



# CSCNEWS

Bulletin d'information N° 6  
Décembre 2014



Salon UAV



La 4ème conférence internationale  
IC-WNDT-MI'14



Formation Instron

## EVENEMENTS

SAVOIR  
LA CORROSION ET LA  
PROTECTION CATHODIQUE





**Directeur de publication :**

Dr. YAHY Mostepha.

**Responsable de rédaction :**

Melle Aicha ZIOUCHE.

**Comité de Rédaction :**

Mr. AMIR Mounir;

Melle BELGACEM Leila;

Dr. BENAMMAR Abdessalem;

Mr. CHIBANE Farid ;

Melle HAMCHAOUI Nadia;

Melle HEDID Dounia;

Mme KACEL Taous;

Dr. TALA IGHIL Nacer;

Mr. NEMAMECHA Oussama.

**Infographie :**

Melle IRID Louiza.

**Publié par le CSC**

## CSC NEWS

**Bulletin Semestriel du Centre  
de Recherche en Soudage  
et Contrôle - CSC -**

**Route de Dély-Ibrahim - BP 64 -  
Chéraga, Alger  
Tél: 021 34 20 19**

E-mail: [csc.news@csc.dz](mailto:csc.news@csc.dz)

[Http://www.csc.dz](http://www.csc.dz)

# Sommaire



**Editorial**

**04**

---



**Evènements**

**06**

---



**Recherche et  
Développement**

**10**

---



**Savoir**

**22**

---



**Zoom  
sur un Projet**

**24**

---



**Publications**

**26**

---



**Soutenance**

**27**

---



**Dr. BOUHOUCHE Salah**  
**Directeur de Recherche**  
**Directeur de l'URASM-CSC Annaba**

## **Innovation, Contrôle Qualité**

Le fonctionnement optimal des systèmes et processus mérite d'être évoqué avec acuité, car leur existence actuelle et future est soumise à des risques dont leur évaluation est nécessaire : L'innovation et le contrôle qualité sont d'une importance majeure pour assurer leur pérennité. Cette dernière est généralement occultée, alors qu'elle conditionne la stabilité même de ces systèmes et processus. Ces derniers opèrent généralement en boucle fermée par comparaison des objectifs planifiés à la réalisation opérationnelle. Généralement, les objectifs ne sont qu'une simple déclinaison des politiques, la correction se fait par l'intermédiaire de plusieurs facteurs tels que:

- Changement de politiques(s),
- Restructuration et organisation,
- Réduction/Augmentation des objectifs,
- Développement et mise en œuvre de méthodes,
- Réalisation des audits et mise en œuvre et suivi des actions qui en découlent.

La plupart des facteurs énumérés plus haut relève de la compétence du management et du propriétaire du système, néanmoins le facteur relatif au développement et à la mise en œuvre de méthodes pour le contrôle qualité est une tâche qui relève essentiellement de la recherche scientifique. Fondamentalement le développement d'une nouvelle méthode n'est pas une tâche mince, car la démarche pourrait être très complexe, sa mise en œuvre est soumise à une validation préalable : En plus du savoir propre aux méthodes utilisées, les techniques de modélisation et de simulation multi échelle ont une place privilégiée. Dans la pratique ces aspects se résument par la publication de brevets, de normes, de procédures et de modèles,...

# EDITORIAL

## et Pérennités des Systèmes

La pérennité est aussi directement liée au problème de la certification et de la reconnaissance internationale de la qualité des produits et services issus des systèmes et processus. Cette notion est particulièrement fondamentale pour le commerce international et notamment l'exportation.

A titre indicatif et en citant le marché de l'Union Européenne, l'exportation d'une simple lampe sur le marché international exige des laboratoires compétents en mesures physiques, tels que l'optique et l'électricité. En plus la technologie mise en œuvre doit être conforme aux exigences du droit international en matière d'environnement, faute de quoi le produit ou le service objet d'exportation sera fortement taxé.

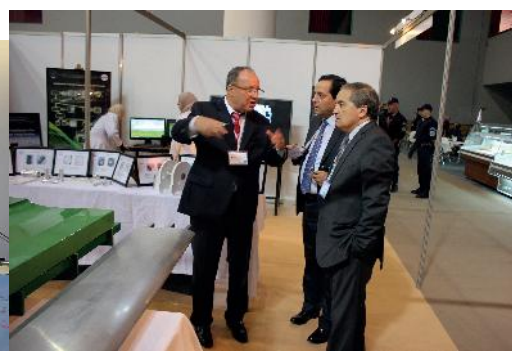
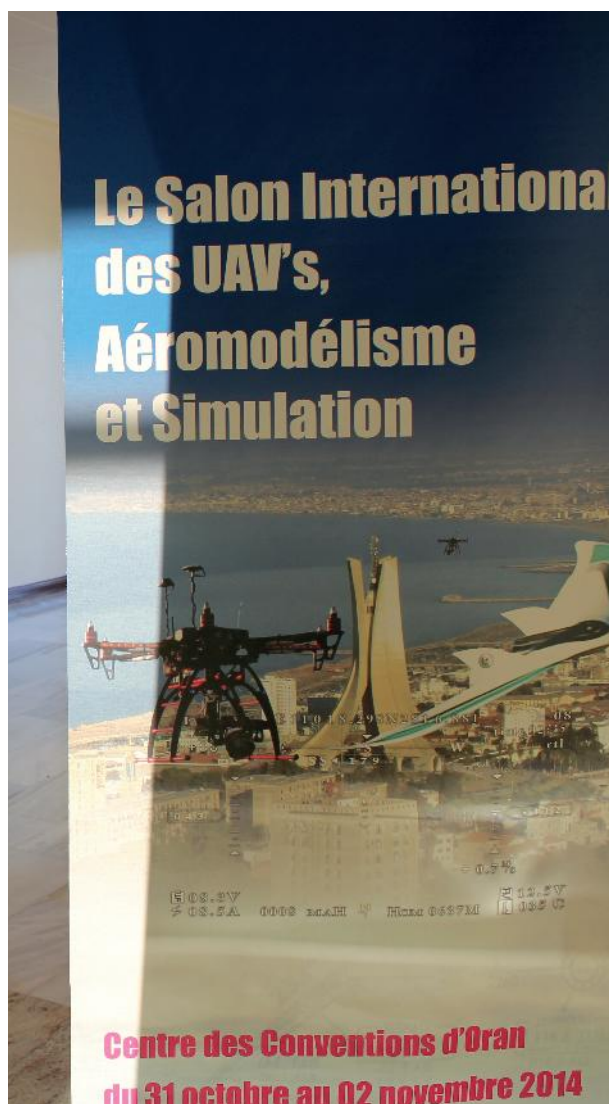
Chacun de nous comme opérateur dans la recherche scientifique et acteur dans le secteur socio-économique, doit poser la question à propos de sa contribution dans le développement d'outils pour l'innovation et la qualité. Œuvrons scientifiquement, chacun dans son domaine de compétence pour innover et améliorer la qualité de nos produits et services afin d'assurer un développement durable et avoir une place dans ce monde.

## Salon UAV

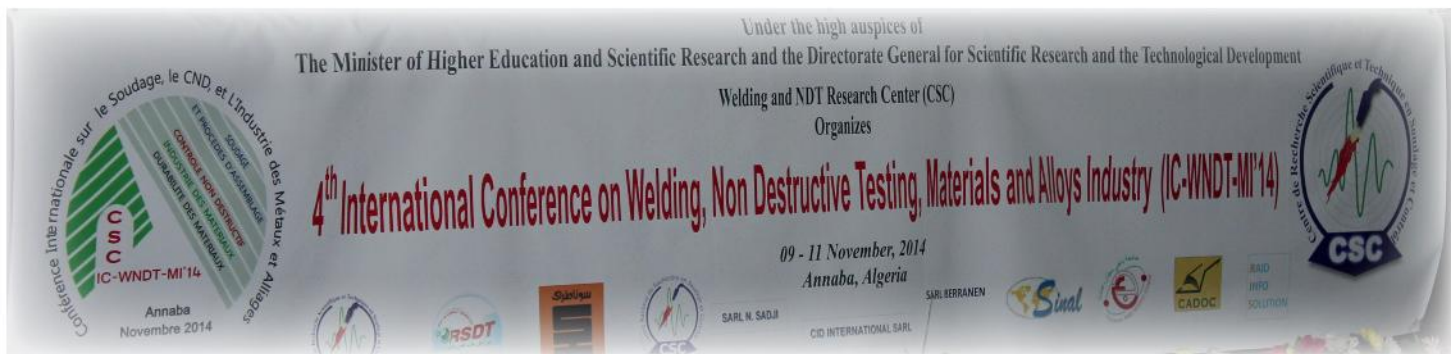
Le Centre de Recherche Scientifique et Technique en Soudage et Contrôle (CSC) ; en collaboration avec la Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique (DG-RSDT) ont organisé du 31 Octobre au 02 Novembre 2014 le premier salon international des Véhicules Aériens Autonomes (Unmanned Aerial Vehicle UAV) au Centre des Conventions d'Oran (CCO) Mohamed Benahmed.

Ce salon a été organisé dans le cadre du 60ème anniversaire du déclenchement de la glorieuse révolution du 1er novembre 1954, avec la participation des centres de recherche et des universités algériennes ainsi que des institutions nationales telles que le ministère de la défense nationale et la compagnie nationale "Air Algérie". D'autre part ; des universités et des établissements scientifiques étrangers spécialisés dans le domaine de l'aéronautique ont pris part à cette rencontre représentant plusieurs pays dont l'Allemagne, l'Espagne, la France, le Royaume-Uni, la Russie et la Tunisie.

Un accord de partenariat a été conclu entre l'université de Blida et le Conseil pour la Recherche Scientifique et Industrielle (CSIR) d'Afrique du Sud, pays invité d'honneur du salon ; et ce, en présence de monsieur le ministre de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique M. MEBARKI Mohamed. Un second accord de collaboration a été signé entre les centres de recherches algériens représentés par monsieur le professeur AOURAG Hafid directeur général de la recherche scientifique et du développement technologique (DG-RDST) et le Centre Allemand pour l'Aéronautique et l'Aérospatiale (DLR) représenté par le professeur Johann-Dietrich Wörner.



## La 4ème conférence internationale sur le Soudage, le CND et l'Industrie des Matériaux et Alliages IC-WNDT-MI'14



Le Centre de Recherche Scientifique et Technique en Soudage et Contrôle a organisé du 09 au 11 novembre 2014 une conférence internationale sur le Soudage, le Contrôle Non Destructif (CND) et l'Industrie des Matériaux et Alliages (IC-WNDT-MI) au niveau de l'université Badji Mokhtar de Annaba. Elle fait suite aux conférences (IC-WNDT-MI) qui se sont déjà tenues à Annaba en 2008 et à Oran en 2010 et 2012. L'ouverture de la conférence a eu lieu à l'amphithéâtre ..... de l'université d'Annaba et a été donnée par monsieur le président du comité d'organisation le docteur HADDAD Ahmed. Ensuite, il a passé la parole au recteur de l'université d'Annaba. Le mot de ce dernier a été axé sur le partenariat université d'Annaba – CSC. Par la suite, la parole a été passée à monsieur le directeur du CSC le docteur YAHY Mustapha ; où il a surtout parlé de la tradition des conférences IC-WNDT-MI. Après, la parole a été donnée au représentant de monsieur le professeur AOURAG Hafid, directeur général de la recherche scientifique et du développement technologique (DG-RDST), qui est le professeur M. SELLAMI Mokhtar. Ce dernier a présenté les excuses de M. AOURAG Hafid pour son absence à la conférence à cause d'un agenda chargé. Il a abordé la question de l'accompagnement de la recherche à l'industrie à la fin de son allocution.

La première conférence plénière a été animée par monsieur le PDG du groupe SIDER Mr. BENABBAS Ahmed sur la sidérurgie en Algérie. Il a relaté sa situation en Algérie où il y a plusieurs projets en cours de réalisation. La deuxième conférence plénière a été présentée par le Prof. J. ASSAAD sur l'exploitation de la propagation réverbérante des ondes élastiques dans les structures : vers un concept de réseau de capteurs SHM (Structural Health Monitoring) à basse consommation.

En plus ; il y a eu la présence d'invités d'honneur issus de différentes universités, centres de recherche et du secteur industriel. L'objectif étant d'offrir une opportunité pour des rencontres et des échanges d'expérience et de savoir-faire entre chercheurs et spécialistes en soudage, CND et science des matériaux.

Le bilan de IC-WNDT-MI'14 est le suivant :

- 07 plénières,
- 40 présentations orales,
- 146 présentations poster.



## Formation Instron

**Objectifs :** Développement de méthodes d'essai Bluehill 3.

Le logiciel Bluehill 3 d'Instron a été conçu pour piloter une gamme complète d'instruments d'essai Instron. Ces systèmes peuvent effectuer divers types d'essai en traction (extension), compression (poussée) et flexion (pliage).

Cette formation met l'accent sur la familiarisation avec le logiciel Bluehill 3, et traite du développement de méthodes d'essais pour nos applications.

Elle aborde les points essentiels nécessaires pour exécuter des essais et obtenir des résultats. Chaque chapitre présente des actions devant être effectuées.

Le programme a été orienté selon le plan défini ci-dessous :

Présentation générale du banc d'essai

Définition des applications de l'utilisateur

•Examen des types de méthodes d'essai requises pour effectuer les tâches

•Considérations relatives au matériel

•Considérations relatives au logiciel

•Identification des mesures ou résultats souhaités par l'utilisateur

Configuration de la console pour les besoins des applications

•Présentation générale de l'écran Bluehill

•Étalonnage des capteurs pour l'application

•Définition des limites

•Détermination de la longueur initiale d'éprouvette

Création d'une méthode d'essai pour la 1ère application

•Réglage des paramètres généraux

•Méthode - Unités et description

•Définition de paramètres d'échantillon

•Définition de paramètres d'éprouvette

•Définition de mesures

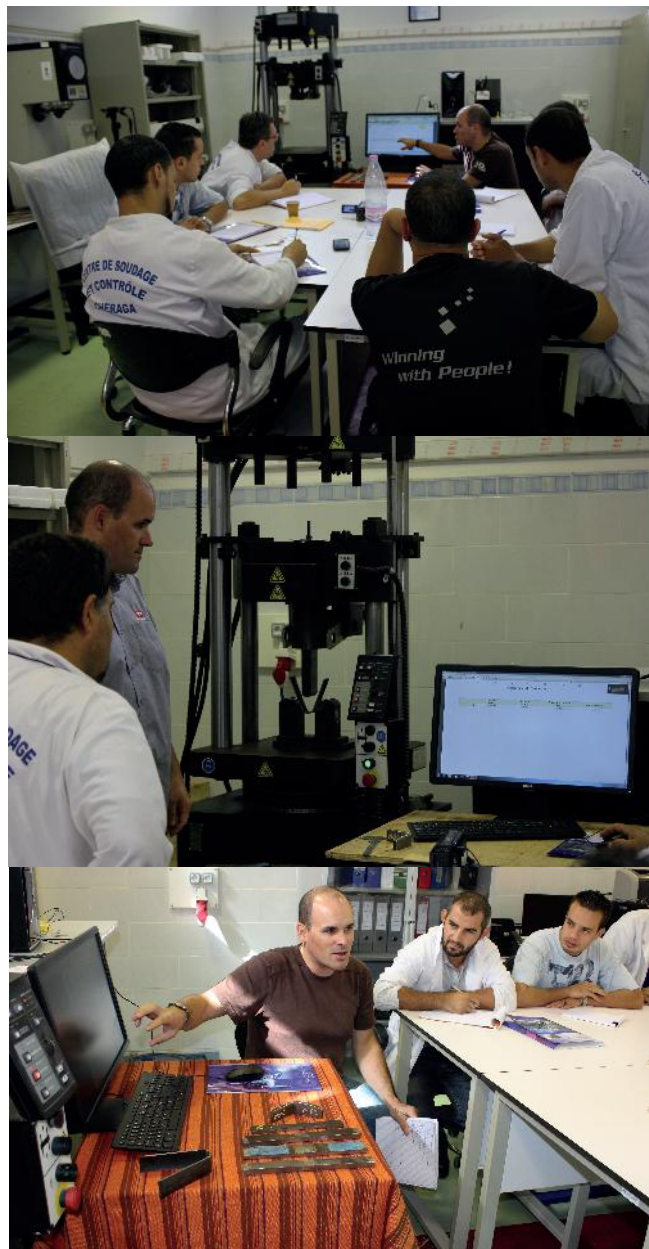
•Définition de calculs et de règles

•Paramétrage de la commande de l'essai

•Démarrage - Méthode de démarrage

Etablissement du rapport final

Cette formation a duré deux semaines. Elle a englobé l'étalonnage et la vérification des différents capteurs de la machine.



## Le salon international de l'innovation et de la compétitivité (ICS) de Toulouse :

Sous le haut patronage du président de la République Française et de grands ministères et de la Commission Européenne, Toulouse a accueilli le salon international de l'innovation du 16 au 18 septembre 2014.

La cérémonie d'ouverture du salon a été marquée par le passage d'une délégation officielle présidée par le chef de la région Midi-Pyrénées en présence du consul d'Algérie à Toulouse.

Cet évènement qui a permis la rencontre de plus de 700 exposants nationaux et internationaux autour du thème des technologies clés génériques a pu créer un contact direct entre les acteurs de différentes filières comme l'aéronautique, l'agroalimentaire, l'automobile, les biens de consommation, la santé, la chimie, etc....

Répartis sur 400 stands, les participants ont pu exposer des projets et des technologies innovantes, autour desquelles se sont



rassemblés plus de 20 000 visiteurs professionnels, dont des chercheurs issus des secteurs publics ou privés et des entreprises de secteurs et de tailles confondus.

L'exposition a été associée à un programme de près de 100 conférences, pilotées par un conseil scientifique composé d'experts qui ont abordé les grands défis sociétaux avec des intervenants internationaux de haut niveau.

Dans ce cadre, la participation de l'Algérie dans ce salon s'est faite à travers une délégation officielle pilotée par la Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique (DG-RSDT). Le stand de l'Algérie était constitué de plusieurs projets innovants dont le brevet d'invention du Centre de Recherche Scientifique et Technique en Soudage et Contrôle (CSC) qui porte sur la conception et la réalisation d'une machine de soudage par friction malaxage. Cette machine est destinée à réaliser des assemblages de matériaux difficilement soudables par les techniques faisant intervenir la fusion.

Grâce à la grande transversalité de ce salon, le CSC a pu profiter de cette opportunité pour démontrer son savoir-faire dans le domaine du soudage et du CND et établir des contacts avec différentes institutions et établissements étrangers activant dans le domaine de la recherche scientifique et de l'industrie, pour d'éventuelles collaborations futures.



## L'Académie des sciences de France

Une délégation de haut niveau de l'académie des sciences de France a effectué une visite à Alger du 19 au 21 septembre 2014, qui a été sanctionnée par un mémorandum d'entente et de coopération. Par ailleurs, la délégation française a visité, au cours de son séjour, des centres de recherches algériens dont le Centre de Recherche Scientifique et Technique en Soudage et Contrôle (CSC), où la délégation a visité tous ces laboratoires.

Cette Académie depuis sa création en France, se consacre au développement des sciences et conseille les autorités gouvernementales. Cette double vocation s'est renforcée au fil du temps, avec l'évolution des connaissances. Aujourd'hui, elle assure plusieurs missions telles que :

- Encourager la vie scientifique par sa participation au débat scientifique, l'organisation de colloques scientifiques et la remise de prix et de médailles financés par les fondations de l'Académie.
- Promouvoir l'enseignement des sciences par l'organisation de l'enseignement des sciences, la mise en place d'un réseau de conseillers scientifiques et son soutien à des bacheliers scientifiques ou techniques prometteurs.
- Transmettre les connaissances, par le partage des savoirs.
- Favoriser les collaborations internationales par des actions de coopération et par des réseaux internationaux d'académies.
- Assurer un rôle d'expertise et de conseil par des rapports d'analyse, d'avis et de recommandations.



## Comportement Electrochimique d'un Acier inoxydable Duplex (LDX 2101) dans Différentes concentrations de HCL.

A.ZIOUCHE 1, N.ZOUBIRI1, A.HAMRARAS2, H.BELDJOUHAR2

1-Welding and NDT research centre, BP64 route de Dely Ibrahim Cheraga Algiers, Algeria

2-Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene (USTHB)

a.ziouche@csc.dz

### Résumé :

Ce travail présente le comportement électrochimique d'une nuance d'acier inoxydable duplex LDX2101. Cet acier a subi un traitement thermique (hypertrempe) à partir de température 1050 C°, puis revenu à la température de 750C°. Les différentes techniques utilisées à savoir : microstructure par microscope optique, composition chimique par spectromètre d'émission Etincelle, mesure de la micro dureté et les essais électrochimiques. Pour les essais électrochimiques on a choisi trois concentrations d'un milieu acide : 3% HCl, 5% HCl, 1 M HCl, les techniques retenues dans cette étude sont la potentiométrie à circuit ouvert (OCP), la polarisation linéaire (LP) et la spectroscopie d'impédance électrochimique (EIS).Le matériau étudié a présenté une faible résistance à la corrosion selon l'augmentation de la concentration.

**Mots clés :** Acier inoxydable duplex, traitement thermique (hypertrempe), Spectroscopie d'impédance électrochimique.

### I-Introduction :

Les aciers inoxydables austéno-ferritiques (duplex) jouent un grand rôle et importances dans plusieurs domaines tel que : l'industrie pétrolière, la chimie, l'aéronautique.....etc.

Cette importance due au développement très accentué de la production et une diffusion très rapide de leur utilisation, et cela à cause de leur performances très élevés. Ces aciers présente une meilleur résistance à la corrosion car leurs microstructures sont biphasé, constituées de deux phases ferrite et d'austénite en pourcentage égale (50% ferrite et 50% d'austénite), l'équilibre de ces phases ( ferrite/austénite) provient de la composition et du traitement thermique appliqué à l'alliage .

Parmi ces nouvelles nuances duplex développées, le duplex LDX2101 qui est utilisé dans plusieurs domaines à cause de ces propriétés qui permettent également de les utiliser dans de nombreuses applications, comme par exemple; pétrole et du gaz, les milieux marins, le transport et le stockage, l'exploration du pétrole et du gaz, l'équipement de contrôle de la pollution, et l'usine de traitement chimique, tuyauteries, pontes, vannes.

### II-Préparation du matériau :

Le nuance LDX 2101 est un acier inoxydable biphasé (austéno-ferritique), c'est un alliage de plusieurs éléments : chrome, manganèse et nickel. Sa composition chimique qui est analysée par «Spectromètre d'émission étincelle», est mentionnée sur le tableau 1.

**Tableau 1:** Composition chimique de l'acier duplex 2101

Eléments	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	Nb	V
% (massique)	0.041	0.719	4.232	0.024	0.010	20.994	0.217	2.497	0.017	0.360	0.041	0.110

L'acier duplex LDX 2101 présente une très faible quantité en carbone, est riche en chrome par ce qu'il est nécessaire pour garantir la formation d'une couche surface auto-régénérant (couche passive) qui apporte la résistance à la corrosion.

## 2-Structure morphologie :

Avant de faire l'analyse microstructurale, il faut préparer les échantillons on passant par des étapes :

### 1-Préparation métallographique des échantillons :

#### 1. Découpage :

Les échantillons ont été prises à partir d'une tôle, coupés avec une tronçonneuse de surface 1 Cm<sup>2</sup>.

#### 2. Enrobage :

Nos échantillons sont enrobés à froid avec une résine thermodurcissable.

#### 3. Polissage

Le polissage a été réalisé avec des papiers abrasif en carbures de silicium d'une granulométrie de 180 jusqu'à 4000, en suite un polissage de finition a été effectué avec un feutre en utilisant l'alumine d'une concentration de 0.03%.

#### 4. Attaque électrolytique :

L'électrolyte utilisé dans cette étude est la solution KOH (10N)

## 3-Etude microstructurale de l'acier inox duplex 2101 :

### 1-L'identification des phases de l'acier inox brut :

Pour faire la microstructure des nuances utilisées on a eu recours à la microscopie optique, suivant d'une attaque électrolytique.

La figure 1 représente la microstructure de l'acier duplex, LDX 2101 est l'électrolyte utilisé pour nous étude.

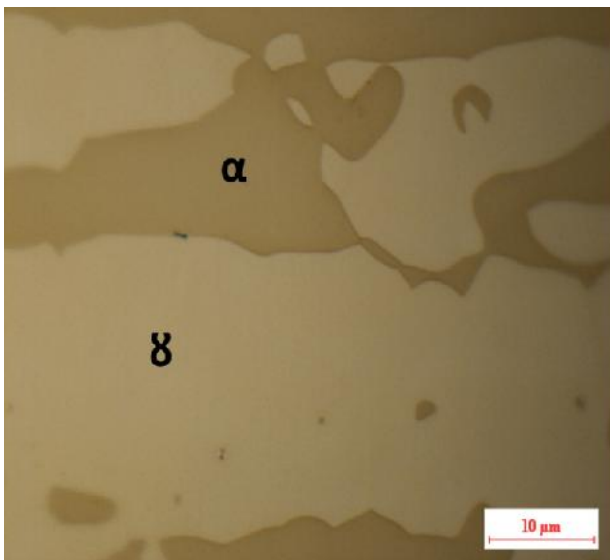


Figure1 : identification des phases ferritique et austénitiques de l'acier inoxydable référence 2101 avec grossissement X50 et X500

Nous distinguons après l'attaque que la structure contient deux phases; une foncée et l'autre en claire. La phase foncée représente la ferrite et la phase claire l'austénite.

D'après la bibliographie notre échantillon est donc, un acier biphasé constitué d'une phase austénitique et une phase ferritique de pourcentage 50% pour chacune.

## 2-Identification de phase sigma:

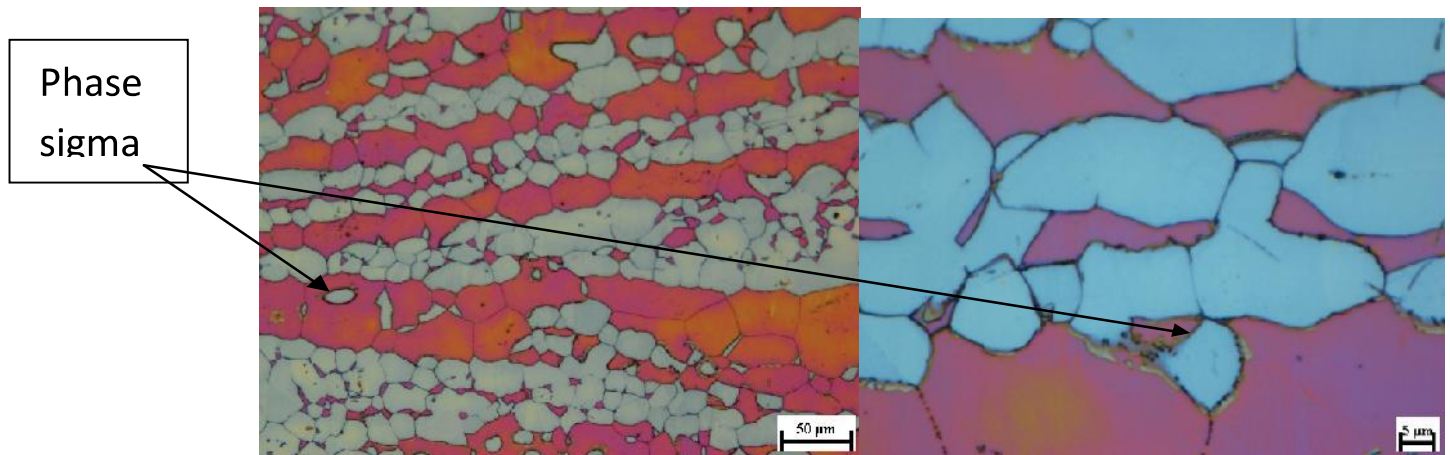


Figure2 : Identification des phases ferritique, austénitique et de la phase intermétallique sigma de l'acier LDX revenu à 750°C, avec deux différents grossissement X 200 et X1000.

Après traitement de revenu à 750 °C nous constatons le début de précipitations de la phase fragilisante sigma ( $\sigma$ ) riche en chrome. Cette phase qui apparaît comme des taches noires sur les joints de phase austénito-ferritique dans le côté ferritique

## 4- Les mesures de la micro dureté :

Avec un appareil de mesure de microdureté Vickers on a mesuré la moyenne de microdureté de notre matériau avant et après traitement thermique.

Les mesures de la micro dureté permettent de connaître la dureté d'une phase donnée dans un échantillon polyphasé, après chaque étape de traitement thermique, ainsi qu'à l'état brut (sans traitement). Nous avons pris une charge de 100gr/f (HV0.1) et cela pour toute les mesures.

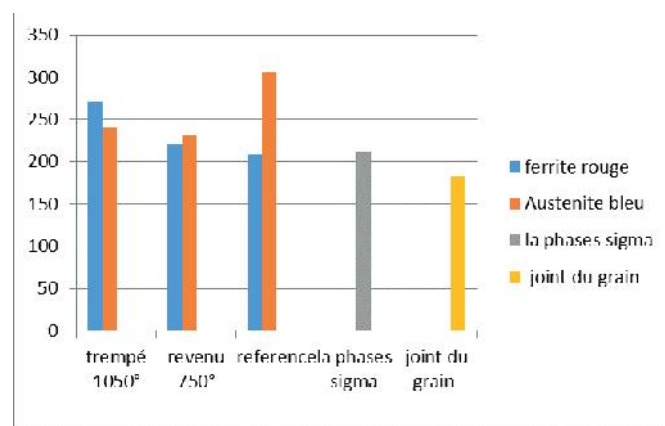


Figure 3: évolution de la microdureté des phases des échantillons traités à 1050°C et 750°C trempés à l'eau

D'après l'histogramme nous constatons que la microdureté de la ferrite est plus faible que celle de l'austénite ceci est due à l'appauvrissement de cette phase en Cr et la formation de la phase sigma (échantillons traité à 750°C) comparant à celui mis en solution à 1050°C ou la ferrite a sa valeur de la dureté la plus élevée. Nous remarquons aussi que le joint de grain a la dureté la plus faible par rapport aux autres échantillons. Après le traitement thermique, on a presque la même microdureté dans les deux phases dans le joint du grain on a une faible dureté à cause de la phase  $\delta$  qui absorbe le chrome.

## II-Essais électrochimiques :

Des expériences électrochimiques ont été effectuées en utilisant un système électrochimique de potentiostat galvanostat (ECLAB).

### 1-Potentiel a circuit ouvert :

A l'aide d'un potentiostat, nous avons pris après chaque seconde les valeurs de potentiel qui ont résultant des réactions qui se déroulent à l'interface de métal/solution.

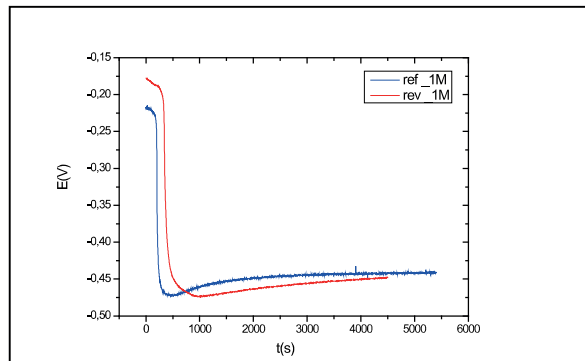


Figure 4 : Evolution de potentiel d'abandon de LDX 2101 en fonction de temps pour une concentration de HCl 1M.

Selon l'allure de la courbe (figure 4), nous remarquons une diminution de potentiel avec le temps jusqu'à son domaine de stabilisation, après environ de 2000 s, il atteint une valeur quasi-stationnaire. Au-delà de cette durée, nous pouvons dire que l'électrode se trouve au potentiel d'abandon. Au-delà de cette durée, le potentiel fluctue peu, ce qui atteste la formation d'une couche de produits de corrosion, plus au moins adhérente à la surface, isole le métal de base du milieu environnant ce qui donne une passivation de métal. Et même travail est fait pour des concentrations de 3% et 5% de HCl. Les résultats de potentiel à l'abandon obtenu pour les trois solutions sont représentés dans le tableau 2 :

Tableau 2: Potentiel d'abandon de l'acier duplex dans les différents milieux

Milieu (mol)	HCl 1	HCl 0.03	HCl 0.05
Potentiel (v)	-0.46	-0.496	-0.472

### 2-Polarisation linéaire (courbes courant-potentiel) :

L'étude en mode potentiocinétique permet par un balayage de potentiel (-1000mV/1000mV), à vitesse constante de 1mv/s, à distinguer divers domaines électrochimiques pour le matériau étudié.

Cette méthode permet une mesure rapide des vitesses quasi-instantanées de corrosion, et elle est suffisamment sensible et précise pour déterminer à la fois les fortes et les faibles vitesses de corrosion. Les courbes des figures 5 et 6 caractérisent l'allure générale d'une courbe de polarisation obtenue, dans une solution de Chlorure d'hydrogène à 0.03 M et 0.05 M et 1M dans les conditions expérimentales.

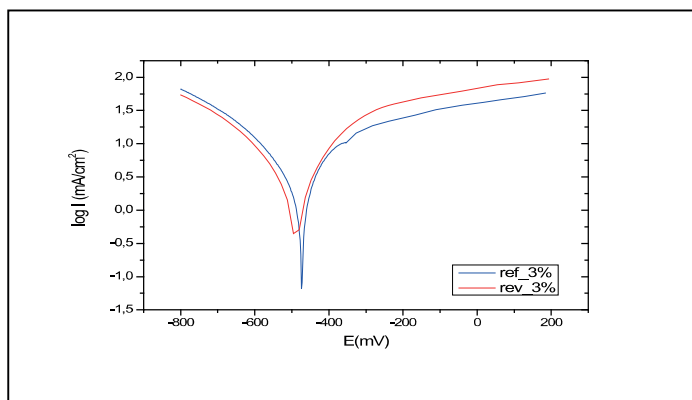


Figure 5: Courbe de polarisation d'acier inox LDX dans la solution de HCl 3%.

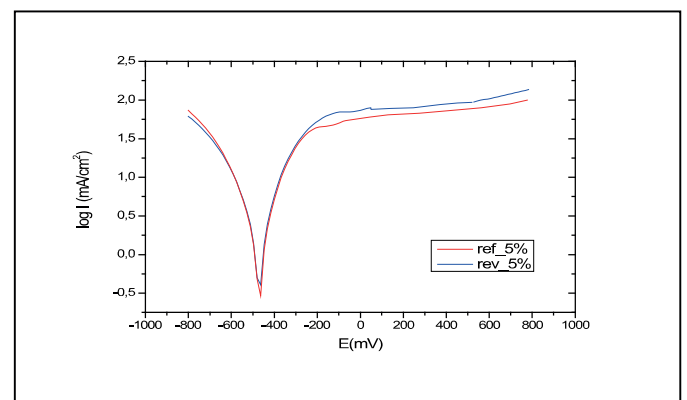


Figure 6: Courbe de polarisation d'acier inox LDX dans la solution de HCl à 5%.

Les valeurs du potentiel de corrosion et la densité de courant sont obtenues à partir du traitement des courbes de polarisation (méthode d'extrapolation des droites de Tafel). Les paramètres cinétiques caractéristiques de la résistance à la corrosion sont présentés dans le Tableau 3

**Tableau 3** : Les paramètres cinétiques

Solution	E (MV)	icorr (mA/cm <sup>2</sup> )	Ba (mV)	Bc (mV)	Corr (mm/ans)
HCL 3%	-5260	6.6669	325.1	-326.9	77.97
HCL 5%	-512.6	7.8082	319.0	-351.0	91.32

### 3-la spectroscopie d'impédance électrochimique :

Les diagrammes d'impédance ont été relevés au potentiel de corrosion, après différents temps d'immersion. Les mesures ont été effectuées pour un balayage de fréquences (100khz et 10 mhz).

Les diagrammes de la spectroscopie électrochimique, en représentation de Nyquist de duplex 2101, dans les différentes solutions de concentration 3%, 5% et 1 M sont représentés par les figures 7,8 et 9 respectivement.

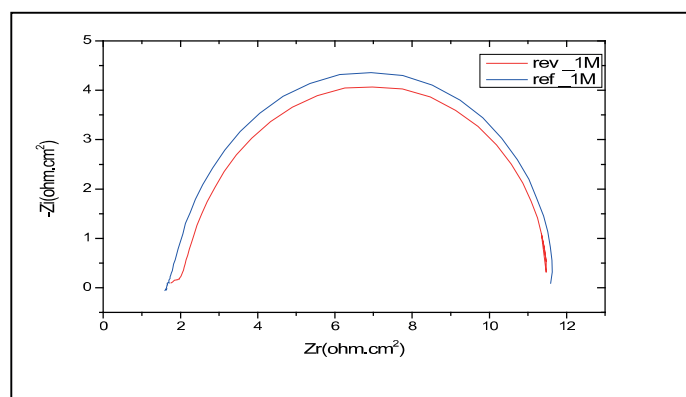


Figure 7: Diagrammes d'impédance du 2101 dans une solution de 1 M de HCl .

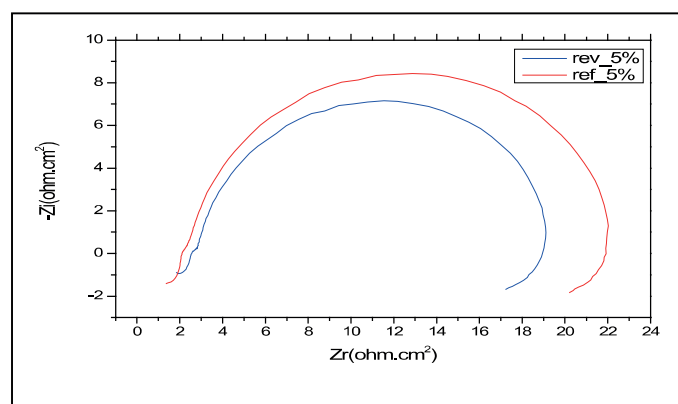


Figure 8: Diagrammes d'impédance du 2101 dans une solution de 5% de HCl .

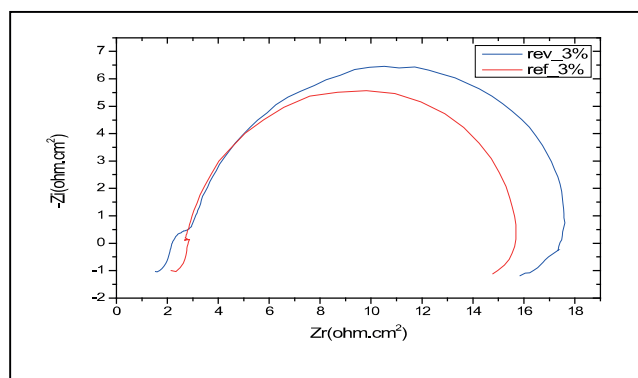


Figure 9: Diagrammes d'impédance du 2101 dans une solution de 3% de HCl .

On observe sur ce diagramme une seule boucle, cette boucle correspond à un phénomène de transfert de charge confirme l'effet agressif des ions chlorures.

A partir de ces diagrammes les résultats obtenus des résistances et présentés dans le tableau 4.

**Tableau4:** Résultat du schéma électrique

Echantillon	R (ohm)	C (f)
Revenu de 1M	9.488	$3.006 \cdot 10^{-3}$
Référence 1 M	10.09	$2.825 \cdot 10^{-3}$
Revenu de 0.05M	2.368	$0.726 \cdot 10^{-3}$
Référence 0.05 M	2.675	$1.750 \cdot 10^{-3}$
Revenu de 0.03M	2.233	$1.918 \cdot 10^{-3}$
Référence 0.03 M	2.692	$1.661 \cdot 10^{-3}$

### Conclusion :

Notre étude a permis à mener aux résultats suivant :

- Les traitements thermiques de revenu à 750 °C permet l'apparition la phase sigma( $\sigma$ ) qui est riche en chrome, elle fragilise le matériau et le rend moins résistant à la corrosion par piqure.
- la microdureté de la ferrite et plus faible que celle de l'austénite, ceci est due à son appauvrissement en Cr permettant ainsi la formation de la phase  $\sigma$ .
- Nous avons effectué une observation micrographique, nous remarquons après l'attaque que la structure contient deux phase : une sombre (ferrite) et l'autre en claire (austénite).
- La résistance à la corrosion des aciers inox est basée sur un alliage du Cr-Fe, et dépend de la formation d'une couche passive de surface aux oxydes passive et l'existence d'une variété de différents type de corrosion tels que : corrosion par piqure, et la corrosion par contrainte.

### Reference:

**Wen-Ta Tsai\***, **Shyan-Liang Chou**, Environmentally assisted cracking behavior of duplex stainless steel in concentrated sodium chloride solution, Taiwan, 2000.

**Ifires .M**, Etude du comportement électrochimique de l'alliage AA6061 dans le milieu NaCl en présence d'inhibiteur de corrosion, Université de Blida, 2012.

**Ouali.N**, Comportement au vieillissement et à la restauration par traitement thermique de l'acier inoxydable austenoferritique 2205, mémoire de magister, université de Blida, 2012.

**Laidi B**, Etude de la résistance à la corrosion des Alliages de cuivre en milieu salin, Université de skikda, 2008.

**El-Sayed, M. Sherif**, Corrosion of Duplex Stainless Steel Alloy 2209 in Acidic and Neutral Chloride Solutions and its Passivation by Ruthenium as an Alloying Element, Saudi Arabia ,2012.

## Analysis and Mitigation of the Interference Between High Voltage Power Line and Buried Pipelines

Ouadah M'hamed, Zergoug Mourad

Welding and NDT research centre, BP64 route de Dely Ibrahim Cheraga Algiers, Algeria

m.ouadah@csc.dz

### Abstract :

Analysis of electromagnetic interference between high voltage overhead power transmission lines and nearby gas/oil pipeline has been a topic of growing interest for many years. When pipelines are located in shared row with power lines, the pipeline can incur high induced voltages and currents due the AC interference. The induced voltage on pipeline can be dangerous for operator to touch the pipeline as well as pipe corrosion can result from AC discharge. This research evaluates and analyzes the electromagnetic interference effects on oil and gas buried pipelines created by the nearby high voltage transmission lines. The aim is to evaluate the AC corrosion likelihoods of pipelines and suggest proper mitigation solutions.

**Keywords:** AC Interference, Induced Voltages, Electric Power Transmission Lines, pipeline, AC Corrosion, cathodic protection, soil resistivity.

### 1. Introduction

The electromagnetic fields generated by high voltage power lines (HVPL) result in AC interference to nearby metallic structures [1], [2], Therefore, in many cases nearby metallic pipelines (MP) are exposed to the effects of induced AC currents and voltages [3]. These induced voltages and currents may be dangerous for both operating personnel and pipeline structural integrity due to corrosion effects [4].

The interference has been traditionally divided into three main categories: capacitive, conductive and inductive coupling [5], [6], [7], and [8].

**Capacitive Coupling:** Affects only aerial pipelines situated in the proximity of HVPL. It occurs due to the capacitance between the line and the pipeline. For underground pipelines the effect of capacitive coupling may not to be considered, because of the screening effect of earth against electric fields.

**Inductive Coupling:** Voltages are induced in nearby metallic conductors by magnetic coupling with high voltage lines, which results in currents flowing in a conducting pipeline and existence of voltages between it and the surrounding soil. Time varying magnetic field produced by the transmission line induces voltage on the pipeline.

**Conductive Coupling:** When a ground fault occurs in HVPL the current flowing through the grounding grid produce a potential rise on both the grounding grid and the neighboring soil with regard to remote earth. If the pipeline goes through the "zone of influence" of this potential rise, then a high difference in the electrical potential can appear across the coating of the pipeline metal. There has been a considerable amount of research into interference effects between AC power line and pipeline including computer modeling and simulation. [9], [10]. A general guide on the subject was issued later by CIGRE [11], while CEOCOR [12] published a report focusing on the AC corrosion of pipelines due to the influence of power lines.

Underground steel pipelines are in permanent contact with the electrolyte solution from the soil, so proper protection measures are necessary in order to limit the induced current densities, which are the cause of electrochemical corrosion.

There are more than one method applied to power lines and pipeline to reduce induced voltage and current on pipelines. This include increasing the separation distance between them, the configuration of tower, number of the conductor per phase, the distance between conductors, soil structure , the type of coating for pipe , and the pipe grounding [13],[14],[15] and [16].

This piper evaluates and analyzes the electromagnetic interference effects on oil and gas buried pipelines created by the nearby high voltage transmission lines. First we analyze the magnetic field for horizontal and vertical configurations, and then we study the effect of the soil conductivity in the level of the induced voltage in the pipeline during both normal conditions on the power line. Finally we evaluate the AC corrosion likelihoods of pipelines and suggest proper mitigation solutions.

### 2. Physical approach

#### A. Electric field

To calculate the electric field under the power line, phase conductors are considered as infinite line charges. The horizontals and



verticals components of the electric field due to the three phase conductors at the desired locations are calculated separately using equation (1) given below. Fig.1 shows the components of the electric field at the observation point M(x,y) due to one phase conductor and its image.

$$\begin{cases} E_{hi} = \frac{Q_i}{2\pi\epsilon_0} (x-x_i) \left[ \frac{1}{(D_i)^2} - \frac{1}{(D'_i)^2} \right] \\ E_{vi} = \frac{Q_i}{2\pi\epsilon_0} \left[ \frac{(y-y_i)}{(D_i)^2} - \frac{(y+y_i)}{(D'_i)^2} \right] \end{cases} \quad (1)$$

Where:

Q is the charge of the conductor,  $\epsilon_0$  is the relative permittivity.

Resultant of horizontal and vertical components of the field gives the total electric field at the desired locations as shown in equation given below.

$$E = \sqrt{(E_{hi})^2 + (E_{vi})^2}$$

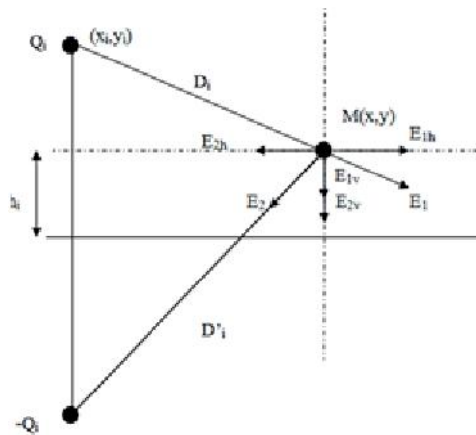


Figure1: Components of electric field due to HVPL

## B. Magnetic field

A magnetic field will be created by the current going through the conductors. As in the electric field, each point charge will produce a magnetic field having a horizontal and a vertical component.

$$B = \sqrt{(B_{hi})^2 + (B_{vi})^2}$$

Where B is the magnetic field,  $B_{hi}$  and  $B_{vi}$  are the horizontal and vertical components respectively.

$$\begin{cases} B_{hi} = \frac{\mu I}{2\pi} (x-x_i) \left[ \frac{1}{(D_i)^2} - \frac{1}{(D'_i)^2} \right] \\ B_{vi} = \frac{\mu I}{2\pi} \left[ \frac{(y-y_i)}{(D_i)^2} - \frac{(y+y_i)}{(D'_i)^2} \right] \end{cases} \quad (2)$$

Where:

$\mu$  is the air relative permeability, I is the current through the conductor.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U \cdot \cos\theta}$$

P is the active power carried by the line, U is the voltage applied;

### C. Induced Voltage

One of the main elements in the study of the induced voltage as a result of HV lines is the determination of soil resistivity of the surrounding area of pipeline, There are many ways to measure the soil resistivity, The most commonly used method of measuring soil resistivity is the four-pin method (Wenner)[17].

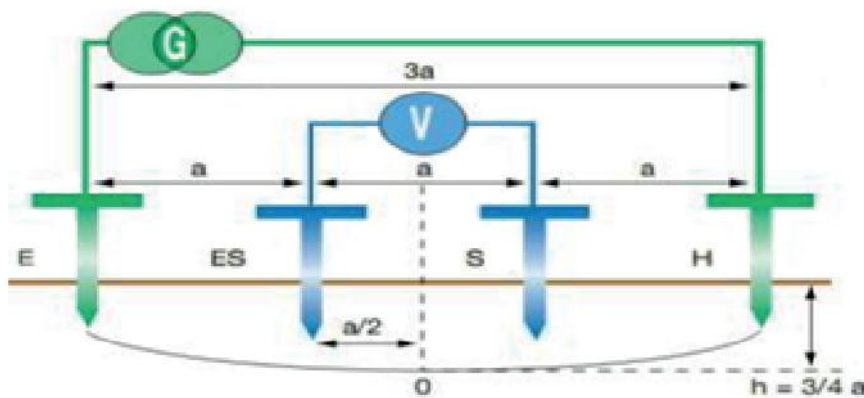


Figure 2: Soil Resistivity Calculation Using the Four Pin Method

Wenner method employs four pins. The two outer electrodes will be used to inject current into the ground and the two inner electrodes will be used to measure earth potentials. All four electrodes will be placed in a straight line. The apparent resistance is directly readable from the instrument ( $R = V/I$ ). Approximating the current electrodes by hemispheres, the soil resistivity is then obtained by:

$$\rho = 2\pi \cdot a \cdot R \quad [\Omega \cdot m] \quad (3)$$

Where:

A is the probe spacing in meters, R is the resistance measured in Ohms.

By using this method, the soil resistivity approximately at a depth of three quarters of the distance between two electrodes can be assessed.

The induced voltage on the pipeline is generated by the electromagnetic field in the soil. The level of induced voltage from a high voltage power transmission line on an adjacent pipeline is a function of geometry, soil resistivity and the transmission line operating parameters. The image method was used to calculate the induced voltage in a pipeline, in a single soil resistivity layer [18].

$$V = \frac{\rho I}{4\pi} \left( \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2 + (z-h)^2}} + \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2 + (z+h)^2}} \right) \quad (4)$$

Where,  $\rho$  is the soil resistivity, I is the current in the line, h is the depth of the pipeline in the soil and x, y, z represent the point where the voltage potential should be found.

### 3. Result and discussion

We carried out within the context of this work the calculations carried out on a high voltage power line having the following characteristics (figure 3).  $P = 750$  MW under a  $\cos(\theta) = 0.85$  and  $U = 400$  KV.

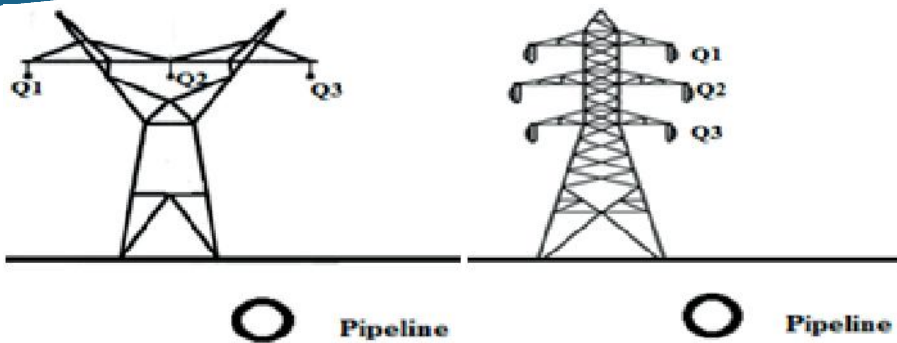


Figure3: Horizontal Vs. vertical configurations

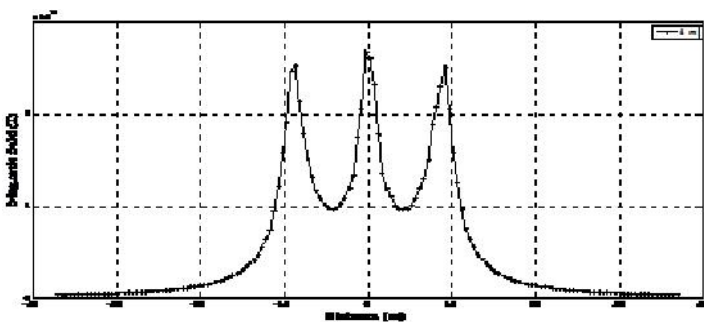


Figure4: Magnetic field for horizontal configuration

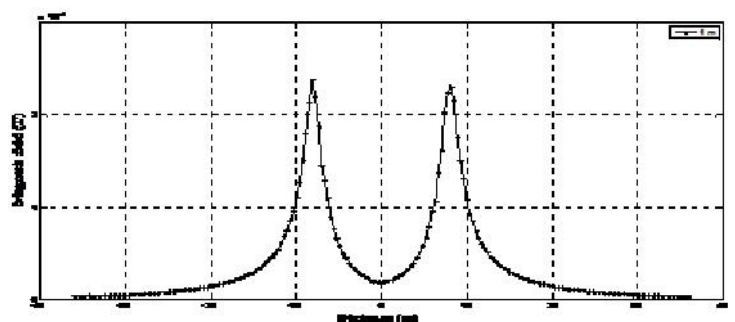


Figure5: Magnetic field for vertical configuration

Figure 4, shows the magnetic field profile for the horizontal configuration under one meter of the high voltage power line. Three peaks corresponding to the location of the three phase conductors. The peak at the center of the right of way has a slightly larger magnitude than the two peripheral peaks. The magnetic field profile in figure 5, presents a two peak configuration.

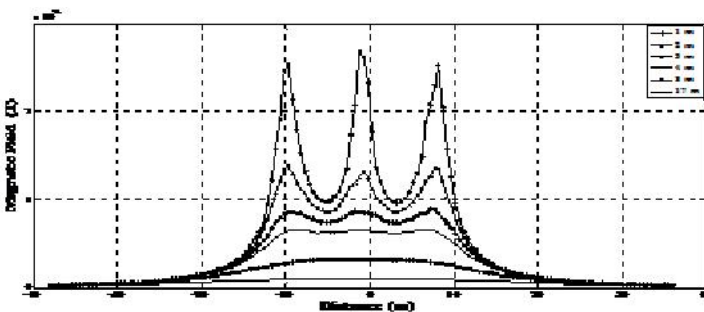


Figure6: Magnetic field for horizontal configuration with varying height

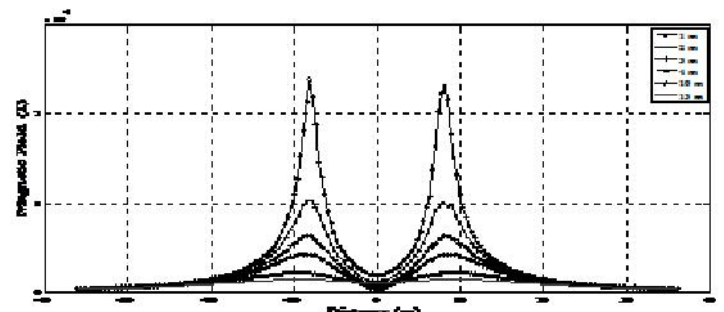


Figure7: Magnetic field for vertical configuration with varying height

Figs.6 and 7 show the magnetic field for horizontal and vertical configuration respectively with varying height. As the height increases, the distance between the charges and the pipe line increases causing a decrease in the magnitude of the magnetic field.

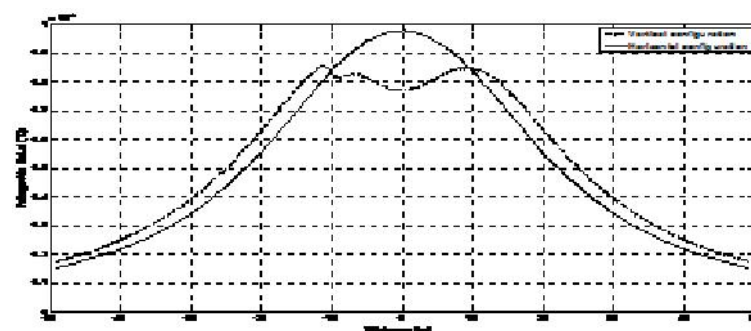


Figure8: Magnetic Field for horizontal and vertical configurations

In order to know which configuration gives the lowest field under the transmission line, magnetic fields at one meter height above the ground for various configurations have been calculated. In Fig.8, the resulting magnetic fields corresponding to each of the configurations are shown. In the center of the right of way, the vertical configuration gave the lower magnitude, whereas, as we move laterally away from the center, the horizontal configuration gives the lower magnitude.

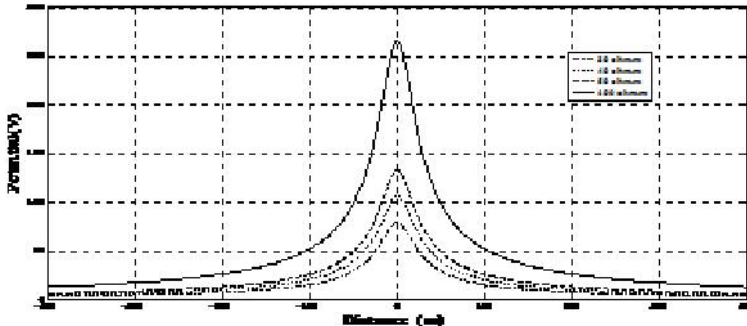


Figure9: Induced pipeline potentials under different soil resistivity

The inductive interference effect has been analyzed at different soil resistivity (the soil resistivity varied from 30 to 100  $\Omega.m$ ). In Fig.9, it is clear that the soil resistivity has an influence on the induced voltage. The pipeline induce-voltage reduces by reducing the soil resistivity (i.e. high soil resistivity gives high induced voltage).

## 4. Ac corrosion

The risk of AC corrosion of the metallic structures is closely linked with the pipeline isolation defects, which might occur, for instance during construction work. From an electrical point of view, coating holidays can be seen as a small, low impedance AC earthing system connected to the pipeline. If the coating holiday size for example exceeds a certain dimension, corrosion risk likelihood neutralizes according to the relevant current density.

We consider a situation where a pipeline is buried near a High Voltage Power Lines, and let us assume that the pipeline coating has a single defect. At the defect point, the pipeline has a resistance to earth whose approximate value is [19]:

$$R = \frac{\rho}{2.D} \cdot \left( 1 + \frac{8d}{\pi D} \right) \quad (5)$$

Thus the current density  $J$  (A/m<sup>2</sup>) through the coating defect is:

$$J = \frac{8.U}{\rho.\pi(8d+D)} \quad (6)$$

$U$  is the induced voltage,  $d$  is the coating thickness,  $\rho$  is the soil resistivity,  $D$  is the defect diameter.

Based on actual investigation in the field of AC corrosion, as well as to the actual European technical specifications [20], the AC corrosion risk can already be expected from current densities at coating holidays among 30 A/m<sup>2</sup>. For current densities

between 30 A/m<sup>2</sup> and 100 A/m<sup>2</sup> there exists medium AC corrosion likelihood. For current densities upper 100 A/m<sup>2</sup> there is a very high A/m<sup>2</sup> corrosion likelihood [21].

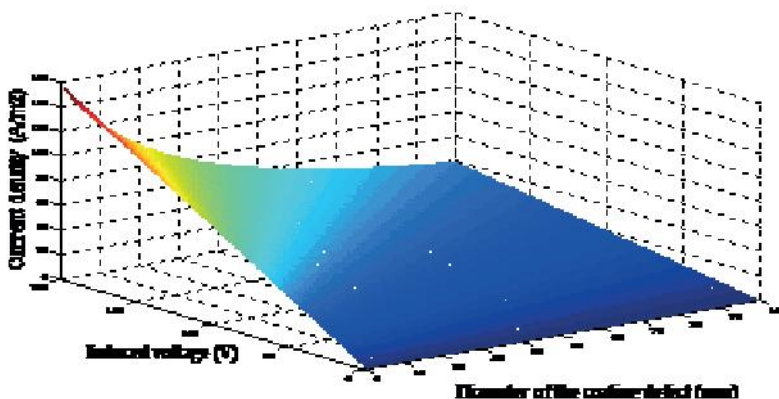


Figure10: Current density

In Fig.10, the current density varies linearly with induced voltage and depends on soil characteristics by its resistivity, i.e. current density is greater in soil with low electrical resistivity. Moreover, current density increases by decreasing the dimension of the coating defect. The structures with a coating defect of small size may have a higher risk of AC corrosion.

## 5. Suggested solutions

The close proximity of structures to power lines and their sharing parallel paths for relatively long distances is the principal cause of stray AC. If the structure is remote from the power lines, the interference can be virtually eliminated. Obviously, this method of mitigation is practical only at the preconstruction stage of either the power lines or the structure. Otherwise, the mitigation must

be accomplished by alternative methods. One of these methods is grounding pipe using a metal such as zinc, magnesium. On short lines, this effect can be remedied by using distributed sacrificial anodes on the structure. The anodes will not only be sufficient to provide cathodic protection current but will also simultaneously lower the resistance of the structure with respect to earth.

## 6. Conclusion

The interference problems that affect pipelines near high voltage AC power (HVAC) transmission lines have been well defined. The magnetic field on the pipeline in the vicinity of a high voltage power line have been calculated for horizontal and vertical configurations. By comparing the magnetic field profiles for the horizontal and vertical configurations, it was found that in the center of the right of way, the horizontal configuration gave the lower magnitude, whereas, as we move laterally away from the center, the vertical configuration gives the lower magnitude.

The voltage profiles for normal operation conditions have been simulated. Finally, the AC corrosion effect on metals was studied and the method of mitigation of AC corrosion was proposed. The method is grounding pipe using a sacrificial anodes such as zinc, magnesium. The anodes will not only be sufficient to provide cathodic protection current but will also simultaneously lower the resistance of the structure with respect to earth.

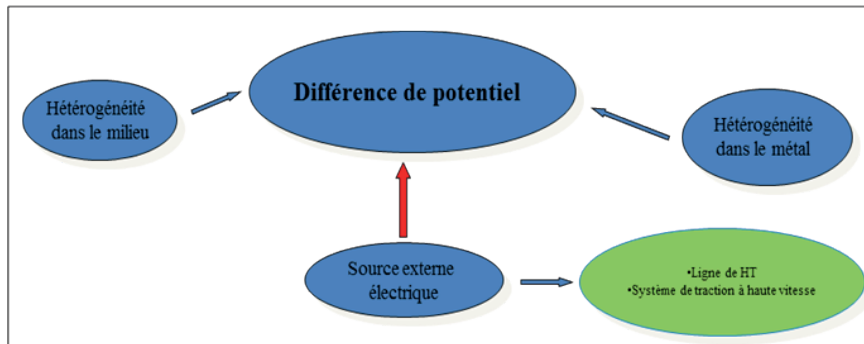
## References

- [1] F. P. Dawalibi, R. Da. Southey, "Analysis of electrical interference from power lines to gas pipelines, part I - Computation methods," IEEE Trans. Power Del., vol. 4, no. 3, pp. 1840-1846 July 1989.
- [2] F. P. Dawalibi, R. Da. Southey, "Analysis of electrical interference from power lines to gas pipelines, part II - Parametric analysis," IEEE Trans. Power Del., vol. 5, no. 1, pp. 415-421 Jan. 1990.
- [3] Hanafy M. Ismail, Effect of Oil Pipelines Existing in an HVTL Corridor on the Electric-Field Distribution, IEEE Transactions on Power Delivery, VOL. 22, NO. 4, pp.2466-2471, 2007.
- [4] CIGRE Joint Working Group C4.2.02, "AC Corrosion on Metallic Pipelines due to Interference from AC Power Lines", CIGRE Technical Brochure no. 290, 2006.
- [5] G. Christoforidis, D. Labridis, Inductive Interference on pipelines buried in multilayer soil due to magnetic fields from nearby faulted power lines, IEEE Transaction on Electromagnetic Compatibility, Vol. 47, No. 2, pp. 254-262, May 2005.
- [6] A. Gupta and M. J. Thomas, "Coupling of High Voltage AC Power Lines Fields to Metallic Pipelines," in 9th International Conference on Electro Magnetic Interference and Compatibility, INCEMIC, Bangalore, India, February 23-24, 2006.
- [7] Mohamed M. Saied, The Capacitive Coupling Between EHV Lines and Nearby Pipelines, IEEE Transactions on Power Delivery, VOL. 19, NO. 3, pp.1225-1231, 2004.
- [8] R. Braunstein, E. Schmautzer, M. Oelz, "Impacts of inductive and conductive interference due to high-voltage lines on coating holidays of isolated metallic pipelines", 21st International Conference on Electricity Distribution, June 2011, Frankfurt, Germany, paper 13.
- [9] George Filippopoulos and Dimitris Tsanakas, Analytical Calculation of the Magnetic Field Produced by Electric Power Lines, IEEE Transactions on Power Delivery, VOL. 20, NO. 2, pp 1474, APRIL 2005.
- [10] G. M. Amer, "Novel technique to calculate the effect of electromagnetic field of HVTL on the metallic pipelines by using EMTP program," The Int. Journal for Computation and Mathematics in Electr. and Electron. Eng., vol. 29, no. 1, pp. 75-85 2007.
- [11] CIGRE Working Group 36.02, "Guide on the Influence of High Voltage AC Power Systems on Metallic Pipelines", CIGRE Technical Brochure no. 095, 1995.
- [12] AC corrosion on cathodically protected pipelines – Guidelines for risk assessment and mitigation measures, CEOCOR, 2001.
- [13] L. Bortels, J. Deconinck, C. Munteanu and V. Topa, "A General Applicable Model for AC Predictive and Mitigation Techniques for Pipeline Networks Influenced by HV Power Lines", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 21, No. 1, 2006, pp 210-217.
- [14] CIGRE Working Group C4.204, "Mitigation Techniques of Power-Frequency Magnetic Fields Originated from Electric Power Systems", CIGRE Technical Brochure no. 373, 2009.
- [15] R. D. Southey, F. P. Dawalibi and W. Vukonich, "Recent advances in the mitigation of AC voltages occurring in pipelines located close to electric transmission lines," IEEE Trans. Power Del., vol. 9, no. 2, pp. 1090–1097 Apr. 1994.
- [16] R. Braunstein, E. Schmautzer, G. Propst, "Comparison and Discussion on Potential Mitigating Measures Regarding Inductive Interference of Metallic Pipelines", Proceedings of ESARS, October 2010, Bologna, Italy.
- [17] W. Von Baeckmann, W. Schwenk, W. Prinz, Handbook of Cathodic Corrosion Protection - 3Ed, 1997.
- [18] E. Sawma, B. Zeitoun, N. Harmouche, S. Georges and M. Hamad "Electromagnetic Induction in Pipelines Due to Overhead High Voltage Power Lines" IEEE, International Conference on Power System Technology, 2010.
- [19] W. von Baeckmann, W. Schwenk, W. Prinz, Handbook of Cathodic Corrosion Protection, Theory and Practice of Electro-chemical Protection Processes, 3rd ed., Gulf Publishing Co, Houston, TX, 1997
- [20] "CEN/TS15280: Evaluation of a.c. corrosion likelihood of buried pipelines - Application to cathodically protected pipelines", CEN, March 2006.
- [21] R. Braunstein, E. Schmautzer, G. Propst, "Comparison and Discussion on Potential Mitigating Measures Regarding Inductive Interference of Metallic Pipelines", Proceedings of ESARS, October 2010, Bologna, Italy.

## LA CORROSION ET LA PROTECTION CATHODIQUE

La corrosion est une réaction électrochimique entre un métal et son environnement qui se forme lorsque deux parties d'une structure possèdent un potentiel électrique différent. La différence de potentiel résulte souvent d'une hétérogénéité dans le métal, dans le milieu environnant ou l'existence d'une source électrique externe.

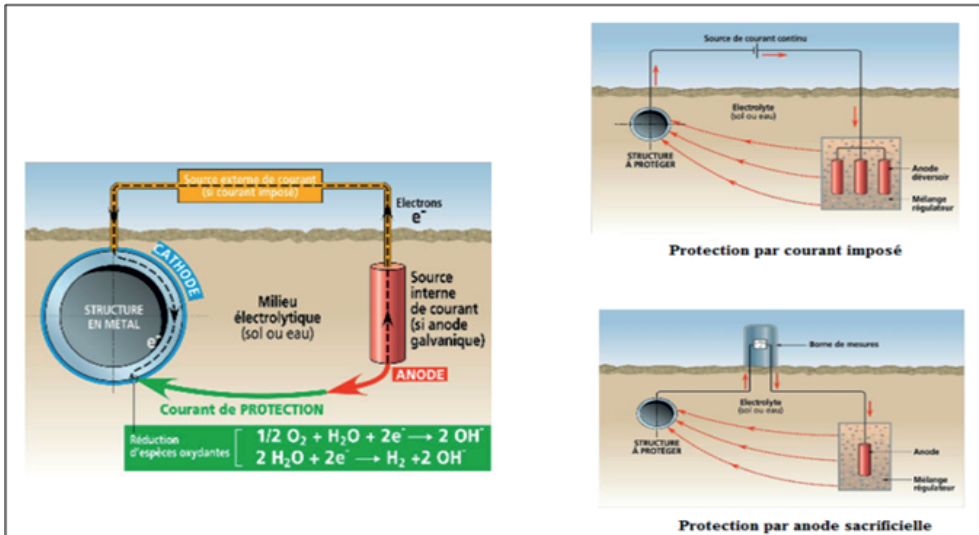
Cette corrosion peut être rendue impossible par la mise en œuvre d'une **Protection Cathodique** de l'ouvrage à protéger.



La première utilisation de la protection cathodique remonte à l'année 1824, lorsque Sir Humphry Davy de la Royal Navy, avait fixé des morceaux de fer à l'extérieur et au-dessous de la ligne de flottaison sur le revêtement en cuivre de la coque d'un navire. Le fer se corrodait plus facilement que le cuivre sous forme de rouille lorsqu'il est en contact avec la coque, ce qui fait que la vitesse de corrosion du cuivre s'en trouve considérablement réduite.

### Principe de la protection cathodique

La protection cathodique est une technique qui permet de contrôler la corrosion d'une surface métallique en transformant celle-ci en une cathode d'une cellule électrochimique.



La vitesse de corrosion d'un métal dans le sol ou dans l'eau est fonction du potentiel du matériau dans son milieu environnant. De manière générale, plus on porte le potentiel du métal vers des valeurs négatives, plus la vitesse de corrosion diminue. Cet abaissement du potentiel vers des valeurs négatives est obtenu en faisant circuler dans le sol ou dans l'eau un courant continu partant de l'anode et se refermant sur la surface métallique de la structure à protéger. Dans le cas des structures revêtues, le courant atteint la surface métallique principalement par les porosités et les défauts du revêtement. Le courant de protection peut être fourni soit à partir des systèmes à **courant imposé**, soit à partir **d'anodes galvaniques (sacrificielles)**.

### Critères de la protection cathodique

Le seuil de la protection cathodique dépend du milieu avec lequel l'équipement est en contact. Le tableau ci-dessous donne les domaines de protection recommandés pour différents métaux dans différents milieux.

METAL	Domaines de protection préconisés	
	Sols	Eau de mer
	Electrode en Cu/Cu-SO <sub>4</sub>	Electrode en Ag/Ag-Cl
Acier en environnement		
1- aérobic	< -850 mV	< -800 mV
2- anaérobic	< -950 mV	< -900 mV
Aluminium	-950 mV à -1200 mV	-900 mV à -1150 mV
Plomb	-600 mV à -1500 mV	-550 mV à -1450 mV

## Application de la protection cathodique dans l'industrie

Les principales applications industrielles de la protection cathodique sont les canalisations enterrées ou immergées, les réservoirs enterrés et les intérieurs de capacités en association avec une protection passive par un système de peinture ou par revêtement spécial.

Elle est aussi largement utilisée en milieu marin pour la protection des navires, des bouées, des ouvrages portuaires et des plates-formes offshore. Cette technique se développe dans les nouveaux secteurs comme les ouvrages aériens en béton armé ou précontraint (tabliers de ponts, piliers,...).

## Organismes de protection cathodique

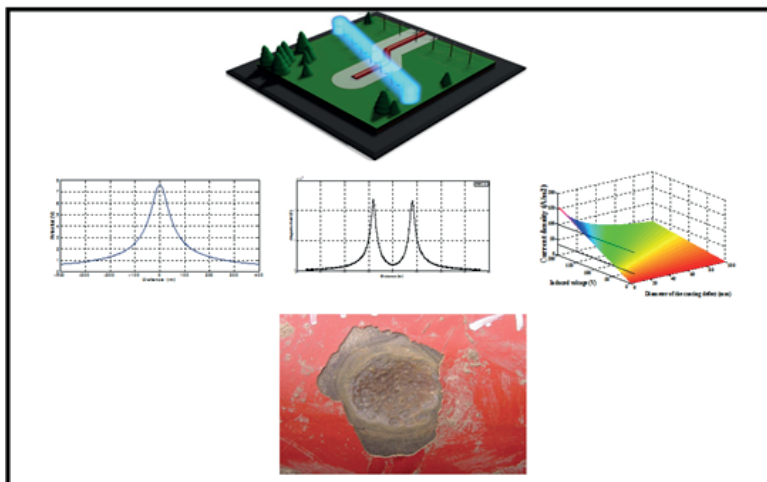
Organisme	Date de création
NACE (National Association of Corrosion Engineers)	1953
AIAC (Association des Ingénieurs en Anticorrosion)	1954
EFC (Fédération Européenne de Corrosion)	1955
CEFRACOR (Centre Français de la Corrosion)	1960

## Normes et standards en protection cathodique

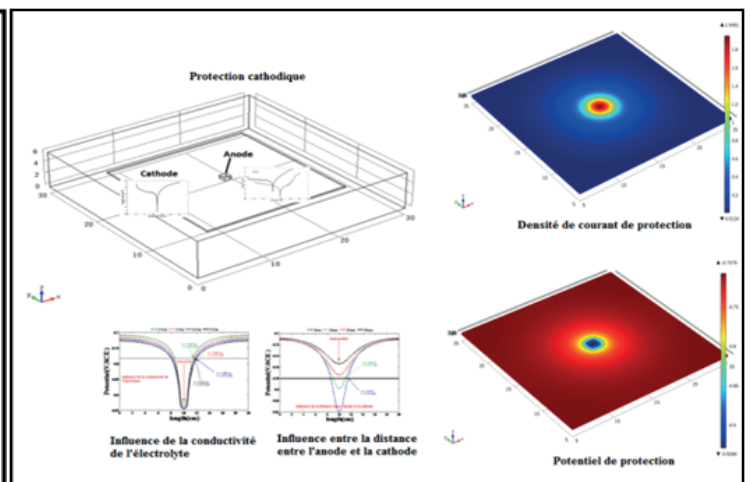
- ✓ BS EN 12954: "Cathodic protection of buried or immersed metallic structures - General principles and application for pipelines".
- ✓ BS EN 13509 : "Cathodic protection measurement techniques".
- ✓ BS EN 12501-2: "Protection of metallic materials against corrosion - Corrosion likelihood in soil - Part 2: " Low alloyed and non-alloyed ferrous materials".
- ✓ BS EN 50162: "Protection against corrosion by stray current from direct current systems".
- BS EN 14505: "Cathodic protection of complex structures".
- ✓ BS EN 13636: "Cathodic protection of buried metallic tanks and related piping".
- ✓ CEN/TS 15280: "Evaluation of AC corrosion likelihood of buried pipelines - Application to cathodically protected pipelines".
- ✓ pr EN 16299 : "Cathodic protection of external surfaces of the bottom of aerial steel storage tanks in contact with the ground or the foundations".
- NF EN 62305: "Protection against lightning", Parts 1, 2 and 3.
- ✓ BS EN ISO 10012: "Requirements for measurement processes and measuring equipment".

## Recherches dans le domaine de la protection cathodique

Actuellement les chercheurs traitent dans leurs recherches, les perturbations influençant le bon fonctionnement des systèmes de protection cathodique. Les sources de ces perturbations sont diverses, on peut citer par exemple, les courants vagabonds continus ou alternatifs.



Exemple d'une corrosion par courant alternatif.



Exemple d'un système de protection cathodique dans l'eau de mer. Influence de la conductivité et la distance entre l'anode et la cathode

## Choix des revêtements dans la protection contre la corrosion

**Chef d'équipe : ZIOUCHE Aicha**

**Membres de l'équipe :**

- LEBOUKH Saida, Attaché de Recherche
- KACEL Tawous, Attaché de Recherche
- FENINECHE Nourinne, Associé
- FEGHOUL Amira, Ingénieur
- ZOUBIRI Nabila, Technicienne

### Description du projet:

Le présent projet a pour objectif :

- Réalisation d'une étude électrochimique et morphologique des matériaux métallique souvent employés dans le domaine industriel, soumises à un milieu simulant leur environnement. Plusieurs techniques d'investigation seront utilisées, principalement des méthodes électrochimiques ; ces méthodes nous permettent de donner une évaluation globale sur le comportement des matériaux en interaction avec un milieu agressif.

- L'analyse de l'influence de l'état de surface sur la résistance à la corrosion, en mettant en évidence, l'effet des déviations plus ou moins régulières de la forme des surfaces par rapport à une surface idéalement lisse.

- Le développement d'un savoir-faire dans l'élaboration de dépôts de couche mince par voie chimique ou physique.

- La prévention des dommages causés aux substrats métalliques par la corrosion et prolongation de la durée de vie des composants métalliques.

### Intérêts du projet :

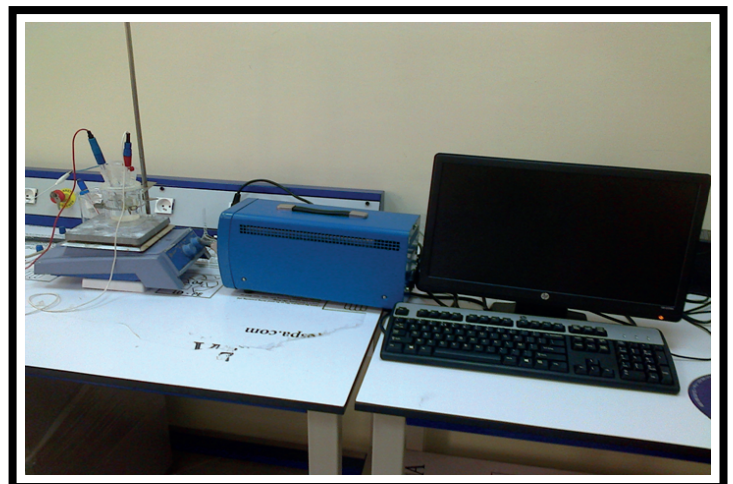
Les démarches à suivre pour la réalisation de ce projet sont les suivantes:

- 1- Etude du comportement électrochimiques des matériaux métalliques dans des milieux aqueux agressifs ;
- 2- Définition des paramètres de dépôts, ainsi le choix des matériaux à déposer ;
- 3- L'élaboration des couches minces par un procédé physique ou chimique ;
- 4- Des études très approfondies corrélant la structure, les propriétés électriques et électrochimiques du matériau seront effectuées pour « regrouper les propriétés physico chimique du nouveau matériau élaboré ». ?

### Résumé :

La corrosion des matériaux peut mener à une détérioration accélérée de leurs propriétés physico-chimique et de leur durée de vie. Cela est dû à l'environnement corrosif constitué de particules agressives, de la variation de la température, du PH, l'acidité ou la salinité, etc.

La surface des matériaux interagit avec son milieu environnant et subit dès lors des dégradations diverses. Or, les chimistes et les physiciens peuvent conférer à ces surfaces des propriétés spécifiques: optiques, esthétiques, protectrices, etc. Ces propriétés particulières sont généralement obtenues en revêtant la surface du matériau brut d'un dépôt mince de nature chimique différente. La qualité et la durée de vie de ces dépôts dépendent du contact entre le matériau de base et la matière déposée: la couche doit adhérer



Dispositif électrochimique utilisé



correctement et durablement au matériau sous-jacent.

Dans ce projet, dans un premier lieu, nous allons étudier les phénomènes de corrosion, en analysons le comportement électrochimique de divers matériaux métalliques tels que les aciers faiblement alliés, les aciers inoxydables, les alliages de titane et les alliages d'aluminium.

## Résultats obtenus

Les résultats des travaux de recherche réalisés au cours de l'année précédente, ont fait l'objet de diverses communications et publications, dont la liste est donnée ci-dessous :

### Publication :

- M.MOKHTARI, A. ZIOUCHE, M.ZERGOUG, S. BOIHOUCHE, A. BOUKARI, Influence of heat treatment condition on passivity of titanium-aluminium-vanadium alloy in sodium chloride solution, Research & Reviews in Electrochemistry, Volum 4 Issue 5, 2013 (155-160)
- Saida Leboukh, Hicham Gouzi, Harek Yahia, "Purification and Partial Biochemical Characterization of Polyphenol Oxidase From Algerian Deglet-Noor Dates (Phoenix dactylifera L.)". Under Review (International Journal of Food-Chemistry).
- Leboukh, S<sup>1,2</sup>, Gouzi, H<sup>2\*</sup>, Harek, Y<sup>3</sup> « Development of Enzyme- based biosensor for Environmental Monitoring » .Under Review (International Journal of Nanotechnology).

### Communications :

- A.ZIOUCHE, N.ZOUBIRI, A.HAMRARAS2, H.BELDJOUHAR2 « Comportement Electrochimique d'un Acier inoxydable Duplex (LDX 2101) dans Différentes concentrations de HCL.»; The 4th International Conference on Welding, Non Destructive Testing and Materials and Alloys Industry (IC-WNDT-MI'14), 09-10 Novembre 2014 Annaba.
- A.ZIOUCHE, M.ZERGOUG, M.MOKHTARI « UTILISATION DES METHODES NON DESTRUCTIVE ET ÉLECTROCHIMIQUE DANS L'OPTIMISATION DU REVETEMENT GALVANIQUE » EMP Bordj El Bahri, 26-27 mars 2013
- H. DEHDOUH, A. ZIOUCHE, A. KOUACHE ; B. IDIR, « l'influence du traitement thermique sur la corrosion du X60 et X70 aciers en milieu marin ». Séminaire National « Matériaux – Corrosion » ' SNMC2' Skikda, 27 et 28 Novembre 2013.
- T. KACEL, A. ZIOUCHE, A. BOUKERIKI. "Effects of annealing on the structural and optical properties of ZnO thin films synthesis by spin-coating", Premières Journées Internationales de Physique Université de Constantine1 (JIPUC1) 16-17 Décembre 2013.
- A. ZIOUCHE, M.ZERGOUG, S.ABAIDIA "NDT methods applied on corrosive behaviors of duplex stainless steel 2205 submitted to heat treatment and acidic medium. International Symposium on Aircraft Materials (Acma2014), Marrakech, Morocco, April 23-26, 2014
- A. ZIOUCHE, M. ZERGOUG, C. DEHCHAR, M. MOKHTARI, A. YOUNES "Corrosion Resistance Evaluation of Duplex Stainless Steel 2205 in Acidic and Chloride environment" CFGP-2014, Agadir, Morocco, 28-30 Avril 2014.
- S.LEBOUKHa\*, b H.GOUZI, c A.K.NAMANE, d A.HELLAL, " Kinetics study of phenol by tyrosinase d'agaricus bisporus" Internationale conference on Nanostructures for Sensing and Energie Conversion, Algiers, Algeria, March 17-19,2014.
- Saida LEBOUKH<sup>a,b\*</sup>, Hicham GOUZI<sup>c</sup>, Yahia HAREK<sup>a</sup>, Wafaa LEMRINI<sup>c</sup>, Joseph KAJIMA MULENGI<sup>c</sup>, " Purification and Characterization of Polyphenol Oxidase from Deglet-Noor Dates (Phoenix dactylifera L.) ", 11ème Congrès Internationale de biotechnologie et valorisation des bio-ressources, Tabarka, Tunisie, Mars 18-20,2014.
- S.LEBOUKH<sup>a,b</sup> H.GOUZI, c A.K.NAMANE, d A.HELLAL, " Etude comparative entre la cinétique de l'oxydation du phénol par la tyrosinase libre et immobilisée dans le gel d'alginate de calcium", XIII<sup>ème</sup> Congrès Internationale QPE-TVR, Mahdia, Tunisie, Avril 11-13, 2014.
- Saida LEBOUKH, Hicham GOUZI, Yahia HAREK, Aicha ZIOUCHE, "Development of enzyme-based biosensor for environmental monitoring", International Nanotechnology Conference and Exhibition, Hammamet, Tunisia, April 24-26,2014.
- Saida LEBOUKH, Aicha ZIOUCHE, Tawous KACEL, Amira FEGHOUL, « Effet du traitement thermique sur le comportement corrosif du Ti-6AL-4V dans des milieux acides », Journée d'études sur la Fonderie et l'Environnement, Annaba, Algérie, 7-8 Mai, 2014.
- S.LEBOUKH\*, A.ZIOUCHE, N.ZOUBIRI, « Étude microstructurale et électrochimique d'un alliage de titane dans un milieu corrosif »; The 4th International Conference on Welding, Non Destructive Testing and Materials and Alloys Industry (IC-WNDT-MI'14), 09-10 Novembre 2014 Annaba.
- T. Kacel, A. Ziouche, S. Leboukh, A. Feghoul, "Effet du traitement thermique sur le comportement corrosif d'un acier inoxydable dans des milieux acides". Journées d'Etudes sur la Fonderie et l'Environnement JEFE'2014, Annaba, 7 et 8 Mai 2014.
- T. Kacel, A. Boukerika, M. Hemmouss and A.Ziouche, "Structural properties of ZnO thin films deposited by spin-coating method", International Conference Nanostructures for Sensing & Energy Conversion. March 17-19, 2014 Algiers, Algeria.
- T. Kacel, A. Ziouche, A. Boukerika, "Effects of annealing on the structural and optical properties of ZnO thin films synthesis by spin-coating", Premières Journées Internationales de Physique Université de Constantine1 (JIPUC1) 16-17 Décembre 2013.
- T. Kacel, H. Amardji-Adnani, "Etude des propriétés structurales des couches minces de SnO2 obtenues par la méthode sol-gel", 2èmes JPA, Université Ibn Khaldoun-Tiaret, 06-08 Mai 2007
- T. Kacel, A. Guittoum, S. Lamrani, M. Hemmouss, B. Rahal, A. Laggoun, "Synthèse et caractérisation des couches minces de Ni élaborées par électrodéposition", Acceptation à une conférence internationale ; The 4th International Conference on Welding, Non Destructive Testing and Materials and Alloys Industry (IC-WNDT-MI'14), 09-10 Novembre 2014 Annaba.

## Publications 2014

- Abdesslem Benammar, Redouane Draï, Abderrezak Guessoum, Ultrasonic flaw detection using threshold modified S-transform, *Ultrasonics* 54 (2014), pp676-683.
- Z. Mentouri, S. Bouhouche, S. Ziani, A. Boudiaf, S. Benchiheb, "Practical Approach for Product Measurement Using Stereoscopic Vision." *International Journal of Electrical Energy*, vol. 2 (1) (2014), pp. 67-72.
- Bouhouche Salah, Laib dit Leksir Yazid and Bast Jurgen, Evaluation-based closed-loop errors using principal component analysis and self-organisation map with an application to a pickling process, *Int J Adv Manuf Technol* (2014) 70:1033–1041 DOI 10.1007/s00170-013-5341-y.
- Billel Bouchemal, Abdelouahab Zaatri, "Image-based Control for Cable-based Robots", *International Journal of Control, Automation, and Systems (IJCAS) Springer*. Vol12 N° :1, pp118-125(2014).
- Issam Attoui, Amar Omeiri, "Modeling, control and fault diagnosis of an isolated wind energy conversion system with a self-excited induction generator subject to electrical faults", *Energy Conversion and Management*, 82, 11–26, (2014) .
- A. Badidi Bouda, W. Djerir, H. Belkhelfa, and R. Halimi Nondestructive evaluation of the carbon content in steel", *Journal of Applied Mechanics and Technical Physics*, Vol. 55, No. 2, 2014,
- Yahy abdenour, Brazane Linda, Application of Fuzzy Sliding approach for Speed Control in the Field-Oriented Process and to Reduce Chattering of an Induction Motor, *Journal of Electrical Engineering (JEE)*, Volume 14/2014 – Edition: 01, March 2014.
- N. Hamouda, K. E. Hemsas, H. Benallac, Etude comparative des techniques de filtrage actif sélectif par référentiel synchrone de Park d-q et approche FMV, *Mediterranean Journal of Modeling and Simulation MJMS* 01 (2014) 089–098 .
- M. Ouadah, M. Zergoug "Analysis and Mitigation of the Interference Between High Voltage Power Line and Buried Pipelines" *International Journal of Control, Energy and Electrical Engineering (CEEE)* March-June 2014, Issue 2 ISSN : 2356-5608.
- Zidelmel Samia, Sahraoui Tahar <sup>b,c</sup>, Hadji Mohamed<sup>b,c</sup> "Microstructure and Charpy impact properties of ferrite–martensite dual phase API X70 linepipe steel" *Materials Science & Engineering A* 598 (2014) 338–342.
- C. Kahloun, R. Badji, S. Queyreau, P. Franciosi , B. Bacroix. Spatial convolution of a stress field analyzed by X-ray diffraction. *Advanced Materials Research* Vol. 996 (2014) pp 169-174.
- R. Badji, N. Kherrouba, B. Mehdi, B. Cheniti, M. Bouabdallah, C. Kahloun, B. Bacroix "Precipitation kinetics and mechanical behavior in a solution treated and aged dual phase stainless steel" *Materials Chemistry and Physics*, Volume 148, Issue 3, 15 December 2014, Pages 664-672.
- S. Dehimi , D. Haddad , B. Mebarki, T. Bendris , A. Aissat, "Thermal field under the effect of the chemical reaction of a direct internal reforming solid oxide fuel cell DIR-SOF", *International Journal of hydrogen energy* 39 (2014) 15261-15265.
- BENAMMAR Abdesslem and DRAI Redouane, Ultrasonic Flaw Detection in Composite Materials Using SSP-MPSD Algorithm, *Journal of Electrical Engineering & Technology (JEET)*, Vol. 9, No. 5: 1753-1761, 2014.



## SOUTENANCE



Dr AISSANI Mouloud

Thèse de doctorat soutenue le 15/09/2013, Blida

Étude du comportement thermique et mécanique des matériaux aéronautiques  
par des méthodes numériques :  
Application au soudage de structures métalliques

### RESUME :

L'assemblage par soudage des constructions et des structures métalliques à usage aéronautique, tend vers l'utilisation intensive de procédés de soudage modernisés tels que le soudage par l'arc électrique TIG et par friction malaxage FSW. Pour réduire le poids des appareils et des structures métalliques, il est envisagé dans les recherches actuelles de remplacer le rivetage par le soudage. Dans le présent travail, l'intérêt sera porté sur l'étude de ces deux procédés. Dans un premier temps, une étude du comportement thermique induit par le procédé de soudage TIG est menée. L'effet thermique important produit par la fusion des parties à assembler, crée dans la structure des zones à risques. Une modélisation et une simulation numérique adéquate du transfert thermique sont réalisées mettant en évidence l'effet des différents paramètres de soudage. Une étude expérimentale permettant une comparaison et une validation des résultats est ensuite présentée. Les résultats expérimentaux trouvés sont en bon accord avec les résultats numériques obtenus. Aussi, une étude du comportement mécanique des tôles soudées par le procédé TIG est faite sur la base d'essais de traction réalisés sur des éprouvettes normalisées ; elle a permis de s'initier à l'étude du comportement du matériau analysé. Dans un second temps, une étude de conception et de réalisation d'un nouvel outil de soudage par friction malaxage FSW est effectuée (Brevet [Aissani 2007]). Des essais de soudage ont été menés par la suite avec succès ; les joints de soudure réalisés ont été examinés et contrôlés par des tests CND (Contrôle Non Destructif). Enfin, une caractérisation mécanique et métallographique des cordons de soudure obtenus, par ces procédés, nous a permis de déterminer les propriétés mécaniques des soudures et la comparaison selon ces procédés.

# 2015

## Calendrier

### Janvier

Dim	Lun	Mar	Mer	jeu	Ven	Sam
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

### Février

Dim	Lun	Mar	Mer	jeu	Ven	Sam
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28

### Mars

Dim	Lun	Mar	Mer	jeu	Ven	Sam
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

### Avril

Dim	Lun	Mar	Mer	jeu	Ven	Sam
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

### Mai

Dim	Lun	Mar	Mer	jeu	Ven	Sam
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

### Juin

Dim	Lun	Mar	Mer	jeu	Ven	Sam
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

### Juillet

Dim	Lun	Mar	Mer	jeu	Ven	Sam
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

### Août

Dim	Lun	Mar	Mer	jeu	Ven	Sam
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

### Septembre

Dim	Lun	Mar	Mer	jeu	Ven	Sam
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

### Octobre

Dim	Lun	Mar	Mer	jeu	Ven	Sam
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

### Novembre

Dim	Lun	Mar	Mer	jeu	Ven	Sam
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

### Décembre

Dim	Lun	Mar	Mer	jeu	Ven	Sam
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		