

Université Kasdi Merbah Ouargla



Faculté des hydrocarbures et énergies renouvelables et science de la terre et de l'univers

Département de Forage et MCP

MEMOIRE

Pour obtenir le Diplôme de Master
Option: Mécanique des chantiers pétroliers

Présenté Par :

leda AYRRES – TAILA tkera

-THÈME-

**Étude problème de corrosion d'un moteur
diesel Caterpillar 3512**

Jury:

Rapporteur: ^{Melle} CHOUICHA samira



∞ Dédicace ∞

Je porte un bouquet de fleur.

A ceux qui j'aime le plus, je dédie ce travail

A mes très chers parents qui ont toujours été la pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance .j'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour

A ma chère mère, de mon père.

A ma grand-mère et grand-père le symbole de bonheur et source de tendresse et d'amour.

A mes chères amis et très belles

Ladjal , Elaid , Abd raouf, Abderazak , Ali, Hamodi , Hossam, Hicham .à toutes mes amies et mes collègues

Tarek





Dédicace

Je porte un bouquet de fleur.

A ceux qui j'aime le plus, je dédie ce travail

A mes très chers parents qui ont toujours été la pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance .j'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour

A ma chère mère, de mon père.

A ma grand-mère et grand-père le symbole de bonheur et source de tendresse et d'amour.

A mes chères amis et très belles

Abdallah, Mohammed, Youssef, mesbah, Rahim . à toutes mes amies et mes collègues

Adel



Remerciements

En premier lieu, nous tenons à remercier Dieu, notre créateur pour nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.

*Nous tenons à remercier **Pr.CHOUICHA SAMIRA** notre promoteur pour son grand soutien et ses conseils considérables.*

Que toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail accepte nos grands et sincères remerciements.



SOMMAIRE

Introduction :	1
Chapitre I : Généralité sur le moteur diesel	
I.1:Étude de moteur Diesel Caterpillar 3512.....	3
I.1.1: Description de moteur.....	3
I.1.2: Description des organes de moteur Caterpillar.....	5
I.2: Etude des circuits et systèmes.....	6
I.2.1: Système de refroidissement.....	6
I.2.2 : Circuit du gas-oil dans le moteur.....	8
I.2.3 : System de graissage.....	9
I.2.4 : System de distribution.....	11
I.2.5 : Circuit d'air et d'échappement.....	12
I.3 : Entretien du moteur Caterpillar.....	13
I.4 : Pannes possibles et remèdes.....	14
Chapitre II: Généralité sur la corrosion	
II.1: Généralité sur la corrosion.....	16
II.1.1: Définition.....	16
II.1.2 : Facteurs de la corrosion.....	16
II.1.3: Formes de corrosion.....	17
II.1.4:Types de corrosion.....	20

II.2 : Protection de corrosion.....	20
II.2.1 : Protection par inhibiteurs.....	20
II.2.2 : Protection électrochimique.....	21

Chapitre III: Etude de problème de corrosion de moteur CAT 3512

III.1: Etude de circuit de refroidissement de moteur.....	22
III.1.1 : Qualités du liquide de refroidissement	22
III.1.1.1: Constitution des liquides de refroidissement.....	23
III.1.1.1.1 : Eau :.....	23
III.1.1.1.2.: Glycols.....	23
III.1.1.1.3.: Additifs :.....	23
III.2 :Corrosion des composants de circuit refroidissement au niveau du Moteur CAT3512.....	24
III.2.1 : Problème de corrosion au niveau du radiateur:.....	24
III.2.1.1:Description du radiateur.....	24
III.2.1.2: Analyse de problème de corrosion au niveau de radiateur	25
III.2.1.2.1:Etude thermodynamique de réaction de corrosion des tubes en Cuivre	26
III.2.1.3 : Conséquences de corrosion sur radiateur.....	27
III.2.1.3.1: Analyse de problème de dépôts encrassent dans les tubes de radiateur	27
III.2.1.3.1.1: Estimation de la résistance d'encrassement pour le radiateur CAT 3512....	28
III.2.1.3.1.1.1: Détermination de la différence de température logarithmique moyenne....	29
III.2.1.3.1.1.2:Evaluation du coefficient global de transfert de Chaleur.....	29
III.2.1.3.1.1.3:Estimation des coefficients de transfert par convection.....	30
III.2.1.3.1.1.4:Calcul estimation de la résistance d'encrassement pour le radiateur	

CAT3512.....	33
III.2.1.4: L'entretien du radiateur.....	34
III.2.2 : Problème de corrosion au niveau la pompe à eau.....	35
III.2.2.1.Description pompe à eau.....	35
III.2.2.2: Corrosion du pompe à eau du moteurs CAT 3512	35
III.2.2.3 : Principales conséquences corrosion du pompe à eau	36
III.2.2.4 : L'entretien du corrosion du pompe à eau.....	36
III.2.3 : Problème de corrosion au niveau refroidisseur d 'huile.....	36
III.2.3.1 : Principales causes et conséquences de corrosion du refroidisseur d'huile.....	37
III.2.3.2: L'entretien du refroidisseur d 'huile.....	37
III.2.4: Problème de corrosion au niveau des chemises , culasse et sur le bloc moteur.....	37
III.2.4.1: L'entretien du corrosion du bloc moteur.....	39
III.2.4.1.1.:Des pièces métallique liée aux problèmes de corrosion	39
III.2.5: Problème de corrosion au niveau réfrigérant d'air.....	40
III.2.5.1: Description du réfrigérant d'air.....	40
III.2.5.2: Caractéristiques.....	41
III.2.5.3: Problème de corrosion de l'échangeur de chaleur au niveau du moteur	
CAT3512.....	42
III.2.5.3.1.: Analyse de problème.....	42
III.2.5.3.2.: Conséquences de corrosion sur le réfrigérant d'air.....	42
III.2.5.3.3: Solution appliqué.....	43
III.2.5.3.4:Dimensionnement de Nouveau système de refroidissement de l'air	
D'admission.....	43

III. 2.5.3.5:Analyse thermique au niveau des conduites d'air d'admission.....	44
III.3:Control et suivie des principaux problèmes des corrosion dans CAT 3512.....	52
III.3.1:Surchauffes.....	52
III.3.2:Sur-refroidissements.....	52
III.3.2.1:Diagnostiquer un sur-refroidissement.....	52
III.3.3:Fuites(Perte liquide de refroidissement).....	53
III.4:Contrôle et entretien du circuit de refroidissement.....	53

LISTE DES FIGURES

Chapitre I : Généralités sur le moteur diesel

Fig. (I.1) : Description de moteur Caterpillar 3512.....	3
Fig.(I.2) : Circuit de refroidissement.....	7
Fig.(I.3) : Circuit de gasoil.....	9
Fig.(4) : Circuit de lubrification.....	10
Fig.(I.5) : Système de distribution.....	11

Chapitre III: Dimensionnement de l'échangeur de chaleur

Fig.(III.1): Circuit du liquide de refroidissement.....	22
Fig.(III.2) : Radiateur de CAT 3512	25
Fig.(III.3) : Corrosion sur la surface du radiateur((a) dépôts. (b) fuites)	26
Fig.(III.4): Mécanisme réaction de corrosion électrochimique du cuivre.....	26
Fig.(III.5): Pompe à eau corrodée et entartrée.....	36
Fig. (III.6) : Mécanisme réactionnel de cavitation du pompe à eau.....	36
Fig.(III.7) : Refroidisseur d 'huile	37
Fig.(III.8) : Refroidisseur d 'huile corrodée et entartrée.....	37
Fig.(III.9) : Échangeur de chaleur (air/eau).....	41
Fig.(III.10) : Nouveau système de refroidissement du moteur.....	43
Fig.(III.11) : Conduite (1) d'air comprimé d'admission	44
Fig.(III.12) : Conduite (2) d'air comprimé d'admission	49

liste des tableaux

Chapitre I : Généralités sur le moteur diesel

Tableau (I.1) : Organes fixes.....	5
Tableau (I.2): Organes mobiles.....	5
Tableau (I.3) : Entretien du moteur Caterpillar.....	13
Tableau (I.4) : Pannes possibles et remèdes d'un moteur Caterpillar 3512.....	14

Chapitre II: Généralité sur la corrosion

Tableau (II.1) : Principaux facteurs de corrosion.....	16
Tableau (II.2) : Formes de corrosion.....	19

Chapitre III: Étude de problème de corrosion de moteur CAT 3512

Tableau (III .1) : Protection par Éthylène-glycol	23
Tableau (III.2): Propriétés chimique de liquide de refroidissement	24
Tableau (III.3) : Caractéristique du radiateur	25
Tableau (III.4) : Problème de corrosion au niveau des chemises et sur le bloc moteur	38
Tableau (III.5):Pièce métallique liée aux problème de corrosion	39
Tableau (III.6) : Caractéristiques des fluides	41
Tableau (III.7) :Surchauffes.....	52
Tableau (III.8) :Contrôle et entretien du circuit de refroidissement	53

ABRIVIATION

Symboles: Significations	Unités
C_{p_a} : Chaleur massique de l'eau	J/Kg.K
c_{p_e} : Grandeur de capacités thermique massique d'air	J/Kg.K
d : Diamètre interne des tubes	m
d_e :Diamètre externe des tube	m
D_h : Diamètre hydraulique	m
d_i : Diamètre interne des tube	m
d_m :Diamètre moyenne des tubes	m
e : Epaisseur de tube	m
g : Débit d'écoulement d'air	m ³ /s
h_e : Est le coefficient d'échange entre tube	watt.m ⁻²
h_f : Le coefficient d'échange entre l' ailettes	watt.m ⁻²
k :Coefficient global du radiateur est déterminer par la relation	w.m ⁻² .C ⁰
R_e : Résistance d'encrassement	m.C.W ⁻¹
S : Surface de radiateur	m ²
t_{ce} : Température d'entrée d'eau chaud	K
t_{cs} :Température sortie d'eau chaud	K
t_{fe} : Température d'entrée d'eau froid	K
t_{fs} : Température sortie d'eau froid	K
V_{air} : Vitesse de l'air	m/s
λ : Conductivité thermique de cuivre	W/m2.k
ΔT_{LM} : Détermination de la différence de température logarithmique moyenne	K
Φ : Flux de chaleur échangé	watt
ΔT_{es} : Différence des températures d'entrée et sorte d'air dans le radiateur	K
μ_{eau} : Viscosité dynamique	Kg/m.s
ρ : Masse volumique de l'eau	Kg/m ³

INTRODUCTION

Les moteurs diesels CATERPILLAR sont exploités comme étant des groupes de forces ou bien comme des groupes électrogènes qui entraînent des alternateurs pour produire de l'énergie électrique afin d'alimenter les équipements de forage (pompe à boue, treuil, top drive,...etc.) ainsi pour assurer l'éclairage dans la plate forme pétrolière. Ces moteurs diesel sont influencés par le climat saharien, grand écart température, insertion de particules très fines de sable entre différentes pièces en mouvement, et l'apparition de problèmes de corrosion des composants des circuits de refroidissement du moteur par l'effet de mauvaise qualité de l'eau de refroidissement .

Le phénomène de corrosion dans le moteur CAT 3512 est un problème délicat, elle nécessite des études et des analyses approfondis. le circuit de refroidissement est la cause principale de corrosion et plus de 50% des incidents moteur peuvent être attribués à un incident au niveau du circuit de refroidissement soit directement, soit par voie de conséquence en plus le mauvais entretien du circuit de refroidissement de moteur peut entraîner une surchauffe, un sur refroidissement ou des fuites.

L'objectif de travail consiste à l'étude de corrosion par l'effet de l'eau de refroidissement et l'analyse des phénomènes physique liées au défaillance du moteur et détérioration de ses composants métallique en proposant des méthodes de diagnostic du moteur contre le surchauffe , sur refroidissement et les fuites .

D'autre part l'analyse thermique du performance du moteur à été faite pour limiter le problème de corrosion dans le radiateur et l'échangeur d'air par l'estimation de résistance d'encrassement (dépôts solides dans les tubes de radiateur) ; et par la proposition d'un nouveau échangeur (air/air) adéquat pour le bon fonctionnement du moteur .

Notre de travail est structuré de trois chapitres :

- Les généralités sur les moteur diesel avec la description détaillée des organes de moteur diesel (CAT3512) et l'étude des circuits de système sont présentés dans le premier chapitre.
- Le deuxième chapitre énonce des généralités sur la corrosion et les techniques utilisant pour limiter ce problème.

- Le troisième chapitre présente les résultats de l'étude de l'analyse de problème de corrosion dans le moteur CAT 3512 .

Nous terminons notre travail par une conclusion générale.

I.1 : Étude de moteur Diesel CATER PILLAR 3512 :

I.1.1.description de moteur:

Le moteur CAT 3512 est un moteur de série 3500, 12 cylindres. C'est un moteur Diesel à quatre temps à injection directe suralimentée par deux turbocompresseurs qui tournent à une vitesse de 45000 à 60000 tr/mn. Chaque culasse comporte deux soupapes d'admission et deux soupapes d'échappement. L'arbre à came actionne mécaniquement les culbuteurs et les soupapes par l'intermédiaire de poussoirs. Le gas-oil est injecté directement dans le cylindre. Un régulateur électrique et un mécanisme de commande contrôle le débit de la pompe d'injection afin de maintenir le régime moteur choisi par l'opérateur. La pompe d'injection combine le dosage et le pompage de gas-oil qui est acheminé aux injecteurs.

L'avance automatique du calage assure une injection optimale sur toute plage de régime moteur. L'air d'admission est filtré par le filtre à air. L'air est comprimé par le Turbo-compresseur avant de pénétrer dans les cylindres. Le Turbo-compresseur est entraîné par les gaz d'échappement du moteur. Le moteur est suralimenté et inter-refroidi. Le liquide de refroidissement du refroidisseur est mis en circulation par la pompe à eau dans le bloc cylindres. [1]

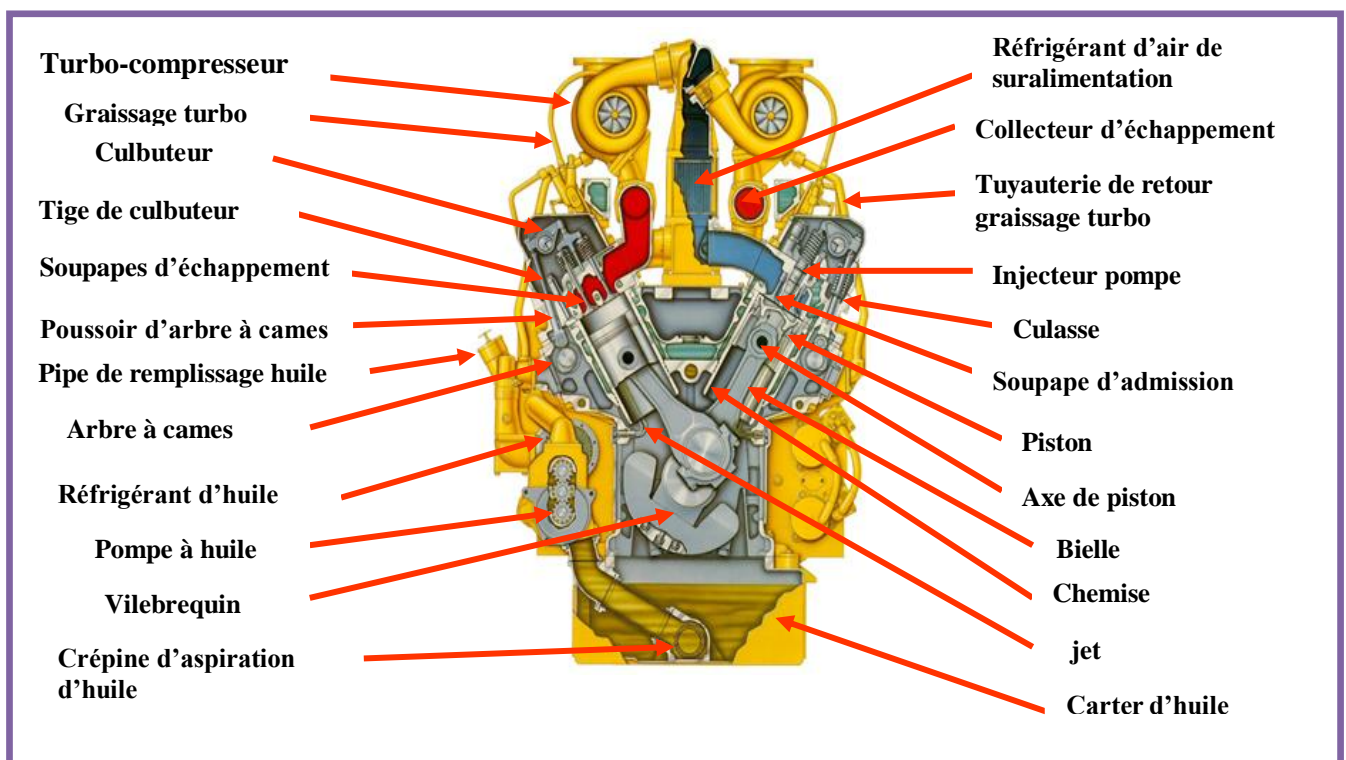


Fig. (I.1) : description de moteur Caterpillar

Le cycle à quatre temps de ce moteur est le même que celui de tous les moteurs Diesel. Donc, il nécessite deux tours du vilebrequin, soit 720° de rotation du vilebrequin pour effectuer cycle complet. Un cycle complet vaut cinq phases successives suivantes :

a) la 1^{ère} phase :

C'est celle d'admission qui fait introduire de l'air frais dans le cylindre par l'intermédiaire des soupapes d'admission ouvertes.

b) la 2^{ème} phase :

Elle fait comprimer l'air à une pression de 30 à 40 bars se trouvant emprisonné dans le cylindre par l'intermédiaire de la montée de piston. Cette compression brutale engendre une température de l'air de 500°C .

c) la 3^{ème} phase :

Elle fait injecter du gas-oil sous forme de brouillard dès que le piston est au voisinage de PMH. Au contact de l'air surchauffé, le gas-oil s'enflamme spontanément.

d) la 4^{ème} phase :

Entre en action et provoque une augmentation de volume des gaz qui chasse violemment le piston vers le PMB. Le volant reçoit de l'énergie durant cette phase pour franchir et vaincre les temps résistants.

e) La 5^{ème} phase :

Et celle d'échappement qui fait chasser les gaz brûlés vers l'atmosphère par l'intermédiaire des soupapes d'échappement ouvertes.[1]

I.1.2: Description des organes de moteur Caterpillar 3512 :**Tableau(I.1) : les organes fixes**

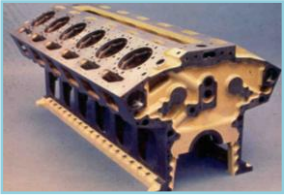
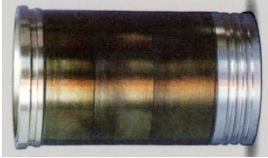
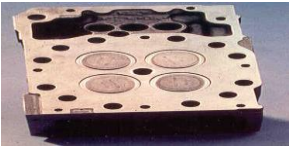



les organes fixes	Description	Role
 <p>Bloc moteur V12</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Seule pièce en fonte - comportent des portes de visite - Paliers de vilebrequin et aux arbres à cames. 	<ul style="list-style-type: none"> - Circulation d'eau assure leur refroidissement et lubrification. - Guider le piston
 <p>Chemise de cylindre</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fabriquées fonte spécifique centrifugées et type amovible 	<ul style="list-style-type: none"> - Fixée à sa partie supérieure serrée entre la culasse et le bloc. - La partie inférieure est guidée dans le bloc et l'étanchéité assurée par des joints torique.
 <p>Culasse</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fabriquées en fonte alliée - Conduit de gasoil - Les férules 	<ul style="list-style-type: none"> - Reçoit quatre soupapes - Les guides et sièges de soupapes
 <p>Joint de Culasse</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Deux feuilles de cuivre - En serrant une feuille d'amiante 	<ul style="list-style-type: none"> - Assure l'étanchéité entre la culasse et le bloc cylindre.

Tableau (I.2): les organes mobiles

Les organes mobiles	Description	Rôle
 <p>Piston</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fabriquées en alliage d'aluminium avec un anneau. 	<ul style="list-style-type: none"> - Porte- trois segments. - Il est animé d'un mouvement alternatif et rectiligne dans le cylindre. - Permet l'échange d'énergie entre les gaz et l'embellage.
 <p>Bielle</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fabriquées en acier très résistant. - Comporte trois parties (le pied, la tête et le corps). - Constitué du vilebrequin et de 	<ul style="list-style-type: none"> - Liaison entre le piston et le vilebrequin. - Transforme le mouvement rectiligne alternatif du piston. - Transmet sous la forme d'un

 <p>Arbre moteur</p>	<p>volant moteur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabriquées en acier au nickel chrome. - Eléments principaux du vilebrequin : Les tourillons et Les manetons. 	<p>couple l'énergie développée lors de la combustion.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La régularisation de l'équilibrage de la rotation du vilebrequin est réalisé par le volant moteur.
 <p>Arbre à came</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fabriquées en acier forgé - Entraîné par le vilebrequin et situe dans le bloc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Arbre à cames actionnant sur une soupape par la liaison un ensemble de poussoirs, tiges de culbuteurs, culbuteurs et des ressorts hélicoïdaux.
 <p>coussinet</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Constitués de demi-coquilles démontables. - Recouvert d'une couche de métal antifriction. 	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisent les contacts entre le palier du vilebrequin et la tête de la bielle.
 <p>soupape</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Constituées d'une tête (plate, creuse, bombée) et d'une queue. 	<ul style="list-style-type: none"> - Permet l'entrée de l'air sur le cylindre et sortie le gaz brûlés.
 <p>culbuteur</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fabriquées en aciers austénitiques nitrogénés. 	<ul style="list-style-type: none"> - Transmettent le mouvement des cames aux soupapes par l'intermédiaire des tiges de culbuteur.

I.2: Etude des circuits et systèmes :

I.2.1: Système de refroidissement :

1.1 : Description :

On appelle « système de refroidissement » l'ensemble de mécanisme et dispositif qui maintient l'état thermique des pièces. Le système de refroidissement comprend une pompe à eau centrifuge entraînée par engrainage, avec un boîtier des thermostats qui comprend quatre thermostats pour régler la température de l'eau de refroidissement qui circule dans le moteur,

les refroidisseurs d'huile et les refroidisseurs d'admission, l'évacuation de chaleur s'effectue dans le radiateur par l'air envoyé à l'aide d'un ventilateur à huit pâles entraîné par courroies.[1]

1.2 : Principe de fonctionne :

Le système de refroidissement est un système fermé, avec circulation d'eau forcée. La pompe à eau aspire l'eau du radiateur à travers une conduite. La pompe à eau fournit un débit de 1520 l/m sous une pression de 37psi environ. Le débit d'eau de refroidissement est divisé à la sortie de la pompe à eau en deux parties. Une partie de 570 l/m du débit est envoyé vers le refroidisseur d'air d'admission et l'autre de 950l/m est envoyé vers le refroidisseur d'huile de lubrification. Ces deux parties s'assemblent dans le bloc moteur coté arrière. L'eau circule autour les chemises de piston, ensuite remonte dans les culasses pour refroidir les conduites d'échappement, puis s'écoule dans les tuyaux coudés dans la tubulure de retour. L'eau se dirige vers le boîtier des thermostats. Le boîtier a un passage supérieur et un passage inférieur. Si l'eau est encore froide alors elle est envoyée à la conduite by-pass (passage inférieur) vers la pompe à eau, au fur et à mesure que l'eau s'échauffe et dès qu'elle atteint 82°C, les thermostats commencent à s'ouvrir pour laisser l'eau passée par le passage supérieur vers le radiateur qui est chargé d'évacuer la chaleur d'eau à l'aide de l'air ventilé.

1.3 : Organes et accessoires du système de refroidissement :

«Chemises d'eau, Radiateur, Ventilateur, Pompe à eau, Thermostat». [1]

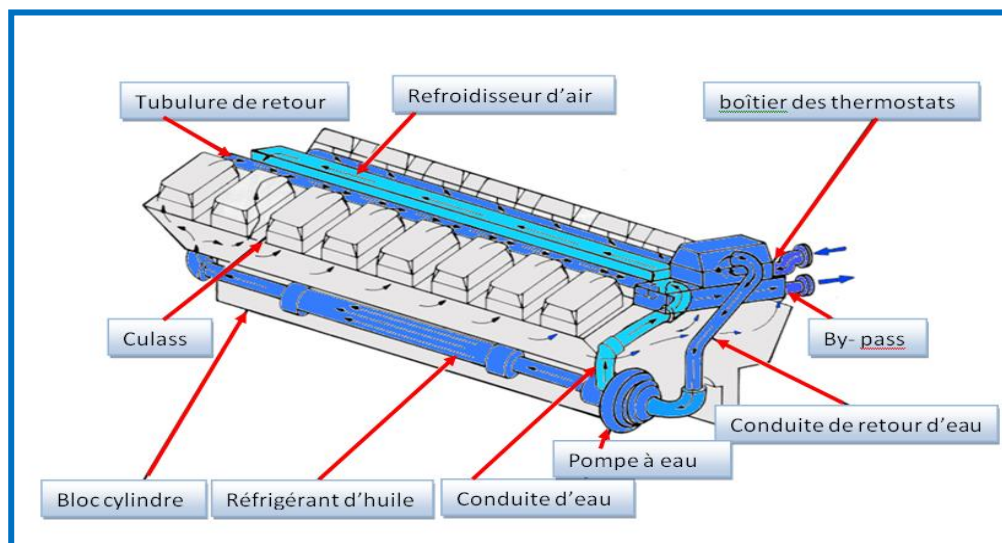


Fig.(I.2) : circuit de refroidissement

Le fluide de refroidissement se compose normalement de trois éléments qui sont : l'eau, les additifs et le glycol. L'eau est utilisée dans le circuit de refroidissement pour assurer l'échange thermique. Les additifs contribuent à protéger les surfaces métalliques du circuit de refroidissement contre la corrosion. Le glycol protège le circuit contre l'ébullition, gel et la cavitation de la pompe à eau et les chemises de cylindre. On utilise le liquide de refroidissement longue durée Caterpillar, celui-ci est un antigel à base d'éthylène-glycol. Toute fois, le liquide de refroidissement long durée Caterpillar contient des inhibiteurs de corrosion et des agents anti-mousses ayant une faible teneur en nitrites. Le liquide de refroidissement Caterpillar permet de protéger la durée de service du liquide de refroidissement à six ans. La durée de vie de liquide de protéger contre le gel jusqu'à 36°C, il peut aussi être concentré pour protéger le point de gel -51°C.

I.2.2 : Circuit du gas-oil dans le moteur :

La pompe à gas-oil de transfert « 7 » aspire du gas-oil de la citerne en passant par un filtre primaire. Puis ce gas-oil est refoulé directement vers le filtre principal « 3 » et vers les deux tubulures « 1 » d'alimentation. Chaque tubulure à deux passages. Le gas-oil circulant à travers le passage supérieur et celui d'admission alimente chaque injecteur-pompe par une conduite « 10 » et par la chambre annulaire « 11 » se trouvant dans la culasse. La chambre annulaire pratiquée dans la culasse communique avec l'orifice d'admission de l'injecteur-pompe « 4 ». Le mouvement de va et vient de l'injecteur-pompe aspire et force le gas-oil jusqu'à la pression d'injection. Quand l'injection de gas-oil est terminée, le restant du gas-oil dans l'injecteur refroidit les pièces internes de l'injecteur, puis retourne par la conduite de retour « 09 » (conduite de retour inférieure se trouvant juste au-dessous de la tubulure d'alimentation. Le gas-oil acheminant le retour depuis les injecteurs traverse une soupape régulatrice de pression « 5 » qui est montée sur le bout avant de la tubulure de retour droite. Cette soupape régulatrice maintient une pression entre (4,14 et 4,5) bars. Puis le gas-oil sort et retourne vers la citerne en passant par un refroidisseur à air. Un petit orifice relie l'entrée et la sortie du gas-oil pour créer un siphon au moment du changement des filtres, cela a pour conséquence de réduire le besoin de purge après le remplacement des éléments filtrants.[1]

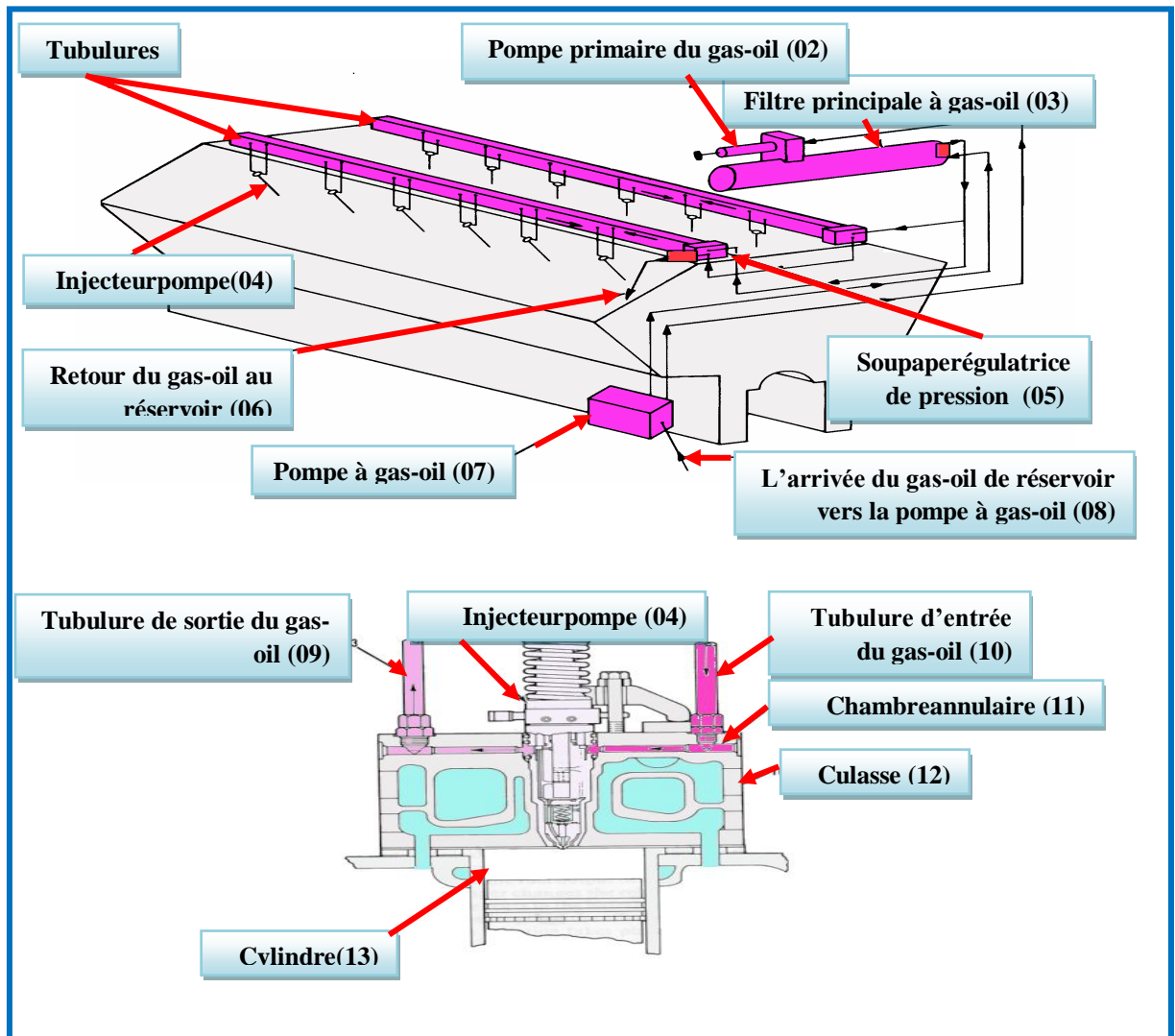


Fig. (I.3) :circuit de gasoil

I.2.3 :System de graissage :

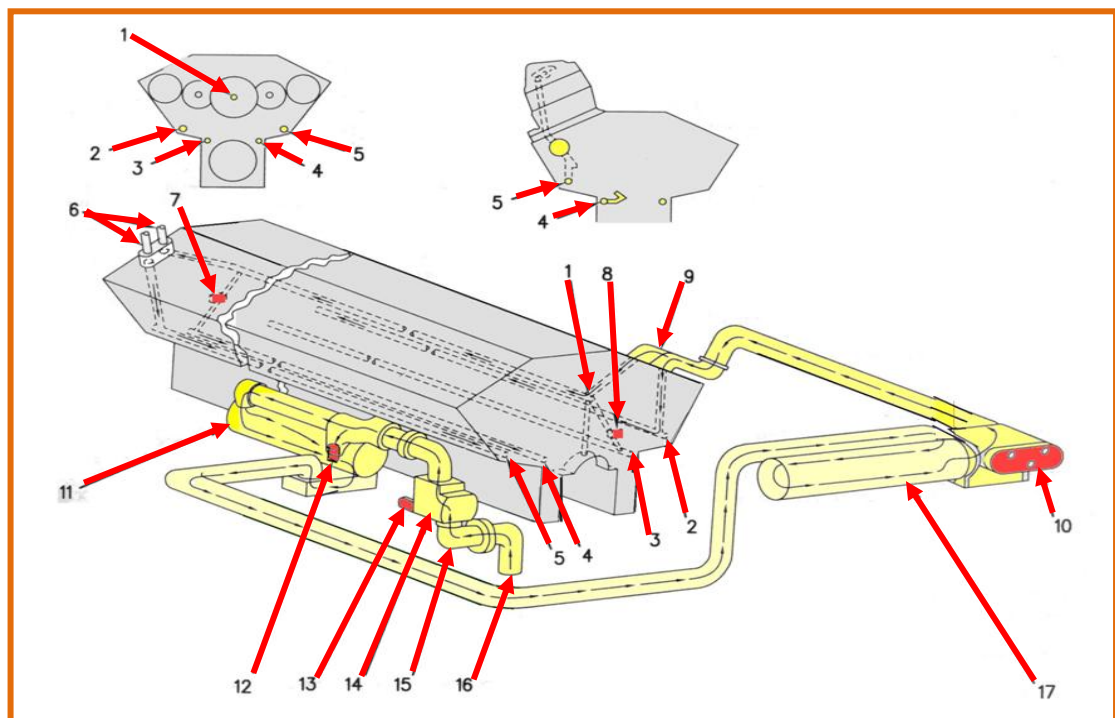
3.1 :Description :

Le système de graissage est destiné à protéger les pièces en mouvement de l'usure et de diminuer les frottements qui sont à l'organe de l'usure(segment, cylindre, paliers et tourillons de vilebrequin,etc.).

3.2 :Circulation d'huile dans le moteur CAT 3512 :

La pompe à huile aspire de l'huile du carter à travers une crépine « 16 » et à travers le coude « 15 ». La crépine est équipée d'un tamis pour filtrer l'aspiration d'huile du carter. La pompe à huile refoule de l'huile vers le refroidisseur d'huile « 11 », cette huile entre et sort vers les filtres à huile « 17 ». L'huile refroidie et filtrée est envoyée vers le coude « 9 ». Cette huile

entre dans la tubulure « 1 » et « 2 ». La tubulure « 2 » assure la lubrification des tourillons et des bagues de l'arbre à cames gauche. La tubulure « 5 » assure la lubrification des tourillons et des bagues de l'arbre à cames droit. L'huile circulant autour des tourillons des arbres à cames monte et passe à travers des tétons creux vers les culasses pour lubrifier la rampe culbutrice et les culbuteurs. L'huile s'écoulant par les trois extrémités des trois culbuteurs lubrifie les ressorts des soupapes et les ressorts des injecteurs. La tubulure principale « 1 » qui est située dans le vé du moteur assure la lubrification des coussinets et des tourillons de vilebrequin par l'intermédiaire des perçages verticaux de chaque palier. Les manetons et les coussinets de bielles sont lubrifiés à partir des perçages obliques pratiqués sur chaque tourillon du vilebrequin. Les soupapes des séquences sont alimentées à partir de la tubulure principale « 1 » pour lubrifier par jet les pistons. La soupape de séquence « 7 » est montée à l'arrière du moteur et la soupape de séquence « 8 » est montée à l'avant du moteur. Les deux tubulures « 3 » et « 4 » assurent la lubrification des pistons par jet d'huile. Chaque buse d'huile a deux perçages. Quand l'huile arrive sous pression dans les buses, un jet d'huile est envoyé et dirigé pour lubrifier les segments et l'autre jet est dirigé pour lubrifier le fond du piston, son axe et son palier. Les soupapes de séquences s'ouvrent à une pression égale ou supérieure à 1,38 bar. Si une pression d'huile descend en dessous de 1,38 bar, les soupapes de séquence coupent la lubrification des pistons, ce but est d'assurer constamment une pression d'huile suffisante pour la lubrification des paliers du vilebrequin.[2]



1. Conduit de lubrification des coussinets, et des tourillons de vilebrequin ;
2. Conduit de lubrification des tourillons, bagues de l'arbre à cames à gauche ;
- 3,4. Conduit de lubrification des pistons par jet d'huile ;
5. Conduit de lubrification des tourillons, bagues de l'arbre à cames à droite ;
6. Conduit pour le graissage de turbo;
7. Soupape de séquence à l'arrière du moteur ;
8. Soupape de séquence à l'avant du moteur ;
9. Entrée de l'huile au block pour la lubrification des différents organes ;
10. Filtre pour empêcher les parties solides ;
11. Refroidisseur d'huile ;
12. Sorte d'huile de refroidisseur d'huile ;
13. Arbre d'entraînement ;
14. Pompe à huile ;
15. Conduite d'entrée de pompe à huile ;
16. Entrée d'huile dans la pompe ;
17. Filtre à huile.

Fig. (I.4) :circuit de lubrification

I.2.4 :System de distribution :

La distribution se compose des pignons d'arbres à cames, entraînés par le pignon de vilebrequin et cela par l'intermédiaire de pignons libres. Sur les moteurs CAT de série 3500, le pignon d'arbre à cames est fixé par un montage conique serré. Afin de réduire le bruit, les dentures de pignons sont du type hélicoïdal.

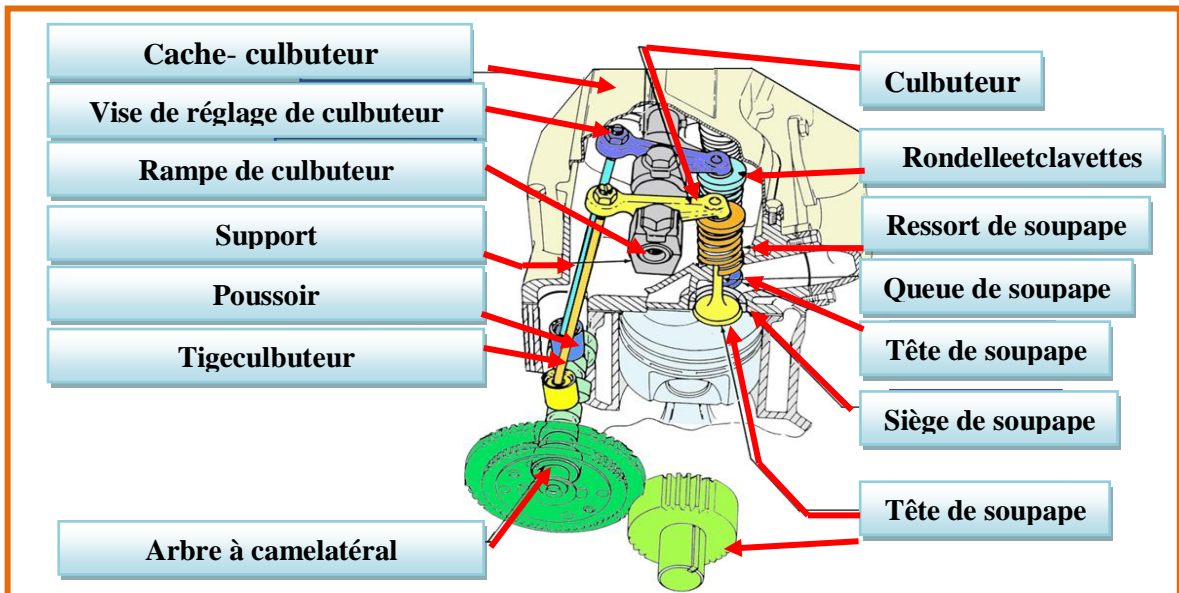


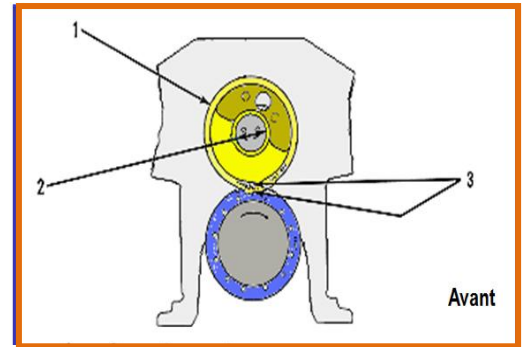
Fig. (I.5) : Système de distribution

4.1 :Distribution avant :

1-pignon d'entraînement des pompes à eau et à Huile.

2-balancier.

3-pignon de vilebrequin.

**4.2 :Distribution arrière :**

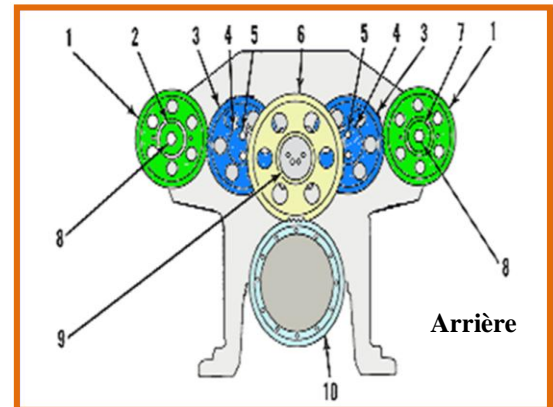
1-pignon des arbres à cames gauche et droite.

2, 3, 4, 5, 6,8-pignons intermédiaires.

7- arbre à cames.

9- pignon de vilebrequin.

10- Volant moteur.[1]

**I.2.5 : Circuit d'air et d'échappement :****5.1 :Circulation d'air dans le moteur :**

L'air aspiré par les deux turbo-chargeurs passe d'abord à travers les filtres à air sur la turbine d'admission de chaque turbo-chargeur. L'air est ensuite refoulé vers le refroidisseur d'air à une température de 200°F environ et avec une pression plus importante. L'air traverse le refroidisseur d'air et entre dans la chambre centrale du vé de moteur. Cette action fera abaisser la température d'air à 100°F environ.

L'air frais se trouvant dans la chambre centrale passe dans les coudes en aluminium communiquant avec les orifices d'admission. Dès que les soupapes d'admission s'ouvrent, l'air entre en quantité suffisante dans la chambre de combustion. Quand l'injection de fuel aura lieu dans la chambre de combustion, le mélange (air+ fuel) s'enflamme spontanément au contact de l'air surchauffé.

5.2 :Circuit d'échappement :

Les gaz brûlés sortent par l'intermédiaire des soupapes d'échappement ouvertes, puis par les collecteurs d'échappement. Ces gaz se détendent sur les turbines des turbo-chargeurs et enfin s'échappent dans l'atmosphère par l'intermédiaire du silencieux d'échappement.

I.3 : Entretien du moteur Caterpillar :**Tableau (I.3) : entretien du moteur Caterpillar**

contrôle uqinhcet	Chaque jour	Toutes les semaines	Au bout des 250 premières heures de service	Toutes les 1000 h	Toutes les 2000 h	Toutes les 6000 h
- Control niveau d'huile moteur.	×					
- Contrôle ou réglage jeu des soupapes du moteur.			×			
- Control filter d'admission d'air.		×				
- Analyse de liquide de refroidissement.				×		
- Contrôle/réglage injecteur de carburant.					×	
- Contrôle pompe de graissage.						×
- Graissage palier d'entraînement de ventilateur.			×			
- Nettoyage pré filtre à air du moteur.	×					
- Verifications extérieures.		×				
- Remplacement filtre à carburant primaire.				×		
- Contrôle turbocompresseur.					×	
- Contrôle pompe à eau.						×
- Evacuation de l'humidité et les dépôts dans réservoir pneumatique.	×					
- Contrôle /remplacement courroie d'alternateur et ventilateur.			×			
- Nettoyage de radiateur.			×			
- Renouvellement liquide de refroidissement de longue durée.						×
- Contrôle support du moteur.					×	
- Nettoyage le moteur.				×		
- Contrôle l'alternateur.		×				

- Contrôle/remplacement flexibles et colliers.			×			

I.4 : Les pannes possibles et remèdes:

Tableau (I.4) : Les pannes possibles et remèdes d'un moteur Caterpillar 3512

Pannes possibles	Cause	Remède
- Moteur marche mais s'arrête	<ul style="list-style-type: none"> - Coupure de l'arrivée de combustible aux injecteurs. - Injecteur défectueux. - Obstruction dans l'échappement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence de l'air dans le circuit de gas-oil. - Calage de distribution ou jeu des soupapes incorrect. - Event du réservoir de combustible obstrué.
- Pression d'ouverture des injecteur pompe est élevée.	<ul style="list-style-type: none"> - Dérèglement d'injecteur coincé. - Bouchage des injecteurs pompes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Réglage. - Nettoyage des injecteurs pompes. - Changer les injecteurs pompes.
- Refroidissement incorrect.	<ul style="list-style-type: none"> - Circuit de refroidissement d'eau défectueux. - Refroidissement à air défectueux. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pompe à eau défectueuse. - Corroies de ventilateur détendu ou usé. - Soupape thermostatique défectueuse.
- Graissage défectueux.	<ul style="list-style-type: none"> - L'huile de graissage trop visqueuse. - Circuit de graissage encrasse. - Alimentation d'huile incorrecte. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pompe d'huile défectueuse. - Canalisation obstruée. - Intervalle trop large entre vidange.
- Pression d'huile élevée.	<ul style="list-style-type: none"> - Filtre colmaté. - Huile de graissage trop visqueuse. - Obstruction dans la canalisation de la pompe. 	<ul style="list-style-type: none"> - Moteur froid. - Huile de refoulement est polluée. - Soupape ne s'ouvre pas correctement ou coincée fermée.

- Bruit au niveau des culbuteurs.	- Jeu de soupape. - Ressort cassée. - Poussoirs en dommages. - Injecteur défectueux.	-Ajuster. - Remédier. - Remédier. - Remédier.
- Fumée bleue.	- Consommation d'huile excessive.	- Segmentation. - Guide de soupape.
- Fumée blanche.	- Moteur tournée à froid.	- Thermostat.
- Corps de l'injecteur pompe bleui.	- Montage défectueux ou refroidissement insuffisant.	- Vérifier son refroidissement. - Changer l'injecteur pompe ainsi que les joints.

II.1: Généralité sur la corrosion :

II.1.1 : Définition :

La corrosion est une dégradation du matériau ou de ses propriétés par réaction chimique avec l'environnement. Cette définition admet que la corrosion est un phénomène nuisible elle détruit le matériau ou réduit ses propriétés. [3]

II.1.2 : Les facteurs de la corrosion :

Le phénomène de la corrosion dépend d'un grand nombre de facteur et ils peuvent être classés a quater groupe principaux.

Tableau(II.1) : les principaux facteurs de corrosion

facteurs du milieu corrosif	facteurs métallurgique	factures définissent les conditions d'emploi	facteurs dépendent du temps
<ul style="list-style-type: none"> - Concentration du réactif. - Teneur en oxygène. - PHdu milieu. - Température. - Pression. 	<ul style="list-style-type: none"> - Composition de l'alliage. - Procédés d'élaboration. - Impuretés. - Traitement thermique. - traitement mécanique. 	<ul style="list-style-type: none"> - État de surface. - Forme de pièce. - Emploi d'inhibiteur. - Procédés d'assemblage. 	<ul style="list-style-type: none"> - Vieillessement. - Tension mécanique. - Modification des revêtements protecteurs.

La vitesse de corrosion d'un métal dans un milieu corrosif dépend à la fois des caractéristiques de ces deux paramètre. La température et le PH ont une influence directe sur la vitesse de corrosion, et une influence indirecte à travers la phase aqueuse (eau de condensation, eau de production). Les conditions de flux, le film formé à la surface du métal et la pression ont une influence directe à travers la pression partielle du CO₂. [4]

II.1.3: Les formes de corrosion :**3.1 : Corrosion uniforme (générale) :**

La corrosion uniforme est une perte de matière plus ou moins régulière sur toute la surface. On trouve cette attaque notamment sur les métaux exposés aux milieux acides. [3]

3.2 : Corrosion localisée :

La corrosion localisée découle toujours de la corrosion uniforme, par couplage galvanique entre des zones hétérogènes. Il suffit alors d'une petite anode et d'une grande cathode pour générer des vitesses de pénétration locales très importantes. [3]

On distingue les 07 types de corrosion localisée sont :

1) Corrosion par piqûres :

Cette forme de corrosion, par opposition à la corrosion uniforme est localisée sur des sites de la surface du métal appelés piqûre. La réaction de corrosion par piqûre est une réaction anodique, elle est un processus automatique, c'est-à-dire que le procédé de la corrosion à l'intérieur de la piqure produit des conditions qui favorisent cette forme de corrosion. (Fig. II.1)

2) Corrosion galvanique (Bimétallique) :

Elle est due à la formation d'une pile électrochimique entre deux métaux différents. Une différence de potentiel existe généralement entre deux métaux immergés dans une solution corrosive. Si ces deux métaux sont en contact électrique, la différence de potentiel produit un flux d'électrons entre eux. (Fig. II.2)

3) Corrosion inter granulaire :

Est une attaque sélective aux joints de grains. Souvent, il s'agit de phases qui ont précipité lors d'un traitement thermique. Les joints de grains sont le siège d'une corrosion localisée très importante, alors que le reste du matériau n'est pas attaqué. (Fig. II.3)

4) Corrosion sélective :

Est l'oxydation d'un composant de l'alliage conduisant à la formation d'une structure métallique poreuse. (Fig. II.4)

5) Corrosion érosion :

Est due à l'action conjointe d'une réaction électrochimique et d'un enlèvement mécanique de matière. Elle a souvent lieu sur des métaux exposés à l'écoulement rapide d'un fluide. (Fig. II.5)



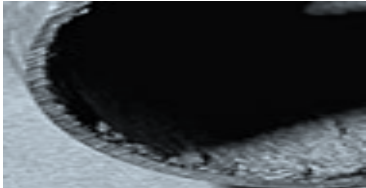




6) Corrosion sous contrainte :

Est une fissuration du métal qui résulte de l'action commune d'une contrainte mécanique et d'une réaction électrochimique. (Fig. II.6)

7) Corrosion caverneuse :

Due à une différence d'accessibilité de l'oxygène entre deux parties d'une structure, créant ainsi une pile électrochimique. On observe une attaque sélective du métal dans les fentes et autre endroits peu accessibles à l'oxygène [4]. (Fig. II.7)

Tableau (II.2) : Les formes de corrosion

<p>(Fig. II.1) : corrosion par piqure</p>	
<p>(Fig. II.2) : Corrosion galvanique (Bimétallique)</p>	
<p>(Fig. II.3) : Corrosion inter granulaire</p>	
<p>(Fig. II.4) : Corrosion sélective</p>	
<p>(Fig. II.5) : Corrosion érosion</p>	
<p>(Fig. II.6) : Corrosion sous contrainte</p>	
<p>(Fig. II.7) : Corrosion caverneuse</p>	

II.1.4 : Les types de corrosion :**4.1 : La corrosion électrochimique :**

C'est le phénomène de corrosion le plus important et elle se manifeste lorsque le réactif est un liquide ou lorsqu'il existe une hétérogénéité soit dans le métal ou dans le réactif, présent une dissymétrie de composition. L'existence de ces hétérogénéité détermine la formation d'un pile, alors un courant électrique circule entre anode et cathode dans le réactif et les zones qui constituent les anodes sont attaque (corrodé). [5]

4.2 : la corrosion chimique (sèche) :

Il s'agit d'une réaction hétérogène entre une phase solide (le métal) et une phase gazeuse. Le processus d'oxydation de la corrosion chimique se déroule dans le domaine atomique avec le milieu ambiant sans présence d'électrolyte. Donc la corrosion purement chimique ne fait donc ne pas intervenir le passage d'un courant électrique, un flux électronique cesse, car l'échange d'électrons entre les différents partenaires des réactions s'effectue directement.

4.3 : Corrosion bactérienne (bio corrosion) :

Signalons l'existence d'une corrosion particulière appelée la bio corrosion ou encore corrosion bactérienne, rassemble tous les phénomènes de corrosion dans lesquels les bactéries agissent directement ou par l'intermédiaire de leur métabolisme en jouant un rôle primordial, soit en accélérant un processus déjà établi, soit en créant les conditions favorables à son établissement. Ce processus concerne essentiellement l'attaque bactérienne des canalisations ou réservoirs enterrés ainsi que les structures métalliques immergés dans l'eau de mer. [5]

4.4 : Corrosion humide

La corrosion humide est la plus rencontrée dans l'industrie pétrochimique. Elle est responsable de la dégradation des structure métalliques en contact avec tout milieu susceptible de contenir de l'eau, milieu complexe contenant quantité d'espèces chimiques dissoutes ou en suspension, mais aussi avec les sols qui contiennent tous plus ou moins d'humidité, et encore avec les gaz amenant des condensations d'eau. Cet environnement c'est aussi la plupart des milieux industriels liquides. [5]

II.2 : Protection de corrosion:**II.2.1. Protection par inhibiteurs :**

Un inhibiteur de corrosion est un composé chimique que l'on ajoute au milieu pour diminuer la vitesse de corrosion. D'une manière générale un inhibiteur doit [6] :

- Abaisser la vitesse de corrosion d'un métal, sans en affecter ces caractéristiques physico-chimiques, en particulier la résistance mécanique (risque de fragilisation par l'hydrogène en milieu acide).
- Être stable aux températures d'utilisation, être efficace à faible concentration.

1.1 : Classement des inhibiteurs: On peut classer les inhibiteurs de plusieurs façons:

1.1.1 : Par domaine d'application: Souvent on classe les inhibiteurs selon leur domaine d'application :

A. En milieu aqueux :

- les inhibiteurs pour milieux acides sont employés, entre autres, pour éviter une attaque chimique de l'acier lors du décapage. Dans l'industrie pétrolière on les ajoute aux fluides de forage.
- les inhibiteurs pour milieux neutres servent surtout à protéger des circuits d'eau refroidissement.

B. En milieu organique :

- Des grandes quantités d'inhibiteurs de corrosion sont utilisées dans les lubrifiants pour moteurs et dans l'essence. Ces liquides contiennent souvent des traces d'eau et des espèces ioniques qui peuvent provoquer une corrosion.
- Les inhibiteurs pour peinture, tels les pigments inorganiques ou les tanins jouent également un rôle important.

C. En phase gazeuse :

- Sont généralement employés pour une protection temporaire de différents objets emballés pendant le transport et le stockage : Instruments de précision, composants électronique, machines, etc.

II.2.2 : Protection électrochimique :

2.1 : Protection cathodique :

La protection cathodique consiste à imposer au métal un potentiel suffisamment bas pour que la vitesse de corrosion devienne négligeable. En pratique, cette méthode sert surtout à protéger les structures lourdes en acier, telles que les plates-formes de forage pétrolières en mer. Deux paramètres fondamentaux contrôlent la protection cathodique : E_{prot} et I_{prot} . On peut donc protéger un métal contre la corrosion en lui imposant un potentiel tel que : $E \leq E_{\text{prot}}$.

2.2 : Protection anodique :

La protection anodique s'applique aux métaux passivables, dont le potentiel de corrosion se situe dans le domaine actif : $E_{\text{corr}} < E_p$ (E_p : potentiel de passivation).

Une polarisation anodique permet dans ce cas de déplacer le potentiel dans le domaine passif.

[6]

III:Étude de problème de corrosion de moteur CAT 3512 :

Parmi les problèmes techniques les plus rencontrés avec l'utilisation du moteur CAT 3512 est le problème de corrosion des structures métalliques qui est due essentiellement à la mauvaise qualité de l'eau de refroidissement qui entraîne 50 % des accidents du moteur.

III.1 : Étude de circuit de refroidissement de moteur :

Le circuit de refroidissement par l'eau est à boucle fermée, le liquide de refroidissement prend de la chaleur au niveau des composants et le radiateur à son tour évacue la chaleur du liquide de refroidissement. Les composants de base du circuit sont:

le liquide de refroidissement

- ❖ la pompe à eau
- ❖ le refroidisseur d'huile moteur
- ❖ le régulateur de température d'eau (thermostat)
- ❖ le radiateur

Circuit du liquide de refroidissement

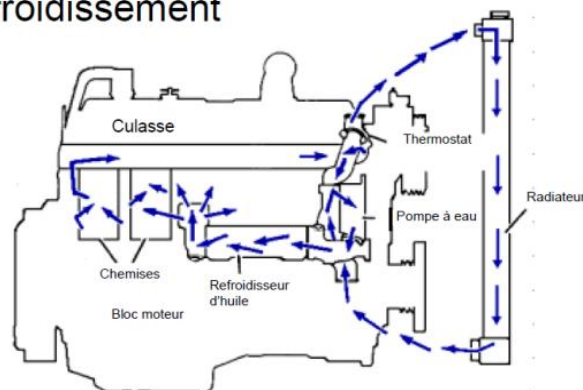


Fig. (III.1) : circuit du liquide de refroidissement

Au cours de fonctionnement du moteur le passage de liquide de refroidissement conduit une défaillance des principaux composants du moteur (radiateur, pompe à eau, refroidisseur de l'huile, bloc moteur, chemise, refroidisseur de l'air) par corrosion de différents types et conséquences.

III.1.1 : Qualités du liquide de refroidissement :

L'eau joue le rôle d'éléments de transfert thermique, dans le liquide de refroidissement, il est important d'utiliser de l'eau conforme pour le moteur CAT 3512. L'alimentation de circuit de

refroidissement et faite par l'eau non conforme (eau de robinet) qui diminuée le transfert thermique et l'engendre le problème de corrosion.

III.1.1.1:Constitution des liquides de refroidissement:

La constitution de liquide de refroidissement sont composés de trois types de produits :

De l'eau (50 à 70 %)

De glycols (30 à 50 %)

D'additifs (5 à 6 %)

III.1.1.1.1:Eau:

L'eau présente l'avantage d'avoir le pouvoir réfrigérant le plus élevé, mais elle présente un certain nombre d'inconvénients:

- elle solidifie à 0 °C avec une augmentation de volume d'environ 9 % ;
- elle favorise la corrosion (phénomènes électrochimiques entre les métaux)
- elle peut contenir des sels minéraux (calcium, magnésium, etc. .) qui favorisent la corrosion et formation de dépôts et des produits insolubles (entartrage).

III.1.1.1.2.:Glycols:

Afin d'abaisser le point de congélation de l'eau, il est nécessaire d'ajouter des produits solubles en milieu aqueux, ce qui a toutefois pour effet de dégrader les propriétés de transfert de chaleur. Comme pour l'eau, la pureté des glycols est également un facteur indisponible [2]

Tableau (III.1) : Protection par Éthylène-glycol:

Concentration	Protection contre le gel	Protection contre l'ébullition
50 %	-36° C	106°C
60 %	-51 °C	111°C

III.1.1.1.3.:LesAdditifs:[2]

Les additifs doivent être ajoutés à la concentration appropriée .En concentration excessive ; les additifs risquent de se déposer par précipitations .Cela peut provoquer la formation d'un genre de gel dans le radiateur, une concentration excessive d'additifs peut produire des dépôts sur les joints de pompe à eau et entraîner des fuites des joints de pompe à eau, une concentration insuffisante d'additifs peut produire les problèmes suivants :

- ❖ Piquage
- ❖ Érosion par cavitation
- ❖ Rouille

- ❖ Tartre
- ❖ Écumage

Tableau (III.2) : Propriétés chimique de liquide de refroidissement :[2]

Propriétés de l' eau	PPM (mg /L)
Chlorures (cl)	40
Sulfates (SO4)	100
Dureté totale	170
Solides totaux	340
PH	5

III.2 : corrosion des composants de circuit refroidissement au niveau du moteur CAT 3512 :

III.2.1 : Problème de corrosion au niveau du radiateur:

III.2.1.1:Description du radiateur :

Le radiateur utilisé dans les moteurs CAT 3512 est de type tubulaire (tube à ailettes plat). C'est l'organe chargé de céder la chaleur enlevée aux cylindres, par l'intermédiaire de l'eau en circulation. La quantité de chaleur cédée par le radiateur est proportionnelle, à la différence entre la température de l'eau et celle de l'air ambiant d'où l'intérêt d'obtenir une température de l'eau voisine de l'ébullition mais sans l'atteindre (l'évaporation). A la surface frontale de radiateur. Au temps pendant les quel l'eau reste en contact avec la surface radiante. Le radiateur se compose de :-Un réservoir supérieur muni d'un orifice permettant le remplissage, et deux orifices pour l'entrée de l'eau chaude du moteur.

- Un réservoir inférieur pour envoyer l'eau refroidie au moteur.
- Une série de canalisation de forme circulation réunissant les deux réservoirs, et dans lesquelles l'eau en circulation se refroidit.

Le radiateur comporte ainsi un bouchon pour la fermeture de l'orifice de remplissage, un tube de trop-plein chargé de rejeter l'excès d'eau et vapeur dans le cas d'ébullition de l'eau et un robinet en bas du radiateur pour la vidange. Les tubes sont en cuivre étamé avec disposition verticale, les ailettes sont en clinquant planes montées à force

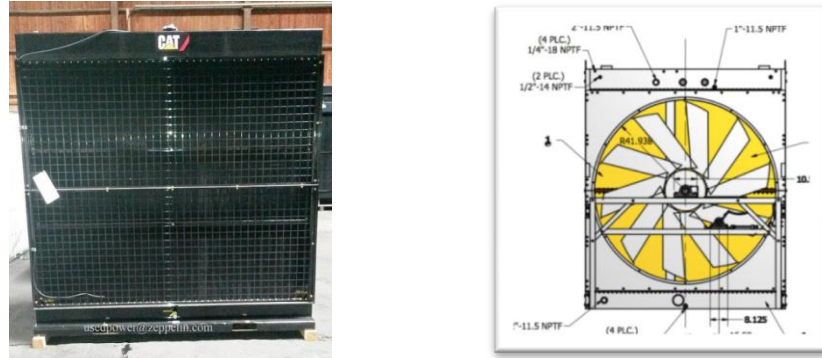


Fig. (III.2) : radiateur de CAT 3512

Tableau (III.3) : caractéristique du radiateur:[2]

Longueur x Largeur x Hauteur	1'933 x 1'378 x 1'551 mm
Poids	2'900 kg
Conception Température	44 °C
Le liquide de refroidissement Capacité	130.0 L
Flux d'air	1'023m ³ /min
Matériaux des tubes	Cuivre
matériaux des ailettes	Cuivre

III.2.1.2:Analyse de problème de corrosion au niveau de radiateur:

- 1- au contact de l'air, la surface extérieure de radiateur est corrodée par corrosion chimique.
- 2- Les caractéristiques physico-chimiques déterminent le pouvoir plus ou moins tartrant du liquide de refroidissement conduit à la corrosion électrochimique sur les parois internes et externes du radiateur.
- 3- La présence d'oxygène « non évacué » favorise la formation d'oxydes qui corrodent les parois métalliques des conduites en cuivre.

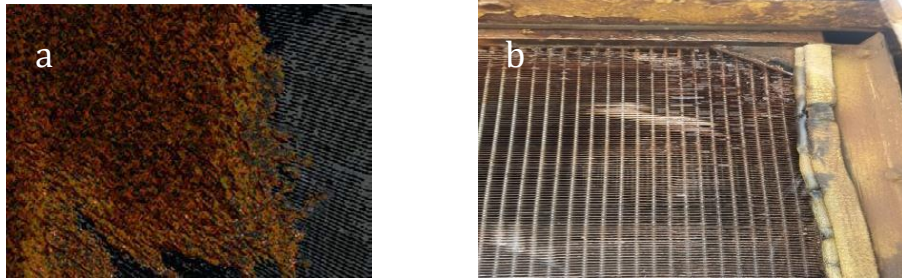
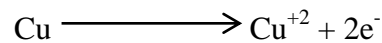


Fig. (III.3) : Corrosion sur la surface du radiateur ((a) dépôts.(b)fuites)

III.2.1.2.1: Étude thermodynamique de réaction de corrosion des tubes en Cuivre :

A/ Mécanisme réactionnelle :

- 1) Réaction d'oxydation (anodique) :



- 2) Réaction de réduction (cathodique)

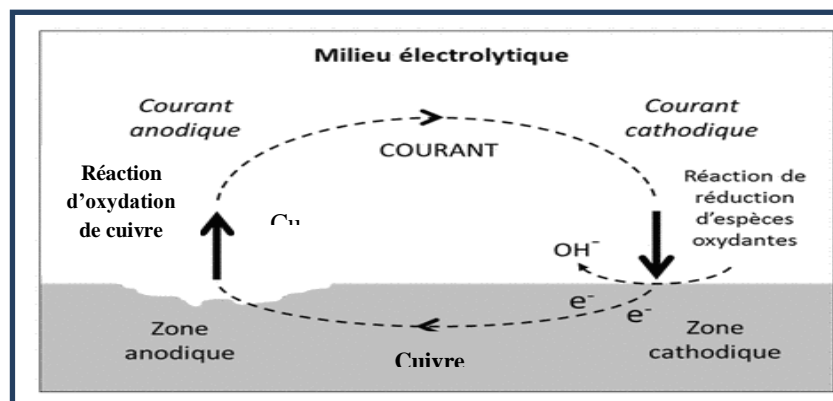
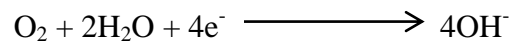


Fig. (III.4) : Mécanisme réactionnel de corrosion électrochimique du cuivre

b- Étude thermodynamique :

L'étude de la corrosion est basée sur l'étude de la variation de l'énergie libre (ΔG) accompagnant les réactions de corrosion. ΔG est la différence entre l'énergie libre du métal et de son produit de corrosion. L'important est le signe de ΔG et non sa grandeur :

Si (ΔG) < 0 : la corrosion possible. [9]

- 1) Calcul ΔG :

$$\Delta G = - nFE \quad (\text{III.1})$$

$$n = 2$$

$$F = 96500 \text{ C/mol}$$

$$E = E_{\text{cathode}} - E_{\text{anode}} = E_{\text{O}_2/\text{OH}^-} - E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}$$

$$E_{\text{O}_2/\text{OH}^-} = +0,4 \text{ V}$$

$$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = +0,34 \text{ V}$$

$$E = 0,4 - 0,34 = 0,06 \text{ V} > 0$$

$$\Delta G = -2 \times 96500 \times 0,06 = -11580 \text{ Joule} < 0$$

$\Delta G < 0$ possibilité de corrosion de (Cu) par (O_2) dissous dans l'eau.

III.2.1.3 : Les conséquences de corrosion sur radiateur:

La corrosion du radiateur présente des diminutions de la performance du moteur, elle peut provoquer, la détérioration des tubes et des ailettes. La corrosion chimique et électrochimique dans le radiateur démunie les performances du moteur et provoque plusieurs dégâts de moteur :

- ❖ des fuites.
- ❖ dépôts formant une couche isolante empêchant un transfert efficace de chaleur
- ❖ Surchauffe du moteur. Dans le cas d'un fonctionnement prolongé du moteur en mode surchauffe les conséquences peuvent être très graves.
- ❖ la détérioration des pistons, segments et des chemises.

III.2.1.3 .1: Analyse de problème de dépôts encrassés dans les tubes de radiateur :

Au bout d'un certain temps de fonctionnement du radiateur, la paroi d'échange est recouverte, de part et d'autre, d'un film d'encrassement (sale). Ces dépôts de tartre et de salissures ont une conductivité thermique faible relativement à celle du métal et constituent de ce fait deux couches isolantes supplémentaires s'opposant à l'échange. Cette phénomène (formation de dépôts solide sur le radiateur) entraîne à l'augmentation de température du moteur et l'augmentation de la quantité de chaleur dégagée par le radiateur pour résoudre le problème en calculer la résistance d'encrassement des tubes du radiateur

III.2.1.3.1.1: Estimation de la résistance d'encrassement pour le radiateur CAT 3512 :

La résistance d'encrassement dans les tube de radiateur est estimée en utilisant la relation suivante :[10]

$$D'o\grave{u} : R_e = \frac{\frac{1}{k} - \left[\frac{1}{h_c} + \frac{e}{\lambda} \left(\frac{d_e}{d_m} \right) + \frac{1}{h_f} \left(\frac{d_e}{d_i} \right) \right]}{1 + \frac{d_e}{d_i}} \quad (III.2)$$

Avec :

R_e : la résistance d'encrassement

d_e : diamètre externe des tube : $d_e = 0,0528$ m

d_i : diamètre interne des tube : $d_i = 0,0508$ m

d_m : diamètre moyenne des tubes : $d_m = \frac{d_e + d_i}{2} = 0.0518$

e : épaisseur de tube $e = 0.001$ m

λ : Conductivité thermique de cuivre $\lambda = 390$ W/m².k

k : coefficient global du radiateur est déterminé par la relation

Pour estimer la résistance d'encrassement on suit les étapes suivantes:

1: détermination de la différence de température logarithmique moyenne

2: Évaluation du coefficient global de transfert de chaleur

3: Estimation des coefficients de transfert par convection

3.A: calcul du coefficient d'échange thermique moyen coté tube

3. B: calcul du coefficient d'échange thermique moyen coté ailettes

4 : estimation de la résistance d'encrassement

III.2.1.3.1.1.1./ détermination de la différence de température logarithmique moyenne :

par la relation :

$$\Delta TLM_{c-c} = \frac{(t_{ce} - t_{fs}) - (t_{cs} - t_{fe})}{\ln \frac{(t_{ce} - t_{fs})}{(t_{cs} - t_{fe})}} \quad (\text{III.3})$$

avec: [2]

t_{ce} = la température d'entrée du l'eau chaud = 100

t_{cs} = la température de sortie du l'eau chaud = 94

t_{fe} = la température d'entrée d'air froid = 35

t_{fc} = la température de sortie d'air froid = 65

$$\Delta TLM_{c-c} = \frac{(100 - 65) - (94 - 35)}{\ln \frac{(100 - 65)}{(94 - 35)}} = 45,96$$

Il vient après le calcul que : $\Delta TLM = 45,96$ C

Avec F: facteur de correction

$$E = \frac{t_{cs} - t_{ce}}{t_{fe} - t_{ce}} = \frac{94 - 100}{35 - 100} = 0.092 \quad (\text{III.4})$$

$$R = \frac{t_{ce} - t_{cs}}{t_{fs} - t_{fe}} = \frac{100 - 94}{65 - 35} = 0.21e \quad (\text{III.5})$$

Nous utilisons les valeurs de E et R ; et à partir de l'abaque de BOWMAN et NULLER et NAGLE en annexe [9]

On trouve F = 0.98

On a la relation : $\Delta TLM = F \cdot \Delta TLM$

$\Delta TLM = 45,96$ C

III.2.1.3.1.1.2: Évaluation du coefficient global de transfert de chaleur :

On utilise l'équation de FOURRIER pour déterminer le coefficient global d'échange K de radiateur :

$$\Phi = K.S.\Delta TLM \quad (\text{III.6})$$

b.1/Calcul le flux de chaleur échangé Φ :

Avec :

g : Débit d'écoulement d'air : $g = 17,05 \text{ m}^3/\text{s}$

C_p : grandeur de capacités thermique massique d'air à 65C : 1008 J/Kg.K

ΔT : la différence des températures d'entrée et sorte d'air dans le radiateur : 30 K

$$Q = g \cdot c_p (T_e - T_s) = 17,05 * 1008 * 30 = 515592 \text{ watt}$$

➤ Calcul le surface d'échange totale :

S : la section du radiateur m^2 ; $S = l \cdot h$ (III.7)

$$S = 1,933 * 1,551 = 3 \text{ m}^2$$

Donc:

$$K = \frac{\Phi}{S \cdot \Delta TLM} = \frac{515592}{3 * 45,96} = 3739,42 \text{ w.m.}^{-2} \cdot \text{c}^{\circ} \quad (\text{III.8})$$

Après le calcul , il vient que :

$$K = 3739,42 \text{ w.m.}^{-2} \cdot \text{c}^{\circ}$$

III.2.1.3.1.1.3: Estimation des coefficients de transfert par convection : [10]

A: calcul du coefficient d'échange thermique moyen coté tube :

h_c : est le coefficient d'échange entre le propane liquide et la paroi interne du tube pour déterminer h_c on utilise la corrélation MAG ADAMS : [9]

$$Nu = 0.023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.33} \left(\frac{\mu}{\mu_p} \right)^{0.14} \quad (\text{III.9})$$

Nous négligeons le terme $\left(\frac{\mu}{\mu_p} \right)$; puis nous faisons la correction de la viscosité coté tube

$$\text{On a : } Nu = 0.023.Re^{0.8} .Pr^{0.33} \quad (\text{III.10})$$

Où :

Nu : le nombre de NUSSELT

d : diamètre interne des tubes

λ : Conductivité thermique de l'eau $\lambda=0,680 \text{ W/m}^2.k$

P_r : nombre de Prandtl. $P_r=1.74$ pour $T_p= 100C= 373 \text{ K}$

μ_{eau} : viscosité dynamique, $\mu_{eau}=2,82.10^{-4} \text{ Kg/m.s}$

C_{p_a} : chaleur massique de l'eau , $C_{p_a}=4216 \text{ J/Kg.K.}$

$$\text{Re: Nombre de Reynolds: } Re = \frac{\rho.V_{eau} .D_i}{\mu_{eau}} \quad (\text{III.11})$$

ρ : La masse volumique de l'eau, 960 Kg/m^3

➤ **Calcul de Re :**

$$Re = \frac{\rho.v.d_i}{\mu} = \frac{(960)(12.66)(0.0508)}{2,82.10^{-4}} = 218,93.10^4 \geq 10^4$$

➤ **Calcul Nu :**

$$Nu = 0.023.Re^{0.8} .Pr^{0.33} = 0,023.(218,93.10^4)^{0.8} .(1.748)^{0.33} = 3266,04$$

➤ **Calcul h_c :**

$$h_c = Nu. \frac{\lambda_{moy}}{d_i} = 3266,04. \frac{0.680}{0.0508} = 43718.64 \text{ watt.m}^{-2} \quad (\text{III.12})$$

B: calcul du coefficient d'échange thermique moyen coté ailettes : [10]

h_f : est le coefficient d'échange entre l'air et les ailettes déterminer h on utilise la corrélation

MAG ADAMS :

$$Nu = 0.023.Re^{0.8} .Pr^{0.33} \left(\frac{\mu}{\mu_p} \right)^{0.14} \quad (\text{III.13})$$

Nous négligeons le terme $\left(\frac{\mu}{\mu_p}\right)$; puis nous faisons la correction de la viscosité coté tube

$$\text{On a : } Nu = 0.023.Re^{0.8} .Pr^{0.33}$$

Nu : le nombre de NUSSELT

➤ **Calcul Re :**

$$Re = \frac{G.D_h}{\mu} \quad (\text{III.14})$$

➤ **Calcul de la vitesse massique transversale G :**

ρ : La masse volumique de l'air, 1,9 Kg/m³

$$V_{\text{air}} : \text{vitesse de l'air. m/s ; } v = \frac{\phi}{S} = \frac{1023}{3} = 341 \text{ m/s}$$

S: le surface de radiateur = 1,933.1,551=3 m²

Donc:

$$G = \frac{g_f}{S} = \rho.v = 1,9 * 341 = 647,9 \text{ kg.m}^{-2}. \quad (\text{III.15})$$

➤ **Calcul D_h : diamètre hydraulique pour un pas :**

$$D_h = \frac{4S}{p} = \frac{4(1,933.1,551)}{2(1,933+1,551)} = 1.72 \text{ m} \quad (\text{III.16})$$

Donc Re :

$$Re = \frac{G.D_h}{\mu} = \frac{647,9 * 1,72}{1,9 * 10^{-5}} = 5865,2.10^4 \geq 10^4 \quad (\text{III.17})$$

Donc le régime d'écoulement est turbulent.

➤ **Calcul de Pr :**

$$\text{Pr} = \mu \frac{C_p}{\lambda} = 18,7 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1006}{0,0265} = 0,709 \quad (\text{III.18})$$

➤ **Calcul de Nu :**

$$\text{Nu} = 0,023 \cdot \text{Re}^{0,8} \cdot \text{Pr}^{0,33} = 0,023 \cdot (7791,6 \cdot 10^4)^{0,8} \cdot (0,709)^{0,33} = 33656,37$$

➤ **Calcul de h_f :**

$$h_f = \text{Nu} \cdot \frac{\lambda_{\text{moy}}}{d_i} = 33656,37 \cdot \frac{0,029}{0,0508} = 19213,28 \text{ watt} \cdot \text{m}^{-2} \quad (\text{III.19})$$

III.2.1.3.1.4 estimation de la résistance d'encrassement pour le radiateur CAT 3512 :

La résistance d'encrassement dans le tube de radiateur est estimée en utilisant la relation suivante :

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{h_c} + \frac{e}{\lambda} \frac{d_e}{d_m} + \frac{1}{h_f} \left(\frac{d_e}{d_i} \right) + R_e \left(1 + \frac{d_e}{d_i} \right)$$

$$\text{D'où :} \quad R_e = \frac{\frac{1}{k} - \left[\frac{1}{h_c} + \frac{e}{\lambda} \left(\frac{d_e}{d_m} \right) + \frac{1}{h_f} \left(\frac{d_e}{d_i} \right) \right]}{1 + \frac{d_e}{d_i}}$$

Avec :

R_e : la résistance d'encrassement

k : coefficient global du radiateur $K = 3739,42 \text{ w} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{c}^\circ$

d_e : Diamètre externe des tube : $d_e = 0,0528 \text{ m}$

d_i : diamètre interne des tube : $d_i = 0,0508 \text{ m}$

d_m : diamètre moyenne des tubes : $d_m = \frac{d_e + d_i}{2} = 0,0518$

e : épaisseur de tube $e = 0,001 \text{ m}$

λ : Conductivité thermique de cuivre $\lambda = 390 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$

Donc :

$$R_e = \frac{1}{3739,42} - \left[\frac{1}{43718,64} + \frac{1}{19213,28} \left(\frac{0.0528}{0.0508} \right) + \left(\frac{0.001}{390} \right) \left(\frac{0.0528}{0.0518} \right) \right] = 9,25 \cdot 10^{-5}$$

$$1 + \left(\frac{0.0528}{0.0508} \right)$$

Après calcul on trouve:

$$R = 0,0000925 \text{ m.C.W}^{-1}$$

La valeur calculée de l'estimée de la résistance d'encrassement donne un résultat satisfaisant, en comparaison avec les valeurs des résistances d'encrassement données par les tables T.E.M.A pour l'eau de refroidissement du moteur est $0.00009 \text{ m.C.W}^{-1}$ [11].

III.2.1.4: l'entretien du radiateur:

➤ **Le nettoyage à l'intérieur du radiateur consiste à:**

La vérification de l'état d'arrêt du moteur (le moteur est froid)

L'égouttage de radiateur en enlevant le bouchon et l'ouverture du pretcock ou bouchon de vidange à la base du radiateur.

Fermeture de bouchon de vidange,

Remplissage de radiateur avec de l'eau et de faire tourner le moteur jusqu'à ce que le thermostat ouvre et l'eau circule à travers le bloc moteur. On répète la procédure de vidange.

Avec fermeture de robinet de purge et remplissage de radiateur avec de l'eau.

Vidange et remplissage de système de refroidissement avec de l'eau déminéralisée ou distillée.

Démarrage le moteur

➤ **nettoyage l'extérieur du radiateur :**

Le nettoyage extérieur le radiateur du CAT 3512 sur chantier pétrolier peut être réalisé grâce à de l'air comprimé, de l'eau sous pression ou à la vapeur.

Le flux d'air ou d'eau de nettoyage devra toujours être opposé au flux d'air traversant normalement le radiateur. Ainsi, si la machine est équipée d'un ventilateur soufflant, le

radiateur devra être nettoyé du côté opposé au ventilateur. Si la machine comporte un ventilateur aspirant, le radiateur doit être nettoyé côté ventilateur. Dans le cas où des éléments de protection doivent être déposés pour le nettoyage du radiateur (grilles de ventilateur...), celles-ci devront toujours être reposées avant la remise en service de la machine. Si le nettoyage à l'eau ou à la vapeur est particulièrement efficace, il faut prendre soin de limiter la pression ainsi que d'orienter le jet dans l'axe des ailettes afin de ne pas endommager ces dernières.

III.2.2 : Problème de corrosion au niveau la pompe à eau:

III.2.2.1.descriptionpompe à eau :

La fonction de la pompe à eau dans les moteurs CAT 3512 est de faire circuler le liquide de refroidissement dans le moteur et le radiateur, pour éliminer les calories. La pompe est généralement entraînée par une poulie liée en rotation au vilebrequin par l'intermédiaire d'une courroie. La pompe à eau comprend deux parties :

- a) Une partie "roulements" destinée à permettre la rotation de l'arbre et absorber l'effort de tension de la courroie.
- b) Une partie "turbine", immergée dans le circuit d'eau et assurant la circulation de cette dernière. Cette deuxième partie doit être séparée de façon étanche de la première pour éviter une entrée d'air dans le circuit ou une fuite d'eau vers les roulements.

III.2.2.2: La corrosion de la pompe à eau des moteurs CAT 3512 :

En plus des fuites l'utilisation de liquides de refroidissement inappropriés peut provoquer corrosion par cavitation qui est un effet physique, qui est engendré par les écoulements et les variations de pression qui en résultent. Un écoulement trop fort de liquide peut provoquer la formation de bulles de vide, qui s'écrasent ensuite par exemple contre une paroi du carter. De ce fait, le liquide est accéléré à grande vitesse contre la paroi du carter. Du fait de cette collision continue du liquide, de la matière est enlevée de la paroi du carter.



Fig. (III.5) : Pompe à eau corrodée et entartrée

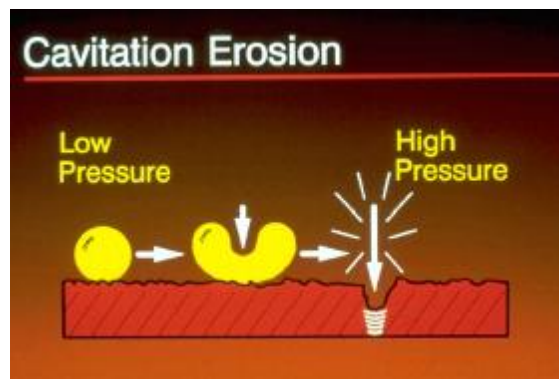


Fig. (III.6) : Mécanisme réactionnel de cavitation du pompe à eau

III.2.2.3 : Les principales conséquences corrosion du pompe à eau:

Dégradation de l'efficacité de la pompe, puis défaillance totale de la pompe.

III.2.2.4 : l'entretien du corrosion du pompe à eau:

Les inhibiteurs présents dans un additif supplémentaire pour liquide de refroidissement (de qualité) protègent la roue de la pompe contre l'érosion par cavitation et le filtre retient les particules solides, ce qui minimise l'usure par abrasion des pièces du circuit.

III.2.3 : Problème de corrosion au niveau refroidisseur d'huile:

La majeure partie de la chaleur dégagée par l'huile est due à la projection de celle-ci dans la partie inférieure des pistons afin de les refroidir. Le liquide de refroidissement doit absorber suffisamment de chaleur au niveau du refroidisseur, afin d'empêcher l'échauffement excessif de l'huile moteur. En fonction du type de machine, il est également fréquent de trouver des refroidisseurs d'huile hydraulique d'équipement (hydraulic oil cooler) ainsi que des refroidisseurs d'huile de transmission (transmission oil cooler). Le réglage incorrect de l'un de ces circuits, une utilisation particulière. [2]



Fig. (III.7) : refroidisseur d 'huile Fig. (III.8) : refroidisseur d 'huile corrodée

III.2.3.1 : Les principales causes et conséquences de corrosion du refroidisseur

'huile: Les dommages par corrosion et entartrage apparaissent essentiellement lorsque le liquide de refroidissement contient trop d'eau minérale. La dégradation du matériau (cuivre est matériau du tube de refroidisseur) fait les fuites. Présence d'huile moteur dans le système de refroidissement. Ce problème fait :

- a) Faisceau du refroidisseur d'huile moteur défectueux
- b) Joint de culasse ou férules défectueux

III.2.3.2: l'entretien du refroidisseur 'huile:

Des procédés par ordre aux tests suivants :

- Inspection chaque faisceau du refroidisseur d'huile moteur.
- Remplacement le refroidisseur d'huile ou réparation.
- Contrôle le dépassement de la chemise.

Installation un nouveau joint de culasse et de nouvelles férules dans la plaque de tête.

Resserrage les boulons de la culasse comme indiqué dans le manuel Spécifications.

III.2.4: Problème de corrosion au niveau des chemises, culasse et sur le bloc moteur :

Elles sont de trois types :

- générale (métal exposé à un électrolyte)
- galvanique (deux métaux différents présents dans un bain d'électrolyte)
- haute température (expose le métal à l'air et aux acides)

La vibration constante d'une chemise de cylindre suscite la formation momentanée d'une dépression superficielle; ceci entraîne l'ébullition du liquide de refroidissement dans la zone de dépression; les bulles de vapeur provoquent la corrosion de la surface de chemise. L'attaque corrosive est plus sévère en bas de la chemise et sur le bloc moteur autour des joints d'étanchéité là où le liquide de refroidissement est plus stagnant et où les conditions d'acidité peuvent se reproduire plus facilement. Les dépôts de tartre dur et le piquage (différent de ceux de la cavitation) sont les signes d'eau contaminée où l'inhibiteur de corrosion est épuisé.


Tableau (III.4) : Problème de corrosion au niveau des chemises, culasse et sur le bloc moteur :[2]

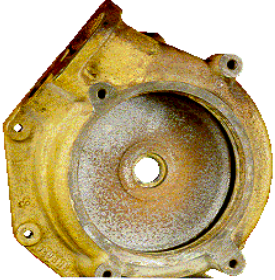
Nom de pièce	Pièce normale	Pièce corrodée	Effets
Chemise			Formation de piqûres de corrosion qui avec le temps peuvent traverser la chemise et permettre ensuite le passage de liquide de refroidissement dans la chambre de combustion ou le carter.
Culasse			<ol style="list-style-type: none"> 1. Un antigel au glycol réagit avec l'oxygène de l'air et forme un acide 2. Une fuite au niveau du joint de culasse ou ailleurs permet la pénétration dans le circuit de refroidissement d'acide sulfurique formé par la combustion du carburant.
bloc moteur			; les bulles de vapeur provoquent la corrosion et L'attaque corrosive est plus sévère sur le bloc moteur et où les conditions d'acidité peuvent se reproduire plus facilement.

III.2.4.1: l'entretienducorrosiondu bloc moteur:

Pour éviter ces phénomènes, il faut contrôler et procéder périodiquement, comme préconisé dans le guide d'entretien, la conformité de la qualité de l'eau (très largement facilité avec les nouveaux liquides). Le liquide de refroidissement, dès son utilisation, s'acidifie et se dégrade, notamment par le passage, inévitable des gaz de combustion.

III.2.4.1.1.: des pièces métallique liée aux problèmes de corrosion :**Tableau (III .5) : des pièces métallique liée aux problèmes de corrosion :**

Analyse de phénomène	Effets	Solution
<p>1/-Dépôt : L'eau du robinet contient toujours des sels minéraux, particulièrement des composés de calcium et de magnésium. Ces minéraux peuvent se solidifier pour former du tartre, qui adhère sur les surfaces métalliques chaudes.</p>	<p>Résultats : dilatation non uniforme du métal, abrasion et grippage, formation de rayures, usure accélérée des segments, et finalement fissuration de la culasse et/ou du bloc cylindres</p> 	<p>L'eau de refroidissement maintient les sels minéraux en suspension; ils ne peuvent alors se déposer sur les surfaces métalliques du moteur ou obstruer les passages de liquide .</p>
<p>2/-Érosion par cavitation et effet de picage : -Formation de vapeur à l'intérieur du circuit au niveau des composants les plus chauds du moteur. -Oxydation du métal avec ions des pics de chaleur: La avec l'oxygène présent,</p>	<p>Cavités dans la paroi d'un cylindre d'un bloc moteur résultant de l'érosion par cavitation et de l'effet de piquage</p>	<p>Utilisation un liquide de refroidissement adéquat contre l'ébullition</p> <ul style="list-style-type: none"> • Attention à la pressurisation du circuit

analyse de phénomène	Effets	Solution
<p>3/ -La rouille : Oxydation au sein du système. tels dépôts forment une couche isolante empêchant un transfert efficace de chaleur.</p>	<p>tels dépôts forment une couche isolante empêchant un transfert efficace de chaleur. Dépôts de rouille à la surface extérieure d'une chemise, à l'intérieur d'une pompe à eau, et à l'intérieur d'une pompe à eau</p> 	<p>Les inhibiteurs présents dans les additifs supplémentaires pour liquide de refroidissement de qualité empêchent l'oxydation responsable de la formation de rouille.</p>

III.2.5: Problème de corrosion au niveau réfrigérant d'air:

III.2.5.1: Description du réfrigérant d'air:

Le réfrigérant utilisé dans les moteurs CAT 3512 est un échangeur de chaleur de type tubulaire à ailettes planes. Le réfrigérant d'air est destiné pour refroidir l'air d'admission venant du turbocompresseur, ce réfrigérant d'air à deux orifices l'un pour l'entrée de l'eau froide et l'autre pour la sortie d'eau chaude. l'air sortant du compresseur à une température très élevée $\approx (180^{\circ}\text{C})$ passant par les ailettes du réfrigérant d'air et sortant à une température permettant d'augmenter la masse volumique d'air. C'est-à-dire un bon remplissage des cylindres, il en résulte l'augmentation de la puissance et bon rendement du moteur.

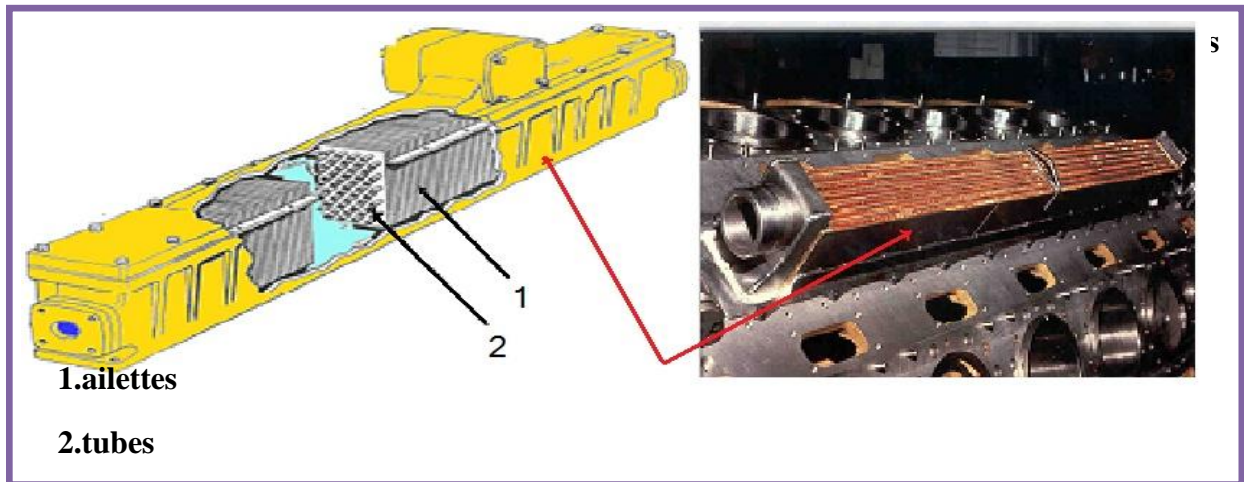


Fig. (III.9): Échangeur de chaleur (air/eau)

III.2.5.2:Caractéristiques:

Le réfrigérant est traversé par l'eau qui est un fluide caloporteur destiné à absorber une certaine quantité de calories de l'air d'admission.

Tableau (III .5) : caractéristiques des fluides

Caractéristiques	Eau	Air
Température d'entrée	82 ⁰ C	182,45 ⁰ C
Température de sortie	85,03 ⁰ C	107 ⁰ C
Chaleur massique	4,2 KJ/Kg.k	1,0146 KJ/Kg.k
Débit massique	6,4 Kg/s	1,064 Kg/s
Quantite de chaleur echangee par les deux fluides caloporeurs	81,45 KJ	81,45 KJ

➤ **L'efficacité de l'échangeur** :[10]

D'après [9] on' a :

$$E = \frac{Q}{Q_{max}} = \frac{\dot{m}_a c p_a (T_{ae} - T_{as})}{(\dot{m} c p)_{min} \Delta T_{max}} \quad (III.20)$$

Avec :

$$(\dot{m} c p)_{min} = \dot{m}_a c p_a$$

Q: la puissance thermique échangée entre les deux fluides, kw.

Q_{max}:la puissance thermique maximale, kw.

\dot{m}_a : le débit d'air comprimé, kg/s.

T_{ae} : la température de l'air à l'entrée de la conduite.

T_{as} : la température de l'air à la sortie de la conduite.

C_{p_a} : chaleur massique de l'air, KJ/Kg.K.

ΔT_{max} : la différence maximale des températures.

$$\Rightarrow E = \frac{T_{ae} - T_{as}}{\Delta T_{max}} = \frac{182,45 - 107}{182,45 - 82} = 0,75$$

Une bonne efficacité de l'échangeur mais un problème se pose qui est la corrosion des parois de l'échangeur au contact de l'eau de refroidissement.[10]

III.2.5.3: Problème de corrosion de l'échangeur de chaleur au niveau du moteur

CAT3512 :

III.2.5.3.1.: Analyse de problème:

La corrosion est une dégradation des matériaux sous l'action du milieu ambiant. Au cours de fonctionnement de réfrigèrent d'air, les tube de passage de l'eau froide on subite une dégradation par corrosion sous l'effet de circulation de l'eau à travers l'espace tubulaire constitue par le cuivre. La corrosion du métal (cuivre) due au passage d'un conducteur ionique (eau H₂O). Le processus de corrosion s'accompagne d'un courant électrique qui circule à l'intérieur du réseau métallique. Les zones ou ce produisent l'oxydation du métal et la réduction du métal.[8]

III.2.5.3.2.: Les conséquences de corrosion sur le réfrigérant d'air:

La corrosion du réfrigérant d'air représente un grand danger sur la performance du moteur, elle peut provoquer:

- ❖ la détérioration des tubes et des ailettes.
- ❖ des fuites.
- ❖ la présence d'une quantité d'eau dans l'air d'admission.
- ❖ des cavitations, la présence de particules métalliques dans l'air d'admission.
- ❖ la détérioration des pistons, segments et des chemises

III.2.5.3.3: Solution appliqué:

Pour éliminer le problème de corrosion due à l'action de l'eau sur le matériau de l'échangeur cuivre, Caterpillar remplacer l'eau de refroidissement par l'air, l'air est disponible et gratuit. On peut dimensionner un aut.re échangeur de chaleur (air/air) dont la performance est comparable à celle de l'échangeur existant air/eau).

III.2.5.3.4: Dimensionnement de Nouveau système de refroidissement de l'air d'admission: [10]

Le remplacement de l'ancien fluide de refroidissement (l'eau) par l'air nécessite le dimensionnement d'un nouveau échangeur (air/air) avec soufflage forcé de l'air de refroidissement par le ventilateur. L'emplacement de cet échangeur ne pose pas un problème d'encombrement, il est placé entre le ventilateur et le radiateur du moteur. Le nouveau échangeur contient deux conduites l'une pour le passage d'air venant du compresseur et l'autre pour l'air refroidi dirigé vers les cylindres. Les dimensions de ces conduites sont choisies d'une façon à diminuer les pertes de charges et augmenter la quantité de chaleur dégagée. Généralement, les conduites utilisées sont de matériaux qui ont une conductivité thermique élevée, tels que le cuivre et ses alliages et le duplex.

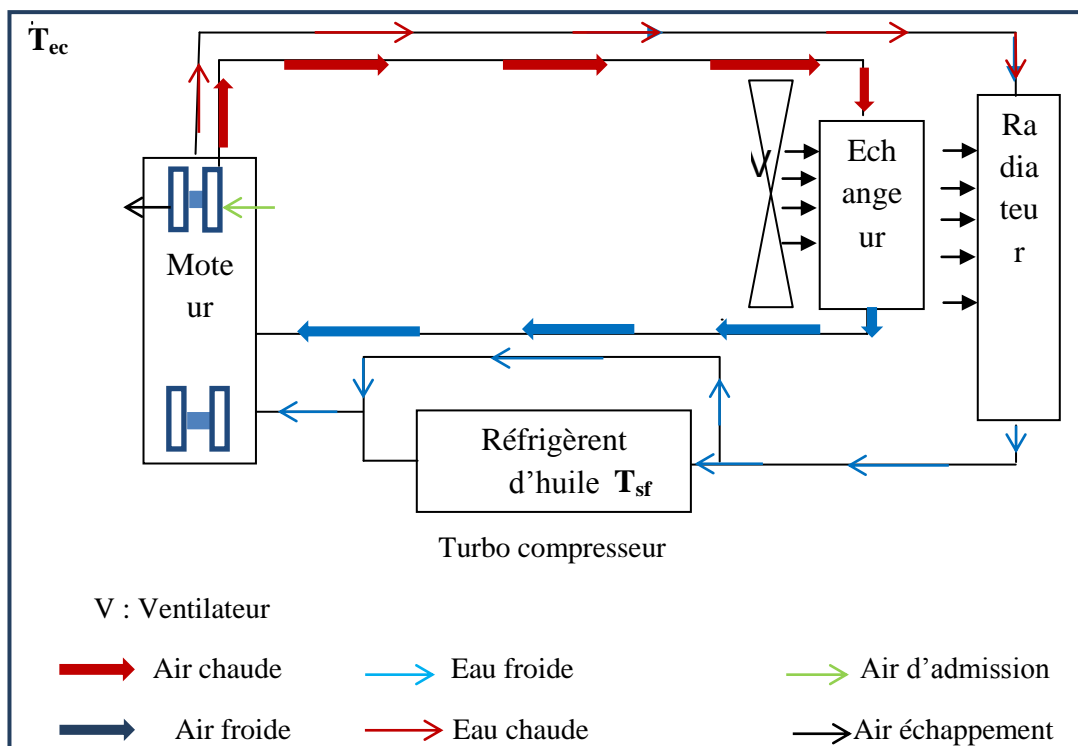


Fig. (III.10): nouveau système de refroidissement du moteur

III.2.5.3.5: Analyse thermique au niveau des conduites d'air d'admission :

A) Calcul de la température à la sortie de conduite(1):

La température à la sortie de la conduite d'amener de l'air comprimé à l'échangeur de chaleur est déterminé à partir du bilan thermique dans cette conduite. La forme de ces conduites est comme suit:

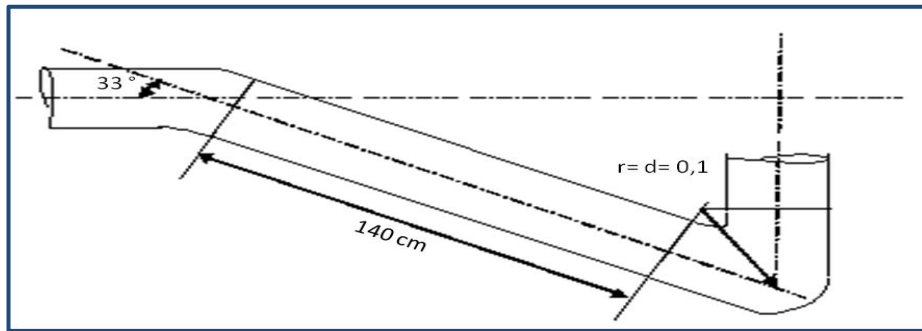


Fig.(III.11) : conduite(1) d'air comprimé d'admission

$$Q_{(\text{dégagée par le fluide})} = Q_{(\text{échangée à travers la paroi})}$$

➤ Nombre de Reynolds:

$$R_e = \frac{\rho \cdot V_{\text{air}} \cdot D_i}{\mu_{\text{air}}} \quad (\text{III.21})$$

ρ : La masse volumique de l'air, $1,9 \text{ Kg/m}^3$

μ_{air} : viscosité dynamique, $\mu_{\text{air}} = 2,48 \cdot 10^{-5} \text{ Kg/m.s}$

D_i : diamètre intérieur, $D_i = 9,5 \text{ cm}$

On considère l'air est comme un gaz parfait, on a:

$$P_K = \rho \cdot R \cdot T_K \quad (\text{III.22})$$

P_K : pression de l'air comprimé, $P_k = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

T_K : la température de l'air comprimé, $T_k = 455,45 \text{ K}$

R : constante massique de l'air, $R = 287 \text{ J/Kg}$

$$\rho = \frac{P_k}{R \cdot T_k} = \frac{2,5 \cdot 10^5}{287 \cdot 455,45} = 1,9 \text{ Kg/m}^3$$

V_{air} : vitesse de l'air. m/s

➤ **La vitesse de l'air dans la conduite V_{air} :**

$$\dot{m}_{air} = \rho \cdot V_{air} \cdot S \quad (III.23)$$

$$\Rightarrow V_{air} = \frac{\dot{m}_{air}}{\rho \cdot S}$$

S: la section du conduit, m^2 ; $S = \frac{\pi D^2}{4}$

A-N:

$$V_{air} = \frac{1,064 \cdot 4}{1,9 \cdot 3,14 \cdot (0,095)^2} = 79,04 \text{ m/s}$$

➤ **Calcul de nombre de Reynolds:**

On' a:

$$Re = \frac{\rho \cdot V_{air} \cdot D_i}{\mu_{air}}$$

μ_{air} : la viscosité dynamique de l'air.

$$\mu_{air} = 2,48 \cdot 10^{-5} \text{ Kg/m.s}$$

Donc:

$$Re = 5,7 \cdot 10^5 ; Re > 10^5$$

Alors l'écoulement est du type turbulent.

➤ **Calcul de nombre de Nuselt :**

D'après [12] on' a:

$$Nu = 0,022 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,6} = \frac{h_i \cdot D_i}{\lambda} \quad (III.24)$$

Pr : nombre de Prandtl.

$$Pr = 0,683 \implies \text{pour } T_p = 182,22^\circ \text{C } T_p = 455,22 \text{ K}$$

h_i : coefficient de convection interne, $W/m^2.k$

λ : Conductivité thermique de l'air comprimé, $\lambda=0,0371 \text{ W/m}^2.\text{k}$

A-N:

$$N_u=0,022(5,7.10^5)^{0,8}(0,683)^{0,6}=704,32$$

➤ **Calcul de coefficient de convection interne:**

On' a:

$$h_i = \frac{\lambda \cdot N_u}{D_i}$$

$$= \frac{0,0371 \cdot 704,32}{0,095} = 275,05 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

➤ **Calcul de coefficient de convection externe:**

D'abord on calcule le nombre de Raguli:

D'après [12] on'a:

$$R_a = G_r \cdot P_r \text{ (III.25)}$$

G_r : nombre de Grashoff.

Avec:

$$G_r = \frac{\rho^2 \cdot g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot D_e^3}{\mu_{air}^2} \quad \text{(III.26)}$$

D_e : diamètre extérieur, $D_e=10 \text{ cm}$

g : l'accélération de pesanteur, $g=9,81 \text{ m/s}^2$

ΔT : l'écart de température entre l'air et la paroi du conduite, $\Delta T = T_p - T_{air}$

T_p : la température moyenne de la paroi.

T_{air} : température de l'air extérieur.

$$\Delta T = 182,22 - 40 = 142,22^\circ\text{C}$$

β : coefficient d'expansion thermique, en k^{-1}

Avec:

$$\beta = \frac{1}{T_m} \quad (\text{III.27})$$

T_m : température moyenne.

Avec:

$$T_m = \frac{T_p + T_{air}}{2} = 111,11^\circ\text{C}$$

$$\beta = \frac{1}{384,11} = 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ k}^{-1}$$

$$G_r = 2,66 \cdot 10^7$$

$$P_r = 0,691$$

Pour $T_m = 384,11 \text{ k}$

D'après [12] on a:

$$30\mu\text{m} \leq D_e \leq 10\text{cm} \quad \text{et} \quad 10^4 < R_a < 10^9, \quad N_u = 0,53 R_a^{0,25} \quad (\text{III.28})$$

$$N_u = 0,53 (1,838 \cdot 10^7)^{0,25} = 34,7$$

$$h_e = \frac{\lambda \cdot N_u}{D_e}$$

$\lambda = 0,0325 \text{ W/m.k}$, pour $T_m = 384,11 \text{ k}$

$$h_e = 11,27 \text{ w/m}^2\text{k}$$

Enfin on peut calculer le coefficient d'échange global:

D'après [13] on a:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{h_i} \cdot \frac{D_e}{D_i} + \frac{D_e \cdot \ln\left(\frac{D_e}{D_i}\right)}{2 \cdot \lambda_{cond}} + \frac{1}{h_e} \quad (\text{III.29})$$

λ_{cond} : la conductivité thermique du paroi de la conduite qui est en cuivre.

$$\lambda_{cond} = 389,82 \text{ W/m.k}$$

$$k=10,88 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

➤ **Le bilan thermique dans la conduite:**

$$Q_{\text{(dégagée par le fluide)}} = Q_{\text{(échangée à travers la paroi)}}$$

$$\dot{m}_{\text{air}} c p_{\text{air}} (T_e - T_s) = k \cdot S (T_p - T_{\text{air}}) \quad (\text{III.30})$$

T_s : température de l'air à la sortie de la conduite.

T_e : température de l'air à l'entrée de la conduite.

T_{air} : température de l'air à l'extérieur.

$$T_{\text{air}} = 40^\circ\text{C}$$

S : la surface d'échange.

Avec:

$$S = \pi D_m \cdot L_1$$

D_m : diamètre moyenne.

$$D_m = \frac{D_e + D_i}{2} = \frac{0,1 + 0,095}{2} = 0,0975 \text{ m}$$

$$S = 3,14 \cdot 0,0975 \cdot 1,4 = 0,42 \text{ m}^2$$

$$T_s = \frac{1}{1 + \left(\frac{k \cdot S}{2 \dot{m}_{\text{air}} \cdot c p_{\text{air}}} \right)} \left[\frac{-k \cdot S \left(\frac{T_e}{2} - T_{\text{air}} \right)}{\dot{m}_{\text{air}} \cdot c p_{\text{air}}} + T_e \right]$$

A-N:

$$T_s \approx 182^\circ\text{C}$$

Calcul de la température à la sortie du conduite (2):

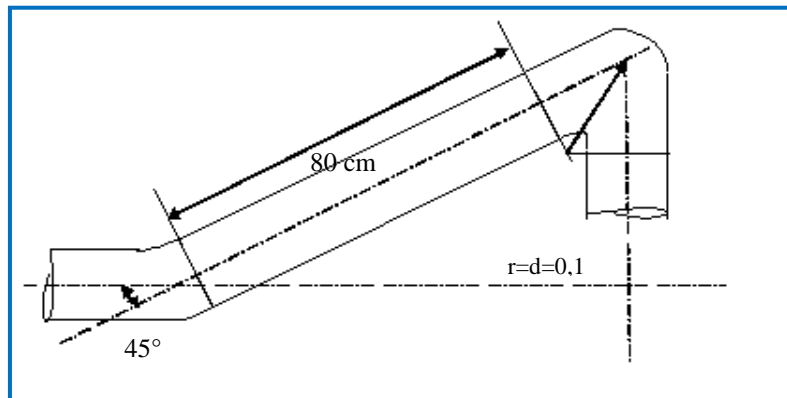


Fig (III.12) : conduite (2) d'air comprimé d'admission

$L=0,8\text{m}$

μ_{air} : viscosité dynamique, $\mu_{\text{air}}=2,13 \cdot 10^{-5} \text{ kg/ms}$.

D_i : diamètre intérieur, $D_i=9,5\text{cm}$

D_e : diamètre extérieur, $D_e=10 \text{ cm}$

ρ : la masse volumique de l'air, kg/m^3

T_e : Température de l'air à la sortie du réfrigérant d'air D'après la mesure expérimentale de T_e
on a : $T_e = 362,45 \text{ k}$

$C_{P \text{ air}} = 1010, 2\text{J/Kg.k}$

$$\rho = \frac{P_k}{R \cdot T_k} = \frac{2,5 \cdot 10^5}{287 \cdot 362,45} = 2,4 \text{ Kg/m}^3$$

V_{air} : vitesse de l'air, m/s

➤ La vitesse de l'air dans la conduite V_{air} :

$$V_{\text{air}} = \frac{1,064 \cdot 4}{2,4 \cdot 3,14 \cdot (0,095)^2} = 62,57\text{m/}$$

➤ Calcul de nombre de Reynolds:

$$R_e = \frac{\rho \cdot V_{\text{air}} \cdot D_i}{\mu_{\text{air}}} = 6,6 \cdot 10^5 \quad ; \quad R_e > 10^5$$

Donc:

Alors l'écoulement est du type turbulent.

➤ **Calcul de nombre de Nuselt :**

$$Nu = 0,022 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,6} = \frac{h_i \cdot D_i}{\lambda}$$

$$Pr = 0,695 \implies \text{pour } T_p = 89,22^\circ C \quad T_p = 362,22 \text{ K}$$

λ : Conductivité thermique de l'air comprimé, $\lambda = 0,0308 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

➤ **Calcul de coefficient de convection interne:**

$$\begin{aligned} \text{On a:} \quad h_i &= \frac{\lambda \cdot Nu}{D_i} \\ &= \frac{0,0308 \cdot 800,29}{0,095} = 259,46 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \end{aligned}$$

➤ **Calcul de coefficient de convection externe:**

D'abord on calcule le nombre de Rayleigh:

$$Ra = Gr \cdot Pr$$

$$\text{Avec: } Gr = \frac{\rho^2 \cdot g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot D_e^3}{\mu_{air}^2}$$

$$\Delta T = 89,22 - 40 = 49,22^\circ C$$

β : coefficient d'expansion thermique, en K^{-1}

Avec:

$$\beta = \frac{1}{T_m}$$

$$T_m = \frac{T_p + T_{air}}{2} = 64,61^\circ C$$

$$\beta = \frac{1}{337,61} = 2,96 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$Gr = 1,8 \cdot 10^7$$

$P_r=0,699$ Pour $T_m=337,61$ k

D'après [12] on' a: $10^4 < R_a < 10^9$, $N_u = 0,53 R_a^{0,25}$

$$N_u = 0,53(1,258 \cdot 10^7)^{0,25} = 31,56$$

$$h_e = \frac{\lambda \cdot N_u}{D_e}$$

$\lambda = 0,0290$ W/ m.k, pour $T_m=337,61$ k

$$h_e = 9,63 \text{ w/m}^2\text{k}$$

Enfin on peut calculer le coefficient d'échange global:

D'après[13] on' a:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{h_i} \cdot \frac{D_e}{D_i} + \frac{D_e \cdot \ln\left(\frac{D_e}{D_i}\right)}{2 \cdot \lambda_{cond}} + \frac{1}{h_e}$$

$\lambda_{cond}=389,82$ W/m .k

$k=9,26$ W/m².k

Avec:

$$S = \pi D_m \cdot L_1$$

D_m :diamètre moyenne.

$$D_m = \frac{D_e + D_i}{2} = \frac{0,1 + 0,095}{2} = 0,0975 \text{ m}$$

$$S = 3,14 \cdot 0,0975 \cdot 0,08 = 0,24 \text{ m}^2$$

$$T_s = \frac{1}{1 + \left(\frac{K \cdot S}{2 \dot{m}_{air} \cdot c_{p_{air}}}\right)} \left[\frac{-k \cdot S \left(\frac{T_e}{2} - T_{air}\right)}{\dot{m}_{air} \cdot c_{p_{air}}} + T_e \right]$$

A-N:

$$T_s = 89^\circ$$

III.3:Control et suivie des principaux problèmes des corrosions dans CAT 3512:

les problèmes qui affectent le plus souvent les circuits de refroidissement sont : [2]

III.3.1:Les surchauffes:

Tableau (III.3) : Les surchauffes

Phénomène	Identification	Inspection Visual	Inspection approfondi	Tests
Surchauffes	Tour de la machine • Tableau de bord • Fuite externe • Perte de Puissance • Analyse d'huile • Analyse liquide de refroidissement • Niveau du liquide de refroidissement bas	• Colmatage des radiateurs • Niveau du liquide de refroidissement • Faible vitesse ventilateur • Fuites externes	• Validité de l'information de température • Courroies et poulies de ventilateur • État du faisceau radiateur • État déflecteurs d'air	• Régime du ventilateur • Vitesse de l'air • Mesure des températures de fonctionnement • Fonctionnement du thermostat • Contrôle du bouchon de radiateur • Air dans le circuit

III.3.2:Les sur-refroidissements:

lesur-refroidissement est souvent causé par un thermostat bloqué ouvert.[2]

Les symptômes sont caractérisés par:

- des fumées excessives
- un manque de puissance
- un chauffage cabine inefficace
- un encrassement rapide de l'huile moteur

III.3.2.1:Diagnostiquer un sur-refroidissement

- thermostat défaillant:
 - Possibilité de passage permanent de l'eau vers le radiateur, quelque soit la température du moteur
- Information erronée
 - Toujours vérifier la validité de l'information température

III.3.3:Les fuites (Perte liquide de refroidissement):

Les causes possibles de perte de liquide de refroidissement sont relativement faciles à trouver. Le premier élément à contrôler est le bouchon de pressurisation. Si celui-ci est endommagé, il risque de laisser échapper du circuit, de la vapeur ou même du liquide de refroidissement en ébullition. Si du liquide s'échappe, celui-ci va être remplacé dans le circuit par de l'air, ce qui va avoir une incidence sur l'efficacité du refroidissement. Aucune fuite, aussi petite soit-elle, au niveau des durites, de la pompe à eau ou du radiateur ne peut être négligée car elle peut s'aggraver très rapidement et causer l'immobilisation de la machine voire même la destruction du moteur. Plus rarement, la fuite peut avoir une origine interne au moteur (dans ce cas, il y a bien souvent passage, de gaz dans le circuit d'eau) ou même du liquide de refroidissement en ébullition. [2]

III.4:Contrôle et entretien du circuit de refroidissement :[2]**Tableau (III.3) : Contrôle et entretien du circuit de refroidissement**

Durée	Contrôle et entretien
Chaque jour	En début de journée, il faut contrôler le niveau de liquide dans le circuit et nettoyer si besoin, le radiateur.
Chaque 250 h	Les poulies et courroies doivent être contrôlées. Attention! Dans le cas de jeu de 2 courroies, celles-ci doivent être commandées par jeu et remplacées simultanément. Le liquide de refroidissement DEAC, nécessite un appoint d'additif (toutes les 250 heures). Contrôler le niveau de protection contre le gel. Contrôler le bouchon de radiateur, les joints et durites. Contrôler la tresse de masse.
Chaque 3000 h	Les poulies et courroies doivent être contrôlées. Attention! Dans le cas de jeu de 2 courroies, celles-ci doivent être commandées par jeu et remplacées simultanément. Le liquide de refroidissement DEAC, nécessite un appoint d'additif (toutes les 250 heures). Contrôler le niveau de protection contre le gel. Contrôler le bouchon de radiateur, les joints et durites. Contrôler la tresse de masse.
Chaque 3000 h	Procéder au remplacement du liquide de refroidissement

Conclusion générale

Le CATRPELLAR est considéré comme le cœur de la sonde, est la seule source d'énergie. donc il faut utiliser une bonne politique de résolution des principaux problèmes de son fonctionnement pour augmenter la durée de vie du moteur ce qui minimise les coûts de réparation qui sera bénéfique pour l'entreprise.

Le circuit de refroidissement est la cause principale de corrosion des pièces métalliques qui entraîne des pertes de performance et une défaillance du moteur .

D'après notre étude , on distingue différents types de corrosion qui attaquent les pièces métalliques :

Corrosion électrochimique par la formation des dépôts solides (film de couche d'encrassement) est la réaction humide entre l'eau et le cuivre (métal des tubes de radiateur et de échangeur) , et conduit au surchauffe de moteur , fissuration du culasse , et bouchage des conduits .

Érosion par cavitation :rencontré dans la pompe à eau , paroi cylindre , qui entraîne par la suite des piquages de chemise et défaillance de la pompe .

Corrosion sèche (chimique) résulte par la formation de la rouille (oxydation du système) , dépôts forment une couche isolante sur les parois métalliques (chemise , bloc moteur , cylindre, échangeur d'huile). Ceci diminue l'efficacité de transfert thermique et provoque des fissures et des fuites des pièces.

D'après le calcul thermique ,on peut conclure par :

L'estimation de résistance d'encrassement des tubes de radiateur est acceptable avec les valeurs calculées pour le moteur diesel

La résolution de problème de corrosion d'échangeur d'air d'admission donne de bonnes performances du moteur par le remplacement d' échangeur (air /eau) par un échangeur (air/air).

L'étude de corrosion , nous justifie le choix de problème étudié par rapport au bon fonctionnement du moteur . il faut noter que la bonne analyse, suivie et de diagnostic se traduit par une longue durée de service de moteur

Bibliographie

[1] document de l'entreprise ENTP (moteur CATHRPILLAR série 3500).

[2] Document Caterpillar, Société de montage et démontage et maintenance BERGERA model view N°=18 SMCS Code: 1000, France, 2012.

[3] " Corrosion et Chimie de Surfaces des Métaux ", D. Landolt, Vol12, Presse Polytechniques et Universitaire Ramandes, (1993).

[4]: "Protection contre la corrosion" , Jacques. Lecontel ,techniques de l'ingénieur, traite génie mécanique A830.

[5]" Corrosion et Prévention, formation industriel", M.C.Boukabache, Groupement "INSTITUT ALGERIEN DU PETROLE- CORPORATE UNIVERSITY" 2006

[6], " Les inhibiteurs de corrosion" , M. Bounouhaz ,CRD/SH/CALCOR, 17 MAI 1995.

[7] "Echangeurs thermiques" , Jaques Padet , Paris Milan Barcelone 1994

[8] "Echangeur de chaleur", André Bontemps et Alain Garrigue , Technique d'ingénieur ,Paris 1994.

[9] "Échangeur de chaleur ,Problème de fonctionnement" Technique de l'ingénieur BE6/BE2344

[10]"Initiations aux transferts thermiques " J.F.Sacadura, TEC et DOC Paris (1993)

[11], Echangeur de chaleur, l'encrassement dans les échangeur ,description, prévention , remèdes , ,Duffau.J.M.Grillot.J.M.Navarro,TECH et DOC PARIS (1991)

Annexe 03 :
Détermination De facteur de correction F en fonction de E et R

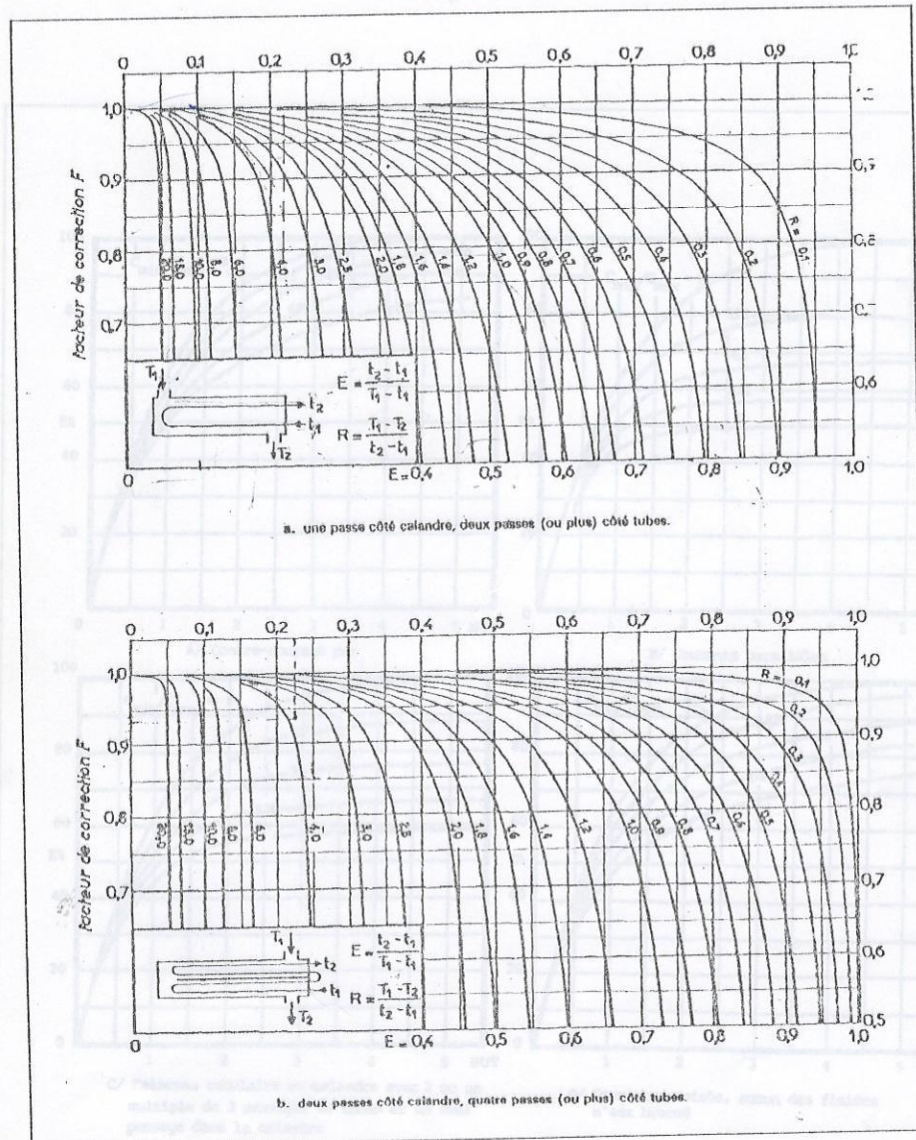


Fig 1: digramme de détermination de correction F en fonction R et E [9]

Tableau IV -1 : Valeurs de résistance thermique d'encrassement pour l'eau et d'autre fluide industriels

EAU					
Température du fluide chauffant		jusqu'à 115 °C		de 115 à 205 °C	
Température de l'eau		jusqu'à 50 °C		au dessus de 50 °C	
Types d'eau	Vitesse de l'eau (m/s)				
		< 0,91	> 0,91	< 0,91	> 0,91
Eau de mer		0,000 09	0,000 09	0,000 18	0,000 18
Eau souterraine		0,000 35	0,000 18	0,000 53	0,000 35
Tour de refroidissement et bassin d'arrosage artificiel :					
produit traité		0,000 18	0,000 18	0,000 35	0,000 35
produit non traité			0,000 53	0,000 88	0,000 70
Eau de ville ou de puits		0,000 18	0,000 18	0,000 35	0,000 35
Eau de rivière - mini		0,000 35	0,000 18	0,000 35	0,000 35
- maxi		0,000 53	0,000 18	0,000 53	0,000 35
Eau boueuse ou vaseuse		0,000 53	0,000 35	0,000 70	0,000 53
Eau dure		0,000 18	0,000 53	0,000 88	0,000 88
Eau de refroidissement moteur		0,000 09	0,000 18	0,000 18	0,000 18
Eau distillée		0,000 09	0,000 09	0,000 09	0,000 09
Eau d'alimentation traitée pour chaudières		0,000 09	0,000 09	0,000 09	0,000 09
Purges de chaudières		0,000 35	0,000 35	0,000 35	0,000 35
FLUIDE INDUSTRIEL					
Fuel oil				0,000 88	
Huile de transformateur				0,000 18	
Huile de lubrifiant pour moteur				0,000 18	
Huile de trempe				0,000 70	
Liquides réfrigérants				0,000 18	
Fluides hydrauliques				0,000 18	
Fluides industriels organiques				0,000 18	
Sels fondus				0,000 09	

Tableau : de valeur de résistance thermique d'encrassement pour l'eau de moteur diesel [11]

Résumé

Parmi les principaux équipements utilisés dans le chantier pétrolier. Le moteur CAT 3512 qui est exploité comme un groupe électrogènes qui entraînent des alternateurs pour produire de l'énergie électrique afin d'alimenter les équipements de forage .Ce travail présente les résultats de l'étude de corrosion par l'effet de l'eau de refroidissement et l'analyse des phénomènes physiques liées au défailance du moteur et détérioration de ses composants métallique. En proposant des méthodes de diagnostic du moteur contre le surchauffe, sur-refroidissement et les fuites. D'autre part l'analyse thermique du performance du moteur à été faite pour limiter le problème de corrosion dans le radiateur et l'échangeur d'air par l'estimation de résistance d'encrassement (dépôts solides dans les tubes de radiateur) ; et par la proposition d' un nouveau échangeur (air/air) adéquat pour le bon fonctionnement du moteur . Les principaux phénomènes liés aux problèmes de corrosion des composants métallique sont: Le picage (chemises) ; érosion par cavitation (pompe à eau) ; Rouille (bloc moteur, tube radiateur) . L'estimation de résistance d'encrassement (dépôts sur les parois des tubes de radiateur) : $Re = 0.0000925 \text{ m.c/w}$, le nouveau échangeur (air/air) résiste à la corrosion la température de sortie de nouveau échangeur d'air admission (air /air) : $T_s = 89 \text{ }^\circ\text{C}$

Mots clés : corrosion, moteur CAT3512, circuit de refroidissement, radiateur, encrassement, échangeur d'air .

ملخص :

قمنا في هذا البحث بدراسة محرك الديزل (Caterpillar) الذي يقوم بتزويد الكهرباء لأدوات الحفـو . وفي هذا البحث قمنا بدراسة مشكل التآكل في المحرك الناتج عن تأثير الماء مع المعادن وتحليل الظواهر الفيزيائية لإعطاب المحرك وتدهور الأجزاء المعدنية له بوضع طرق للتشخيص والوقاية للمحرك ضد ارتفاع درجة حرارته أو انخفاضها او التسربات للماء داخله . ومن جهة أخرى قمنا بالتحليل الحراري لأداء المحرك لوع حد لمشكلة التآكل في مبرد الماء ومبرد الهواء وذلك ب حساب مقاومة الترسبات في أنابيب مبرد الماء وكذلك بوضع نظام جديد لمبرد الهواء (هواء/ هواء) بدل النظام القديم الذي يعتمد على الماء. وصلنا إلى أن أهم الظواهر المتعلقة بمشكلة تآكل أجزاء المحرك هي :نخس (اسطوانات المحرك)؛ وجود فقاعات الهواء (الأكسجين) في الماء عند مضخة الماء؛ الترسبات الملحية (هيكل المحرك ، أنابيب التبريد). كما قمنا أيضا بقياس أداء المحرك في النظام الجديد :حساب مقاومة الترسبات في أنابيب مبرد الماء: $Re= 0,0000925 \text{ m.c/w}$; وحساب درجة الحرارة الهواء الخارجة من النظام الجديد: $T_s= 89$.

الكلمات المفتاحية : تآكل . محرك TAC3512 , دورة التبريد , مبرد , ترسب , مبرد هوائي .