

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



L'Université Echahid Hamma Lakhdar d'El Oued

Faculté de Technologie

Mémoire de Fin d'Étude

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Electrotechnique

Spécialité : Réseaux Electrique

Thème

**Etude et réalisation d'un système
intelligent pour l'identification de l'état
de surface d'isolateur de haute tension**

Présenté par :

- ❖ BERRIM Abdelhafidh
- ❖ TOUIL Taoufik

Encadré par :

Dr. GUIA Talal

Année universitaire 2022/2023

REMERCIEMENTS

*Avant tout, nous remercions ALLAH tout puissant
Pour nous avoir aidé à réaliser ce modeste travail.*

*Nous tenons tout d'abord à remercier : Dr. GUIA Talal qui est eu l'amabilité de
nous encadrer pour la réalisation de ce travail et qui a dirigé ce travail depuis
les premiers instants.*

*Nous remercions de même tous les enseignants de notre département qui ont
énormément contribué à notre formation.*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé
de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

Dédicace

Nous dédions cet humble travail

A "Chère maman"

A " Cher père "

A nos frères et sœurs.

A toutes les tantes, oncles, oncles et tantes dans la vie éternelle aussi.

A tous les merveilleux amis.

A tous les proches.

A tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin.

ABDELHAFIDH et TOUFIK

Résumé

La raison majeure de l'apparition d'un contournement est l'accumulation de contaminants à la surface de l'isolateur haute tension, entraînant une coupure de courant, il est important de connaître l'état de l'isolateur pour éviter la perte de puissance et augmenter la fiabilité du réseau. Ce travail apporte une solution pour surveiller l'état de surface des isolateurs haute tension à l'aide de techniques d'intelligence artificielle.

Mots clés : Pollution- Isolateurs de haute tension - Surveillance– Techniques d'intelligence artificielle.

ملخص

السبب الرئيسي لظهور ظاهرة التسرب الكهربائي هو تراكم العوامل الملوثة على سطح عازل الجهد العالي، مما يؤدي إلى انقطاع التيار الكهربائي، من المهم معرفة حالة العوازل لتجنب انقطاع التيار وزيادة موثوقية الشبكة. يوفر هذا العمل حلاً لمراقبة حالة سطح عازل الجهد العالي باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي.

الكلمات المفتاحية: التلوث - عوازل الجهد العالي - المراقبة - تقنيات الذكاء الاصطناعي.

Abstract

The first reason of bypass phenomena is the accumulation of contaminants on the surface of high voltage insulators, leading to power outages. Knowing the state of the isolator is critical to avoiding outages and increasing network reliability. This work provides a solution to monitor the surface condition of high voltage insulators using artificial intelligence techniques.

Keywords: Pollution - High voltage insulator – Surveillance - Artificial intelligence techniques.

Liste des figures

Chapitre I

Figure I. 1 forme d'un isolateur.....	4
Figure I. 2 Vue en coupe d'un isolateur rigide en verre.....	7
Figure I. 3 Assemblage à rotule.....	7
Figure I. 4 Isolateurs à capot et tige	8
Figure I. 5 Isolateurs à long fût.	8
Figure I. 6 Isolateur capot et tige avec profil standard.	9
Figure I. 7 Profil antibrouillard (forme A).	9
Figure I. 8 Profil antibrouillard (forme B).....	10

Chapitre II

Figure II. 1 le schéma de montage virtuel pour visualiser un signal sur labVIEW	18
Figure II. 2 Afficheur de l'oscilloscope virtuel sur Labview.	18
Figure II. 3 Dispositif d'essais et de mesure.	19
Figure II. 4 Chaîne d'isolateurs U120B étudiée.....	19
Figure II. 5 Surfaces interne et externe d'un élément de la chaîne d'isolateur.	20
Figure II. 6 Représentation du spectre d'amplitude.	21
Figure II. 7 Représentation du signal du courant de fuite correspondant à une faible pollution.....	22
Figure II. 8 Représentation du signal du courant de fuite correspondant à une moyenne pollution	22
Figure II. 9 Exemple de détection d'objets.	23
Figure II. 10 Illustration de la différence entre la classification et la détection d'objets.	23

Chapitre III

Figure III. 1 Préparation de l'environnement de travail.....	28
Figure III. 2 (A) (B) (C) les Packages	31
Figure III. 3 Création des fichiers name_pb2.....	33
Figure III. 4 Les packages Jupiter notebook afin de détecter d'objets	34
Figure III. 5 Examiner des packages Jupiter notebook	35
Figure III. 6 Assembler les images.....	36
Figure III. 7 Isolateur neuf	37
Figure III. 8 Isolateur sale	37
Figure III. 9 Un fichier .XML Enregistré	38
Figure III. 10 Un fichier CSV Créé.....	38
Figure III. 11 Les fichiers CSV créés.....	39
Figure III. 12 Les objets (Génération et numérotations)	39
Figure III. 13 Fichiers TF Record de train.....	40
Figure III. 14 Fichiers de TF Record de test	40
Figure III. 15 Confirmation créer TF Record (test et train).....	40
Figure III. 16 Fichier labelmap.pbtxt	41
Figure III. 17 Classifier les fichiers.....	41
Figure III. 18 Classeur train_input_reader	42
Figure III. 19 Classeur eval_input_reader	42
Figure III. 20 Exécution de l'entraînement	43
Figure III. 21 L'évaluation d'entraînement.....	43
Figure III. 22 (A)(B)(C): Courbes de losses.....	44
Figure III. 23 Dossiers d'entraînement.....	45
Figure III. 24 Graphes d'inférence.....	45
Figure III. 25 Fichier Frozen_inference_graph.pb	46
Figure III. 26 L'interface python.....	46
Figure III. 27 Le modèle de détection en configuration.	47
Figure III. 28 Isolateur en état propre.....	48
Figure III. 29 Isolateur en état sale.....	48
Figure III. 30 L'isolateur propre : état de chaîne.....	48
Figure III. 31 L'isolateur sale : état de chaîne	49

Liste des tableaux

Chapitre III

Tableau III.1 Modules et boîtes à outils utilisées.	28
Tableau III.2 Ordre suivi des codes pour installer les packages	28
Tableau III.3 Les images assemblées selon leur classification	36

Listes des abréviations et des symboles

- L_f**: La ligne de fuite.
- CEI**: Commission électrotechnique internationale
- R_s**: résistance surfacique.
- R_v**: résistance volumique.
- SIR**: Silicon Rubber.

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I Isolateur haute tension et phénomène de pollution(Définitions et Notions).....	3
I.1 Introduction :	4
I.2 Notions sur les isolateurs de haute tension :	4
I.2.1 Définition des isolateurs de haute tension :	5
I.2.2 Principaux types d'isolateurs :	5
I.3 Quelques définitions concernant les isolateurs :	5
I.3.1 Courant de fuite critique :	5
I.3.2 Tension de tenue (Tension d'essai) :	5
I.3.3 Contournement :	5
I.3.4 Contrainte de Contournement :	5
I.3.5 Tension de Contournement :	6
I.3.6 Courant de fuite :	6
I.3.7 Rigidité diélectrique :	6
I.3.8 Résistivité diélectrique :	6
I.3.9 Conductivité électrique :	6
I.4 Types d'isolateurs :	6
I.4.1 Isolateur de type rigide :	6
I.4.2 Chaîne d'isolateurs :	7
I.4.3 Isolateurs à capot et tige :	7
I.4.4 Isolateurs à long fût :	8
I.5 Choix des isolateurs :	10
I.6 Matériaux isolants utilisés pour la fabrication des isolateurs :	10
I.6.1 Céramiques :	10
I.6.2 Verres : Deux types sont utilisés : le verre recuit et le verre trempé.	11
I.7 Défauts des isolateurs :	11
I.7.1 . Défauts électriques :	11
I.7.2 Défauts mécaniques :	11
I.7.3 Défauts dus à la manipulation :	11
I.8 Vieillessement des matériaux isolants :	11
I.8.1 Farinage	12
I.8.2 Faïençage.....	12
I.8.3 Craquelures.....	12
I.8.4 Erosion.....	12
I.8.5 Acheminement :	12

I.9	Pollution des isolateurs :.....	12
I.9.1	Sources de pollution :	13
I.10	Conclusion :	14
Chapitre II Diagnostic et détection d'objets (Méthodes suivies)		15
II.1	Introduction :	16
II.2	Les méthodes de diagnostic :	16
II.2.1	Définition :	16
II.2.2	Prédiction du degré de sévérité de pollution :	16
II.2.3	Enregistrement du signal du courant de fuite :	17
II.2.4	Origines de LabVIEW:	17
II.2.5	Initiation aux instruments virtuels de LabVIEW:	17
II.3	Isolateurs testés :	19
II.4	Procédures de test:	19
II.4.1	Préparation des chaines d'isolateurs:	19
II.4.2	Préparation des solutions polluantes:	20
II.4.3	Méthode d'application de la pollution:	20
II.5	Circuits de mesure :	20
II.5.1	Mesure de la tension de contournement :	20
II.5.2	Mesure du courant de fuite :	21
II.6	Exploitation du signal du courant de fuite pour la prédiction de la sévérité de Pollution :	21
II.6.1	L'analyse spectrale :	21
II.6.2	Application de l'analyse spectrale aux signaux du courant de fuite :	21
II.7	Méthodes de détection des objets :	22
II.7.1	Définition :	22
II.7.2	Tensorflow :	23
II.8	Conclusion :	25
Chapitre III Utilisation des techniques de TensorFlow pour détecter l'état d'isolateur		26
III.1	Introduction :	27
III.2	Abstraite :	27
III.3	Modules et boîtes à outils requis :	27
III.4	Etapas suivies dans la création d'un modelé de détection d'objets :	28
III.4.1	Préparation le milieu d'exploitation et installer des packages :	28
III.4.2	Configuration des variables dans PYTHONPATH :	32
III.4.3	Configuration modèle et entraînement :	32
III.4.4	Examiner la configuration de TensorFlow :	33
III.4.5	Assemblage et étiquetage des images :	35
III.4.6	Générer les données d'entraînement :	38
III.4.7	Générer et numéroter les objets :	39
III.4.8	La carte d'étiquettes et l'entraînement (Création et configuration).....	41

III.4.9	Organisation de l'entraînement	42
III.4.10	L'exportation les graphiques	45
III.4.11	Utilisation le modèle élaboré pour diagnostiquer et tester l'état de surface d'isolateur haute tension.....	46
III.5	Les résultats obtenus sur l'état de surface d'isolateur :	48
III.6	Conclusion :.....	50
Conclusion générale		51
Bibliographies		51

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

Aujourd'hui, les besoins économiques et le bien-être public sont parmi les raisons du développement croissant des installations de transport et de conversion de l'énergie électrique. La fourniture de cette énergie électrique à partir de centrales électriques nécessite l'installation de lignes aériennes et souterraines pour alimenter les consommateurs. Les lignes électriques aériennes qui sont conçues, construites, entretenues et exploitées conformément aux normes de sécurité, aux règlements, aux directives et aux meilleures pratiques ont diverses limites. Cela inclut la contamination de l'isolation. Les isolateurs sont l'un des composants les plus importants des réseaux aériens de transport et de distribution d'énergie électrique, car ils fournissent un support mécanique aux composants haute tension et une isolation électrique des composants mis à la terre ou sous tension. Conçue à l'origine à partir de verre et de céramique, la fabrication des isolateurs a considérablement évolué au fil des années dans le but d'améliorer leurs performances quelles que soient les conditions climatiques et environnementales.

Le comportement des isolateurs sales est un sujet d'intérêt croissant dans de nombreux pays. Cet intérêt se conjugue avec la volonté de sélectionner les meilleurs matériaux pour les isolateurs compte tenu des nombreux dangers liés à la contamination. Les contournements électriques des isolateurs ont un impact significatif sur les réseaux électriques aériens car ils provoquent des coupures de courant de durée variable. Au cours des 50 dernières années, plusieurs études ont été menées pour comprendre les mécanismes qui conduisent au contournement des isolateurs sales et fournir des outils permettant de prédire ce phénomène. Cette contamination réduit la rigidité diélectrique et abaisse la résistance de surface du matériau isolant. En conséquence, dans certains cas, d'énormes pertes d'énergie se produisent, ce qui peut entraîner des arrêts de ligne et la destruction d'équipements. La tension d'amorçage d'un isolant contaminé dépend essentiellement de la conductivité du dépôt contaminé, c'est-à-dire du degré de contamination et de la répartition de cette couche à sa surface. Dans cette étude, nous démontrons la surveillance de l'état de surface des isolateurs haute tension à l'aide de techniques d'intelligence artificielle.

Afin de mener à bien la recherche, nous avons divisé la recherche en trois chapitres.

Le premier chapitre décrit les différents types d'isolateurs de ligne aérienne haute tension. Ce chapitre explique également la définition des phénomènes de contamination et des types de contamination dans les isolateurs haute pression.

Le chapitre 2 décrit les méthodes de diagnostic des conditions diélectriques et les approches de détection d'objets.

Le chapitre 3 est la partie principale de cet article, appliquant des techniques d'intelligence artificielle pour détecter l'état de surface des isolateurs haute tension.

Chapitre I
Isolateur
haute tension et phénomène
de pollution
(Définitions et Notions)

I.1 Introduction :

Les lignes aériennes et les postes des réseaux de transport d'énergie électrique sont exposés à diverses contraintes. Parmi celles-ci, la pollution des isolateurs constitue l'un des facteurs de première importance dans la qualité et la fiabilité du transport d'énergie. En effet par temps de pluie ou de brouillard, les dépôts polluants se fixant sur les surfaces isolantes réduisent considérablement la résistivité superficielle et le contournement peut alors survenir. L'humidification des couches polluantes facilite en fait, la circulation d'un courant de fuite sur les surfaces isolantes provoquant des échauffements locaux et par la suite l'assèchement de la couche de pollution. Ainsi, la répartition du potentiel est modifiée d'une façon significative et des arcs partiels peuvent apparaître. Ces derniers peuvent évoluer jusqu'au contournement total de l'isolateur. Les conséquences du contournement vont de la détérioration de la surface de l'isolateur à la mise hors service de la ligne haute tension. Ainsi, une des caractéristiques principale d'un isolateur haute tension sera donc sa tenue au contournement en fonction de l'environnement dans lequel il est utilisé [4].

Nous présenterons dans ce chapitre une étude sur les isolateurs en précisant leur rôle et leurs différents types, ainsi que la pollution qui représente l'une des contraintes auxquelles sont soumis les isolateurs des réseaux électriques.

I.2 Notions sur les isolateurs de haute tension :

L'isolateur est formé par un isolant auquel sont fixés deux pièces métalliques M1 et M2.

Isolant : Verre, céramique, matériaux synthétiques. **M1** se fixe au pylône ; **M2** porte le conducteur.

Rôle : l'isolateur possède un double rôle

- Rôle mécanique : Porte le conducteur
- Rôle électrique : isole le conducteur par rapport au pylône

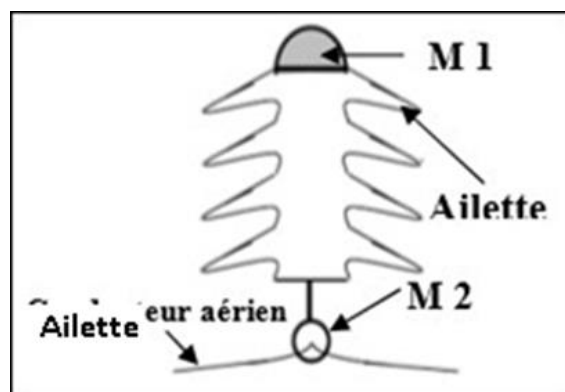


Figure I. 1 forme d'un isolateur.

I.2.1 Définition des isolateurs de haute tension :

L'isolateur est un composant électrotechnique que présente une très grande résistance au passage du courant et dont la conductibilité est pratiquement nulle. Il est utilisé pour isoler les conducteurs ou les pièces sous tension afin d'empêcher les court-circuits, les pertes de courant et les charges d'électrocution.

L'isolateur est constitué principalement d'un matériau isolant solide qui présente une très grande résistance au passage du courant et dont la conductibilité est pratiquement nulle. L'isolateur est utilisé comme son nom l'indique pour l'isolement entre deux corps ou deux pièces sous différentes tensions pour empêcher les courts circuits, les pertes de courant et les charges d'électrocution. L'isolateur est un matériau solide, liquide ou gaz qui a une très grande résistance au passage du courant et dont la conductibilité est pratiquement nulle [5].

Les isolateurs des lignes aériennes ont deux fonctions principales. D'une part, ils permettent d'isoler électriquement les lignes de transport d'énergie électrique aux pylônes qui sont mis à la terre, et d'autre part, ils ont un rôle mécanique qui consiste à soutenir ces mêmes lignes et donc résister aux différentes contraintes mécaniques dû surtout au poids de la ligne, son mouvement en présence de vent... etc. [5].

I.2.2 Principaux types d'isolateurs :

L'utilisation des diélectriques solides est très répandue dans les lignes aériennes et les postes. On les rencontre sous ces différentes formes suivantes :

1. Isolateurs supports.
2. Isolateurs de traversées.
3. Isolateurs de lignes aériennes.

On peut distinguer deux principaux types d'isolateurs : les isolateurs rigides et les éléments de chaînes [6].

I.3 Quelques définitions concernant les isolateurs :

I.3.1 Courant de fuite critique :

C'est le courant minimal nécessaire pour provoquer le contournement sous pollution d'un isolateur à tension donnée. Il est indépendant du procédé d'essai ainsi que la forme de l'isolateur [3].

I.3.2 Tension de tenue (Tension d'essai) :

C'est le niveau de tension le plus important, que peut supporter une isolation sans provoquer de décharge disruptive (contournement dans le cas des isolateur) [10]. La tension d'essai ou de tenue est fixée par les règles nationales ou internationales et permet une coordination correcte de l'isolement.

I.3.3 Contournement :

Décharge disruptive le long d'une surface solide dont la trajectoire contourne ce dernier (cas d'isolateur). Le terme contournement est employé pour des décharges disruptives par amorçage dans l'air entourant l'isolateur.

I.3.4 Contrainte de Contournement :

La contrainte de contournement d'un isolateur est le rapport de tension contournement à la longueur totale de l'isolateur.

I.3.5 Tension de Contournement :

La tension de contournement est le niveau de tension le plus bas à partir duquel tous les arcs Oignent les deux électrodes. La tension de contournement dépend [8] :

- ❖ De la résistivité volumique moyenne de la pollution.
- ❖ De la répartition de la couche de pollution.
- ❖ De la longueur de l'isolateur.

I.3.6 Courant de fuite :

C'est un courant de faible amplitude, circulant à travers la couche polluante le long de la surface de l'isolateur, son intensité devient importante lorsqu'on s'approche de la tension de contournement [7].

I.3.7 Rigidité diélectrique :

C'est la propriété d'un diélectrique de s'opposer à la décharge disruptive. Si on augmente progressivement la tension entre les deux armatures de condensateur jusqu'à une certaine valeur (tension disruptive); il se produit une décharge entre ces deux armatures avec l'apparition d'une étincelle (arc électrique). Numériquement, la rigidité diélectrique est le rapport entre le potentiel appliqué et la distance entre les électrodes au moment où la rupture s'effectue [11].

I.3.8 Résistivité diélectrique :

Sous l'action du champ électrique, toutes les charges se mettent en mouvement. Dans un diélectrique, ce mouvement est un courant électrique, le mouvement des charges libres bien que leur quantité soit très faible constituent un courant de fuite. Ce dernier a deux chemins possibles :il passe à travers le diélectrique lui-même ou bien il s'écoule par la surface du diélectrique. On aura donc un courant de fuite surfacique et un autre volumique. Chacun d'eux développe une résistance surfacique (R_s) et une autre volumique (R_v) [11].

I.3.9 Conductivité électrique :

La conductivité électrique est la capacité d'un matériau à laisse passer et conduire le courant électrique, comme la plupart métaux et les solutions chargées en ions.

I.4 Types d'isolateurs :

I.4.1 Isolateur de type rigide :

Les isolateurs rigides sont utilisés pour l'isolement des lignes aériennes HT (inferieur à 60KV) .Ils permettent d'obtenir une liaison rigide entre les supports et les câbles, ils sont constitués par plusieurs éléments scellés l'un sur l'autre.

Ils sont reliés aux supports à de par une ferrure fixe ; ces isolateurs sont soumis à des efforts de flexion et de compression, lorsqu'ils sont placés en position verticale. Ils peuvent être aussi en position horizontale. Le conducteur est fixé à l'isolateur à l'aide d'un fil d'attache, il existe également des isolateurs à socle constitués d'un ou plusieurs pièces en céramique ou en matériaux synthétiques, assemblés de façon permanente sur un socle métallique.

L'épaisseur de l'isolateur entre la partie haute tension et la masse est telle qu'elle présente un facteur de sécurité contre la perforation supérieur à 10.

L'isolateur est fabriqué de telle sorte qu'n cas de surtension, il se produit plutôt un contournement qu'une perforation. Le contournement n'entraînant pas de dommage permanent de l'isolateur.

Chapitre I Isolateur haute tension et phénomène de pollution (Définitions et Notions)

L'isolateur doit résister mécaniquement aux efforts combinés du poids de la ligne, du vent, de la neige et de la force horizontale de traction du conducteur en bout de ligne. [7].

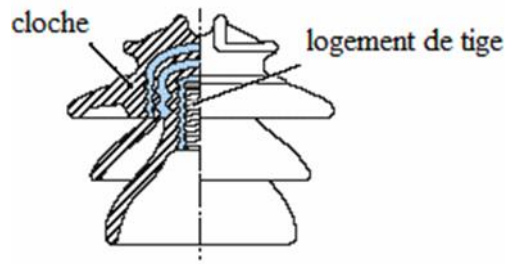


Figure I. 2 Vue en coupe d'un isolateur rigide en verre.

I.4.2 Chaîne d'isolateurs :

C'est un isolateur constitué par un matériau isolant équipé de pièces métalliques de liaison, nécessaires pour le relier de façon flexible à d'autres éléments de chaîne, à la pince de suspension du conducteur ou au support, ces éléments sont soumis principalement à des efforts de traction. Ils sont généralement utilisés en suspension et forment des chaînes d'isolateurs soit verticales (chaînes d'alignement), soit horizontales (chaînes d'ancrages). Il existe deux types principaux d'éléments de chaîne. [4]

- L'isolateur capot et tige.
- L'isolateur long fut.

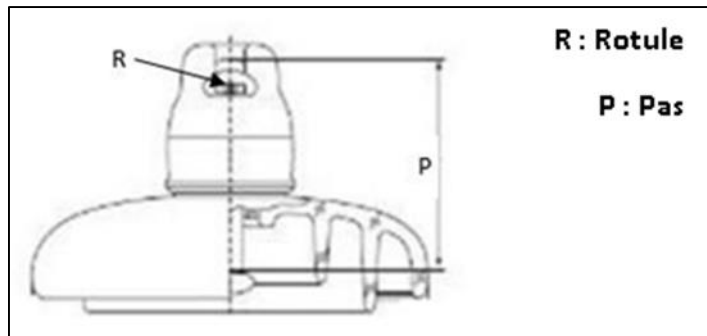


Figure I. 3 Assemblage à rotule.

- A : le capot.
- B : le diélectrique (verre trempé ou céramique).
- D : le ciment de fixation.
- C : la tige.
- L : plus courte distance dans l'air entre le capot et la tige.
- ϵ : longueur du canal de perforation, $\epsilon \ll L/2$.

I.4.3 Isolateurs à capot et tige :

Chaque élément est constitué d'un capot, d'une partie isolante en forme de jupe et d'une tige [5].

La coupe d'un tel isolateur est schématisé sur la (Figure I.4). La forme de la tête est dessinée de sorte que les efforts de traction appliqués à l'isolateur se transforment, autant que possible, en compression des diélectriques sur lesquels apparaissent, toutefois, inévitablement certaines contraintes de cisaillement [2].

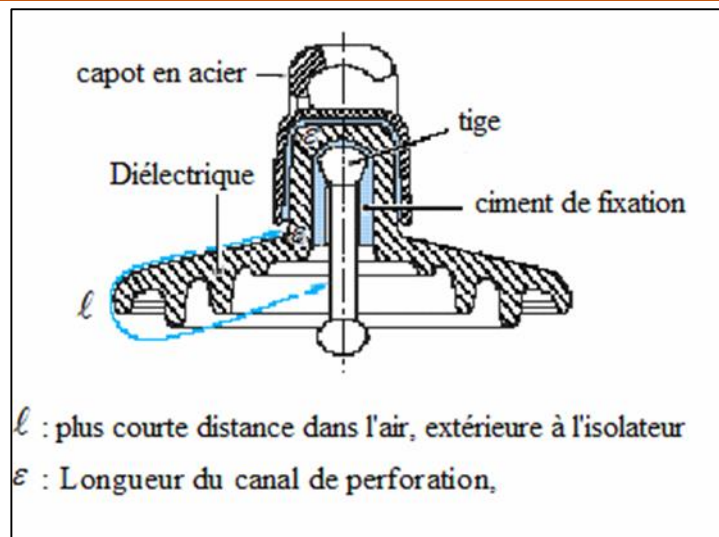


Figure I. 4 Isolateurs à capot et tige

I.4.4 Isolateurs à long fût :

L'isolateur à long fût est constitué d'un bâton cylindrique en céramique, en porcelaine ou en matériaux synthétiques muni d'ailettes, à chaque extrémité duquel est fixée une pièce métallique de liaison. Cette extrémité métallique peut se présenter sous deux formes distinctes, soit elle enveloppe les extrémités tronconiques sur le cylindre (Figure I.5 (a)), soit en forme de tige scellée dans une cavité prévue à cet effet (Figure I.5 (b)) [2].

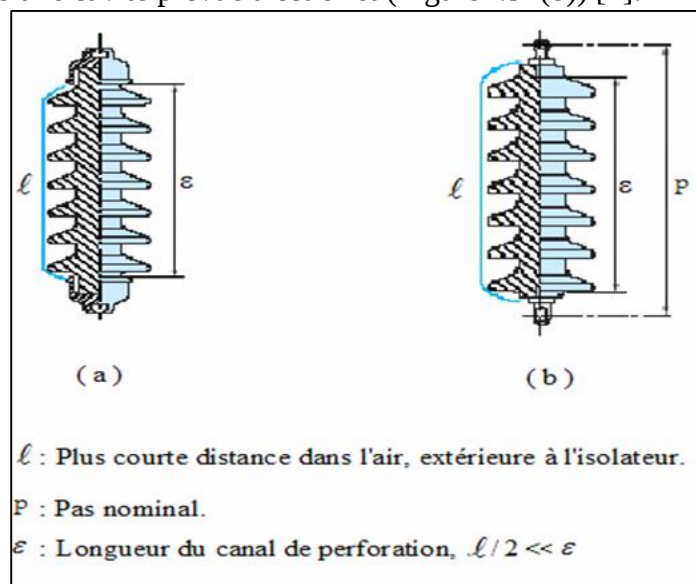


Figure I. 5 Isolateurs à long fût.

I.4.4.1 Les différents profils d'Isolateur capot et tige :

Afin d'améliorer le fonctionnement des isolateurs dans les régions polluées, la CEI (comité international d'électrotechnique) a proposé plusieurs profils.

I.4.4.2 Profil standard :

La forme et les dimensions sont en accord avec la normalisation internationale (CEI 305 1978), à cause de leur planéité, les rainures internes bien espacées et la longueur de la ligne de fuite supérieure à la demande standard [3]. Ce type est très utilisé dans les endroits à pollution moyenne.



Figure I. 6 Isolateur capot et tige avec profil standard.

I.4.4.3 Profil anti brouillard (forme A) :

Il est de conception avec un diamètre plus grand que le type de profil standard muni de deux ou trois rainures à grande profondeur. Cette conception permet également un lavage manuel facile si c'est nécessaire et empêche le claquage entre rainures voisines quand il y a une pollution sévère et tout le profil intérieur simplifie la maintenance [5].



Figure I. 7 Profil antibrouillard (forme A).

I.4.4.4 Profil antibrouillard (forme B) :

Dans cette conception, l'épaisseur de la rainure extérieure agit comme une barrière contre l'action du brouillard et le dépôt des sels minéraux sur la surface de l'isolateur, empêchant alors la formation d'un électrolyte conducteur sur la surface. Ce type d'isolateur est efficace dans les zones côtières.



Figure I. 8 Profil antibrouillard (forme B).

I.5 Choix des isolateurs :

Les isolateurs sont des éléments essentiels pour la sûreté d'exploitation, la qualité et la continuité de service. Les isolateurs les mieux adaptés sont ceux qui retiennent le taux de dépôts polluants le moins élevé, c'est à dire ceux qui possèdent les meilleures propriétés d'auto nettoyage. L'apparition d'une nouvelle usine à proximité d'un poste, la construction d'un ouvrage routier voisin, ou un événement météorologique exceptionnel peuvent changer la sévérité de pollution d'un site, ce qui peut provoquer des incidents qui influent directement sur l'isolation, pour cela il faut prévoir une protection pour les installations existantes contre les nouvelles sources de pollution [8].

Même bien choisie, une isolation n'est jamais à l'abri d'un incident :

- ✓ La sévérité de la pollution d'un site peut changer.
- ✓ L'apparition d'une nouvelle usine à proximité d'un poste.
- ✓ La construction d'un ouvrage routier voisin ou plus simplement, un événement.

I.6 Matériaux isolants utilisés pour la fabrication des isolateurs :

Un isolateur est constitué en général de deux parties : une partie isolante et des pièces métalliques de liaison, scellées sur cette partie isolante.

Isolants :

Jusqu'aux années quatre-vingt, seuls le verre et la céramique ont justifié d'un bon comportement en exploitation, bien que ces deux matériaux soient, par essence, des matériaux fragiles.

I.6.1 Céramiques :

Elles sont actuellement utilisées pour les isolateurs de haute tension et correspondent à des formules voisines, soit de Al_2O_3 , SiO_2 (porcelaine traditionnelle), ou de Al_2O_3 , $5 SiO_2$ (stéatite).

L'isolateur, après usinage de son ébauche cylindrique humide (type à capot et tige) ou sèche (type à long fût), est cuit dans un four à une température et pendant une durée convenable.

Certaines céramiques à grains très fins sont recommandées pour des isolateurs devant supporter des efforts mécaniques élevés.

I.6.2 Verres : Deux types sont utilisés : le verre recuit et le verre trempé.

Le **verre recuit** a surtout été utilisé pour les isolateurs rigides. Malheureusement, on s'est aperçu que les isolateurs un peu épais ne résistaient pas aux variations brusques de température. De plus, le verre recuit ne supporte que des tensions mécaniques relativement faibles, ce qui interdit son emploi pour les isolateurs de suspension.

Le **verre trempé** est obtenu par réchauffage de l'isolant retiré du moule à une température d'environ 700°C, puis refroidi par des jets d'air sous pression : les couches extérieures de la pièce isolante acquièrent rapidement une rigidité qui ne leur permet plus aucune déformation.

I.7 Défauts des isolateurs :

Les isolateurs composites des générations précédentes ont présenté comme principaux problèmes l'érosion, l'acheminement, la décharge de couronne...etc.

Ces problèmes ont été éliminés par le bon choix des matériaux et le développement de nouvelles techniques de fabrication. L'inconvénient des isolateurs composites est la difficulté d'identifier l'isolateur défectueux de l'isolateur sain, d'où la nécessité de développer une méthode de diagnostic pour différencier entre un isolateur défectueux et un isolateur sain [5].

On peut distinguer deux types de défauts : défauts électriques et défauts mécaniques. Ces deux types de défauts sont mutuellement dépendants.

I.7.1 . Défauts électriques :

Le vieillissement des isolateurs est causé par les conditions climatiques auxquelles l'isolateur est exposé ainsi que son profil. Un profil qui permet l'accumulation des agents polluants favorise l'apparition des décharges locales menant à l'érosion et par la suite au cheminement.

I.7.2 Défauts mécaniques :

Les défauts mécaniques d'un isolateur peuvent mener à des conséquences fatales. Dans le cas des isolateurs en SIR, la plupart des défauts sont d'ordre mécanique [7].

I.7.3 Défauts dus à la manipulation :

Les isolateurs en porcelaine peuvent être endommagés facilement mais le taux de tels endommagements est toujours faible. Les isolateurs composites ne sont pas fragiles mais marquent un taux relativement élevé d'endommagements.

En effet, un nombre d'endommagements plus ou moins important a été constaté dû des manœuvres durant le transport et l'installation. Pour prendre en charge ces problèmes, le groupe CIGRE (Conférence International des Grands Réseaux Electriques) prépara un guide de manipulation qui contient des recommandations relatives aux méthodes de manipulation de ce type d'isolateurs, en commençant de l'endroit de fabrication jusqu'à sa mise sous tension [8].

I.8 Vieillessement des matériaux isolants :

En génie électrique, le vieillissement électrique est défini comme tout changement des propriétés du matériau qui affecte ses fonctions d'isolation. Il peut donc s'agir d'une modification de nature chimique ou physique induisant une modification des propriétés électriques dans un sens défavorable pour la pérennité des fonctions isolantes [5].

L'effet de couronne est considéré comme agent principal de vieillissement des Isolateurs. Cet effet se caractérise par la réduction de l'hydrophobie, la décoloration de la surface del'isolateur ainsi que l'érosion sous l'effet des gaz de décharge.

Chapitre I Isolateur haute tension et phénomène de pollution (Définitions et Notions)

Les gouttelettes d'eau sur la surface de l'isolateur affectent la distribution du champ sur cette surface (la permittivité relative de l'eau est élevée ce qui augmente l'intensité du champ aux voisinages des gouttelettes), les gouttelettes se déforment dans la direction du champ.

Un excellent isolateur est caractérisé par son hydrophobicité, cette hydrophobie peut être perdue suite à l'accumulation des agents polluants sur la surface de l'isolant, ou même après avoir subi des chocs électriques (arcs locaux) ; certains isolateurs peuvent réacquérir leurs états hydrophobes après immigration des molécules de faible du centre de l'objet jusqu'à la surface [5].

I.8.1 Farinage

Apparition à la surface du matériau synthétique des particules de charge formant une surface rugueuse ou poudreuse [5].

I.8.2 Faiénçage

Micro fractures superficielles peu profondes de (0,01 à 0,1mm) [5].

I.8.3 Craquelures

Fractures superficielles de profondeur supérieure à 0,1 mm.

I.8.4 Erosion

Dégradation irréversible et non conductrice, qui peut se produire, à la surface de l'isolateur, par perte de matière. Elle peut être uniforme, localisée, ou arborescente. Après des amorçages partiels, il peut se produire sur les isolateurs composites des traces superficielles, en générale arborescentes, comme sur les pièces en porcelaine, tant qu'elles ne sont pas conductrices, ces traces ne sont pas préjudiciables. Quand elles sont conductrices, elles se classent dans le phénomène d'acheminement.

I.8.5 Acheminement :

Dégradation irréversible, par formation de chemins qui apparaissent et se développent à la surface d'un matériau isolant. Les chemins sont conducteurs même à sec. L'acheminement peut se produire sur des surfaces au contact de l'air et aussi aux interfaces entre matériaux isolants différents .il est en général matérialisé par l'apparition d'une trace de matériau carbonisé [5].

I.9 Pollution des isolateurs :

La pollution est un phénomène qui agit négativement sur le comportement des isolateurs de haute tension. C'est un paramètre important à prendre en considération lors du choix et du dimensionnement des chaînes d'isolateurs.

La pollution provoque la formation d'une couche sur la surface des isolateurs. Ces couches de pollution, quand elles sont humidifiées, réduisent considérablement la résistivité des isolateurs ce qui conduit à la diminution de leur tension de tenue.

Notons que cette couche de pollution n'est pas homogène et sa distribution n'est pas uniforme. La non-homogénéité est due à la présence de différents agents polluants dans une même région, et la non-uniformité de la répartition sur les surfaces des isolateurs est due aux profils des isolateurs, le sens et la direction des vents dans cette région, la pluie, la position de la chaîne d'isolateurs par rapport au sol (verticale, horizontale, inclinée), la position de l'isolateur dans la chaîne, le degré de pollution du site où se trouve les isolateurs ainsi que la surface inférieure ou supérieure de l'isolateur [9].

I.9.1 Sources de pollution :

Nous distinguons trois sortes de pollutions : la pollution naturelle, industrielle et mixte.

I.9.1.1 Pollution naturelle :

La pollution naturelle provient de sels marins dans des régions côtières, de poussières du sol (notamment lors de chantiers importants), de sables véhiculés par le vent en régions désertiques [10].

I.9.1.2 Pollution marine :

Les lignes de haute tension qui passent près de la mer dans les zones côtières sont exposées au vent qui vient de la mer et qui porte des embruns causant la formation d'une couche polluante de sel sur les surfaces des isolateurs. Cette couche peut devenir conductrice lorsqu'elle est humidifiée ou mouillée ce qui conduit à la circulation d'un courant de fuite et par suite, la génération d'arcs électriques ou même la génération d'un contournement [10, 11].

I.9.1.3 Pollution désertique :

Parmi les phénomènes qui caractérisent la nature désertique, les vents de sable. Malheureusement, après ces vents, des dépôts de sable se déposent sur les surfaces des isolateurs. Lorsque ces dépôts seront humidifiés, les couches de sable deviennent plus ou moins conductrices à cause de l'existence de sels dans le sable [9].

I.9.1.4 Pollution industrielle:

Cette pollution est observée au voisinage des usines métallurgiques, Chimiques ou même au bord des centrales thermiques où les isolateurs se recouvrent de poussière faiblement conductrice, mais très hygroscopique. Le dépôt de pollution peut se constituer par la fixation de particules solides telles que les dépôts ferromagnétiques issus des usines métallurgiques et de l'absorption de gaz présent dans les fumées. Dans des conditions de forte humidité, la dissolution des sels contenus dans la poussière Provoque la formation d'une couche conductrice [11].

I.9.1.5 Pollution mixte :

C'est une combinaison entre la pollution naturelle et industrielle. Elle présente le cas le plus nocif, par exemple une usine industrielle au bord de la mer [11].

I.9.1.6 Conséquence de la pollution :

L'arc électrique s'éteint rapidement, puis se réamorçage à un autre endroit et ainsi de suite. Ces arcs peuvent être dus soit à la formation d'une zone sèche à la suite du passage d'un courant de fuite, comme ils peuvent être dus à l'état de surface de l'isolateur, (l'existence des pics sur la couche de pollution) [11].

I.10 Conclusion :

L'amélioration des connaissances sur la performance des isolateurs est nécessaire si l'on veut augmenter la fiabilité du transport et de la distribution de l'énergie électrique. Une ligne aérienne est constituée d'un agencement judicieux de pylônes, de fils conducteurs qui servent à transporter l'énergie électrique et d'isolateurs. Outre leur fonction première qui est de s'opposer au passage du courant, les isolateurs ont également le rôle de maintenir mécaniquement les conducteurs dans des conditions prédéterminées. De nos jours, les isolateurs et les chaînes d'isolateurs sont en verre, en porcelaine et en matériaux composites. Les deux premiers types sont considérés comme des isolants classiques.

L'utilisation d'isolateurs polymères sur des lignes de distribution et de transmission est bénéfique en raison de leurs nombreux avantages relatifs aux performances dans les environnements contaminés, aux coûts de fabrication et de manutention réduits, au poids léger, à la manipulation facile, à l'entretien réduit, à la résistance au vandalisme, à l'encombrement réduit, etc. En raison de ces propriétés, de tels isolateurs gagnent en popularité dans le monde entier et remplacent de plus en plus les isolateurs classiques en céramique et en verre. Les isolateurs en polymère sont utilisés sur des lignes de transmission par les compagnies de transport d'énergie pour diminuer essentiellement le nombre de pannes causées par la pollution.

Chapitre II

Diagnostic et détection d'objets (Méthodes suivies)

II.1 Introduction :

Les isolateurs de type extérieurs sont soumis à diverses contraintes d'exploitations et d'environnement. La contamination de la surface des isolateurs constitue l'un des facteurs majeurs qui augmente la probabilité du contournement. Au cours des deux dernières décennies, une variété de techniques se basant sur le traitement du signal du courant de fuite a été proposée afin de suivre le comportement de l'isolateur pollué en temps réel. Parmi ces techniques, nous citons la transformée de Fourier, la transformée en ondelette, le technique récurrent plot et d'autres. Des méthodes d'apprentissage supervisé ont été également exploitées par plusieurs chercheurs dans le but de prédire le degré de sévérité de la pollution déposée sur la surface des isolateurs [13].

Détection un objet dans une image est une opération qui consiste à distinguer la région objet de celle du fond suivant un critère défini. Suivre un objet dans une séquence d'images est une opération qui consiste à localiser la région objet. Plusieurs techniques peuvent être utilisées afin d'assurer ces opérations [3].

Dans ce chapitre, nous présentons une synthèse des plus récents travaux portant sur la pollution ainsi que le diagnostic des isolateurs pollués. Aussi, nous présentons les techniques les plus importantes utilisées pour détection d'un objet.

La détection d'objets et de formes se fait classiquement par la mise en correspondance de points d'intérêt. Cependant, depuis 2012 d'autres méthodes plus directes mais difficilement interprétables (apprentissage profond), ont révolutionné le domaine en présentant des résultats bien supérieurs. Cependant, nous avons pu montrer [14] que les points d'intérêt d'une image peuvent se calculer en appliquant des filtres orientés à chaque pixel de l'image et que ces filtres peuvent fournir aussi des descripteurs. Les mises en correspondance obtenues surpassent très nettement les méthodes classiques. Il serait alors possible d'appliquer ces nouveaux filtres en évitant un apprentissage profond.

II.2 Les méthodes de diagnostic :

II.2.1 Définition :

An sens, strict, ces méthodes supposent qu'aucun modèle n'est disponible pour décrire les relations de cause à effets. La seule connaissance repose sur l'expertise humaine confortée par un solide retour d'expérience. Dans cette catégorie, on retrouve toutes les méthodes basées sur l'intelligence artificielle, la reconnaissance des formes, les systèmes experts et les réseaux de neurones artificiels [3].

II.2.2 Prédiction du degré de sévérité de pollution :

Dans le but de déterminer l'influence de la sévérité de la couche de pollution sur le Comportement diélectrique des chaines d'isolatrices hautes tensions, nous avons utilisé une base de données récupérée au niveau du laboratoire de haute tension [13].

Ces essais ont été effectués sur une chaine d'isolateur réel U120B.

Dans ce chapitre on décrit en premier lieu les techniques expérimentales utilisées pour récupérer les signaux du courant de fuite. Pour cela plusieurs essais préliminaires ont été réalisés dans le but de s'assurer le bon fonctionnement du matériel en tenant compte de toutes les contraintes qu'elles soient physiques ou techniques [13].

En deuxième lieu, nous présentons et discutons les résultats concernant la prédiction du degré de sévérité de pollution déposée sur la surface isolante de la chaine en se basant sur l'analyse du signal du courant de fuite correspondant à chaque cas de pollution [13].

II.2.3 Enregistrement du signal du courant de fuite :

Nous montrons dans cette partie l'équipement et la chaîne d'isolateur utilisée ainsi que les différentes techniques expérimentales permettant l'enregistrement du signal du courant de fuite.

Le laboratoire de haute tension utilisé est muni d'une station d'essai à fréquence industrielle (50 Hz) de marque HEAFELY composée par les équipements suivants :

- ✓ Un transformateur d'essai : 500V/300kV, 50kVA, 50Hz.
- ✓ Un transformateur de réglage : 0/220V à 500V, 50kVA, 50Hz.
- ✓ Un diviseur de tension capacitif qui est relié au secondaire du transformateur d'essai pour réduire la tension aux bornes du voltmètre, situé près du pupitre de commande. Il est composé d'une capacité $C1=400\ \mu\text{F}$ et d'une capacité variable qui permet de régler la tension de sortie.
- ✓ Des appareils de mesures et de protection.
- ✓ Un oscilloscope numérique « TEKTRONIX » de bande passante 500 MHz.
- ✓ Une caméra numérique SONY DCR-SR45 pour suivre l'évolution des décharges électriques en fonction de la tension appliquée et de la distribution de la pollution sur l'isolateur étudié.
- ✓ Un ordinateur pour l'acquisition des données des signaux du courant de fuite équipé du programme labVIEW [11].

II.2.4 Origines de LabVIEW:

Il a été créé en 1986, initialement pour Apple Macintosh, qui était à l'époque l'un des seuls ordinateurs proposant une interface graphique native. L'histoire de LabVIEW explique un vocabulaire spécifique, et explique encore certaines actions.

A l'origine, LabVIEW s'exécute sur des écrans noir et blancs, puis sur des écrans 16 couleurs, 256, etc. LabVIEW est un environnement de développement propriétaire (par opposition à un environnement ouvert, permettant à plusieurs personnes de développer des compilateurs compatibles, comme pour C/C++, Ada, Java, Fortran, etc.) développé et vendu par la société National Instruments (NI) [11].

Le premier métier de NI est de fabriquer du matériel d'acquisition (notamment sur le protocole GPIB au début des années 80) rapidement destiné au marché des microordinateurs (IBM PC, Apple Macintosh). Ainsi, la première version de LabVIEW s'attache à offrir un environnement de développement dont le rôle est de permettre simplement à l'utilisateur de créer des instruments virtuels (Virtual instrument, ou vi) utilisant le matériel d'acquisition NI pour reproduire sur un micro-ordinateur le comportement d'un instrument personnalisé et personnalisable à volonté [13].

II.2.5 Initiation aux instruments virtuels de LabVIEW:

Le principal intérêt de LabVIEW est de permettre facilement de développer ces interfaces à l'aide ensemble de codes utilisant un langage de programmation graphique qui permet de contrôler les objets de la face avant. Dans un certain sens, le diagramme se trouvant sur la face arrière ressemble à un flow charte [13].

Dans LabVIEW, on construit une interface utilisateur, ou face-avant, avec des commandes et des indicateurs. Les commandes sont des boutons rotatifs, des boutons-poussoirs, des cadrans et autres mécanismes d'entrée. Les indicateurs sont des graphes, des LED et d'autres afficheurs de sortie. Après avoir construit l'interface utilisateur, vous ajoutez du code en utilisant des Vis et des structures pour contrôler les objets de la face-avant. Le diagramme contient ce code [13].

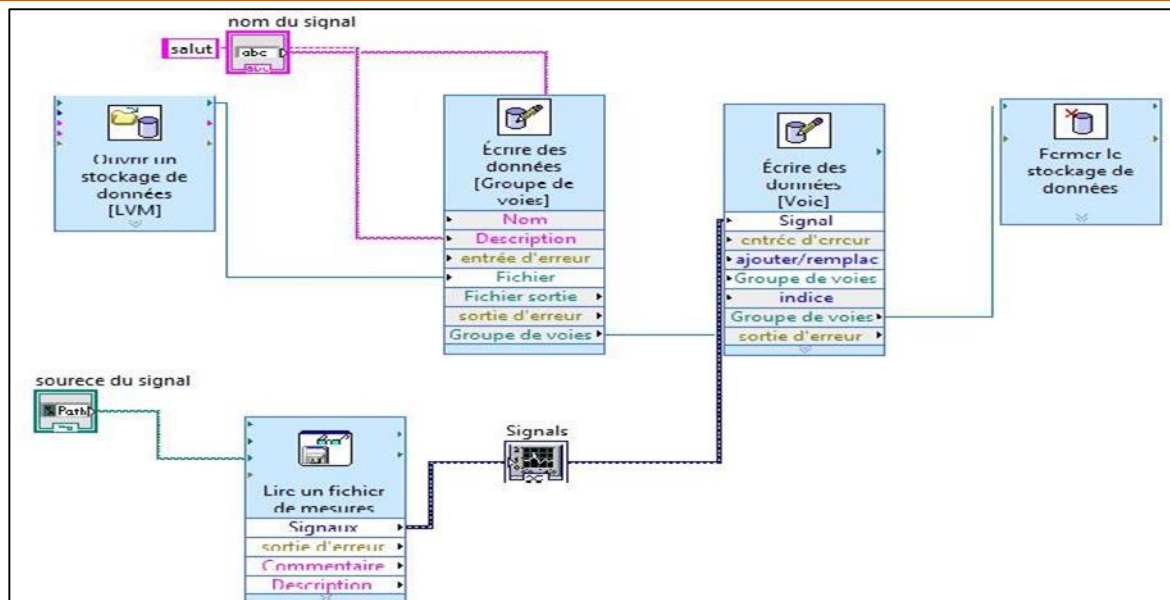


Figure II. 1 le schéma de montage virtuel pour visualiser un signal sur labVIEW

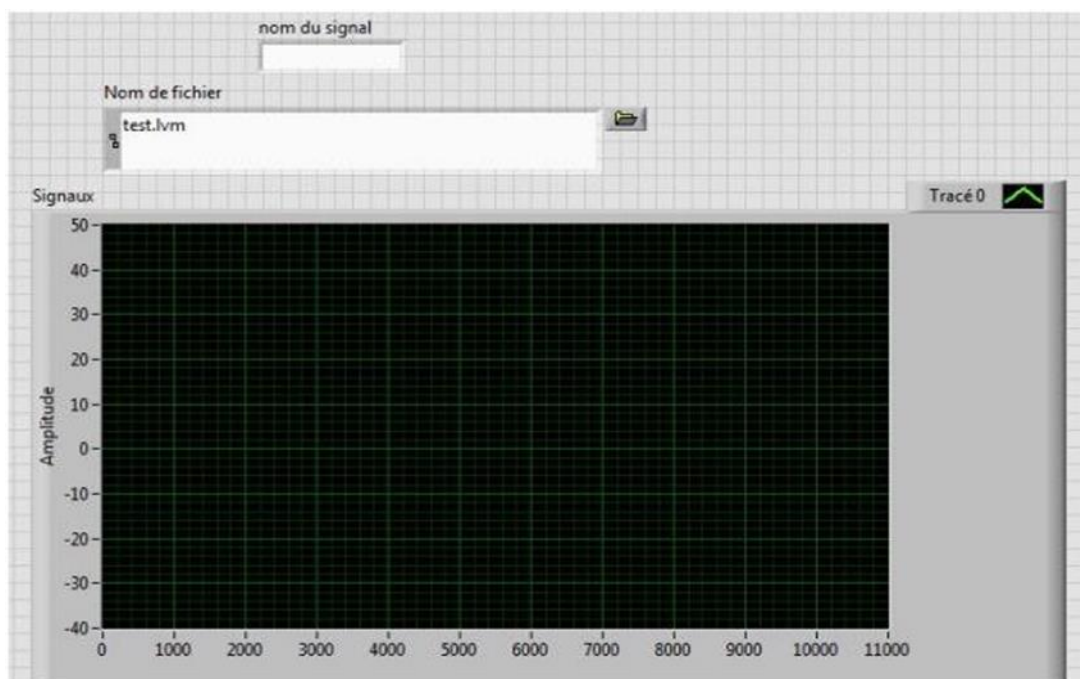


Figure II. 2 Afficheur de l'oscilloscope virtuel sur Labview.

Le circuit d'essai ainsi que le dispositif expérimental sont donnés dans la figure suivante.

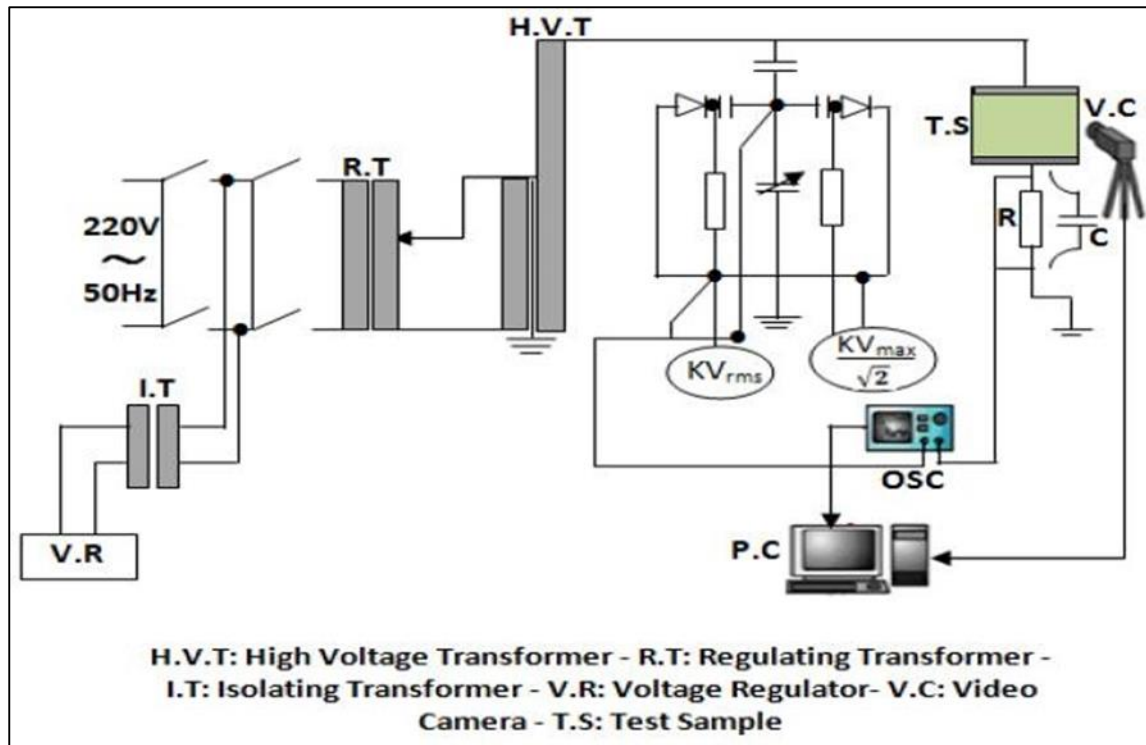


Figure II. 3 Dispositif d'essais et de mesure.

II.3 Isolateurs testés :

L'U 120 B caractérisé par une résistance mécanique de 120 kN, un diamètre de 25.5 cm et une ligne de fuite de 30 cm par élément. Les tensions de tenue à fréquence industrielle à sec et sous pluie sont respectivement 60 et 45 kV. Le choix de cet isolateur est justifié par la forme qu'il présente. Cette dernière nous permet aisément d'appliquer la pollution d'une façon uniforme ou bien non-uniforme. La chaîne d'isolateurs réels U120B sur laquelle les expériences ont été effectuées est montrée sur la Figure (II.4) [13].



Figure II. 4 Chaîne d'isolateurs U120B étudiée.

II.4 Procédures de test:

II.4.1 Préparation des chaines d'isolateurs:

Le nettoyage des chaînes d'isolateurs a été effectué après chaque essai. En premier lieu, l'eau de robinet est utilisée pour éliminer le maximum d'impuretés, puis l'isolateur est séché avec des serviettes en papier. Un deuxième nettoyage est effectué à l'aide d'un bout de coton

imbibé d'alcool chirurgical à 70° afin d'assurer une propreté quasi-totale de l'isolateur. Ce dernier est laissé sécher naturellement dans le laboratoire[3].

II.4.2 Préparation des solutions polluantes:

Les solutions polluantes ont été préparées au laboratoire du Génie de l'Environnement. Celles-ci sont composées de différentes quantités de kieselghur et NaCl diluées dans un litre d'eau distillée. La préparation des solutions polluantes ainsi que le choix de leurs conductivités volumiques sont faites en se basant sur les recommandations de la CEI 60060-1.

Selon le profil de l'isolateur étudié, nous choisissons les solutions polluantes ainsi que leurs conductivités volumiques [13].

Les solutions polluantes sont composées de 100 g de kieselghur dilué dans un litre d'eau distillée pour lesquelles on rajoute des quantités pesées de NaCl. Les quantités de NaCl rajoutées sont 5, 10, 20, 30 et 40 g. Celles-ci ont été pesées à l'aide d'une balance dont la précision est de 10-4 g [13].

II.4.3 Méthode d'application de la pollution:

La couche de pollution est déposée sur la surface de l'isolateur réel par le procédé de pollution liquide pré-déposée. Pour cela, un pinceau de largeur égale à 8 cm est utilisé afin que la couche de pollution soit déposée d'une façon cohérente possible sur la surface de l'isolateur [11].

La figure suivante montre les deux surfaces interne et externe d'un élément de la chaîne d'isolateur [11].



Figure II. 5 Surfaces interne et externe d'un élément de la chaîne d'isolateur.

II.5 Circuits de mesure :

II.5.1 Mesure de la tension de contournement :

La mesure de la tension de contournement a été effectuée pour chaque configuration de pollution à l'aide du voltmètre électrostatique, donnant la valeur de la tension en kilovolts efficace. Cette mesure permet non seulement de déterminer l'impact de la configuration de la pollution sur la tension de contournement, mais aussi de déterminer les paliers des tensions à appliquer, pour l'enregistrement du courant de fuite [13].

II.5.2 Mesure du courant de fuite :

Pour toutes les configurations de pollution étudiées, les mesures du courant de fuite ont été réalisées via un oscilloscope numérique. Pour évaluer le courant de fuite, on récupère le signal de la tension aux bornes d'une résistance insérée en série entre l'objet d'essai et le retour de la terre. Le signal ainsi récupéré représente l'image du courant de fuite. Tous les signaux ont été enregistrés avec une fréquence d'échantillonnage de 100 kHz et les données sont stockées dans un ordinateur pour une exploitation ultérieure. Chaque test est répété entre six et dix fois pour vérifier la reproductibilité des conditions initiales [13].

II.6 Exploitation du signal du courant de fuite pour la prédiction de la sévérité de Pollution :

Dans ce chapitre, nous nous intéressons à l'étude des harmoniques du signal du courant de fuite. Pour cela, nous calculons l'énergie des harmoniques les plus significatifs (1^{er}, 3^{ème}, 5^{ème}, 7^{ème} et 9^{ème}) à l'aide de l'analyse spectrale [13].

Le calcul de l'énergie des harmoniques du courant de fuite est effectué pour cinq conductivités différentes à savoir 1.2 - 3.5 - 6 - 10 et 20 mS/cm. Nous rappelons également que la pollution est déposée d'une manière non-uniforme sur l'isolateur [13].

L'objectif de cette étude est de comprendre d'une part, la cause des distorsions observées sur les signaux du courant de fuite et d'autre part, d'évaluer la quantité d'énergie du courant de fuite qui est responsable de l'évaporation de l'eau en présence des décharges électriques à la surface de l'isolateur. Notre but est de diagnostiquer la sévérité de pollution en fonction des harmoniques du courant de fuite ayant une énergie significative [13].

II.6.1 L'analyse spectrale :

Pour analyser l'onde du courant de fuite, notre choix s'est porté sur le spectre d'amplitude qui est calculé à partir de la FFT du signal du courant de fuite, ce choix offre une bonne résolution fréquentielle donc une distinction facile des différents harmoniques. La figure ci-dessous illustre la décomposition d'un signal en spectre d'amplitudes [13].

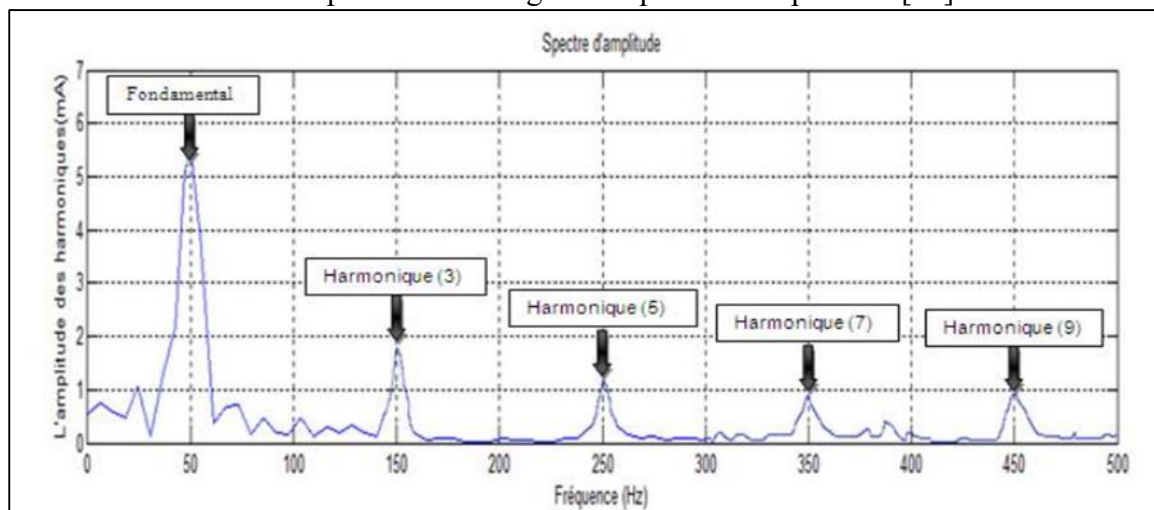


Figure II. 6 Représentation du spectre d'amplitude.

II.6.2 Application de l'analyse spectrale aux signaux du courant de fuite :

Les figures suivantes représentent les signaux du courant de fuite ainsi que les spectres d'amplitudes correspondant dans l'évolution du processus de contournement d'un isolateur haute tension sous pollution non-uniforme pour les différentes conductivités étudiées et pour trois degrés de pollution distincts [11].

La figure II.7 montre le signal du courant de fuite pour une faible pollution, nous remarquons que le signal est pratiquement sinusoïdal, ne comportant aucune distorsion indiquant l'activité des décharges électriques sur la surface de l'isolateur [12].

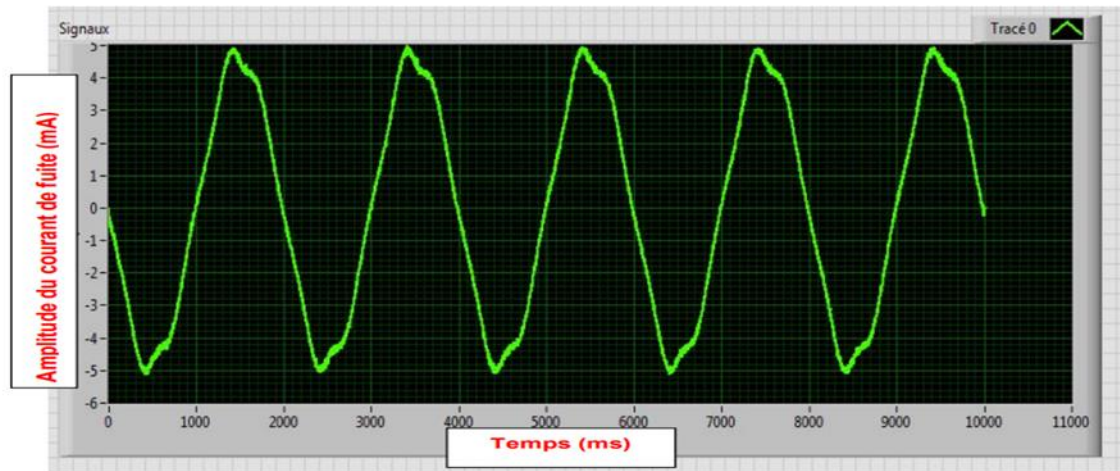


Figure II. 7 Représentation du signal du courant de fuite correspondant à une faible pollution.

Pour le signal représentant la moyenne pollution (figure II.8) nous notons l'occurrence des distorsions sur l'onde du courant de fuite. Ces distorsions sont beaucoup plus localisées sur les sommets des deux alternances. Ces distorsions sont dues probablement à l'activité moderne des décharges partielles sur la surface du modèle plan [12].

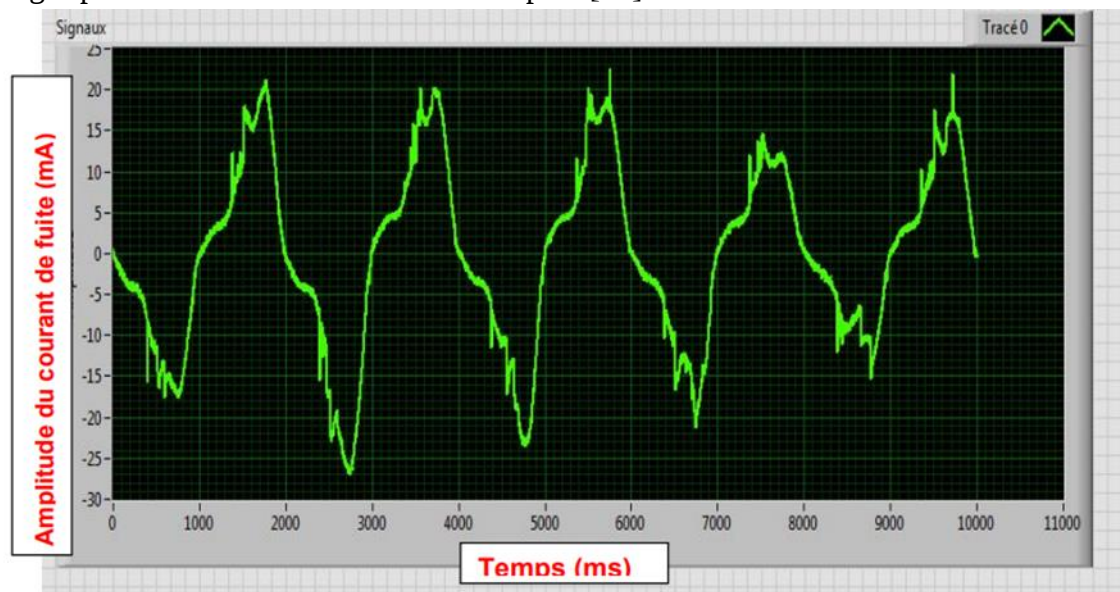


Figure II. 8 Représentation du signal du courant de fuite correspondant à une moyenne pollution

II.7 Méthodes de détection des objets :

II.7.1 Définition :

La détection d'objets est un domaine très actif de la recherche qui cherche à classer et localiser des régions/zones d'une image ou d'un flux vidéo. Ce domaine est à la croisée de deux autres : la classification d'image et la localisation d'objets. En effet, le principe de la détection d'objets est le suivant : pour une image donnée, on recherche les régions de celle-ci qui pourraient contenir

un objet puis pour chacune de ces régions découvertes, on l'extrait et on la classe à l'aide d'un modèle de classification d'image -par exemple-. Les régions de l'image d'origine ayant de bons résultats de classification sont conservés et les autres jetés. Ainsi, pour avoir une bonne méthode de détection d'objets, il est nécessaire d'avoir un algorithme solide de détection de régions et un bon algorithme de classification d'images. Localiser un objet dans une image est complexe et mesurer la performance de la localisation requiert une métrique adaptée. De plus, au contraire de la classification, il peut y avoir plusieurs objets dans la même image et le détecteur doit pouvoir le préciser (Figure II.11) [14].



Figure II. 9 Exemple de détection d'objets.

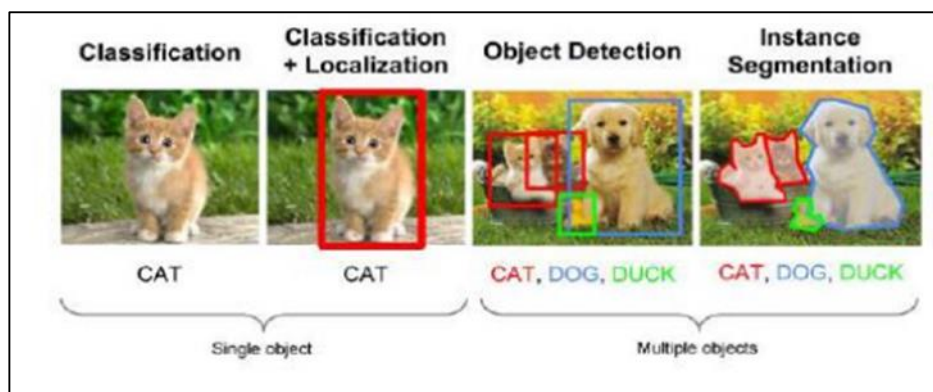


Figure II. 10 Illustration de la différence entre la classification et la détection d'objets.

II.7.2 Tensorflow :

II.7.2.1 Définition:

TensorFlow est un outil qui permet d'implémenter et de tester rapidement des algorithmes d'apprentissage artificiel profonds. Une de ses caractéristiques est d'être adapté à des architectures matérielles dédiées au calcul (GPU) et de permettre une distribution de ce calcul sur des grappes de machines très simplement. Il permet d'utiliser de nombreux algorithmes prêts à l'usage . Elle a été utilisée pour la recherche et le déploiement de l'apprentissage automatique dans une grande variété de domaines, contenant la reconnaissance vocale, la vision par ordinateur, la robotique, la récupération d'informations, le traitement du langage naturel, etc... [14].

II.7.2.2 Fonctionnement:

Le fonctionnement interne de Tensorflow est la clé de son succès. Un calcul TensorFlow est décrit par un graphe, qui se compose d'un ensemble de nœuds. Le graphe représente un flux de données et ses transformations, avec des extensions permettant à certains types de nœuds de maintenir et de mettre à jour des états persistants. Les différents clients (Python, C++, autres) permettent de générer ce type de graphe de calcul. Un exemple de code construisant un graphe

de calcul puis l'exécutant est visible dans la Figure II.12. [14].

II.7.2.3 Les composants:

Les composants de TensorFlow sont :

- ✓ Le graphe de calcul, qui contient l'information de toutes les opérations qu'il est possible d'effectuer
- ✓ Chaque nœud correspond à une opération possédant zéro ou plusieurs entrées et de même pour la sortie.
- ✓ Une arête définit le sens suivant lequel circulent les tenseurs dans le graphe
- ✓ Un tenseur est un tableau de dimensionnalité non définie mais de type connu ou inféré depuis le graphe.
- ✓ Une opération représente un calcul abstrait (par exemple, multiplication matricielle, ou addition). Elle possède un nom et des attributs éventuellement pour son exécution (exemple type des tenseurs)
- ✓ Un noyau est une implémentation particulière d'une opération exécutée sur un type particulier de périphérique (par exemple CPU ou GPU).
- ✓ Un binaire TensorFlow définit les opérations du graphe et leurs noyaux associés et disponibles [14].

Les programmes peuvent interagir avec le système TensorFlow en créant une Session durant laquelle un est appelé définissant les noms de variables à calculer ainsi qu'un ensemble de tenseurs optionnels pour alimenter les entrées éventuelles du graphe. En utilisant ces arguments, l'implémentation de TensorFlow peut calculer tous les nœuds qui doivent être exécutés afin de calculer les sorties demandées, et peut alors organiser leur exécution [14].

La connaissance exacte et complète du graphe de calcul a de multiples impacts. Le premier est la facilitation de la parallélisations ou distribution de toutes ces opérations sur plusieurs supports du type CPU ou GPU ou entre machines. En effet, en déterminant la répartition entité/opération, il est facile de préparer les communications entre machines et les noyaux à utiliser suivant les supports. La deuxième conséquence est la possibilité de faire du calcul symbolique et donc de faire de la différenciation automatique. Si le gradient de chaque opération élémentaire est défini, il est possible de remonter automatiquement au gradient de chaque variable du graphe grâce à la règle de la chaîne. Et comme évoqué précédemment, cette différenciation automatique est un facteur primordial pour faire du l'apprentissage en profondeur et créer de nouvelles structures [14].

II.8 Conclusion :

Cette étude nous a permis de conclure que l'énergie des harmoniques du courant de fuite est corrélée avec la sévérité de la pollution. Pour la pollution non-uniforme l'occurrence et la propagation des décharges électriques sur la surface de l'isolateur est détectée par l'augmentation des énergies des harmoniques en fonction de leur rang. La distorsion du signal du courant est détectée en grande partie par l'évolution des différents harmoniques. Nous avons aussi pu constater que l'occurrence des décharges électriques accentue la distorsion du signal du courant, à cause des chutes de tension observées au niveau de la crête.

Les techniques actuelles les plus performantes pour évaluer le degré de sévérité de la pollution des isolateurs sont fondées pratiquement sur l'application des méthodes de traitement de signal sur l'onde du courant de fuite ou les images ou le champ. La synthèse bibliographique des différents travaux antérieurs effectuée dans le présent chapitre nous permet de nous inspirer sur l'application de ces méthodes dans le domaine de la haute tension et spécialement dans celui de la pollution des isolateurs.

L'application de ces méthodes qui constituent un outil très efficace pour la prédiction du comportement de l'isolateur en service sous les contraintes de pollution. Rappelons aussi que ces méthodes peuvent être combinées avec des méthodes d'apprentissage supervisé afin de prédire également le degré de sévérité de pollution.

Peuvent être utilisés les méthodes des détections des objectes pour diagnostiquer l'état de surface d'isolateurs. Où il est un outil très efficace pour la prédiction de l'état de surface d'isolateur.

Chapitre III

Utilisation des techniques de TensorFlow pour détecter de l'état d'isolateur

III.1 Introduction :

La détection d'objets est un terme général désignant les technologies de vision par ordinateur utilisées pour localiser et identifier des objets. Les techniques de détection d'objets peuvent être appliquées aux images fixes et vidéo.

La technologie de vision par ordinateur peut fournir des informations précises sur l'état des isolateurs individuels ou des chaînes entières, aidant les travailleurs à suivre l'état des isolateurs et à visualiser leurs surfaces lors de la mise en service. Le but de l'utilisation de la méthode de détection d'objets haute tension est de déterminer l'effet de la sévérité de la couche de contamination sur le comportement diélectrique des chaînes d'isolateurs haute tension.

Au cours du développement technologique, l'introduction de méthodes méta-heuristiques est devenue incontournable dans tous les domaines de la vie et une partie de la transmission de l'énergie électrique. L'objectif de ce chapitre est de développer un modèle capable de détecter l'état de surface des isolateurs haute tension à l'aide de techniques d'intelligence artificielle. Cette recherche utilise les méthodes TensorFlow dans l'interface de programmation Python.

III.2 Abstraite :

La reconnaissance d'objets est largement utilisée dans le monde entier et des utilisateurs tels que des éducateurs, des hommes d'affaires et des passionnés de robotique utilisent des classificateurs basés sur des réseaux neuronaux en combinaison avec d'autres techniques de reconnaissance d'objets. Le but de cette étude est d'explorer des solutions modernes basées sur des sources ouvertes pour détecter des objets dans les réseaux électriques, dans ce cas des isolateurs à haute tension. L'API de détection d'objets TensorFlow est une infrastructure open source pour les tâches liées à la détection d'objets. Il a été utilisé pour former et tester un détecteur multi-boîtes (SSD) à un seul coup avec le modèle Mobilenet. Le modèle a été testé sur un jeu de données pré-entraîné et affiné composé d'images extraites de séquences vidéo d'isolateurs haute tension.

Hypothèses à prendre en compte avant d'utiliser une méthode de détection d'objet :

- 1) Les modèles pré-entraînés ne fonctionnent pas sur des données brutes.
- 2) La forme exacte fonctionne bien avec les données fournies.
- 3) L'utilisation de données d'entraînement plus variables donne de meilleurs résultats pour les nouvelles images.

III.3 Modules et boîtes à outils requis :

Les bibliothèques open source, telles que la bibliothèque DNN d'OpenCV et l'API de détection d'objets TensorFlow, fournissent des espaces de travail open source faciles à utiliser où les modèles de détection d'objets préformés (tels que ceux que vous pouvez télécharger à partir de TensorFlow Zoo Models) atteignent une précision de détection élevée. Augmenter. Exemples de divers objets d'isolation haute tension dans les réseaux électriques [2]. Cependant, étant donné que les séquences vidéo utilisées dans cette étude ont été capturées par une caméra, la vue est sous un angle élevé et l'isolateur de l'image est soit très petit, soit partiellement obscurci par d'autres éléments. Par conséquent, il était important de former le modèle pour pouvoir gérer nos données spécifiques. Pour cette étude, l'API de détection d'objets TensorFlow a été choisie en raison de sa popularité et de sa facilité de discussion dans la détection d'objets.

C'est pourquoi nous utilisons des ordinateurs puissants et rapides afin de pouvoir utiliser les logiciels, modules et boîtes à outils ci-dessous.

Tableau III.1 Modules et boîtes à outils utilisées.

N°	1	2	3	4	5	6	7
Exigences	Windows	Python 3.6	CUDA Toolkit v8.0	TensorFlow v1.12	LabelImg	CuDNN v6.0	Anacond a3
Symbole							

Nous nous servions également de certains packages dans l'environnement Anaconda3.

III.4 Etapes suivies dans la création d'un modèle de détection d'objets :

III.4.1 Préparation le milieu d'exploitation et installer des packages :

Pour créer un environnement contenant le comportement de ce modèle, ouvrons la fenêtre d'invitation d'Anaconda et créons un dossier de travail avec la commande suivante : **conda create -n projet pip python=3.6**

```
(base) C:\Users\user>conda create -n projet pip python=3.6
WARNING: A conda environment already exists at 'C:\Users\user\anaconda3\envs\projet'
Remove existing environment (y/[n])? y

Collecting package metadata (current_repodata.json): done
Solving environment: done

==> WARNING: A newer version of conda exists. <==
  current version: 4.9.2
  latest version: 4.10.0

Please update conda by running

  $ conda update -n base -c defaults conda

## Package Plan ##

  environment location: C:\Users\user\anaconda3\envs\projet

  added / updated specs:
    - pip
    - python=3.6

The following NEW packages will be INSTALLED:

  certifi          pkgs/main/win-64::certifi-2020.12.5-py36haa95532_0
  pip              pkgs/main/win-64::pip-21.0.1-py36haa95532_0
  python           pkgs/main/win-64::python-3.6.13-h3758d61_0
  setuptools       pkgs/main/win-64::setuptools-52.0.0-py36haa95532_0
  sqlite           pkgs/main/win-64::sqlite-3.35.4-h2bbff1b_0
  vc               pkgs/main/win-64::vc-14.2-h21ff451_1
  vs2015_runtime   pkgs/main/win-64::vs2015_runtime-14.27.29016-h5e58377_2
  wheel            pkgs/main/noarch::wheel-0.36.2-pyhd3eb1b0_0
  wincertstore     pkgs/main/win-64::wincertstore-0.2-py36h7fe50ca_0

Proceed ([y]/n)? y
```

Figure III. 1 Préparation de l'environnement de travail.

Après avoir confirmé la création en cliquant sur le bouton Y, l'environnement sera d'abord activé, avec le projet d'activation de code suivant pour activer l'environnement, puis suivez l'ordre dans le tableau ci-dessous pour installer les packages bureautiques requis :

Tableau III.2 Ordre suivi des codes pour installer les packages

Chapitre III Utilisation des techniques de TensorFlow pour détecter l'état d'isolateur

Nombre	Package	Code d'installation
1	Tensorflow==1.12	C:\> Conda install tensorflow=1.12
2	Anaconda protobuf	C:\> conda install -c anaconda protobuf
3	Pillow	C:\> pip install pillow
4	Lxml	C:\> pip install lxml
5	Cython	C:\> pip install Cython
6	contextlib2	C:\> pip install contextlib2
7	Jupyter	C:\> pip install jupyter
8	Matplotlib	C:\> pip install matplotlib
9	Pandas	C:\> pip install pandas
10	OpenCV-python	C:\> pip install opencv-python

Une fois l'installation du package terminée, vérifiez que le package a été installé correctement avec le code qui suit :

Conda list

```
Select Anaconda Prompt (anaconda3)
# packages in environment at C:\Users\user\anaconda3\envs\projet:
#
# Name                      Version      Build      Channel
tensorflow-select          2.2.0        eigen
absl-py                    0.9.0        py36_0
argon2-cffi                20.1.0       pypi_0     pypi
astor                      0.8.0        py36_0
attrs                      19.3.0       pypi_0     pypi
backcall                   0.2.0        pypi_0     pypi
blas                       1.0          mkl
bleach                     3.1.5        pypi_0     pypi
ca-certificates            2021.4.13    haa95532_1
certifi                    2020.12.5    py36haa95532_0
cffi                       1.14.1       pypi_0     pypi
colorama                   0.4.3        pypi_0     pypi
contextlib2                0.6.0.post1  pypi_0     pypi
cycler                     0.10.0       pypi_0     pypi
cython                     0.29.21      pypi_0     pypi
decorator                   4.4.2        pypi_0     pypi
defusedxml                 0.6.0        pypi_0     pypi
entrypoints                0.3          pypi_0     pypi
gast                       0.3.3        py_0
grpcio                     1.27.2       py36h351948d_0
h5py                       2.10.0       py36h5e291fa_0
hdf5                       1.10.4       h7ebc959_0
icc_rt                     2019.0.0     h0cc432a_1
importlib-metadata         1.7.0        pypi_0     pypi
intel-openmp               2020.1       216
ipykernel                  5.3.4        pypi_0     pypi
ipython                    7.16.1       pypi_0     pypi
ipython-genutils           0.2.0        pypi_0     pypi
ipywidgets                 7.5.1        pypi_0     pypi
jedi                       0.17.2       pypi_0     pypi
jinja2                     2.11.2       pypi_0     pypi
jsonschema                 3.2.0        pypi_0     pypi
jupyter                    1.0.0        pypi_0     pypi
jupyter-client              6.1.6        pypi_0     pypi
jupyter-console             6.1.0        pypi_0     pypi
jupyter-core                4.6.3        pypi_0     pypi
keras-applications         1.0.8        py_1
keras-preprocessing        1.1.0        py_1
kiwisolver                 1.2.0        pypi_0     pypi
libprotobuf                 3.12.3       h7bd577a_0
lxml                       4.5.2        pypi_0     pypi
```

(A)

markdown	3.1.1	py36_0	
markupsafe	1.1.1	pypi_0	pypi
matplotlib	3.3.4	pypi_0	pypi
mistune	0.8.4	pypi_0	pypi
mkl	2020.1	216	
mkl-service	2.3.0	py36hb782905_0	
mkl_fft	1.1.0	py36h45dec08_0	
mkl_random	1.1.1	py36h47e9c7a_0	
nbconvert	5.6.1	pypi_0	pypi
nbformat	5.0.7	pypi_0	pypi
notebook	6.1.3	pypi_0	pypi
numpy	1.15.4	pypi_0	pypi
numpy-base	1.15.4	py36hc3f5095_0	
object-detection	0.1	pypi_0	pypi
opencv-python	4.4.0.40	pypi_0	pypi
openssl	1.1.1k	h2bbff1b_0	
packaging	20.4	pypi_0	pypi
pandas	1.1.0	pypi_0	pypi
pandocfilters	1.4.2	pypi_0	pypi
parso	0.7.1	pypi_0	pypi
pickleshare	0.7.5	pypi_0	pypi
pillow	7.2.0	pypi_0	pypi
pip	20.2.2	py36_0	
prometheus-client	0.8.0	pypi_0	pypi
prompt-toolkit	3.0.6	pypi_0	pypi
protobuf	3.12.3	py36h33f27b4_0	anaconda
pycparser	2.20	pypi_0	pypi
pygments	2.6.1	pypi_0	pypi
pyparsing	2.4.7	pypi_0	pypi
pyreadline	2.1	py36_1	
pysistent	0.16.0	pypi_0	pypi
python	3.6.10	h9f7ef89_2	
python-dateutil	2.8.1	pypi_0	pypi
pytz	2020.1	pypi_0	pypi
pywin32	228	pypi_0	pypi
pywinpty	0.5.7	pypi_0	pypi
pyzmq	19.0.2	pypi_0	pypi
qtconsole	4.7.5	pypi_0	pypi
qtpy	1.9.0	pypi_0	pypi
scipy	1.5.0	py36h9439919_0	
send2trash	1.5.0	pypi_0	pypi
setuptools	49.2.0	py36_0	
six	1.15.0	py_0	

(B)

slim	0.1	pypi_0	pypi
sqlite	3.32.3	h2a8f88b_0	
tensorboard	1.12.2	py36h33f27b4_0	
tensorflow	1.12.0	eigen_py36h67ac661_0	
tensorflow-base	1.12.0	eigen_py36h45df0d8_0	
termcolor	1.1.0	py36_1	
terminado	0.8.3	pypi_0	pypi
testpath	0.4.4	pypi_0	pypi
tf-slim	1.1.0	pypi_0	pypi
tornado	6.0.4	pypi_0	pypi
traitlets	4.3.3	pypi_0	pypi
vc	14.1	h0510ff6_4	
vs2015_runtime	14.16.27012	hf0eaf9b_3	
wcwidth	0.2.5	pypi_0	pypi
webencodings	0.5.1	pypi_0	pypi
werkzeug	1.0.1	py_0	
wheel	0.34.2	py36_0	
widgetsnextension	3.5.1	pypi_0	pypi
wincertstore	0.2	py36h7fe50ca_0	
zipp	3.1.0	pypi_0	pypi
zlib	1.2.11	h62dcd97_4	

(C)

Figure III. 2 (A) (B) (C) les Packages

III.4.2 Configuration des variables dans PYTHONPATH :

C'est dans les répertoires : \ models, \ models \research et \ models \ research \ slim ; que les variables de PYTHONPATH doivent être créées. Pour cela, dans notre interface Anaconda, nous exécutons la commande suivante :

```
(projet)C:\>setPYTHONPATH=C:\ projet \models;C:\ projet \models\research;C: \
projet
\models\research\slim
```

III.4.3 Configuration modèle et entraînement :

Deuxièmes, compilez le fichier protobuf que TensorFlow utilise pour configurer votre modèle et vos paramètres d'entraînement. Chaque racine TensorFlow de l'extension Proto dans le répertoire \object_detection\protos doit être appelée séparément par une commande.

À l'invité Anaconda, exécutez la commande requise pour ouvrir le répertoire contenant le package TensorFlow et créer un fichier proto dans le répertoire approprié. Cette tâche est effectuée par les ordres ci-dessous :

```
C:\> cd C:\tensorflow1\models\research
protoc --python_out=. .\object_detection\protos\anchor_generator.proto
.\object_detection\protos\argmax_matcher.proto
.\object_detection\protos\bipartite_matcher.proto .\object_detection\protos\box_coder.proto
.\object_detection\protos\box_predictor.proto .\object_detection\protos\eval.proto
.\object_detection\protos\faster_rcnn.proto
.\object_detection\protos\faster_rcnn_box_coder.proto
.\object_detection\protos\grid_anchor_generator.proto
.\object_detection\protos\hyperparams.proto .\object_detection\protos\image_resizer.proto
.\object_detection\protos\input_reader.proto .\object_detection\protos\losses.proto
.\object_detection\protos\matcher.proto
.\object_detection\protos\mean_stddev_box_coder.proto
.\object_detection\protos\model.proto .\object_detection\protos\optimizer.proto
.\object_detection\protos\pipeline.proto .\object_detection\protos\post_processing.proto
.\object_detection\protos\preprocessor.proto
.\object_detection\protos\region_similarity_calculator.proto
.\object_detection\protos\square_box_coder.proto .\object_detection\protos\ssd.proto
.\object_detection\protos\ssd_anchor_generator.proto
.\object_detection\protos\string_int_label_map.proto .\object_detection\protos\train.proto
.\object_detection\protos\keypoint_box_coder.proto
.\object_detection\protos\multiscale_anchor_generator.proto
.\object_detection\protos\graph_rewriter.proto .\object_detection\protos\calibration.proto
.\object_detection\protos\flexible_grid_anchor_generator.proto
```

Chapitre III Utilisation des techniques de TensorFlow pour détecter l'état d'isolateur

A En suivant la séquence des commandes précédentes, la création d'un fichier name_pb2.py à partir de chaque fichier name.proto dans le dossier \object_detection\protos est achevée.



Figure III. 3 Création des fichiers name_pb2

Dernièrement, nous pouvons exécuter les ordres suivants à partir du répertoire C : \tensorflow1\models\research:

(projet) C:\tensorflow2\models\research> python setup.py build

La commande exécutée va créer un dossier build fondé sur les ordres de setup. Puis leur installation se fait par la deuxième commande :

(projet) C:\tensorflow2\models\research> python setup.py install

III.4.4 Examiner la configuration de TensorFlow :

TensorFlow est configurée pour utiliser des modèles pré-entraînés pour la détection d'objets ou pour développer de nouveaux modèles. Le test et la validation du processus d'installation s'effectuent en exécutant un script à partir du package Jupyter. Cette vérification est assurée par l'ordre suivant :

(projet) C:\tensorflow2\models\research\object_detection> jupyter
notebookobject_detection_tutorial.ipynb

Cela ouvrira le script par défaut dans votre navigateur Web et vous permettra d'exécuter le code installé. Chaque section peut être installée en cliquant sur le bouton (**Exécuter**) sur la barre des outils.(figure III.3).

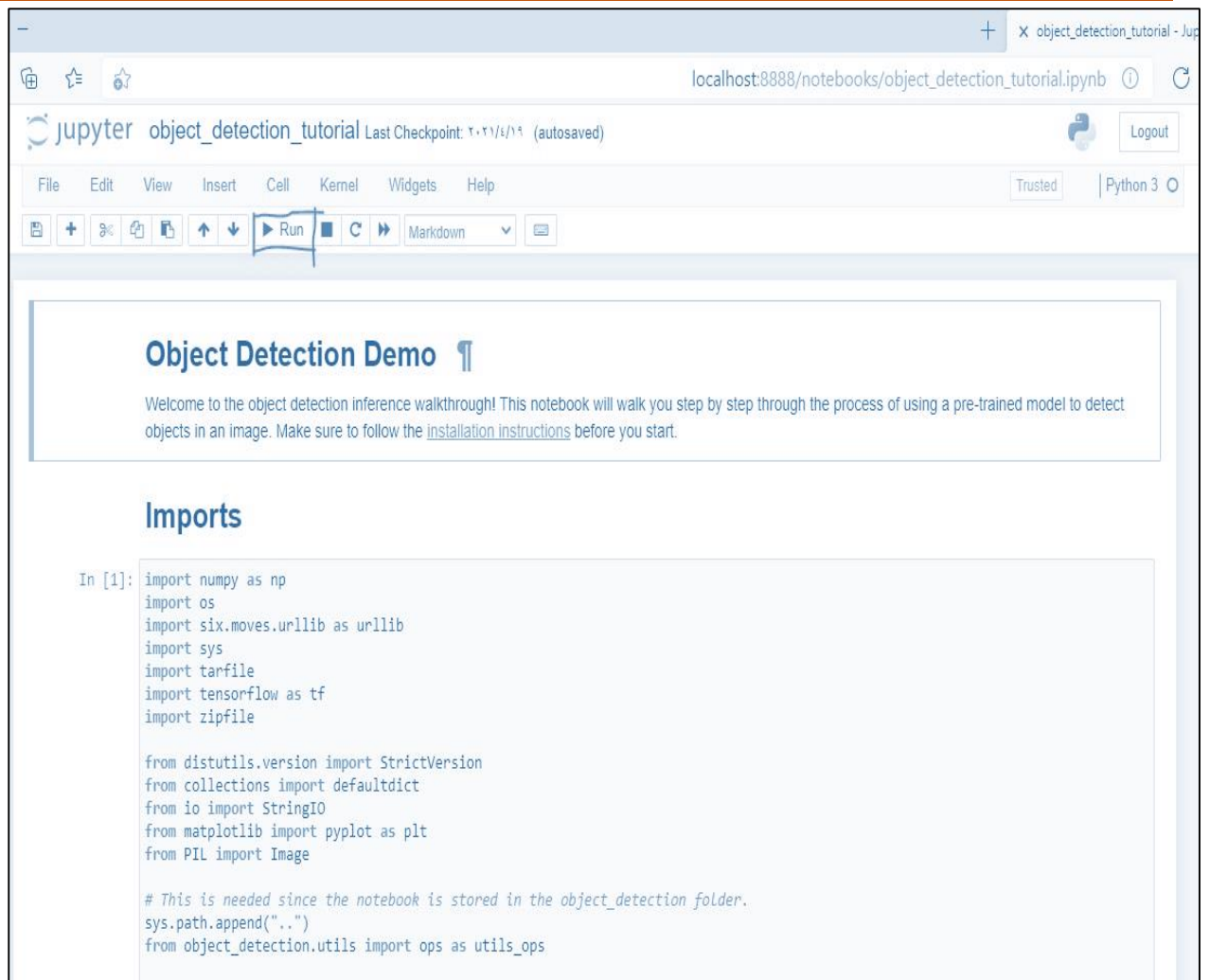


Figure III. 4 Les packages Jupiter notebook afin de détecter d'objets

Après avoir exécuté le script, on devrait voir les images étiquetées dans la page ci-dessous.

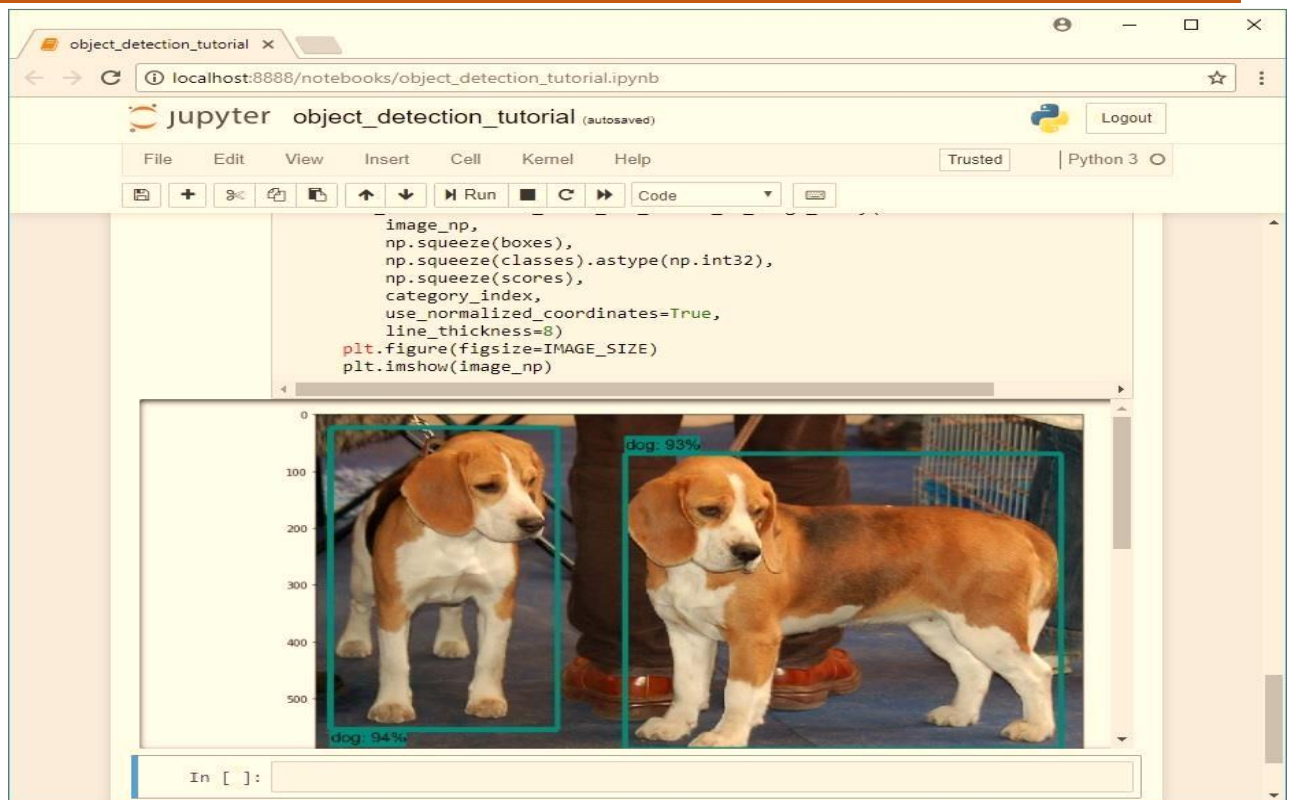


Figure III. 5 Examiner des packages Jupyter notebook

III.4.5 Assemblage et étiquetage des images :

L'API de détection d'objets TensorFlow est maintenant configurée et prête à être utilisée. Nous devons fournir des images qui seront utilisées pour former un nouveau classificateur de détection.

III.4.5.1 Assemblage :

Pour que TensorFlow crée un bon classificateur de détection, il a besoin de centaines d'images des objets à détecter. Pour former un classificateur robuste, les images de formation doivent contenir des objets aléatoires dans des cadres contenant l'objet d'intérêt, avec des conditions d'arrière-plan et d'éclairage différentes. Il devrait y avoir une image où l'objet souhaité est partiellement masqué, superposé à d'autres ou centré dans l'image.

Le classificateur de détection d'isolation doit détecter deux objets différents.



Figure III. 6 Assembler les images

Nous avons utilisé 385 images pour entraîner notre détecteur d'isolateur.

Une fois que nous avons toutes les images dont nous avons besoin, on déplace les 20% des images assemblées dans le répertoire \object_detection\images\test, et 80% dans le répertoire \object_detection\images\train. Cela, pour assurer qu'il existe une variété d'images dans les répertoires \test et \train.

Tableau III.3 Les images assemblées selon leur classification

Dossier \ Classifier	Isolateur propre	Isolateur pollué
	Test	42 images
Train	150 images	150 images

III.4.5.2 Étiquetage :

Au moment où les images assemblées, nous devons étiqueter les objets d'intérêt dans chaque image à l'aide du package LabelImg. C'est l'outil parfait pour :

Télécharger et installer cet outil (LabelImg) pour étiqueter les images existantes dans les répertoires de formation et de test (Figure III.7-8).

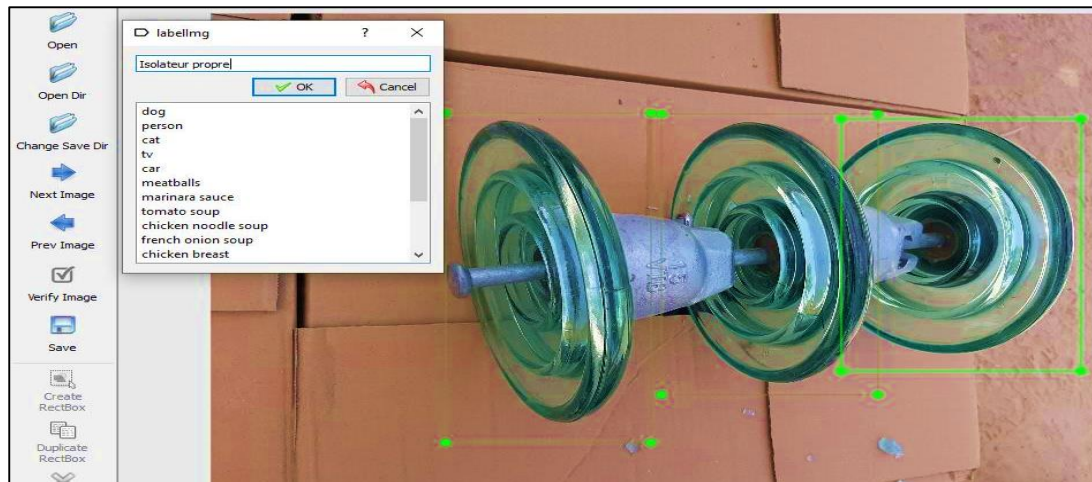


Figure III. 7 Isolateur neuf

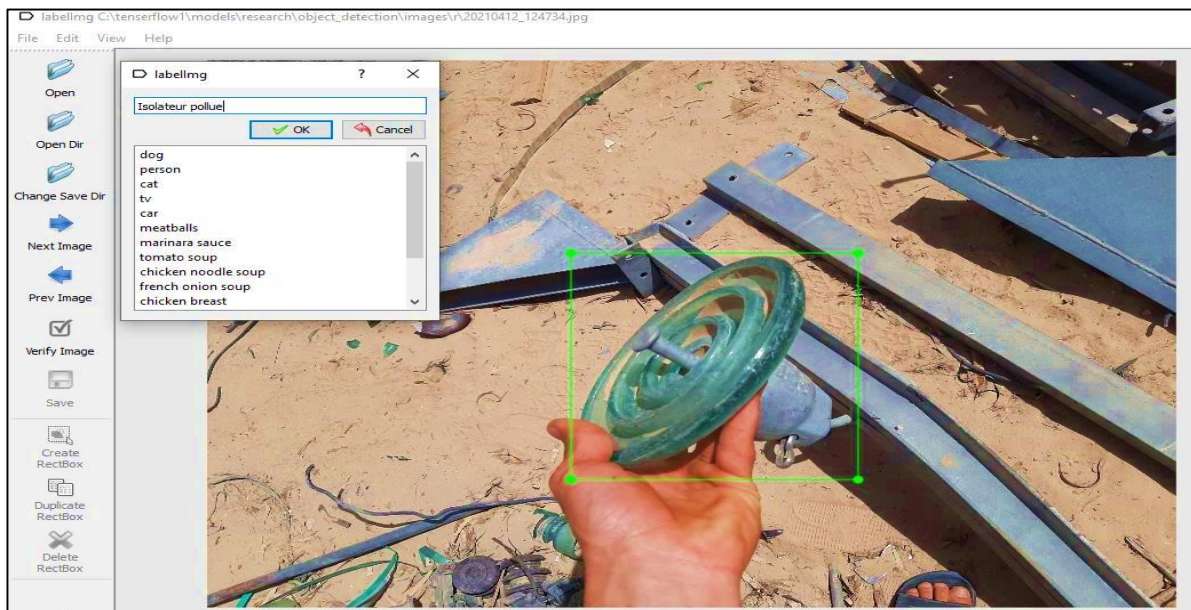


Figure III. 8 Isolateur sale

LabelImg enregistre un fichier XML contenant les données d'étiquette pour chaque image. Ces fichiers XML sont utilisés pour générer des ensembles de données TF, l'une des entrées de l'entraîneur TensorFlow. Après avoir étiqueté et enregistré chaque image, un fichier .xml pour chaque image est créé dans les répertoires test et train (Fig. III.9).

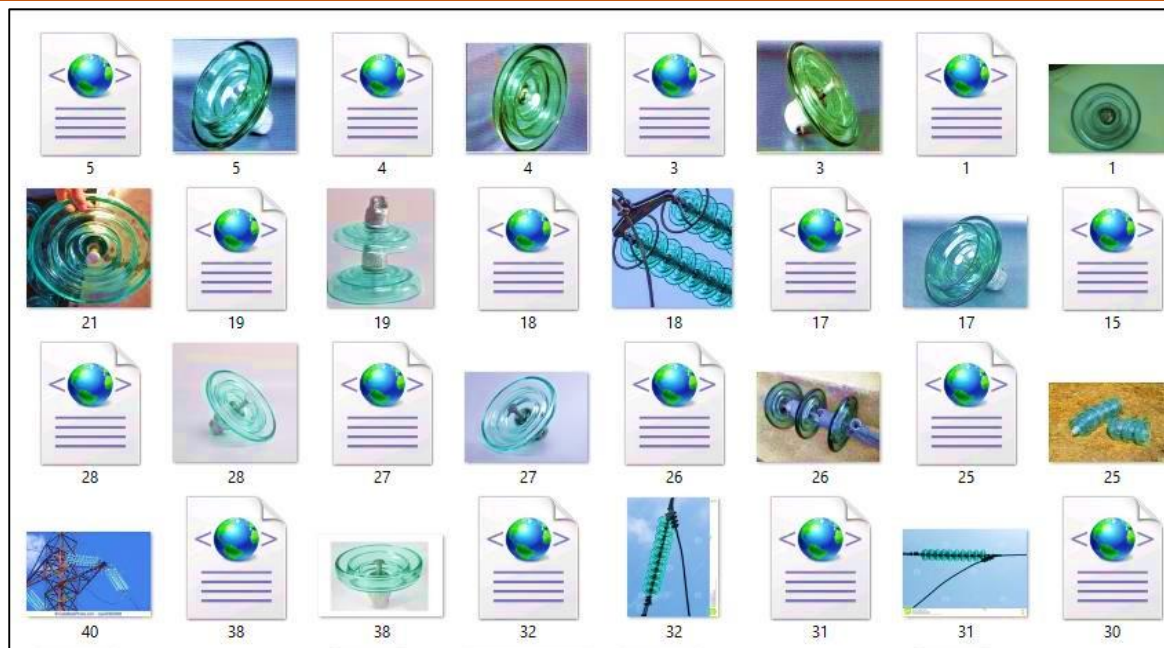


Figure III. 9 Un fichier .XML Enregistré

III.4.6 Générer les données d'entraînement :

Les images étiquetées peuvent être utilisées pour générer un ensemble de données TF utilisé comme entrée dans un modèle d'entraînement TensorFlow. Tout d'abord, nous devons utiliser le convertisseur pour le langage Python `xml_to_csv.py`. Cela vous permettra de convertir des images de formation et de test avec des extensions XML en extensions CSV et de les utiliser à partir de votre package d'enregistrement TF Record.

Les commandes utilisées pour les conversations étendues sont :

(projet) `C:\tensorflow1\models\research\object_detection> python xml_to_csv.py`

```
Anaconda Prompt (anaconda3)

(base) C:\Users\user>conda activate tensorflow2

(tensorflow2) C:\Users\user>cd C:\tensorflow2\models\research\object_detection

(tensorflow2) C:\tensorflow2\models\research\object_detection>python xml_to_csv.py
Successfully converted xml to csv.
Successfully converted xml to csv.

(tensorflow2) C:\tensorflow2\models\research\object_detection>
```

Figure III. 10 Un fichier CSV Créé

Une fois le convertisseur exécuté, nous obtiendrons les fichiers `train_labels.csv` et `test_labels.csv` dans le dossier `\object_detection\images`.

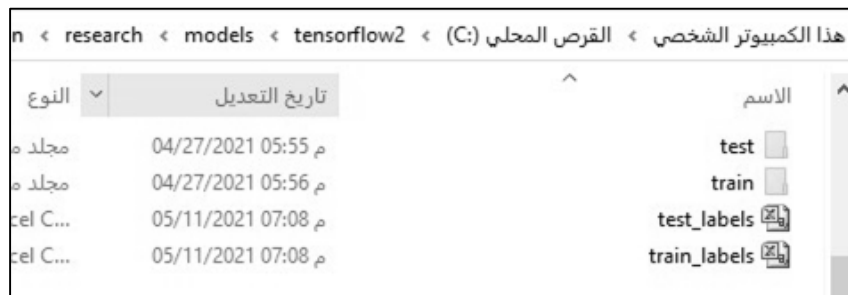


Figure III. 11 Les fichiers CSV créés.

III.4.7 Générer et numéroté les objets :

Ouvrir le fichier `generate_tfrecord.py` dans un éditeur de texte. L'état des surfaces d'isolateurs sales et propres est indiqué par le code de génération, car chaque objet reçoit un numéro d'identification.

Notre travail couvre l'isolation propre et sale. Ces nombres récupérés sont utilisés lors de la formation du modèle. Les isolateurs propres étaient numérotés 1 et les isolateurs sales étaient numérotés 2.

```

generate_tfrecord.py - C:\tensorflow2\models\research\object_detection\generate_tfrecord.p...
File Edit Format Run Options Window Help
"""
Usage:
# From tensorflow/models/
# Create train data:
python generate_tfrecord.py --csv_input=images/train_labels.csv --image_dir=im

# Create test data:
python generate_tfrecord.py --csv_input=images/test_labels.csv --image_dir=im
"""
from __future__ import division
from __future__ import print_function
from __future__ import absolute_import

import os
import io
import pandas as pd
import tensorflow as tf

from PIL import Image
from object_detection.utils import dataset_util
from collections import namedtuple, OrderedDict

flags = tf.app.flags
flags.DEFINE_string('csv_input', '', 'Path to the CSV input')
flags.DEFINE_string('image_dir', '', 'Path to the image directory')
flags.DEFINE_string('output_path', '', 'Path to output TFRecord')
FLAGS = flags.FLAGS

# TO-DO replace this with label map
def class_text_to_int(row_label):
    if row_label == 'Isolateur propre':
        return 1
    elif row_label == 'Isolateur pollue':
        return 2
    else:
        return 0
    
```

Figure III. 12 Les objets (Génération et numérotations)

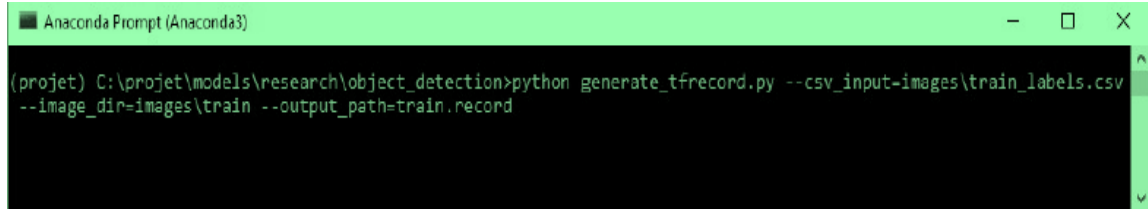
Chapitre III Utilisation des techniques de TensorFlow pour détecter l'état d'isolateur

Création un fichier d'enregistrement TF en exécutant le code de programme

"generate_tfrecord.py" dans Anaconda.

Exécutez le code dans le fichier d'entraînement à l'aide de la commande suivante :

```
python generate_tfrecord.py --csv_input=images\train_labels.csv --image_dir=images\train --output_path=train.record
```

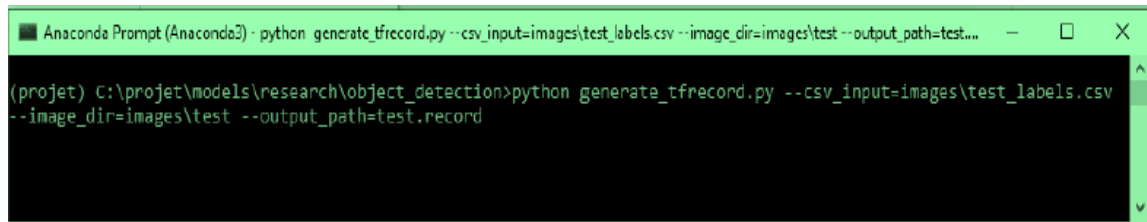


```
Anaconda Prompt (Anaconda3)
(projet) C:\projet\models\research\object_detection>python generate_tfrecord.py --csv_input=images\train_labels.csv --image_dir=images\train --output_path=train.record
```

Figure III. 13 Fichiers TF Record de train

Exécutez ensuite le code du fichier de test à l'aide de la commande suivante :

```
python generate_tfrecord.py --csv_input=images\test_labels.csv --image_dir=images\test --output_path=test.record
```



```
Anaconda Prompt (Anaconda3) - python generate_tfrecord.py --csv_input=images\test_labels.csv --image_dir=images\test --output_path=test.record
(projet) C:\projet\models\research\object_detection>python generate_tfrecord.py --csv_input=images\test_labels.csv --image_dir=images\test --output_path=test.record
```

Figure III. 14 Fichiers de TF Record de test

Ceux-ci génèrent un fichier **train-record** et un fichier **test-record** dans le répertoire \object_detection. Ceux-ci seront utilisés pour former le nouveau classificateur de détection d'objets.

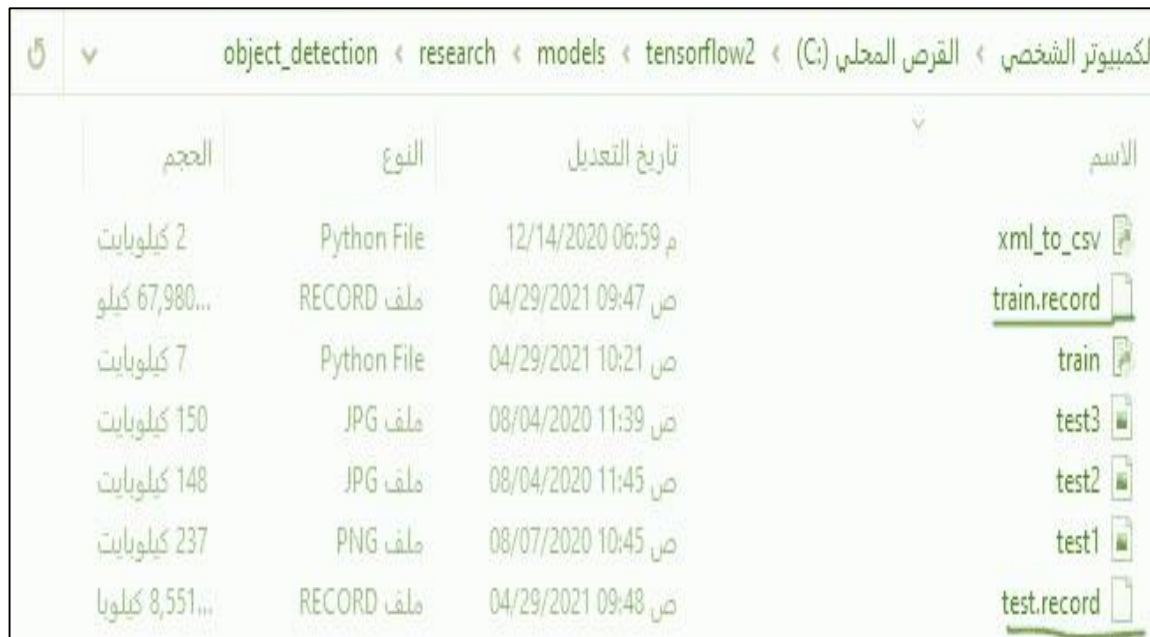


Figure III. 15 Confirmation créer TF Record (test et train)

III.4.8 La carte d'étiquettes et l'entraînement (Création et configuration)

III.4.8.1 Créer de Carte d'étiquettes :

Comme dernière chose que nous devons faire avant la formation est de créer la carte d'étiquettes et de modifier le fichier de configuration de la formation.

Un mappage de balises identifie chaque objet auprès du formateur et définit le mappage des noms de classe aux ID de classe. Créez un nouveau fichier à l'aide d'un éditeur de texte et enregistrez-le sous labelmap.pbtxt dans le dossier

C:\tensorflow1\models\research\object_detection\training. dans un éditeur de texte.

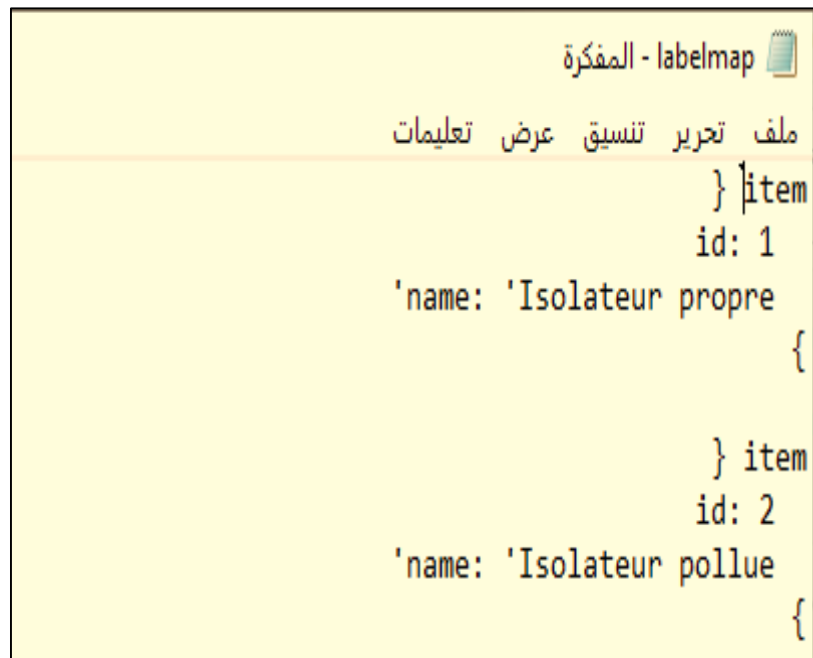


Figure III. 16 Fichier labelmap.pbtxt

III.4.8.2 Configurer de l'entraînement

Enfin, nous devons configurer le pipeline de formation pour la reconnaissance d'objets. Définissez le modèle et les paramètres à utiliser pour la formation. C'est la dernière étape avant de courir l'entraînement.

1- Classer les objets (Fig. III.17.) en deux classes différentes. Il existe deux classes d'objets dans notre travail : les isolateurs propres et les isolateurs sales. Num- classe : 2

```

} model
} faster_rcnn
num_classes: 2
} image_resizer
} keep_aspect_ratio_resizer
min_dimension: 600
max_dimension: 1024

```

Figure III. 17 Classifier les fichiers

- 2- Configurer fichier **fine_tune_checkpoint** dans le dossier d'entraînement.
- 3- Configurer fichier **input_path** et **label_map_path**.
- 4- Configurer de l'ensemble de données d'évaluation par le fichier

```
} :train_input_reader
} tf_record_input_reader
input_path:
"C:/tensorflow2/models/research/object_detection/train.record
{
label_map_path:
"C:/tensorflow2/models/research/object_detection/training/labelm
"ap.pbtxt
```

Figure III. 18 Classeur train_input_reader

- 5-Désignation de l'emplacement des données de validation par le classeur **eval_input_reader** :

```
} :eval_config
"metrics_set: "coco_detection_metrics
num_examples: 84
{
} :eval_input_reader
} tf_record_input_reader
input_path:
"C:/tensorflow/models/research/object_detection/test.record
{
label_map_path: "
C:/tensorflow2/models/research/object_detection/training/labelma
" p.pbtxt
shuffle: false
```

Figure III. 19 Classeur eval_input_reader

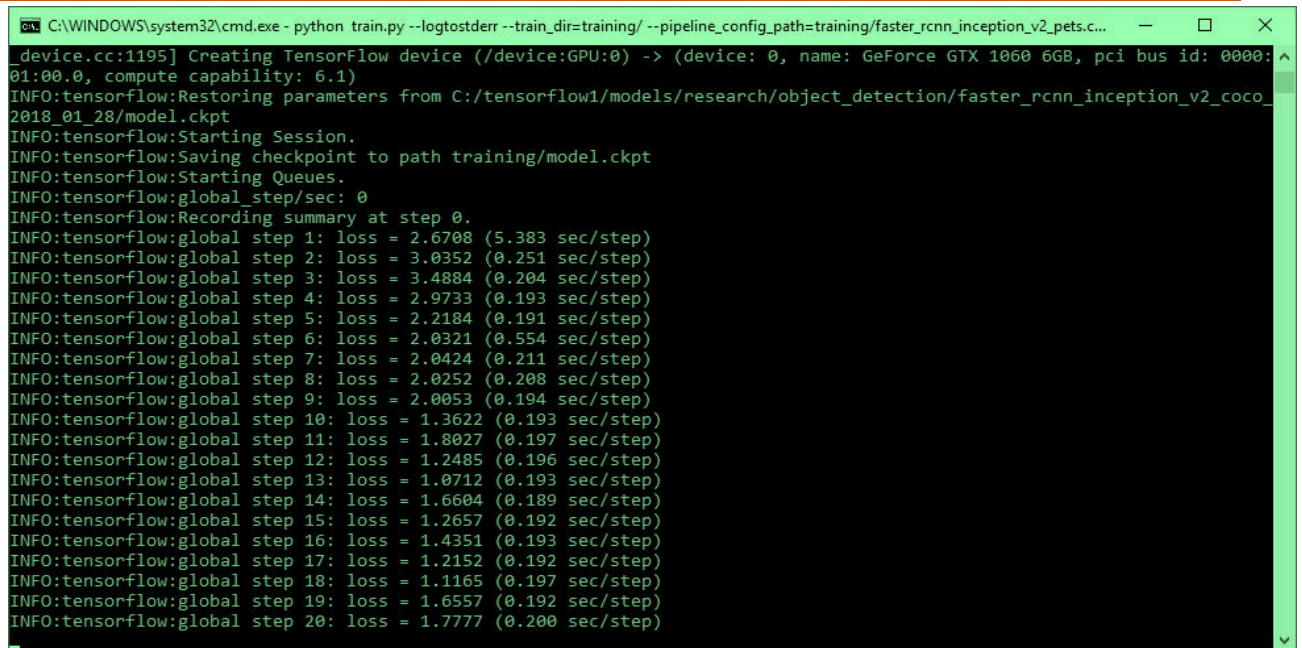
- 6- Après avoir apporté des modifications, enregistrez le fichier.

III.4.9 Organisation de l'entraînement

A partir de maintenant, il commencera à travailler sérieusement. Un ordinateur apprend à partir d'un ensemble de données et crée un réseau de neurones. Comme nous modélisons la formation sur la version CPU (processeur), il faut plusieurs jours pour obtenir de bons résultats.

Exécutons la formation en anaconda avec la commande suivante :

```
python train.py --logtostderr --train_dir=training/ --
pipeline_config_path=training/faster_rcnn_inception_v2_pets.config
```



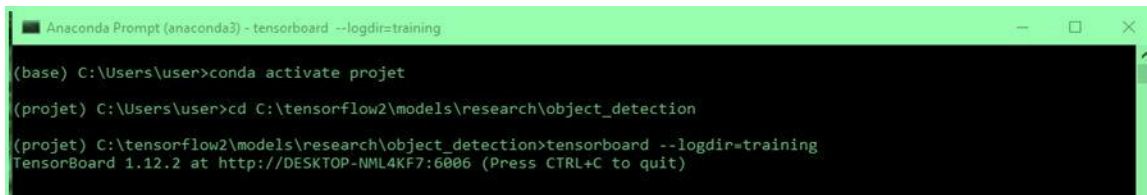
```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - python train.py --logtostderr --train_dir=training/ --pipeline_config_path=training/faster_rcnn_inception_v2_pets.c...
[device.cc:1195] Creating TensorFlow device (/device:GPU:0) -> (device: 0, name: GeForce GTX 1060 6GB, pci bus id: 0000:01:00:00, compute capability: 6.1)
INFO:tensorflow:Restoring parameters from C:/tensorflow1/models/research/object_detection/faster_rcnn_inception_v2_coco_2018_01_28/model.ckpt
INFO:tensorflow:Starting Session.
INFO:tensorflow:Saving checkpoint to path training/model.ckpt
INFO:tensorflow:Starting Queues.
INFO:tensorflow:global_step/sec: 0
INFO:tensorflow:Recording summary at step 0.
INFO:tensorflow:global step 1: loss = 2.6708 (5.383 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 2: loss = 3.0352 (0.251 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 3: loss = 3.4884 (0.204 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 4: loss = 2.9733 (0.193 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 5: loss = 2.2184 (0.191 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 6: loss = 2.0321 (0.554 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 7: loss = 2.0424 (0.211 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 8: loss = 2.0252 (0.208 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 9: loss = 2.0053 (0.194 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 10: loss = 1.3622 (0.193 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 11: loss = 1.8027 (0.197 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 12: loss = 1.2485 (0.196 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 13: loss = 1.0712 (0.193 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 14: loss = 1.6604 (0.189 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 15: loss = 1.2657 (0.192 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 16: loss = 1.4351 (0.193 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 17: loss = 1.2152 (0.192 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 18: loss = 1.1165 (0.197 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 19: loss = 1.6557 (0.192 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 20: loss = 1.7777 (0.200 sec/step)
```

Figure III. 20 Exécution de l'entraînement

TensorBoard vous permet de voir la progression de votre tâche d'entraînement. Pour ce faire, nous devons ouvrir une nouvelle instance d'Anaconda Prompt, activer l'environnement virtuel tensorflow1 et accéder au répertoire C.

Accédez à `\tensorflow1\models\research\object_detection` et exécutez la commande suivante :

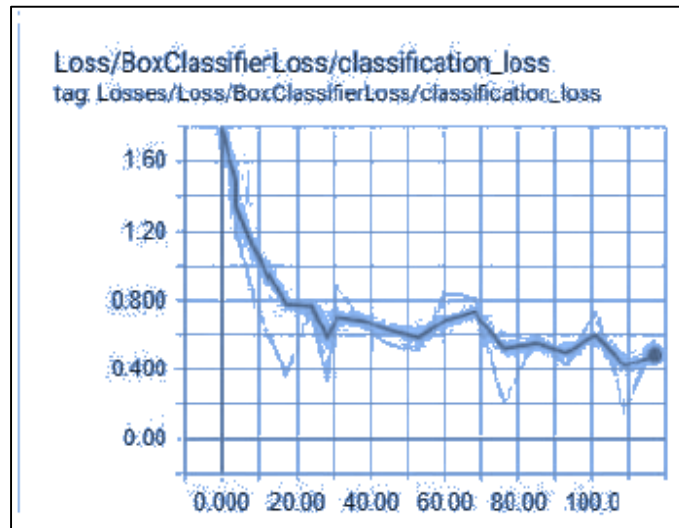
(tensorflow1) `C:\tensorflow1\models\research\object_detection>tensorboard --logdir=training`



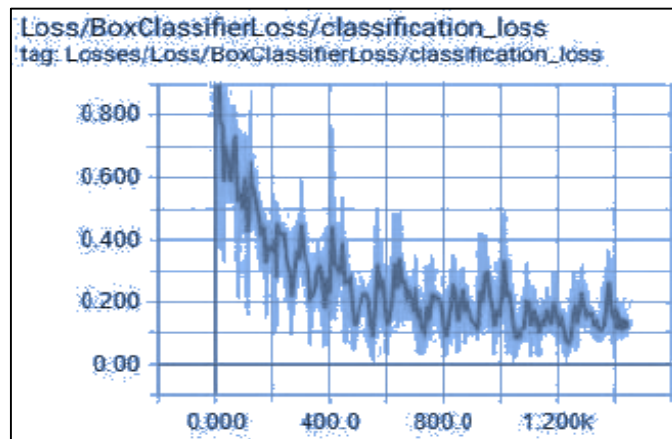
```
Anaconda Prompt (anaconda3) - tensorboard --logdir=training
(base) C:\Users\user>conda activate projet
(projet) C:\Users\user>cd C:\tensorflow2\models\research\object_detection
(projet) C:\tensorflow2\models\research\object_detection>tensorboard --logdir=training
TensorBoard 1.12.2 at http://DESKTOP-NML4KF7:6006 (Press CTRL+C to quit)
```

Figure III. 21 L'évaluation d'entrainement

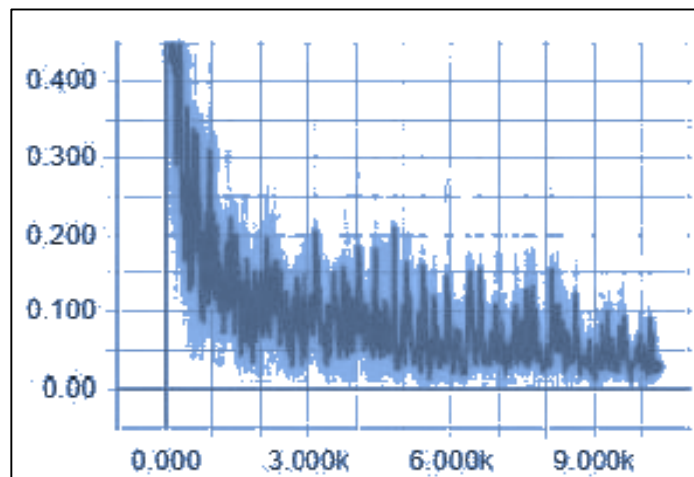
Une page Web va être créée sur votre ordinateur local (YourPCName:6006) que vous pourrez afficher dans un navigateur Web. La page TensorBoard affiche des informations et des graphiques indiquant la progression de l'entraînement. Le diagramme d'erreur montre la perte totale du classifieur au fil du temps.



(A) Step 117



(B) step 3302



(C) step 14868

Figure III. 22 (A)(B)(C): Courbes de losses

Chapitre III Utilisation des techniques de TensorFlow pour détecter l'état d'isolateur

Après 14868 pas ou une perte de 0.0089, c'est suffisant pour que le modèle donne des résultats précis. Vous pouvez maintenant terminer votre formation.

Chaque 5 minutes, dans la routine d'entraînement, on enregistre périodiquement des points de contrôle.

الكمبيوتر الشخصي > القرص المحلي (C:) > tensorflow2 > models > research > object_detection > training				
الاسم	تاريخ التعديل	النوع	الحجم	
checkpoint	05/04/2021 10:34 م	ملف	1 كيلوبايت	
events.out.tfevents.1619688613.DESKTOP...	05/04/2021 10:38 م	ملف	2,069,853 ...	
faster_rcnn_inception_v2_pets	04/29/2021 10:26 ص	ملف	4 كيلوبايت	
graph	04/29/2021 10:29 ص	ملف	10,108... كيلو	
labelmap	04/29/2021 09:57 ص	ملف	1 كيلوبايت	
model.ckpt-14788.data-00000-of-00001	05/04/2021 09:50 م	ملف	100,596... ك	
model.ckpt-14788.index	05/04/2021 09:50 م	ملف	25 كيلوبايت	
model.ckpt-14788.meta	05/04/2021 09:53 م	ملف	5,255... كيلوبا	
model.ckpt-14813.data-00000-of-00001	05/04/2021 10:00 م	ملف	100,596... ك	
model.ckpt-14813.index	05/04/2021 10:01 م	ملف	25 كيلوبايت	
model.ckpt-14813.meta	05/04/2021 10:06 م	ملف	5,255... كيلوبا	
model.ckpt-14828.data-00000-of-00001	05/04/2021 10:10 م	ملف	100,596... ك	
model.ckpt-14828.index	05/04/2021 10:10 م	ملف	25 كيلوبايت	
model.ckpt-14828.meta	05/04/2021 10:12 م	ملف	5,255... كيلوبا	
model.ckpt-14857.data-00000-of-00001	05/04/2021 10:20 م	ملف	100,596... ك	
model.ckpt-14857.index	05/04/2021 10:20 م	ملف	25 كيلوبايت	
model.ckpt-14857.meta	05/04/2021 10:31 م	ملف	5,255... كيلوبا	
model.ckpt-14868.data-00000-of-00001	05/04/2021 10:34 م	ملف	100,596... ك	
model.ckpt-14868.index	05/04/2021 10:34 م	ملف	25 كيلوبايت	
model.ckpt-14868.meta	05/04/2021 10:38 م	ملف	5,255... كيلوبا	
pipeline	04/29/2021 10:27 ص	ملف	4 كيلوبايت	

Figure III. 23 Dossiers d'entrainement

III.4.10 L'exportation les graphiques

Dès que l'entrainement est terminé, la dernière étape consiste à générer les graphes d'inférence (fichier. pb). Depuis le dossier \object_detection,

```
Anaconda Prompt (anaconda3) - python export_inference_graph.py --input_type image_tensor --pipeline_config_path training/faster_rcnn_inception_v...  
  
(base) C:\Users\user>conda activate projet  
  
(projet) C:\Users\user>cd C:\tensorflow2\models\research\object_detection  
  
(projet) C:\tensorflow2\models\research\object_detection>python export_inference_graph.py --input_type image_tensor --pi  
pipeline_config_path training/faster_rcnn_inception_v2_pets.config --trained_checkpoint_prefix training/model.ckpt-XXXX --  
output_directory inference_graph
```

Figure III. 24 Graphes d'inférence

Un fichier Frozen_inference_graph.pb se crée dans le dossier \ object_detection \ inference_graph. Ce fichier contient le classificateur de détection d'objet

الاسم	تاريخ التعديل	النوع	الحجم
saved_model	05/08/2021 05:32 م	مجلد ملفات	
checkpoint	05/06/2021 05:19 م	ملف	1 كيلوبايت
frozen_inference_graph.pb	05/06/2021 05:20 م	ملف PB	50,952... كيلو
model.ckpt.data-00000-of-00001	05/06/2021 05:19 م	ملف ...-DATA-00000	50,337... كيلو
model.ckpt.index	05/06/2021 05:19 م	ملف INDEX	16 كيلوبايت
model.ckpt.meta	05/06/2021 05:20 م	ملف META	1,616... كيلوبايت
pipeline	05/05/2021 06:11 م	ملف CONFIG	4 كيلوبايت

Figure III. 25 Fichier Frozen_inference_graph.pb

III.4.11 Utilisation le modèle élaboré pour diagnostiquer et tester l'état de surface d'isolateur haute tension.

La détection d'objet est complètement prête, pour tester une image, une vidéo ou une webcam on écrit des scripts Python.

D'abord, il faut modifier la variable NUM_CLASSES dans le script afin qu'elle corresponde au nombre de classes que vous souhaitez découvrir. (Pour notre détecteur diélectrique, on a besoin de deux NUM_CLASSES

Dans le but de tester le détecteur d'objets, on déplace une image de votre objet dans le dossier \object_detection et modifiez la variable IMAGE_NAME dans Object_detection_image.py pour qu'elle corresponde au nom de fichier de votre image. Vous pouvez également utiliser une vidéo de l'objet (en utilisant Object_detection_video.py) ou connecter une webcam USB et la diriger vers l'objet (en utilisant Object_detection_webcam.py).

- 1- Dans l'espace Anaconda, on fait l'activation de l'environnement du notre projet.
- 2- Ouvrir le python en exécutant de la commande « idle ».

```

Anaconda Prompt (anaconda3)
(base) C:\Users\user>conda activate projet
(projet) C:\Users\user>idle
  
```

Figure III. 26 L'interface python

L'interface python s'ouvre et nous exécutons notre modèle `object_detection_image.py` [49] et nous déterminons les différents paramètres suivants :

- 1) Le nombre d'objets dans notre modèle est `NUM_CLASSES`, ces objets sont deux décrivons l'état de surfaces des isolateurs (isolateur propre et isolateur pollue), alors `NUM_CLASSES=2`
- 2) `MODEL_NAME` = inference_graph.
- 3) `IMAGE_NAME` c'est les images de test; `IMAGE_NAME=test.jpg`

```
## but I changed it to make it more understandable to me.

# Import packages
import os
import cv2
import numpy as np
import tensorflow as tf
import sys

# This is needed since the notebook is stored in the object_detection folder.
sys.path.append("..")

# Import utilites
from utils import label_map_util
from utils import visualization_utils as vis_util

# Name of the directory containing the object detection module we're using
MODEL_NAME = 'inference_graph'
IMAGE_NAME = 'test3.jpg'

# Grab path to current working directory
CWD_PATH = os.getcwd()

# Path to frozen detection graph .pb file, which contains the model that is used
# for object detection.
PATH_TO_CKPT = os.path.join(CWD_PATH,MODEL_NAME,'frozen_inference_graph.pb')

# Path to label map file
PATH_TO_LABELS = os.path.join(CWD_PATH,'training','labelmap.pbtxt')

# Path to image
PATH_TO_IMAGE = os.path.join(CWD_PATH,IMAGE_NAME)

# Number of classes the object detector can identify
NUM_CLASSES = 2

# Load the label map.
```

Figure III. 27 Le modèle de détection en configuration.

Une fois la configuration du modèle est finie, nous exécutons le fichier python de la détection de l'état de la surface des isolateurs. Aussi, peut utiliser `object_detection_video.py` ou `object_detection_webcam.py`



Figure III. 28 Isolateur en état propre.

III.5 Les résultats obtenus sur l'état de surface d'isolateur :



Figure III. 29 Isolateur en état sale.

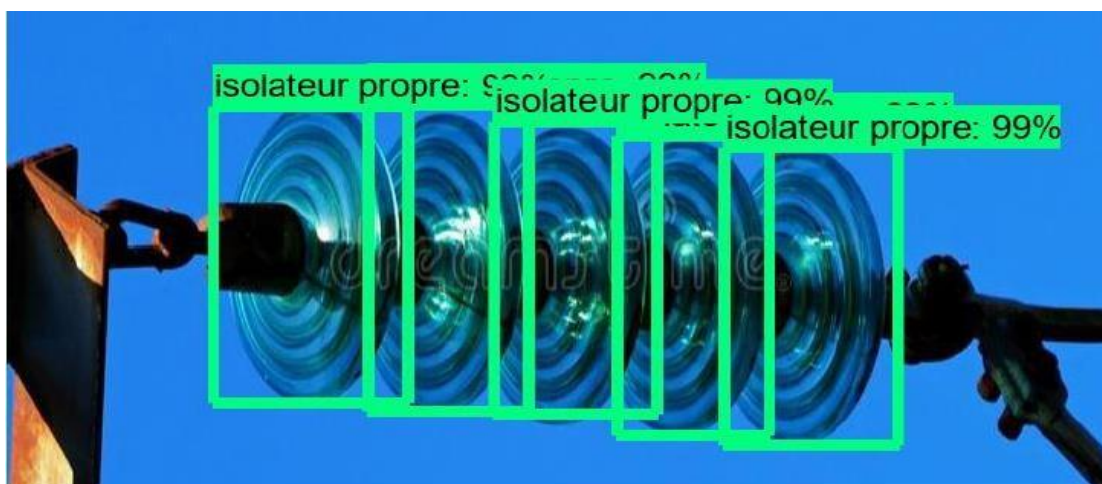


Figure III. 30 L'isolateur propre : état de chaîne

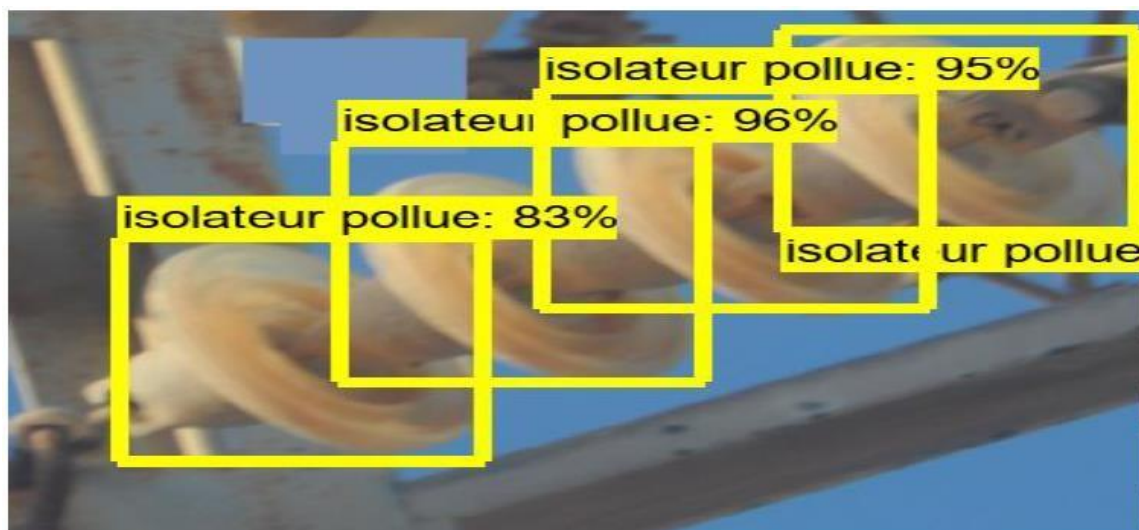


Figure III. 31 L'isolateur sale : état de chaîne

III.6 Conclusion :

Comme conclusion pour ce dernier chapitre, nous pouvons dire qu'on a réussi de développer un modèle de détection d'isolateur utilisant des images fixes, des images capturées par une webcam, et enfin des images défilantes dans une vidéo.

Le modèle réalisé permet de voir en un coup d'œil si l'isolateur est sale ou sale. Notre modèle a été entraîné par une technologie d'intelligence artificielle intégrée dans la bibliothèque TensorFlow programmée en langage Python.

Les résultats obtenus montrent que le modèle a détecté, avec succès, les états de corde et d'isolateur solo.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Ces dernières années, la qualité de la description d'images et de la reconnaissance d'objets a fait des progrès remarquables, principalement grâce aux progrès de l'apprentissage en profondeur.

La plupart de ces avancées sont le résultat d'un matériel plus puissant, d'ensembles de données (DB) plus volumineux et de modèles plus volumineux, mais également de nouvelles idées, d'algorithmes améliorés et d'architectures réseau.

"Grâce au deep learning, l'avenir de l'intelligence artificielle est radieux."

L'objectif principal de cette recherche est d'utiliser la technologie de l'intelligence artificielle pour diagnostiquer l'état de surface des isolateurs haute tension à l'aide d'outils de reconnaissance d'objets.

La bibliothèque TensorFlow est un élément clé dans la réalisation et le développement de notre projet. Cela est dû à la richesse des fonctions qui le composent, notamment en traitement d'images et de vidéos.

Dans cette recherche, nous avons développé un modèle qui détecte les isolateurs et juge s'ils sont propres ou sales en fonction de leur état. Notre modèle a été entraîné par une technologie d'intelligence artificielle intégrée à la bibliothèque TensorFlow et programmée par le langage Python. Voici quelques images d'isolateurs en verre haute tension dans un état propre ou sale.

Cette méthode a permis de diagnostiquer facilement l'état de surface des isolateurs avec un ordinateur à l'aide de photographies, de vidéos, d'appareils photo, etc. Pour des résultats plus précis, vous devez :

- Utilisez plus de photos dans votre base de données.
- Utiliser une excellente qualité d'image
- Petite taille d'image pour une formation plus rapide.
- Capturez tous les côtés de l'objet à détecter.
- Faites-le plus de pas possible pendant l'exercice.

La reconnaissance d'objets est l'épine dorsale de nombreuses applications pratiques de vision par ordinateur. Cependant, il reste encore de nombreux défis à exprimer toutes les difficultés rencontrées par les variables et les cibles réelles

Il existe de nombreuses possibilités d'activité dans le domaine de la détection d'objets, dont aucune ne peut être fiable à 100%, mais clairement, selon une mesure, des tentatives sont faites pour améliorer les résultats et pour en obtenir les meilleurs.

Bibliographies

BIBLIOGRAPHIES

- [1] **A. Salim, N. Yahya** «Etude de contournement des isolateurs à haute tension», mémoire de master, UNIVERSITE ECHAHID HAMMA LAKHDAR EL-OUED, 2019.
- [2] **S. Tounsi, et F. Chikh**, Influence Du Sol Sur Le Comportement D'un Modèle d'Isolateur Sous tension, Mémoire Du Projet De Fin D'études Pour L'obtention Du Diplôme d'Ingénieur d'Etat En Electrotechnique, Département De Génie Electrique, Ecole Nationale Polytechnique, 2008.
- [3] **M. Abderrahmane, D. Khalifa** «Nouvelle Méthode de contrôle d' isolateur de haute tension», mémoire de master, UNIVERSITE ECHAHID HAMMA LAKHDAR EL-OUED, 2021.
- [4] **BENKHELIL Mohammed El- Maâmoun**, Élaboration d'un Modèle Dynamique de Contournement d'un Isolateur Pollué sous une Tension Impulsionnelle, Mémoire de Magister, UNIVERSITE DE MOHAMED BOUDIAF- M'SILA, 2015/2016.
- [5] **A. Kara**, Contribution à l'étude d'un modèle dynamique de contournement d'un isolateur pollué en électrotechnique, Université Ferhat Abbes Sétif, 2013.
- [6] **S. Samia**, CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'INFLUENCE DE LA POLLUTION DISCONTINUE SUR LE COMPORTEMENT DES ISOLATEURS, Université Ferhat Abbes Sétif.
- [7] **B.Kahina, A. Ouardia**, Prédiction de la sévérité de pollution sur un isolateur réel sous tension alternative 50Hz, Mémoire magistère en électrotechnique, UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU, 2015.
- [8] **Ahmed Seddik Bouhadjar, Amokrane Mounir**, « Caractérisation de l'état de surface d'un isolateur par technique d'ondelettes modélisation », Mémoire d'Ingénieur d'Etat, ENP d'Alger, Juin 2008.
- [9] **S. BELLID, K. AMAOUZ** Effet de la pollution sur la tension de contournement des isolateurs sous tension alternative, Mémoire magistère en électrotechnique, UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU, 2017.
- [10] **B. HAMMOUM,A. KERBOUCHE**, «Etude du Phénomène de Pollution des Isolateurs de Haute Tension dans la Région Electrique du Centre Algérien», Mémoire d'Ingénieur d'Etat, ENP d'Alger, Juin 2007.
- [11] **Y. BOUZEMBRAK, A. HADDOU**, Exploitation du Signal du Courant de Fuite pour le Diagnostic de l'état du Réseau Electrique avec LabVIEW, Mémoire magistère en électrotechnique, UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU, 2015/2016.
- [12] **M'hamdi Ben alia**, « amélioration des performances des chaines d'isolateur de de haute tension », Thèse de Doctorat en Sciences, ENP, Alger, 2016.
- [13] **M. Malika LOUANCHI, M. Samia BELBAZ** "Exploitation du Signal du Courant de Fuite pour le Diagnostic de l'état du Réseau Electrique avec LabVIEW" Mémoire du projet de fin d'études laboratoire de haute tension, UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU. Juin 2015/2016.
- [14] **M.L Goff**, Techniques d'analyse de contenu appliquées à l'imagerie spatiale, Mémoire de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 2017.