL	X7	Etape 7 (grafcet de fonctionnement Automatique)
%M8	EBOOL	X8	Etape 8 (grafcet de fonctionnement Automatique)
%M9	EBOOL	X9	Etape9 (grafcet de fonctionnement Automatique)
%M10	EBOOL	X10	Etape 10 (grafcet de fonctionnement Automatique)
%M11	EBOOL	X11	Etape 11 (grafcet de fonctionnement Automatique)

<b>%M20</b>	EBOOL	X20	Etape initiale 20 (grafcet de conduite)
<b>%M21</b>	EBOOL	X21	Etape 21 (grafcet de conduite)
<b>%M22</b>	EBOOL	X22	Etape 22 (grafcet de conduite)
<b>%M23</b>	EBOOL	X23	Etape 23 (grafcet de conduite)
<b>%M24</b>	EBOOL	X24	Etape 24 (grafcet de conduite)
<b>%M25</b>	EBOOL	X25	Etape 25 (grafcet de conduite)
<b>%M30</b>	EBOOL	X30	Etape initiale 30 (grafcet de sécurité)
<b>%M31</b>	EBOOL	X31	Etape 31 (grafcet de sécurité)
<b>%M32</b>	EBOOL	X32	Etape 32 (grafcet de sécurité)
<b>%M33</b>	EBOOL	X33	Etape 33 (grafcet de sécurité)
<b>%M40</b>	EBOOL	X40	Etape initiale40 (grafcet d'initialisation)
<b>%M41</b>	EBOOL	X41	Etape 41 (grafcet d'initialisation)
<b>%M50</b>	EBOOL	X50	Etape initiale50 (grafcet G1 des voyants pour niveau du bac d'égoutture N'1)
<b>%M51</b>	EBOOL	X51	Etape 51 (grafcet G1 des voyants pour niveau du bac d'égoutture N'1)
<b>%M52</b>	EBOOL	X52	Etape 52 (grafcet G1 des voyants pour niveau du bac d'égoutture N'1)
<b>%M60</b>	EBOOL	X60	Etape initiale60 (grafcet G2 des voyants pour niveau du bac d'égoutture N'2)
<b>%M61</b>	EBOOL	X61	Etape 61 (grafcet G2 des voyants pour niveau du bac d'égoutture N'2)
<b>%M62</b>	EBOOL	X62	Etape 62 (grafcet G2 des voyants pour niveau du bac d'égoutture N'2)
<b>%M70</b>	EBOOL	X70	Etape initiale 70 (grafcet G3 des voyants pour niveau du bac d'égoutture N'3)
<b>%M71</b>	EBOOL	X71	Etape 71 (grafcet G3 des voyants pour niveau du bac d'égoutture N'3)
<b>%M72</b>	EBOOL	X72	Etape 72 (grafcet G3 des voyants pour niveau du bac d'égoutture N'3)
<b>%M80</b>	EBOOL	X80	Etape initiale 80 (grafcet G4 des voyants pour niveau du bac d'égoutture N'4)
<b>%M81</b>	EBOOL	X81	Etape 81 (grafcet G4 des voyants pour niveau du bac d'égoutture N'4)
<b>%M82</b>	EBOOL	X82	Etape 82 (grafcet G4 des voyants pour niveau du bac d'égoutture N'4)
<b>%M90</b>	EBOOL	X90	Etape initiale 90 (grafcet G5 des voyants pour niveau du bac de décaitaion)
<b>%M91</b>	EBOOL	X91	Etape initiale 91 (grafcet G5 des voyants pour niveau du bac de décaitaion)
<b>%M92</b>	EBOOL	X92	Etape initiale 92 (grafcet G5 des voyants pour niveau du bac de décaitaion)
<b>%M93</b>	EBOOL	X93	Etape initiale 93 (grafcet G6 des voyants pour interface dans le bac de décaitaion)
<b>%M94</b>	EBOOL	X94	Etape 94 (grafcet G6 des voyants pour interface dans le bac de décaitaion)
<b>%M100</b>	EBOOL	Init	Bit pout étape initiale
<b>%M120</b>	EBOOL	T2021	Transition de l'étape 20 à l'étape 21 (Grafcet GC de conduite)
<b>%M121</b>	EBOOL	T2123	Transition de l'étape 21 à l'étape 23 (Grafcet GC de conduite)
<b>%M122</b>	EBOOL	T2224	Transition de l'étape 22 à l'étape 24 (Grafcet GC de conduite)
<b>%M123</b>	EBOOL	T2325	Transition de l'étape 23 à l'étape 25 (Grafcet GC de conduite)
<b>%M124</b>	EBOOL	T2420	Transition de l'étape 24 à l'étape 20 (Grafcet GC de conduite)
<b>%M125</b>	EBOOL	T2520	Transition de l'étape 25 à l'étape 20 (Grafcet GC de conduite)
<b>%M130</b>	EBOOL	T3031	Transition de l'étape 30 à l'étape 31 (Grafcet GS de sécurité)
<b>%M131</b>	EBOOL	T3132	Transition de l'étape 31 à l'étape 32 (Grafcet GS de sécurité)
<b>%M132</b>	EBOOL	T3233	Transition de l'étape 32 à l'étape 33 (Grafcet GS de sécurité)
<b>%M133</b>	EBOOL	T3330	Transition de l'étape 33 à l'étape 30 (Grafcet GS de sécurité)
<b>%M140</b>	EBOOL	T4041	Transition de l'étape 40 à l'étape 41 (Grafcet GI d'initialisation)
<b>%M141</b>	EBOOL	T4140	Transition de l'étape 41 à l'étape 40 (Grafcet GI d'initialisation)
<b>%M150</b>	EBOOL	T5051	Transition de l'étape 50 à l'étape 51 (Grafcet G1 des voyants de niveau du bac d'égoutture N'1)
<b>%M151</b>	EBOOL	T5150	Transition de l'étape 51 à l'étape 50 (Grafcet G1 des voyants de niveau du bac d'égoutture N'1)
<b>%M152</b>	EBOOL	T5250	Transition de l'étape 52 à l'étape 50 (Grafcet G1 des voyants de niveau du bac d'égoutture N'1)
<b>%M155</b>	EBOOL	T5052	Transition de l'étape 50 à l'étape 52 (Grafcet G1 des voyants de niveau du bac d'égoutture N'1)
<b>%M160</b>	EBOOL	T6061	Transition de l'étape 60 à l'étape 61 (Grafcet G2 des voyants de niveau du bac d'égoutture N'2)
<b>%M161</b>	EBOOL	T6160	Transition de l'étape 61 à l'étape 60 (Grafcet G2 des voyants de niveau du bac d'égoutture N'2)
<b>%M162</b>	EBOOL	T6260	Transition de l'étape 62 à l'étape 60 (Grafcet G2 des voyants de niveau du bac d'égoutture N'2)
<b>%M165</b>	EBOOL	T6062	Transition de l'étape 60 à l'étape 62 (Grafcet G2 des voyants de niveau du bac d'égoutture N'2)

%M170	EBOOL	T7071	Transition de l'étape 70 à l'étape 71 (Grafcet G3 des voyants de niveau du bac d'égoutture N°3)
%M171	EBOOL	T7170	Transition de l'étape 71 à l'étape 70 (Grafcet G3 des voyants de niveau du bac d'égoutture N°3)
%M172	EBOOL	T7270	Transition de l'étape 72 à l'étape 70 (Grafcet G3 des voyants de niveau du bac d'égoutture N°3)
%M175	EBOOL	T7072	Transition de l'étape 70 à l'étape 72 (Grafcet G3 des voyants de niveau du bac d'égoutture N°3)
%M180	EBOOL	T8081	Transition de l'étape 80 à l'étape 81 (Grafcet G4 des voyants de niveau du bac d'égoutture N°4)
%M181	EBOOL	T8180	Transition de l'étape 81 à l'étape 80 (Grafcet G4 des voyants de niveau du bac d'égoutture N°4)
%M182	EBOOL	T8280	Transition de l'étape 82 à l'étape 80 (Grafcet G4 des voyants de niveau du bac d'égoutture N°4)
%M185	EBOOL	T8082	Transition de l'étape 80 à l'étape 82 (Grafcet G4 des voyants de niveau du bac d'égoutture N°4)
%M190	EBOOL	T9091	Transition de l'étape 90 à l'étape91 (Grafcet G5 des voyants de niveau du bac de décantation)
%M191	EBOOL	T9190	Transition de l'étape 91 à l'étape90 (Grafcet G5 des voyants de niveau du bac de décantation)
%M192	EBOOL	T9290	Transition de l'étape 92 à l'étape90 (Grafcet G5 des voyants de niveau du bac de décantation)
%M193	EBOOL	T9394	Transition de l'étape 93 à l'étape94 (Grafcet G6 des voyants d'interface dans le bac de décantation)
%M194	EBOOL	T9493	Transition de l'étape 94 à l'étape93 (Grafcet G6 des voyants d'interface dans le bac de décantation)
%M195	EBOOL	T9092	Transition de l'étape 90 à l'étape92 (Grafcet G5 des voyants de niveau du bac de décantation)
%M200	EBOOL	T0001	Transition de l'étape 0 à l'étape1 (Grafcet GFA du fonctionnement automatique)
%M201	EBOOL	T0102	Transition de l'étape 1 à l'étape2 (Grafcet GFA du fonctionnement automatique)
%M202	EBOOL	T0103	Transition de l'étape 1 à l'étape3 (Grafcet GFA du fonctionnement automatique)
%M203	EBOOL	T0104	Transition de l'étape 1 à l'étape4 (Grafcet GFA du fonctionnement automatique)
%M204	EBOOL	T0105	Transition de l'étape 1 à l'étape5 (Grafcet GFA du fonctionnement automatique)
%M205	EBOOL	T0106	Transition de l'étape 1 à l'étape6 (Grafcet GFA du fonctionnement automatique)
%M206	EBOOL	T0207	Transition de l'étape 2 à l'étape7 (Grafcet GFA du fonctionnement automatique)
%M207	EBOOL	T0307	Transition de l'étape 3 à l'étape7 (Grafcet GFA du fonctionnement automatique)
%M208	EBOOL	T0407	Transition de l'étape 4 à l'étape7 (Grafcet GFA du fonctionnement automatique)
%M209	EBOOL	T0507	Transition de l'étape 5 à l'étape7 (Grafcet GFA du fonctionnement automatique)
%M210	EBOOL	T0607	Transition de l'étape 6 à l'étape7 (Grafcet GFA du fonctionnement automatique)
%M211	EBOOL	T0711	Transition de l'étape 7 à l'étape11 (Grafcet GFA du fonctionnement automatique)
%M212	EBOOL	T0709	Transition de l'étape 7 à l'étape9 (Grafcet GFA du fonctionnement automatique)
%M213	EBOOL	Inter1	Valeur intermédiaire1 (Grafcet GFA du fonctionnement automatique)
%M214	EBOOL	T0910	Transition de l'étape 9 à l'étape10 (Grafcet GFA du fonctionnement automatique)
%M215	EBOOL	T1011	Transition de l'étape 10 à l'étape11 (Grafcet GFA du fonctionnement automatique)
%M216	EBOOL	T0800	Transition de l'étape 8 à l'étape0 (Grafcet GFA du fonctionnement automatique)
%M217	EBOOL	T0900	Transition de l'étape 9 à l'étape0 (Grafcet GFA du fonctionnement automatique)
%M218	EBOOL	T1100	Transition de l'étape 11 à l'étape0 (Grafcet GFA du fonctionnement automatique)
%M219	EBOOL	Inter2	Valeur intermédiaire2 (Grafcet GFA du fonctionnement automatique)
%M220	EBOOL		
%M221	EBOOL	T2122	Transition de l'étape 21 à l'étape 22 (Grafcet GC de conduite)

### **V.2-1-3) Programme en langage LD**

Le programme conçu dans PL7 pro est un ensemble d'instructions issues des équations précédentes qui ont été traduites en « LADDER ». Il est formé de 13 sections disposées dans un ordre bien précis. Il s'agit comme sur la Figure 17, de : Préliminaire, GS, G1, G2, G3, G4, G5, G6, GC, GFA\_transitions, GFA\_évolution, GFA\_actions et GI.

Notons que les sections GFA\_transitions, GFA\_évolution et GFA\_actions sont la traduction des équations GFA.

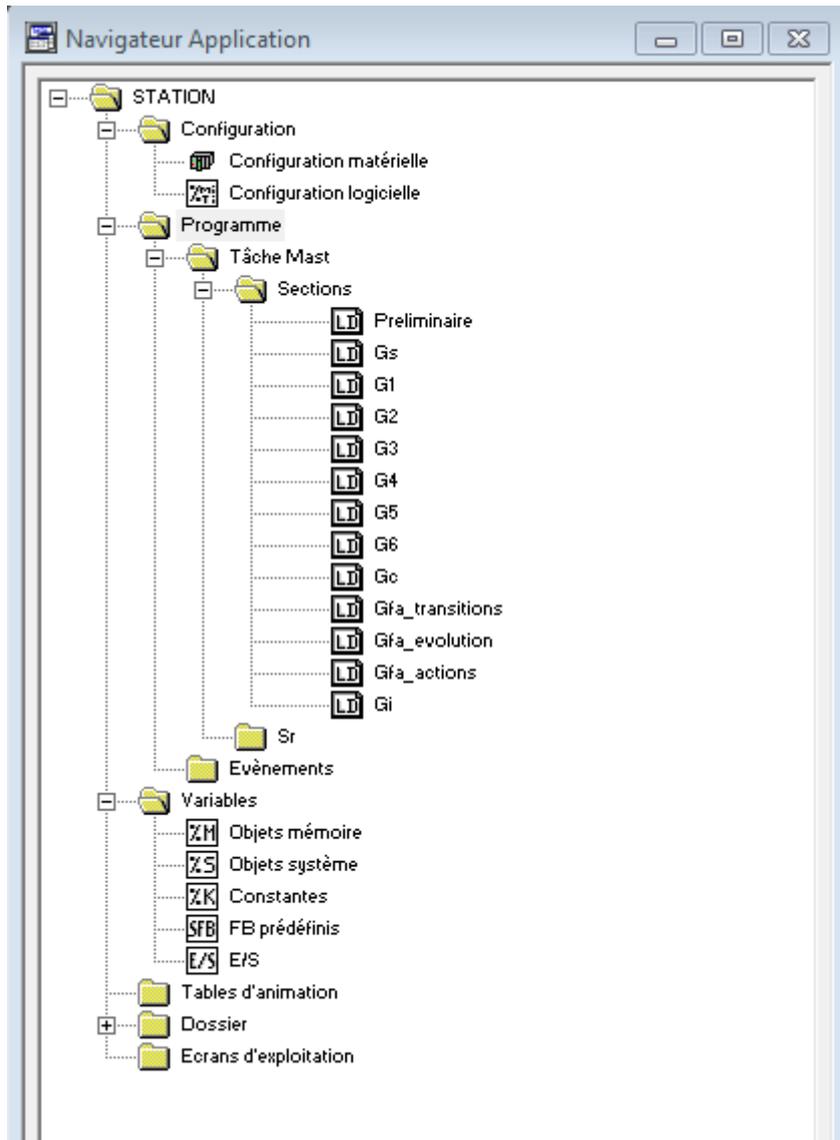


Figure 17 - Capture d'écran montrant la composition du programme

Les détails du programme sont donnés en Annexe 1.

### **V.2-2) Transfert du programme vers l'automate**

Pour Transférer le programme réalisé précédemment depuis le PC vers le TSX 37 05, il faut d'abord raccorder le câble Série DB9/PC – fiche ronde/API.

Ensuite cliquer sur le menu « *AP - connecter* », puis transférer et choisir le mode de transfert « *PC \_ API* ». Attention, pour transférer du PC vers l'API, ce dernier doit être en Stop « *AP* » « *Stop* »

Enfin, cliquer sur Run « *AP - Run* » pour fixer définitivement le programme.

### **V.3 Installation et Câblage**

#### **V.3-1) Installation**

L'installation que nous proposons pour notre système automatisé est le model standard qui consiste à réaliser une armoire électrique dont la porte est constituée du pupitre [cf **VI.2-4**].

Puisque l'un des objectifs visés par cette étude [cf **I.2**] était le suivi du fonctionnement du système depuis la salle de contrôle-commande, nous nous sommes donc proposé d'installer cette armoire [cf **VI.2-4**] dans la salle de contrôle-commande. Cela permettra la surveillance des niveaux des contenus des bacs [ cf **III.4** et **III.5**] par les exploitants de la centrale thermique sans que cela ne leur exige un quelconque déplacement vers les bacs.

Cette armoire électrique devra contenir l'automate, les contacteurs, les protections, les temporisateurs, le transmetteur HART et un bornier.

Remarquons que cette installation possède cependant certaine contrainte quant à la longueur des câbles à utiliser. Effet les différents bacs, ainsi que leurs capteurs et leurs motopompes associés, sont éloignés de la salle de contrôle-commande. C'est aussi pour cette raison de distance que nous avons choisi des capteurs de mesures dont le signal de sortie est du type courant et non de type tension pour éviter que les mesures des sondes ne soient altérées par des chutes de tension [13].

#### **V.3-2) Câblage**

Le câblage se fera selon le schémas électriques donnés en annexe 2 en utilisant les équipements donnés dans les Tableau 3 , 4, 5 , 6, 7, 8, 9 et le Tableau 10.

Tableau 10 - Listes des équipements électriques secondaires

<b>MATERIELS SECONDAIRES</b>	<b>CARACTERISTIQUES</b>	<b>NOMBRES</b>
Disjoncteurs - Moteur magnétothermiques avec commande : 1 NF + 1 NO	Puissance > 0,6 KW	5
Disjoncteur Phase-neutre magnétothermique		2
Contacteurs triphasés avec commande : 1 NO	bobine : 230 V	5
Contacteur auxiliaire avec commande : 1 NO + 3 NF	bobine : 230 V	2
Boutons poussoirs	Noirs	6
	blancs	7
	vert	1
	bleu	1
Voyants	Blanc	1
	rouge	1
	verts	11
	Jaunes	11
Bouton poussoir coup de point pour arrêt d'urgent		1
commutateur à 2 positions		1

## VI. CONCLUSION

---

Au terme de ce travail portant sur l'automatisation du système de décantation de la centrale thermique de Vridi et de son suivi depuis la salle de commande, nous obtenons la liste des principaux équipements permettant d'exécuter les différents automatismes du fonctionnement de notre système de décantation, la programmation de ceux-ci et les schémas électriques du système. La réalisation d'une armoire électrique à partir de ces éléments obtenus et son installation en salle de commande nous permettra d'assurer l'autonomie du fonctionnement du système de décantations et de son control depuis la salle de commande. Ce qui répond bien aux besoins évoqués dans le chapitre III.

Notons toutefois que, Plusieurs améliorations peuvent être apportées à cette étude. Par exemple du point de vue coût, un choix plus économique peut être fait sur les équipements principaux de l'automatisme. Il y a aussi une possibilité de faire un dimensionnement des câbles, vu la distance séparant les motopompes et les capteurs de la salle de commande qui abrite notre armoire électrique. Cela conduirait soit à réduire le coût des câbles, soit à éviter des interventions précoces dues à un sous-dimensionnement de câbles.

En ce qui me concerne, ce projet de fin d'études a été l'occasion pour moi de proposer une solution concrète à un problème réel d'entreprise. J'ai pu par ce projet concevoir l'automatisation du système de décantation de la centrale thermique de Vridi, puis trouver les équipements utiles à sa réalisation. Ce qui a été d'ailleurs pour moi, très instructif mais laborieux, vu que je n'avais pas beaucoup d'expériences au niveau de l'appareillage des automatismes et que le temps qui m'était imparti était court pour un projet tel que celui-ci.

## Bibliographie

- 1- BOUTEILLE Noel et al. 1995. *Le Grafcet*. 2<sup>ème</sup> éd. Toulouse : Cépaduès.
- 2- FANCHON Jean-Louis. 2012. *Guide des Sciences et Technologies Industrielles*. Paris : Nathan.
- 3- BROUST Jacques M. 2008. *Appareillages et Installations Electriques Industriels*. Paris : Dunod.

### DOCUMENTS ELECTRONIQUES

- 4- CYNERGI<sup>3</sup> Components. 2011. *RSF50 Series*. [PDF téléchargeable]. 2011. Consulté le 11 janvier 2014. < URL: <http://docsasia.electrocomponents.com/webdocs/00b9/0900766b800b98af.pdf> >.
- 5- ELV Solenoid Valves. 2005. *Electrovannes Eau-Air-Fioul*. [PDF téléchargeable]. 2005. Consulté le 20 Janvier 2014. <URL: <http://www.ofenval.com/archivo/documentos/documentos/ELV.pdf> >.
- 6- SCHNEIDER Electric. 2001. *Document technique C2 : TSX 37-05/08/10/21/22*. [PDF téléchargeable]. 2001. consulté le 23 janvier 2014. < URL: <http://geea.org/IMG/pdf/DocTechCahierReponse.pdf> >.
- 7- SCHNEIDER Electric. 2005. *Automates Modicon Micro TSX 3705/ 3708/ 3710/ 3720 : Manuel de mise en œuvre, Tome 3*. [PDF téléchargeable]. 3500451505. Mars 2005. Consulté le 11 janvier 2014. <URL : <http://www.avenirformation.com/IMG/AUTOMATES%20PROGRAMMABLES%20SCHNEIDER/LES%20SUPPORTS%20DU%20CONSTRUCTEUR%20SCHNEIDER/TSX%203705%203708%203710%203720,%20Manuel%20de%20mise%20en%20oeuvre%20%20Tome%203.pdf> >.
- 8- SCHNEIDER Electric. 2006. *PL7 JUNIOR/PRO : Manuel des modes opératoire*. [PDF téléchargeable]. 35003083 04, 04 Juillet 2006. Consulté le 13 janvier 2014.

<URL: [http://www2.schneiderelectric.com/resources/sites/SCHNEIDER\\_ELECTRIC/content/live/FAQS/132000/FA132138/fr\\_FR/35003083\\_K01\\_001\\_04.pdf](http://www2.schneiderelectric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/132000/FA132138/fr_FR/35003083_K01_001_04.pdf) >.

- 9- SCHNEIDER Electric. 2008. *Automates Modicon Micro TSX 3705/ 3708/ 3710/ 3720 : Manuel de mise en œuvre, Tome 1*. [PDF téléchargeable]. 3500451508. Juillet 2008. Consulté le 11 janvier 2014. <URL: [http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS\\_CORP4.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/dad76608f0f1c7df85257849000ab94a/\\$FILE/35004515\\_K01\\_001\\_08.pdf](http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CORP4.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/dad76608f0f1c7df85257849000ab94a/$FILE/35004515_K01_001_08.pdf) >.
- 10- VEGA. *VEGAFLEX67 : Fiche produit de Vega*. [PDF téléchargeable]. 34564-FR-120217. 2013. Consulté le 23 Janvier 2014. <URL: <http://www.vega.com/downloads/PD/FR/34564-FR.PDF> >.
- 11- VEGA. *VEGAFLEX 67 : Informations techniques*. [PDF téléchargeable]. 29436-FR-071204. Consulté le 23 Janvier 2014. <URL: <http://www.vega.com/downloads/PI/FR/29436-FR.PDF> >.
- 12- VEGA. 2013. *VEGAMET 624 : Mise en service*. [PDF téléchargeable]. 28969-FR-130703. 18 juin 2013. Consulté le 23 Janvier 2014. <URL: <http://www.vega.com/downloads/BA/28969-FR.PDF> >.

## COURS ET POLYCOPIES

- 13- BAGRE Ahmed O. 2012. *Installation électrique* : Institut International d'Ingénierie de l'eau et de l'Environnement (2iE). décembre 2012. Document disponible à 2iE.
- 14- GOURDEAU Richard, CLOUTIER Guy M.. 2008. *Le Grafcet* : Ecole Polytechnique de Montréal. 08 septembre 2008. Document disponible à l'Ecole Polytechnique de Montréal.
- 15- SIDO Mariam. 2009. *Automatisme*. Institut International d'Ingénierie de l'eau et de l'Environnement (2iE). Août 2009. Document disponible à 2iE.

## ANNEXES

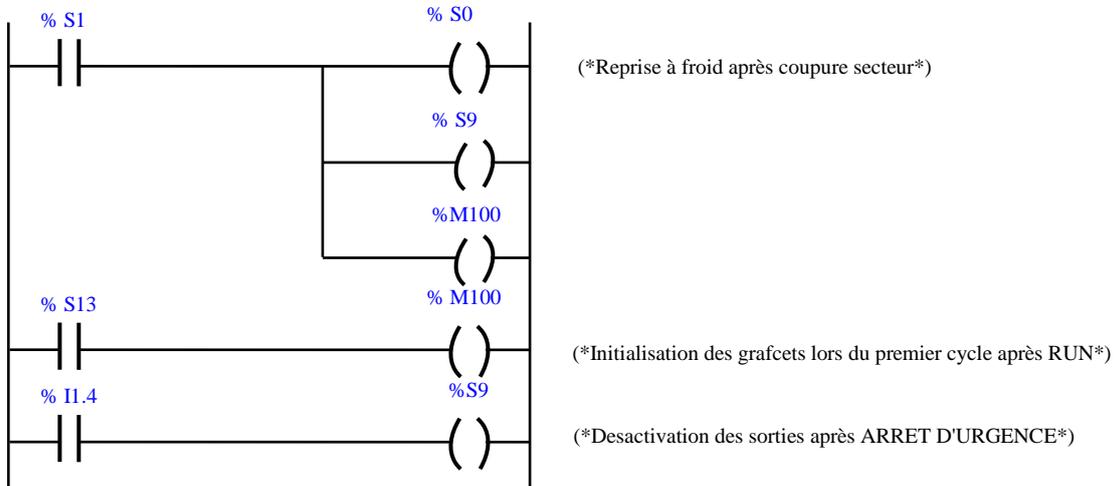
---

### *Sommaire des annexes*

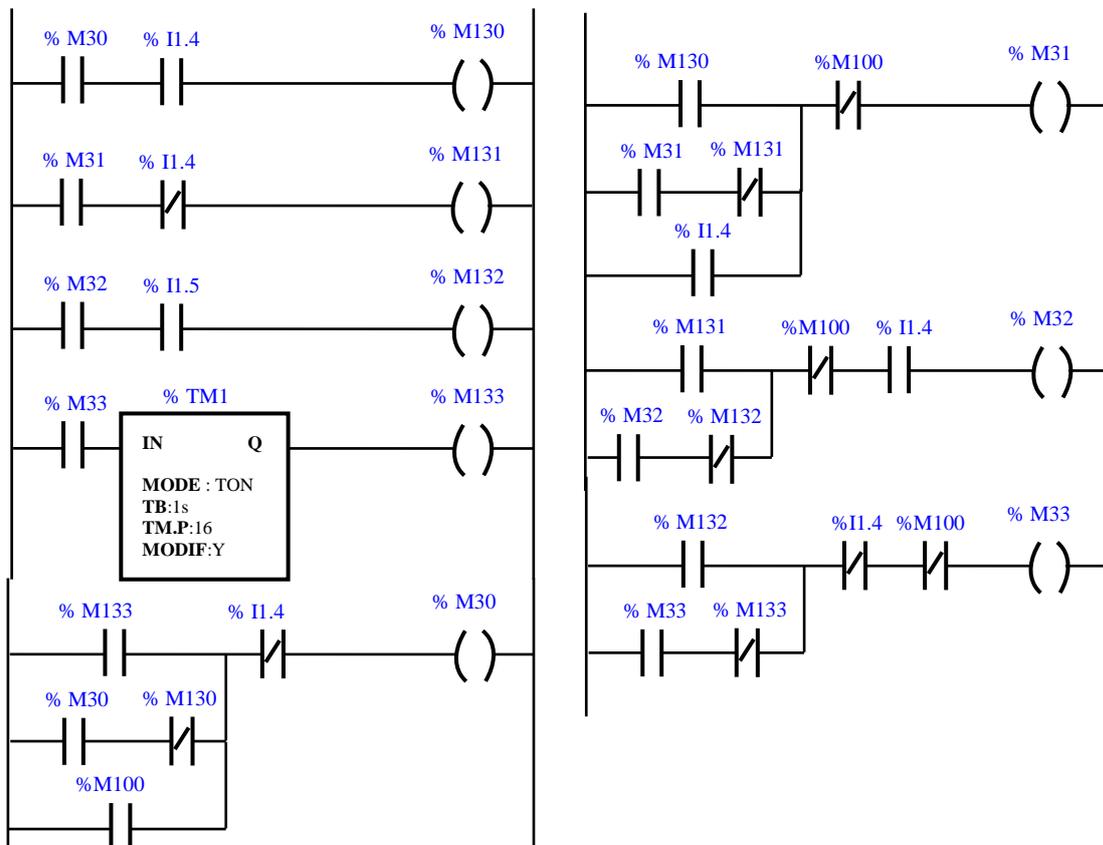
- 1- Programme LADDER de l'automatisme
- 2- Schema électrique de l'automatisme

## Annexe I : Programme LADDER de l'automatisme

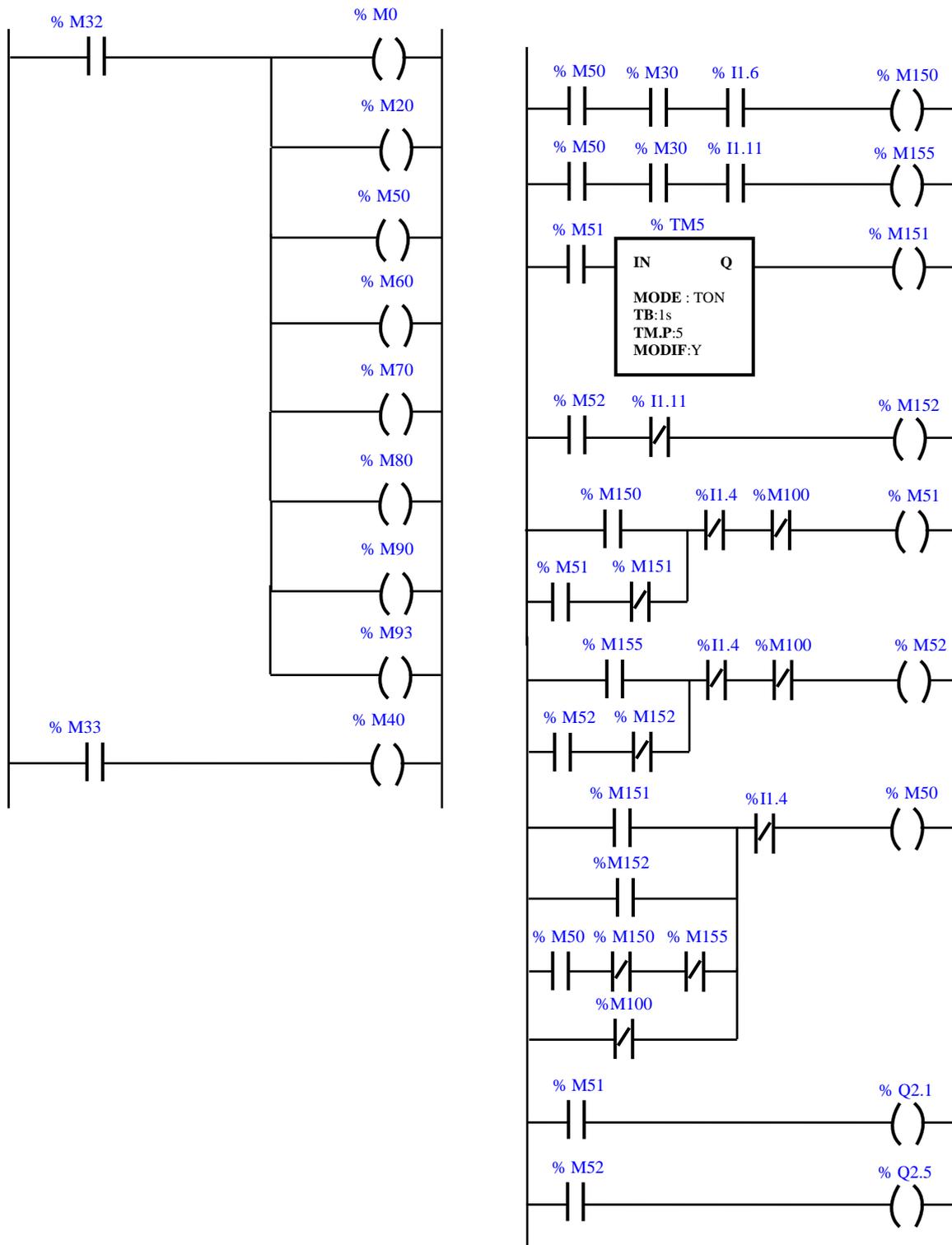
### PRELIMINAIRE



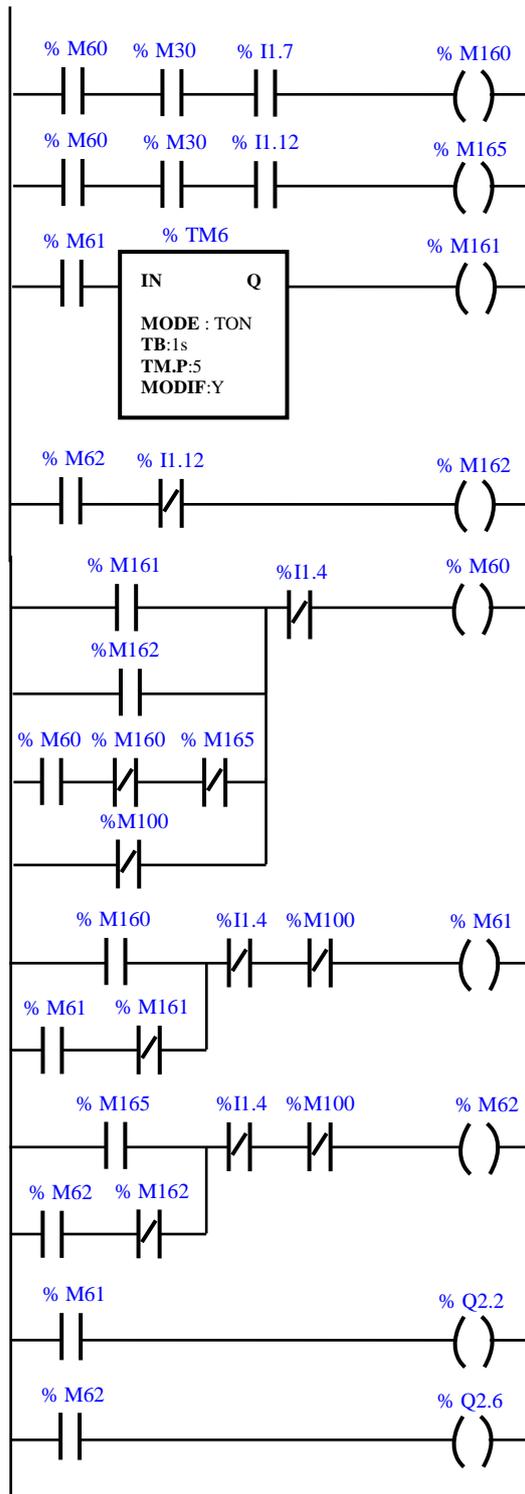
### GS



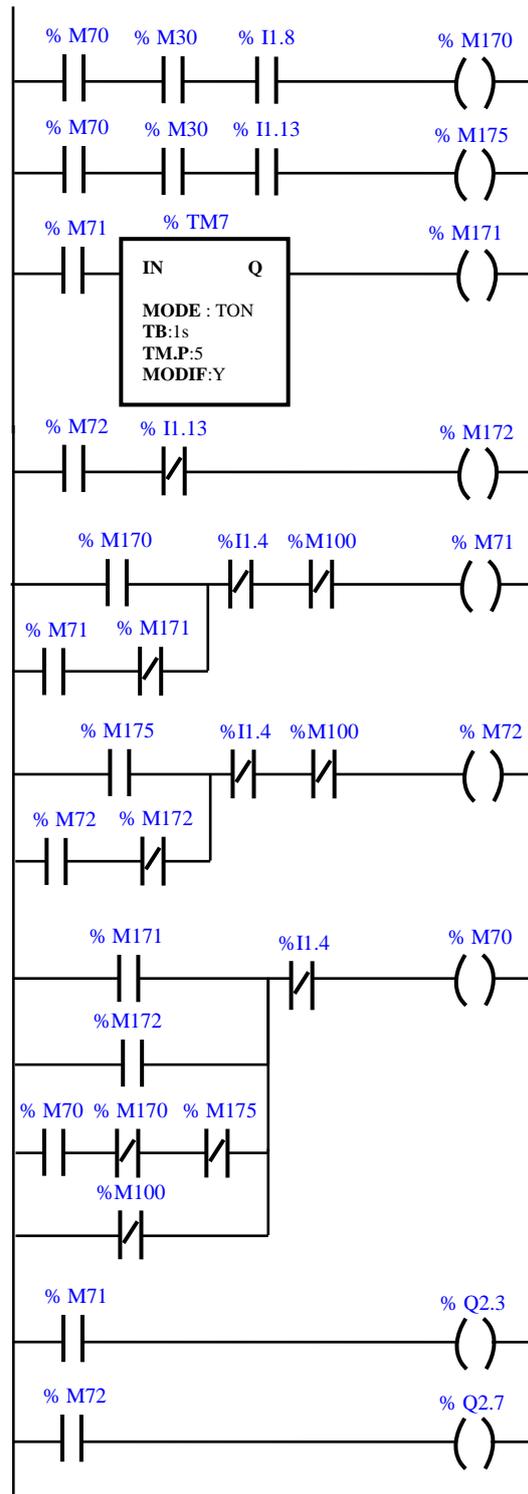
**G1**



**G2**

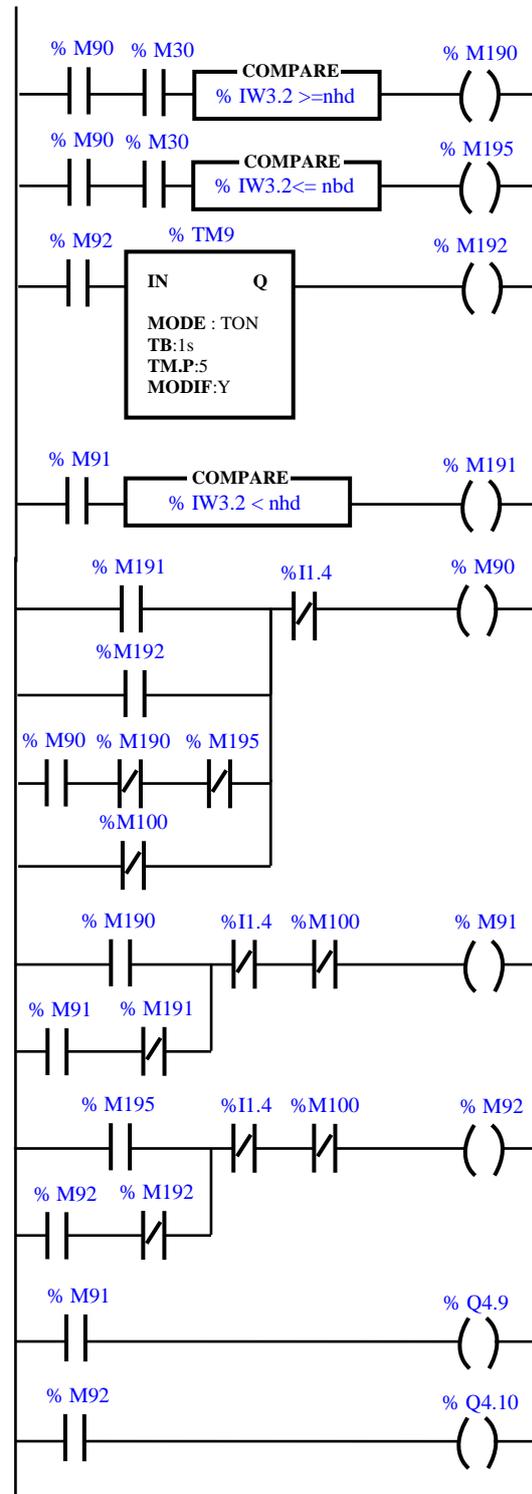
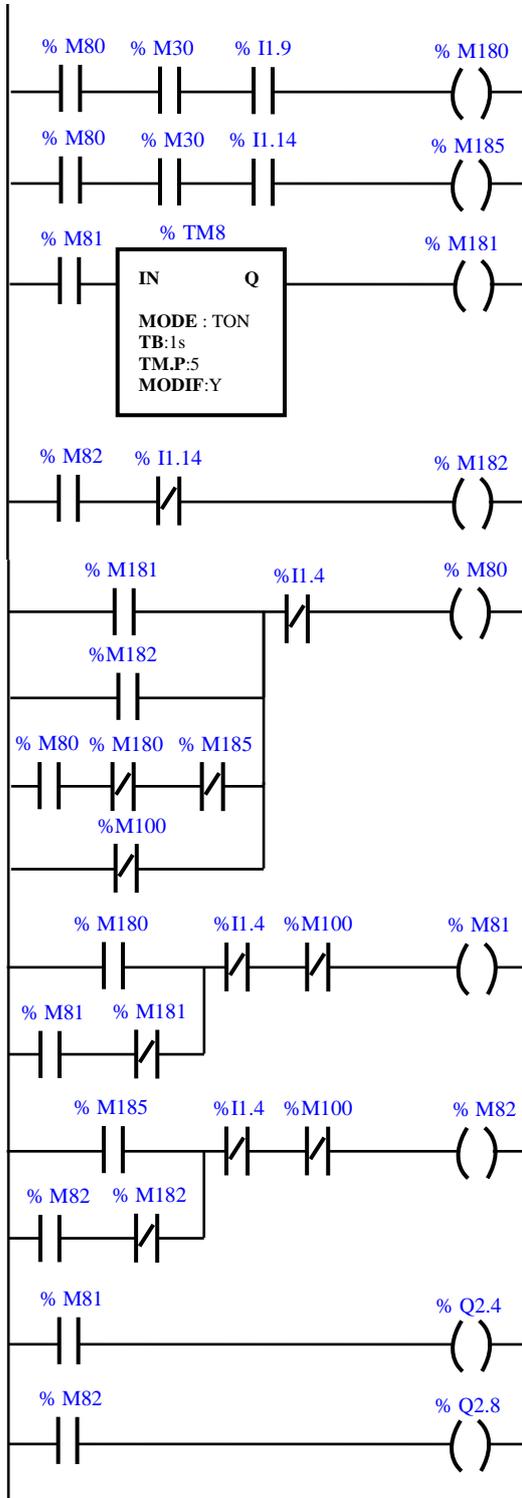


**G3**

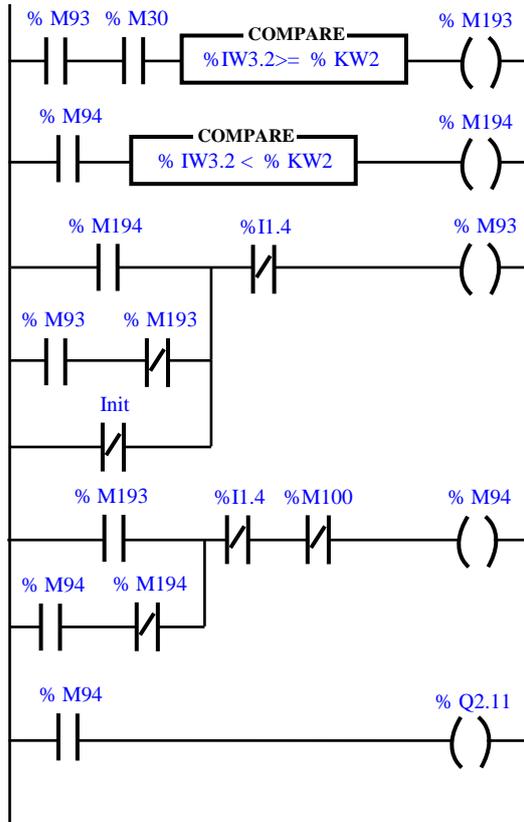


**G4**

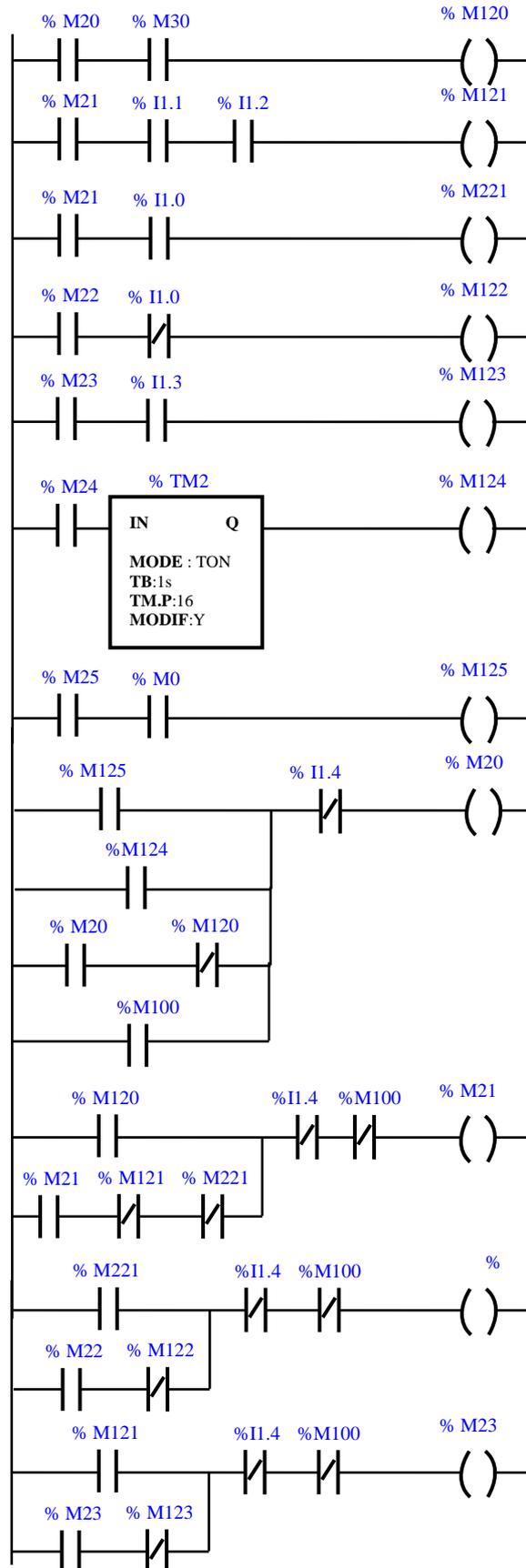
**G5**



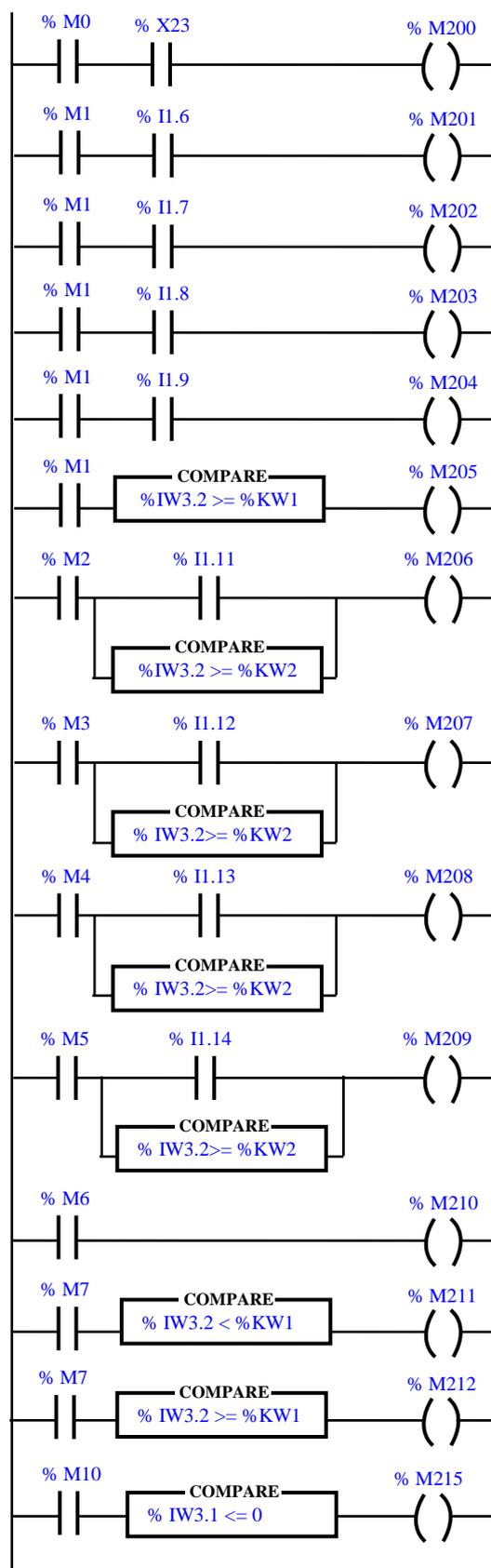
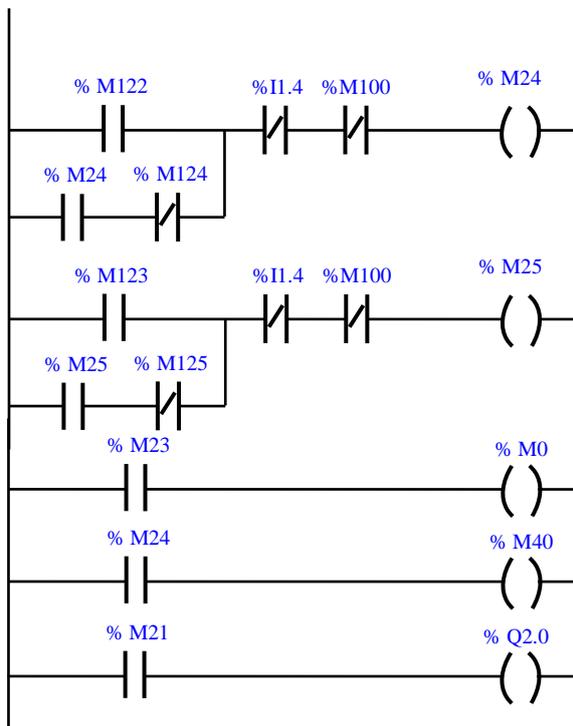
**G6**



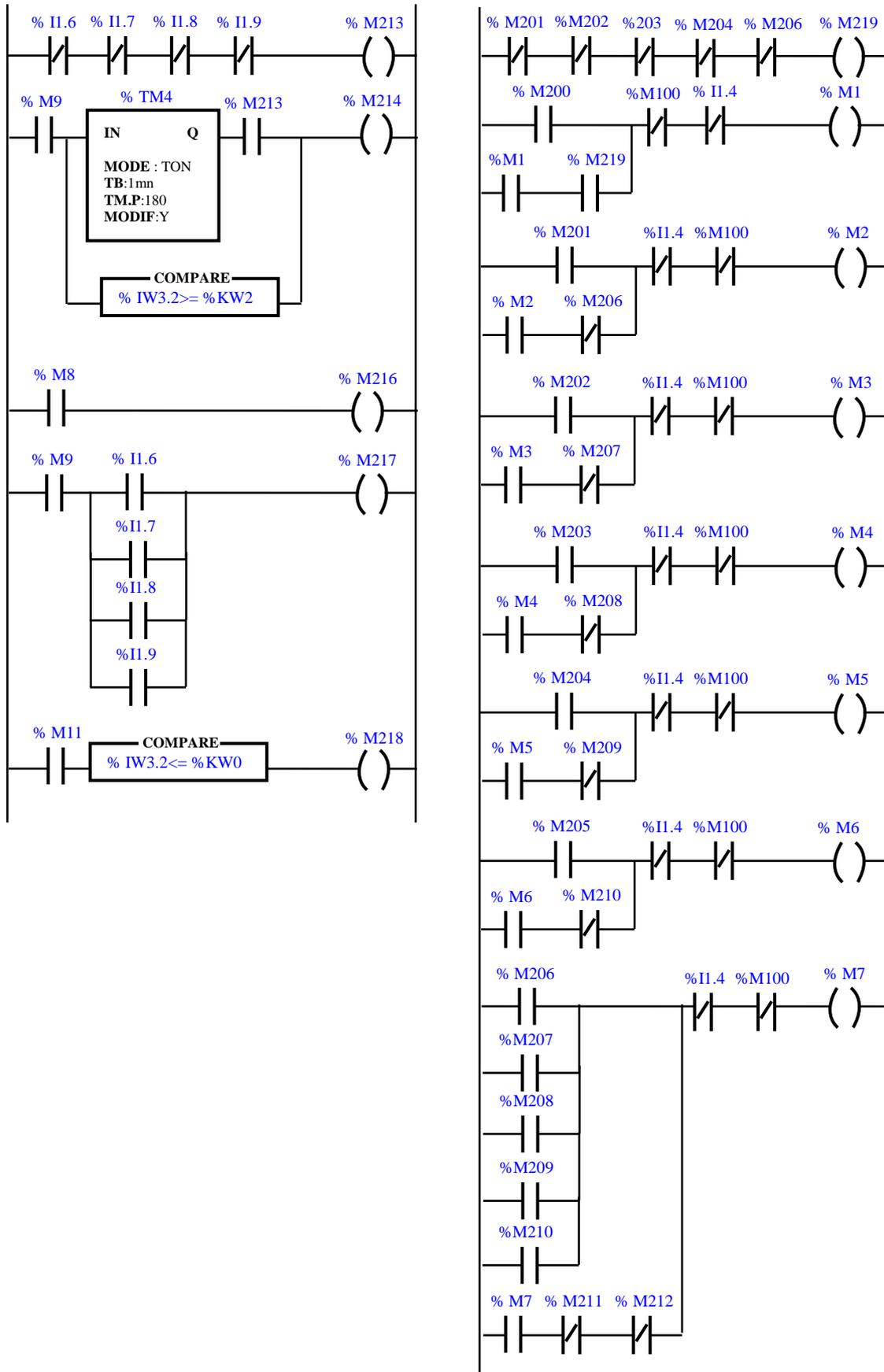
**GC**



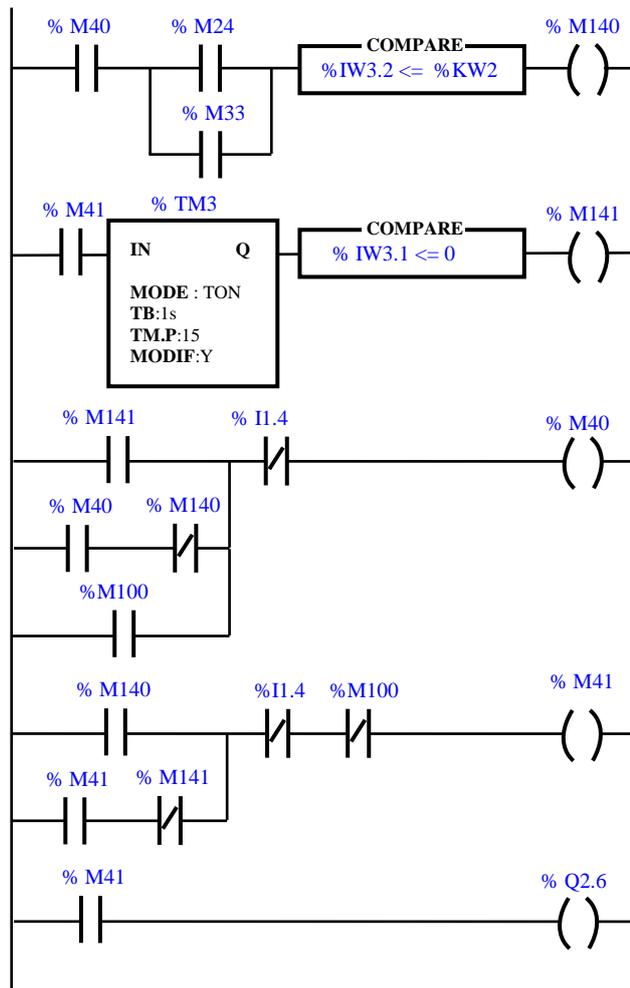
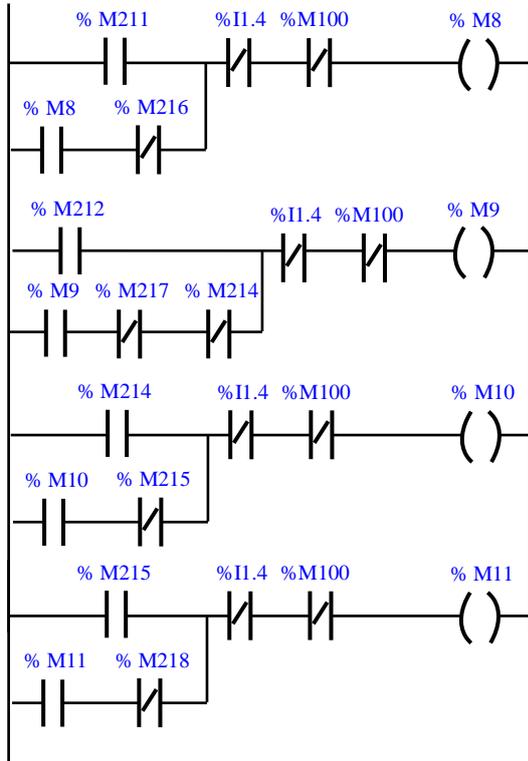
**GFA transition**



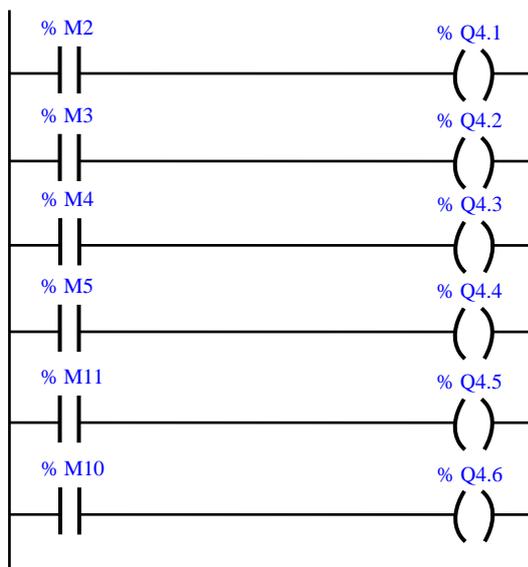
**GFA evolution**



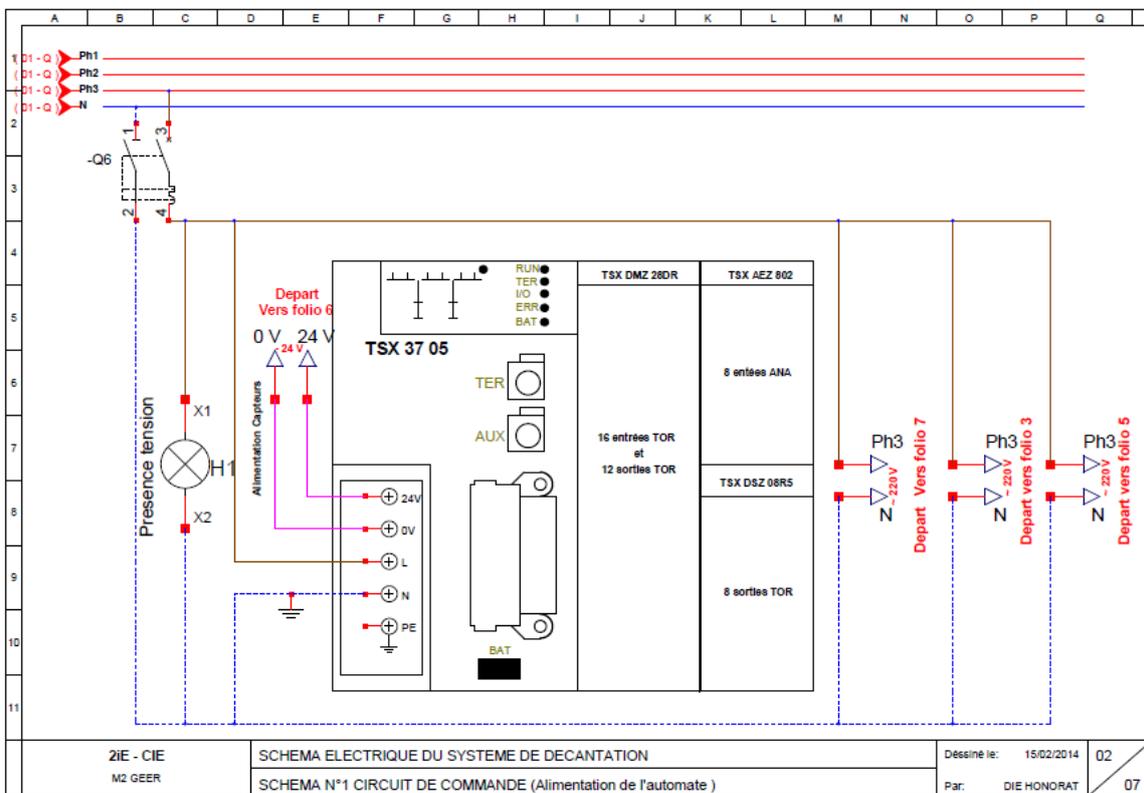
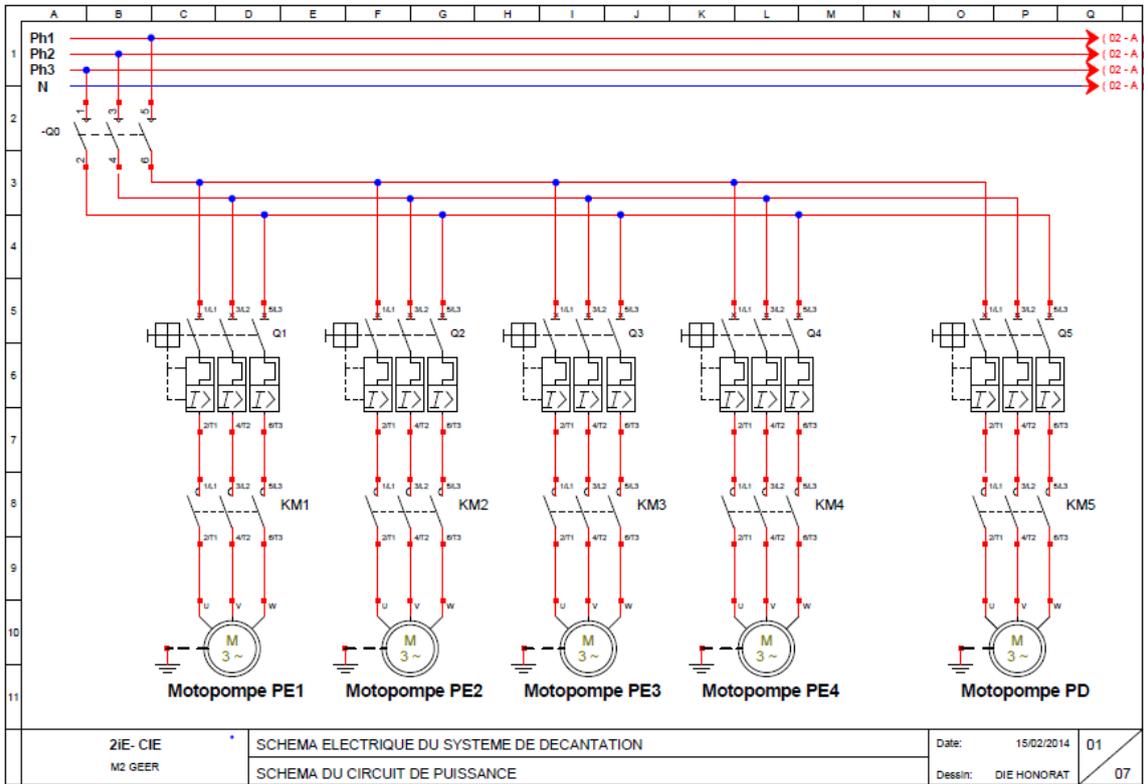
**GI**



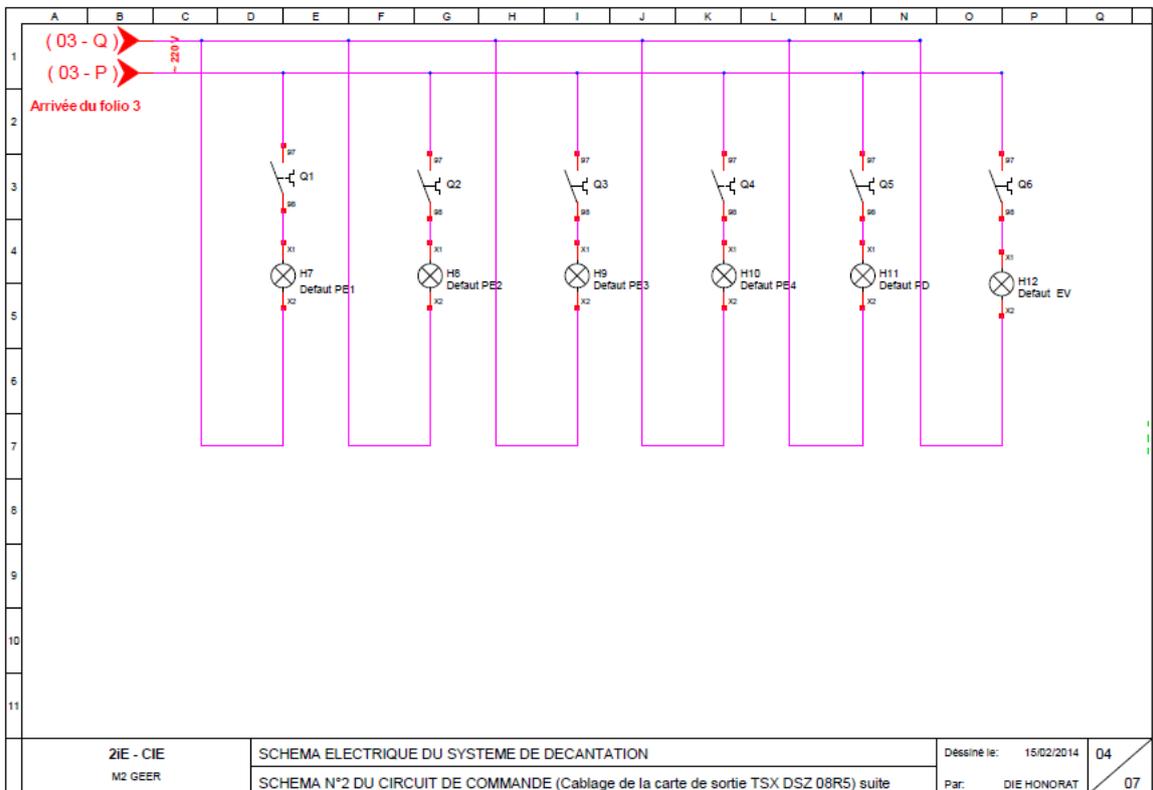
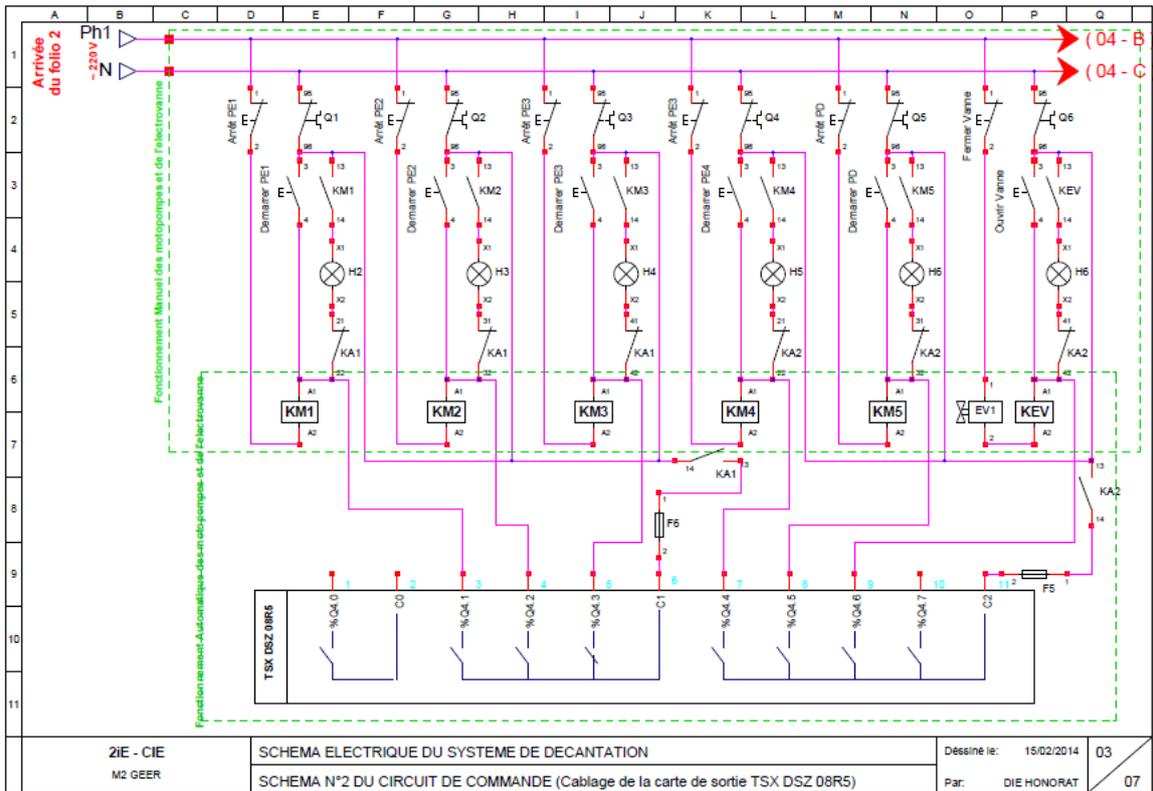
**GFA action**



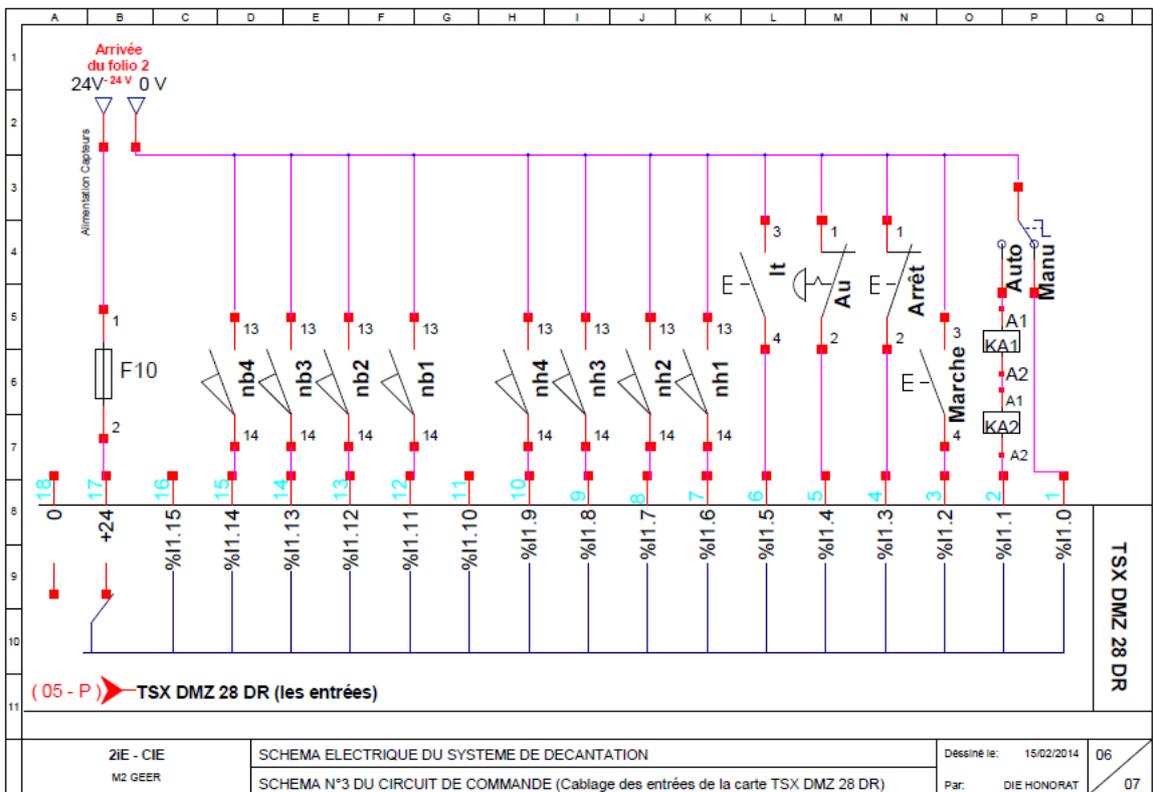
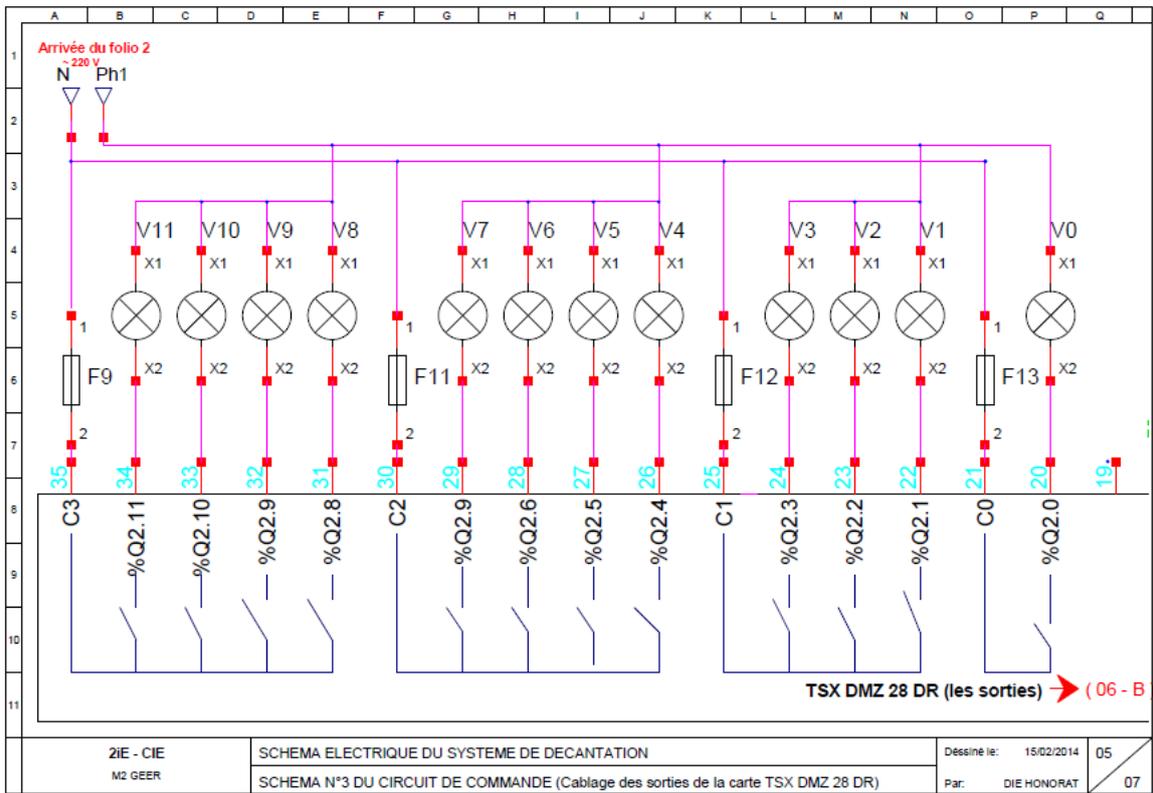
**Annexe II : Schéma électrique de l'automatisme**



**AUTOMATISATION DU SYSTEME DE DECANTATION DE LA CENTRALE THERMIQUE DE VRIDI AVEC SUIVI DU FONCTIONNEMENT EN SALLE DE COMMANDE**



**AUTOMATISATION DU SYSTEME DE DECANTATION DE LA CENTRALE THERMIQUE DE VRIDI AVEC SUIVI DU FONCTIONNEMENT EN SALLE DE COMMANDE**



**AUTOMATISATION DU SYSTEME DE DECANTATION DE LA CENTRALE THERMIQUE DE VRIDI AVEC SUIVI DU FONCTIONNEMENT EN SALLE DE COMMANDE**

