



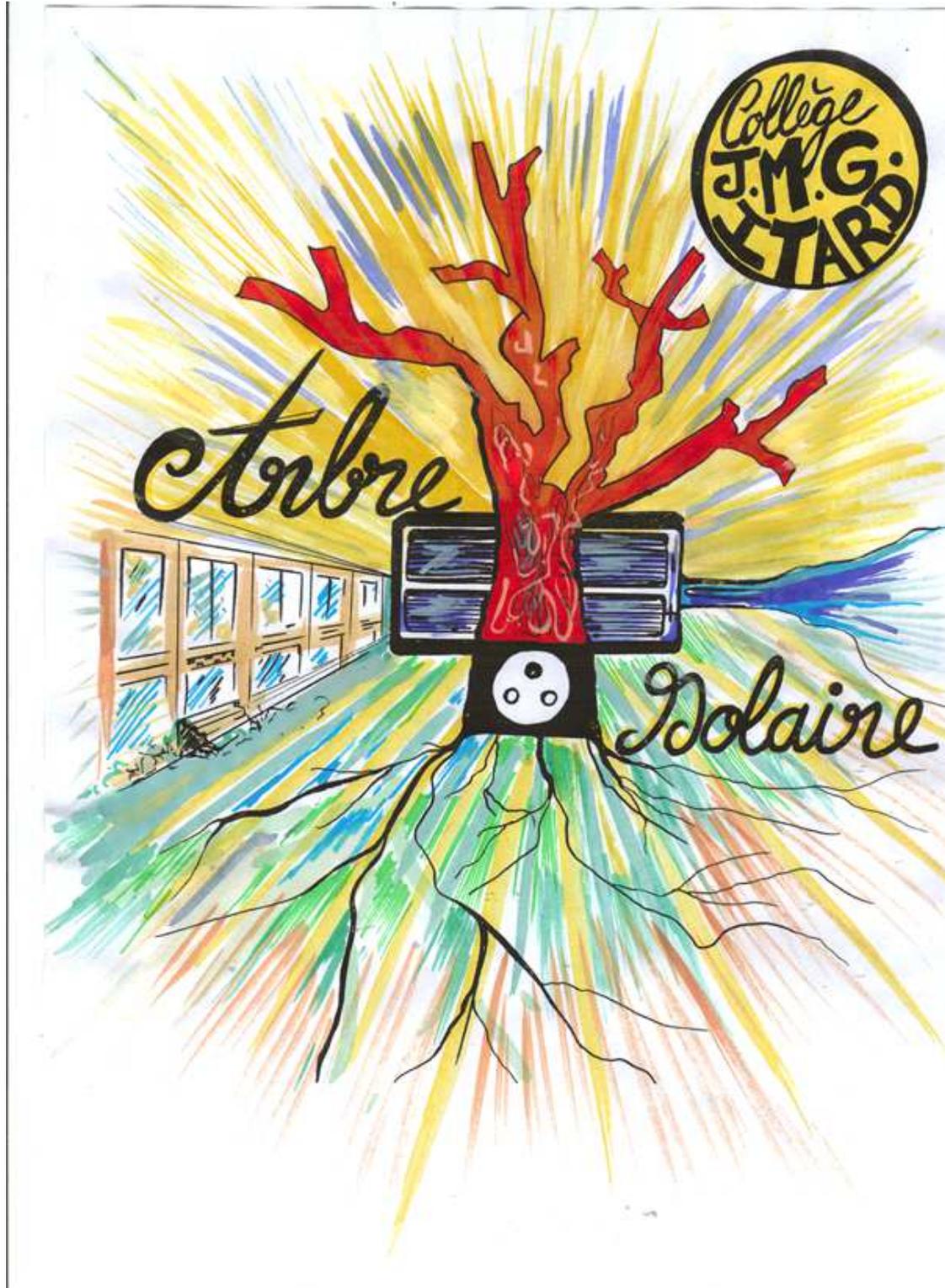
ministère  
éducation  
nationale

Sciences à l'École



C.gENial

Fondation pour la culture  
scientifique et technique



# Table des matières.

## Introduction

### I. Constat de départ.

### II. Vérification de notre première hypothèse: l'orientation des feuilles.

#### 1. La phyllotaxie.

1.1. La suite de Fibonacci.

1.2. Description des dispositions des feuilles.

#### 2. Réalisation d'une maquette.

#### 3. Structure choisie.

### III. Vérification de notre deuxième hypothèse: l'inclinaison des feuilles.

#### 1. Etude des cellules photovoltaïques.

1.1. Fabrication.

1.2. Fonctionnement.

#### 2. L'inclinaison .

### IV. Réalisation de l'arbre solaire.

#### 1. Emplacement des cellules sur les branches.

#### 2. Le circuit électrique.

## V. Réalisation du panneau fixe.

## VI. Mesure de la puissance électrique de l'arbre et du panneau fixe.

1. Prise des mesures.

2. Interprétation.

3. Conclusion.

## VII. Autres facteurs qui peuvent améliorer le rendement de l'arbre.

1. L'ensoleillement.

2. La température.

## Introduction

Dans ce projet, la classe de 3<sup>o</sup>2 accompagnée de sept élèves de la 3<sup>o</sup>3 et de cinq élèves de la 3<sup>o</sup>1 ont travaillé ensemble. Nous avons été aidés par les professeurs de Sciences physiques, de SVT, de Français, de Mathématiques, d'Arts plastiques ainsi que d'un agent technique.

### L'objectif :

Notre projet consiste à créer un arbre solaire qui imitera l'aspect d'un arbre dont les feuilles sont remplacées par des cellules photovoltaïques.

Puis nous comparerons la puissance électrique d'un panneau photovoltaïque fixe incliné à 45° et de notre arbre solaire.

### Théorie:

Pour pouvoir faire notre arbre solaire nous avons eu besoin des cours suivants:

En SVT, nous avons étudié la production du dioxygène par les plantes et le rôle de la lumière sur le développement des plantes.

En Mathématiques nous avons vu que l'implantation des feuilles suit la suite de Fibonacci.

En Sciences physiques, nous avons étudié la fabrication et le fonctionnement des cellules photovoltaïques.

### Pratique:

En Sciences physiques nous avons cherché la structure de l'arbre, l'influence de l'inclinaison des cellules puis le branchement électrique des cellules.

Avec l'aide de l'agent technique, nous avons construit l'arbre solaire et un panneau fixe à 45°.

### Exploitation:

Nous avons mesuré la puissance électrique fournie par le panneau fixe et l'arbre solaire tout au long d'une journée ensoleillée.

### Partenariat et sortie:

Nous sommes allés à Cadarache pour mieux comprendre le fonctionnement des panneaux photovoltaïques et leurs effets.

## I. Constat de départ.

Nous avons fait une première expérience en cours de SVT dans laquelle nous avons observé la croissance de deux plantes, l'une ayant été privée de lumière et l'autre non. Nous avons pu constater que celle qui avait reçu le plus de lumière avait plus poussé que celle qui n'en avait pas reçu.

Nous avons donc recherché le rôle de la lumière dans la production de matière végétale.

Lors d'une seconde expérience, nous avons constaté qu'une plante chlorophyllienne produit du dioxygène en présence de lumière.



Enfin, lors d'une troisième expérience, nous avons déposé sur une feuille d'arbre un cache. Nous l'avons exposée à la lumière intense pendant plusieurs heures puis nous l'avons décolorée avec de l'alcool bouillant et enfin recolorée avec le lugol (liquide jaunâtre qui vire au violet/noir en présence d'amidon).

Nous avons pu constater après avoir enlevé le cache qu'il y avait une différence de couleur entre les deux parties (pas de violet sous le cache : pas d'amidon). A la lumière, il y a donc production d'amidon (glucide indispensable à la croissance et à la survie de la plante).

En conclusion, les feuilles ont besoin de lumière pour vivre.

Le problème que nous nous sommes alors posé est le suivant:

« Comment font les feuilles d'un arbre pour ne pas se faire d'ombre entre elles et capter ainsi un maximum d'énergie lumineuse? »

Nous avons supposé dans un premier temps que les feuilles ont une disposition particulière pour ne pas se faire d'ombre.

Puis, nous avons également pensé que les feuilles s'inclinaient vers le soleil.

## **II. Vérification de notre première hypothèse: l'orientation des feuilles.**

### **1. La phyllotaxie.**

#### **1.1. La suite de Fibonacci.**

Le professeur de mathématiques nous a donné une fiche où l'on devait compléter des suites de nombres.

La dernière suite se révéla nécessaire pour notre projet: La suite de Fibonacci ("Fibonacci" vient du nom du mathématicien italien qui a été le premier à décrire les propriétés particulières de cette série). Elle fonctionne de la manière suivante: chaque terme est la somme des termes précédents : 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55...

#### **1.2. Description des dispositions des feuilles.**

La suite de Fibonacci est présente dans la disposition des feuilles sur les branches des arbres.

Par exemple sur le platane la disposition est de  $2/5$ , autrement dit il faut 5 feuilles pour faire 2 tours d'une branche. Cette disposition permet aux feuilles de ne pas se faire d'ombre.



Disposition 2/5



Disposition 1/2

## 2. Réalisation d'une maquette.

En cours de sciences physiques, on a réalisé une maquette (prototype) et pour certains à taille réelle.

Mais tout d'abord nous avons recherché la disposition des branches et des cellules (5 cm x 8 cm). Deux groupes ont choisi de travailler sur la disposition 3/8 pour les feuilles, les autres ont étudié la disposition 2/5.

Nous avons eu l'idée de réaliser un socle en carton pour stabiliser l'arbre.

Nous avons réfléchi sur l'esthétique de la maquette (cacher le câblage, etc ...).

Enfin, nous sommes passés à la réalisation et nous avons mis en place un dispositif permettant de prouver la production d'énergie électrique de l'arbre solaire (un voltmètre, un ampèremètre et un moteur).

Quand les maquettes ont été finies nous les avons prises en photo.



### 3. Structure choisie.



La structure que nous avons choisie est un mélange des deux maquettes ci-dessus.

Nous avons choisi comme socle un support en bois pour cacher la boîte de dérivation et pour stabiliser l'arbre.

Au milieu du socle, il y aura un trou pour fixer le tronc de 40 cm de longueur. Il sera en PVC gris ainsi que les branches. Le diamètre des branches devra être assez petit pour que le tronc puisse le supporter.

Sur le tronc, des trous auront été percés pour insérer les branches aux quatre points cardinaux. Il y aura donc quatre branches.

Les feuilles seront les cellules photovoltaïques. Celles-ci seront montées en 2/5 (c'est à dire qu'il y aura 5 feuilles qui feront 2 fois le tour de la branche) car la disposition en 3/8 s'est avérée trop compliquée à cause du nombre élevé des feuilles.

Un moteur, branché aux panneaux photovoltaïques, servira de témoin. Nous ferons les mesures avec un Voltmètre et un Ampèremètre.

Le format des cellules sera de 5 cm de largeur pour 8 cm de longueur. Elles produiront 1 volt chacune et 250 mA.

### III. Vérification de notre deuxième hypothèse: l'inclinaison des feuilles.

#### 1. Etude des cellules photovoltaïques.

##### 1.1. Fabrication.

Les cellules photovoltaïques sont fabriquées à partir de silicium qui est l'un des composants principaux du sable. Il sert à produire de l'électricité. Il est purifié par des réactions chimiques, il est ensuite fondu puis refroidi pour faire un lingot qui sera découpé en fines tranches. On lui fera subir un traitement physico-chimique et on le recouvrira de conducteurs électriques pour collecter le courant électrique.

##### 1.2. Fonctionnement.

L'électricité est une circulation d'électrons libres. Sous l'action de la lumière (les photons), les électrons vont être décrochés des atomes de silicium. Les électrons étant libérés, ils s'engagent dans le fil électrique. La réaction est entretenue tant qu'il y a de la lumière.

#### 2. L'inclinaison.

D'après nos expériences réalisées en Sciences physiques avec une lampe, on a pu constater que suivant l'éclairage des cellules, l'intensité électrique n'est pas la même. Celle-ci est maximale quand la cellule est perpendiculaire aux rayons lumineux.

Nous avons donc dû chercher l'inclinaison des rayons du Soleil par rapport à la Terre pour orienter au mieux les cellules de notre arbre. Nous avons découvert que selon les saisons, l'inclinaison de la Terre varie.

Au printemps et en automne, les panneaux doivent être inclinés à  $45^\circ$  par rapport à l'horizontale pour que les rayons soient perpendiculaires aux cellules.

En été les cellules doivent être inclinées à moins de  $45^\circ$ .

En hiver, les cellules doivent être orientées à plus de  $45^\circ$ .

L'étude de notre arbre se déroule en hiver. Nous avons donc cherché

expérimentalement la meilleure inclinaison avec une cellule reliée à un ampèremètre. Voici le résultat de nos mesures qui ont été prises en Février.

Inclinaison par rapport à l'horizontale	Intensité en milliampères	Inclinaison par rapport à l'horizontale	Intensité en milliampères
0°	51,4	45°	85,3
5°	56,5	50°	87
10°	62,3	55°	88
15°	66,5	60°	88,6
20°	70,8	65°	88,7
25°	75,1	70°	88,3
30°	78,2	75°	87,6
35°	81,2	80°	86,3
40°	83,6	90°	82,1

Lors de nos mesures, nous inclinerons donc les cellules de l'arbre à 65°.

#### **IV. Réalisation de l'arbre solaire.**

##### **1. Emplacement des cellules sur les branches.**



Dans la disposition 2/5, l'écart entre deux feuilles doit être de 144° ( $2 \times 360 / 5$ ).

Il a fallu créer un rapporteur pour mesurer les degrés entre chaque feuille. Nous avons décidé de construire un gabarit de 144° associé à une règle. Grâce au gabarit nous avons repéré la disposition des 5 feuilles sur les quatre branches.

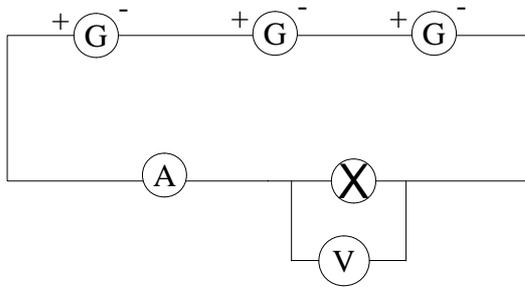
## 2. Le circuit électrique.

Dans un circuit électrique, il peut y avoir un branchement en série ou en dérivation. Il nous fallait savoir lequel serait le meilleur.

a) Première expérience: montage en série de 3 cellules.

- Description du montage:

Nous avons branché 3 cellules photovoltaïques en série, un ampèremètre, une lampe et un voltmètre.



- Mesure:

	U (v)	I (mA)
Toutes les cellules sont éclairées	7,8	60
1 cellule est cachée	6,3	0,2

- Interprétation:

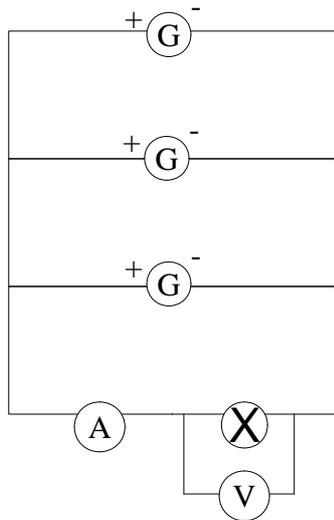
On ne doit pas brancher toutes les cellules en série car dès qu'une cellule est à l'ombre, il n'y a plus de circulation du courant électrique.

b) Deuxième expérience: montage en dérivation.

- Description du montage:

Nous avons branché 3 cellules photovoltaïques en dérivation, avec une

lampe, un ampèremètre et un voltmètre.



. **Mesure:**

	U (v)	I (mA)
Toutes les cellules sont éclairées	2,22	170
1 cellule est à l'ombre	2	138

. **Interprétation:**

Dans un montage en dérivation la tension restera fixe quelque soit le nombre de cellules. Par contre même si l'une des cellules est à l'ombre, on aura un courant électrique qui circule.

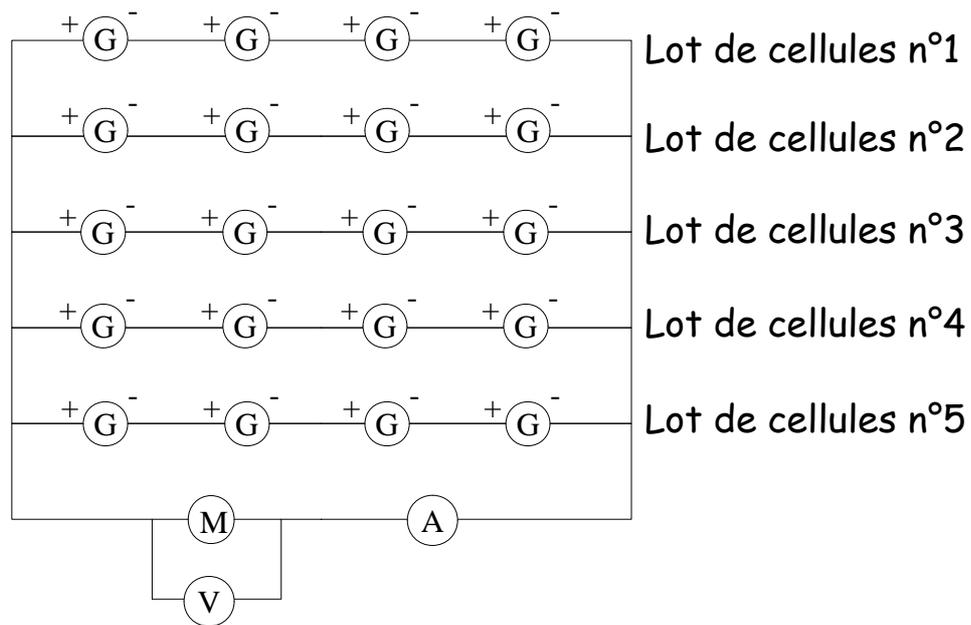
c) **Conclusion.**

Notre circuit devra comprendre des cellules photovoltaïques en série et des cellules en dérivation.

Les cellules orientées de la même façon seront montées en série.

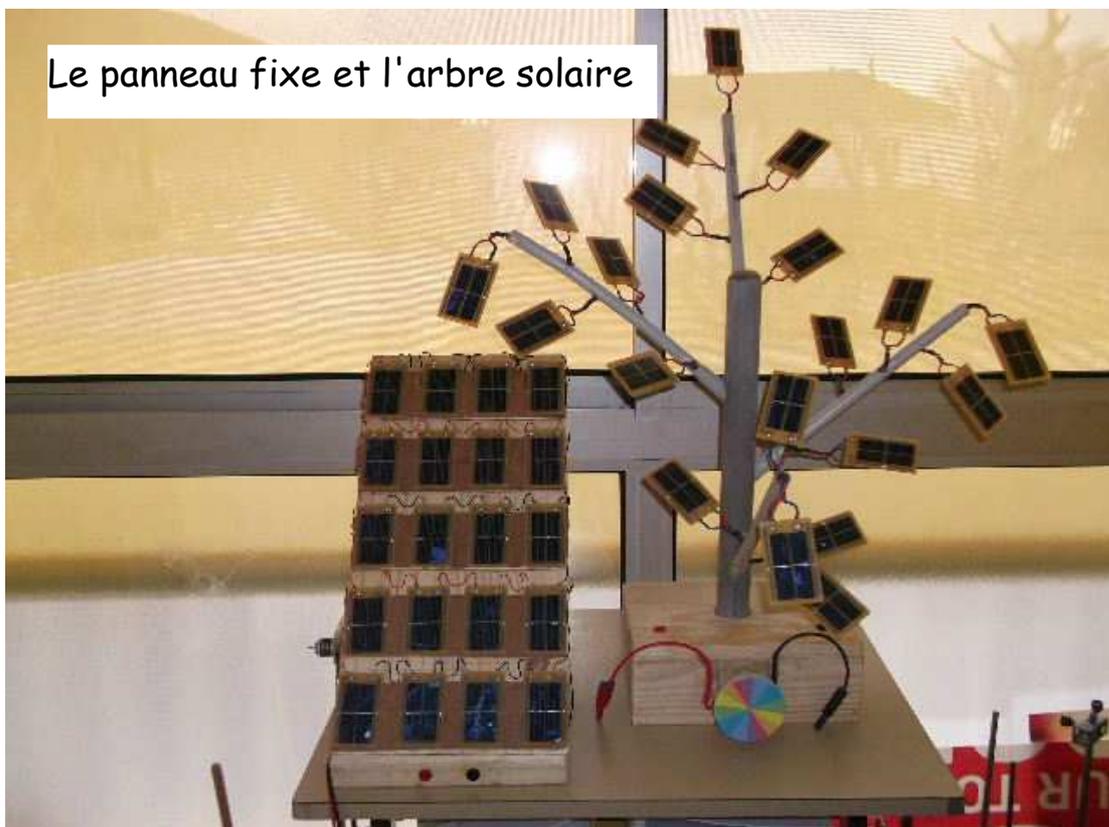
Chaque lot constitué de quatre cellules sera orienté selon les points cardinaux suivants:

( 1: Sud; 2: Est; 3: Ouest; 4: Sud-est; 5: Sud-ouest ).



## V. Réalisation du panneau fixe.

Pour comparer la puissance électrique fournie par notre arbre, nous avons également construit un panneau fixe incliné à 45° avec le même nombre de cellules et le même branchement électrique que notre arbre.



## VI. Mesure de la puissance électrique de l'arbre et du panneau fixe.

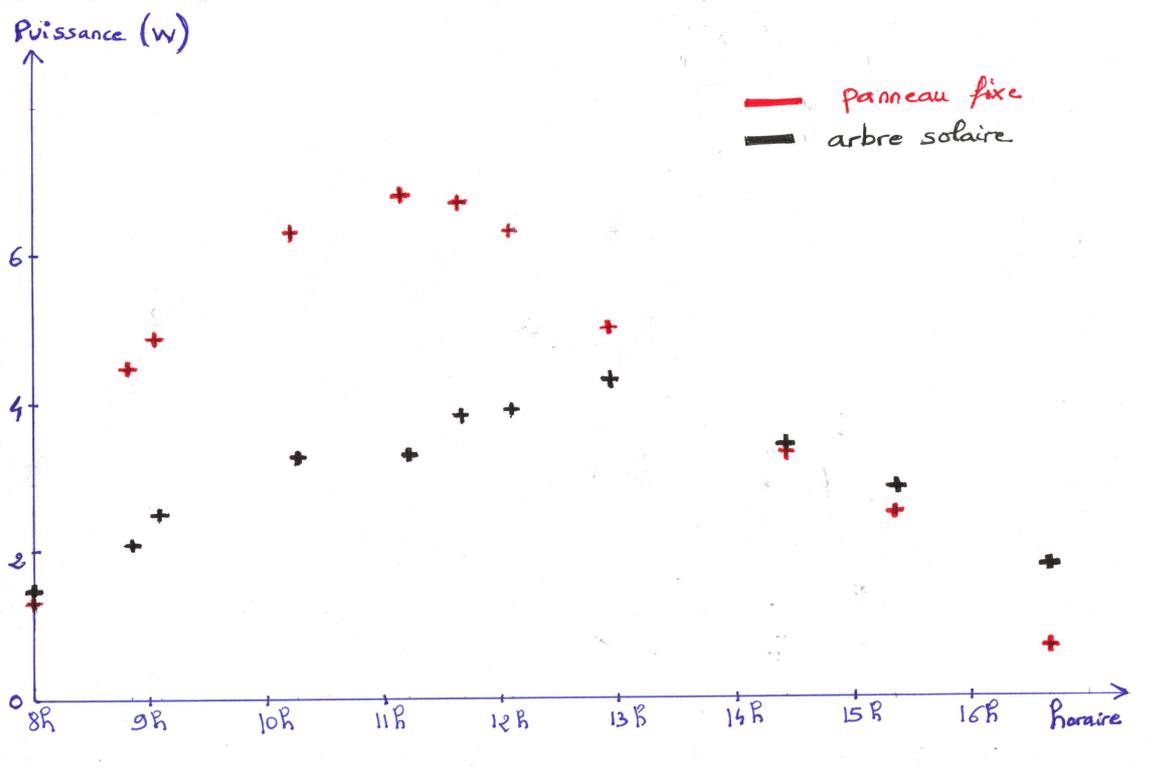
### 1. Mesure.

Nous avons mesuré la puissance électrique à différents moments d'une journée ensoleillée ( le lundi 4 Mars). Le panneau fixe était orienté au Sud-Est alors que la face avant de l'arbre était au Sud.



Heure	Arbre solaire			Panneau fixe		
	U (V)	I (A)	P (W)	U (V)	I (A)	P (W)
8 h	4,74	0,307	1,46	4,8	0,280	1,34
8 h 50	4,76	0,465	2,21	4,89	0,920	4,5
9 h 05	4,71	0,532	2,51	4,73	1,031	4,88
10 h 15	4,68	0,700	3,28	4,6	1,371	6,31
11 h 10	4,64	0,710	3,29	4,55	1,504	6,84
11 h 40	4,57	0,842	3,85	4,42	1,517	6,71
12 h 05	4,56	0,858	3,91	4,4	1,440	6,34
13 h	4,67	0,918	4,29	4,53	1,112	5,04
14 h 25	4,63	0,744	3,44	4,56	0,838	3,82
15 h 20	4,64	0,615	2,85	4,56	0,550	2,51
16 h 40	4,59	0,391	1,79	4,23	0,165	0,7

## 2. Interprétation.



Pour pouvoir comparer les puissances électriques nous avons tracé un graphique représentant les puissances électriques en fonction de l'heure.

Nous observons que la courbe du panneau fixe présente un pic vers 11 heures alors que la puissance électrique de l'arbre est à peu près stable. Le panneau fixe est plus rentable que l'arbre de 8 heures à 14 heures.

## 3. Conclusion.

L'intérêt de notre arbre est que quelle que soit la position du Soleil, il fournit une puissance à peu près stable. On peut l'utiliser en direct sans risque de surintensité et de détérioration du récepteur branché à ses bornes. Il a donc la capacité d'alimenter un appareil qui doit fonctionner toute la journée ( par exemple une climatisation).

Le panneau fixe est plus adapté à une utilisation différée de l'électricité produite (par exemple pour recharger une batterie).

## VII. Autres facteurs qui peuvent améliorer le rendement de l'arbre.

### 1. L'ensoleillement.

Pour optimiser l'éclairement des cellules de l'arbre on aurait pu prendre en compte l'énergie globale du flux lumineux c'est à dire l'énergie diffuse et l'énergie directe.

Le socle aurait donc pu être peint en blanc afin de renvoyer la lumière indirecte.

### 2. La température.

Grâce à la sortie à Cadarache, un passionné de panneaux photovoltaïques nous a expliqué que si les cellules chauffent trop elles produisent moins d'énergie. Il aurait fallu par exemple, placer l'arbre au-dessus de quelque chose où se trouve de l'eau qui aurait rafraîchi l'arbre ainsi que ses cellules.