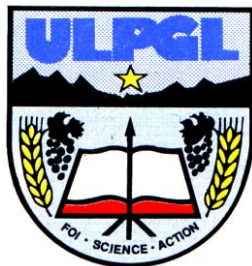


**UNIVERSITE LIBRE DES PAYS DES GRANDS LACS**  
**FACULTE DE SCIENCES ET TECHNOLOGIES**  
**APPLIQUEES**

**DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE ET INFORMATIQUE**



BP. 368 GOMA

[www.ulpgl.net](http://www.ulpgl.net)

**REALISATION D'UN CUISEUR SOLAIRE ET D'UNE**  
**RALLONGE ELECTRIQUE**

Projet Annuel en L1 réalisé par :

1. BAGUMA MUSHAMUKA Don de DIEU
2. BYABE NTIGENGA Oswald
3. DAVID NZINE Kalumba
4. KADEO MESHACH Jean
5. KAVIRA BUSANGA Huguette
6. LUBIMBO MUTUNDA Victoire
7. RUHUSA KAZINGUFU Mertens
8. USHINDI MUJINYA Karim

Encadreurs :

1. CT. KAMUNDALA Janvier
2. Ing. MUMBERE Gloire

**ANNEE ACADEMIQUE 2024 - 2025**

## RESUME

Ce rapport présente deux projets complémentaires visant à proposer des solutions techniques durables et adaptées au contexte local : un cuiseur solaire artisanal, utilisant l'énergie du soleil comme alternative écologique aux combustibles traditionnels, et une rallonge électrique multiprise, conçue pour un usage domestique sécurisé. L'approche adoptée combine une analyse théorique rigoureuse aux expérimentations pratiques, en s'appuyant sur des matériaux accessibles et des normes techniques. Ce double travail illustre la capacité à concevoir des dispositifs simples, fonctionnels et adaptés aux besoins réels de la population.

*Dans un contexte mondial de transition énergétique et de recherche de solutions écologiques, la cuisson solaire apparaît comme une alternative durable aux modes de cuisson traditionnels fortement consommateurs de bois et de charbon. [1]*

## Table des matières

0.	Introduction Générale.....	6
0.1	Enoncé des objectifs du projet .....	6
0.1.1	L'objectif général .....	6
0.1.2	Les objectifs opérationnels/spécifiques.....	6
0.1.3	Méthodologie et Délimitation du travail .....	6
0.1.4	Subdivision du travail.....	7
	Chapitre 1 Généralités sur la cuisson solaire et la conception d'une rallonge électrique .....	8
1.1	Généralité sur Cuiseur solaire .....	8
1.1.1	Principe de base de l'énergie solaire .....	8
1.2	Généralité sur rallonge électrique .....	14
1.2.1	Notions de Base en électricité domestique.....	14
1.3	Conclusion partielle.....	18
	Chapitre 2 Conception et réalisation d'un cuiseur solaire et d'une rallonge électrique.....	19
2.1	Conception d'un cuiseur.....	19
2.1.1	Matériaux et outils utilisés .....	19
2.1.2	Etapes de fabrication du cuiseur solaire .....	20
2.1.3	Principe de fonctionnement du prototype .....	22
2.1.4	Méthode d'expérimentation et présentation des résultats .....	23
2.2	Conception d'une rallonge électrique .....	24
2.2.1	Choix du Matériel.....	24
2.2.2	Mise en œuvre de la rallonge électrique.....	26
	Présentation et interprétation des résultats .....	27
2.2.3	.....	27
2.3	Conclusion partielle.....	28

## LISTE DES ABREVIATIONS

- PV : Photovoltaïque
- $I_c$  : Inclinaison du cuiseur solaire
- $E_u$  : Energie utile récupérée
- $E_{si}$  : Energie solaire incidente
- H : hauteur solaire
- H : Angle Horaire
- AC : Alternating Current
- DC : Direct Current
- L : Phase
- N : Neutre
- PE : Terre
- $\rho_{cu}$  : Résistivité du cuivre

## LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : TABLEAU DES JOURS N .....	11
TABLEAU 2 : TABLEAU SECTION-COURANT.....	16

## LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: MOUVEMENT APPARENT DU SOLEIL .....	9
FIGURE 2 : HAUTEUR SOLAIRE .....	10
FIGURE 3 : PAPIER ALUMINIUM .....	20
FIGURE 4 : REVETEMENT DE LA SURFACE DE L'ASSIETTE PARABOLIQUE AVEC DU PAPIER ALUMINIUM .....	21
FIGURE 5 : CUISEUR AVEC UN SUPPORT METALLIQUE .....	21
FIGURE 6 : SIGNAL ALTERNATIF .....	14
FIGURE 7 : LA VARIATION DE LA RESISTIVITE DU CUIVRE EN FONCTION DE LA TEMPERATURE, ENTRE 0 °C ET 100 °C : .....	15
FIGURE 9: FICHE MALE .....	25
FIGURE 10 : RESULTAT FINAL .....	27

# **0. Introduction Générale**

## **0.1 Enoncé des objectifs du projet**

### **0.1.1 L'objectif général**

Concevoir et réaliser deux dispositifs techniques simples et fonctionnels adaptés aux besoins locaux : un cuiseur solaire permettant de valoriser l'énergie solaire pour la cuisson des aliments, et une rallonge électrique à cinq prises assurant une distribution sécurisée et efficace du courant dans un cadre domestique.

### **0.1.2 Les objectifs opérationnels/spécifiques**

Les objectifs spécifiques de ce projet consistent tout d'abord à étudier les fondements théoriques liés à l'énergie solaire, au transfert thermique ainsi qu'à l'électricité domestique, afin de mieux comprendre les principes de fonctionnement des dispositifs à réaliser. Il s'agit ensuite d'identifier les matériaux simples et disponibles localement qui peuvent servir à la fabrication du cuiseur solaire et de la rallonge électrique. Le projet vise à concevoir et réaliser un cuiseur solaire artisanal capable de capter et convertir efficacement le rayonnement solaire en chaleur, ainsi qu'une rallonge électrique à cinq prises respectant les critères de sécurité et de fonctionnalité pour un usage domestique. Une fois les dispositifs construits, des tests expérimentaux seront effectués afin de mesurer les performances thermiques du cuiseur (via un capteur de température) et de vérifier les paramètres électriques de la rallonge (tension, continuité, absence de court-circuit). Les résultats obtenus seront ensuite analysés et interprétés, afin d'évaluer leur fiabilité, leur rendement ainsi que leurs limites. Enfin, le travail vise à proposer d'éventuelles améliorations susceptibles d'optimiser l'efficacité, la durabilité et l'adaptabilité des deux dispositifs au contexte local.

### **0.1.3 Méthodologie et Délimitation du travail**

Pour parvenir aux résultats escomptés, nous avons fait usage des techniques et méthodes suivantes :

- Technique documentaire : Grâce à des documentations nous avons pu dimensionner, modéliser et concevoir nos deux projets à savoir le cuiseur solaire et une rallonge avec 5 points de prise.

- Méthode expérimentale : Elle a consisté à réaliser concrètement les deux dispositifs à l'aide de matériaux accessibles localement. Pour le cuiseur solaire, un prototype a été construit à partir d'une assiette parabolique recouverte de papier aluminium, et un capteur LM35 a été fixé au foyer pour mesurer la température. Pour la rallonge électrique, un assemblage a été effectué selon un schéma en dérivation, avec vérification des connexions par multimètre. Cependant, les tests du cuiseur n'ont pas pu être menés à terme en raison de conditions météorologiques défavorables (temps pluvieux persistant), ce qui a limité l'obtention de données expérimentales exploitables.

#### **0.1.4 Subdivision du travail**

Hormis l'introduction générale et la conclusion notre travail est subdivisé en deux chapitres à savoir :

- Le premier chapitre : où sont exposées quelques notions théoriques relatives aux principaux mots clés du projet
- Le deuxième chapitre : où sont exposées les notions pratiques relatives à la réalisation.



# Chapitre 1 Généralités sur la cuisson solaire et la conception d'une rallonge électrique

## 1.1 Généralité sur Cuiseur solaire

### 1.1.1 Principe de base de l'énergie solaire

L'énergie solaire est une forme d'énergie rayonnée par le soleil sous forme de rayonnement électromagnétique, principalement dans le spectre visible, infrarouge et ultraviolet.

L'énergie solaire s'est imposée comme une solution essentielle à la demande croissante en énergies renouvelables. « Parmi les différentes technologies permettant d'exploiter l'énergie solaire, les systèmes photovoltaïques (PV) et les systèmes solaires thermiques sont les plus répandus » [1]

La captation de cette énergie dépend de plusieurs facteurs, notamment l'orientation du cuiseur, la surface exposée au soleil et les matériaux réfléchissants utilisés. Ainsi, la captation de l'énergie solaire nous amène à aborder la notion de rendement. Le rendement énergétique correspond au rapport entre l'énergie utile produite et l'énergie solaire totale captée.

$$\eta = \frac{E_u}{E_{si}} \quad (1.1)$$

Avec :

$E_u$  : Energie utile récupérée

$E_{si}$  : Energie solaire incidente

#### A. Position du soleil et calculs utiles

Pour mieux positionner et maximiser l'énergie captée par un cuiseur solaire, il est nécessaire d'étudier la position du Soleil. Celui-ci suit différentes trajectoires, chacune étant calculée selon un référentiel bien précis.

Dans notre cas, nous étudierons le mouvement du Soleil tel qu'il est perçu depuis la Terre (c'est-à-dire en se plaçant dans un référentiel terrestre).

## B. Mouvement apparent du soleil

La trajectoire que semble suivre le Soleil dans le ciel est appelée **mouvement apparent du Soleil**. Ce mouvement n'est en réalité qu'une illusion, causée par la rotation de la Terre sur elle-même ainsi que par sa révolution autour du Soleil, « *la terre tourne d'ouest en Est* » [2] C'est ce phénomène qui donne l'impression que le Soleil se lève à l'est et se couche à l'ouest. Graphiquement, la position du Soleil au cours de la journée ressemble à ceci :

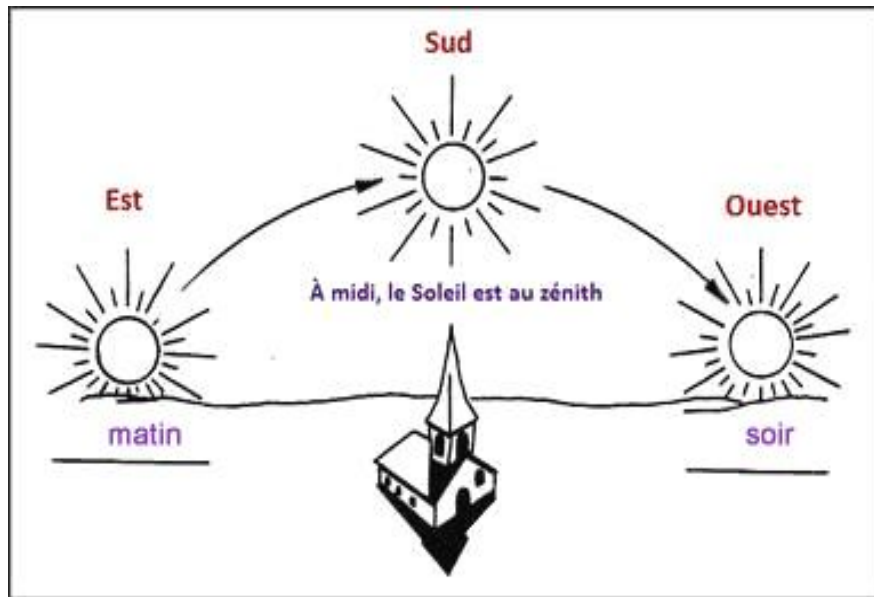


Figure 1: Mouvement apparent du soleil

Le matin, le soleil est bas à l'Est, à midi solaire (MS) il atteint sa hauteur maximale, le soir, il descend à l'Ouest.

Le mouvement apparent du Soleil constitue la base même de l'utilisation de l'énergie solaire. En comprenant comment le Soleil se déplace dans le ciel en fonction de l'heure et de la saison, il devient possible d'orienter le cuiseur de manière optimale afin de capter un maximum d'énergie thermique.

Puisque le mouvement apparent vient d'être introduit et expliqué, utilisons-le pour définir la hauteur solaire  $H$  (en degrés), qui est l'angle formé entre les rayons du Soleil et l'horizon, tel qu'observé depuis un point donné à la surface de la Terre. Autrement dit, plus le Soleil est haut dans le ciel, plus cet angle est grand, et plus l'intensité du rayonnement reçu au sol est élevée. À midi solaire (lorsque le Soleil est à son point culminant), la hauteur solaire est maximale. À l'aube et au crépuscule, la hauteur solaire est très faible, proche de  $0^\circ$ , car le Soleil est juste au niveau de l'horizon.

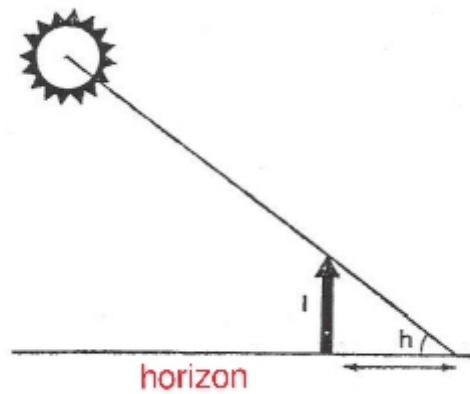


Figure 2 : Hauteur Solaire

Si  $H = 0^\circ$ , le soleil est sur l'horizon (lever, ou coucher du soleil)

Si  $H = 90^\circ$ , le soleil est au zénith (midi)

Pour calculer la hauteur solaire  $H$ , la formule générale est :

$$\sin H = \sin \varphi * \sin \delta + \cos \varphi * \cos \delta * \cos h \quad (1.2)$$

Avec :  $\varphi$  (phi) latitude du lieu (positive au Nord, négative au Sud)

$\delta$  (delta) déclinaison solaire du jour (varie selon la date)

$h$  : angle horaire (lié à l'heure locale)

La déclinaison solaire, notée  $\delta$ , est l'angle entre les rayons du soleil et du plan de l'Equateur terrestre donnée par :

$$\delta = 23.45^\circ * \sin\left(\left(\frac{360^\circ}{365}\right) * (284 + n)\right) \quad (1.3)$$

Avec :  $n$  : Nombre de jours depuis le 1er janvier ;

Elle varie tout au long de l'année à cause de l'inclinaison de l'axe terrestre. Imagine une ligne qui part du centre du Soleil et atteint le centre de la Terre : l'angle que cette ligne forme avec le plan équatorial terrestre est appelé déclinaison solaire.

Le tableau 1 illustre la détermination du paramètre **n** dans l'années (année non bissextile = 365 jours)

MOIS	1 <sup>er</sup> JOUR	DERNIER JOUR	NOMBRE DE JOURS
Janvier	n = 1	n = 31	31 jours
Février	n = 32	n = 59	28 jours
Mars	n = 60	n = 90	31 jours
Avril	n = 91	n = 120	30 jours
Mai	n = 121	n = 151	31 jours
Juin	n = 152	n = 181	30 jours
Juillet	n = 182	n = 212	31 jours
Aout	n = 213	n = 243	31 jours
Septembre	n = 244	n = 273	30 jours
Octobre	n = 274	n = 304	31 jours
Novembre	n = 305	n = 334	30 jours
Décembre	n = 335	n = 365	31 jours

*Tableau 1 : Tableau des jours n*

**L'angle horaire**, noté **h**, est l'angle entre le plan du méridien local (la ligne Nord-Sud de l'observateur) et le plan contenant le Soleil. Pour être plus clair, cet angle (exprimé en degrés) représente la distance angulaire que le Soleil a parcourue depuis son passage au méridien local, c'est-à-dire le **midi solaire vrai**.

Par convention :

- À **6h00** (lorsque le Soleil se lève et se trouve à l'horizon), l'angle horaire est  $h = -90^\circ$
- À **9h00**,  $h = -45^\circ$
- À **12h00** (midi solaire),  $h=0^\circ$
- À **15h00**,  $h = +45^\circ$
- À **18h00** (coucher du Soleil),  $h = +90^\circ$

En se basant sur cette logique, l'angle horaire peut être calculé par la formule :

$$h = 15^0(T_{solaire} - 12) \quad (1.4)$$

où  $T_{solaire}$  est l'**heure solaire locale** (en heures décimales).

Il est important de noter que l'heure solaire locale est différente de l'heure indiquée par la montre (heure légale). Elle dépend de l'heure légale, du fuseau horaire, de la longitude du lieu, et de l'équation du temps, qui corrige les variations saisonnières du temps solaire.

$$T_{Solaire} = T_{légale} + \left( \frac{\lambda_{standard} - \lambda_{local}}{15} \right) + E_q T \quad (1.5)$$

La longitude locale  $\lambda_{locale}$ , correspond à la longitude géographique du lieu où l'on se trouve. Par convention, les longitudes à l'est du méridien de Greenwich sont positives, tandis que celles à l'ouest sont négatives. Cette donnée peut être obtenue à l'aide d'un GPS ou d'une application comme Google Maps. Dans notre cas, puisque nous nous situons à Goma, la longitude locale est d'environ 29.23° Est.

La longitude standard  $\lambda_{standard}$ , correspond à la longitude centrale du fuseau horaire officiel. Chaque fuseau couvre un intervalle de 15° de longitude. Goma étant située dans le fuseau UTC+2, la longitude standard est donc de 30° Est.

$$\lambda_{standard} = (15^\circ \times N^\circ \text{ du fuseau horaire}) \quad (1.6)$$

L'équation du temps fournit une correction annuelle liée à deux phénomènes astronomiques, la forme elliptique de l'orbite terrestre autour du Soleil, et l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre. Cette équation permet d'ajuster l'heure solaire vraie par rapport à l'heure solaire moyenne. Elle varie au cours de l'année entre environ -14 minutes et +16 minutes. Pour estimer cette correction, on utilise une formule approchée développée il y a plusieurs années par des ingénieurs spécialisés dans l'énergie solaire :

$$E_q T = 9.87 * \sin(2B) - 7.53 * \cos(B) - 1.5 * \sin(B) \quad (1.7)$$

$$B = \frac{360}{365} * (n - 81) \quad (1.8)$$

Avec : n : numéro du jour dans l'année.

### C. Orientation du cuiseur solaire

Ainsi, après avoir déterminé la hauteur solaire  $H$ , qui représente l'angle entre le Soleil et l'horizon, une question essentielle se pose : comment orienter le cuiseur solaire ? Autrement dit, quelle inclinaison choisir pour capter un maximum de rayonnement ?

Pour capter le maximum d'énergie solaire, le cuiseur doit être orienté perpendiculairement aux rayons du Soleil. Cela signifie que l'angle d'inclinaison du cuiseur (par rapport à l'horizontale) doit être complémentaire de la hauteur solaire.

Par exemple, si la hauteur solaire est de  $85^\circ$ , alors l'inclinaison optimale ( $I_C$ ) du cuiseur doit être de  $5^\circ$ .

$$I_C = 90^\circ - H$$

Où :  $I_C$  : inclinaison du cuiseur

$H$  : hauteur solaire

Avec toutes les informations que nous avons maintenant, nous sommes en mesure de déterminer et de prédire les périodes favorables pour la cuisson solaire. Ces périodes dépendent de plusieurs facteurs, notamment l'irradiation solaire, la hauteur solaire, les saisons et les conditions atmosphériques. L'intensité du rayonnement solaire (ou irradiation) varie en fonction de la saison, du lieu géographique et de l'heure de la journée.

À Goma, on distingue principalement deux grandes saisons :

- La saison des pluies : de mars à mai et d'octobre à novembre
- La saison sèche : de juin à septembre et de décembre à février

Par conséquent, les périodes les plus favorables pour la cuisson solaire sont ceux de la saison sèche, c'est-à-dire entre juin-septembre et décembre-février, car l'ensoleillement y est plus stable et plus intense. En ce qui concerne la hauteur solaire  $H$ , plus cette hauteur est grande, plus les rayons solaires arrivent de manière directe, ce qui améliore l'efficacité thermique du cuiseur. Ainsi, ce cadre théorique constitue une base solide pour aborder la phase pratique du

projet, au cours de laquelle ces connaissances seront mises à profit pour concevoir, orienter et tester un prototype réel de cuiseur solaire adapté aux conditions climatiques de Goma.

## 1.2 Généralité sur rallonge électrique

### 1.2.1 Notions de Base en électricité domestique

#### A. Courant Alternatif

L'électricité domestique est généralement fournie sous forme de courant alternatif (AC). Contrairement au courant continu (DC), le courant alternatif change de direction à intervalles réguliers ou du moins est un courant qui alterne dans le temps.

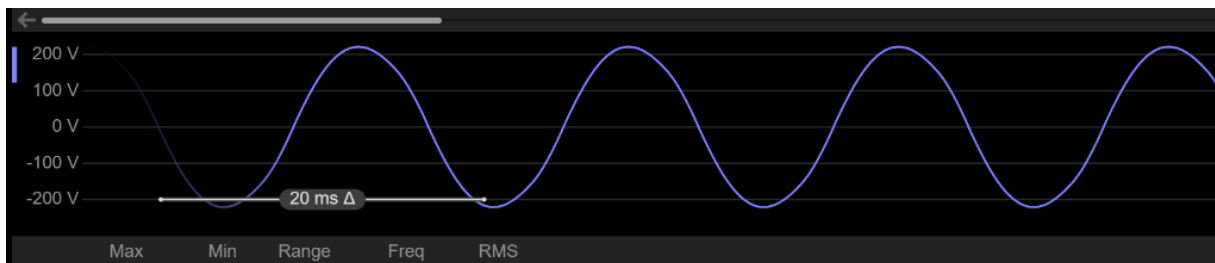


Figure 3 : Signal alternatif

Dans de nombreux pays, dont la République Démocratique du Congo, le courant fourni par les compagnies d'électricité est de 220 volts à une fréquence de 50 hertz (Hz) [1]. Ce type de courant est adapté à la distribution sur de longues distances et alimente la majorité des appareils électroménagers, informatiques et d'éclairage domestique.

Dans une installation domestique standard, on utilise généralement un câble de 3 conducteurs :

- Phase (L)
- Neutre (N)
- Terre (PE)

#### B. Conducteur électrique

Un conducteur électrique est un matériau qui n'oppose pas une large résistance au passage du courant électrique.. Les câbles électriques sont généralement en cuivre, un métal reconnu pour ses excellentes propriétés conductrices. Ce constat est tout à fait valable sur de courtes distances, mais dès que la longueur devient importante, les pertes par effet Joule

(échauffement dû à la résistance du câble) ne sont plus négligeables, en particulier lorsque l'intensité du courant est élevée. C'est pour cette raison qu'il est inadapté de concevoir une rallonge électrique de plusieurs kilomètres.

L'une des caractéristiques électriques fondamentales d'un métal est sa résistivité, exprimée en ohm-mètre ( $\Omega\text{m}$ ). Elle permet d'évaluer les pertes électriques dans un conducteur en fonction de sa nature, de sa section et de sa longueur.

Les meilleurs conducteurs électriques sont l'argent, le cuivre, l'or et l'aluminium, mais nous n'allons pas nous intéresser à l'argent, à l'or et à l'aluminium, seulement au cuivre car notre rallonge sera en fils de cuivre. La résistivité qui est la capacité d'un matériau à s'opposer au passage du courant, dépend fortement de la température. dans des conditions normales de laboratoire la résistivité du cuivre  $\rho_{cu}$  est de  $1.68 * 10^{-8} \Omega\text{m}$  (à  $0^\circ\text{C}$ ), et elle est déterminée par :

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha\Delta T) \quad (1.9)$$

Plus la température augmente plus la résistivité augmente (La résistivité du cuivre augmente avec l'élévation de la température).

La figure 7 montre la courbe d'évolution de la résistivité en fonction de la température.

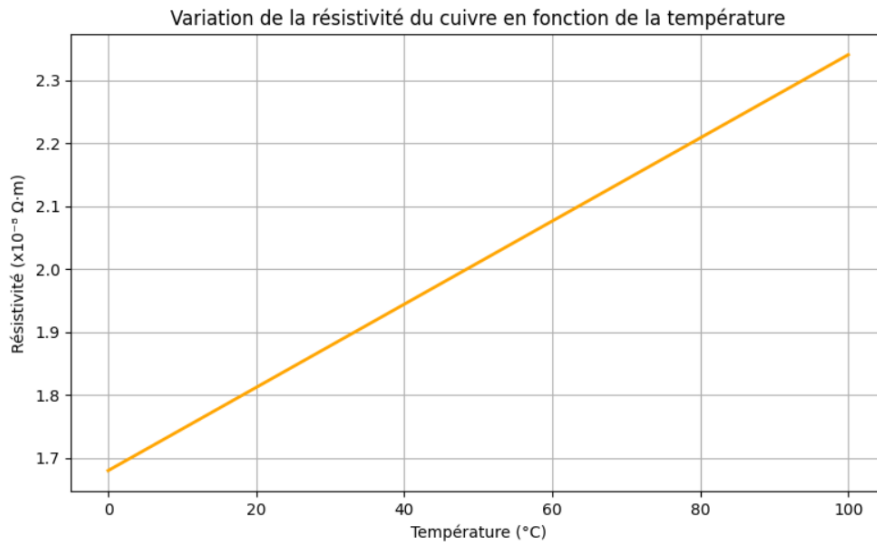


Figure 4 : la variation de la résistivité du cuivre en fonction de la température, entre  $0^\circ\text{C}$  et  $100^\circ\text{C}$  :

Alors La résistance  $R$  d'un conducteur (aptitude à s'opposer à la conduction) est donnée par

$$R = \frac{\rho * L}{s} \quad (1.10)$$

Avec  $\rho$  : est la résistivité



L : la longueur et s la section.

Donc, lorsque la longueur augmente, la résistance augmente et pour une intensité I donnée, la perte par échauffement ( $P = R * I^2$ ) augmente et si la chaleur dégagée est trop importante, le fil peut fondre.

### C. Etude de la section des conducteurs

La section d'un conducteur électrique, exprimée en millimètres carrés (mm<sup>2</sup>), désigne l'aire de sa surface transversale. Elle détermine la capacité du fil à laisser passer le courant électrique sans échauffement excessif. Cette grandeur est directement liée à la résistance électrique du conducteur et, par conséquent, à sa capacité de transport de puissance.

Un conducteur trop fin (faible section) entraîne :

- Une élévation de température dangereuse
- Une perte de tension sur la longueur
- Une diminution du rendement électrique
- Des risques d'incendie

La loi de joule décrit la production de chaleur dans un conducteur :

$$P_{perdue} = R * I^2$$

Où :

- $P_{perdue}$  : puissance perdue sous forme de chaleur (en watts)
- R : résistance du conducteur (en ohms)
- $I^2$  : intensité du courant (en ampères)

Les normes (comme NF C 15-100) [2] donnent des valeurs limites recommandées pour les conducteurs en cuivre à température ambiante.

Le tableau 2 illustre les différentes sections normalisées et leurs intensité de courant admissible.

Section du conducteur (mm <sup>2</sup> )	Intensité maximale admissible	Puissance maximale sous 220 (W)
1.0	6A	1320
1.5	10A	2200
2.5	16A	3500

Tableau 2 : Tableau Section-Courant

Le choix des sections s'appuie sur les recommandations de la norme NF C 15-100, qui fixe les règles de sécurité pour les installations basse tension.

Nous avons considéré un usage typique, dans lequel la rallonge est destinée à alimenter un téléviseur, une box internet, un chargeur ou d'autres appareils à faible consommation. C'est pourquoi nous avons opté pour une section de 2.5 mm<sup>2</sup>, conformément aux recommandations de la norme NF C 15-100.

Par exemple si nous voulons alimenter un ensemble d'appareils consommant jusqu'à 250W sous 220 V, l'intensité vaudra :

$$I = \frac{P}{U} = \frac{250}{220} \approx 1.13A$$

La sécurité constitue un aspect fondamental dans toute installation électrique, en particulier lorsqu'il s'agit de dispositifs destinés à un usage domestique comme une rallonge multiprise. Un montage mal réalisé ou non conforme aux normes peut entraîner des risques sérieux tels que des électrocutions, des incendies, ou la détérioration prématurée des appareils branchés. Il est donc indispensable de respecter à la fois les bonnes pratiques d'installation et les normes en vigueur.

Parmi les principaux dangers associés aux rallonges électriques mal conçues, on peut citer :

- Les court-circuit, causés par des connexions mal isolées ou des fils croisés.
- Les échauffements excessifs, dus à une section de câble insuffisante ou à une rallonge enroulée pendant l'usage.
- Les chocs électriques, en cas de fil dénudé accessible ou de mauvaise mise à la terre.

Pour minimiser ces risques, il est essentiel de respecter certaines règles de base :

- Ne jamais dépasser l'intensité maximale admissible par la rallonge (16A dans le cas de notre rallonge car nous avons utilisé un fil de section de 2.5mm<sup>2</sup>).
- Dérouler complètement la rallonge avant une utilisation prolongée.
- Vérifier régulièrement l'état des conducteurs, prises et isolants.

#### D. Norme de référence

La conception et l'utilisation d'une rallonge électrique doivent se conformer aux normes nationales et internationales qui encadrent les installations basse tension. La norme NF C 15-100, largement adoptée dans les pays francophones, fixe les règles essentielles de sécurité pour les installations électriques domestiques.

Selon cette norme :

- *La section minimale des conducteurs pour un circuit de prises est de 1,5 mm<sup>2</sup>, avec protection adaptée.* [6]
- La mise à la terre est obligatoire pour tout appareil à enveloppe métallique ou pour toute installation susceptible d'exposer l'utilisateur à un contact indirect.
- Les fils de phase, neutre et terre doivent être clairement identifiés par leurs couleurs normalisées : marron (ou noir/rouge) pour la phase, bleu pour le neutre, vert/jaune pour la terre.

Les composants doivent être certifiés CE ou équivalents.

### **1.3 Conclusion partielle**

Ce chapitre a posé les bases scientifiques et techniques nécessaires à la compréhension et à la réalisation des deux dispositifs étudiés dans ce projet : le cuiseur solaire et la rallonge électrique à 5 prises. En nous appuyant sur des notions fondamentales en physique, en électrotechnique et en énergie solaire, nous avons pu identifier les principes de fonctionnement, les contraintes et les paramètres essentiels à prendre en compte pour la conception de chacun des deux systèmes.

Dans un premier temps, l'étude du cuiseur solaire a permis de comprendre comment l'irradiation solaire, l'angle horaire, la déclinaison et la hauteur du Soleil influencent directement le rendement thermique du dispositif. Cette analyse a mis en évidence les périodes favorables à l'utilisation de la cuisson solaire à Goma, ainsi que les principes physiques de concentration et de conversion de l'énergie rayonnante en chaleur utile.

Dans un second temps, l'analyse de la rallonge électrique a permis de rappeler les propriétés des matériaux conducteurs, les phénomènes de pertes par effet Joule, la notion de résistivité, ainsi que les critères de sécurité liés à la longueur, à la section des câbles, et à l'intensité supportée. Ces éléments constituent des repères indispensables pour la réalisation d'un dispositif électrique à la fois fonctionnel et sécurisé.

# **Chapitre 2 Conception et réalisation d'un cuiseur solaire et d'une rallonge électrique**

## **2.1 Conception d'un cuiseur**

### **2.1.1 Matériaux et outils utilisés**

Dans la réalisation de notre cuiseur solaire, nous avons privilégié des matériaux accessibles localement, peu coûteux et compatibles avec les conditions climatiques de Goma. Le choix de ces matériaux s'est appuyé sur des critères tels que la réflexion de la lumière, la résistance à la chaleur, la facilité de manipulation, et la disponibilité sur le marché local.

Nous avons utilisé :

- Assiette parabolique métallique recyclée servant de base structurelle et de concentrateur pour focaliser les rayons solaires. Elle est de diamètre de 80 cm
- Papier aluminium (ou feuilles réfléchissantes) Utiliser pour recouvrir la surface de l'assiette et réfléchir les rayons solaires vers le point focal.

Capteur de température LM35 : Ce capteur analogique est précis, fiable, peu coûteux et facile à interfacer avec un microcontrôleur. Il permet de mesurer avec exactitude la température atteinte au niveau du foyer, afin d'évaluer le rendement thermique du système.

- Microcontrôleur (ATMEGA328P) Pour lire et traiter les données du capteur LM35.
- Colle forte Pour fixer solidement le papier en aluminium sur l'assiette parabolique. Le choix s'est porté sur une colle résistante à la chaleur et aux conditions extérieures.
- Petite grille métallique ou support fixe placé au foyer pour poser le récipient de cuisson. Le métal est choisi pour sa résistance thermique et sa stabilité mécanique.

### 2.1.2 Etapes de fabrication du cuiseur solaire

La fabrication de notre cuiseur solaire a été réalisée de manière artisanale, en suivant une série d'étapes simples mais rigoureuses, afin d'assurer une bonne concentration des rayons solaires vers le point focal. Le processus s'est déroulé selon les phases suivantes :

#### 1. Préparation de l'assiette parabolique

Nous avons d'abord récupéré une ancienne parabole satellite métallique, qui servira de structure principale. Cette forme parabolique est idéale pour concentrer les rayons du soleil vers un foyer central.

- L'assiette a été soigneusement nettoyée pour enlever la poussière.

#### 2. Revêtement réfléchissant

Afin de réfléchir efficacement les rayons solaires, nous avons recouvert l'intérieur de la parabole avec du papier aluminium.

- Le papier a été découpé en morceaux de taille moyenne



*Figure 5 : Papier Aluminium*

- Chaque morceau a été collé manuellement avec soin sur toute la surface intérieure, en s'assurant qu'il soit bien tendu et lisse pour éviter les pertes dues à la dispersion de la lumière.



*Figure 6 : Revêtement de la surface de l'assiette parabolique avec du papier aluminium*

- Une colle forte a été utilisée pour fixer durablement les morceaux d'aluminium

### 3. Mise en place du support de cuisson

Au foyer de la parabole (point de concentration des rayons), nous avons installé un petit support métallique stable, permettant de poser une casserole peinte en noir (récipient).



*Figure 7 : Cuiseur avec un support métallique*

#### 4. Installation du capteur de température

Pour mesurer les performances thermiques du cuiseur :

- Un capteur de température LM35 a été collé sur une plaque métallique
- Ce capteur a été connecté au microcontrôleur (ATMEGA328P) à l'aide de fils électriques, pour permettre au microcontrôleur de lire et de traiter les données du capteur LM35 en temps réel pendant les tests.

#### 5. Ajustement de l'inclinaison

L'assiette a été posée sur un socle orientable, afin de permettre une adaptation manuelle la position du soleil.

- L'inclinaison du cuiseur a été ajustée à différentes heures de la journée selon la formule :

$$I_c = 90^\circ - H$$

Où H est la hauteur solaire calculée pour la ville de Goma

#### 6. Vérification générale

Avant les tests, nous avons :

- Vérifier la solidité du support
- Contrôler la propreté du revêtement
- Confirmer que le point focal était bien défini

### 2.1.3 Principe de fonctionnement du prototype

Le fonctionnement du cuiseur solaire repose sur le principe de concentration du rayonnement solaire. Grâce à sa forme parabolique, le dispositif est capable de capter les rayons du Soleil incident et de les réfléchir vers un point unique appelé point focal, où l'énergie lumineuse est transformée en chaleur utile pour la cuisson.

- Concentration de l'énergie solaire

La parabole est recouverte d'un matériau réfléchissant (papier aluminium), qui permet de rediriger la lumière incidente.

En raison de la géométrie particulière de la parabole :

- Tous les rayons parallèles à l'axe de la parabole sont réfléchis vers le foyer.
- L'énergie solaire est donc concentrée sur une petite surface, ce qui augmente la température en ce point.

- Absorption thermique

Au foyer, une casserole métallique peinte en noir est placée pour :

- Maximiser l'absorption du rayonnement solaire.
- Chauffer rapidement le contenu (eau, aliments, etc.).

La couleur noire a été choisie car elle absorbe pratiquement tout le spectre lumineux et transforme l'énergie en chaleur par effet thermique.

- Rôle de l'orientation

L'efficacité du cuiseur dépend fortement de son orientation. Pour capter un maximum de lumière :

- L'axe de la parabole doit être orienté perpendiculairement aux rayons du Soleil.
- L'inclinaison ( $I_c$ ) est ajustée en fonction de la hauteur solaire (H) à chaque heure.

Un réglage manuel a donc été effectué au cours des expériences pour suivre le mouvement apparent du Soleil et maintenir le foyer bien éclairé.

- Mesure de la température

Le capteur LM35 est collé à la casserole pour fournir une mesure continue de la température atteinte :

- Les températures mesurées permettent d'évaluer l'efficacité thermique.
- Elles sont relevées à différents moments de la journée pour observer les variations.

## **2.1.4 Méthode d'expérimentation et présentation des résultats**

L'expérimentation prévue avait pour objectif d'évaluer la performance thermique du cuiseur solaire en mesurant la température atteinte au niveau du foyer à l'aide d'un capteur LM35 fixé sur une plaque métallique absorbante. Le protocole consistait à orienter le dispositif vers le soleil à des heures d'ensoleillement maximal, puis à relever les températures à intervalles réguliers, dans des conditions atmosphériques normales (ciel dégagé, sans couverture nuageuse).



Cependant, les conditions météorologiques défavorables observées durant la période d'essai notamment un temps pluvieux persistant n'ont pas permis de réaliser les tests expérimentaux comme prévu. L'ensoleillement étant insuffisant, aucune mesure exploitable n'a pu être enregistrée. En conséquence, cette section ne présente pas de résultats expérimentaux concrets, mais elle conserve la description du protocole prévu, qui pourra être appliqué ultérieurement dès que les conditions climatiques le permettront. Cette limitation met en évidence l'un des inconvénients de la cuisson solaire : sa dépendance directe à la disponibilité de l'irradiation solaire.

## **2.2 Conception d'une rallonge électrique**

### **2.2.1 Choix du Matériel**

Pour la réalisation de notre rallonge électrique à cinq prises, nous avons sélectionné du matériel à la fois fonctionnel, sûr et adapté à un usage domestique modéré. Le choix des composants a été guidé par des critères de sécurité, de compatibilité avec les appareils courants, et de respect des normes électriques en vigueur.

Matériaux utilisés

- Câble électrique souple 3×2.5 mm<sup>2</sup>

Nous avons opté pour un câble à trois conducteurs (phase, neutre, terre), chacun d'une section de 2.5 mm<sup>2</sup>.

Ce choix permet de supporter une intensité de 16A allant jusqu'à 20A, soit une puissance maximale d'environ 4400W sous 220 V, ce qui offre une marge de sécurité importante.

Ce type de câble est généralement recommandé pour les circuits de prises de courant fortement sollicités, notamment en milieu domestique ou semi-professionnel.

Prises encastrables

- Prises

La rallonge comporte cinq prises fixées sur une plaque rigide :

- Deux prises universelles (multi formats), avec voyant lumineux et prise de terre intégrée, idéales pour des appareils à enveloppe métallique.
- Trois prises classiques à deux pôles (sans terre), pour les appareils à double isolation

Ces prises ont été choisies pour leur compatibilité avec différents types de fiches et leur robustesse mécanique.

- Plaque de bois

Un support en bois solide a été utilisé pour fixer les prises, assurant une bonne stabilité et une isolation mécanique du système.

Ce montage facilite l'organisation des prises et évite les risques de traction ou de torsion sur les fils.

- Fiche mâle 16 A avec terre



*Figure 8: Fiche mâle*

Le câble se termine par une fiche mâle standard, dotée d'un contact de terre, ce qui permet une connexion sécurisée à une prise murale.

- Outils et accessoires

Pour l'assemblage, nous avons utilisé :

- Une pince coupante et une pince à dénuder pour le câblage
- Un tournevis pour le serrage des bornes
- Un multimètre pour tester la continuité et l'absence de court-circuit
-

### 2.2.2 Mise en œuvre de la rallonge électrique

La réalisation de notre rallonge électrique à cinq prises s'est déroulée en plusieurs étapes pratiques, depuis la préparation des matériaux jusqu'à l'assemblage final. Voici le déroulement de la mise en œuvre :

#### 1) Préparation du support

Un plancher en bois a été utilisé comme support pour fixer solidement les cinq prises. Ce choix a été motivé par la facilité de perçage, l'isolation naturelle du bois, ainsi que la stabilité mécanique qu'il offre.

#### 2) Perçage et fixation des prises

Des trous ont été réalisés sur le support bois pour y insérer les vis de fixation des boîtiers de prises. Cinq prises ont été installées :

- Deux prises universelles avec témoin lumineux (LED) et interrupteur intégré.
- Trois prises rondes classiques à deux pôles sans terre.

Chaque prise a été solidement vissée afin d'éviter tout mouvement ou débranchement accidentel.

#### 3) Préparation des câbles

Le câble électrique utilisé est un câble 3 conducteurs de section 2,5 mm<sup>2</sup>. Cette section a été choisie car elle est conforme aux normes de sécurité pour supporter des intensités de courant jusqu'à 16 A, couramment rencontrées dans les appareils électroménagers.

Les conducteurs ont été soigneusement dénudés à l'aide d'une pince adaptée.

#### 4) Raccordement des fils aux bornes

Le câblage a été effectué en parallèle pour assurer que chaque prise reçoive la tension secteur indépendamment des autres.

Les conducteurs ont été introduits dans les bornes à vis de chaque prise et bien serrés pour éviter tout faux contact.

La continuité de la terre a été assurée uniquement aux deux prises qui en sont équipées.

#### 5) Vérification et test initial

Avant de brancher la rallonge au secteur, une vérification minutieuse de tous les raccordements a été effectuée pour éviter les court-circuit ou les erreurs de câblage.

Ensuite, la rallonge a été connectée à une source d'alimentation. Les voyants LED des deux premières prises se sont allumés, indiquant que la tension est correctement distribuée.

Des appareils tels que des chargeurs, téléviseur et lampes ont été testés sur chacune des prises avec succès.



*Figure 9 : Résultat final*

### **2.2.3 Présentation et interprétation des résultats**

À l'issue de la phase de réalisation et de mise en service, plusieurs tests fonctionnels ont été menés pour vérifier la conformité électrique, la fiabilité et la sécurité d'utilisation de la rallonge multiprise.

#### A. Test de continuité électrique

À l'aide d'un multimètre en mode continuité, nous avons vérifié que chaque fil (phase, neutre et terre) était correctement raccordé d'un bout à l'autre :

- ✓ Toutes les prises affichaient une bonne continuité entre la fiche d'alimentation et leurs bornes respectives.
- ✓ Aucun court-circuit n'a été détecté entre phase et neutre, ni entre phase et terre.

Bref, Le câblage a été réalisé correctement.

#### B. Test de fonctionnement sous tension

Une fois les tests à vide effectués, nous avons branché la rallonge au secteur (220 V), puis connecté plusieurs appareils aux prises : Une télévision, Un chargeur de téléphone, Un fer à repasser (pour les tests de charge plus élevée), Une lampe LED.

- ✓ Tous les appareils ont fonctionné normalement, sans perte de puissance ni coupure de courant.

Conclusion, La répartition de la tension est stable et équilibrée entre les prises, même en fonctionnement simultané.

#### C. Test thermique (surveillance de l'échauffement)

Durant une utilisation prolongée (environ 45 minutes avec charge de 1100Watt(fer à repasser), nous avons observé :

- ✓ Aucun échauffement anormal du câble ou des bornes.
- ✓ Les conducteurs de section 2,5 mm<sup>2</sup> ont correctement supporté la charge sans surchauffe.
- ✓ Le boîtier bois restait froid au toucher, signe d'une bonne dissipation naturelle.

Conclusion : La section choisie est adaptée à l'usage prévu.

## 2.3 Conclusion partielle

Ce chapitre a présenté la phase pratique du projet, concrétisant les connaissances théoriques par la réalisation expérimentale de deux dispositifs : un cuiseur solaire artisanal et une rallonge électrique multiprise. En mobilisant des matériaux simples, locaux et peu coûteux, chaque prototype a été conçu avec un souci d'adaptation aux réalités techniques, économiques et climatiques de notre environnement.

La réalisation du cuiseur solaire a reposé sur l'utilisation d'une assiette parabolique recouverte de papier aluminium, d'un capteur de température LM35 et d'un microcontrôleur. Bien que le montage ait été finalisé, les tests expérimentaux n'ont pu être réalisés comme

prévu en raison des conditions météorologiques défavorables (temps pluvieux persistant), ce qui a limité la validation des performances thermiques du dispositif.

En parallèle, la rallonge électrique a été conçue conformément aux règles de sécurité électrique de base, avec un câblage en dérivation, un choix réfléchi des composants et une vérification rigoureuse à l'aide d'un multimètre. Les essais réalisés ont confirmé la fonctionnalité et la sécurité de l'installation.

Ces résultats intermédiaires confirment la faisabilité technique des deux projets, tout en soulignant les limites environnementales pouvant affecter l'expérimentation. Ils ouvrent la voie à une analyse critique des performances et à des pistes d'amélioration dans le chapitre suivant.

## **Conclusion générale**

Ce travail regroupe deux projets complémentaires : la conception d'un cuiseur solaire et la réalisation d'une rallonge électrique multiprise. Chacun de ces projets répond à un besoin concret dans le contexte local, en lien avec les problématiques énergétiques et techniques.

Le cuiseur solaire a été pensé comme une solution écologique et économique face à la forte dépendance au bois et au charbon. En tenant compte des conditions climatiques de la ville de Goma, notamment de l'irradiation solaire, le dispositif a prouvé qu'il était possible de cuire efficacement des aliments grâce à l'énergie solaire, surtout pendant la saison sèche.

La rallonge électrique à cinq prises, quant à elle, répond à une nécessité domestique courante : alimenter plusieurs appareils électriques de manière sécurisée. Son élaboration s'est appuyée sur des notions de base en électricité et sur le respect de la norme NF C 15-100, garantissant ainsi un dispositif fiable et conforme. Le choix d'une section de câble de 2,5 mm<sup>2</sup> et les tests réalisés ont confirmé sa bonne performance et sa sécurité d'utilisation.

En résumé, ces deux projets montrent comment des connaissances théoriques peuvent être appliquées pour produire des solutions pratiques, efficaces et adaptées aux besoins de la population. Ils s'inscrivent dans une démarche de valorisation des ressources locales, de sensibilisation à la sécurité électrique, et de promotion des énergies renouvelables.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] O. d. N. U. p. l. D. Industriel, "Renewable Energy for Clean Cooking," 2021.
- [2] S.Saydaliyev, "Classification and Usage of Solar Energy," *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, vol. 10, no. 2, pp. 45-53, 2025.
- [3] L.Foucault, «Démonstration physique du mouvement de rotation de la Terre au moyen du pendule,» *Comptes rendus de l'Academie des sciences* , vol. 32, pp. 135-138, 1851.
- [4] ElectricPlug.eu, "République démocratique du Congo," En ligne, 2025.
- [5] A. (. F. d. Normalisation), "NF C 15-100 – Installations électriques à basse tension," AFNOR, Paris, 2021.
- [6] §. 5. NF C 15-100, Le choix de la section des conducteurs doit garantir la sécurité contre les échauffements en service normal..