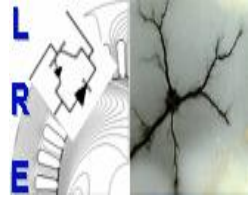


République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Ecole Nationale Polytechnique
Département d'Electrotechnique
Laboratoire de Recherche en Electrotechnique



Mémoire de
Master en Electrotechnique

Présenté par
NEHAL Youghourta

Intitulé

**Influence des paramètres de la ligne
HT sur la tension induite dans les
pipelines enterrés**

Soutenu le 17 juin 2015 à l'ENP

Membres du Jury d'examen

Président	H.SAHRAOUI	Docteur à l'ENP
Rapporteur	O.TOUHAMI	Professeur à l'ENP
	M.OUADAH	Chef d'Equipe de Recherche au CSC
Examineurs	T.ZEBBADJI	Docteur à l'ENP
	L.NEZLI	Professeur à l'ENP

ENP 2015

الملخص

هذه المذكرة يجعل مساهمة في حاجة صناعية معينة بحيث تتأثر أنابيب البترول والغاز المدفونة المتواجدة بالقرب من خطوط الطاقة ذات الجهد العالي (400 كيلو فولت) بالمجالات المغناطيسية المتسببة عنها حيث تسبب هذه المجالات في توليد فولتية (فرق كمون) في خط الأنابيب، والتي يمكن أن تشكل خطر وما يؤثر سلبا على سلامة الموظفين، كما يمكن أن يهدد سلامة معدات الحماية الكاثودية، ويميل إلى تسريع تآكل المعادن. وسيركز العمل على دراسة آثار التداخل الكهرومغناطيسي على أنابيب النفط والمعادن والغاز المدفونة مع الأخذ بعين الاعتبار التغيرات في عوامل مختلفة، من أجل تحديد القيم التي يسببها (التيار، الجهد) على خطوط الأنابيب المدفونة باستخدام معادلات كارسون كليم ومعرفة ما إذا كانت ضمن المعايير المسموح بها دوليا (عتبة الأمان). سنحاول في هذه الدراسة لتقييم التآكل بواسطة التيار المتناوب وإيجاد نهج للتخفيف من تأثير التداخل الكهرومغناطيسي.

الكلمات المفتاحية: الأنابيب، التداخل الكهرومغناطيسي، معادلات كارسون كليم

Résumé :

Ce manuscrit apporte une contribution à un besoin industriel spécifique en l'occurrence la détermination de la tension induite au niveau du pipeline causé par lignes de transmission à haute tension (400 kV). Le cas d'interférence électromagnétique entre les lignes de transmission à haute tension et les pipelines métalliques enterrés transportant des produits pétroliers et gazeux a été un véritable problème, Le travail portera sur l' étude des effets d'interférence électromagnétique sur les pipelines métalliques de pétrole et de gaz enterrées en tenant compte de la variation des différents facteurs et paramètres de la ligne ,le but étant de déterminer la tension sur les pipelines enterrés due au couplage inductif en utilisant les équations de Carson Clem en fonction des paramètres de la ligne

Mot clés : pipeline, interférence électromagnétique, Carson Clem,

Abstract:

This manuscript brings a contribution for a specific industrial need; which is the determination of the induced voltage in the buried pipeline .The electromagnetic interference caused by power transmission lines (400kV) to oil and gas buried pipelines is under investigation for many years. Especially during fault conditions, large currents and voltages are induced on the pipelines that may pose danger to working personnel or may accelerate the corrosion of the pipeline's metal. In this research, the induced voltages generated in the pipeline should be quantified in order to avoid security problems for the agents working on the pipeline and pipeline equipment. This paper aims at studying inductive coupling between overhead transmission 400 kV lines and an buried parallel pipeline in steady state conditions and fault conditions also the factors affecting this coupling, modelling and analysis of the coupling is discussed using the mutual impedances of Carson's Clem equation. The induced voltage in the oil buried pipelines due to the magnetic fields produced by nearby transmission lines has been computed.

Key words: pipeline, electromagnetic interference, Carson's Clem equation.

Remerciement

EL Hamdoulilah, nous remercions « ALLAH soubhanahou wa taala » qui nous a guidé et donné la volonté, patience et courage de mener à terme ce modeste travail.

J'exprime ma profonde gratitude à notre promoteur, Professeur **O.TOUHAMI**, pour sa disponibilité et sa contribution avec ses précieuses orientations et ses pertinents conseils et remarques, qu'il trouve ici ma profonde reconnaissance pour son temps qu'il nous a consacré. Mes remerciements vont aussi au centre de recherche de soudage et de contrôle de cheraga à leur tête à monsieur **M.OUADAH** pour son assistance, ses éclaircissements et son aide inestimable.

Je tiens à remercier à remercier très chaleureusement :

- Madame H. SAHRAOUI pour nous avoir fait l'honneur de présider notre jury de soutenance.
- Monsieur T.ZEBBADJI et Monsieur L.NEZLI pour l'honneur qu'il nous a fait d'avoir accepté d'en être examinateur et d'avoir consacré de son temps précieux à la lecture de ce mémoire.

Mes vifs remerciements sont adressées aussi à tous les enseignants du génie électrique et du département de l'électrotechnique en particulier pour leurs engagements, leur générosités et leurs sérieux au travail afin qu'ils nous transmettent de leur précieux savoir tout au long de notre cursus à l'Ecole Nationale Polytechnique.

C'est avec une attention particulière que je remercie chaleureusement ma famille pour son aide permanente, et soutiens aussi bien financier qu'affectif. On leur témoigne notre profondes reconnaissance et gratitude.

Je remercie profondément tous nos amis qui nous ont été d'un grand soutiens et appui dans les moments plus difficiles.

Que les nombreuses personnes qui par une participation quelconque ou avec une simple suggestion, nous ont aidés, qu'ils trouvent nos sincères reconnaissances.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail a mes chers parents, mes frères Kousseila ,Idir,Juba,Massinissa, ma sœur Kahina et Amine et mon neveu Yanni et surtout ma chère Bibette.

A mon cher ami Moh Errouji , a Vous ,mes amis Farouk EL houma ,Karim,Raouf, Selman, Le Titouche, Kousseila HAMMICHE, Moussa, Ammar, Toufik ,Hamioud,Wahid,Amine guelmane,Chafi ammar,La chouiref, et a tous les autres .

Youghourta NEHAL

Sommaire

Nomenclature	5
Introduction générale.....	6
Chapitre I	7
I.1 Introduction.....	8
I.2 Tension induite dans le pipeline	10
I.2.1 Fonctionnement normale de la ligne.....	10
I.2.1.2 Présence câble de garde	12
I.2.2 Cas de défaut dans la ligne	13
Chapitre II.....	16
II.1 Distance entre les conducteurs de la ligne	17
II.1.1 Configuration horizontale.....	17
II.1.2 Configuration verticale	18
II.1.3 Configuration DELTA.....	20
II.2 Hauteur du câble de garde par rapport à la ligne « e »	21
II.2.1 Configuration horizontale.....	21
II.2.2 Configuration Verticale.....	22
II.2.3 Configuration Delta	23
II.3 Conclusion :	23
Conclusion générale	24
Bibliographie	25

Nomenclature

ω : Pulsation du réseau [rad/s]

ρ : Résistivité du sol [$\Omega \cdot m$]

μ_0 : Perméabilité du vide [H/m]

r_i : Rayon du pipeline [m]

Z_{Ap} : Mutuelle impédance linéique entre la phase A et le pipeline [Ω/m]

Z_{Bp} : Mutuelle impédance linéique entre la phase B et le pipeline [Ω/m]

Z_{Cp} : Mutuelle impédance linéique entre la phase C et le pipeline [Ω/m]

E_p : F.é.m. induite au niveau du pipeline par unité de longueur [V/m]

$D_{phase-pipe}$: Distance entre phase A, B, C et le pipeline [m]

$Z_{phase-pipe}$: Mutuelle impédance entre phase et pipeline [Ω/m]

f : Fréquence [Hz]

D_e : Profondeur équivalente de terre [m]

V_p : Tension induite [V]

L : Longueur de parallélisme [m]

Z_E : Impédance linéique du câble de garde [Ω/m]

Z_{AE} : Impédance mutuelle linéique entre la phase A et pipeline [Ω/m]

Z_{BE} : Impédance mutuelle linéique entre la phase B et pipeline [Ω/m]

Z_{CE} : Impédance mutuelle linéique entre la phase C et pipeline [Ω/m]

R_{GM} : Rayon fictif du fil de garde [m]

R_E : Résistance du fil de garde [Ω/m]

$I_{\text{défaut}}$: Courant de défaut [A]

K : facteur de blindage

Introduction générale

L'acheminement des hydrocarbures : produits pétrolier ou gaz naturel s'effectue par les canalisations en acier (pipeline) depuis leurs gisements vers la zone de raffinage et les centres de distributions et de consommations.

D'importants réseaux de pipelines ont été construits depuis les années 60 et se développent toujours. La société algérienne SONATRACH (SH) possède et exploite un réseau de canalisations évalués à plus de 16 000 Km destinés au transport du gaz naturel et produits pétroliers .La branche transport par canalisations « TRC » gère actuellement un réseau de pipelines d'une longueur supérieure à 18000 Km.

En parallèle, la demande d'énergie électrique n'a cessé d'augmenter, l'évolution des pertes de distribution et de transport d'électricité avec l'évolution de la demande impose le passage à des niveaux de tension de plus en plus élevés, le dernier palier franchi est le 400 kV.

De tels niveaux de tension ont un bénéfice économique certain en vue d'une réduction des pertes de transport, toutefois l'impact des lignes travaillant à de tels niveaux de tension sur leur voisinage (structure métallique,pipeline,personnel) est aussi important que néfaste, le principal acteur étant le champ Électromagnétique due aux lignes de transmission à haute tension (400 kV) qui représente l'une des sources principales de cette interférence avec les pipelines de transport de pétrole et de gaz.

L'interférence de ces lignes de transmission à haute tension avec les pipelines transportant des produits pétroliers et gazeux peuvent causer un véritable problème que ce soit sur la sécurité du personnel travaillant sur site ou le public et menace l'intégrité de l'équipement de protection cathodique, le revêtement du pipeline et la canalisation d'acier, et favorise le phénomène de corrosion ce qui conduit à des pertes économiques.

Les paramètres de la ligne de transmission telle que la distance entre conducteur et la hauteur du câble de garde pour les différentes configurations (delta, horizontale, verticale) influent directement sur l'amplitude de la tension induite au niveau du pipeline.

Dans ce mémoire de master, une étude focaliser sur l'influence des paramètres des ligne de transmission de la ligne de HT a 400 kV sera aborder.

Chapitre I

Calcul de la tension induite au niveau du pipeline

I.1 Introduction

L'interférence électromagnétique causée par des lignes de transport d'énergie électrique haute tension aux canalisations enterrées de pétrole et de gaz est à l'étude pendant plusieurs années. Particulièrement pendant les conditions de défaut et pour un fonctionnement normal de la ligne de transmission.

Des courants et des tensions sont induits sur les canalisations qui peuvent accélérer la corrosion du métal de la canalisation.

Plusieurs recherches ont abordé le phénomène d'induction électromagnétique due aux lignes à haute tension. Beaucoup d'entre eux ont utilisés les méthodes des éléments finis pour simuler ces effets [1]- [3]. D'autre part, dans de nombreuses recherches, les effets de lignes à haute tension ont été calculés en utilisant la méthode des images électrique [4] - [7].

Dans notre étude nous allons utiliser la méthode de CARSON-CLEM afin de calculer la mutuelle impédance linéique entre les conducteurs de la ligne et le pipeline, et ensuite on calcule la tension induite au niveau du pipeline.

Cette méthode considère le sol comme un cylindre de paroi mince de rayon D_e , par conséquent cette méthode est applicable quand la hauteur du conducteur est petite par rapport a la longueur d'onde et que l'équation suivante est respectée : [8]

$$\sqrt{\mu_0 \frac{\omega}{\rho}} \cdot r_i < 0.25 \quad (1.1)$$

r_i : Rayon du pipeline

Le transport des hydrocarbures par pipeline reste le moyen le plus sécurisant pour, acheminer de grandes quantités de pétroles et de gaz, sur de longues distances. Ces conduites de transport, constituent des constructions coûteuses, dues à la quantité et à la qualité de l'acier des tubes qu'ils nécessitent.

La présence d'une ligne électrique de haute tension (HT) à proximité de ces canalisations peut être une source d'influence électrique dangereuse pour cet ouvrage, aussi bien lors de l'exploitation normale de la ligne de haute tension que lorsque des défauts se produisent sur la ligne. Les lignes de HT peuvent induire des tensions dans les canalisations métalliques qui se trouvent à proximité (couplage inductif, conducteur ou capacitif) et engendrent des effets néfastes tels que :

- Le risque sur le personnel (tension de contact et tension de pas).
- Risque de corrosion
- Risque d'endommager les équipements liés au pipeline (protection cathodique).
- Les perforations de revêtements du pipeline.
- Risque d'endommager les joints isolants.

Généralement le processus d'interférence entre une ligne de transmission et une canalisation métallique qui se trouve à proximité est composé de trois parties :

- Source de l'interférence
- Mécanisme de couplage
- Récepteur

Sources d'interférences

Les principales sources d'interférence dues aux courants alternatifs sont [1]:

- Ligne de puissance a HT aériennes ou enterrées.
- Ligne de puissance longue et parallèle.
- Système de traction à haute vitesse (habituellement alimentée par une ligne de 132 kV et 25 kV en parallèle).

Mécanismes de couplages

On distingue trois types de couplages entre les lignes de haute tension et les canalisations métalliques :

- Couplage électromagnétique ou inductif.
- Couplage résistif ou conducteur.
- Couplage électrostatique ou capacitif.

Couplage électromagnétique ou inductif

Les lignes de haute tension génèrent un champ magnétique. Ces lignes peuvent être assimilées au primaire d'un transformateur. Les canalisations situées dans ce champ sont soumises aux variations de ce champ et développe une force électromotrice f.é.m. Les canalisations peuvent être assimilées au secondaire du transformateur. L'importance de la tension induite dépend de la valeur de la f.é.m., de la longueur et de rapprochement du parallélisme, des caractéristiques de la canalisation (défauts de revêtement).

La tension alternative produit un courant alternatif circulant de la canalisation à travers tout défaut de revêtement.

Effet du couplage inductif

Les dangers de l'induction permanente est essentiellement :

- ❖ **Pour le personnel** : Le personnel travaillant à proximité de pipelines peut être exposé à des risques d'origine électrique. La tension maximale admissible sur les canalisations étant fixée entre **50 à 65 V** [3] [4].

Le tableau ci-dessous représente la tension maximale admissible pour la sécurité du personnel dans le cas d'un fonctionnement normale ainsi que dans le cas de fonctionnement de défaut, lorsqu'on prend en compte uniquement la tension induite due à l'effet inductif.

Tableau I.1 : Normes de sécurité [3]

Norme	Fonctionnement normale	Cas de défaut	
	Tension maximale [V]	Temps max	Tension max
IEEE 80-2000	15	0.5	287
CEI-479	-	0.45	220
Etats Unis	25	0.5	287
Allemagne	65	0.5	1000
Suède	15	0.5	600
Suisse	50	0.3	300
Afrique du Sud	50	0.35	430

Calcul de l'interférence

I.2 Tension induite dans le pipeline

I.2.1 Fonctionnement normale de la ligne

I.2.1.1 Ligne sans câble de garde

La tension induite sur le pipeline dépend de plusieurs variables (la distance de séparation entre la ligne et le pipeline, la configuration de la ligne, la répartition des phases, la distance entre les phases, la hauteur du pylône, la profondeur d'enfouissement du pipeline, l'existence du câble de garde, la longueur du parallélisme, le fonctionnement de la ligne)

L'équation de CARSON peut être utilisée pour déterminer la mutuelle impédance entre la phase et le pipeline [9]. La mutuelle impédance est donnée en [Ω/m]. Figure (I.1) montre une représentation d'un système triphasé d'une ligne de transmission à haute tension et un pipeline sans câble de garde.

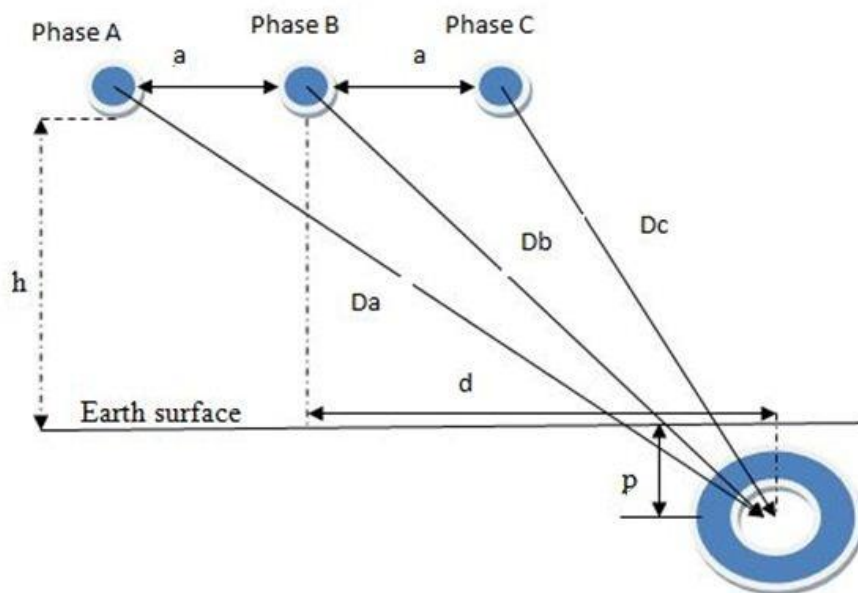


Figure I.1 : Ligne de transmission et pipeline enterrés

p : la profondeur d'enfouissement du pipeline [m]

d : distance horizontale [m]

a : distance entre conducteur [m]

h : hauteur du pylône [m]

La f.é.m. induite au niveau du pipeline est déterminée en utilisant l'équation (1.2) [9].

$$E_p = I_A Z_{Ap} + I_B Z_{Bp} + I_C Z_{Cp} \quad (1.2)$$

$I_{A,B,C}$: Le courant de la phase A, B, C .

Z_{Ap} : Mutuelle impédance linéique entre la phase A et le pipeline [Ω/m]

Z_{Bp} : Mutuelle impédance linéique entre la phase B et le pipeline [Ω/m]

Z_{Cp} : Mutuelle impédance linéique entre la phase C et le pipeline [Ω/m]

La mutuelle impédance entre phase et pipeline est déterminée avec la formule de Carson IEEE Formula [10].

$$Z_{\text{phase-pipe}} = \frac{\mu_0 \cdot \omega}{8} + j \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2\pi} \log_{10} \left(\frac{D_e}{D_{\text{phase-pipe}}} \right) \quad [\Omega/m] \quad (1.3)$$

Avec

$$D_e = 658.4 \sqrt{\frac{\rho}{f}} \quad [m] \quad (1.4)$$

$$D_{\text{phase(A)-pipe}} = \sqrt{(p+h)^2 + (a+d)^2} \quad (1.5)$$

$$D_{\text{phase(B)-pipe}} = \sqrt{(p+h)^2 + (d)^2} \quad (1.6)$$

$$D_{\text{phase(C)-pipe}} = \sqrt{(p+h)^2 + (d-a)^2} \quad (1.7)$$

$D_{\text{phase-pipe}}$: Distance entre phase A, B, C et le pipeline [m]

$Z_{\text{phase-pipe}}$: Mutuelle impédance entre phase et pipeline [Ω/m]

f : Fréquence [Hz]

ρ : Résistivité du sol [$\Omega.m$]

μ_0 : Perméabilité du vide [H/m]

D_e : Profondeur équivalente de terre [m]

La tension induite au niveau du pipeline pour un parallélisme L est donnée par la formule suivante :

$$V_p = E_p \times L \quad (1.5)$$

I.2.1.2 Présence câble de garde

La présence d'un câble de garde dans les conditions normales à tendance à augmenter la tension induite au niveau du pipeline figure I.2

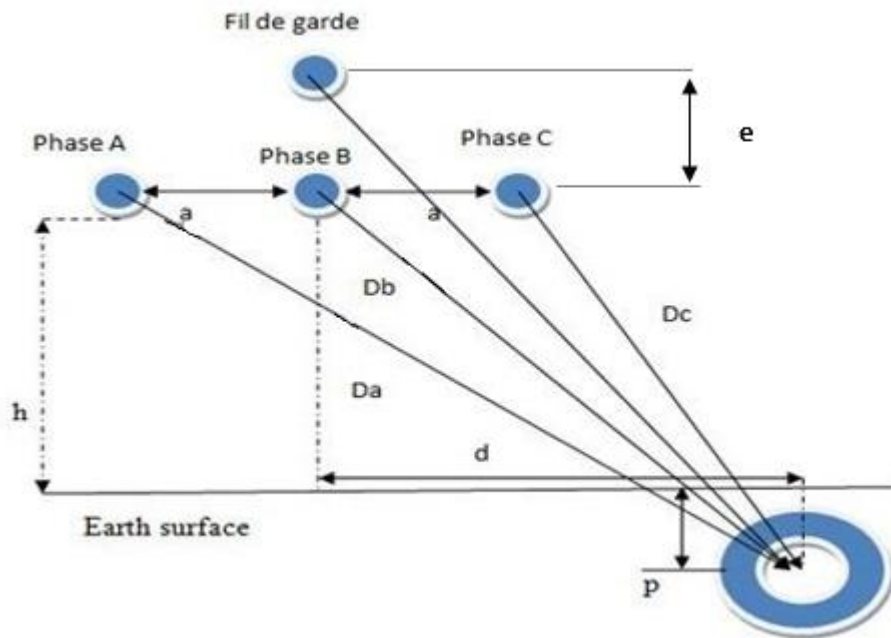


Figure I.2 : configuration horizontale avec fil de garde

e : La hauteur du fil de garde [m]

L'équation (1.6) [9] montre la relation entre la f.é.m. induite au niveau du pipeline et les conducteurs de phases dans le cas de présence de câble de garde :

$$E_p = I_A Z_{AEp} + I_B Z_{BEp} + I_C Z_{CEp} \quad (1.8)$$

Les mutuelles impédances entre phase et pipeline en présence de câble de garde sont déterminées par :

$$Z_{AEp} = Z_{Ap} - \frac{Z_{Ep} Z_{AE}}{Z_E} \quad (1.9)$$

$$Z_{BEp} = Z_{Bp} - \frac{Z_{Ep} Z_{BE}}{Z_E} \quad (1.10)$$

$$Z_{CEp} = Z_{Cp} - \frac{Z_{Ep} Z_{CE}}{Z_E} \quad (1.11)$$

$Z_{Ap}, Z_{Cp}, Z_{Bp}, Z_{AE}, Z_{BE}, Z_{CE}, Z_{Ep}$ seront déterminées à l'aide de l'expression (3.4), Z_E est donnée par l'expression suivante :

$$Z_E = R_E + \frac{\mu_0 \cdot \omega}{8} + j \cdot \frac{\mu_0 \cdot \omega}{2 \cdot \pi} \left(\frac{1}{4} + \log_{10} \frac{D_e}{R_{GM}} \right) \quad [\Omega/m] \quad (1.12)$$

Avec :

Z_E : Impédance linéique du câble de garde

Z_{AE} : Impédance mutuelle linéique entre la phase A et pipeline.

Z_{BE} : Impédance mutuelle linéique entre la phase B et pipeline.

Z_{CE} : Impédance mutuelle linéique entre la phase C et pipeline.

R_{GM} : Rayon fictif du fil de garde)

R_E : Résistance du fil de garde [Ω/m]

μ_0 : Perméabilité du vide [H/m]

ω : Pulsation du réseau [rad/s]

I.2.2 Cas de défaut dans la ligne

Beaucoup de travaux ont été faits dans le calcul de la tension induite au niveau du pipeline dans le cas de défaut et ces travaux ont abouti par montrer que le cas d'un défaut d'une phase à la terre (L-G) est le plus sévère causant des tensions induite maximale et dangereuse [10], dans notre cas on a pris le défaut à la terre afin de calculer la tension due à ce type de défaut.

I.2.2.1 Sans câble de garde

L'équation (1.13) est utilisée pour calculer la distance équivalente entre la phase et le pipeline [9]:

$$D_{\text{phase-pipe}} = \sqrt[3]{(D_{Ap} D_{Bp} D_{Cp})} \quad (1.13)$$

Equation (1.14) montre la tension induite dans le pipeline dans le cas d'un défaut d'une phase à la terre (L-G) avec absence de câble de garde [9] :

$$E_p = I_{\text{défaut}} \times Z_{\text{phase-p}} \quad (1.14)$$

$I_{\text{défaut}}$: Courant de défaut [A]

I.2.2.2 Présence de câble de garde

Dans l'existence du câble de garde va réduire d'une manière significative l'impact de la tension induite sur le pipeline due au K «facteur de blindage », L'équation (1.15) montre la tension induite avec l'existence du câble de garde [9] :

$$E_p = I_{\text{défaut}} \times K \times Z_{\text{phase-p}} \quad (1.15)$$

Avec K : facteur de blindage, on peut le calculer avec l'équation (3.14)

$$K = 1 - \frac{Z_{\text{phase-earth}} \cdot Z_{\text{p-earth}}}{Z_E \cdot Z_{\text{phase-p}}} \quad (1.16)$$

Le facteur de blindage ne dépasse pas la valeur de 1 qui représente l'absence du câble de garde.

Conclusion :

La méthode de Carson Clem représente une méthode simple et efficace pour le calcul de la tension induite au niveau du pipeline

Chapitre II

Influence des paramètres de la ligne sur la tension induite

II.1 Distance entre les conducteurs de la ligne

II.1.1 Configuration horizontale

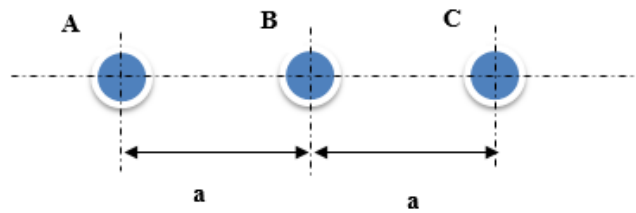


Figure II.1 : Configuration horizontale

Pour une ligne de transmission à 400 kV configuration horizontale pour 10 km de parallélisme, la tension induite au niveau du pipeline pour différent distance entre les conducteurs de la ligne ($a = 4\text{ m}$, 6 m , 8 m , 10 m) est montré dans la Figure II.1

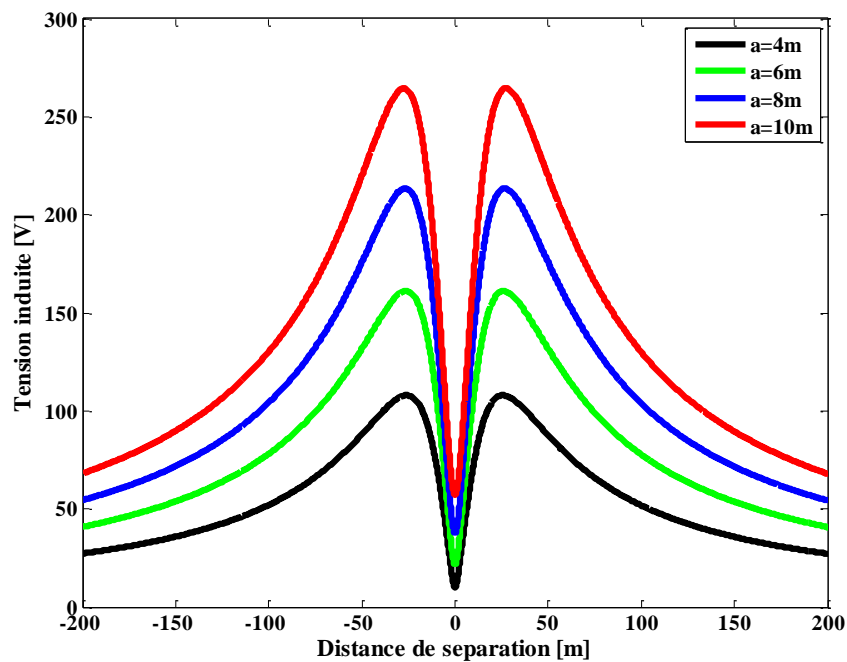


Figure II.2: Tension induite en fonction de la distance les conducteurs

Pour une configuration horizontale on remarque que la tension induite au niveau du pipeline augmente avec l'augmentation de la distance de séparation entre les conducteurs.

II.1.2 Configuration verticale

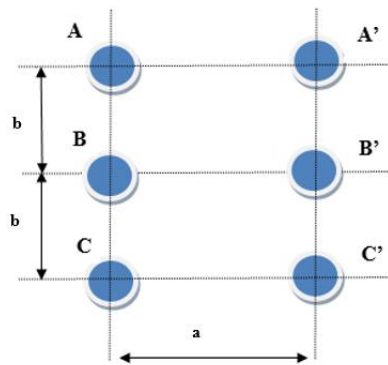


Figure II.3 : Configuration verticale

II.1.2.1 Variation de la distance de séparation des deux voies de la ligne verticale « a »

Pour une ligne de transmission à 400 kV configuration verticale pour 10 km de parallélisme, la tension induite au niveau du pipeline pour différent distance entre les conducteurs de la ligne ($a = 4\text{ m}, 8\text{ m}, 12\text{ m}, 16\text{ m}$) est montré dans la Figure III.4

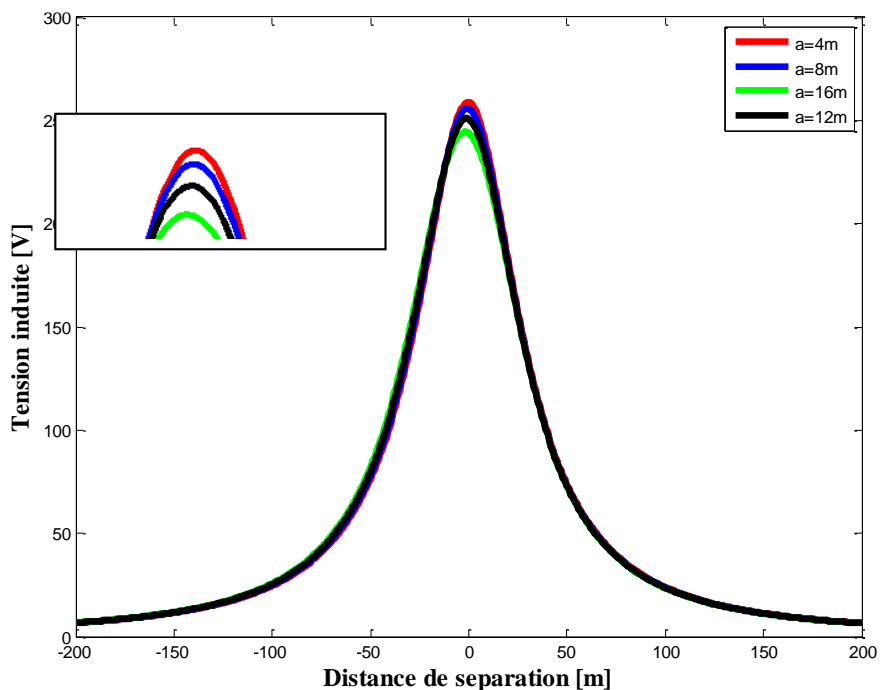


Figure II.4 : Tension induite en fonction de distance de séparation entre conducteur « a »

La tension induite au niveau du pipeline est maximale pour une distance de séparation $d = 0\text{ m}$ et diminue progressivement avec l'augmentation de la distance de séparation.

On remarque que la variation de la distance de séparation entre conducteur « a » n'a pas une grande influence sur la tension induite au niveau du pipeline.

Par contre on remarque une légère augmentation de la tension induite au niveau du pipeline avec la diminution de la distance « a ».

II.1.2.2 Variation de la distance de séparation « b »

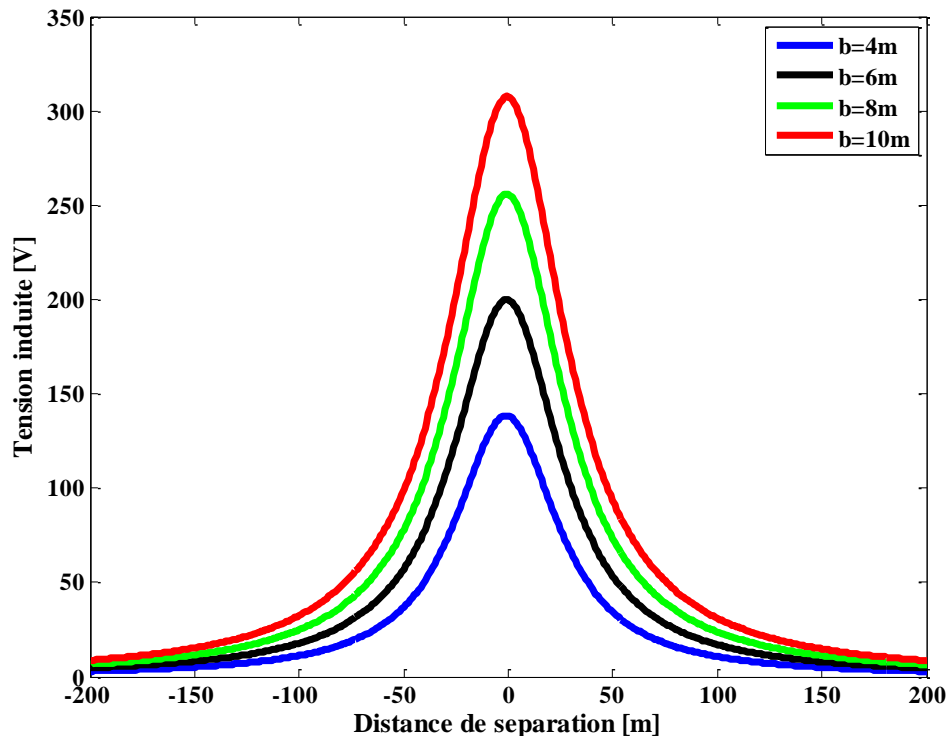


Figure II.5 Tension induite en fonction de distance de séparation entre conducteur « b »

La tension induite est sensiblement variable avec la variation de la distance entre les conducteurs « b » tel que pour une variation de 4 à 6 une augmentation de 60 V est enregistré.

On remarque que pour différent type de configuration, la tension induite au niveau de la canalisation augmente avec l'augmentation de la distance de séparation entre les conducteurs de la ligne de transmission.

II.1.3 Configuration DELTA

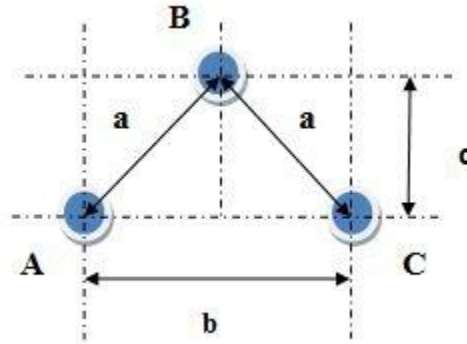


Figure II.6 : Configuration Delta

La hauteur du pylône est de 25 m, on varie la distance entre conducteur $a = 12\text{m}$, 10m , 8m , 6m , la figure ci-dessous montre la variation de la tension induite en fonction de la distance entre conducteur

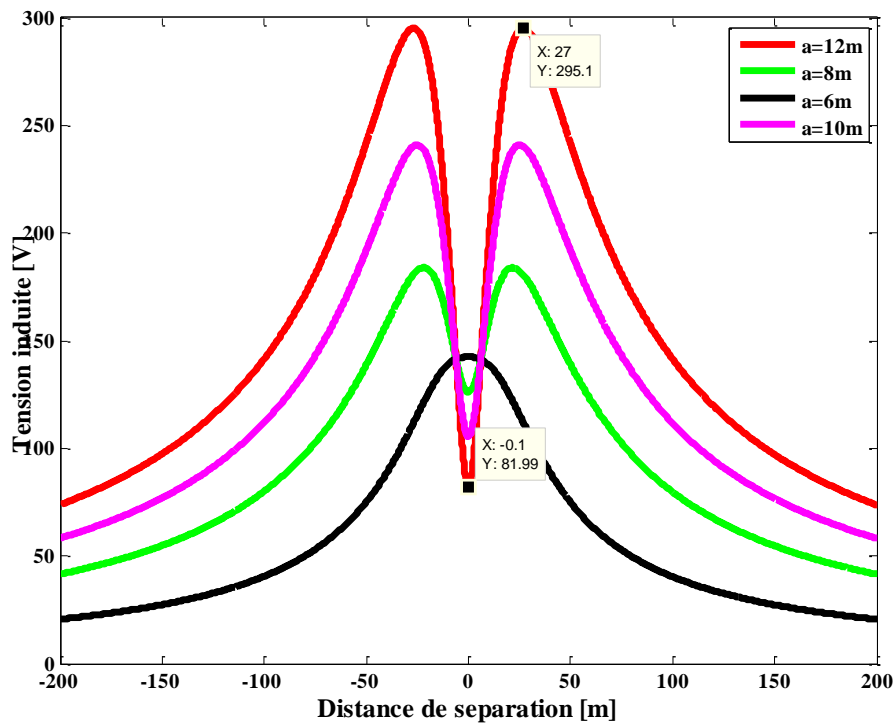


Figure II.7 Tension induite en fonction de la distance de séparation

On remarque que la tension induite au niveau du pipeline augmente avec l'augmentation de la distance entre les conducteurs cependant pour une distance de séparation $d = 0\text{ m}$ on remarque que la tension induite est minimale pour une distance de séparation maximale.

La tension induite est maximale dans le pipeline pour une configuration verticale, pour une distance de 27 m la tension induite est de 295.1 V et pour une distance de séparation $d=0\text{m}$ est de 81.99 V.

II.2 Hauteur du câble de garde par rapport à la ligne « e »

II.2.1 Configuration horizontale

Pour une hauteur de pylône de 25 m et une distance de séparation entre conducteurs $a=12\text{m}$, la figure II.8 montre l'influence de la hauteur du câble de garde dans la variation de la tension induite au niveau du pipeline.

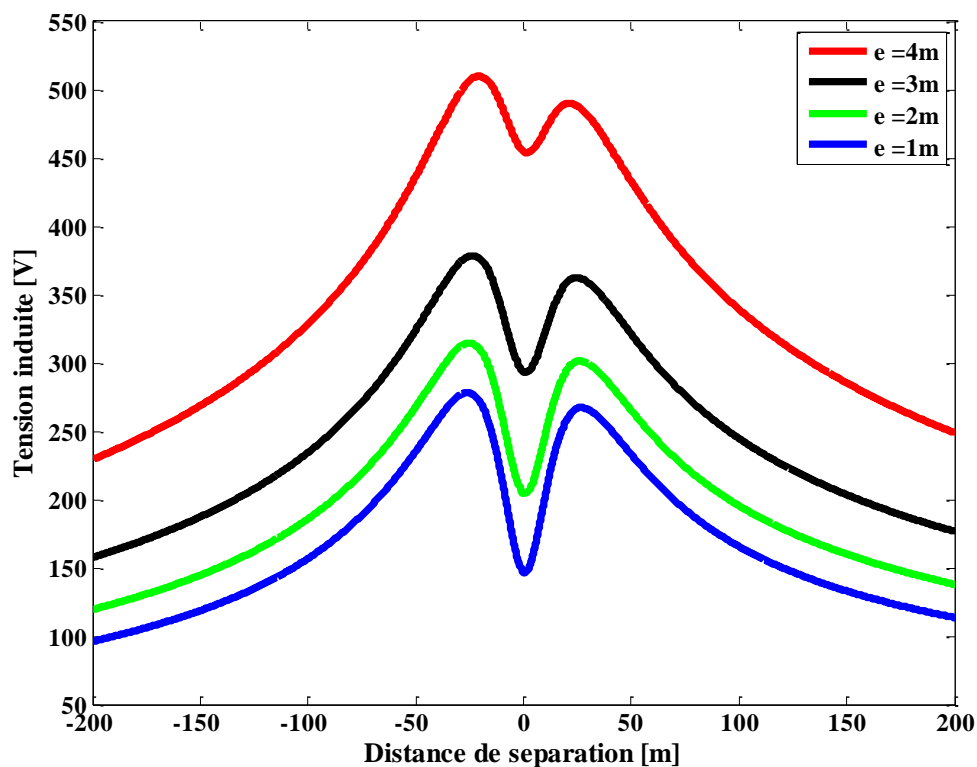


Figure II.8 : Tension induite en fonction de la hauteur du fil de garde

L'augmentation de la hauteur du fil de garde par rapport à la ligne engendre une augmentation significative de la tension induite au niveau du pipeline, la tension est minimale pour une hauteur $e = 1\text{m}$.

II.2.2 Configuration Verticale

Pour une hauteur de pylône de 25 m et une distance de séparation entre conducteurs $a = 12m, b = 4m$ la figure II.9 montre l'influence de la hauteur du câble de garde dans la variation de la tension induite au niveau du pipeline.

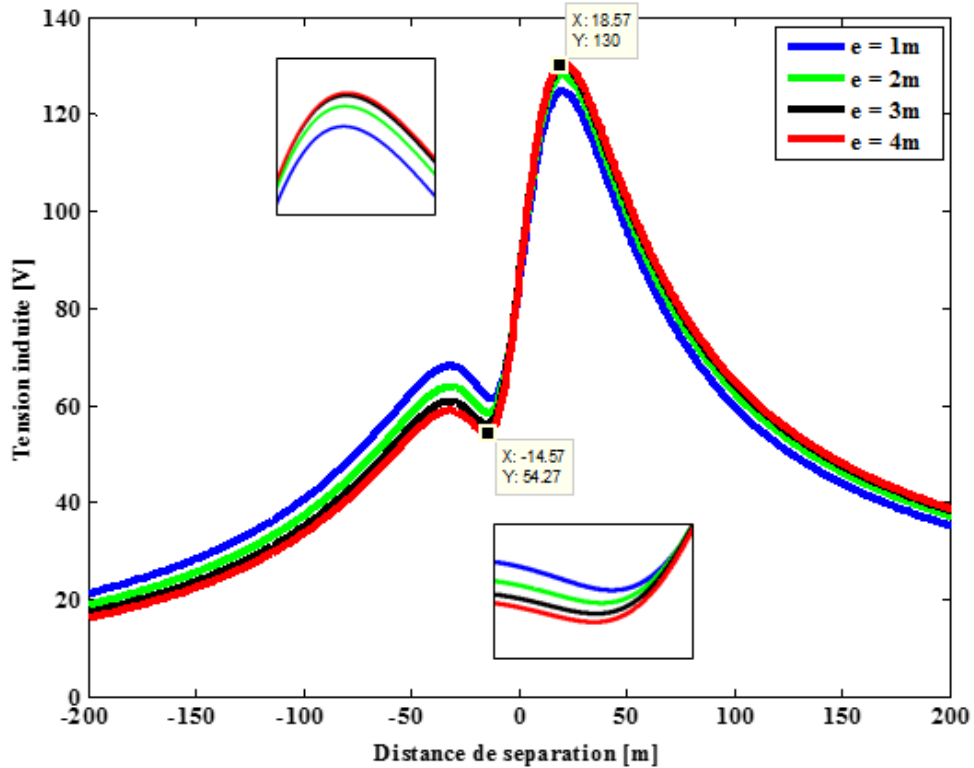


Figure II.9 : Tension induite en fonction de la hauteur du fil de garde

On remarque que la variation de la hauteur du fil de garde par rapport à la ligne engendre une variation négligeable de la tension induite au niveau du pipeline cependant on remarque que la tension induite est maximale de l'ordre de 130 V pour une hauteur de 4m pour une distance de 18.5 m, par contre elle est minimale 54.27 V pour la même hauteur et une distance de séparation de -14,5 m.

II.2.3 Configuration Delta

Pour une hauteur du pylône $h=25$ m et une distance entre conducteur $a = 10$ m, $c = 5.19$ m, on fait varier la hauteur du fil de garde 4m, 3m, 1m, la figure ci-dessus montre la variation de la tension induite en fonction de la hauteur du fil garde

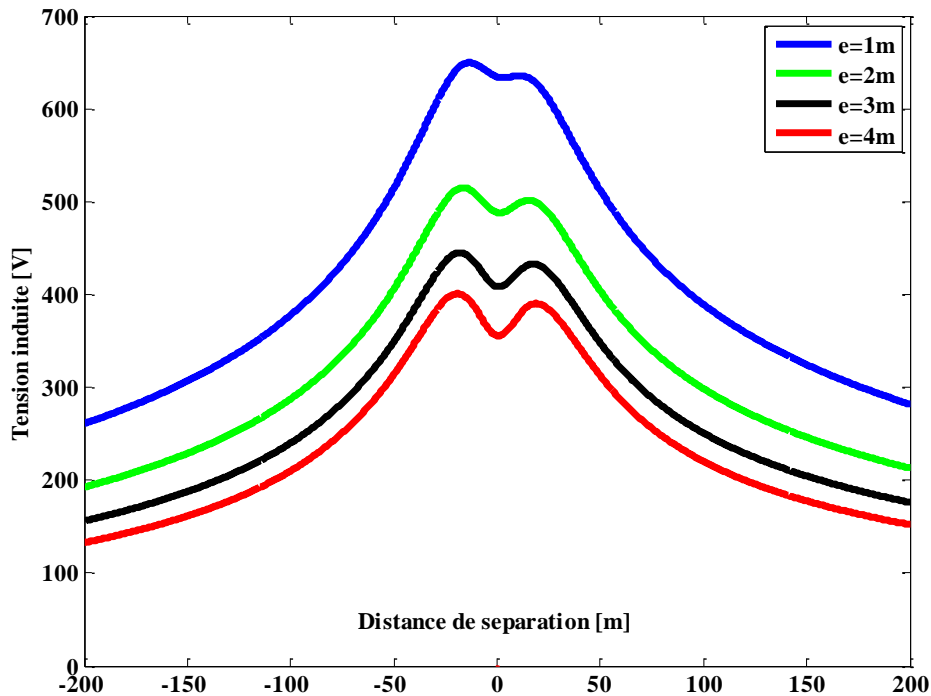


Figure II.10 : Tension induite en fonction de la distance de séparation d

La tension induite au niveau du pipeline est proportionnellement inverse à la hauteur du fil de garde, une augmentation de la hauteur du fil de garde engendre une diminution importante de la tension induite au niveau du pipeline

II.3 Conclusion :

La tension induite au niveau du pipeline dépend essentiellement de la configuration de la ligne ainsi que les paramètres de la ligne de transmission telle que la distance entre conducteurs, la hauteur du câble de garde et la hauteur du pylône.

Conclusion générale

Dans ce travail, l'objectif était de répondre à un besoin industriel très important, en l'occurrence l'effet des paramètres de la ligne de transmission sur la tension induite au niveau du pipeline due à l'interférence des lignes de transmission à haute tension (400 kV) .

En premier lieu, le but était de montrer l'influence des lignes de transmission a haute tension 400 kV sur les pipelines enterrés et les différents mécanismes de couplage engendré, le couplage inductif, ce dernier représente le noyau de ce travail qui s'est porté sur l'étude du couplage inductif de tel sorte que les lignes de HT peuvent induire des tensions dans les pipelines métalliques qui se trouvent à proximité et engendrent des effets néfastes tels que :

- Le risque sur le personnel (tension de contact et tension de pas).
- Risque de corrosion
- Risque d'endommager les équipements liés au pipeline (protection cathodique).
- Les perforations de revêtements du pipeline.

En second lieu, le calcul de la tension induite au niveau du pipeline en utilisant les équations de Carson-Clem incluant plusieurs paramètres important pour évaluer l'amplitude de la tension induite.

Pour une configuration horizontale on remarque que la tension induite au niveau du pipeline augmente avec l'augmentation de la distance de séparation entre les conducteurs.

La tension induite au niveau du pipeline est proportionnellement inverse à la hauteur du fil de garde, une augmentation de la hauteur du fil de garde engendre une diminution importante de la tension induite au niveau du pipeline

Bibliographie

- [1] *D. stet, D. Micu, A. Ceclan, L. Darabant, M. Plesa, "The Study of the Electromagnetic Interferences Between HV Lines and Metallic Pipelines Using Professional Analysis Software", November 2008.*
- [2] *F.P. Dawalibi, Y. Li, and J. Ma "Safety of Pipelines in Close Proximity to Electric Transmission Lines", Canada.*
- [3] *M. H. Shwehdi, U. M. Johar, "Transmission Line EMF Interference with Buried Pipeline: Essential & Cautions", Saudi Arabia, 2003..*
- [4] *Y. Li, F. P. Dawalibi, J. Ma, "Electromagnetic Interference Caused by a Power System Network on a Neighboring Pipeline", Canada..*
- [5] *Gupta, Abhishek "A Study On High Voltage AC Power Transmission Line Electric And Magnetic Field Coupling With Nearby Metallic Pipelines", India, 2008.*
- [6] *OUADAH M'hamed, ZERGOUG Mourad, Analysis and Mitigation of the Interference Between High Voltage Power Line and Buried Pipelines, International Journal of Control, Energy and Electrical Engineering (CEEE)..*
- [7] *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..*
- [8] *M. A. M. RIVEROS, Thèse doctorale :Contribution à la modélisation CEM en milieu ferroviaire ,influence de l'infrastructure, Université européenne de Bretagne , 2010.*
- [9] *M. A.Hellany, Analysis of the impact of the OHEW under full load and fault current, Sydney: INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY AND ENVIRONMENT, 2010..*
- [10] *Ghada M.Amer,Novel Technique to calculate the effect of electromagnetic field of H.V.T.L on the mettalic Pipeline by using EMTP Program,18th International Conference on Electricity Distribution,pp2,Egypt 2005.*
- [11] *M.Ouadah, A .YOUNES, M.Zergoug, Influence de L'étude des Revêtements dans La Protection des Ouvrages Métalliques, Journées d'étude Matériaux et Procédés « J M P 2012 ».*
- [12] *Ouadah M'hamed, ZERGOUG Mourad, ZIOUCHE Aicha, Touhami Omar, Ibtiouen Rachid, Bouyegh Saida, DEHCHAR Cherif, AC Corrosion Induced by High Voltage Power Line on Cathodically Protected Pipeline, Proceedings of Engineering & Technology (PET)..*

[13] *Caractéristique des systèmes de mise à la terre des installation HT utilisant CYMGRD et FEMM, Proposition d'un électrique équivalent dans le cas des hautes fréquences.*