

Université des Sciences et de Technologie d'Oran-MB

*Etude de gestion d'une mini-centrale solaire et mise au point  
d'un dispositif automatique de mesures, contrôles et  
régulation de l'énergie électrique*

**Encadré par:**

**Pr. BENABADJI Noureddine**

**Présenté par:**

**NAIM Houcine**



Le 03 / 05 / 2016

# Plan de travail

INTRODUCTION

GISEMENT SOLAIRE

NOTIONS DE BASE SUR LES GENERATEURS PHOTOVOLTAÏQUES

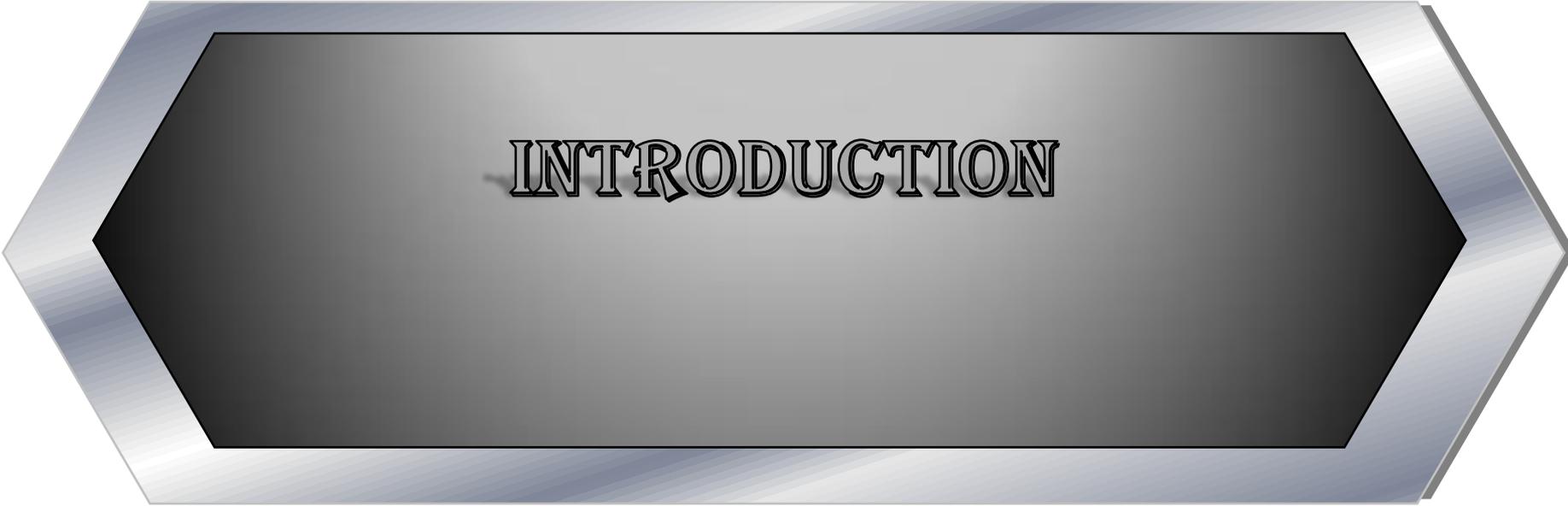
ELEMENTS DE BASE D'UNE CENTRALE SOLAIRE

MONTAGES REALISES

CONCLUSION

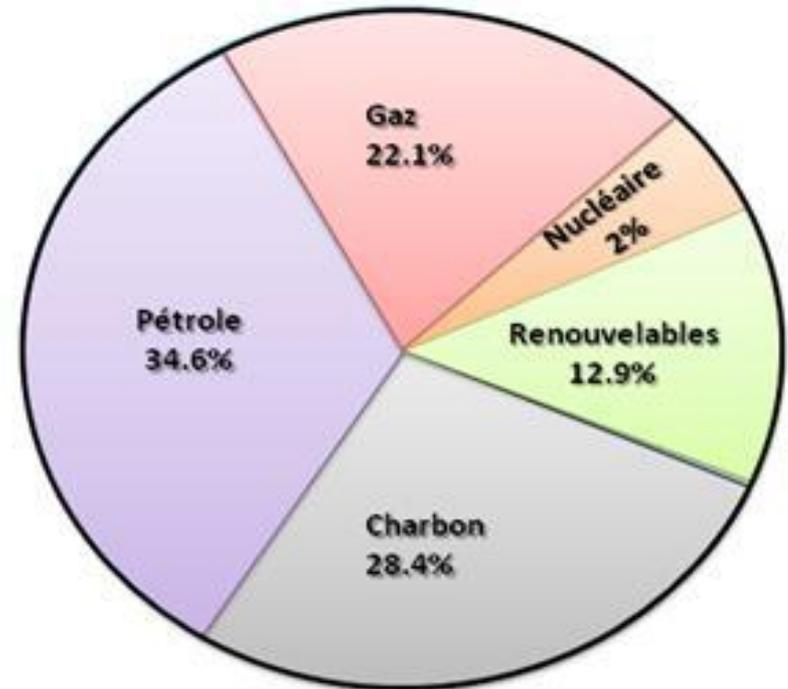


1



# INTRODUCTION

L'énergie, que nous dépensons aujourd'hui presque sans compter, repose en grande partie sur les énergies fossiles. En effet, ces énergies, polluantes et non renouvelables, sont en train de s'épuiser.



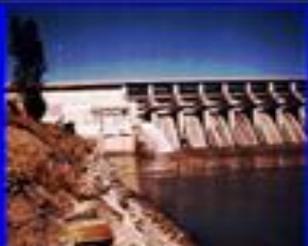
Parce que l'écologie nous concerne tous, il est important que chacun de notre côté nous fassions tous les gestes possibles pour préserver notre environnement.

La terre reçoit du soleil chaque année 10.000 fois le besoin de consommation en énergie de ses habitants.

Alors pourquoi ne pas utiliser cette chaleur accumulée dans notre environnement, énergie gratuite et qui se renouvelle au fil des jours ?



En effet Presque toutes les énergies renouvelables sont des dérivées de l'énergie solaire : le vent, le rayonnement solaire, la force de l'eau sont des produits directs ou indirects de l'activité solaire.



1

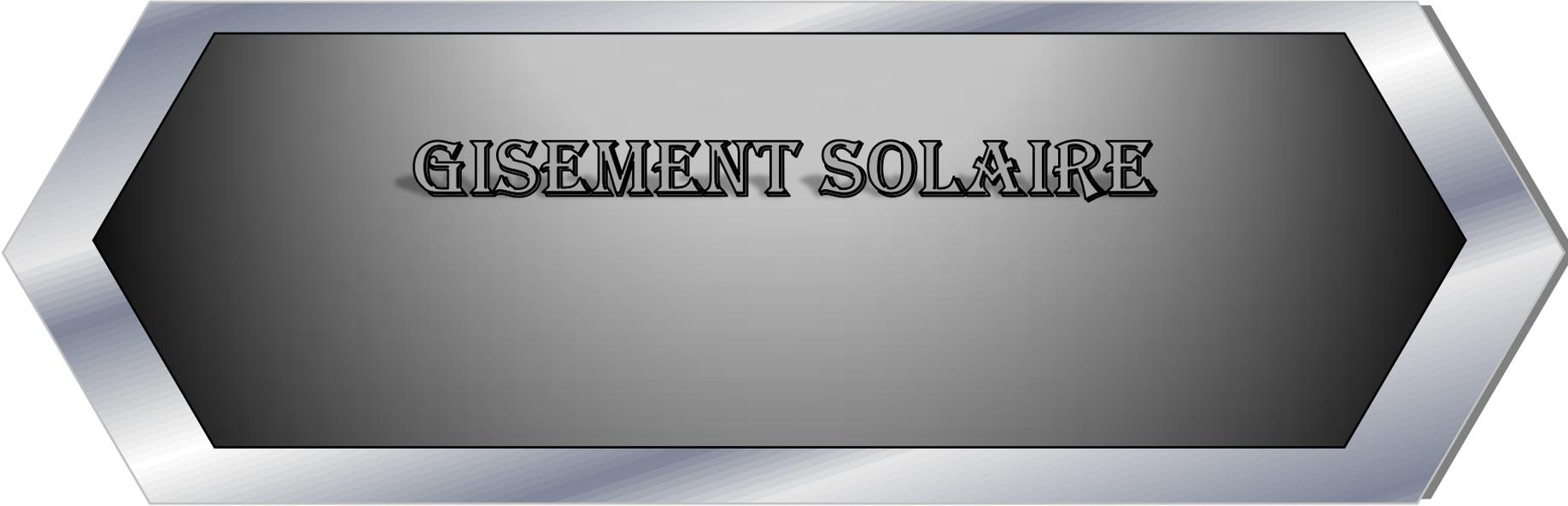
**H**  
hydrogène  
1,0079  
1s<sup>1</sup>



Ainsi, pour notre thème, nous avons choisi l'énergie du type photovoltaïque, qui est basée sur la conversion du rayonnement électromagnétique solaire en électricité, et plus spécifiquement, l'étude de gestion d'une mini-centrale solaire et mise au point d'un dispositif automatique de mesures, contrôles et régulation de l'énergie électrique.



2



**GISEMENT SOLAIRE**

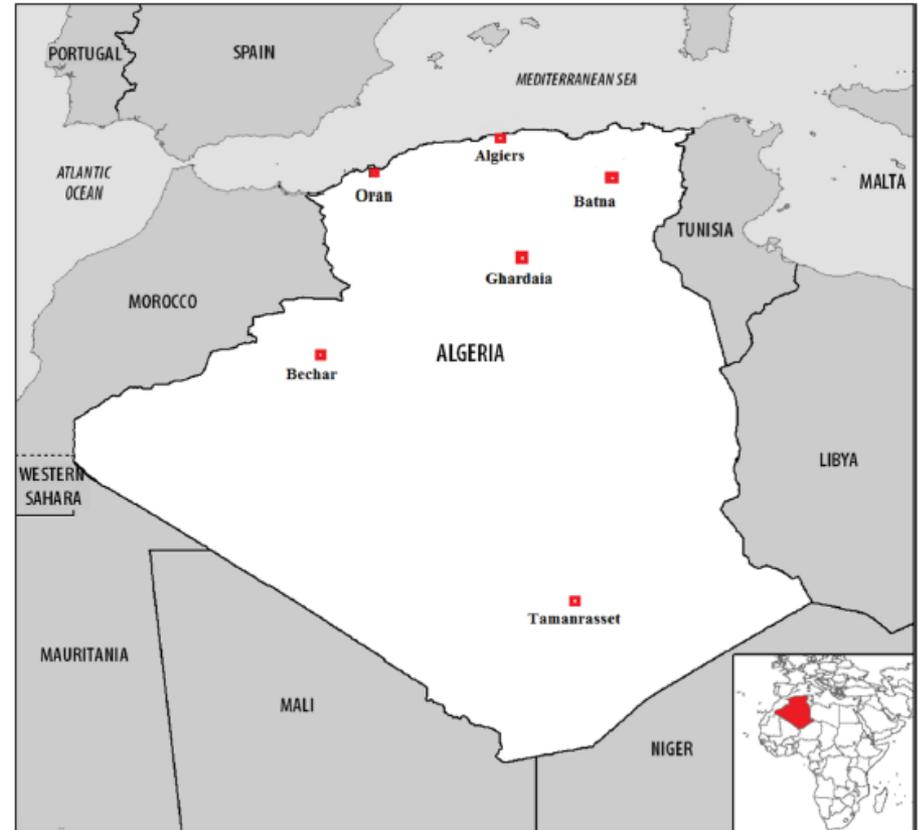


La connaissance du potentiel énergétique solaire en un site donné est un paramètre important pour les concepteurs des systèmes basés sur l'énergie solaire.

**Tableau (1) : Potentiel de l'énergie photovoltaïque en Algérie.**

Région	Région côtière	Hauts Plateaux	Sahara
Superficies(%)	4	10	86
Durée moyenne d'ensoleillement (H/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (KWh/m <sup>2</sup> .an)	1700	1900	2650

Toutefois, le manque de moyens de mesure et l'insuffisance en disponibilité de stations environnementales à grande échelle, représentent des difficultés qui ont obligé les chercheurs à penser à une mise au point de modèles dont le but est d'estimer les différentes composantes du rayonnement solaire.



**Stations météorologiques en Algérie.**

- Dans ce travail, dans un premier temps, nous allons étudier des modélisations théoriques du Rayonnement solaire, et procéder à leurs validation sur le site d'Oran.

## Appareils de mesure

Mesure de la température solaire



Appareil de mesure de la température  
(thermocouple).

Mesure de la Durée d'insolation



appareil de mesure de la durée d'insolation  
(héliographe).

## Appareils de mesure

**Rayonnement direct** : C'est le rayonnement reçu directement du Soleil. Il peut être mesuré par un pyrhéliomètre



Appareil de mesure des rayons directs (pyrhéliomètre).

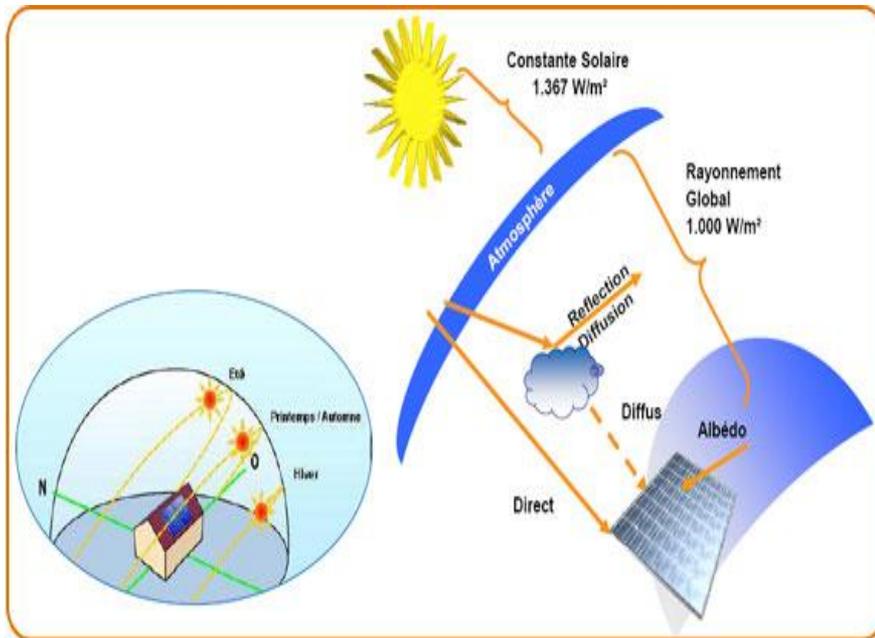
**Rayonnement diffus** : C'est le rayonnement provenant de toute la voûte céleste. Il peut être mesuré par un pyranomètre avec écran masquant le soleil



Appareil de mesure des rayons diffus (pyranomètre).

## Appareils de mesure

**Rayonnement global** : Il représente la somme de tous les rayonnements reçus (direct+diffus).



Les différents types du rayonnement solaire.



Pyranomètre : appareil de mesure des rayons diffus.

Cette station (monté au LAAR) se compose de:

Thermomètre

Hygromètre

Girouette

Anémomètre

Baromètre

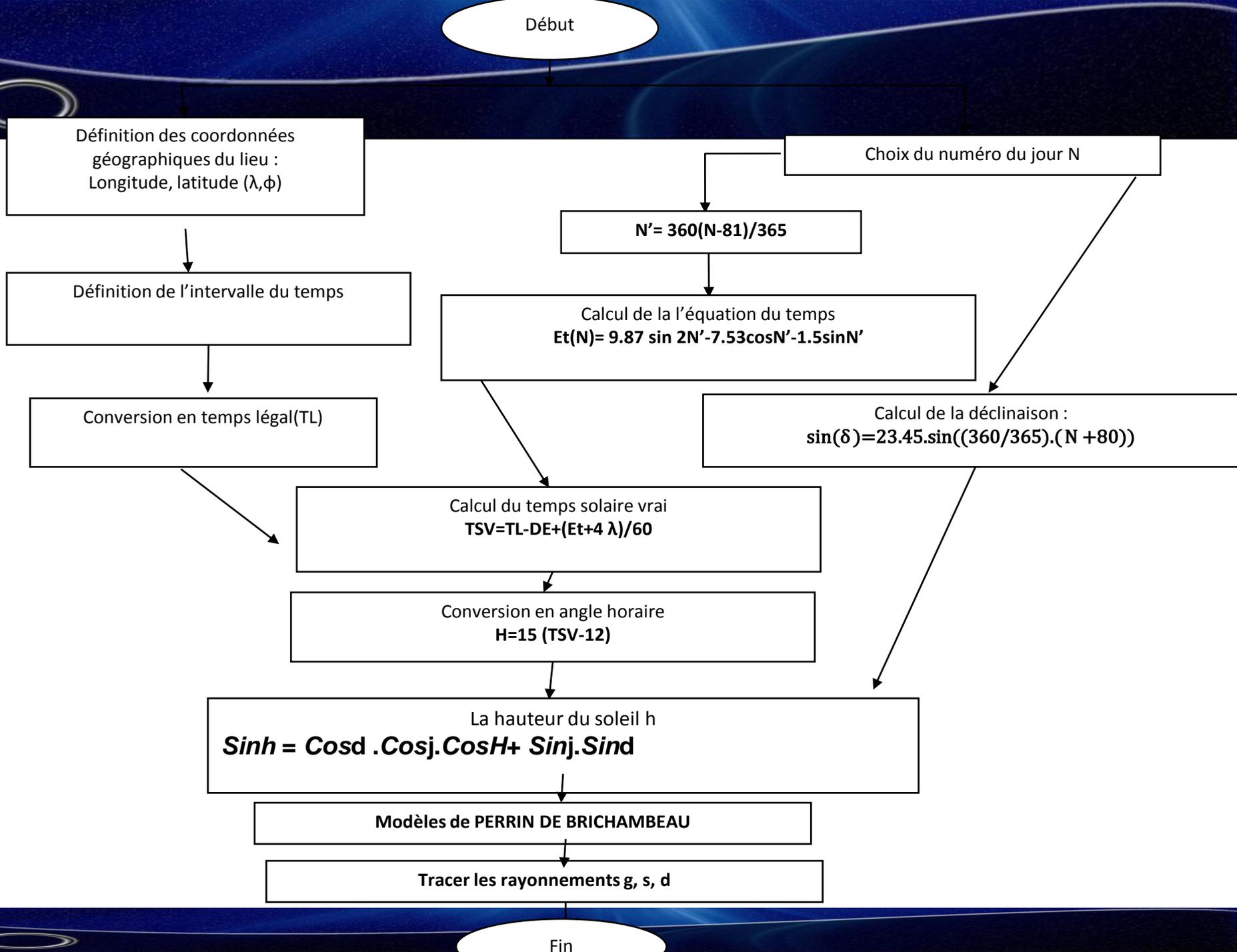
Pyranomètre

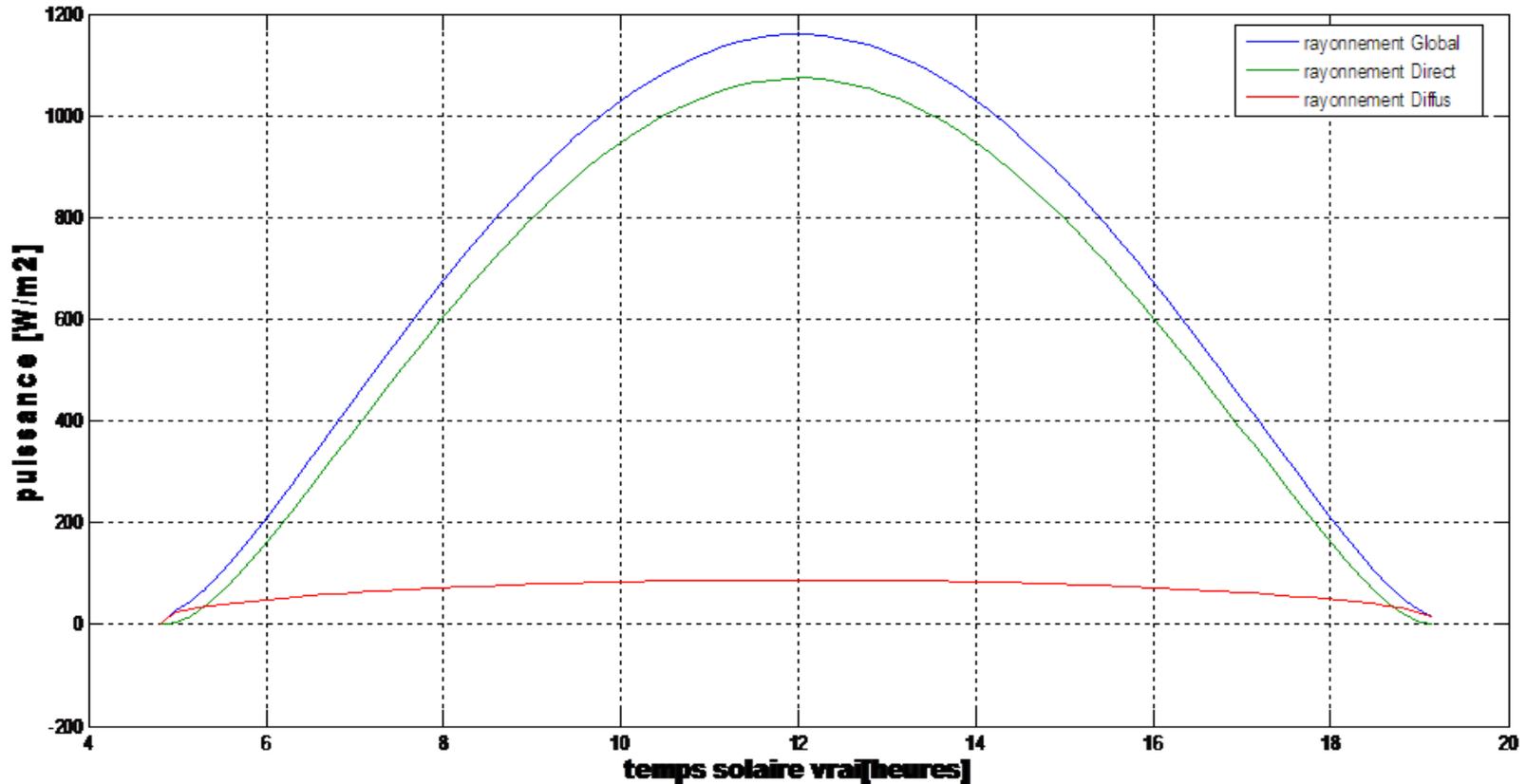


## Modèle de PERRIN DE BRICHAMBEAU:

- Ce modèle est présenté par les formules suivantes :
- $g = s + d$
- $s = A \cdot \sin(h) \cdot \exp(-1 / (C \cdot \sin(h+2)))$
- $d = B \cdot \sin(h)^{0.4}$
- avec : A, B et C donnés par le tableau suivant :

Etat du ciel	A	B	C
Ciel très pur	1300	87	6
Ciel moyen	1230	125	4
Ciel pollué	1200	187	5





Variation de la puissance globale, directe et diffusée, au cours d'un jour clair (le 21 juin)

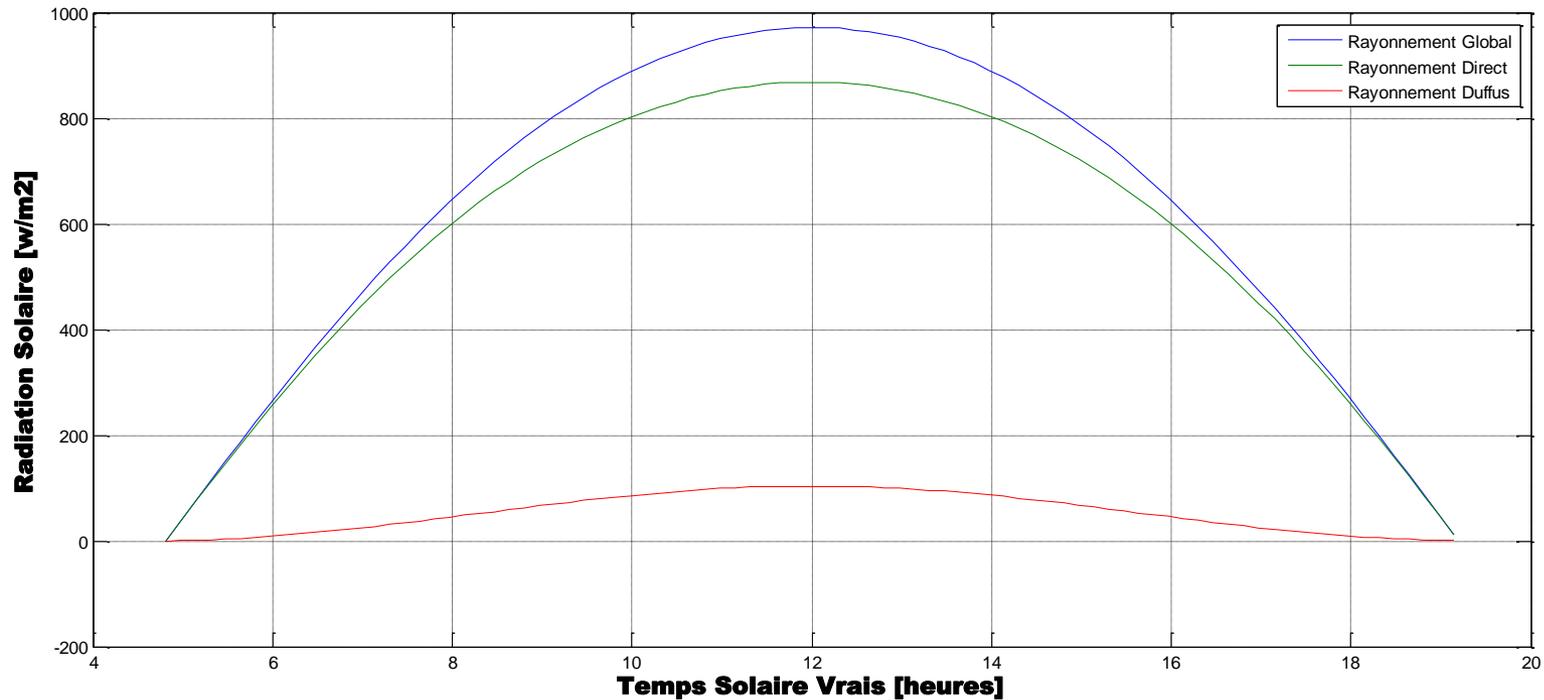
### • Modèle de LIU JORDAN

- $g = s + d$
- $s = g_n \cdot \sin(h) \cdot \tau_b$
- $d = g_n \cdot \sin(h) \cdot \tau_d$ 
  - $\tau_b$  et  $\tau_d$  sont les transmissions pour le direct et le diffus.
    - $\tau_b = a_0 + a_1 \cdot \exp(-k/\sin(h))$
    - $\tau_d = 0.2710 - 0.2939 \cdot \tau_b$

avec :

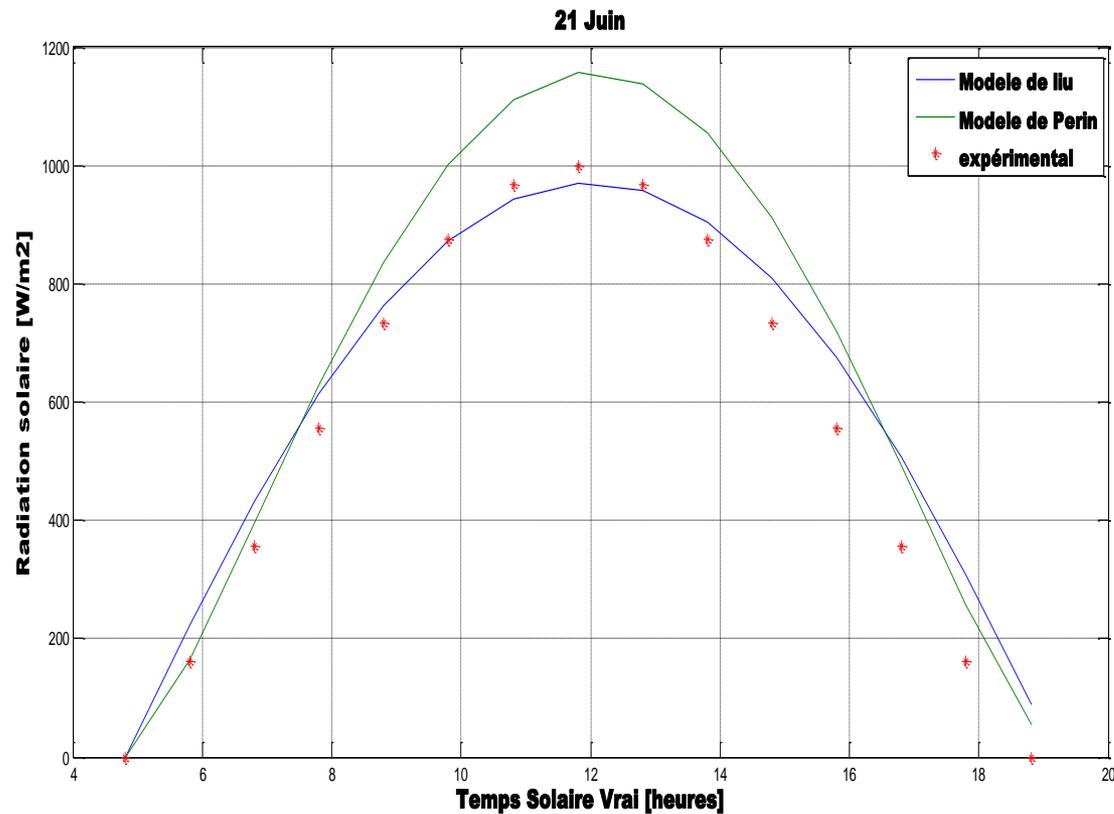
- $a_0 = 0.4237 - 0.00820 \cdot (6 - z)^2$
- $a_1 = 0.05055 + 0.00595 \cdot (6.5 - z)^2$
- $k = 0.2711 + 0.01858 \cdot (2.5 - z)^2$
- $z$  : altitude du lieu en km

# 16 Application et vérification des modèles du rayonnement solaire journalier



**Variation de la puissance globale, directe et diffusée au cours d'un jour clair pur par le modèle LIU JORDAN.**

## Vérification expérimentale des modèles du rayonnement solaire



## • Premier modèle (modèle d'Angstrom)

- L'irradiation solaire et la durée d'insolation dépendent des effets combinés d'événements astronomiques et météorologiques. La première relation est donnée sous la forme d'une expression linéaire (cas particulier) comme suggérée par Angstrom. selon l'expression suivante :

$$\frac{G}{G_0} = a + b\sigma$$



- $G_0 = (24/\pi) \cdot Z \cdot [\cos(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(w) + \sin(\varphi) \cdot \sin(\delta) \cdot (\pi/180) \cdot w]$

$$\sigma = \frac{s}{s_0}$$

$$s_0 = \frac{2}{15} \cdot \arccos(-\tan(\phi) \cdot \tan(\delta))$$

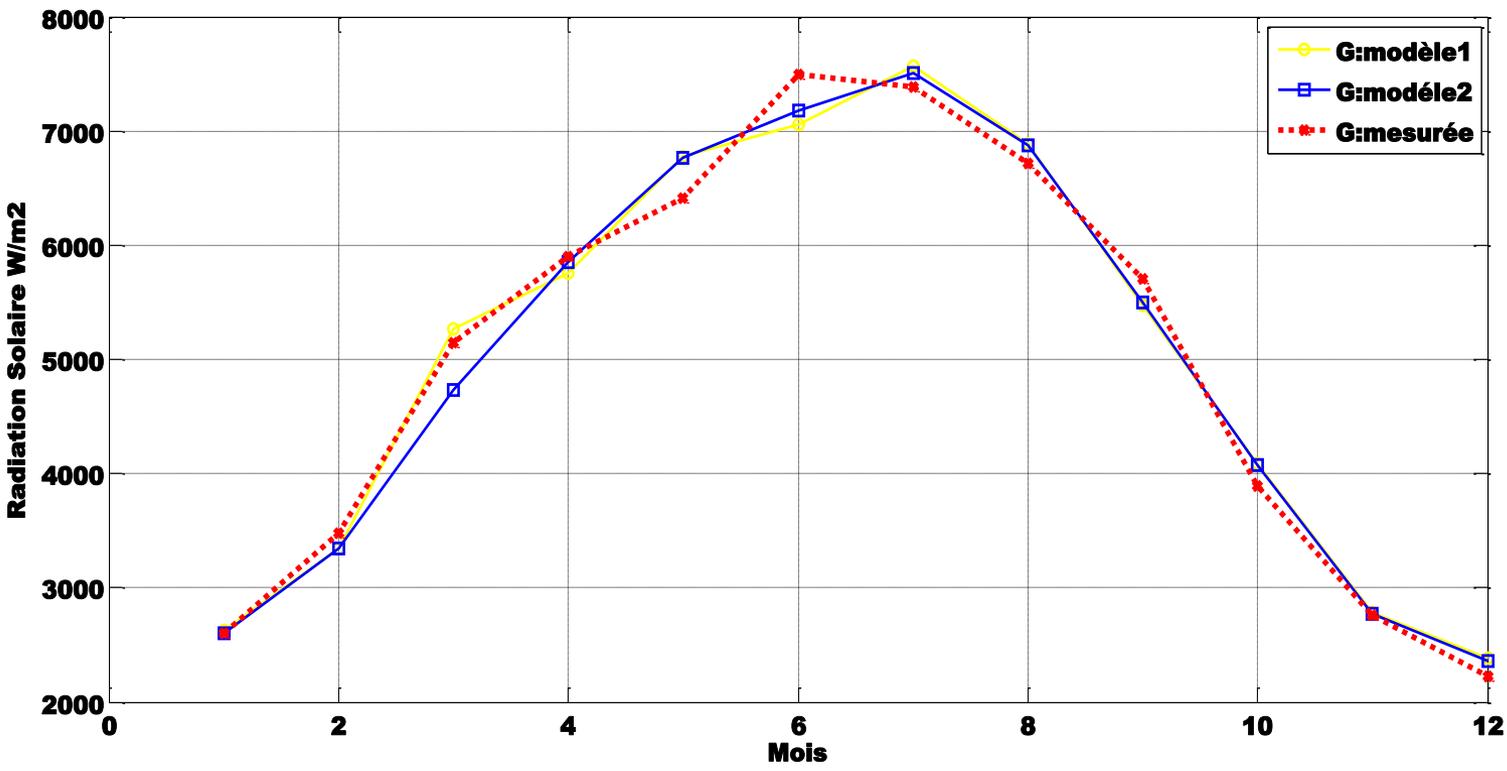
### • Le deuxième modèle

- De nombreux scientifiques ont développé des versions modifiées du modèle Angström basé sur la durée d'ensoleillement.
- nous avons développé notre deuxième modèle à partir du modèle d'Angstrom, en y apportant des modifications par l'ajout d'un autre paramètre climatique, qui est l'humidité relative de l'air; elle est donnée par l'expression suivante:

$$\frac{G}{G_0} = a + b\sigma + cR$$

## 20 Les valeurs utilisées dans l'application des deux modèles

Mois	G0	Gmesurée	fraction d'insolation $\bar{G}$	humidité relative R	modèle 1		modèle 2	
					G Calculé	Indice de clarté	G Calculé	Indice de clarté
01	5025.6	2600	0.53	0,78	2630.9	0.5247	2608.3	0.5202
02	6354.50	3480	0.53	0,7722	3341.2	0.5247	3347.9	0.5258
03	8177.70	5140	0.64	0,7394	5266.6	0.6432	4821.0	0.5780
04	9933.69	5900	0.63	0,6911	5749.3	0.5786	5852.5	0.5890
05	11095.63	6410	0.69	0,6844	6780.1	0.6109	6763.8	0.6094
06	11542.97	7500	0.69	0,6661	7057.8	0.6109	7178.9	0.6214
07	11292.39	7390	0.80	0,6716	7566.7	0.6702	7506.2	0.6648
08	10333.95	6710	0.79	0,6627	6882.9	0.6648	6869.4	0.6635
09	8756.71	5710	0.72	0,7005	5479.8	0.6171	5493.0	0.6286
10	6879.64	3890	0.66	0,7194	4086.7	0.5943	4070.9	0.5924
11	5310.18	2760	0.53	0,745	2781.5	0.5247	2772.1	0.5229
12	4609.25	2230	0.53	0,7872	2388.4	0.5247	2357.7	0.5180



Représentation des résultats des modèles étudiés

$$e_i = \frac{(G_i - G_{cal \cdot i})}{G_{cal \cdot i}} \cdot 100$$

**tableau. Erreur relative moyenne**

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Erreur relative moyenne (Modèle1) (%)	1.18	3.98	2.46	2.55	5.77	5.89	2.39	2.57	4.03	5.05	0.77	7.10
Erreur relative moyenne Model2 (%)	0.31	3.79	6.20	0.80	5.51	4.28	1.57	2.37	3.80	4.65	0.43	5.72

$$RMSE = \left[ \left( \frac{1}{m} \right) \sum_1^m e_i^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$MAE = \left( \frac{1}{m} \right) \sum_1^m |e_i|$$

$$MBE = \left( \frac{1}{m} \right) \sum_1^m e_i$$

**Tableau. valeurs de MBE, MAE et RMSE.**

	<b>MBE</b>	<b>MAE</b>	<b>RMSE</b>
<b>Modèle1</b>	<b>-0.9051</b>	<b>3.6502</b>	<b>4.1155</b>
<b>Modèle2</b>	<b>-0.1427</b>	<b>3.2909</b>	<b>3.8691</b>

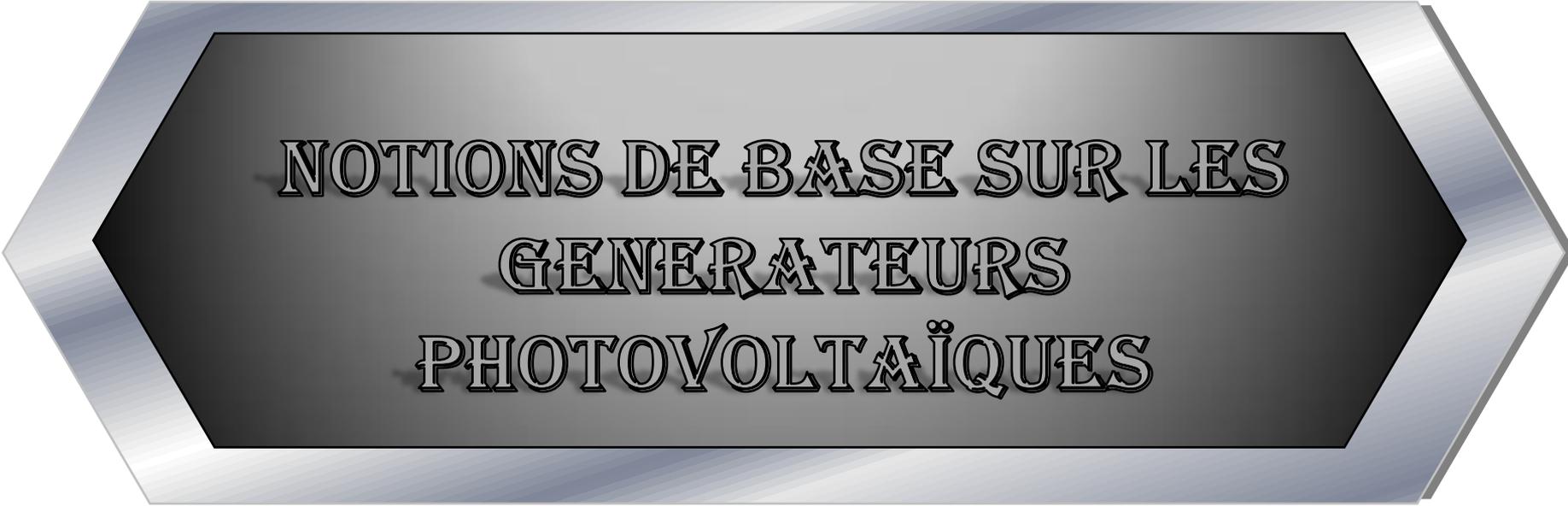
Dans ce travail, nous avons étudié:

- Le rayonnement solaire journalier en utilisons deux modèles (PERRIN DE BRICHAMBEAU et LIU JORDAN)
- La comparaison entre ces deux modèles montre que le modèle de Liu Jordan est plus proche des valeurs expérimentales que le modèle Perrin de Brichambeau.

- Le rayonnement solaire mensuel en utilisant deux modèles (Angstrom et notre modèle développé).
- La comparaison entre ces deux modèles montre que le second modèle est plus proche des valeurs expérimentales que le modèle d'Angstrom; a cet effet, il est recommandé pour une utilisation dans n'importe quel endroit en Algérie.

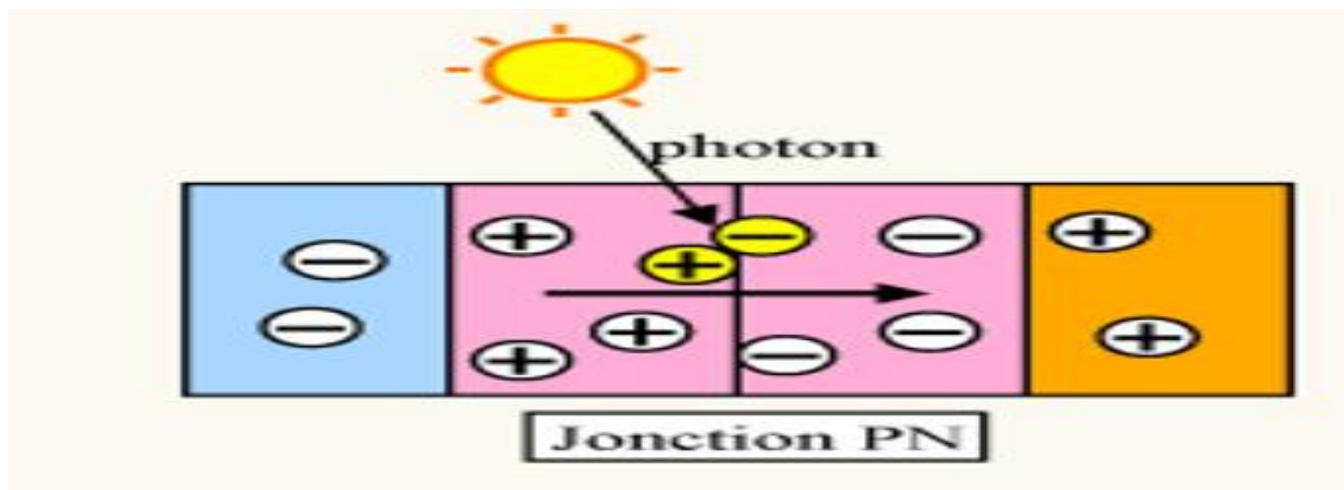
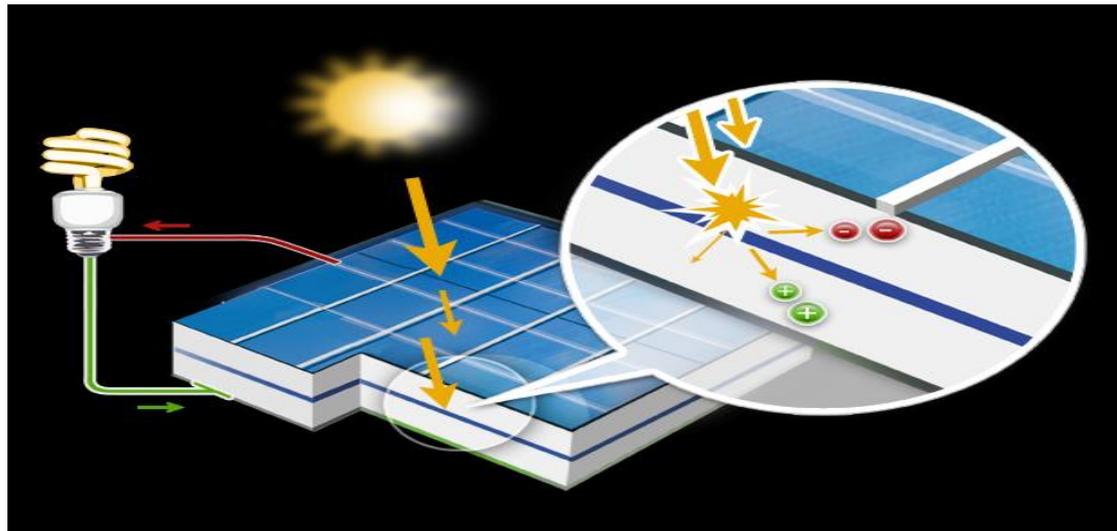


3



NOTIONS DE BASE SUR LES  
GENERATEURS  
PHOTOVOLTAÏQUES

## Cellules solaires



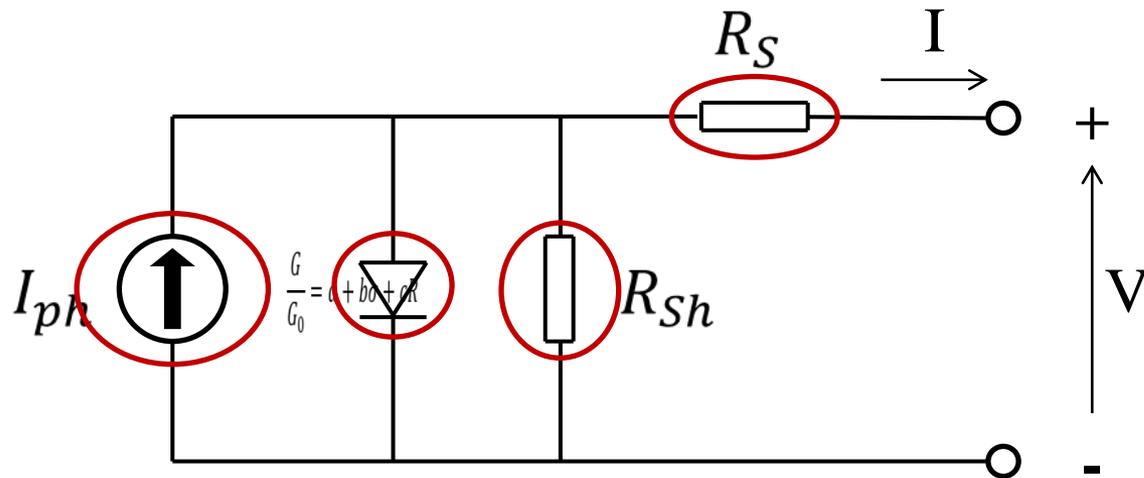
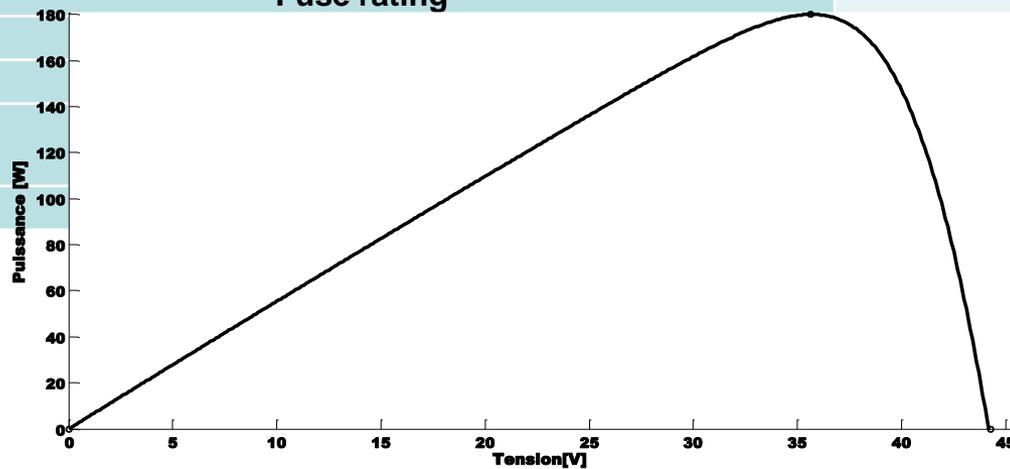
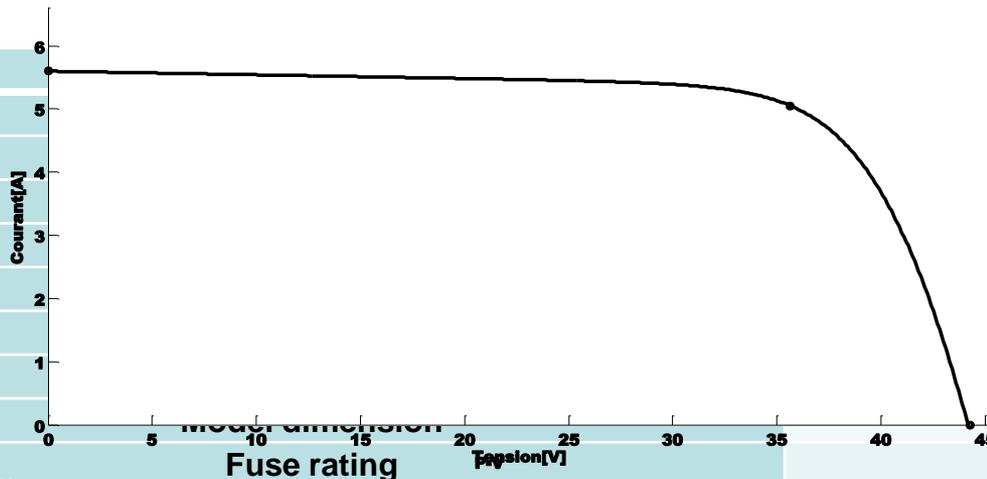


Schéma électrique d'une cellule PV réelle

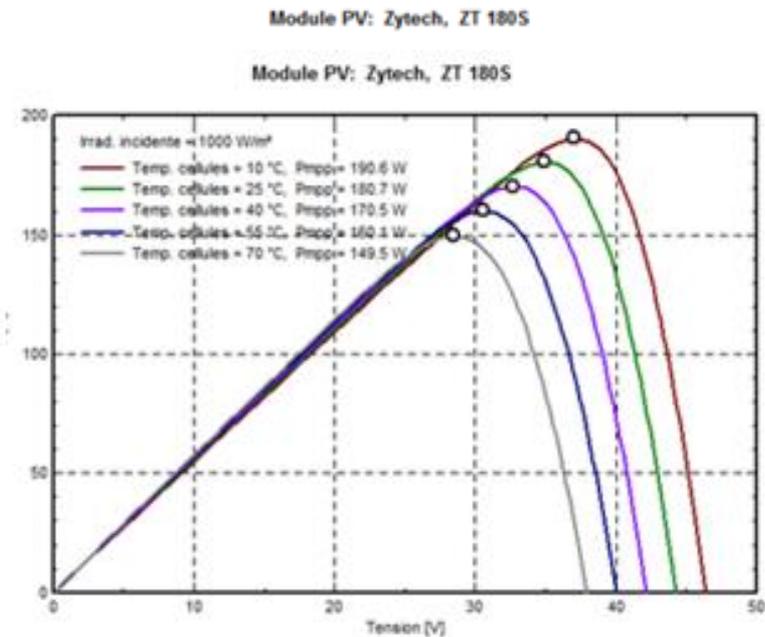
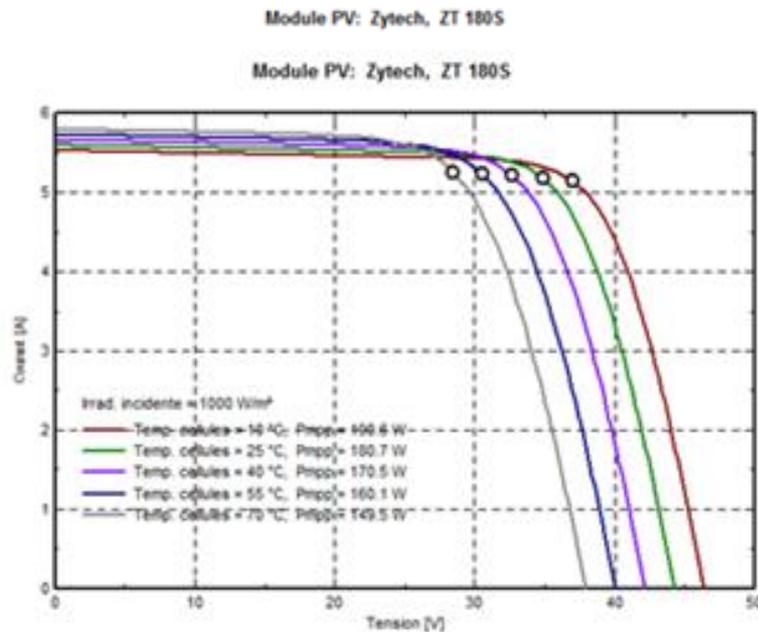
## Simulation du générateur photovoltaïque (PV)

I-V



ZT 180s
180 W
± 5%
44.28 (V)
5.6 (A)
35.65 (V)
5.05 (A)
16 Kg
1580×808×35 mm
11 A
1000 (V)
$-(160 \pm 10) \text{ mV}/\text{c}^{\circ}$
$+(0.0065 \pm 0.015) \text{ \%}/\text{c}^{\circ}$
$-(0.5 \pm 0.05) \text{ \%}/\text{c}^{\circ}$

- *Les paramètres qui influent sur la caractéristique  $I = f(V)$*



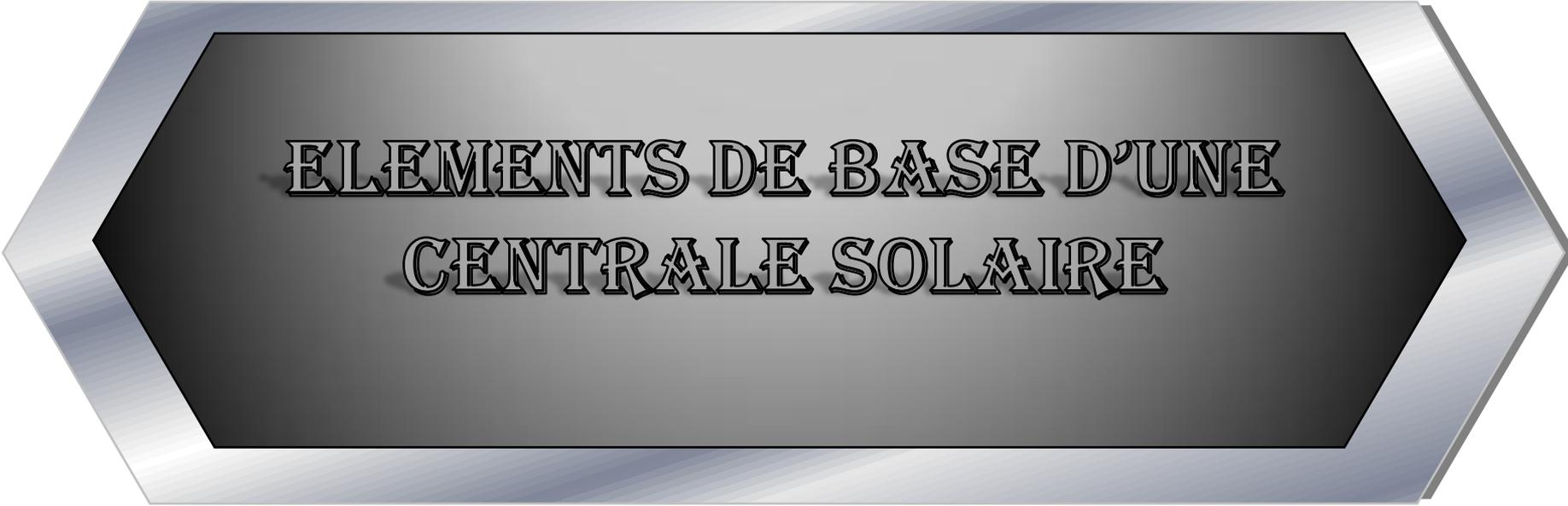
- **Mesure des caractéristiques du panneau solaire**



- on a fait la modélisation et simulation d'un module solaire commercial (model ZT 180s) en présentant l'influence des différents paramètres extérieurs sur ses caractéristiques.
- on a étudié expérimentalement les caractéristiques du panneau solaire (model ZT 180s). Les mesures effectuées dans les conditions réelles ont permis de tracer la famille des courbes  $I(V)$  et  $P(V)$  du panneau étudié.



4



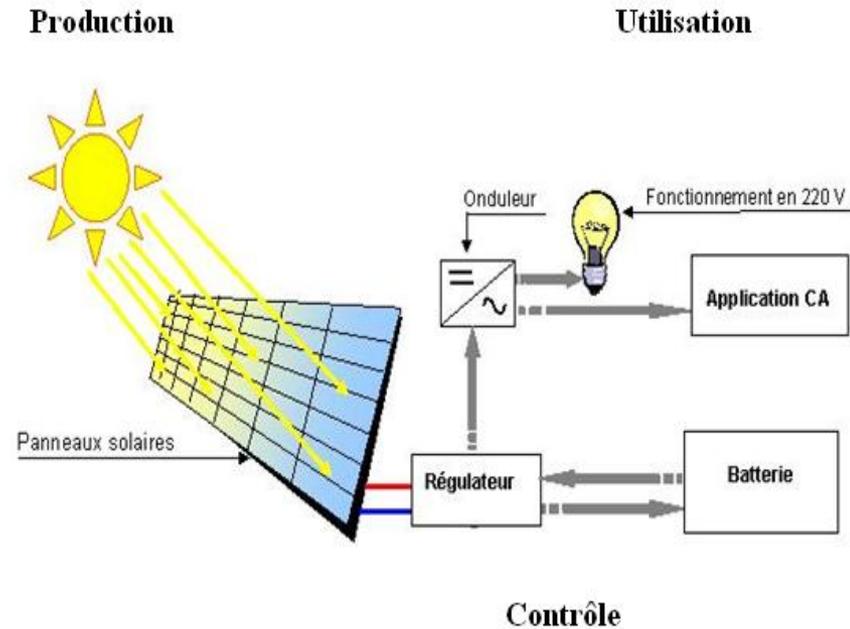
ELEMENTS DE BASE D'UNE  
CENTRALE SOLAIRE



## Systeme solaire photovoltaïque

Tout système photovoltaïque peut se composer, comme il est montré sur la figure, en trois parties :

- Une partie de production d'énergie.
- Une partie de contrôle de cette énergie.
- Une partie d'utilisation de l'énergie produite.



Eléments d'un système photovoltaïque

## Structure de notre mini-station photovoltaïque (P.V. montés aux labos. LAAR et LAMOSI)



S  
L  
L  
B

**Convertisseur DC/AC**  
Le convertisseur continu  
Alternatif est assuré par  
un onduleur.





**MONTAGE REALISES**

# 34 Conception et réalisation d'un moniteur solaire multicanaux

## Description hardware

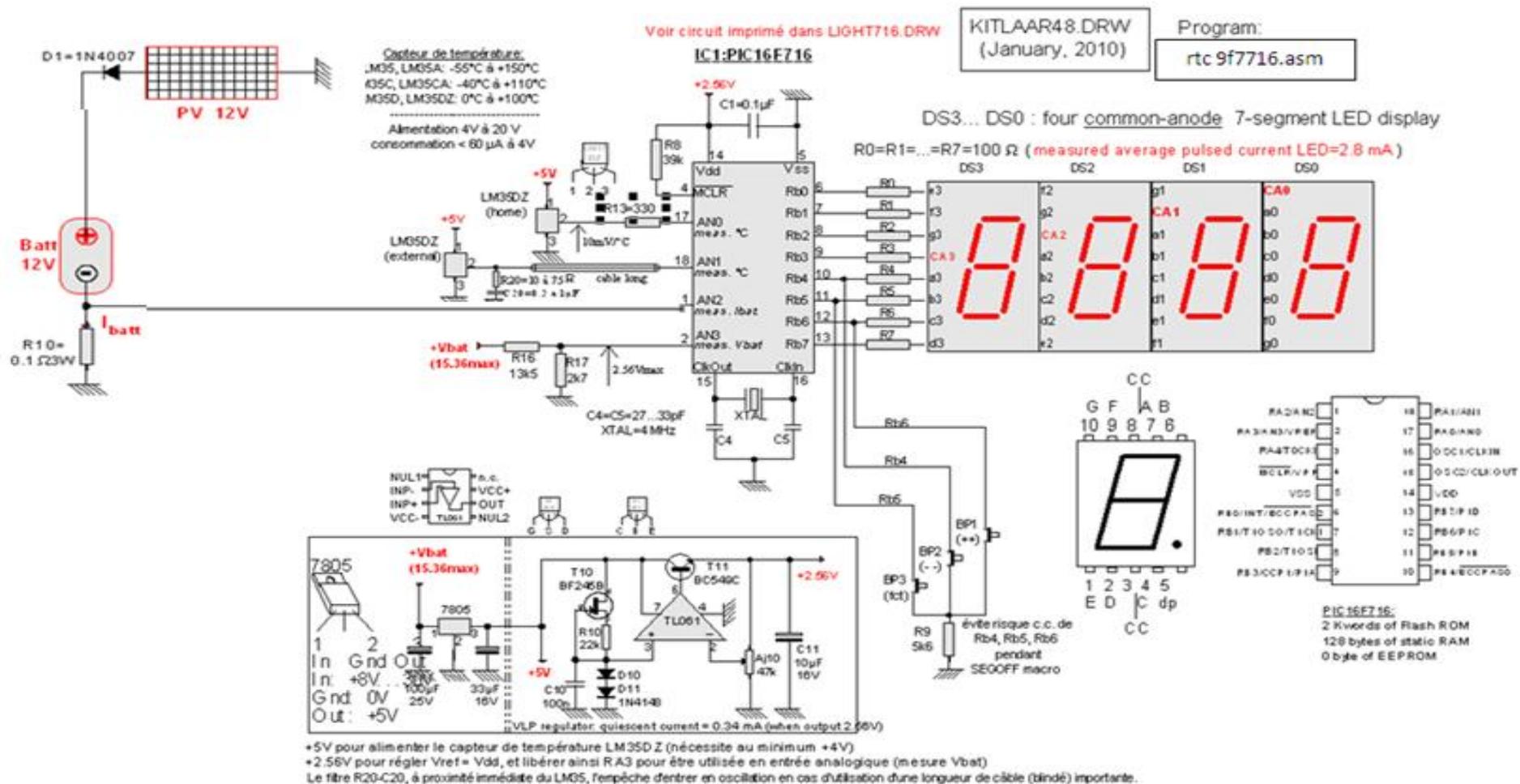
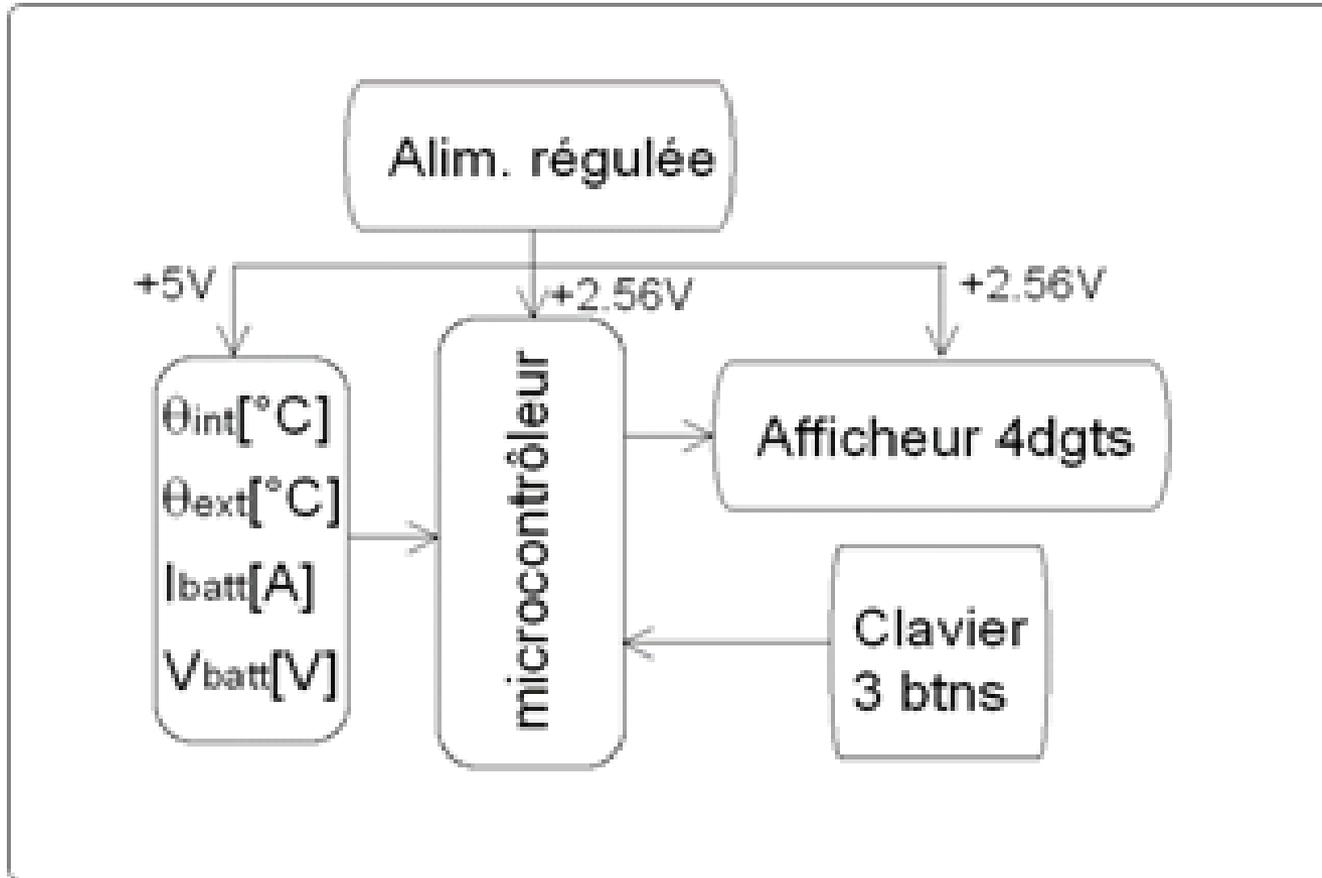


Schéma du montage Kitlaar moniteur solaire 4 entrées.



Synoptique du montage réalisé.



Une mémoire  
flash



Une mémoire  
Statistique



Une horloge

37

# Conception et réalisation d'un moniteur solaire multicanaux

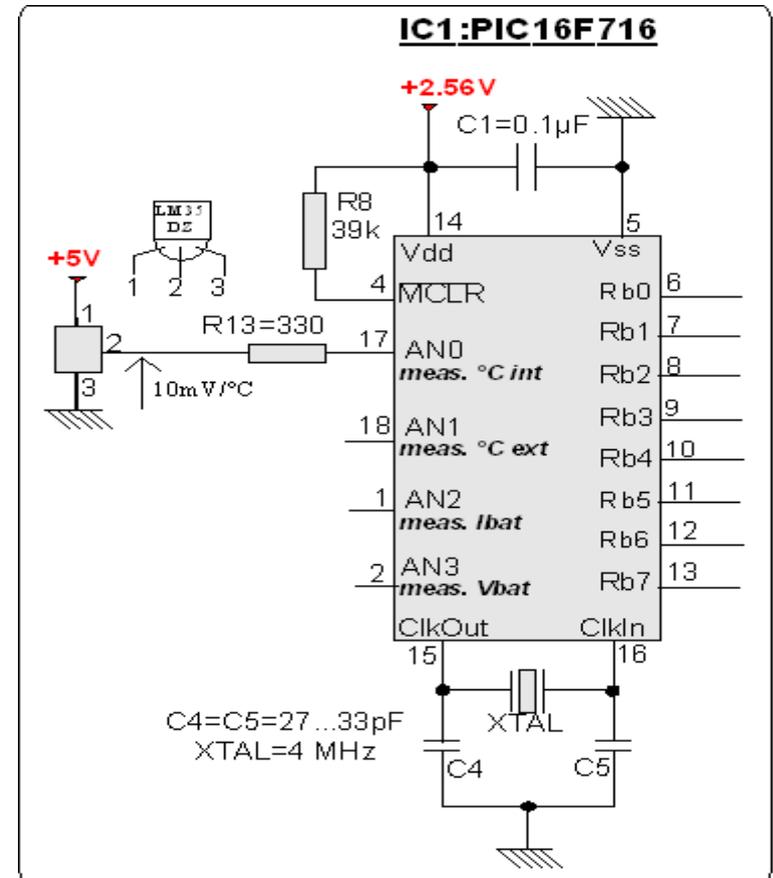
## Microcontrôleur 8-bit (PIC16F716)

Alimenté par une tension particulière :

$$V_{dd} = 2.56 \text{ [V]}.$$

On obtient ainsi une sensibilité de :

$$2560 / 256 = 10 \text{ [mV]}.$$



Circuit du PIC16F716

## Module afficheur 4 digits à LED 7-segments

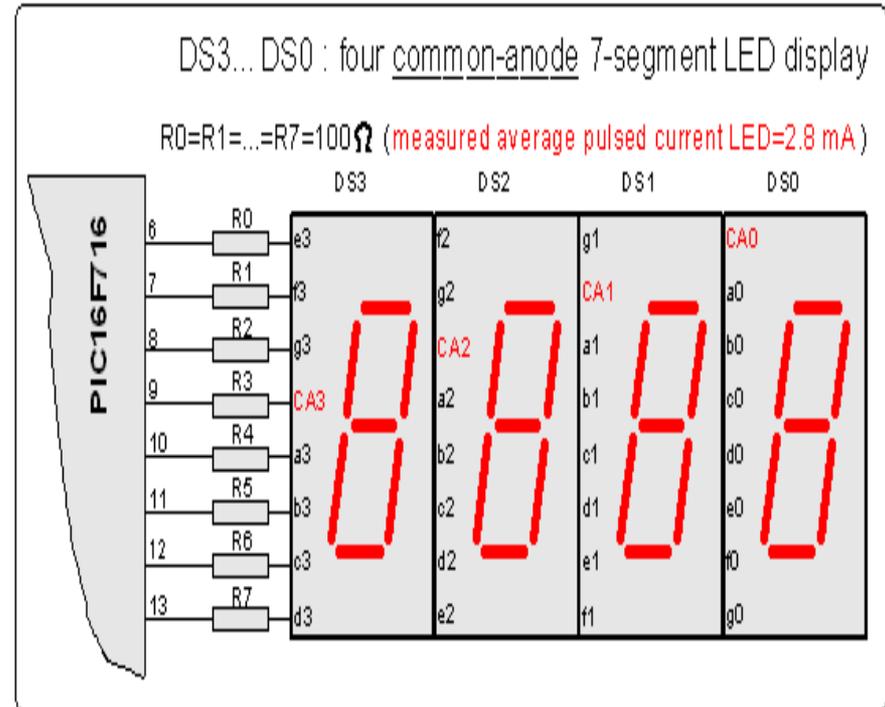
Un module afficheur 4 digits à LED 7-

segments classique nécessite 12 lignes I/O

(entrées/sorties) de la part du PIC. Grâce à un

multiplexage double, on a utilisé seulement 8

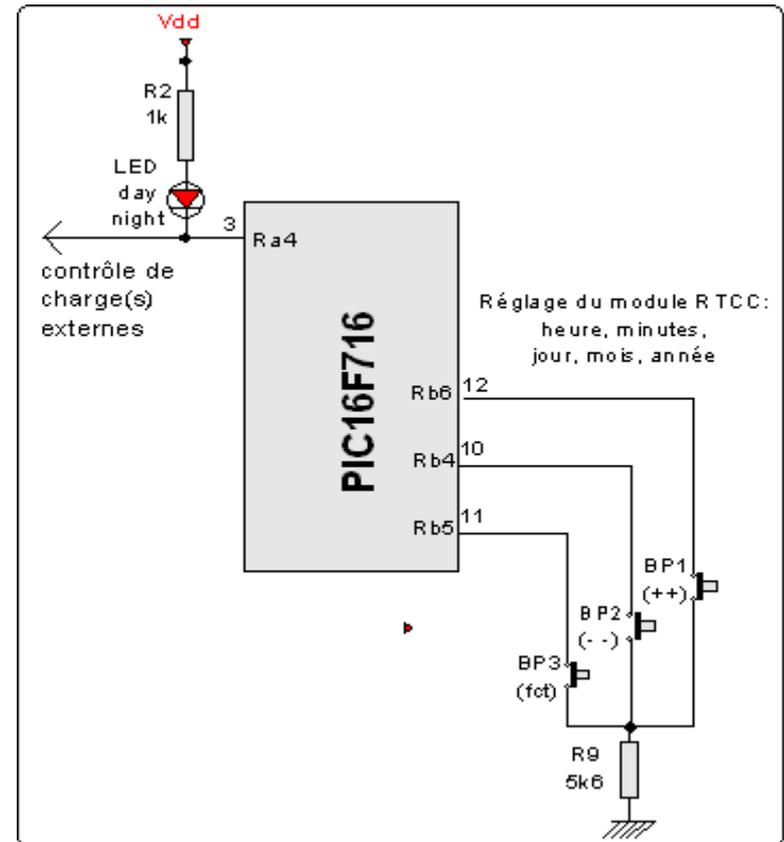
lignes I/O.



Module afficheur 4 digits à double multiplexage.

## Clavier de 3 boutons poussoirs

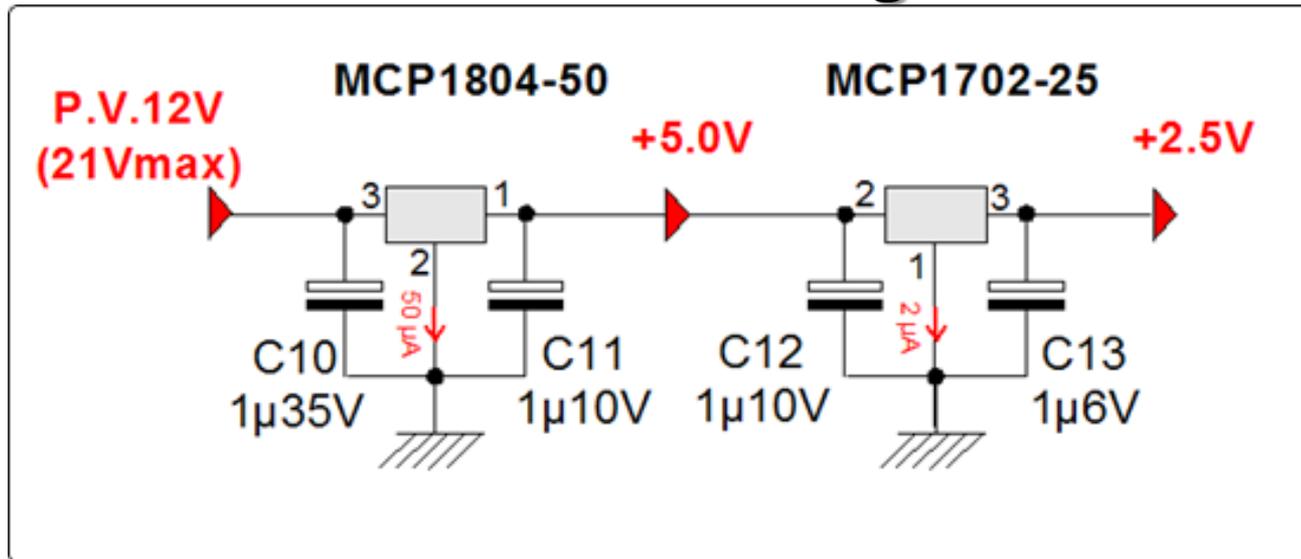
- Le clavier est composé de trois mini boutons poussoirs seulement.



Clavier 3 boutons poussoirs et sortie jour/nuit (pin Ra4).



## Section alimentation régulée double

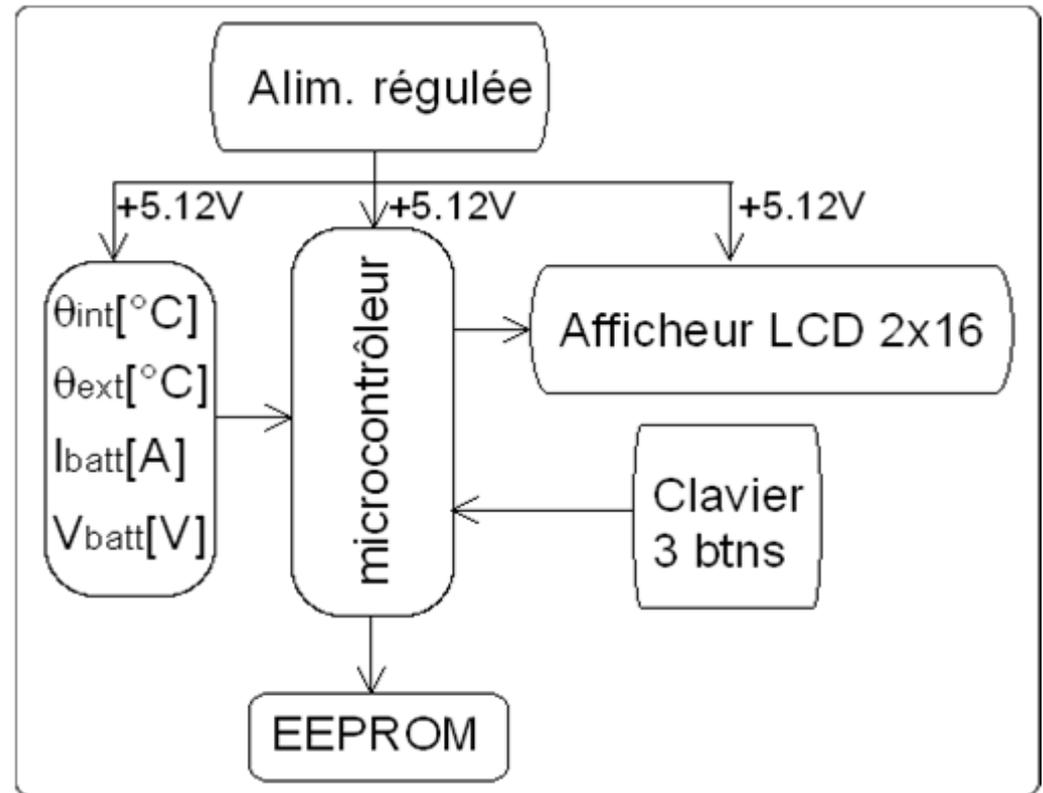


Section alimentation régulée double.

- ➡ La section alimentation régulée double comporte un régulateur intégré LDO MCP1804-50 chargé d'abaisser à 5.0V la tension des panneaux solaires qui est typiquement de 17V.
- ➡ Le second circuit régulateur de type MCP1702-25 est chargé de fournir en sortie une tension fixe de 2.5V nécessaire pour le module interne ADC 8-bit.



Courant de charge	Tension de charge	Nombre de jour	Levé du soleil	Couché du soleil	Heur TSV	Température interne	Température externe
0.69A	16,4 V	158 J	5 <sub>H</sub> 43	20 <sub>H</sub> 15	11 <sub>H</sub> 52	22°C	26°C

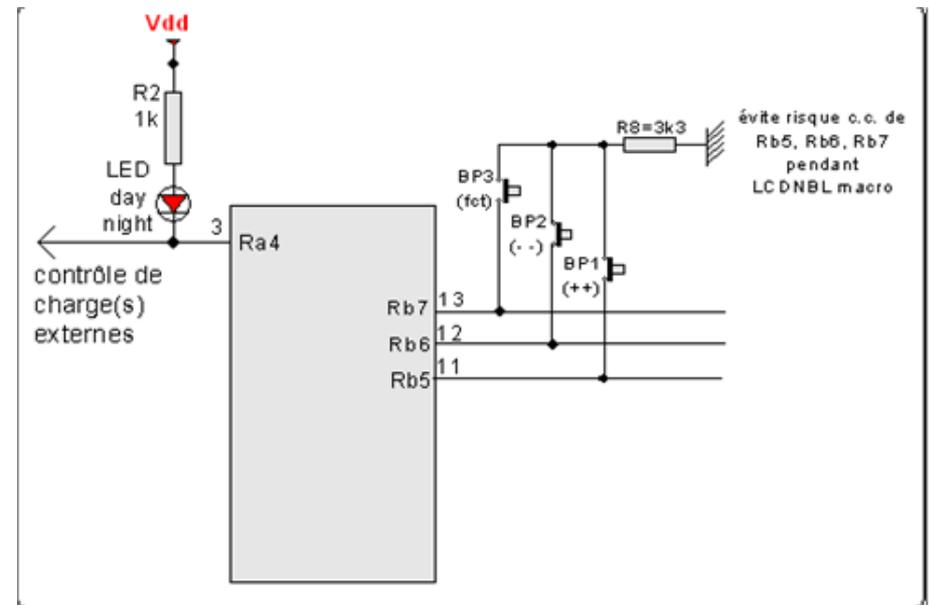




## clavier de 3 boutons poussoirs

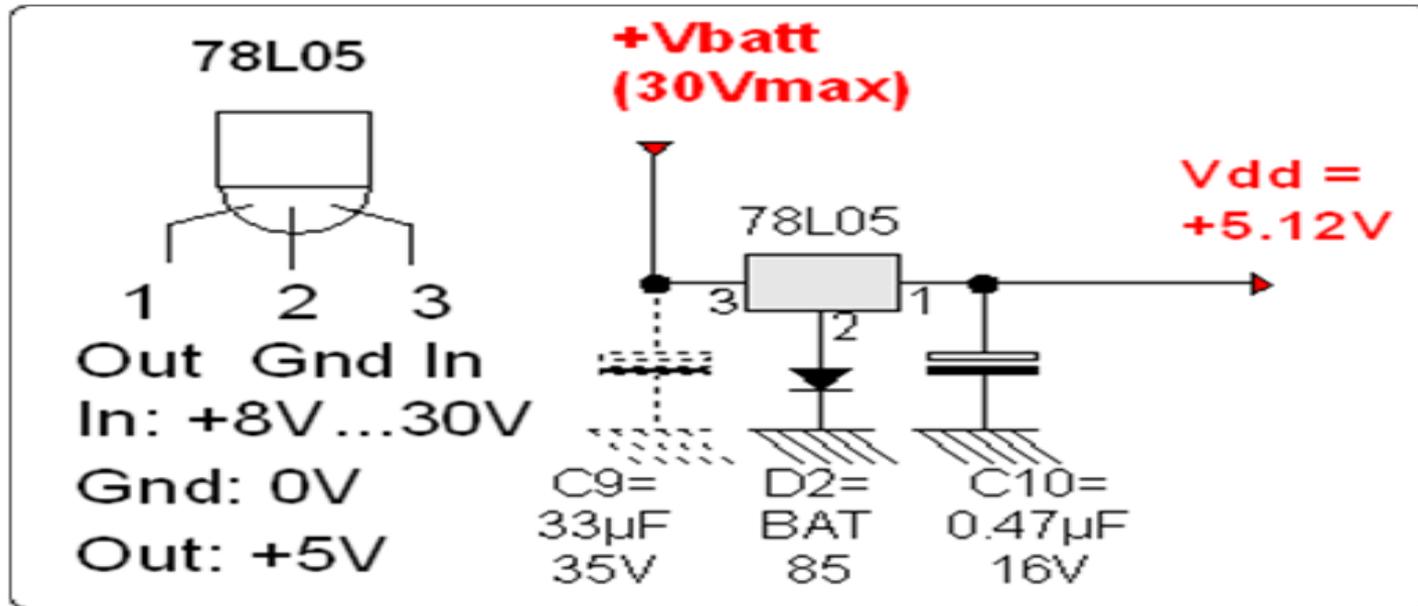
Ⓢ Le clavier est composé de trois mini boutons poussoirs seulement .

Ⓢ Un programme supplémentaire a été rajouté pour le réglage de l'horloge-calendrier RTCC (*Real Time Clock and Calendar*) .





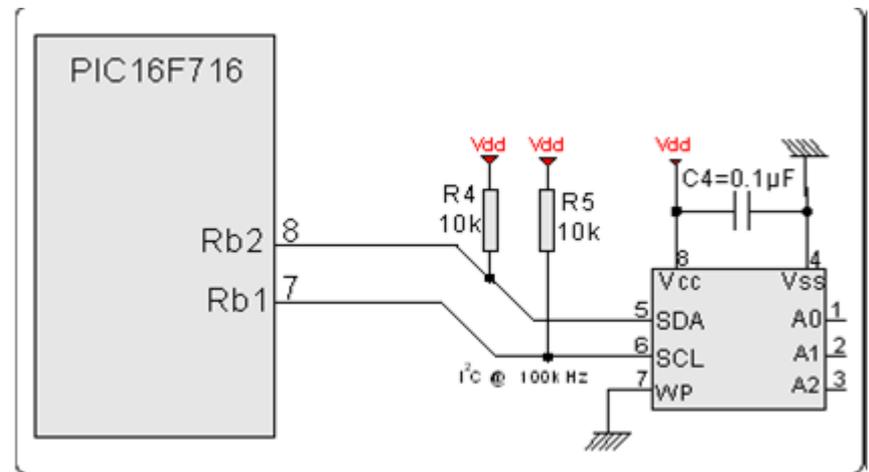
## La section alimentation

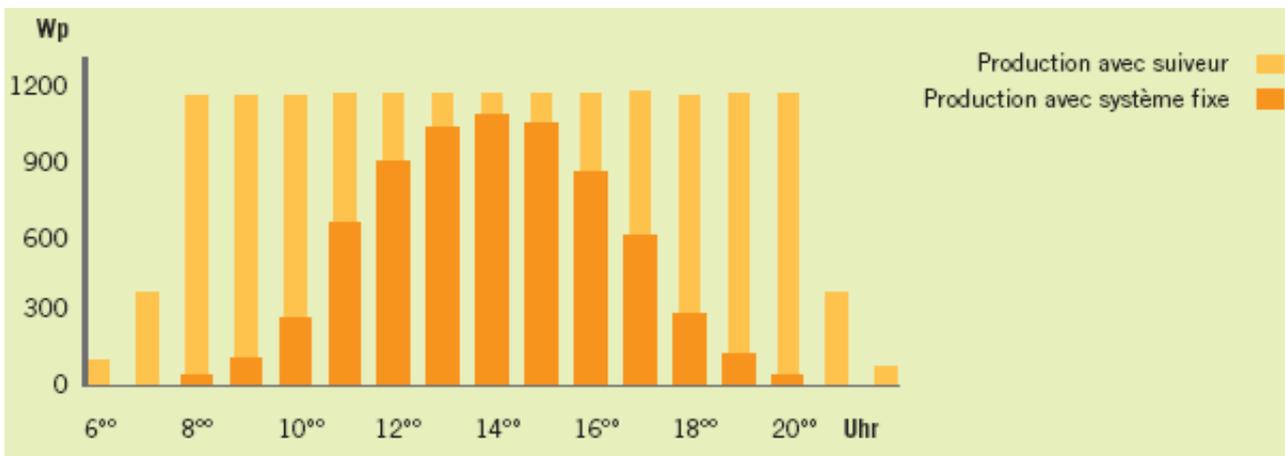


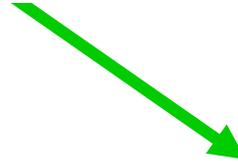
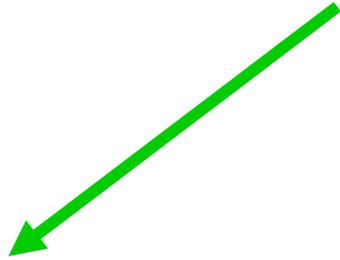
- La section alimentation comporte un régulateur intégré 78L05, chargé d'abaisser la tension délivrée par les panneaux solaires 12V, (pouvant atteindre 17V en fonctionnement optimal) à 5V pour alimenter l'ensemble des circuits actifs (les deux capteurs de température LM35DZ, l'afficheur LCD 2x16 caractères et le microcontrôleur PIC16F716).

## La mémoire EEPROM externe

- Une mémoire EEPROM externe de 8 Ko (une 24LC64) a été utilisée pour stocker un relevé de mesures étalé sur une année







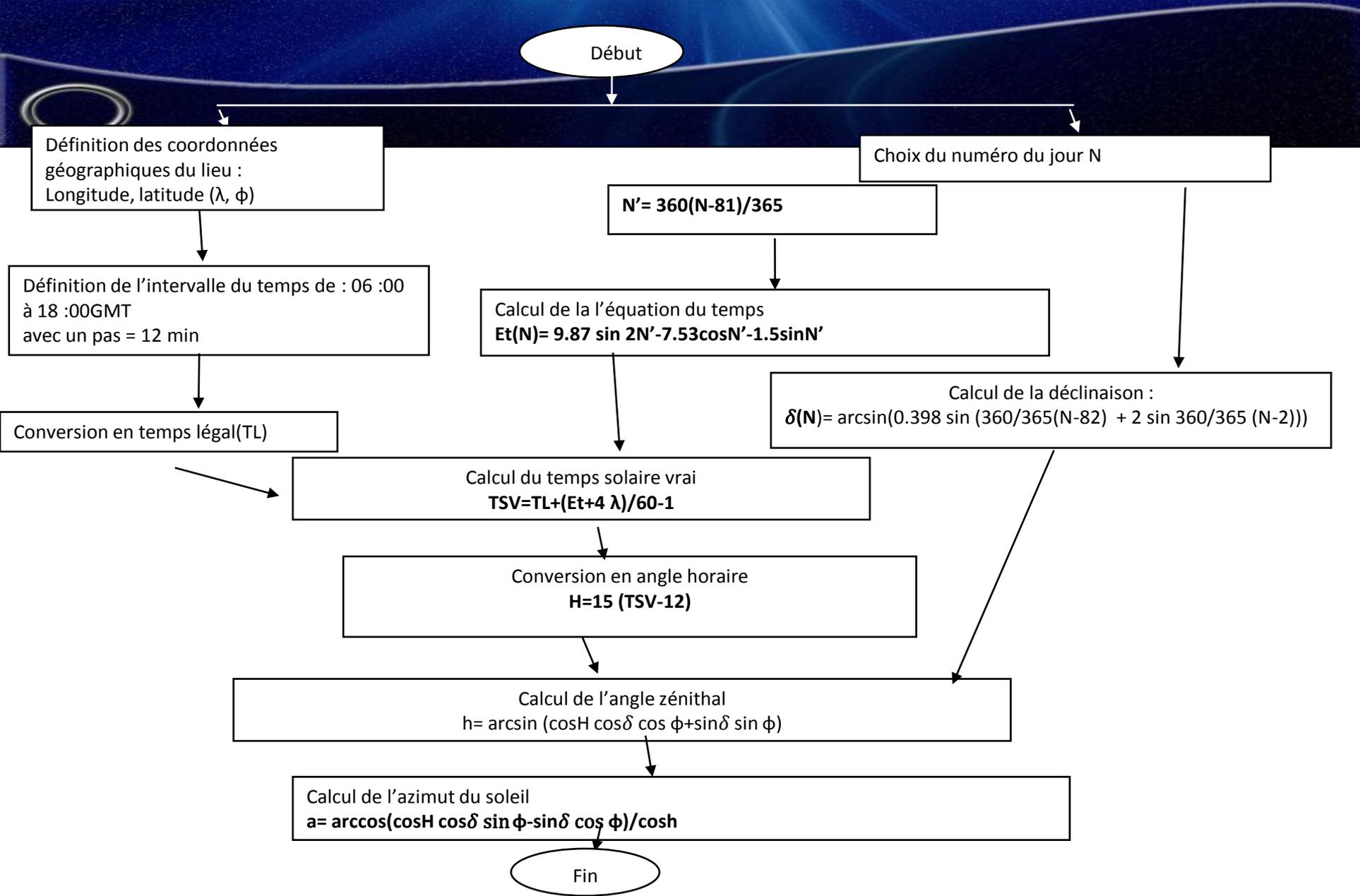
$$\sin h = \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos H + \sin \varphi \cdot \sin \delta$$

$$\sin \alpha = \frac{\cos \delta \cdot \cos H}{\sin h}$$

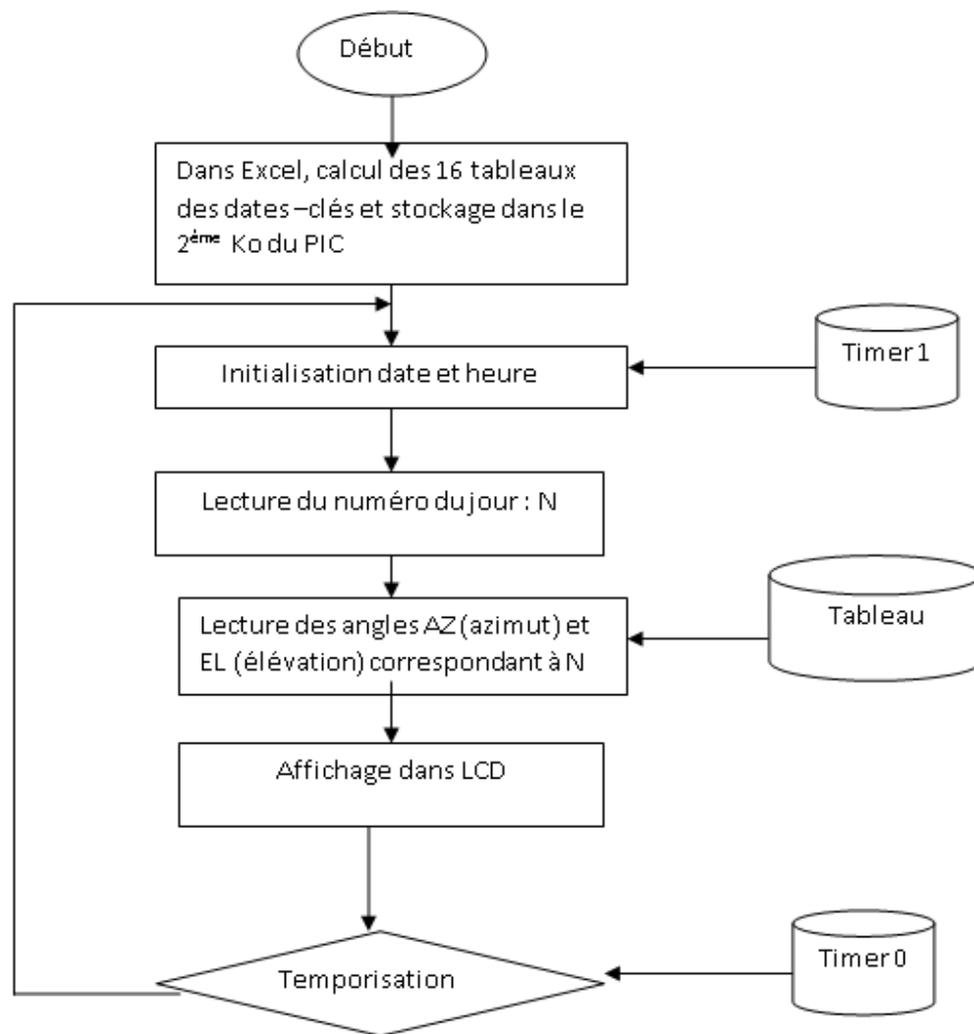


## Détermination de la position du soleil

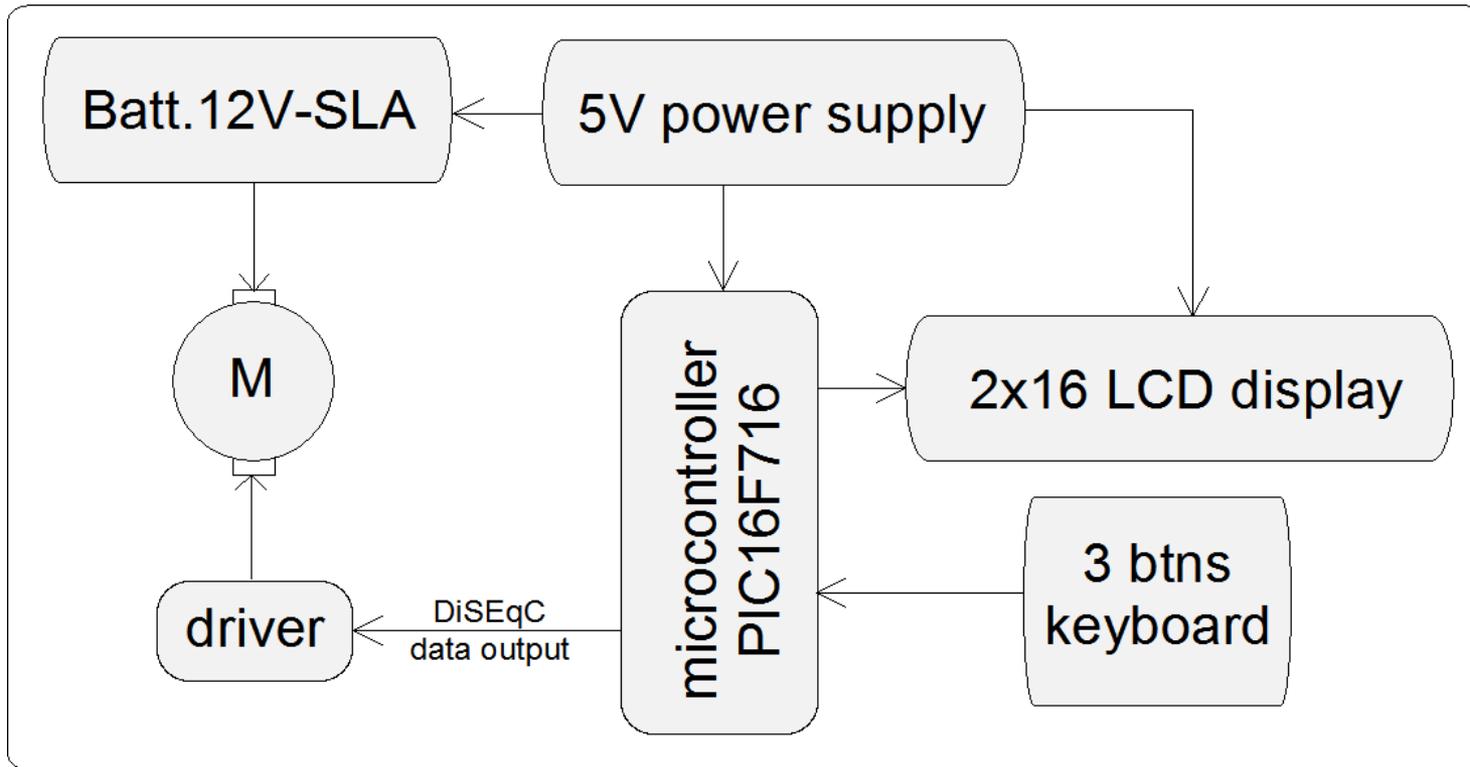
- Les valeurs des angles AZ et EL sont calculées durant toute une journée, de 06 :00 à 18 :00 GMT, avec un pas de 12 minutes, et pour différentes valeurs du numéro du jour N (N variant de 1 à 365, par pas de 23 jours). Pour un lieu et un jour donné ( $\varphi$ ,  $\lambda$  et N fixés), on obtient les valeurs de a et h sous forme de tableau de 61 éléments pour chaque paramètre.



Organigramme pour le calcul de l'azimut(a) et l'angle zénithal(h)



Organigramme fonctionnel du programme assembleur.



**Synoptique du montage réalisé.**



AZ=-040 ; EL= 73  
May. 21 (141) 11 22



Temps	AZ	EI	U	I	Pmax
11 :43	-29	76	16.4	0.93	17.52
11 :48	-17	77	16.54	0.94	17.60
12 :02	5	78	16.81	0.95	17.60
12 :12	8	78	17.2	0.96	17.85
12 :24	20	77	16.23	0.91	17.75
12 :36	31	76	17.1	0.98	17.23

Dans ce travail, on a étudié la gestion d'une mini-centrale solaire:

- Au début , nous avons présenté des généralités sur le gisement solaire, on a pu également estimer et vérifier expérimentalement des modèles du rayonnement solaire global journalier et mensuel.
- Par la suite l'étude de la bibliographie des générateurs photovoltaïques nous a permis de faire une modélisation et une simulation d'un module solaire(modèle ZT 180s), afin d'étudier expérimentalement ses caractéristiques

- Enfin, les différents dispositifs réalisés au cours de ce travail sont :
- Un moniteur solaire      Un datalogger solaire      Un suiveur solaire





*Merci*

*de Votre*



*Attention*



Université des Sciences et de Technologie d'Oran-MB

*Etude de gestion d'une mini-centrale solaire et mise au point  
d'un dispositif automatique de mesures, contrôles et  
régulation de l'énergie électrique*

**Encadré par:**

**Pr. BENABADJI Noureddine**

**Présenté par:**

**NAIM Houcine**

