

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de Technologie
Département de Sciences et Technologie



Projet de Fin de Cycle
Pour l'obtention du diplôme de Master en: Chimie
Domaine : Sciences de la Matière
Filière : Chimie
Spécialité : Chimie Macromoléculaire

Thème

**Etude de l'efficacité des inhibiteurs de corrosion utilisés
dans Le circuit eau vapeur de SK TERGA**

Présenté Par : Mr : MEDDAH Nasreddine

Mr : DERIET AMAR TOUIL SAG Imed Eddine

Encadrante :

Dr. RAMDANI Nassima MCB UAT.B. B

Soutenu le : 27/06/2022

Devant le jury :

Président : AYACHI Hichame MCB UAT.B.B

Examinatrice : BAILICHE Zohra MCA UAT.B.B

Année Universitaire 2021/202

Remerciement

❖ Je remercie le Bon Dieu de m'avoir donné le courage et la force d'accomplir ce travail.

❖ Ce travail a été effectué au sein du laboratoire de SKE (SHARIKAT KAHRABA El JAZAIR).

❖ Je tiens à exprimer toute ma sympathie et ma gratitude envers mon encadreur ; Nassima RAMDANI pour sa direction et ces conseils pendant toute la durée de la préparation de ce mémoire.

❖ Je remercie également les membres du jury Mr AYACHI Hichem et Mme BAILICHE Zohra pour accepter de juger notre travail.

❖ Mes remerciements vont également à tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin, par leurs conseils, leurs suggestions et par leurs encouragements, à la réalisation de ce travail.

❖ A tout le corps enseignants de l'université BELHADJE BOUCHAYEB qui a contribué à ma formation; Merci à tous.

Dédicace

Je dédie ce travail

À mes parents Pour vous mon père, pour vous ma mère Je témoigne ma grande reconnaissance et mon profond amour que Dieu vous garde. À mes frères et mes sœurs. À toute ma famille. À tous mes amis et bien aimés. À tous ceux qui vont collaborer à ma formation

Meddah nasreddine

Dédicace

Je dédie ce travail

A mon père, mon modèle dans la vie, et mon professeur et mon inspiration.

*A ma mère, o toi qui as un paradis sous les pieds et la source de l'affection et de
l'amour.*

A mon frère et mes sœurs.

A ma famille.

A tous mes amis proches.

A toute la promotion de deuxième année master en chimie macromoléculaire

2021 /2022.

Deriet amar touil sag imed eddine

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	4
I.1 INTRODUCTION :	5
I.2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE :	5
I.2.1 Historique et situation géographique :	5
I.2.2 L'objectif du central électrique :	6
I.2.3 Vue général des composants et système majeur :	7
I.2.3.1 Présentation de laboratoire :	7
I.2.3.2 Unité d'électrochloration :	9
I.2.3.3 Système d'alimentation en eau :	9
I.2.3.4 Unité de cycle combiné :	10
I.2.3.5 Système de traitement chimique :	11
I.3 GENERALITE SUR LA CORROSION :	13
I.3.1. Définition de la corrosion :	13
I.3.2 Mode de corrosion :	13
I.3.3 Les formes de la corrosion :	14
I.3.4 Protection contre la corrosion :	15
I.3.4.1. Mesures préventives :	15
I.3.4.1.1 Prévention par un choix judicieux des matériaux :	15
I.3.4.1.2 Prévention par une forme adaptée des pièces :	15
I.3.4.2 Les moyens de protection contre la corrosion :	15
I.3.5 Les facteurs de corrosion :	16
I.4 LES L'INHIBITEURS DE CORROSION :	16
I.4.1 Définition :	16
I.4.2 Propriétés d'inhibiteur:	17
I.4.3 Classification des inhibiteurs de corrosion :	17
I.4.4 Les types d'inhibiteurs de corrosion :	18
I.4.4.1 Les inhibiteurs minéraux :	18
I.4.4.2 Les inhibiteurs organiques :	18
I.5 LES TRAVAUX SUR CE SUJET:	18
I.5.1 Article récents :	18
I.5.2 Mémoires:	20
I.6 CONCLUSION :	20
CHAPITRE II : CONDITION ET TECHNIQUE EXPERIMENTAL	21
II.1 INTRODUCTION :	22
II.2 PROGRAMME EXPERIMENTAL :	22
II.3 LES TECHNIQUES D'ANALYSE :	22
II.4 DONNEES OBTENUS PAR PRELEVEMENT SUR CITE.....	24

II.5 ETUDE DE L'INFLUENCE DES REACTIFS SUR LES PARAMETRES CHIMIQUES DU CIRCUIT EAU VAPEUR.....	27
III.5.1 Influence de la concentration de l'ammoniaque sur le PH	27
II.5.2 Influence de la température sur le PH d'une solution d'ammoniaque :	28
II.5.3 Influence de la concentration du phosphate trisodique sur le PH :	29
II.5.4 Influence de la température sur la solubilité du phosphate trisodique :	30
II.5.5 Influence de la concentration de carbohydrazide sur la teneur en oxygène :	30
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	32
III.1 INFLUENCE DE LA CONCENTRATION DE L'AMMONIAQUE SUR LE PH.....	33
III.1.1 Interprétation :	34
III.2 INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LE PH D'UNE SOLUTION D'AMMONIAQUE :	34
III.2.1 Interprétation :	35
III.3 INFLUENCE DE LA CONCENTRATION DU PHOSPHATE TRISODIQUE SUR LE PH :	35
III.3.1 Interprétation :	36
III.4 INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LA SOLUBILITE DU PHOSPHATE TRISODIQUE :	37
III.4.1 Interprétation :	37
III.5 INFLUENCE DE LA CONCENTRATION DE CARBOHYDRAZIDE SUR LA TENEUR EN OXYGENE DISSOUS :	37
III.5.1 Interprétation :	39
CONCLUSION GENERALE	40
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	42

Liste des figures

Figure 01: Positon géographique de la centrale Terga.....	5
Figure 02: Vue générale de la centrale Terga.....	6
Figure 03: Spectrophotomètre UV visible DR5000.....	7
Figure 04: PH/ionometre de paillasse.....	8
Figure 05: Titrateur Karl Fisher.....	8
Figure 06: Analyseur De Viscosité Cinématique.....	9
Figure 07: Appareil De Mesure De La Force Diélectrique.....	9
Figure 08: Schéma de principe d'une unité de cycle combiné.....	11
Figure 09: La corrosion se fait à l'interface entre l'environnement et le matériau.....	13
Figure 10 : moyens de prévention de la corrosion	16
Figure 11 : Classification des inhibiteurs de corrosion.....	17
Figure 12: Schéma d'une sonde de PH.....	22
Figure 13 : schéma de principe de mesure de la conductivité.....	23
Figure 14: schéma de principe de mesure d'oxygène dissous.....	23
Figure 15 : mesure de conductivité et PH.....	28
Figure 16 : préparation des échantillons.....	28
Figure 17 : préparation d'échantillon.....	29
Figure 18 : mesure de PH par PH-mètre.....	29
Figure 19 : analyseur d'oxygène dissous.....	31
Figure 20 : l'évolution de PH en fonction de la concentration d'ammoniaque NH_3	33
Figure 21: évolution de la conductivité en fonction de la concentration d'ammoniaque NH_3 ..	34
Figure 22 : évolution de PH en fonction de la température de la solution de NH_3	35
Figure 23 : évolution de PH en fonction de la concentration de Na_3PO_4	36
Figure 24: évolution de la conductivité en fonction de la concentration de Na_3PO_4	36
Figure 25: évolution de PH en fonction de la température de la solution de Na_3PO_4	37
Figure 26: évolution de la teneur en O_2 dissous en fonction de la concentration de CON_4H_6 ..	38
Figure 27 : évolution de la conductivité en fonction de la concentration de CON_4H_6	39

Liste des tableaux

Tableau 1: Les formes de la corrosion [9].....	14
Tableau 2: bulletin d'analyses des différents paramètres chimiques par prélèvement local (année 2021).....	24
Tableau 3: bulletin d'analyses des différents paramètres chimiques par prélèvement local (année 2020).....	25
Tableau 4: bulletin d'analyses des différents paramètres chimiques par prélèvement local (année 2019).....	26
Tableau 5: Valeurs de PH et conductivités des échantillons à différentes concentration.....	33
Tableau 6: valeurs de PH et températures d'une solution de NH_3 à une concentration de 23,92mg.....	34
Tableau 7: valeurs de PH et conductivités des échantillons à différents concentration de Na_3PO_4	35
Tableau 8: valeurs de PH et températures d'une solution de Na_3PO_4 à une concentration de 60 ppm.....	37
Tableau 9: valeurs des PH et conductivités des échantillons à différente concentration de CON_4H_6	38

Liste des symboles et abréviations

SKE: Shariket kahrabaa Eljazair

SKB: Shariket Kahrabaa Barouaguia

SKD: Shariket Kahrabaa draoueche

SKT: Shariket Kahrabaa Terga

SKS: Shariket Kahrabaa Skikda

NO_x: Oxyde d'azote

NEOG_{GN}: La puissance nette garantie d'une tranche par gaz naturel

NEOG_{FO}: La puissance nette garantie d'une tranche par gasoil

MSF: Distillation multi stage flash

BP : Vapeur base pression

MP : Vapeur moyenne pression

HP : Vapeur haute pression

NACE : National Association of Corrosion Engainées

PH : Le potentiel d'hydrogène

Na₃P₀₄: Phosphate trisodique

NH₃: ammoniac

CON₄H₆: Carbohydrazide

PPM : Partie par million

PPB : Partie par billion

Mg/L : Milligramme par litre

μs/cm : MicroSiemens par centimètre

CC : Conductivité cationique

CS : Conductivité spécifique

OD : Oxygène dissous

ISO : Organisation internationale de normalisation

Introduction générale

Introduction générale :

Les problèmes de corrosion dans les centrales électriques coutent des milliards de dollars chaque année. Le prix des matériaux et la perte d'intégrité et de fiabilité ne représentent qu'une partie du cout. L'importance économique de la corrosion n'est plus à démontrer. Elle affecte en effet de nombreuses structures.

L'eau, lors de son transport ou son utilisation dans les installations de chauffage peut causer aux différents matériaux avec lesquels elle est en contact des altérations de diverses natures, la perte progressive d'efficacité à mesure que les produits corrosifs s'accumulent sur les surfaces de transfert de chaleur provoque une perte de rendement. La contamination, la corrosion et le dépôt des produits corrosifs sont des problèmes courants dans les chaudières et la tuyauterie d'eau d'alimentation. Ils sont à l'origine de nombreuses pannes et interruptions forcées dans les centrales électriques.

Afin de réduire les dégâts occasionnés par l'eau et pour garantir un fonctionnement optimisé de la chaudière et des équipements auxiliaires, il est indispensable que les eaux d'alimentation soient dépourvues des sels minéraux , de gaz en particulier l'oxygène et le dioxyde de carbone et débarrassées des matières en suspension, en matières de protection ; les inhibiteurs constituent un moyen original pour lutter contre la corrosion, ils sont considérés comme efficaces pour la protection de l'acier contre la corrosion en milieu acide et forme une barrière protectrice sur la surface du métal contre les agents corrosifs.

L'efficacité des inhibiteurs de corrosion dépend de plusieurs facteurs du point de vue macroscopiques, elle dépend de la vitesse d'écoulement, de la chimie de la solution, de la température et de la pression. A l'échelle moléculaire, elle dépend du nombre de sites d'adsorption, de la densité de charge de l'inhibiteur, de la taille des molécules inhibitrices, du mode d'interaction avec la surface du métal et de la structure électronique des molécules.

Dans le cadre de cette mémoire, il a été décidé de continuer à travailler sur une protection efficace contre la corrosion qui permettra un renouvellement moins fréquent des matériaux générant ainsi une économie sensible

Les objectifs de ce travail de recherche ont été d'étudier l'efficacité des inhibiteurs de corrosion, l'ammoniaque, le phosphate trisodique et carbohydrazide, et d'étudier les comportements chimiques dans ces milieux pour comprendre les phénomènes de corrosion rencontrée.

Introduction générale

Dans le premier chapitre nous présentons tout d'abord la centrale électrique de Terga et ces composants et une généralité sur la corrosion et la lutte contre celle-ci.

Le second chapitre décrit les conditions adaptées et les techniques expérimentales utilisées dans ce travail.

Les résultats expérimentaux sont regroupés dans le troisième chapitre.

Nous avons dans la conclusion générale résumé l'ensemble des résultats obtenus et propose quelques perspectives.

Chapitre I : synthèse bibliographique

I.1 Introduction :

Dès son indépendance, en 1962, l'Algérie avait déjà opté pour le développement du secteur de l'électricité. La charte nationale en 1976, annonça la volonté de généralisation de l'électrification des ménagers à travers tout le territoire national, La production électrique algérienne repose sur les combustibles fossiles (99,6%). Le secteur de l'électricité est l'objet d'une évolution technologique considérable, par suite d'un développement de leur application dans divers domaines. Les conditions extrêmes de production sont propices à la corrosion, ce qui réduit la production des centrales électriques et entraîne des arrêts supplémentaires.

Dans les centrales électriques à cycle combiné, l'eau occupe un rôle essentiel. Il est donc nécessaire de prévoir les capacités des dispositifs et des installations à prendre en compte les conditions de sa prise en charge dans tous les cas afin d'éviter ses dommages collatéraux liés à la corrosion et de divers obstacles à la production d'électricité.

Dans ce chapitre nous allons dans un premier temps fait une présentation de la centrale électrique et décrire ce qu'est la corrosion, les inhibiteurs.

I.2 Présentation de la zone d'étude :

I.2.1 Historique et situation géographique :

La centrale électrique à cycle combiné de Terga située dans la wilaya d'Ain Temouchent, commune d'Ouled-Boudjemaa, elle contribue à la sécurisation de l'approvisionnement énergétique de la région.

Ce projet a une capacité de 1200 Mégawatts (MW), elle est exploitée par la société Shariket Kahraba Terga (SKT) [1].



Figure 01: Positon géographique de la centrale Terga

La **SKT** fait partie du groupe Shariket Kahraba El Djazair (**SKE s.p.a**), rappelle-t-on, est une société en joint-venture **Sonelgaz- Sonatrach** qui regroupe les quatre centrales :

- Shariket Kahraba Barouaguia (SKB).
- Shariket Kahraba Terga (SKT).

Synthèse bibliographique

- Shariket Kahraba Draoueche(SKD).
- Shariket Kahraba Skikda (SKS).

Pour le projet de Terga. La réalisation de cette première centrale à cycle combiné **KA26-1** en Algérie et en Afrique, a été confiée au consortium dirigé par **Alstom** et comprenant la société égyptienne **Orascom Construction Industrie** pour la partie génie civil et construction. Le mégaprojet d'une puissance de **3x400 MW** assure la production, l'exploitation, la maintenance et la commercialisation de l'énergie électrique. Il a été réalisé en 45 mois, après le démarrage de ses travaux en février 2008 et leur achèvement en novembre 2012. Son coût est de l'ordre de 1,9 milliard de dollars [1].



Figure 02: Vue générale de la centrale Terga

La centrale est Composée de trois unités de cycle combiné turbine à gaz et à vapeur **KA26-1** de **400 MW** chacune, la station qui est réalisée par **Alstom**, as précise-t-on, « un meilleur rendement pour une puissance supérieure sur une plus grande plage de fonctionnement ». Cela, grâce à l'utilisation d'une technologie moderne et des équipements d'une très haute Technicité.

I.2.2 L'objectif du central électrique :

La centrale électrique à cycle combiné de Terga est composée de trois unités mono-arbre chaque unité se compose de :

Une turbine à gaz Alstom type gt 26 équipée d'un système de combustion séquentielle à pré-mélange pauvre et à faibles émissions de NOx.

Un cycle eau/vapeur à trois niveaux de pression et resurchauffe avec chaudière de récupération.

Synthèse bibliographique

Une turbine à vapeur deux corps à trois niveaux de pression et resurchauffe.

Un alternateur refroidi à l'hydrogène, commun aux deux turbines

La puissance nette garantie d'une tranche (NEOG) en cycle combiné, basée sur les conditions nominales de fonctionnement est définie de manière suivante :

NEOG_{GN, Tranche} = 374 840 KW pour une marche au gaz naturel.

NEOG_{FO, Tranche} = 369 475 KW pour une marche au fioul.

La puissance électrique fournie au réseau par un courant triphasé 50HZ et 400 KV de tension nominal, la production de la centrale est réglée en contrôlant la charge de la turbine à gaz en fonction des exigences de production générale de la centrale.

La centrale est conçue pour fonctionner au gaz naturel en opération normale et au gasoil en secours.

I.2.3 Vue général des composants et système majeur :

I.2.3.1 Présentation de laboratoire :

Pour assurer une bonne exécution et une prise de conscience de toute urgence, le laboratoire s'y emploie en effectuant une série d'analyses périodiques, les appareils utilisés pour effectuer les différentes analyses sont :

- Spectrophotomètre UV visible DR5000

Le Spectrophotomètre UV visible DR5000 : La spectrophotométrie est une méthode qui consiste à mesurer l'absorbance, généralement en solution afin de déterminer la concentration de l'espèce colorée. Plus l'échantillon est concentré, plus il absorbe la lumière.



Figure 03: Spectrophotomètre UV visible DR5000

- PH/ionometre de paillasse

PH/IONOMETRE DE PAILLASSE est l'appareil idéal pour faire les mesures **pH**, les mesures des ions fluorures, ammonium, sodium.



Figure 04: PH/ionometre de paillasse

➤ Titrateur Karl Fisher

Le rôle de KARL FISHER est pour la mesure d'humidité dans les huiles, avec deux réactif A et C il y'a une génération du courant par une cathode.



Figure 05: Titrateur Karl Fisher

➤ Analyseur De Viscosité Cinématique

Le viscosimètre Il régule la température car nous savons que la viscosité est affectée par la température



Figure 06: Analyseur De Viscosité Cinématique

➤ **Appareil De Mesure De La Force Diélectrique**

MEGERR pour la mesure de tension il mesure le point auquel l'huile de transformateur est non isolante



Figure 07: Appareil De Mesure De La Force Diélectrique

I.2.3.2 Unité d'électrochloration :

Cette installation est prévue pour la production et l'injection d'hypochlorite de sodium dans l'eau de mer afin d'éviter la prolifération de la faune marine dans les tuyauteries et les équipements alimenté par l'eau de mer.

Le procédé est basé sur l'électrolyse partielle de l'eau de mer dans des électrolyseurs.

I.2.3.3 Système d'alimentation en eau :

➤ **Eau brute :**

L'eau brute est puisée depuis la mer. Elle est stockée dans les réservoirs communs avec l'installation de dessalement. De plus l'eau conservée alimente le réseau d'eau de service d'équipement et le système d'eau potable.

➤ **Eau dessalée :**

Synthèse bibliographique

Le poste de traitement d'eau produit une eau dessalée, ce poste se compose de deux unités de dessalement de type flash multi étage (MSF) l'eau produite est recueillie dans les réservoirs de stockage d'eau dessalée. Elles fonctionnent selon le principe de la distillation par détente successives et produisant 960 m³/jour d'eau dessalée chacune.

➤ Eau déminéralisée :

L'eau déminéralisée est produite par une centrale de production d'eau déminéralisée, cette installation est prévue pour traiter l'eau dessalé venant de la capacité de stockage à travers un lit mélangé des résine échangeuse cationique et anionique où se déroule les réactions d'échange entre les ions (cation et anion) de l'eau à traiter et les ions d'hydrogène et d'hydroxyde de la résine, l'eau produite est déminéralisée, elle est ensuite envoyée vers les capacités de stockage de l'eau déminéralisée.

➤ Eau potable :

L'eau est extraite après l'unité de MSF et potabilité. La tuyauterie de distribution interne fournit ensuite l'eau potable aux consommateurs de la centrale électrique.

I.2.3.4 Unité de cycle combiné :

La centrale de Terga est composée de trois blocs à une seule ligne d'arbre, La ligne d'arbre comprend la turbine à gaz entraînant le turboalternateur via un accouplement rigide. La turbine à vapeur est accouplée via un embrayage auto-commutable synchrone sur l'autre côté de l'alternateur.

Le gaz d'échappement de la turbine à gaz passe à travers une chaudière de récupération, la chaleur contenue dans le gaz d'échappement sert de source de chaleur pour produire la vapeur à trois niveaux de pression basse pression (BP), moyenne pression(MP) et haute pression (HP) puis le gaz est évacué à travers un cheminé d'échappement

Les vapeurs BP, MP, HP sert à faire tourner les ailettes de la turbine à vapeur par la détente de pression puis elles sont refroidies dans un condenseur par l'eau de mer, la vapeur condensée est envoyée dans le puits du condenseur, qui sert ainsi de capacité de stockage, une pompe d'extraction aspire les condensats et les envoyer vers une bache alimentaire munie d'un dégazeur stocke l'eau alimentaire pour alimenter la chaudière de récupération, préchauffe et dégaze l'eau d'extraction.

L'eau préchauffer est aspirer par la pompe alimentaire pour alimenter les trois ballons (BP, MP, HP) de la chaudière de récupération, l'évaporation de l'eau dans les ballons est assurée par une circulation naturel de l'eau dans les tuyauteries de l'économiseur, l'évaporateur et la surchauffeur de la chaudière. La vapeur produite de la chaudière et l'eau de condensation

circule dans un circuit fermé les pertes qui sont issue des fuites externe de vapeur et l'eau sont compensés par l'eau d'appoint.

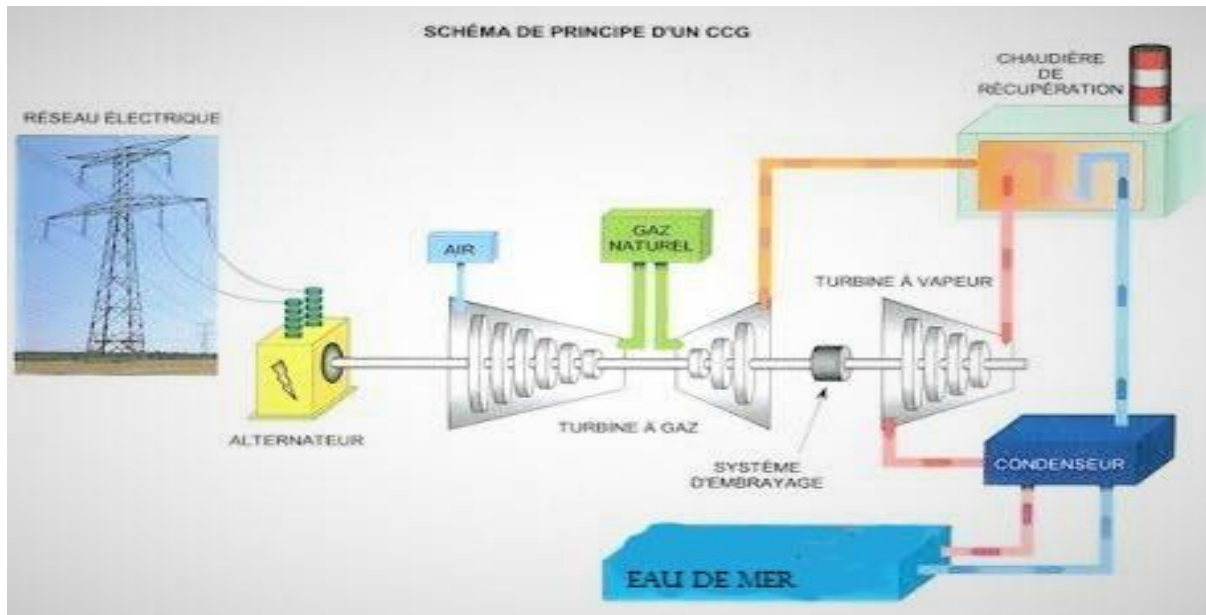


Figure 08: Schéma de principe d'une unité de cycle combiné

I.2.3.5 Système de traitement chimique :

Le système de traitement chimique de l'eau permet le contrôle de la composition chimique de l'eau, la prise d'échantillon ainsi que l'injection de produit chimique pour la régulation de la qualité d'eau. Pour chaque bloc, ce système se compose de :

➤ Un système d'échantillonnage chimique :

Le but du système d'échantillonnage chimique est de s'assurer des propriétés chimiques du cycle eau vapeur au moyen de la prise d'échantillons. Ceci afin de respecter les exigences au bon fonctionnement de ce cycle et la préservation de la centrale.

En fonctionnement normal, l'échantillonnage chimique du cycle eau / vapeur est assuré par échantillonnage continu automatique et échantillonnage manuel (ponctuel).

Les paramètres contrôlés dans l'échantillonnage continu sont : les conductivités cationique et total, le PH, l'analyse de sodium et silice et l'analyse de l'oxygène.

Le système d'échantillonnage chimique comprend un point d'échantillonnage manuel après conditionnement sur chaque ligne d'échantillonnage

➤ Un système conditionnement chimique :

Le but de ce système est d'assurer une qualité chimique correcte du cycle eau / vapeur afin d'empêcher la corrosion des matériaux de construction et de minimiser les dépôts chimiques sur les surfaces d'échange de la chaudière de récupération.

Le système comprend les unités suivantes :

Synthèse bibliographique

▪ Unité d'injection de phosphate

Le phosphate est injecté dans chaque ballon de la chaudière de récupération afin de contrôler le pH de l'eau, ils neutralisent la dureté par formation de phosphate tricalcique il réagit aussi avec les sels de calcium, de magnésium et la silice et forment des composés insolubles que l'on peut disperser puis évacuer par les purges de fond ou par les purges continues.

- $10 \text{ Ca}^{2+} + 6 \text{ PO}_4^{3-} + 2 \text{ OH}^- \longrightarrow 3 \text{ Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$ (hydrox apatite de calcium).
- $3 \text{ Mg}^{2+} + 2 \text{ SiO}_3^{2-} + 2 \text{ OH}^- + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{MgSiO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (serpentine).

Il garantit aussi un pouvoir tampon à l'eau par la réaction suivante :

- $\text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NaOH}$

▪ Unité d'injection d'ammoniaque

L'ammoniaque est injectée dans la ligne d'extraction des condensats. Une deuxième injection peut être effectuée dans la bêche alimentaire en fonction de la conductivité mesurée.

L'ammoniaque réagit avec le dioxyde de carbone qui peut se dissoudre dans l'eau en s'associant à une molécule d'eau ce qui produit de l'acide carbonique H_2CO_3 . il s'agit d'une réaction acido-basique qui conduit au carbonate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. L'ammoniaque se comporte comme une base. [2]

- $2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \longrightarrow 2\text{NH}_4^+ + \text{CO}_3^{2-}$

▪ Unité d'injection de désoxygénant carbohydrazide

Le désoxygénant est injecté dans la ligne d'extraction des condensats. Le taux d'oxygène dans l'eau alimentaire peut être ajusté grâce à une seconde injection dans la bêche alimentaire en fonction du taux d'oxygène mesuré en aval des pompes alimentaires.

Le carbohydrazide est un dérivé de l'hydrazine avec une forte éducatibilité il se dissout dans l'eau pour réagir avec l'oxygène et produire de l'acide carbonique grâce à la libération de CO_2 qui est faiblement acide et corrode la chaudière dans une certaine limite. [3]

- $\text{CON}_4\text{H}_6 + 2\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

I.3 Généralité sur la corrosion :

I.3.1. Définition de la corrosion :

La corrosion est définie comme une réaction physico-chimique entre un Le métal et son environnement entraînant la modification des propriétés du métal, la détérioration L'importance de la fonction du minéral et de son environnement.

La corrosion est la détérioration des propriétés du matériau de base à la suite d'une réaction chimique ou électrochimique avec son environnement, que l'on appelle le milieu corrosif, et non à la suite d'un processus mécanique tel que le frottement survenant dans les machines, ce que l'on appelle porter. Selon cette définition, il existe une possibilité de corrosion non seulement des métaux, mais également d'autres matériaux tels que le verre, le béton et la céramique. [4]

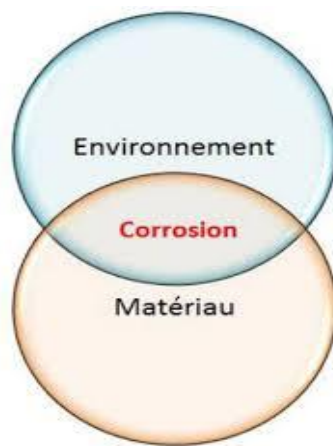


Figure 09: La corrosion se fait à l'interface entre l'environnement et le matériau. [5]

I.3.2 Mode de corrosion :

Il existe plusieurs processus pour le développement du phénomène de corrosion.

On peut distinguer trois types de corrosion

➤ Corrosion chimique :

Elle correspond à la réaction du matériau métallique avec une phase gazeuse (forme un dépôt solide plus ou moins protecteur) ou une phase liquide (extrêmement rares : exemple de la réaction d'un métal avec un autre métal liquide comme lors de la formation d'un amalgame entre le mercure liquide et des métaux tels que le cuivre, le cadmium... [6]

➤ Corrosion électrochimique :

C'est le mode le plus fréquent. Elle se traduit par des transferts électroniques entre un métal et une solution électrolytique à son contact (circulation d'un courant électrique) [7]

Synthèse bibliographique

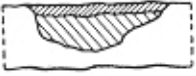



➤ Corrosion bactérienne :

Ce type de corrosion survient toujours sous des dépôts organiques et Inorganiques, sous des sécrétions microbiennes visqueuses ou sous des boursouffures produites par les bactéries du fer. Dans le cas de canalisations enterrées en environnements anoxique [8].

I.3.3 Les formes de la corrosion :

Les formes de corrosion sont abrégées dans ce tableau.

Tableau 1: Les formes de la corrosion [9].

<i>Types</i>	<i>Caractéristiques</i>	<i>Exemples</i>
 1.uniforme	Attaque de toute la surface du métal. C'est la forme la plus courante.	Oxydation; dissolution active dans l'acide; oxydation et passivité anodiques; polissage chimique et électrochimique; corrosion atmosphérique.
 2.localisée	Certains secteurs de la surface du métal se corrodent à des taux plus élevés que d'autres dus à l'hétérogénéité de surface dans le métal, l'environnement ou dans la géométrie de la structure dans l'ensemble.	Corrosion par crevasse; corrosion bimétallique ; corrosion intergranulaire.
 3.corrosion par piqûres	Attaque fortement localisée aux secteurs spécifiques ayant pour résultat des petits puits qui pénètrent dans le métal et peuvent mener à la perforation	Corrosion par Piqûre des métaux passifs tels que les aciers inoxydables, alliages d'aluminium, etc., en présence des ions spécifiques, par exemple ions Cl^- .
 4. dissolution sélective	Un composant d'un alliage (habituellement les plus actifs) est sélectivement enlevé d'un alliage	Dézincification des laitons (Cu- Zn).
5. Corrosion sous contrainte	Attaque ou rupture localisée due à l'effet d'un facteur mécanique et d'une corrosion. Action conjointe de la corrosion et d'un facteur mécanique	Corrosion- Érosion, corrosion sous tension, corrosion par fatigue

I.3.4 Protection contre la corrosion :

La lutte contre la corrosion doit être une préoccupation constante, depuis la conception des équipements jusqu'à leur entretien quotidien. Si les moyens à mettre en œuvre sont variés et dépendent en grande partie des situations d'utilisation particulières, le but recherché est le même: enrayer la dégradation des équipements pour augmenter la durée de leur vie, en empêchant que se produisent les réactions électrochimiques qui entraînent une dissolution et une attaque du métal ; autrement dit, réduire ou même annuler la circulation des électrons de l'anode vers la cathode. [10]

La lutte contre la corrosion englobe plusieurs méthodes:

- Mesures préventives :
 - Choix judicieux des matériaux
 - Forme adaptée des pièces métalliques
- Protection par moyens :
 - Revêtements Inhibiteur :
 - Protection électrochimique

I.3.4.1. Mesures préventives :

La prévention de la corrosion doit commencer déjà dans la phase de planification. Des mesures préventives prises au bon moment, permettant d'éviter de nombreux problèmes de corrosion et cela sans frais supplémentaires [11].

I.3.4.1.1 Prévention par un choix judicieux des matériaux :

Il sera possible de lutter contre les risques de corrosion en agissant sur le choix judicieux du matériau.

Le choix des matériaux prend en compte les facteurs suivants:

- Domaine d'utilisation
- Nature et niveau des sollicitations mécaniques et thermiques.
- Traitements sélectionnés;
- Prix et disponibilité des matériaux [12]

I.3.4.1.2 Prévention par une forme adaptée des pièces :

Il est possible de diminuer les risques de corrosion en donnant aux objets une forme adaptée aux conditions d'utilisation, et ainsi d'influencer notablement leur durée de vie.

I.3.4.2 Les moyens de protection contre la corrosion :

Etant donné que la corrosion résulte de l'action de deux partenaires, le métal ou l'alliage d'une part, la solution d'autre part, il sera possible de lutter contre ces effets par:

- Protection par revêtements

Synthèse bibliographique

- Protection électrochimique
- Protection par inhibiteurs de corrosion [13].

I.3.5 Les facteurs de corrosion :

La vitesse de corrosion d'un métal dans un milieu corrosif dépend de :

- Effet de la température : accélère les phénomènes de corrosion, car elle diminue les domaines de stabilité des métaux et accélère les cinétiques de réactions et de transport.
- Effet de l'acidité : une forte concentration en protons dans la solution augmente l'agressivité du milieu. La corrosion augmente avec la diminution du pH du milieu. Couche de Nernst, ce qui explique l'importance de l'agitation de l'électrolyte lors des essais de corrosion en laboratoire. [15]
- Effet de l'agitation : MILLIAM ET KROESE ont montré par des études sur l'effet de la température, la concentration des chlorures et le dioxyde de carbone sur la vitesse de corrosion en présence de H₂S que les coupons d'acier en rotation ont une vitesse de corrosion plus élevée que ceux utilisés dans le même test sans rotation. [16]

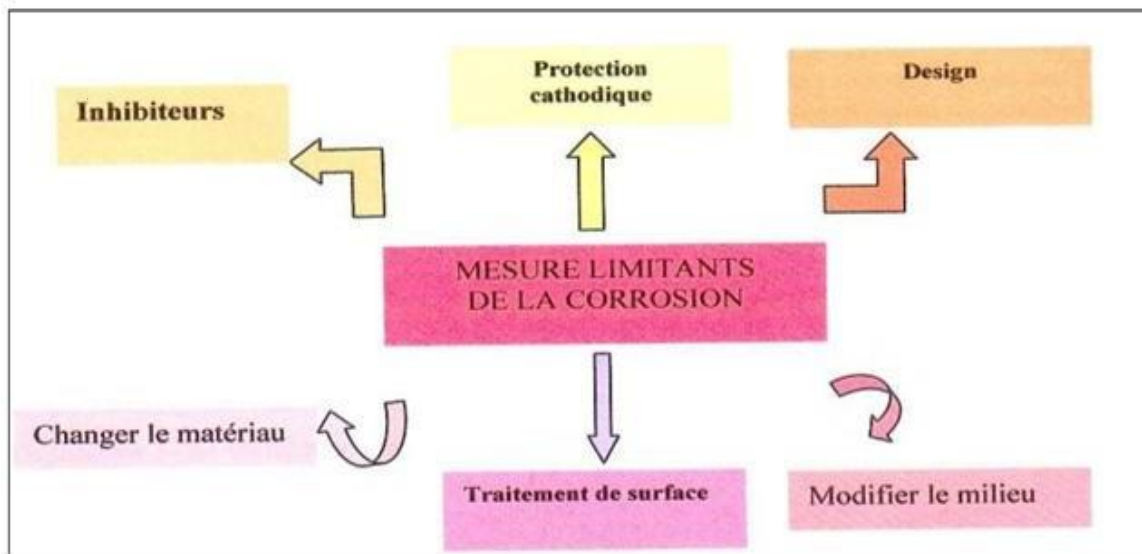


Figure 10 : Moyens de prévention de la corrosion [14]

I.4 Les inhibiteurs de corrosion :

I.4.1 Définition :

Un inhibiteur de corrosion est un composé chimique qui, une fois ajouté à un milieu corrosif, diminue la vitesse de corrosion à un niveau acceptable. Ils sont généralement utilisés en petites concentrations [17]

La définition d'un inhibiteur de corrosion n'est pas unique, néanmoins celle retenue par la National Association of Corrosion Engineers (NACE) est la suivante : un inhibiteur est « une

Synthèse bibliographique

substance qui retarde la corrosion lorsqu'elle est ajoutée à un environnement en faible concentration ».

I.4.2 Propriétés d'inhibiteur:

D'une manière générale, un inhibiteur doit répondre à un certain nombre d'exigences :

- Abaisser la vitesse de corrosion d'un métal, sans en affecter les caractéristiques physicochimiques, en particulier la résistance mécanique,
- Etre stable en présence des autres constituants du milieu, en particulier vis-à-vis des oxydants.
- Etre stable aux températures d'utilisations.
- Etre efficace à faible concentration.
- Etre compatible avec les normes de non-toxicité.
- Etre peu onéreux.

I.4.3 Classification des inhibiteurs de corrosion :

On peut classer les inhibiteurs de différentes façons :

- Classification selon la nature des molécules de l'inhibiteur,
- Mécanismes d'action électrochimique,
- Par mécanisme réactionnel
- Par domaine d'application

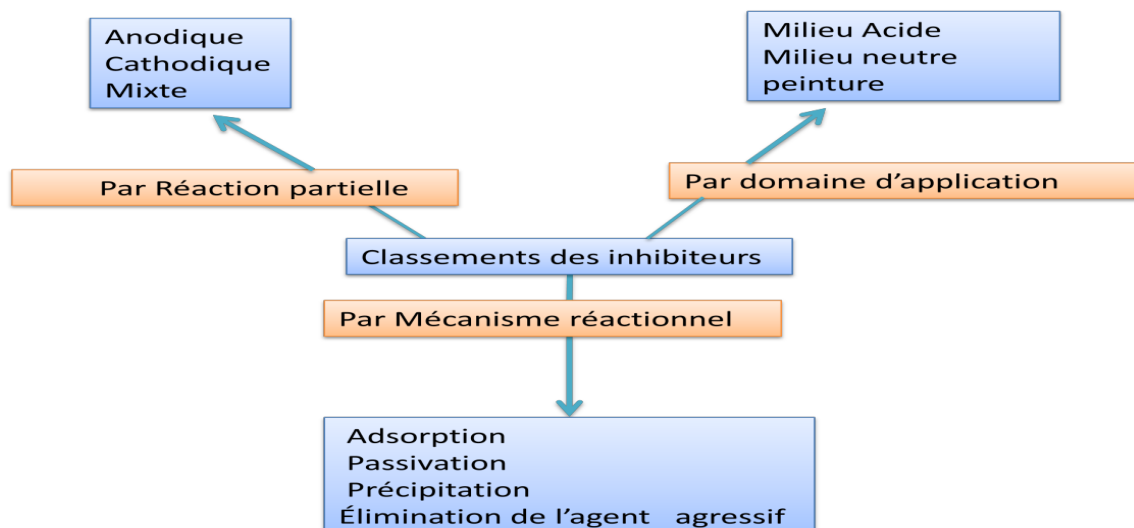


Figure 11 : Classification des inhibiteurs de corrosion. [18]

I.4.4 Les types d'inhibiteurs de corrosion :

En général, les inhibiteurs sont classés en fonction de leur mode d'action. On distinguera ainsi

I.4.4.1 Les inhibiteurs minéraux :

➤ Inhibiteurs anodiques :

Les inhibiteurs anodiques diminuent la densité de courant de dissolution du Métal et déplacent le potentiel de corrosion dans le sens positif. Ce type d'inhibiteur doit être utilisé en quantité suffisante car dans le cas contraire, ils peuvent accentuer la corrosion des zones non protégées.

➤ Inhibiteurs Cathodiques :

Un inhibiteur cathodique diminue la densité du courant partiel cathodique et déplace le potentiel de corrosion dans le sens négatif. Ceci se produit par la précipitation de l'espèce insoluble sur les sites cathodiques.

➤ Inhibiteurs mixtes :

Un inhibiteur mixte diminue la vitesse des deux réactions partielles, mais il modifie peu le potentiel de corrosion.

I.4.4.2 Les inhibiteurs organiques :

Les molécules organiques sont promises à un développement plus que certain entres d'inhibiteur de corrosion : leur utilisation est actuellement préférée à celle d'inhibiteurs inorganiques pour des raisons d'écotoxicité essentiellement. Ils possèdent au moins un centre actif susceptible d'échanger des électrons avec le métal, tel que l'azote, l'oxygène, le phosphore ou le soufre. Les groupes fonctionnels usuels, permettant leur fixation sur le métal sont : Amine (NH₂), Mercapto (SH⁻), Hydroxyle (OH⁻), Carboxyle (COOH⁻). L'action inhibitrice de ces composés organiques, qui est généralement indépendante des processus anodiques et cathodiques de corrosion est liée à la formation par adsorption d'une barrière plus ou moins continue, mais d'épaisseur fine, qui empêche l'accès de la solution au métal.

I.5 Les travaux sur ce sujet:

Le domaine de la corrosion et de sa prévention est très vaste, il existe de nombreux travaux de recherche liés à ce domaine, nous constatons que chaque travail de recherché est lié à tel type de corrosion ou à des inhibiteurs de corrosion spécifiques adaptés à sa mise en œuvre.

I.5.1 Article récents :

- Etude d'optimisation sur la prévention de la corrosion à haute température du mur d'eau d'une chaudière tangentielle à double cercle de 1000 MW pendant opération.
 - Résumé :

Synthèse bibliographique

Cette étude est liée à La corrosion à haute température d'eau qui constitue un problème courant dans les chaudières, de telles études montrent que la corrosion à haute température peut être contrôlée en changeant le matériau de l'eau.

- Reference :

2021 The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

➤ Concept étendu de contrôle et de surveillance de la qualité de l'eau d'alimentation pour prévenir les défaillances liées à la chimie des tubes de chaudière dans une centrale thermique sous-critique.

- Résumé :

Dans cette étude, le contrôle chimique complet de la qualité de l'eau d'alimentation dans une centrale thermique de 210 MW (TPP) a été réalisé afin de maintenir la qualité de l'eau d'alimentation à un niveau correspondant aux normes de conception technologique, suivi d'une réponse rapide à la fluctuation des paramètres mesurés, qui a un rôle décisif dans la prévention de la corrosion. D'évaluer sa potentialité à assurer un fonctionnement fiable de la chaudière.

- Reference :

SonjaVidojkovic^aAntonijeOnjia^bBrankoMatovic^cNebojsaGrahovac^cVesnaMaksimovic^cAleksandraNastasovic^a

a: Institute of Chemistry, Technology, and Metallurgy, University of Belgrade, Njegoseva 12, 11001 Belgrade, P.O.B. 473, Serbia

b : Laboratory of Chemical Dynamics and Permanent Education, "Vinca" Institute of Nuclear Sciences, University of Belgrade, P.O. Box 522, 11001 Belgrade, Serbia

c : Laboratory of Material Science, "Vinca" Institute of Nuclear Sciences, University of Belgrade, P.O. Box 522, 11001 Belgrade, Serbia

➤ Transport des produits de corrosion dans le cycle vapeur-eau d'une centrale électrique supercritique

- Résumé :

La fiabilité opérationnelle des chaudières des centrales thermiques est fortement influencée par les processus de corrosion et par la formation de dépôts sur les surfaces de transfert de chaleur. La base de ce problème est le transport des produits de corrosion dans le cycle vapeur-eau. Dans cette étude, la source des produits de corrosion a été discutée. L'effet des paramètres de l'eau sur le transport des produits de corrosion a été analysé. Le taux de génération (ou de dépôt) des produits de corrosion sur les composants principaux a été évalué.

- Reference :

Dongfang Jiang Hong Xu Hasan Izhar Khan Zhongliang Zhu Bo Deng Naiqiang Zhang
MOE's Key Lab of Condition Monitoring and Control for Power Plant Equipment, School of
Energy, Power and Mechanical Engineering, North China Electric Power University, Beijing
102206, China

Received 27 September 2016, Revised 27 October 2016, Accepted 17 November 2016,
Available online 18 November 2016, Version of Record 24 November 2016.

I.5.2 Mémoires:

- Mémoire de Magister en chimie industrielle de spécialité génie de l'environnement, université de Saad Dahlab, Blida. Réaliser par Mr Aziz YOUNSI sur les association d'inhibiteurs non toxiques pour la prévention contre la corrosion localisée cas des phosphates.
- Mémoire de Magister en chimie appliqué option électrochimie-corrosion, université de Skikda. Réaliser par Siham KHERRAF sur le comportement électrochimique de l'acier A105 dans différents milieux aqueux, influence de quelques inhibiteurs.
- Mémoire de Magister en mécanique, option science des matériaux, université de Batna. Réaliser par Mr TOULMIT Noureddine sur l'étude de l'efficacité d'un inhibiteur de corrosion dans les circuits de refroidissement d'une centrale thermique par analyse comparative.

Après avoir examiné les articles scientifiques et les mémoires de recherche, nous avons remarqué que ces études sont menées au niveau de laboratoire donne des informations sur le type de corrosion, sa réponse et l'étendue de sa résistance.

Notre travail s'appuie sur des données opérationnelles afin les améliorer par un étude d'efficacité des inhibiteurs de corrosion utilisés dans le circuit eau-vapeur de la centrale électrique de Terga

I.6 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présentés la centrale électrique de TERGA 3*400 MW avec une description de ses différentes unités de production, une généralité sur la corrosion et les inhibiteurs de corrosion et quelque statistique ont été données qui ont montré la stratégie de la production d'électricité pour faciliter le processus d'étude et de recherche relative à l'efficacité des inhibiteurs de corrosion utiliser dans le circuit eau-vapeur de la centrale électrique de Terga.

Chapitre II : Condition et technique expérimental

II.1 Introduction :

Ce chapitre pour but de réalisation des essais expérimentaux pour les différents inhibiteurs de corrosion employé dans le circuit eau-vapeur avec la variation de ses conditions opératoires. Une description de l'inhibiteur de corrosion, du montage et du mode opératoire, permet, dans un premier temps, de fixer une démarche expérimentale assurant une bonne reproductibilité des résultats.

II.2 Programme expérimental :

Notre programme a été divisé en trois parties :

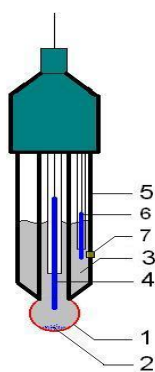
- Les expériences et les analyses chimique
- Comparaison des résultats
- Optimisation des paramètres pour une amélioration de l'efficacité des inhibiteurs de corrosion

II.3 Les techniques d'analyse :

- La PH-mètrie :

Elle se pratique à l'aide d'une petite sonde munie d'une électrode permettant de mesurer le PH de la solution.

Le pH-mètre est généralement constitué d'un boîtier électronique permettant l'affichage de la valeur numérique du pH et d'une sonde de pH constituée d'une électrode de verre permettant la mesure et d'une électrode de référence. Son fonctionnement est basé sur le rapport qui existe entre la concentration en ions et la différence de potentiel électrochimique qui s'établit dans le pH-mètre une fois plongé dans la solution étudiée.



1. Verre actif
2. Cristaux de KCl (visibles dans certains cas lorsque la solution est sursaturée)
3. Solution saturée en KCl
4. Fil conducteur relié à l'électrode de verre
5. Corps de l'électrode de verre
6. Électrode de référence au calomel (autre possibilité : électrode à Ag/AgCl)
7. Jonction électrolytique

Figure 12: Schéma d'une sonde de PH

Condition et technique expérimental

➤ La conductivité :

Une solution ionique, aussi appelée électrolyte, est conductrice de l'électricité. La présence d'ions, chargés électriquement, assure le caractère conducteur de la solution.

La mesure de conductivité est une méthode d'électroanalyse qui permet de mesurer les propriétés conductrices d'une telle solution.

En pratique, on détermine la conductivité d'une solution à l'aide d'une cellule de mesure constituée de deux plaques parallèles de surface immergée S et séparées d'une distance [19].

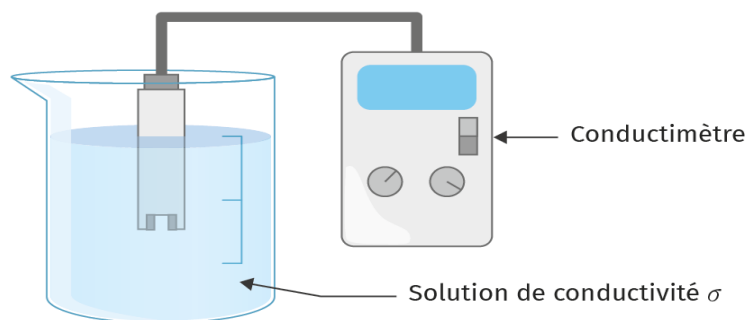
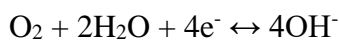


Figure 13 : schéma de principe de mesure de la conductivité

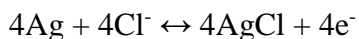
➤ Analyse d'oxygène dissous :

L'oxygène dissous (OD) est la mesure de la quantité d'oxygène distribuée dans un système. Les mesures sont généralement prises dans l'eau à l'aide d'une sonde DO et d'un compteur.

Ces sondes sont formées de deux électrodes en métal précieux immergées dans un électrolyte (KCl surfactant) : une cathode en platine soudée dans du verre et une anode en argent. Une membrane en PTFE (téflon) perméable à l'oxygène sépare les électrodes du milieu de mesure. L'oxygène diffuse à travers la membrane jusqu'à l'électrolyte de la sonde où il est mesuré sous forme dissoute. La mesure s'effectue en appliquant un potentiel entre les deux électrodes. Sur la cathode se produit la réduction suivante :



Alors que, sur l'anode se produit l'oxydation suivante :



Le courant produit est directement proportionnel à la concentration en oxygène dissous.

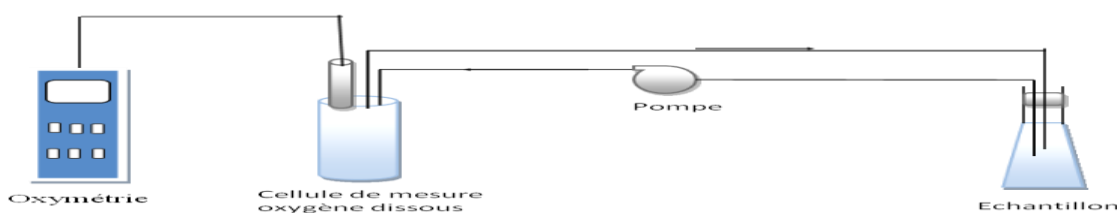


Figure 14: schéma de principe de mesure d'oxygène dissous

II.4 Données obtenus par prélèvement sur cite

Nous avons examiné les résultats des analyses chimiques des trois dernières années

Les bulletins d'analyse chimique de chaque année sont montrés ce dessous.

Tableau 2: bulletin d'analyses des différents paramètres chimiques par prélèvement local (année 2021)

Echantillon	Paramètre	Référence	Valeur
Vapeur saturée BP	CC (µs/cm)	< 0,2	0.088
Eau ballon BP	CC (µs/cm)	< 25	6.30
	PH	9 à 9,6	9.73
	CS (µs/cm)	< 40	7.04
Vapeur saturée MP	CC (µs/cm)	< 0,2	0.097
Eau ballon MP	CC (µs/cm)	< 25	2.18
	PH	9 à 10	9.25
	CS (µs/cm)	< 40	4.98
Vapeur saturée HP	CC (µs/cm)	< 0,2	0.115
Eau ballon HP	CC (µs/cm)	< 5	1.91
	PH	9 à 9,8	9.28
	CS (µs/cm)	< 20	5.56
Vapeur surchauffée HP	CC (µs/cm)	< 0,2	0.111
Eau alimentaire	CC (µs/cm)	< 0,2	0.123
	CS (µs/cm)	3 à 11	5.17
	O ² (ppb)	< 10	8.70
Eau extraction	CS (µs/cm)	3 à 11	5.08
	PH	9 à 9.60	9.63
	O ² (ppb)	< 50	109.57

Condition et technique expérimental

Tableau 3: bulletin d'analyses des différents paramètres chimiques par prélèvement local (année 2020)

Echantillon	Paramètre	Référence	Valeur
Vapeur saturée BP	CC (µs/cm)	< 0,2	0,22
Eau ballon BP	CC (µs/cm)	< 25	10,31
	PH	9 à 9,60	9,68
	CS (µs/cm)	< 40	43,44
Vapeur saturée MP	CC (µs/cm)	< 0,2	0,21
Eau ballon MP	CC (µs/cm)	< 25	9,43
	PH	9 à 10	9,48
	CS (µs/cm)	< 40	12,32
Vapeur saturée HP	CC (µs/cm)	< 0,2	0,095
Eau ballon HP	CC (µs/cm)	< 5	6,29
	PH	9 à 9,8	9,21
	CS (µs/cm)	< 20	10,34
Vapeur surchauffée HP	CC (µs/cm)	< 0,2	0,087
Eau alimentaire	CC (µs/cm)	< 0,2	0,093
	CS (µs/cm)	3 à 11	5,31
	O ² (ppb)	< 10	12,65
Eau extraction	CS (µs/cm)	3 à 11	5,31
	PH	9 à 10	9,38
	O ² (ppb)	< 50	44,15

Condition et technique expérimental

Tableau 4: bulletin d'analyses des différents paramètres chimiques par prélèvement local (année 2019)

Echantillon	Paramètre	Référence	Valeur
Vapeur saturée BP	CC (µs/cm)	< 0,2	0,067
Eau ballon BP	CC (µs/cm)	< 25	10,31
	PH	9 à 10	9,48
	CS (µs/cm)	< 40	37,44
Vapeur saturée MP	CC (µs/cm)	< 0,2	0,081
Eau ballon MP	CC (µs/cm)	< 25	9,43
	PH	9 à 9,6	9,75
	CS (µs/cm)	< 40	42,32
Vapeur saturée HP	CC (µs/cm)	< 0,2	0,095
Eau ballon HP	CC (µs/cm)	< 5	2,33
	PH	9 à 9,8	9,27
	CS (µs/cm)	< 20	11,39
Vapeur surchauffée HP	CC (µs/cm)	< 0,2	0,087
Eau alimentaire	CC (µs/cm)	< 0,2	0,081
	CS (µs/cm)	3 à 11	5,38
	O ² (ppb)	< 10	8,65
Eau extraction	CS (µs/cm)	3 à 11	5,31
	PH	9 à 10	9,38
	O ² (ppb)	< 50	68,15

Condition et technique expérimental

Les données obtenues par prélèvement locale des bulletins d'analyse précédentes montrent des fluctuations de certains paramètres chimiques par rapport aux références.

Cette fluctuation donne un point de vue sur un phénomène de corrosion généralisé touche la majorité de circuit eau-vapeur, mais ces valeurs ne donnent pas un aspect plus profonds sur toutes les phénomènes rencontrés ; une étude spécifique est impérativement nécessaire pour améliorer l'efficacité de la lutte contre ce phénomène.

II.5 Etude de l'influence des réactifs sur les paramètres chimiques du circuit eau vapeur

III.5.1 Influence de la concentration de l'ammoniaque sur le PH

L'ammoniaque NH_3 en solution à une concentration de 01% est injecté au niveau du condenseur et du circuit eau-vapeur afin de maintenir un PH de 9.20 à 9.60.

Le PH est un indicateur d'acidité qui lorsqu'il est réduit peut-être préjudiciable à un matériau.

Il est donc nécessaire d'étudier l'influence de la concentration de ce réactif sur le PH.

➤ Propriétés de l'ammoniaque NH_3 :

Masse molaire	35.5 g/mol
Masse volumique	920 g/L
Température de fusion	-58 °C.
Température d'ébullition	38 °C
Solubilité	miscible avec l'éthanol et l'eau à 95%.

➤ Mode opératoire :

Les solutions ont été préparé à partir de l'ammoniaque NH_3 en solution a une concentration de 25% et d'eau déminéralisée de 0.78 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et un PH = 6.88.

Nous avons préparé des échantillons de différentes concentrations de NH_3 ,

Les échantillons préparés dans des béchers à l'aide d'une pipette pour faciliter la mesure par les sondes de conductivité et de PH.

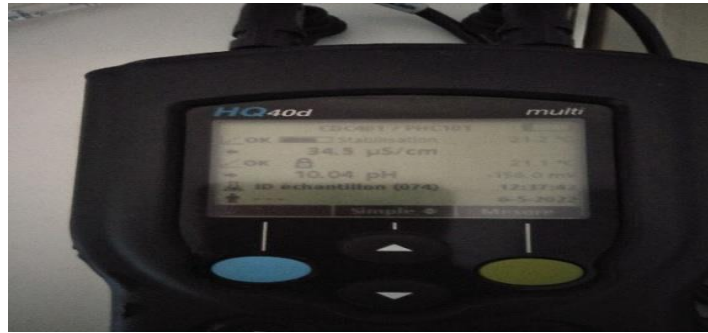


Figure 15 : mesure de conductivité et PH



Figure 16 : préparation des échantillons

Après chaque préparation d'un échantillon de concentration donné dans le tableau (05) du Chapitre III nous prélevons le PH et la conductivité.

II.5.2 Influence de la température sur le PH d'une solution d'ammoniaque NH₃:

L'élévation de la température lors du traitement, due au préchauffage dans la bûche alimentaire peut engendrer aussi un changement du PH due à la volatilité de l'ammoniaque.

Les travaux sur ce sujet sont effectués au laboratoire du SKT par l'étude de l'évolution du PH par action de chauffage en présence de l'ammoniaque NH₃.

➤ Mode opératoire :

Nous avons préparé une solution de PH = 9.50 à partir de l'eau déminéralisé de cond = 0.78 µs/cm et un PH = 6.88 et l'ammoniaque de 25%.

La solution est préparée dans un bécher de 500 ml puis elle est chauffée sur une plaque Chauffante jusqu'à une température de 95°C.

Un thermomètre est plongé dans le bécher pour contrôler la température.

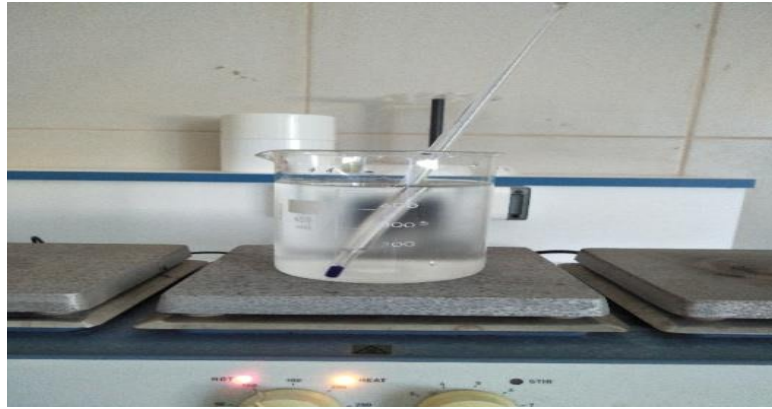


Figure 17 : préparation d'échantillon



Figure 18 : mesure de PH par PH-mètre

A chaque température donnée dans le tableau (06) du Chapitre III on effectue un prélèvement de PH et de températures

II.5.3 Influence de la concentration du phosphate trisodique sur le PH :

La qualité de l'eau d'alimentation et de l'eau du circuit eau vapeur est un élément primordial, toute eau neutre ou légèrement acide sera proposée pour le conditionnement.

Le phosphate trisodique est utilisé pour contrôler l'alcalinité ou le pH du circuit eau-vapeur où la température est haute en formant le phosphate tricalcique, il est donc nécessaire d'étudier l'influence de la concentration de ce réactif sur le PH.

➤ **Propriétés de phosphate trisodique :**

Formule	Na_3PO_4
Masse molaire	163,940 g/mol
Température de fusion	73,5 °C
Solubilité	110,0 g/l dans l'eau à 20 °C

➤ **Mode opératoire :**

Les solutions ont été préparé à partir de l'inhibiteur de corrosion phosphate trisodique en

Condition et technique expérimental

poudre et de l'eau déminéralisée de $0.78 \mu\text{s}/\text{cm}$ et un $\text{PH} = 6.44$.

Nous avons préparé des échantillons avec différentes concentrations de Na_3PO_4 .

Les échantillons préparés dans des béchers pour faciliter la mesure par les sondes de conductivité et de PH.

Après chaque préparation d'un échantillon de concentration donné dans le tableau (07) du Chapitre III, nous prélevons le PH et la conductivité.

II.5.4 Influence de la température sur la solubilité du phosphate trisodique :

Du fait que la température est l'un des facteurs susceptibles de modifier le comportement d'un métal en présence d'inhibiteur et sa solubilité, nous avons effectué une étude de changement de PH dans l'eau déminéralisée à $60 \text{ mg} / \text{L}$ de Na_3PO_4 , à différentes températures.

➤ Mode opératoire :

Nous avons préparé une solution d'une concentration de 60 ppm de phosphate trisodique et d'un $\text{PH} = 9.30$ à partir de l'eau déminéralisé de $\text{cond} = 0.73 \mu\text{s}/\text{cm}$, $\text{PH} = 6.89$ et le phosphate trisodique Na_3PO_4 en poudre.

La solution est préparée dans un bécher de 500 ml puis elle est chauffée sur une plaque Chauffante jusqu'à une température de 95°C .

Un thermomètre est plongé dans le bécher pour contrôler la température.

A chaque température donnée dans le tableau (08) du Chapitre III on effectue un prélèvement de PH et températures.

II.5.5 Influence de la concentration de carbohydrazide sur la teneur en oxygène :

Pour étudier l'influence de la concentration de $\text{CH}_6\text{N}_4\text{O}$ sur la teneur en oxygène dissous, nous avons préparé une série de solutions dont les concentrations de $\text{CH}_6\text{N}_4\text{O}$ vont graduellement en croissant.

➤ Propriétés du carbohydrazide :

Formule chimique	$\text{CH}_6\text{N}_4\text{O}$
Masse molaire	$90,09 \text{ g} / \text{mol}$
densité	$1,341 \text{ g} / \text{cm}^3$
Point de fusion	$153-154^\circ\text{C}$

➤ Mode opératoire :

Les échantillons ont été préparés à partir de l'inhibiteur de corrosion Carbohydrazide de 2% et de l'eau déminéralisée de $0.78 \mu\text{s}/\text{cm}$ et un $\text{PH} = 6.65$.

Nous avons préparé des échantillons de différentes concentrations de CON_4H_6 .

Les échantillons préparés dans des fioles bouchées de 50 ml à fin d'empêcher la pénétration

Condition et technique expérimental

d'air.

La teneur en oxygène est mesurée à l'aide d'un analyseur d'oxygène dissous

Après chaque préparation, nous prélevons la teneur en oxygène et la conductivité.

Les résultats obtenus sont montrés dans le tableau (09) du Chapitre III.



Figure 19 : analyseur d'oxygène dissous

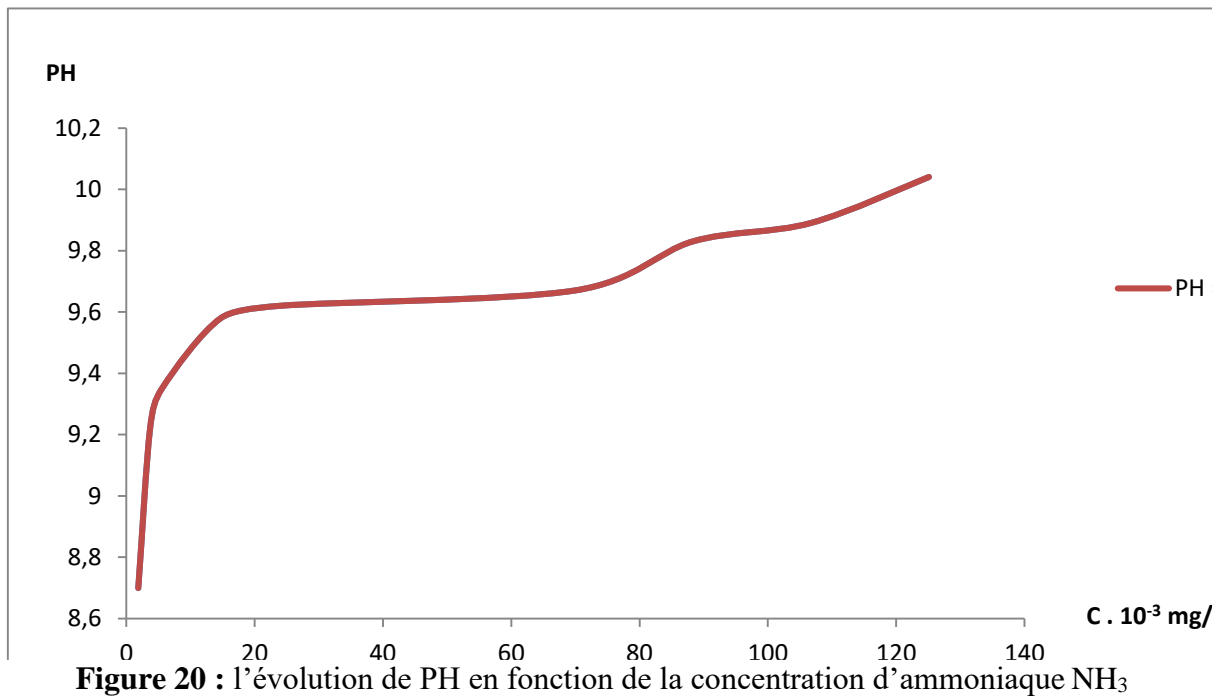
Chapitre III : résultats et discussion

III.1 Influence de la concentration de l'ammoniaque NH₃ sur le PH

Nous avons étudié l'influence de la concentration de l'ammoniaque sur l'évolution de PH et conductivité en traçant les courbes de ces derniers.

Tableau 5: Valeurs de PH et conductivités des échantillons à différentes concentration.

C NH₃ mg/L	1.84 10 ⁻³	3.68 10 ⁻³	5.52 10 ⁻³	14.72 10 ⁻³	23.92 10 ⁻³	69.92 10 ⁻³	88.32 10 ⁻³	106.7 2 10 ⁻³	125.12 10 ⁻³
PH	8.70	9.22	9.35	9.58	9.62	9.67	9.83	9.89	10.04
Conductivité μs/cm	5.12	8.85	10.52	13.26	14.12	15.76	22.60	25.50	34.50



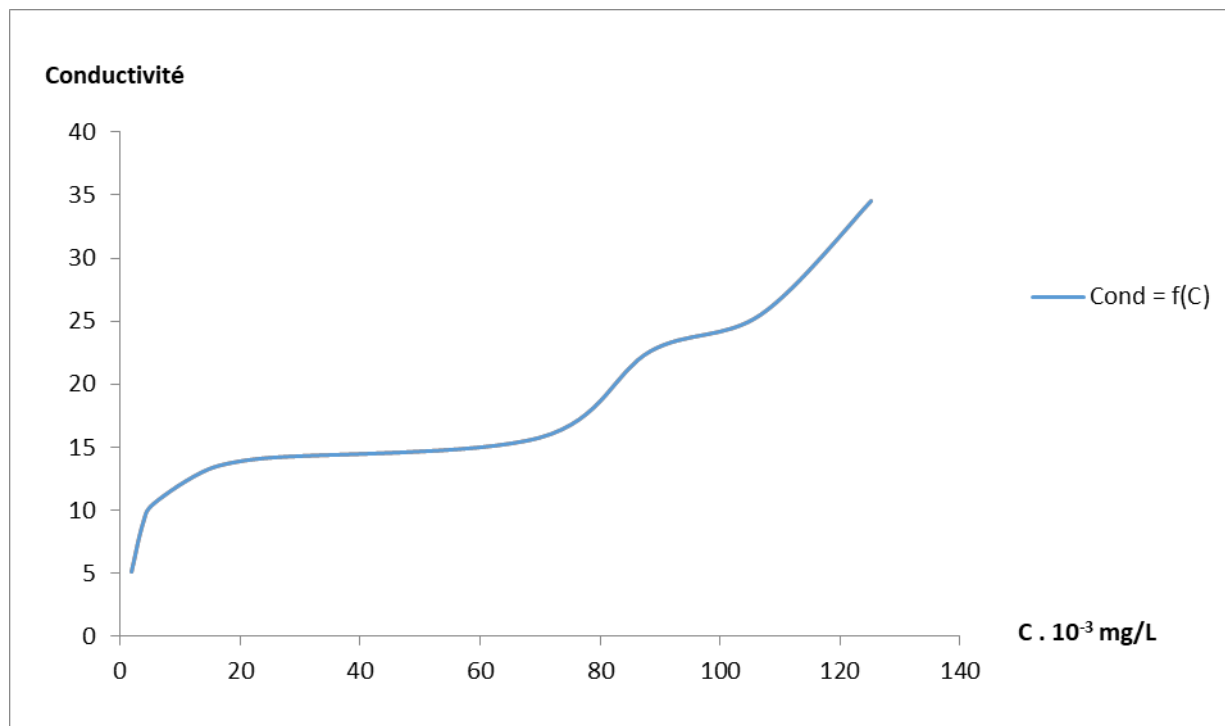


Figure 21: évolution de la conductivité en fonction de la concentration d'ammoniaque NH₃

III.1.1 Interprétation :

L'augmentation du PH sous l'effet de l'ammoniaque est importante avec des concentrations faibles en ammoniaque au-dessous du PH = 9.60, en dépassant cette valeur son évolution nécessite des concentrations plus élevées qui provoque une augmentation de la conductivité due aux ions d'ammonium NH₄⁺ libérés par la dissolution de l'ammoniaque.

III.2 Influence de la température sur le PH d'une solution d'ammoniaque :

Nous avons étudié l'influence de la température et l'évolution de PH d'une solution de 23,92 mg / L de NH₃ en traçant le courbe de PH en fonction de la température.

Tableau 6: valeurs de PH et températures d'une solution de NH₃ à une concentration de 23,92mg.

PH	9.60	8.89	8.70	8.41	8.14	7.80	7.48
Température (°C)	20	32	37	44	49	54	60

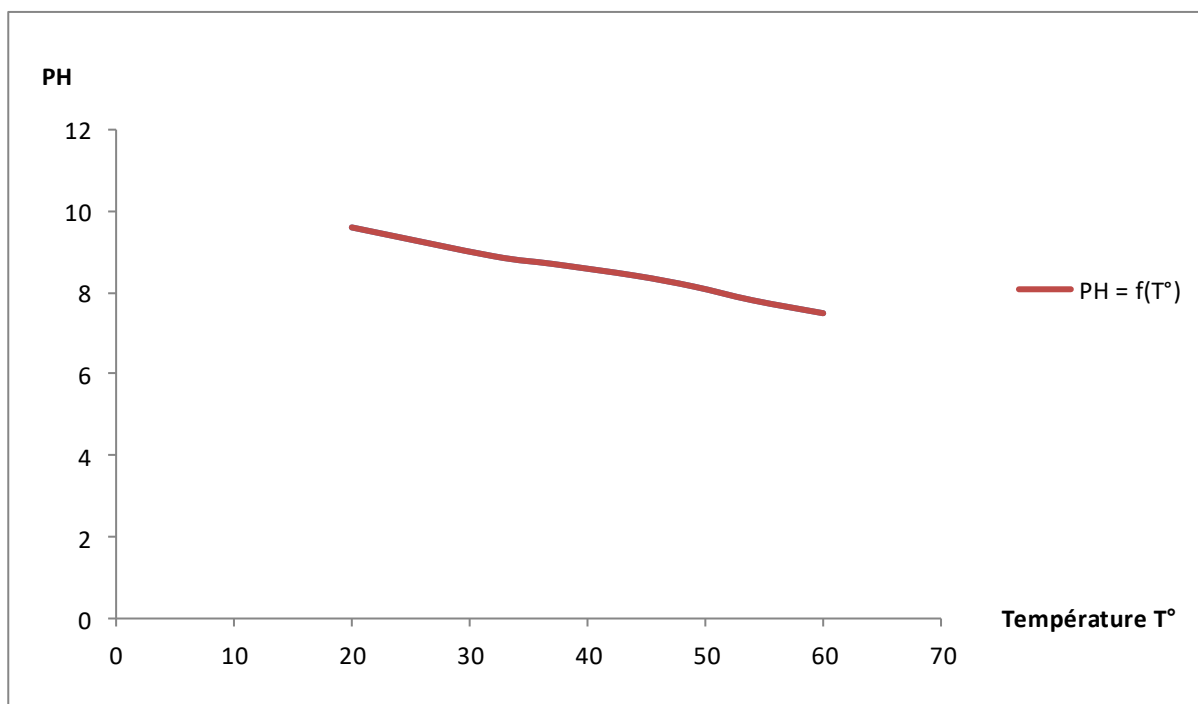


Figure 23 : évolution de PH en fonction de la température de la solution de NH_3

III.2.1 Interprétation :

L'augmentation de la température de la solution provoque la diminution du PH, cette diminution est due à la volatilité de l'ammoniaque.

III.3 Influence de la concentration du phosphate trisodique sur le PH :

Nous avons étudié l'influence de la concentration de Na_3PO_4 sur l'évolution de PH et la conductivité en traçant les courbes de ces derniers.

Tableau 7: valeurs de PH et conductivités des échantillons à différentes concentrations de Na_3PO_4 .

C Na_3PO_4 (ppm)	0	10	20	30	40	60
PH	6.44	6.89	8.70	8.76	9.09	9.31
Conductivité $\mu\text{s}/\text{cm}$	0.75	0.87	1.56	5.65	8.29	15.37

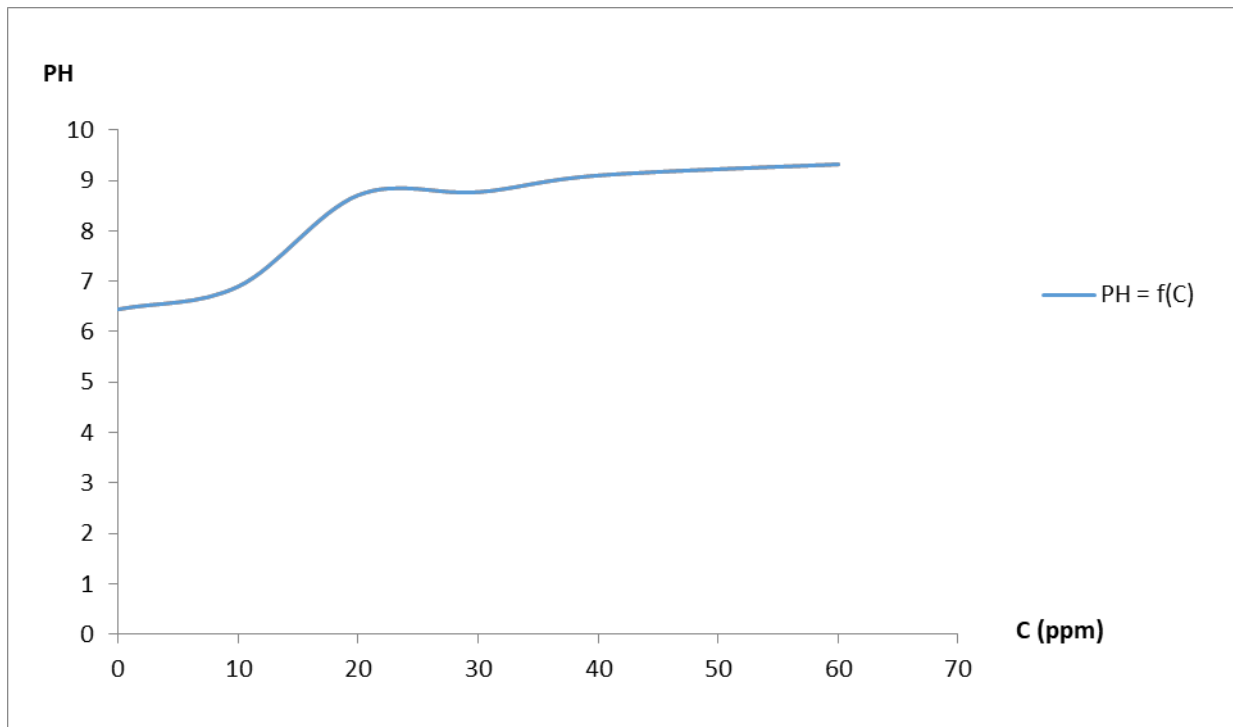


Figure 23 : évolution de PH en fonction de la concentration de Na_3PO_4

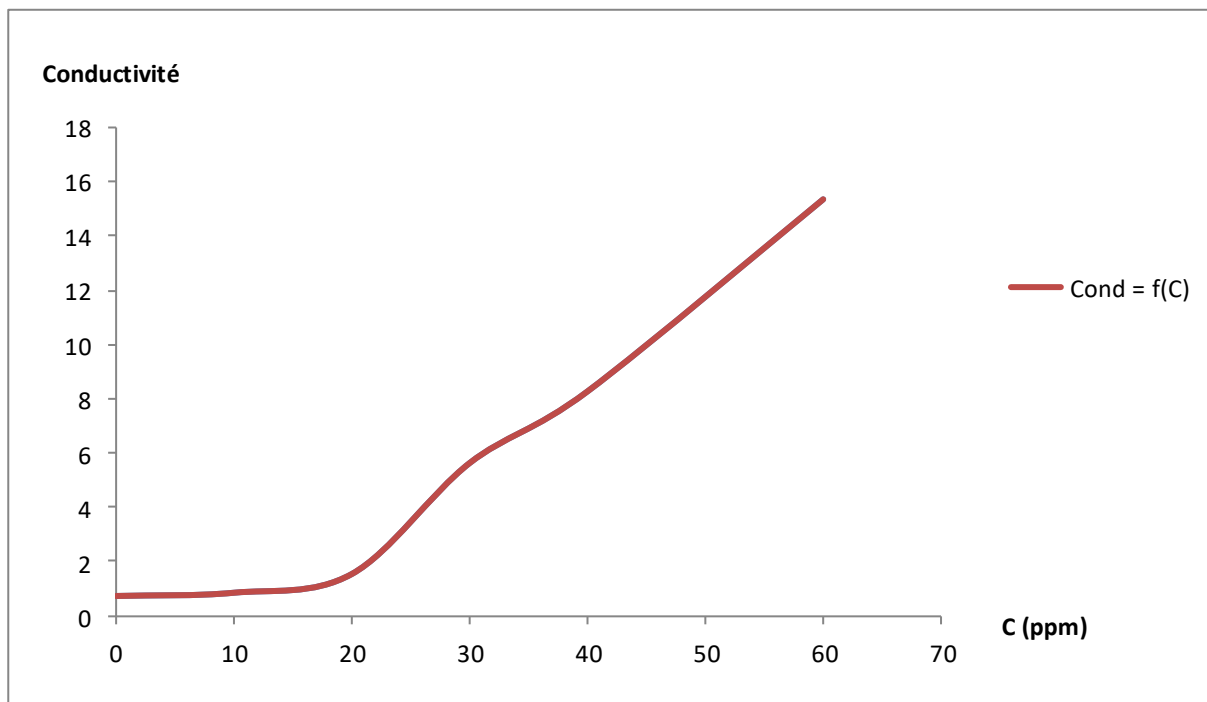


Figure 24: évolution de la conductivité en fonction de la concentration de Na_3PO_4

III.3.1 Interprétation :

L'analyse des résultats obtenus (Tableau 07, figure 23 et figure 24) montre que l'addition de Na_3PO_4 à l'eau déminéralisée à des concentrations croissantes a pour effet d'augmenter le taux d'inhibition. Nous avons attribué la protection à l'augmentation du PH du milieu par libération des ions OH^- selon les] réactions suivantes:

Résultats et discussion



Et la formation d'un composé peu soluble qui précipite. Pour des concentrations supérieures à 30 ppm qui provoquent une augmentation de la conductivité, le taux de corrosion augmente de nouveau. Cet effet serait attribué à la nature des produits de corrosion.

III.4 Influence de la température sur la solubilité du phosphate trisodique :

Nous avons étudié l'influence de la température et l'évolution de PH d'une solution de 60 ppm de Na_3PO_4 en traçant le courbe de PH en fonction de la température.

Tableau 8: valeurs de PH et températures d'une solution de Na_3PO_4 à une concentration de 60 ppm.

Température (°C)	20	30	40	60	80	90	95
PH	9.30	9.32	9.31	9.29	9.27	9.27	9.26

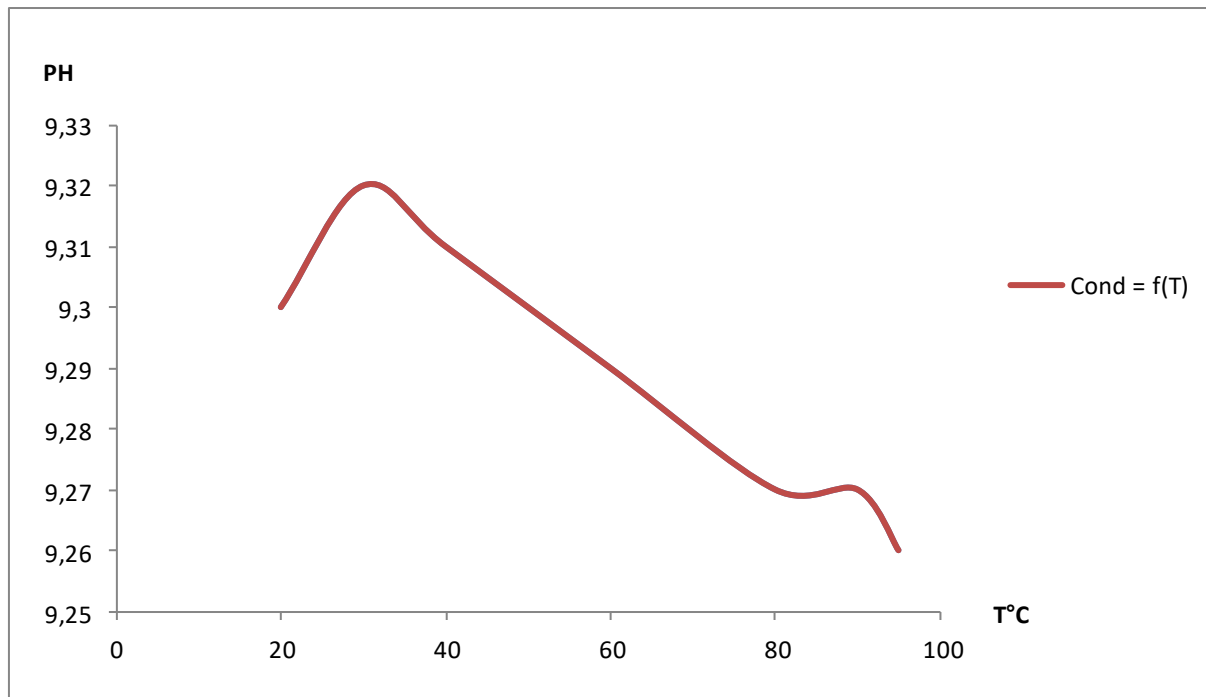


Figure 25: évolution de PH en fonction de la température de la solution de Na_3PO_4

III.4.1 Interprétation :

L'examen de la figure 25 et le tableau 08 montrent que la température provoque un faible déplacement du PH vers des valeurs plus faible.

III.5 Influence de la concentration de carbohydrazide sur la teneur en oxygène dissous :

Nous avons étudié l'influence de la concentration de la carbohydrazide CON_4H_6 sur l'évolution de la teneur en O_2 dissous et la conductivité en traçant les courbes de ces derniers.

Tableau 9: valeurs des PH et conductivités des échantillons à différente concentration de CON₄H₆.

C CON ₄ H ₆ (mg /L)	0	53.64	107.28	268.20	536.40	1.072 10 ³	1.072 10 ³
Teneur en O ₂ dissous (ppm)	8.43	8.10	6.35	6.39	6.46	6.84	6.87
Conductivité μ s/cm	0.75	1.84	5.27	7.15	12.21	17.77	24.23

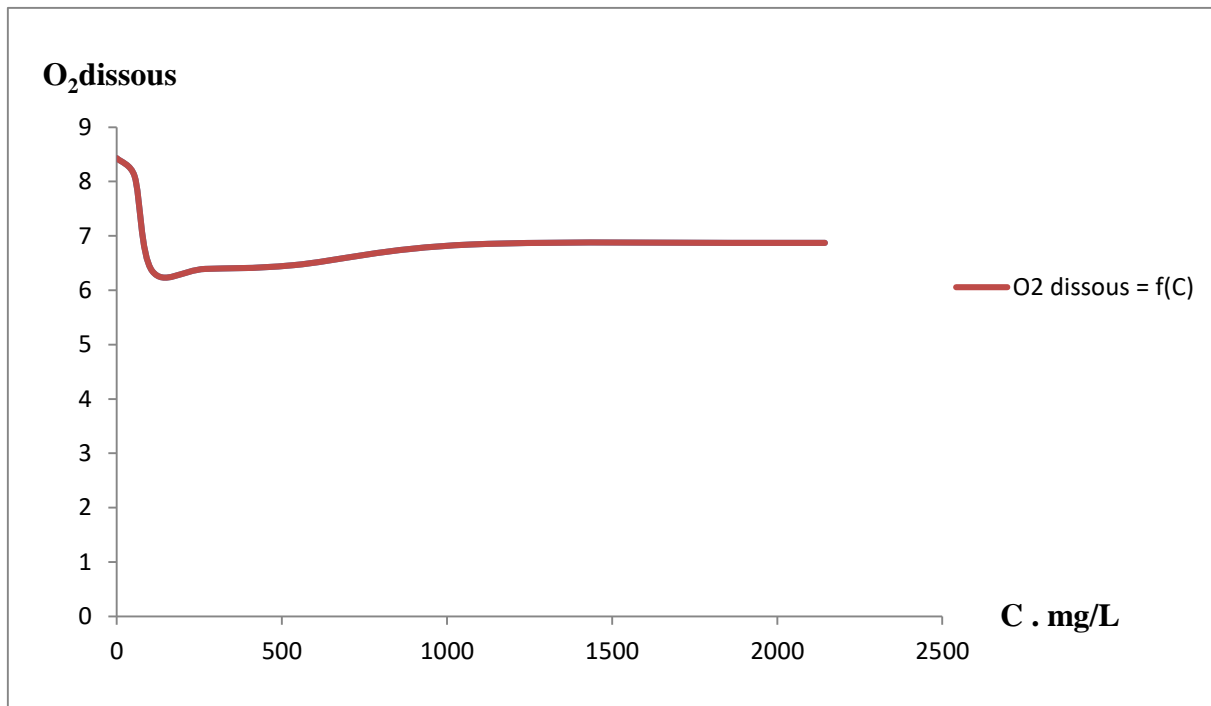


Figure 26: évolution de la teneur en O₂ dissous en fonction de la concentration de CON₄H₆

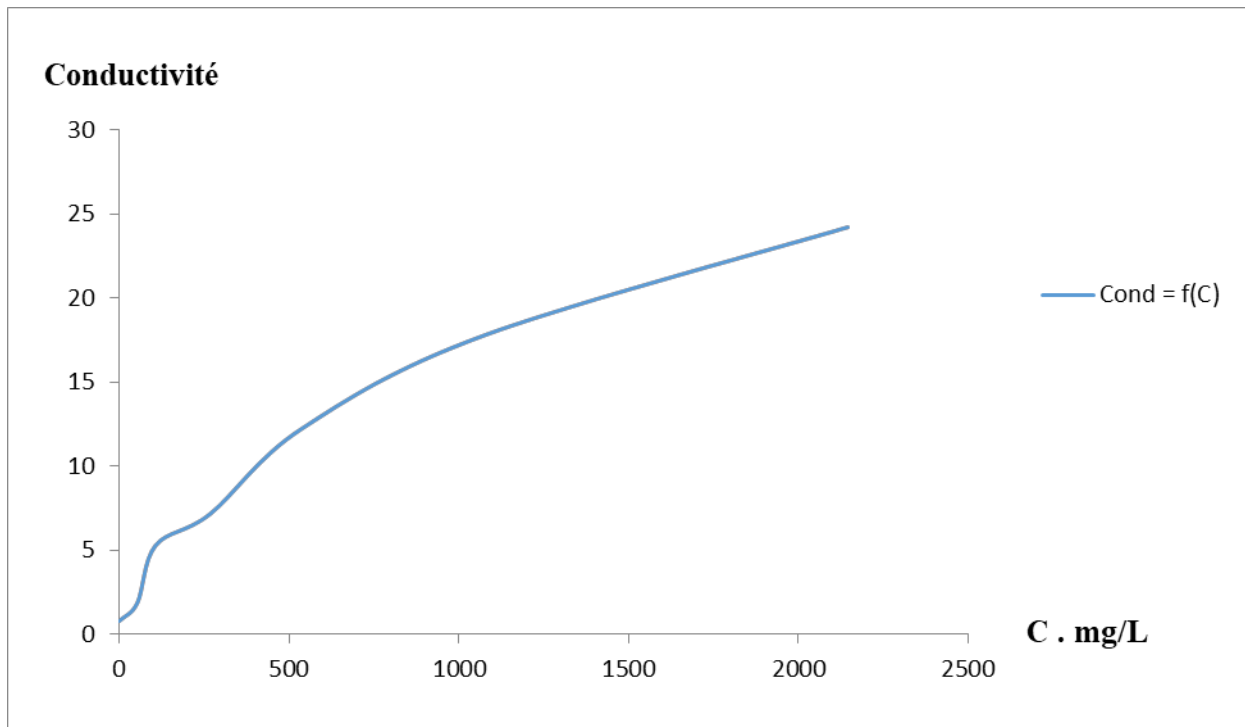


Figure 27 : évolution de la conductivité en fonction de la concentration de CON_4H_6

III.5.1 Interprétation :

L'étude détaillée de l'influence de carbohydrazide montre que leur efficacité inhibitrice augmente et le taux d'oxygène dissous diminue avec l'augmentation de la concentration en solution et atteint une valeur maximale pour une concentration de (107.28 mg).

Pour des concentrations supérieures, cette efficacité inhibitrice diminue avec l'augmentation de la conductivité et le taux de corrosion augmente de nouveau.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les données obtenues par prélèvement locale au cours de notre période de stage et par l'examinassions des bulletins d'analyses des années précédentes on a trouvé des fluctuations de certains paramètres chimiques par rapport aux valeurs de références.

Ce travail avait pour but d'étudier l'efficacité des inhibiteurs de corrosion injecté dans le circuit eau-vapeur de la centrale à cycle combiné de Terga.

Pour atteindre ces objectifs nous avons effectué au niveau du laboratoire une série de mesures et analyses chimiques : évolution du PH, conductivité, teneur en oxygène dissous en fonction de la concentration de ces inhibiteurs de corrosion et l'influence de la température sur ces réactifs.

Les résultats obtenus permettent de tirer les conclusions suivantes:

- L'ammoniaque doit être utilisé en faible concentration afin d'éviter l'augmentation de la conductivité et son entrainement avec la vapeur en température élevée
- L'emploi du phosphate trisodique dans l'eau alimentaire doit être effectué avec beaucoup de précautions car l'augmentation de la concentration de cet inhibiteur au-delà de la concentration critique provoque une augmentation importante de la conductivité et le taux de corrosion augmente de nouveau.
- L'étude de l'influence de la température révèle que le phosphate trisodique peut maintenir un PH souhaitable lorsque la température de la solution augmente.
- Le carbohydrazide a un effet bénéfique vis à vis la corrosion par l'oxygène dissous dans les milieux considérés. Ceci se traduit par une diminution de la teneur en oxygène au-delà de la concentration critique, il provoque une augmentation importante de la conductivité et le taux de corrosion augmente de nouveau.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] LAYATI Yassine, FLITI sidi Mohamed, vérification et amélioration des performances d'une installation de turbine à gaz à cycle combiné par la technique d'injection de brouillard cas de le centrale électrique de TERGA, Université de Tlemcen, 16/06/2016.
- [2] Landolt, D., "Traité des Matériaux, volume 12 : Corrosion et Chimie des surfaces des Métaux ", 1^{ère} édition, presses polytechnique et universitaires Romandes, (1993).
- [3] Norme ISO 8044 "Corrosion des métaux et alliages", Vocabulaire, 2^{ème} édition (1989)
- [4] **N. Le bozec, réaction de réduction de l'oxygène sur les aciers inoxydables en eau de mer naturelle, thèse de doctorat, Université de Bretagne occidentale (2000).**
- [5] H. Joseph Mendy Thèse Des Processus De Corrosion Aux Interfaces Matériaux Métalliques Environnement
- [6] Canevas d'un enseignement de la corrosion et de l'anticorrosion 2001 ; Introduction A La Corrosion Electrochimique Et A Sa Prévention
- [7] O. Benali Etude de l'inhibition de la corrosion du cuivre et d'aciers au carbone par des composés organiques soufrés en milieux acides ", Université Tlemcen (2007).
- [8] S. Saadoune, Synthèse et caractérisation d'inhibiteurs bi- fonctionnels : Application à la corrosion des aciers de construction, Mémoire de Magister, Université Ferhat Abbas-Sétif, 2010.
- [9] Cours Matériaux Métalliques - Phénomènes de Corrosion V : Protection et Lutte contre la Corrosion
- [10] A. Fiala, Thèse Synthèses Et Caractérisations De Nouvelles Molécules Contenant Du S Et N, Etudes De Leur Effet Inhibiteur Sur La Corrosion Des Métaux De Transition.
- [11] LANDOLT, D. – Corrosion et chimie de surfaces des métaux (Traité des matériaux), Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 165-205pp, ISBN 2-88074-245-5, 1993;
- [12] H.F. DIDI Adnane, Etude de Corrosion Bactérienne champ Hassi Messaoude
- [13] S. Bouakkaz, R. Zerdoumi, K. Oulmi, D. Mellahi and G.M. Andreadis, Portugaliae Electrochimica Acta, 35 (2017) 211.
- [14] D.A. Awizar, N.K. Othman, A. Jalar, A.R. Daud, I.A. Rahman and N. Al-Hardan, International Journal of Electrochemical Science, 8 (2013) 1759.
- [15] M. FAUSTIN, Thèse Etude de l'effet des alcaloïdes sur la corrosion de l'acier C38 en milieu acide chlorhydrique
- [16] D. E. MILLIAMS, D. J KROESE, "aqueous corrosion of steel by H₂S/CO₂ MIXTURES"

3^{ème} Conférence internationale sur la protection interne et externe des pipelines 5-7

September, london BHRA fluid engineering, Cranfield, Bedford, England, 1979.

[17] S. LACHACHI, ETUDE DE L'EFFICACITE INHIBITRICE DE CORROSION DANS L'ACIDE SULFURIQUE PAR LA POVIDONE IODEE, (19-04-2021)

[18] C. Fiaud, C. Lemaitre, N. Pebere. Inhibiteurs de corrosion. Dans : G. Beranger, H. Mazille, Corrosion et Anticorrosion : pratique industrielle, (Traite MIM – Série alliages métalliques), Hermes Science Publications, Lavoisier (2002) 245-266.

[19](en) Petr Vanýsek (dir.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 87th Edition, CRC Press, 5-78r.

Résumé

Le circuit eau-vapeur des centrales électriques à cycle combiné est généralement sujet au phénomène de corrosion qui lui occasionne des dégâts importants. Dans ce travail, nous avons étudié l'efficacité des inhibiteurs de corrosion dans l'eau déminéralisée par l'effet de la concentration et la température. Cette étude a été réalisée au moyen des méthodes chimiques : évolution de la conductivité, PH et l'oxygène dissous en fonction de la concentration et la température, tracé des courbes de d'évolution de ces derniers et les interprétées.

Les résultats obtenus montrent que l'ammoniaque, le phosphate trisodique et le carbohydrazide sont des bons inhibiteurs de corrosion dans les milieux considérés mais ces concentrations doivent être respectées pour ne pas être contre-productifs.

Abstract

The water-steam circuit of combined cycle power plants is generally subject to the phenomenon of corrosion, which causes significant damage to it. In this work, we studied the effectiveness of corrosion inhibitors in demineralized water by the effect of concentration and temperature. This study was carried out using chemical methods: evolution of conductivity and PH and dissolved oxygen as a function of concentration and temperature, plotting of the evolution curves of the latter and interpretation.

The results obtained show that ammonia, trisodium phosphate and carbohydrazide are good corrosion inhibitors in the environments considered, but these concentrations must be respected so as not to be counterproductive.

ملخص

تخضع دائرة بخار الماء لمحطات توليد الطاقة ذات الدورة المركبة عمومًا لظاهرة التآكل التي تسبب أضرارًا كبيرة لها. في هذا العمل، درسنا فعالية مثبطات التآكل في المياه المنزوعة المعادن من خلال تأثير التركيز ودرجة الحرارة. أجريت هذه الدراسة باستخدام الطرق الكيميائية: تطور الموصلية والحموضة والأكسجين المذاب كدالة للتركيز ودرجة الحرارة، ورسم منحنيات التطور للأخير والتفسير.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الأمونيا وفوسفات ثلاثي الصوديوم والكربوهيدرازيد هي مثبطات تآكل جيدة في البيئات المذكورة، ولكن يجب احترام هذه التركيزات حتى لا تأتي بنتائج عكسية