



Implémentation Pratique

By Selatnia Mourad

Abstract- Le but de chaque commande synthétisée dans le domaine de la recherche est d'être implémentée sur des systèmes réels afin de résoudre les problèmes qu'ils présentent et de donner une amélioration pour ces systèmes. C'est à partir de ce principe qu'on va présenter ce chapitre. En effet la commande par logique floue entre autres est une technique relativement nouvelle et prometteuse qui commence à trouver son application dans le domaine industriel.

Les simulations qu'on a élaboré ont prouvé l'efficacité des commandes synthétisées. Il nous semble opportun d'implémenter ces résultats sur le système qui existe dans l'entreprise où on a effectué le stage pratique.

Avant toute implémentation pratique une analyse détaillée sur les outils matérielle et informatique fournies par le système de contrôle existant est indispensable. Dans cette direction on a fait une étude des différents organes nécessaires pour notre boucle de régulation. Le contrôle d'une colonne d'absorption industrielle exige la maîtrise d'un certain nombre d'instruments et systèmes, à savoir: l'Analyseur de CO₂ (capteur), la vanne de circulation d'amine (actionneur), le système de control de processus DCS (contrôleur).

Les résultats de notre étude en matière de description des organes, leur fonctionnement, les contraintes pratiques ainsi que l'implémentation vont être présentés dans ce chapitre.

GJRE-G Classification : FOR Code: 290502p



Strictly as per the compliance and regulations of:



Implémentation Pratique

Selatnia Mourad

I. INTRODUCTION

Le but de chaque commande synthétisée dans le domaine de la recherche est d'être implémentée sur des systèmes réels afin de résoudre les problèmes qu'ils présentent et de donner une amélioration pour ces systèmes. C'est à partir de ce principe qu'on va présenter ce chapitre. En effet la commande par logique floue entre autres est une technique relativement nouvelle et prometteuse qui commence à trouver son application dans le domaine industriel.

Les simulations qu'on a élaboré ont prouvé l'efficacité des commandes synthétisées. Il nous semble opportun d'implémenter ces résultats sur le système qui existe dans l'entreprise où on a effectué le stage pratique.

Avant toute implémentation pratique une analyse détaillée sur les outils matérielle et informatique fournies par le système de contrôle existant est indispensable. Dans cette direction on a fait une étude des différents organes nécessaires pour notre boucle de régulation. Le contrôle d'une colonne d'absorption industrielle exige la maîtrise d'un certain nombre d'instruments et systèmes, à savoir: l'Analyseur de CO₂ (capteur), la vanne de circulation d'amine (actionneur), le système de control de processus DCS (contrôleur).

Les résultats de notre étude en matière de description des organes, leur fonctionnement, les contraintes pratiques ainsi que l'implémentation vont être présentés dans ce chapitre.

II. LES ORGANES DE LA BOUCLE DE RÉGULATION

Dans cette partie on va présenter et analyser les différents outils nécessaires pour l'implémentation de notre commande. Vue la symétrie entre les deux trains de décarbonatation on a choisi le TR1 pour notre étude. L'analyseur de CO₂ J028AT102¹ représente l'outil de mesure pour notre boucle de régulation, la vanne d'amine J028FV101 constitue l'actionneur de la boucle. Pour l'implémentation des algorithmes de contrôle on a

profité du système DCS yokogawa CS3000 de l'installation. Notre analyse consiste à déterminer les caractéristiques de chaque organe, les conditions de son fonctionnement et les contraintes qu'il présente. Après l'analyse on va proposer des solutions réalisables pour remédier à ces contraintes.

a) L'analyseur de CO₂ J028at102

Le rôle de l'analyseur est de donner une information sur la concentration du CO₂ dans le gaz sortant de l'absorbeur. Son fonctionnement est basé sur l'analyse NDIR² du gaz. Le modèle de L'analyseur est le S720 Ex fabriqué par SICK MAIHAK, Son installation (par la compagnie ATAC) exige la présence de plusieurs systèmes:

- *La probe:* le point de prise d'échantillon
- *Le préconditionnement:* ce système conditionne le gaz en terme de pression (réduction de la pression), température (constante dans la gamme 0-45°C) et filtrage.
- *Le conditionnement:* installé à l'entrée de l'analyseur ce bloc effectue l'opération de filtrage et régulation du débit rentrant dans l'analyseur.
- *L'analyseur lui-même:* effectue l'analyse spectrale du CO₂, affiche la valeur et envoie un signal 4-20 mA au système de control.

Author: e-mail: mouradsetlatnia@yahoo.fr

¹ J028AT102: est un tag (référence dans le DCS) qui décrit chaque instrument dans l'installation.

J: désigne le site de Krechba, 028: le code du système de décarbonation, AT: analyser transmitter, 102: le numéro de l'instrument.

² NDIR: Absorption infrarouge non dispersive (cellule optique, détecteur de semi-conducteur).



Figure VI.1 : l'analyseur S720 Ex de SICK MAIHAK

Le facteur le plus important dans l'analyseur en vu de la commande de l'absorbeur est son temps de réponse [*response time*]. Après une analyse du processus d'échantillonnage et les graphes des reponses du système on s'est rendu compte que ce dernier présente un retard qui atteint les 5 minutes, alors que d'après le design il ne doit pas dépasser 79 secondes. Cela est dû principalement à:

- La position de l'analyseur loin du point de prise d'échantillon
- Le debit reduit du gaz qui rentre à l'analyseur

- Non-conformité à l'étude du design

La Figure VI.2 illustre ce retard. En effet:

- *Cgsexport*: représente la concentration du CO₂ à l'export (la sortie des 2 trains).
- *Cgsexportcalc*: represente la concentration du CO₂ d'export calculé à partir des données des deux analyseurs (somme pondérée).

On remarque bien que les deux graphes ont la même allure avec un retard pour le deuxième graphe (celui de *Cgsexportcalc*) qui illustre bien ce retard.

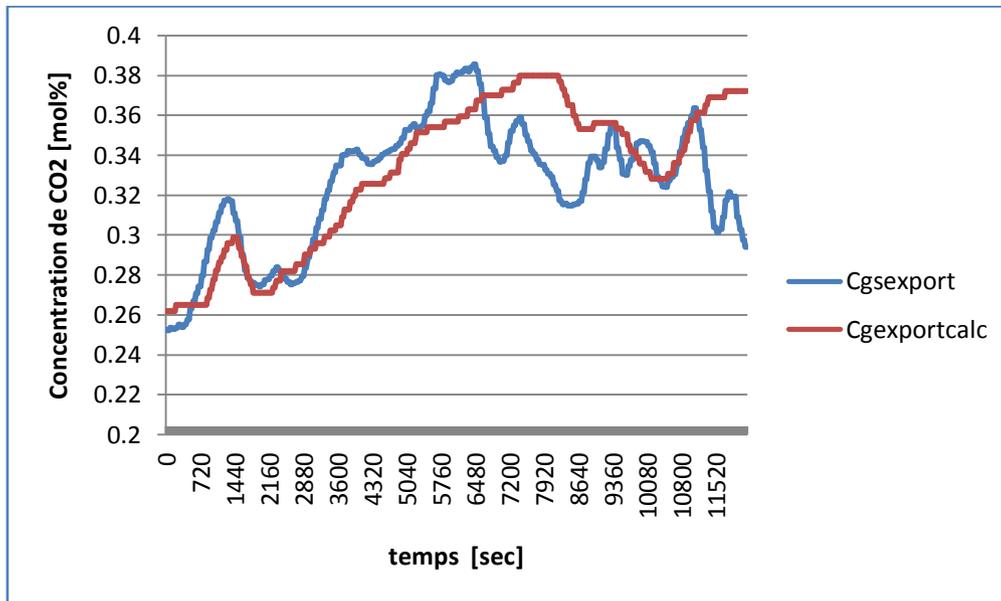


Figure VI.2 : Retard de l'analyseur de CO₂ [données extraitées de l'exaquantum le 24 Mars 2010]

Plusieurs solutions technologiques sont proposées pour remédier à ce problème:

- Augmentation du debit d'achantillonnage de l'analyseur

Cette solution bien qu'elle présente un inconvenient qui consiste au torchage d'une quantité

minime en plus du gaz (par rapport au debit du process) elle peut reduire le temps de réponse d'un facteur double ou triple selon l'augmentation du debit.

Pour verifier la faisabilité de cette solution on a consulté les debit toleré par l'analyseur et les genies filtres installées:

- D'après le document ATAC l'analyseur supporte jusqu'à 100 l/h, le débit actuel est de 6 l/h.
- Le génie filtre (A+ corporation model 101) avec une membrane Hi-Flow supporte jusqu'à 600 l/h, le débit actuel est de 106 l/h.

ii. *Installation d'une « fast loop »*

Cette solution est très reconnue pour les analyseurs installés loin du point d'échantillonnage (Figure VI.3), elle consiste à installer une dérivation du

pipe d'échantillonnage qui revient au processus pour *accélérer* le passage des particules. Cette configuration élimine toute perte additive du gaz du fait que le gaz revient au process. Pour vérifier la faisabilité de cette technique on est allé au site pour vérifier la disponibilité de points de raccordement sur les gazoducs (pipes). Cette solution est mentionnée même dans le document technique du constructeur.

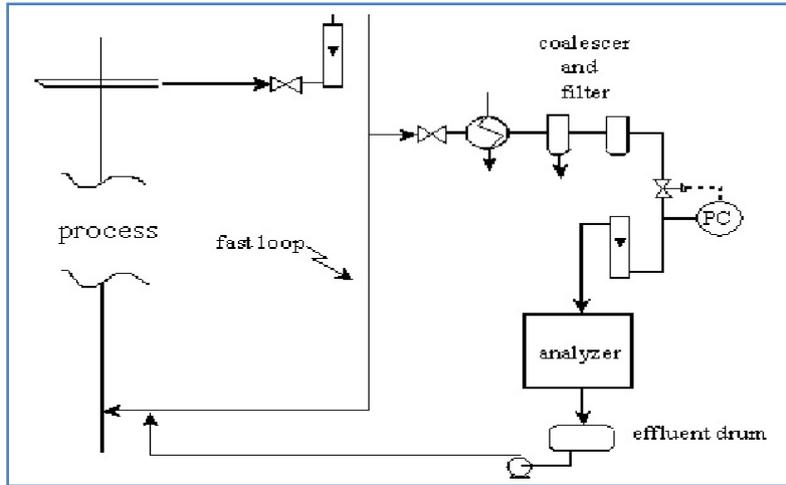


Figure VI. 3 : Principe du « fast loop »

iii. *Une dernière solution software consiste à implémenter un estimateur inspiré du modèle d'identification traité dans le Chapitre III. Un multimodèle qui utilise 3 entrées*

- Débit du Gaz
- Débit du liquide
- Concentration du CO₂ en entrée

Peut donner en déroulant l'algorithme du multimodèle la concentration du CO₂ en sortie en temps réel. Cet estimateur peut servir en commande (capteur logiciel) qu'au diagnostic (un capteur redondant). L'algorithme établi va être présenté en détails par la suite (§ VI.3).

b) *La vanne de circulation d'amine J028FV101³*

La variation du débit d'amine est assurée par une vanne de type *linéaire* (voir Figure VI.4). Elle possède un *Cv rate⁴* de 2000 et conçue pour travailler avec une différence de pression qui ne dépasse pas 5.5 bar pour un débit de 960 t/h. Actuellement cette différence de pression est largement dépassée à cause de la chute de pression dans l'installation.

La régulation de débit (J028FIC101⁵) est assurée par un régulateur PI avec:

- BP = 600 %. (Bande proportionnelle)
- I = 400 sec. (temps d'intégration)

Dans les conditions de fonctionnement actuelles ce régulateur n'arrive pas à contrôler le débit, et cela est présenté par un pompage de la vanne lors d'un fonctionnement en mode automatique.



Figure VI.4 : la vanne d'amine J028FV101

³ J028FV101: Flow Valve.

⁴ Cv rate: le coefficient de la vanne, représente le débit (en gallons) pour une chute de pression de 1 psi le long de la vanne.

⁵ J028FIC101: Flow Indicator and Controller.

Plusieurs solutions peuvent être envisagées pour mettre fin à ce problème:

i. *Agir sur les paramètres du contrôleur*

Les valeurs actuelles du PI ne peuvent assurer un fonctionnement stable de la régulation dans de telles conditions. A cause des perturbations que le système reçoit, ses paramètres changent rapidement. Des

valeurs fixes des paramètres du régulateur PI ne peuvent pas assurer une bonne robustesse. Un PID auto-ajustable disponible dans la bibliothèque des régulateurs de YOKOGAWA CS3000 va fournir les paramètres adéquats en temps réel. On a affaire à une régulation adaptative.

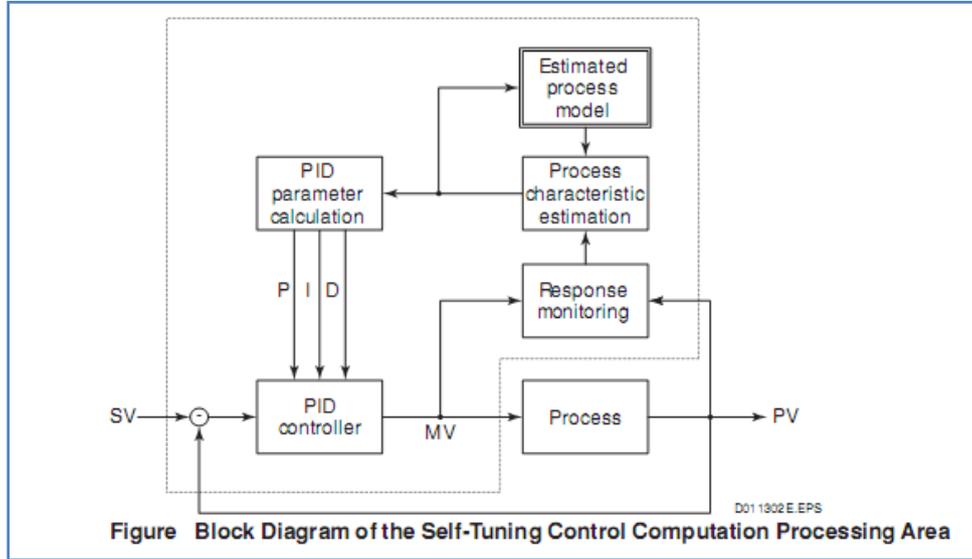


Figure VI. 5 : Schéma du PID self-tuning

ii. *Changement de la vanne*

La vanne doit assurer un débit entre 900 t/h et 1200 t/h, la vanne linéaire est conçue pour travailler dans tous l'intervalle de 0-1200 t/h. pour assurer de bonnes performances dans de telles conditions il faut avoir un positionneur de haute précision, chose qui n'est pas disponible.

Une vanne de type « Quick open » bien dimensionnée pour travailler dans l'intervalle 800-1200 t/h va assurer le bon fonctionnement du contrôle. En effet, cette vanne a un fonctionnement stable et lisse vers les hauts débits, ainsi le contrôleur peut arriver à stabiliser le débit. (Voir Figure VI.6).

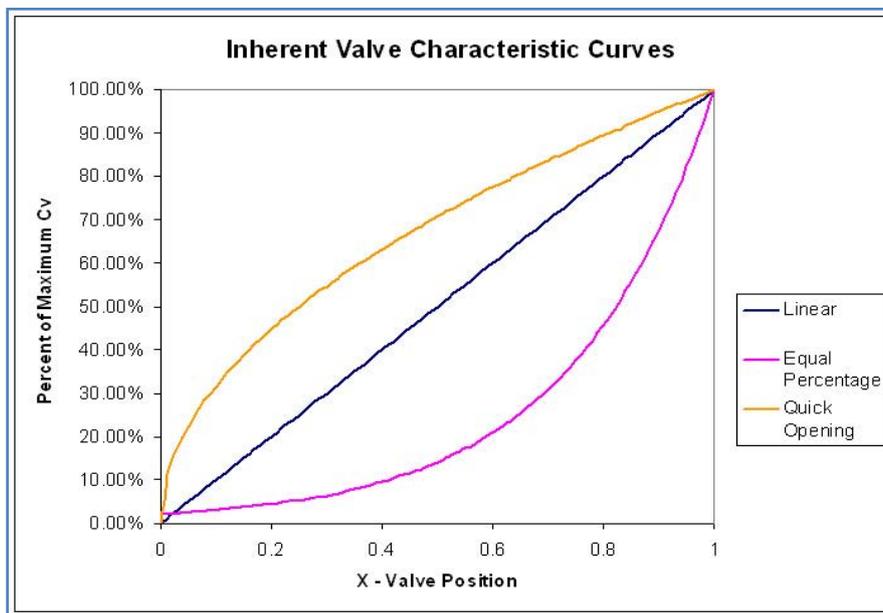


Figure VI. 6 : Les différents types de vannes de régulation

iii. *Montage split range*

Bien qu'elle demande un changement significatif dans la tuyauterie « piping », cette solution est la plus recommandée pour ce type de problème.

Elle consiste à installer deux vannes en parallèle, chaque vanne pour un intervalle de fonctionnement, exemple :

- La vanne 1 travaille dans l'intervalle 0-900 t/h
- La vanne 2 travaille dans l'intervalle 900-1200 t/h

Avec cette configuration la vanne 1 sera totalement ouverte et la vanne 2 va assurer la régulation avec les performances demandées

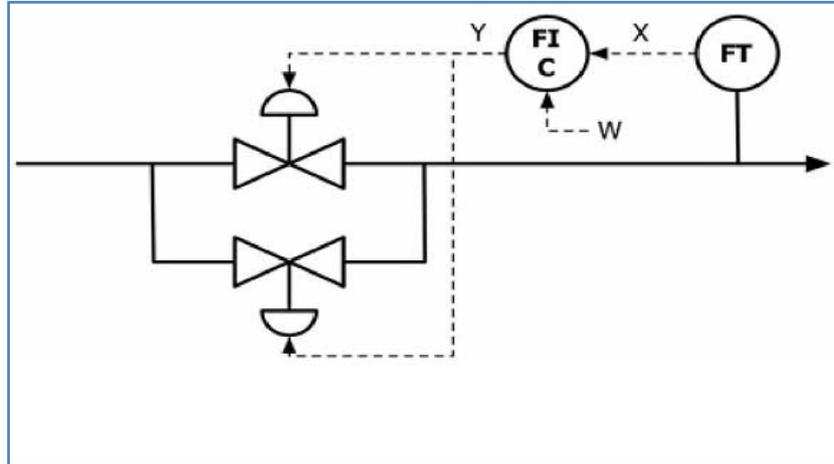


Figure VI. 7 : Régulation split range

iv. *Le Dcs de Yokogawa cs 3000*

Le système DCS (*Distributed Control System*) CS3000 de YOKOGAWA est installé dans le CPF (*Control Process Facilities*). Le système contient deux sous systèmes qui fonctionnent en parallèle et qui se communiquent entre eux:

- Le ESD/F&G : le « *Emergency Shutdown System /Fire and Gas* »
- Le système est installé dans le CER (*Control Equipement Room*) et communique avec l'extérieur via des modules I/O et des protocoles de communication.

- Le PCS : le « *Process Control System* »

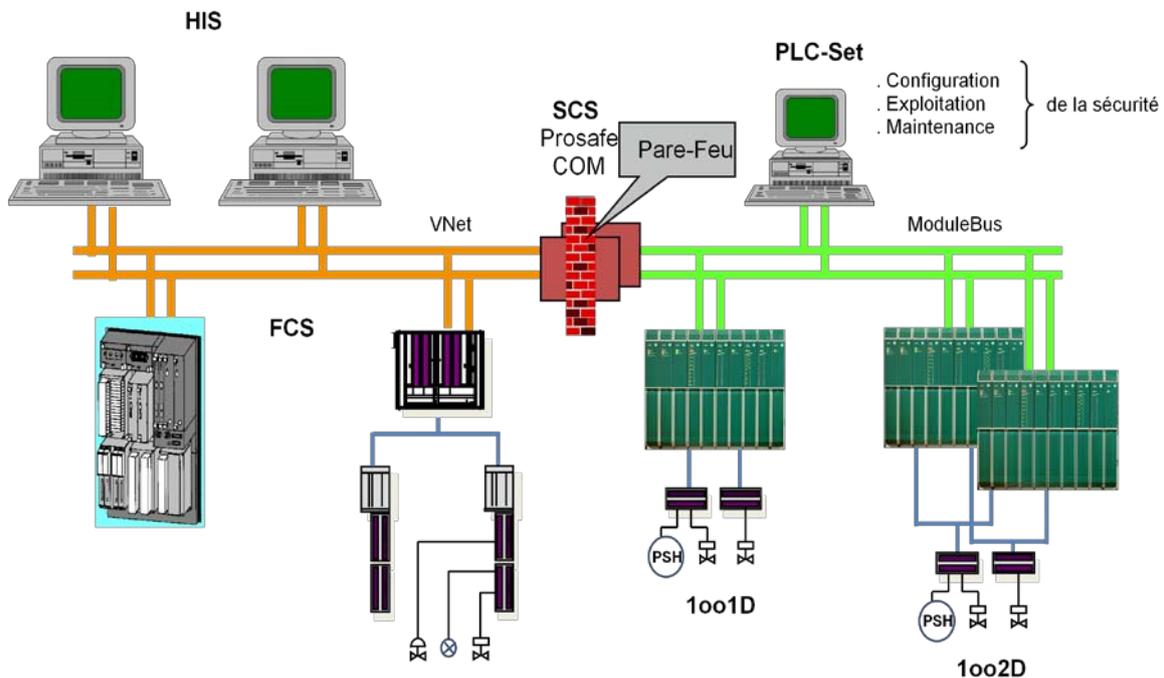


Figure VI. 8 : l'architecture générale du DCS CS3000

- Le PCS est le système qui s'occupe des boucle de régulation du processus, il est composé de: [29]
- *HIS (Human Interface Station)*: Principalement utilisée comme poste de conduite de l'opérateur. Cette station peut également supporter les fonctions ingénieur de configuration et de maintenance. Grâce aux interfaces DDE⁶ ou OLE⁷ intégrées dans son système d'exploitation, elle peut également transférer toutes sortes d'informations ou de données à un ordinateur de supervision ou à une station de travail.
 - *FCS (Field Control Station)*: réalise les fonctions de contrôle (régulation continue ou séquentiel). Elle gère les entrées et les sorties

- du procédé et peut être reliée à un automate de sécurité (PLC). Les stations de control utilisée en CPF sont du modèle PFCS.
- *V Net*: bus de contrôle temps réel, permet aux stations de communiquer entre-elles.
- *BCV (Bus converter)*: permet de se relier à un autre système Yokogawa (exemple : ESD).
- *CGW*: passerelle de communication, permet à une station de travail (sous UNIX ou autre) de lire ou d'écrire des variables procédé contenues dans une FCS grâce à des Primitives Yokogawa.
- Le logiciel utilisé pour la programmation et la supervision est le « *System View* ».

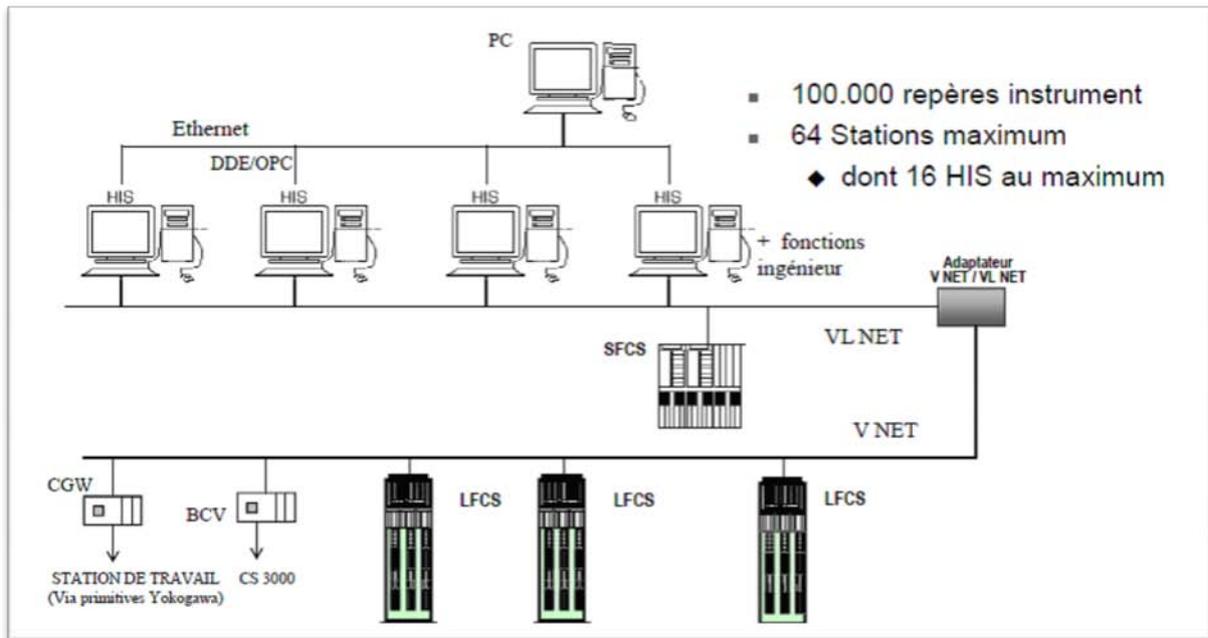


Figure VI.9 : Architecture du système PCS (Process Control System)

III. IMPLÉMENTATION DES ALGORITHMES

Pour implémenter les algorithmes et solutions proposées on a fait appel au « *System View* ». Cette application développée par YOKOGAWA constitue le logiciel qui gère le système DCS en termes de:

- Création de projets
- Configuration du matériel (FCS, ACG, HIS,..)
- Programmation et compilation (Control Drawing Builder, Graphic Builder, etc)
- Supervision et monitoring (interface homme-machine)

Notre tâche consiste une modification qui rend le système automatique. Pour cela on a utilisé les deux modules suivants:

- Le « *Control Drawing Builder* »: pour implémenter les contrôleurs
- Le « *Graphic Builder* »: pour l'interface homme-machine

La FCS qui gère le système d'absorption du CO₂ (système 28) est le *FCS0106* qui appartient au projet ISG. Pour faire les simulations on a utilisé la fonction « *test function* » disponible dans le menu du « *System View* », qui consiste à simuler le fonctionnement des contrôleurs hors ligne avant de les implémenter on line avec le process.

La *Figure VI.10* représente la fenêtre du « *System View* », tandis que la *Figure VI.11* illustre le lancement du mode « *test function* ».

⁶ DDE: dynamic data exchange (Microsoft protocol)

⁷ OLE: Object linking and embedding (Microsoft protocol)

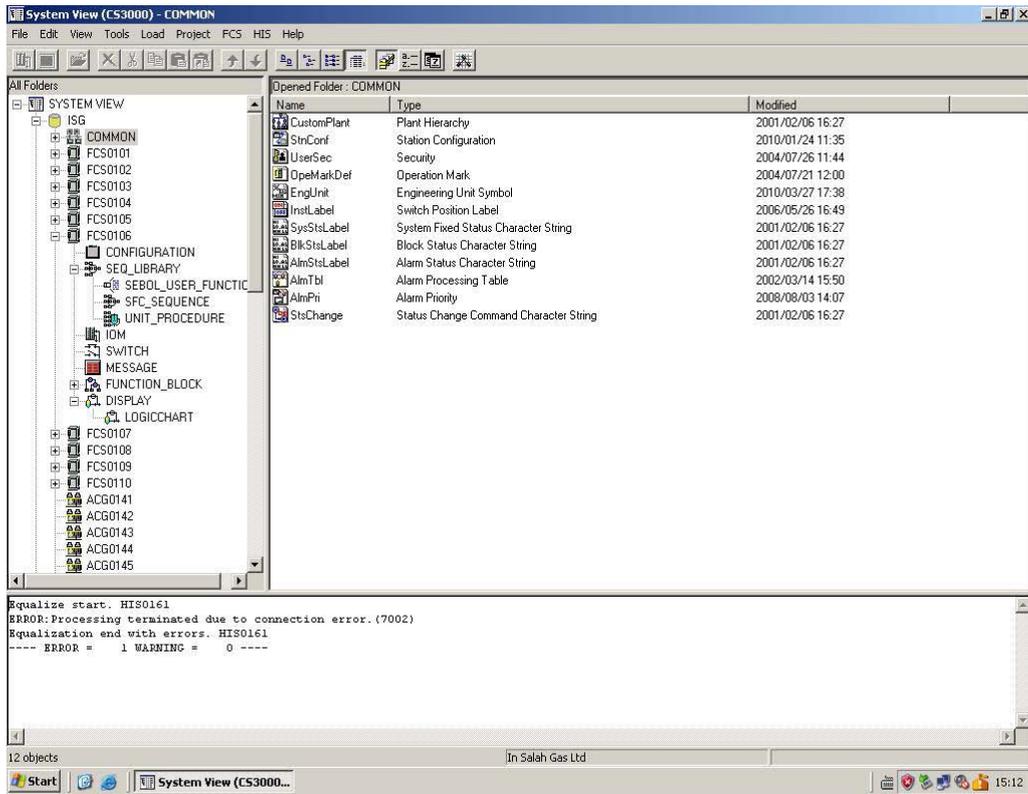


Figure VI.10 : Le System View

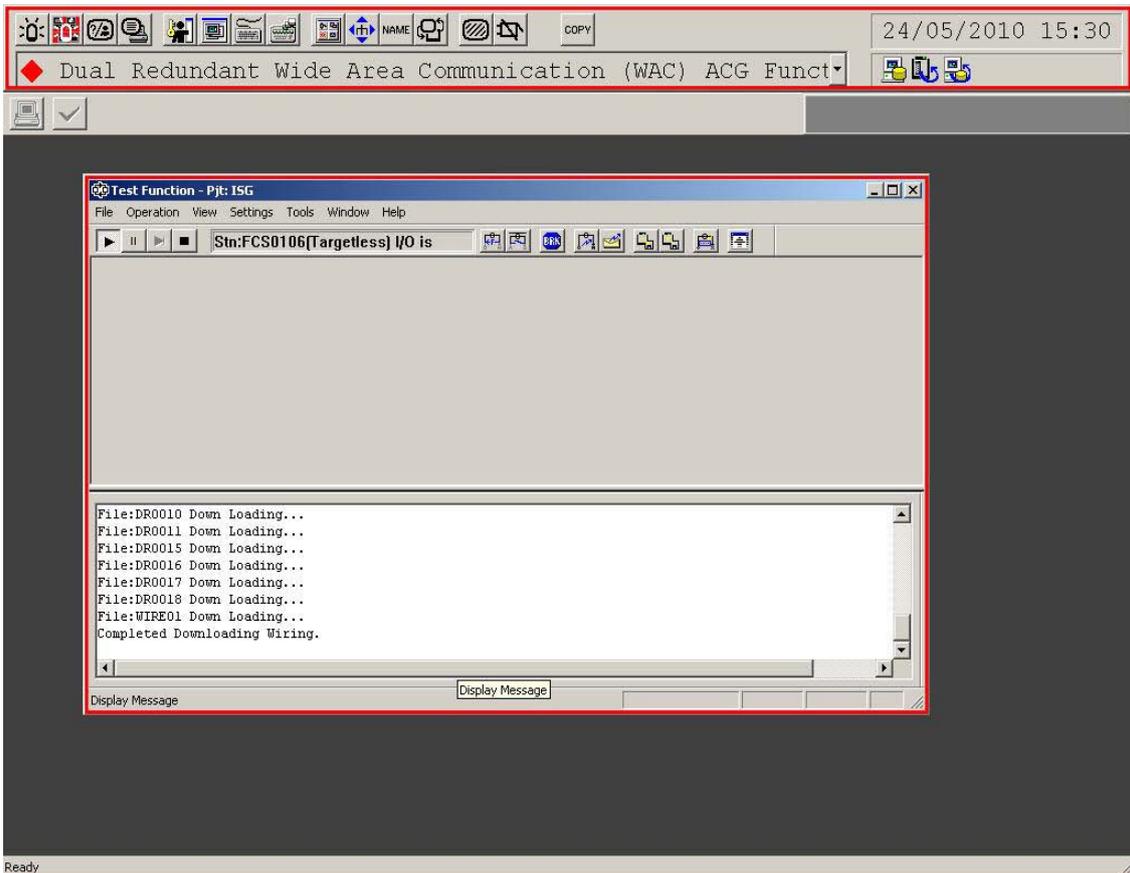


Figure VI.11 : test function

a) Le « Control Drawing Builder »

Le « Control Drawing Builder » a pour but de configurer les fonctions de contrôle de base de la FCS. Avec « Control Drawing Builder », des opérations telles

qu'enregistrer des blocs fonctionnels dans le fichier de dessins. Le flux des données entre ces blocs peut être effectué graphiquement. [29]

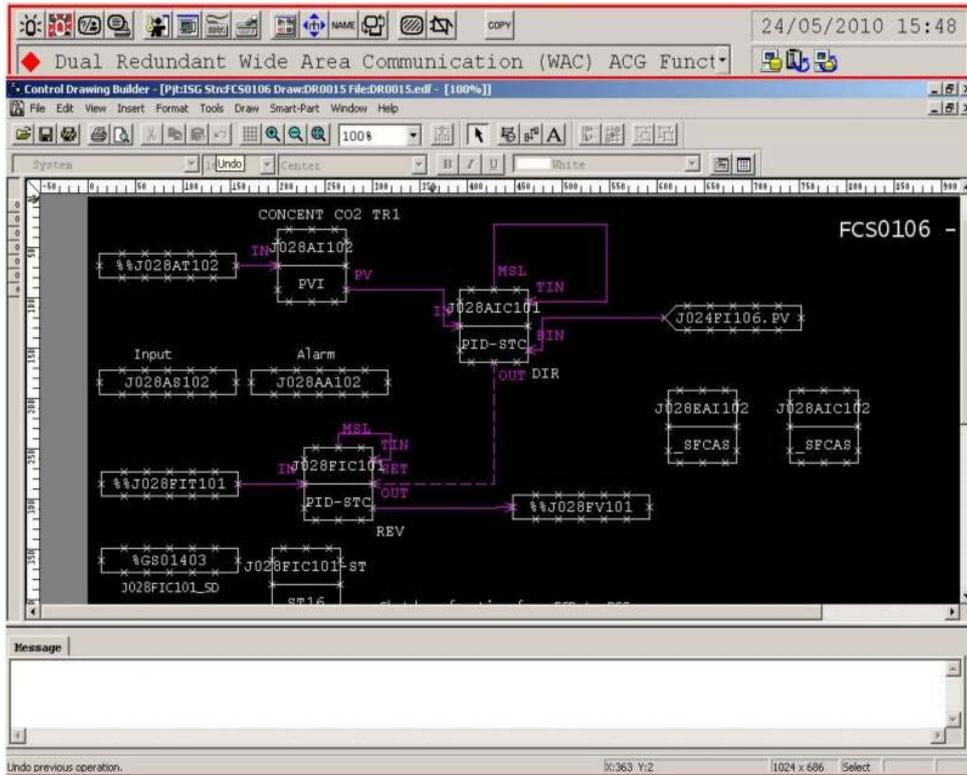


Figure VI.12 : Le control drawing

Les éléments principaux dans un *control drawing* sont les blocs fonctionnels. YOKOGAWA propose plusieurs types de blocs selon le besoin du

programmeur, exemple: les blocs de régulation, blocs de calcul, blocs SFC,...

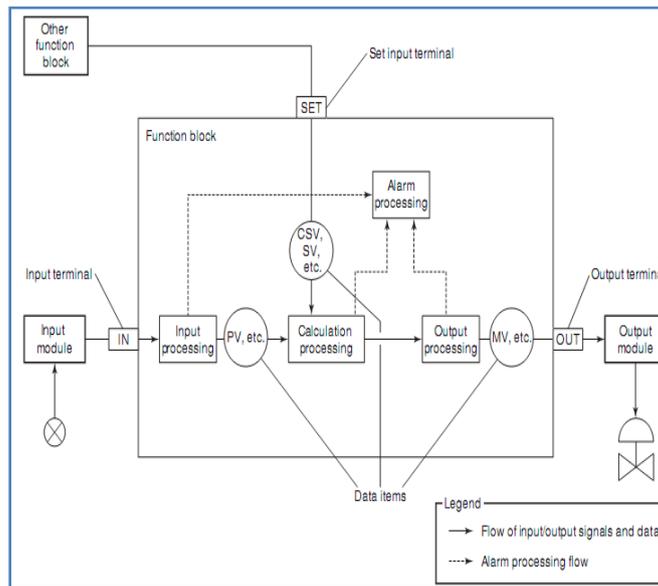


Figure V. 4 : les « function blocks »

Les contrôleurs qu'on a implémenté sont détaillés dans la suite du chapitre.

b) *Le contrôleur PID j028aic101⁸*

Pour implémenter notre contrôleur PID on a utilisé le bloc PID de la bibliothèque du « *control drawing* ».

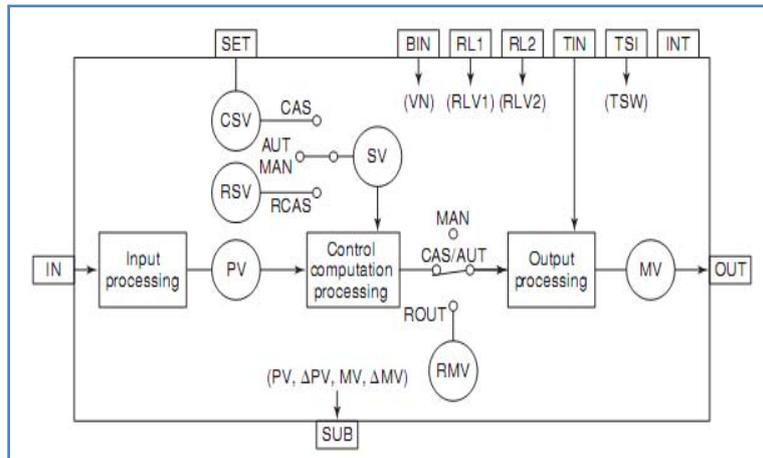


Figure VI.13 : Le bloc PID

Le bloc PID créé (*J028AIC101*) reçoit la mesure de la concentration du CO₂ à partir du bloc PVI⁹ (*J028AI102*¹⁰) et le débit du gaz (pour calculer l'action feedforward) à partir du bloc d'entrée « *Link Block* » (*J024FI106*¹¹), en faisant le traitement avec l'algorithme

PID, il envoie une consigne de débit au contrôleur (*J028FIC101*) qui prend en charge la régulation du débit, ainsi on obtient une boucle de régulation en cascade.

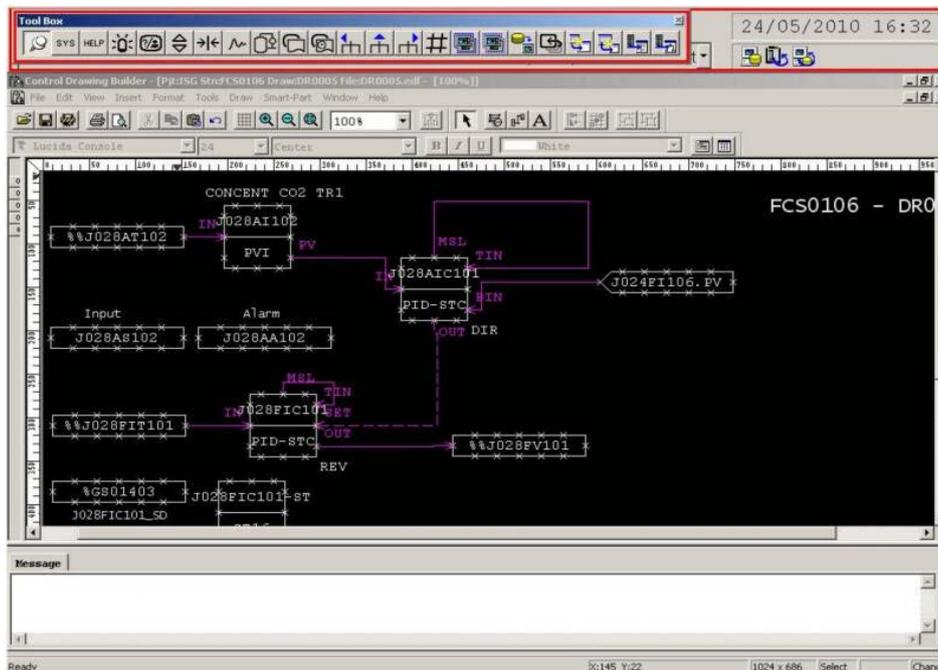


Figure V.6 : Contrôle PID-Feedforward

⁸J028AIC101: Analyze Indicator and Controler.

⁹PVI: Process Value Indicator

¹⁰J028AI10: Analyze Indicator

¹¹J024FI10: Flow Indicator

c) Le Contrôleur Flou-Feedforward J028aic102

Pour implémenter notre contrôleur flou-Feedforward on a utilisé le langage de programmation *SEBOL*. Le *SEBOL* est un langage issu du langage C en rajoutant des fonctions prédéfinis, YOKOGAWA a adapté ce langage pour ses applications.

On a essayé d'utiliser le bloc *CALC*¹², mais on a constaté que son utilisation est très limité (nombre de variables et fonctions limité). En fait ce bloc est utilisé pour des calculs relativement simples, exemple: calcul des débits compensés:

L'outil (le bloc) le plus adéquat pour cette application est le bloc « *_SFCAS*¹³ » qui se base sur le concept du Grafcet. L'algorithme est devisé en deux parties:

- La partie *initialisation*: ou tous les paramètres initiaux et constantes sont déclarés
- La partie *contrôle*: ou l'algorithme de contrôle est exécuté.

La *Figure Vi.14* représente l'implémentation du contrôleur dans le bloc *_SFCAS* et la *Figure Vi.15* représente l'organigramme de contrôle.

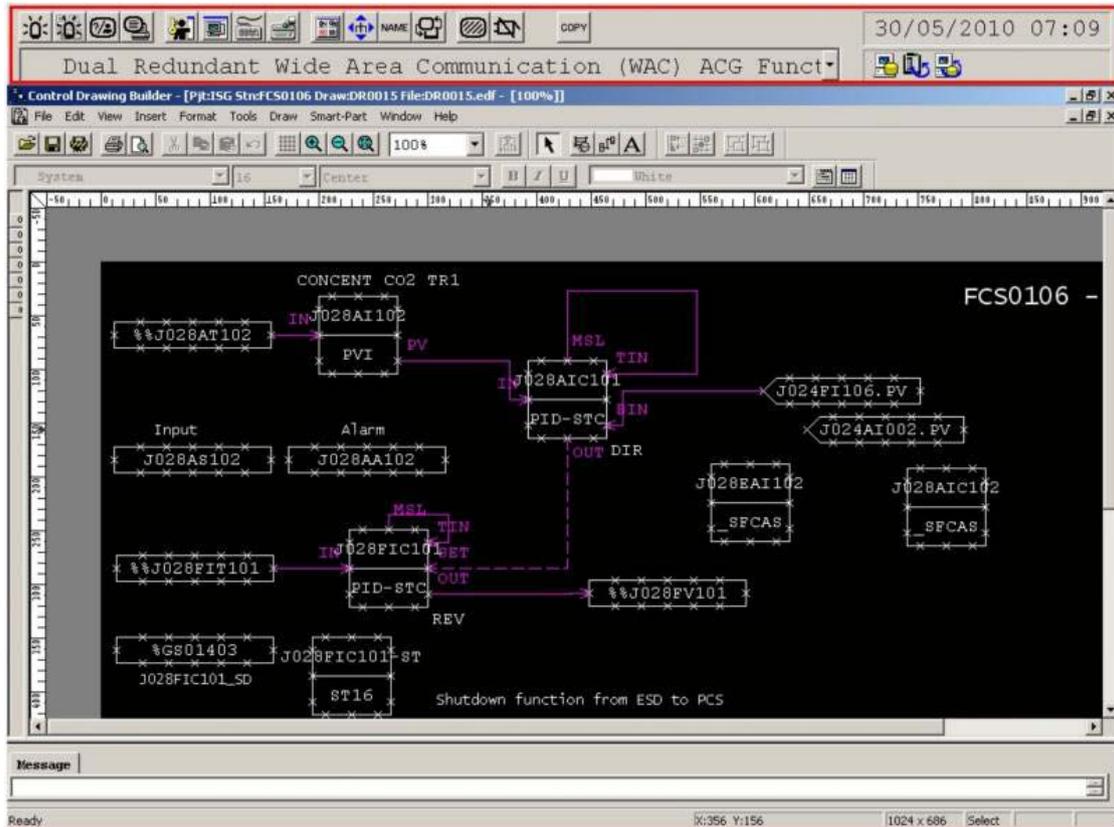


Figure Vi.14 : le contrôleur Flou-Feedforward

¹² CALC: Bloc de calcul (pour les calculs simples)

¹³_SFCAS: Sequential Flow Chart with Analog Signa

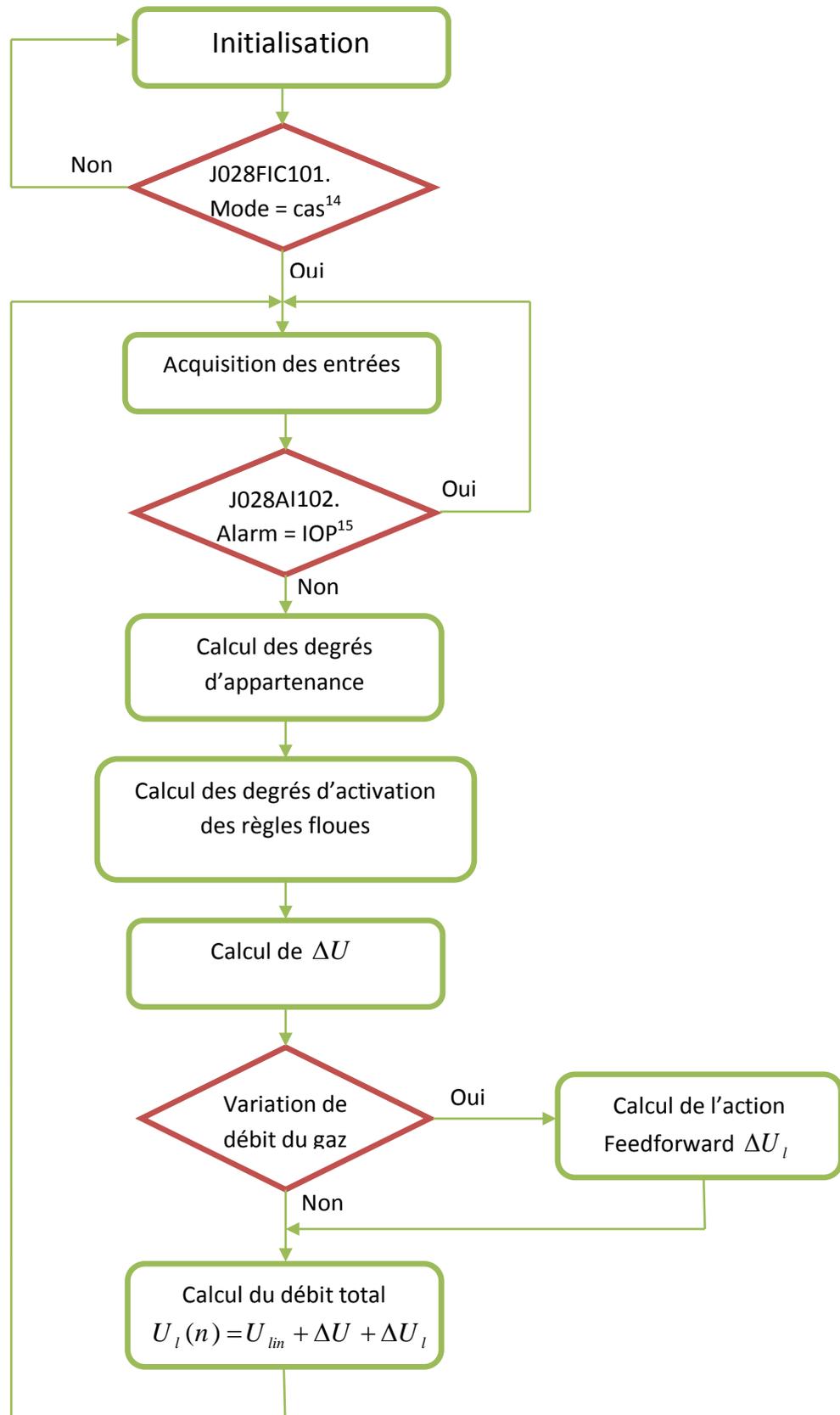


Figure VI.15 : L'organigramme du contrôleur Flou-Feedforward

¹⁴ Cas: mode cascade

¹⁵IOP: Input Open (absence du signal du capteur)

d) L'estimateur de Concentration J028EA1102

Pour remédier au problème du retard de l'analyseur on a proposé une solution software qui consiste à un estimateur basé sur l'approche multimodèle.

- Cet estimateur reçoit 3 mesures:
- Concentration du CO₂ en entrée (non disponible actuellement, car le capteur n'est pas installé)
- Débit du gaz (J024FI106).
- Débit d'amine (J028FIT101).

En faisant un traitement de ces données l'estimateur va nous fournir la concentration du CO₂ en

temps réel avec un pas d'échantillonnage de 10 secondes. L'implémentation de cet algorithme est faite à travers le bloc «_SFCAS», l'algorithme contient deux phases:

- *Initialisation:* on a attend jusqu'à ce que la concentration atteint son régime permanent
- *Estimation:* un traitement des données donne la concentration estimée

L'algorithme de l'estimateur est inspiré de celui de l'identification (apprentissage) (§III.4.1), avec quelques modifications il est présenté dans la Figure VI.17, et La Figure VI.16 représente l'implémentation de l'estimateur dans le bloc _SFCAS.

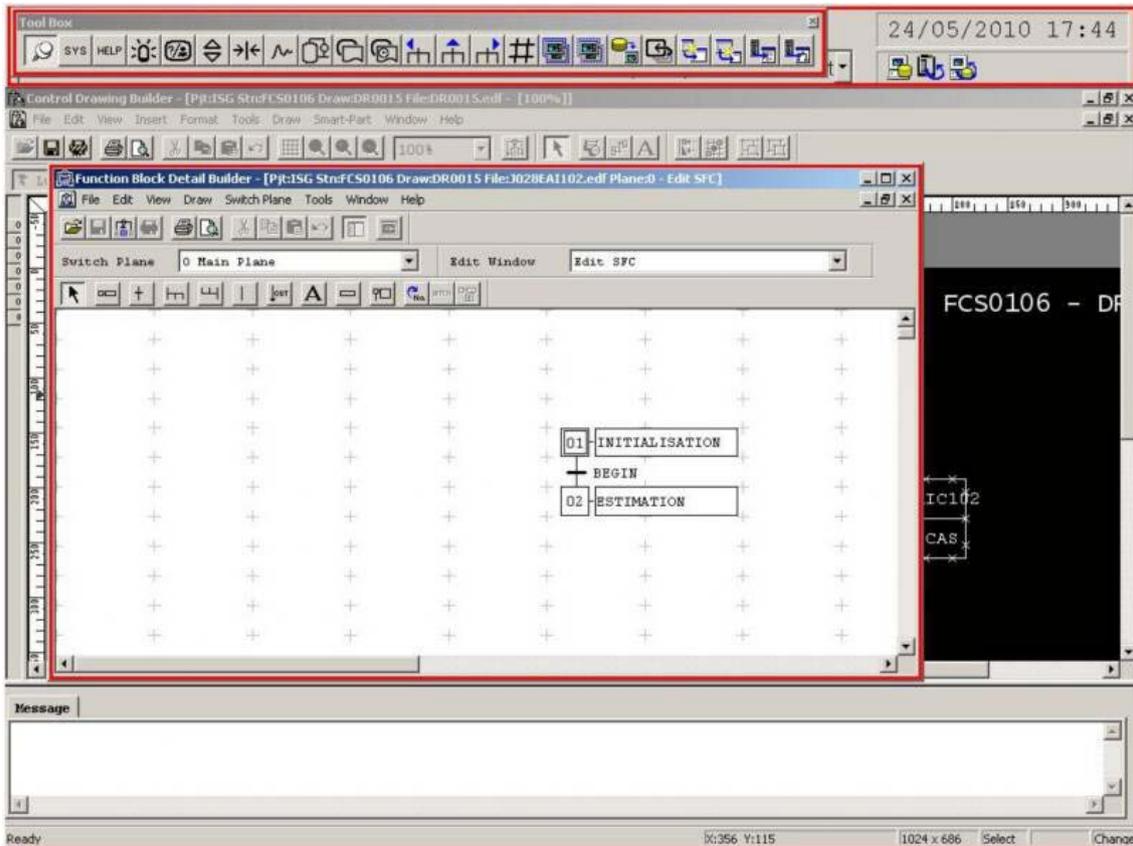


Figure VI. 16 : L'estimateur de la concentration du CO₂

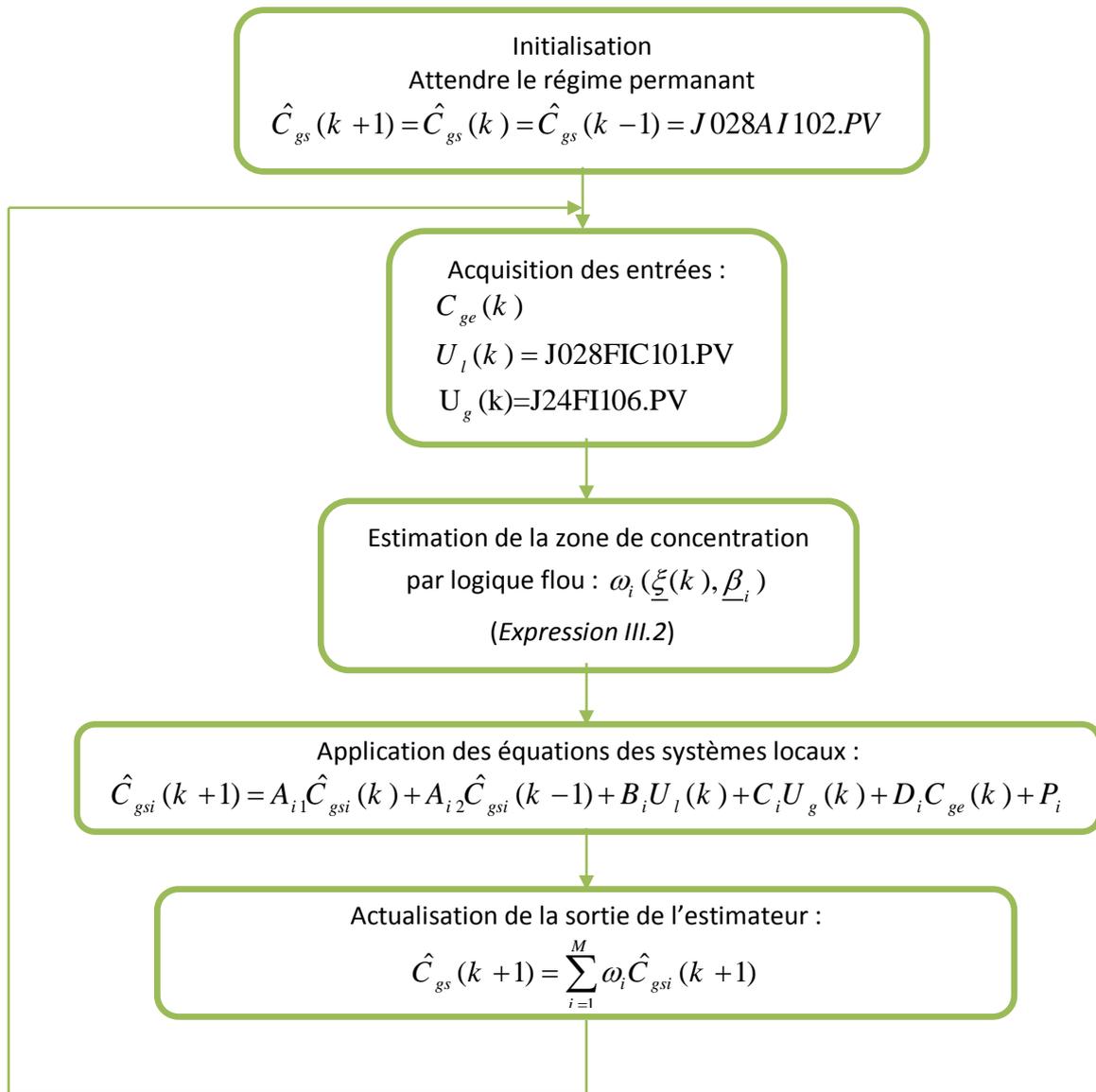


Figure VI.17 : L'organigramme de l'estimateur de concentration du CO₂

IV. L'INTERFACE GRAPHIQUE

En utilisant l'outil « *Graphic Builder* » la boucle de régulation en cascade peut être visualisée. On a fait des modifications sur l'interface graphique existante pour rajouter les contrôleurs qu'on a implémenté: Le contrôleur (*J028AIC101*) reçoit la mesure de l'indicateur (*J028AI102*). Après traitement il envoie la référence du débit au contrôleur (*J028FIC101*). La boucle en cascade est visualisée sur deux écrans, le premier écran (*Figure VI.18*) pour le contrôleur *J028AIC101 (Master)* et le deuxième (*Figure VI.19*) pour le contrôleur de débit *J028FIC101 (Slave)*. La *Figure VI.20* représente une vue générale des blocs synthétisés.

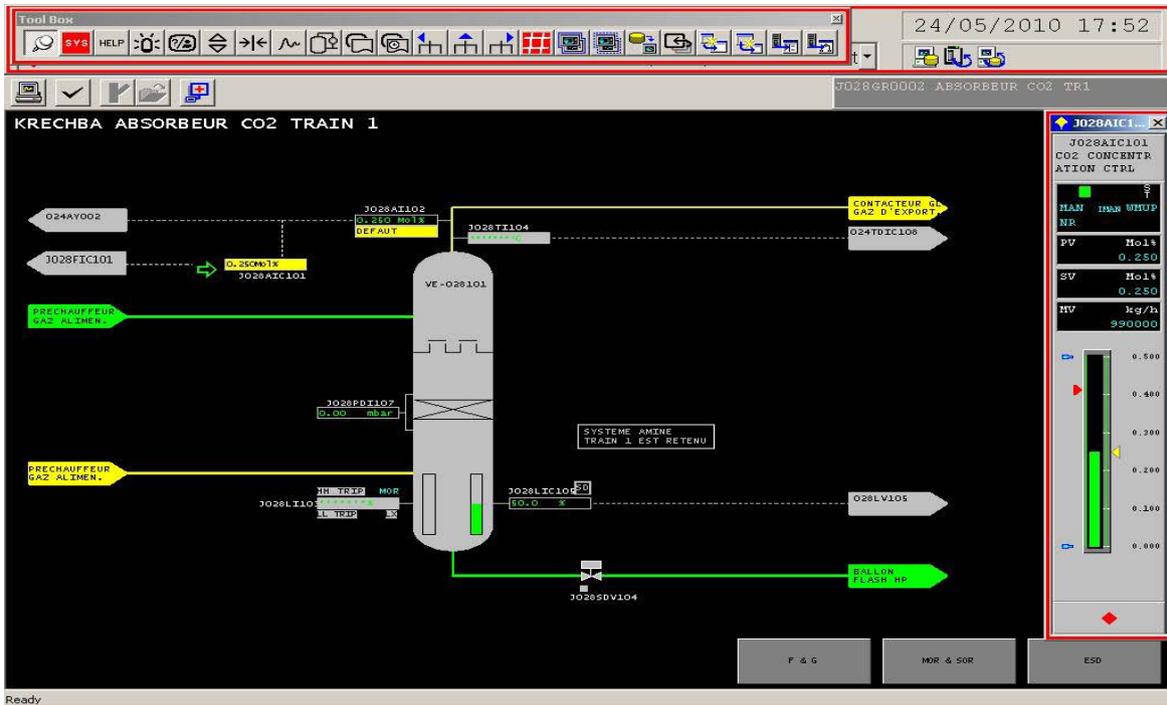


Figure VI.18 : Interface graphique de l'absorbeur

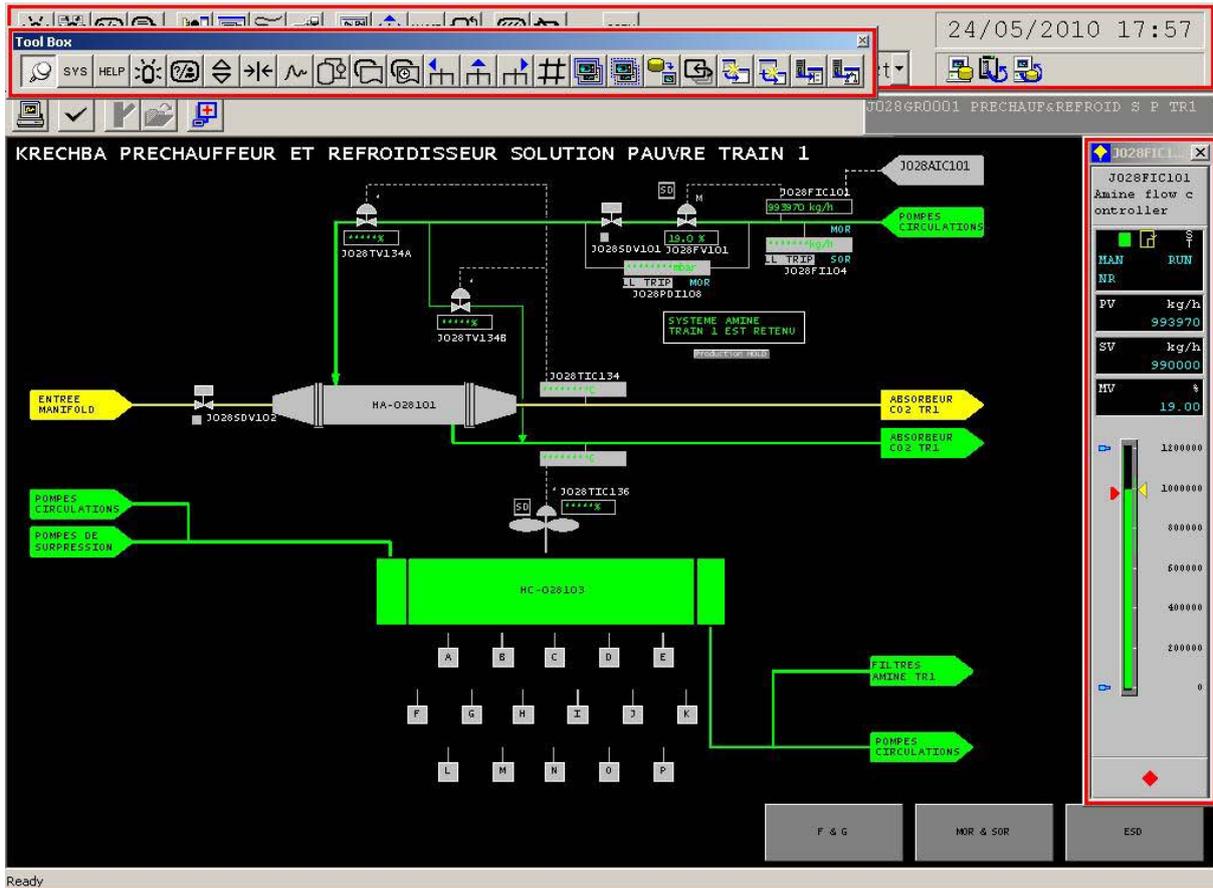


Figure VI.19 : Le contrôleur de débit d'amine

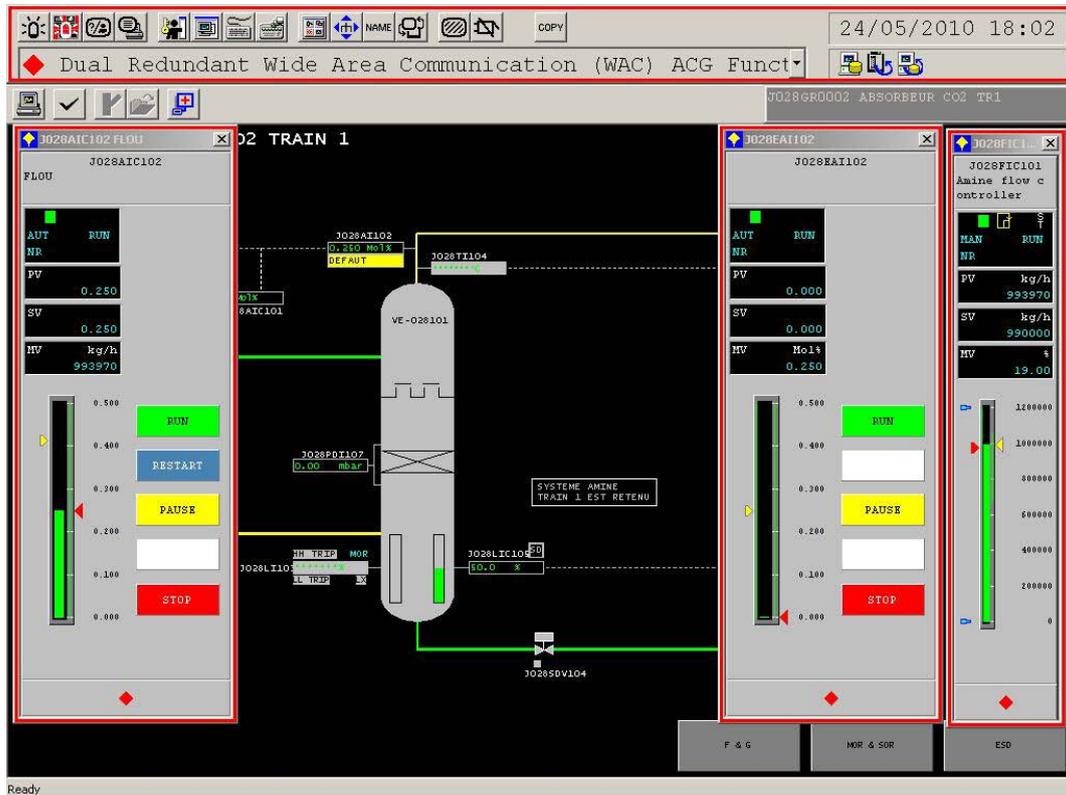


Figure VI. 20 : Vue générale des blocs synthésisés (J028EAI102 et J028AIC102)

V. CONCLUSION

Dans ce chapitre plusieurs systèmes liés à l'absorbeur ont été analysés, à savoir l'analyseur de CO2 et la vanne de circulation d'amine. Malgré les contraintes que ces systèmes présentent, on a essayé de proposer des solutions pratiques après une recherche et une analyse approfondie sur chaque système. Les lois de commande développées, qui ont été simulées avec MATLAB pour vérifier leurs performances et ajuster leurs paramètres afin d'atteindre les objectifs voulus, sont implémentées dans le DCS YOKOGAWA CS3000 en se servant de son application « SYSTEM VIEW ». Le langage SEBOL était d'une grande utilité pour l'implémentation des lois de commande, en particulier lorsqu'il est utilisé dans les blocs SFC.

Les algorithmes ont été testés avec l'outil « test function », afin de vérifier leurs performances avant de les connecter en ligne avec le process. Utiliser ces algorithmes en ligne demande un protocole spécial (démarches administratives) à cause de la sensibilité du système, en effet, si l'un des algorithmes génère un faux signal vers le process (exemple: un débit inadmissible) ce tout le train de décarbonation qui va tomber en panne. Pour cela, le changement qu'on a apporté doit être approuvé par d'autres ingénieurs.

This page is intentionally left blank