

# Electrical and thermal characterization of an arc

Andriamahatana Tanjona Landry

<sup>1,2</sup>Student, GE, ED-STII, University of Antananarivo, Madagascar

Corresponding author: Professor Rakotosaona Rijalalaina, Doctor Ramarozatovo Vonjy, Doctor Randrianarivao Dannet

Submitted: 01-03-2022

Revised: 10-03-2022

Accepted: 12-03-2022

**ABSTRACT:** This work presents an experimental device comprising two electrode gates. The electric arc is then created from a HV transformer, mounted with a voltage variator. A stepper motor consists of positioning the electrode gates on the horizontal axis. The electrode used is copper. The motor is controlled by an Arduino-type microcontroller in order to be able to establish contact control between the electrodes. The experimental results obtained then make it possible to study the electrical and thermal behavior of an electric arc between two contacts. The real-time electrical measurement procedure corresponding to the arc is carried out by a Fluke 1738 electrical network analyzer, the corresponding temperature measurement procedure is carried out by a Fluke TI450 thermal camera.

**KEY WORDS :** Electric arc, cable, temperature.

## I. INTRODUCTION

This article is a contribution to the Electrical and thermal characterization of an arc.

On electrical power networks, the arc is one of the main causes of failures and damage to lines and associated systems such as distribution, transformation and switchgear. In tropical countries such as Madagascar, the appearance of these phenomena on the electrical network of the national electricity company are strongly linked to climatic conditions depending on the region.

The Navier-Stokes equation is used for modeling because the electric arc is a fluid and its movements can be described.

Propagation through transport and distribution conductors and cables depends on the electrical, mechanical and magnetic characteristics of these lines.

An experimental test bench was created to highlight the phenomenon with the different

conditions of arc appearance. The study continues on the establishment of a typical predictive model of the phenomenon.

To interpret the result, a network analyzer and a thermal camera were used.

## II. THE ELECTRIC ARC

[1]. The electric arc can be defined as an electric discharge passing through a gas between two conductors having a potential difference sufficient in relation to the ionization energy of the gases, the discharge being stable and self-sustaining.

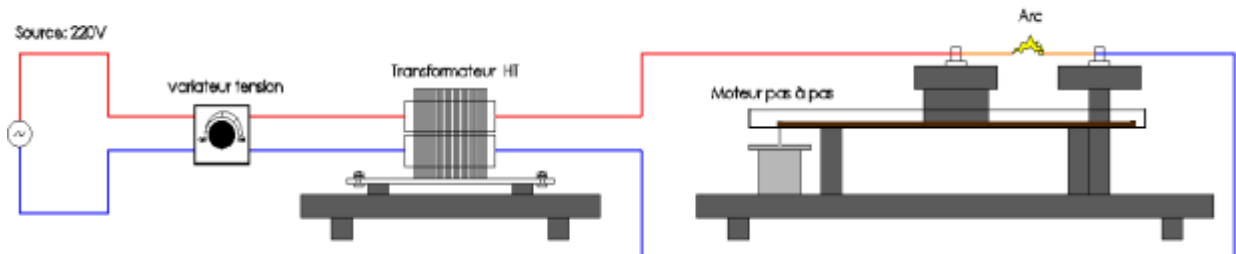
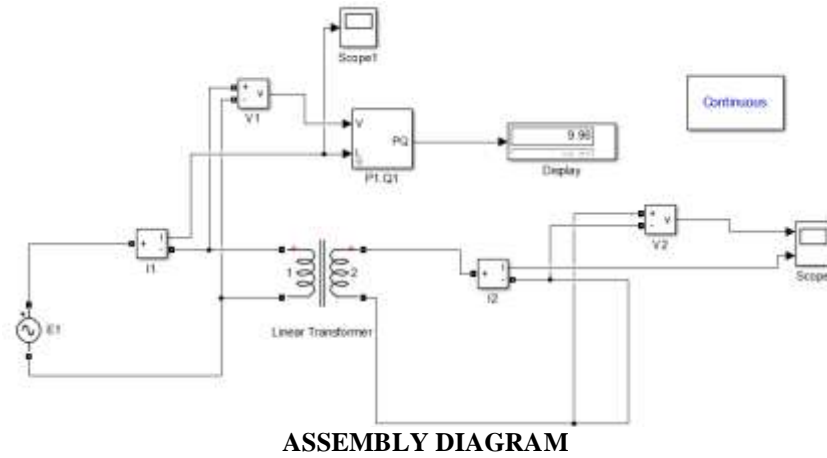
[2]. Thermal plasmas are partially or strongly ionized gases, generally created by electric arcs at atmospheric pressure.

[3]. The behavior of the plasma flow being similar to a fluid, the equations used to describe the hydrodynamic movements are the usual Navier-Stokes equations.

## III. EXPERIMENTATION

The work was carried out using an experimental device intended to reproduce an arc configuration. To obtain the arc, we made an experimental device comprising two electrode gates. The electric arc is then created from a HV transformer. The arc is struck by contact, bringing the cathode closer to the anode.

The electrical circuit whose diagram is given in the Figure below, is composed of a generator and a transformer. A switching device makes it possible to connect the secondary part of the transformer. When the device is powered up, current flows first through the primary circuit and then to the secondary. We used measuring devices such as voltmeter, ammeter and oscilloscope to see the behavior of the transformer and the arc.



During the experiment, we put two 2.5 mm<sup>2</sup> cables side by side powered by a HV transformer. This test was carried out in the open air, without taking into account the climatic conditions.

Here are the characteristics of the HV transformer:  
 $I = 2.5 \text{ A}$  and  $U = 2100 \text{ V}$

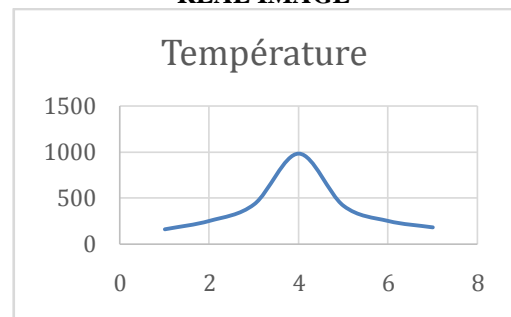
The maximum arc temperature taken by the thermal camera is 982.5°C. The distance between the cables is 0.5mm



**REAL IMAGE**



**IMAGE BY THERMAL CAMERA**



**TEMPERATURE CURVE**

**MODELISATION PAR LE LOGICIEL ARB :**  
 ARB est un code libre conçu par Dalton Harvie [4], publié sous la licence GNU General Public License (GPL). Il utilise la méthode de volume fini pour

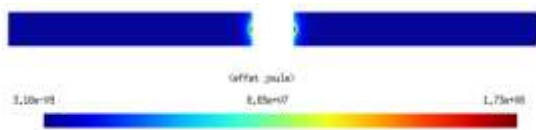
résoudre les équations aux dérivées partielles sur des maillages non structurés.

La simulation sur ARB nécessite trois fichiers : nom.arb, nom.geo et nom.msh

Le fichier nom.arb : il est créé manuellement et contient un pseudo – programme écrit en langage ARB. L'utilisateur définit dans ce fichier les constantes, les variables, les inconnues, les équations à résoudre et les conditions aux limites. Il doit être associé avec les fichiers \*.geo et \*.msh.

Le fichier nom.geo : c'est un fichier créé automatiquement par GMSH lors de la création de la géométrie. Il contient les informations nécessaires à la géométrie et peut être personnalisé. Le fichier nom.msh : c'est un fichier conçu par le générateur de maille GMSH.

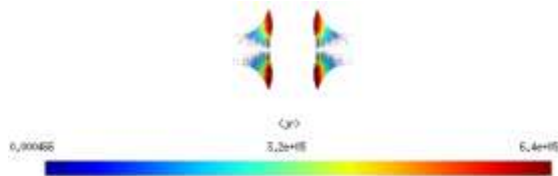
**Effet joule :**Le plasma est chauffé par effet Joule uniquement dans le domaine allant de la pointe de la cathode à cette section. D'autres auteurs ont choisi de ne pas représenter l'arc électrique et d'imposer des profils de température et de vitesse en sortie d'anode [5]. Lors de l'expérience, la valeur maximale de l'effet Joule est de  $1,73 \times 10^8$  W/m<sup>2</sup> sur chaque conducteur.



**EFFET JOULE**

**Conservation de quantité de mouvement :**Les vitesses axiale et radiale constituent le terme convectif de l'équation de l'énergie. Elles jouent un rôle important pour obtenir la bonne forme de l'arc. Dans cette équation, les vitesses axiale et radiale constituent le terme convectif de l'équation de l'énergie. Elles jouent un rôle important pour obtenir la bonne forme de l'arc.

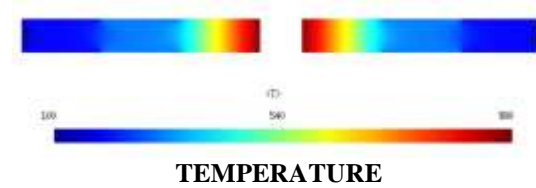
Voici le résultat de la densité de courant.



**DENSITE DE COURANT**

**Température :**L'évolution de la température de l'arc est représentée par les figures suivantes, sa valeur varie entre 366 à 177°C jusqu'à l'extinction de l'arc.

La valeur maximale de la température est de 980 °C.



#### IV. MESURES ELECTRIQUES

La mesure a été réalisée dans l'air à température ambiante et à pression atmosphérique, le déclenchement de l'arc se fait par contact. Pour toutes les mesures, la durée est de 1 mn.

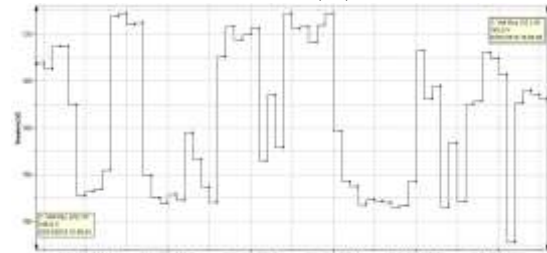
Au début, on observe d'abord une période de court-circuit suivi d'une petite étincelle. Le courant tombe ensuite à une valeur proche de zéro, ce qui s'accompagne d'une augmentation de la tension. Lorsqu'elle est suffisamment élevée l'arc s'amorce. Dans certains cas on peut également observer le déclenchement de l'arc directement à l'issue de la phase de court-circuit.

Selon les cas, un arc de longue durée peut s'amorcer ou au contraire une succession d'arcs courts peut se produire. Ainsi comme on peut le voir ci-dessous un arc la première étincelle est de 7 s, puis après une nouvelle coupure de 5 s il se réamorce pendant 10 s.

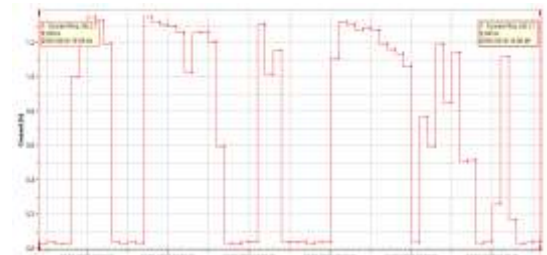
**Mesure de la tension :** En général, des chutes de tension correspondant à des étincelles successives se produisent dès la commutation de l'alimentation.

**Mesure du courant :** Dans le cas présenté sur la Figure suivante des pics de courant correspondant à des étincelles successives se produisent dès la commutation de l'alimentation.

Les mesures électriques présentées sur la figure suivante montrent un arc de 8, 7, 10 et 4s.



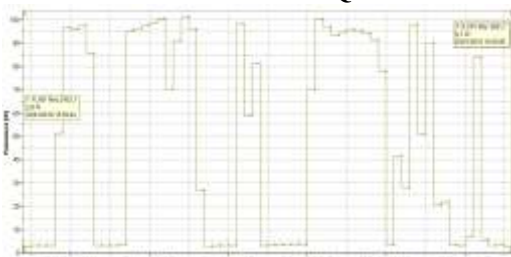
**COURBE DE LA TENSION**



**COURBE DU COURANT**



**COURBE DE LA FREQUENCE**



**COURBE DE LA PUISSANCE**

## V. CONCLUSION

L'objectif est d'étudier le comportement électrique et thermique de l'arc électrique afin de pouvoir identifier et comparer les différents phénomènes physiques présentant entre les conducteurs.

Notre première contribution personnelle dans le cadre de ce mémoire, a été de concevoir et de mettre au point un dispositif expérimental permettant de créer un arc électrique.

Un essai à l'air libre a été réalisé et on a effectué une série de mesure électrique et thermique.

Dans la vie quotidienne l'arc électrique nous présente quelques avantages comme les lampes à arc, les fours à arc, les soudures à arc, les bougies d'allumage. Mais il présente aussi des inconvénients si on ne le maîtrise pas bien comme les incendies et les explosions.

Ce travail constitue l'embryon d'une longue et vaste étude des arcs électriques au niveau de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo et même à Madagascar du point de vue expérimental. Les perspectives de travail sont nombreuses telle-que la propagation des arcs sur les autres type de conducteur et les arcs sur LES isolateurs.

## RÉFÉRENCES

- [1]. Hadi EL BAYDA, 2012, « Etude du transfert d'énergie entre un arc de court-circuit et son environnement : application à l'« Arc Tracking » »,
- [2]. A Gleizes, JJ Gonzalez et P Freton., 2005, « Thermal plasma modelling », ASME Journal Of Physics D: Applied – avril 2005.

- [3]. Freton P, Gonzalez JJ, CamyPeyret F et Gleizes, 2003, J.Phys. D : Appl. Phys.36 1269
- [4]. D. J. E. Harvie, 2012, « An implicit finite volume method for arbitrary transport equations »
- [5]. Dilawari AH , Szekeley R et Saw CB, 1990, Plasma chem. Procédé plasma 321