

## Conception d'un système de détection et localisation automatique des fuites d'huile dans un broyeur

### [ Design of an automatic detection and localization system for oil leaks in a mill ]

Orville Nkunga Nsinga<sup>1</sup>, Bope Medard-Arnauld<sup>2</sup>, Dennis Tshikudi<sup>3</sup>, Gad Thimbu<sup>4</sup>, Idelfonse Tshipi Chen<sup>5</sup>, Ivick Tshibamb<sup>6</sup>, Luc Lumanji<sup>7</sup>, and Papy Mukanda Lukengo<sup>8</sup>

<sup>1</sup>Chargé de pratique professionnelle, ingénieur technicien en informatique industrielle, RD Congo

<sup>2</sup>Chargé de cours, Ingénieur en de système d'information, RD Congo

<sup>3</sup>Chargé de cours, Licencié en informatique de gestion, RD Congo

<sup>4</sup>Chargé de cours, Ingénieur en informatique industrielle, RD Congo

<sup>5</sup>Assistant A2, Ingénieur industriel, RD Congo

<sup>6</sup>Chargé de cours, Ingénieur en génie logiciel, RD Congo

<sup>7</sup>Chef de travaux, Licencié en informatique de gestion, RD Congo

<sup>8</sup>Chargé de cours, Licencié en électronique industrielle, RD Congo

---

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** This publication is a brief abstract of an engineering work that addresses the problem of locating oil leaks in the lubrication circuit of a semi-autogenic mill called CASCAD MILL CINQ (CM5).

A solution is proposed using a fundamental law of fluid mechanics that is «the law of flow conservation». Thanks to the latter, the model of an automatic and computer system was designed, also taking into account the instrumentation and other aspects of the solution related to the problem.

**KEYWORDS:** System, detection, location, leak, oil, mill.

**RESUME:** Cette publication est un bref résumé d'un travail d'ingénierie qui aborde le problème de localisation des fuites d'huile dans le circuit de lubrification d'un broyeur semi-autogène nommé CASCAD MILL CINQ (CM5).

Une solution est proposée en utilisant une loi fondamentale de la mécanique de fluides qu'est «la loi de la conservation de débit». Grace à cette dernière, le modèle d'un système automatique et informatique a été conçu, prenant aussi en compte l'instrumentation et autres aspects de la solution liée au problème.

**MOTS-CLEFS:** Système, détection, localisation, fuite, huile, broyeur.

## 1 INTRODUCTION

L'entreprise Kamoto Copper Compagnie en sigle KCC est l'une des grandes sociétés d'extraction et de traitement du cuivre et du cobalt au monde. Situé à Kolwezi dans la province du Lualaba. Dans son processus de broyage des minerais, KCC possède un grand broyeur semi-autogène nommé CM5. Afin d'assurer le bon fonctionnement du CM5, assurer la sécurité de la machine ainsi que des agents aux alentours, une lubrification permanente des paliers avec de l'huile sous pression est impérative. D'où, les fuites d'huile ne sont pas à désirer. Le très performant système de supervision actuel mis en place pour prévenir les anomalies du broyeur, permet certes de détecter avec précision les fuites d'huile, mais ne permettant pas de localiser les conduites d'huile concernées. Ce dans ce contexte que notre travail propose un système informatique d'aide à la maintenance du système de lubrification du CM5 permettant de localiser les tronçons de tuyauteries affectés par une ou plusieurs fuites.

## 2 GENERALITES SUR LES BROyeurs ET LES SYSTEMES DE COMMANDES INDUSTRIELS

### 2.1 LES BROyeurs

De façons générales, un broyeur est une machine mécanique dont la fonction est de concasser, réduire à l'état de particule une matière. Le but de cette machine est donc de réduire la granulométrie d'une matière quelconque afin de pouvoir la traiter. Les broyeurs sont utilisés dans certaines cuisines, bureaux, plantations et usines. En référence au fonctionnement, il existe deux grandes familles de broyeurs, le broyeur culbuteur et le broyeur moulin<sup>1</sup>.

### 2.2 SYSTÈME DE SUPERVISION ET DE DÉTECTION DES ANOMALIES

La détection consiste à remarquer une incohérence entre le comportement du système physique et celui du modèle. Le diagnostic, lui, est souvent fondé sur la recherche d'une cohérence entre le comportement du système physique et celui d'un modèle de panne correspondant à des connaissances profondes.<sup>2</sup> Le système de supervision permet de diagnostiquer des anomalies grâce à l'acquisition des données provenant des capteurs.

## 3 ETUDE PREALABLE

### 3.1 ANALYSE MÉTIE

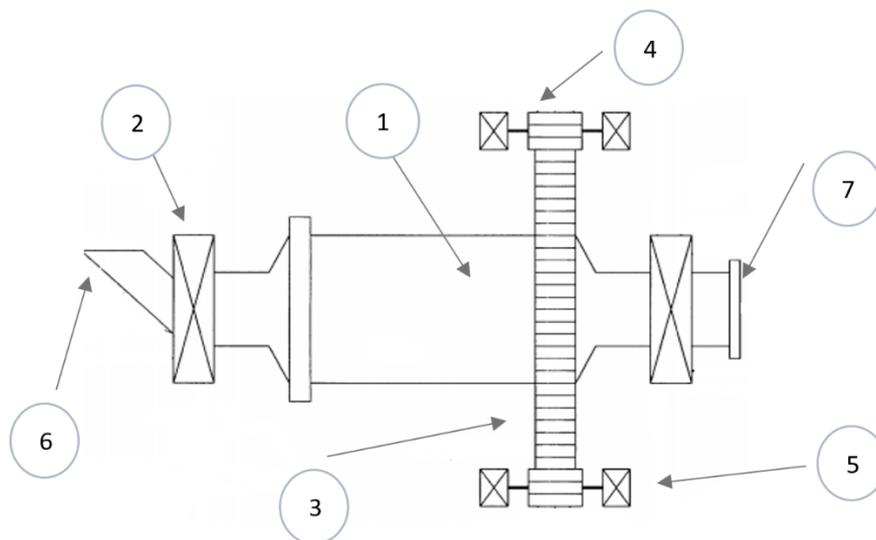


Fig. 1. Composition CM5

<sup>1</sup> Jean VAN PAMEL, Fragmentation, 2016 p.14

<sup>2</sup> BELFARHI N, Conception d'un outil d'aide à la détection et diagnostic des défaillances dans un système de production, 2012 p. 15

Les sept parties illustrées par la figure ci-haut sont:

- 1) Un tambour rotatif.
- 2) Deux paliers lisses.
- 3) Une couronne dentée.
- 4) Des pignons.
- 5) Des réducteurs de vitesse.
- 6) Une goulotte d'entrée.
- 7) Une goulotte de décharge.

### 3.2 FONCTIONNEMENT DU CM5

Le fonctionnement du CM5 se résume au ce graphique ci-dessous:

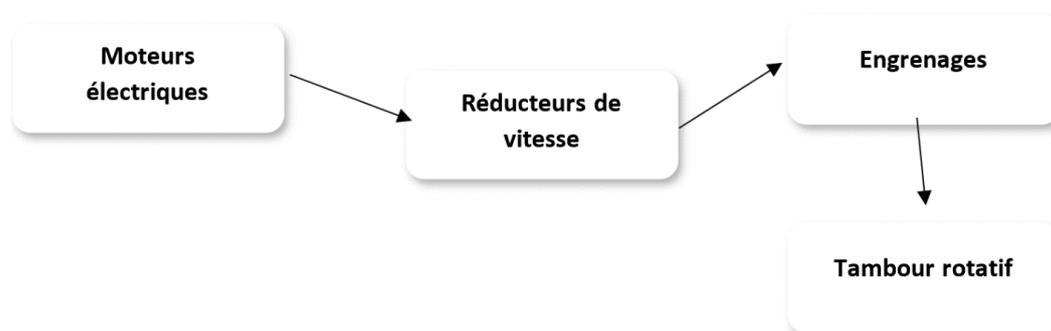


Fig. 2. Schéma bloc du fonctionnement du CM5

### 3.3 LE SYSTÈME DE LUBRIFICATION HYDROSTATIQUE DES PALIERS

La lubrification hydrostatique fonctionne sur le principe de l'alimentation en fluide sous pression entre les surfaces de glissement pour sécuriser leur séparation. Le fluide est alimenté par un circuit hydraulique et entre par un trou d'entrée dans le palier et est uniformément réparti par un évidement. Le plateau tournant flotte et est prêt à fonctionner une fois que le film lubrifiant est complètement développé.<sup>3</sup>

La lubrification des paliers du CM5 est hydrostatique, on utilise de l'huile à pression constante pour créer un film d'huile qui permet une séparation entre le palier et le tourillon. La partie séparatrice entre le tourillon et le palier appelé coussinet est percée de plusieurs trous. Des jets d'huile pénètrent par ces trous et soulèvent le tourillon qui tourne sur une mince couche d'huile sans toucher le coussinet. Ainsi, le coefficient de frottement est presque réduit à zéro<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> A review of the design and optimization of large-scale hydrostatic bearing systems: Engineering Science and Technology, an International Journal (JESTECH). Volume 24, August 2021, P 936-958

<sup>4</sup> A review of the design and optimization of large-scale hydrostatic bearing systems: Engineering Science and Technology, an International Journal (JESTECH). Volume 24, August 2021, P 936-958

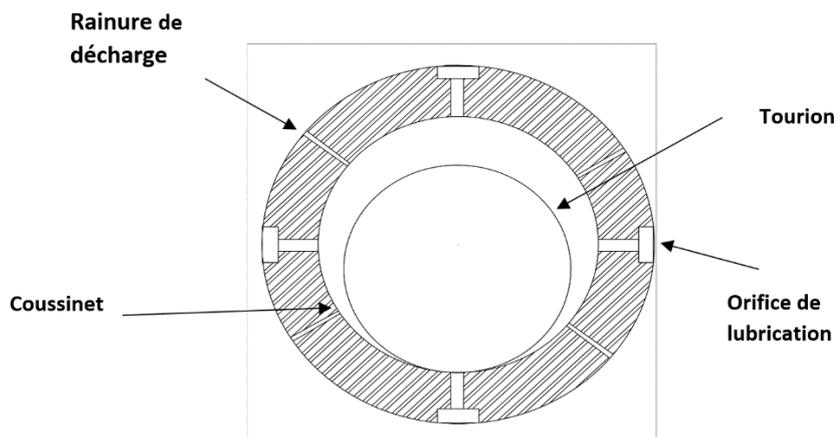


Fig. 3. Palier du broyeur CM5 avant son démarrage

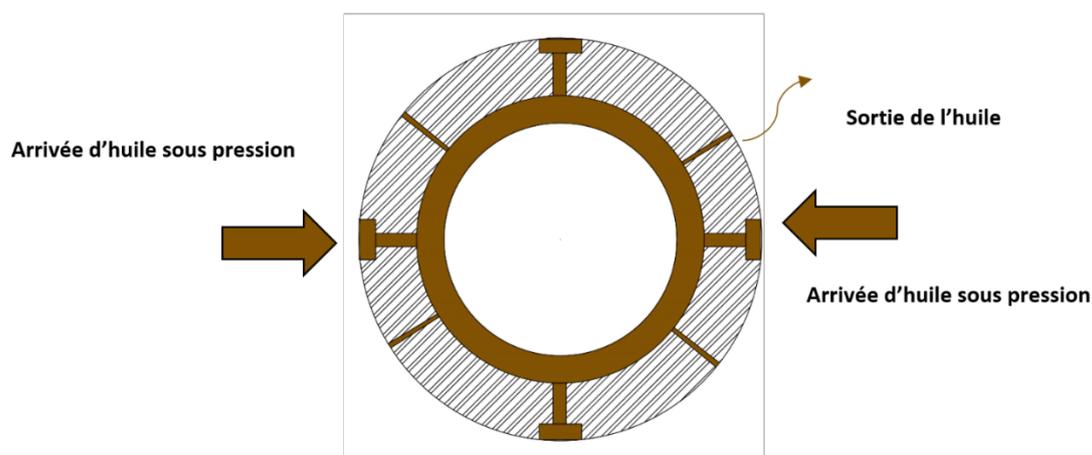


Fig. 4. Lubrification des paliers pendant le fonctionnement du CM5

### 3.4 LE SYSTÈME DE DIAGNOSTIC DU CM5

Ce système est très sensible et très réactif. En cas d'anomalie grave, il signale le problème et lance des alarmes. Si rien n'est fait dans les quelques secondes qui suivent, il arrête le CM5. Certes, il est vrai que le système de supervision actuellement utilisé pour le CM5 et ses circuits auxiliaires est très performant. Néanmoins, en cas des fuites d'huile dans la tuyauterie, le système n'est pas capable de localiser la fuite. Il détectera et indiquera qu'il y a une perte d'huile mais il ne pourra pas localiser la fuite dans la tuyauterie. Actuellement, cette tâche revient aux ingénieurs à la maintenance.

### 3.5 PROPOSITION DE LA SOLUTION

Pour localiser un tronçon défectueux dans le circuit de lubrification, le principe utilisé est la loi de la conservation du débit qui stipule que « dans une conduite et en absence de nœud, la valeur du débit est uniforme en tout point ». De ce fait, on prélève le débit d'huile à intervalles réguliers dans le circuit. En considérant un bout de tuyauterie rectiligne AB et en supposant que le système est idéal, Alors le débit dans ce bout de tuyauterie est censé être unique en tout point. Par conséquent, le débit mesuré au point A doit obligatoirement être égal au débit mesuré au point B. Du coup, L'incohérence des valeurs prélevées entre ces deux points signifierait que le tronçon de tuyauterie AB est défectueux et donc qu'il y a une fuite sur ce tronçon.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Loubna F, Krasimir D, Peggy V, (2015, juillet). « Conservation du débit », sur le site [tech-alim.univ-lille.fr](https://tech-alim.univ-lille.fr/intro_gia/co/ch03_03.html). Consulté le 10 Juin 2021. [https://tech-alim.univ-lille.fr/intro\\_gia/co/ch03\\_03.html](https://tech-alim.univ-lille.fr/intro_gia/co/ch03_03.html)

$$Q_A = Q_b \quad (1)$$

$$S_a \cdot V_a = S_b \cdot V_b \quad (2)$$

## 4 CONCEPTION DU SYSTEME INFORMATIQUE

### 4.1 ARCHITECTURE DU SYSTÈME

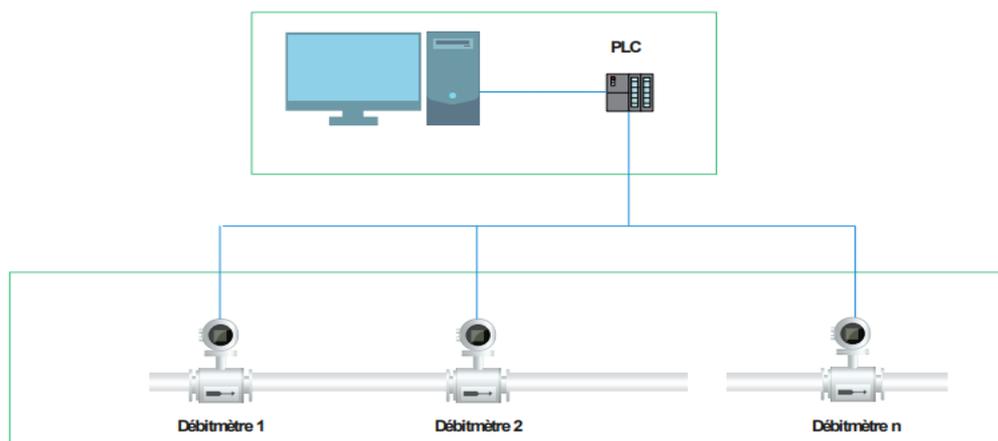


Fig. 5. Architecture du système<sup>6</sup>

### 4.2 SCHÉMA DES CONDUITES ET DIAGRAMME D'INSTRUMENTS

Le pipeline and diagramme instruments (P&id) suivant est un schéma conçu sur base du principe d'une lubrification hydrostatique des paliers expliqué au chapitre deux. Le schéma d'instrumentation originelle ne peut pas être utilisé dans ce travail pour raison de confidentialité. Néanmoins la solution proposée sur ce présent schéma reste valide même pour le diagramme original. (Fig. 6)

### 4.3 CONCEPTION DU RÉSEAU INFORMATIQUE INDUSTRIELLE (DÉBITMÈTRES VERS LE CONTROL SYSTÈME)

La Fig. 7 est un schéma du réseau de transmission des informations dans notre système.

---

<sup>6</sup> Development\_of\_water\_leakage\_detection\_and\_localiz.pdf, p4.

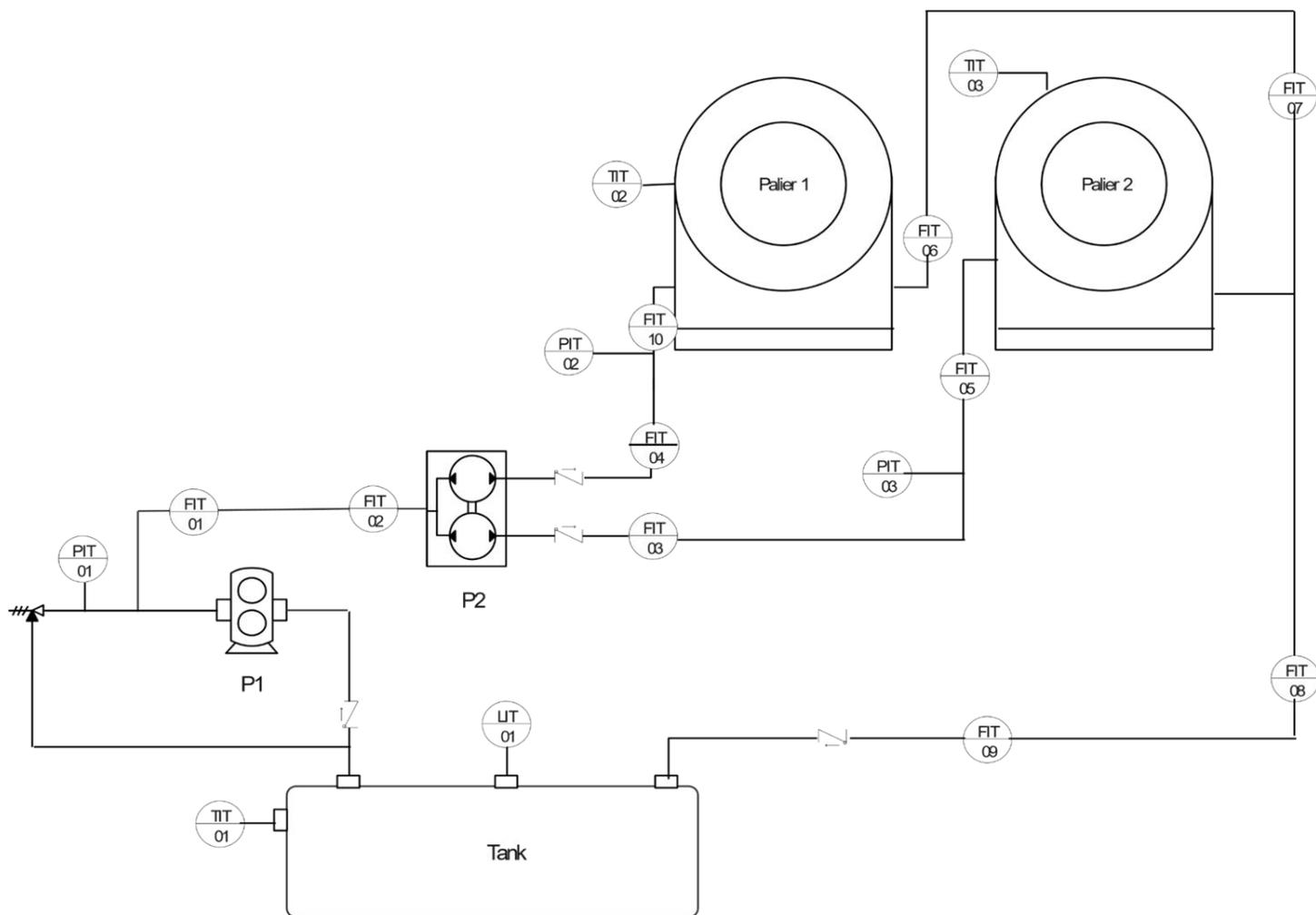


Fig. 6. Conduite et schéma d'instrumentation

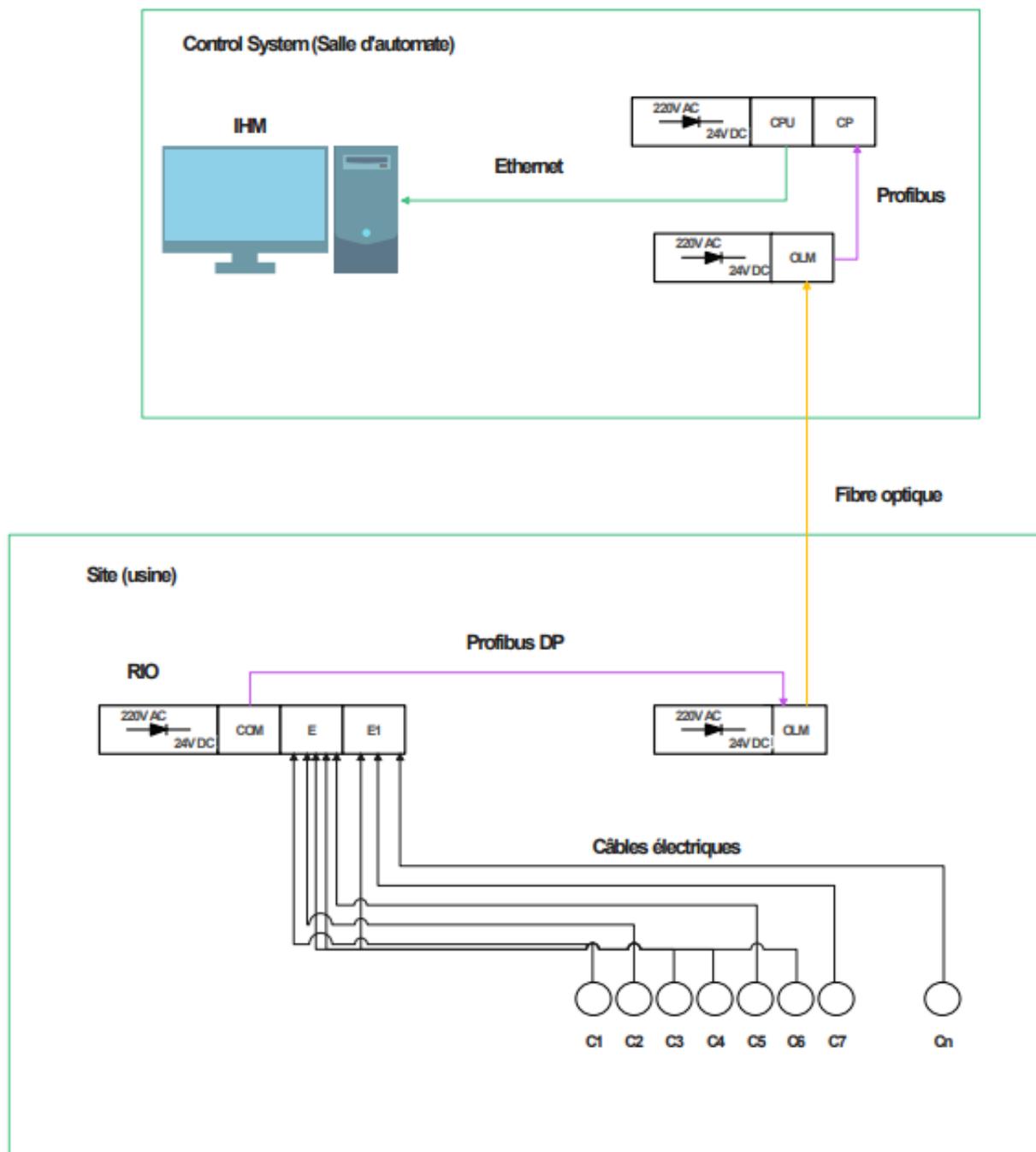


Fig. 7. Réseau informatique industrielle de transmission de données

4.4 SCHÉMA ÉLECTRIQUE DE L'ALIMENTATION EN ÉNERGIE DES CAPTEURS

Dans le but d'alimenter nos capteurs ainsi que le module entré distant de notre automate programmable, nous proposons le circuit électrique ci-dessous (Fig. 8)

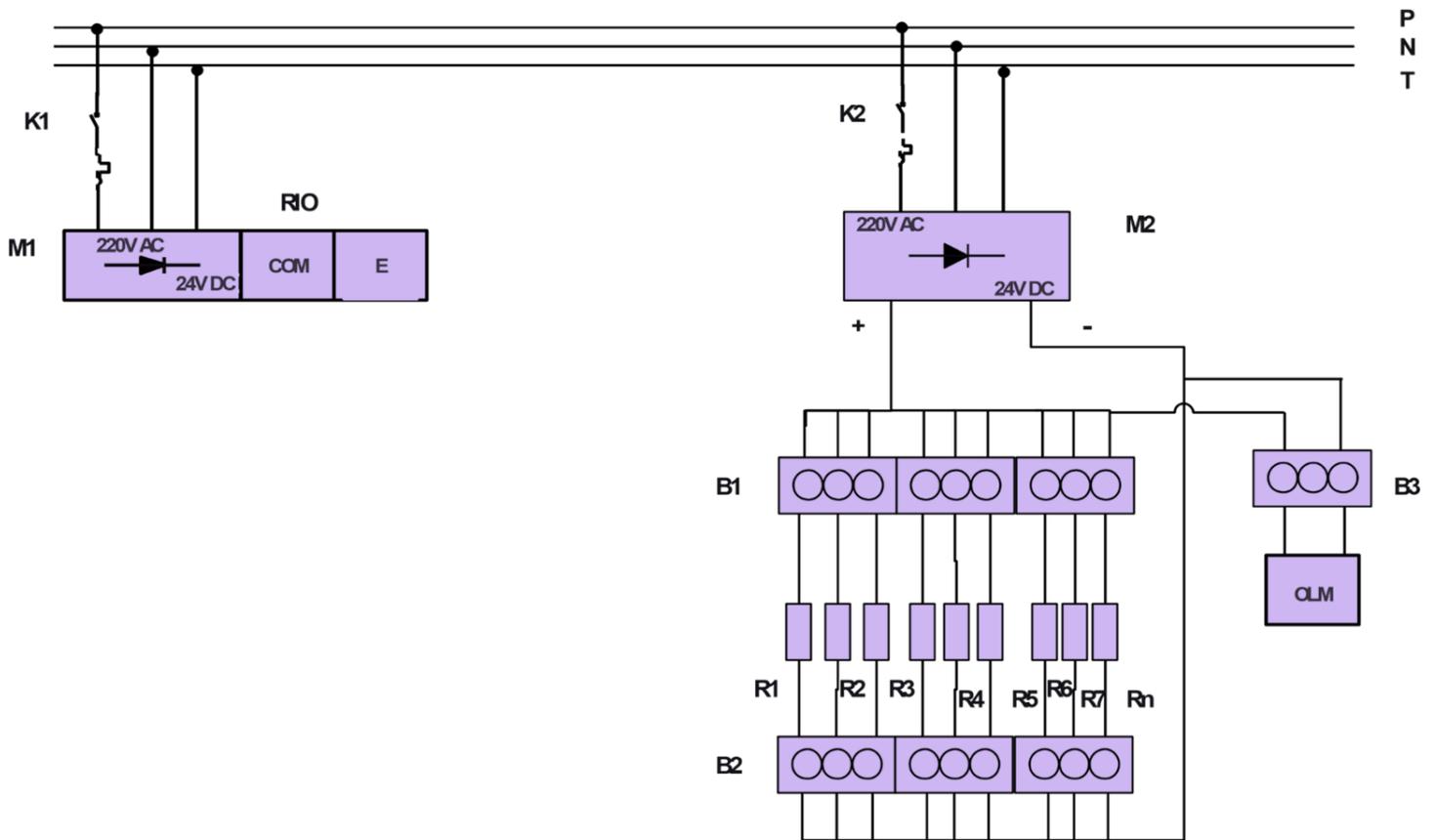


Fig. 8. Alimentation en énergie électrique des capteurs et du RIO

4.5 MODÉLISATION DU SYSTÈME D'INFORMATION

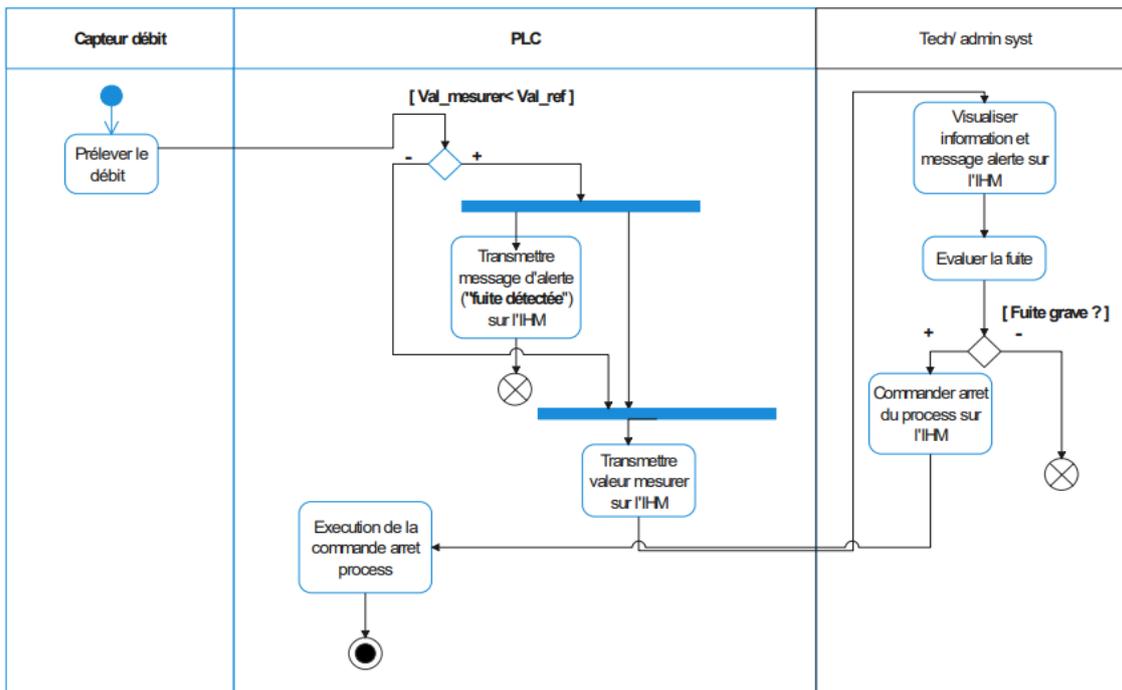


Fig. 9. Diagramme d'activité

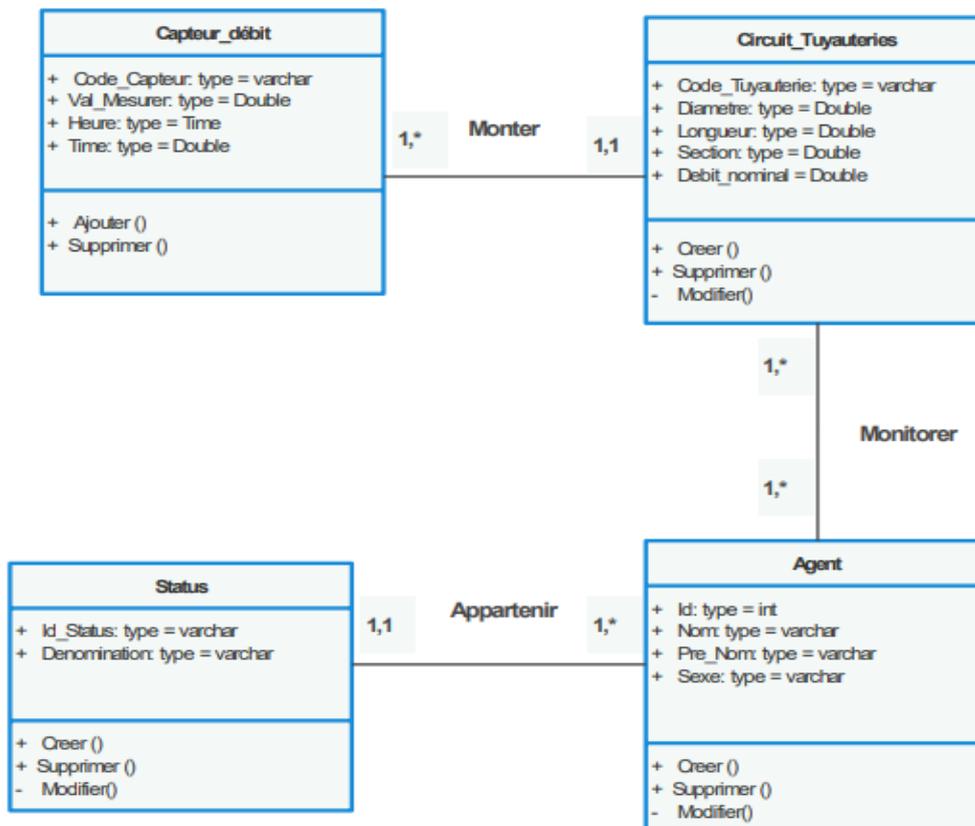


Fig. 10. Diagramme de classe

## 5 REALISATION DU SYSTEME

### 5.1 ALGORITHMES DE PROGRAMMATION

#### 5.1.1 ALGORITHME DE DÉTECTION DES TRONÇONS DÉFECTUEUX CAS (TRONÇONS RECTILIGNE).

Début

Double Q1, Q2, Q3, Qn ;

Lire (Q1, Q2, Q3, Qn);

Si (Q1-Q2 != 0) {

Afficher (" Tronçons 1 défectueux " );

}

Sinon si (Q2-Q3 != 0) {

Afficher (Tronçon 2 défectueux);

}

Sinon si (Q3-Qn != 0) {

Afficher (tronçon n défectueux);

}

Fin

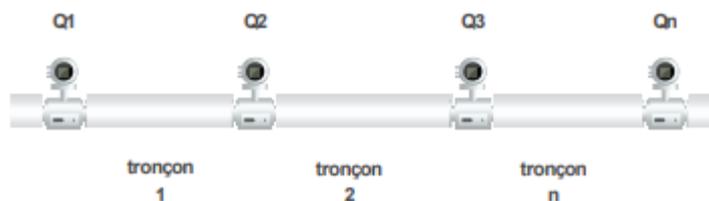


Fig. 11. Tronçon rectiligne

#### 5.1.2 ALGORITHME DE DÉTECTION DES TRONÇONS DÉFECTUEUX CAS D'UN NŒUD (CONDUITES DE MÊME DIAMÈTRE).

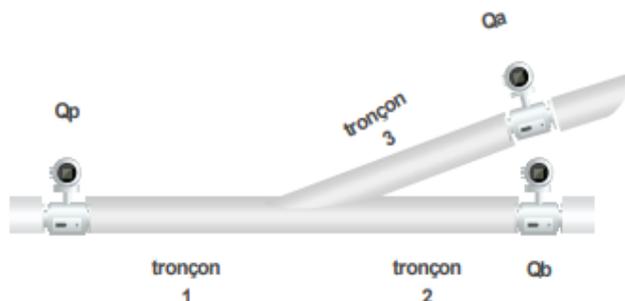


Fig. 12. Tronçons avec noeud

Conduites de même diamètre

Début

Double Qp, Qa, Qb ;

Lire (Qp, Qa, Qb);

Si (Qa != (Qp/2)) {

Afficher (" tronçon A défectueux ");

}

Sinon si (Qb != (Qp/2)) {

Afficher (" tronçon B défectueux ");

}

Fin

Conduites de diamètres différents.

Début

Double Qp, Qa, Qb, QrefA, QrefB ;

QrefA = x;

QrefB = Y;

Lire (Qp, Qa, Qb);

Si (Qa + Qb != Qp)

{

Si (Qa != QrefA) {

Afficher (" tronçon A défectueux ");

}

Si (Qb != QrefB)

{Afficher (" tronçon B défectueux "); }

} Fin

## 5.2 CONFIGURATION MATÉRIEL DU PLC

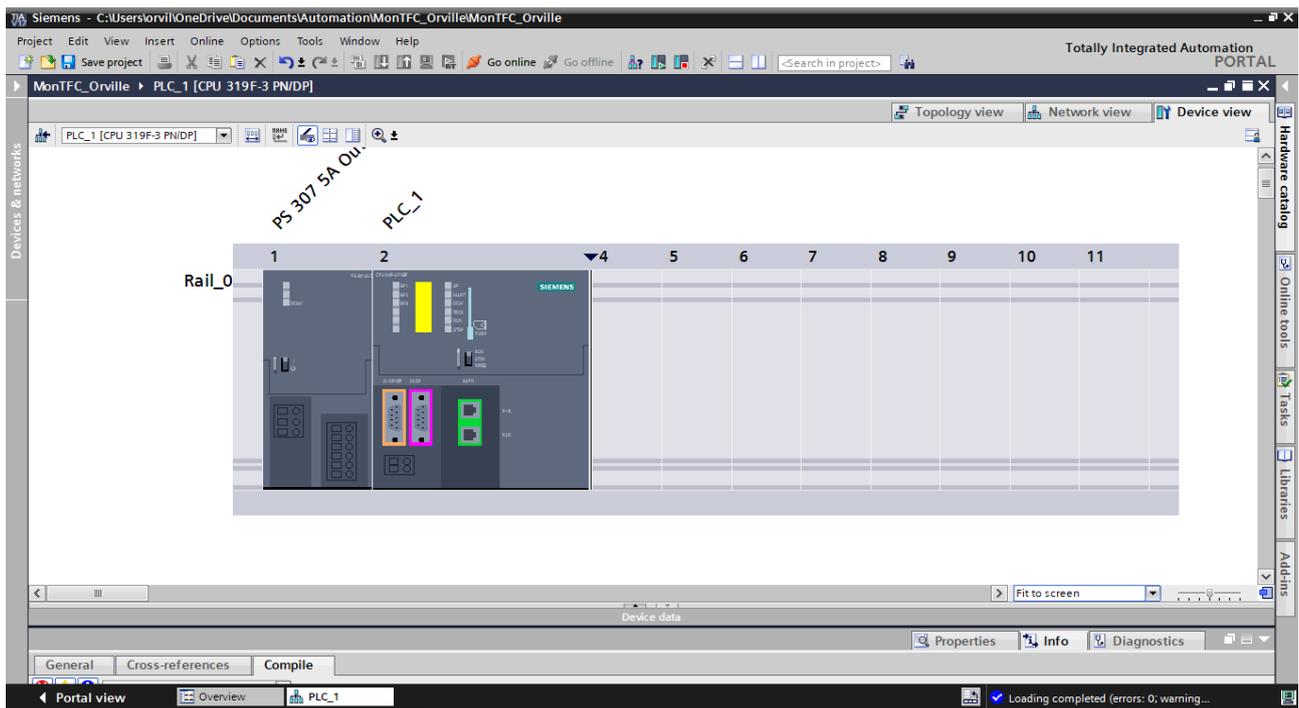


Fig. 13. Configuration matérielle du PLC

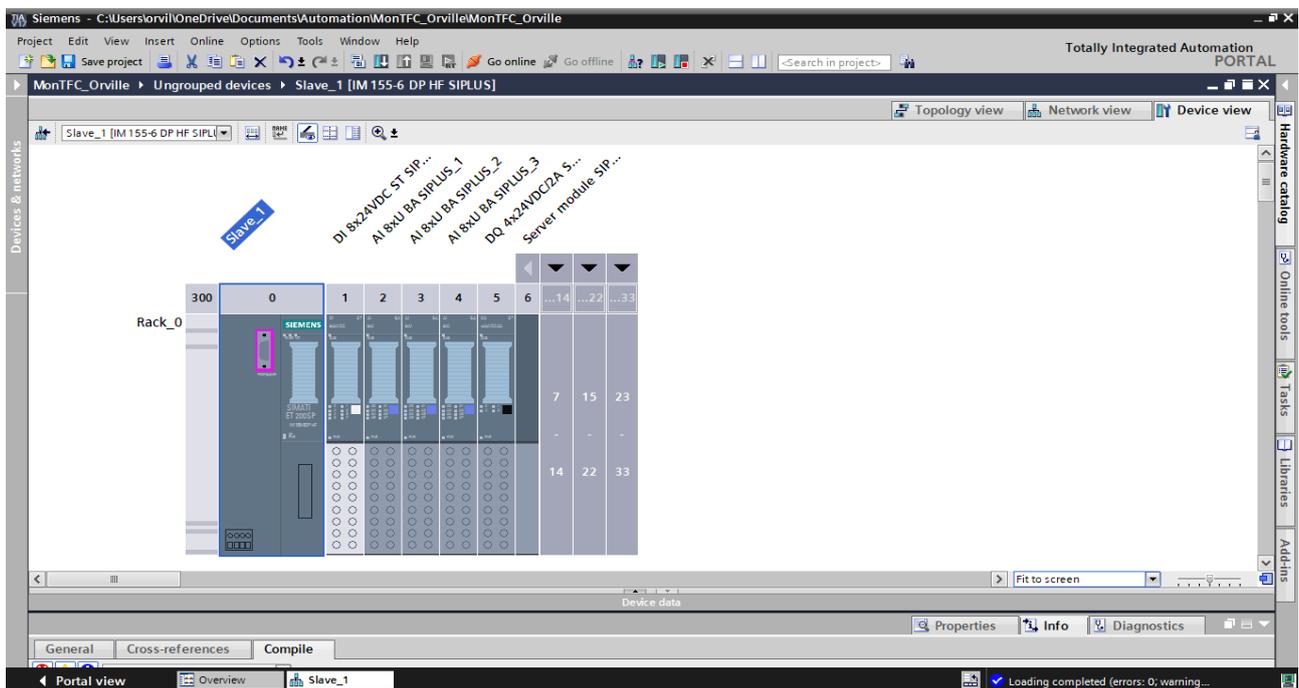


Fig. 14. Configuration Matérielle du module Esclave (RIO)

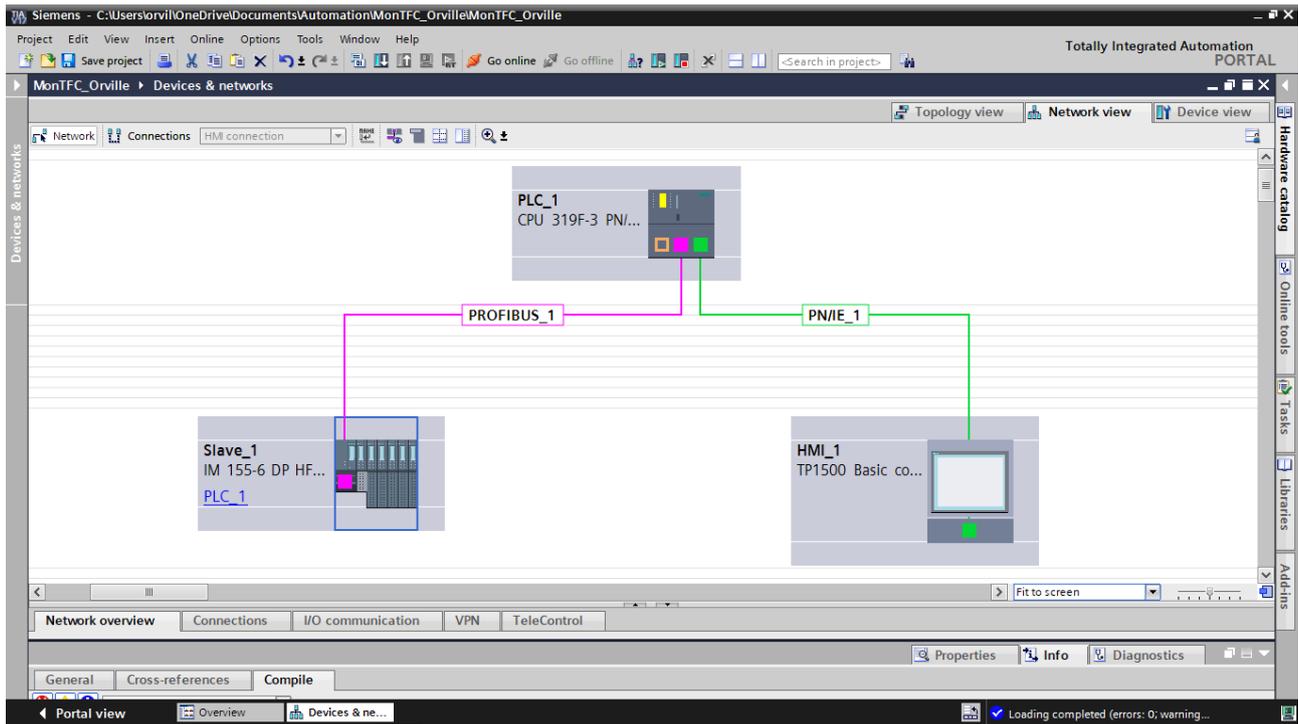


Fig. 15. Architecture réseaux industriels

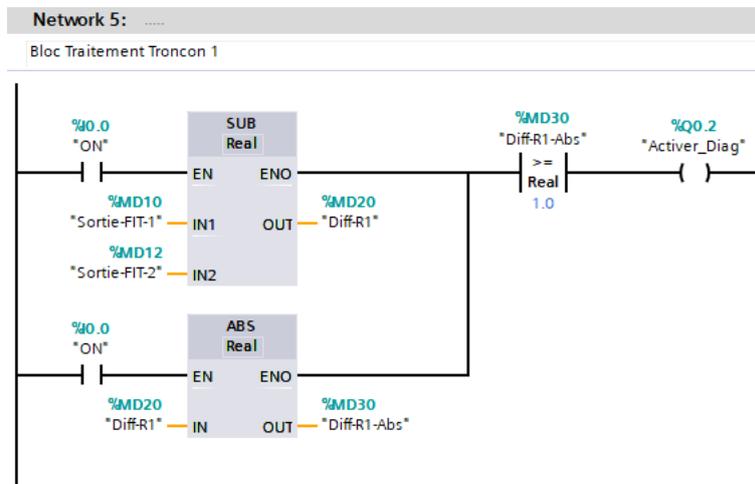


Fig. 16. Interface de supervision pour maquette

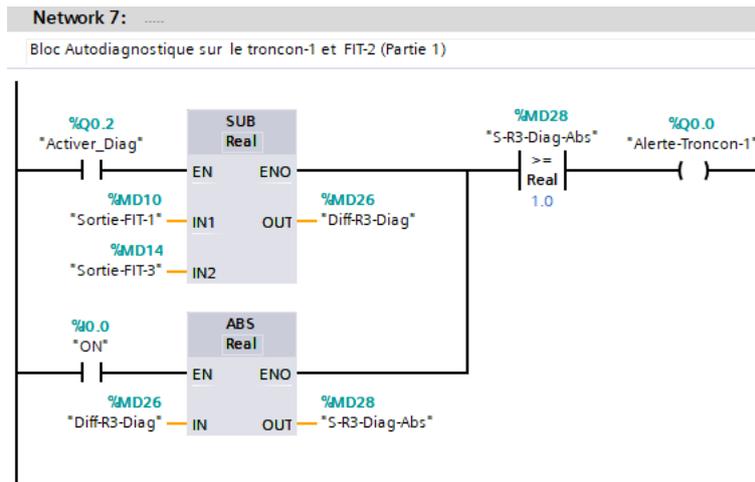


Fig. 17. Extrait du code automate

**Note !**

Voici un extrait du code automate.

Dans le réseau 5, nous voyons la différence de deux débits (Sortie-FIT-1 et Sortie-FIT-2) puis un bloc ABS qui donne la valeur absolue de cette différence. On compare cette différence avec une valeur de tolérance. En effet, deux FIT ne peuvent donner de façon exactes deux valeurs égales. D'où, même en absence des fuites, la différence de débit ne sera jamais égale à zéro.

Dans le réseau 7, On compare Sortie-FIT-1 avec Sortie-FIT-3 car Sortie-FIT-1 = Sortie-FIT-2 = Sortie-FIT-3 (Conduite rectiligne) donc si (Sortie-FIT-1 != Sortie-FIT-2) et (Sortie-FIT-2 = Sortie-FIT-3) alors il y a fuite sur tronçons 1.

Si Sortie-FIT-1 != Sortie-FIT-2 et Sortie-FIT-1 = Sortie-FIT-3 alors le débitmètre FIT2 est endommagé.

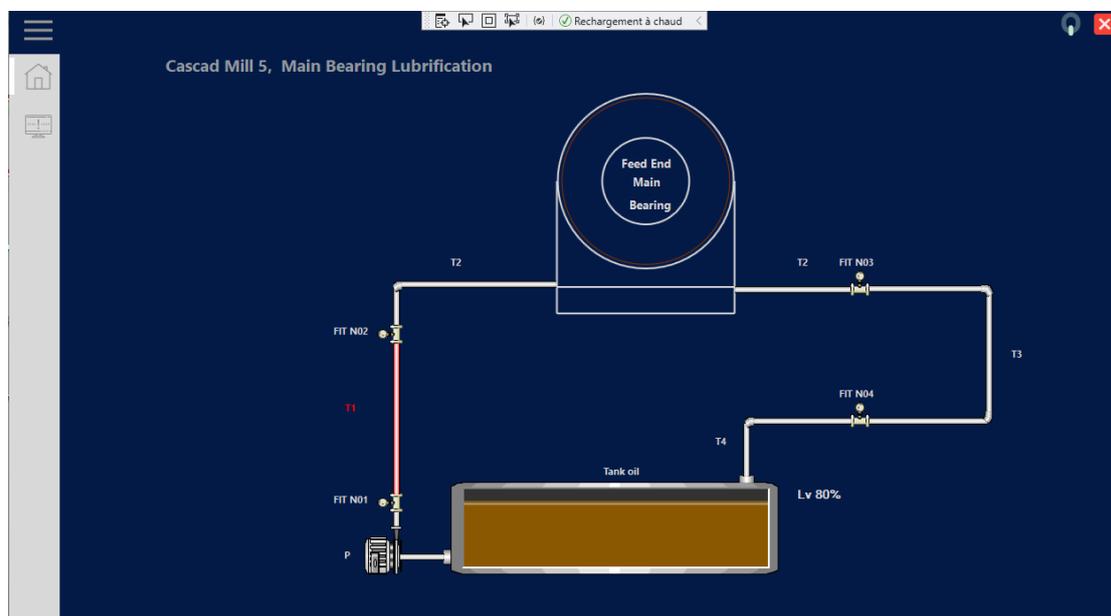


Image 1. Interface de supervision pour maquette

## 6 CONCLUSION GENERALE

A la suite du problème de localisation des fuites d'huile dans le circuit de lubrification du CM5, ce présent travail scientifique à proposer une solution d'aide à la maintenance permettant de détecter et de localiser les tronçons de tuyauteries défectueuses dans le circuit de lubrification. La solution proposée résout le problème en utilisant le principe de conservation de débit qui nous conduit à mesurer et à comparer les différents débits sur différents points dans un tronçon de tuyauterie. Cette solution est certes couteuse, mais elle réduira considérablement le temps d'arrêt du broyeur provoqué par la recherche d'une fuite d'huile dans son circuit de lubrification.

Il est vrai que ce modeste travail n'a pas totalement abordé toutes les solutions possibles aux problèmes liés à la détection et à la localisation des fuites, et comme expliqué dans les pages ci-haut, des améliorations considérables peuvent être apportées sur ce dernier. D'où, nous encourageons vivement les prochains chercheurs à enrichir et à améliorer cette œuvre.

## REFERENCES

- [1] Jean VAN PAMEL, Fragmentation, 2016 p.14.
- [2] BELFARHI N, Conception d'un outil d'aide à la détection et diagnostic des défaillances dans un système de production, 2012 p. 15.
- [3] Michal Michalec, Petr Svoboda a, Ivan Kr̃upka a, Martin Hartl, A review of the design and optimization of large-scale hydrostatic bearing systems: Engineering Science and Technology, an International Journal (JESTECH). Volume 24, August 2021, P 936-958.
- [4] Michal Michalec, Petr Svoboda a, Ivan Kr̃upka a, Martin Hartl, A review of the design and optimization of large-scale hydrostatic bearing systems: Engineering Science and Technology, an International Journal (JESTECH). Volume 24, August 2021, P 936-958.
- [5] Loubna F, Krasimir D, Peggy V, (2015, juillet). « Conservation du débit », sur le site tech-alim.univ-lille. Consulté le 10 Juin 2021. [https://tech-alim.univ-lille.fr/intro\\_gia/co/ch03\\_03.html](https://tech-alim.univ-lille.fr/intro_gia/co/ch03_03.html).
- [6] Development\_of\_water\_leakage\_detection\_and\_localiz.pdf, p4.