

N° Ordre..... /Faculté/UMBB/2016

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie

**Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme :**

MASTER

Présenté par

MELLAH Samia et DROUCHE Sabah

Filière : des Hydrocarbures et de la Chimie

Option : Commande Automatique.

Thème

**Etude de la sécurité de la Station Boosting Centre (SBC) et
programmation par l'automate Triconex**

Devant le jury :

	Prof	UMBB	Président
	Prof	UMBB	Examineur
	Prof	UMBB	Examineur
A. BENHALLA	Prof	UMBB	Encadreur

Année Universitaire : 2015/2016

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie

Département : Automatisation et électrification des procédés industriels pétroliers
Option : Commande Automatique.

Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme :

MASTER

Thème

**Etude de la sécurité de la Station Boosting Centre
(SBC) et programmation par l'automate Triconex**

Présenté par :
MELLAH Samia

DROUCHE Sabah

Avis favorable de l'encadreur :
Nom Prénom signature

A. BENHALLA

Avis favorable du Président du jury
Nom Prénom Signature

Cachet et signature

Remerciements

Nous tenons à remercier avant tout Monsieur A. OUBOUZID, directeur général de la maintenance de la zone Hassi R'mel Centre qui nous a donné la chance de nous intégrer dans l'industrie.

Nos vifs remerciements à :

Notre promoteur Mr A. BËNHALLA pour sa gentillesse et ces précieux conseils, qui nous ont mené jusqu'à élaboration de ce mémoire,

Notre encadreur Mr A. SAIDANI qui a accepté de nous former avec patience,

Notre prof. d'informatique Mr R.LETRECHE.

Nous tenons ainsi à exprimer nos remerciements chaleureux à tout le personnel de la zone Hassi R'mel notamment :

- Le chef de service de la Station Boosting Mr LAOUSSADI,
- Mr M.HAIF
- Mr H.YAHYA
- Mr REZKA
- Mr S.ALOUANI
- Mr S.SMAIL

qui n'ont ménagé aucun effort pour mettre à notre disposition tous les moyens dont nous avons besoin pour accomplir ce travail,

Nous exprimons aussi nos vifs remerciements à tous les enseignants du département automatisation UMBB d'avoir été patients avec nous durant notre cursus universitaire ainsi qu'aux membres de jury qui ont accepté de juger ce présent travail.

Nos derniers remerciements, et ce ne sont pas les moindres, à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail

A la mémoire de mon père qui me conseillait et me poussait vers le but le plus sublime dans la vie.

A ma mère pour l'éducation qu'elle m'a prodiguée, et pour son affection et son sacrifice.

A mon cher frère, et ma chère sœur pour leurs encouragements.

A tous mes amis avec lesquels j'ai partagé mes moments de joie et de bonheur, et à tous ceux qui me sont chers.

Enfin à tous ceux qui ont de près et de loin m'ont accordé leur soutien moral et physique pour la réalisation de ce stage.

Sabah.

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail

A ceux qui me sont très chers au monde Ma Mère et Mon Père, Ma sœur Celia et mon frère Aghilès,

A mon cher mari et à ma belle-famille,

A mon grand-père maternel et ma grand-mère paternel,

A mes oncles Saïd , Lounès, Yazid et Karim ainsi qu'à leurs familles,

A mes ami(e)s sans exception ainsi qu'à tous ceux qui me connaissent de près ou de loin et à tous ceux qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

Et à la mémoire de mes deux grands parents qui, s'ils étaient là aujourd'hui, ils vont être fiers de moi. Que Dieu les accueille dans son vaste paradis.

Samia.

Sommaire

Introduction générale	01
Chapitre I : Description du procédé	
I.1. Introduction	02
I.2. Présentation du champ de Hassi R'mel	02
I.3. Problématique	04
I.4. Description détaillée du procédé	05
A. L'objectif des stations Boosting.....	05
B. Les différentes stations Boosting.	05
C. Différentes sections du procédé	06
D. Système de torche	08
E. Système d'utilités.....	09
I.5. Actionneurs	11
a. Vannes d'entrée /sortie	11
b. Vanne d'alimentation de fuel gaz XV931	16
c. Vanne vers torche.....	16
I.6. Systèmes de contrôle utilisés dans la SBC	17
Conclusion.....	19
Chapitre II : Analyse fonctionnelle, configuration et justification du choix de l'API	
II.1. Introduction	20
II.2. Causes de déclenchement de la station.....	20
II.3. Analyse fonctionnelle.....	21
II.4. Généralités sur l'API Triconex	27
1) Principaux éléments du Triconex	27
2) Caractéristiques du Triconex	32
3) Principe de fonctionnement du Triconex	34
II.5. Justification du choix de l'API Triconex.....	35
II.6. Configuration de l'API Triconex.....	37
Conclusion	40

Chapitre III : Présentation du logiciel Tristation et élaboration du programme	
III.1. Introduction	41
III.2. Logiciel Tristation 1131	41
III.3. Eléments du programme	43
1. Fonctions tirées de la bibliothèque de Tristation 1131	43
2. Bibliothèque personnalisée.....	43
III.4. Fonctionnement du programme	51
Conclusion	61
Conclusion Générale	62
Bibliographie.	
Glossaire.	
Liste des figures.	
Liste des abréviations.	
Annexe.	

Liste des figures

- Fig. I.1** : Situation Géographique de Hassi R'mel.
- Fig. I.2** : Champ gazier de HR.
- Fig. I.3** : Carte géométrique de HASSI R'MEL, représentant les sites des modules.
- Fig. I.4** : Sections de la Station Boosting Centre SBC.
- Fig. I.5** : Présentation du manifold 4.
- Fig. I.6** : Présentation des manifolds 1 et 0.
- Fig. I.7** : Séparateur d'entrée.
- Fig. I.8** : Unité Boosting.
- Fig. I.9** : Système de torche.
- Fig. I.10** : Système de production d'air.
- Fig. I.11** : Système de gaz combustible.
- Fig. I.12** : Description des vannes à boisseau sphérique.
- Fig. I.13** : Commande des vannes à boisseau sphérique.
- Fig. I.14** : Tableau des états des électrovannes correspondant à chaque état de vanne.
- Fig. I.15** : Etats des électrovannes dans le cas où la vanne est en train de se fermer (closing).
- Fig. I.16** : Etats des électrovannes dans le cas où la vanne est fermée.
- Fig. I.17** : Etats des électrovannes dans le cas où la vanne est en train de s'ouvrir (opening).
- Fig. I.18** : Etats des électrovannes dans le cas où la vanne est ouverte.
- Fig. I.19** : Fonctionnement de la vanne d'alimentation de Fuel gaz.
- Fig. I.20** : Fonctionnement de la vanne vers torche.
- Fig. II.1** : Transmetteur de la pression d'air instrument PT920.
- Fig. II.2** : Vanne d'entrée XV901A.
- Fig. II.3** : Vanne d'aspiration XV901B.
- Fig. II.4** : Vanne de refoulement XV920 vers MPP4.
- Fig. II.5** : Vanne de refoulement XV921 vers MPP0.
- Fig. II.6** : Vanne de refoulement XV922.
- Fig. II.7** : Vanne de Fuel gaz XV931.
- Fig. II.8** : Vanne vers torche.

Fig. II.9. Architecture de Triconex.

Fig. II.10 : Fond de panier du TRICON.

Fig. II.11 : Cartes composant le Triconex.

Fig. II.12 : Alimentation de Triconex.

Fig. II.13 : Schéma électrique de l'alimentation du Triconex.

Fig. II.14 : Microprocesseurs.

Fig. II.15 : Schéma illustrant les cartes de communication.

Fig. II.16 : ACM (lié au DCS et à l'interface homme machine HMI).

Fig. II.17 : Cartes d'entrée/sortie.

Fig. II.18 : Architecture triplée du Tricon.

Fig. II.19 : Schéma illustrant le Tribus.

Fig. II.20 : Châssis de l'API de notre programme.

Fig. III.1: Fonction Block air_instrument.

Fig. III.2 : Programme source du bloc air_instrument.

Fig. III.3: Fonction block RESET.

Fig. III.4 : Programme source du bloc RESET.

Fig. III.5 : Fonction Block bouton poussoir.

Fig. III.6 : Programme source du bloc PUSH_button.

Fig.III.7: Bloc under_voltage.

Fig.III.8 : Programme source du bloc under_voltage.

Fig.III.9: Bloc VLV_DO.

Fig.III.10 : Programme source du bloc VLV_DO.

Fig.III.11: Bloc UCP_DO.

Fig.III.12 : Programme source du bloc UCP_DO.

Fig.III.13: Bloc LMS_DI.

Fig. III.14 : Programme source du bloc LMS_DI.

Fig.III.15: Bloc DCS_DI.

Fig.III.16 : Programme source du bloc DCS_DI.

Fig.III .17 : Programme englobant tous les facteurs de déclenchement.

Fig.III .18 : Programme de commande de la vanne XV901A.

Fig.III .19 : Programme de commande de la vanne XV901B.

Fig. III .20 : Programme de commande de la vanne XV920.

Fig. III .21 : Programme de commande de la vanne XV921.

Fig. III .22 : Programme de commande de la vanne XV922.

Fig. III .23 : Programme de commande de la vanne de Fuel gaz XV931 et celle vers torche XV923.

Fig. III .24 : Programme de commande des turbocompresseurs.

Liste des abréviations

ACM : Advanced Communication Module.

CEI : Commission électrotechnique internationale

DCS : Distributed Control System (Système de Contrôle Distribué).

EICM : Intelligent Communication Module.

ESD: Emergency Shut-Down.

FACP: Fire Alarm Control Panel.

GAP : Gas Alarm Panel.

GPL : Gaz Pétrolier Liquéfié.

HMI : Human Interface Machine (Interface Homme/machine).

HR : Hassi R'mel.

MP : Main Processors (ou unités centrales).

MPP: Module Processing Plant.

NCM: Network Communication Module.

PLC: Programmable Logic Contrôler.

SBC: Station Boosting Centre.

SIL: System Integrity Level.

SMM: Safety Manager Module.

SOV: Shut Off Valve.

SOE: Sequence Of Events.

TMR: Triple Modular Redundancy (Triple modulaire redondant).

TOF: Time Off.

TON: Time On.

UCP : Control Processor Unit.

Glossaire

Bently nevada : Il est utilisé pour la surveillance des vibrations des roues HP et LP de la turbine et celles du compresseur centrifuge.

CEI : La Commission électrotechnique internationale (CEI) ou International Electrotechnical Commission (IEC), est l'organisation internationale de normalisation chargée des domaines de l'électricité, de l'électronique, de la compatibilité électromagnétique, de la nanotechnologie.

DCS (Distributed Control System) : est un système utilisé pour le traitement arithmétique et logique de toutes les boucles de régulation d'un procédé, et pour le contrôle des paramètres associés ainsi que pour la supervision et la visualisation de tout le procédé à travers des stations de conduites.

Disponibilité : C'est l'aptitude d'un dispositif à être en état de fonctionner dans des conditions données.

ESD : Emergency Shut-Down, système d'arrêt d'urgence.

ETHERNET : Réseau locale avec un système de détection, utilisé pour relier plusieurs ordinateurs entre eux.

Fuel gaz : Distillat lourd du pétrole, utilisé comme combustible pour des installations de chauffage domestiques ou industrielles, comme carburant pour les gros moteurs.

Hot spare : Changement à Chaud

C'est le transfert des signaux d'un système existant à un nouveau système.

Instabilité : Un système est dit instable si on s'écarte d'une quantité infiniment petite son point d'équilibre, le système va s'en écarté de plus en plus vite.

Intégrité : Mise à disposition de données de qualité dans les temps et espaces prévus.

I/ONET : C'est un réseau Ethernet utilisé pour communiqué les données entre la carte VCMII de communication dans le module de contrôle.

Manifold : Un manifold est un collecteur qui reçoit la sortie de certain nombre de puits.

MARK VI : C'est un système utilisé pour la commande et la protection des turbines à vapeurs et à gaz montées dans les applications de génération électrique et des installations de processus.

MODBUS : C'est un bus spécialisé à grande vitesse offrant un moyen de communication tolérant aux fautes entre les unités centrales.

PLC Triconex (Programmable Logic Controller) : C'est un API dédié à la sécurité.

Sécurité : C'est l'absence de risque inacceptable, qui peut mener à l'atteinte des personnes, de l'environnement ou des équipements.

TMR (Triple Modular Redundancy) : Il est composé de trois systèmes de contrôle parallèles distincts intégrés dans un même ensemble matériel.

TUV : C'est un organisme de contrôle et de normalisation allemand.

Introduction générale

Depuis le début d'exploitation du gisement gazier de Hassi R'mel jusqu'à ce jour, on enregistre une baisse graduelle de pression. Cette dernière ne doit pas chuter au-dessous de 100 bars. Le traitement du gaz se base sur plusieurs détentes. Pour une récupération maximale de liquides (GPL et Condensât) il faut réaliser des détentes importantes.

Pour pouvoir être traité, le gaz naturel brut doit être à une pression supérieure à 100 bars à l'entrée du manifold d'entrée des modules. Pour cela, Sonatrach a réalisé trois stations de compression du gaz brut (Station Boosting Sud, Centre, et Nord) qui sont implantées entre les puits producteurs et le manifold d'entrée des modules. Ils servent à augmenter la pression du gaz à traiter.

Notre stage s'est déroulé à la Station Boosting Centre. Cette station est composée d'un manifold d'entrée des puits, de six ballons de séparation d'entrée, et de neuf turbocompresseurs puis d'un manifold de sortie qui refoule le gaz comprimé vers les modules de traitement du gaz.

La conduite d'un procédé dans le domaine du gaz implique la connaissance, la surveillance et la maîtrise de certains paramètres tels que la pression, la température, le niveau, le débit, et les vibrations. Chaque procédé possède ses exigences propres, et chaque équipement a ses conditions de fonctionnement. Le système de contrôle commande doit satisfaire ces besoins.

Les installations industrielles dans le domaine du gaz présentent des risques pour les personnes, l'environnement et les équipements d'où la nécessité de mise en œuvre des systèmes pour la sécurité de ces installations afin de respecter les exigences réglementaires.

Le travail qui nous a été proposé est l'étude du système Triconex utilisé pour assurer la sécurité de la station.

Nous avons adopté le plan de travail suivant :

Le premier chapitre sera consacré à la description détaillée de la Station Boosting Centre SBC.

Le deuxième chapitre contiendra l'analyse fonctionnelle du procédé, la justification du choix de l'API Triconex et la configuration de cet API.

Le troisième chapitre sera dédié à l'élaboration d'un programme Tristation 1131 qui assurera la sécurité de la Station.

I.1.Introduction

Dans ce chapitre, on va présenter la situation géographique du champ de Hassi R'mel, et poser la problématique sur laquelle porte notre travail. Enfin on donnera une description détaillée du procédé de la Station Boosting Centre SBC.

I.2. Présentation du champ de Hassi R'mel [1]

• Situation Géographique de Hassi R'mel

Le gisement de Hassi R'mel est situé à 525 km au sud d'Alger, entre les wilayas de Ghardaïa et Laghouat (Figure I.1). Dans cette région relativement plate du Sahara, l'altitude moyenne est d'environ 750m au-dessus du niveau de la mer. Le climat est caractérisé par une pluviométrie faible (140 mm/an) et une humidité moyenne de 19% en été et 34% en hiver, les amplitudes thermiques sont importantes, elles varient de 0°C en hiver à 45°C en été. La région est dominée par des vents violents de direction nord-ouest accompagnés souvent de tempêtes de sable.

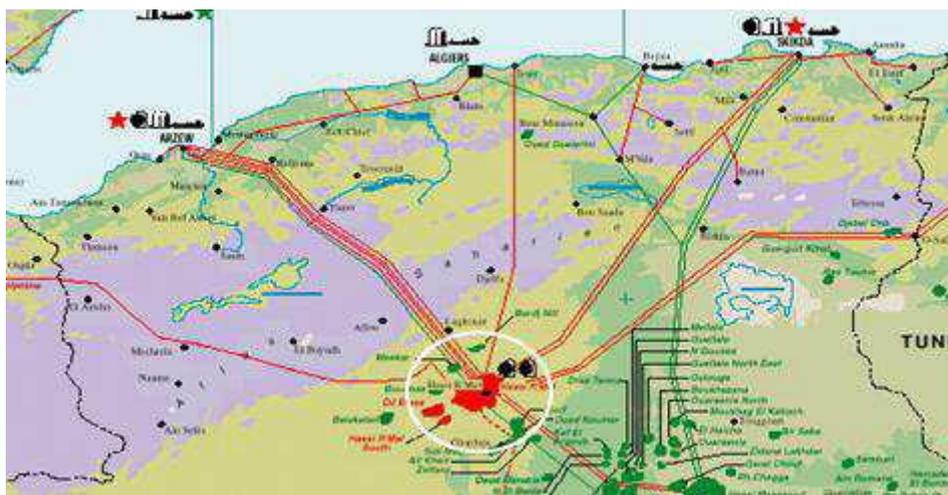


Fig. I.1 Situation Géographique de Hassi R'mel

Le gisement de Hassi R'mel est l'un des plus grands gisements de gaz à l'échelle mondiale. Il a une forme d'ellipse s'étalant sur plus de 3500 km², 70 x 150 km de direction Sud-ouest et Nord-est, il se situe à une profondeur de 2132 m, la capacité de récupération du gisement est de l'ordre :

- 2600 milliards mètre cubes de gaz sec.
- 448 millions de tonnes de condensât.
- 120 millions de tonnes GPL (gaz pétroliers liquéfiés).
- 20 millions de tonnes d'huile.

• Schéma du champ gazier de Hassi R'mel

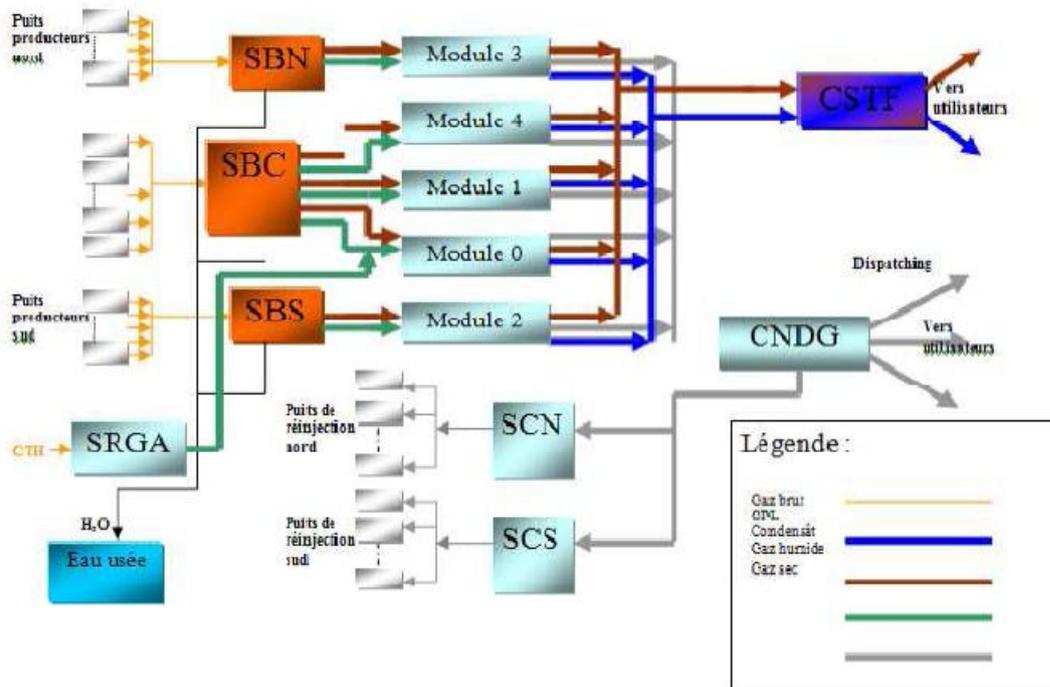


Fig. I.2 Champ gazier de HR

• Présentation du site de Hassi R'mel

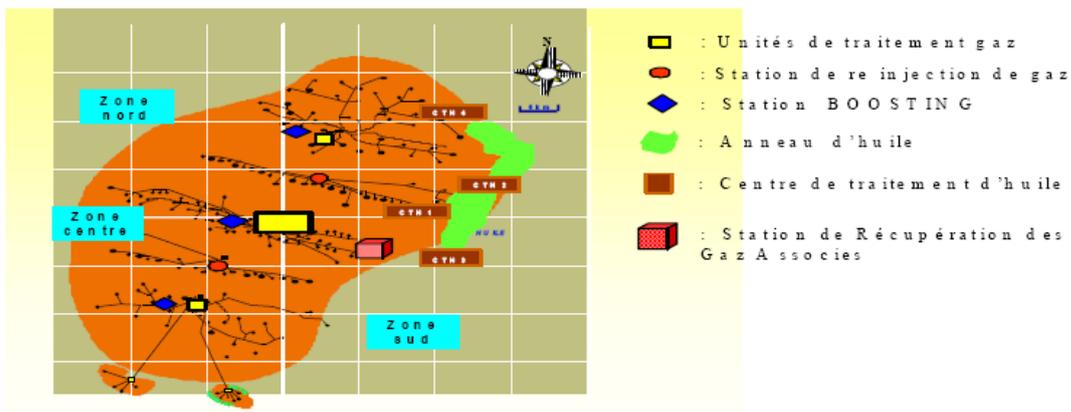


Fig. I.3 Carte géométrique de HASSI R'MEL, représentant les sites des modules.

I. 3. Problématique

Notre stage pratique s'est déroulé au niveau de la station boosting centre SBC, station créée suite à la chute de pression du gaz au niveau des puits producteurs jusqu'à 56 bars alors que les unités de traitement du gaz ont été conçues de telle sorte qu'elles traitent le gaz sous une pression de 100 bars. Le rôle de la SBC est donc d'augmenter la pression du gaz venant des puits pour l'envoyer aux unités de traitement sous une pression de 100 bars.

La station est constituée d'un manifold (collecteur) d'entrée, de six ballons de séparation d'entrée, et de neuf turbocompresseurs ainsi d'un manifold de sortie ou de refoulement vers les unités de traitement.

La majorité des équipements du procédé et particulièrement les vannes et les convertisseurs I/P (courant/pression) fonctionnent à une pression d'air instrument de 04 bars au minimum. Si la pression diminue au-dessous de cette valeur, les actionneurs des vannes se bloquent et par conséquent les vannes ne continueront pas leurs courses de fermeture ou d'ouverture, et la commande ne sera pas convertie convenablement en pression au niveau des convertisseurs, d'où une perturbation extrême des boucles de régulation du système DCS. Tout cela nous mène à une situation dangereuse à cause de l'instabilité du procédé et du risque d'explosion. Les mêmes conséquences se produisent en cas de chute de la tension au niveau des lignes d'alimentation venant de la sous station de production d'électricité.

Pour éviter que cela se produise, un système automatique de sécurité a été mis en œuvre, il s'agit du système Triconex.

Le système Triconex détecte les paramètres à risque du procédé tels que la chute de pression d'air instrument et la chute de tension électrique, et il agit en particulier sur les vannes d'isolation spécifiques permettant l'interruption de l'alimentation en gaz de la zone concernée, particulièrement en fermant les deux vannes d'entrée de l'unité (XV901A et XV901B), et les trois vannes de sortie (XV920, XV921, et XV922), en coupant l'alimentation des turbines en Fuel gaz, en fermant la vanne d'alimentation et aussi en ouvrant les vannes de torche des ballons de séparation et celles des compresseurs évacuant ainsi les gaz sous pression des installations vers le système torche.

I. 4. Description détaillée du procédé

A. L'objectif des stations Boosting [3]

Les modules de traitement du gaz brut MPP (Module Processing Plant) sont des unités composées d'un ensemble d'installations qui permettent de récupérer les hydrocarbures lourds (condensât et GPL) et le gaz traité (gaz de vente ou gaz de réinjection). Pour une meilleure séparation du gaz brut, il doit passer par plusieurs détentés importantes, ce qui fait que le gaz brut entrant dans les modules doit être porté à une pression minimale de 100 bars.

Installées en novembre 2004, les stations Boosting sont des unités de refoulement de gaz. Elles augmentent la pression et gardent constant le débit du gisement d'alimentation des modules.

B. Les différentes stations Boosting

Les Trois stations sont réparties comme suit :

- Station Boosting centre : elle fait augmenter la pression qui provient de 92 puits producteurs pour les modules MPP0, MPP1 et MPP4.
- Station Boosting Nord : elle fait augmenter la pression qui provient de 38 puits producteurs pour le module MPP3.
- Station Boosting Sud : elle fait augmenter la pression qui provient de 40 puits pour le module MPP2.

Notre stage s'est déroulé au niveau de la Station Boosting Centre SBC.

C. Différentes sections du procédé [2]

La station Boosting centre est constituée de (03) sections (voir Fig. I.4).

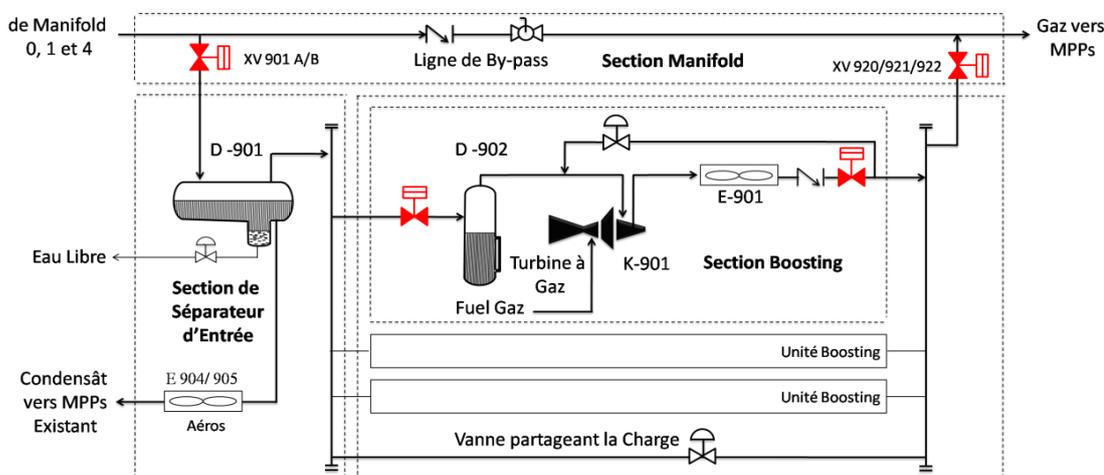


Fig. I.4 Sections de la Station Boosting Centre SBC

Le schéma de la figure ci-dessus est détaillé dans la partie qui suit :

1) **Section manifold** : Un manifold est un collecteur qui reçoit la sortie de certain nombre de puits. Dans cette section on trouve le manifold d'entrée et de sortie, ligne de by-pass de la station ainsi que les vannes d'entrée (XV901A et XV901B) et celles de sortie ou de refoulement vers les modules (XV920, XV921 et XV922).

Les Fig. I.5 et I.6 représentent les manifolds des modules MPP4, MPP1 et MPP0.

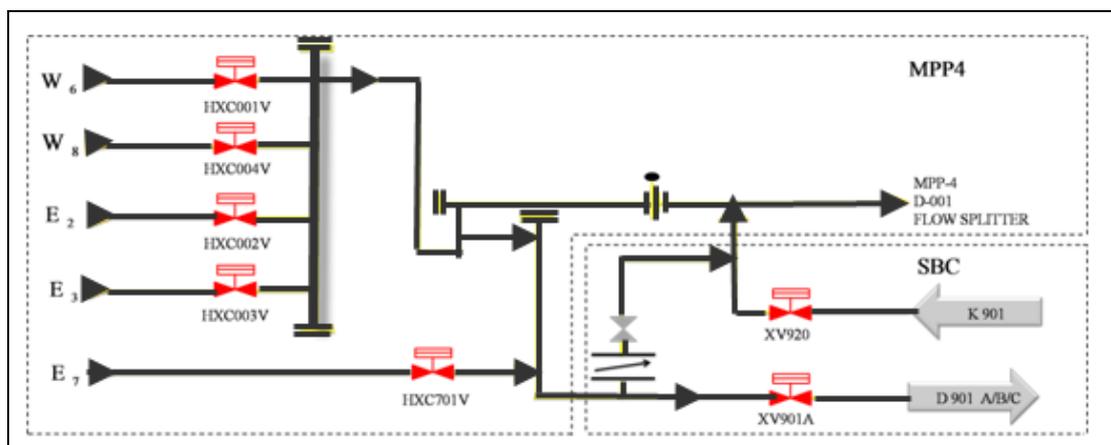


Fig. I.5 Présentation du manifold 4

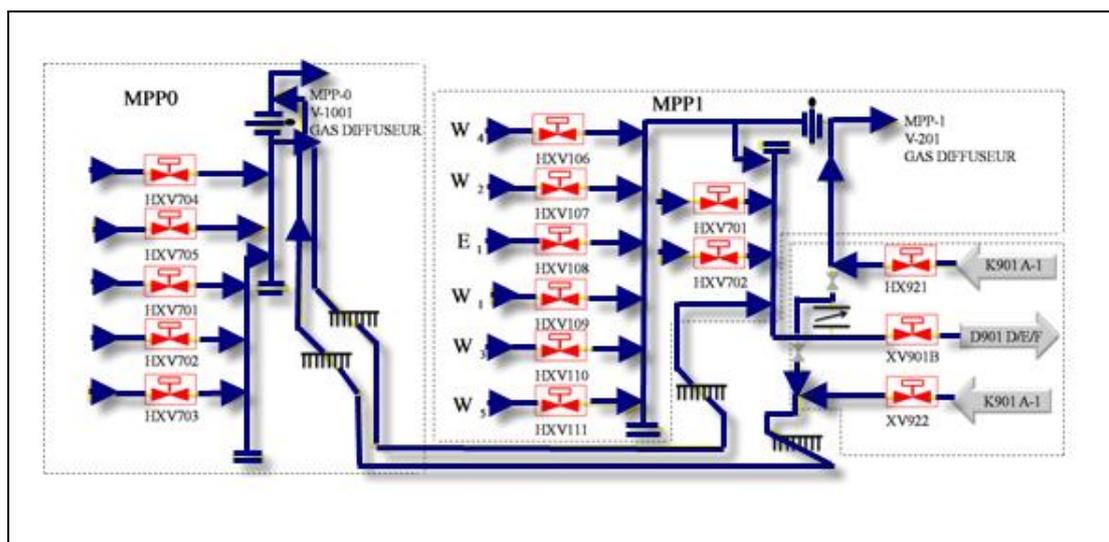


Fig. I.6 Présentation des manifolds 1 et 0

2) **Section de séparateur d'entrée** : Elle est composée de six séparateurs d'entrée identiques D-901 de A jusqu'à F et des refroidisseurs de condensat E-904/905. Un des six ballons est représenté en Fig. I.7 suivante.

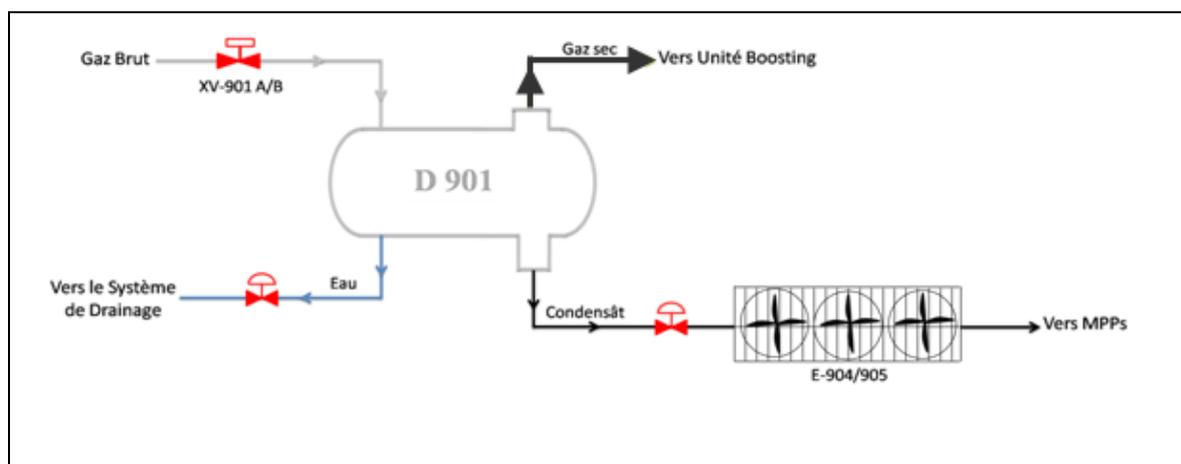


Fig. I.7 Séparateur d'entrée.

Le condensât et l'eau que comporte le gaz d'alimentation sont respectivement séparés dans les séparateurs D901A à F. Le liquide condensât entrant est refroidi en passant à travers les refroidisseurs respectifs, jusqu'à une température de 49°C avant d'être fourni aux modules correspondants. Quant à l'eau, elle sera envoyée vers le système d'évacuation d'eau huileuse.

3) **Section Boosting** : Elle est composée de neuf unités, chaque unité est composée d'un ballon d'entrée D-902 (de A à I), d'un compresseur centrifuge K-901 (de A à I) et d'un

refroidisseur de gaz E-901(chaque refroidisseur est composé de trois aéroréfrigérants). Voir Fig. I.8.

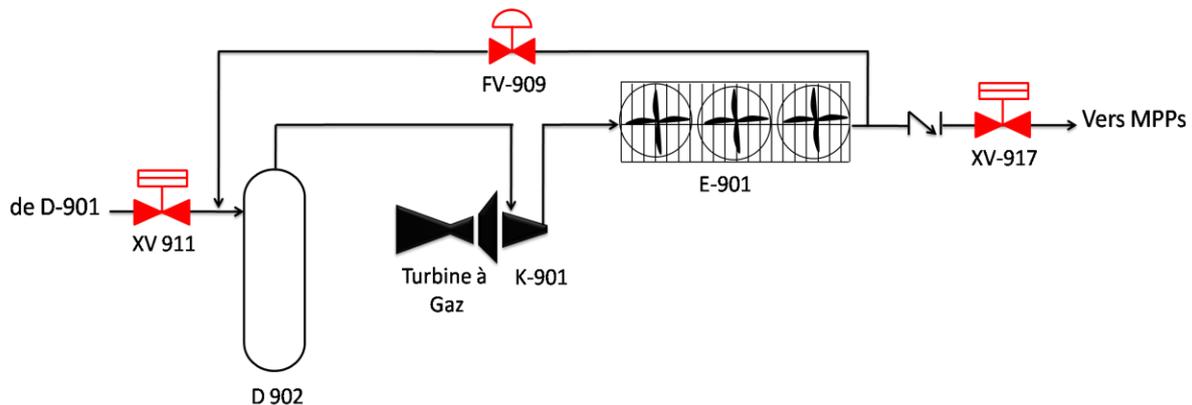


Fig. I.8 Unité Boosting.

Le gaz venant de la section de séparation d'entrée, est envoyé via le collecteur d'entrée vers chaque unité Boosting. Les ballons d'entrées D902 (A/B/C/D/E/F/G/H/I) servent à supprimer le liquide en gouttelettes restant dans le gaz pour assurer l'exploitation sûre des compresseurs centrifuges. Le condensât y est récupéré est envoyé vers les modules. Le gaz sera comprimé par le compresseur centrifuge, puis refroidi par les aéroréfrigérants et enfin envoyé vers les modules de traitement à travers les vannes de refoulement (XV920 vers le MPP4, XV921 vers le MPP0, et enfin XV922 vers le MPP1).

D. Système de torche : Il est composé d'un ballon de torche D910 avec séparateurs à cyclone Z-910 A et B, de pompes de drainage de torche P910 A et B, de purgeurs pour torche S910 A et B, d'un tableau d'allumage FP910 et d'une cheminée de torche F910. Voir Fig. I.9.

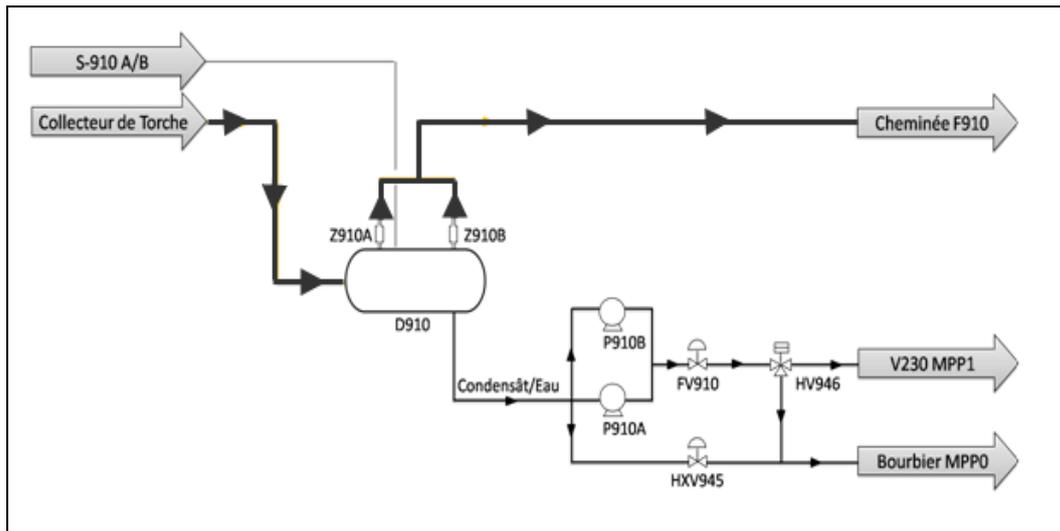


Fig. I.9 Système de torche

Le liquide contenu dans le gaz à brûler est séparé dans le ballon de torche D910 avec les séparateurs à cyclone Z910, puis pompé par les pompes P910 A et B vers le système de drainage. On distingue deux destinations séparées : le ballon V230 du module MPP1, et le bourbier du module MPP0.

E. Système d'utilités

a. Système d'air : Il est composé d'un compresseur axial monté dans la turbine à gaz, d'un refroidisseur d'air extrait E-903, d'un sécheur d'air instrument Z-904 et d'un récepteur d'air D-907. Voir Fig. I.10.

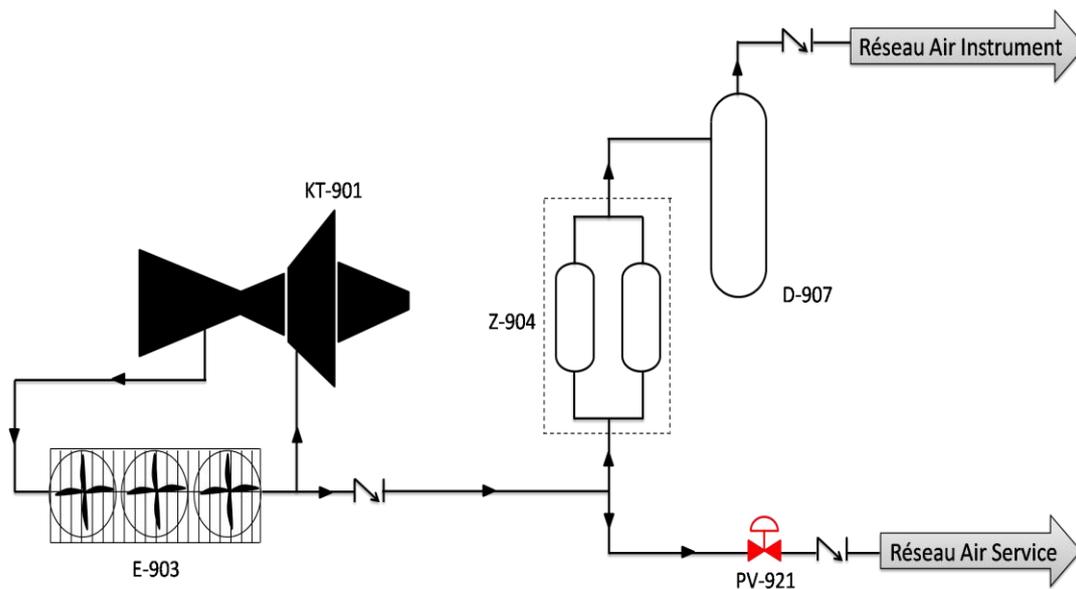


Fig. I.10 Système de production d'air

Une partie de l'air comprimé par le compresseur axial est envoyée vers les aéroréfrigérants E903. Lorsque l'air est refroidi, une partie est envoyée vers le sécheur d'air Z904 pour éliminer toute trace d'eau avant d'aller vers le ballon D907. Cet air est utilisé comme air instrument. L'autre partie est retournée vers la turbine comme air de refroidissement.

b. Système de gaz combustible ou Fuel gaz : Il est composé du ballon du gaz combustible D912 et d'un système de contrôle de pression PV923A et B.

Voir Fig. I.11.

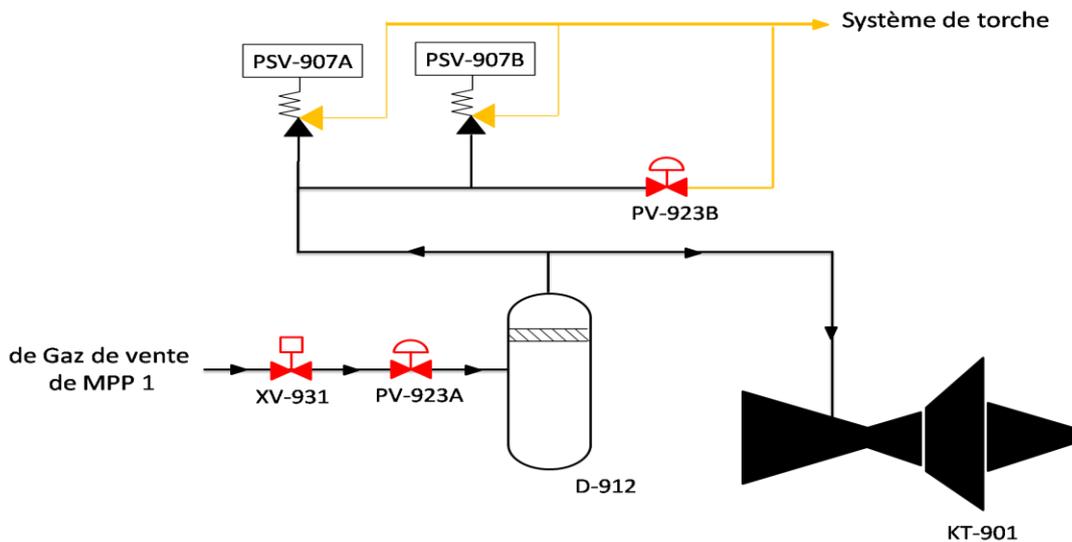


Fig. I.11 Système de gaz combustible

Le gaz de vente ou Fuel gaz venant du module MPP1 est envoyé vers le ballon D912 avant d'être distribué sur les neuf (09) turbines.

c. Système anti-incendie :

Les écrans de visualisation FACP et GAP sont installés dans la salle de contrôle pour surveiller tous les détecteurs de gaz et les détecteurs de température qui équipent l'unité de Boosting centre. Les systèmes d'extinction utilisés sont les systèmes d'extinction à poudre et au CO₂.

I. 5. Actionneurs

a. Vannes d'entrée /sortie [4]

Ces vannes sont de type 'GROVE' à boisseau sphérique (Ball valve). Elles sont équipées d'une sphère percée d'un orifice souvent de même diamètre que l'alésage de la vanne. Elles ont pour avantages :

- Manœuvrées en tournant le levier de manœuvre d'un quart de tour seulement.
- L'étanchéité à la fermeture.
- La compacité.
- La faible consommation pour manœuvrer la boule.

La figure suivante illustre le principe de ce type des vannes :

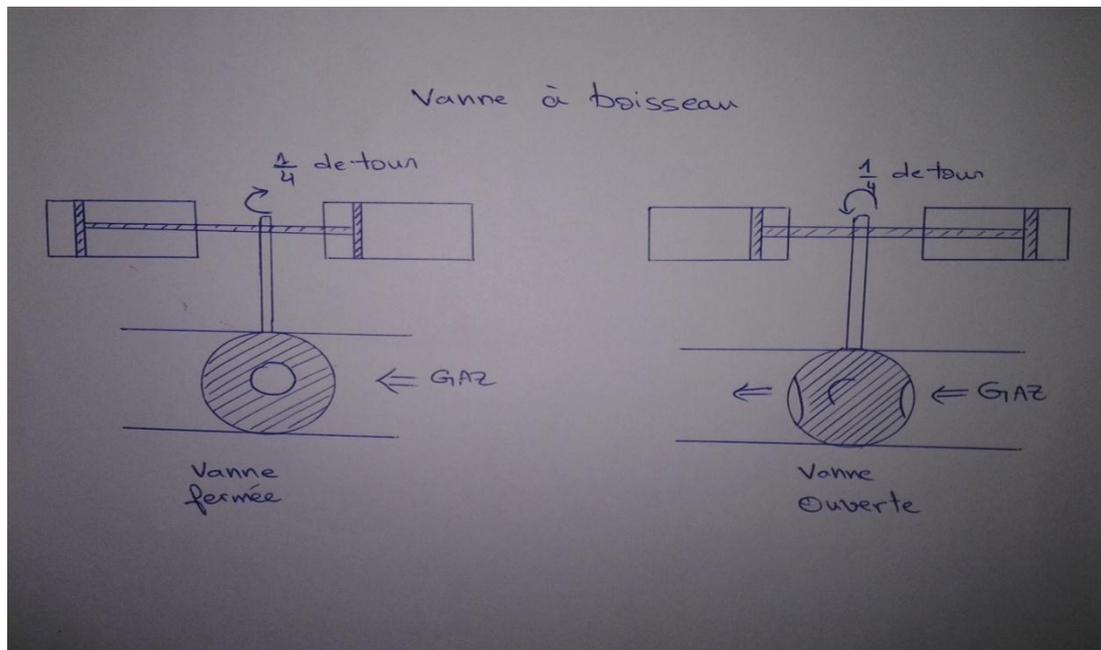


Fig. I.12 Description des vannes à boisseau sphérique.

Le schéma suivant explique la partie commande de ces vannes :

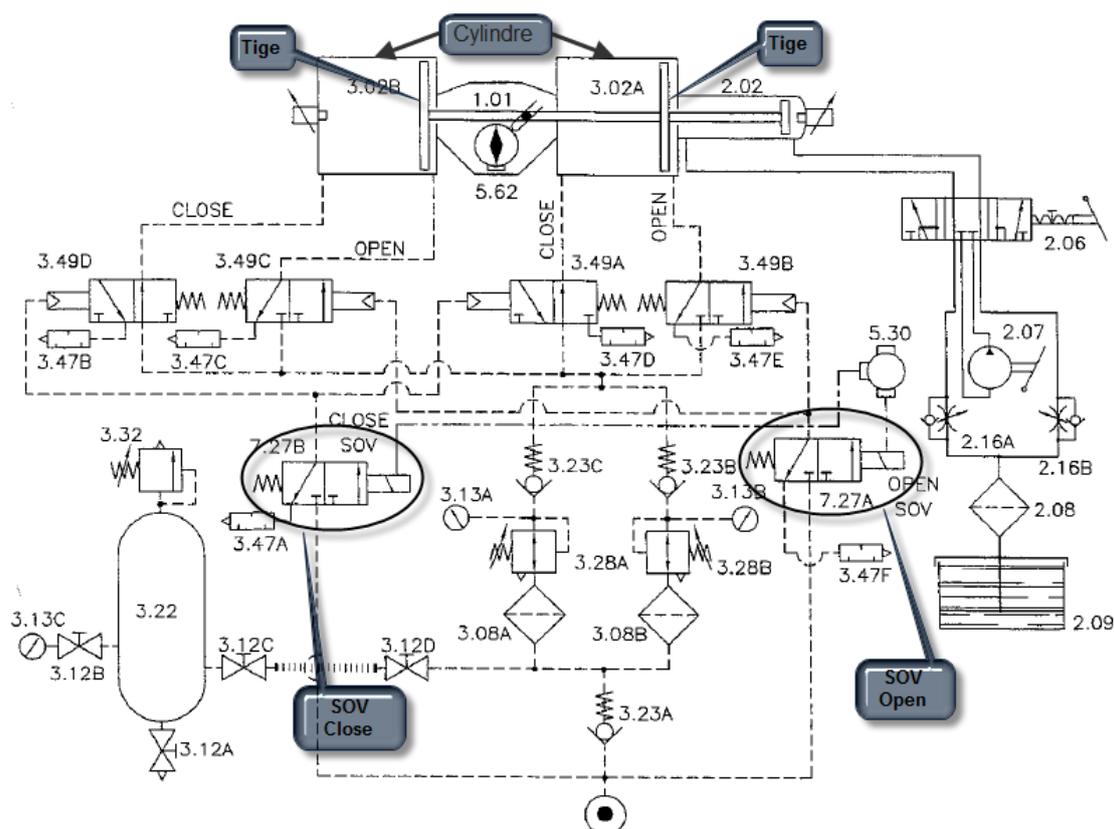


Fig. I.13 Commande des vannes à boisseau sphérique

Comme le montre le schéma, ces vannes sont commandées par deux (02) électrovannes, une dite 'd'ouverture' (open SOV) et l'autre 'de fermeture' (close SOV).

Comme ces vannes sont géantes, elles ont besoin d'une grande pression pour pouvoir exécuter la commande venant des électrovannes. La commande venant des électrovannes avec une pression de 02 bars est insuffisante, pour cela, elle passe par deux Booster qui, en fermant permettent le passage d'air à une pression de 06 bars, ce qui permet de déplacer la tige lié au levier qui manœuvre la vanne.

Pour se fermer ou s'ouvrir, ce type des vannes passe par deux états intermédiaires : closing et opening.

Le tableau suivant résume les états des deux électrovannes de commande.

Etat de la vanne	Etat intermédiaire (closing): en train de se fermer	Fermée (closed)	Etat intermédiaire (opening) : en train de s'ouvrir	Ouverte (opened)
Electrovanne Open SOV	Désexcitée	Désexcitée	Excitée	Désexcitée
Electrovanne Close SOV	Désexcitée	Excitée	Excitée	Excitée

Fig. I.14 Tableau des états des électrovannes correspondant à chaque état de vanne.

L'électrovanne d'ouverture SOV open est liée à des boosters non inversés. Lorsqu'elle est excitée, elle permet de faire entrer de l'air dans le cylindre pour déplacer la tige. Et lorsqu'elle est désexcitée, elle permet de dégager l'air contenu dans le cylindre vers atmosphère.

L'électrovanne de fermeture SOV close est liée à des Boosters inversés. Lorsqu'elle est désexcitée, elle permet de faire entrer de l'air dans le cylindre pour déplacer la tige. Lorsqu'elle est excitée, elle permet d'envoyer l'air contenu dans le cylindre vers atmosphère.

Les schémas illustrant le fonctionnement et les états des électrovannes et la position de la tige qui fait tourner le levier lié à la sphère équipant la vanne sont donnés par les figures ci-dessous :

➤ Vanne à l'état Closing : voir Fig. I.15.

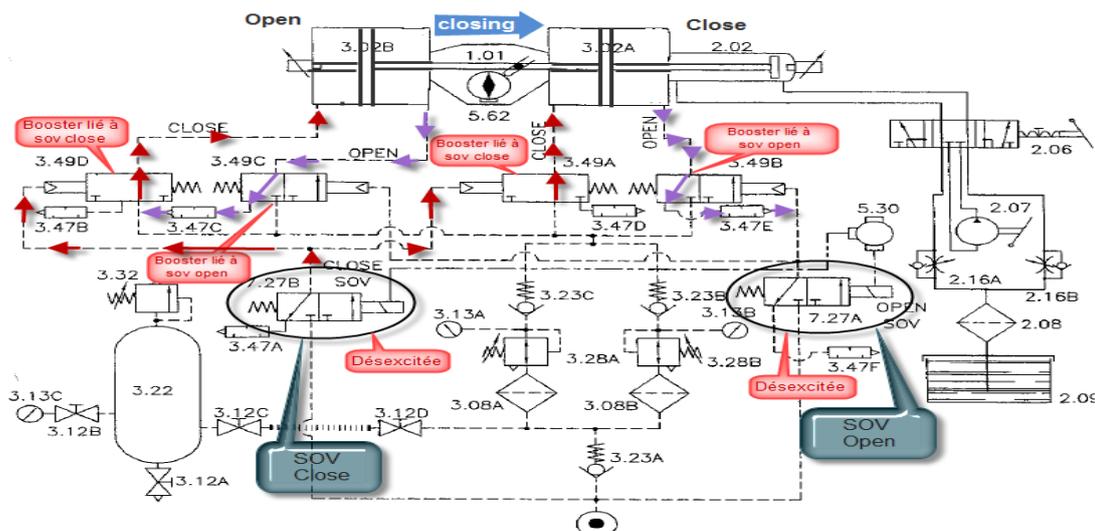


Fig. I.15 Etats des électrovannes dans le cas où la vanne est en train de se fermer (closing).

Avant de passer à l'état closing, la vanne était ouverte et la tige contenue dans le cylindre était dans la partie gauche. Pour fermer la vanne, on doit pousser la tige vers la droite, pour cela on désexcite l'électrovanne de fermeture SOV close pour qu'elle fournisse l'air nécessaire qui pousse la tige, quant à celle d'ouverture SOV open, elle est désexcitée pour envoyer l'air contenu dans la partie droite vers l'atmosphère.

➤ Vanne à l'état Closed (fermée) : voir Fig.I.16.

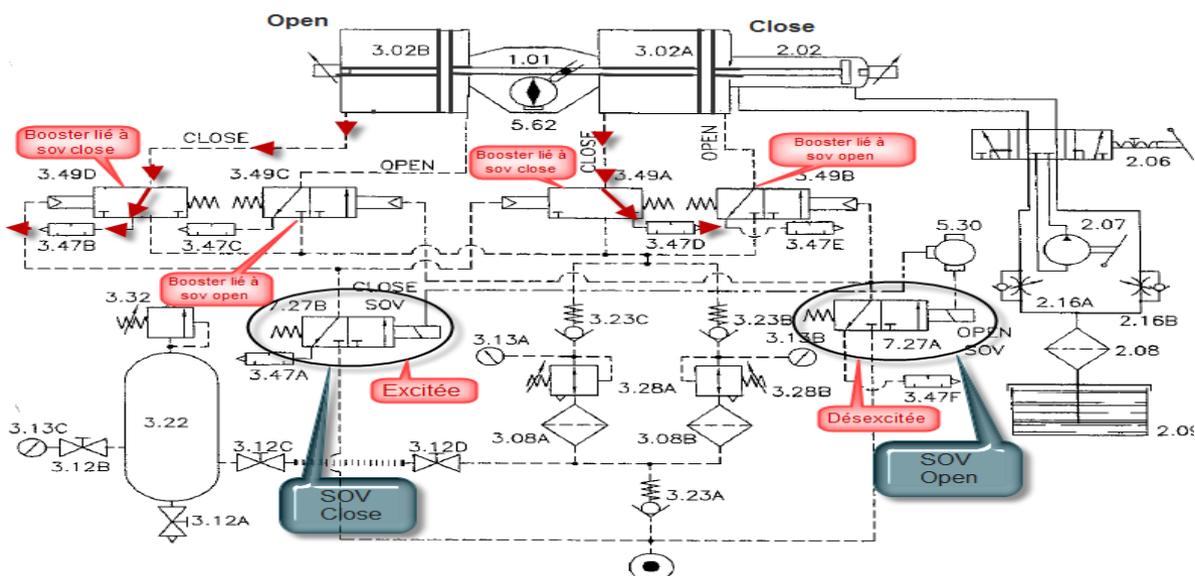


Fig. I.16 Etats des électrovannes dans le cas où la vanne est fermée.

Une fois que la tige est dans la partie droite, la vanne est fermée complètement, l'électrovanne de fermeture SOV close s'excite pour arrêter le mouvement de la tige.

➤ Vanne à l'état Opening : voir Fig. I.17.

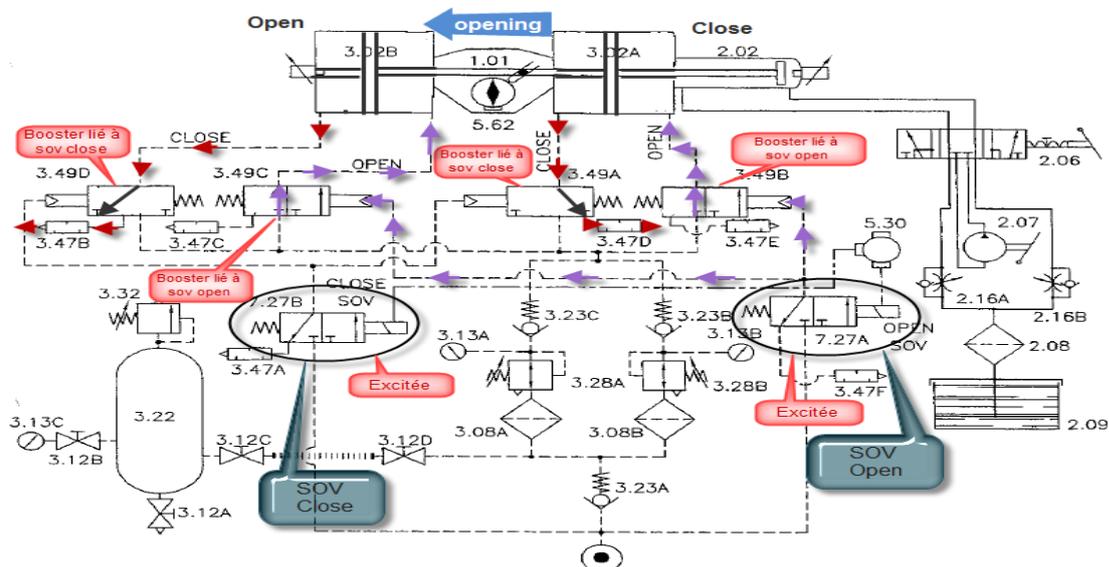


Fig. I.17 Etats des électrovannes dans le cas où la vanne est en train de s'ouvrir (opening)

Pour que la vanne s'ouvre, on doit fournir de l'air qui pousse la tige du cylindre de la droite vers la gauche, et pour cela on excite l'électrovanne d'ouverture SOV open, quant à celle de la fermeture, elle reste excitée pour envoyer l'air contenu dans la partie gauche du cylindre vers atmosphère.

➤ Vanne à l'état Opened (ouverte) : voir Fig. I.18.

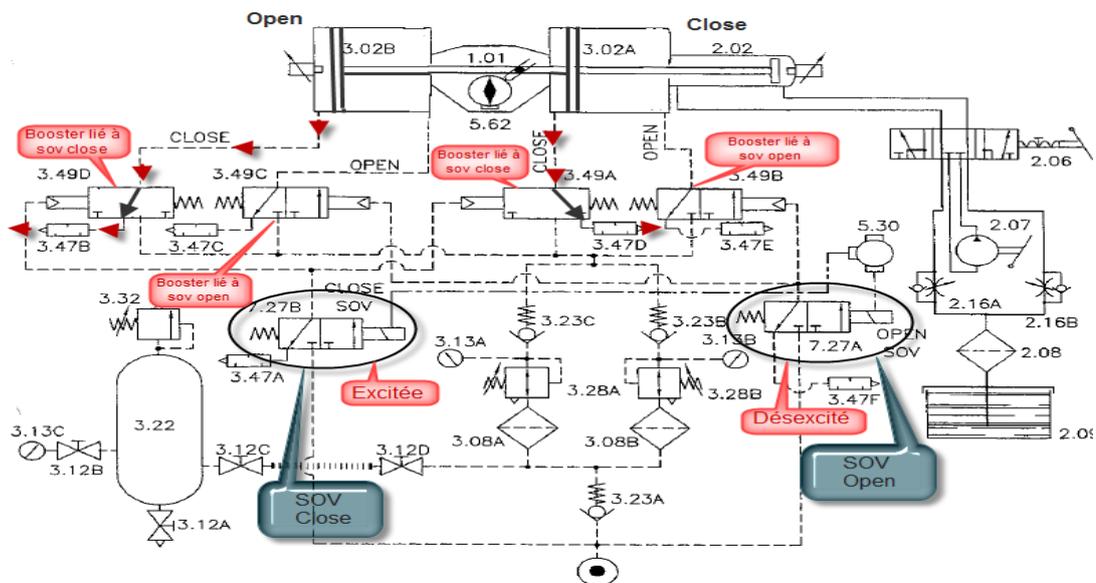


Fig. I.18 Etats des électrovannes dans le cas où la vanne est ouverte.

Une fois que la tige est dans la partie droite, la vanne est fermée complètement, l'électrovanne de fermeture SOV close s'excite pour arrêter le mouvement de la tige.

b. Vanne d'alimentation de fuel gaz XV931

C'est une vanne à clapet conçue pour se fermer en cas de perte d'alimentation (failure to close). Elle est commandée par une seule électrovanne qui, excitée, la maintient ouverte en envoyant de l'air qui comprime le ressort qui commande le clapet (création d'une force dans le sens inverse de celle d'amortissement du ressort). Il suffit de désexciter l'électrovanne pour la fermer grâce au ressort qui pose le clapet vers le bas. Cette vanne est toujours ouverte dans le fonctionnement normal (l'électrovanne est toujours excitée).

La figure suivante illustre le fonctionnement de ce type des vannes (Failure to close) :

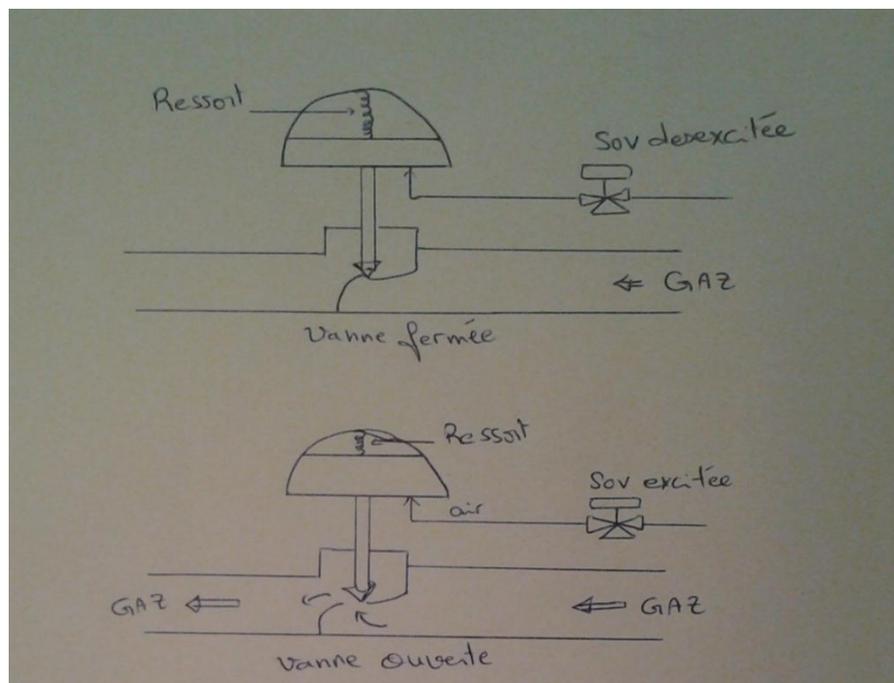


Fig. I.19 Fonctionnement de la vanne d'alimentation de Fuel gaz.

c. Vanne vers torche

C'est une vanne à clapet conçue pour s'ouvrir en cas de perte d'alimentation (failure to open), elle est commandée par une seule électrovanne qui, excitée, la maintient fermée grâce au ressort qui pousse le clapet vers le bas. La vanne est fermée en excitant l'électrovanne qui envoie de l'air pour comprimer le ressort (création d'une force dans le sens inverse de celle

d'amortissement du ressort). Cette vanne est toujours fermée dans le cas de fonctionnement normal (l'électrovanne est toujours excitée).

La figure suivante illustre le fonctionnement de ce type des vannes (Failure to open) :

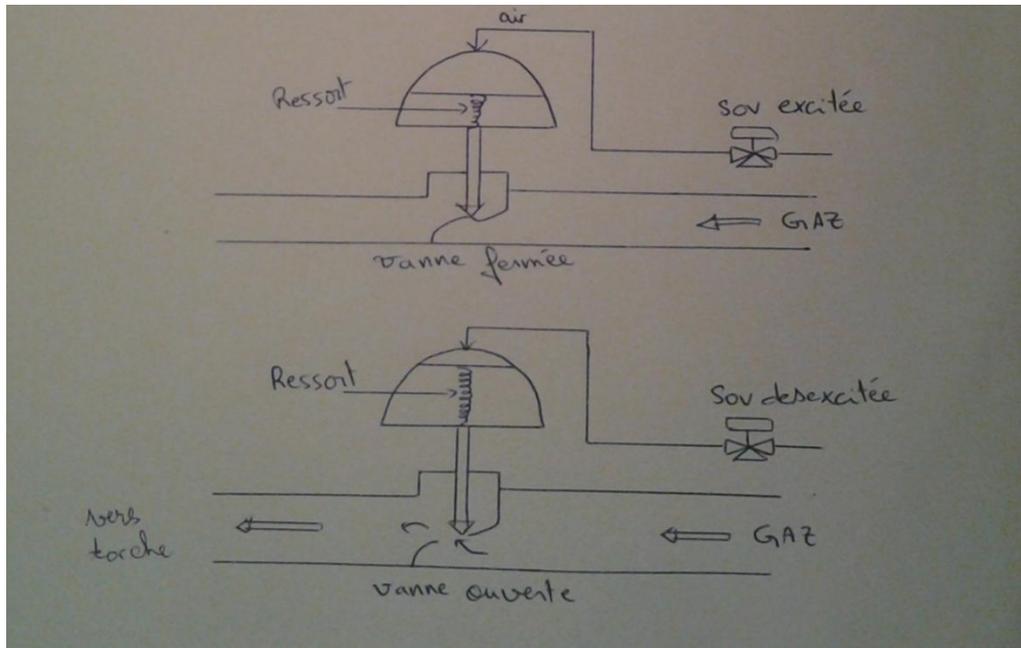


Fig. I.20 Fonctionnement de la vanne vers torche.

I.6. Systèmes de contrôle utilisés dans la SBC

1) Le DCS (Distributed Control System : Système de Contrôle Distribué) : utilisé pour le traitement arithmétique et logique de toutes les boucles de régulation du procédé, et pour le contrôle des paramètres associés (débit, température, pression, niveau) ainsi que pour la supervision et la visualisation de tous le procédé à travers des stations de conduites (Workstation). Le DCS a été conçu spécialement pour les tâches industrielles, tels que la surveillance, le contrôle et la conduite des procédés industriels.

Le contrôle distribué fait référence aux fonctions de base qui sont plutôt confiées à des dispositifs (stations) différents reliés entre eux par un réseau de communication. Une indisponibilité d'un dispositif ne provoque que la perte de la fonction dont il est chargé.

Le DCS est constitué de plusieurs sous-systèmes dont :

- ❖ Les dispositifs d'entrées/sorties.
- ❖ Les contrôleurs individuels (PLC régulateurs).

- ❖ Les interfaces opérateurs (écran).
- ❖ La station de travail ingénieur.
- ❖ Le réseau de communication (bus) pour l'échange d'information.

2) **MARK VI** : C'est un système de contrôle de turbine à gaz développé par Speed Tronic, il contient trois parties essentielles qui sont :

➤ **High Level I/O Power** : Ce sont des signaux de 125V ou bien 110V qui attaquent directement les actionneurs.

➤ **Low Level I/O** : C'est une conversion analogique numérique, il convertit les signaux analogiques faibles (0-5V et 4-20MA) en signaux numériques.

➤ **Processors** : la partie processeurs est constituée de quatre modules de contrôle <RST> et P.

Les trois modules <RST> sont identiques et gèrent le fonctionnement des turbines à gaz. Le module P est spécialisé pour la protection du système, il provoque un arrêt immédiat de la machine en cas de problème, chaque module R, S et T a sa propre carte de protection dans le module P.

Ces modules sont connectés entre eux à travers les I/O-NET pour assurer l'échange d'information avec la HMI pour permettre la communication homme/machine.

L'architecture et le fonctionnement des trois modules <RST> sont les mêmes, chaque module est constitué de deux parties essentielles :

Partie TMR : Elle est destinée à gérer les paramètres qui assurent le bon fonctionnement de la machine (démarrage, vitesse et température).

Partie simplexe : Elle est désignée pour gérer et contrôler les paramètres non critiques du système (débit, pression...).

3) **Bently nevada** : Il est utilisé pour la surveillance des vibrations des roues HP et LP de la turbine et celles du compresseur centrifuge.

4) **PLC Triconex** (Programmable Logic Controller) : c'est un API dédié à la sécurité. Il assure la sécurité de toute la station.

Conclusion

Dans ce chapitre, on a décrit les différentes sections du procédé, cité les systèmes d'utilité, expliqué le mécanisme de fonctionnement des vannes pour enfin parler des systèmes de contrôle utilisés dans la SBC dont le Triconex qui fera l'objet de notre étude et qu'on va développer dans le chapitre qui suit.

II.1. Introduction

Après avoir détaillé le procédé, nous allons présenter l'analyse fonctionnelle qui servira de base pour la justification du choix de l'API à utiliser et le développement du programme de commande.

Avant cela, on va citer les causes qui peuvent être derrière le déclenchement de la station SBC.

II.2. Causes de déclenchement de la station

Après avoir étudié le procédé, on a trouvé qu'il en existe trois (03) :

1) La chute de tension des lignes d'alimentation en électricité de 30 KV qui sont assurés par deux lignes redondantes de SONELGAZ. Ces deux lignes sont commandées par deux disjoncteurs principaux et contrôlées par des relais de protection contre une chute de tension.

2) La chute de pression d'air instrument qui alimente et met en œuvre les équipements du procédé (actionneurs pneumatiques des vannes, positionneurs, convertisseurs courant/pression...). Cette chute ne doit pas dépasser les 04 bars. Cette limite représente le minimum de pression d'air pour assurer le bon fonctionnement du procédé. Au-dessous de 04 bars, les vannes, les positionneurs et les convertisseurs ne fonctionnent pas correctement. La pression d'air instrument est transmise à travers le transmetteur de pression PT920. Voir fig.II.1.



Fig. II.1 Transmetteur de la pression d'air instrument PT920.

3) Le bouton poussoir de l'ESD (Emergency Shut Down) est utilisé autant qu'une action volontaire par l'opérateur. Le but de son utilisation est d'éviter tout risque répercutant sur les

équipements et les exploitants du procédé, citons à titre d'exemple : fuite importante du gaz, présence de feu, explosion...etc.

Cette action de déclenchement dégage tous les gaz dans les conduites et dans les capacités vers torche, en attendant l'intervention du service sécurité.

II.3. Analyse fonctionnelle

1. Si

- La tension chute au niveau de la ligne d'alimentation 1 OU au niveau de la ligne d'alimentation 2 ; ET
- Le transmetteur d'air instrument indique une valeur positive supérieure à 04 bars ; ET
- Le bouton ESD n'est pas déclenché par l'opérateur ;

Alors

- Maintenir l'électrovanne XSOV901A2 excitée et l'électrovanne XSOV901A1 désexcitée (maintenir la vanne d'aspiration XV901A ouverte).



Fig. II.2 Vanne d'entrée XV901A.

- Maintenir l'électrovanne XSOV901B2 excitée et l'électrovanne XSOV901B1 désexcitée (maintenir la vanne d'aspiration XV901B ouverte).



Fig. II.3 Vanne d'aspiration XV901B

- Maintenir l'électrovanne XSOV920A2 excitée et l'électrovanne XSOV920A1 désexcitée (maintenir la vanne de refoulement XV920 vers le module MPP4 ouverte).



Fig.II.4 Vanne de refoulement XV920 vers MPP4

- Maintenir l'électrovanne XSOV921A2 excitée et l'électrovanne XSOV921A1 désexcitée (maintenir la vanne de refoulement XV921 vers le module MPP0 ouverte).



Fig.II.5. Vanne de refoulement XV921 vers MPP0.

- Maintenir l'électrovanne XSOV922A2 excitée et l'électrovanne XSOV922A1 désexcitée (maintenir la vanne de refoulement XV922 vers le module MPP1 ouverte).



Fig. II.6. Vanne de refoulement XV922

- Maintenir l'électrovanne XSOV931 excitée (maintenir la vanne XV931 du gaz combustible ouverte).



Fig. II.7. Vanne de Fuel gaz XV931

- Maintenir l'électrovanne XSOV923B excitée (maintenir la vanne XV923 vers torche fermée).



Fig. II.8 Vanne vers torche

2. Si

- L'alimentation d'électricité est assurée par l'une des deux lignes du secteur ; Et
- Le transmetteur d'air instrument indique une valeur négative ET il n'est pas by passé ; Et
- Le bouton ESD n'est pas déclenché par l'opérateur ;

Alors

- Afficher que le transmetteur PT920 est défaillant.
- Désexciter l'électrovanne XSOV901A2 (Fermer la vanne d'aspiration XV901A).
- Désexciter l'électrovanne XSOV901B2 (Fermer la vanne d'aspiration XV901B).
- Désexciter l'électrovanne XSOV920A2 (fermer la vanne XV920 de refoulement vers le module MPP4).
- Désexciter l'électrovanne XSOV921A2 (Fermer la vanne XV921 de refoulement vers le module MPP0).
- Désexciter l'électrovanne XSOV922A2 (Fermer la vanne XV922 de refoulement vers le module MPP1).
- Désexciter l'électrovanne XSOV931 (Fermer la vanne XV931 du gaz combustible).
- Désexciter l'électrovanne XSOV923B (Ouvrir la vanne XV923 vers torche).

3. Si

- L'alimentation d'électricité est assurée par l'une des deux lignes du secteur ; Et
- La valeur de la pression est au-dessous de la valeur limite (4 bars) ; ET
- Le bouton ESD n'est pas déclenché par l'opérateur ;

Alors

- Attendre 2.5 secondes pour confirmer l'information.

4. Si

- L'information de la chute de pression est confirmée ;

Alors

- Désexciter l'électrovanne XSOV901A2 (Fermer la vanne d'aspiration XV901A).
- Désexciter l'électrovanne XSOV901B2 (Fermer la vanne d'aspiration XV901B).

- Désexciter l'électrovanne XSOV920A2 (fermer la vanne XV920 de refoulement vers le module MPP4).
- Désexciter l'électrovanne XSOV921A2 (Fermer la vanne XV921 de refoulement vers le module MPP0).
- Désexciter l'électrovanne XSOV922A2 (Fermer la vanne XV922 de refoulement vers le module MPP1).
- Désexciter l'électrovanne XSOV931 (Fermer la vanne XV931 du gaz combustible).
- Désexciter l'électrovanne XSOV923B (Ouvrir la vanne XV923 vers torche).

5. Si

- La tension chute au niveau des deux lignes d'alimentation venant de SONELGAZ ;

Alors

- Désexciter l'électrovanne XSOV901A2 (Fermer la vanne d'aspiration XV901A).
- Désexciter l'électrovanne XSOV901B2 (Fermer la vanne d'aspiration XV901B).
- Désexciter l'électrovanne XSOV920A2 (fermer la vanne XV920 de refoulement vers le module MPP4).
- Désexciter l'électrovanne XSOV921A2 (Fermer la vanne XV921 de refoulement vers le module MPP0).
- Désexciter l'électrovanne XSOV922A2 (Fermer la vanne XV922 de refoulement vers le module MPP1).
- Désexciter l'électrovanne XSOV931 (Fermer la vanne XV931 du gaz combustible).
- Désexciter l'électrovanne XSOV923B (Ouvrir la vanne XV923 vers torche).

6. Si

- Le bouton ESD est déclenché par l'opérateur

Alors

- Désexciter l'électrovanne XSOV901A2 (Fermer la vanne d'aspiration XV901A).
- Désexciter l'électrovanne XSOV901B2 (Fermer la vanne d'aspiration XV901B).
- Désexciter l'électrovanne XSOV920A2 (fermer la vanne XV920 de refoulement vers le module MPP4).

- Désexciter l'électrovanne XSOV921A2 (Fermer la vanne XV921 de refoulement vers le module MPP0).
- Désexciter l'électrovanne XSOV922A2 (Fermer la vanne XV922 de refoulement vers le module MPP1).
- Désexciter l'électrovanne XSOV931 (Fermer la vanne XV931 du gaz combustible).
- Désexciter l'électrovanne XSOV923B (Ouvrir la vanne XV923 vers torche).

Redémarrage de la station (après avoir éliminé la raison de déclenchement)

7. Si

- L'alimentation en électricité est assurée par l'une des deux lignes du secteur ; ET
- La pression d'air instrument est supérieure à 04 bars ; ET
- Le bouton ESD n'est pas déclenché ;

Alors

- Exciter l'électrovanne XSOV901A1 (ouvrir la vanne d'aspiration XV901A).
- Exciter l'électrovanne XSOV901B1 (ouvrir la vanne d'aspiration XV901B).
- Exciter l'électrovanne XSOV920A1 (ouvrir la vanne XV920 de refoulement vers le module MPP4).
- Exciter l'électrovanne XSOV921A1 (ouvrir la vanne XV921 de refoulement vers le module MPP0).
- Exciter l'électrovanne XSOV922A1 (ouvrir la vanne XV922 de refoulement vers MPP1).
- Exciter l'électrovanne XSOV931 (ouvrir la vanne XV931 du gaz combustible).
- Exciter l'électrovanne XSOV923B (fermer la vanne XV923 vers torche).
- Appuyer sur le bouton RESET de la salle de contrôle (envoyer une impulsion pour redémarrer la station).

II.4. Généralités sur l'API Triconex [5]

1) Principaux éléments du Triconex

Triconex, est un automate programmable d'Invensys, un leader mondial en gestion de la performance des actifs dans le secteur industriel. Les objectifs sont à la fois la sécurité et une haute disponibilité. Il est utilisé dans des installations à sécurité critique, où le niveau de sécurité exigé est très élevé, telles que les installations de raffinage, de traitement de gaz, les turbomachines, installations nucléaires...etc. [6]



Fig. II.9 Architecture de Triconex.

Il est composé des éléments montrés sur le schéma de la figure suivante :

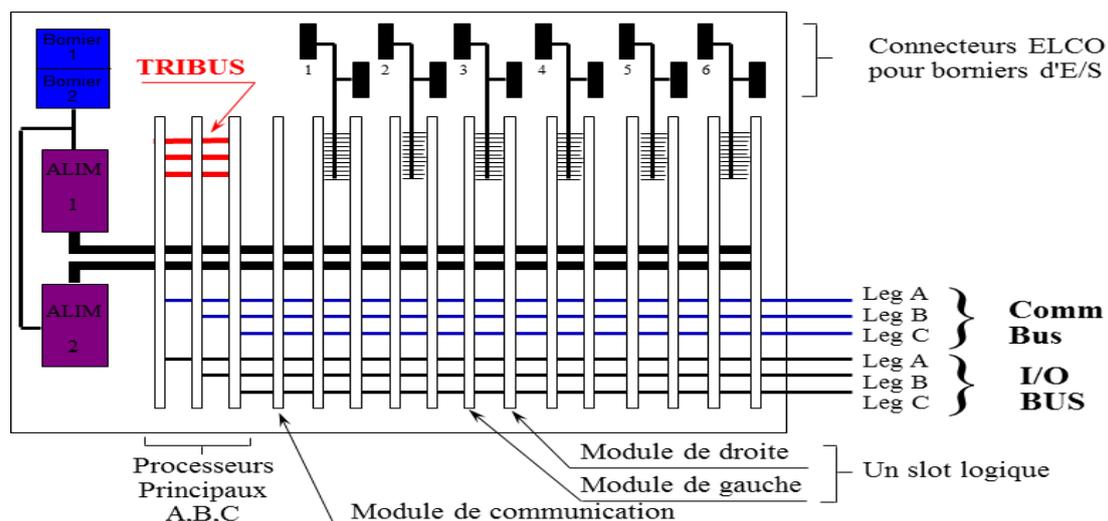


Fig. II.10 Fond de panier du Triconex

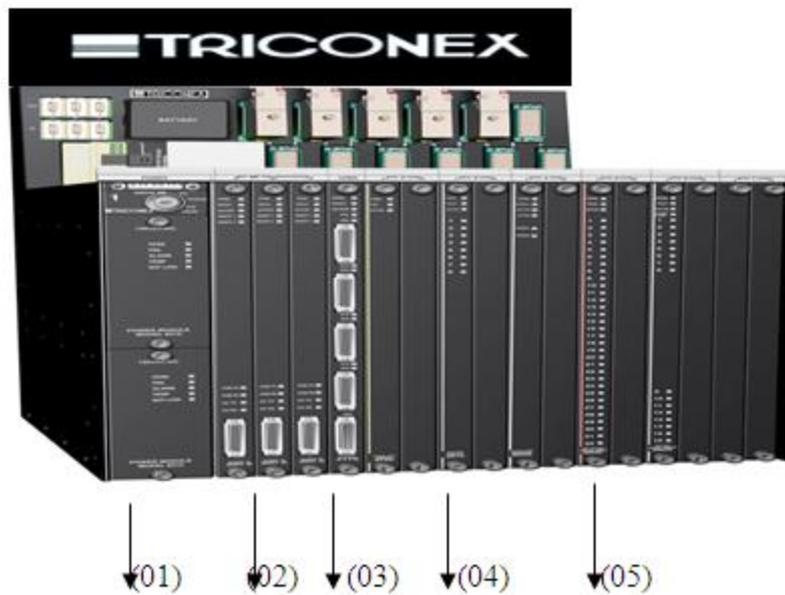


Fig. II.11 Cartes composant le Triconex

- (01) : Alimentations : 2 Alimentations par châssis.
- (02) : Processeurs (ou les unités centrales) : 3 modules séparés sont configurés en architecture T.M.R.
- (03) : Carte de communication : Bus de communications triplé assurant la communication entre les processeurs et les modules de communication.
- (04) : carte de sortie : Modules triplés dialoguant avec les processeurs en utilisant un bus de sortie triplé.
- (05) : carte d'entrée : Modules triplés dialoguant avec les processeurs en utilisant un bus d'entrée triplé.

• **Alimentations :**



Fig. II.12 Alimentation de Triconex

Deux alimentations secteur (courant continu ou alternatif) redondantes équipent chaque châssis, chacune étant capable de fournir l'énergie nécessaire pour un châssis complet. Ces alimentations acceptent des tensions différentes l'une par rapport à l'autre. Elles génèrent des tensions qui sont régulées sur chaque module contenu dans le châssis par une paire de régulateurs pour chacune des chaînes.

Un contact inverseur est disponible sur chaque alimentation afin d'indiquer la présence d'une faute au sein du châssis correspondant, ainsi qu'une faute liée aux alimentations elles-mêmes.

Chaque alimentation peut être remplacée en ligne par simple échange.

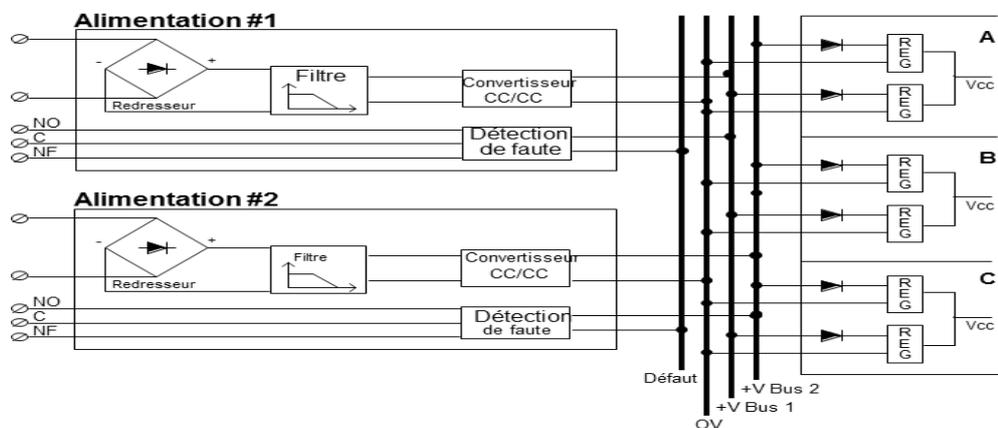


Fig. II.13. Schéma électrique de l'alimentation du Triconex.

- **Main Processors (ou unités centrales)**

Un système Triconex comporte trois modules processeurs principaux ou Main Processor MP. Chaque processeur principal fonctionne en parallèle avec les deux autres.

Un microprocesseur de communication d'entrées/sorties dédié sur chaque processeur principal gère les données échangées entre les modules processeurs principaux et les modules d'entrées/sorties. Un bus d'entrées/sorties triplé situé sur le fond de panier du châssis est étendu d'un châssis à l'autre par l'intermédiaire des câbles de bus d'entrées/sorties.

Les données de chaque module d'entrées sont collectées dans une table au niveau de chaque processeur principal et stocké en mémoire afin d'être utilisé lors du vote.

La table d'entrée de chaque processeur principal est transférée aux deux processeurs principaux adjacents par l'intermédiaire de Tribus. Le Tribus à recours à une unité

programmable d'accès mémoire directe pour synchroniser, transmettre, voter et comparer les données entre les trois processeurs principaux.



Fig. II.14 Microprocesseurs

- **Cartes de communication**

- Communication MODBUS,
- EICM (Intelligent communication module) : 3 ports MODBUS, 1 port TRISTATION, 1 port imprimante
- Communication ETHERNET
 - Network communication Module NCM (TCP(UDP)/ IP / 802.3)
Communication I/A Série
 - Advanced communication Module ACM: Foxboro IAS Interface
Communication UCN
 - SMM (Safety Manager Module): Honeywell TDC3000 Interface

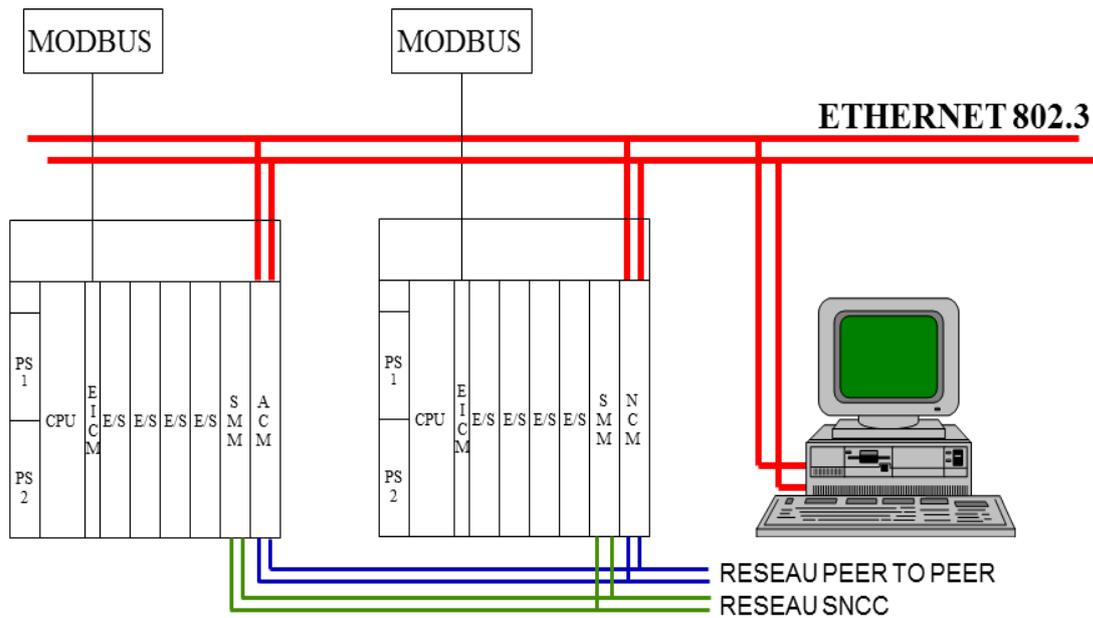


Fig.II.15 Schéma illustrant les cartes de communication



Fig.II.16 ACM (lié au DCS et à l'interface homme machine HMI).

• **Modules d'entrée/sortie :**

Les organes du procédé sont connectés au Triconex à travers 2 types de modules :

- Les modules d'entées qui acceptent des signaux analogiques ou digitaux.
- Les modules de sorties qui génèrent des signaux analogiques ou digitaux.

Un module d'entrée/sortie est constitué d'une carte unique contenue dans un boîtier métallique qui est inséré dans un châssis du Triconex. Trois chaînes indépendantes sont implémentées sur un même module d'E/S. chacune est connectée à son unité centrale respective via un bus d'E/S séparé.

Les trois chaînes individuelles d'entrées ou de sorties sont connectés à l'organe du procédé.



Fig. II.17 Cartes d'entrée/sortie

2) Caractéristiques du Triconex

➤ Architecture triplée modulaire redondante (TMR) de TRICONEX :

Le système Triconex TMR est composé de trois systèmes de contrôle parallèles distincts intégrés dans un même ensemble matériel. Le vote des données logique de types deux sur trois (2oo3 : two out of three) garantit un fonctionnement en continu à haut niveau d'intégrité et sans erreur. Pour l'utilisateur, le système Triconex constitue un seul ensemble matériel, ce qui permet de développer un seul programme d'application et de le charger dans les trois processeurs en une seule opération. Les signaux au niveau des modules d'entrées sont échantillonnés et traités par trois chaînes indépendantes puis transmis aux trois processeurs par des chemins de communication distincts. Une fois le programme d'application exécuté, les modules de sortie effectuent un vote de type 2 sur 3, sur les valeurs calculées des sorties transmises par les trois modules processeurs, puis envoient le résultat aux borniers de sortie et de là aux organes à commander sur site.

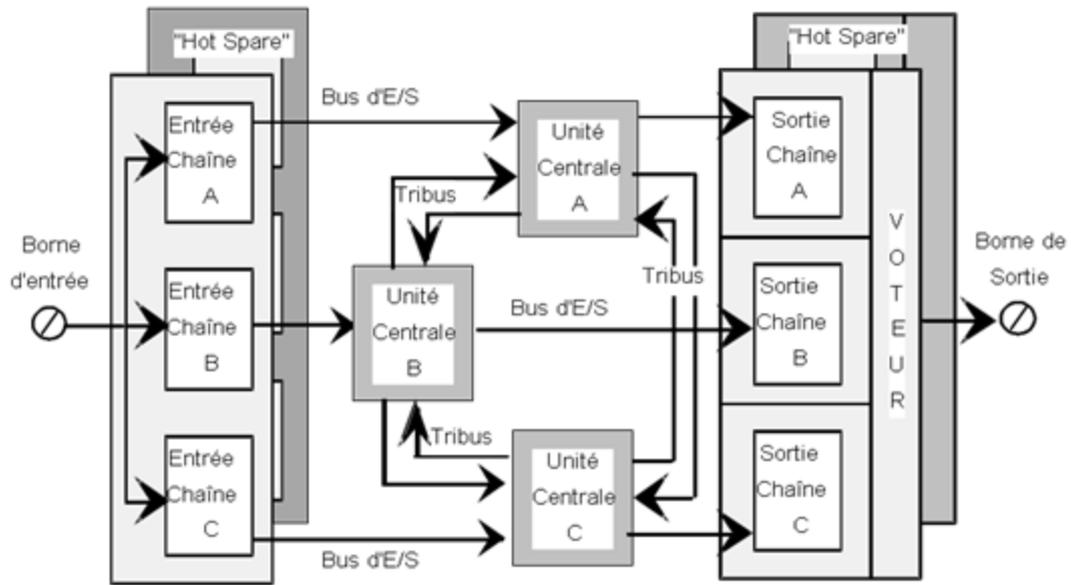


Fig. II.18 Architecture triplée du Triconex

➤ **TRIBUS :**

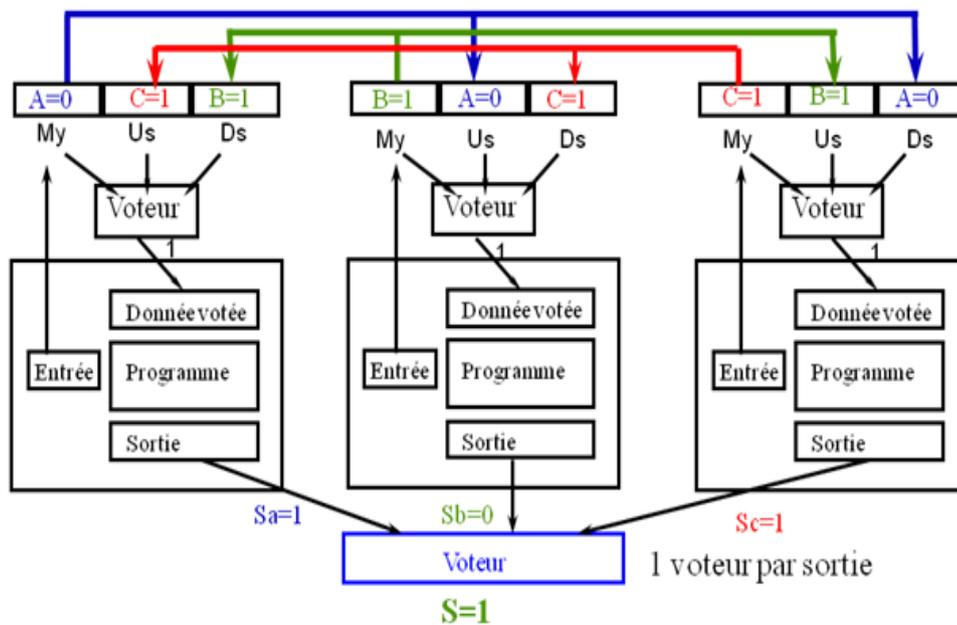


Fig. II.19 Schéma illustrant le Tribus

Le TRIBUS est un bus spécialisé à grande vitesse offrant un moyen de communication tolérant aux fautes entre les unités centrales. Il assure le vote des données échangées entre les unités centrales ainsi que la détection et la correction des discordances rencontrées.

3) Principe de fonctionnement du Triconex

Le Triconex est un système tolérant aux fautes grâce à son architecture Triplée Modulaire Redondant TMR. Le Triconex garantit un contrôle en continu, sans erreur en cas de défaillance des composants d'origines internes ou externes.

Le Triconex a été conçu autour d'une architecture triplée totale, depuis les points d'entrées jusqu'aux points de sorties en passant par les processeurs principaux. Chaque module d'entrée/sortie contient trois chaînes de traitement redondantes et indépendantes.

Chaque chaîne de traitement des modules d'entrées lit les données du procédé et transmet cette information au module processeur principal auquel elle est rattachée. Les trois processeurs principaux échangent leurs données par l'intermédiaire du bus à haute vitesse appelé TRIBUS.

Une fois par période de scrutation, les trois processeurs principaux se synchronisent et communiquent entre eux par le TRIBUS. Le TRIBUS vote les données d'entrées logiques, compare les données de sorties et envoie une copie des valeurs d'entrées logiques à chaque processeur principal. Les processeurs principaux exécutent le programme d'application et transmettent les valeurs calculées aux modules de sorties. Outre le vote des données d'entrées, le Triconex vote également les données de sorties. Cette opération est effectuée au niveau des modules de sorties juste en amont des borniers de raccordement ce qui permet de déceler et corriger toute erreur éventuelle entre le vote au niveau du TRIBUS et de la sortie.

Pour chaque type de module d'entrées/sorties, il est possible de loger un module de rechange à chaud, qui prend la main si une faute est détectée au niveau du premier module en activité. Le module de rechange à chaud peut aussi être utilisée pour la maintenance de tout module de même modèle qui manifeste un défaut n'importe où dans la configuration du système.

II.5. Justification du choix de l'API Triconex

La sécurité est l'absence de risque inacceptable, qui peut mener à l'atteinte des personnes, de l'environnement ou des équipements. Les moyens à mettre en œuvre pour réduire les risques sont nombreux et variés. La conception du procédé et le choix des équipements participent en premier lieu à la réduction des risques. On peut aussi agir sur le système de contrôle commande du procédé, en prévoyant par exemple des redondances et des solutions de repli en cas de dysfonctionnement. Ces approches ne sont pas toujours suffisantes. Pour réduire encore les risques, il faut prévoir des systèmes de sécurité. Ceux-ci participent soit à la prévention (en minimisant la probabilité d'apparition d'un risque), soit à la protection (pour limiter les conséquences d'un dysfonctionnement).

Consécutivement à la dangerosité potentielle des hydrocarbures et des volumes manipulés dans les installations, et considérant les accidents survenus dans l'histoire des hydrocarbures gazeux au niveau de la zone de Hassi R'mel, il a été mis au point un système automatique de mise en sécurité des unités de production notamment la station boosting centre SBC. Et cela en prenant en considération les facteurs à risques pour réduire les dangers d'explosion et du feu.

Ce système automatique a pour but d'isoler préalablement l'unité SBC par rapport aux modules de traitement de gaz. L'objectif du déclenchement de la station SBC est d'éviter l'aggravation des risques liés aux hydrocarbures dans les situations hasardeuses. Le système de sécurité, Triconex, qui est utilisé à la SBC a pour avantages :

- **Pas de point unique de défaillance :**

La défaillance de n'importe quel composant de l'architecture n'a aucune incidence sur le bon fonctionnement de l'ensemble du système Triconex.

- **Un très haut niveau de sécurité :**

Grâce à son architecture TMR et sa puissance de diagnostic, le système Triconex atteint le niveau d'intégrité de sécurité 3 (System Integrity Level, SIL) tel que défini dans le préliminaire de la norme CEI 61508 relative à la sécurité fonctionnelle. Les systèmes Triconex sont également certifiés par le TUV pour une utilisation dans des applications dont le niveau de sécurité requière la classe 5 et 6.

- **Un très haut niveau de disponibilité :**

Le système d'architecture TMR fonctionne avec trois modules processeurs. Les modules en défaut peuvent être remplacés sans interruption du fonctionnement du système (hot spare) et ainsi permettre d'assurer un contrôle continu.

- **Une maintenance à moindre coût :**

Grâce au système de diagnostic intégré qui détecte automatiquement les modules en défaut qui doivent être remplacés, il n'est plus nécessaire de recourir à des techniciens hautement qualifiés.

- **Une capacité mémoire étendue :**

Avec une capacité mémoire jusqu'à 2M octets, les processeurs principaux fournissent l'espace suffisant pour le programme d'application et la consignation d'états volumineux.

- **L'archivage des données séquence d'événement (SOE) :**

Le consigneur d'état (SOE) est utile à la fois pour la maintenance du système et à l'analyse des causes de l'arrêt du procédé.

- **Des liaisons de communication redondante à haute vitesse :**

Liaison vers d'autres systèmes numériques tels que le DCS, MARK V, MARK VI.

- **La possibilité de déporter les châssis :**

Jusqu'à 12 km du châssis principal, par liaisons fibres optiques.

II.6 Configuration de l'API Triconex :

La configuration de l'API Triconex qu'on a utilisé est faite à partir du logiciel Tristation 1131 comme suit :

Dans notre configuration on a utilisé un seul châssis (HD_MAIN) où on a inséré les cartes d'entrées/sorties analogiques et numériques et une carte de communication NCM de type 4329/N/G (Network Communication Module).

Ce châssis est équipé de deux alimentations redondantes, et de trois processeurs principaux MP. A, B, C de type 3008/N.

Dans notre programme on a utilisé 4 cartes d'entrées/sorties

- Un module d'entrées numériques (DI) utilisé acceptant une alimentation de 24V, et 32 points d'entrées possibles.
- Deux modules identiques de sorties numériques (DO), qui acceptent une alimentation de 24V, et chacun d'entre eux peut contenir 16 points de sorties possibles.
- Un module d'entrée analogique (AI) qui accepte une alimentation de 5V, et 16 points d'entrées possibles.

La figure ci-dessous illustre le châssis et les modules d'entrées/sorties utilisés :

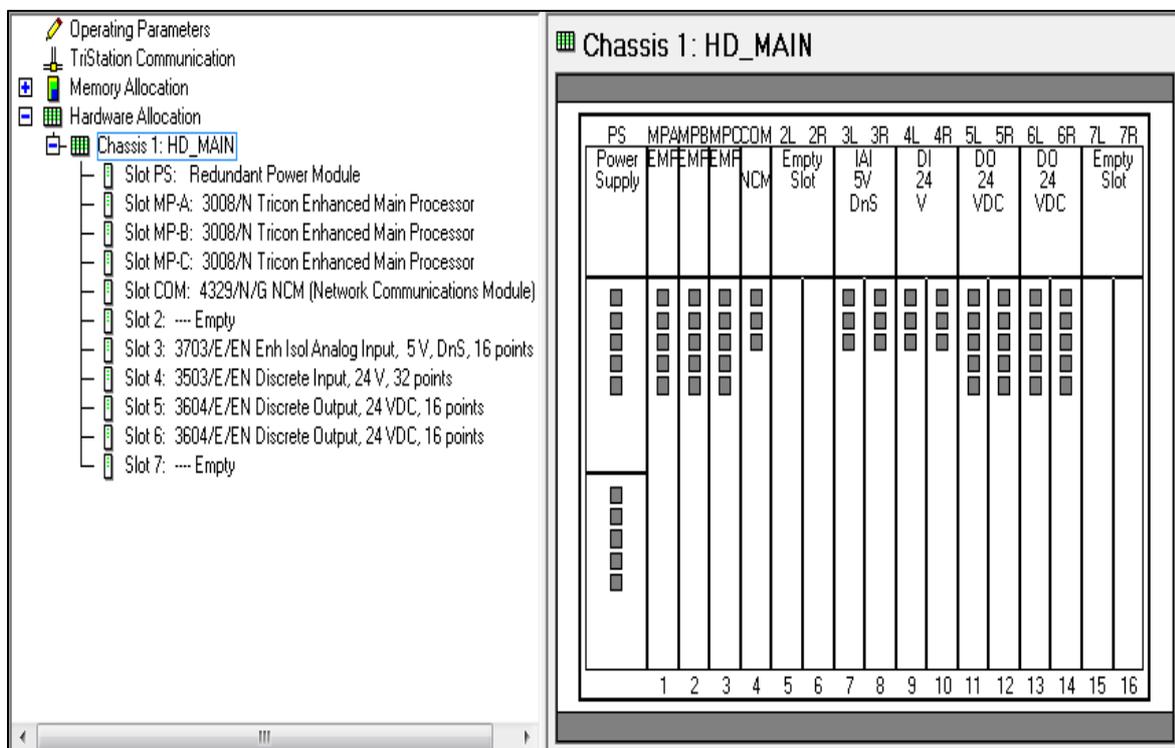


Fig. II.20 Châssis de l'API de notre programme.

Adresses des entrées/sorties utilisées

Le nombre d'entrées utilisé dans notre programme est 16 entrées numériques, et une entrée analogique, et le nombre de sorties utilisées est 21 sorties numériques.

Les adresses des entrées/sorties utilisées sont données par :

- Le premier chiffre de l'adresse correspond au châssis utilisé.
 - Le deuxième chiffre correspond au numéro du slot utilisé.
 - Le troisième chiffre correspond à l'emplacement de bit de l'entrée ou de la sortie dans le slot.
-
- Adresse d'entrée analogique (AI) située dans le slot 3 :
 - 01.03.01:** PT920 (transmetteur d'air instrument).

 - Adresses des entrées numériques (DI) utilisées, qui sont situées dans le slot 4 :
 - 01.04.01:** PT920_MOS (By passer le transmetteur).

 - 01.04.02:** HS900 (Bouton poussoir ESD).

 - 01.04.05:** HS901 (Bouton poussoir de redémarrage RESET).

 - 01.04.07:** contact_1 (ligne 1 venant de la sous station d'électricité).

 - 01.04.08:** contact_2 (ligne 2 venant de la sous station d'électricité).

 - 01.04.09:** LMS901A_C (limite Switch close de la vanne 901A).

 - 01.04.10:** LMS901B_C (limite Switch close de la vanne 901B).

 - 01.04.11:** LMS920_C (limite Switch close de la vanne 920).

 - 01.04.12:** LMS921_C (limite Switch close de la vanne 921).

 - 01.04.13:** LMS922_C (limite Switch close de la vanne 922).

 - 01.04.15:** ZXO901A (limite Switch open de la vanne 901A).

 - 01.04.16:** Open_commande (Commande d'ouverture venant de DCS)

01.04.19: ZXO901B (limite Switch open de la vanne 901B).

01.04.20: ZXO920_O (limite Switch open de la vanne 920).

01.04.22: ZXO921_O (limite Switch open de la vanne 921).

01.04.23: ZXO922_O (limite Switch open de la vanne 922).

- Adresses des sorties numériques (DO) de 1^{er} module de la sortie utilisée, qui est situé dans le slot 5 :

01.05.01: trip_UCP_A (Déclencher une alarme au niveau de la machine A).

01.05.02: trip_UCP_B (Déclencher une alarme au niveau de la machine B).

01.05.03: trip_UCP_C (Déclencher une alarme au niveau de la machine C).

01.05.04: trip_UCP_D (Déclencher une alarme au niveau de la machine D).

01.05.05: trip_UCP_E (Déclencher une alarme au niveau de la machine E).

01.05.06: trip_UCP_F (Déclencher une alarme au niveau de la machine F).

01.05.07: trip_UCP_G (Déclencher une alarme au niveau de la machine G).

01.05.08: trip_UCP_H (Déclencher une alarme au niveau de la machine H).

01.05.09 : trip_UCP_I (Déclencher une alarme au niveau de la machine I).

01.05.10: XSOV901A2 (Electrovanne de fermeture de la vanne XV901A).

01.05.11: XSOV901B2 (Electrovanne de fermeture de la vanne XV901B).

01.05.12: XSOV920A2 (Electrovanne de fermeture de la vanne XV920).

01.05.13: XSOV921A2 (Electrovanne de fermeture de la vanne XV921).

01.05.14: XSOV922A2 (Electrovanne de fermeture de la vanne XV922).

01.05.15: XSOV901A1 (Electrovanne d'ouverture de la vanne XV901).

- Adresses des sorties numériques (DO) de 2^{ème} module de la sortie utilisée, qui est situé dans le slot 6 :

01.06.01: XSOV901B1 (Electrovanne d'ouverture de la vanne XV901B).

01.06.02: XSOV920A1 (Electrovanne d'ouverture de la vanne XV920).

01.06.03: XSOV921A1 (Electrovanne d'ouverture de la vanne XV921).

01.06.04: XSOV922A1 (Electrovanne d'ouverture de la vanne XV922).

01.06.06: PSOV923B (Vanne vers torche XV931B).

01.06.08: XSOV931 (Electrovanne de commande de la vanne fuel gaz XV931).

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons établi l'analyse fonctionnelle, présenté les différentes parties composant le Triconex, donné ses caractéristiques, justifié son choix puis donné sa configuration.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter le logiciel de programmation Tristation 1131 ainsi que le programme que nous avons élaboré.

III.1 Introduction

Dans ce chapitre, on va présenter le logiciel de programmation Tristation 1131, et on va parler des éléments utilisés dans le programme. Enfin, on va présenter et détailler les blocs fonctionnels adaptés qu'on a créés et expliquer le fonctionnement de notre programme.

III.2 Logiciel Tristation 1131 [7]

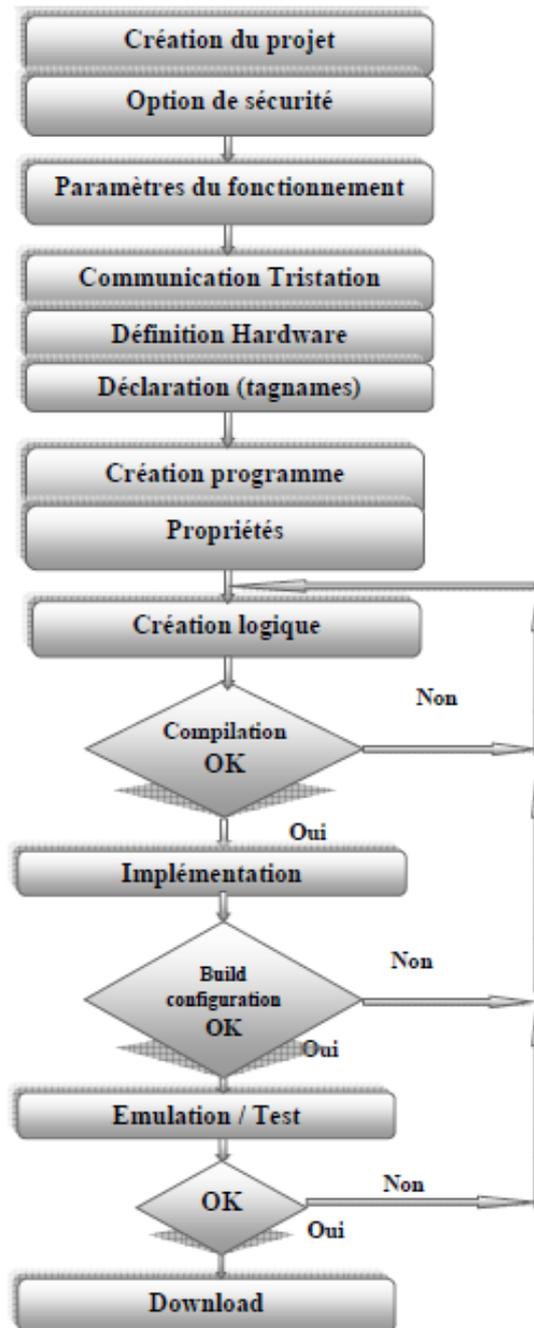
Le logiciel Tristation 1131 est un environnement de travail sous Windows qui permet de développer des applications de sécurité ou de contrôle pour les automates programmables.

Le système Triconex est compatible avec le logiciel Tristation 1131 dont les principales caractéristiques sont les suivantes :

- Trois langages de programmation, conforme à la norme IEC 1131-3 relative aux langages de programmation pour les API, comprenant :
 - ✓ Le langage diagramme fonctionnel (FBD).
 - ✓ Le langage à contact (LD).
 - ✓ Le langage littéral (ST).
- Prise en charge des éditeurs de programmation à matrice de cause à effets
- Compatible avec un grand nombre de types de données comme :
 - ✓ Les entiers 16 et 32 bits.
 - ✓ Les réels à virgule flottante 32 et 64 bits.
 - ✓ Les chaînes de caractères et les bits.
 - ✓ Les durées, date, heure, et jour.
- Offre une bibliothèque standard avec les fonctions suivantes :
 - ✓ Arithmétique.
 - ✓ Logique.
 - ✓ Conversion des données.
 - ✓ Comparaison.
- Permet aux utilisateurs de développer leurs propres fonctions, blocs fonctionnels, programmes et bibliothèques personnalisées.
- Permet l'émulation hors ligne des programmes sur le poste de travail Tristation 1131.
- La définition des noms (tagnames) et des variables programmes.
- Les messages d'erreur du compilateur indiquent les zones qui comportent des erreurs de programmation et facilitent ainsi la mise au point du programme.

- L'arborescence de la configuration matérielle permet aux utilisateurs de configurer facilement chaque châssis et les modules d'entrées/sorties associés à un système Triconex.
- Des écrans de diagnostic affichent les châssis et les modules d'entrées/sorties et leurs états respectifs.

Étapes de création d' une application



III.3 Eléments du programme

1. Fonctions tirées de la bibliothèque de Tristation 1131

- Opérations sur bits (Logique).
- Opérations Arithmétiques.
- Eléments de Comparaison.
- Opérations de temporisation.
- Conversion des données.

2. Bibliothèque personnalisée

Pour programmer notre application, nous avons créé des blocs fonctionnels adaptés. Nous les présentons dans la suite.

a. Bloc fonction air_instrument

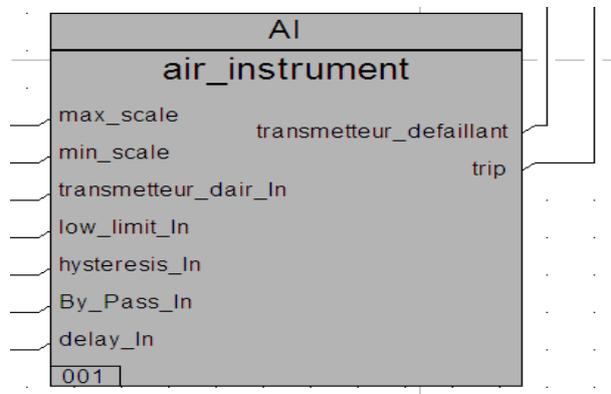


Fig.III.1 Function Block air_instrument

La valeur numérique mise à l'échelle venant du transmetteur de pression (transmetteur_dair_In), prise entre une valeur max (max_scale) et une valeur min (min_scale) est transformée à travers le bloc fonction AIN en une valeur analogique.

Le bloc AIN bloc a trois (03) entrées, 02 sont des constantes réelles qui représentent la valeur max (max_scale) et la valeur min (min_scale), et la troisième est liée à l'entrée analogique (transmetteur_dair_In), le rôle du bloc est de convertir l'entrée numérique mise à l'échelle en valeur réelle prise entre la valeur min et max données par l'opérateur.

L'intervalle des valeurs analogiques du fonctionnement du bloc est [819, 4095].

Exemple

```
VAR y : REAL; END_VAR
y := AIN( 100.0, 4095, 0.0 );      (* result is 100.0 *)
y := AIN( 100.0, 2457, 0.0 );    (* result is 50.0 *)
y := AIN( 100.0, 819, 0.0 );     (* result is 0.0 *)
```

La sortie de ce bloc est ainsi comparée dans un bloc LT (less than ou inférieur à) à la valeur limite autorisée de pression (low_limit_in) qui est 4 bars.

D'un autre côté, la valeur numérique mise à l'échelle venant du transmetteur est comparée avant d'être transformée en valeur analogique à la valeur numérique 600, qui est l'équivalent d'une valeur de pression analogique négative.

- Si le transmetteur indique une valeur négative ET ce transmetteur n'est pas by passé alors le transmetteur est défaillant.
- Si le transmetteur est défaillant OU la valeur de la pression est au-dessous de la valeur limite (4 bars) alors attendre un certain temps (Delay_In multiplié fois 10 ms) pour confirmer l'information.
- Si l'information est confirmée ET le transmetteur n'est pas by passé, ALORS déclencher une alarme (trip).

La valeur analogique de la pression est comparée à une valeur (low_limit_In) qui est 4 bars additionnée à une valeur dite d'hystérésis (hysteresis_In) qui est 0.2 bars.

- Si la valeur de la pression est toujours inférieure à cette valeur (4.2 bars) ALORS maintenir l'alarme déclenchée.

Le détail de ce bloc est donné dans la figure III.2.

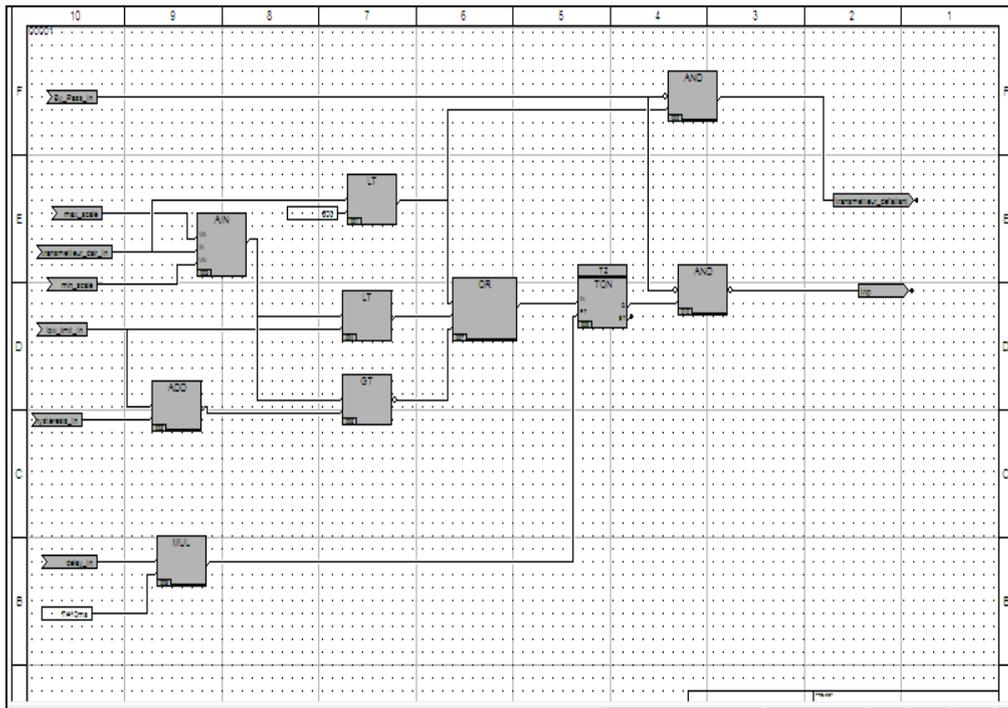


Fig.III.2 Programme source du bloc air_instrument.

b. Bloc fonction RESET

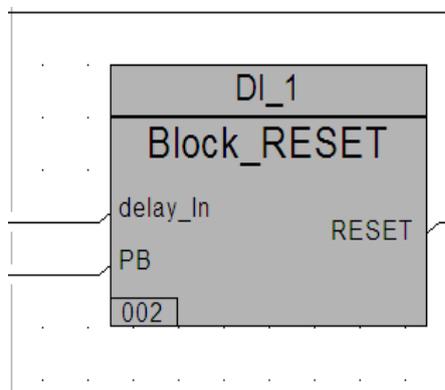
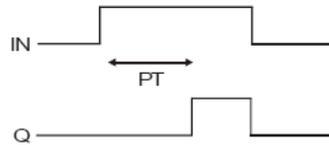


Fig. III.3 Function block RESET

Pour redémarrer la station après déclenchement, même en supprimant la cause de déclenchement, cette dernière ne peut pas être redémarrée avant d'appuyer sur le bouton RESET. La commande de redémarrage entre dans un bloc TON (Time On) dont l'objectif est de confirmer l'information, le temps de confirmation est donné à travers le bloc MUL (Delay_In multiplié fois 10 ms).

La fonction TON a pour but de définir un retard par une valeur constante en son entrée PT, la sortie du bloc n'est à 1 qu'après écoulement du temps de retard donné, illustration :



Le détail de ce bloc est donné dans la figure III.4.

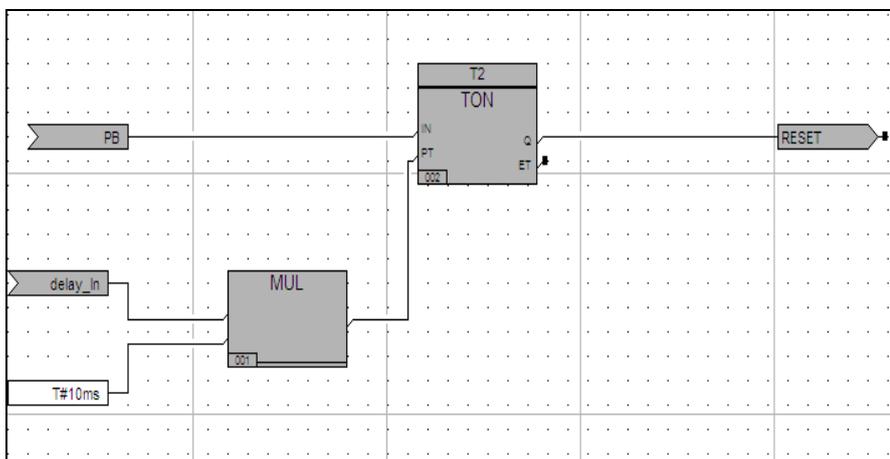


Fig.III.4 Programme source du bloc RESET

c. Bloc fonction push_button

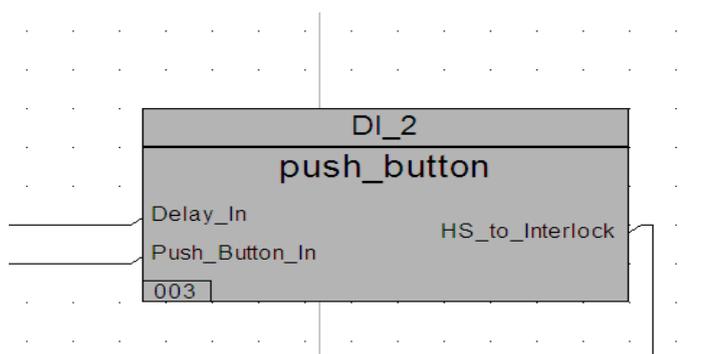
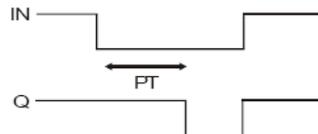


Fig.III.5 Function Block bouton poussoir.

Quand l'opérateur constate un risque, il doit appuyer sur le bouton poussoir (push_button) pour déclencher la station. La commande ne va s'exécuter qu'après écoulement d'un temps dit de confirmation. Ce temps est donné par le bloc MUL (Delay_In multiplié fois 10 ms). La sortie

de ce bloc entre dans le bloc TOF dont le rôle est d'attendre que le temps programmé s'écoule avant d'exécuter la commande de déclenchement.

Le rôle de la fonction TOF est de définir un retard défini comme valeur constante en son entrée PT, la sortie du bloc n'est à 0 qu'après écoulement du temps de retard donné, illustration :



Le détail de ce bloc est donné dans la figure III.6 suivante :

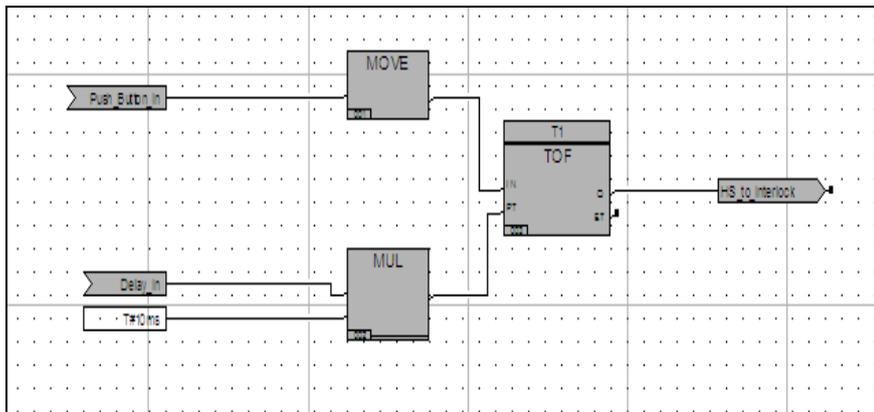


Fig.III.6 Programme source du bloc PUSH_button

d. Bloc fonction under_voltage

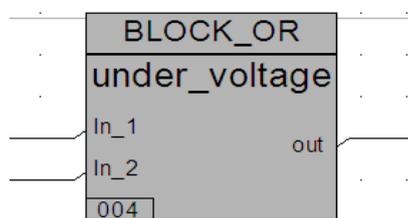


Fig.III.7 Bloc under_voltage.

L'entrée des 02 lignes d'électricité venant de la sous station entre dans un bloc OR. Ces deux lignes sont commandées par deux disjoncteurs principaux et contrôlées par des relais de protection contre une chute de tension.

- Si l'un des deux relais de protection s'ouvre (se met à l'état 0) ALORS aucune réaction car la deuxième ligne prend en charge toute la station.
- Si les deux relais de protection s'ouvrent ALORS il y a une chute de tension, donc déclencher la station.

Le détail de ce bloc est donné dans la figure III.8 suivante :

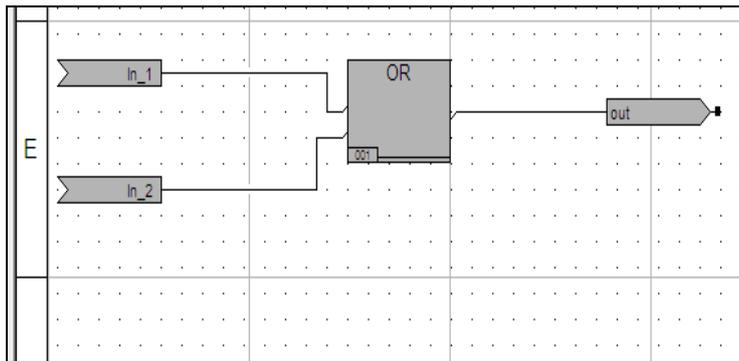


Fig.III.8 Programme source du bloc under_voltage.

e. Bloc fonction VLV_DO

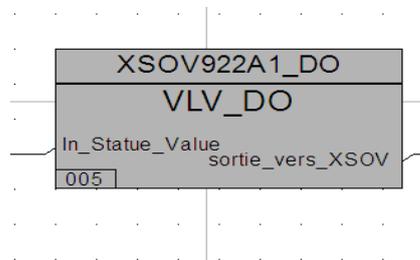


Fig.III.9 Bloc VLV_DO

Ce bloc permet de transférer les données sauvegardées dans une zone mémoire vers les électrovannes qui commandent les vannes d'entrée/sortie de la station.

Le détail de ce bloc est donné dans la figure III.10 suivante :

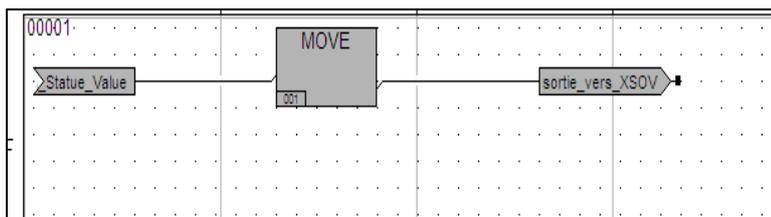
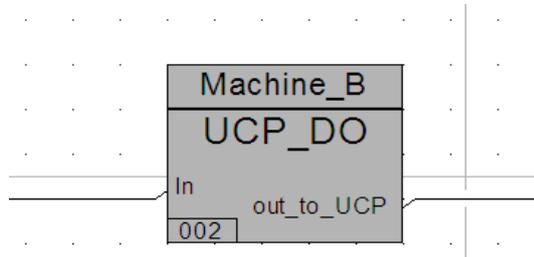
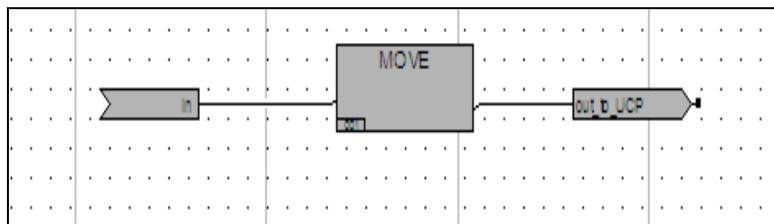
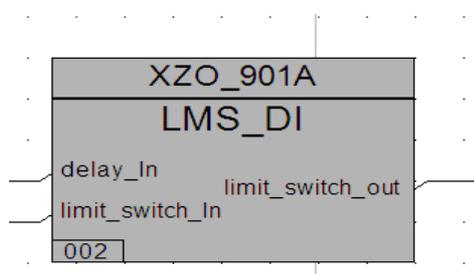


Fig.III.10 Programme source du bloc VLV_DO

f. Bloc fonction UCP_DO**Fig.III.11** Bloc UCP_DO

Ce bloc permet de transférer les données sauvegardées dans une zone mémoire vers les électrovannes qui commandent les vannes de torche, et celles des ballons de séparation d'entrée des turbocompresseurs.

Le détail de ce bloc est donné dans la figure III.12 suivante :

**Fig.III.12** Programme source du bloc UCP_DO**g. Le bloc fonction LMS_DI****Fig.III.13** Bloc LMS_DI

Ce bloc a pour but de confirmer l'état des vannes d'entrée/sortie, à travers la valeur digitale qu'envoie le limit switch.

Si le limit switch envoie la valeur 1 alors attendre 2.5s le temps de confirmation (dans le bloc TON) puis indiquer que la vanne est ouverte.

Si le limit switch envoie la valeur 0 alors indiquer que la vanne est fermée.

Le détail de ce bloc est donné dans la figure III.14 suivante :

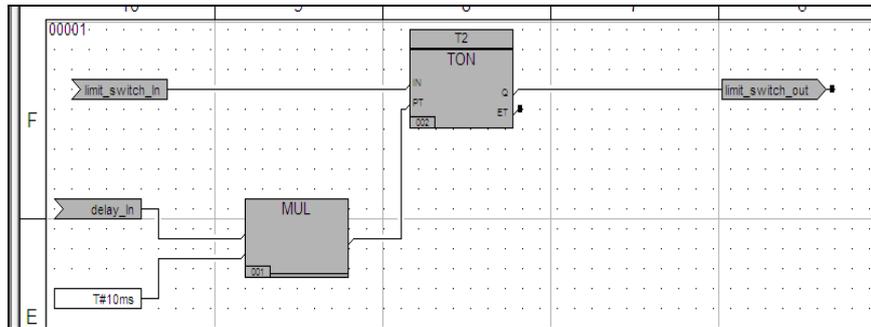


Fig.III.14 Programme source du bloc LMS_DI

h. Bloc fonction DCS_DI

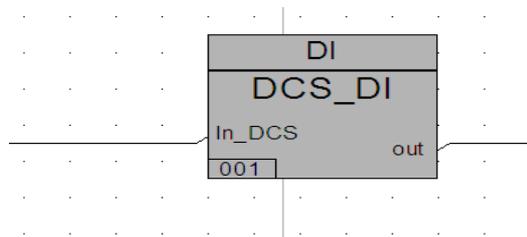


Fig.III.15 Bloc DCS_DI

Ce bloc permet de transférer la commande d'ouverture des vannes venant du DCS vers les actionneurs.

Le détail de ce bloc est donné dans la figure III.16 suivante :

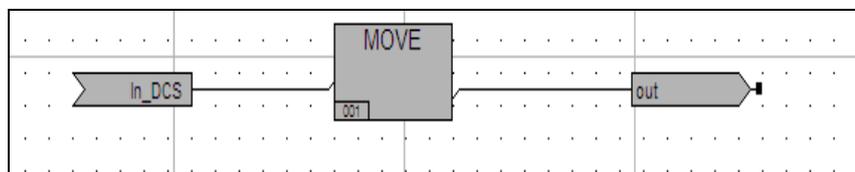


Fig.III.16 Programme source du bloc DCS_DI.

III.4 Fonctionnement du programme

Le programme est constitué d'une partie qui englobe les trois facteurs de déclenchement : la chute de pression, la chute de tension, et le bouton ESD. Voir Fig.III.17.

Si

- L'opérateur appuie sur le bouton ESD (push_button) ;

Ou

- La pression d'air instrument chute ;

Ou

- La tension chute dans les deux lignes venant de la sous station de production d'électricité

Alors

Mémoriser dans la case mémoire M la valeur numérique 0.

Si

- Le transmetteur de pression d'air instrument est défaillant

Alors

- Afficher l'information.

Si l'un des trois facteurs est à l'état 0 (il y a un problème), la sortie qu'on a mémorisée dans une zone mémoire M dans le programme va être à l'état 0, ce qui implique le déclenchement de la station.

La mémoire M est liée :

- A la vanne d'aspiration XV901A pour la fermer et ainsi isoler la station du manifold d'entrée côté module 0 et 1 et cela, en désexcitant l'électrovanne SOV901A2. Voir Fig.III.18.
- A la vanne d'aspiration XV901B pour la fermer et ainsi isoler la station du manifold d'entrée côté module 4 et cela, en désexcitant l'électrovanne SOV901B2. Voir Fig.III.19.
- A la vanne de refoulement vers le module MPP4 XV920 pour la fermer en désexcitant l'électrovanne SOV920A2. Voir Fig.III.20.
- A la vanne de refoulement vers le module MPP0 XV921 pour la fermer en désexcitant l'électrovanne SOV921A2. Voir Fig.III.21
- A la vanne de refoulement vers le module MPP1 XV922 pour la fermer en désexcitant l'électrovanne SOV922A2. Voir Fig.III.22
- La vanne du Fuel gaz pour la fermer en désexcitant l'électrovanne SOV931 et la vanne vers torche pour l'ouvrir en désexcitant l'électrovanne SOV923. Voir Fig.III.23.
- Aux turbocompresseurs pour les arrêter (UCP). Voir Fig.III.24.

Conclusion

L'élaboration d'un programme sous Tristation 1131 nécessite une connaissance approfondie du cahier des charges. Ce dernier est extrait du manuel de l'exploitation qu'on nous a fourni à SONATRACH.

Dans ce chapitre, on a présenté le logiciel de programmation Tristation 1131, et on a expliqué le fonctionnement du programme qu'on a établi.

Ce dernier a été testé sous Tristation car il n'a pas été possible de le valider sur site.

Conclusion générale

Notre travail a été mené au sein de la société SONATRACH 'Direction Régionale de Hassi R'mel' où nous avons effectué notre stage pratique. Son objet est d'étudier la sécurité de la station Boosting assurée par un automate programmable industriel Triconex. Cet API a été choisi par la société car il est en mesure d'assurer la sécurité d'une zone de gaz où le niveau de sécurité exigé est très élevé.

Les sorties effectuées sur site se sont avérées très enrichissantes pour notre expérience professionnelle aussi bien en ce qui concerne le domaine technique que l'aspect humain.

De plus, ce travail nous a permis de mettre en pratique quelques notions théoriques que nous avons reçues en cours et les développer.

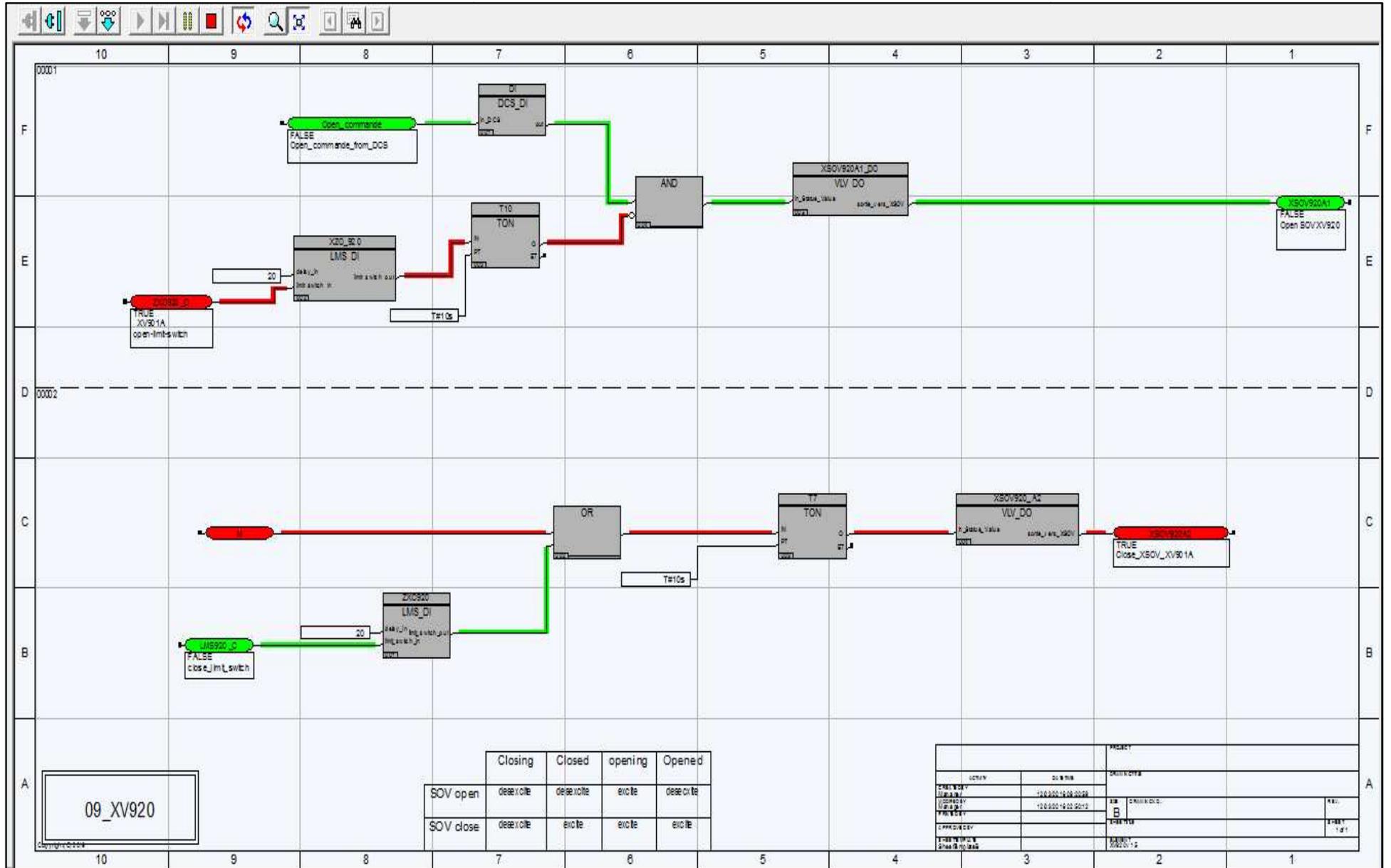
Dans notre travail nous avons étudié le procédé, justifié l'utilisation de l'automate Triconex et donné sa configuration qui permet d'assurer la sécurité de la station SBC.

Nous avons, de plus, élaboré une analyse fonctionnelle et un programme sous le logiciel Tristation 1131. La simulation sur Tristation a donné les résultats attendus. Cependant, nous n'avons pas pu le simuler sur le site parce que c'est une zone industrielle dangereuse et cela risquait de déclencher toute la station et de nécessiter un redémarrage de toute l'unité.

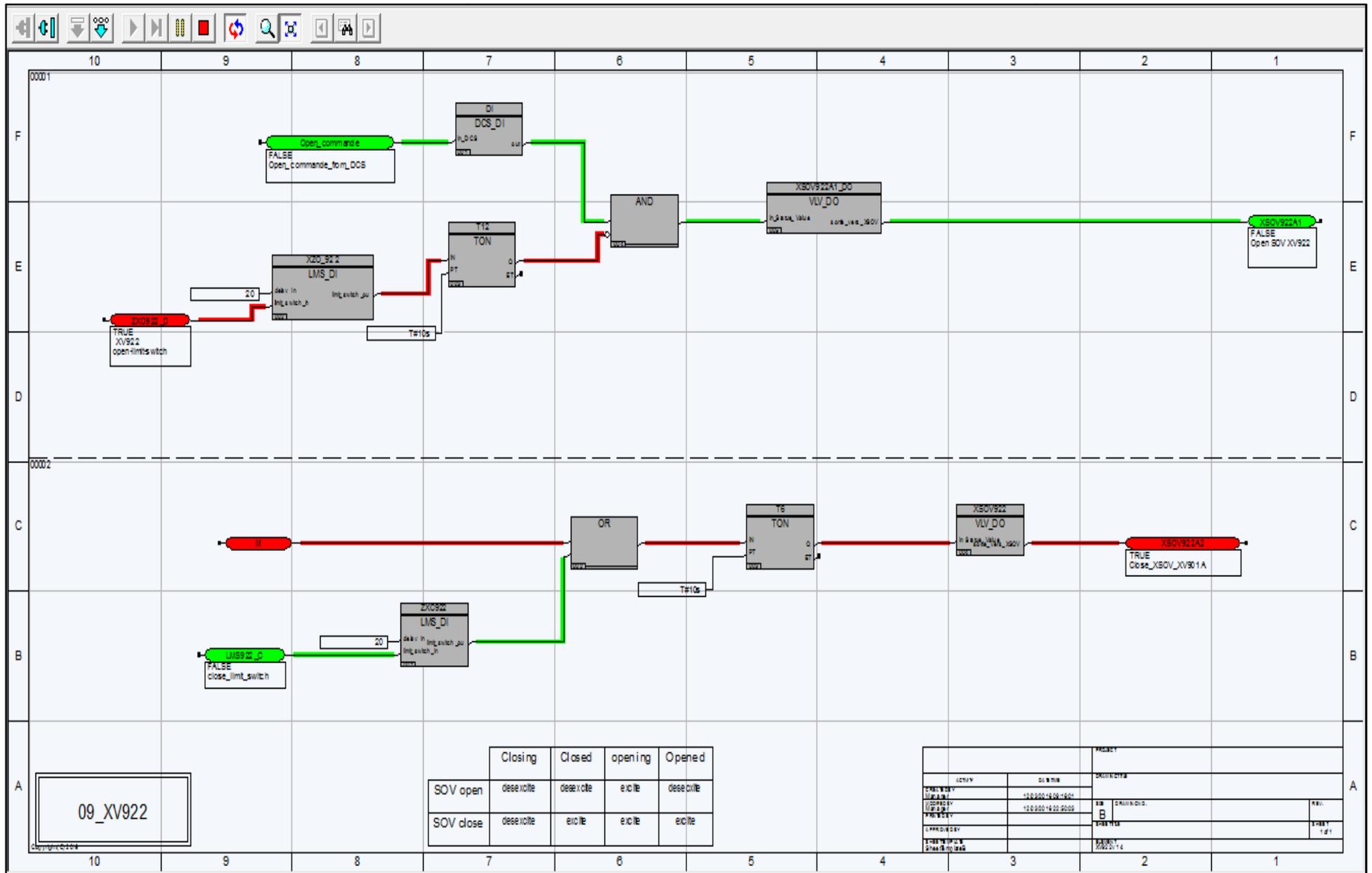
Bibliographie

- [1] Fichier de présentation du champ Hassi R'mel, 2003.
- [2] Manuel d'exploitation de procédé de la Station Boosting Centre (SBC).
- [3] Cahier de charge.
- [4] Guide d'utilisation des vannes GROVE.
- [5] Documentation technique Triconex d'Invensys 15 juin 2006.
- [6] Manuel de l'architecture du Triconex.
- [7] Logiciel Tristation 1131 version 4.9 de la Station Boosting.

Programme de commande de la vanne XV920 :



Programme de commande de la vanne XV922 :

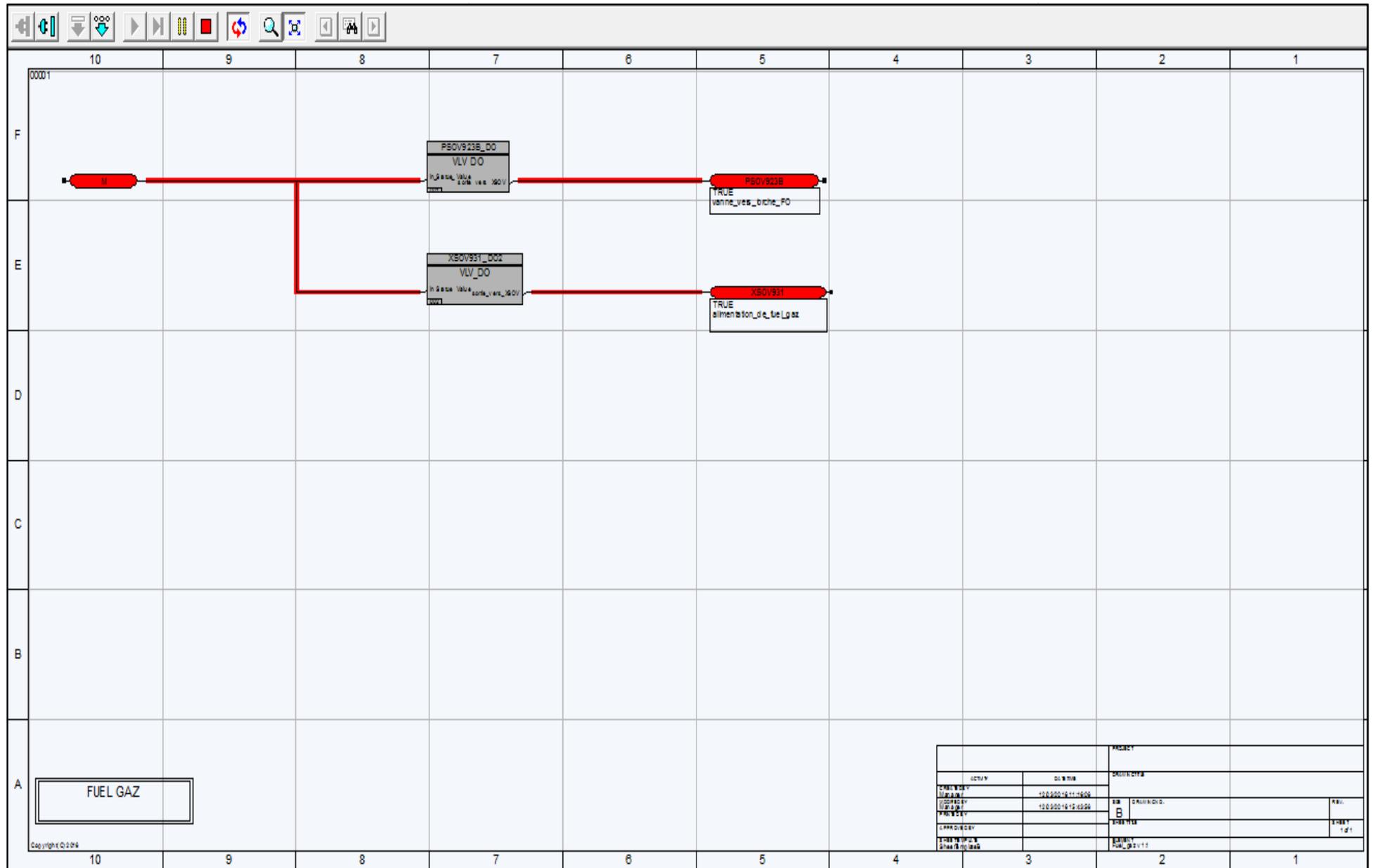


09_XV922

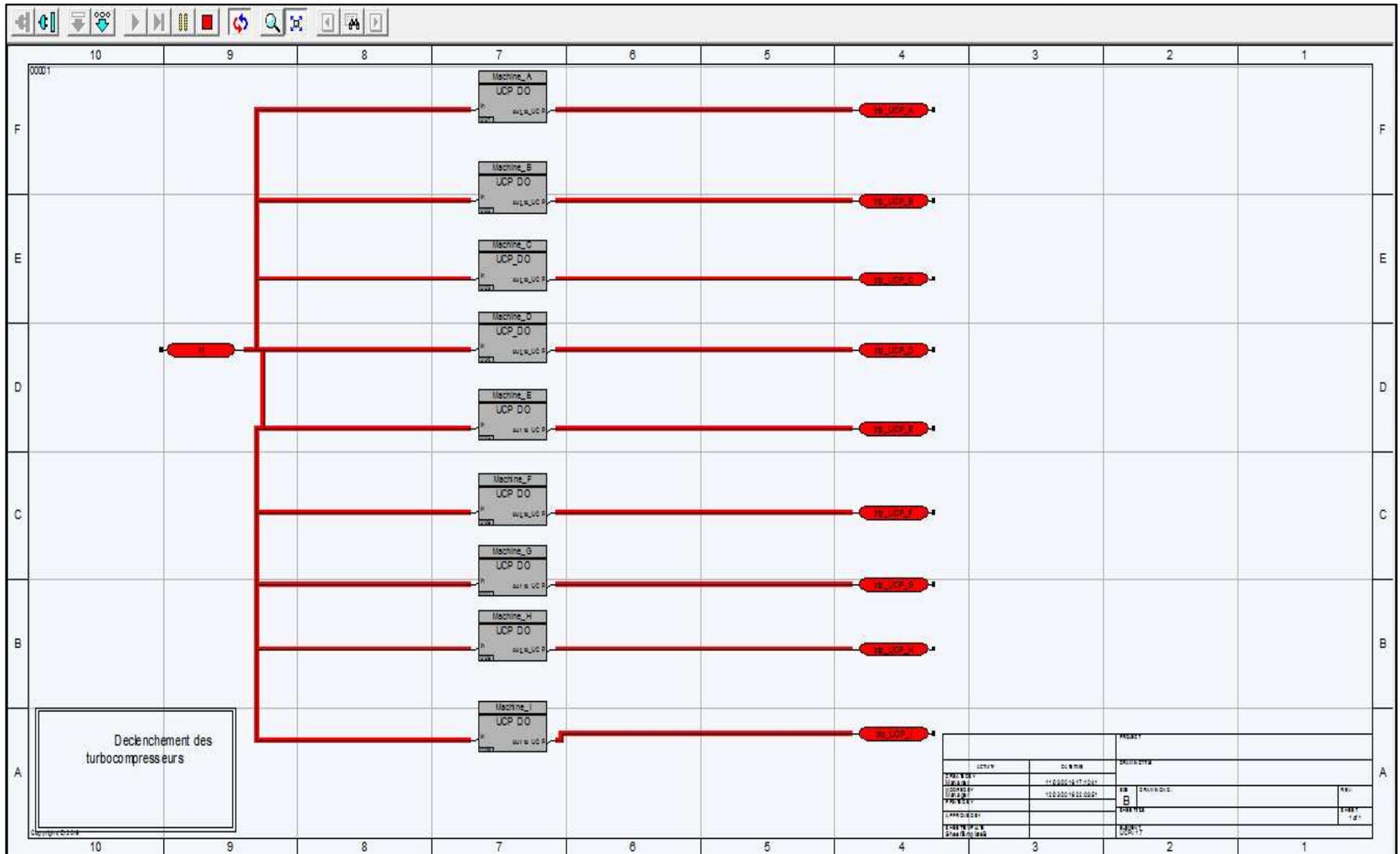
	Closing	Closed	opening	Opened
SOV open	desevoite	desevoite	excite	desevoite
SOV close	desevoite	excite	excite	excite

IDENTIFICATION		DATE		PROJET	
PROJET	09_XV922	DATE	12/02/2010	PROJET	09_XV922
PROJET	09_XV922	DATE	12/02/2010	PROJET	09_XV922
PROJET	09_XV922	DATE	12/02/2010	PROJET	09_XV922

Programme de commande de la vanne du fuel gaz XV931 et de la vanne vers torche XV923 :

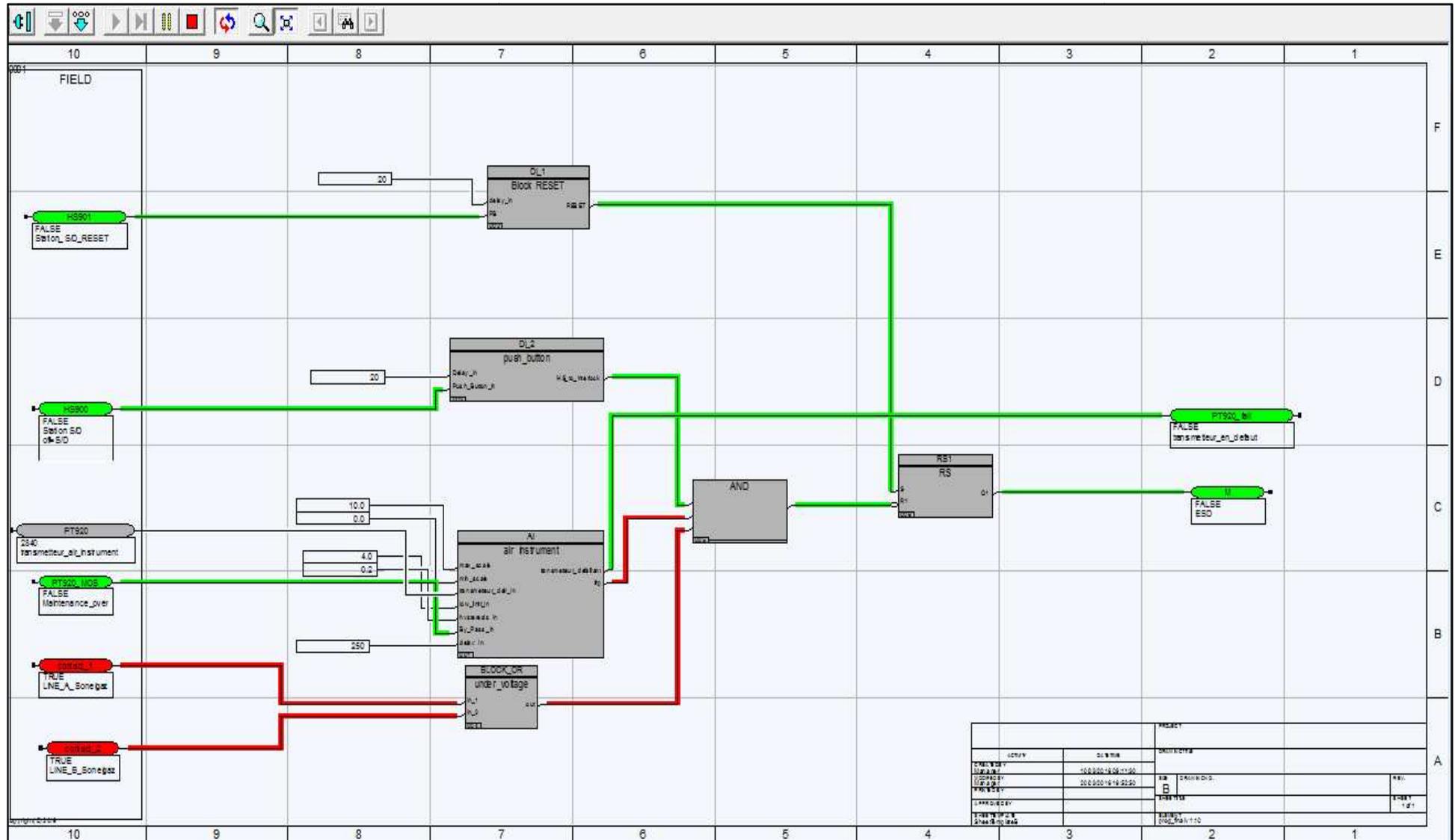


L'UCP : unit control process :

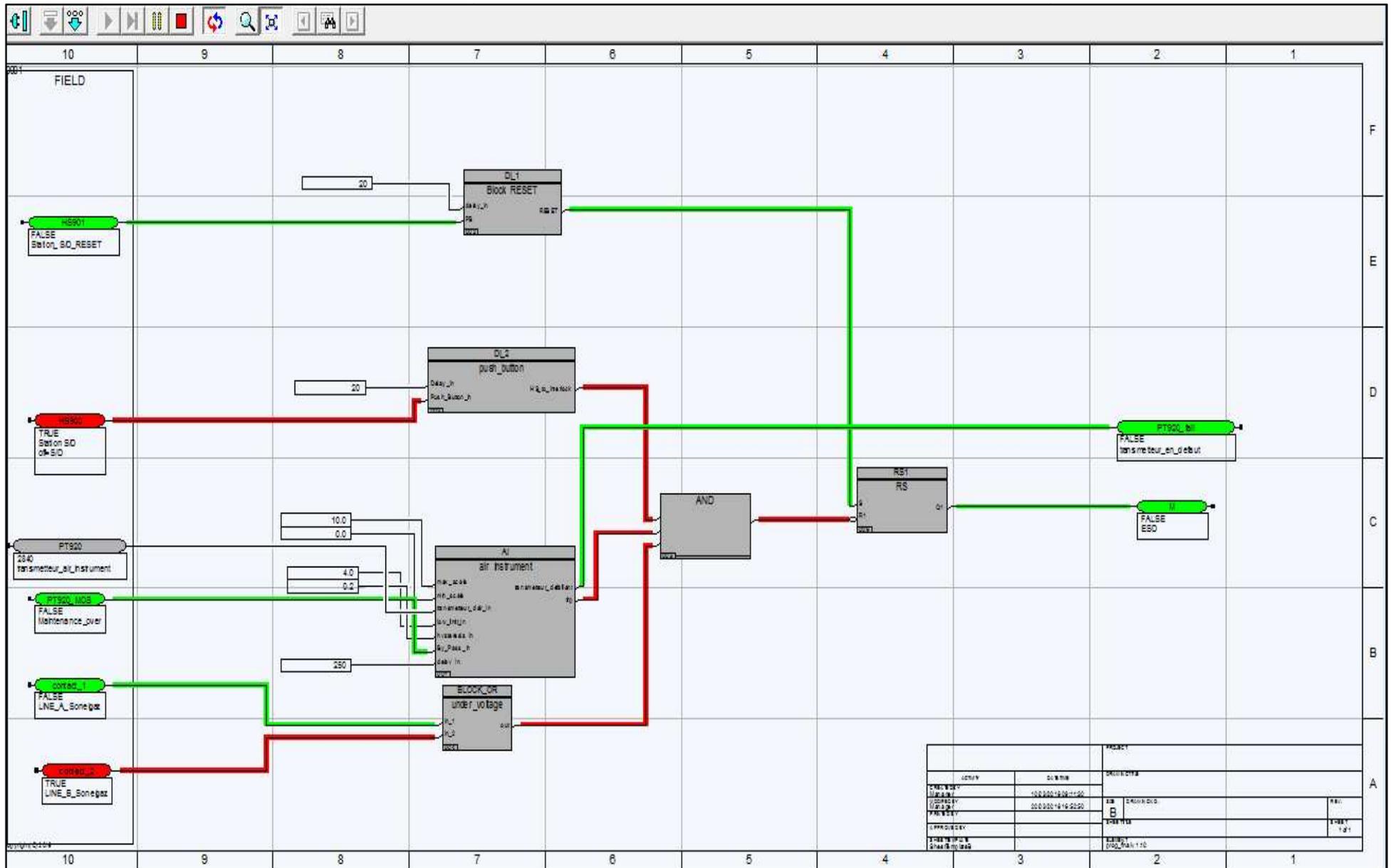


Simulation du programme dans le cas de déclenchement :

1. la cause de déclenchement est le bouton ESD :

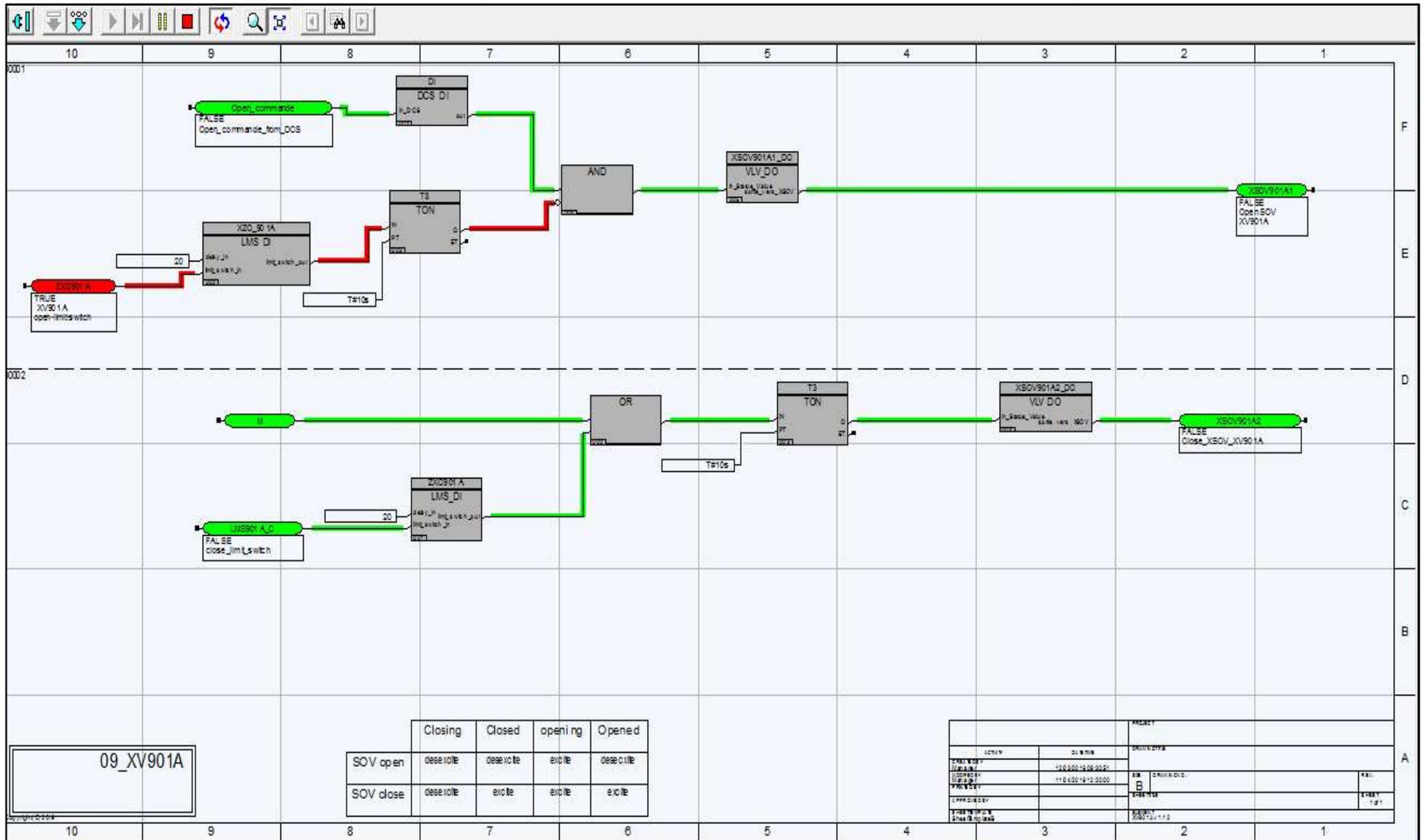


2. la cause de déclenchement est la chute de tension :



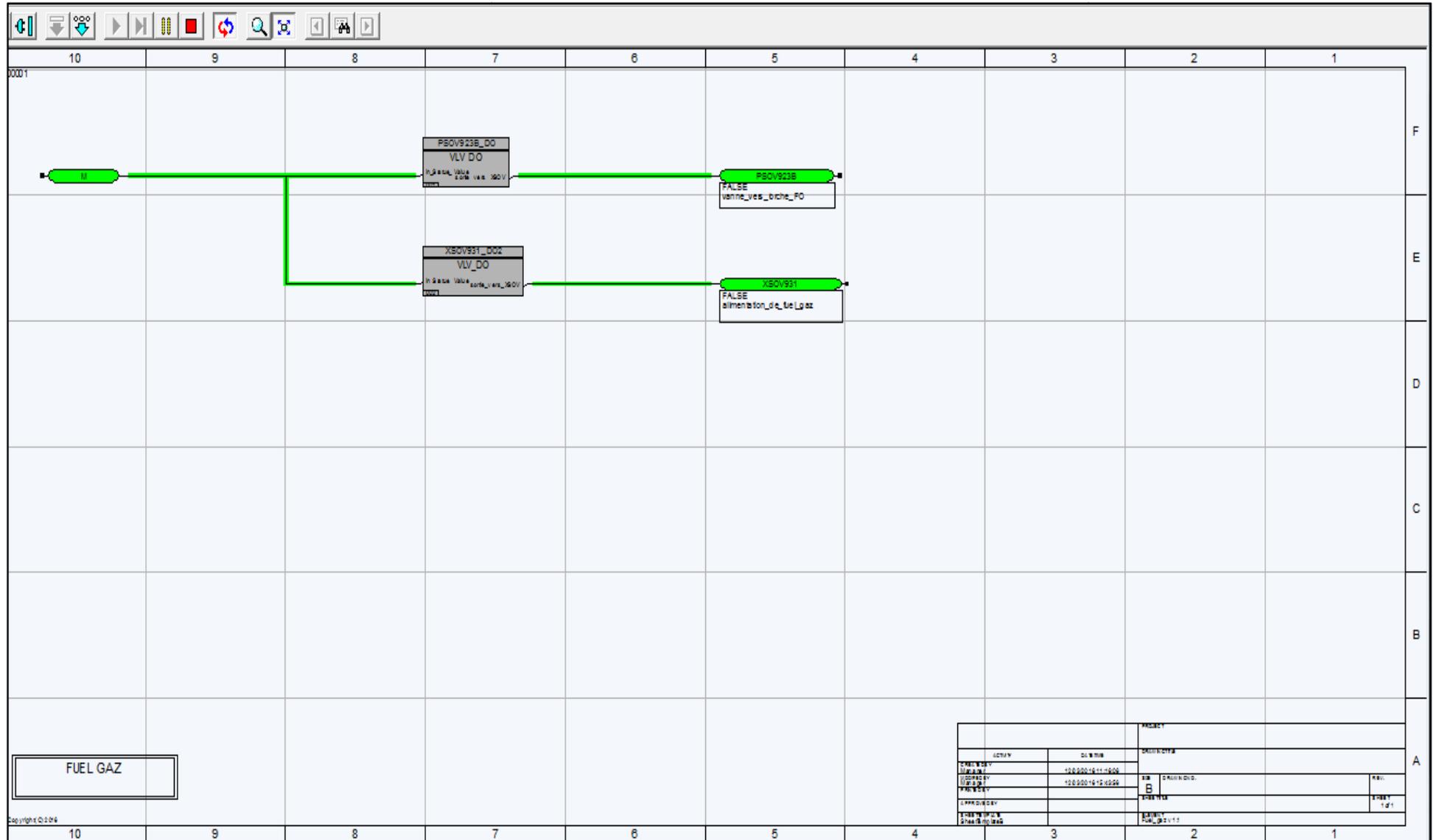
Suite à l'une des causes précédentes, les vannes passent à l'état closing avant de se fermer totalement :

La vanne XV901A à l'état closing :

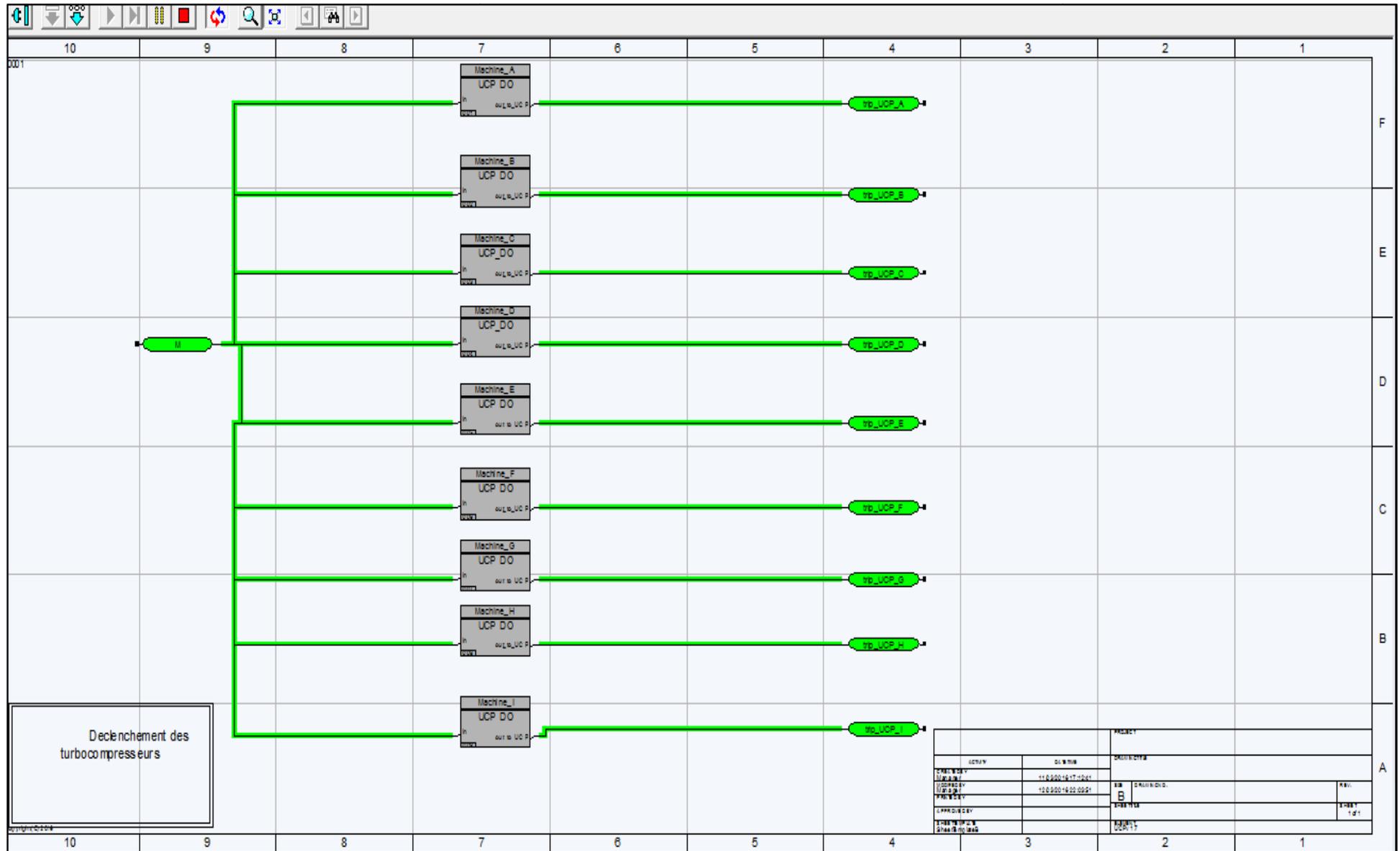


Même chose pour les autres vannes XV901B, XV920, XV921 et XV922.

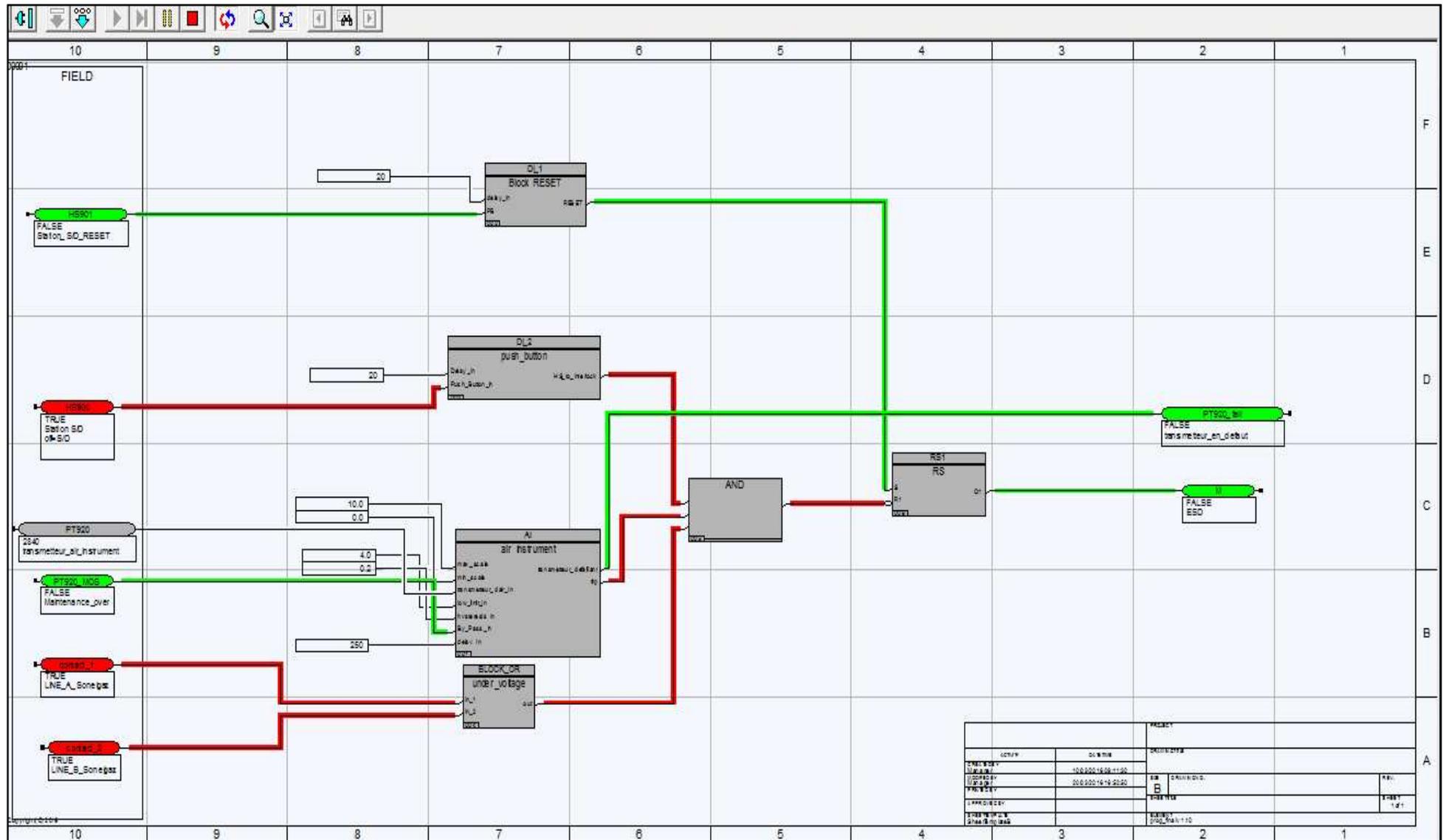
La vanne de Fuel gaz se ferme aussi et celle vers torche s'ouvre :



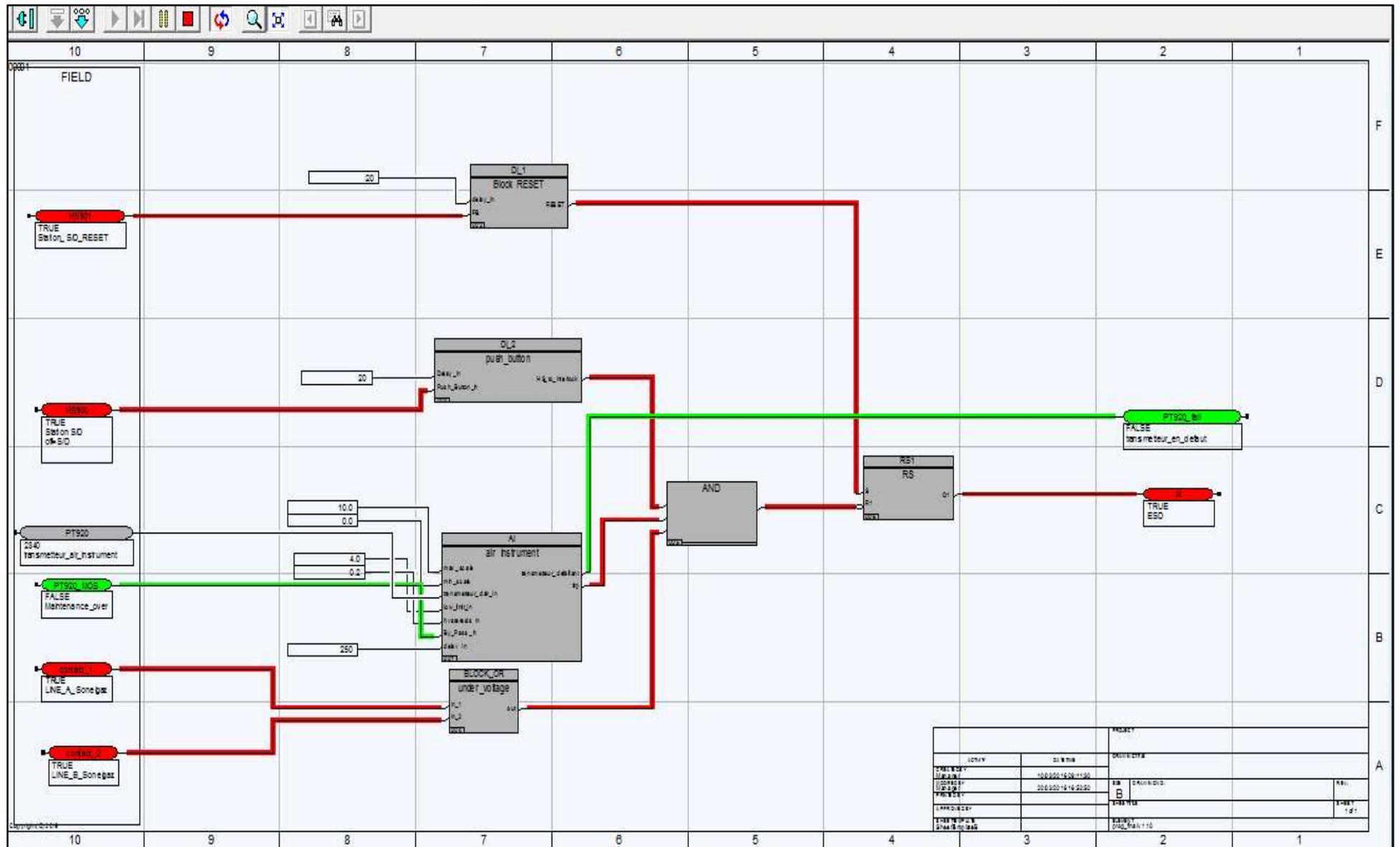
L'UCP:



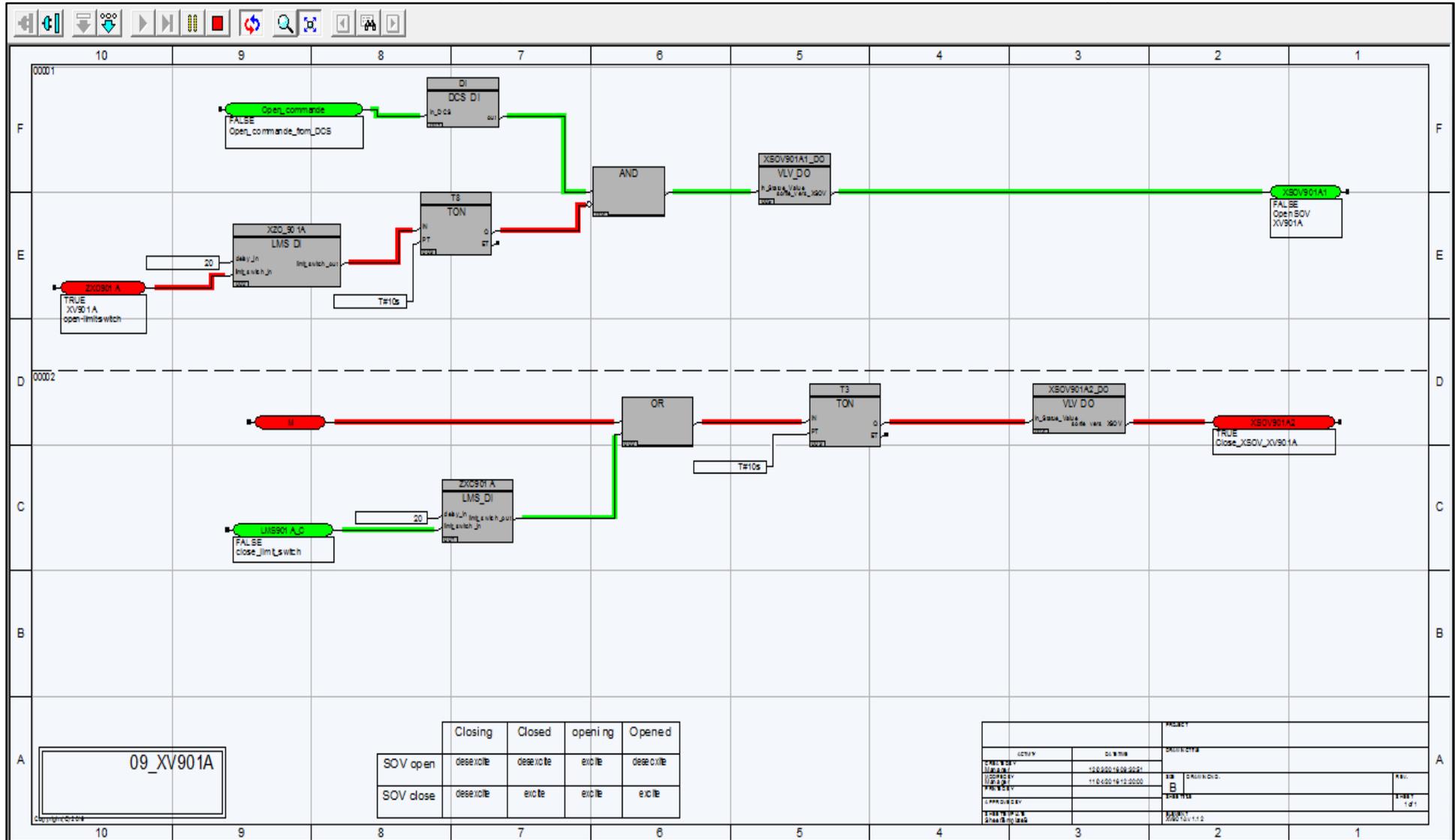
Après que la source du déclenchement soit éloignée, et que le problème soit résolu, les vannes ne s'ouvrent jusqu'à ce qu'on envoie une impulsion par le bouton RESET :



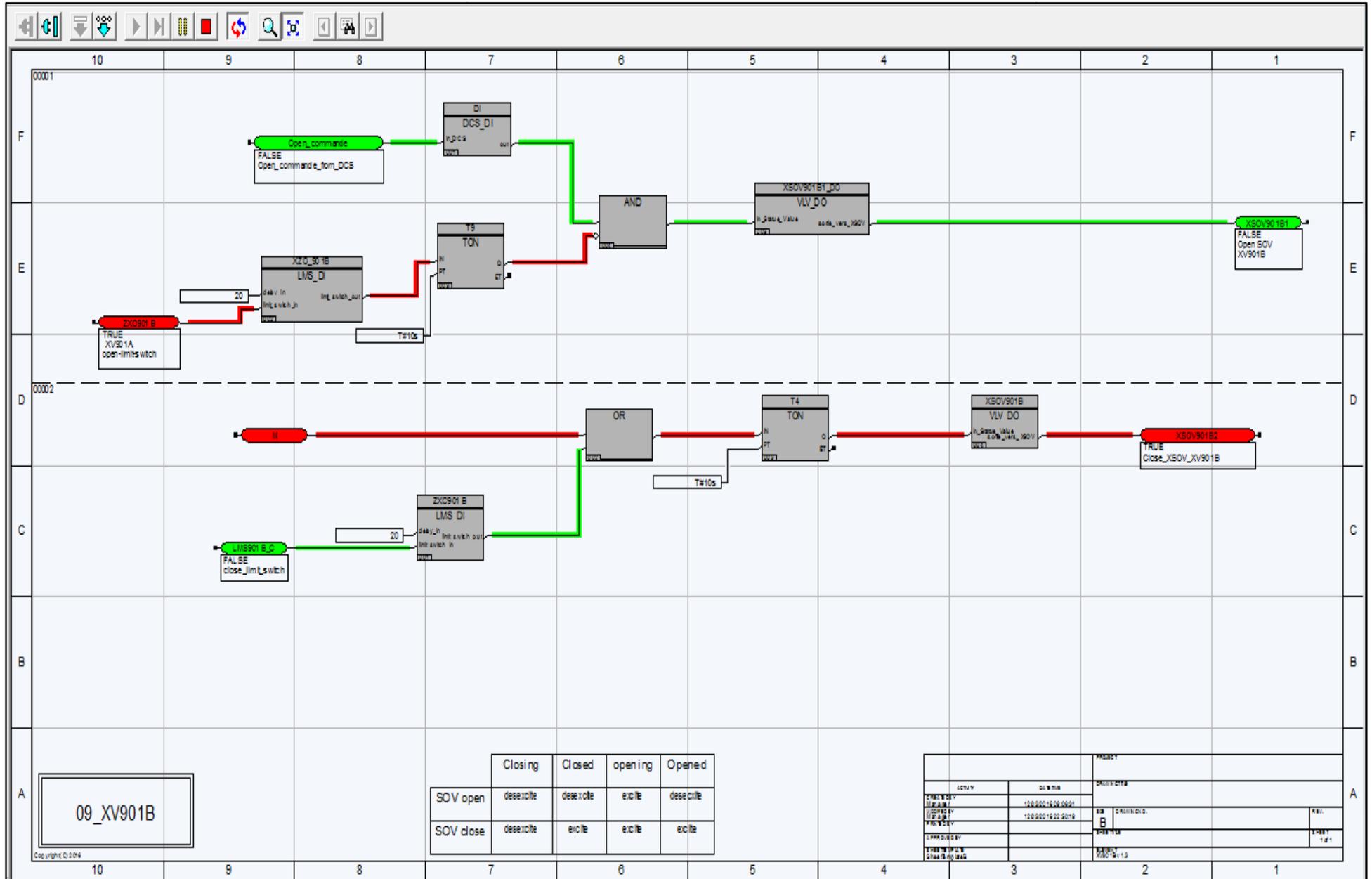
Après l'appui sur RESET :



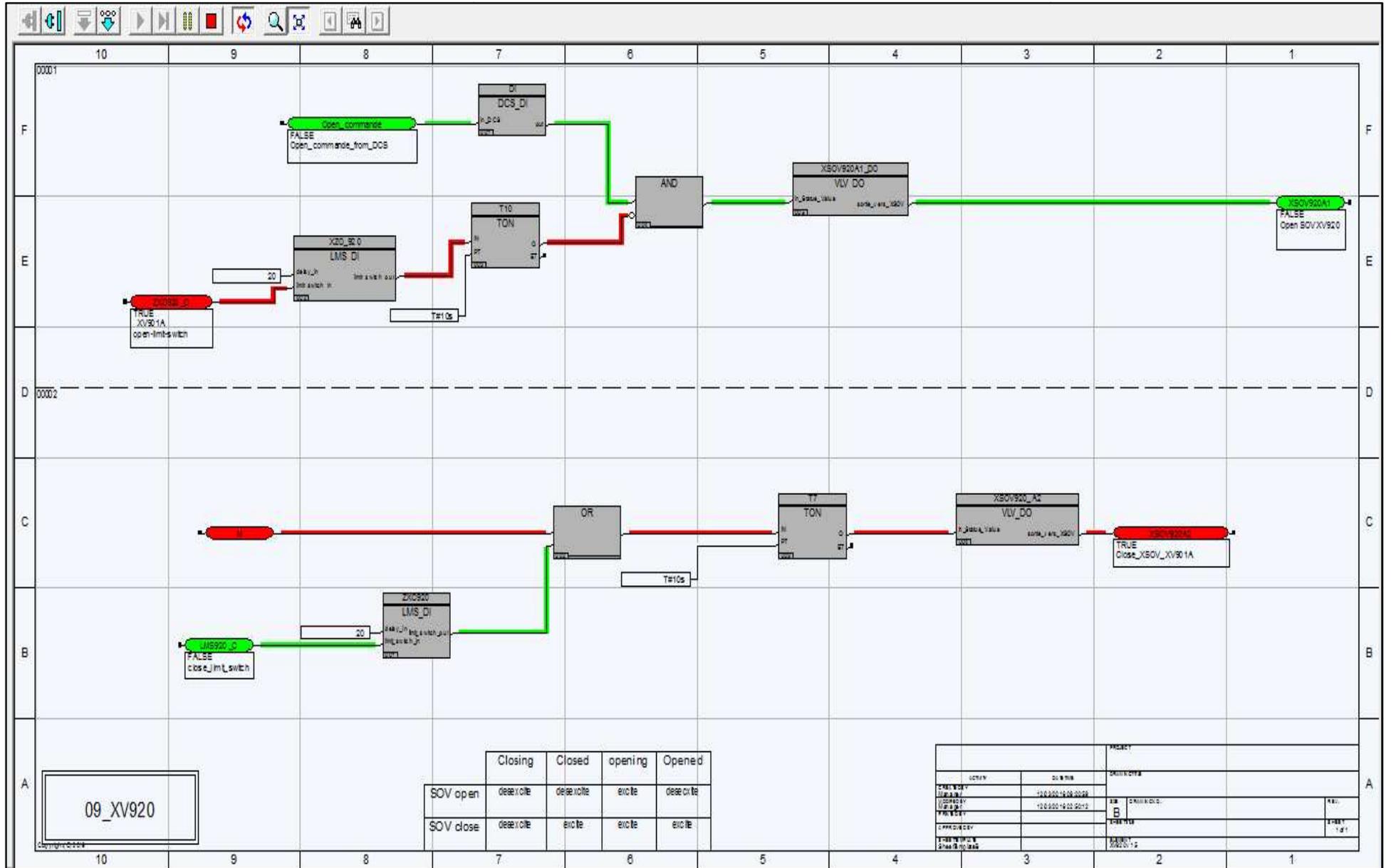
Programme de commande de la vanne XV901A :



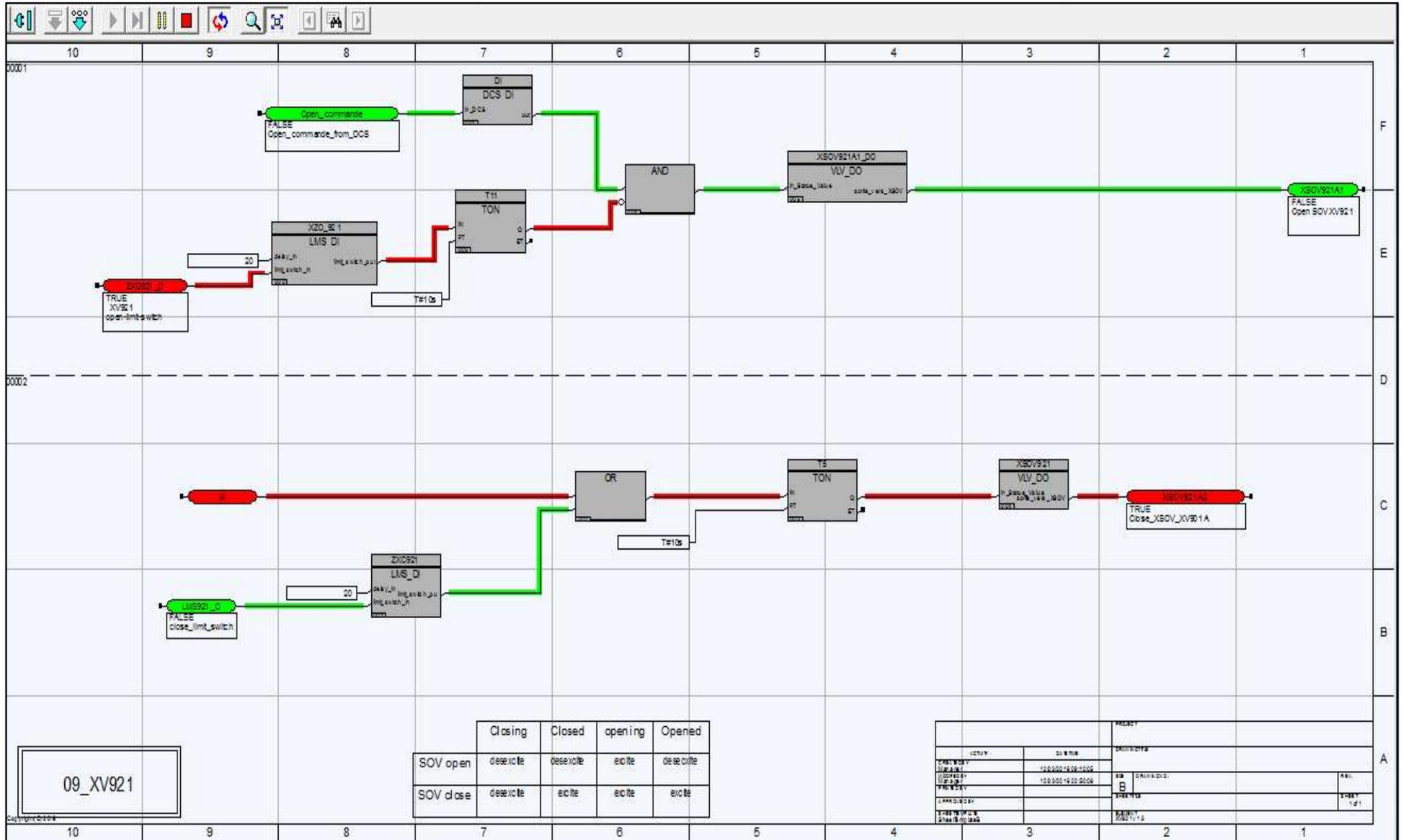
Programme de commande de la vanne XV901B :



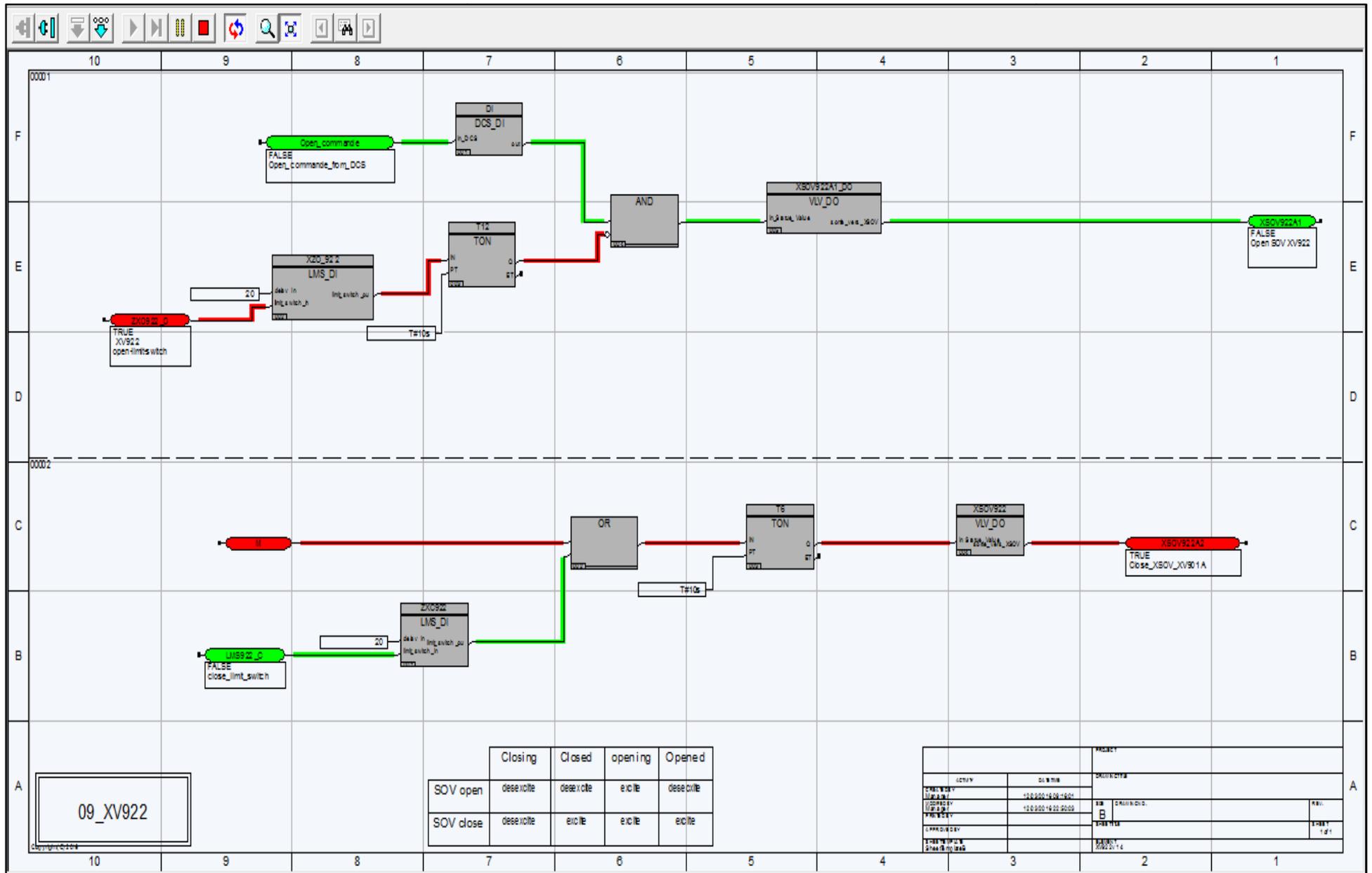
Programme de commande de la vanne XV920 :



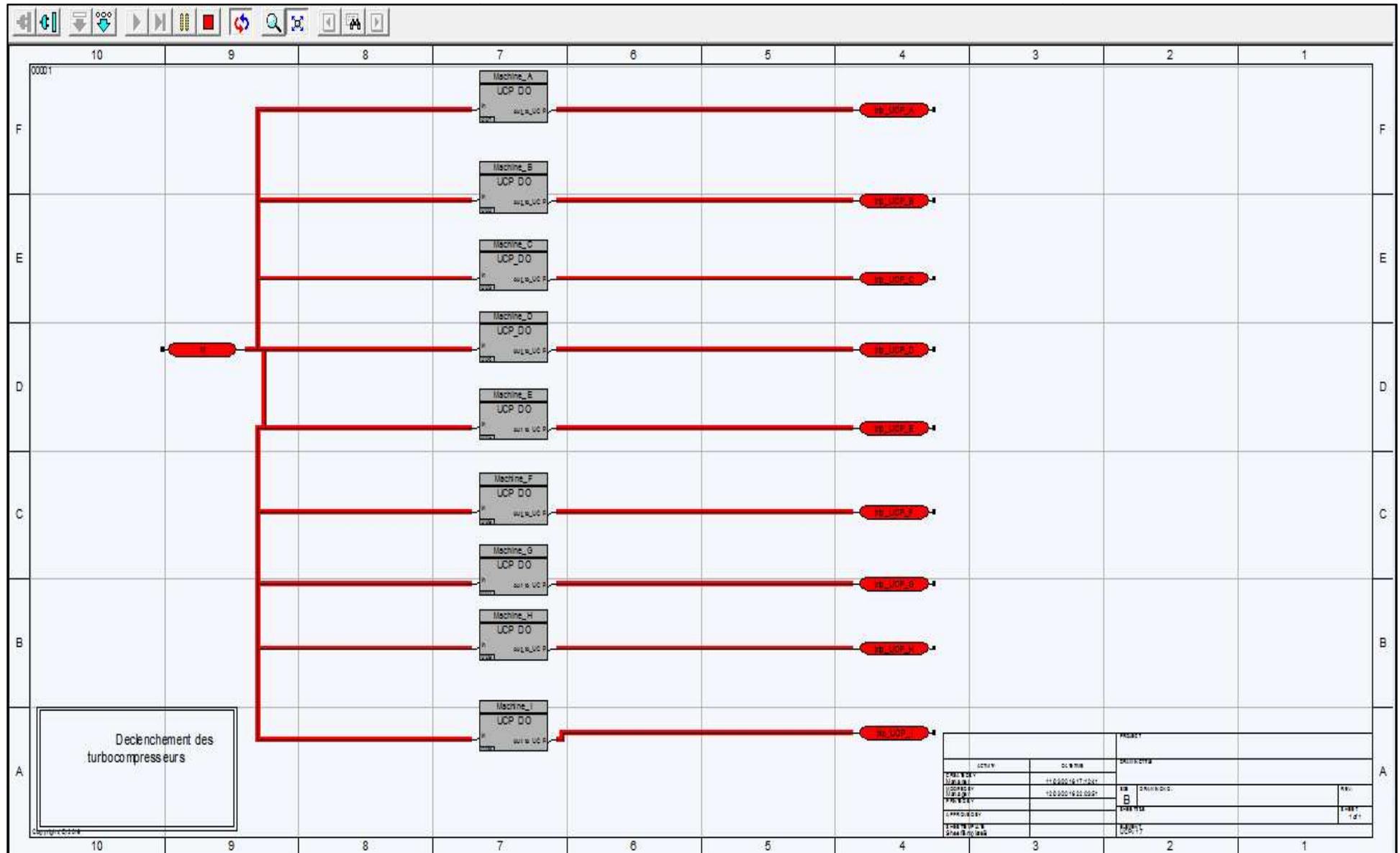
Programme de commande de la vanne XV921 :



Programme de commande de la vanne XV922 :

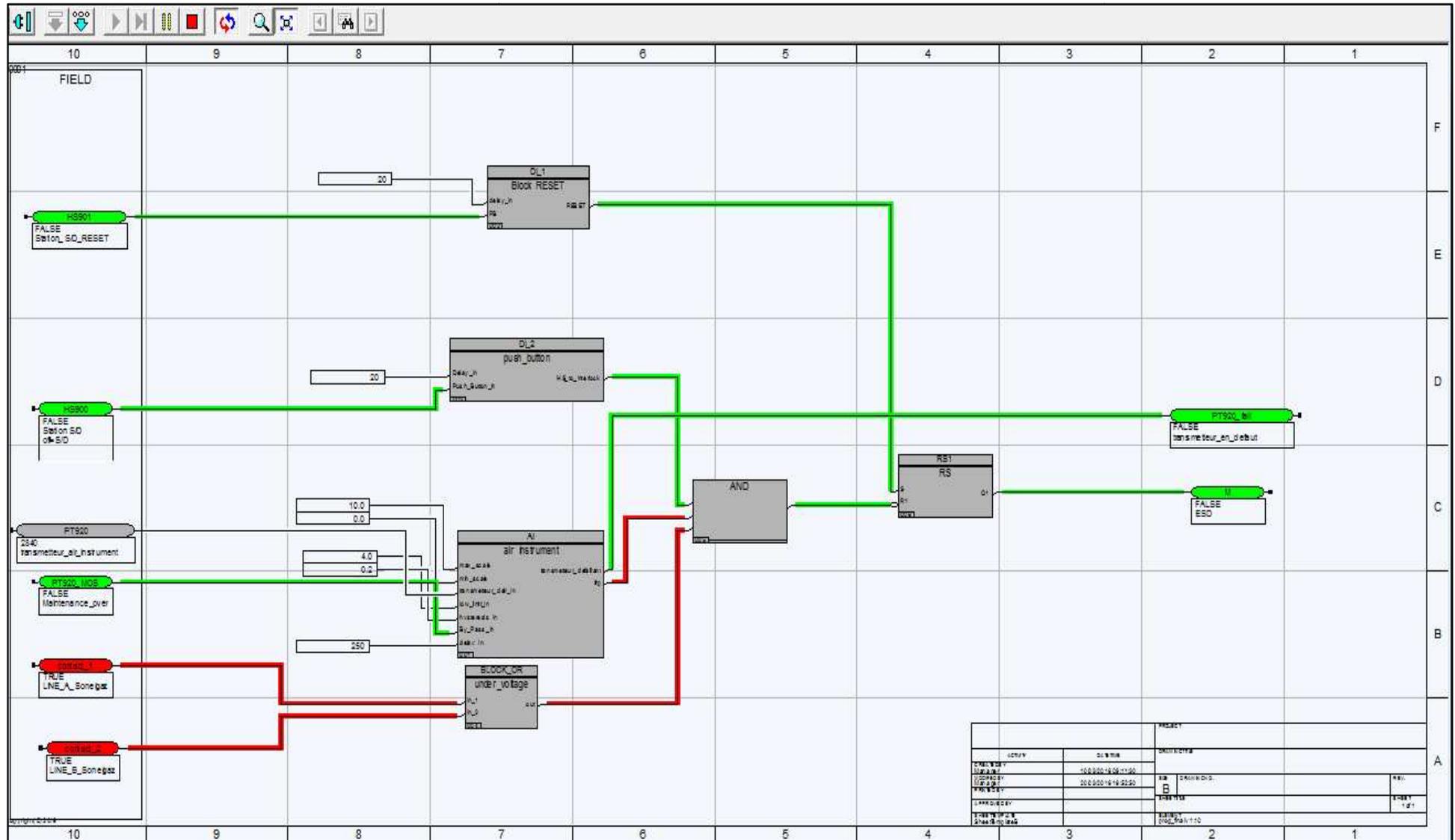


L'UCP : unit control process :



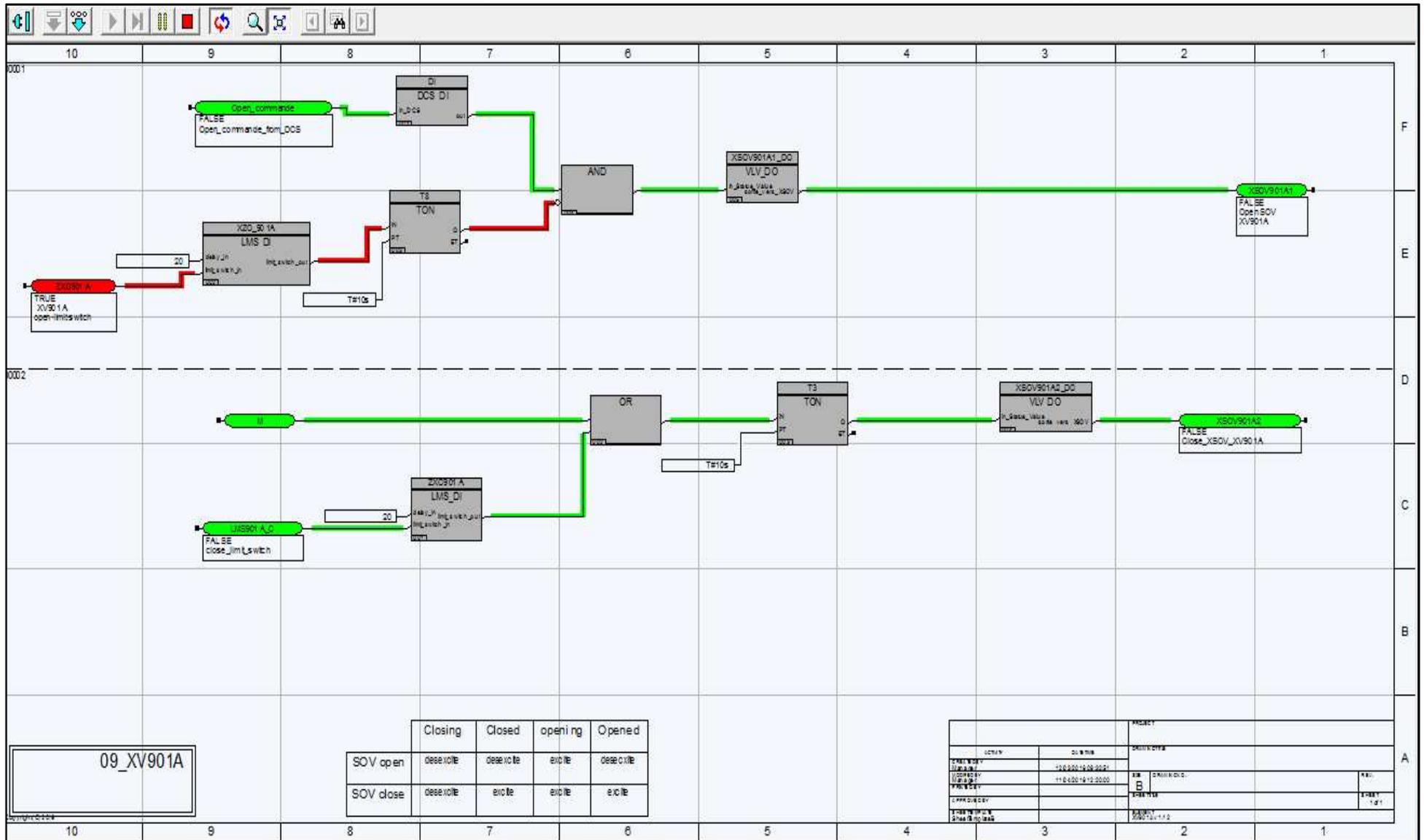
Simulation du programme dans le cas de déclenchement :

1. la cause de déclenchement est le bouton ESD :



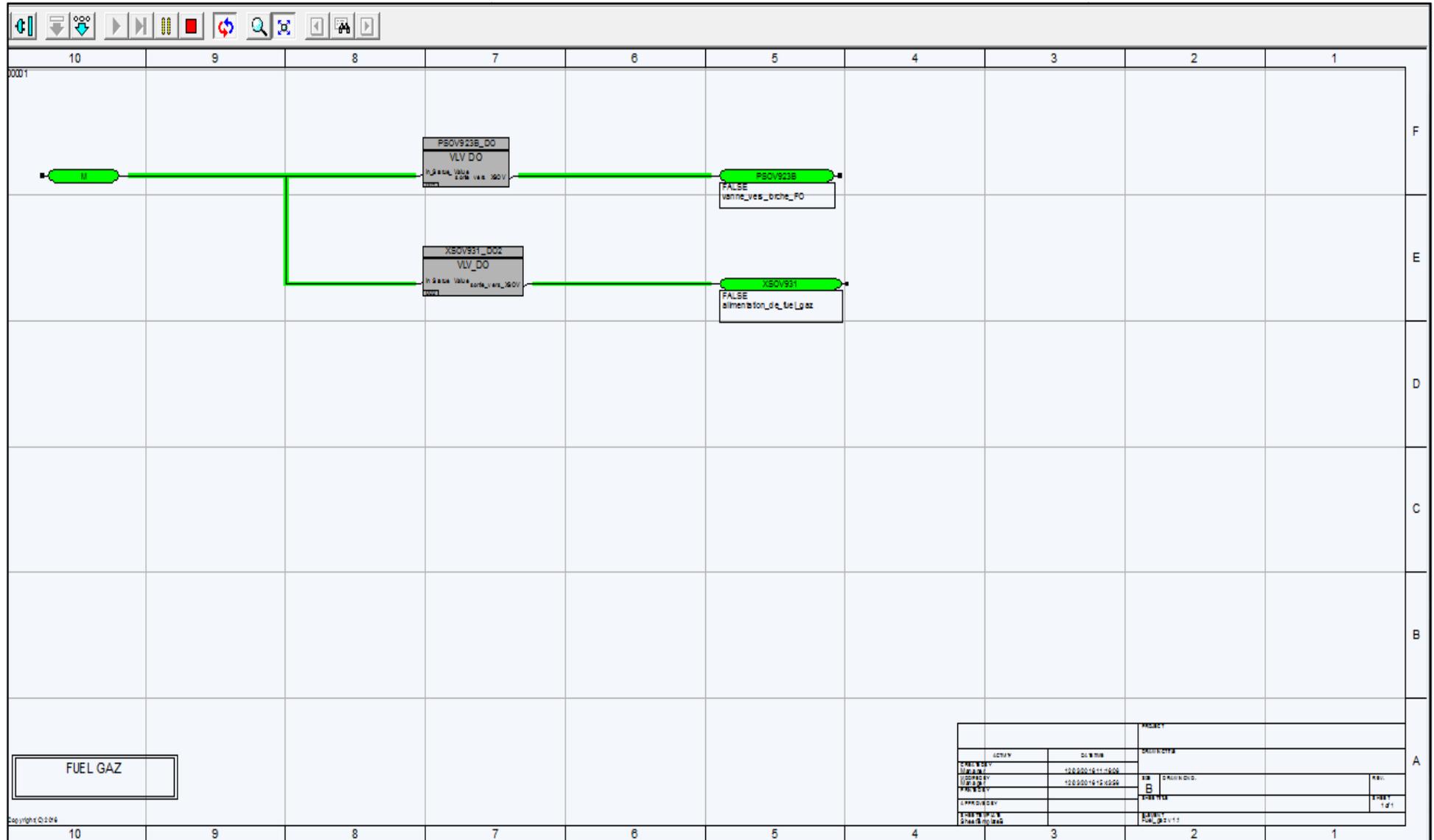
Suite à l'une des causes précédentes, les vannes passent à l'état closing avant de se fermer totalement :

La vanne XV901A à l'état closing :



Même chose pour les autres vannes XV901B, XV920, XV921 et XV922.

La vanne de Fuel gaz se ferme aussi et celle vers torche s'ouvre :



Après que la source du déclenchement soit éloignée, et que le problème soit résolu, les vannes ne s'ouvrent jusqu'à ce qu'on envoie une impulsion par le bouton RESET :

