



**aggreko**

**OPTIMISATION DE LA PRODUCTION D'ENERGIE  
ELECTRIQUE À LA CENTRALE 200 MW D'AGGREKO  
CI :**

**CAS DES ECARTS DE TEMPERATURE AUX  
ECHAPPEMENTS**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE  
MASTER

**SPECIALITE GENIE ELECTRIQUE, ENERGETIQUE ET INDUSTRIEL**

---

Présenté et soutenu publiquement le [18/01/19] par  
N'Goran Arnaud Wilfried EMIAN (2015 02 08)

**Travaux dirigés par : Dr. Ing. Sayon SIDIBE, Maître assistant**  
**Superviseur : Igor W. OUEDRAOGO, Maitre de conférences CAMES**

**Maître de stage: Albert SOUTH, Operation supervisor AGGREKO**

**Structure d'accueil: AGGREKO CI**

**Jury d'évaluation du stage:**

**Président:**

Ing. Souleymane BARRO

**Membres et correcteurs:**

Dr. Marie SAWADOGO

Ing. Dr. Sayon SIDIBE

**Promotion [2017/2018]**

# **DEDICACES**

A NOTRE FAMILLE,

QUI N'A JAMAIS CESSÉ DE NOUS SOUTENIR DURANT CE  
LONG ET PENIBLE VOYAGE VERS LE SUCCÈS.

# CITATION

*L'erreur n'annule pas la valeur de l'effort accompli.*

# REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tous ceux qui d'une manière ou d'une autre nous ont permis l'obtention de ce stage et nous ont aidé dans son bon déroulement.

De prime à bord, nous témoignons notre reconnaissance au Département des opérations de l'Afrique de l'ouest au sein duquel nous avons effectué notre stage pour leur accueil, leur disponibilité et leur précieuse aide.

Nous tenons aussi à remercier :

- ✚ M. Evans DAMADA, Area Operation Manager d'Aggreko, pour nous avoir acceptés au sein de son entreprise dans le cadre de notre stage de fin d'études ;
- ✚ Me. TRAORE Fanta, Directrice General de Empower Talents & Careers, sans qui ce stage n'aurait pas eu lieu, pour sa disponibilité et les conditions agréables de travail qu'elle a bien voulu mettre à notre disposition ;
- ✚ M. KOCHI, notre coach Université d'été Aggreko, pour son dévouement et sa disponibilité ;
- ✚ M. Albert SOUTH, Operation Supervisor, pour son suivi sur le terrain et ses conseils ;
- ✚ M. Joey MOUTOU Junior HV Engineer, pour sa disponibilité et son aide précieuse ;
- ✚ M. Raphael BETT et M. Kolouho OUATTARA, Electriciens, pour toute la connaissance qu'ils ont bien voulu me transmettre;
- ✚ L'ensemble du personnel d'Aggreko Côte d'Ivoire, pour l'accueil et l'hospitalité dont nous avons bénéficié.

Nous adressons enfin notre profonde gratitude à :

- ✚ Notre encadreur pédagogique, M. Sayon SIDIBE à qui nous exprimons notre profonde reconnaissance pour avoir accordé une attention particulière à notre travail.
- ✚ Au superviseur de notre encadreur, l'honorable Igor W. OUEDRAOGO, Maitre de conférences CAMES, pour sa disponibilité.
- ✚ Le personnel enseignant pour la rigueur qu'il nous a inculqués pendant notre formation.
- ✚ A notre famille, pour son soutien moral, spirituel et surtout financier.

# RESUME

Ce document constitue le parachèvement d'un travail effectué au sein du Groupe AGGREKO pendant la période allant du 01 juillet au 31 décembre 2018. Elle est spécialisée dans la production d'électricité, le contrôle de température et la couverture énergétique des évènementiels.

Notre stage s'est effectué au sein du département des opérations plus précisément à la centrale 200 MW de Aggreko Côte d'ivoire.

Dans le but de contribuer à l'atteinte de l'objectif de cette centrale qui est la réduction des pertes de production, il nous a été confié un ensemble de travaux qui se résume aisément en « Optimisation de la production d'énergie électrique à la centrale 200 MW d'AGGREKO CI<sup>1</sup> : Cas des écarts de température aux échappements». Ce document présente les résultats de six (06) mois de travail sur ce thème et suivant un cahier de charge bien défini.

Notre étude s'est accentuée sur l'analyse des historiques des alarmes, l'utilisation d'outils puissants d'analyse de maintenance et la mise en application des mesures amélioratrices issues de ces analyses.

## **Mots clés**

1-Contre-mesures

2-Dépannage

3-Fiabilité

4- Historique des alarmes

5-Pièces de rechange

---

<sup>1</sup> Côte d'ivoire

# ABSTRACT

This document is the completion of work performed within Aggreko during the period from July 1 to December 31, 2018. It specializes in electricity production, temperature control and energy coverage for events.

Our internship was carried out in the operations department, more specifically at the 200 MW Aggreko Côte d'Ivoire power plant.

In order to contribute to the achievement of the objective of this power plant, which is to reduce production losses, we have been entrusted with a set of tasks that can easily be summarized as "Optimization of electrical energy production at the AGGREKO CI 200 MW power plant: Case of exhaust temperature deviations". This document presents the results of six (06) months of work on this topic and following a well-defined set of specifications.

Our study focused on the analysis of alarm histories, the use of powerful maintenance analysis tools and the implementation of improvement measures resulting from these analyses.

## **Keywords**

- 1-Alarm history
- 2-Counter-measures
- 3-Reliability
- 4-Replacement parts
- 5-Troubleshooting

# LISTE DES ABREVIATIONS

Abbreviations	Significations
CI	Côte d'Ivoire
GW	Giga Watt
MW	Mega Watt
HFo	Heavy Fuel Oil
UTAG	Usine des Turbines à Gaz
CIE	Compagnie Ivoirienne d'Electricité
GEMPAC	Genset and Engine Monitoring Protection and Control
CFR	Component failure report, application d'enregistrement des pannes de composants
COP	Coil On plug, Bobine d'allumage
Nbre	Nombre
PU	Prix Unitaire
QOOQCP	Qui, Quoi, Ou, Quand, Comment et Pourquoi ?
PDCA	Plan Do Check and Act
kW	Kilo Watt
ft	Feet, equivalent de pieds de mesure
NGG	New Generation Genset
MCM	Master Control Modul
CCD	Capacitive Coil Driver, une bobine élévatrice de tension
CM	Control Modul
DMAIC	Définir, Mesurer, Analyser, Improve (améliorer), Controller
MWh	Mega Wattheure
Vcc	Volt en courant continu
SWI	Standard Work Instruction, Document de standardisation des tâches
OPL	One Point Lesson, Document d'instruction sur des méthodes de travail
NPR	Numéro de priorité de risque
PO	Perte Opérationnelle

# TABLE DES MATIERES

DEDICACES .....	i
CITATION .....	ii
REMERCIEMENTS .....	iii
RESUME.....	iv
ABSTRACT .....	v
LISTE DES ABREVIATIONS .....	vi
TABLE DES MATIERES .....	1
LISTE DES TABLEAUX.....	4
LISTE DES FIGURES.....	5
INTRODUCTION.....	6
PREMIERE PARTIE : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE ET DU THEME.....	7
I. Présentation de l'entreprise .....	8
1. Présentation d'Aggreko .....	8
2. Localisation d'Aggreko Cote d'Ivoire .....	8
3. Organisation de l'entreprise.....	10
II. Présentation du thème .....	11
1. Intitulé.....	11
2. Compréhension du thème .....	11
3. Importance .....	13
4. Objectif .....	13
5. Intérêt pédagogique.....	13
6. Cahier de charge .....	14
DEUXIEME PARTIE : PRESENTATION DES MOTEURS DU SITE ET DES METHODES D'ANALYSE RETENUES.....	15

I.	Présentation des générateurs du site.....	16
1.	Les différents types de générateur sur le site.....	16
2.	Les caractéristiques techniques du moteur étudié.....	16
3.	Les principaux systèmes du moteur étudié .....	19
a.	Le circuit du gaz .....	19
b.	Le circuit de lubrification à huile.....	19
c.	Le circuit de refroidissement .....	19
d.	Le circuit des gaz brûlés .....	19
e.	Le circuit électrique d'allumage .....	20
4.	Présentation des méthodes et matériels.....	22
a.	La méthode DMAIC (ou Kaizen).....	22
b.	Diagramme de Pareto.....	22
c.	Le QQQQCP.....	22
d.	Le diagramme de poisson .....	23
e.	La méthode des 5 pourquoi .....	24
f.	Le PDCA .....	24
g.	L'ordinateur du <b>SCADA</b> .....	25
h.	Méthode d'évaluation de l'énergie perdue pendant les arrêts non planifiés	25
TROISIEME PARTIE : ANALYSE DES DONNEES ET APPLICATION DU DMAIC .....		26
I.	Analyse de l'historique des alarmes du SCADA .....	27
1.	Résultat de l'analyse de Pareto .....	27
2.	Interprétation.....	29
II.	Analyse par application du DMAIC (Kaizen).....	29
1.	Définition du problème .....	29
2.	Définition de l'équipe et de l'objectif.....	31
a.	Définition de l'équipe.....	31
b.	Définition de l'objectif.....	31

c.	Plan de travail de l'équipe .....	31
3.	Compréhension du problème .....	32
4.	Analyse du problème .....	43
a.	Catégorisation des causes par le diagramme d'Ishikawa. ....	43
b.	Recherche des causes profondes par la méthode des cinq (05) pourquoi... ..	44
5.	Définition des contre-mesures et tableau de suivi du PDCA.....	47
a.	Tableau des contre-mesures.....	47
b.	Tableau de criticité et de suivi (PDCA).....	50
III.	Les répercussions financières.....	52
	CONCLUSION .....	54
	BIBLIOGRAPHIE .....	55
	ANNEXES .....	56

# LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau I: Pièces de rechange consommées .....</i>	<i>13</i>
<i>Tableau II: Liste des types de générateurs à Aggreko Côte d'Ivoire.....</i>	<i>16</i>
<i>Tableau III: Caractéristiques techniques du moteur étudié .....</i>	<i>17</i>
<i>Tableau IV: Les entrées du CM558 .....</i>	<i>20</i>
<i>Tableau V: Les sorties du CM558 .....</i>	<i>21</i>
<i>Tableau VI: Pertes en MWh due aux alarmes “écart de température aux échappements” ...</i>	<i>30</i>
<i>Tableau VII: Equipe Kaizen .....</i>	<i>31</i>
<i>Tableau VIII: Plan de travail .....</i>	<i>31</i>
<i>Tableau IX: QQQQCP pour la culasse .....</i>	<i>32</i>
<i>Tableau X: QQQQCP pour la bougie.....</i>	<i>35</i>
<i>Tableau XI: QQQQCP pour la bobine d'allumage .....</i>	<i>38</i>
<i>Tableau XII: QQQQCP pour le capteur de température .....</i>	<i>40</i>
<i>Tableau XIII: QQQQCP pour le câble de communication principal.....</i>	<i>41</i>
<i>Tableau XIV: les contre-mesures .....</i>	<i>47</i>
<i>Tableau XV: Criticité et suivie PDCA .....</i>	<i>50</i>
<i>Tableau XVI: Estimation des pertes à annuler.....</i>	<i>52</i>

# LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1: Situation géographique Aggreko CI .....</i>	<i>9</i>
<i>Figure 2: Organigramme Aggreko CI.....</i>	<i>10</i>
<i>Figure 8: Alarme Exhaust temperature deviation sur l'écran du GEMPAC .....</i>	<i>11</i>
<i>Figure 9: Position des capteurs de température .....</i>	<i>12</i>
<i>Figure 3: Moteur Cummins à l'extérieur du conteneur .....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 4: Moteur en conteneur .....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 5: La roue de Deming .....</i>	<i>25</i>
<i>Figure 6: Diagramme de Pareto des alarmes de la centrale.....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 7: Diagramme de Pareto des coûts des pièces de rechange consommées.....</i>	<i>30</i>
<i>Figure 10: Culasse hors du générateur.....</i>	<i>34</i>
<i>Figure 11: Points de fuite en cas d'usure des sièges et du guide .....</i>	<i>35</i>
<i>Figure 12: Vu éclatée d'une bougie.....</i>	<i>37</i>
<i>Figure 13: Zones en défaut des bougies.....</i>	<i>37</i>
<i>Figure 14: Bobine d'allumage.....</i>	<i>39</i>
<i>Figure 15: Capteur de température.....</i>	<i>41</i>
<i>Figure 16: Image du câble de communication principal (1).....</i>	<i>42</i>
<i>Figure 17: Diagramme d'Ishikawa .....</i>	<i>43</i>
<i>Figure 18: 05 pourquoi pour la catégorie main d'œuvre .....</i>	<i>44</i>
<i>Figure 19: 05 pourquoi pour la catégorie matériels.....</i>	<i>45</i>
<i>Figure 20: 05 pourquoi pour la catégorie méthode .....</i>	<i>46</i>
<i>Figure 21: 05 pourquoi pour la catégorie machine .....</i>	<i>46</i>

# INTRODUCTION

L'électricité, n'est-ce pas là l'un des piliers du développement ?

Ainsi, pour propulser son développement, la Côte d'Ivoire a décidé d'augmenter sa production d'électricité en mettant en place de nombreux moyens de production dont les centrales thermiques. Certaines sont gérées par la compagnie ivoirienne d'électricité, mais d'autres par contre sont des multinationales de production d'électricité à l'instar d'Aggreko.

Aggreko est une multinationale de production d'électricité disposant de solutions révolutionnaires garantissant de l'énergie fiable, mobile, accessible et à coût très abordable. Elle dispose d'une flotte de générateurs déployés dans le monde et sa capacité de gestion de son personnel, sa culture, ses valeurs et sa politique de marketing lui permettent de garder la position de leader mondial dans ses différents domaines d'activité.

Elle a néanmoins enregistré des pertes de production qui l'entraîne à saisir l'urgence de l'optimisation de la production avec acuité.

C'est dans cette optique que Aggreko, à travers son département "Opération" nous a désigné pour travailler sur le projet suivant :

« Optimisation de la production d'énergie électrique à la centrale 200 MW<sup>2</sup> d'Aggreko CI : cas des écarts de température aux échappements »

La réalisation de ce travail requière d'abord une meilleure connaissance de l'entreprise et du thème que nous évoquerons dans la première partie. La seconde partie permettra à travers une présentation des systèmes de comprendre de façon générale le fonctionnement des équipements d'Aggreko. La dernière partie, viendra pour analyser de façon profonde les causes de ces pertes de production et de ressortir des mesures correctives et amélioratives.

---

<sup>2</sup> Méga Watt, est une puissance électrique active.



---

PREMIERE PARTIE : PRESENTATION DE  
L'ENTREPRISE ET DU THEME

---



# I. Présentation de l'entreprise

## 1. Présentation d'Aggreko

Présent dans le monde depuis 56 ans, Aggreko est une société britannique qui offre pour ses clients, des solutions de production d'énergie pour les évènementiels, les gouvernements, les industries de tous les domaines. Aggreko offre aussi des solutions de système de contrôle de température.

Son siège est basé à Glasgow en Ecosse. Elle emploie 7000 personnes installées sur 134 sites avec une production mondiale d'environ 10 GW<sup>3</sup> dont 743,5 MW en Afrique.

Son intervention en Afrique passe essentiellement par les solutions de contrôle de température sur les sites miniers et la production d'énergie à base de combustibles (diesel, le gaz et le HFO<sup>4</sup>) pour les pays à fort déficit énergétique comme la Côte d'Ivoire où elle a installé et exploite actuellement un site de 200 MW avec des générateurs fonctionnant au gaz. Elle est capable de fournir de l'énergie de façon rapide grâce à ses solutions modulables.

La force d'Aggreko et ce qui lui permet de se démarquer de ses concurrents, est sa mobilité et sa capacité à déployer ses équipements sur site. Loin d'être seulement un fournisseur d'énergie, Aggreko est un partenaire pour ses clients, en ce sens qu'elle propose des solutions pour rentabiliser les besoins du client, tout en respectant les exigences sécuritaires et environnementales du client.

Pour permettre aussi aux pays d'implantation de tirer des profits de son business, elle soutient des œuvres caritatives, fait des dons et facilite l'insertion professionnelle des jeunes africains à travers son programme : Université d'été Aggreko.

## 2. Localisation d'Aggreko Cote d'Ivoire

Implantée en Côte d'Ivoire depuis 2010 avec 70 MW, Aggreko voit son parc de générateur s'étendre à 200MW en Juillet 2013.

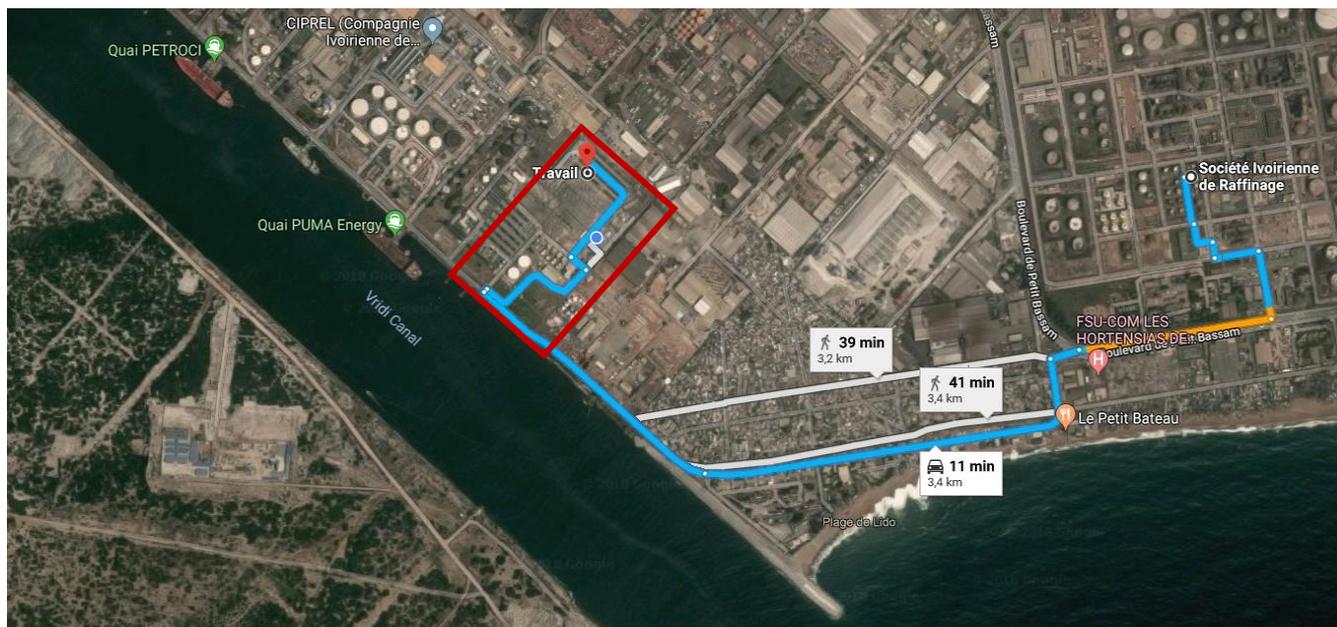
Elle est située dans l'Usine des Turbines à Gaz (UTAG) de la CIE<sup>5</sup> sise au canal de Vridi à Abidjan.

---

<sup>3</sup> Giga Watt

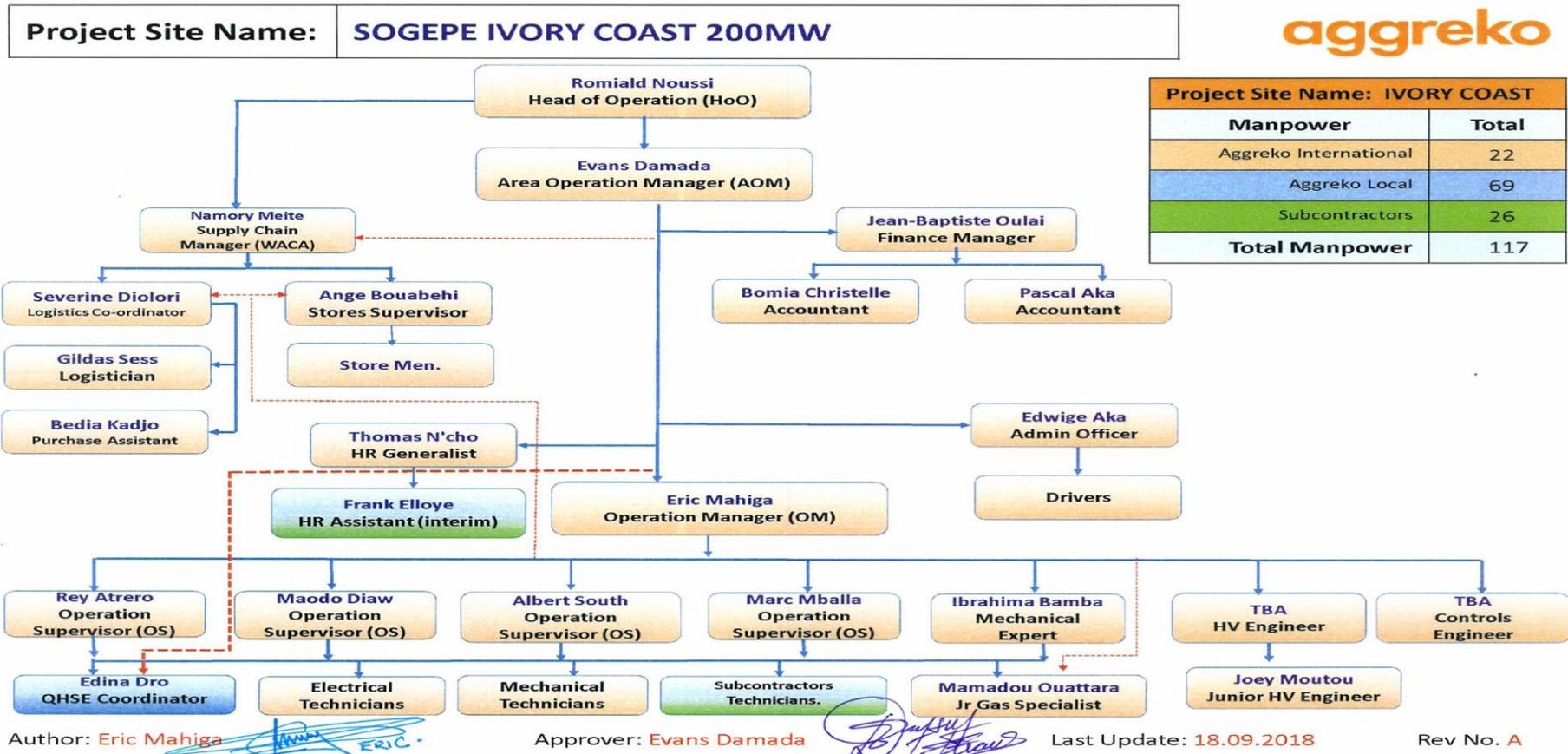
<sup>4</sup> Heavy Fuel oil

<sup>5</sup> Compagnie Ivoirienne d'Electricité



**Figure 1: Situation géographique Aggreko CI**

### 3. Organisation de l'entreprise



Project Site Name: IVORY COAST	
Manpower	Total
Aggreko International	22
Aggreko Local	69
Subcontractors	26
<b>Total Manpower</b>	<b>117</b>

Author: Eric Mahiga 

Approver: Evans Damada 

Last Update: 18.09.2018

Rev No. A

Figure 2: Organigramme Aggreko CI

## II. Présentation du thème

### 1. Intitulé

Le thème sur lequel il nous a été donné de travailler et le suivant :

«Optimisation de la production d'énergie électrique à la centrale 200 MW d'AGGREKO CI :  
Cas des écarts de température aux échappements».

### 2. Compréhension du thème

L' "écart de température aux échappements" est une alarme qui s'affichent en anglais "Exhaust deviation temperature" sur l'écran du système de contrôle GEMPAC<sup>6</sup>.



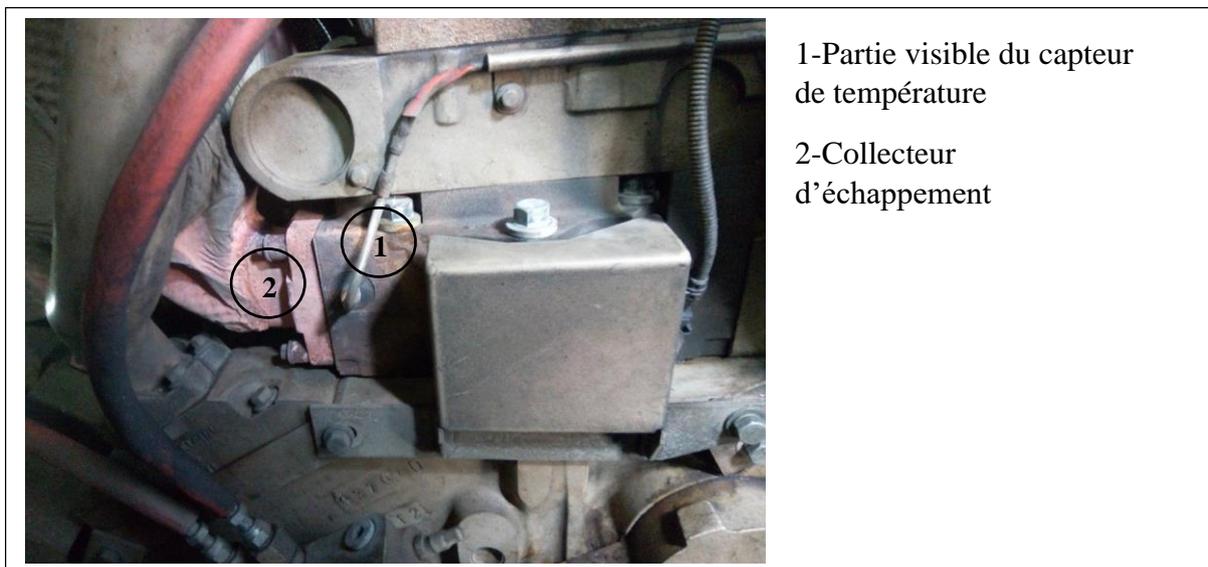
**Figure 3: Alarme Exhaust temperature deviation sur l'écran du GEMPAC**

Elle fait partie des alarmes dont l'apparition provoque l'arrêt automatique de la machine. En effet, la machine s'arrête lorsque le système de contrôle détecte un fonctionnement anormal pouvant occasionner des dégâts graves sur ses systèmes. Ces alarmes constituent donc un moyen de protection pour ces machines.

Dans le cas de l'"écart de température aux échappements", c'est la température qui est mesurée par des capteurs de température positionnés dans les orifices de refoulement des gaz brûlés de chaque cylindre.

---

<sup>6</sup> Genset and Engine Monitoring Protection and Control, assure la surveillance, la protection et le contrôle du générateur.



1-Partie visible du capteur de température

2-Collecteur d'échappement

**Figure 4: Position des capteurs de température**

La plage de température normale en pleine charge de fonctionnement est de 560°C à 590°C dans chaque cylindre.[1]

Lorsque la température des gaz d'échappement dans un cylindre varie de 60°C par rapport à la température dans les autres cylindres quel que soit la charge, l'alarme "écart de température aux échappements" s'affiche sur l'écran du GEMPAC.

Dès que l'alarme est détectée, le GEMPAC protège la machine en l'arrêtant.

Cependant, nous relevons les problèmes suivants :

- ✚ Pour la période de mai à octobre (06 mois), le nombre d'arrêt pour cause d' "écart de température aux échappements", s'élève à 9063 soit 25% de toutes les alarmes pouvant provoquer l'arrêt des machines. Ces arrêts sont non planifiés et surviennent en pleine demande de production. Cela augmente donc considérablement les pertes de production.
- ✚ Pour contrôler ces alarmes et remettre en marche les machines, des dépannages sont effectués donc certains occasionnent des consommations de pièces de rechange dont vous pouvez voir les proportions dans le tableau ci-dessous.

**Tableau I: Pièces de rechange consommées**

Composant consommés sur le site durant 06 mois	Nbre	PU (FrCFA)	Cout total composants en (FrCFA)
Bobine d'allumage (COP)	199	191,198.64	38,048,529.36
Culasse	13	1,053,397.47	13,694,167.11
Capteur de température	5	145,570.65	727,853.25
Câble principal de communication	33	18,553.74	612,273.42
Bougies	14	36,236.52	507,311.28

A travers ce tableau, nous pouvons voir les différentes pièces de rechange consommées pour cause d'écart de température aux échappements. On remarque aisément que les bobines d'allumage représentent environ 50% des couts de pièces de rechanges consommées.

### 3. Importance

Lors de l'exploitation des machines, plusieurs alarmes peuvent survenir. Parmi ces alarmes certaines n'empêchent pas le fonctionnement de la machine : ce sont les alarmes d' "Avertissement, maintenance et remarque". D'autres cependant, sont liés à des défauts, des pannes et provoquent l'arrêt automatique et l'impossibilité de remettre en marche la machine sans avoir trouvé et éliminé le défaut : ce sont les alarmes d' "arrêt (shutdown) et de panne (failure)". C'est le cas de l'écart de température aux échappements. Ces alarmes sont les défauts de type "défaillance et arrêt d'urgence" affichés par l'écran du GEMPAC et provoquent une baisse de la fiabilité des machines. D'où l'importance de ce thème qui vient apporter des solutions rendant les machines plus fiables et ainsi améliorer le rendement financier de chaque machine.

### 4. Objectif

Il s'agit de réaliser une étude faisant ressortir les causes évidentes de l'alarme "écart de température aux échappements" et proposer des solutions pour réduire leur nombre, ce qui contribuera à améliorer la fiabilité des machines et par ricochet réduire les pertes financières dues aux arrêts non programmés.

### 5. Intérêt pédagogique

Ce sujet me permettra d'acquérir de bonnes connaissances techniques sur les machines de production d'électricité et de maîtriser la mise en application des outils de la maintenance et de l'amélioration continue à l'instar de l'analyse de Pareto, le QQQQCP, le diagramme d'Ishikawa, les 05 pourquoi et le tableau de suivi du PDCA.

## 6. Cahier de charge

Après avoir présenté le thème, l'entreprise et son existant, nous exécuterons le cahier de charge suivant :

- Justifier l'impact de nos travaux sur ce service des opérations
- Identifier et définir le principal problème
- Monter une équipe de travail et définir les objectifs de l'équipe
- Analyser les différents systèmes en défaut en vue de leur compréhension
- Analyser les différents systèmes en défaut en vue d'en déterminer les causes profondes
- Déterminer les contre-mesures et établir un calendrier de mise en œuvre
- Effectuer un tableau de priorité et de suivi des mises en œuvre
- Monter l'ampleur des pertes des six mois précédents pour encourager les décideurs à faciliter la mise en œuvre de nos travaux.



---

**DEUXIEME PARTIE : PRESENTATION  
DES MOTEURS DU SITE ET DES  
METHODES D'ANALYSE RETENUES**

---



## I. Présentation des générateurs du site

### 1. Les différents types de générateur sur le site

Le parc d'Aggreko Cote d'Ivoire est constitué des cinq (05) types de machines rangées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau II: Liste des types de générateurs à Aggreko Côte d'Ivoire**

Type	Fabriquant	Puissance kW <sup>7</sup>	Nombre
QSK 60 G	Cummins	1100	194
QSK 60 Interim Osprey	Cummins	1300	2
Jenbacher 40 ft	General Electric	1500	2
Jenbacher 20 ft NGG (420C)	General Electric	1500	6
QSK 60 Final Osprey NGG	Cummins	1500	2

Tous les générateurs sont conteneurisés sur 20 pieds à l'exception des "Jenbacher" qui le sont en 40 pieds. Les générateurs se différencient par leur puissance et les technologies électriques utilisées. Néanmoins, le fonctionnement est en tout point identique.

### 2. Les caractéristiques techniques du moteur étudié

Le moteur sujet à notre étude est le QSK 60 G dont les caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous.

---

<sup>7</sup> Kilo Watt.

**Tableau III: Caractéristiques techniques du moteur étudié**

Caractéristiques	Valeur	Unités
Modèle	GQSK60G5	N/A
Système de contrôle	MCM <sup>8</sup> 700 Cummins contrôle	N/A
Dimensions	6060 x 2440 x 2600	mm
Modules	Auxiliaire empilé	N/A
Hauteur	5200	mm
Système de détection d'incendie	oui	N/A
Type de moteur	Quatre temps, refroidi par eau, turbo chargé, refroidisseur final	N/A
Fréquence	50/60	Hz
Nombre de cylindre	16	cylindres
Vitesse de rotation	1500/1800	tr / min
Puissance nominale du moteur à 1500 tr / min	1207 kW à 100% de puissance à 50 Hz	N/A
Système de démarrage	Système de batterie 24V avec isolateur intégré	N/A
Consommation de gaz en continu 1500 tr / min le débit à 100%	325	m <sup>3</sup> /h

---

<sup>8</sup> Master Control Module



**Figure 5: Moteur Cummins à l'extérieur du conteneur**



**Figure 6: Moteur en conteneur**

### 3. Les principaux systèmes du moteur étudié

#### a. Le circuit du gaz

##### Rôle :

Le circuit de gaz sert à approvisionner le moteur en combustible et comburant. En effet, l'arrivée de gaz est régulée par un débitmètre massique et à une pression de 0,150 à 0.200 bar. Le mélange carburé est produit dans le mélangeur air/gaz et acheminé, grâce aux turbocompresseurs, au refroidisseur arrière pour être détendu avant d'être distribué aux pistons par les collecteurs d'admission.

Schéma : (voir annexe 1)

#### b. Le circuit de lubrification à huile

##### Rôle :

Le circuit de lubrification sert à acheminer l'huile aux différents points de lubrification afin de réduire les frottements, l'usure entre les éléments en contact et en mouvement les uns par rapport aux autres. Aussi, elle permet d'évacuer l'énergie thermique engendrée par ces frottements et éviter la corrosion. La pression dans le circuit est régulée par un régulateur de pression. En pleine charge, la pression se trouve dans la plage 4-5 bars et la température peut atteindre 110°C. Ces valeurs chutent progressivement une fois la machine arrêtée pour atteindre les valeurs atmosphériques.

Schéma : (voir annexe 2)

#### c. Le circuit de refroidissement

##### Rôle :

Le circuit de refroidissement sert à refroidir la machine. En effet, elle sert à détendre le gaz dans le refroidisseur arrière, maintenir l'huile du moteur à une température maximale de 110°C et refroidir les chemises humides, les turbocompresseurs et d'autres parties du moteur.

Schéma : (voir annexe 3)

#### d. Le circuit des gaz brûlés

##### Rôle :

Ce circuit sert à évacuer les gaz brûlés sortant de l'orifice d'échappement grâce aux turbocompresseurs.

Schéma : (voir annexe 4)

e. Le circuit électrique d'allumage

Rôle :

Le circuit d'allumage sert à produire l'étincelle dans les cylindres en vue d'enflammer le mélange carburé. Pour déterminer le moment adéquat d'allumage, la machine se réfère aux deux modules de contrôle des sous-systèmes CM<sup>9</sup>558. En effet, le CM558 contrôle les systèmes de gaz et d'allumage.

Le CM558 est une boîte électronique encapsulée capable de gérer l'alimentation en gaz et l'allumage de jusqu'à neufs (09) cylindres.

Sur le moteur QSK60, il en existe deux (02) dont un pour chaque côté de la machine.

Le CM558 utilise comme entrées les données des capteurs suivants :

**Tableau IV: Les entrées du CM558**

<b>Capteurs</b>	<b>Systèmes</b>
Vitesse/position moteur	allumage
Détonation (un par cylindre)	allumage
Pression de retour d'échappement	gaz
Pression de sortie du turbocompresseur	gaz
Température du collecteur d'admission	gaz
Pression du collecteur d'admission	gaz
Pression d'entrée du gaz	gaz
Pression de sortie de la vanne de contrôle du gaz	gaz
Débit massique de gaz	gaz
Température d'entrée du gaz	gaz
Position de la vanne papillon du mélange carburé	gaz

---

<sup>9</sup> Control Module

La position du robinet de régulation de gaz	gaz
---	-----

Pour commander grâce à ses sorties, les éléments suivants :

**Tableau V: Les sorties du CM558**

Sorites	Systèmes
La vanne papillon du mélange carburé	gaz
Le robinet de régulation de gaz	gaz
La période des signaux d'allumage du module d'allumage	allumage
La synchronisation des signaux d'allumage des deux cotés	allumage
La vérification automatique des câbles	gaz
L'économie d'énergie	gaz

Le CM558 alimente ces capteurs avec des tensions entre 5 et 14 Vcc<sup>10</sup>. Il reçoit un retour d'information qui lui permet une fois les conditions réunies d'envoyer un signal de référence et de synchronisation à son CCD<sup>11</sup>, qui est un transformateur élévateur de tension 300Vcc alimenté en 24 Vcc par des batteries. Le CCD ferme son contact pour transmettre l'ordre d'allumage aux bougies désignées en alimentant un transformateur élévateur de tension 300/12000 à 36000Vcc, le COP. La tension de sortie sera fonction de la charge du générateur.

Schéma de principe de l'allumage des bougies : (voir annexe 5)

---

<sup>10</sup> Volt en courant continu.

<sup>11</sup> Capacitive Coil Driver.

#### 4. Présentation des méthodes et matériels

##### a. La méthode DMAIC

Pour l'analyse de notre problème, nous utiliserons le DMAIC qui est une méthodologie ordonnée et rigoureuse utilisée en amélioration des performances et pour toute résolution de problème. Elle se compose de 05 étapes dont les initiales forment l'acronyme DMAIC :

- ✚ Define : Définir le problème, l'équipe et l'objectif à atteindre
- ✚ Measure : Mesurer l'ampleur du problème et le comprendre
- ✚ Analyse : Analyser le problème avec des outils connus
- ✚ Improve : définir des mesures d'amélioration, assigner des tâches et faire un planning d'exécution des tâches
- ✚ Control : Contrôler après que les tâches sont effectuées si l'objectif est atteint. Sinon, agir (act). Cette dernière étape est le "check-act" du PDCA.[2]

##### b. Diagramme de Pareto

C'est un outil graphique d'analyse, de communication et de prise de décision. Le diagramme met en évidence la loi du 20/80 qui stipule que très souvent 20% seulement des causes occasionnent 80% des effets. Cela n'étant pas toujours le cas, le diagramme vient donc nous donner les causes sur lesquelles les décideurs doivent s'attarder prioritairement pour avoir un maximum d'impact sur les effets. Pour cela les décideurs s'intéresseront à la bande à gauche de la distribution car ce sont ces causes qui sont les plus importantes.[3]

Dans ce mémoire, il servira à repérer les alarmes qui causent la plus grande part de perte sur la centrale. Elle sera aussi utilisée pour repérer les composants qui tombent le plus en panne.

##### c. Le QQQQCP

Toute démarche d'analyse implique une phase préalable de « questionnement systématique et exhaustif ». Le sigle QQQQCP (pour « Qui ? Quoi ? Où ? Quand ? Comment ? Pourquoi ? »), résume une méthode empirique de questionnement qui permet d'analyser une situation et d'organiser un projet. La méthode QQQQCP permet d'avoir sur toutes les dimensions d'un problème, des informations élémentaires suffisantes pour identifier ses aspects essentiels. Ces informations sont basées sur des situations, des observations que l'on consigne au cours des

enquêtes. En outre, cette technique de méthodes de recherches d'informations nous permettra d'identifier les causes du problème lorsque nous aurons effectivement répondu aux questions suivantes :

Qui ? Qui est concerné, qui est impliqué? Qu'est ce qui est impliqué?

Quoi ? De quoi s'agit-il? Quel est son rôle? Quelle est la conséquence?

Où ? Où se déroule l'action? Sur quel appareil ?

Quand ? Quelle est la période? Quelle est fréquence ? Quand se produit-il ?

Comment ? Comment ça se produit? Quel est la gravité du problème ?

Pourquoi ? Comment l'expliquer? Pourquoi il est nécessaire ? Quelle en est la raison? Quel est l'élément déclencheur?.[4]

Cette méthode nous permettra de nous attaquer à la compréhension du problème, c'est-à-dire comment les alarmes surviennent sur chacun des équipements concernés et quelles en sont les causes probables.

#### d. Le diagramme de poisson

C'est un outil d'analyse de cause à effet qui permet de classer les causes d'un problème.

Il se présente sous la forme d'un graphe en arêtes de poisson. Dans ce dernier, sont classées par catégorie les causes selon la loi des 5 M (Matière, Main d'œuvre, Matériel, Méthode, Milieu).

Il se construit en cinq étapes :

Etape 1. Placer une flèche horizontalement, pointée vers le problème identifié ou le but recherché ;

Etape 2. Regrouper à l'aide de la méthode de « brainstorming » par exemple, les causes potentielles en familles, appelées communément les 5M ;

□ M1 - Matières : les matières et matériaux utilisés et entrant en jeu, et plus généralement les entrées du processus : matières premières traitées, informations, marchandises ;

□ M2 - Moyen : Recense les causes probables ayant pour origine les supports techniques et les produits utilisés. Machines, outils, équipements, capacité, âge, nombre, maintenance ;

- M3 - Main d'œuvre : les interventions humaines directes, indirectes : motivation, formation, absentéisme, expérience, problème de compétence, d'organisation, de management ;
- M4 - Milieu : environnement physique, éclairage, bruit, aménagement, relations, températures, climat, marché, législation ;
- M5 - Méthodes : instructions, manuels, procédures, modes opératoires ;

Etape 3. Tracer les flèches secondaires correspondant au nombre de familles de causes potentielles identifiées, et les raccorder à la flèche principale. Chaque flèche secondaire identifie l'une des familles de causes potentielles.

Etape 4. Inscrire sur des mini flèches, les causes rattachées à chacune des familles ; il faut veiller à ce que toutes les causes potentielles apparaissent.

Etape 5. Rechercher parmi les causes potentielles exposées, les causes réelles du problème identifié. Ce sera notamment la cause la plus probable qu'il restera à vérifier dans la réalité et à corriger.[5]

e. La méthode des 5 pourquoi

C'est une méthode itérative qui permet de partir du problème et d'aboutir à sa cause racine.[6]. Il s'agit de se poser la question "pourquoi" à chaque cause qui ne soit pas une cause racine.

f. Le PDCA

La méthode PDCA est une méthode d'amélioration de la qualité. Les initiales PDCA correspondent aux différentes étapes exprimées en anglais et qui sont à mettre en œuvre dans un processus d'amélioration: [6]

-  P pour Plan ou planification
-  D pour Do ou faire
-  C pour Check ou vérification
-  A pour Act ou agir

La méthode PDCA a été ensuite illustrée par la roue de Deming



**Figure 7: La roue de Deming**

g. L'ordinateur du **SCADA**

**SCADA** signifie Supervisory Control and Data Acquisition. C'est un système de supervision industrielle qui traite en temps réel un grand nombre de mesures et contrôle à distance les installations.

h. Méthode d'évaluation de l'énergie perdu pendant les arrêts non planifiés

$$E_{perdue} (MWh) = P_{générateur} \times (Durée_{de\ dépannage} + Durée_{de\ remplacement\ de\ composants})$$

Où

$$Durée\ totale\ de\ dépannage = T_{regaping\ et\ nettoyage}$$

$$P_{générateur} = 1,16\ MW$$

$$Durée_{de\ remplacement\ de\ composants} = T_{acquisition\ pièce\ de\ rechange} + T_{dépose\ et\ pose}$$

Où

$T_{acquisitions\ pièce\ de\ rechange}$  est la durée moyenne qu'il faut pour obtenir la pièce de rechange du magasin de stockage au lieu d'installation de la pièce ;

$T_{dépose\ et\ repose}$  est la durée moyen de remplacement de la pièce endommagée ;

$T_{regaping\ et\ nettoyage}$  est la durée moyenne qu'il faut à un technicien pour vérifier le gap entre les électrodes de la bougie et nettoyer la bobine d'allumage.



---

**TROISIEME PARTIE : ANALYSE DES  
DONNEES ET APPLICATION DU DMAIC**

---



## I. Analyse de l'historique des alarmes du SCADA

Nous avons recueilli la liste de toutes les alarmes des mois de mai à octobre du site Aggreko Cote d'Ivoire 200MW.

Le but étant de connaître la récurrence des alarmes “écart de température aux échappements” et éventuellement d'obtenir des indices sur les causes de cette panne à travers les alarmes précédentes.

### Méthode :

Ce Pareto étant lié au “breakdowns” qui sont les arrêts automatiques pour pannes, nous avons effectué un tri rigoureux des alarmes dont l'apparition provoque l'arrêt automatique de la machine.

Au travers de ce diagramme nous pourrons donc voir la part des “écart de température aux échappements” dans la non-fiabilité des machines de cette centrale.

### 1. Résultat de l'analyse de Pareto

L'analyse de Pareto nous servira à vérifier si la loi de Pareto est ici respectée et il en ressortira aussi la fréquence des pannes les plus récurrentes.

Le graphe ci-dessous représente le résultat de notre analyse de Pareto.

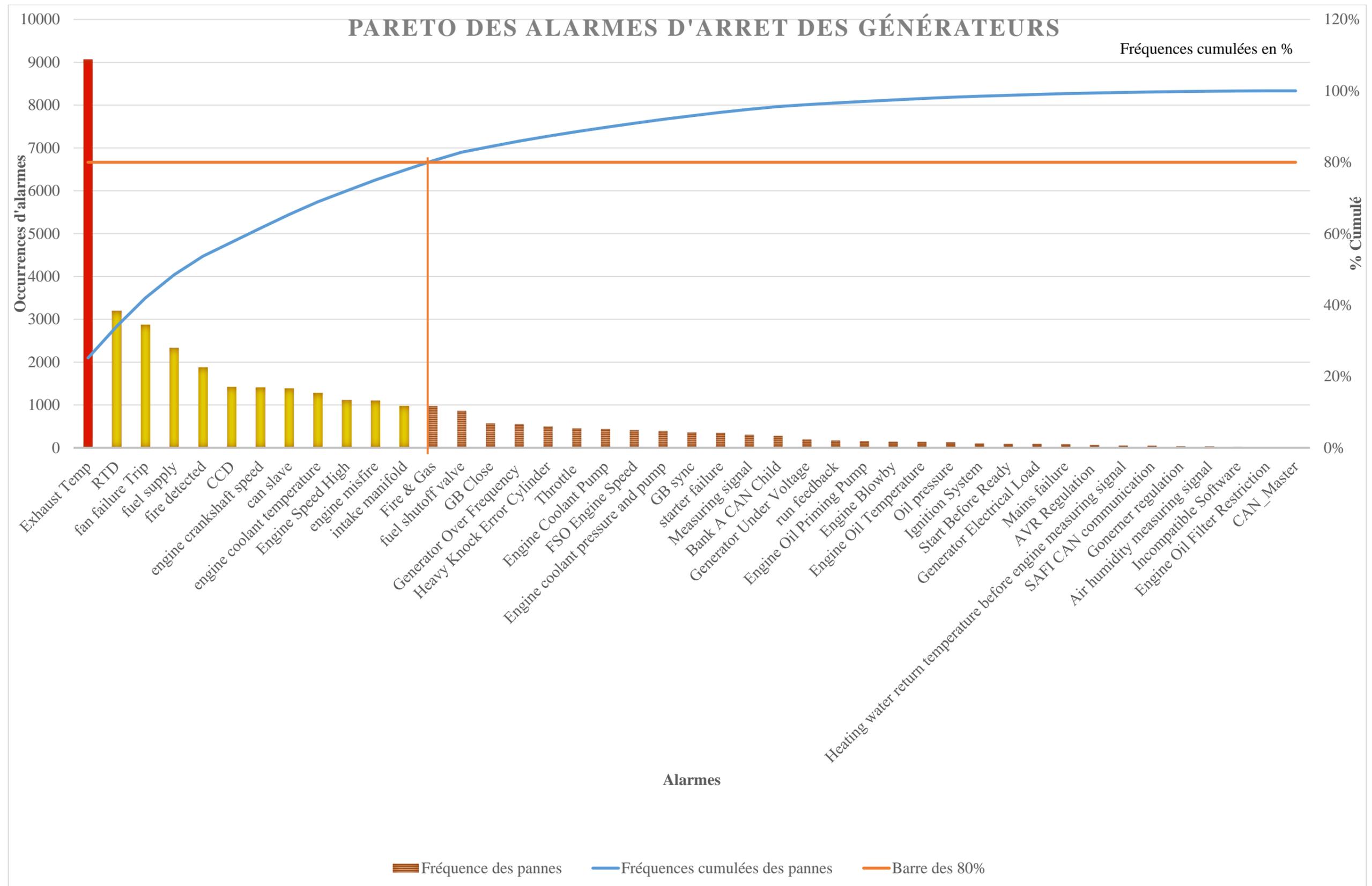


Figure 8: Diagramme de Pareto des alarmes de la centrale

## 2. Interprétation

Nous avons en jaune et rouge les pannes qui provoquent 80% des arrêts automatiques des machines sur la centrale.

Il est important de préciser que les pannes présentes sur le graphe ne constituent en rien une liste exhaustive de toutes les pannes pouvant provoquer l'arrêt automatique de la machine. En effet, les autres pannes ne sont pas sur le graphe pour la simple raison qu'elles ne sont pas apparues pour les six (06) mois pris en compte pour l'analyse.

On note que sur les quarante-trois (43) pannes listées, douze (12) sont responsables de 80% des arrêts.

$$\% \text{pannes (80\%)} = \frac{12}{43}$$

$$\% \text{pannes (80\%)} = 28\%$$

On peut conclure que 28% des pannes occasionnent 80% des arrêts des machines.

Cependant, nous pouvons voir à travers la bande rouge sur le diagramme, la grande part de l'alarme "écart de température aux échappements" qui accumule 25% de toutes les pannes "d'arrêt" de la centrale. Cela fait "écart de température aux échappements" une alarme dont l'élimination des causes aura un grand impact sur la fiabilité des machines et la production de la centrale.

Concernant nos indices, les pannes précédant les "écart de température aux échappements" n'étant pas récurrentes, nous ne pouvons pas conclure à un événement précédant et occasionnant cette alarme.

## II. Analyse par application du DMAIC

### 1. Définition du problème

**Quoi** : Réduire l'apparition de l'alarme "écart de température aux échappements"

**Pourquoi** :

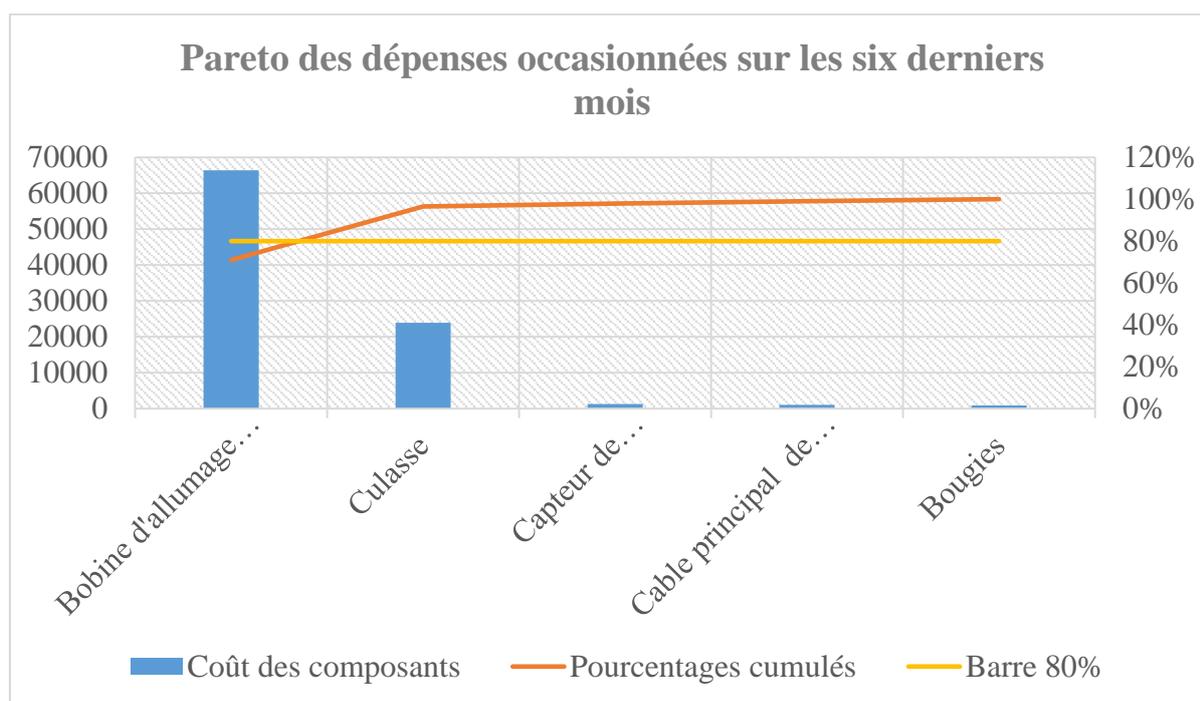
Pour réduire les pièces de rechange consommées et les pertes en mégawatt occasionnées par les périodes d'indisponibilités récurrentes des machines dues à cette alarme. Voir les tableaux ci-dessous.

**Tableau VI: Pertes en MWh dues aux alarmes “écart de température aux échappements”**

N° d'ordre	Composants remplacés	Durée de remplacement de composants (machine indisponible) en heure	Nombre de dépannage	Durée moyenne PO (h)	MWh perdu
1	Bougies	4.17	8799	0.25	3,834.09
2	Bobine d'allumage (COP)	4.17			
3	Culasse	8			
4	Capteur de température	3			
5	câble principal de communication	3			

A partir de ce tableau, nous pouvons constater que le nombre de dépannage est énorme soit 8799 dépannages dus à l’alarme “écart de température aux échappements”

Ces dépannages ici consistent aux vérifications, au réglage et au nettoyage des différents composants listés dans le tableau ci-dessus.



**Figure 9: Diagramme de Pareto des coûts des pièces de rechange consommées**

Le diagramme de Pareto nous montre que durant ces six (06) derniers mois les bobines d’allumage ont occupé une grande part des pièces de rechange soit 71%.

Cependant, les pertes les plus lourdes sont celles dues à l'indisponibilité des machines pendant les dépannages qui sont des pertes opérationnelles. En effet, cette indisponibilité occasionne des pertes énergétiques que nous estimons à plus de 3834 MWh.

## 2. Définition de l'équipe et de l'objectif

### a. Définition de l'équipe

La procédure de réalisation d'un DMAIC nous impose de former une équipe de technicien d'expérience afin que les causes techniques soient sondées le plus en profondeur possible.

Nous avons donc monté une équipe composée des personnes suivantes :

**Tableau VII: Equipe Kaizen**

Noms et prénoms	Fonctions	Pays d'origine
Albert SOUTH	Superviseur des opérations	Cameroun
Kolouho OUATTARA	Electricien	Côte d'ivoire
Raphael BETT	Electricien	Kenya
Stanley Keerthi KUMARA	Mécanicien	Sri Lanka
Gérard KOUAME	Mécanicien	Côte d'ivoire
Serge NIANZOU	Mécanicien	Côte d'ivoire
Wilfried EMIAN	Electricien	Côte d'ivoire

Ce sont des personnes d'expériences sur lesquelles nous nous appuierons pour approfondir la technicité de notre analyse.

### b. Définition de l'objectif

Il s'agira de réduire l'apparition de l'alarme "écart de température aux échappements".

### c. Plan de travail de l'équipe

**Tableau VIII: Plan de travail**

N° d'ordre	Tâches	Réalisée par
1	Obtenir l'accord de chaque membre à participer au kaizen	Wilfried EMIAN

2	Définition de la périodicité des réunions	Ce Kaizen sera présenté dans un mémoire. Ce faisant, les participants se sont accordés pour remplacer les réunions par des interviews individuelles afin de permettre à l'étudiant de réaliser la plus grosse part du travail. Wilfried EMIAN
3	Collecter les données du <b>SCADA</b> et les analyser	Wilfried EMIAN
4	Collecter les rapports de panne de composant "CFR"	Albert SOUTH
5	Collecter les données nécessaires et calculer les pertes de production	Wilfried EMIAN
6	Explorer les causes mécaniques	Gérard KOUAME, Serge NIANZOU, Stanley Keerthi KUMARA, Wilfried EMIAN
7	Explorer les causes électriques	Raphael BETT, OUATTARA Kolohou, Wilfried EMIAN

### 3. Compréhension du problème

Dans cette partie nous mettons en application le QQQQCP pour mieux comprendre la part de chacun de ces composants consommés dans l'avènement de l'alarme tout en présentant des preuves opérationnelles de défaillances.

Pour chacun de ces tableaux vous avez dans les colonnes de gauche, les questions et dans celles de droite, les réponses à chacune des questions.

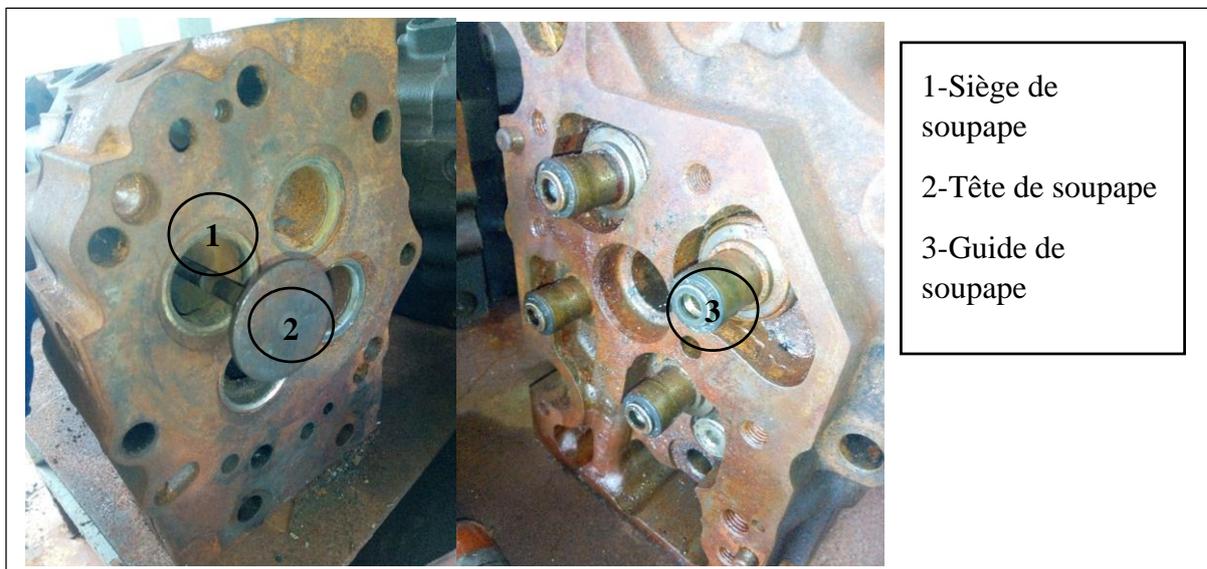
 La culasse

**Tableau IX: QQQQCP pour la culasse**

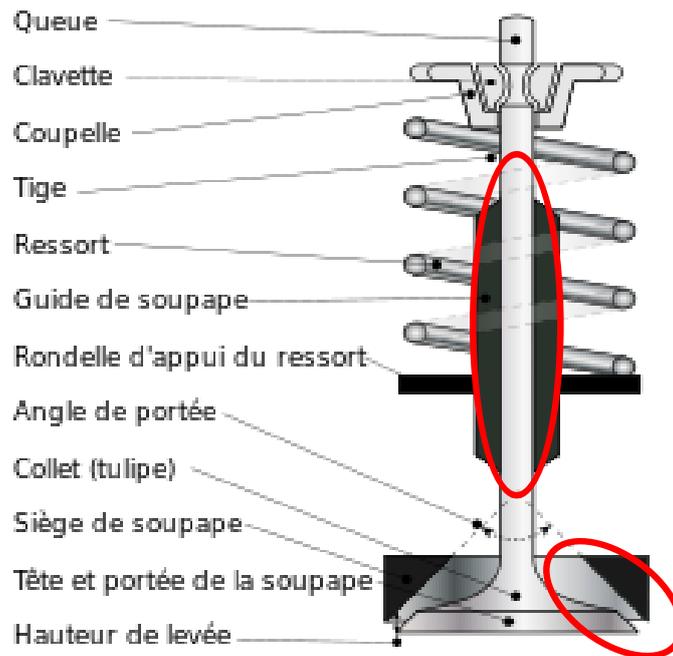
LA CULASSE	
QQQQCP	Réponses
QUOI : de quoi s'agit-il ?	La culasse est la pièce en fonte qui assure la fermeture haute du cylindre. Elle renferme les orifices d'aspiration et de refoulement.

<p>QUI : Qui est le concerné ?</p>	<p>Le siège de soupape;  La soupape ;  Le joint d'étanchéité de la culasse ;  Le ressort de soupape;  Le collecteur d'échappement.</p>
<p>OU : Où cela se produit ?</p>	<p>Entre le siège de soupape et la tête de soupape ;  Entre la tige de soupape et le guide de la tige de soupape;  Entre le refoulement et le collecteur de refoulement (voir images).</p>
<p>QUAND : Quand cela survient-il ?</p>	<p>En marche,  L'alarme survient lorsque l'un des éléments suivants est usé.  Le siège de soupape  La soupape  Le joint d'étanchéité de la culasse  Le ressort de soupape  Le collecteur d'échappement</p>
<p>COMMENT : Comment survient le défaut ?</p>	<p>L'usure de l'une des pièces ci-dessous occasionne des ouvertures anormales et donc des fuites.  Le siège de soupape  La soupape  Le joint d'étanchéité de la culasse  Le ressort de soupape  Le collecteur d'échappement  Le mélange carburé s'échappe par ces ouvertures occasionnant une baisse du volume de mélange carburé à brûler. Il en résulte après la combustion, une variation des températures des gaz</p>

	brulés du cylindre en défaut par rapport aux autres cylindres.
<p>POURQUOI : Pourquoi la culasse est-elle nécessaire ?</p>	<p>La culasse isole de l'extérieur le mélange carburé contenu dans le cylindre. Elle alimente le cylindre en mélange carburé grâce à ses orifices d'aspiration et débarrasse celui-ci des gaz brulés grâce à ses orifices de refoulement.</p>



**Figure 10: Culasse hors du générateur**



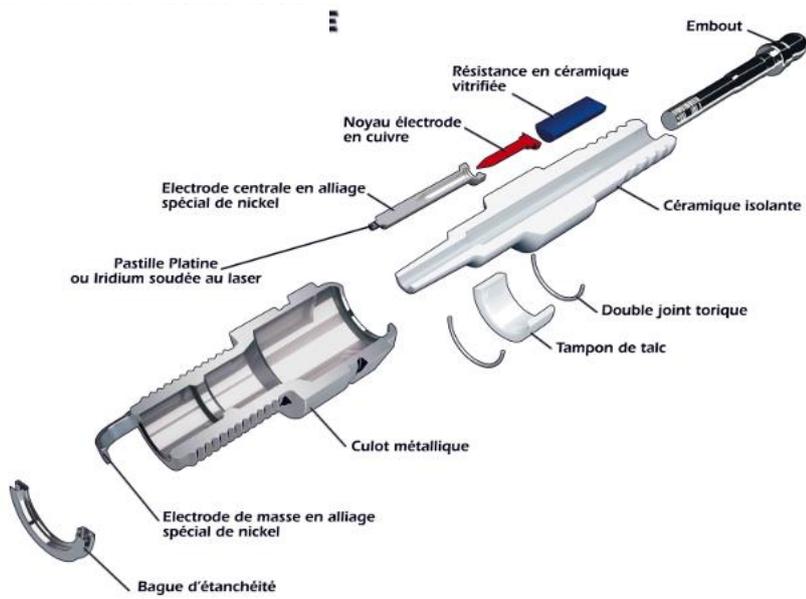
**Figure 11: Points de fuite en cas d'usure des sièges et du guide**

✚ La bougie

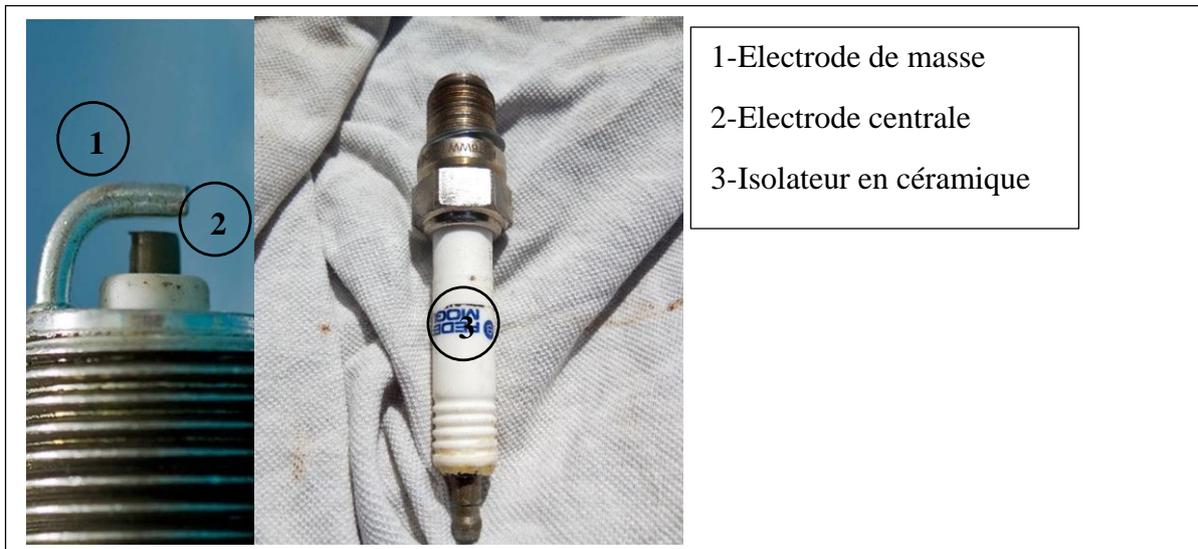
**Tableau X: QQQQCP pour la bougie**

LA BOUGIE	
QQQQCP	Réponses
QUOI : de quoi s'agit-il ?	C'est le composant permettant de créer l'arc électrique destinée à enflammer le mélange carburé. Elle est constituée d'un isolateur en céramique et d'un boîtier en acier qui lui permet de pouvoir être fixé dans la culasse.
QUI : Qui est le concerné ?	Le filetage de la bougie L'électrode de masse L'électrode centrale L'humidité
OU : Où cela se produit ?	Le gap entre l'électrode de masse et l'électrode principale Sur les électrodes Entre le filetage du boîtier de la bougie et le taraudage de la culasse destiné à la recevoir.

<p>QUAND : Quand cela survient-il ?</p>	<p>Lorsque les deux électrodes ne sont pas alignées ou n'ont pas le bon gap,  Lorsque le filetage du boîtier est usé  Lorsque l'une des électrodes est endommagée  Lorsqu'il y'a de l'humidité sur la partie en céramique de la bougie.</p>
<p>COMMENT : Comment survient le défaut ?</p>	<p>Le filetage usé laisse une fuite du mélange carburé, la bougie enflamme un volume moindre donc la température est plus basse que la normale;  Un gap trop grand génère une étincelle de moindre intensité, la combustion n'est donc pas optimale;  L'humidité sur la céramique de la bougie provoque une décharge entre la masse et la céramique, l'intensité de l'arc électrique entre les électrodes est donc réduite et la combustion n'est plus optimale.</p>
<p>POURQUOI : Pourquoi la bougie est-elle nécessaire ?</p>	<p>La bougie est nécessaire car les moteurs du site ont été conçus pour créer l'étincelle lors de la phase de combustion. Sans la bougie, il faudrait un taux de compression très élevé pour que le mélange carburé s'enflamme. Or un taux de compression élevé provoque plus d'échange thermique et donc baisse le rendement du cylindre. [7]</p>



**Figure 12: Vu éclatée d'une bougie**



**Figure 13: Zones en défaut des bougies**

✚ la bobine d'allumage

**Tableau XI: QQQQCP pour la bobine d'allumage**

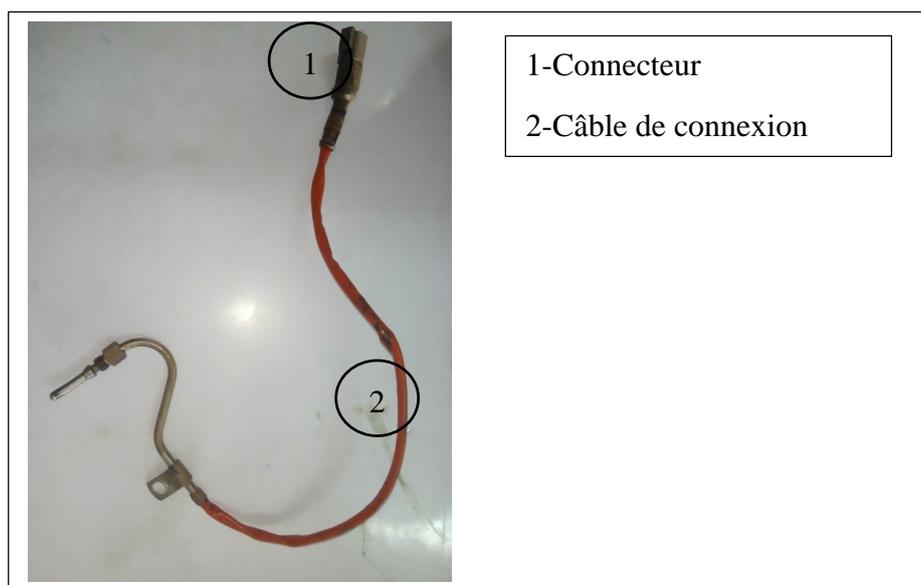
LA BOBINE D'ALLUMAGE	
QQQQCP	Réponses
QUOI : de quoi s'agit-il ?	La bobine d'allumage est un élévateur de tension 300 Vcc/12000 à 36000 Vcc. Elle est constituée d'une bobine et de son extension.
QUI : Qui est le concerné ?	L'embout de l'extension L'extension Le ressort de l'extension La bobine
OU : Où cela se produit ?	Sur l'embout de l'extension Sur le bout de l'extension Sur le ressort de l'extension Sur la bobine
QUAND : Quand cela survient-il ?	Lorsque la bougie est fixée sans son joint, ou elle est mal fixée Lorsque la bobine d'allumage est montée sans son bout Lorsque la bobine d'allumage est montée sans son joint Lorsque le ressort est cassé Lorsque le bouclier thermique est endommagé Lorsque le connecteur ou le câble du cop est endommagé
COMMENT : Comment survient le défaut ?	Une bougie montée sans son joint laisse fuir les gaz brûlés. L'embout de l'extension brûle donc à cause des gaz chauds qui s'échappent entre les filets de la bougie. Lorsque la bobine d'allumage est montée sans son joint, la chaleur du moteur lui est transférée ce qui provoque son altération précoce. Enfin, un connecteur endommagé ou un ressort cassé ouvre le circuit et la tension n'arrive pas à la bobine.
POURQUOI : Pourquoi la bobine d'allumage est-elle nécessaire ?	La bobine d'allumage alimente la bougie avec une tension qui varie entre 12000 de 36 000 Vcc en fonction de la charge et à la demande du module de contrôle CM558. C'est cette tension qu'utilise la bougie pour produire l'arc électrique entre ses électrodes.



**Figure 14: Bobine d'allumage**

**Tableau XII: QQQQCP pour le capteur de température**

LE CAPTEUR DE TEMPERATURE	
QQQQCP	Réponses
QUOI : de quoi s'agit-il ?	Le capteur de température ici, est un thermocouple constitué de deux matériaux dont l'un placé à température ambiante et l'autre placé dans la zone ou la température doit être mesuré. Dans notre cas elle sera mesurée dans les orifices de refoulement, juste avant le collecteur des gaz de refoulement. Elle mesure la température grâce à la tension de Seebeck qui est générée.
QUI : Qui est le concerné ?	Le câble du capteur de température
OU : Où cela se produit ?	Sur le câble du capteur de température ; sur le connecteur
QUAND : Quand cela survient-il ?	Lorsque le câble et/ou le connecteur est exposé aux gaz chauds du refoulement.
COMMENT : Comment survient le défaut ?	Le câble et/ou le connecteur exposé aux gaz chauds brûle partiellement. Cela renvoie une fausse valeur des températures au refoulement et provoque l'alarme.
POURQUOI : Pourquoi le capteur de température est-elle nécessaire ?	Le capteur de température envoie la température des gaz de refoulement au CM530 puis au CM 700 pour protéger le moteur.



**Figure 15: Capteur de température**

✚ Les câbles de communication

**Tableau XIII: QQQQCP pour le câble de communication principal**

LE CABLE DE COMMUNICATION PRINCIPAL	
QQQQCP	Réponses
QUOI : de quoi s'agit-il ?	Ce sont des câbles de communication transportant des signaux analogiques (faible tension continue 0,5-24 Vcc)[1]
QUI : Qui est le concerné ?	Les concernés sont les câbles et leurs connecteurs.
OU : Où cela se produit ?	sur les câbles les plus proches du circuit des gaz de refoulement; sur chaque connecteur.
QUAND : Quand cela survient-il ?	Lorsque qu'il y'a une fuite sur le circuit des gaz de refoulement.
COMMENT : Comment survient le défaut ?	Les gaz chaud du circuit de refoulement passent par les fuites à l'instar de celle occasionnée par le siège de soupape usé. Ces gaz chauds vont bruler les câbles de communication ce qui provoque l'alarme; des connecteurs mal branchés, intervertis ou endommagés provoquent aussi l'alarme.

POURQUOI : Pourquoi le câble de communication principal est-il nécessaire ?	Le câble de communication assure les échanges d'information entre les modules de contrôle du générateur et les capteurs et actionneurs.
---	---



**Figure 16: Image du câble de communication principal (1)**

#### 4. Analyse du problème

##### a. Catégorisation des causes par le diagramme d'Ishikawa.

L'analyse QOQCP ci-dessous nous a permis de trouver des causes probables et celles-ci peuvent être classées selon les quatre catégories de ce diagramme d'ISHIKAWA.

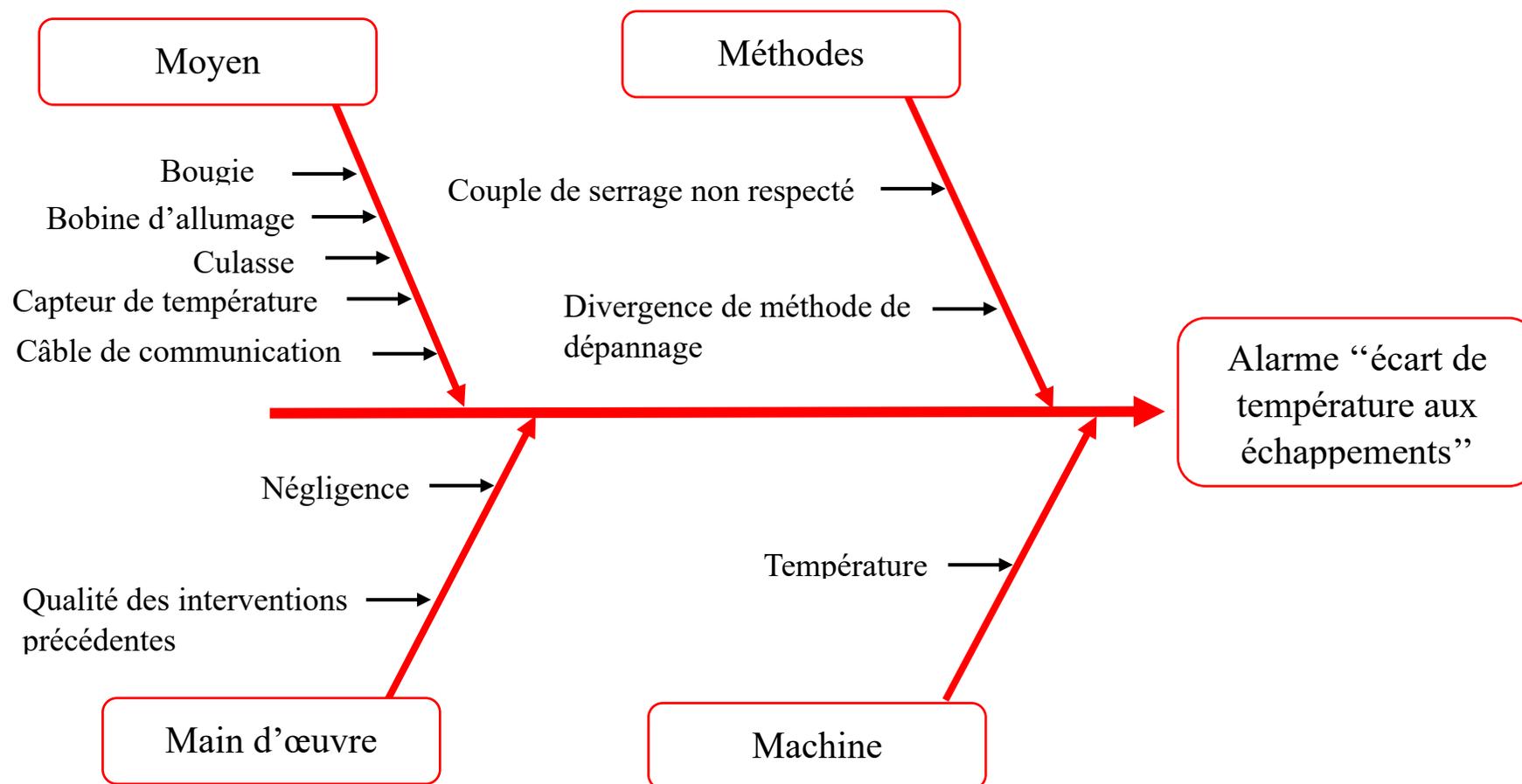


Figure 17: Diagramme d'Ishikaw

Nous avons d'abord défini le problème principal sur l'arrêt principal et ensuite catégorisé toutes les causes probables identifiées grâce au QQQQCP selon quatre catégories.

Il s'agit de :

- La main d'œuvre : les interventions humaines directes, indirectes : motivation, formation, absentéisme, expérience, problème de compétence, d'organisation, de management ;
  - La machine : capacité, âge
  - La méthode : instructions, manuels, procédures, modes opératoires
  - Le moyen : recense les causes probables ayant pour origine les supports techniques et les produits utilisés
- b. Recherche des causes profondes par la méthode des cinq (05) pourquoi.

Pour réaliser la méthode des cinq pourquoi, nous posons la question pourquoi à chaque causes et le niveau suivant une cause plus profonde que la précédente jusqu'à la détermination des causes profondes.

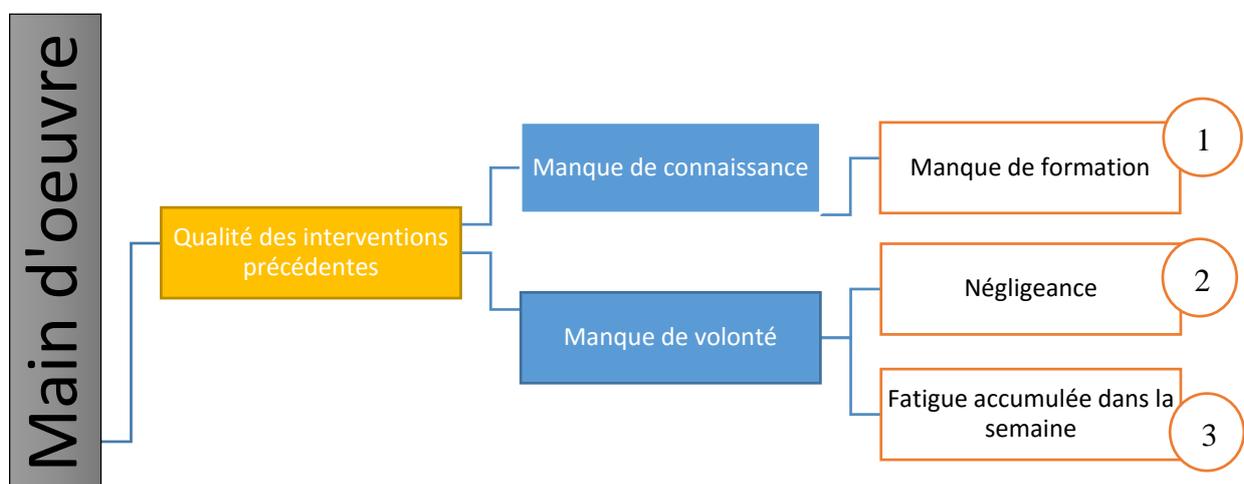


Figure 18: 05 pourquoi pour la catégorie main d'œuvre

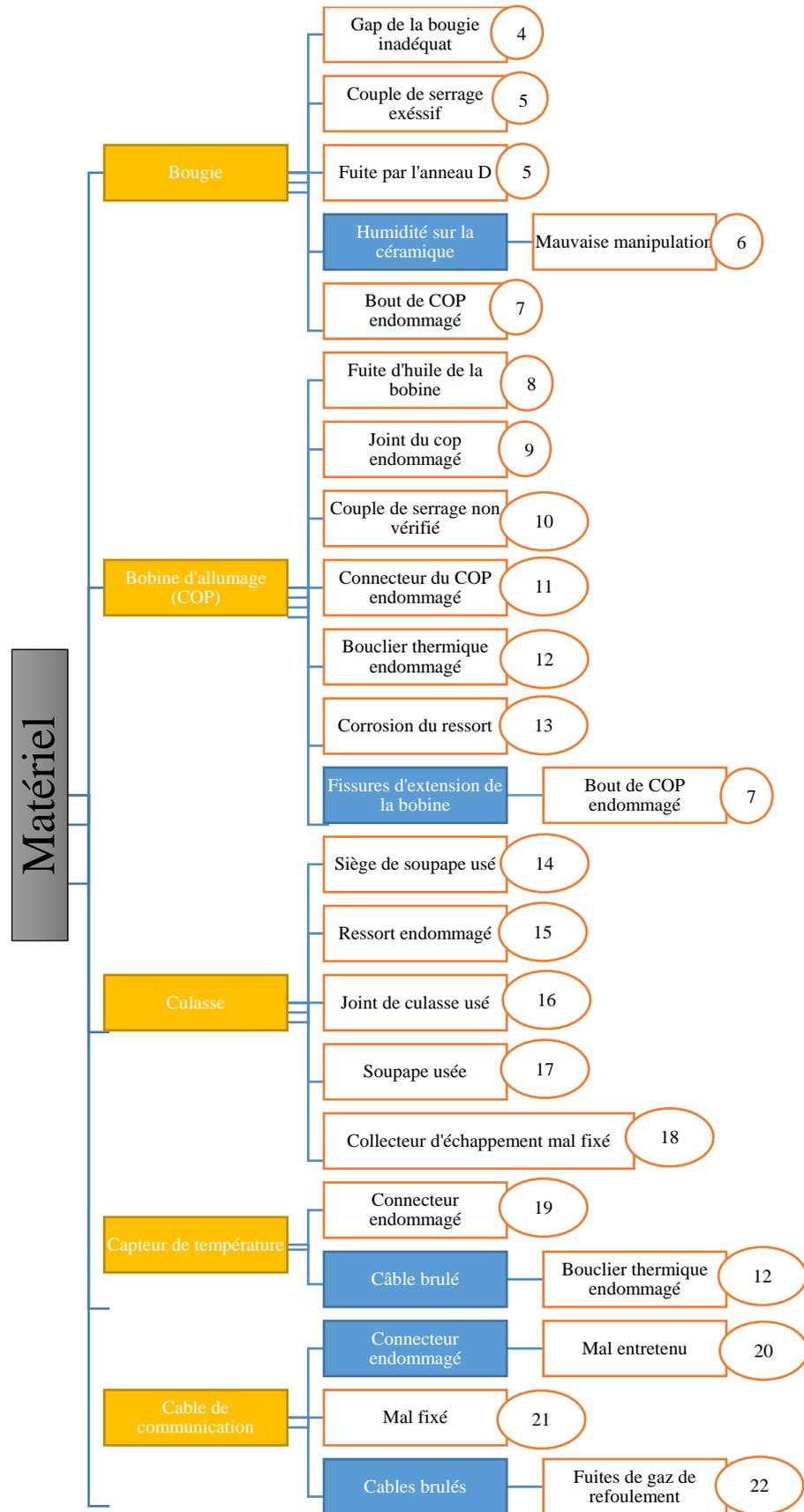
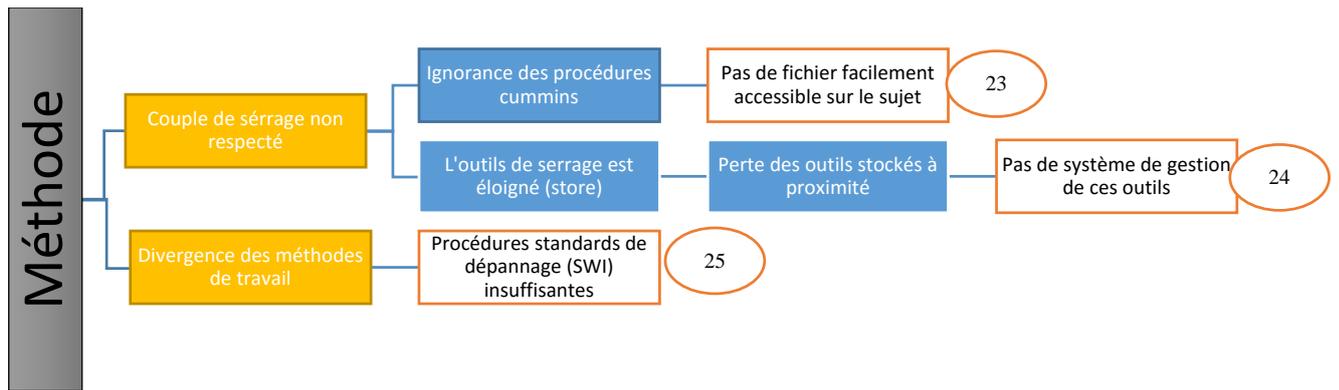
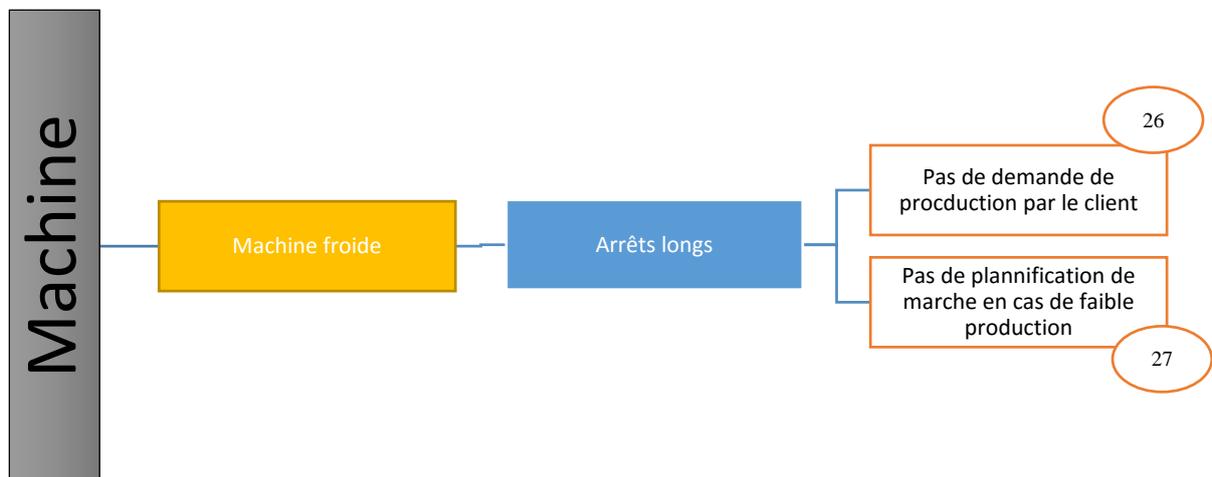


Figure 19: 05 pourquoi pour la catégorie matériels



**Figure 20: 05 pourquoi pour la catégorie méthode**



**Figure 21: 05 pourquoi pour la catégorie machine**

Pour chacune des causes profondes trouvées, nous nous sommes assurés qu'on ne peut plus poser la question pourquoi. Nous ressortons donc de cette analyse avec vingt-sept (27) causes numérotées de 01 à 27. Il ne reste donc qu'à en trouver les solutions adéquates, les contre-mesures et à en définir l'ordre de priorité de leur mise en œuvre.

5. Définition des contre-mesures et tableau de suivi du PDCA

a. Tableau des contre-mesures

**Tableau XIV: les contre-mesures**

Catégories	Principales causes	N° d'ordre	Causes profondes	Contre-mesures	Calendrier d'action	Date	Responsable	Etat
Main d'œuvre	Qualité des Interventions précédentes	1	Manque de formation	Faciliter le partage de connaissance	Faire des discussions de 10min sur la méthode de réalisation de chaque tâche	Chaque réunion du matin	OS	En cour...
		2	Négligence	Montrer les avantages du travail bien fait	Apporter des notions de responsabilité professionnelle	Chaque réunion du matin	OS	En cour...
		3	Fatigue accumulé dans la semaine	Mieux répartir les tâches	Tâches difficiles (lourdes) à ceux qui reviennent de week-end	Chaque réunion du matin	OS	En cour...
Matériel	Bougies	4	Gap de la bougie	Faire la vérification du gap avec les bons outils	Vérifier les outils de vérification du gap et en acquérir de nouveaux s'ils sont défectueux	0/01/2018	Emian/Patherine	En cour...
		5	Couple de serrage	Suivre les instructions du SWI-50NM	Créer un OPL pour montrer le bon couple de serrage et le partager	22/11/2018	Emian	FAIT...
		6	Mauvaise manipulation	Eviter de tenir la bougie par son isolateur en céramique	Créer un OPL pour éviter de déposer inconsciemment de la moisissure sur l'isolateur	22/11/2018	Emian	FAIT...
		7	Bout de COP	Les vérifier dès que l'occasion se présente	Vérifier à chaque intervention sur la bougie et remplacer si endommagé	Durant les B services	Tous techniciens	En cour...
	Bobine d'allumage	8	Fuite d'huile de la bobine	Bien inspecter et nettoyer	Vérifier que le bouclier thermique est bien installé et que la bobine n'est pas soumise à des températures extrêmes	Durant les B services	Tous techniciens	En cour...
		9	Joint du cop endommagé	Toujours inspecter	A chaque intervention sur le COP, inspecter son joint et le remplacer s'il est défectueux	Durant les B services	Tous techniciens	En cour...
		10	Couple de serrage non vérifié	Eviter les sur couplages-suivre les SWI-9NM	Faire un OPL sur les couples de serrage	23/11/2018	Emian	FAIT
		11	Connecteur du COP endommagé	Nettoyer correctement et connecter	Créer un OPL pour déconnecter et fixer	24/11/2018	Emian	FAIT...
		12	Bouclier thermique endommagé	Inspecter proprement	Inspecter pendant le B service et remplacer si endommagé	Durant les B services	Tous techniciens	En cour...
		13	Corrosion du ressort	Mieux nettoyer durant le B service	Suivre les instructions du SWI	Durant les B services	Tous techniciens	En cour...
	Culasse	14	Siège de soupape usé	Régler les soupapes	Former une équipe au réglage et au suivi et analyse des valeurs	Aucune	Spécialiste	En cour...
		15	Ressort endommagé	Mieux inspecter durant le B service	S'assurer que les ressorts ne sont pas martelés durant le B service	Durant les B services	Tous techniciens	En cour...
		16	Joint de culasse usé	Mieux inspecter durant le B service	Inspecter pendant le B service et remplacer si endommagé	Durant les B services	Tous techniciens	En cour...
		17	Soupape usée	Mieux inspecter durant le B service	Inspecter pendant le B service et remplacer si endommagé	Durant les B services	Tous techniciens	En cour...
		18	Collecteur d'échappement mal fixé	Inspecter proprement	Inspecter pendant le B service et suivre les instructions du SWI	Durant les B services	Tous techniciens	En cour...
	Capteur de température	19	Connecteur endommagé	Manipuler correctement pendant l'entretien	Sensibiliser sur la manipulation ceux qui interviennent sur les connecteurs-OPL	25/11/2018	Emian	FAIT...

	Câble de communication	20	Mal entretenu	Plus de précautions	Le faire toujours à deux	Aucune	Tous techniciens	En cour...
		21	Mal fixé	Expliquer aux techniciens comment le fixer	Créer un OPL pour l'expliquer	25/11/2018	Emian	En cour...
		22	Fuites de gaz de refoulement	Protéger les câbles	Installer des boucliers thermiques	Aucune	Tous techniciens	En cour...
Méthode	Couple de serrage non respecté	23	Pas de fichier facilement accessible sur le sujet	Faire un OPL sur les couples de serrage en vigueur	Faire un OPL et le présenter aux équipes	23/11/2018	Emian	FAIT
		24	Pas de système de gestion des outils sur le chaque site	Mettre sur pieds un système simple pour contraindre les utilisant à en prendre soins	Faire une fiche d'utilisation pour outils de vérification du gap des électrodes des bougies ; Fiche d'emprunt des outils	24/11/2018	Emian	En cour...
	Divergence des méthodes de travail	25	Procédures standards de dépannage (SWI) inutilisés	Sensibiliser	Pendant une longue période, en parler lors des "Réunions journalières"	Chaque réunion du matin	OS	En cour...
Machine	Machine froide	26	Pas de demande de production par le client	Rien	Rien	Aucune	OS	En cour...
		27	Pas de planification de marche en cas de faible demande de production	Faire avec chaque machines disponibles à tour de rôle	Lister les machines disponibles à chaque faible demande et faire une rotation	Aucune	OS	En cour...

### Explication:

Ce tableau permet d'abord de définir les contre-mesures nécessaires à la résolution de nos problèmes et ensuite d'exécuter les trois premières étapes du PDCA :

- ✚ Planifier
- ✚ Exécuter les tâches
- ✚ Vérifier

En effet, les colonnes “calendrier d'action”, “date”, “responsable” et “état” nous permettent

- ✚ de définir les actions à poser pour la mise en applications des contre-mesures,
- ✚ de programmer les dates d'exécution des différentes actions,
- ✚ de donner la responsabilité de la bonne réalisation de l'action à un membre de l'équipe,
- ✚ de vérifier si l'action a effectivement été réalisée jusqu'à la fin ou de simplement mettre à jour l'état d'avancement.

Dans la colonne du calendrier d'action,

- ✚ les actions en gris désignent des actions de sensibilisation
- ✚ les actions en orange désignent des actions devant aboutir à des documents techniques, des guides d'usage, des points d'apprentissage (OPL)
- ✚ les actions en bleu désignent des méthodes, des vérifications et des consignes qu'il serait adéquat de suivre durant les interventions sur les machines.

b. Tableau de criticité et de suivi (PDCA)

Tableau XV: Criticité et suivie PDCA

composants	Pannes éventuelle	Effet de la panne	A) SEVERITE	Evènement lié au défaut potentiel	Causes potentielles ou mécanismes de défaillance	B) OCCURRENCE Probabilité	Contrôles préventifs actuels	Moyen de détection actuel	C) DETECTION Probabilité	Numéro de priorité de risque (NPR)	Action(s) Recommandées	Pièces de rechanges requises	Mesures prises	Sev	Occ	Det	NPR Révisées
Bougie	Bougie endommagée	Perte de production	10	Pas de détonation dans le cylindre	Gap de la bougie	8	Aucun	L'alarme sur le GEMPAC	8	640	Regapung avec les bons outils	Kit de regapung	Acheter des outils et mieux regaper	5	5	2	50
					Couple de serrage	4	Aucun	L'alarme sur le GEMPAC	4	160	Suivre les instructions du SWI-50NM	Aucune	Créer un OPL pour montrer le bon couple de serrage et le partager		2	4	40
					Mauvaise manipulation	6	Aucun	L'alarme sur le GEMPAC	4	240	Eviter de tenir la bougie par son isolateur en céramique	Aucune	Créer un OPL pour éviter de déposer inconsciemment de la moisissure sur le boîtier		2	5	50
					Bout de COP	7	Aucun	L'alarme sur le GEMPAC	6	420	Les vérifier dès que l'occasion se présente	Aucune	Vérifier à chaque intervention sur la bougie et remplacer si endommagé		3	2	30
Bobine d'allumage	Bobine endommagée	Perte de production	8	Pas de détonation dans le cylindre	Fuite d'huile de la bobine	8	Service B	L'alarme sur le GEMPAC	7	448	Bien inspecter et nettoyer	Aucune	Vérifier que le bouclier thermique est bien installé et que la bobine n'est pas soumise à des températures extrêmes	4	3	3	36
					Joint du cop endommagé	4	Service B	L'alarme sur le GEMPAC	9	288	Toujours inspecter	Aucune	A chaque intervention sur le COP, inspecter son joint et le remplacer s'il est défaillant		2	5	40
					Couple de serrage non vérifié	4	Service B	L'alarme sur le GEMPAC	5	160	Eviter les sur couplages-suivre les SWI-9NM	Aucune	Faire un OPL sur les couples de serrage		2	3	24
					Connecteur du COP endommagé	4	Service B	L'alarme sur le GEMPAC	7	224	Nettoyer correctement et connecter	Aucune	Créer un OPL pour déconnecter et fixer		2	2	16
					Bouclier thermique endommagé	6	Service B	L'alarme sur le GEMPAC	7	336	Inspecter proprement	Aucune	Inspecter pendant le B service et		3	3	36

											remplacer si endommagé						
					Corrosion du ressort	8	Service B	L'alarme sur le GEMPAC	7	448	Mieux nettoyer durant le B service	Aucune	Suivre l'instruction du SWI	3	4	48	
Culasse	Culasse endommagées	Perte de production	3	Fuite de gaz au niveau du cylindre	Siège de soupape usé	4	Service B	Service B	9	108	Régler les soupapes	Aucune	Former plus de techniciens au réglage et au suivi et analyse des valeurs	2	3	18	
					Ressort endommagé	2	Service B	Service B	5	30	Mieux inspecter durant le B service	Aucune	Aucun	2	5	30	
					Joint de culasse usé	6	Service B	Service B	9	162	Mieux inspecter durant le B service	Aucune	Inspecter pendant le B service et remplacer si endommagé	3	4	36	
					Soupape usée	4	Service B	Service B	6	72	Mieux inspecter durant le B service	Aucune	Inspecter pendant le B service et remplacer si endommagé	2	2	20	
					Collecteur d'échappement mal fixé	4	Service B	Service B	6	72	Inspecter proprement	Aucune	Inspecter pendant le B service et suivre les instructions du SWI	2	2	20	
Capteur de température	Capteur endommagé	Perte de production	1	Renvois une fausse valeur de la température des gaz d'échappement	Connecteur endommagé	3	Aucun	L'alarme sur le GEMPAC	9	27	Manipuler correctement pendant l'entretien	Aucune	Aucun	1	3	9	27
Câble de communication	Câble endommagé	Perte de production	1	Renvois une fausse valeur de la température des gaz d'échappement	Mal entretenu	4	Aucun	L'alarme sur le GEMPAC	3	12	Plus de précautions	Aucune	Aucun	4	4	16	
					Mal fixé	3	Aucun	L'alarme sur le GEMPAC	6	18	Expliquer aux techniciens comment le fixer	Aucune	Aucun	3	6	18	
					Fuite de gaz de refoulement	3	Aucun	L'alarme sur le GEMPAC	7	21	Protéger les câbles	Aucune	Aucun	3	7	21	

### Explication:

Ce tableau permet de mesurer la criticité de chaque cause de défaillances afin de traiter en priorité les plus critiques. Il permet aussi de mesurer l'impact des contre-mesures sur le problème.

En effet, la criticité est calculée grâce aux notes affectées par expérience à la sévérité, à l'occurrence et à la probabilité de détection de la défaillance. En fin d'application de la contre-mesure, ces trois paramètres sont réévalués pour vérifier l'impact de nos actions. Si la case de "Numéro de priorité de risque" passe du rouge au vert alors notre contre-mesure est la bonne et la cause de la panne est éliminée. Sinon, nous reprenons les étapes du PDCA sur cette cause jusqu'à ce que la case passe au vert c'est-à-dire que la contre-mesure est la bonne.

### III. Les répercussions financières

La direction de AGGREKO CI, nous a permis de débiter la mise en pratique des contre-mesures nécessitant un budget financier à partir du 01/01/2018 et ce sur une durée de 06 mois.

Pendant ces 06 mois, la roue de Deming sera mise en application grâce au tableau ci-dessus afin de mieux maîtriser l'amélioration continue de nos systèmes.

A la fin de ce projet, une étude financière sera faite. Cependant, nous estimons les pertes qui doivent être annulées grâce au tableau ci-dessous.

**Tableau XVI: Estimation des pertes à annuler**

N°	Composants remplacés	Qtés	Coûts de l'unité en FrCFA	Coût total composants FrCFA	Durée de remplacement de composants (machine indisponible) en heure	Nombre de dépannage	Durée moyenne PO (h)	MWh perdu
1	Bougies	14	36,236.52	507,311.28	4.17	8799	0.25	3,834.09
2	Bobine d'allumage (COP)	199	191,198.64	38,048,529.36	4.17			
3	Culasse	13	1,053,397.47	13,694,167.11	8			
4	Capteur de température	5	145,685.25	728,426.25	3			
5	câble principal de communication	33	18,553.74	612,273.42	3			
	Coût total pièces (FrCFA)		53,590,707.42					

### Explication :

Pour réaliser le tableau ci-dessous, nous avons obtenu du service de stockage des pièces de rechange, les quantités exactes des composants consommés pour cause d' "Ecart de

température aux échappements aux mois de mai à octobre 2018. Nous avons aussi reçu de ce service les prix actualisés au jour d'achat des composants. Un simple produit nous permet d'obtenir le cout total des composants consommés.

Aussi, pour le calcul de l'énergie perdue, nous utilisons la formule mentionnée dans la partie "matériels et méthodes".

La durée moyenne d'un dépannage est de 15 minutes soit 0,25 heure et le nombre de dépannage est obtenu en déduisant du nombre total de pannes (9063), le nombre d'intervention pour le remplacement de composants.

On obtient ainsi :

$$\text{Nombre de depannage} = 9063 - 264 = 8799 \text{ dépannages}$$

Commentaire :

Les pertes durant ces 06 mois sont donc de deux types comme mentionnées dans le tableau ci-dessus :

Les pertes en pièces de rechange consommées :

Les pertes de production énergétique :

# CONCLUSION

Au terme de notre analyse, il apparait que l'optimisation de la production d'énergie reste possible par la formation de la main d'œuvre à l'application des bonnes méthodes et au suivie de certains composants du groupe QSK60G.

Par ailleurs, les contre-mesures et le calendrier d'action proposés permettront un meilleur suivi et un entretien selon les recommandations du constructeur.

Pendant cette étude, nous avons réussi à justifier l'urgence de notre thème d'étude à travers un diagramme de Pareto. Nous avons ensuite, mis en application des outils forts de la maintenance afin d'analyser notre problème et d'en ressortir les causes racines. Nous avons enfin réalisé un tableau d'amélioration continue pour le suivie des actions menées sur les machines de la centrale en se basant sur les numéros de priorité des risques. Ces éléments, permettrons donc au département des opérations d'AGGREKO CI de réduire de 38% ses "pertes opérationnelles" ou pertes due au dépannage sans consommation de nouvelles pièces de rechanges.

Nous partons donc satisfaits de notre séjour à AGGREKO CI, car nous avons acquis des connaissances non négligeables en maintenance et tout en bénéficiant de l'expérience qu'ont bien voulu nous communiquer nos ainés en entreprise.

# BIBLIOGRAPHIE

## Ouvrages et articles

- [1] Cummins Inc., *Operational and Maintenance Manual QSK45G and QSK60G Industrial Engine Series*. .
- [2] I. Popov, D. Jenner, G. Todeschini, et P. Igit, « Use of the DMAIC Approach to Identify Root Cause of Circuit Breaker Failure », in *2018 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM)*, 2018, p. 996–1001.
- [3] F. DUMONT, T. Entreprise, F.-J. LEROY, S. UTC, et B. EYNARD, « Méthode de résolution de problèmes chez un équipementier automobile ».
- [4] L. MOTTELAY, « Organisation de la maintenance préventive ».
- [5] G. ZWINGELSTEIN, « Signalement, analyse et correction de défaillances », 2018.
- [6] AGGREKO TRAINER, « KAIZEN METHODE », présenté à DMAIC IMPLEMENTATION.
- [7] J.-C. Guibet et E. Faure-Birchem, *Fuels and engines: technology, energy, environment*, vol. 2. Editions Technip, 1999.

## Sites internet

- 8-<https://www.definitions-marketing.com/definition/methode-pdca/>, accédé le 02/09/2018
- 9-<https://www.manager-go.com/management-de-la-qualite/amdec.htm>, accédé le 07/09/2018
- 10-<https://www.piloter.org/qualite/roue-de-deming-PDCA.htm>, accédé le 20/09/2018
- 11-<https://scholar.google.fr/>, accédé le 27/08/2018 ; le 04/09/2018 et le 15/10/2018

## Fiches d’investigation (fiches utilisées pour construire les tableaux QOOQCP)

- 12-Fiche d’investigation culasse
- 13-Fiche d’investigation bougie
- 14-Fiche d’investigation bobine d’allumage
- 15-Fiche d’investigation câble de communication
- 16-Fiche d’investigation capteur de température

# ANNEXES

## Sommaire des annexes

<i>Annexe 1: Le circuit du gaz.....</i>	<i>57</i>
<i>Annexe 2: Le circuit de l'huile .....</i>	<i>60</i>
<i>Annexe 3: Le circuit de refroidissement.....</i>	<i>66</i>
<i>Annexe 4: Le circuit des gaz brulés .....</i>	<i>70</i>
<i>Annexe 5: Le circuit d'allumage .....</i>	<i>72</i>
<i>Annexe 6: Les OPL validés .....</i>	<i>74</i>

## **Annexe 1: Le circuit du gaz**

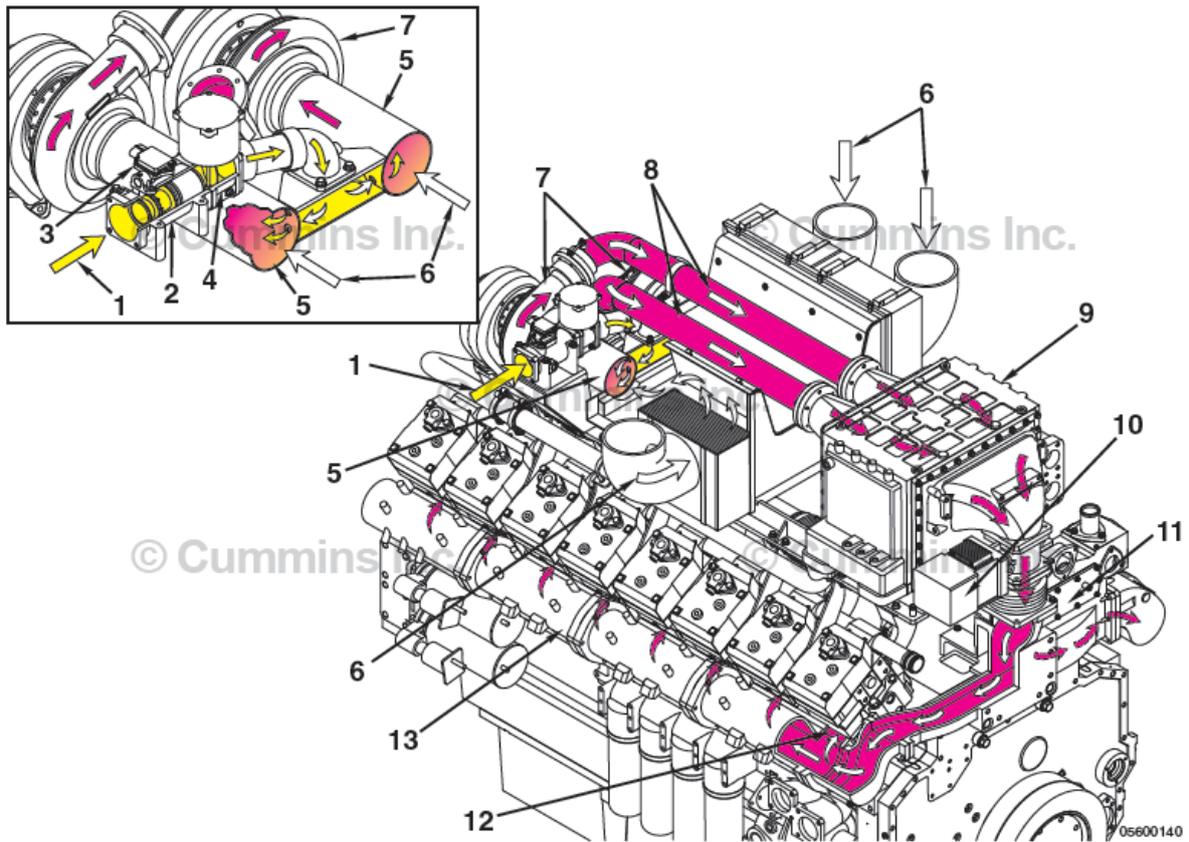


Fig. Circuit de gaz

N° d'Id.	Désignations
1	Entrée du combustible
2	Boîtier du débitmètre massique de gaz
3	Débitmètre massique de gaz
4	Vanne de contrôle de carburant
5	Mélangeur carburant/air
6	Air aspiré
7	Turbocompresseur
8	Ecoulement du mélange air/carburant vers le refroidisseur arrière
9	Refroidisseur arrière

10	Actionneur de papillon
11	Boîtier du thermostat
12	Orifice d'aspiration de la culasse
13	Collecteur d'admission

## **Annexe 2: Le circuit de l'huile**

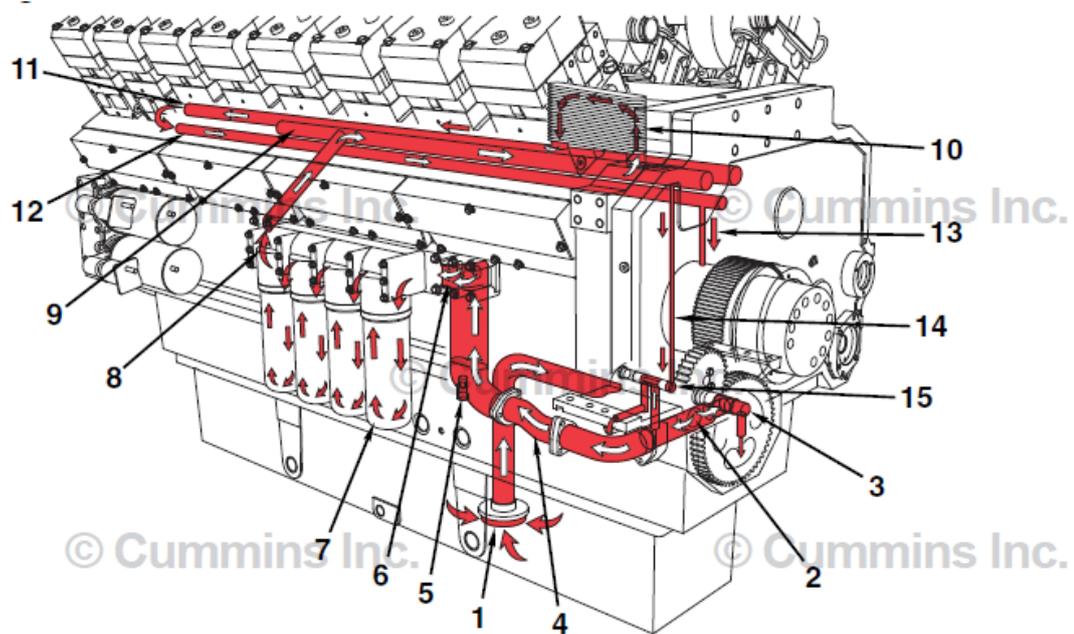


Fig. circuit d'huile

N° d'Id.	Désignations
1	Tube d'aspiration d'huile
2	Refoulement de la pompe à huile
3	Soupape de sûreté haute pression
4	Tube de transfert de pompe à huile
5	Connexion du bloc
6	Huile allant dans les têtes de filtre
7	Filtres à huile
8	Huile sortant des têtes de filtre
9	Carabine à huile/approvisionnement en huile des refroidisseurs d'huile
10	Refroidisseur d'huile
11	Huile refroidie pour carter de volant d'inertie
12	Carabine à huile principale
13	Alimentation en huile des roulements principaux
14	Fusil de détection à régulateur de pression
15	Vanne de réglage de pression

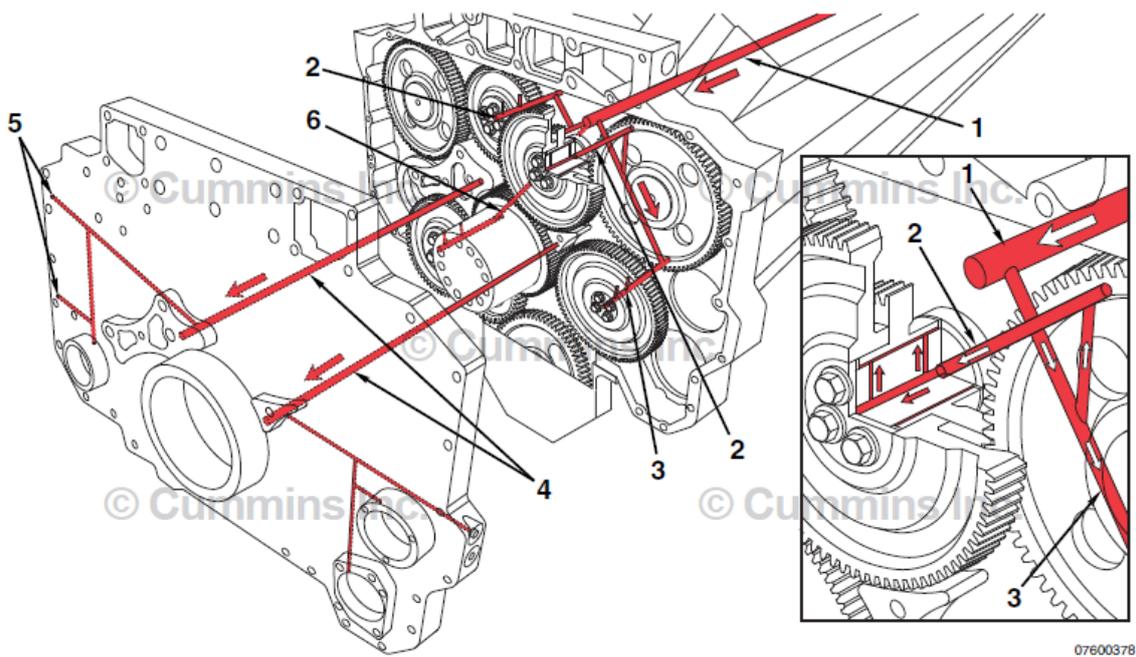
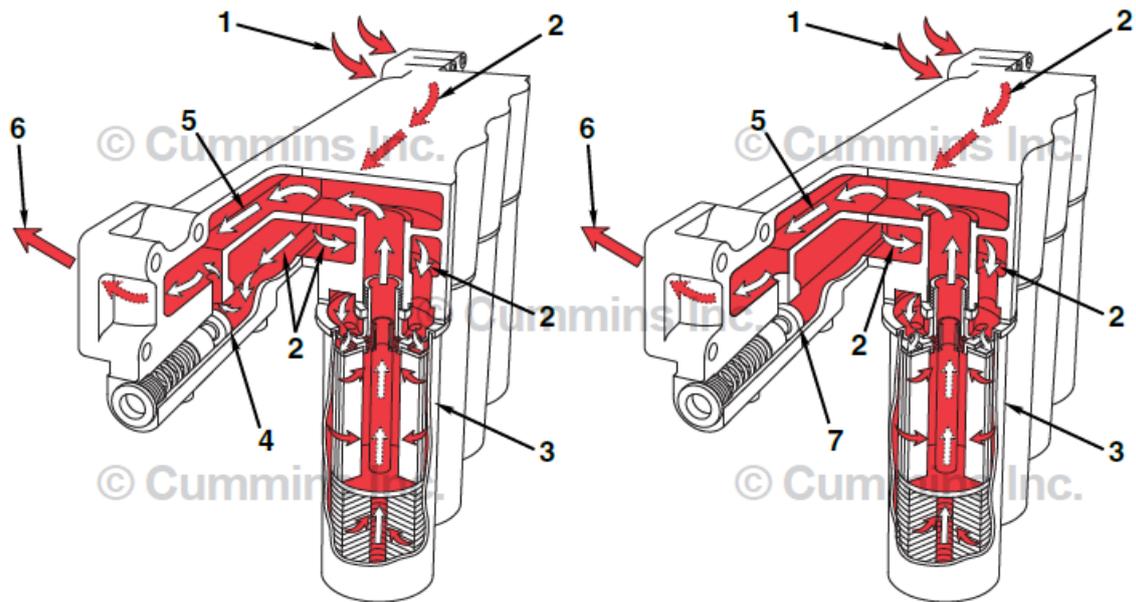


Fig. circuit d'huile –train d'entraînement avant (multiple et un seul turbocompresseur)

N° d'Id.	Désignations
1	Alimentation d'huile principale (carabine)
2	Alimentation en huile du pignon de renvoi
3	Alimentation d'huile sur l'entraînement des (arbres) auxiliaires
4	Alimentation en huile du carter (ou couvercle) d'engrenage
5	Alimentation en huile de l'embrayage du ventilateur de rockford (l'un ou l'autre passage)
6	Alimentation en huile de l'entraînement de la pompe à eau



07600272

Fig. circuit d'huile-filtre à huile plein

N° d'Id.	Désignations
1	Alimentation en huile provenant de la pompe à huile lubrifiante
2	Alimentation en huile des filtres par la tête de filtre
3	Filtres à huile lubrifiante
4	Vanne de dérivation- position ouverte
5	Alimentation en huile par le filtre à huile
6	Huile alimentant les refroidisseurs d'huile
7	Vanne de dérivation - position fermée

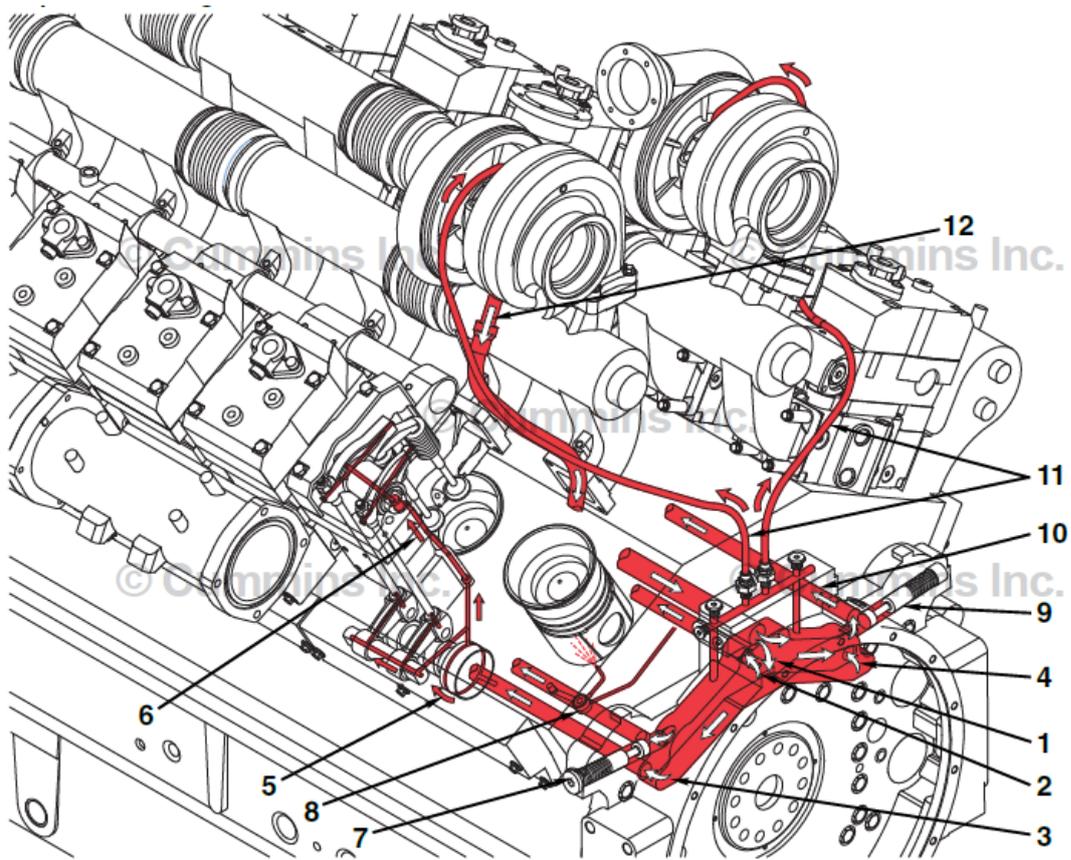


Fig. circuit d'huile-refroidissement du piston, tige de connexion, parties supérieures

N° d'Id.	Désignations
1	Huile provenant des refroidisseurs d'huile
2	Huile alimentant la carabine à huile principale
3	Huile alimentant le bloc supérieur gauche
4	Huile alimentant le bloc supérieur droit
5	Huile alimentant l'arbre à cames et les tiges de poussoir
6	Huile alimentant les culbuteurs
7	Régulateur à bec de refroidissement du bloc gauche
8	Embout de refroidissement du piston
9	Régulateur à bec de refroidissement du bloc droit
10	Huile alimentant les embouts de refroidissement des cylindres du bloc droit

11	Huile alimentant les turbocompresseurs
12	Huile du turbocompresseur vidangée dans les puisards

### **Annexe 3: Le circuit de refroidissement**

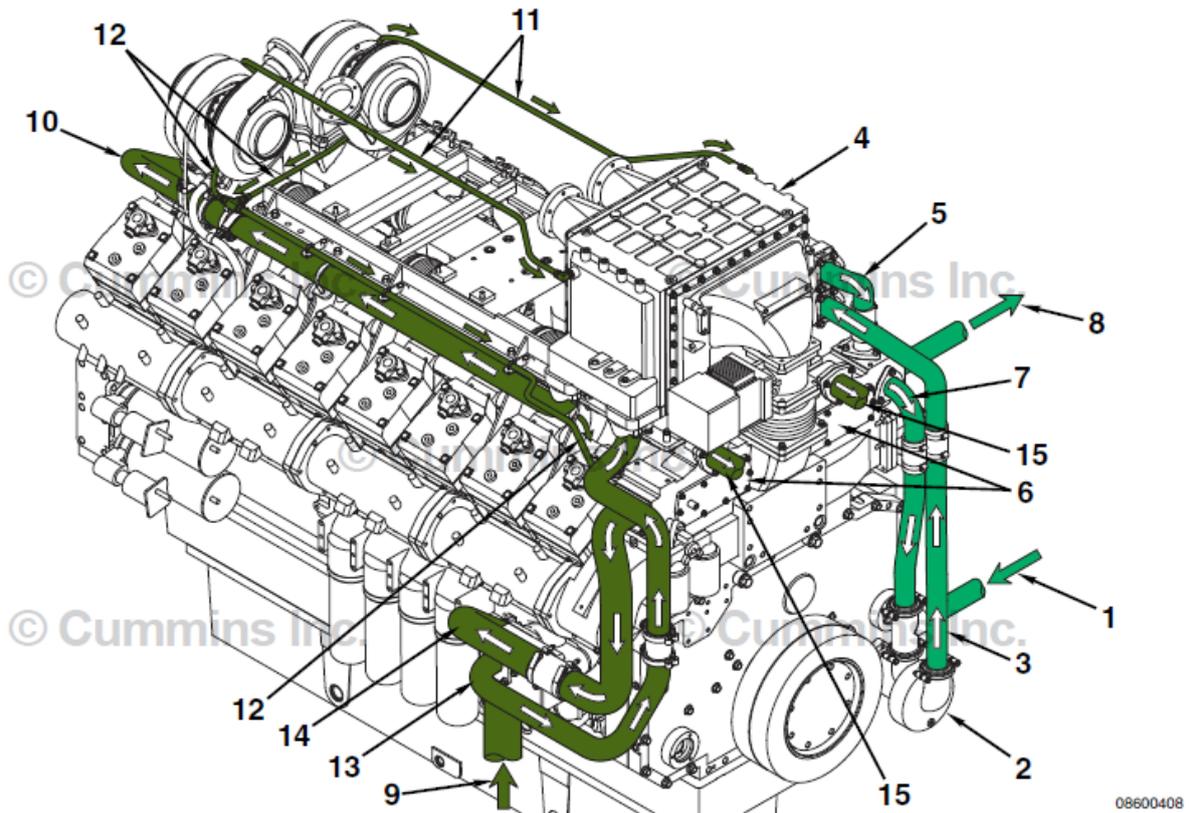
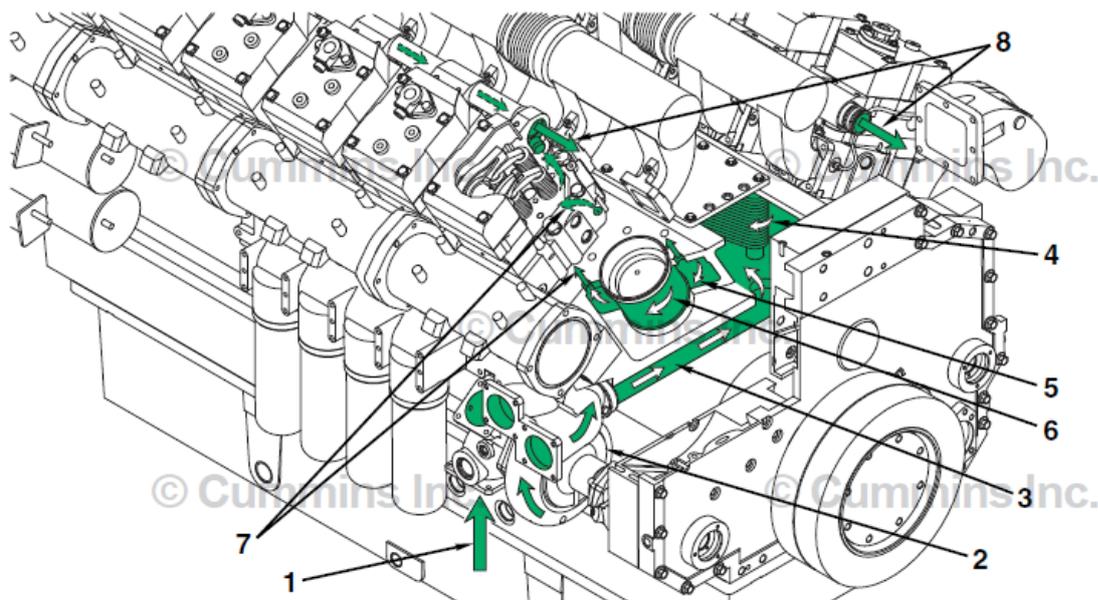


Fig. circuit de refroidissement

N° d'Id.	Désignations
1	Liquide de refroidissement à basse température venant du radiateur
2	Pompe à eau coté basse température
3	Liquide de refroidissement température basse allant au refroidisseur arrière
4	Refroidisseur arrière
5	Liquide de refroidissement à basse température retournant au boîtier du thermostat
6	Boîtier du thermostat
7	Liquide de refroidissement à basse température retournant à la pompe à eau basse température
8	Liquide de refroidissement à basse température retournant au radiateur basse température
9	L'entrée du liquide de refroidissement dans la pompe à eau
10	Retour du liquide de refroidissement du refroidisseur arrière
11	Retour du liquide de refroidissement du turbocompresseur

12	L'alimentation en liquide de refroidissement du turbocompresseur
13	Canalisation de la pompe à eau au refroidisseur arrière
14	Déviations du liquide de refroidissement pour un retour à la pompe à eau
15	Retour du liquide de refroidissement au radiateur



08600406

Fig. circuit de refroidissement (suite)

N° d'Id.	Désignations
1	L'entrée du liquide de refroidissement
2	Pompe à eau
3	Sortie de la pompe à eau
4	Circulation du liquide de refroidissement autour des refroidisseurs d'huile
5	Liquide de refroidissement migrant aux chemises des cylindres
6	Circulation du liquide de refroidissement autour des chemises des cylindres
7	Circulation du liquide de refroidissement dans la culasse
8	Circulation du liquide de refroidissement à par le collecteur d'eau vers le boîtier du thermostat

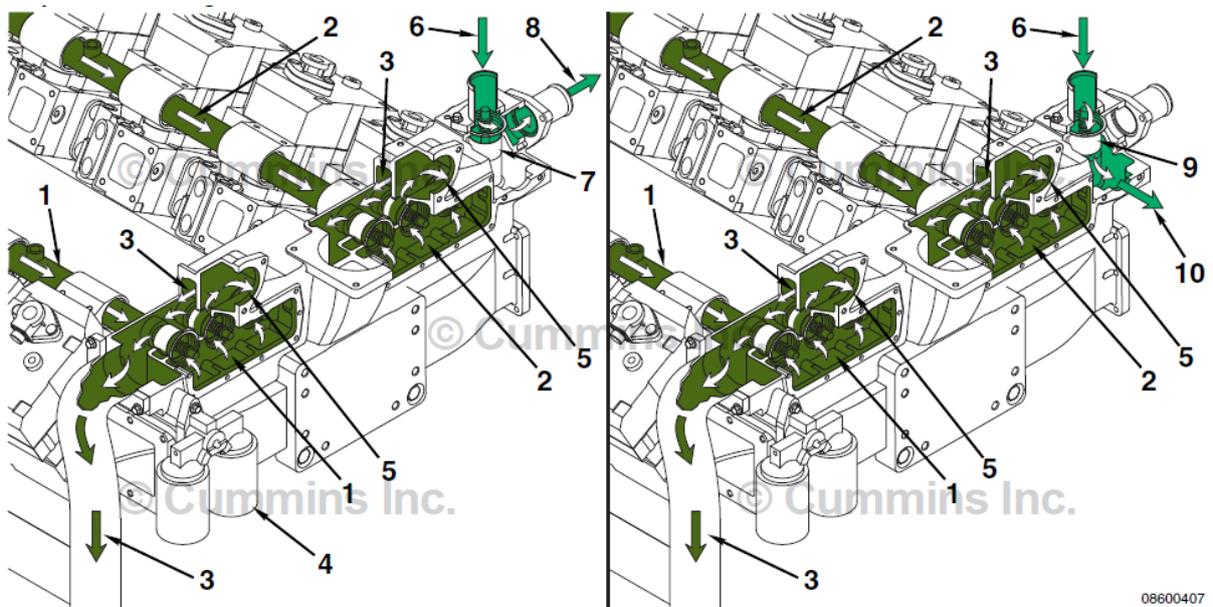


Fig. circuit de refroidissement-circulation au boîtier du thermostat

N° d'Id.	Désignations
1	Liquide de refroidissement du bloc droit migrant vers le boîtier du thermostat
2	Liquide de refroidissement du bloc gauche migrant vers le boîtier du thermostat
3	Déviation du liquide de refroidissement vers la pompe à eau
4	Filtre du liquide de refroidissement
5	Retour du liquide de refroidissement au radiateur
6	Liquide de refroidissement température basse venant du refroidisseur arrière
7	Thermostat basse température ouvert
8	Liquide de refroidissement retournant au radiateur coté basse température
9	Thermostat basse température fermée
10	Liquide de refroidissement allant à la pompe à eau basse température

#### **Annexe 4: Le circuit des gaz brûlés**

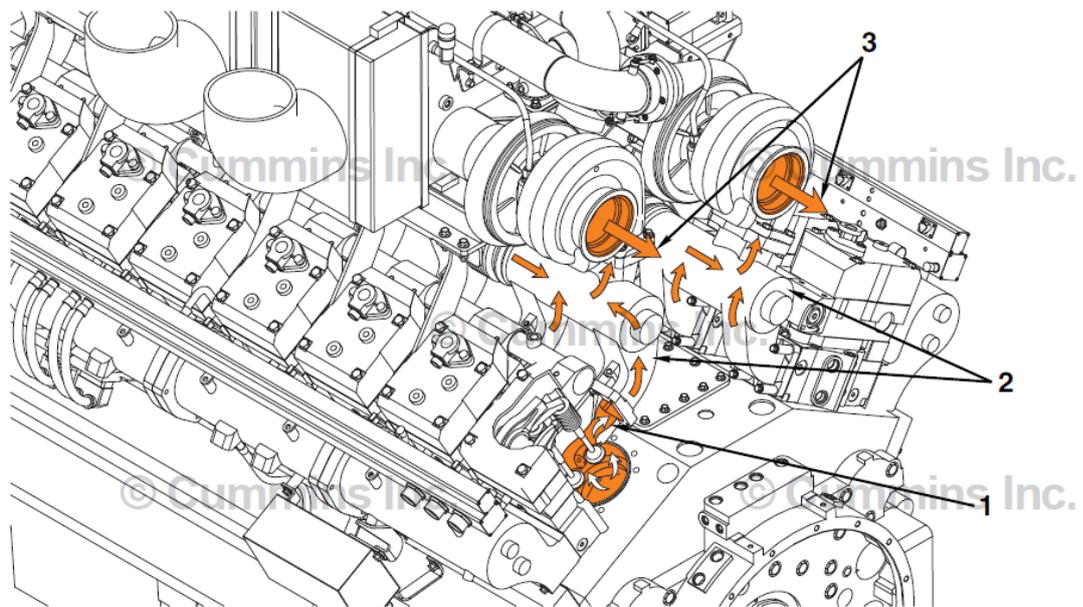
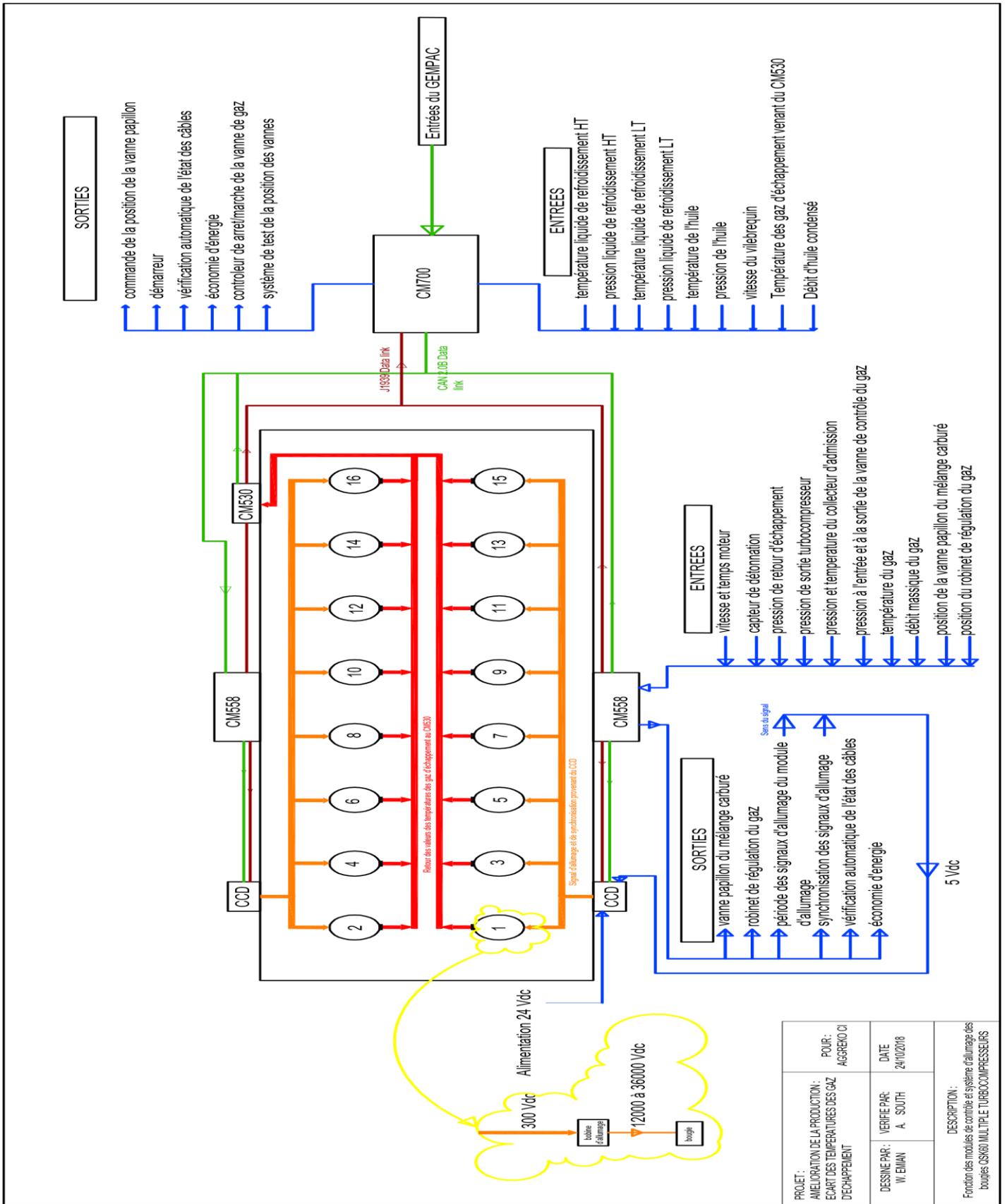


Fig. Le circuit des gaz brûlés

N° d'Id.	Désignation
1	Orifice de refoulement
2	Collecteur d'échappement
3	Sortie des gaz brûlés du turbocompresseur

## **Annexe 5: Le circuit d'allumage**



## **Annexe 6: Les OPL validés**

# One Point Lesson

**aggreko**

topic	Tightening torque of the COP	
OPL #		
date	24.11.18	

type	equipment : QSK60G	basic knowledge	counter-measure	improvement	prepared by	OS acknowledgement
section: COP		<input checked="" type="checkbox"/>			<b>Wilfried EMIAN</b>	<b>Albert SOUTH</b>



**X** BAD

With ratchet, unknown tightening torque



**✓** GOOD

With smallest Torque range, torque at 9 N.m



FILE									
OPERATORS									

# One Point Lesson

**aggreko**

topic	How to disconnect the cop	
OPL #		
date	24.11.18	

type	equipment : QSK60G	basic knowledge	counter-measure	improvement	prepared by	OS acknowledgement
section: COP		<input checked="" type="checkbox"/>			<b>Wilfried EMIAN</b>	<b>Albert SOUTH</b>



**X** BAD



**✓** GOOD

FILE									
OPERATORS									

# One Point Lesson

**topic**

**Tightening torque of the spark plug**

equipment : Q3X65G  
section: Spark plug

**type**

basic knowledge

counter - measure

improvement

prepared by **Wilfried EMIAN**

OS acknowledgement **Albert SOUTH**

**aggreko**

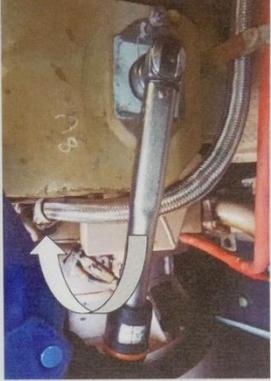
OPL #

date 24.11.18



**GOOD**

50 N.m < Torque < 60 N.m  
good for Federal Mongui  
spark plug



**BAD**

49 N.m < Torque < 54 N.m  
just good for Cummins

FILE	OPERATORS							

# One Point Lesson

**topic**

**How to hold the Spark Plug**

equipment : Q3X65G  
section: Spark Plug

**type**

basic knowledge

counter - measure

improvement

prepared by **Wilfried EMIAN**

OS acknowledgement **Albert SOUTH**

**aggreko**

OPL #

date 24.11.18



**GOOD**

Hold with rag



**BAD**

Hold by the isolator  
with bare hands

FILE	OPERATORS							