

Effet des Barrières sur le courant de Pré-claquage de l'huile de Transformateur Dans des intervalles pointe- plan sous tension Alternative 50 Hz

M.ZITOUNI⁽¹⁾, F.GUERBAS⁽²⁾, and A.BOUBAKEUR⁽³⁾

⁽¹⁾ Department of Electrical Engineering, Djelfa University, Email: med.zitouni@gmail.com

⁽²⁾ Department of Electrical Engineering, Bab Ezzouar University, Email: f_guerbas@yahoo.fr

⁽³⁾ Department of Electrical Engineering, El Harrach University, Email: ahmed.boubakeur@enp.edu.dz

Abstract— the present paper deals with the influence of insulating barriers on the pre-disruptive current between two configurations: a point–plane oil gap and a point–plane oil gap without barrier under AC 50Hz applied voltage. We have studied the influence of different parameters such as distance between electrodes, the position of the barrier its nature and dimensions.

Key- Words— Breakdown voltage, Insulating barrier, Point-plane gaps, Pre-disruptive current.

I. INTRODUCTION

Le choix d'un liquide destiné à l'isolation électrique, n'est pas basé sur ses seules propriétés électrique, mais dépend aussi de sa tenue au vieillissement, sa capacité à évacuer la chaleur et de sa sécurité. Les isolations hautes tension, pour la plupart, mettent nécessairement en œuvre des liquides sélectionnés pour contribuer à l'élimination des décharges partielles et pour faciliter l'évacuation de la chaleur tout en préservant leurs qualités isolantes (grande résistivité, faible pertes diélectriques, rigidité élevée) [1]. Cette dernière dépend d'une multitude de facteurs et n'est pas une qualité intrinsèque du liquide lui-même. Selon la formule chimique, des différences notables existent d'un liquide à l'autre, mais les conditions d'emploi interviennent considérablement (forme de la tension appliquée (alternative, continue, impulsionnelle), contrainte thermiques, variations des pressions, configuration de l'isolation (employée sous champ uniforme ou sous champ divergent). L'huile minérale demeure donc le liquide le mieux adapté et le plus utilisé dans l'isolation haute tension, mais reste toujours le risque de claquage ; jusqu'à l'arrivée de l'idée de l'insertion des barrières isolantes.

Afin de remédier à cela. L'étude du courant de pré-claquage constitue une source d'informations appréciable et permet d'éviter les tests destructifs généralement coûteux [2].

Dans cette optique, nous avons effectué une comparaison des courants de pré-claquages correspondant à deux systèmes, système sans barrière et système avec barrière.

L'analyse des courants des pré-claquages nous a permis de conclure que la barrière joue le rôle d'un obstacle géométrique à la décharge directe.

II. DISPOSITIF EXPERIMENTALE

Le dispositif expérimentale est constitué d'une station d'essai à fréquence industrielle de marque HEAFELY, comporte un transformateur d'essai 300kV/50kVA/50Hz, un transformateur de réglage, un diviseur capacitif de tension, un pupitre de commande et un dispositif de protection. La cellule d'essais est une cuve en plexiglas (70cm × 50cm × 50cm). Ses parois transparentes sont d'épaisseur 1.5cm, servant à la visualisation des phénomènes de claquage et de pré-claquage.

La cellule contient 175L d'huile de transformateur et un système d'électrode pointe-plan, monté horizontalement dans la cuve (Fig. 1 et Fig.2). Cette dernière est posée sur une table en bois à 80.6 cm du sol.

Le système d'électrodes est constitué d'une pointe et d'un plan. L'électrode pointe de forme conique est en laiton de rayon de courbure de 6mm. L'électrode plane est un disque en acier de 35cm de diamètre. La distance inter-électrodes est ajustable, et peut varier de 1 jusqu'à 12 cm.

Les barrières utilisées en Bakélite sont de forme circulaire et de diamètre variable. Elles sont maintenues verticalement entre les électrodes par des fils isolants (fig.3). Les barrières ont pour épaisseur respectivement 2 et 4mm. Leur état de surface est contrôlé après chaque claquage. Elles sont changées dans le cas d'une perforation. Le courant est mesuré à travers une résistance R de 1kΩ, non inductive, connectée entre l'électrode plane et la terre comme le montre la figure (3). L'onde est reportée à l'aide d'un câble coaxial, permettant la visualisation de la tension (image du courant) sur un oscilloscope numérique (TEKTRONIX TDS 3052B) d'une bande passante de 500 MHz. Les informations obtenues sont enregistrées par l'oscilloscope et transmises à un ordinateur pour y être traitées.



Fig.1 Vue de la cellule d'essais

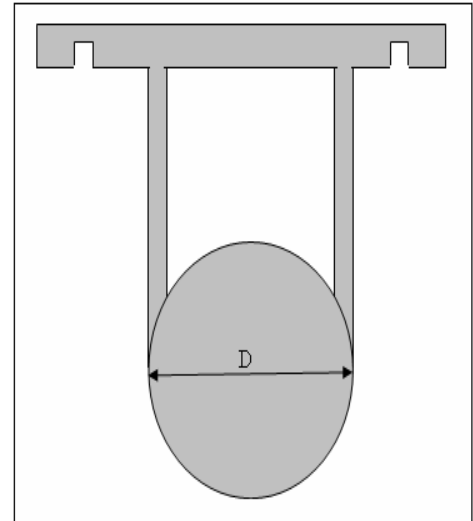


Fig.4 Forme de la barrière utilisée

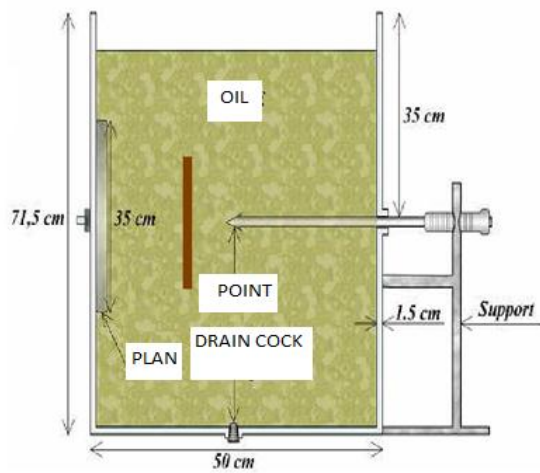


Fig. 2 Schéma de la cellule d'essais

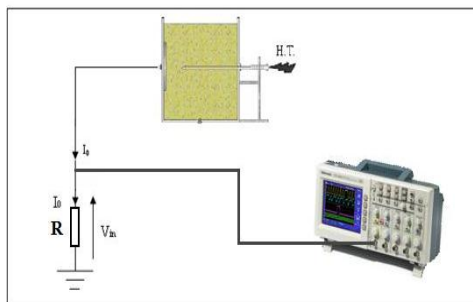


Fig.3 Circuit de mesure du courant

III. RESULTATS EXPERIMENTAUX

III.1. ESSAIS SANS BARRIERES

Dans cette partie d'essais, nous nous sommes intéressés à déterminer la tension $U_{50\%}$ de décharge disruptive (claquage), nous avons opté pour ces niveaux de tension afin d'éviter les décharges disruptives au niveau de l'oscilloscope. Une série de mesures sans barrière est obtenue en faisant varier la tension avec un pas de 5kV, les paliers de tension appliquée suivant les distances inter-électrodes ne permettent pas l'établissement de décharge partielle, le courant de pré-claquage reste faible quelque milliampères. Pour chaque niveau de tension et pour chaque distance inter-électrodes, le signal est enregistré sur l'oscilloscope et les mesures du courant de pré-claquage sont notées. La valeur efficace du courant prise est la moyenne arithmétique de six valeurs. Le courant obtenu est un signal périodique qui présente des "déformations". Ces dernières se présentent sous la forme de pics au niveau de la valeur crête dans les deux alternances (positive et négative), le courant devient plus importants avec l'accroissement de la tension appliquée (fig.5 et 10). Ces chutes du courant pourraient être dues à la diminution de l'impédance (capacité) du système [3], [5]. L'enregistrement des deux signaux, du courant et de la tension, permet de mesurer le déphasage entre leurs fondamentaux (la forme de la tension est souvent non sinusoïdale à cause de la saturation du circuit magnétique). Pour tous les niveaux des tensions appliquées et toutes les distances inter-électrodes, le courant est en avance de 90° sur la tension. Ce déphasage reflète le caractère purement capacitif du courant. [3], [5].

A partir de cette caractéristique courant – tension, on peut penser à la tension de génération qui correspond à l'apparition d'une perturbation de l'état physique du liquide au voisinage de l'électrode pointe, mise à la borne haute tension. Lorsque la perturbation est générée, la capacité du milieu est altérée, ce qui provoque une variation de la proportionnalité entre le courant et la tension [6].

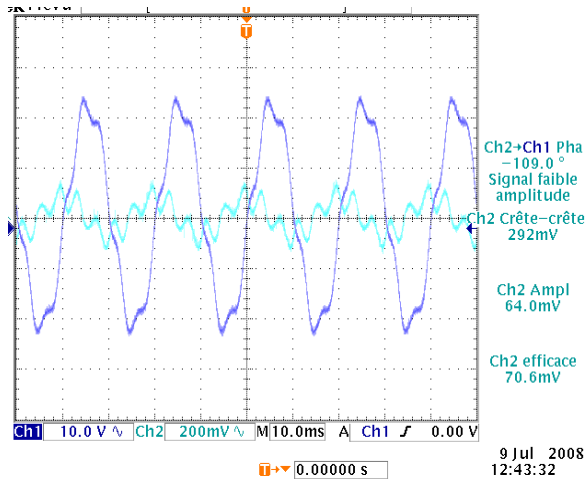


Fig. 5 Déphasage courant-tension, pour une tension appliquée de 15kV, d=4cm

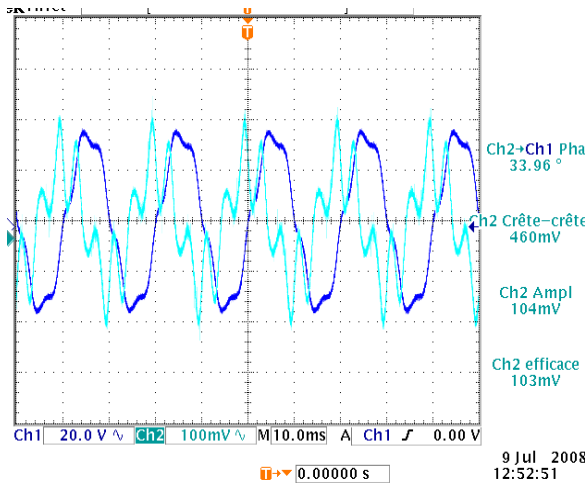


Fig. 6 Déphasage courant-tension, pour une tension appliquée de 25kV, d=4cm

Les résultats obtenus sont en faveur de l'intervention d'une phase gazeuse, lors de la génération dans les diélectriques liquides sous tension alternative 50Hz [3].

Dans la figure (7) qui représente la variation de la valeur efficace du courant de pré-claquage en fonction de la tension appliquée pour différentes distances inter-électrodes, nous constatons que l'amplitude du courant de pré-claquage augmente avec la tension appliquée (la variation est linéaire). En effet, les courants de pré-claquages, pour les plus grandes distance, sont inférieurs à ceux pour les petites

distances, de plus au-delà de 5kV une diminution de la pente de la caractéristique courant – tension est observée. [3], [7].

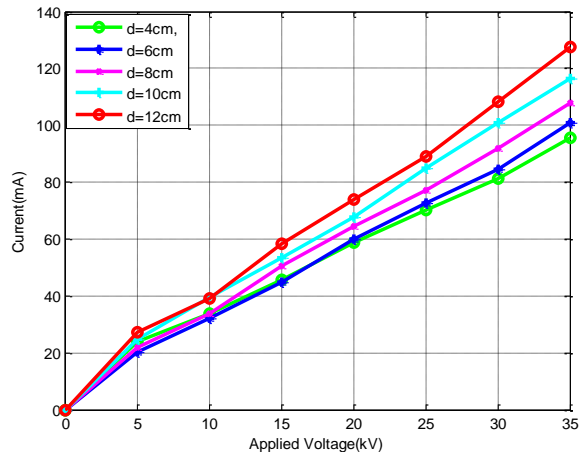


Fig.7 Variation du courant efficace en fonction de la tension appliquée, pour différentes distances inter-électrodes (sans barrière)

L'application d'une tension engendre un courant dont l'expression est la suivante [1], [7] :

$$i = \frac{d}{dt}(q) \Leftrightarrow C \frac{du}{dt} + u \frac{dC}{dt} \quad (1)$$

Etant donné que la caractéristique courant-tension est linéaire, ce qui confirme que la capacité C est constante, alors sa dérivée est nulle [5].

Par conséquent, nous obtenons :

$$i = C \frac{du}{dt} \quad (2)$$

$$\text{En considérant : } U = U_m \sin \omega t \quad (3)$$

$$i = C \frac{du}{dt} = C U_m \cos \omega t \Rightarrow I_m = C \omega U_m \quad (4)$$

$$C \omega = \frac{I_m}{U_m} \quad (5)$$

Le rapport $(\frac{I_m}{U_m})$ est constant avant la génération.

Alors le courant correspondant peut s'écrire comme suit :

$$i = u \frac{dC}{dt} = i_p \quad (6)$$

La figure (8) montre les variations des courants efficaces en fonction de la distance inter-électrodes, pour différentes tensions appliquées. Lorsque la distance inter-électrodes augmente, l'amplitude du courant efficace diminue légèrement, cette diminution révèle l'influence du champ électrique [2], [3], [7]. Elle est plus visible pour les tensions élevées (plus de 15kV). Notons, qu'aux niveaux de tension 5 et 10kV le courant efficace reste pratiquement constant.

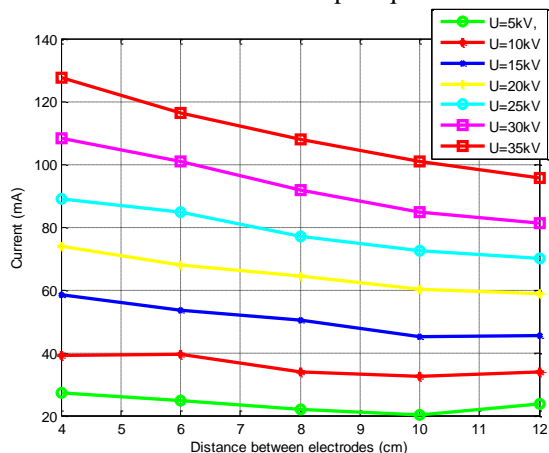


Fig.8 Variation du courant en fonction de la distance inter-électrodes, pour différentes tensions appliquées.

III.2 ESSAIS AVEC BARRIERES

D'après les figures (9 et 10), nous constatons que le signal obtenu est périodique. Pour une distance donnée, le courant efficace augmente avec la tension appliquée.

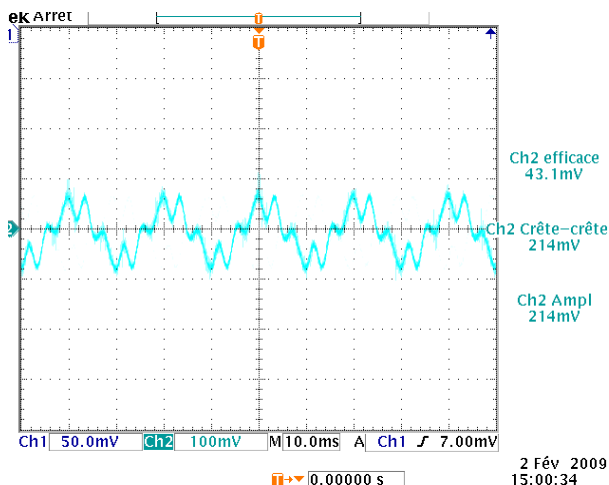


Fig.9 Forme du courant, pour une tension appliquée de 10kV, d=4cm à la présence d'une barrière en bakélite (e=4mm, D=14cm, a/d=0%)

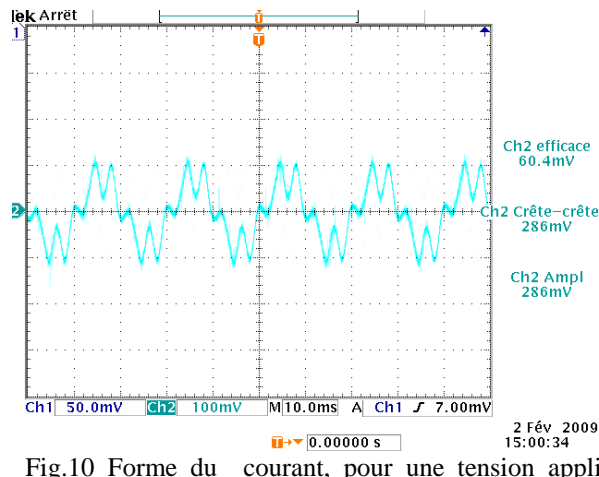


Fig.10 Forme du courant, pour une tension appliquée de 15kV, d=4cm à la présence d'une barrière en bakélite (e=4mm, D=14cm, a/d=0%)

La figure (11) illustre la variation du courant efficace en fonction de la tension appliquée, pour différentes distances inter-électrodes et cela pour une position relative de la barrière isolante en bakélite à 20%. Nous remarquons que le courant augmente linéairement avec la tension appliquée.

Notons que les courants de pré-claquage sont supérieurs à ceux sans barrière.

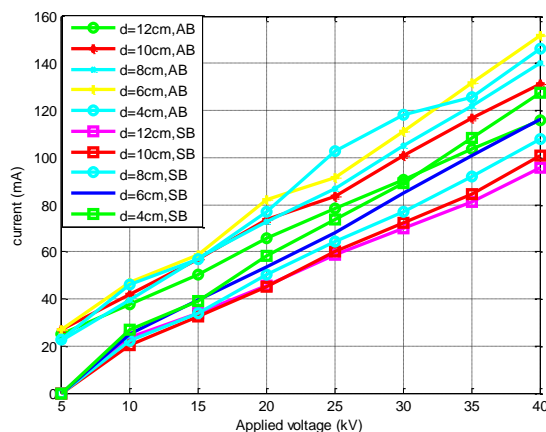


Fig.12 Variation du courant efficace en fonction de la tension appliquée, pour une barrière en bakélite (D=14cm, e=4mm, a/d=20%).

La figure (13) illustre la variation du courant efficace en fonction de la distance inter-électrodes, pour différentes tensions appliquées en présence d'une barrière en bakélite de diamètre 14cm et d'épaisseur 4mm, pour la position relative de la barrière a/d=20%.

Nous remarquons également dans le cas sans barrière, que le courant diminue lorsque la distance inter-électrodes augmente, pour les tensions supérieures à 10kV. Cependant Le courant se stabilise pour des tensions allant de 5 à 15kV.

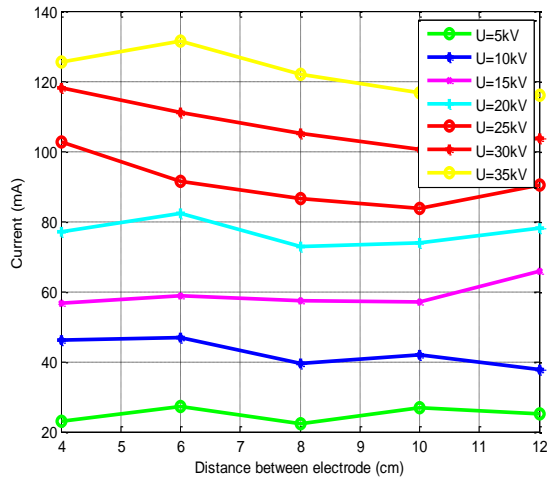


Fig.13 Variation du courant efficace en fonction de la distance inter-électrodes, pour une barrière en bakélite ($D=14\text{cm}$, $e=4\text{mm}$, $a/d=20\%$)

Dans la figure (14), nous comparons la variation du courant efficace, en fonction de la distance inter-électrodes, pour les deux systèmes (avec et sans barrière). L'insertion de la barrière modifie significativement le courant efficace. Cette modification est interprétée par l'augmentation de l'amplitude du courant efficace. D'autre part, le courant efficace dépend de l'ensemble des paramètres que soient la nature, les dimensions de la barrière et la tension appliquée. Ceci est dû, d'une part à l'augmentation de la longueur de la décharge (obstacle géométrique) et d'autre part à la modification de la distribution du champ électrique dans le milieu, qui devient uniforme entre la barrière et le plan.

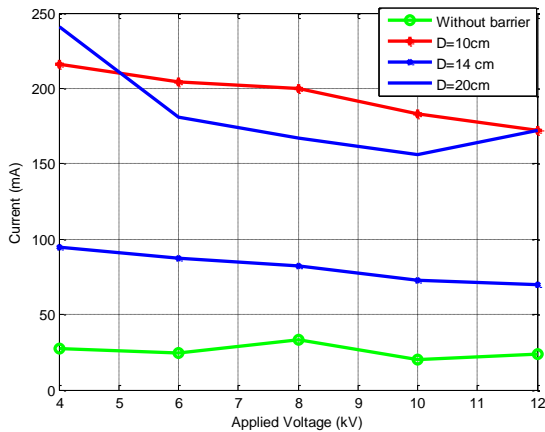


Fig.14 Variation du courant efficace en fonction de la distance inter-électrodes, pour une barrière en bakélite ($e=4\text{mm}$, $a/d=20\%$).

Les résultats expérimentaux dans les figures(15), montrent l'influence de la position de la barrière sur le courant efficace, pour les deux natures et les différents diamètres. Pour les distances inter-électrodes considérées, nous

remarquons quelles que soient la nature et la distance inter-électrodes, le courant efficace est presque constant. Cela signifie que la position n'a aucune influence sur le courant de pré-claquage. Rappelons que les niveaux de tension appliqués sont relativement modérés (inférieur à 50% de la tension de claquage, il n'y a pas eu lieu de décharge entre les électrodes) [3].

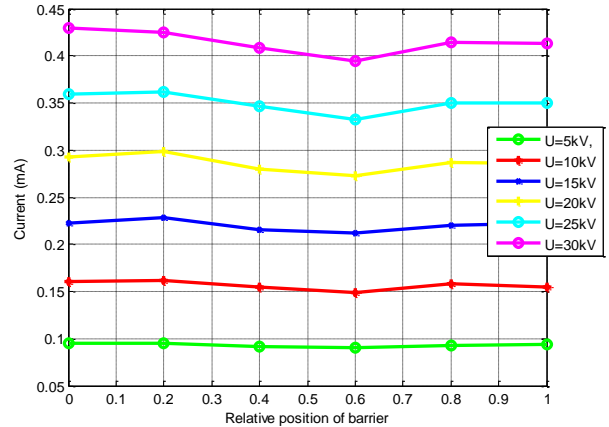


Fig.15 Variation du courant efficace en fonction de la position de la barrière, pour différentes tensions appliquées (Bakélite, $e=4\text{mm}$, $D=14\text{cm}$, $d=4\text{cm}$).

Les figures (16et17) donnent la variation du courant efficace en fonction de la tension appliquée. Ces figures confirment que la position relative de la barrière entre les électrodes n'a aucune influence sur le courant de pré-claquage et la variation $I=f(U)$ est toujours linéaire.

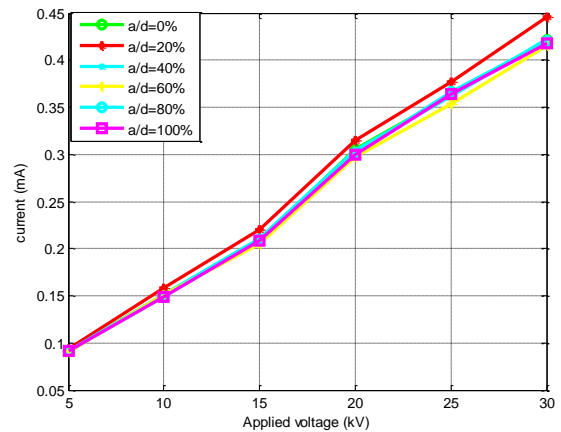


Fig.16 Variation du courant efficace en fonction de la tension appliquée, pour différentes position (Press-pahn, $e=4\text{mm}$, $D=20\text{cm}$, $d=4\text{cm}$)

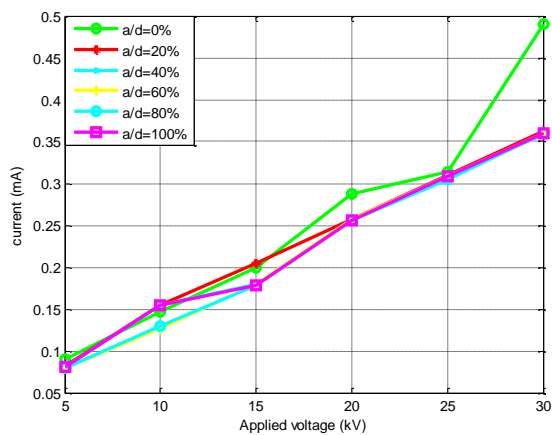


Fig.17 Variation du courant efficace en fonction de la tension appliquée, pour différentes position. (Press-pahn, $e=4\text{mm}$, $D=20\text{cm}$, $d=8\text{cm}$)

IV DISCUSSIONS

L'augmentation de courant avec l'augmentation de la tension appliquée montre que la caractéristique courant-tension est linéaire, ce qui confirme que la capacité C est constante dans les deux systèmes sans et avec barrière. L'insertion de la barrière modifie significativement le courant de pré-claquage, en effet la variation des paramètres géométrique tel que la nature, la position relative de la barrière et la tension appliquée, entraîne l'augmentation de courant de pré-claquage, ceci est dû au fait que la barrière présente un obstacle géométrique aux lignes de champ et d'autre part, le champ électrique entre le plan et la barrière devient uniforme.

V CONCLUSION

Les résultats nous a permis d'apporter une contribution qualitative à l'influence des certains paramètres électro-géométrique sur le courant de pré-claquage de l'huile de transformateur, dans une configuration pointe-plan dans les deux systèmes, sans et avec barrière. La barrière joue le rôle d'obstacle géométrique provoquant l'allongement de la décharge électrique et en conséquence, l'augmentation du courant de pré-claquage, l'influence de la tension sur le courant de pré-claquage est aussi importante, en raison des champs électriques élevés imposés aux barrières.

VI REFERENCES

- [1] B. Moula, "Comportement de l'huile de transformateur " Borak 22 » sous tension alternative 50Hz, " Mémoire de Magister, ENP Alger, 2007.
- [2] S.A. Benghezal and H. B. Hammadi, " Courant de pré- claquage dans l'huile de transformateur "Borak22" dans le système pointe-plan avec barrières isolantes," Mémoire de projet de fin d'études, ENP 2009.
- [3] M. Zitouni, " Influence des barrières sur la rigidité diélectrique de l'huile de transformateur dans des intervalles pointe-plan sous tension alternative 50Hz," Mémoire de magister ENP 2010.

- [4] F. Guerbas, A. Boubakeur, M. Zitouni and A. Beroual " Effet d'une barrière isolante sur la tension de claquage de l'huile de transformateur dans un système pointe- plan sous tension alternative," 7eme CNHT.2009, p.p 1-4 U.S. Bel-Abbes.
- [5] S. Bouazabia, « Etude des phénomènes de génération des streamers dans les diélectrique liquides », Thèse de Doctorat d'Etat, ENP Alger, 2006.
- [6] H.Bessai et M.Zouaghi, « Contribution à l'étude des phénomènes de génération dans les diélectriques liquides sous tension alternative. 50Hz, en géométrie pointe-plan », Projet de fin d'études, ENP 1995.
- [7] A. Hamimi, « Contribution à l'étude des phénomènes de préclaquage dans une huile de transformateur sous champ alternatif divergent », Thèse de Magister, ENP Alger, 1997.
- [8] F. Guerbas, M. Zitouni, A. Boubakeur and A- Beroual "Barrier effect on breakdown of point-plane oil gaps under alternating current voltage," IET Gener.Transm. Distrib, 2010, Vol. 4, Iss. 11, pp. 1245-1250.