

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE ABOU - BEKR BELKAID DE TLEMCEEN
FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE
ET ELECTRONIQUE



MEMOIRE

Pour obtenir le diplôme de

MASTER EN EN INSTRUMENTATION

Par

Mr GOURARI Mouad

Sur le Thème

MESUREUR DE PRISE DE TERRE

Soutenu publiquement le 01/07/2018, devant le Jury composé de :

KADOURI Nadéra	<i>MCB</i>	U.Tlemcen	Présidente
HEDARA Rachida	<i>MCB</i>	U.Tlemcen	Examinatrice
BOUAZZA née GUEN Ahlam	<i>Pr</i>	U.Tlemcen	Encadreur

Année universitaire : 2017 - 2018

Remerciements

Louange à Dieu qui m'a permis d'accéder au savoir et m'a faciliter l'étude et la compréhension que m'ont inculqué mes professeur avec la ferme détermination de me conduire vers une réussite certaine.

*Je tiens à remercier Monsieur le professeur **BOUAZA BENYOUNESS** pour son soutien périodique et sa complicité indéniable et son aide.*

*Je tiens à remercier Mme le professeur **GUEN BOUAZA AHLEM** pour sa présence, son orientation et sa compétence qui ont boosté nos modestes travaux avec toujours cette authentique capacité à ce dépasser pour mener à bien notre sujet.*

*Je remercie avec respect et inclination madame le docteur **KADOURI NADERA** qui a voulu sans la moindre hésitation à postuler le poste de présidente de la commission et dont les honneurs reviennent aux dames dont elle est le symbole à travers son choix si délicat.*

*J'exprime toute ma gratitude à Mme **HEDARA RACHIDA**, Maitres de Conférences (B) à l'Université de Tlemcen, pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

Je dédie ce Mémoire.....

A ma très chère mère

Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.

Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.

Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A mon Père

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

A mes très chères sœurs et frères

En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous.

Vous êtes toujours dans mon cœur. Je vous remercie pour votre hospitalité sans égal et votre affection si sincère.

Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité. Je vous exprime à travers ce travail mes sentiments de fraternité et d'amour.

A mes très chers oncles et tantes

Vous avez toujours été présents pour les bons conseils. Votre affection et votre soutien m'ont été d'un grand secours au long de ma vie professionnelle et personnelle.

Veillez trouver dans ce modeste travail ma reconnaissance pour tous vos efforts.

*A tous les membres de ma famille, petits et grands
Veillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection la plus sincère.*

A mes chères amies

Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des frères et des amis sur qui je peux compter.

En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passé ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

Sommaire

Chapitre 01

1.1. Introduction :.....	1
1.2. Définition d'un réseau de terre :.....	1
1.3.PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT:.....	2
1.5.CHOIX D'UNE PRISE DE TERRE :.....	2
1.6. Sécurité des personnes et des animaux :.....	4
1.6.1.1. Tension de pas :.....	4
1.6.1.2. Tension de contact.....	6
1.6.2. Protection des installations de puissance :.....	6
1.6.3. Protection des équipements sensibles :.....	6
1.6.4. Maintien d'un potentiel de référence :.....	7
1.7. Différents types de prise de terre :.....	7
1.8. Résistivité de la terre et résistance de mise à la terre :.....	8
1.6. Mesure des résistivités des sols :.....	9
1.7. Mesure de la résistance de système de mise à la terre.....	12
1.7.1. Méthode des trois points (triangle) :.....	12
1.7.2. Méthode de chute de potentiel :.....	12
1.8. Amélioration de la résistance d'une mise à la terre.....	16
1.8.3. Augmentation du nombre d'électrodes.....	18
1.8.4. Augmentation du diamètre de l'électrode.....	19
1.8.5. Traitement des sols pour réduire la résistivité.....	21
1.8.6. Ajout d'une matière de résistivité réduite entourant l'électrode.....	21
1.9. DEFAUTS D'UNE PRISE DE TERRE :.....	25
1.10. MESURE DE LA RESISTANCE DE TERRE :.....	25
1.11. AMELIORATION D'UNE PRISE DE TERRE ET ENTRETIEN :.....	26
1.12. VALEURS REPERES :.....	26
1.13. Conclusion.....	26

Chapitre 02

1.	Généralités sur les amplificateurs opérationnels.....	27
1.1.	Caractéristiques des amplificateurs opérationnels :.....	28
1.2.	Caractéristiques d'amplificateurs d'usage courant :	29
1.3.	Modélisation d'un amplificateur opérationnel :.....	29
1.4.	Saturation des amplificateurs opérationnels :.....	30
2.	Amplificateur opérationnel et contre-réaction :.....	30
2.1.	Contre-réaction en tension :.....	30
2.2.	Contre-réaction en courant :.....	31
2.	Fonctionnement des amplificateurs opérationnels.....	32
1.	L'amplificateur opérationnel idéal :.....	32
3.	Réponse fréquentiel.....	33
5.	Montage à Amplificateur opérationnel en fonctionnement non linéaire.....	40
5.1.	Montage logarithmique.....	40

Chapitre 03

Analyse du circuit.....	45
Etude pratique.....	47
Résultats obtenus.....	48
Références Bibliographiques.....	55

INTRODUCTION GENERALE

Pour vérifier si la prise de terre d'une installation électrique est efficace il faut mesurer cette prise de terre et se rendre compte qu'elle est bien dans les normes . Pour ceci nous devons impérativement disposer d'un appareil permettant cette mesure . Cet appareil appelé mesureur de prise de terre a principalement pour rôle de décharger à la masse les pertes électriques pouvant se trouver dans n'importe quel appareil électrique sachant que dans l'enceinte de n'importe quel maison se trouvent beaucoup d'appareils électroménagers potentiellement dangereux tel que la machine à laver ,le lave vaisselle, réfrigérateurs, chauffage électriques , etc..... N'importe quelle décharge pourrait donc être mortelle à tout usager . citons par exemple le cas de la machine à laver où suite à une fuite d'eau de la cuve vers le circuit électrique interne, permettrait à la tension du secteur d'être présente sur l'enveloppe métallique du lave linge . et toute ménagère recevra alors au moment du contact de sa main avec la porte, une décharge électrique qui pourrait lui être fatale .

Ainsi notre travail a consisté à étudier et tester pratiquement un mesureur de prise de terre .

Notre travail est constitué de trois chapitres:

- Le premier consacré aux généralités sur les prises de terre , leur installations, etc.....
- Le second consacré à la présentation des amplificateurs opérationnels et les principaux montages à base d'amplificateurs sachant que notre mesureur est principalement conçu à base de ce composant.
- Le troisième chapitre est destiné à la présentation du circuit mesureur de prise de terre testé, et aux mesures obtenus .

1.1. Introduction :

Une prise de terre est un élément essentiel ayant généralement pour but d'assurer la sécurité des installations électriques et des personnes qui utilisent bien entendu ces installations électriques.

Notons tout d'abord qu'il existe deux types de prises de terre :

- Celles qui ont pour rôle d'élimination des courants dû à la foudre ;
- Celles ayant pour rôle l'élimination des courants industriels.

Dans le second cas, et qui est celui qui nous intéresse dans notre travail , la prise de terre n'est réellement efficace que lorsqu'elle est associée à un dispositif de coupure différentiel.

1.2. Définition d'un réseau de terre :

La mise à la terre et qui est bien des fois appelée tout simplement « la terre », consiste en l'ensemble des moyens qui permettent de relier une partie métallique conductrice à la terre.

La mise à la terre est un élément hyper important d'un réseau électrique, et ceci indifféremment en haute ou basse tension. Cette prise de terre est principalement caractérisée par sa résistance ou son impédance,. Cette dernière doit être largement capable d'assurer l'écoulement du courant de fuite sans être détérioré par échauffement. Pour ces raisons, les mises à la terre ont pour but d'éliminer des potentiels "anormaux" sur les masses.

Pour une installation l'expression généralement utilisée est « prise de terre », on utilise généralement l'expression « réseau de terre » aux installation importantes telle que celles des postes.

A fréquence industrielle, l'étude du comportement d'un réseau de terre va nécessiter l'analyse exploratoire de la répartition du potentiel dans le sol qui entoure ce réseau.

Cette répartition est fonction des caractéristiques électriques du terrain, qui veut dire celle de sa résistivité, ainsi que des caractéristiques géométriques du réseau de terre et de la source.

Notons donc que l'étape permettant la conception d'un réseau de terre doit être précédée d'une étude géologique du sol.

1.3. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT:

Généralement, l'écoulement d'un courant de terre s'effectue à travers les résistances de contact. Ces résistances de contact se subdivisent en une multitude de résistances constituées par les éléments de contact de particules du sol.

Au-delà d'une certaine distance le nombre de résistances de contact tend vers l'infini ainsi la résistance équivalente devient presque nulle, c'est la limite de la zone d'influence. La mise à la terre est réellement faite.

Afin qu'une prise de terre remplisse sa mission, cette dernière doit présenter une résistance très faible . elle doit aussi maintenir un gradient de potentiel également faible dans son voisinage. Ces conditions impliquent que deux éléments vont directement influencer sur :

- ✓ la résistance de la prise de terre ;
- ✓ la qualité du contact entre le conducteur et le sol ;
- ✓ la résistivité du sol qui permet de déterminer le gradient de potentiel autour du conducteur.

La résistance d'une prise de terre sera donc fonction de trois éléments :

- ✓ la résistivité du sol
- ✓ la longueur du conducteur
- ✓ le diamètre du conducteur volumique.

1.4. Rôle d'une mise à la terre :

Le rôle d'une mise à la terre d'une installation électrique est de permettre l'écoulement rapide à l'intérieur du sol de courants de défaut de toutes origines, on cite alors l'exemple des courants dus aux surtensions ou encore de défauts à 50 Hz [1].

1.5. CHOIX D'UNE PRISE DE TERRE :

Pour choisir le type de prise de terre à réaliser, il convient de connaître :

- la résistance maximale à obtenir
- la résistivité du sol

- la surface libre dont on dispose

La résistance est imposée par la protection à assurer. Notons alors que la résistivité du sol est une caractéristique du site qui se détermine par mesure géophysique. La réalisation d'un sondage électrique permettra de rechercher une couche conductrice en profondeur.

La surface libre dont on dispose est la surface à l'intérieur de laquelle on ne craint aucune perturbation et ceci à cause de la présence de canalisations, de tranchées ou d'autres terres auxquelles on ne veut pas se connecter. Le choix s'effectue ensuite entre trois configurations.

- linéaire horizontal :

C'est un conducteur enterré au fond d'une tranchée dont la profondeur est en fonction de la nature du sol, mais toujours supérieure à 0,80 m (garde à la sécheresse).

- linéaire vertical :

C'est un piquet enfoncé dans le sol ou un forage équipé, présentant une longueur grande par rapport à son diamètre.

- volumique vertical :

C'est un forage de gros diamètre ($L/d < 150$)

Lors de l'écoulement de tels courants par une prise ou un réseau de terre, des différences de potentiel peuvent apparaître entre certains points ou entre deux masses métalliques, par exemple entre la prise de terre et le sol qui l'entoure, ou entre deux points de sol. Les schémas de liaison à la terre seront abordés sous l'aspect de leurs relations avec les réseaux de terre.

La conception des prises et des réseaux de terre doit permettre, même dans ces conditions [2], d'assurer le maintien de :

- La sécurité des humains ainsi que des animaux,
- La protection des installations de puissance,
- la protection des équipements sensibles
- Le maintien d'un potentiel de référence

1.6. Sécurité des personnes et des animaux :

Lors d'un écoulement de courant élevé dans le sol, la sécurité doit être assurée à l'intérieur de l'installation électrique et de ses bords immédiats, ceci peut être obtenu par une limitation de la tension de pas et de la tension de toucher à des valeurs non dangereuses pour l'homme ainsi que pour les animaux. Cette limitation est obtenue grâce à la connaissance et au contrôle de la répartition idéale dont on doit chercher à se rapprocher, ainsi que de l'équipotentialité de l'ensemble des prises de terre.

1.6.1.1. Tension de pas :

La tension de pas représenté en figure 1.1 représente la différence de potentiels entre deux points à la surface du sol, séparés par une distance d'un pas, que l'on assimile généralement à un mètre dans la direction du gradient de potentiel maximum [3]:

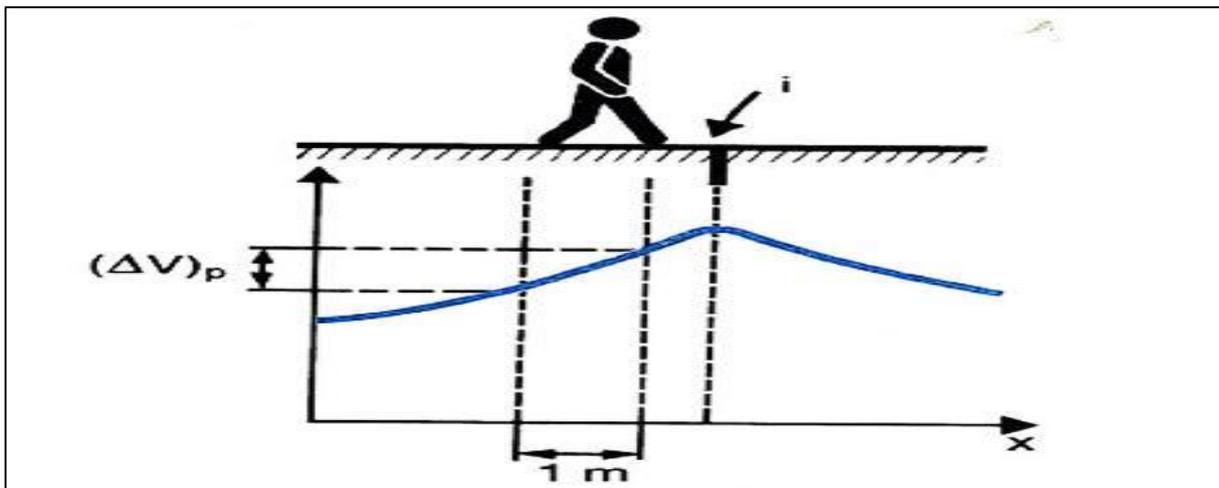


Figure 1.1 Tension de pas.

Dans un sol supposé homogène, la tension de pas est directement proportionnelle à la résistivité du sol. En général, elle dépend de la distribution de potentiel dans le sol.

A une distance d de l'impact d'un courant de foudre au sol, en considérant un sol homogène de résistivité ρ et une répartition purement résistive de potentiel, elle est donnée par la relation :

$$U_p = \frac{\rho I}{2\pi d} \frac{\rho}{(d + p)} \quad (1.1)$$

Dans ce cas, pour un courant de foudre de valeur de crête $I = 50 \text{ kA}$ par exemple, la tension de pas à une distance de 30 m du lieu d'impact est de :

$U_p = 855,67 \text{ V}$ pour $\rho = 100 \Omega \cdot \text{m}$ (Sétif par exemple) et

$U_p = 25,67 \text{ kV}$ pour $\rho = 3000 \Omega \cdot \text{m}$ (région tropicale par exemple).

La courbe de la figure 1.2 [4] donne la tension de pas en fonction de la distance pour une résistivité typique de $100 \Omega \cdot \text{m}$ à l'impact de courant $I=50 \text{ kA}$.

Cette courbe qualifie bien la diminution de la tension de pas avec l'éloignement du point d'écoulement du courant à la terre. Dans notre cas, la tension de pas qui valait 398 kV à 1 m du point d'impact, tombe à 856 V à une distance de 30 m et à 312 V à 50 m.

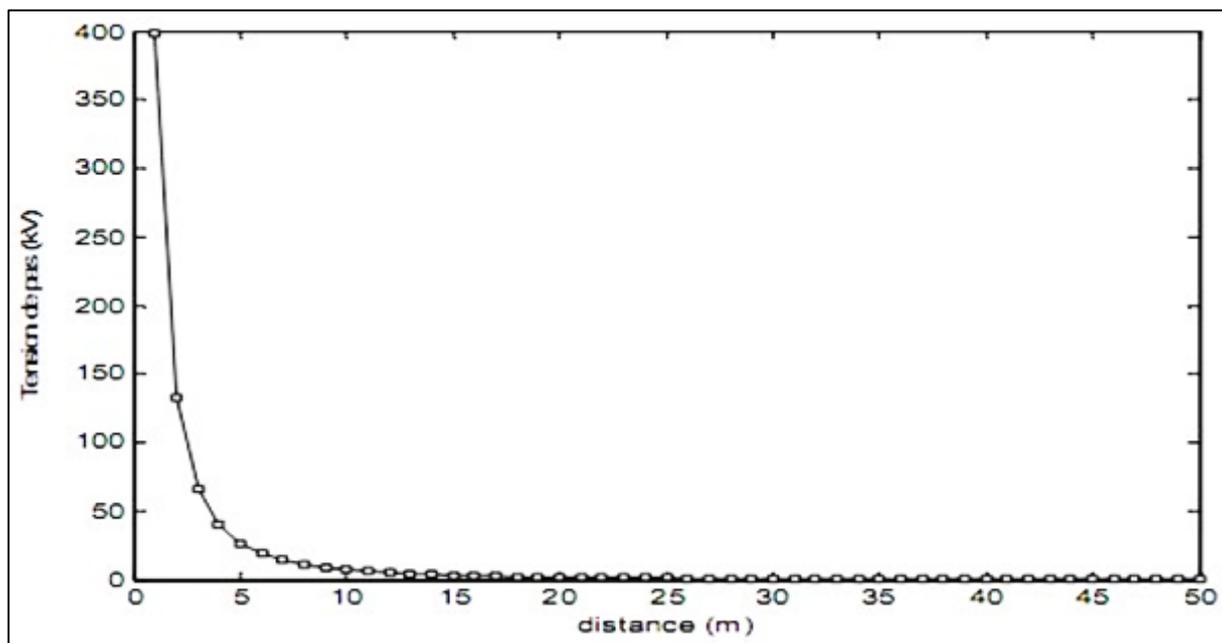


Figure 1.2 Tension de pas en fonction de la distance

Cette tension cessera d'être dangereuse pour un être humain à 126 m du point d'impact.

Tandis que pour une résistivité de $3000 \Omega \cdot \text{m}$, cette distance sera de 690 m, dans un sol sec.

1.6.1.2. Tension de contact

La tension de contact est la différence de potentiel entre une structure métallique mise à la terre et un point situé à la surface du sol généralement à une distance égale à 1 m. Ceci est bien montré sur la figure I.3 [4].

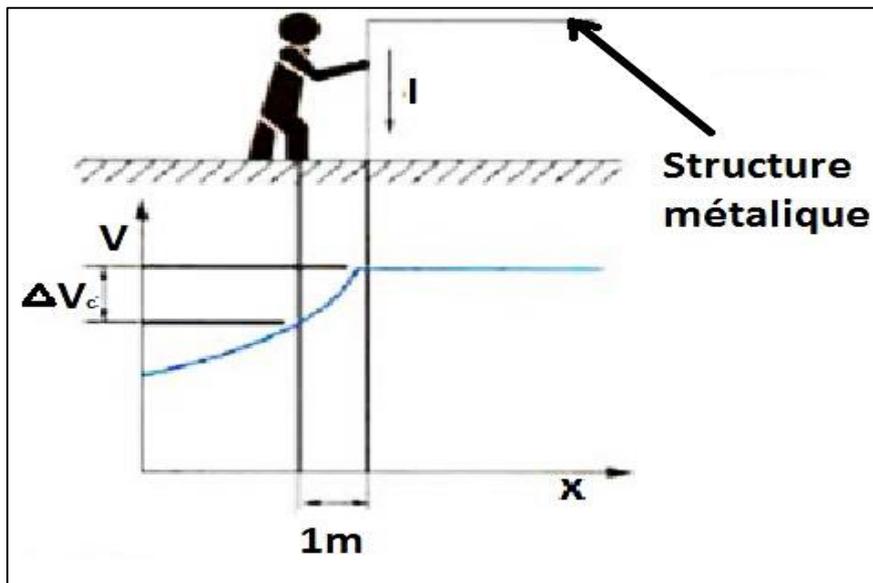


Figure I.3 Tension de contact.

1.6.2. Protection des installations de puissance :

Le réseau de terre des installations électriques ainsi que la prise de terre des supports de lignes a pour conséquence la limitation des effets dus aux surtensions provoquées à différentes causes tels que les défauts à 50 Hz, les manœuvres d'appareillages dans les postes et les surtensions d'origine atmosphérique. Cette limitation est d'autant plus efficace que ces prises de terre facilitent l'écoulement du courant dans le sol, ce qui revient à dire qu'ils présentent une impédance de terre faible, aussi bien pour les phénomènes dits lents on cite alors les défauts à 50 Hz, que pour les phénomènes dits rapides tels que les phénomènes créés par la foudre où par les manœuvres des disjoncteurs.

1.6.3. Protection des équipements sensibles :

A proximité des installations de puissance ainsi que dans les postes par exemple, on trouve des équipements fonctionnant à des niveaux de tension beaucoup plus faibles tels que les équipements électroniques ou équipements électromécaniques. ces équipements sont

également exposés aux effets liés par couplage galvanique, capacitif ou inductif et plus généralement, électromagnétique.

1.6.4. Maintien d'un potentiel de référence :

Les différents équipements qui sont placés dans une même installation doivent rester fixes et à un potentiel identique même pendant la durée des perturbations mentionnées plus haut et ceci lorsque ces équipements sont reliés électriquement.

1.7. Différents types de prise de terre :

Il y'a deux types de systèmes de prise de terre [5] les systèmes simples et les systèmes complexes.

Systèmes simples

Les systèmes simples sont constitués de piquets ou de tubes métalliques verticaux, de rubans ou de câbles enfoncés dans le sol à une profondeur supérieure à 1m, et usuellement de 3 à 30 m ou plus . Les terres individuelles représentent le type de mise à la terre le plus utilisé pratiquement.

Systèmes complexes

Les systèmes complexes se composent de prises de terre multiples . Elles sont reliées entre elles par des systèmes maillés ou des réseau de grilles placée horizontalement à faible profondeur (figure I.4.b.)

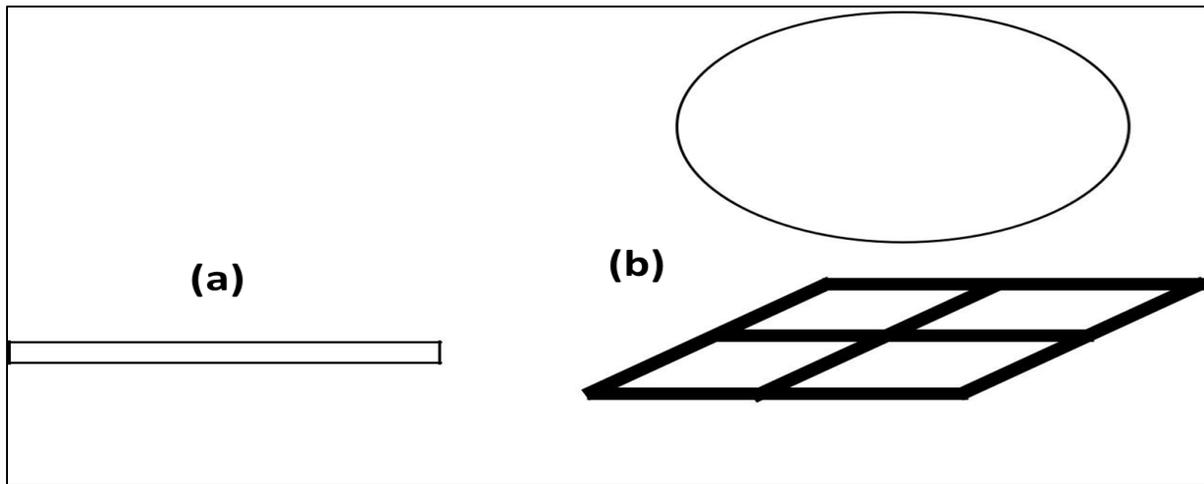


Figure I.4 : Systèmes simples (a) , systèmes complexes de terre (b).

1.8. Résistivité de la terre et résistance de mise à la terre :

Le sol est usuellement constitué de matériaux de faible conductivité. Cette dernière est dû aux sels et aux impuretés entre les isolants . A cause de la faible conductivité du sol tout courant qui le traverse va créer une grande chute de tension, ce qui permet d' affirmer que le potentiel de la terre n'est pas uniforme. De ce fait, la résistivité du sol est donc une quantité variable et la seule manière de la connaître avec précision est donc de la mesurer. Cette dernière varie en fonction de plusieurs facteurs qui sont [6] la nature des sols, la composition chimique des sels, la concentration des sels dissous dans l'eau contenu, le taux d'humidité, la température. Le tableau qui suit nous informe sur les résistivités des différents types de sol [7]

Tableau 1.1 Résistivités moyennes des différents types de sol.

Nature du terrain	Résistivité)Ω.m(Nature du terrain	Résistivité)Ω.m(
Terrain marécageux	De quelques unités à 30	Calcaires fissurés	500 à 1000
Limon	20 à 100	Schistes	50 à 300
Humus	100 à 150	Calcaire tendre	100 à 500
Tourbe humide	5 à 100	Calcaires compacts	1000 à 5000
Argile plastique	50	Sol pierreux nu	1500 à 3000
Marnes et argiles compactes	100 à 200	Sol pierreux recouvert de gazon	300 à 500
Sable argileux	50 à 500	Micaschistes	800
Sable siliceux	200 à 3000	Granits et Grès	100 à 10000

La résistance d’une mise à la terre est directement proportionnelle à la résistivité du sol, si celle-ci peut être considérée comme homogène. Un autre facteur dont il faudra tenir compte est la caractéristique de l’électrode de mise à la terre : la matière, la forme, la profondeur dans le sol, le nombre, la structure, ...

1.6. Mesure des résistivités des sols :

La mesure des résistivités des sols se fait par la méthode des quatre électrodes dite méthode de WENNER. Cette méthode est expliquée en figure I.5 [8].

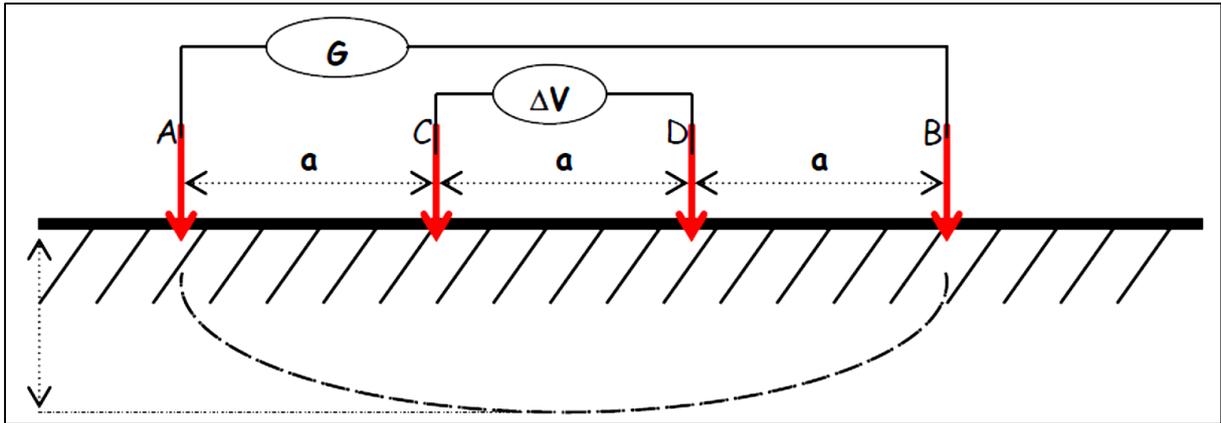


Figure 1.5 Schéma de mesure des résistivités des sols par la méthode de quatre électrodes.

La formule générale permettant d'exprimer l'expression de la résistivité apparente des sols par la méthode de WENNER pour un sol homogène est donnée par:

$$\rho = 2\pi aR \quad (1.2)$$

où:

ρ est la résistivité apparente en $\Omega.m$

a : est la distance entre électrodes exprimée en m

R est la valeur lue sur le telluromètre

$$R = \frac{\Delta V}{I} \quad (1.3)$$

Dans le cas des sols multicouches, on utilise généralement un sol équivalent à deux couches comme illustré en figure I.6.

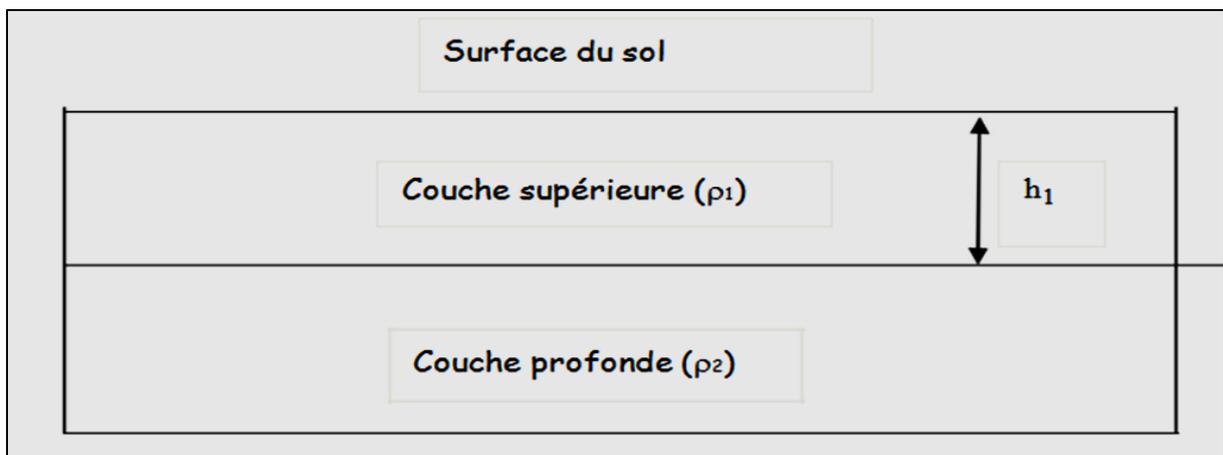


Figure I.6 : Sol en deux couches de résistivités différentes (ρ_1) et (ρ_2)

Différentes formules furent développées afin de calculer la résistance d'une mise à la terre en modélisant le sol en deux couches. La résistivité apparente du sol est alors donnée par :

$$\rho(a) = \rho_1 \left[1 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K^n}{\sqrt{1 + \left(2n \frac{h_1}{a}\right)^2}} - \frac{K^n}{\sqrt{4 + \left(2n \frac{h_1}{a}\right)^2}} \right] \quad (1.4)$$

avec h_1 , la profondeur de la couche supérieure de résistivité ρ_1

K , coefficient de réflexion, donné par la relation

$$K = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \quad (1.5)$$

Et pour le cas de sol en plusieurs couches de résistivités différentes, on peut aussi considérer le sol comme uniforme. Dans ce cas, La résistivité apparente ρ_a du sol supposée homogène peut être trouvée par la relation suivante [9]:

$$\rho_a = \frac{\rho_{a(1)} + \rho_{a(2)} + \dots + \rho_{a(n)}}{n} \quad (1.6)$$

$\rho_{a(1)}, \rho_{a(2)}, \dots, \rho_{a(n)}$ sont les résistivités de n différentes couches du sol mesurées avec la méthode de 4 électrodes

$$\rho_a = \frac{\rho_{a(\max)} + \rho_{a(\min)}}{2} \quad (1.7)$$

$\rho_a(\max)$ et $\rho_a(\min)$ sont les n valeurs respectivement maximale et minimale de la résistivité des différentes couches du sol.

1.7. Mesure de la résistance de système de mise à la terre

déterminer la résistance d'un réseau de terre est malheureusement complexe. Pratiquement, on réalise cette mesure en utilisant des électrodes auxiliaires d'une part cela permettra d'injecter du courant dans la prise de terre étudiée, d'autre part cela permettra de mesurer l'élévation du potentiel de cette dernière. Cette mesure pourra être effectuée par les méthodes suivantes:

1.7.1. Méthode des trois points (triangle) :

Dans ce cas on utilise deux électrodes auxiliaires que nous noterons E1 et E2 associées à l'électrode de mesure notée E [7]. On injecte alors du courant électrique I entre E et E2 et on mesure la différence de potentiel entre E et E1 comme illustré au niveau du schéma de la figure figure I.7. Notons que les mesures ainsi réalisées se feront en plusieurs fois et ceci en écartant les électrodes jusqu'au moment où les valeurs des résistances ainsi mesurées demeurent constantes. Il est cependant utile de rappeler que cette mesure n'est malheureusement pas précise dû au manque de précision. Par ailleurs il est impératif de déconnecter la barrette de terre avant d'effectuer cette mesure.

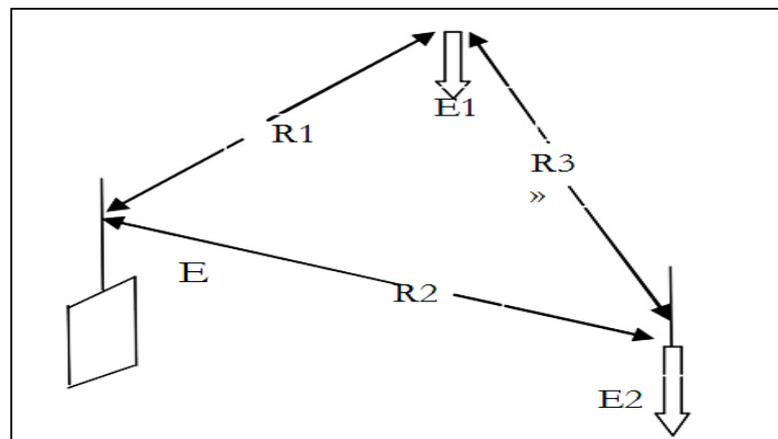


Figure I.7 Mesure de la résistance de système de mise à la terre par la méthode des trois points.

1.7.2. Méthode de chute de potentiel :

La méthode de chute de potentiel est la méthode qu'on applique pour tous les types de réseau de terre [8.10]. Cette nécessite l'emploi de deux électrodes auxiliaires pour permettre l'injection de courant et de la référence de potentiel "0V" [11].

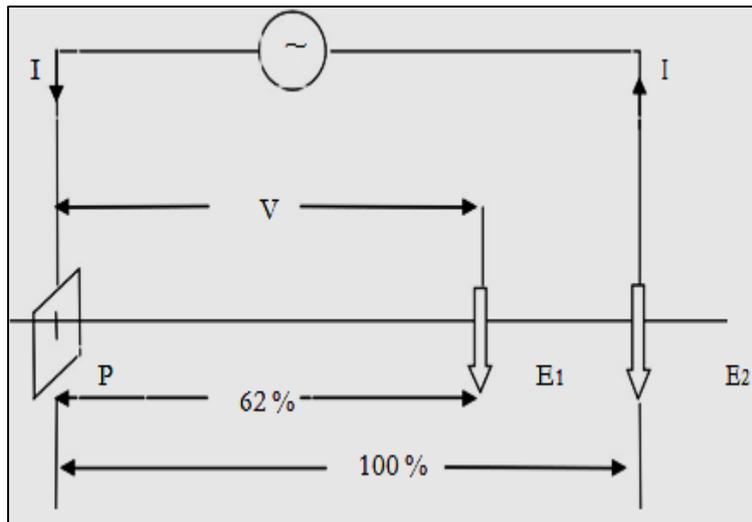


Figure I.8 Mesure de la résistance de système de mise à la terre par la méthode de chute de potentiel.

Pour toute mesure de la résistance de système de mise à la terre, la position des deux électrodes auxiliaires par rapport à la prise de terre à mesurer E est essentielle.

Pour effectuer une mesure correcte, il faut que la prise auxiliaire de référence de potentiel notée E1 ne soit pas plantée dans les zones d'influences des terres E et H créées par la circulation du courant I illustrées en figure I.9.

Des études expérimentales ont montré que la méthode idéale pour garantir une grande précision de mesure consiste à placer le piquet E1 à 62 % de E sur la droite EE2 [5] comme illustré au niveau de la figure .I.10.

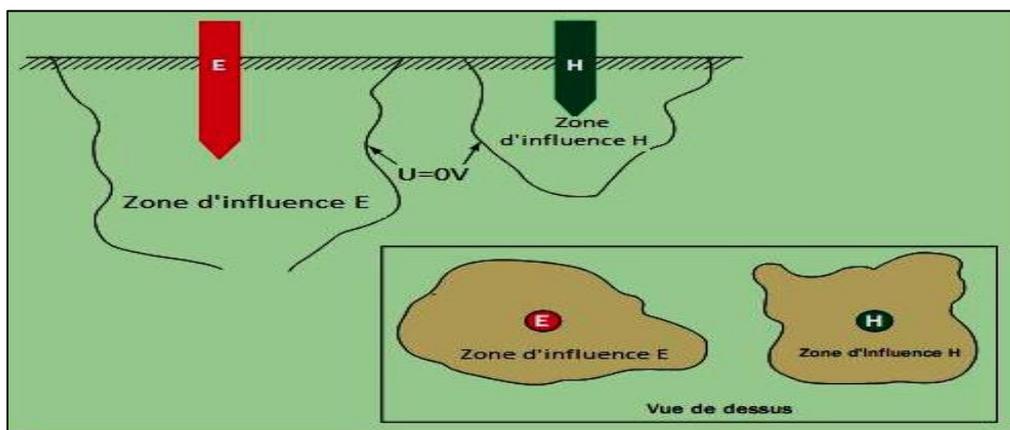


Figure I.9 Mise en évidence des zones d'influence.

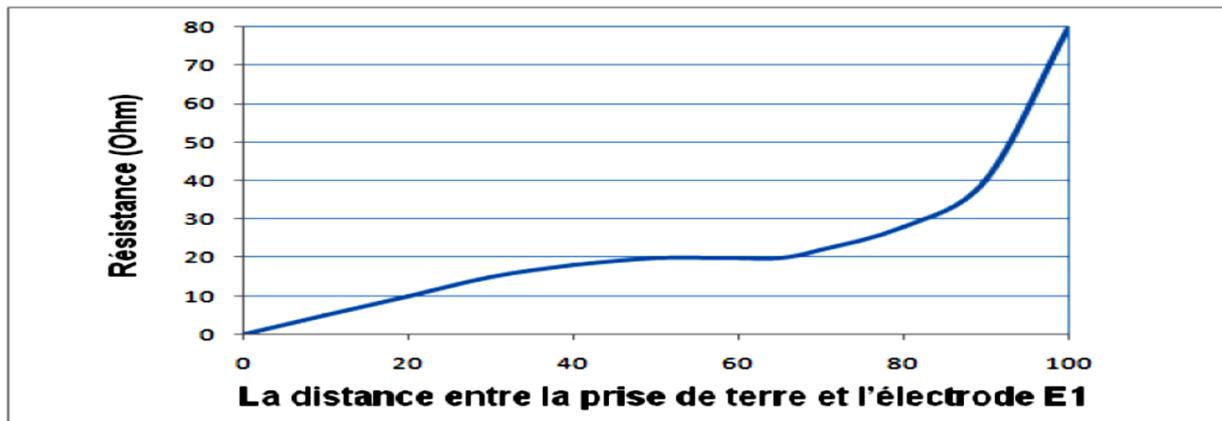


Figure 1.10 Méthode du 62 %

Il convient ensuite de s'assurer que la mesure varie peu en déplaçant le piquet E1 à $\pm 10\%$ de part et d'autre de sa position initiale et ceci toujours sur la droite EE2. Si la mesure varie, cela signifie que (E1) se trouve dans une zone d'influence : Il faut donc augmenter les distances et recommencer les mesures.

Cette méthode nécessite également, la déconnection de la barrette de terre avant la mesure.

C. Korasli propose une nouvelle méthode très pratique [12.13] pour mesurer la résistance de la mise à la terre en utilisant des sondes capacitatives au lieu des électrodes dans les districts urbanisés où il est difficile d'appliquer les électrodes figure 1.11.

Il a été démontré que les sondes capacitatives peuvent être utilisées avec succès à la place des sondes à tige dans les champs ayant une structure du sol dur et l'espace limité.

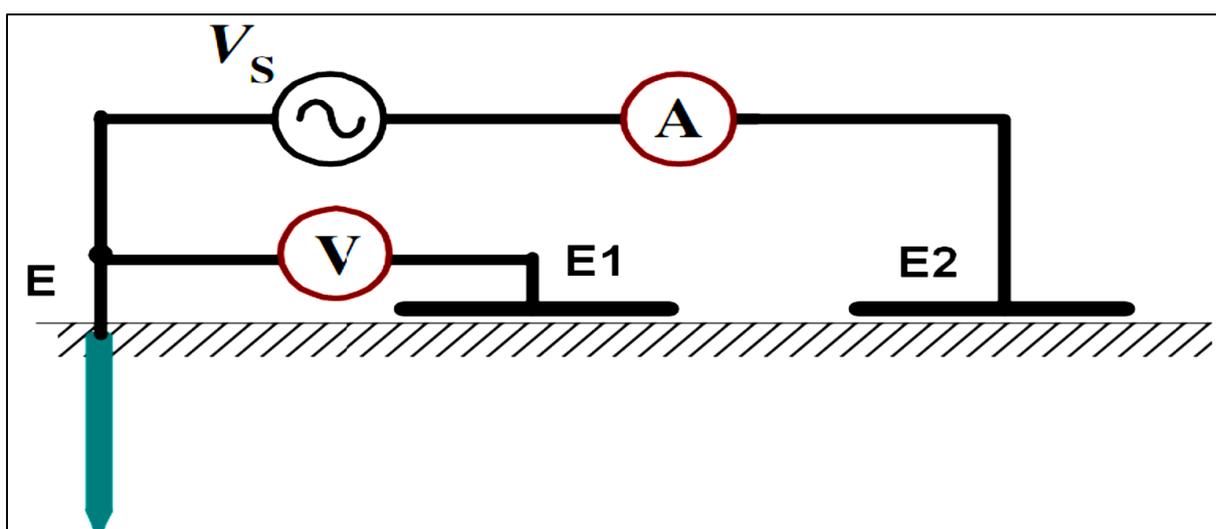


Figure 1.11 Méthode de chute de tension utilisant des sondes capacitatives.

Kazuo Murakawa et Hiroshi Yamane proposent une autre méthode de mesure [14] sans l'utilisation des électrodes auxiliaires lorsque la surface du sol est couverte par des chaussées ou des pierres (difficulté de l'utilisation d'électrodes auxiliaires) comme il est montré dans la figure 1.12.

Un fil conducteur est relié à la prise de terre à l'essai, et le fil de retour est raccordé uniquement à un générateur de signal V_s , a est le diamètre des fils, et h est le diamètre du l'isolant.

$\epsilon_1 \mu_1 \sigma_1, \epsilon_2 \mu_2 \sigma_2$ Sont la permittivité et la perméabilité et la conductivité des fils et de la terre respectivement.

L'impédance interne de fil $Z(\omega)$ est :

$$Z(\omega) = R_g + Z_0 \frac{1 + r_R \exp(-2\gamma_1 L_2)}{1 - r_R \exp(-2\gamma_1 L_2)} \tag{1.8}$$

Sachant que :

$$Z_0 = 60 \log \frac{2h}{a} \quad \text{et} \quad \gamma_1 = \frac{2\pi}{\lambda_1}$$

R_g est la résistance de prise de terre, r_R est le coefficient de réflexion du fil de retour, γ_1 est la longueur d'onde du fil de retour, L_1 et L_2 sont les longueurs des fils,

On peut trouver R_g en changeant la fréquence de générateur V_S jusqu'à la valeur minimum de $Z(\omega)$

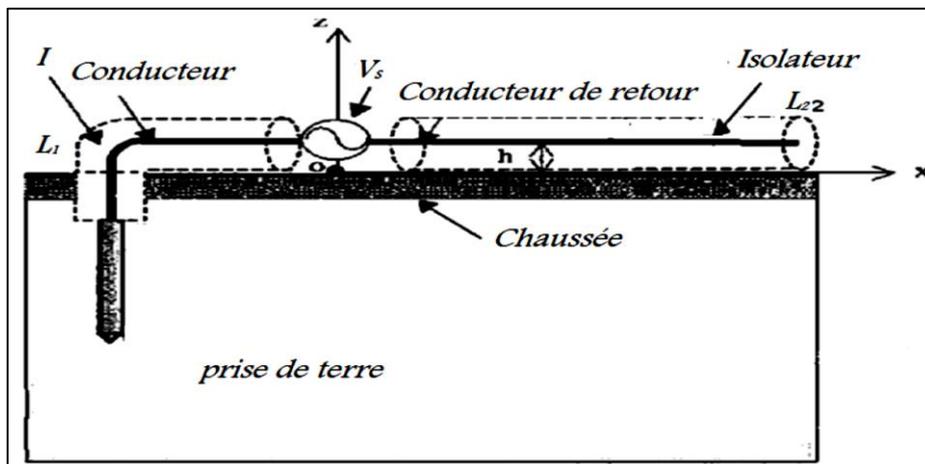


Figure 1.12 Méthode de mesure sans électrodes auxiliaires.

1.8. Amélioration de la résistance d'une mise à la terre

Les configurations usuelles de mise à la terre ne permettent malheureusement pas d'obtenir des résistances relativement faibles dans les régions de forte résistivité des sols selon les normes [5]. De ce fait il conviendrait alors de trouver des moyens efficaces pour réduire ces résistances. De nombreuses solutions existent cependant celle qui pourrait être retenue serait celle ayant un cout minimal. c'est à dira qui minimisera le coût des installations, tout en respectant les normes Les différents moyens afin de réaliser ceci sont listés dans ce qui suit.

1.8.1. Augmentation de la longueur de l'électrode

La figure 1.13 montre les valeurs des résistances pour différentes valeurs de la longueur de l'électrode cylindrique [15] de rayon 0,0125 m, pour un sol homogène de résistivité 100 $\Omega.m$ (La relation (1.9).

Cette figure montre que l'augmentation de la longueur de l'électrode réduit la résistance. Il est noté que cette affirmation n'existe que rarement en pratique, les mesures sont donc nécessaires.

En plus, l'augmentation de la longueur induit l'augmentation de l'inductance du piquet, donc de son impédance, ce qui est mauvais pour les courants en hautes fréquences.

La longueur effective d'une électrode de terre est sa longueur pour laquelle le coefficient impulsionnel est égal à 1.

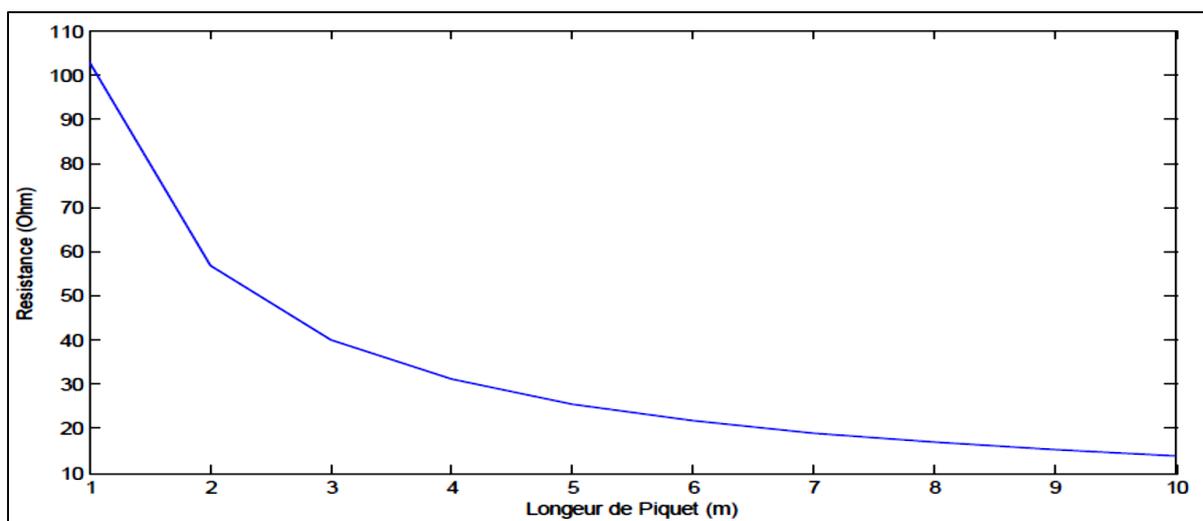


Figure 1.13 Variation de la résistance de terre en fonction de la longueur de l'électrode de terre

Le coefficient impulsionnel est le rapport entre l'impédance impulsionnelle et la résistance en basse fréquence. Gupta et Thapar ont donné la relation analytique suivante pour calculer la longueur effective [16].

$$l_{eq} = 1,4\sqrt{\rho\tau_1} \tag{1.10}$$

Où ρ est la résistivité du sol et τ_1 le temps de montée de l'onde du courant de foudre en μs .

1.8.2. Augmentation de la distance entre électrodes

La figure 1.14 montre la résistance de plusieurs configurations possibles des prise de terre de rayon $r = 0,0125$ m, et longueur $l = 2$ m, en fonction de la distance entre elles, pour un sol homogène de résistivité $\rho = 100 \Omega m$ [4].

L'espacement entre deux conducteurs D est donné par [10]:

$$D = \frac{2.Lx.Ly}{L - Lx - Ly} \tag{1.11}$$

Lx : Longueur du poste

Ly : Largeur du poste

L : Longueur totale du réseau maillé

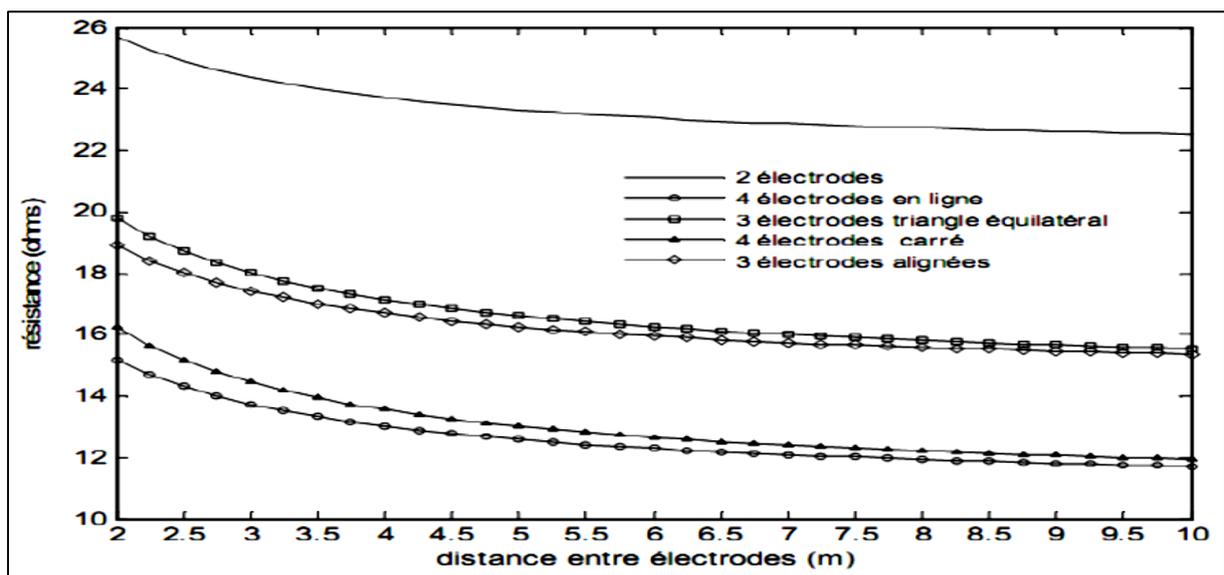


Figure 1.14 Résistance en fonction de la distance entre les électrodes cylindriques.

Nous remarquons bien que pour des distances entre électrodes juste supérieures à la longueur de celle-ci, la réduction de la résistance des piquets est assez sensible et diminue avec l'augmentation de la distance (par exemple, pour 3 électrodes au sommet d'un triangle équilatéral, la résistance subit une diminution de 13 % quand la distance passe de 2 m à 3 m, alors que quand elle passe de 2 m à 10 m, la réduction n'est que de 21 %). Ceci montre une fois de plus que pour des raisons de coût et d'espace, il y a une limite quant à la distance entre les électrodes.

La littérature renseigne que la distance de 6 m entre les électrodes est économiquement une limite du coût de la mise à la terre [17]

1.8.3. Augmentation du nombre d'électrodes

On peut réduire la résistance d'une mise à la terre en augmentant le nombre d'électrodes.

La littérature indique que l'augmentation du nombre d'électrodes diminue la résistance mais pas d'un facteur inverse [17].

La figure 1.15 montre la résistance d'une mise à la terre en fonction du nombre d'électrodes cylindriques[4] pour une configuration en ligne droite et pour une distance entre électrodes égale au double de la longueur des électrodes, soit $l = 2$ m, $d = 4$ m, $r = 0.0125$ m et $\rho = 100 \Omega.m$.

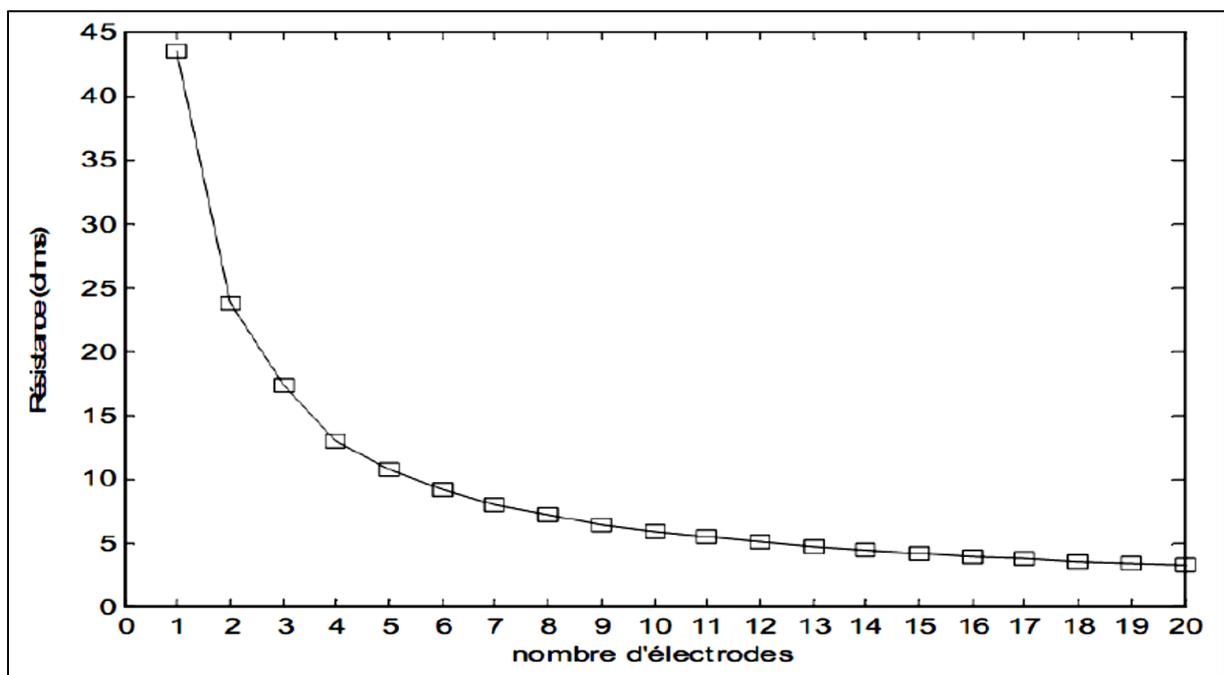


Figure 1.15 Caractéristique R=f(n)

Cette figure montre bien l'impact de l'augmentation du nombre d'électrodes. En effet, en passant d'une électrode à 20 électrodes, la résistance sera divisée par 10. La meilleure réduction de la résistance a lieu quand on passe d'une à deux. Au fur et à mesure que l'on augmente le nombre d'électrodes, la réduction de la résistance devient plus faible. Ce moyen est le plus utilisé pour obtenir une résistance de mise à la terre réduite. Cependant, il est bien évident que cette solution requière de l'espace et augmente le coût de la mise à la terre.

le nombre de conducteur en parallèle peut être déterminé par l'expression :

$$\text{En longueur : } n = \frac{Lx}{D} + 1 \tag{1.12}$$

$$\text{En largeur : } n = \frac{Ly}{D} + 1 \tag{1.13}$$

1.8.4. Augmentation du diamètre de l'électrode

Soit une électrode verticale en cuivre de 2 m de longueur, dans un sol de 100 Ω.m. La résistance de la mise à la terre en fonction du diamètre de l'électrode pour plusieurs configurations en appliquant la relation de Dwight-Sunde (l'équation (A2.2)) est donnée à la figure suivante [4] :

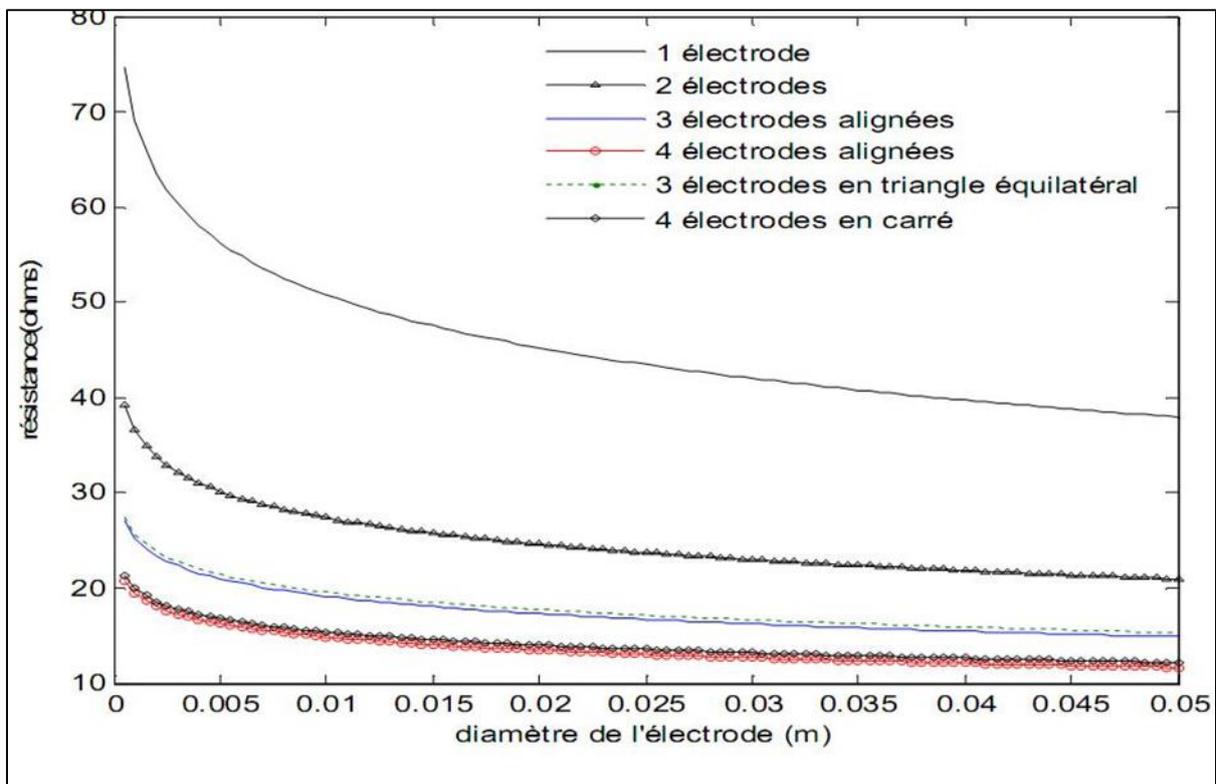


Figure 1.16 Résistance en fonction du diamètre de l'électrode cylindrique verticale.

Cette figure montre que pour une électrode cylindrique, en multipliant le diamètre par 10, la résistance est réduite de 43 % pour une électrode, de 30 % pour deux électrodes, 29 % pour trois, 28 % pour 4 électrodes en ligne et 27 % pour 4 électrodes aux sommets d'un carré). Ceci montre qu'il n'y a pas beaucoup d'intérêt à augmenter dans des larges proportions le diamètre de l'électrode à cause des problèmes de coût. Nous rappelons ici que pour une électrode cylindrique pleine, multiplier le diamètre par 10 revient à multiplier le volume (le prix également) par 100, pour la même longueur, alors que la résistance, quant à elle, n'est réduite que de 30 % en moyenne. Le calcul de section des conducteurs est fait selon la norme ANSI:

$$S = 0.7 \cdot I_{cc} \cdot \sqrt{\frac{\frac{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r \cdot 10^4}{T_{cap}}}{L_n \left[1 + \frac{T_m - T_a}{K_o + T_a} \right]}} \quad (1.14)$$

S : Section du conducteur en (mm²).

I_{cc} : Courant de court-circuit maximal en (kA).

t_c : Durée maximale de défaut (1s).

α_r : Coefficient thermique de la résistivité à la température de référence.

ρ_r : Résistivité du conducteur de terre à la température de référence.

T_{cap} : Capacité thermique.

T_m : Température maximale admissible typique pour les connexions serties. (300°C)

T_a : Température ambiante dans le sol. (30°C)

K_o : Coefficient = $[1/\alpha_r] - Tr$. ($K_o = 234$)

Tr : Température de référence. (20 °C)

Le tableau ci-dessus montre quelques sections des conducteurs pour différents courant de court-circuit.

Tableau 1.2 Les sections normalisées obtenues en fonction des I_{cc}

Sections (mm ²)	Courants de court circuit (kA)
75,5	< 20
93,3	$20 < I_{cc} \leq 24$
116,2	$24 < I_{cc} \leq 31,5$
147,1	$31,5 < I_{cc} \leq 40$
181,6	$40 < I_{cc} \leq 63$

1.8.5. Traitement des sols pour réduire la résistivité

La résistivité du sol dépend de plusieurs facteurs tel que sa nature , la profondeur des courants dans le sol, le taux d'impuretés, la salinité, le taux d'humidité, la température,....

Cependant , notons qu'il est possible de réduire la résistivité des sols en les traitant avec des produits [5] tels que le charbon de bois, la bentonite et le sel.

La norme CEI 62305-3 [4] recommande les matériaux à utiliser comme électrode de mise à la terre qui permettent de prévenir les risques de corrosion en présence d'autres matériaux dans le sol. Pour les mises à la terre de protection contre la foudre, d'autres produits sont disponibles sur le marché . Dans tous les cas, il faut éviter une solution tendant à réduire les performances de la mise à la terre avec le temps.

Nous allons dans ce qui suit évaluer l'influence d'une couche de matière de résistivité plus faible que la terre entourant les électrodes de terre dans les performances des mises à la terre.

1.8.6. Ajout d'une matière de résistivité réduite entourant l'électrode

Cette technique permet d'entourer l'électrode de terre d'une couche de matière peu résistive [15], tel que présenté sur la figure I.17. Cette matière ne doit absolument pas causer une corrosion aux piquets .

Plusieurs produits de faible résistivité sont généralement utilisés tel que le charbon de bois dans les régions tropicales par exemple ou habituellement la couche de bentonite.

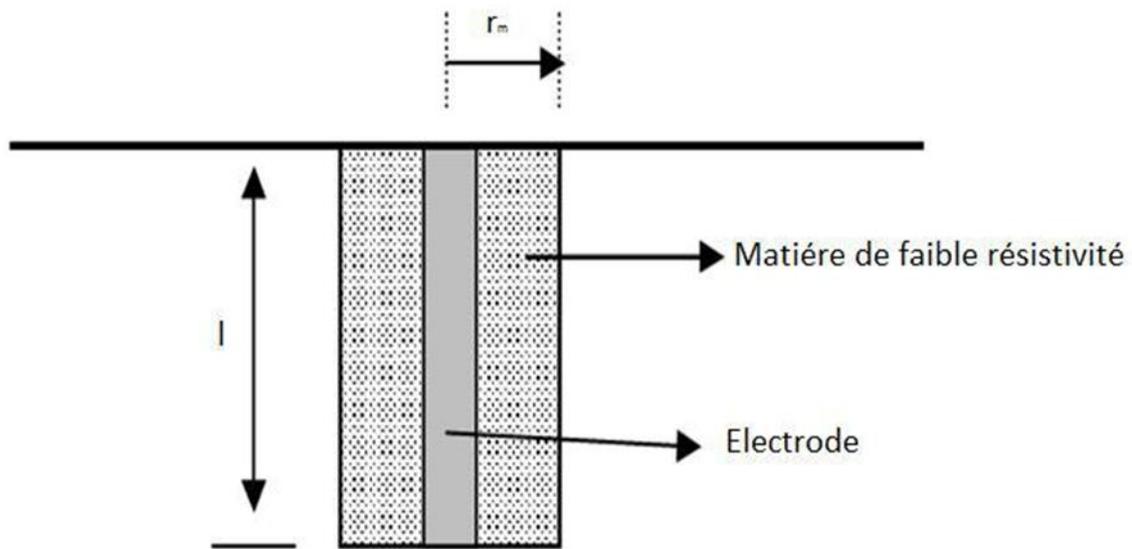


Figure 1.17 Ajout d'une matière de faible résistivité autour de l'électrode

La figure 1.18 représente la variation de la résistance de terre eu fonction de la longueur de l'électrode de terre sans et avec la couche de bentonite [15],

cette courbe est tracée pour une électrode verticale en cuivre qui peut aller de 2 à 32 m de longueur avec un rayon de 4 mm, dans un sol de résistivité égale à 1300 Ω .m. La résistivité de la matière entourant l'électrode est de 10 Ω .m. La réduction de la résistance justifie l'intérêt du bentonite. Une relation analytique, utilisée par Fagan et Lee a été donnée [4], a permis d'évaluer la résistance d'une électrode verticale :

$$R_m = \frac{1}{2\pi l} \left\{ \rho_m \left[\ln \left(\frac{r_m}{r} \right) \right] + \rho \left[\ln \left(\frac{4l}{r_m} \right) - 1 \right] \right\} \quad (1.15)$$

Où l est la longueur du piquet, ρ la résistivité du sol, ρ_m est la résistivité de la matière autour de l'électrode, r le rayon de l'électrode et r_m le rayon de la matière autour de l'électrode.

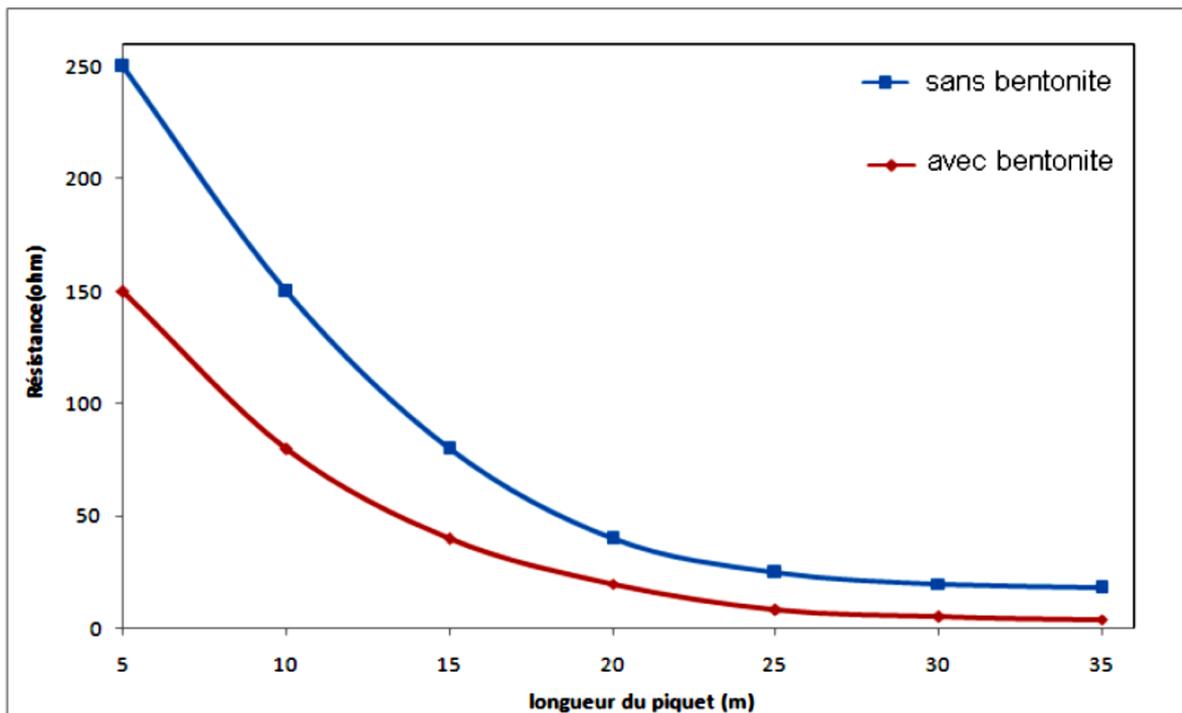


Figure 1.18 Caractéristiques $R=f(l)$ sans et avec la couche de bentonite

La résistivité électrique du charbon de bois a été déterminée à différentes reprises et plusieurs références en donnent les résultats.

Lev Weiner [4] indique que les mesures effectuées sur un échantillon de la poudre de charbon de bois avaient donné une résistivité assez faible de quelques ohmmètres, dépendant de l'espèce du bois utilisée pour fabriquer le charbon de bois. Il est donc intéressant de faire usage de la poudre de charbon de bois autour des piquets de terre car la résistivité diminue avec la diminution de la taille des grains.

QingboMeng, Jinliang He et F. P. Dawalibi proposent une nouvelle technique [18] pour réduire la résistance de sol. Cette technique nécessite trois étapes : faire des trous profonds dans le sol ; faire des fissures dans le sol à l'aide des explosifs dans les trous ; puis remplir les trous avec des matériaux de faible résistivité sous pression. Dans ce cas un réseau complexe de fissures de faible résistivité en forme d'arbre lié à la grille est formé. Jinliang He et GangYu proposent une seconde technique [19] qui permet l'utilisation des trous profonds dans le sol et diminuer la résistance de mise à la terre. La prise de terre est ainsi formée par un tube métallique avec des ouvertures latérales. Ces ouvertures permettent la pénétration d'eau souterraine ayant la capacité de recueillir l'eau et de mouiller

l'environnement au tour de sol. Cette nouvelle méthode a été appliquée dans les zones où la terre contient beaucoup d'eaux souterraines.

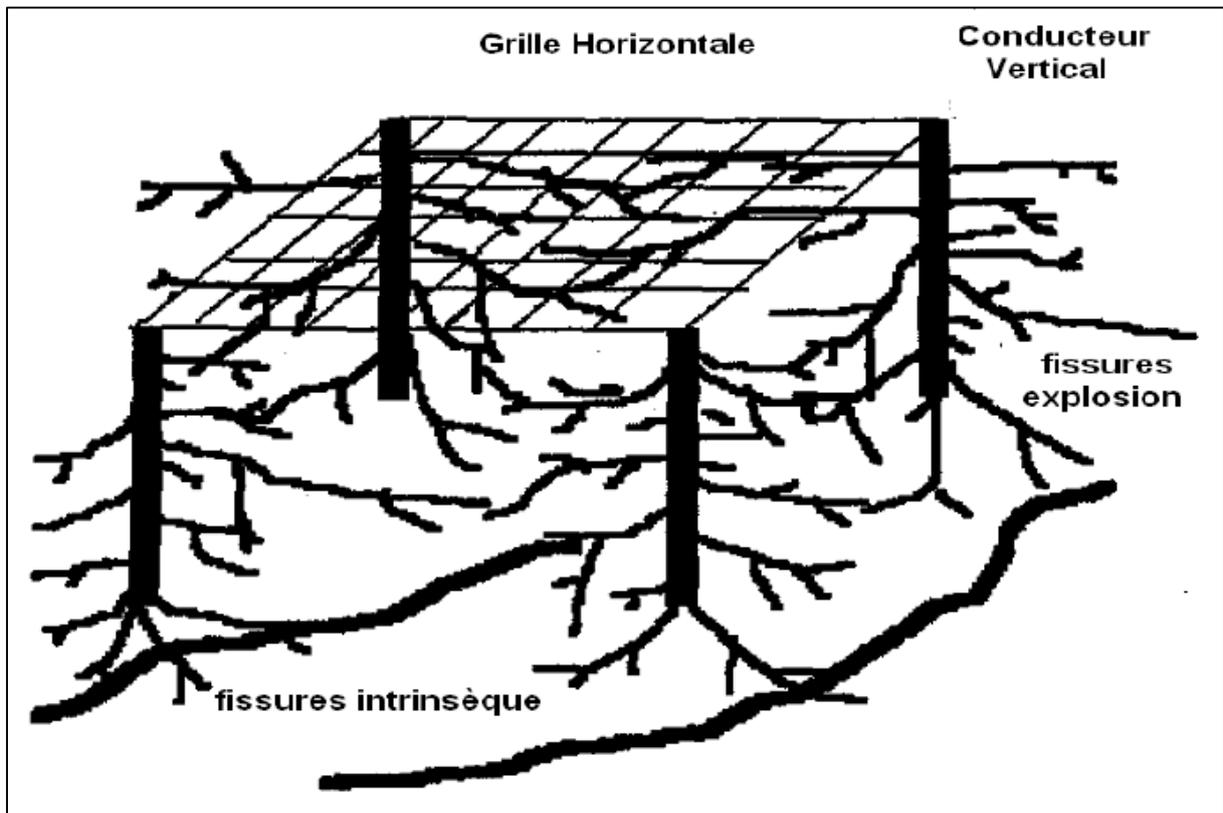


Figure 1.19 Réseau de terre avec des fissures de faible résistivité.

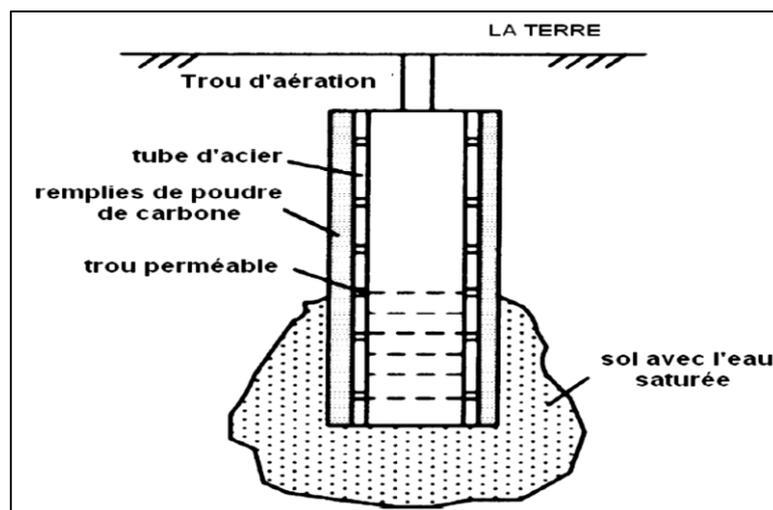


Figure 1.20 Prise de terre avec trous profonds

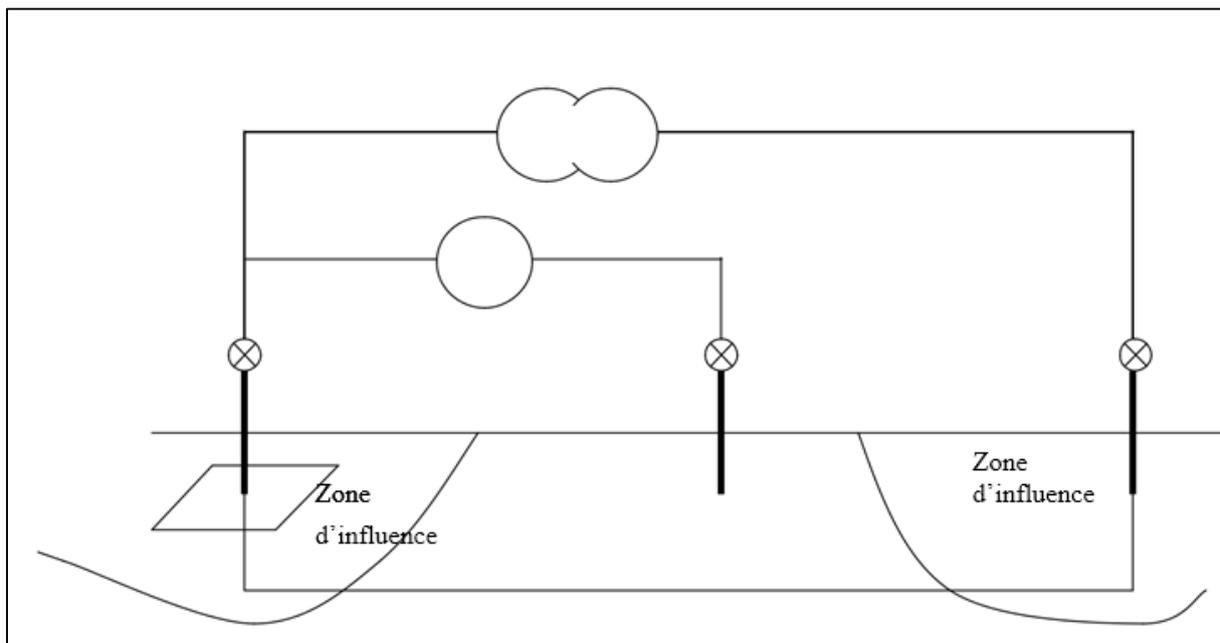
1.9. DEFAUTS D'UNE PRISE DE TERRE :

Les défauts ne peuvent découler que de deux éléments : soit la modification de la longueur de contact., soit la variation de la résistivité du sol. La longueur de contact peut qu'être réduite par un accident (coupure lors de travaux) ou même par une corrosion.. Dans le cas de corrosion, il sera préférable de refaire la prise de terre en utilisant un conducteur plus volumineux ou moins sensible à la corrosion en utilisant par exemple de l'inox ou du plomb . Une étude d'agressivité du milieu pourra se révéler nécessaire. La variation de la résistivité n'a d'importance que si elle s'effectue dans le sens d'un accroissement. qui pourrait être provoqué par exemple par une réduction de la teneur en eau. Afin d'éviter ce désagrément on doit alors placer la partie active du dispositif à une profondeur suffisante pour éviter le dessèchement du milieu en période de sécheresse..

1.10. MESURE DE LA RESISTANCE DE TERRE :

La mesure de la résistance de la prise de terre est réalisée à l'aide d'appareils spécifiques généralement on utilise deux électrodes auxiliaires placées hors de la zone d'influence de la prise à mesurer.

Des précautions particulières doivent nécessairement être prises dès qu'une prise de terre est réalisée à une profondeur supérieure à deux mètres. Il est néanmoins indispensable de réaliser cette mesure sur une prise de terre déconnectée de son circuit.



1.11. AMELIORATION D'UNE PRISE DE TERRE ET ENTRETIEN :

L'amélioration d'une prise de terre implique nécessairement la réduction de sa résistance; pour cela il est indispensable d'améliorer le contact de la prise de terre avec le conducteur ; de diminuer la résistivité du milieu ; et finalement de brancher de terres en parallèles.

1.12. VALEURS REPERES :

Un groupe de travail constitué de médecins et d'experts a permis de définir une tension, de contact permanent, considérée comme non dangereuse Le tableau qui suit permet de préciser ces valeurs ainsi que le courant traversant :

	Tension de sécurité	R = 5	R = 10	R = 20	R = 38	R = 50
Locaux secs	50 V	I = 10 A	I = 5 A	I = 2,5 A	I = 1,32 A	I = 1 A
Locaux humides	25 V	I = 5 A	I = 2,5 A	I = 1,25 A	I = 0,65 A	I = 0,5 A
Locaux immergés	12 V	I = 2,4 A	I = 1,2 A	I = 0,6 A	I = 0,32 A	I = 0,24 A

1.13. Conclusion

Dans ce chapitre on a exposé les notions de base nécessaire à l'analyse des mises à la terre des installations électriques à fréquence industrielle. On a présenté aussi les différentes méthodes de mesure et d'amélioration de la résistance de mise à terre.

Nous avons précisé auparavant que notre travail consistait à étudier d'un point de vue pratique un appareil de mesure de prise de terre pour usage domestique ou industriel.

Le montage que nous avons testé pratiquement est majoritairement constitué de montage à base d'amplificateur opérationnels et c'est pour ceci que nous allons présenter dans ce chapitre l'amplificateur opérationnel ainsi que certains montages constitués à base d'amplificateurs opérationnels.

1- Généralités sur les amplificateurs opérationnels

Au départ, c'est en 1947 que fut introduit la notion d'amplificateur opérationnel noté AO.

Il était alors conçu avec des tubes amplificateurs. Les applications initiales qui furent alors la simulation d'opérations mathématiques simples tels que l'addition, la soustraction, l'inversion de signe, la dérivation, l'intégration etc..., sont à l'origine de l'expression « amplificateur opérationnel ». Ce n'est vraiment qu'à partir de 1962, date de l'apparition des premiers AO à semi-conducteurs que leur utilisation s'est imposée. Depuis, leurs performances se sont améliorées. Ce composant était le composant de base des calculateurs analogiques et le restera jusqu'à leur disparition dans les années 1970. Les AO ont en fait vu le jour quand on a commencé à intégrer différents transistors et résistances sur le même substrat de silicium. Ceci a bien entendu permis alors de bâtir des montages complexes, et de faire tenir ces composants sur une petite plaquette de silicium encapsulée dans un boîtier commode d'emploi. Les amplificateurs opérationnels ont été conçus au départ pour la résolution analogique de problèmes numériques.

Les caractéristiques des montages à base d'amplificateurs opérationnels ne dépendent pas de l'amplificateur opérationnel, mais uniquement des composants passifs qui l'accompagnent, ce qui garantit une bonne fiabilité du résultat et assure sa répétabilité.

Actuellement, les amplificateurs opérationnels ont beaucoup progressé depuis leur création, et tendent à devenir très proches de l'amplificateur idéal. Ces derniers ont tout d'abord été réalisés avec des composants discrets. L'électronique intégrée permet actuellement la fabrication d'amplificateurs dont les performances sont excellentes, la mise en œuvre est aisée. Ces composants sont actuellement à faible coût. Les AO ne nécessitent que peu de composants périphériques et les problèmes délicats de leur polarisation réalisés avec des composants discrets sont éliminés. Ils sont maintenant utilisés dans de nombreux domaines de l'électronique analogique où ils sont alors contre-réactionnés. On rappelle que le principe de la réaction consiste à réinjecter une partie du signal de sortie à l'entrée du circuit pour le combiner avec le

signal de sortie. Dans la réaction positive, on réinjecte une partie du signal de sortie en phase avec le signal d'entrée. alors que dans la réaction négative, on réinjecte une partie du signal de sortie en opposition de phase avec le signal d'entrée.

1.1- Caractéristiques des amplificateurs opérationnels :

Comme son nom l'indique, un amplificateur opérationnel (AOP) est un amplificateur de tension. Pratiquement tous les AO ont la même structure interne : ce sont des circuits monolithiques dont une puce de silicium constitue le substrat commun.

Les AO comportent en entrée un amplificateur différentiel chargé d'amplifier une différence de potentiel entre deux signaux ($V+$ et $V-$) : $A \cdot (V+ - V-)$, suivi d'un étage de gain présentant un très fort gain et d'un amplificateur de sortie, de type push-pull, fonctionne en classe B et permettant de délivrer le signal de sortie avec une faible résistance. Toutes les liaisons sont directes. Le symbole donné à un AOP est le suivant :

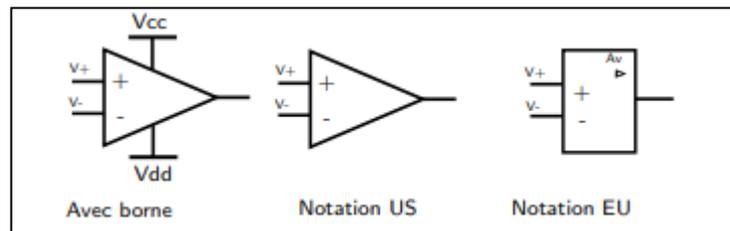


Figure II.1: Représentations schématiques usuelles.

l'entrée ε telle que $\varepsilon = V+ - V-$. est la tension différentielle.

Les caractéristiques essentielles des AO sont listées ci dessous:

- ◆ Son amplification aux fréquences basses est considérable (par exemple de 10^3 à 10^9), cela est dû aux nombreux étages amplificateurs nécessaires à sa conception . Ce gain en tension très important est idéalement infini. Bien sur, quelque soit le gain, la tension de sortie ne peut jamais dépasser la tension d'alimentation.
- ◆ Son impédance d'entrée est très grande idéalement infinie $R_E \approx 10^5$ à $10^{12} \Omega$.
- ◆ Son impédance d'entrée de mode commun très grande $\approx 10^8$ à $10^{12} \Omega$.
- ◆ Une impédance de sortie très faible , idéalement nulle $R_S \approx 10$ à 500Ω .
- ◆ La rejection du mode commun très grande. On rappelle que le taux de éjection en mode commun est défini par $CMRR = \frac{\text{gain en mode différentiel}}{\text{gain en mode commun}} = \frac{A_d}{A_c}$
- ◆ La réponse en fréquence va du continu jusqu'à des fréquences assez élevées : le produit gain-bande passante peut dépasser 100 MHz.
- ◆ Ils possèdent deux entrées notées + pour l'entrée non inverseuse et - pour l'entrée

inverseuse, cependant ils n'ont qu'une seule sortie.

- ♦ Ils utilisent généralement deux alimentations pour leur polarisation $+V_{cc}$ et $-V_{cc}$, symétriques par rapport à la masse.

En résumé on peut conclure qu'un AO parfait est un amplificateur de différence pur à gain différentiel infini, rejetant parfaitement le mode commun, dont les impédances d'entrées sont infinies et l'impédance de sortie est nulle.

1.2- Caractéristiques d'amplificateurs d'usage courant :

Les amplificateurs d'usage courant sont des circuits à moyenne intégration. Le premier amplificateur intégré (le $\mu A 709$) a été commercialisé en 1965 par Fairchild. Le circuit équivalent du $\mu A 741$ contient 24 transistors, 11 résistances et un condensateur.

	$\mu A 741C$	TL 081C
Gain en tension (boucle ouverte)	200000	200000
d'entrée	80 nA	30 pA
Résistance d'entrée	$2 \cdot 10^6 \Omega$	$10^{12} \Omega$
Fréquence avec gain = 1	1 MHz	3
MHz Vitesse de réponse (Slew rate)		0,5
V/ μs	13 V/ μs	
Etage d'entrée	bipolaire	TEC à jonction.

1.3- Modélisation d'un amplificateur opérationnel :

On peut utiliser le schéma équivalent de la figure 1 qui met en évidence l'amplificateur différentiel d'entrée et ses résistances.

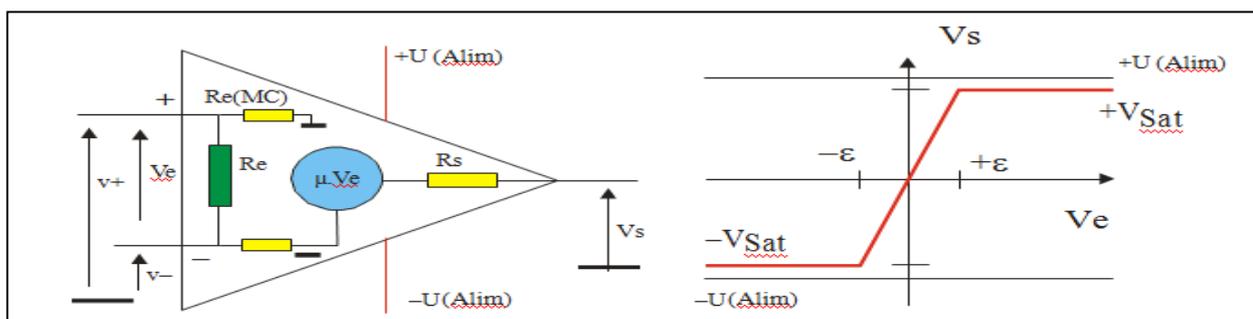


Figure II.2: Schéma équivalent de l'amplificateur opérationnel

La tension de sortie d'un amplificateur différentiel est donnée par :

$$V_s = A_d(V_+ + V_-) + \frac{1}{2}A_{MC}(V_+ - V_-)$$

Ces amplificateurs sont conçus pour avoir un gain de mode commun A_{MC} aussi faible que possible afin de ne pas amplifier les signaux présents sur les deux entrées à la fois (mode commun) et qui correspondent à un bruit parasite.

1.4- Saturation des amplificateurs opérationnels :

La tension de sortie peut varier entre les valeurs extrêmes $+V_{Sat}$ et $-V_{Sat}$ qui correspondent aux tensions de saturation et qui sont légèrement inférieures aux tensions d'alimentation. Le gain étant très grand, la saturation de la sortie est obtenue pour des tensions d'entrée très faibles. Dans les montages amplificateurs, l'amplificateur opérationnel ne sera jamais utilisé en *boucle ouverte* afin de ne pas atteindre la saturation.

1- Amplificateur opérationnel et contre-réaction :

2.1- Contre-réaction en tension :

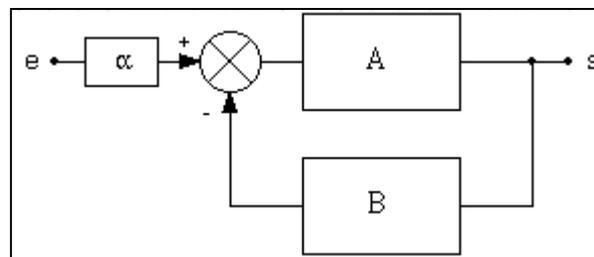


Figure II.3: Système bouclé

Le signal est appliqué sur l'entrée $+$. Sur l'entrée inverseuse, et donc en opposition de phase avec le signal d'entrée, on envoie la fraction $\beta.V_s$ du signal de sortie. Avec un réseau de réaction passif, on a :

$$V_s = A.V_E = A.(V_E - \beta.V_s) \Rightarrow V_s = A.V_E / (1 + A.\beta)$$

Si A est très grand devant β , la fonction de transfert devient : $V_s/V_E = 1/\beta$ Si le gain en boucle ouverte est très supérieur à celui de la boucle de contre-réaction, alors le gain en tension du système bouclé ne dépend que du gain de cette boucle de rétroaction Les

performances du système bouclé deviennent alors indépendantes de celles de l'amplificateur.

2.2- Contre-réaction en courant :

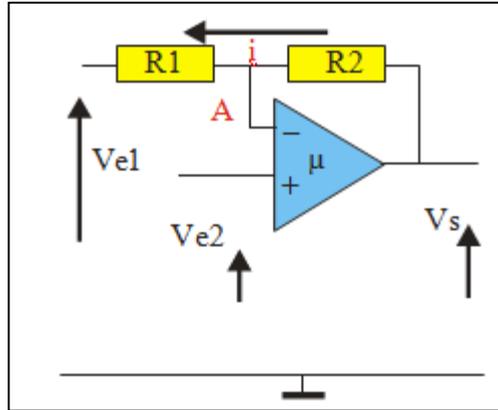


Figure II.4:Contre réaction en courant

Dans ce montage , la sortie est bouclée sur l'entrée inverseuse de l'AO par le biais de la résistance R2 dans ce cas encore Vs s'exprime par:

$$V_S = A.(V_{E2} - V_A)$$

Le courant d'entrée étant est négligeable devant celui qui circule dans R1 et R2, On écrit alors:

$$V_A - V_{e1} = R_1.i = R_1.(V_S - V_{e1})/(R_1 + R_2)$$

posons

$$B = R_1/(R_1 + R_2)$$

$$V_A - V_{e1} = B.(V_S - V_{e1}) \quad \Rightarrow \quad V_A = B.V_S + (1 - B).V_{e1}$$

Or

$$V_S = A.(V_{e2} - V_A)$$

$$V_S = A.V_{e2} - A B.V_S - A.(1 - B).V_{e1}$$

$$V_S = \frac{A}{1 + AB} ((V_{e2} - V_{e1}(1 - B)))$$

Si le gain A est infini, l'expression de la tension de sortie devient :

$$V_S = [V_{e2} - V_{e1}.(1 - B)] / B$$

2- Fonctionnement des amplificateurs opérationnels :

a. –L'amplificateur opérationnel idéal :

Un amplificateur est considéré comme idéal si l'on peut admettre que son gain est infini, que ses impédances d'entrée sont infinies et que sa résistance de sortie est nulle. ($A = \infty$, $Z_E = \infty$, $Z_{EMC} = \infty$, $Z_S = 0$)

Par conséquent:

La tension de sortie étant finie, la tension d'entrée e doit être nulle. Les impédances d'entrée étant infinies, les courants d'entrée sont nuls.

$$\begin{array}{l} V^+ - V^- = e = 0 \\ I^+ = I^- = 0 \end{array} \quad (2)$$

Si la tension d'entrée e n'est pas nulle, la tension de sortie prend sa valeur maximale qui est la tension de saturation de l'amplificateur.

$$V_S = + V_{Sat} \text{ si } e > 0 ; V_S = - V_{Sat} \text{ si } e < 0$$

b. – L'amplificateur opérationnel réel

- ◆ Le gain de l'amplificateur opérationnel est fini et fonction de la fréquence du signal. Le gain du système ne dépend pas uniquement de la boucle de réaction.
- ◆ L'amplificateur contient des générateurs de tension et de courant parasites qui modifient la tension de sortie.
- ◆ La bande passante est limitée et dépend du gain du système bouclé.
- ◆ L'amplificateur ne peut délivrer en sortie qu'une puissance limitée.

Du fait de ces imperfections lors du procédé de fabrication , le fonctionnement d'un amplificateur opérationnel réel diffère légèrement de celui d'un amplificateur idéal dans un certain nombre de domaines.

3. Réponse fréquentiel

3.1: Notion de gain et de bande passante

Le gain est définie par l'expression

$$G \text{ (dB)} = 20 \text{ Log } A_v = 20 \text{ Log } V_s / V_e$$

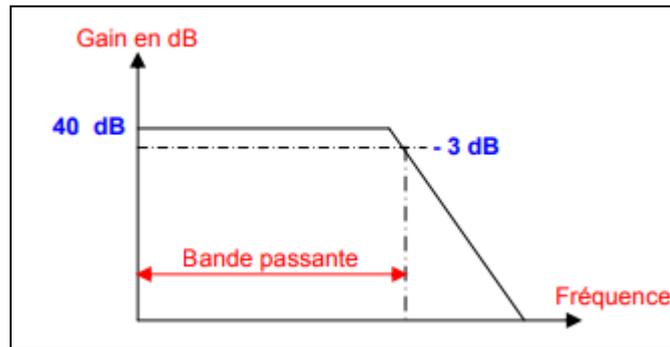


Figure II.5. Allure du gain d'un AO

On rappelle que la bande passante est définie par la fréquence f_c pour laquelle le gain est réduit de 3 dB c'est à dire pour une atténuation à 3db . Cette fréquence f_c est alors appelée fréquence de coupure. Plus le gain est élevé et plus la fréquence de coupure f_c et donc la bande passante est faible.

On peut, en première approximation, considérer que les AO réels se comportent comme des systèmes du premier ordre , ces derniers possèdent une fréquence de coupure inférieure voisine de 10 Hz . Le produit GB gain-bande passante en système bouclé est constant. En première approximation, le gain d'un AO s'écrit :

$$G = \frac{A}{1 + \frac{jf}{f_c}}$$

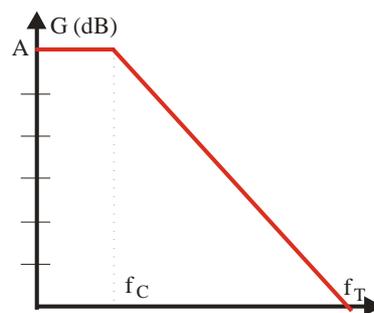


Figure II.6. Allure du gain des AO

A: représente alors le gain en continu .

f_c la fréquence de coupure.

Au-delà de la première fréquence de coupure f_c , le gain diminue de 20 dB par décade. Il est égal à 1 pour une fréquence f_T dont la valeur correspond au produit Gain. Bande passante . Pour certains amplificateurs opérationnels le comportement en fréquence peut être amélioré par l'ajout de composants externes.

Une grandeur très importante qui doit être prise en considération est le temps de montée appelé Slew rate en anglais. Le slew rate caractérise la rapidité de la réponse en sortie à une variation brutale de la tension d'entrée. Il s'exprime en $V/\mu s$.

4. Montage à Amplificateur opérationnel en fonctionnement linéaire

Nous considérons dans ce qui suit que tous les amplificateurs opérationnels utilisés sont idéaux. Ces AO seront tous considérés comme alimentés de manière symétrique, soit $-V_{lim}$ et $+V_{lim}$.

4.1. Amplificateur inverseur.

C'est le montage de base à amplificateur opérationnel. Dans ce cas l'entrée non inverseuse est reliée à la masse ; le signal d'entrée est quant à lui relié à l'entrée inverseuse par une résistance R_1 , et la sortie est reliée à cette entrée par une résistance R_2 . Ce montage est un amplificateur inverseur au sens où la tension de sortie v_s est en opposition de phase avec la tension d'entrée v_e .

Déterminons le gain de l'amplificateur. Il faut remarquer que le rebouclage s'effectue sur la borne d'entrée -.

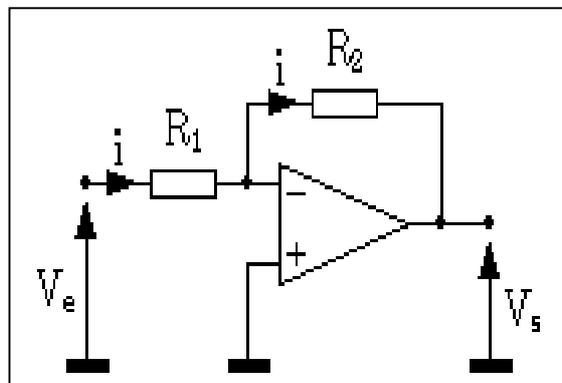


Figure II.7. Amplificateur inverseur.

Dans ce cas le gain en tension s'exprimera par:

$$A_v = \frac{V_s}{V_e} = -\frac{R_2}{R_1}$$

4.2. Amplificateur non inverseur.

L'amplificateur non inverseur est le deuxième amplificateur de base.

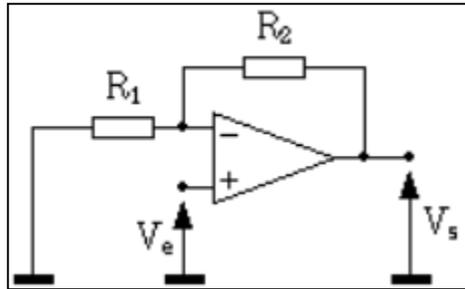


Figure II. 8. Amplificateur non inverseur

Dans ce cas le gain en tension s'exprimera par:

$$A_v = \frac{V_s}{V_e} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Le gain est positif (ampli non inverseur), et toujours supérieur à 1. L'impédance d'entrée de ce montage est infinie. L'impédance de sortie est nulle.

4.3. Montage suiveur.

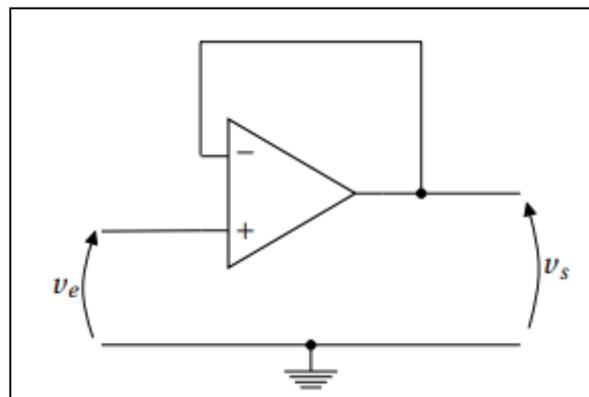


Figure II. 9. Amplificateur suiveur.

$$V_s = V_e$$

Ce montage adaptateur d'impédance au gain unité est une extrapolation de l'amplificateur non inverseur où $R_1 = \infty$ et $R_2 = 0$. On obtient un montage de gain unité. Ce montage est très utilisé pour l'adaptation d'impédance.

On le placera généralement en tampon entre deux parties d'un circuit de façon à les isoler l'une

de l'autre pour prévenir toute interaction parasite.

Ce circuit est aussi idéal en entrée et en sortie d'un montage pour bénéficier d'une impédance d'entrée infinie et d'une impédance de sortie très basse.

4.4. Montage soustracteur dit aussi différentiel

Ce montage permet d'amplifier la différence de deux signaux. Ce montage de base est très important en mesures.

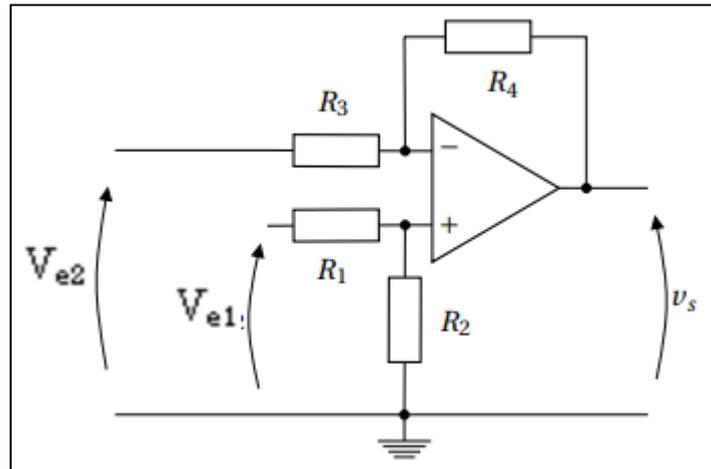


Figure II. 10. Amplificateur différentiel.

La tension de sortie de cet amplificateur est donnée par:

$$V_s = V_{e1} \frac{1 + \frac{R_4}{R_3}}{1 + \frac{R_1}{R_2}} - V_{e2} \frac{R_4}{R_3}$$

si

$$k = \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3}$$

alors

$$V_s = V_{e1} - V_{e2}$$

Dans ce cas ce montage est appelé amplificateur de différence

4.5. Montage additionneur inverseur:

On considère le montage de la figure qui suit. La tension de sortie v_s sera exprimée en fonction

des trois tensions d'entrée du montage V_{e1} , V_{e2} et V_{e3} .

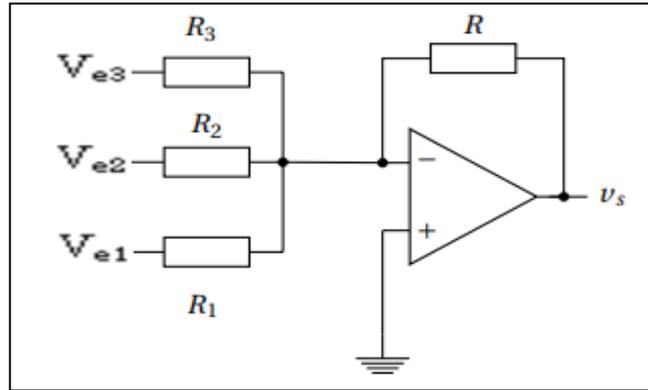


Fig. 11. Amplificateur sommateur inverseur.

les intensités de courant i_1, i_2 et i_3 traversant chacune des résistances R_1, R_2 et R_3 auront pour expression respectivement :

$$\begin{cases} i_1 = \frac{V_{e1} - 0}{R_1} = \frac{V_1}{R_1} \\ i_2 = \frac{V_{e2} - 0}{R_2} = \frac{V_2}{R_2} \\ i_3 = \frac{V_{e3} - 0}{R_3} = \frac{V_3}{R_3} \end{cases}$$

D'après la loi des nœuds, l'intensité de courant qui parcourt la résistance R est égale à la somme de ces intensités de courants traversant chacune des résistances R_1, R_2 et R_3 . Dans ce cas on peut alors écrire:

$$i_R = i_1 + i_2 + i_3$$

La différence de potentiel aux bornes de R est égale à:

$$V_R = R \cdot i_R = R \left(\frac{V_{e1}}{R_1} + \frac{V_{e2}}{R_2} + \frac{V_{e3}}{R_3} \right)$$

On obtient ainsi la tension de sortie, v_s , en écrivant l'équation de maille. On part de la masse, on passe par la sortie, puis R et on retourne au potentiel de la masse en arrivant sur l'entrée $-$.

la tension de sortie aura pour expression :

$$V_s = - \left(V_{e1} \frac{R}{R_1} + V_{e2} \frac{R}{R_2} + V_{e3} \frac{R}{R_3} \right)$$

On voit qu'on peut ajuster le gain en jouant sur la résistance R , et le gain de chaque entrée en jouant sur les résistances $R_{1,2,3}$. On peut obtenir un additionneur inverseur pur en fixant toutes les résistances du montage à la même valeur. Dans l'hypothèse où toutes les résistances sont égales

à la valeur de la résistance R, la tension de sortie sera égale à :

$$V_s = -(V_{e1} + V_{e2} + V_{e3})$$

On remarque que la sortie est en opposition de phase avec la somme des trois tensions d'entrée.

On a bien un montage sommateur. Il est possible d'additionner plus de trois tensions.

4.6. Montage intégrateur

On peut facilement intégrer une tension par rapport au temps à l'aide du montage de la figure qui suit:

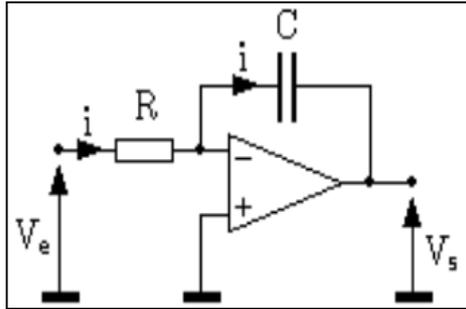


Figure II.12. Montage intégrateur

Dans ce cas la tension de sortie est égale à l'intégrale du signal d'entrée. Le signe moins indique qu'il y a opposition de phase entre la tension de sortie et celle de l'entrée.

On écrit alors:

$$V_s = -\frac{1}{RC} \int V_e(t) dt$$

4.7. Montage dérivateur:

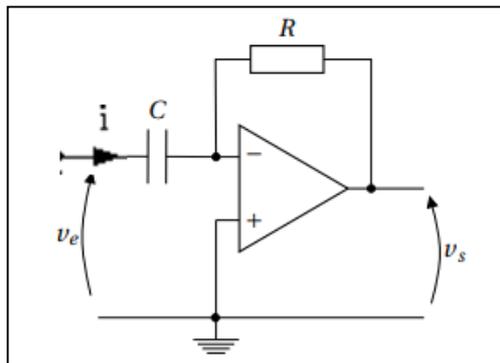


Figure II.13. Montage dérivateur.

La tension de sortie est en fonction de la dérivée du signal d'entrée, le signe moins indique qu'il y a opposition de phase entre la tension de sortie et celle d'entrée. La tension de sortie aura alors pour expression:

$$V_s = -RC \frac{dV_e(t)}{dt}$$

5. Montage à Amplificateur opérationnel en fonctionnement non linéaire

5.1. Montage logarithmique

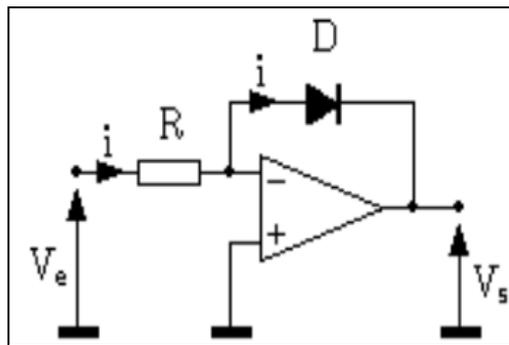


Figure II.14: Montage logarithmique

La tension de sortie est égale dans ce cas à:

$$V_s = -\frac{KT}{q} \text{Log} \left(\frac{V_e}{Ri} \right)$$

En sortie, on trouve une fonction logarithmique du signal d'entrée V_e .

5.2. Montage exponentiel.

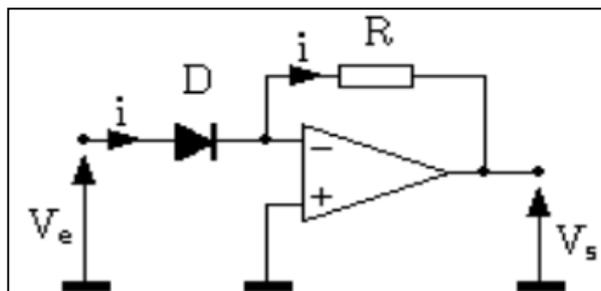


Figure II.15: Montage exponentiel

En sortie, on trouve une fonction exponentielle du signal d'entrée V_e . soit alors:

$$V_s = -Ri \exp \left(\frac{qV_e}{KT} \right)$$

5.3. Le montage comparateur

Considérons le montage suivant:

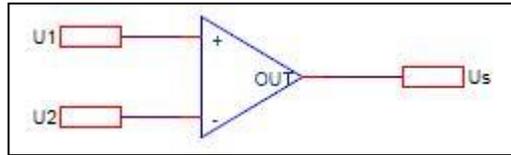


Figure II.16 :Montage comparateur

Dans ce montage à base d'AO monté en comparateur, on applique 2 tensions U1 et U2 directement aux bornes des entrées inverseuses et non inverseuses.

Lorsque la tension U1 est supérieure à U2 la tension en sortie de l'amplificateur opérationnel, la tension de sortie Us est alors à son maximum.

Au contraire, lorsque U1 est inférieure à U2, la tension de sortie de l'AOP est à son minimum.

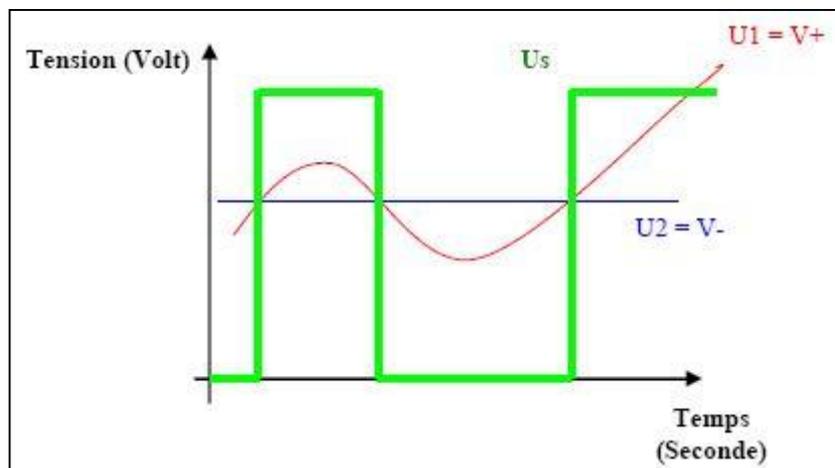


Figure II.17: Chronogramme à la sortie du comparateur

Considérons le montage comparateur simple. de la figure qui suit

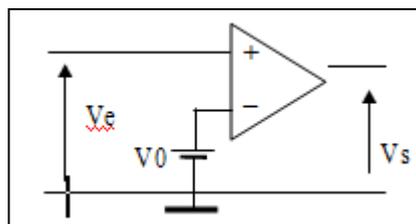


Figure II.18. Le comparateur avec entrée -au potentiel V0

Envisageons un amplificateur dont l'entrée - est au potentiel V0.

$$V_s = A.(v^+ - v^-)$$

Le gain est très grand Pour un écart très faible entre les potentiels des deux entrées, on aura une saturation de la sortie.

Si $V_e^+ > V_e^- \Rightarrow V_s = +V_{Sat} \approx +V_{alim\text{entation}}$ et si $V^+ < V^- \Rightarrow V_s = -V_{Sat} \approx -V_{alim\text{entation}}$

Si les entrées ne sont pas à des potentiels très voisins la sortie est saturée.

L'écart entre les tensions de saturation positive et négative dépend de la structure interne de l'amplificateur opérationnel utilisé. Selon que la tension V_e est supérieure ou inférieure à la tension de consigne V_0 , le potentiel de la sortie est $\pm V_{alim}$. Le comparateur est utilisé dans de nombreux montages en particulier dans les asservissements. Si le signal d'entrée est une tension générée par un capteur, ce dispositif permet la commande en mode tout ou rien d'un actionneur relié à la sortie de l'amplificateur.

Dans le cas qui suit $V = V_{ref} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{alim}$. la tension de sortie obtenue pour une tension d'entrée sinusoïdale est une tension à deux seuils $+V_{alim}$ et $-V_{alim}$

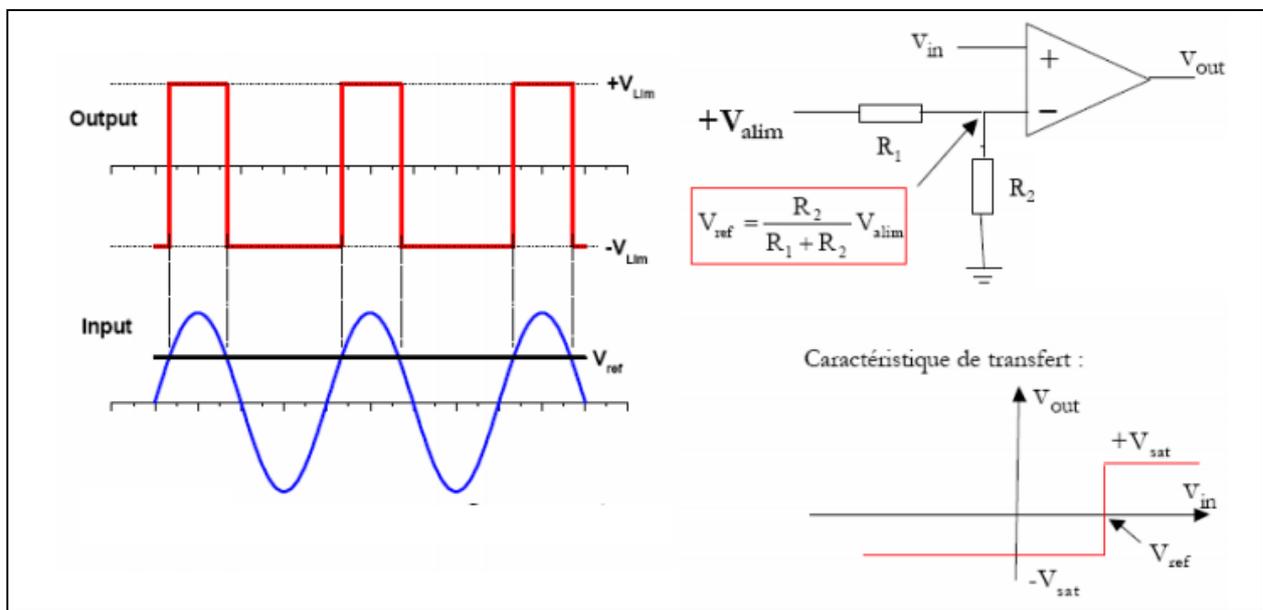


Figure II.19: sortie du comparateur à entrée sinusoïdale

5.4. Multivibrateur astable

considérons le circuit de la figure II.19. R_2 où introduit une réaction positive. L'amplificateur fonctionne dans ce cas en régime de saturation.

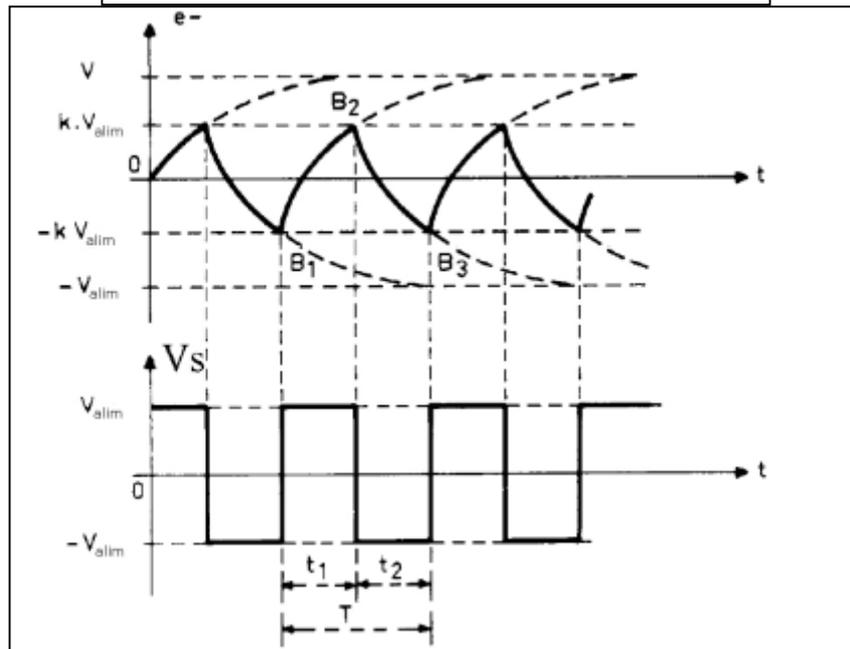
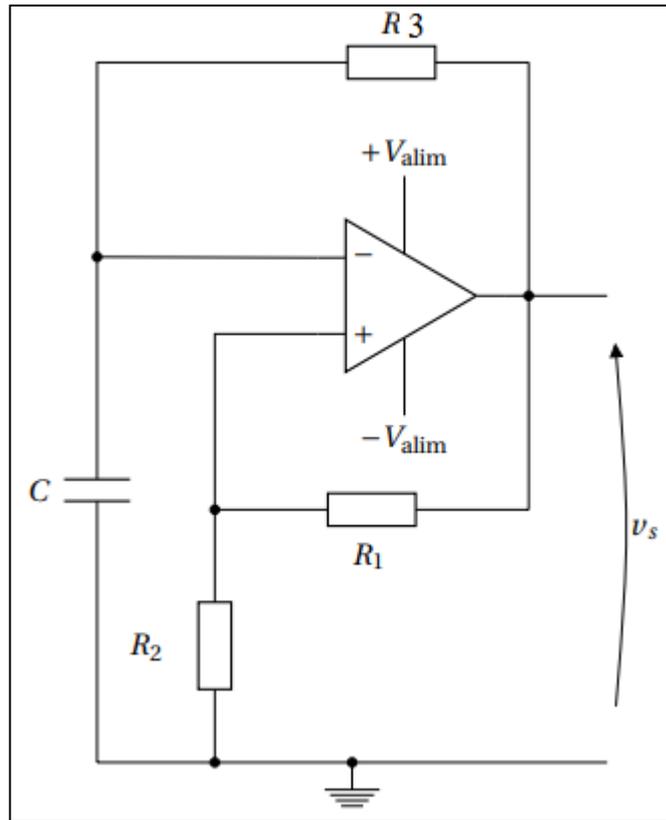


Figure II.20: L'astable et courbes de tension d'un multivibrateur astable

Si $V_A > V_B$, alors : $V_S = + V_{\text{alimentation}}$.

Dans ce cas, le condensateur C va se charger à travers la résistance R_3 . On remarque que les résistances R_1 et R_2 forment un pont diviseur de tension. Le potentiel au point B va augmenter jusqu'à ce qu'il atteigne la valeur du potentiel au point A , puis le montage bascule et alors la tension de sortie $V_S = - V_{\text{alimentation}}$. Le potentiel de A devient négatif et donc : $V_A <$

V_B . Le condensateur se décharge alors à travers R_3 . V_B décroît jusqu'à ce qu'il devienne inférieur à la tension V_A et le montage bascule à nouveau.

Le système oscille indéfiniment entre ces deux états astable avec une période qui dépend des valeurs des éléments du circuit astable.

La période du signal de sortie aura alors pour expression :

$$T = 2R_3 C \ln \left(1 + \frac{2R_1}{R_2} \right)$$

5.5-Redressement à base d'amplificateurs opérationnels

5.5.1-Redressement simple alternance

Le montage de la figure qui suit est un montage redresseur simple alternance. La conduction des diodes, D et D', dépend du signe de la sortie S .

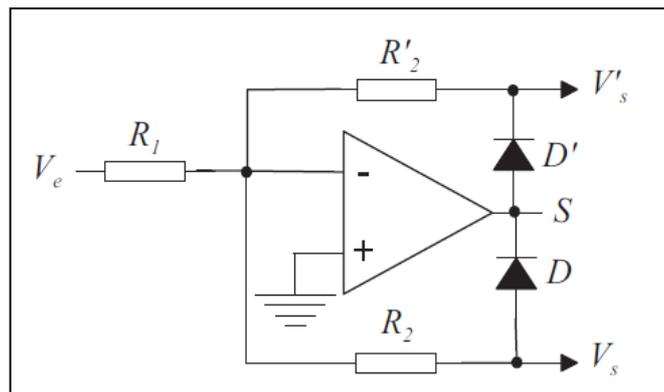


figure II.21 – Redresseur simple alternance

➤ si $V_e > 0$ et $S < 0$

La diode D conduit et D' est bloquée. En supposant l'amplificateur idéal, La sortie S aura pour expression:

$$V_s = -\frac{R_2}{R_1} V_e$$

➤ si $V_e < 0$ et $S > 0$

La diode D est bloquée alors que D' conduit et $V_s = 0$.

5.5.2.Redresseur double alternance

Le montage est réalisé à partir du redresseur mono-alternance et d'un deuxième amplificateur comme suit:

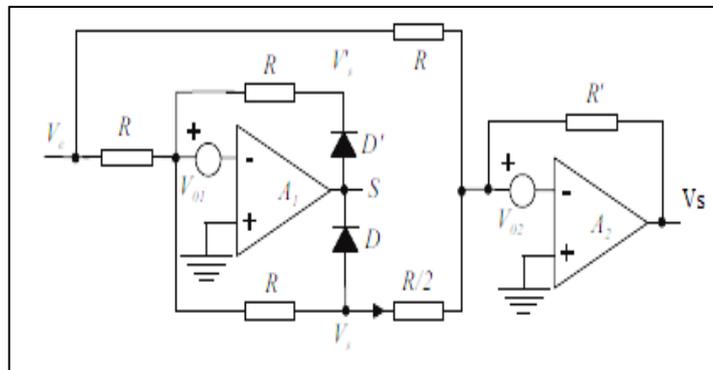


figure II. 22 – Redresseur double alternance

➤ si $V_e > 0$. alors $V_s = - V_e$.

et

$$V_s = \frac{R'}{R} V_e$$

➤ si $V_e < 0$

$$V_s = -\frac{R'}{R} V_e$$

en conclusion ce montage permet bien le redressement double alternance.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les amplificateurs opérationnels et certaines de leur application . nous nous sommes intéressés aux montages que nous utiliserons par la suite dans le montage mesureur de prise de terre que nous avons exploité . .

3.1 Analyse du circuit

Tous les appareils électriques fonctionnant sur le secteur, doivent impérativement être reliés à une prise de terre fonctionnelle qui a pour rôle de protéger les usagers contre d'hypothétiques décharges électriques. Avec l'utilisation de prise de terre fonctionnelles et efficace dans les maisons, sur les chantiers, dans les usines, etc.... des milliers de vies humaines seront épargnées. Cependant, sachant qu'il est pratiquement impossible de trouver un mesureur de prise de terre et que même s'il nous arrivait de le trouver par le plus grand des hasards il serait assez coûteux, c'est la raison qui nous a donc poussé à réaliser pratiquement puis tester un circuit permettant la mesure de la prise de terre.

Le montage que nous avons exploité et testé, illustré au niveau de la figure qui suit, bien que relativement simple permet de vérifier si la prise de terre d'une installation électrique est efficace par la mesure de sa résistance. Cet instrument permet donc de mesurer la résistance ohmique entre le fil de terre présent dans chaque prise de courant et même dans chaque arrivé sur une charge et la mise à la terre qui est donc le piquet de terre planté dans le sol à côté de la maison ou du chantier par exemple.

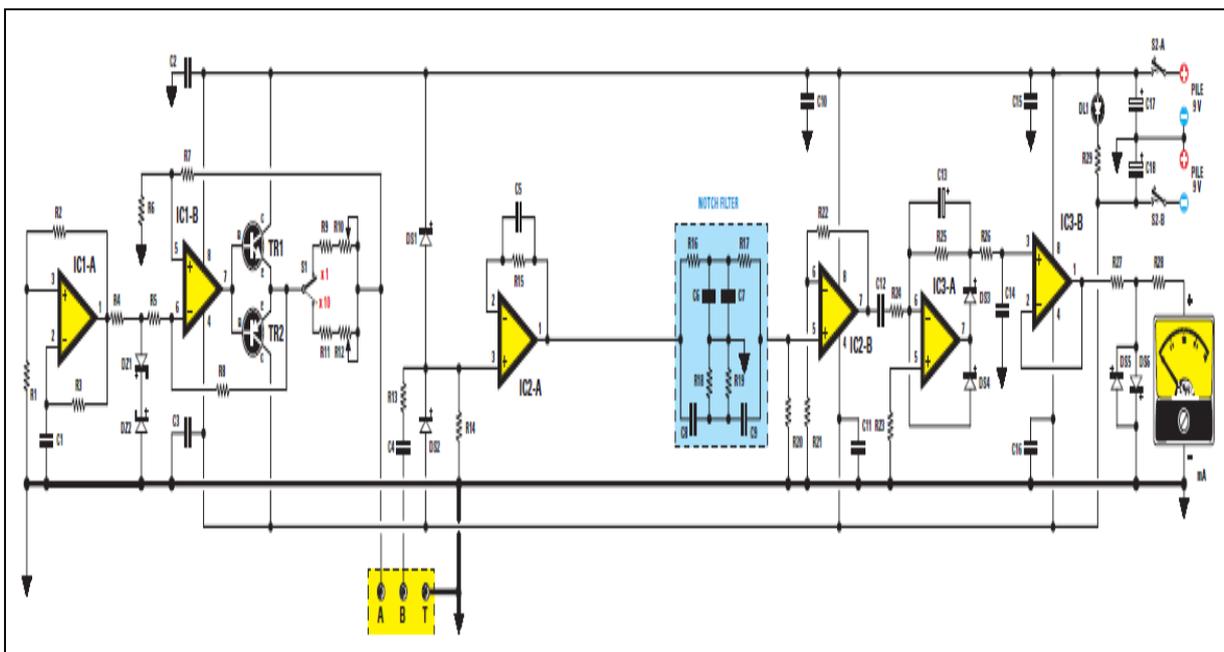


Figure III .1 : Schéma électrique du mesureur de prise de terre.[100].

Le mesureur de prise de terre est un appareil de mesure de la résistance qui fonctionne avec une tension alternative de fréquence comprise entre 600 et 700 Hz, cette fréquence diffère de celle de notre secteur afin qu'elle ne soit pas influencée par sa fréquence égale à 50 Hz.

On remarque en analysant notre circuit qu'il comprend deux amplificateurs opérationnels IC1-A et IC1-B et les deux transistors TR1 et TR2. IC1-A permet de générer des signaux carrés dont la période et par conséquent la fréquence sont ajustés par $R_3=18k\Omega$ et $C_1=47nF$ qui permettent d'obtenir une fréquence de sortie comprise entre 600 et 700 Hz.. Les deux zeners de 3.3 V DZ1 et DZ2, en série et en opposition de polarité permettent de stabiliser en amplitude le signal de sortie de IC1-A qui sera acheminé vers l'entrée inverseuse de IC1-B qui va former avec les deux transistors NPN et PNP TR1 et TR2 un générateur de courant constant qui aura pour rôle d'appliquer un courant de 1 mA ou 10 mA sur la douille de sortie A. lorsque l'inverseur S1 est placé sur x1, nous lisons sur le galvanomètre des valeurs allant de 0 à 200Ω par ailleurs quand S1 est sur x10, l'échelle est multipliée par 10 et nous lisons des valeurs ohmiques de 0 à $2\,000\Omega$. Le signal alternatif présent sur la douille A du générateur de courant sera appliqué sur un piquet métallique qui sera enfoncé dans le sol à une distance de 10 mètres de la douille B. La douille T du générateur de courant est reliée à la borne mâle de nos prises électriques domestiques au moyen d'un fil. A la douille B, on applique un deuxième piquet métallique identique au premier et qui sera lui aussi enfoncé dans la terre à une distance de 10 mètres du premier piquet.

Si la prise de terre fonctionne correctement, le courant présent dans la douille A va se propager dans le sol et arriver à la prise de terre T mais ne pourra pas atteindre le piquet métallique relié à la douille B. Si le fil de terre T relié au piquet de terre est par exemple coupé, le courant n'aura aucune chance de se propager dans la terre et le courant alternatif présent dans la douille A se propagera dans le sol mais va rencontrer une résistance élevée en se dirigeant vers la prise de terre T ce qui le contraindra à se diriger vers le piquet relié à la douille B. Le signal alternatif recueilli au niveau du piquet relié à la douille B sera transféré à travers le condensateur C4 sur l'entrée (+) de IC2A qui aura pour tâche de l'amplifier. Le signal recueilli à la sortie de IC2-A, passe à travers un filtre qui éliminera toute fréquence de 50 Hz qui influencerait la lecture puis sera acheminé vers IC2-B. Le signal ainsi filtré va atteindre l'entrée inverseuse de IC3-A monté en redresseur pour convertir la tension alternative de 600-700 Hz prélevée sur le piquet relié à la douille B en une

tension continue. La tension continue prélevée aux bornes de C13 sera appliqué sur l'entrée (+) de IC3-B qui servira à piloter le galvanomètre de 200 μA connecté à sa sortie.

3.2: Etude pratique

Le circuit Mesureur de prise de terre que nous avons étudié pratiquement [] a été tout d'abord réalisé par le biais du logiciel ISIS Proteus et est représenté au niveau de la figure III.2.

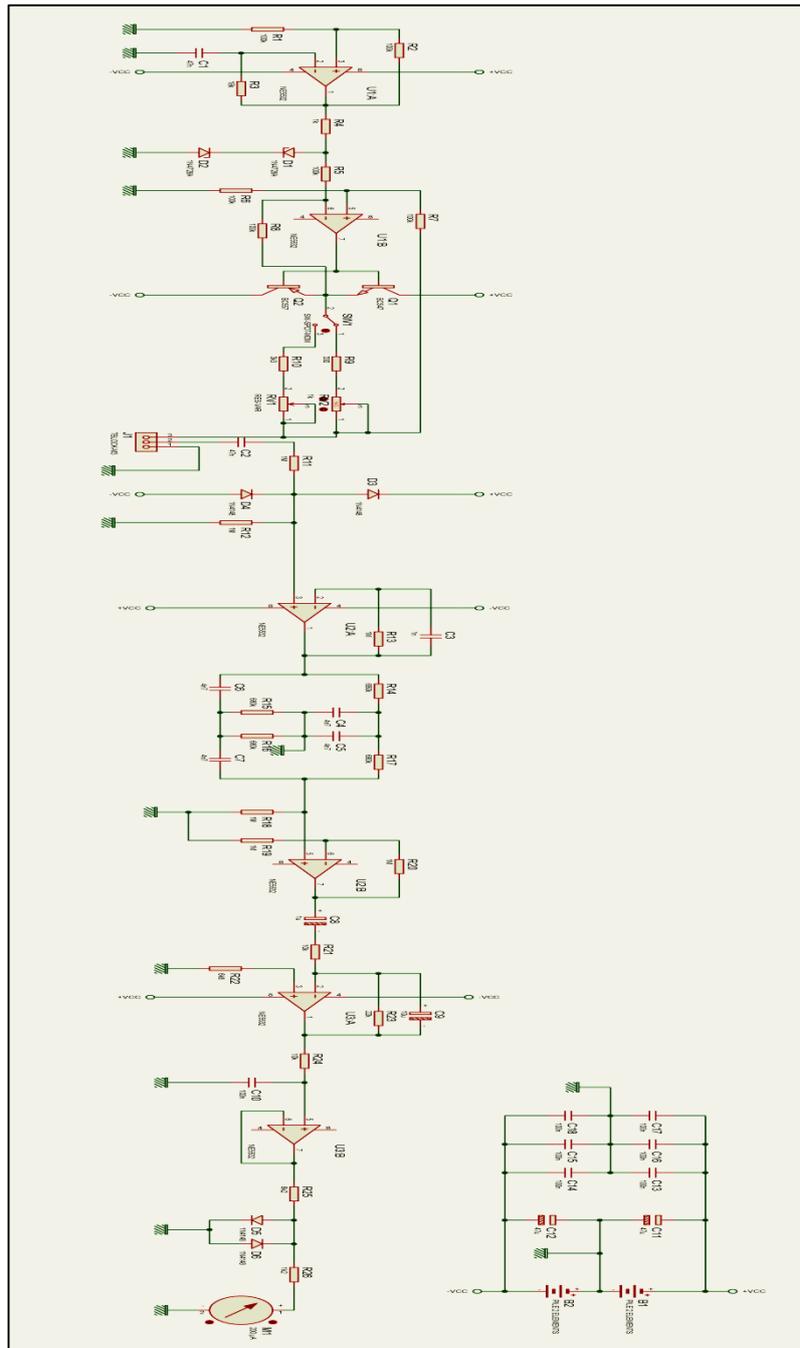


Figure III .2 : Schéma électrique du mesureur de prise de terre réalisé par ISIS Proteus

Nous pouvons identifier les différents montages constituant notre mesureur de la résistance de la prise de terre pouvant être utilisé par exemple au niveau d'un chantier.

Nous pouvons donc ainsi identifier:

- IC1-A qui est un générateur d'onde carré dépendant de R3 et C1 permettant d'obtenir un signal carré de fréquence comprise entre 600 et 700 Hz. Ce signal est stabilisé par deux zéners de 3.3V.
- IC1-B constitue, avec TR1 et TR2, un générateur de courant constant, nous servant à appliquer sur la douille de sortie A, un courant de 1 mA ou 10 mA.
- IC2-A qui permet d'amplifier le signal qui vient du piquet B en passant par C4
- le filtre qui permet d'éliminer la fréquence 50Hz (fréquence du secteur sonelgaz)
- IC3-A, monté en redresseur idéal qui permet de convertir la tension alternative de 600-700 Hz prélevée sur le piquet B en une tension continue.
- A la sortie de IC3-A et plus précisément aux bornes du condensateur C13, se trouve une tension continue qu'on applique sur la broche (-) de IC3-B monté en suiveur servant à piloter le galvanomètre de 200 μ A connecté à sa broche de sortie.

3.3. Résultats obtenus

On présente dans ce qui suit les quelques résultats que nous avons obtenus et permettant de tester le circuit étudié et qui est un mesureur de prise de terre. Pour cela nous présentons quelques chronogrammes en différents points du circuit. Pour cela nous divisons notre circuit en trois parties.

Partie 1: Test 1

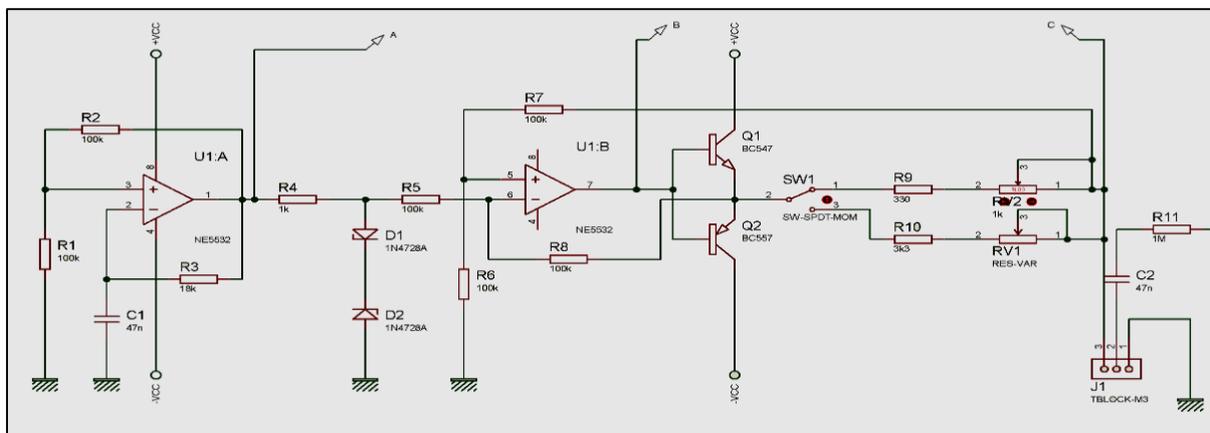
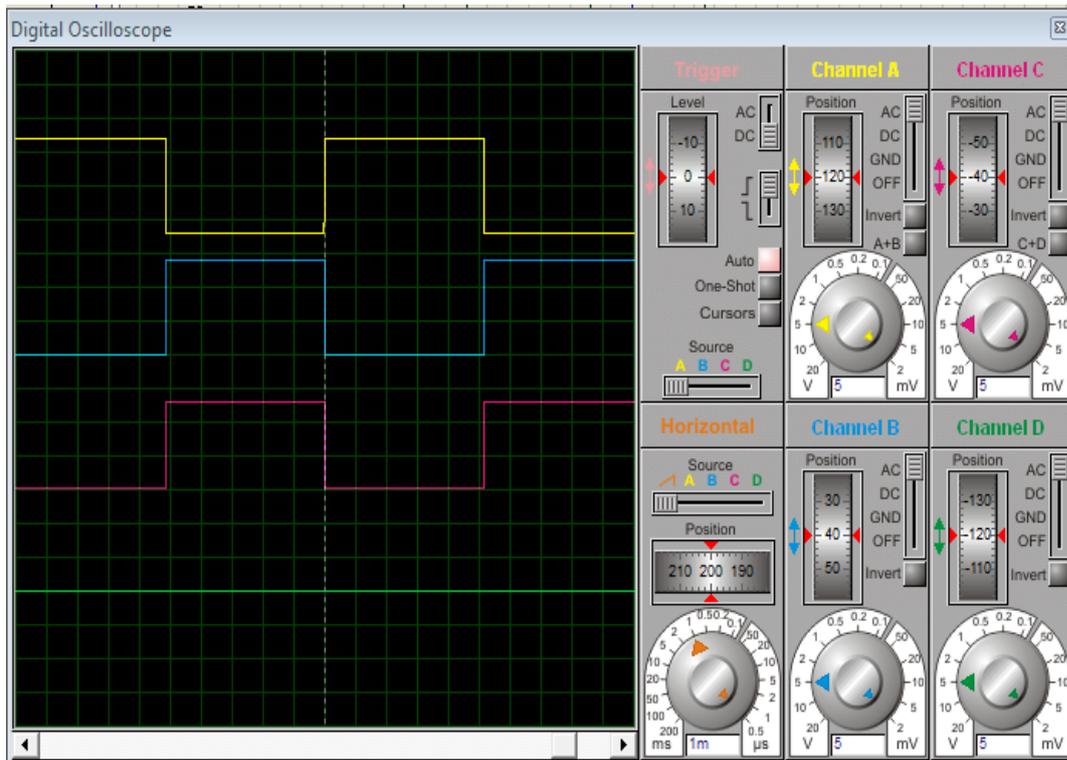


Figure III.3: Partie 1 du circuit



Figure

III.4: Chronogrammes récupérés au niveau des sorties des différents étages de la partie 1 du mesureur

Nous pouvons ici visualiser l'onde carré généré par l'amplificateur IC1-A et qui est un générateur d'onde carré.

Au point B , nous avons pu visualiser une onde carrée stabilisée, par deux zéners de 3.3V.de ce fait l'amplitude de ce signal sera de 3.3Volts.

Au point C, nous récupérons un courant que nous visualisant par l'intermédiaire d'une résistance que nous avons placé pour pouvoir mesurer la tension et par conséquent le courant traversant cette résistance.

✚ Test 2

Les chronogrammes obtenus aux différents point test de la partie 2 du circuit sont donnés dans ce qui suit:

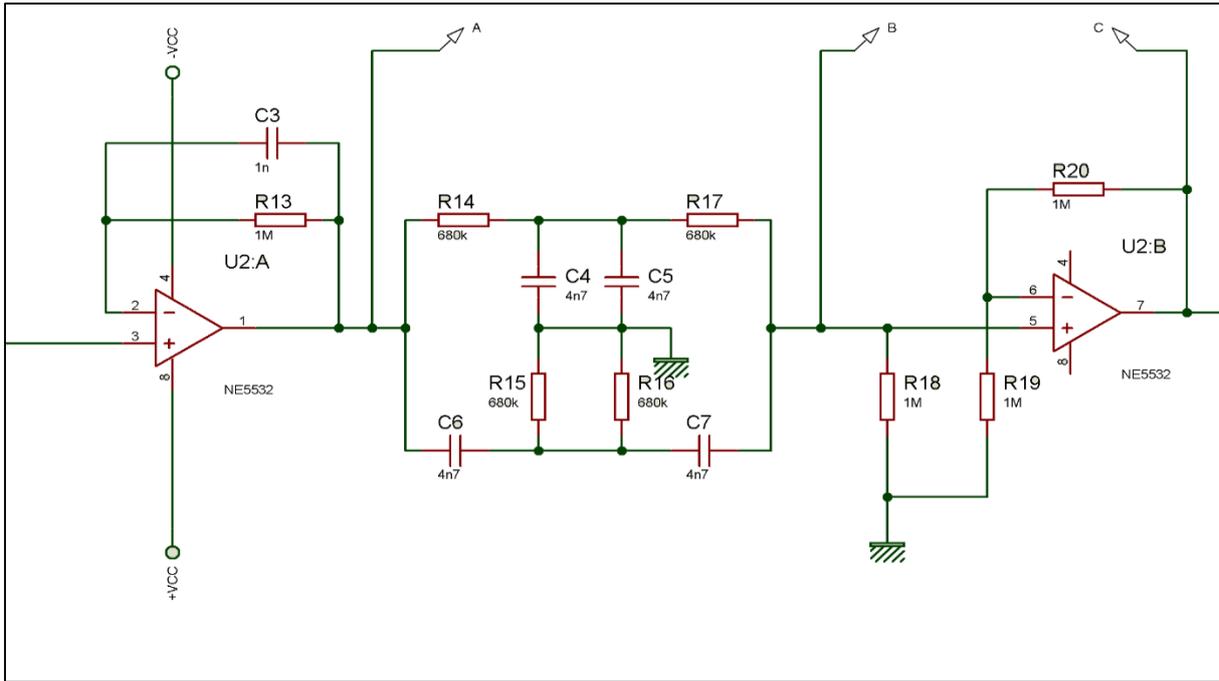


Figure III.5: Partie 2 du circuit

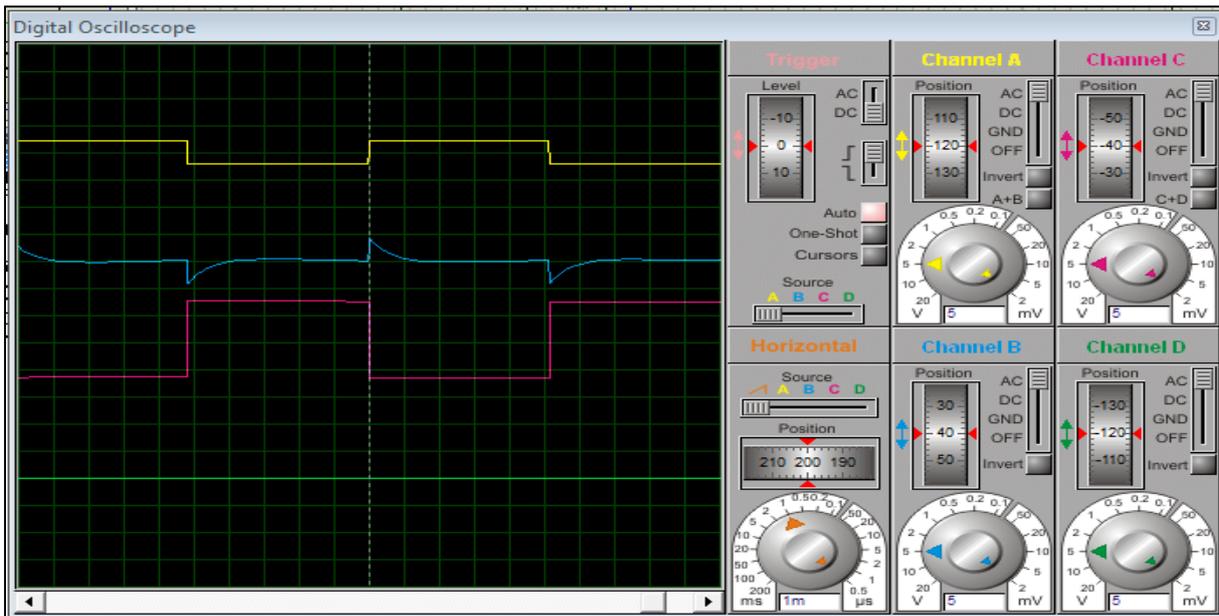


Figure III.6: Chronogrammes récupérés au niveau des sorties des différents étages de la partie2 du mesureur.

L'onde carré représentée sur le premier chronogramme récupérée au point A de la deuxième partie sera filtrée pour éliminer la fréquence du 50Hz d'ou second chronogramme , cette même onde carré arrivera à l'entrée de U2B et sera amplifiée

Partie 3: Test 3

nous présentons les différents signaux obtenus aux points tests de cette dernière partie et qui sont donnés dans ce qui suit:

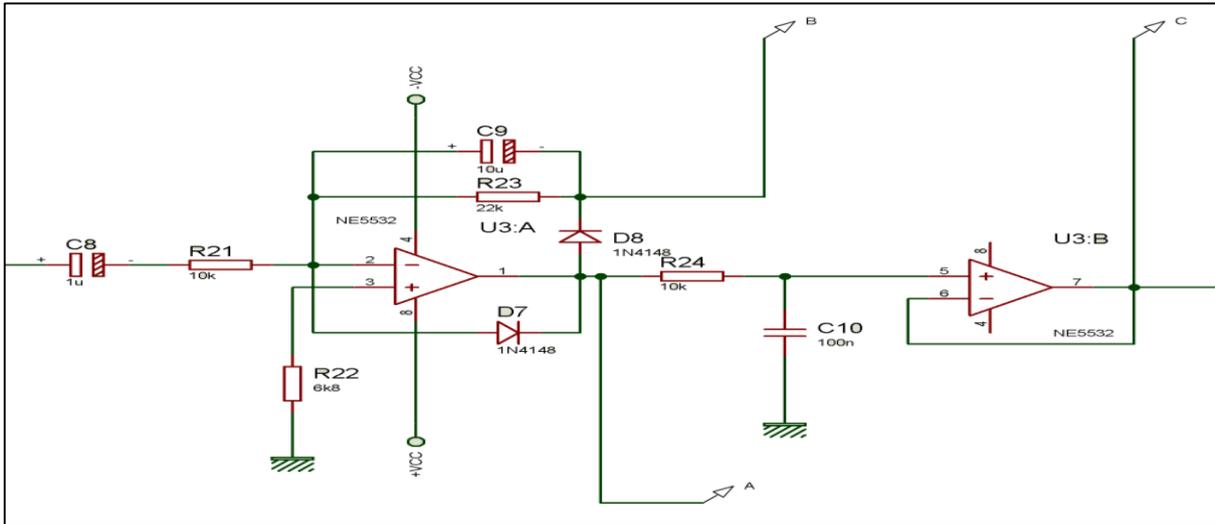


Figure III.7: Partie 3 du circuit

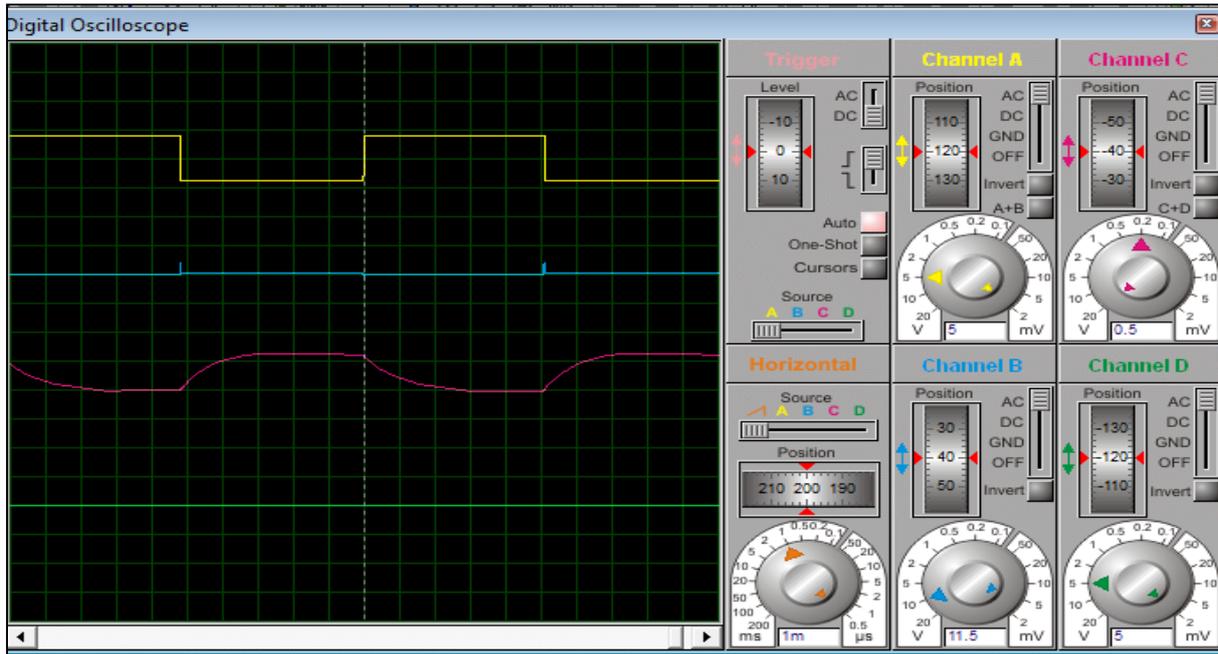


Figure III.8: Chronogrammes récupérés au niveau des sorties des différents étages de la partie3 du mesureur.

L'onde carré sera redressée pour donner naissance à un signal pratiquement continue qui va charger le condensateur C10 d'où le chronogramme au point B partie3, ce signal est alors appliqué au suiveur de tension de IC3-B servant à piloter le galvanomètre.

On présente alors dans ce qui suit notre réalisation pratique où nous pouvons identifier nos différents étages.

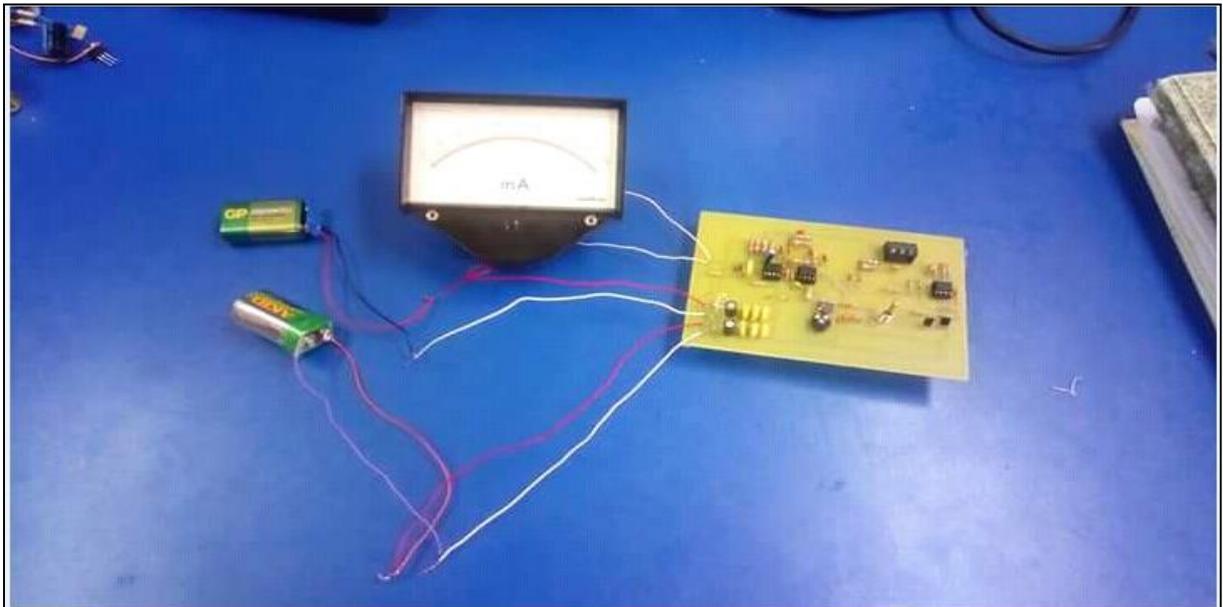


Figure III.9: Présentation de notre réalisation pratique sans et avec galvanomètre.

Pour finir nous présentons notre circuit imprimé sur la figure III.10

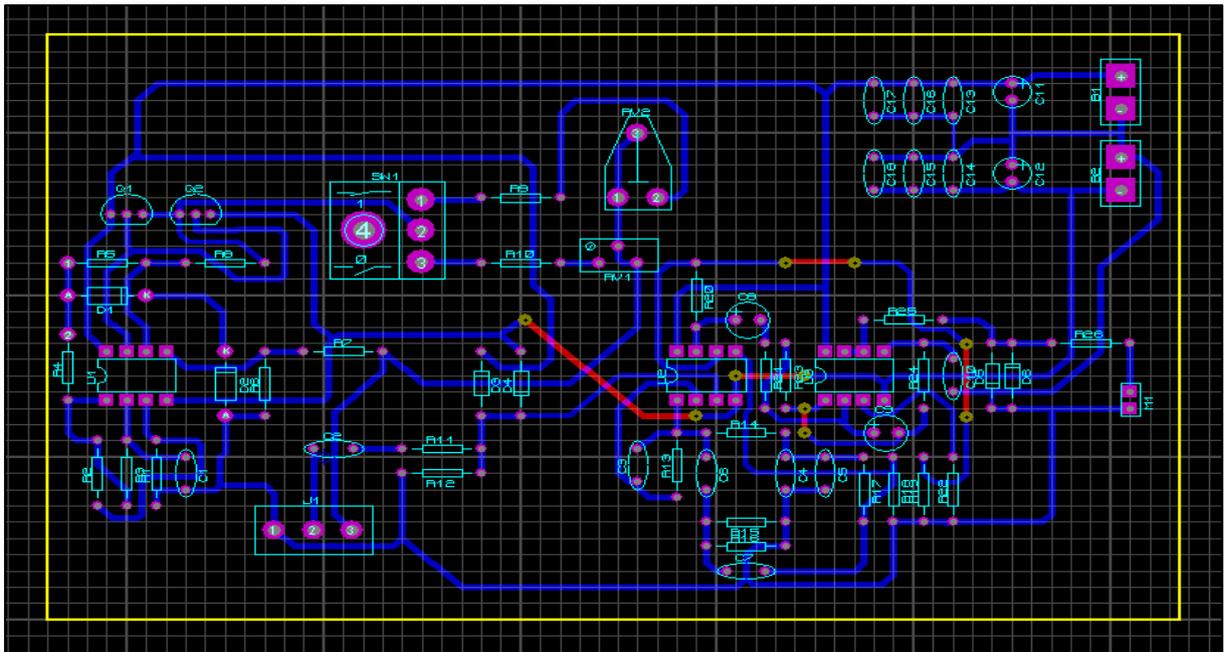


Figure III.10: Circuit imprimé

Conclusion générale

Notre travail a consisté à étudier puis à réaliser pratiquement un appareil appelé mesureur de prise de terre appelé en anglais “Ground-Meter” qui permet de vérifier si la prise de terre d’une installation électrique est efficace et dans les normes . Nous avons précisé précédemment que ce type d'appareil n'est pas toujours disponible et est assez onéreux alors qu'il est indispensable de se doter d'un tel équipement en chantier et même à la maison où se trouvent généralement beaucoup d'appareils électroménagers potentiellement dangereux et où il est donc nécessaire de vérifier que la prise de terre est efficace ce qui permettrait de sauver des vies humaines.

C'est pour cela que nous avons pu réaliser pratiquement un mesureur de prise de terre. Cette étude et ce travail pratique bien que simple et non exhaustif nous a été extraordinairement profitable . En effet , il nous permis de compléter notre formation et d'approfondir nos connaissances en revoyant en détail différents montages électroniques et particulièrement ceux que nous avons utilisés lors de la réalisation de notre circuit et tout particulièrement les amplificateurs opérationnels et les différents montages réalisés à base des amplificateurs opérationnels, ainsi que les diodes, et les transistors.

Nous avons pu aussi étudier les prises de terre et nous rendre compte des dangers qui peuvent se produire suite à une prise de terre défailante ou même à une absence de prise de terre et comprendre pourquoi aucun raccordement au réseau ne doit être effectué si la prise de terre n'existe pas.

Pour finir , ce type de montage, bien que simple, très utile et non onéreux trouve largement son application dans aussi bien dans les maisons, que dans les chantiers, etc.....

Références Bibliographiques

- [1] J.A.Güemes, F.E.Hernando, " Method for Calculating the Ground Resistance of Grounding Grids Using FEM, " *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol.19, No.2, pp 595-600, Avril 2004.
- [2] Henryk Markiewicz , Dr Antoni Klajn," Mise à La Terre – Bases de Calcul et De Conception , " *Guide Power Quality Section 6: Cem et Mise à La Terre* www.leonardo-energy.org/France, Edition Août 2007.
- [3] Tony Mitton , Robin Watson, " Practical Testing of Grounding Systems by Current Injection", Mitton Consulting Ltd Christchurch ,New Zealand, Mai 2005.
- [4] J. Nzuru Nsekere, " Contribution à L'analyse et à La Réalisation des Mises à La Terre des Installations Electriques dans Les Régions Tropicales, " thèse de doctorat, Université de Liège Faculté des sciences appliquées, Février 2009.
- [5] Yaqing Liu, " Transient Response of Grounding Systems Caused by Lightning: Modelling and Experiments, " thèse de doctorat , université de uppsala ,2004.
- [6] Elvis R. Sverko, " Ground-Measuring Techniques: Electrode Resistance to Remote Earth & Soil Resistivity, " ERICO, Inc. Facility Electrical Protection, February 1999.
- [7] Electricité de France, " Principes de conception et de réalisation des mises à la terre, " EDF NI 115, Direction des études et recherches, 1984.
- [8] IEEE Standard 81.2-1991, "IEEE Guide for Measurement of Impedance and Safety Characteristics of Large, Extended or Interconnected Grounding Systems, " *IEEE Power Engineering Society*, No.8, Decembre 1991.
- [9] G.F.Tagg, B.Sc, Ph.D, M.I.E.F, F.Inst.P, " Earth Resistances, " Tower House,Southampton Street, London W.C.2 ,1964.
- [10] Ahmed Mghairbi , " Caractrisation of Transmission Line Earthing System , " these de master ,Electrical and Electronic Division Universitie de Wales,2003.

- [11] IEEE Standard, " IEEE Standard Test Code for Resistance Measurement, " *IEEE Power Engineering Society*, pp. 118-1978.1992.
- [12] C. Korasli, " Ground Resistance Measurement with Alternative the Fall-of-Potential Method, " *IEEE Power Engineering Society*, pp. 1657-1661, 2005
- [13] C. Korasli, " Ground Resistance Measurement Fall-of-Potential Method Using Capacitive Test Probes, " *IEEE Power Engineering Society*,2006.
- [14] Kazuo Murakawa ,Hiroshi Yamane, " Earthing Resistance Measurement Technique without Using Auxiliary Electrodes, " *IEEE Power Engineering Society*, pp 213-216, 2003.
- [15] B. Nekhoul, P. Labie, F. X. Zgainski and G. Meunier, " Calculating the Impedance of a Grounding System,|| *IEEE Power Engineering Society*, Vol 32, No3,pp 1509-1512, Mai 1996.
- [16] L.Grcev, " Impulse Efficiency of Ground Electrode, " *IEEE Power Engineering Society*, Vol.24, No.1, Janvier 2009.
- [17] G.Vijayaraghavan, Mark Brown, Malcolm Barnes,"Practical Grounding, Bonding, Shielding and Surge Protection, " Elsevier, 2004.
- [18] QingboMeng,Jinliang He F. P. Dawalibi, " A New Method to Decrease Ground Resistances of Substation Grounding Systems in High Resistivity Regions, " *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 14, No. 3.pp 911-916, , Juillet 1999.
- [19] Jinliang. He, Gang Yu, Jingping Yuan, " Decreasing Grounding Resistance of Substation by Deep-Ground-Well Method, " *IEEE Transactions On Power Delivery*,Vol. 20,No.2, pp 738-744,Avril 2005.
- [20] B.R. Gupta, B.Thapar, "Impulse Impedance of Grounding Grid, " *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*,Vol PAS-99 No.6,Nov/Dec 1980.
- [21] Comment mesurer la résistance d'une prise de terre ?".*Electronique et loisir* numéro 41 Octobre 2002

ANNEXE

**NE5532, SA5532, SE5532,
NE5532A, SE5532A**

**Internally Compensated
Dual Low Noise
Operational Amplifier**

The 5532 is a dual high-performance low noise operational amplifier. Compared to most of the standard operational amplifiers, such as the 1458, it shows better noise performance, improved output drive capability and considerably higher small-signal and power bandwidths.

This makes the device especially suitable for application in high-quality and professional audio equipment, instrumentation and control circuits, and telephone channel amplifiers. The op amp is internally compensated for gains equal to one. If very low noise is of prime importance, it is recommended that the 5532A version be used because it has guaranteed noise voltage specifications.

Features

- Small-Signal Bandwidth: 10 MHz
- Output Drive Capability: 600 Ω, 10 V_{RMS}
- Input Noise Voltage: 5.0 nV/√Hz (Typical)
- DC Voltage Gain: 50000
- AC Voltage Gain: 2200 at 10 kHz
- Power Bandwidth: 140 kHz
- Slew Rate: 9.0 V/μs
- Large Supply Voltage Range: ±3.0 to ±20 V
- Compensated for Unity Gain
- Pb-Free Packages are Available



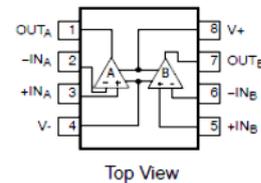
ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

 8 1	SOIC-8 D SUFFIX CASE 751
 8 1	PDIP-8 N SUFFIX CASE 626
 16 1	SOIC-16 WB D SUFFIX CASE 751G

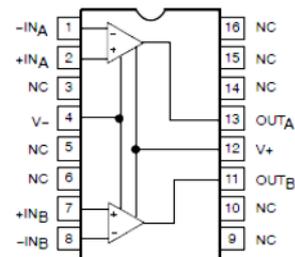
PIN CONNECTIONS

N, D8 Packages



Top View

D Package*



Top View

*SOL and non-standard pinout.

DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 6 of this data sheet.

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 7 of this data sheet.

NE5532, SA5532, SE5532, NE5532A, SE5532A

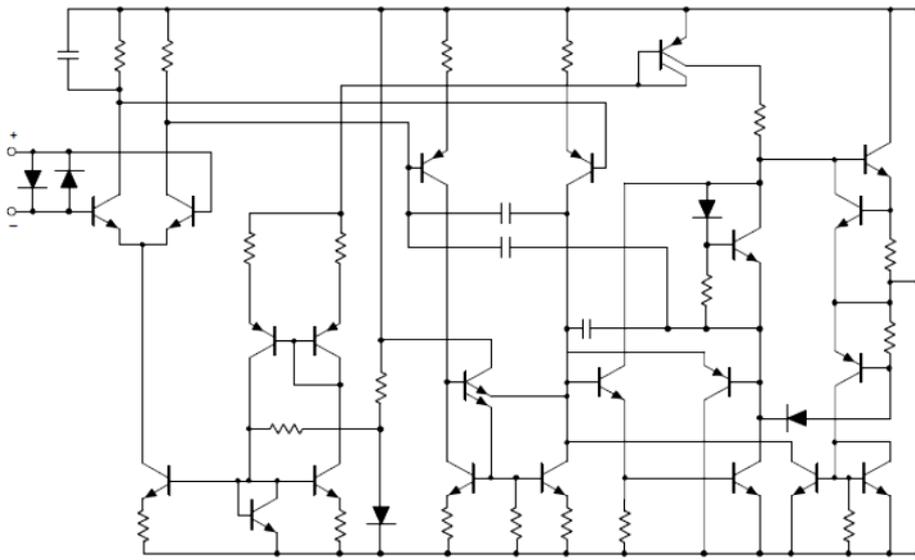


Figure 1. Equivalent Schematic (Each Amplifier)

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	V_S	± 22	V
Input Voltage	V_{IN}	$\pm V_{SUPPLY}$	V
Differential Input Voltage (Note 1)	V_{DIFF}	± 0.5	V
Operating Temperature Range NE5532/A SA5532 SE5532/A	T_{amb}	0 to 70 -40 to +85 -55 to +125	$^{\circ}C$
Storage Temperature	T_{stg}	-65 to +150	$^{\circ}C$
Junction Temperature	T_j	150	$^{\circ}C$
Maximum Power Dissipation, $T_{amb} = 25^{\circ}C$ (Still-Air) 8 D8 Package 8 N Package 16 D Package	P_D	780 1200 1200	mW
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient 8 D8 Package 8 N Package 16 D Package	$R_{\theta JA}$	182 130 140	$^{\circ}C/W$
Lead Soldering Temperature (10 sec max)	T_{slid}	230	$^{\circ}C$

Stresses exceeding Maximum Ratings may damage the device. Maximum Ratings are stress ratings only. Functional operation above the Recommended Operating Conditions is not implied. Extended exposure to stresses above the Recommended Operating Conditions may affect device reliability.

- Diodes protect the inputs against overvoltage. Therefore, unless current-limiting resistors are used, large currents will flow if the differential input voltage exceeds 0.6 V. Maximum current should be limited to ± 10 mA.

NE5532, SA5532, SE5532, NE5532A, SE5532A

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$; $V_S = \pm 15\text{ V}$, unless otherwise noted.) (Notes 2, 3 and 4)

Characteristic	Symbol	Test Conditions	SE5532/A			NE5532/A, SA5532			Unit
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Offset Voltage	V_{OS}	-	-	0.5	2.0	-	0.5	4.0	mV
	-	Overtemperature	-	-	3.0	-	-	5.0	mV
	$\Delta V_{OS}/\Delta T$	-	-	5.0	-	-	5.0	-	$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
Offset Current	I_{OS}	-	-	-	100	-	10	150	nA
	-	Overtemperature	-	-	200	-	-	200	nA
	$\Delta I_{OS}/\Delta T$	-	-	200	-	-	200	-	$\text{pA}/^{\circ}\text{C}$
Input Current	I_B	-	-	300	500	-	300	800	nA
	-	Overtemperature	-	-	700	-	-	1000	nA
	$\Delta I_B/\Delta T$	-	-	5.0	-	-	5.0	-	$\text{nA}/^{\circ}\text{C}$
Supply Current	I_{CC}	-	-	8.0	10.5	-	8.0	16	mA
	-	Overtemperature	-	-	13	-	-	-	-
Common-Mode Input Range	V_{CM}	-	± 12	± 13	-	± 12	± 13	-	V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	-	80	100	-	70	100	-	dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	-	-	10	50	-	10	100	$\mu\text{V}/\text{V}$
Large-Signal Voltage Gain	A_{VOL}	$R_L \geq 2.0\text{ k}\Omega$; $V_O = \pm 10\text{ V}$	50	100	-	25	100	-	V/mV
		Overtemperature	25	-	-	15	-	-	-
		$R_L \geq 600\ \Omega$; $V_O = \pm 10\text{ V}$	40	50	-	15	50	-	-
		Overtemperature	20	-	-	10	-	-	-
Output Swing	V_{OUT}	$R_L \geq 600\ \Omega$	± 12	± 13	-	± 12	± 13	-	V
		Overtemperature	± 10	± 12	-	± 10	± 12	-	-
		$R_L \geq 600\ \Omega$; $V_S = \pm 18\text{ V}$	± 15	± 16	-	± 15	± 16	-	-
		Overtemperature	± 12	± 14	-	± 12	± 14	-	-
		$R_L \geq 2.0\text{ k}\Omega$	± 13	± 13.5	-	± 13	± 13.5	-	-
Overtemperature	± 12	± 12.5	-	± 10	± 12.5	-	-		
Input Resistance	R_{IN}	-	30	300	-	30	300	-	$\text{k}\Omega$
Output Short Circuit Current	I_{SC}	-	10	38	60	10	38	60	mA

2. Diodes protect the inputs against overvoltage. Therefore, unless current-limiting resistors are used, large currents will flow if the differential input voltage exceeds 0.6 V. Maximum current should be limited to $\pm 10\text{ mA}$.

3. For operation at elevated temperature, derate packages based on the package thermal resistance.

4. Output may be shorted to ground at $V_S = \pm 15\text{ V}$, $T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$. Temperature and/or supply voltages must be limited to ensure dissipation rating is not exceeded.

NE5532, SA5532, SE5532, NE5532A, SE5532A

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$; $V_S = \pm 15\text{ V}$, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	Test Conditions	NE/SE5532/A, SA5532			Unit
			Min	Typ	Max	
Output Resistance	R_{OUT}	$A_V = 30\text{ dB}$ Closed-loop $f = 10\text{ kHz}$, $R_L = 600\ \Omega$	-	0.3	-	Ω
Overshoot	-	Voltage-Follower $V_{IN} = 100\text{ mV}_{P-P}$ $C_L = 100\text{ pF}$; $R_L = 600\ \Omega$	-	10	-	%
Gain	A_V	$f = 10\text{ kHz}$	-	2.2	-	V/mV
Gain Bandwidth Product	GBW	$C_L = 100\text{ pF}$; $R_L = 600\ \Omega$	-	10	-	MHz
Slew Rate	SR	-	-	9.0	-	V/ μs
Power Bandwidth	-	$V_{OUT} = \pm 10\text{ V}$	-	140	-	kHz
		$V_{OUT} = \pm 14\text{ V}$; $R_L = 600\ \Omega$	-	100	-	
		$V_{CC} = \pm 18\text{ V}$	-	-	-	

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$; $V_S = \pm 15\text{ V}$, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	Test Conditions	NE/SE5532			NE/SA/SE5532A			Unit
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Noise Voltage	V_{NOISE}	$f_O = 30\text{ Hz}$	-	8.0	-	-	8.0	12	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_O = 1.0\text{ kHz}$	-	5.0	-	-	5.0	6.0	
Input Noise Current	I_{NOISE}	$f_O = 30\text{ Hz}$	-	2.7	-	-	2.7	-	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f_O = 1.0\text{ kHz}$	-	0.7	-	-	0.7	-	
Channel Separation	-	$f = 1.0\text{ kHz}$; $R_S = 5.0\text{ k}\Omega$	-	110	-	-	110	-	dB

NE5532, SA5532, SE5532, NE5532A, SE5532A

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

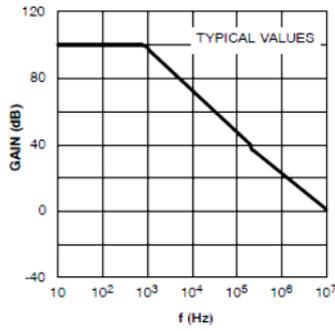


Figure 2. Open-Loop Frequency Response

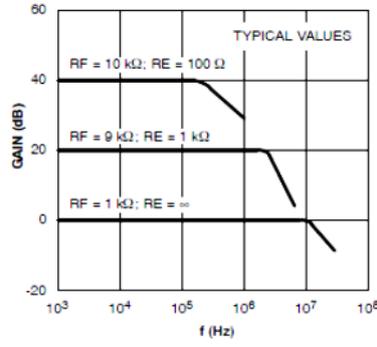


Figure 3. Closed-Loop Frequency Response

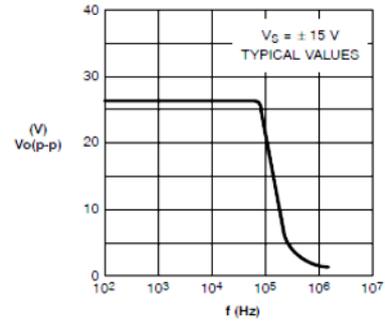


Figure 4. Large-Signal Frequency Response

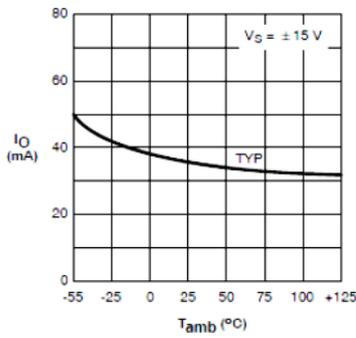


Figure 5. Output Short-Circuit Current

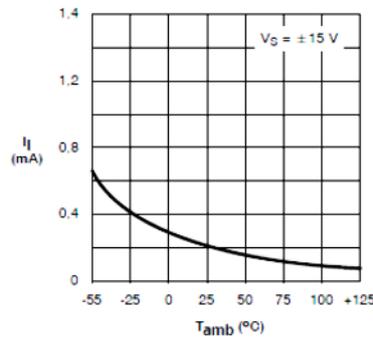


Figure 6. Input Bias Current

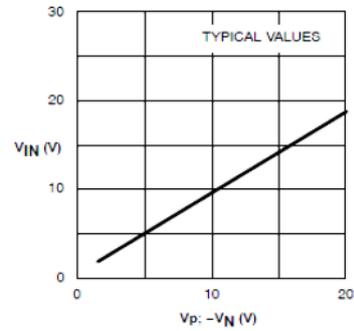


Figure 7. Input Common-Mode Voltage Range

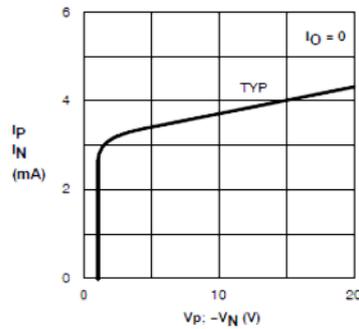


Figure 8. Supply Current

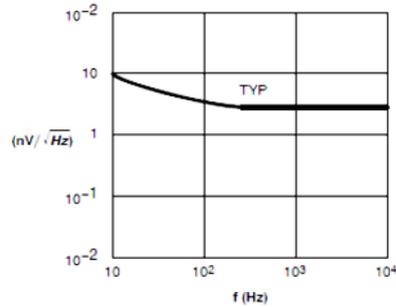


Figure 9. Input Noise Voltage Density

NE5532, SA5532, SE5532, NE5532A, SE5532A

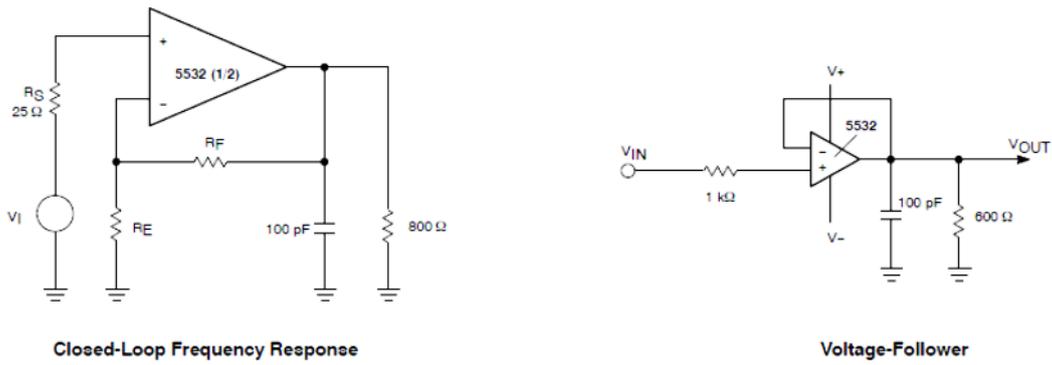
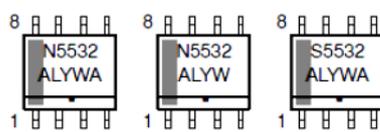
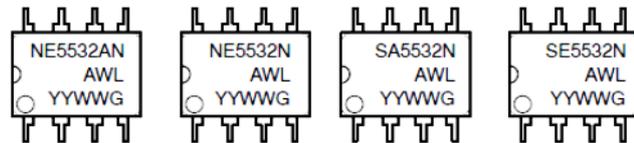


Figure 10. Test Circuits

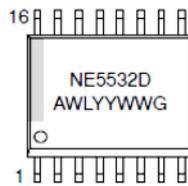
MARKING DIAGRAMS



SOIC-8
D SUFFIX
CASE 751



PDIP-8
N SUFFIX
CASE 626



SOIC-16 WB
D SUFFIX
CASE 751G

- A = Assembly Location
- WL, L = Wafer Lot
- YY, Y = Year
- WW, W = Work Week
- G or • = Pb-Free Package

NE5532, SA5532, SE5532, NE5532A, SE5532A

ORDERING INFORMATION

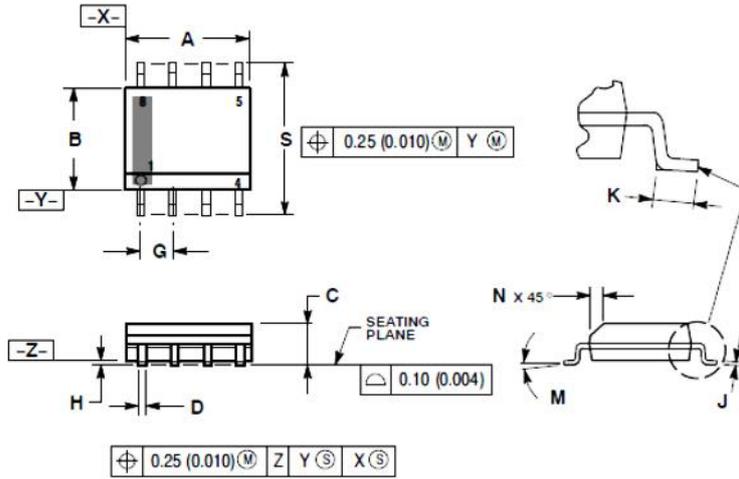
Device	Description	Temperature Range	Shipping [†]	
NE5532AD8	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package	0 to 70°C	98 Units / Rail	
NE5532AD8G	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package (Pb-Free)		98 Units / Rail	
NE5532AD8R2	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package		2500 / Tape & Reel	
NE5532AD8R2G	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package (Pb-Free)		2500 / Tape & Reel	
NE5532AN	8-Pin Plastic Dual In-Line Package (PDIP-8)		50 Units / Rail	
NE5532ANG	8-Pin Plastic Dual In-Line Package (PDIP-8) (Pb-Free)		50 Units / Rail	
NE5532D	16-Pin Plastic Small Outline (SO-16 WB) Package		47 Units / Rail	
NE5532DG	16-Pin Plastic Small Outline (SO-16 WB) Package (Pb-Free)		47 Units / Rail	
NE5532DR2	16-Pin Plastic Small Outline (SO-16 WB) Package		1000 Tape & Reel	
NE5532DR2G	16-Pin Plastic Small Outline (SO-16 WB) Package (Pb-Free)		1000 Tape & Reel	
NE5532D8	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package		98 Units / Rail	
NE5532D8G	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package (Pb-Free)		98 Units / Rail	
NE5532D8R2	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package		2500 / Tape & Reel	
NE5532D8R2G	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package (Pb-Free)		2500 / Tape & Reel	
NE5532N	8-Pin Plastic Dual In-Line Package (PDIP-8)		50 Units / Rail	
NE5532NG	8-Pin Plastic Dual In-Line Package (PDIP-8) (Pb-Free)		50 Units / Rail	
SA5532N	8-Pin Plastic Dual In-Line Package (PDIP-8)		-40 to +85°C	50 Units / Rail
SA5532NG	8-Pin Plastic Dual In-Line Package (PDIP-8) (Pb-Free)			50 Units / Rail
SE5532AD8	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package	-55 to +125°C	98 Units / Rail	
SE5532AD8G	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package (Pb-Free)		98 Units / Rail	
SE5532AD8R2	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package		2500 / Tape & Reel	
SE5532AD8R2G	8-Pin Plastic Small Outline (SO-8) Package (Pb-Free)		2500 / Tape & Reel	
SE5532N	8-Pin Plastic Dual In-Line Package (PDIP-8)		50 Units / Rail	
SE5532NG	8-Pin Plastic Dual In-Line Package (PDIP-8) (Pb-Free)		50 Units / Rail	

[†]For information on tape and reel specifications, including part orientation and tape sizes, please refer to our Tape and Reel Packaging Specifications Brochure, BRD8011/D.

NE5532, SA5532, SE5532, NE5532A, SE5532A

PACKAGE DIMENSIONS

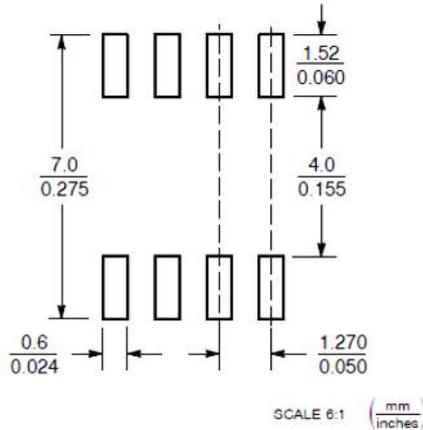
SOIC-8 NB
CASE 751-07
ISSUE AK



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
 3. DIMENSION A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
 4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
 5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
 6. 751-01 THRU 751-06 ARE OBSOLETE. NEW STANDARD IS 751-07.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	4.80	5.00	0.189	0.197
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.053	0.069
D	0.33	0.51	0.013	0.020
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
H	0.10	0.25	0.004	0.010
J	0.19	0.25	0.007	0.010
K	0.40	1.27	0.016	0.050
M	0°	8°	0°	8°
N	0.25	0.50	0.010	0.020
S	5.80	6.20	0.228	0.244

SOLDERING FOOTPRINT*



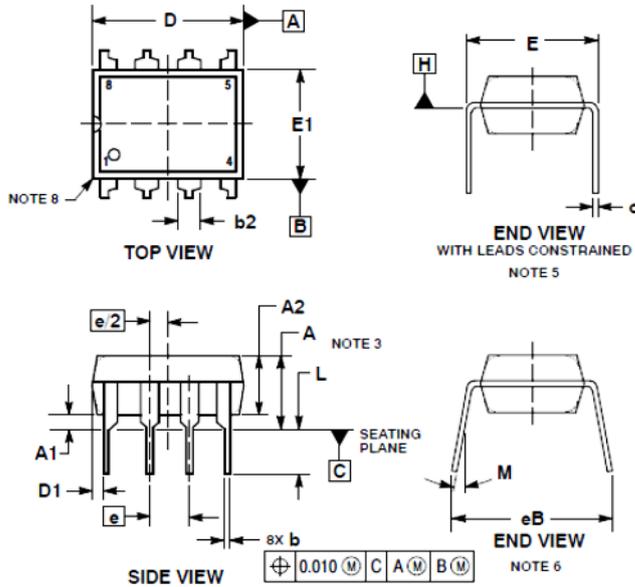
*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

NE5532, SA5532, SE5532, NE5532A, SE5532A

PACKAGE DIMENSIONS

8-Pin Plastic Dual In-Line Package (PDIP-8)

N SUFFIX
CASE 626-05
ISSUE N



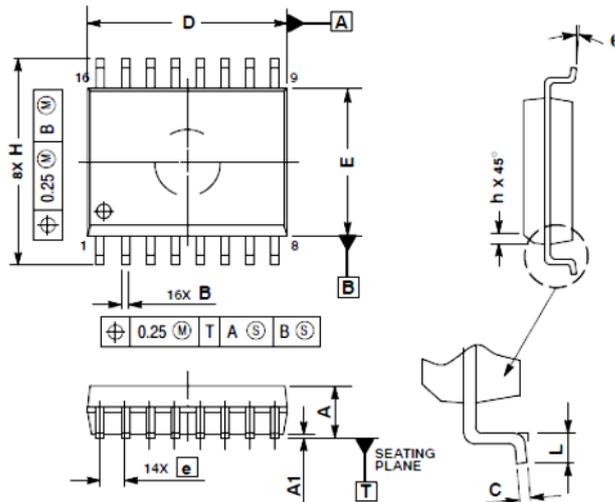
- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M, 1994.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCHES.
 3. DIMENSIONS A, A1 AND L ARE MEASURED WITH THE PACKAGE SEATED IN JEDEC SEATING PLANE GAUGE GS-3.
 4. DIMENSIONS D, D1 AND E1 DO NOT INCLUDE MOLD FLASH OR PROTRUSIONS. MOLD FLASH OR PROTRUSIONS ARE NOT TO EXCEED 0.10 INCH.
 5. DIMENSION E IS MEASURED AT A POINT 0.015 BELOW DATUM PLANE H WITH THE LEADS CONSTRAINED PERPENDICULAR TO DATUM C.
 6. DIMENSION E3 IS MEASURED AT THE LEAD TIPS WITH THE LEADS UNCONSTRAINED.
 7. DATUM PLANE H IS COINCIDENT WITH THE BOTTOM OF THE LEADS, WHERE THE LEADS EXIT THE BODY.
 8. PACKAGE CONTOUR IS OPTIONAL (ROUNDED OR SQUARE CORNERS).

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	----	0.210	---	5.33
A1	0.015	----	0.38	----
A2	0.115	0.195	2.92	4.95
b	0.014	0.022	0.35	0.56
b2	0.060 TYP		1.52 TYP	
C	0.008	0.014	0.20	0.36
D	0.355	0.400	9.02	10.16
D1	0.005	----	0.13	----
E	0.300	0.325	7.62	8.26
E1	0.240	0.280	6.10	7.11
e	0.100 BSC		2.54 BSC	
eB	----	0.430	----	10.92
L	0.115	0.150	2.92	3.81
M	----	10°	----	10°

NE5532, SA5532, SE5532, NE5532A, SE5532A

PACKAGE DIMENSIONS

SOIC-16 WB
D SUFFIX
CASE 751G-03
ISSUE D

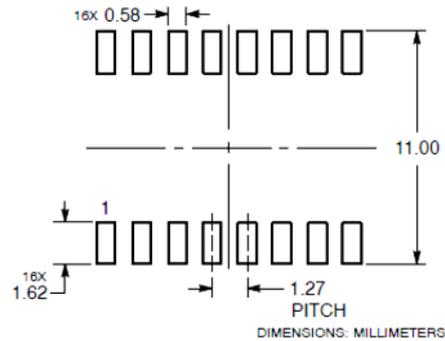


NOTES:

1. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
2. INTERPRET DIMENSIONS AND TOLERANCES PER ASME Y14.5M, 1994.
3. DIMENSIONS D AND E DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 PER SIDE.
5. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.13 TOTAL IN EXCESS OF THE B DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS	
	MIN	MAX
A	2.35	2.65
A1	0.10	0.25
B	0.35	0.49
C	0.23	0.32
D	10.15	10.45
E	7.40	7.60
e	1.27 BSC	
H	10.05	10.55
h	0.25	0.75
L	0.50	0.90
q	0°	7°

SOLDERING FOOTPRINT



DIMENSIONS: MILLIMETERS

ON Semiconductor and  are registered trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of SCILLC's product/patent coverage may be accessed at www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf. SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free
USA/Canada
Europe, Middle East and Africa Technical Support:
Phone: 421 33 790 2910
Japan Customer Focus Center
Phone: 81-3-5817-1050

ON Semiconductor Website: www.onsemi.comOrder Literature: <http://www.onsemi.com/orderlit>

For additional information, please contact your local Sales Representative

NE5532/D

Résumé : Pour vérifier si la prise de terre d'une installation électrique est efficace ou au contraire défailante et donc non fonctionnelle il faut la mesurer et se rendre compte qu'elle est bien dans les normes . Pour ceci nous devons impérativement disposer d'un appareil permettant cette mesure qui va mesurer sa résistance. Cet appareil appelé mesureur de prise de terre a principalement pour rôle de décharger à la masse les pertes électriques pouvant se trouver dans n'importe quel appareil électrique sachant que dans l'enceinte de n'importe quel maison se trouvent entre autre beaucoup d'appareils électroménagers potentiellement ou même très dangereux tel que la machine à laver ,le lave vaisselle, réfrigérateurs, chauffage électriques , etc..... N'importe quelle décharge pourrait donc être mortelle à tout usager . citons par exemple le cas de la machine à laver où suite à une fuite d'eau de la cuve vers le circuit électrique interne, permettrait à la tension du secteur d'être présente sur l'enveloppe métallique du lave linge . et toute ménagère recevra alors au moment du contact de sa main avec la porte, une décharge électrique qui pourrait lui être fatale . Ceci nous a alors poussé à comprendre ce phénomène d'électrocution et étudier le fonctionnement des mesureur de prise de terre qui permettent de s'assurer de leur efficacité.

ملخص: للتحقق مما إذا كان التأريض للتثبيت الكهربائي فعالاً أو غير صحيح ، وبالتالي لا يعمل ، من الضروري قياس هذا التأريض ولكي ندرك أنه جيد في القواعد. لهذا يجب أن يكون لدينا جهاز لهذا التدبير الذي سيقاس مقاومته. هذا الجهاز يسمى متر الأرض له دور رئيسي في تصريف الكتل الكهربائية التي يمكن أن تكون في أي جهاز كهربائي مع العلم أنه في أي منزل من ضميمة من بين العديد من الأجهزة المنزلية يحتمل أن تكون خطرة أو حتى خطيرة جدا مثل غسالة ، غسالة صحون ، ثلاجات ، التدفئة الكهربائية ، الخ أي تفريغ يمكن أن تكون مميتة لأي مستخدم. على سبيل المثال حالة الغسالة التي تتبع تسرب الماء من الخزان إلى الدائرة الكهربائية الداخلية ، والسماح للجهد الرئيسي أن تكون موجودة على غلاف معدني من الغسالة. وستتلقى كل ربة منزل لحظة اتصال يدها بالباب ، وهو تفريغ كهربائي قد يكون مميتاً لها. وهذا ما دفعنا إلى فهم ظاهرة الصدمات الكهربائية ودراسة تشغيل عداد التأريض الذي يمكن أن يضمن فعاليتها.