



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
Ecole Nationale Polytechnique

---

[HSI] Mini Project n°01

---

Realisé par :

- HADJ Yasser
- SASSI Zakaria Fakhri
- BENCHIKH Aghiles

Année d'étude : 2ème année Automatique

---

# Contents

<b>1</b>	<b>Introduction Générale</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Procédé de Production</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Position du Problème</b>	<b>3</b>
3.1	Analyse des risques . . . . .	3
3.2	Évaluation du <i>SIL</i> requis . . . . .	3
<b>4</b>	<b>Solutions Proposées</b>	<b>4</b>
4.1	Présentation du <i>SIS</i> existant . . . . .	4
4.2	Étude du <i>SIS</i> existant . . . . .	4
4.2.1	Étude pratique . . . . .	4
4.2.2	Étude sécuritaire . . . . .	5
4.3	Amélioration du <i>SIS</i> existant . . . . .	5
4.3.1	Schéma explicatif: . . . . .	5
4.3.2	Barrière de Prévention . . . . .	6
4.3.3	Barrière de Protection . . . . .	6
<b>5</b>	<b>Simulation du <i>SIS</i> amélioré</b>	<b>6</b>
5.1	Simulation de la barrière de prévention . . . . .	6
5.2	Simulation de la barrière de protection . . . . .	7
<b>6</b>	<b>Conclusion</b>	<b>8</b>

# 1 Introduction Générale

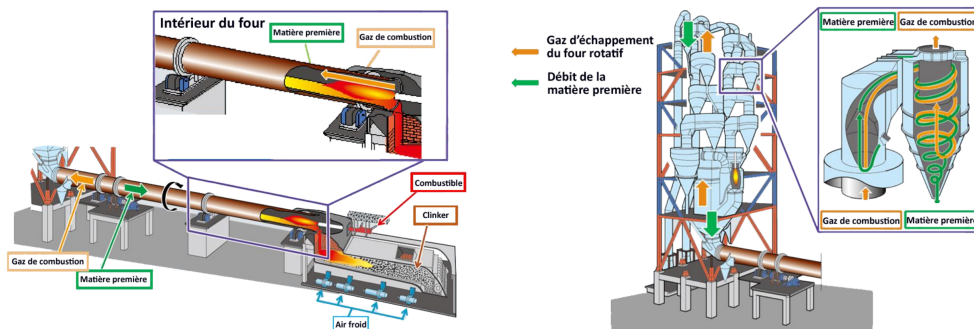
Ce mini projet a pour objectif l'étude et l'amélioration du système instrumenté de sécurité proposé dans le projet de fin d'étude *Maîtrise des risques par approche de sûreté de fonctionnement cas : Lafarge ciment de M'sila, Algérie* qui propose une analyse sécuritaire du procédé de fabrication du ciment dans la cimenterie Lafarge M'sila

Le PFE présente deux systèmes critiques intervenants dans le processus, le broyeur vertical et la zone de cuisson et propose une analyse sécuritaire ainsi qu'un système de sécurité automatique pour la partie zone de cuisson.

## 2 Procédé de Production

On se concentre, dans ce projet, sur la partie de la cuisson de la farine. Elle se fait sur 2 phases:

1. **Préchauffage:** En utilisant les gaz chauds provenant du four rotatif a contre-courant, on préchauffe et décarbonate le cru dans une tour qui contient 5 cyclones amenant ainsi sa température à l'entrée du four vers  $900^{\circ}C$ .
2. **Cuisson:** Dans un four rotatif d'environ 60 à 80 m de long tournant à une vitesse de 2 à 3 tour par minute, le cru sous l'effet de la chaleur se transforme après une heure en clinker.



## 3 Position du Problème

### 3.1 Analyse des risques

La zone de cuisson présente un potentiel de danger en raison des températures élevées et de la pression accumulée. L'événement redouté est la défaillance du ventilateur, qui provoque une accumulation des gaz chauds à l'intérieur des cyclones pouvant provoquer à cause de la surpression et de la chaleur une explosion. Le cas le plus favorable, sans SIS, étant la destruction du four et l'arrêt de production, les dommages sont majeurs et un SIS s'avère nécessaire dans cet unité de production.

### 3.2 Évaluation du SIL requis

- **Conséquence Critique ( $C_c$ ):** l'évènement redouté peut provoquer un accident majeur causant des pertes humaines (mort des employés), matériels (défaillance du four) et financières (arrêt de production).
- **Occupation de classe ( $F_a$ ):** Le processus de production implique une présence rare des employés dans la zone de production.
- **Possibilité d'évitement de classe  $P_A$ :** Il est possible d'éviter les accidents potentiels de ce risque en suivant les protocoles de sécurité,
- **Taux de demande de classe  $W_2$ :** Par retour d'expérience des employés, il y avait déjà des instances d'accidents de ce genre. La probabilité est donc qualifiée moyenne.

Depuis le graphe des risques, le niveau d'intégrité de sécurité requis pour construire les barrières de sécurité adéquates est de **niveau 1**.

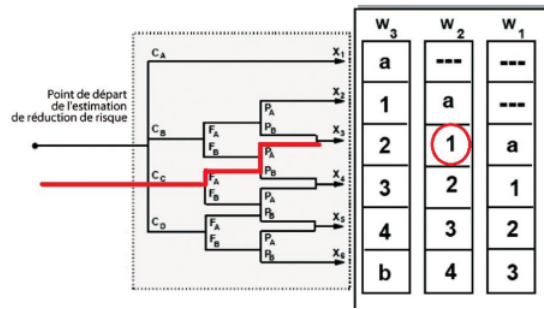


Figure 1: SIL requis selon le Graphe des Risques

## 4 Solutions Proposées

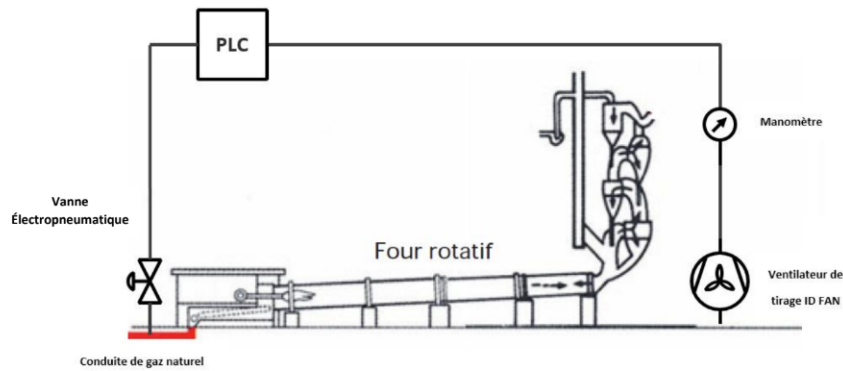


Figure 5-9 : Schéma du SIS proposé

### 4.1 Présentation du SIS existant

La solution proposée traite d'un problème de surpression du gaz chaud a cause de l'arrêt du ventilateur d'aspiration, pouvant provoquer une explosion a l'intérieur des cyclones ou des tuyaux  
Le SIS est un

- Capteur de pression : détecte la pression d'aspiration au niveau du ventilateur
- Vanne électropneumatique dans la conduite de gaz
- Automate programmable

Son fonctionnement comme décrit dans le projet : "Lorsqu'il y a une défaillance dans " ID-FAN ", le manomètre indique sur le tableau de commande, une pression d'aspiration égale à zéro ce qui désigne que les gaz ne circulent pas dans le four et la tour de préchauffage. Après 3 secondes l'unité logique (PLC) envoie un signal pour la fermeture de la vanne électropneumatique, et de ce fait, il n'y aura aucune injection du gaz naturel à l'intérieur du four."

### 4.2 Étude du SIS existant

#### 4.2.1 Étude pratique

La structure du système proposée est correcte et comporte les éléments nécessaires à sa réalisation, cependant, d'un point de vue pratique elle comporte plusieurs défauts

- La fonction du capteur de pression est d'abord décrite comme étant l'envoi d'un signal si la pression mesurée est différente de la pression nominale, puis dans le processus comme étant d'indiquer 0 en cas de "défaillance"

- Le délais d'attente de 3 secondes avant la fermeture de la vanne n'est pas expliqué
- L'exploitation très limitée de l'automate qui consiste juste en la réception et l'envoi d'un signal

#### 4.2.2 Étude sécuritaire

Du point de vue d'un automaticien, le système présente plusieurs carences

- La solution est une barrière de protection, en cas de défaillance détectée pas de solution préventive pour assurer le bon fonctionnement du ventilateur
- Ambiguïté sur le type de panne détectée, la baisse de régime ou l'arrêt complet du ventilateur?
- Couper seulement l'alimentation en gaz sans mention du reste de l'installation notamment du cru présent dans le four
- Couper le gaz ne permet pas son évacuation et peut toujours présenter un risque sur le système

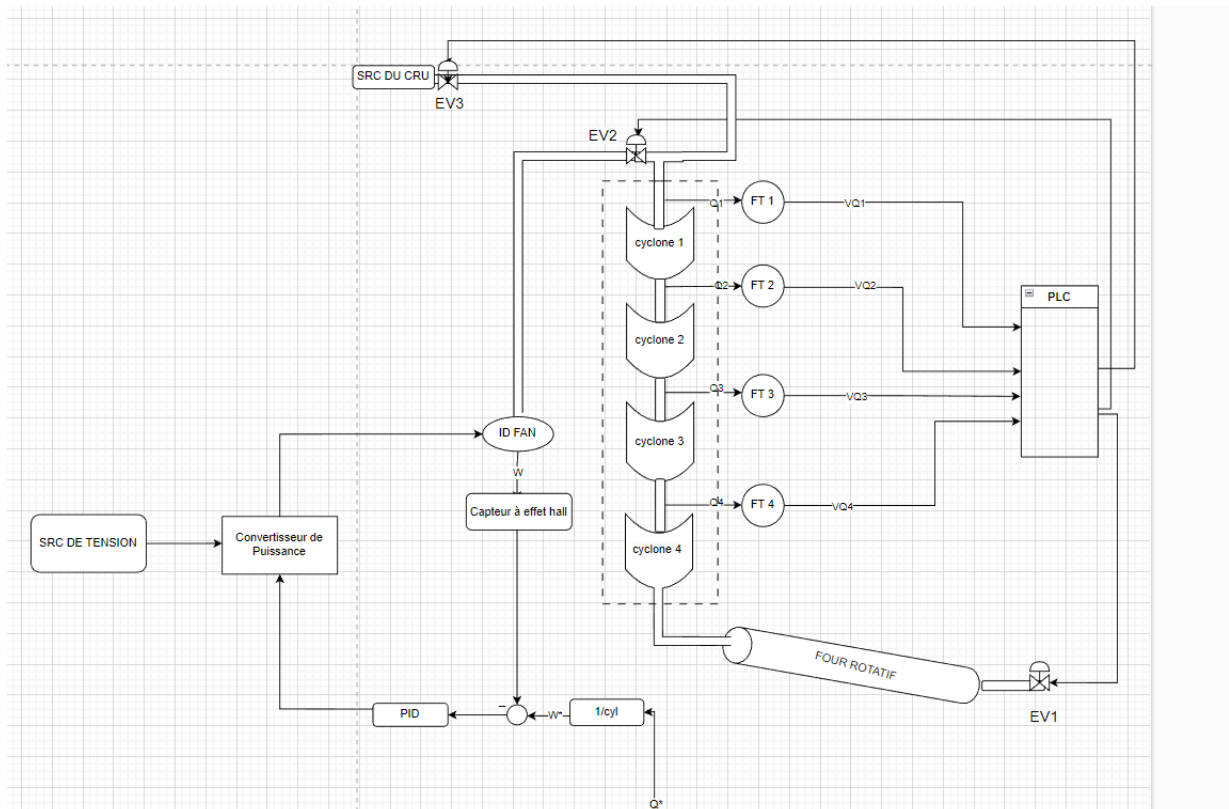
En résumé la solution n'exploite pas pleinement le potentiel du système instrumenté mis en oeuvre et ne règle -de manière approximatif- qu'un seul des risques présents dans la partie cuisson

### 4.3 Amélioration du SIS existant

#### 4.3.1 Schéma explicatif:

Voici le schéma détaillée de notre solution qui explique clairement l'implémentation des parties de prévention et protection dans notre processus de production.

- **FT**: Flow Transmitter qui s'agit d'un capteur de débit en utilisant le piquage ANNUBAR.
- **EV**: Trois électrovanne qu'on utilisera pour contrôler le débit du cru , gaz d'alimentation et de l'air chaud.
- **Capteur à effet hall**: Le capteur choisi pour mesurer la vitesse.
- **PLC**: L'automate programmable.



### 4.3.2 Barrière de Prévention

On s'intéresse dans cette partie à éviter l'évènement redouté en contrôlant le ventilateur.

Pour régler la vitesse de rotation de  $ID - Fan$  à la vitesse nominale (image du débit d'aspiration nominale) définit dans la réglementation, selon la relation :  $Débit = Cylin drée \times Vitessed eRotation$ .

La commande en vitesse est faite en implémentant une boucle fermée composée d'un capteur de vitesse (capteur a effet HALL) et un régulateur PID.

La synthèse de la loi de commande pour le moteur asynchrone qui entraîne l'hélice du ventilateur est connue et simple, en utilisant un modèle déjà existant et en y introduisant les valeurs des paramètres du moteur on fait varier les paramètres du régulateur jusqu'à obtenir en simulation un résultat satisfaisant

Pour éviter le risque d'inversion du sens de rotation du ventilateur, provoqué par l'inversion des phases électriques d'alimentation on place un relais de phase dans le circuit de puissance de la machine asynchrone.

Ce relais contraint la machine a ne tourner que si les phases sont dans le bon ordre, dans le cas contraire il coupe l'alimentation électrique.

### 4.3.3 Barrière de Protection

On s'intéresse dans cette partie à la protection en cas de défaillances du système de ventilation (arrêt ou baisse de régime) mais aussi en cas d'anomalie de débit en amont du ventilateur pouvant provoquer une surpression/dépression a cause d'une accumulation/fuite a l'intérieur des cyclones et du four

On met en place un capteur de débit (piquage ANNUBAR) dans chaque cyclone, et on définit un niveau de débit maximal et minimal toléré

En utilisant le même capteur de vitesse de la partie prévention on définit aussi un seuil de vitesse minimal (la vitesse maximale est considérée nominale)

Ces capteurs envoient leurs signaux vers un API qui les comparent continuellement avec les valeurs seuils, et agit sur 3 actionneurs : une électrovanne pour l'alimentation du four en gaz, une électrovanne pour l'arrivée du cru et une électrovanne d'évacuation, on illustre sa fonction de protection en utilisant le GRAFCET suivant :

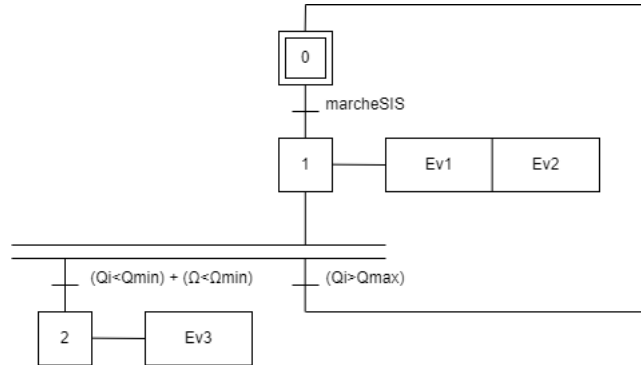


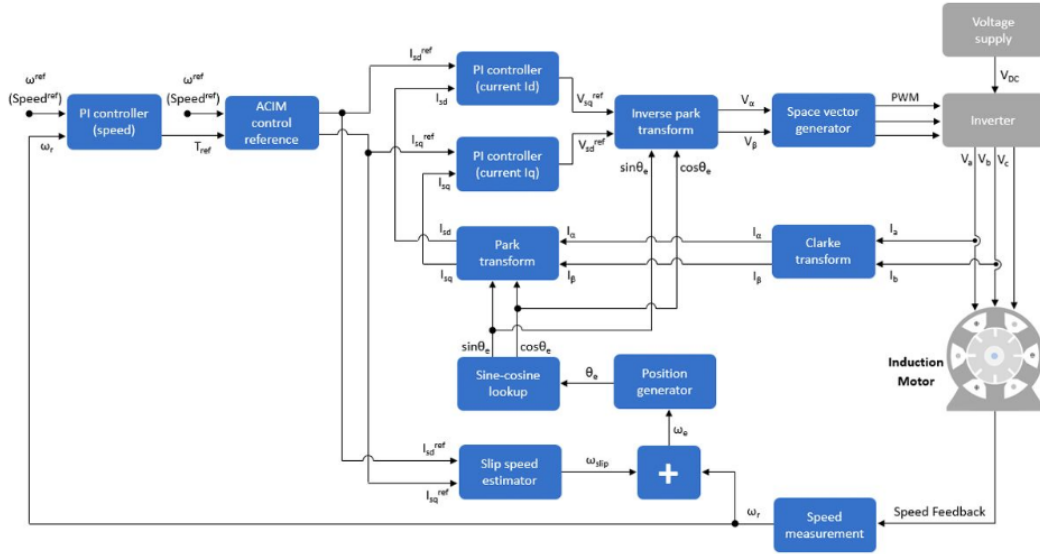
Figure 2: GRAFCET de la barrière protection du *SIS*

*Ev1* et *Ev2* ( fermée au repos ) pour couper les sources du cru et gaz chaud. *Ev3* ( fermée au repos ) vanne d'échappement de secours en cas d'accumulation de pression placée en amont du ventilateur .

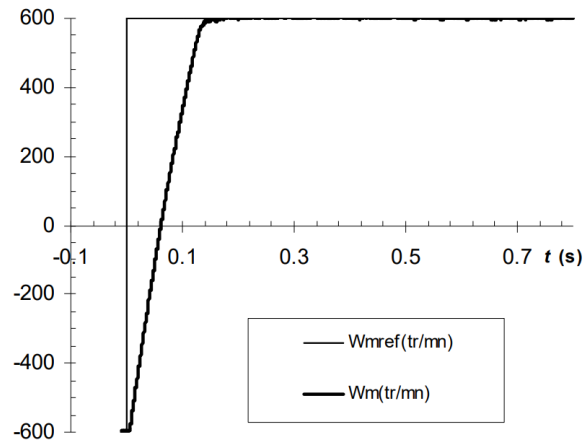
## 5 Simulation du *SIS* amélioré

### 5.1 Simulation de la barrière de prévention

La partie circuit de commande et de puissance du schéma global est détaillée ici



Ceci est la structure de commande en tension de la vitesse d'une machine asynchrone utilisant la commande vectorielle, il suffit d'introduire les paramètres de la machine et de donner comme consigne  $\Omega_{ref}$ . A titre d'exemple, voici des résultats de simulation



remarque cette structure ne représente pas le relais de phase qui doit être placé en amont de la machine

## 5.2 Simulation de la barrière de protection

On utilise ZelioSoft 2 du Schneider Electric pour simuler le GRAFCET de la barrière de protection en langage *SFC*. Pour cela on pose  $Q_i = 50l/min < Q_{min} = 100l/min$  pour simuler une obstruction dans les cyclones, il faut alors ouvrir la vanne d'échappement de secours comme illustrer dans la simulation :

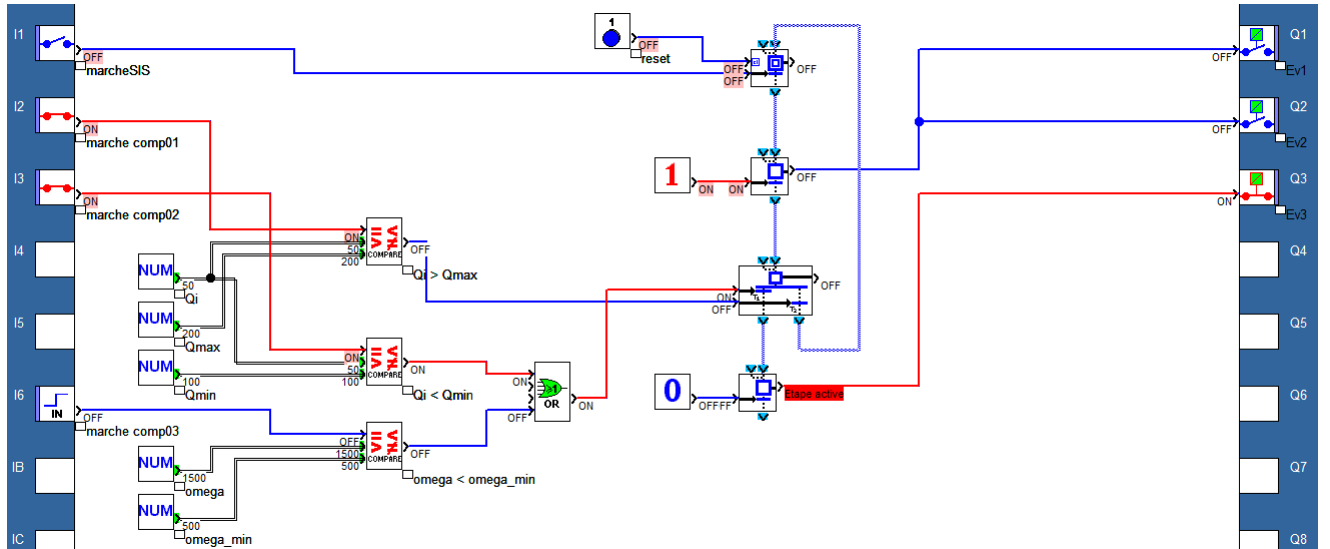


Figure 3: Simulation d'un bouchage dans les cyclones

## 6 Conclusion

Un processus de production de ciment comporte plusieurs sources de danger, qui causent une infinité de risques. C'est notre travail en tant qu'ingénieurs qui sont non seulement formé en automatique mais en HSI aussi de classifier ces risques et les gérer. Le risque qu'on a traiter dans ce mini projet est l'un des plus prioritaires mais des futurs travaux doivent être accomplit pour traiter les autres aussi.