



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

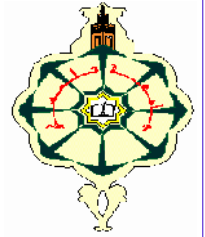
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAID TLEMCEM

FACULTÉ DE TECHNOLOGIE

DÉPARTEMENT DE GÉNIE ELECTRIQUE ET ELECTRONIQUE



Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de

Master en Electrotechnique

Option : Commande des Machines

THEME

**COMMANDE A DEUX AXES D'UN PANNEAU
PHOTOVOLTAIQUE**

Présenté par :

Mr : **BOUAYED Abderrahmen**

Soutenu le 25 juin 2014 devant le jury composé de :

Président	Mr: S.MELIANI
Examineur	Mr: BERIXI
Examineur	Mr: M.C.BENHABB
Encadreur	Mr: A.KHEROUS

Année Universitaire 2013-2014

Sommaire

Introduction générale

CHAPITRE 1 : l'énergie photovoltaïque

I.1- Introduction.....	1
I.2- La position du soleil.....	1
I.3- Energie solaire.....	1
I.4- Le rayonnement solaire et le nombre de masse 'air.....	1
I.4.1-Le rayonnent solaire	1
I.4.2- Nombre de mass d'air.....	3
I.5- L'effet photovoltaïque	4
I.6- Energie photovoltaïque.....	4
I.7- Constitution d'un générateur photovoltaïque.....	5
I.8- La cellule solaire.....	6
I .8.1- Composition.....	6
I.8.2- Fonctionnement.....	7
I.8.3- Bandes d'énergies.....	9
I .8.4- Conduction électrique dans les matériaux semi-conducteurs.....	10
I.8.5- Les caractéristique d'une cellule photovoltaïque.....	11

I.8.6-Modèle simplifié équivalent d'une cellule PV au silicium.....	11
I.8.6.1-D'une seul diode.....	12
I.8.6. 2-De deux diodes	12
I .9- Modules photovoltaïques et champs de modules.....	13
I.9.1- Module et groupement de cellules en série.....	13
I .9.2- Groupement de cellules ou modules en parallèle.....	15
I .10- Protections classiques d'un groupe photovoltaïque.....	17
I .10.1- Protection lors de la connexion en parallèle de plusieurs générateurs photovoltaïques.....	17
I.10.2- protection du groupe photovoltaïque constitué de la mise en série d'un grand nombre de cellules	18
I .11- Protection contre les surtensions et la foudre.....	19
I .12- Protection du générateur photovoltaïque constituée de la mase en série d'un grand nombre de cellules.....	20
I.13- Avantages, inconvénients et limites des systèmes photovoltaïques	20
I.13.1- Avantages.....	20
I .13.2- Inconvénients.....	21
I .13.3-Limites.....	21
I.14- Intérêt des panneaux solaire photovoltaïques mobiles par rapport aux panneaux fixes.....	21
I.15- Conclusion.....	22

CHAPITRE 2 : SYSTEME DE POURSUITE

II.1.

Introduction :23

II.2. Position du soleil et orientation de la surface réceptrice.....23

II.2.1. Position du soleil par rapport à un observateur.....23

II.2.2. Orientation de la surface réceptrice.....25

II.2.2.1. Rotation suivant un axe.....25

II.2.2.2. Rotation suivant deux axes27

II.2.3. Différents types de montures.....28

II.2.3.1. Monture altazimutale.....28

II.2.3.2. Monture équatoriale.....29

II.3- Capteur de la luminosité de soleil.....30

II.3.1- Capteur LDR.....30

II.3.1.1- Définition.....30

II.3.1.2. Principe de fonctionnement.....32

II.3.1.3. Précision.....33

II.3.2. Autre forme du capteur.....34

II.4. Conclusion:.....36

CHAPITRE 3 : REALISATION PRATIQUE

III.1- Circuit de conditionnement :37

III .2- Le principe de fonctionnement.....	37
III.3- Pont de Wheatstone.....	38
III .4- Amplificateur d'instrumentation.....	40
III .4.1- Montage amplificateur non inverseur.....	40
III .4.2- Montage amplificateur soustracteur	42
III.5- Montage final.....	44
III .6-Résultats pratiques :.....	47
III.7-Conclusion.....	50
Conclusion générale	

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les énergies renouvelables sont des énergies qui se renouvèlent assez rapidement pour être considérées comme inépuisable à l'échelle humaine du temps. Face aux prévisions d'épuisement inévitable des ressources mondiales en énergie fossile (pétrole, gaz, charbon...), en énergie d'origine thermonucléaire (uranium, plutonium...), face aux multiples crises pétrolières, économiques, aux changements climatiques dus à l'effet de serre, la science s'est tout naturellement intéressée aux ressources dites " renouvelables " et notamment vers la plus ancienne, le soleil, qui déverse chaque jour l'équivalent de 100 000 milliards de TEP (tonnes équivalent pétrole). Cette valeur est à comparer aux 9,58 milliards de TEP que représente la consommation annuelle mondiale en énergie primaire (1998).

Considéré dans l'Antiquité comme un dieu, le soleil est aujourd'hui réduit au statut d'énergie, une énergie qu'il nous faut la capter, la transformer, la stocker.... Capter cette énergie et la transformer directement en électricité par effet photovoltaïque, provient de la conversion de la lumière du soleil en électricité au sein de matériaux semi-conducteurs comme le silicium ou ceux qui sont recouvert d'une mince couche métallique. Ces matériaux photosensibles ont la propriété de libérer leurs électrons sous l'influence d'une énergie extérieure. C'est l'effet photovoltaïque. L'énergie est apportée par les photons, (composants de la lumière) qui heurtent les électrons et les libèrent, induisant un courant électrique. Ce courant continu de micro puissance calculé en watt crête (Wc) peut être transformé en courant alternatif. [1]

Dans ce contexte, notre motivation dans ce travail développé en chapitres est d'optimiser l'énergie fournie par les panneaux photovoltaïques dans le but de maximiser la quantité d'éclairement absorbé par les panneaux photovoltaïques en suivant le mouvement du soleil pendant la journée.

Notre rapport est organisé de la manière suivante :

- Le premier chapitre concerne l'état de l'art de l'énergie photovoltaïque et son intérêt.
- Le second chapitre porte sur la conception du panneau photovoltaïque mobile.
- Le troisième chapitre présente la partie pratique et les résultats obtenus.

CHAPITRE

1

*Etat de l'art de l'énergie
photovoltaïque*

Etat de l'art de l'énergie photovoltaïque

I.1- Introduction

Le développement de l'exploitation des énergies renouvelables a connu une forte croissance ces dernières années. La production d'électricité par des sources d'énergie renouvelables offre une plus grande sûreté d'approvisionnement des consommateurs tout en respectant les normes écologiques de l'énergie. Le caractère renouvelable d'une énergie dépend de la vitesse à laquelle la source se régénère, mais aussi de la vitesse à laquelle elle est consommée.

I.2- La position du soleil :

Pour un lieu donné, la position du soleil est repérée à chaque instant de la journée et de l'année par deux référentiels différents, grâce à deux plans, plan horizontal du lieu et le plan équatorial de la terre.

I.3- Energie solaire :

L'énergie solaire atteignant une surface donnée dépend directement de l'orientation de celle-ci et de la position du soleil. Pour récupérer un maximum d'énergie en provenance du soleil, il est nécessaire d'orienter au mieux le récepteur par rapport aux rayons lumineux.

I.4- Le rayonnement solaire et le nombre de masse d'air :

I.4.1-Le rayonnement solaire :

Le rayonnement solaire correspond approximativement à celui d'un corps noir à 3780K. En traversant les différentes couches de l'atmosphère, certaines longueurs d'onde sont absorbées par des gaz comme l'ozone (absorption des rayons ultraviolets) ou la vapeur d'eau (absorption des rayons infrarouges). Pour tenir compte de la distance traversée par les rayons, on introduit la notion du nombre de masse d'air AM_y , y étant défini par :

$$Y=1/\sin(\theta) \quad [1.1]$$

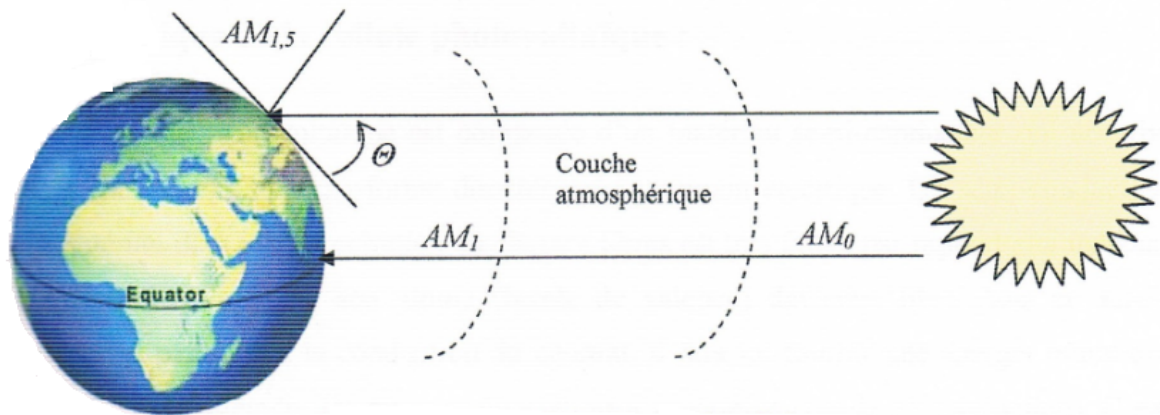


Figure I.1 : le rayonnement solaire

θ : représente l'élévation du soleil sur l'horizon.

En définit ainsi les conditions AM_1 quand le soleil est au zénith et AM_2 quand le soleil est à 30° au-dessus de l'horizon.

La condition hors atmosphère est représentée par la notion AM_0 .

La condition $AM_{1,5}$ est satisfaite lorsque le soleil est à 90°

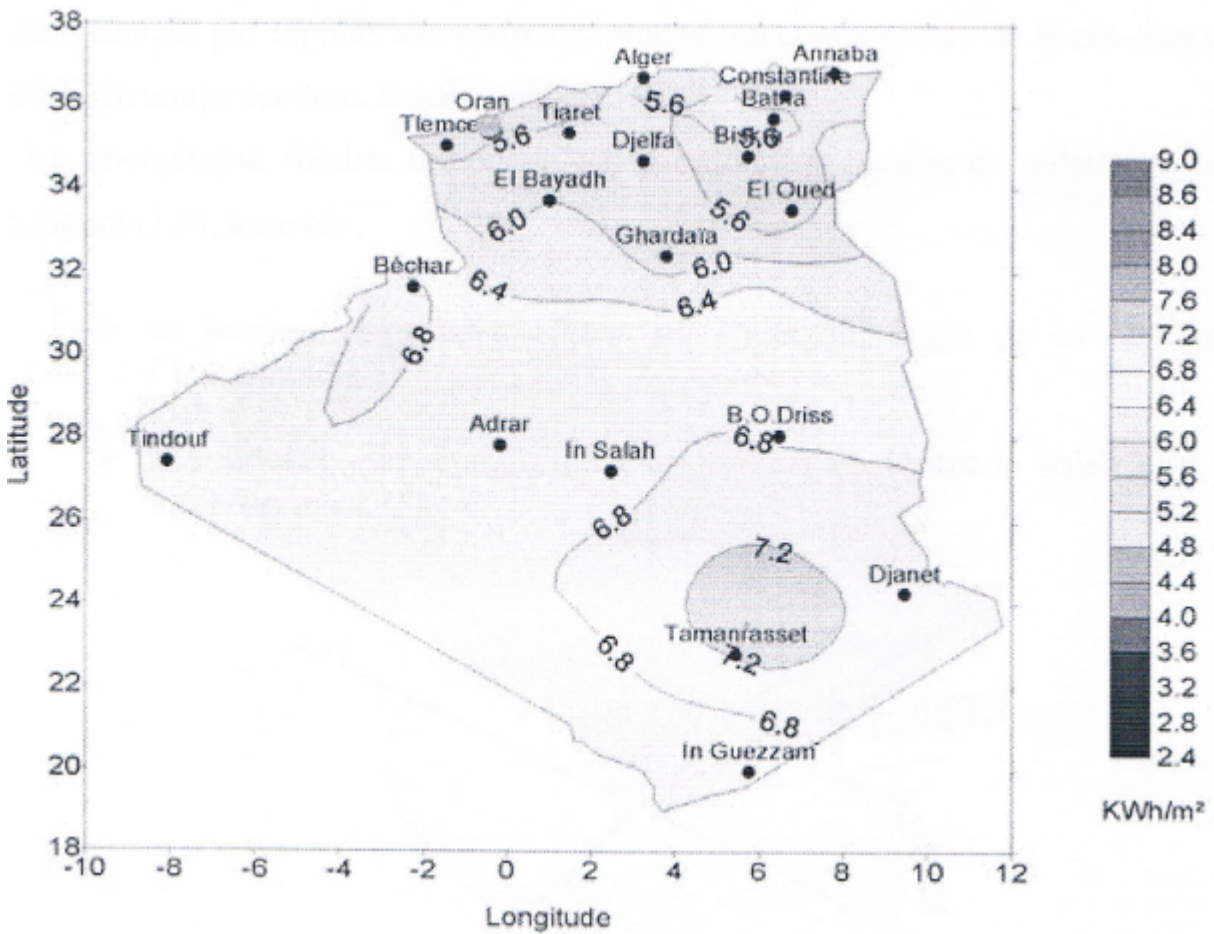


Figure I.2 : moyenne annuelle de l'énergie reçus en Algérie. [1 2]

En cet effet, concernant la mesure du rayon solaire en Algérie, le réseau de mesures est peu dense relativement à la superficie du territoire. En effet, seules sept stations météorologiques sur la soixantaine que compte le réseau de l'office national de la météorologie assurent la mesure des composantes diffuse et globale du rayonnement solaire reçu sur le plan horizontal.

I.4.2- Nombre de mass d'air :

Le rayonnement solaire traversant l'atmosphère au cours de la journée dépend de la position relative du soleil dans le ciel. Pour tenir compte de cette position qui modifie l'épaisseur d'atmosphère traversée par les rayons lumineux, on définit un coefficient m appelé masse atmosphérique ; le nombre de masse d'air défini par :

$$m = \left(\frac{p}{1013 \sin A} \right) e^{\left(\frac{-Z}{7.8} \right)} \quad [1 3]$$

7.8 (Km) : l'équation verticale moyenne standard de l'atmosphère.

Z (Km) : l'épaisseur de l'atmosphère traversée par le rayonnement solaire

P : pression de l'atmosphère (N/m²)

A : élévation du soleil en degré

I.5- L'effet photovoltaïque :

Le terme photovoltaïque vient du Grec <photos> qui désigne la lumière et de <voltaïque>, mot dérivé du physicien italien Alessandro VOLTA, connu pour ses travaux sur l'électricité. Ce terme est associé à la production d'une tension à partir de la lumière ; on s'y réfère souvent par l'abréviation <PV>. Un terme plus courant pour les cellules photovoltaïques est « pile solaire » malgré que celle-ci fonctionnent à partir de n'importe quelle source de la lumière, et non uniquement celle du soleil. Donc ce phénomène consiste à établir une force électrique (énergie électrique de type continu directement utilisable) lorsque la surface de cette cellule est exposée à la lumière. La tension générée peut varier entre 0.3 V et 0.7 V en fonction du matériau utilisé et de sa disposition ainsi que la température et du vieillissement de la cellule. [1 4]

I.6- Energie photovoltaïque :

Un système photovoltaïque (PV) est destiné à satisfaire un besoin d'énergie électrique selon des conditions spécifiques d'exploitation. Il est généralement constitué d'un générateur photovoltaïque, d'un système de stockage, de source auxiliaire d'appoint (groupe diesel, aérogénérateur, réseau, etc....), des systèmes d'interface (convertisseurs, réseau, etc..) d'un système de contrôle, et de commande (système de surveillance, armoires électriques, cartes électroniques..) et d'une utilisation courante, un usage déterminé. Cet usage (éclairage, réfrigération, pompage, communication,...) est exploité dans divers secteurs (santé, éducation, agriculture, énergie...).

La topologie d'un système PV est déterminée selon d'une part la nature de l'utilisation (nombre de récepteurs, contrainte d'exploitation, sécurité énergétique,..) et d'autre part des considérations technico-économiques prenant en compte aussi bien le rendement énergétique que la taille de l'investissement. [1 4]

La partie principale dans ces installations est le générateur photovoltaïque. Il est composé de divers modules formés par une association série de cellules élémentaires convertissant l'énergie solaire (sous formes de rayonnement) en une énergie électrique. Une cellule peut produire 1.5w pour un ensoleillement de $100\text{W}/\text{m}^2$ avec une tension de 0.6V. Un module de 36 cellules produit une puissance moyenne de 40 à 50W et occupe une surface de 0.5m^2 environ. Le rendement énergétique moyen est de l'ordre de 12 à 15% est a atteint pour une phase de recherche 30%.

I.7- Constitution d'un générateur photovoltaïque :

La cellule photovoltaïque élémentaire constitue un générateur électrique de très faible puissance au regard des besoins de la plupart des applications domestiques ou industrielles. Une cellule élémentaire de quelques dizaines de centimètres carrés délivre, au maximum, quelques watts sous une tension très faible (de l'ordre de 0.6 à 0.8V), puisqu'il s'agit d'une tension de jonction PN. Alors, l'association de plusieurs cellules photovoltaïques en série donne lieu à un générateur appelé module photovoltaïque. Si les cellules se connectent en série, les tensions de chaque cellule s'additionnent, augmentant la tension totale du générateur. D'une autre part, si les modules se connectent en parallèle, c'est l'intensité qui augmentera.

La plupart des panneaux photovoltaïques commerciaux sont constitués par des modules formés eux même de cellules connectés en série. Chacun de ces modules est lui-même constitué d'un groupe de formées eux même de cellules photovoltaïques connectées en série. Le nombre de cellules par module est le fruit d'un compromis économique entre protection et pertes d'une partie importante du générateur photovoltaïque en cas de défaut partiel.

I.7- La cellule solaire

I.7.1- Composition :

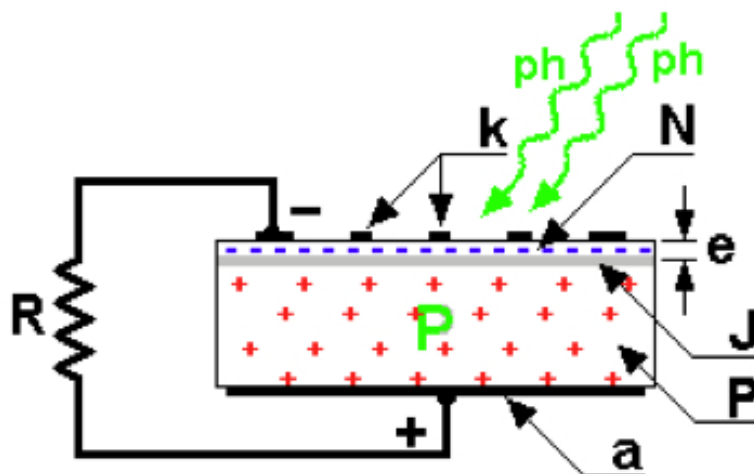


Figure I.3 : la construction interne de la cellule solaire.[1 5]

N : Couche supérieure, composée de silicium dopé par un élément contenant plus d'électrons que le silicium.

Elle contient donc plus d'électrons qu'une couche de silicium pur.

Cette couche appelée semi-conducteur de type N.

P : Couche inférieure composée de silicium dopé par un élément contenant moins d'électrons que lui. Contient donc moins d'électrons qu'une couche de silicium pur. Couche appelée semi-conducteur de type P.

J : jonction entre les zones N et P. Au milieu de ces deux matériaux, il va se former une zone neutre, appelée Zone de Charge d'Espace (ZCE). Cette zone étant neutre, aucun courant ne peut la traverser.

K : la zone N est couverte par une grille métallique qui sert de cathode (électrode de sortie du courant).

a : plaque métallique recouvrant la face du **cristal** (qui appartient aux cristaux: variété de verre pur, limpide et très résistant. Ici, le silicium), qui sert d'anode (électrode d'entrée du courant).

e : épaisseur de N (égale à quelques millièmes de mm).

R : résistance de charge.

ph : photons : particule élémentaire de la lumière

La lumière est une onde électromagnétique de fréquence ν et un faisceau de particules appelées photons transportant l'énergie E telle que :

$$E = h \cdot \nu \quad [1.6]$$

Où - h est la constante de Planck $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s
- ν est la fréquence de l'onde électromagnétique associée au photon

I.7.2- Fonctionnement :

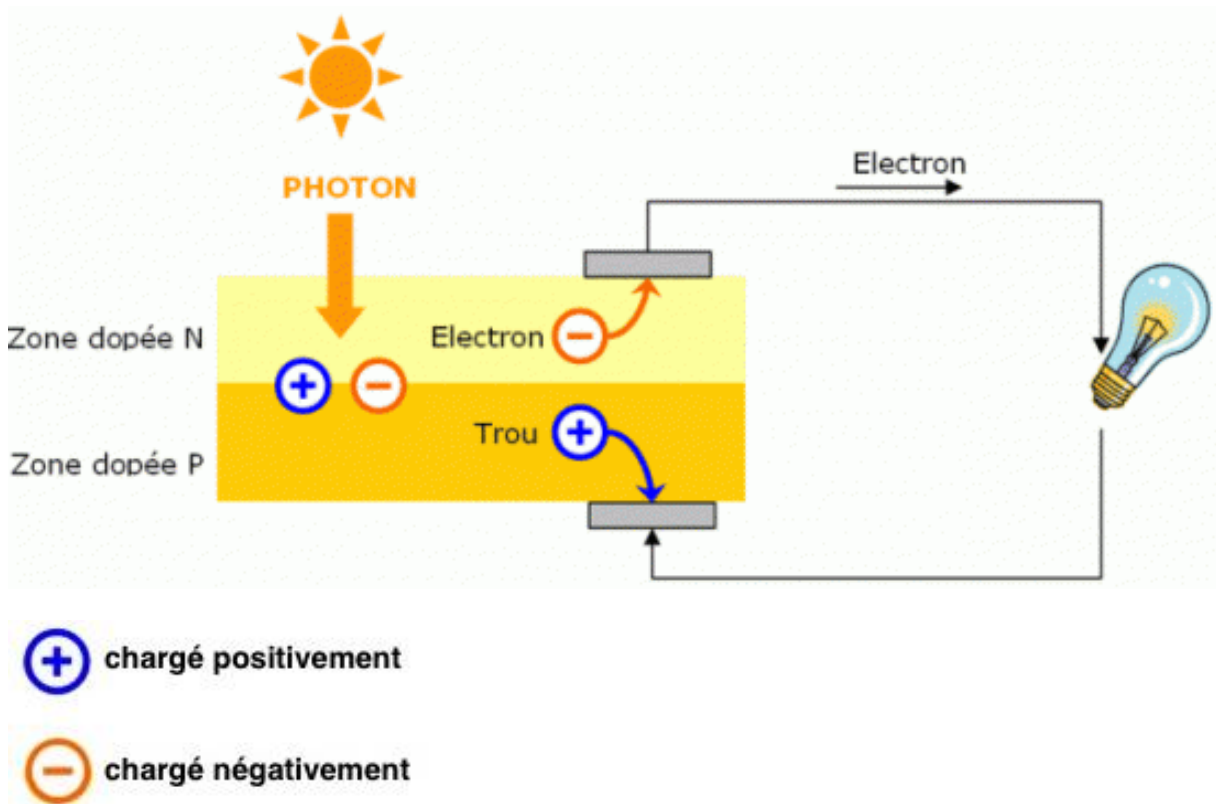


Figure I.4 : le fonctionnement de la cellule solaire [1.7]

- **Le photon :**

C'est une particule élémentaire de la lumière. Celle-ci contient de l'énergie électromagnétique. Elle possède donc un potentiel électromagnétique non-nul capable d'être utilisé par un autre corps. Le photon est la particule qui contient cette énergie électrique et magnétique.

- **Le dopage :**

Le dopage consiste à l'introduction d'impuretés dans un matériau (ici le silicium).

Les impuretés introduites dans le silicium sont de deux types :

- **électronégatif** : des atomes de *phosphore* dont la couche externe comportent 5 électrons. L'insertion de tels atomes dans le réseau cristallin va libérer un électron qui devient disponible pour le transport du courant. Le silicium devient donc semi-conducteur de type N.

- **électropositif** : soit des atomes de *bore* dont la couche externe comportent 3 électrons. L'insertion de tels atomes dans le réseau cristallin va créer un trou positif (défaut d'électron) dans la structure cristalline. Le silicium devient donc un semi-conducteur de type P.

- Un **semi-conducteur** est donc un corps cristallin dont les propriétés de conductibilité électrique sont intermédiaires entre celle des métaux et celle des isolants.

Le fonctionnement d'une cellule photovoltaïque est dû à un effet nommé l'effet photovoltaïque (ou photopile).

Découvert en 1839 par Antoine Becquerel, l'effet photovoltaïque permet la conversion directe du rayonnement solaire en électricité.

La lumière du Soleil est porteuse d'énergie. Cette énergie, sous forme de flux de photons, peut arracher et déplacer les électrons d'un matériau exposé. Ce mouvement créé a un nom : le courant électrique.

Pour mieux comprendre ce phénomène, il est important de connaître l'organisation des atomes (et de leur constituants) ainsi que les propriétés des matériaux semi-conducteurs.

I.7.3- Bandes d'énergies :

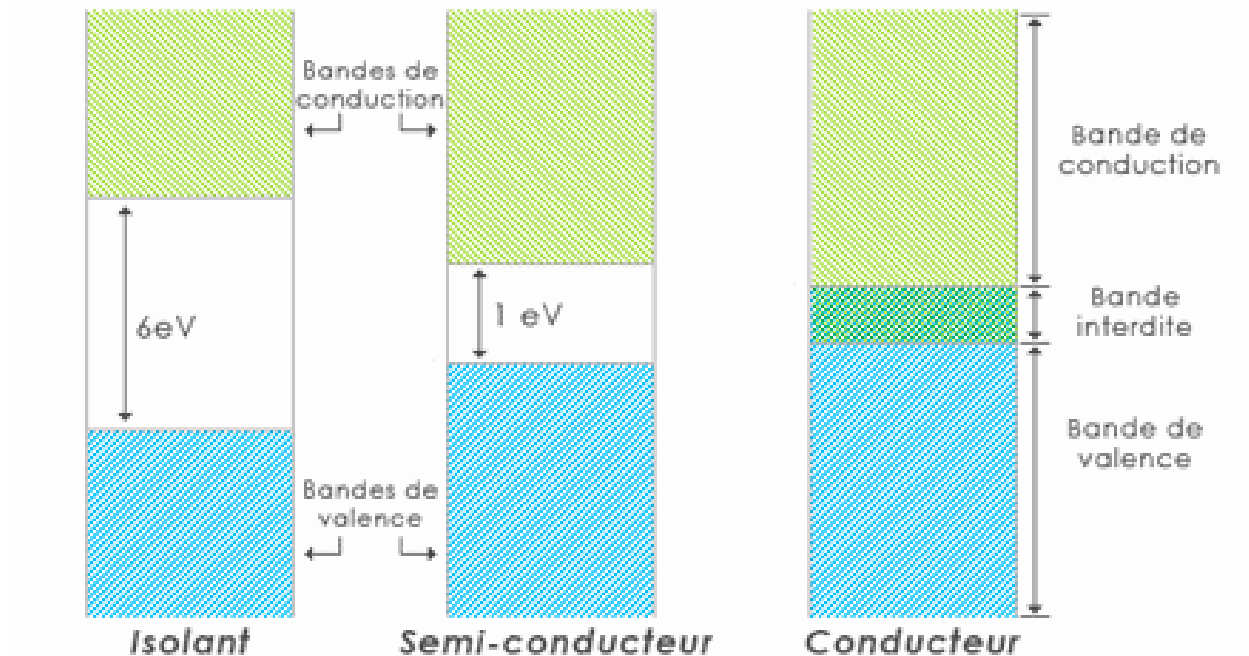


figure I.5 : la bande d'énergie de la cellule solaire [1 8]

Il existe deux bandes d'énergies dans les semi-conducteurs au niveau de la couche externe :

- la bande de conduction, dans laquelle se trouvent les électrons excités qui peuvent se déplacer dans le silicium
- la bande de valence, qui contient les électrons impliqués dans les liaisons covalentes.

Ces deux bandes sont séparées par une bande interdite (ou *gap*) qui est normalement infranchissable par les électrons. Ils peuvent la traverser grâce à une excitation provenant de l'extérieur (ici, l'absorption de photons).

On choisit d'utiliser les semi-conducteurs car ceux-ci ont une petite bande interdite (1 eV, soit 6 fois plus petite qu'un isolant).

I.7.4- Conduction électrique dans les matériaux semi-conducteurs

La libération d'un électron par un apport d'énergie crée un "trou" (ou "défaut d'électron").

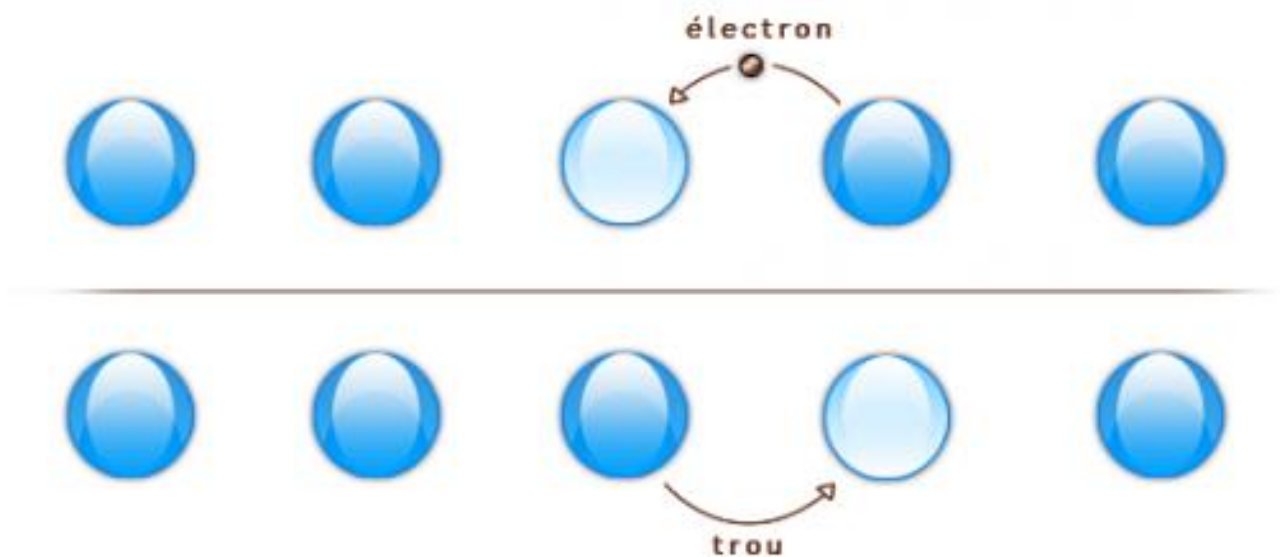


Figure I.6 : création d'une paire électron-trou [1 9]

Ce trou doit être comblé par un électron, c'est pourquoi un autre électron vient prendre sa place.

Ce phénomène crée un déplacement d'électrons, et donc un courant électrique.

- Dopage d'un semi-conducteur :

Le dopage d'un semi-conducteur sert :

- pour le matériau dopé P (surplus de trous) :

Les atomes de bore possèdent 3 électrons sur leur couche externe, et sont appelés atomes **accepteurs**, car ils peuvent facilement générer des trous.

- pour le matériau dopé N (surplus d'électrons) :

Les atomes de phosphore possèdent 5 électrons sur leur couche externe et sont appelés atomes **donneurs** car ils échangent 4 électrons avec ses atomes voisins et en gardent 1, ce qui crée un surplus d'électron.

Le dopage sert donc à grandement augmenter la conductivité du matériau.

I.7.5- Les caractéristiques d'une cellule photovoltaïque :

Une cellule photovoltaïque représentée par sa caractéristique $I_p=f(V)$ peut être schématisée par ce schéma.

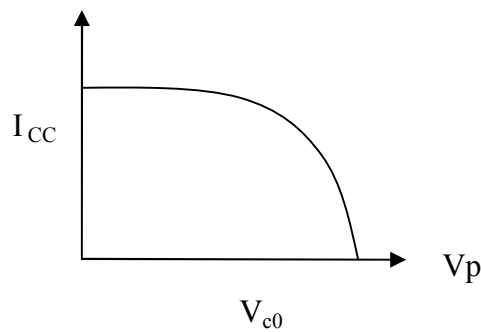


Figure I.7: L'allure de la caractéristique Courant tension d'une cellule PV au silicium

Modèle simplifié équivalent d'une cellule PV au silicium:

- De deux diodes :

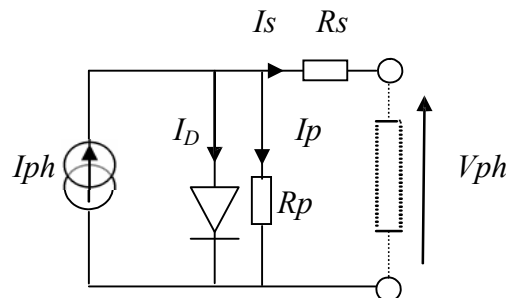


Figure I.8 a : Modèle simplifié équivalent d'une cellule PV au silicium.

R_s : résistance de grille de collecte de la couche P

R_p : résistance de grille de collecte de la couche N

I_D : le courant qui traverse la diode

I_s : le courant qui traverse la couche P

I_p : le courant qui traverse la couche N

$$I_D = I_s \left(e^{\frac{V_d}{V_T}} - 1 \right)$$

Le courant dans une cellule PV est donnée par : $I_p = I_{ph} - I_D = I_{PH} - I_s \left(e^{\frac{V_d}{V_T}} - 1 \right)$

- D'une seul diode :

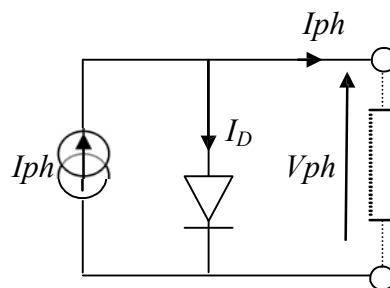


Figure I.8 b : Modèle simplifié équivalent d'une cellule PV au silicium.

I_p : courant fournie par une cellule (A)

I_{ph} : la photo courant (A)

I_D : courant diode (A)

I_s : Le courant inverse de la jonction PN

V_p : tension aux bornes de la cellule (V)

$V_t = K.T/q$: Potentielle thermique

q : la charge électrique élémentaire (C)

k : la constante de Boltzmann, $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$

T : la température en $^\circ\text{K}$.

I.6- Modules photovoltaïques et champs de modules [1 10]

La tension générée par une cellule photovoltaïque au silicium mono ou multi cristallin, fonctionnant au point de puissance maximale sous l'éclairement de référence de 1kW.m^{-2} , est de l'ordre de 0,55 V et le courant est fonction de la surface de la cellule. Il convient donc de grouper en série et parallèle des cellules élémentaires pour adapter tension et courant en fonction des contraintes de la charge à alimenter.

Il est important de noter dès à présent que la caractéristique courant tension d'un groupement de cellules photovoltaïques, qu'elles coupent, sera directement homothétique de la courbe $I(V)$ d'une cellule de base. Il en sera de même pour tout le réseau de caractéristiques. En conséquence, tout ce qui a été dit pour une cellule individuelle restera valable pour un groupement.

I.6.1- Module et groupement de cellules en série

La tension générée par une cellule étant très faible, il faudra dans la majorité des cas associer en série un certain nombre de cellules pour obtenir des tensions compatibles avec les charges à alimenter. C'est ce qui est réalisé dans un module photovoltaïque, où les cellules sont positionnées sous forme d'une guirlande dont les deux extrémités sont ramenées vers une boîte de connexion. Les électrodes supérieures d'une cellule sont connectées à la face arrière de la cellule suivante. **La figure I.9-a** donne le schéma d'un module fermé sur sa résistance optimale R' .

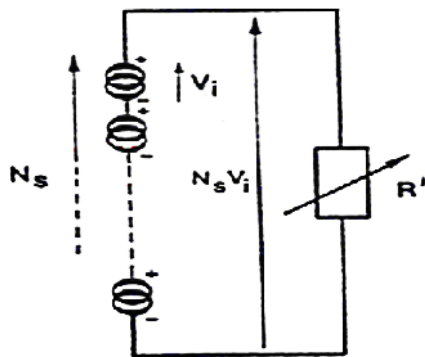


Figure I.9-a : Schéma d'un module fermé d'un groupement des cellules en série

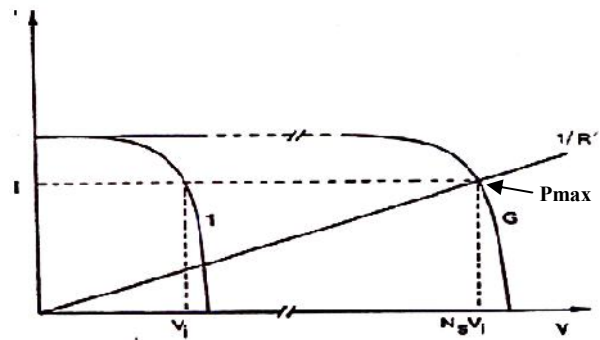


Figure I.9-b : Caractéristique $I(v)$ d'un groupement des cellules en série

$1/R'$: c'est la conductance de charge
 P_{max} : le point de puissance optimale.

On constate immédiatement sur cette figure, correspondant à la mise en série de N_s générateurs de courant, que le courant généré par les cellules est le même dans toute la branche ainsi que dans la charge. Une première règle est donc qu'il ne faudra connecter en série que des cellules identiques.

La **figure I.9-b** présente la courbe de puissance (caractéristique courant-tension) du groupement ainsi réalisé. La courbe est la caractéristique de l'une des N_s cellules du groupement série. La caractéristique du groupement (G) est obtenue en multipliant point par point et pour un même courant, la tension par N_s . Fermé sur l'impédance R' , le groupement série délivrera le courant I sous la tension $N_s \times V_i$. Chacune des N_s cellules générant ce courant I et la tension V_i .

La construction graphique de la **figure I.9-a** suppose que la connexion en série des cellules n'introduit pas de résistances parasites (série ou shunt) supplémentaires. L'impédance optimale pour le groupement série est N_s fois plus grande que l'impédance optimale pour une cellule de base.

I.6.2- Groupement de cellules ou modules en parallèle

Il est possible d'augmenter le courant fourni à une charge en plaçant en parallèle plusieurs modules photovoltaïques comme indiqué sur la **Figure I.10-a**. Sur cette figure, les générateurs de courant représentent soit des modules individuels, soit des modules en série, ou en parallèle (branches). On constate dans ce cas que c'est la tension générée qui est la même pour toutes les modules (ou tous les modules ou toutes les branches).

En connectant M cellules (C) en série et N colonnes de cellules en parallèle, on obtient un module ou panneau photovoltaïque (**Figure I.10**), la tension V_{PV} aux bornes du module photovoltaïque et le courant I_{PV} délivré par ce dernier sont fonctions des caractéristiques d'une cellule photovoltaïque élémentaire (V_{cel} , I_{cel})

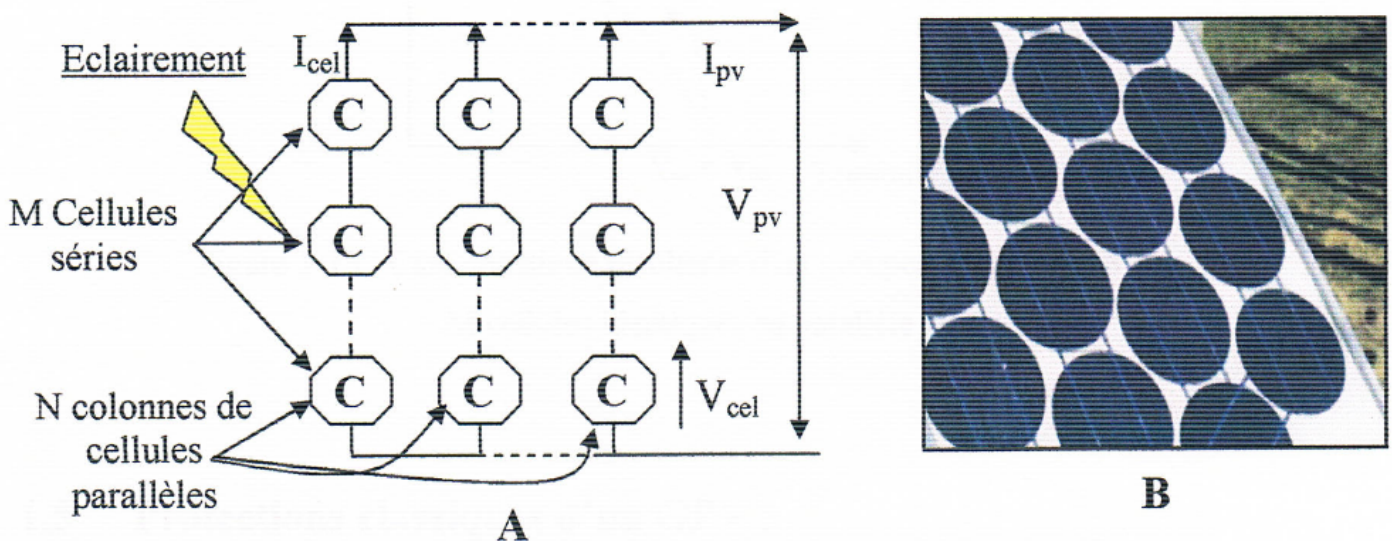


Figure I.10 : branchement des cellules solaire en parallèle.

Chapitre 1

V_{cel} : la tension au borne de groupement photovoltaïque

I_{cel} : le courant qui traverse le groupement photovoltaïque

I_{PV} : le courant délivré par le panneau

V_{PV} : la tension de sortie du panneau

(C) : groupement photovoltaïque

M : nombre de cellules en série

N : nombre de branches des cellules

A : la structure d'un panneau photovoltaïque

B : panneau solaire en silicium monocristallin

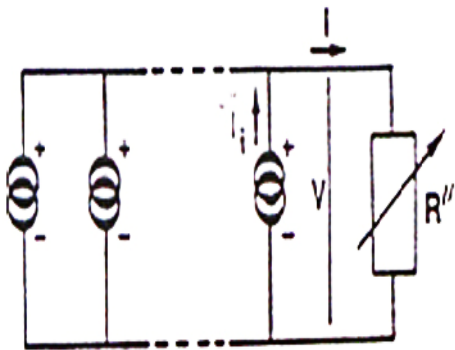


Figure I.11-a : Schéma d'un panneau formé des modules en parallèle

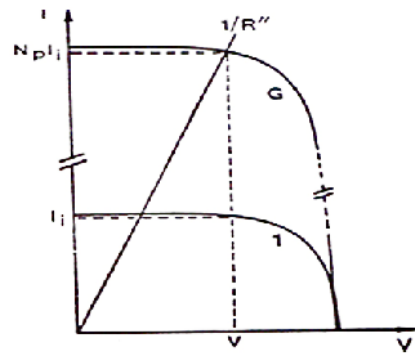


Figure I.11-b : Caractéristique $I(v)$ des modules en parallèle

La deuxième règle est donc qu'il ne faudra connecter en parallèle que des cellules des modules, ou des branches identiques. La **figure I.11-a** présente la courbe de puissance résultante (G) pour le groupement parallèle considéré.

Cette courbe est obtenue en multipliant point par point par N_p (nombre d'éléments en parallèle) et pour chaque valeur de la tension, le courant de la courbe correspondant à une cellule élémentaire fermé sur une résistance R'' , le groupement parallèle délivrera le courant $N_p \cdot I_j$ sous la tension V , chacune des N_p branches en parallèle générant le courant I_j . La construction graphique de la **figure I.11-b** suppose que la connexion en parallèle n'introduit pas des résistances parasites (série ou shunt) supplémentaires. L'impédance optimale pour le groupement parallèle est N_p fois plus faible que l'impédance optimale pour une branche.

I .7- Protections classiques d'un groupe photovoltaïque :

Lorsque nous concevons une installation photovoltaïque, nous devons assurer la protection électrique de cette installation afin d'augmentation sa durée de vie en évitant notamment des pannes destructrices liées à l'association des cellules et de leur fonctionnement en cas d'ombrage. Pour cela, deux types de protections sont classiquement utilisées dans les installations actuelles :

- La protection en cas de connexion en parallèle de modules photovoltaïque pour éviter les courants négatifs dans les générateurs photovoltaïques (diode anti-retour)
- La protection lors de la mise en série de modules photovoltaïque permettant de ne pas perdre la totalité de la chaîne (diode-by-passe) et les points chauds.

I .7.1- Protection lors de la connexion en parallèle de plusieurs générateurs photovoltaïques :

Dans le cas de plusieurs chaînes de cellules mises en parallèle sur une charge, le risque est que des chaînes de cellules éclairées débitent dans des chaînes ombrées ou que la charge ne se décharge pas à travers le générateur. On dispose pour cela des diodes anti-retour mises en série avec le générateur photovoltaïque (de blocage) comme la montre la figure..... Cette diode est indispensable quand la charge du module photovoltaïque est une batterie. En fait, cette diode évite que la batterie ne débite pas sur le module photovoltaïque pendant la nuit. La figure ... montre les caractéristique $I(V)$ d'une cellule solaire, ensoleillée, puis dans l'obscurité.

Comme nous pouvons le voir, quand la cellule est dans l'obscurité, une batterie pourrait se décharger à travers la cellule si nous ne disposons pas d'une diode de blocage.

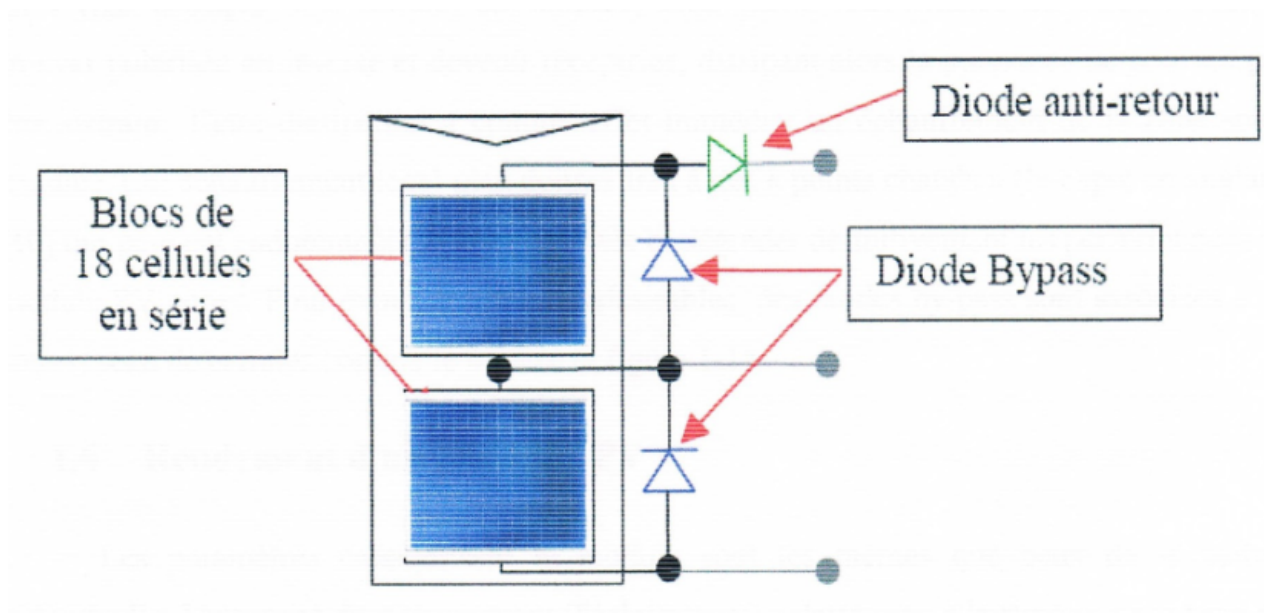


Figure I.12 : Schématisation d'un groupe photovoltaïques élémentaire avec diodes by-pass et diode anti-retour

I.7.2- protection du groupe photovoltaïque constitué de la mise en série d'un grand nombre de cellules :

La mise en série de cellules photovoltaïques implique que le courant traversant chaque cellule soit le même que celui que l'ensemble groupe photovoltaïques associé. Ainsi, quand un groupe photovoltaïque ou une partie de ce groupe est ombrée, cette partie sous-irradiée du module peut se trouver polarisée en inverse et devenir réceptrice, dissipant alors la puissance ne pouvant pas être extraite. Cette dissipation a comme effet immédiat un échauffement de la zone sous-irradiée. Cet échauffement local peut donner lieu à des points chauds qui peuvent endommager la zone affectée et dégrader définitivement les performances du module photovoltaïque entier. Pour éviter ces effets indésirables, des diodes by-pass sont associées à un sous-réseau de cellules.

I.8- Protection contre les surtensions et la foudre :

La plupart des fabricants solaire de module offrent une garantie de 20 ans et plus sur leur produit. Le coût de tels dispositifs est calculé sur cette très longue période. Toutefois ces installations sont très régulièrement exposées aux foudres et aux surtensions, qui peuvent considérablement réduire l'espérance de vie. A cause de l'exposition et de l'étendue des systèmes photovoltaïques, les impacts directs et indirects de foudre présente un risque élevé pour de telles installations. Les surtensions sur les systèmes photovoltaïques ont pour origine les tensions générées par couplage capacitif ou inductif provenant de coups de foudre ou de manœuvres de communication issues du réseau électrique. Les surtensions générées par la foudre sur les systèmes photovoltaïques peuvent endommager les modules photovoltaïques ainsi que les onduleurs. Ceci peut avoir de graves conséquences sur l'exploitation du système. Les coûts de réparation élevés (par ex : ceux de l'onduleur mais ainsi les pertes d'exploitation non négligeables dues à la défaillance de l'installation qui ont pour conséquence une diminution du bénéfice pour l'exploitation. Afin de prévenir des pannes de systèmes photovoltaïques par des surtensions dues à la foudre, il est nécessaire de coordonner de manière adéquate les concepts de protection contre la foudre et les surtensions. En règle générale, un système de protection contre la foudre destiné à un générateur photovoltaïque se compose des éléments suivant :

- Système de protection contre la foudre.
- Installation de mise à la terre et équilibrage de potentiel.
- Blindage magnétique et câblage.
- Cette protection est assurée par :
 - En partie courant continu, par des varistors en entrée onduleur.
 - En partie courant alternatif, par un parasurtenseur.

L'interconnexion de toutes les masses (modules et onduleur) doit être assurée par câble en cuivre nu de 25mm². Toutes les masses doivent être mises à la terre en évitant les boucles.

I.9- Protection du générateur photovoltaïque constituée de la masse en série d'un grand nombre de cellules :

La mise en série de cellules photovoltaïque implique que le courant traversant chaque cellule soit le même que celui que l'ensemble du groupe photovoltaïque associé. Ainsi, quand un générateur photovoltaïque ou une partie de ce générateur photovoltaïque (par exemple une cellule) est ombrée, cette partie sous-irradiée du module peut se trouver polarisée en inverse et devenir réceptrice, dissipant alors la puissance ne pouvant pas être extraite. Cette dissipation a comme effet immédiat un échauffement de la zone sou-irradiée. Cet échauffement local peut donner lieu à des <point chaud> (hot spot en anglais) qui peuvent endommager la zone affectée et dégrader définitivement les performances du module photovoltaïque entier. Pour éviter ces effets indésirables, des diodes by-pass sont associées à un sous-réseau de cellules comme le montre la figure.

I.10- Avantages, inconvénient et limites des systèmes photovoltaïques

[1 11]

I.10.1- Avantage :

Les systèmes solaires électriques offrent de nombreux avantages, dont les suivants :

- Ils sont de fonctionnement sur, non polluants et silencieux.
- Ils sont très fiables.
- Ils n'exigent presque aucun entretien.
- Ils fonctionnent de façon rentable dans les régions éloignées et dans de nombreuses applications résidentielles et commerciales.
- Ils sont flexibles et peuvent être sollicités à n'importe quel moment pour répondre aux besoins en matière d'électricité.
- Ils ont une longue durée de vie.
- Le délai de réalisation d'une centrale photovoltaïque est minimal.
- Ils sont des systèmes décentralisés.

I.10.2- Inconvénient :

L'inconvénient majeur d'énergie d'origine photovoltaïque est le cas d'absence de l'ensoleillement, ceci en ciel couvert ou pendant la nuit, ce qui exige un stock d'énergie produite par le système durant les jours ensoleillés sous forme chimique dans des accumulateurs, qui sont souvent des batteries à plomb, sachant que ces batteries impose la contrainte de décharge pas plus de 60% ou 70% au maximum de leur capacité maximale, l'énergie stockée n'est pas intégralement restituée, le cout additionnel de système de stockage est capital, en outre, ses système ont une durée de vie limitée de 3 à 5 ans, qui alourdit l'investissement.

I.10.3- Limite :

Nous devrions être également conscients des limites pratiques des systèmes photovoltaïques :

- Ils ne conviennent pas aux utilisations à fortes consommation d'énergie (exp : chauffage, ou en peut utiliser directement un chauffe eau solaire)
- Les systèmes raccordés au réseau sont économiques, surtout si le cout de la technologie photovoltaïque devient compétitif à celui de l'énergie traditionnelle. Etant donné que ces systèmes peuvent êtres couteux, le choix d'un système photovoltaïque dépend souvent d'une décision personnelle axée sur le style de vie tout comme le type de maison ou de voiture que vous pourriez avoir.

I.11- Intérêt des panneaux solaires photovoltaïques mobiles par rapport aux panneaux fixes :

Au cours de la journée, le soleil se déplace continuellement, alors qu'un générateur Photovoltaïque est fixe dans sa position, perdant ainsi une considérable quantité d'énergie, qui pourrait être disponible.

Dans une installation fixe qui, pour en optimiser le rendement est exposé au Sud, l'énergie fournie par les modules photovoltaïque est maximale seulement à midi. Pour cela si les modules photovoltaïques sont toujours orientés vers le soleil, c'est comme s'il y avait constamment la condition correspondante à midi, la puissance générée est toujours maximale.

Les modules photovoltaïques placés sur des suiveurs de soleil ont un rendement énergétique qui augmente de manière appréciable par rapport aux installations fixes.

Les suiveurs de soleil proposés dans notre projet offrent un suivi de la trajectoire du soleil

suisant deux axes motorisés. Ils engendrent ainsi une augmentation de la production moyenne d'électricité de l'ordre de 50%.

I.12- Conclusion

Dans ce chapitre on a vu l'intérêt de panneau photovoltaïque mobile par rapport au panneau photovoltaïque fixe, et la différence du rendement de l'énergie entre les deux panneaux. Dans le chapitre prochain on va faire l'étude mécanique du panneau photovoltaïque pour savoir le modèle du moteur électrique qu'on va choisir.

CHAPITRE

2

SYSTEME DE POURSUITE SOLAIRE A DEUX AXES

SYSTEME DE POURSUITE SOLAIRE A DEUX AXES

II.1. Introduction :

L'orientation des capteurs est un problème important dans l'utilisation des capteurs à rayonnement concentré. En effet, le principe même de la concentration suppose que le rayonnement parvienne à la surface réfléchissante dans une direction déterminée.

Puisque la position apparente du soleil par rapport à un point de captation est constamment variable à l'échelle d'une journée, nous serons donc obligés de modifier constamment la position du concentrateur afin de suivre celle du soleil en utilisant un système de poursuite automatique.

II.2. Position du soleil et orientation de la surface réceptrice :

II.2.1. Position du soleil par rapport à un observateur

L'énergie solaire que reçoit une surface est régie uniquement par des lois astronomiques et géométriques. Ces dernières faisant intervenir la latitude de lieu, la déclinaison solaire, l'heure du jour et enfin l'orientation de la surface réceptrice. La position du soleil dépend du temps solaire, du numéro du jour et de l'année, elle est exprimée par différents angles :

- Angle de zénith : C'est l'angle entre la verticale d'une surface et le rayon du soleil, il est donné par l'équation suivante :

$$\theta_z = \cos^{-1} (\sin \delta \sin \Phi + \cos \delta \cos \Phi \cos w) \quad [2.1]$$

δ : Déclinaison solaire.

Φ : Latitude du lieu.

w : Angle horaire.

- Angle d'azimut : C'est l'angle sur le plan horizontal mesuré à partir du sud avec la projection horizontale des rayons directs du soleil. Il est également donné comme angle entre le méridien local et la projection de la ligne de la vue du soleil dans le plan horizontal.
- Angle extérieur d'azimut: C'est l'angle mesuré à partir du sud sur le plan horizontal avec la projection horizontale de la normale sur la surface, il est également donné comme angle entre le méridien local et la projection horizontale de la normale avec la surface.
- Angle d'incidence : C'est l'angle entre le rayon solaire direct et la normale extérieure du la surface du plan, il est donné par l'équation suivante :

$$\theta = \cos^{-1} \left[\cos \theta_z + \sin \theta_z \sin \beta \cos (\gamma_s - \gamma) \right] \quad [2 \ 1]$$

θ_z : Angle de Zénith.

β : Inclinaison de la surface.

γ : Angle d'azimut.

γ_s : Angle extérieur d'azimut.

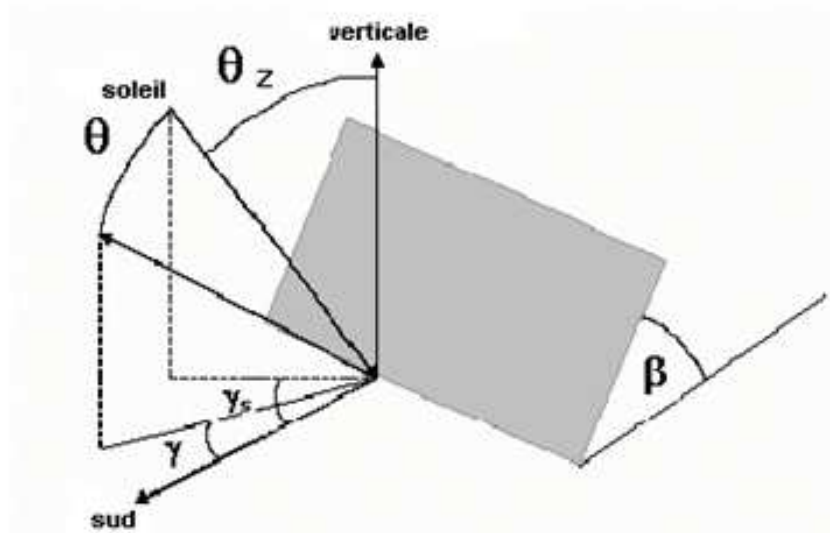


Figure II.1 : Position du soleil par rapport à une surface inclinée.

II.2.2. Orientation de la surface réceptrice [2 2]

La position du soleil dans le ciel change tout au long du jour et de l'année. Pour une surface : Suivre le mouvement apparent du soleil équivaut à orienter cette surface par la rotation de ses axes.

II.2.2.1. Rotation suivant un axe

Certains types de collecteur à concentration fonctionnent avec la rotation autour d'un seul axe, il existe deux modes :

- Axe vertical et inclinaison fixe de la surface : Ce mode utilise une surface orientable avec une pente extérieure fixe β et l'angle extérieur d'azimut variable γ . Tournant autour d'un axe vertical comme montré sur la **figure II.2** Pour ce cas, le rayonnement solaire est maximum quand $\gamma = \gamma_s$.

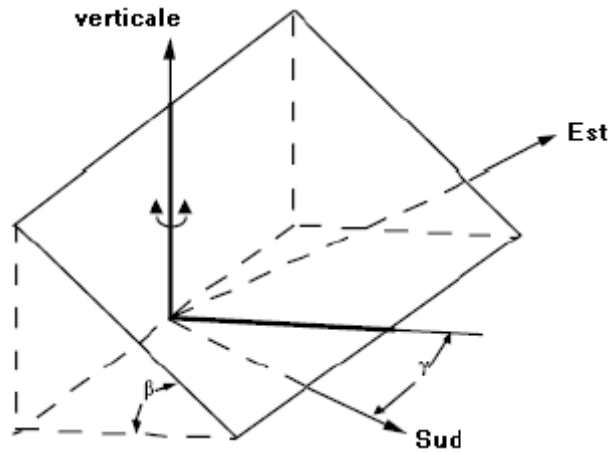


Figure II.2 : Orientation de la surface réceptrice par rapport à l'axe vertical.

- Axe horizontal et surface parallèle à l'axe : Pour ce deuxième mode, la surface tourne autour d'un axe simple qui est toujours parallèle à la surface. Pour un axe horizontal, l'inclinaison extérieure de la surface est donnée par :

$$\beta = \tan^{-1}(\tan \theta_z \cos(\gamma - \gamma_s))$$

Ou l'angle extérieur d'azimut est donné par :

$$\gamma = \gamma' + 90^\circ \quad \text{si} \quad \gamma_s - \gamma' \geq 0$$

$$\gamma = \gamma' - 90^\circ \quad \text{si} \quad \gamma_s - \gamma' < 0$$

Si la surface tournant autour d'un axe simple qui est toujours parallèle à la surface mais n'est pas vertical ou horizontal, l'angle extérieur d'azimut et la pente de la surface change avec le temps.

$$\gamma = \gamma' + \tan^{-1} \left[\frac{\sin \theta_z \sin(\gamma - \gamma')}{\sin \theta' \sin \beta'} \right]$$

$$\beta = \tan^{-1} \left[\frac{\tan \beta'}{\cos(\gamma - \gamma')} \right]$$

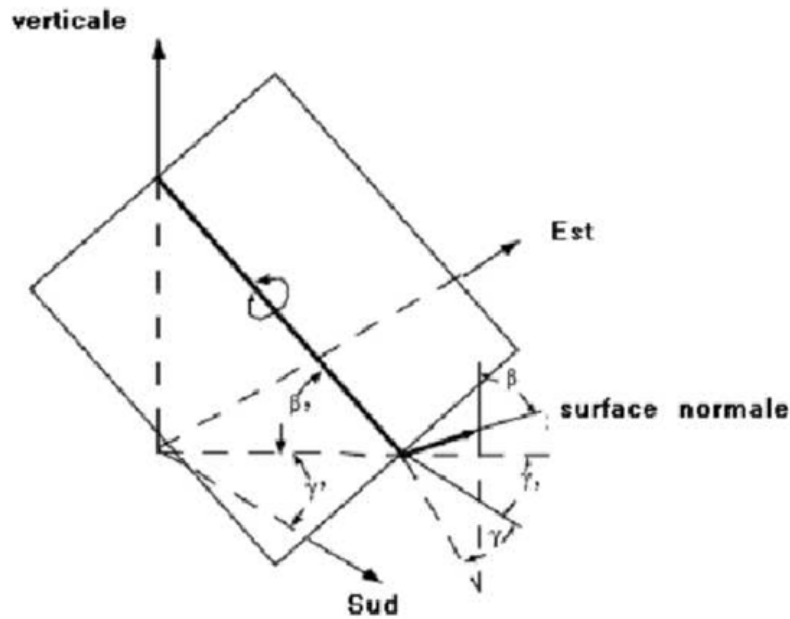


Figure II.3 : Orientation de la surface réceptrice par rapport à l'axe horizontal.

II.2.2.2. Rotation suivant deux axes :

Le collecteur tournant autour de deux axes (bi-axiales), dans ce cas l'ouverture du collecteur sera toujours normale au soleil, par conséquent l'angle d'incidence est zéro tout le long de la journée ($\cos \theta = 1$). Ceci est défini par :

$$\gamma = \gamma_s$$

$$\beta = \theta_z$$

Cette rotation est toujours exigée pour des collecteurs qui suivent le déplacement du soleil à tout moment de la journée. Cela signifie que le collecteur devra être placé sur une monture permettant de suivre le mouvement du soleil.

II.2.3. Différents types de montures

II.2.3.1. Monture altazimutale

La monture altazimutale est mobile autour de deux axes perpendiculaires, l'un vertical, l'autre horizontal. Le concentrateur tourne autour d'un axe horizontal porté par une monture qui elle même tourne autour d'un axe vertical. Ce système est couramment utilisé pour les radars, les cinéthéodolites, les canons anti-aériens. La rotation autour de l'axe horizontal assure la poursuite en hauteur (de haut en bas), en d'autres termes la normale du capteur solaire suit la hauteur angulaire du soleil.

Alors que l'autre axe assure le déplacement en azimut (de gauche vers la droite). Cette disposition très simple ne pose pas de problèmes mécaniques particuliers.

Les mouvements en hauteur et en azimut sont difficiles à coordonner et le coût du système est exorbitant à cause de l'apport de deux moteurs, donc d'une consommation en énergie beaucoup plus importante.

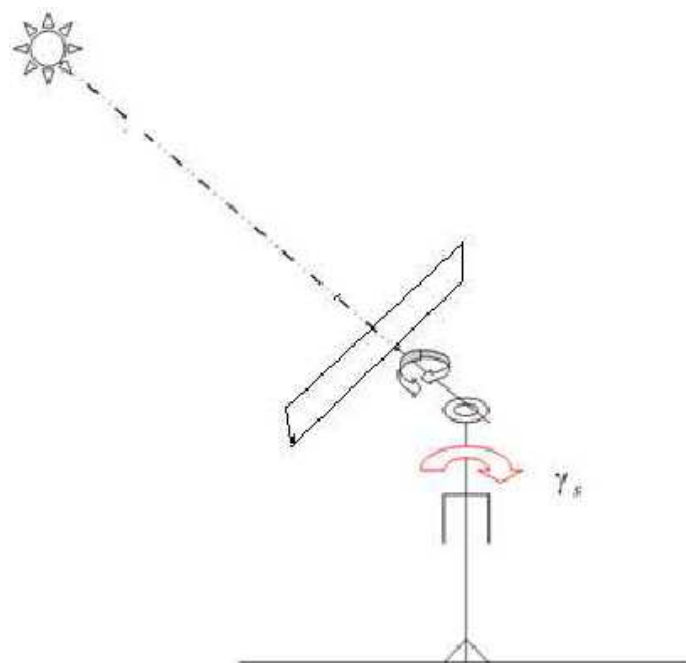


Figure II.4 : Monture altazimutale.

II.2.3.2. Monture équatoriale

La monture équatoriale est la monture idéale pour assurer un suivi sidéral. Elle emploie une rotation autour d'un axe parallèle à l'axe polaire du globe terrestre (mouvement en angle horaire) et un axe orthogonal au précédent (mouvement en déclinaison). Cette solution est plus délicate sur le plan mécanique, mais le mouvement autour de l'axe polaire est pratiquement uniforme au cours de la journée. Donc la poursuite du soleil est grandement facile.

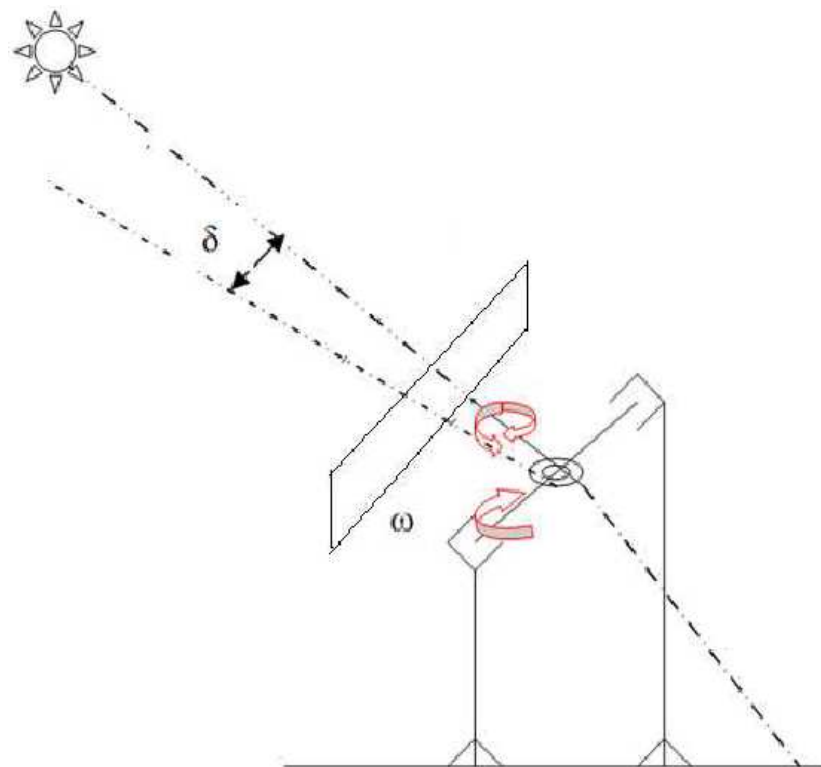


Figure II.5: Monture équatoriale.

II.3- Capteur de la position du soleil :[2 3]

II.3.1- Capteur LDR

II.3.1.1- Définition

Une photo résistance est un composant dont la valeur en Ohms dépend de la lumière à laquelle il est exposé. On la désigne aussi par **LDR** (**L**ight **D**épendent **R**ésistor ou résistance dépendant de la lumière).

La principale utilisation de la photo résistance est la mesure de l'intensité lumineuse (appareil photo, systèmes de détection, de comptage et d'alarme...). Elle est fortement concurrencée par la photodiode, on l'a choisi dans notre projet grâce à son temps de réponse qui est beaucoup plus court. Les matériaux utilisés sont généralement du sulfure ou du sélénure de cadmium qui se comporte comme des semi-conducteurs.

Les capteurs photosensibles peuvent être passifs ou actifs. Les capteurs actifs « Cellules solaire ou photopiles » au silicium amorphe ou poly cristallin. Ces composants sont très onéreux et le courant de sortie disponible est très faible pour de petite taille. Les photodiodes dont le courant de court-circuit est fonction du flux lumineux, la petite taille de la surface active $7,5\text{mm}^2$ est la cause de la saturation.

Les capteurs passifs « LDR » (Light Dépendent Résistor) à résistance photo-dépendante sont des composants électroniques dans la résistivité varie en fonction du flux lumineux incident. La relation liant la résistance R au flux lumineux Φ est de la forme $R=A/\Phi^\alpha (\Omega)$

Les constantes A et α sont respectivement des constante de l'ordre de $340 \cdot 10^3$ et 0.85 et Φ représente l'éclairement lumineux. la taille d'une LDR de 5 mm , le cout vraiment très bas par rapport aux photopiles les LDR présentent une solution optimale. L'étendu de mesure d'une LDR est beaucoup plus important qu'une photopile et utilisation en plein air il faut utiliser un filtre (vitre teintée).

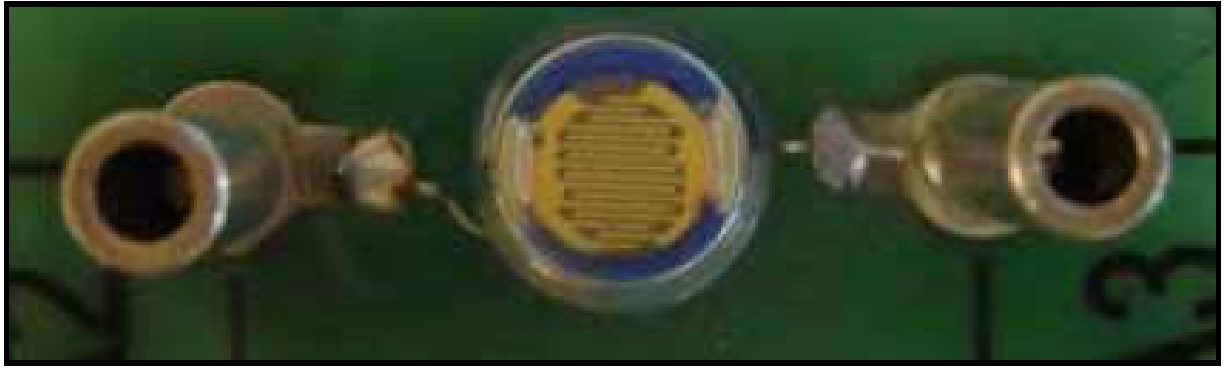


Figure II.6: la photorésistance

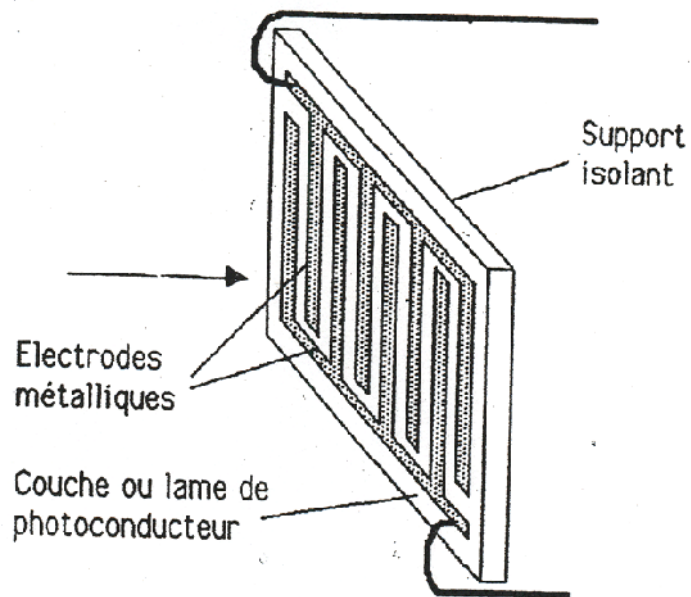


Figure II.7: la structure interne de la LDR

II.3.1.2. Principe de fonctionnement

Un cristal de semi-conducteur à température basse contient peu d'électrons libres. La conductivité du cristal est très faible, proche de celle d'un isolant. Lorsque la température du cristal augmente, de plus en plus d'électrons qui étaient immobilisés dans les liaisons covalentes s'échappent et peuvent participer à la conduction.

A température constante si le même cristal semi-conducteur est soumis à une radiation lumineuse, l'énergie apportée par les photons peut suffire à libérer certains électrons utilisés dans les liaisons covalentes entre atomes du cristal. Plus le flux lumineux sera intense, plus le nombre d'électrons disponibles pour assurer la conduction sera grand, ainsi la résistance de la LDR est inversement proportionnelle à la lumière reçue. La sensibilité dépend de la fréquence de la radiation lumineuse.

- **Les caractéristiques et les mesures d'une LDR :**

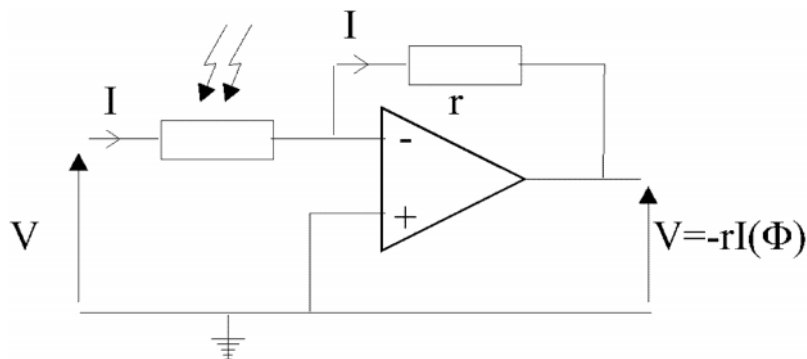


Figure II.8: schéma équivalent de la LDR

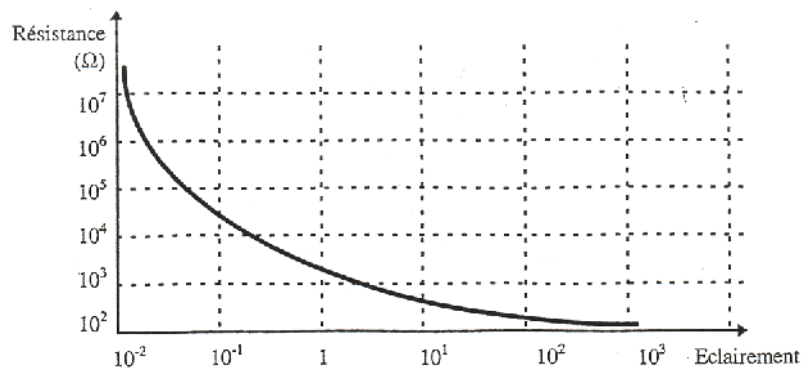


Figure II.9: le changement de la résistivité de LDR par rapport au rayon absorbé

II.3.1.3. Précision

La précision est un critère très important pour faire le choix d'un capteur, dans notre cas un suiveur très précis ne peut être justifié qu'à la condition où la commande des mouvements de suivi ne gaspille pas une partie importante du surplus d'énergie produite, donc il faut trouver le bon compromis entre la précision et la puissance consommée. La **figure II-11** illustre le principe de fonctionnement du capteur :

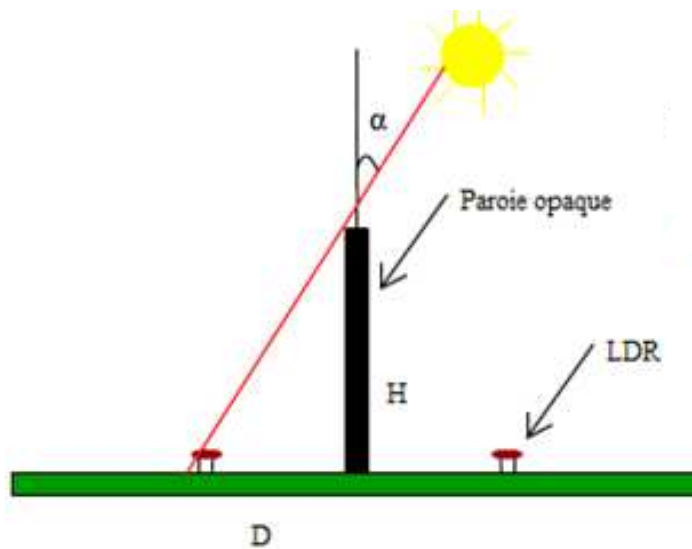


Figure II-11 : Schématisation d'un capteur à deux cellules LDR photosensibles.

- D : distance paroi et LDR ;
- H : hauteur de la paroi ;
- α : angle d'ombre du soleil.

Les LDR sont entièrement ombrées pour une position du soleil égale à α , sachant que :

- $\alpha = \sin^{-1}\left(\frac{D}{\sqrt{D^2 + H^2}}\right)$

- $H = \frac{D}{\tan \alpha}$

Si on fixe D et α on déduit H . pour se faire on se base sur la relation qui lie la valeur de l'éclairement solaire direct sur le concentrateur B_0 , la valeur de l'éclairement solaire direct I_0 et l'inclinaison du plan α est donnée par :

$$B_0 = I_0 \cos \alpha$$

Le rayonnement solaire est difficile à capter car la position apparente du soleil dans la voûte céleste ne cesse de changer et varie selon le jour de l'année et latitude du lieu considéré, cette position peut être entièrement décrite par deux coordonnées :

- L'azimut : angle mesuré par rapport au sud dans un plan horizontal.
- L'élévation : angle mesuré par rapport à l'horizontal dans un plan vertical.

Le but étant d'avoir le maximum de rayonnement solaire direct pour que le rendement soit maximal et donc on doit avoir un angle d'incidence égal à 90° . Pour réaliser cet objectif on peut avoir une solution à un ou deux capteurs. Pour la solution à un capteur on doit installer le capteur au centre de la parabole ce qui va introduire des pertes. La solution à deux capteur solaire l'un pour l'azimut au-dessus du concentrateur et l'autre pour l'élévation à côté du concentrateur.

II.3.2. Autre forme du capteur

Il existe différentes formes de capteur. Celui utilisé par « DEGERenergie » est un capteur pyramidal. Deux faces de la pyramide chacune constituée d'une cellule photosensible, les deux cellules sont constamment, mais différemment exposées aux rayons du soleil. Donc suivant l'angle α , l'angle entre la direction du soleil et la normale au panneau, on remarque un éclairement différent des deux cellules, par cette méthode on peut détecter l'angle α (Figure II.10).

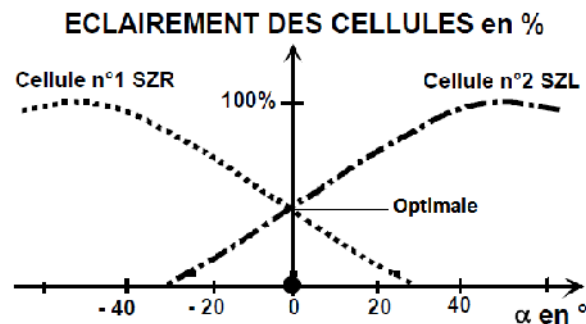
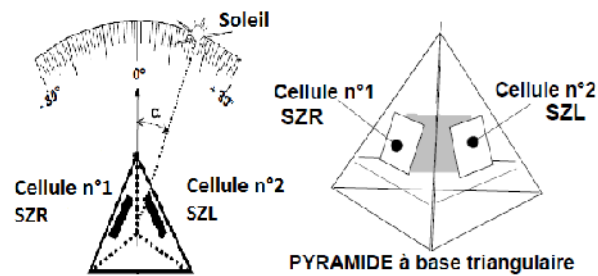


Figure II.10 : Éclairement des cellules en %.

Une forme plane avec deux cellules photosensibles (Figure III-6) peut être utilisée si la connaissance de l'angle n'est pas indispensable. Le principe utilisé pour le capteur plan repose sur l'exploitation du déséquilibre créé entre les deux cellules séparées par une paroi opaque. Dans ce cas le seuil de déclenchement est fixé par la position des cellules et la hauteur de la paroi.

L'utilisation de la forme pyramidale est très intéressante quand il s'agit d'application demandant une grande précision, contrairement à la forme plane où l'angle α est constant.

Dans notre projet on a utilisé un système de poursuite qui est basé sur quatre phototransistors disposés à 90° sur une surface dont le plan est parallèle au plan du panneau.

Sur ce plan on a collée une tige perpendiculairement supporte un disc écran dont l'ombre est projeté sur les photorésistances, ces transistors fonctionnent par paires, une paire est formée de deux photorésistances disposée symétriquement par rapport au centre de la circonférence.

A l' instant où les rayons solaires sont confondus avec les axes du système à photorésistances l'ensemble se trouve sous l'ombre du disque écran, alors aucun signal n'apparaître au niveau des photorésistances.

Lorsque le soleil s'écarte d'un angle quelconque l'éclairement n'est plus le même sur tous les photorésistances, par conséquent il apparait au niveau de chacune des paires un signal électrique, ce dernier sera utilisé pour l'orientation du panneau. [2 2]

II.4- Conclusion:

Nous avons présenté dans ce chapitre les différentes notions qui entrent dans la notion d'un système de captage photovoltaïque. Aussi que les principes de fonctionnement de chaque élément.

CHAPITRE

3

REALISATION PRATIQUE

REALISATION PRATIQUE

III.1- Circuit de conditionnement :

Le circuit de conditionnement ou conditionneur est utilisé afin de transformer une grandeur électrique ici résistance en tension, mais aussi faciliter l'interfaçage entre l'élément photosensible et la carte de commande. Le circuit de conditionnement est constitué de trois étages, le premier est un pont de Wheatstone, le second est un amplificateur d'instrumentation est le dernier est un amplificateur de différence. À la sortie du capteur on récupère une tension image de la valeur de la résistance de la LDR.

III .2- Le principe de fonctionnement :

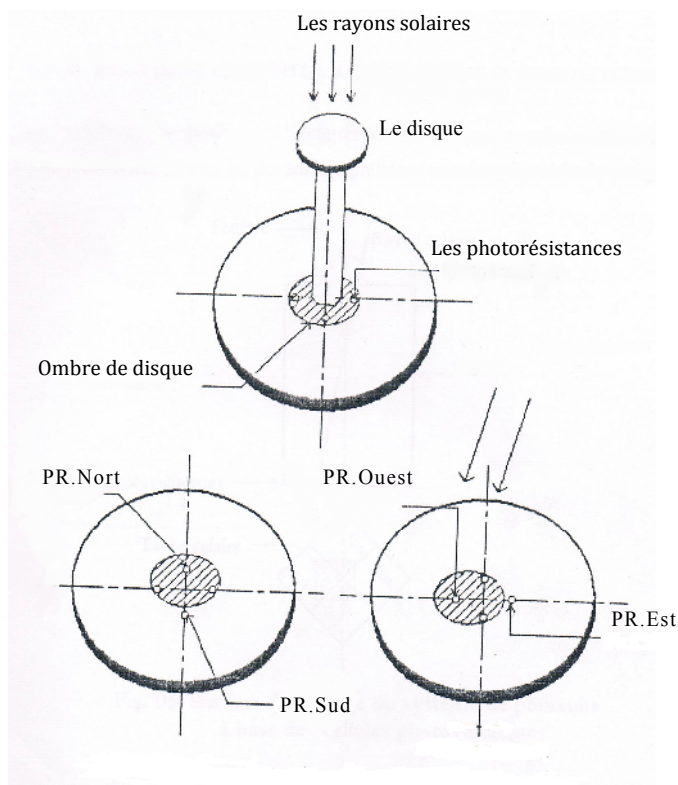


Figure III.1 : surface de captage du système de poursuite à bas de photorésistances

A l'instant où les rayons solaires sont confondus avec l'axe du système à photorésistance l'ensemble se trouve sous l'ombre du disque et aucun signal n'apparaît au niveau des photorésistances.

Lorsque le soleil s'écarte d'un angle quelconque l'éclairement n'est plus le même sur toutes les photorésistances, par conséquent il apparaît au niveau de chacune des paires un signal électronique, ce dernier sera utilisé pour l'orientation du panneau.

III.3- Pont de Wheatstone

Les LDR étant des capteurs passifs ; la mesure de leurs variations se fait à l'aide d'un montage conditionneur. Le pont de Wheatstone (**Figure III.2**) permet d'obtenir un signal de sortie non nul. En appliquant le théorème de Millman entre le point D et C on a :

$$V_c = \frac{V_A R_3 + V_B R_4}{R_3 + R_4}$$

$$V_D = \frac{V_A R_2 + V_B R_1}{R_2 + R_1}$$

$$V_{out} = \frac{V_{in}(R_1 R_3 - R_2 R_4)}{(R_3 + R_4)(R_2 + R_1)}$$

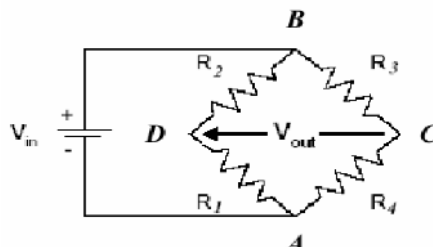


Figure III.2 : pont de Wheatstone

Ou R_1 , R_2 , R_3 et R_4 sont des résistances.

On peut exploiter ce pont pour déterminer la résistance R_{LDR} . En insérant la LDR en série avec la résistance R_2 entre le point B et D et en prenant $R_1=R_2=R_3=R_4=R$, donc on a pour les valeurs extrêmes de la résistance R_{LDR} de la LDR :

$$V_{out} = \frac{V_{in} R_{LDR}}{4R + 2R_{LDR}}$$

$$R_{LDR} = 0 \Rightarrow V_{out} = 0$$

$$R_{LDR} \rightarrow \infty \Rightarrow V_{out} = \frac{V_{in}}{2}$$

Il apparait que la tension de sortie V_{out} porte une information sur la valeur de la résistance de la LDR.

Le schéma équivalent sur le circuit électrique dans la pratique est comme suite :

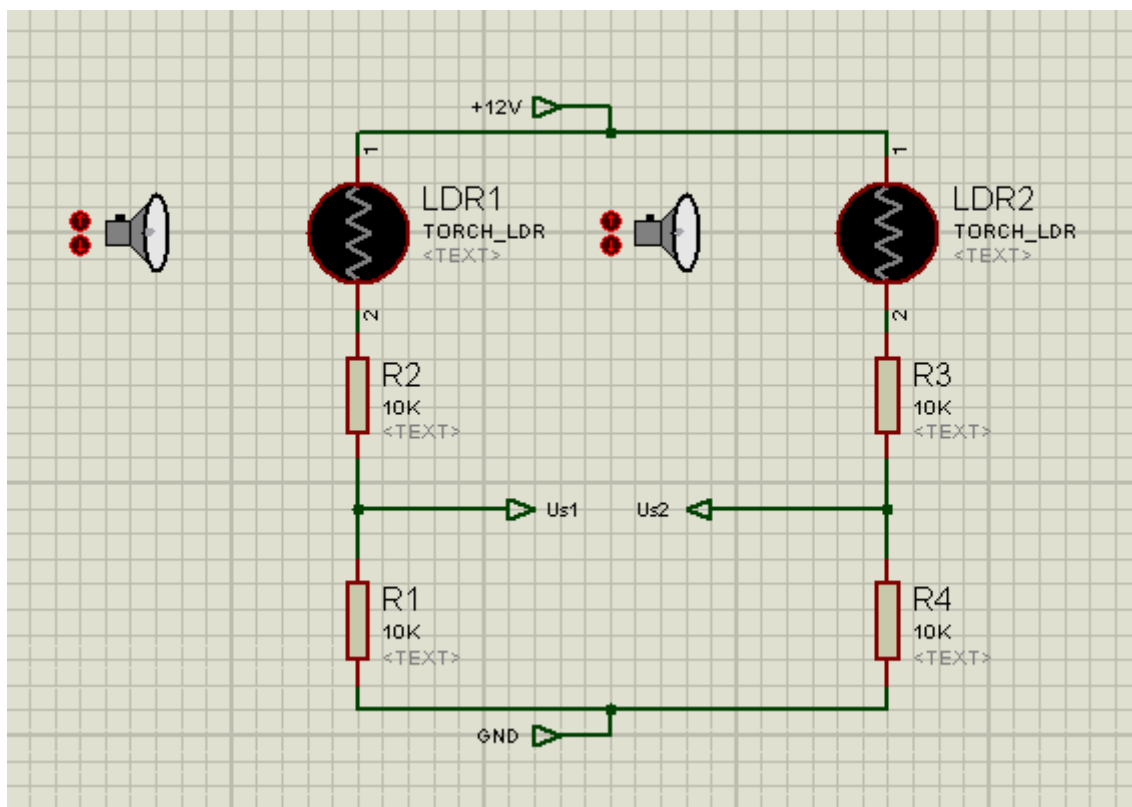


Figure III.3 : le circuit des capteurs

III .4- Amplificateur d'instrumentation

L'amplificateur d'instrumentation est un dispositif électronique destiné au traitement de faibles signaux électriques. L'application typique est le traitement de signaux issus de capteurs de mesure. Son fonctionnement est basé sur le principe de l'amplification différentielle.

III .4.1- Montage amplificateur non inverseur:

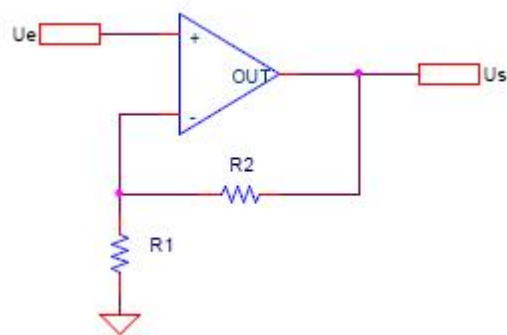


Figure III.4

$$U_s = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) U_e$$

Le coefficient d'amplification est donné par la valeur de $\frac{R_2}{R_1}$, donc on conclut :

Le coefficient augmente avec la dégradation de R_1 par rapport R_2

Dans notre circuit en observe sa dans le 2^{er} étage :

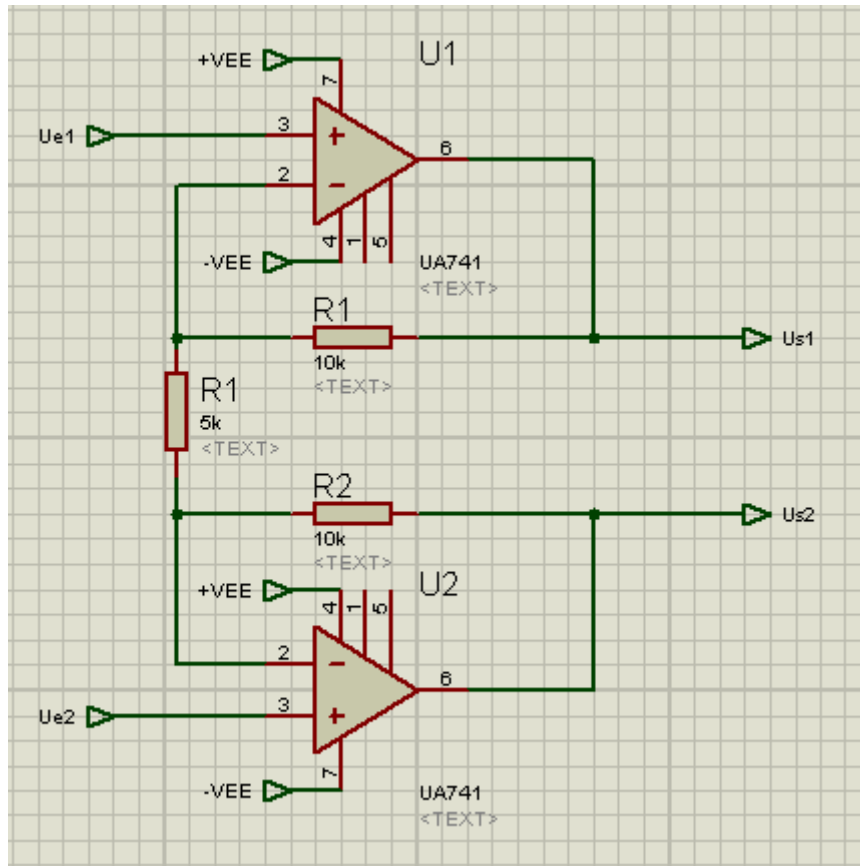


Figure III.5

On a utilisé un circuit doublé parce que on a deux entré Ue1 et Ue2.

$R_1=R_2=10K\Omega$ et $R_3=5K\Omega$.

Donc les tensions de sortie Ue1 et Ue2 est comme suite :

$$U_{e1} = \left(1 + \frac{R_1}{R_3}\right) U_{s1} = 3U_{s1}$$

$$U_{e2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) U_{s2} = 3U_{s2}$$

Donc le coefficient d'amplification est égal à 3.

III .4.2- Montage amplificateur soustracteur :

Le second étage est un amplificateur de différence (**Figure III.6**). Il permet d'avoir une tension de sortie proportionnelle à la différence entre deux tensions d'entrées amplifiées.

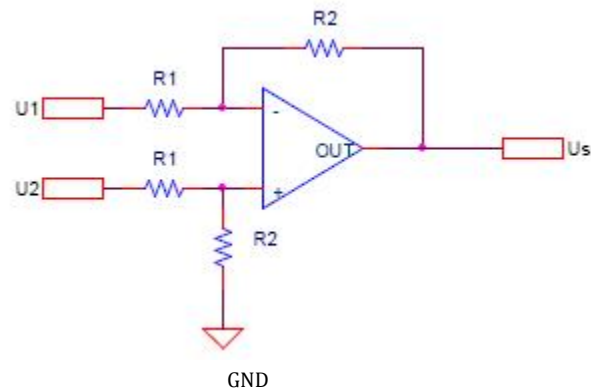


Figure III.6

la tension de sortie est donné par :

$$U_S = \frac{R_2}{R_1} (U_2 - U_1)$$

Pour des valeur quelcunque on a :

$$U_S = U_2 \frac{(R_1 + R_2) R_4}{(R_3 + R_4) R_1} - U_1 \frac{R_2}{R_1}$$

Dans notre circuit en observe sa dans le 3^{eme} étage :

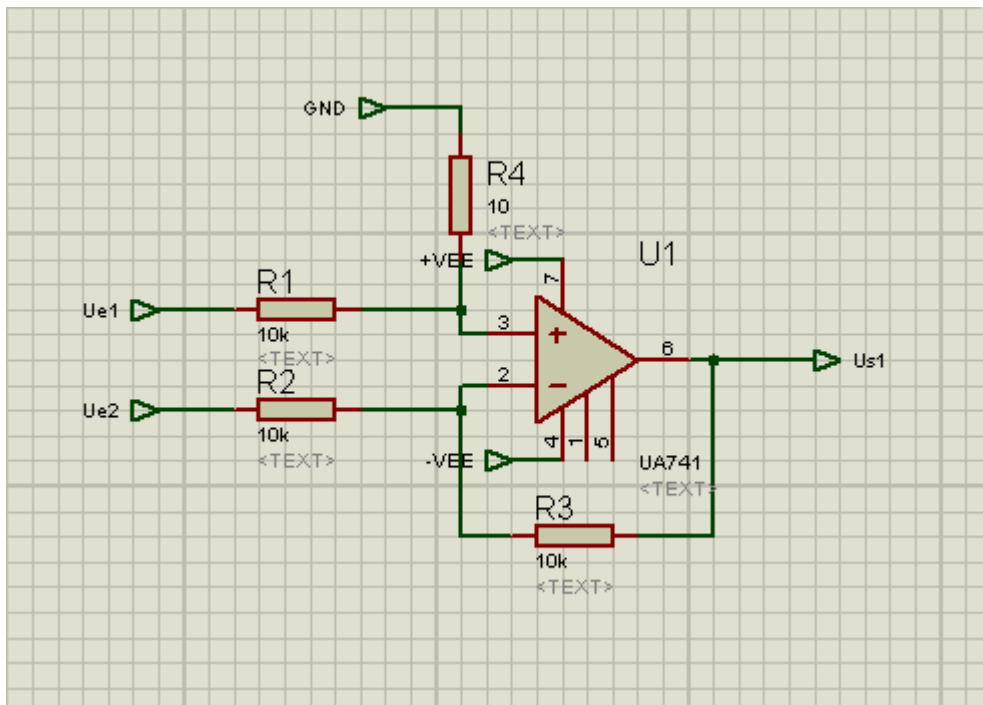


Figure III.6 : Amplificateur de différence.

III.5- Montage final

La tension VA est la source d'alimentation du premier moteur, et la tension VB pour le deuxième moteur.

On a choisi les amplificateurs opérationnels **ua741** avec une alimentation de $\pm 12V$.

Le capteur solaire nous donne deux tension chacune est varie entre 0V et 9V on fonction de la valeur de la résistance de la LDR. La 1^{er} étape c'est l'amplification de ces tensions sur le 1^{er} étage du circuit de commande, la 2^{eme} étape c'est l'amplification de la différence entre les deux sorties, cette tension est varie entre $\pm 2V$.

Cette dernière n'est pas suffisante pour commander les deux moteurs, un circuit d'amplification on aval de la carte de commande est obligatoire pour amplifier la tension de sortie jusqu'à $\pm 11V$.

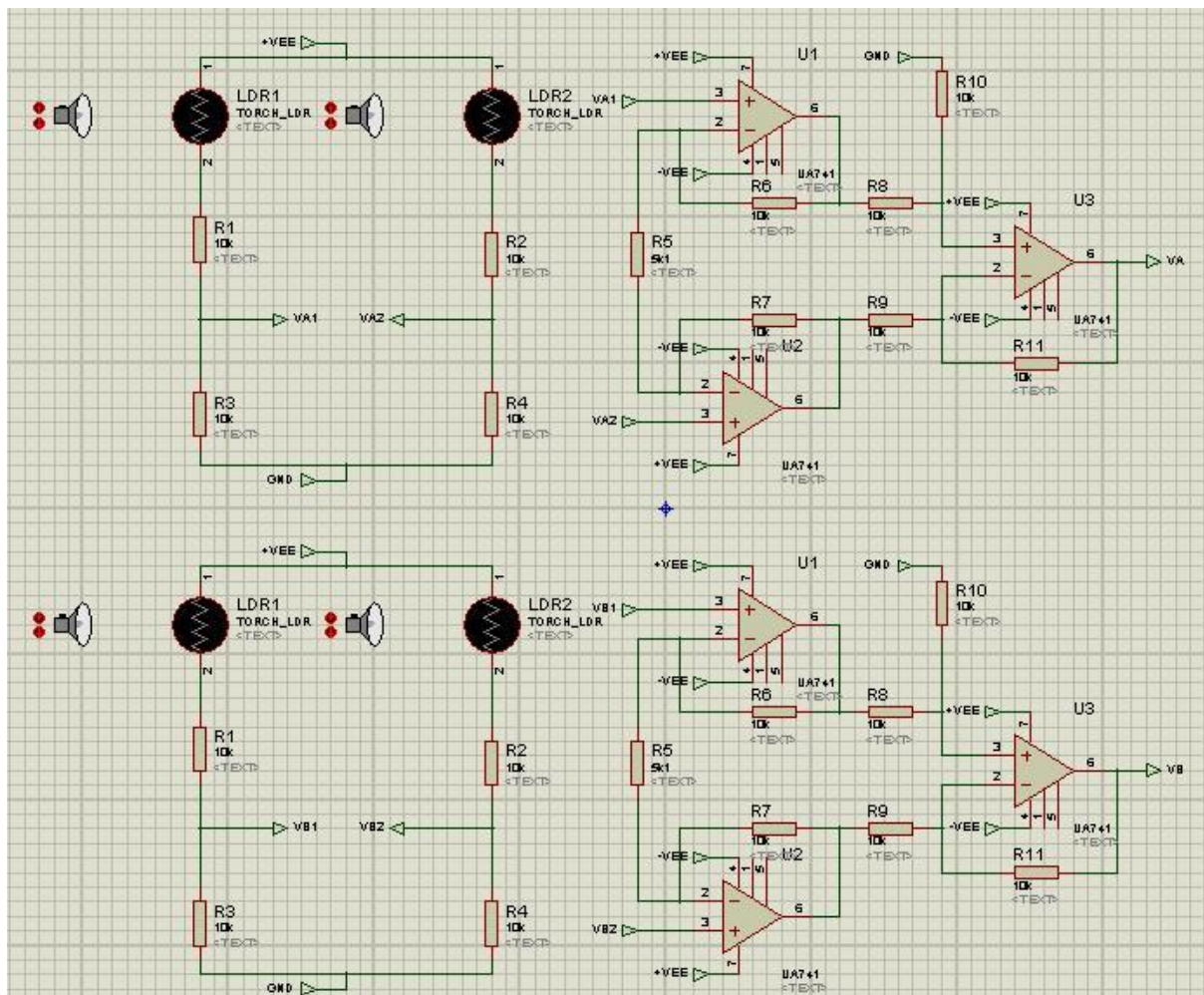


Figure III.7 : Montage final(ISIS)

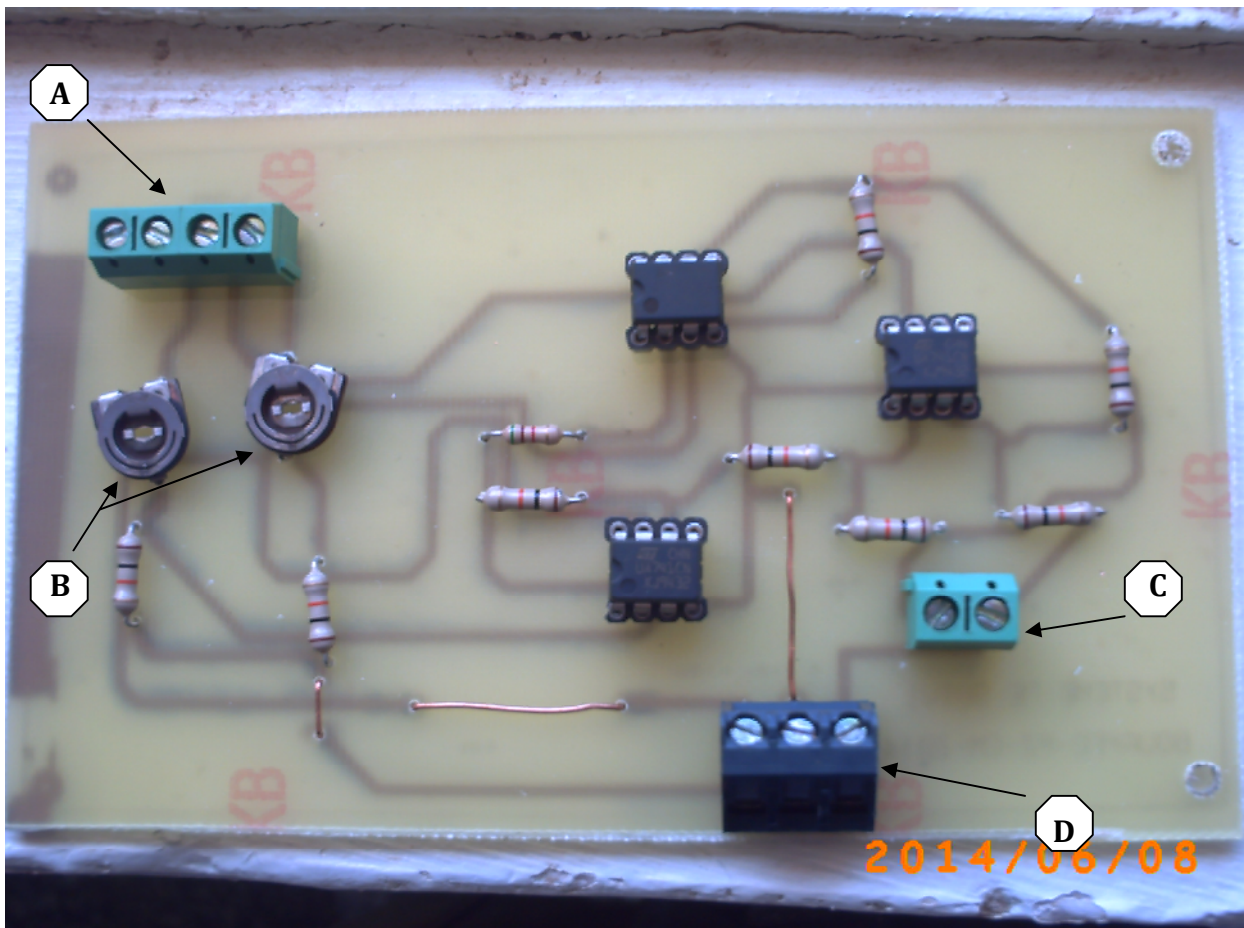


Figure III.8 : La photo réel équivalent de se circuit

A : les bornes de branchement des LDR.

B : sont des résistances variables jouent le rôle d'un potentiomètre pour régler la sensibilité des LDR (éliminé la tension

C : la sortie du circuit.

D : l'alimentation de la carte (+12,-12, GND).

- Pour les moteurs on a utilisé le montage d'amplificateur non inverseur, pour amplifier la tension de sortie de la carte de commande jusqu'à obtenu la tension nominale du moteur, la carte dans laquelle on a réalisé se circuit :

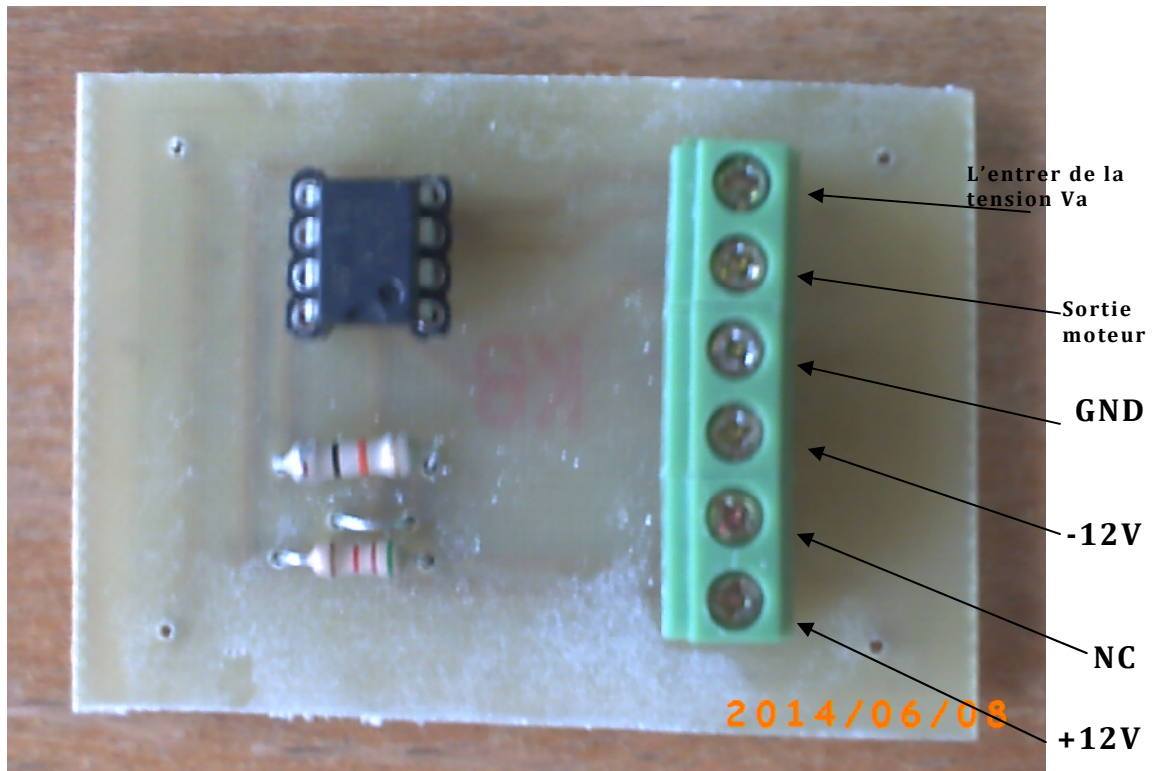


Figure III.9 : la photo réelle de la carte du moteur

III .6- Les résultats visuels :

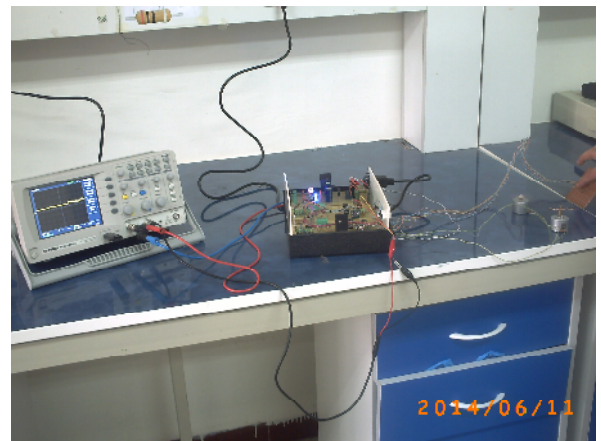
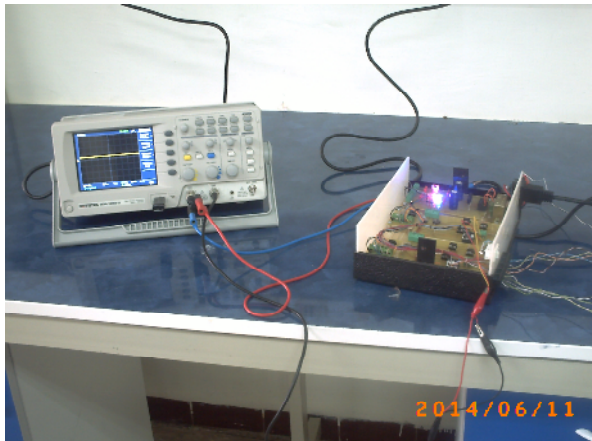


Figure III.10 : les photos réelles du montage

Les résultats obtenus a partir d'un oscilloscope est comme suit :

Le démarrage du moteur avec un éclairage simple :

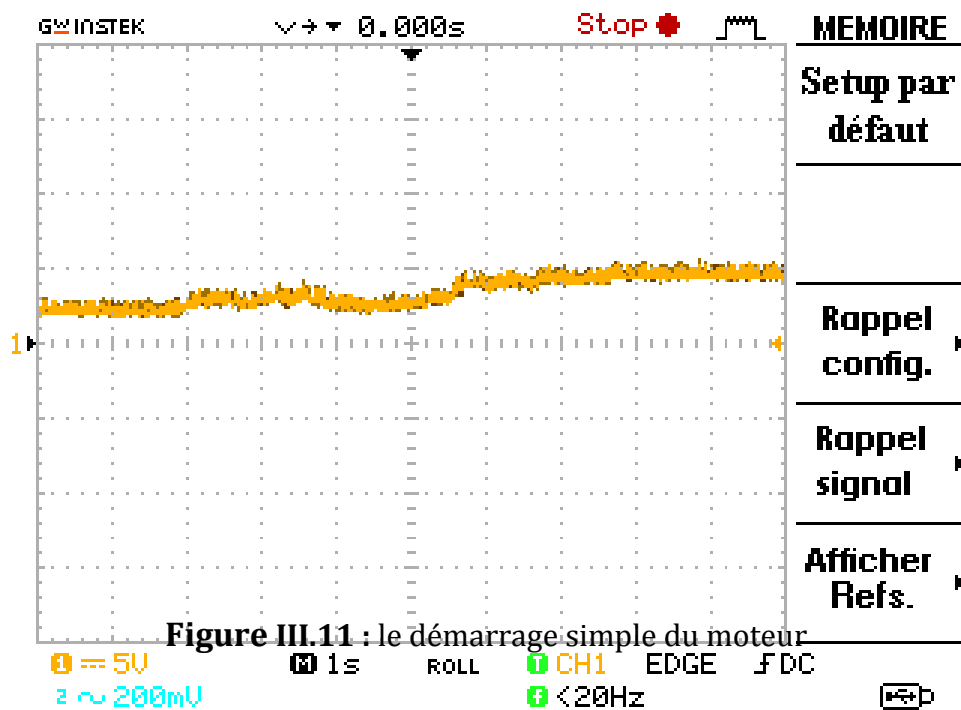


Figure III.11 : le démarrage simple du moteur

-La tension démarre jusqu'à obtenu la valeur maximal et reste constante.

-Si on ajoute une source lumineuse auxiliaire la valeur de la résistance de la LDR diminue alors la tension de sortie augmente donc la tension d'alimentation du moteur augmente, le résultat obtenu avec l'oscilloscope est comme suit :

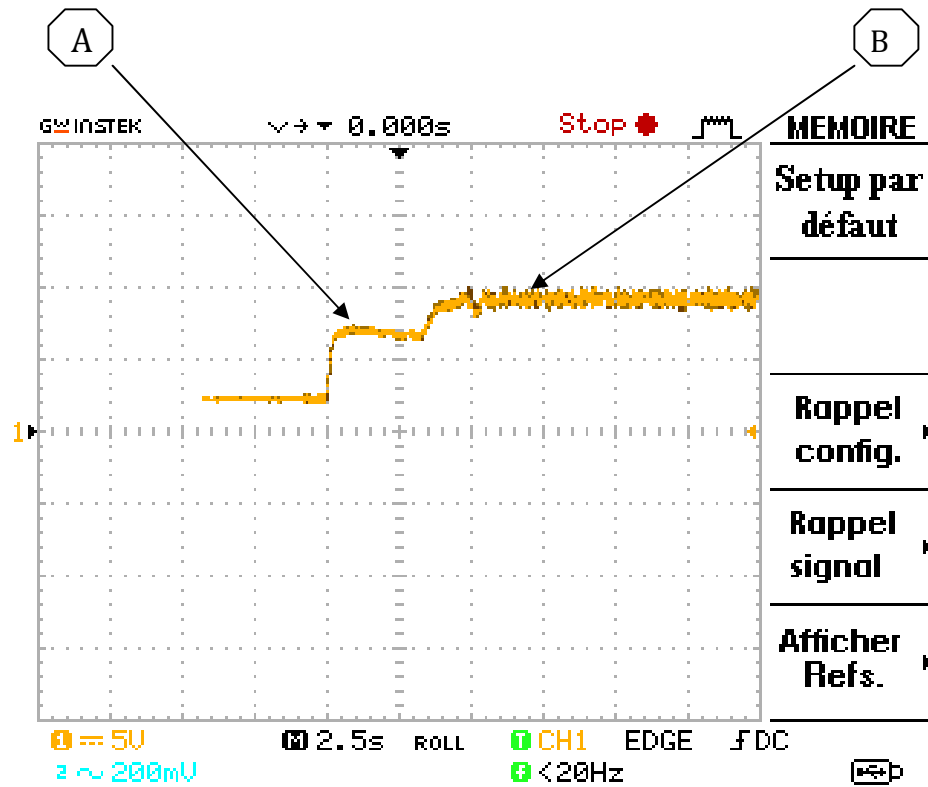


Figure III.12 : le démarrage forcé du moteur

A : représente le démarrage du moteur avec une couverture parfaite de la première LDR.

B : représente l'accélération du moteur à l'aide d'une source auxiliaire lumineuse.

On a ajouté une deuxième source lumineuse pour augmenter la différence de tension entre VA1 et VA2 ou VB1 et VB2.

-Après le délaçsement du panneau solaire jusqu'à que tout les LDR sont sou l'ombre, alors aucune différence de la tension a détecté par le circuit des capteurs, sa nous donne une tension nulle au borne de moteur.

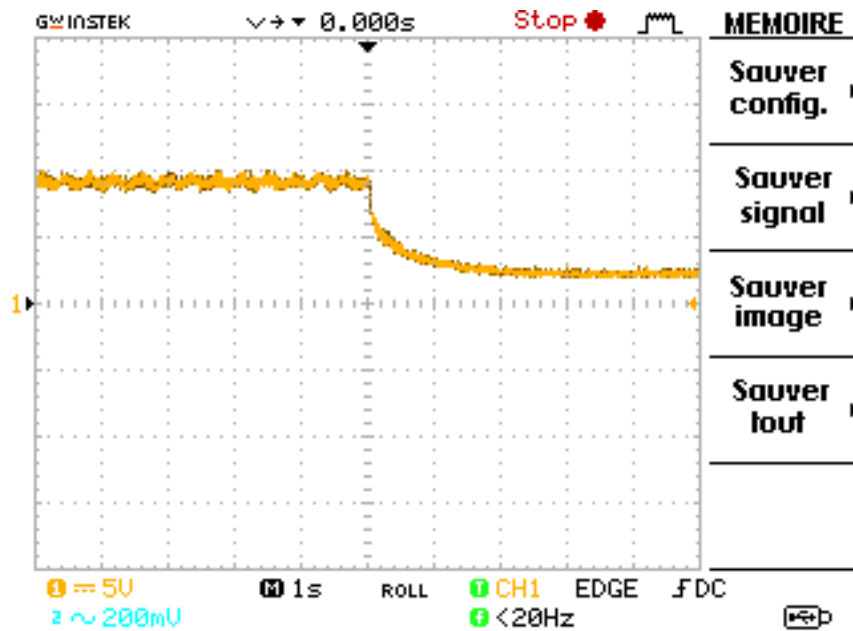


Figure III.12 : l'arrêt du moteur

III.7- Conclusion

Dans ce chapitre on a réalisé le circuit puis le montage avec les différents résultats obtenus.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les travaux présentés dans ce rapport ont porté sur la conception et la réalisation d'un système de commande d'un suiveur de soleil à l'aide des composants électroniques.

Le but de ce projet réside au niveau de la mise en œuvre d'une solution technique permettant de transformer un panneau photovoltaïque fixe en un suiveur de soleil afin d'améliorer son rendement.

Bibliographie

- [1] www.l'énergie renouvelable .com
- [1.1] MOUHADJER Samir : Optimisation du transfert d'énergie en conversion photovoltaïque par la recherche du point de puissance maximale (page 13).
- [1 2] BENALUACH Mouhamed El Amine Khaled : Modélisation et optimisation d'un système énergétique de production photovoltaïque associé à un accumulateur (page 11)
- [1 3] P.barred, 'Energy storage and applications with super capacitors', 'la boratoire électrotechnique industrielle LEISTI-ISE, école polutechnique fédérale Lausanne EPFLCH 1015 Switzerland.
- [1 4] *Henda BEN JAFFEL, Amira RIAHI* : Etude de conception et de réalisation d'un suiveur de soleil (page10, www.l'énergie renouvelable .com.)
- [1 5] <http://f5zv.pagesperso-orange.fr>
- [1 6] Académie de Strasbourg, site <http://www.ac-strasbourg.fr/disciplines/physchim>
- [17] <http://f5zv.pagesperso-orange.fr>
- [1 8] http://www.futura-sciences.com/uploads/tx_oxcsfutura/schema-theorie-bandes.gif
- [1 9] energies2demain.com
- [1 10] http://fr.wikipedia.org/wiki/panneau_solair
- [1 11] BENCHERIF Mohammed : Modélisation de systèmes énergétiques photovoltaïques (page 16,17)
- [2 1] Site Web: www.aaenergy.fr
- [2 2] Automatic Sun Tracking System, mémoires réalisé par : M.F. Khan et R.L. ALI à l'Université International de RABAT
- [2 3] LPro LCM/Octobre 2010 (page 22)

Liste des symboles

PV	photovoltaïque
GPV	groupement photovoltaïque
Z	l'épaisseur de l'atmosphère traversée par le rayonnement solaire
A	élévation du soleil en degré
P	pression de l'atmosphère (loi I.2)
AM	nombre de masse d'air
Y	indice variable dépend la valeur θ
θ	représente l'élévation du soleil sur l'horizon
AM ₀	La condition hors atmosphère
AM ₁	La condition quand le soleil est au zénith
AM ₂	quand le soleil est à 30°
AM _{1,5}	est satisfaite lorsque le soleil est à 90°
m	le nombre de masse d'air
PN	une tension de jonction
N	Couche supérieure
P	Couche inférieure
J	Jonction entre les zones N et P

K	une grille métallique
a	plaque métallique recouvrant la face du cristal
e	épaisseur de N
R	résistance de charge
ph	photons.
E	l'énergie de photon
h	la constante de Planck $h = 6,63.10^{-34}$ J.s
v	la fréquence de l'onde électromagnétique associée au photon
eV	électro-volte
I_D	le courant qui traverse la diode
I_p	courant fournie par une cellule
I_{ph}	la photo courant
I_s	Le courant inverse de la jonction PN
V_p	tension aux bornes de la cellule
$V_t=K.T/q$	Potentielle thermique
q	la charge électrique élémentaire
k	la constante de Boltzmann
T	la température en °K.
AM_y	rayonnement solaire
N_s	nombre de générateur en série

V_i	la tension au borne de la cellule
P_{max}	le point de puissance optimale
$1/R'$	c'est la conductance de charge (cellule série)
$1/R''$	c'est la conductance de charge (module en parallèle)
R', R''	résistance variable
R_s	résistance de grille de collecte de la couche P
R_p	résistance de grille de collecte de la couche N
I_D	le courant qui traverse la diode
I_s	Le courant inverse de la jonction PN
I_p	le courant qui traverse la couche N
V_p	tension aux bornes de la cellule (V)
$V_t=K.T/q$	Potentielle thermique
q	la charge électrique élémentaire (C)
k	la constante de Boltzmann, $k= 1.38 \cdot 10^{-23}$
δ	Déclinaison solaire
Φ	Latitude du lieu
w	Angle horaire
θ_z	Angle de zénith
θ	Angle d'incidence
θ_z	Angle de Zénith.

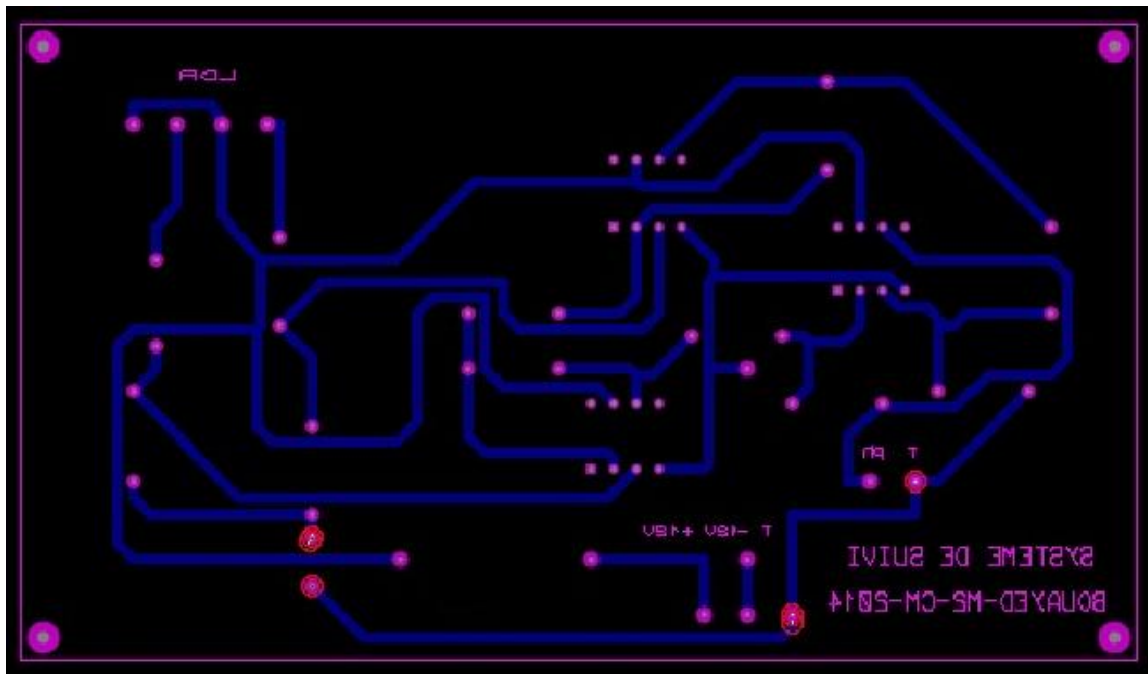
β	Inclinaison de la surface.
γ	Angle d'azimut.
γ_s	Angle extérieur d'azimut.
LDR, PR	Une photo résistance (Light Dépendent Résistor)
D	distance paroi et LDR
H	hauteur de la paroi
α	angle d'ombre du soleil
B_0	concentrateur
I_0	l'éclairement solaire direct sur
GND	connecteur de masse
NC	borne non connecté

Annexe1

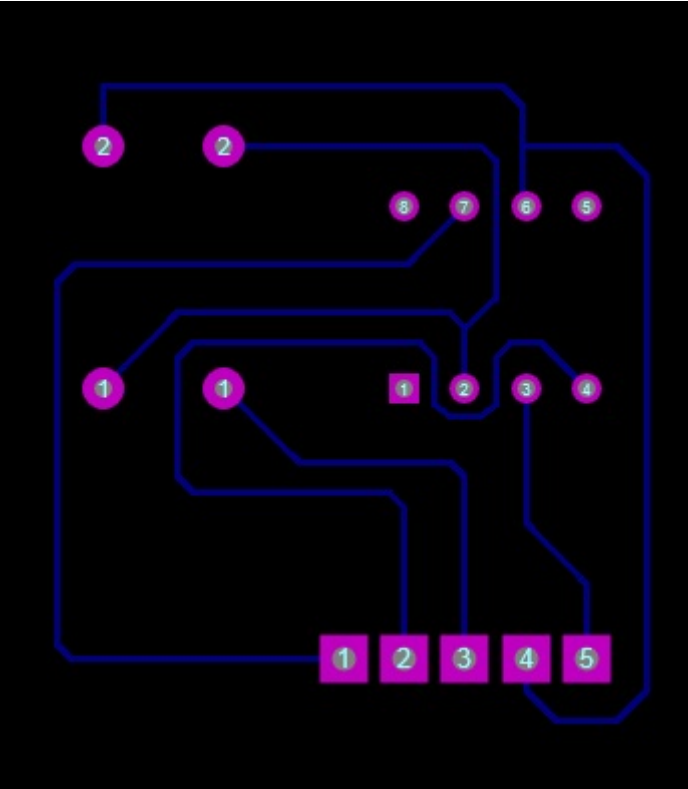
Réalisation des cartes

- Avec ARES

La carte de commande :

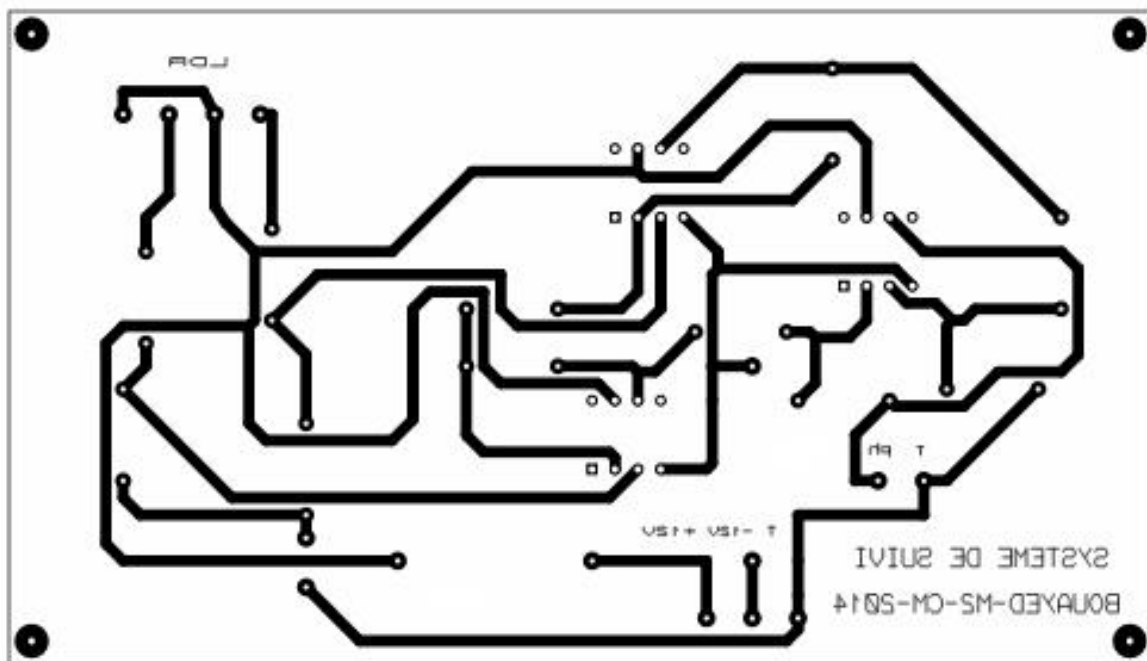


La carte de moteur :

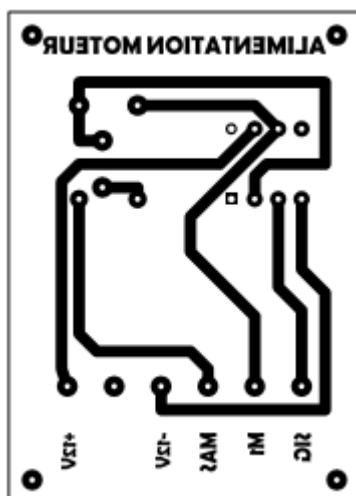


- Les résultats :

La carte de commande :



La carte de moteur :



μA741x General-Purpose Operational Amplifiers

1 Features

- Short-Circuit Protection
- Offset-Voltage Null Capability
- Large Common-Mode and Differential Voltage Ranges
- No Frequency Compensation Required
- No Latch-Up
- Designed to Be Interchangeable With Fairchild μA741

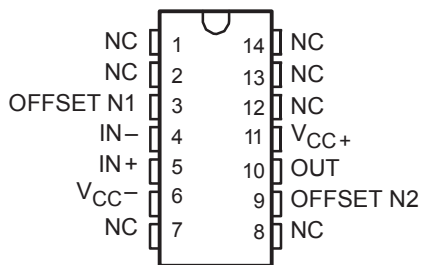
2 Description

The μA741 device is a general-purpose operational amplifier featuring offset-voltage null capability.

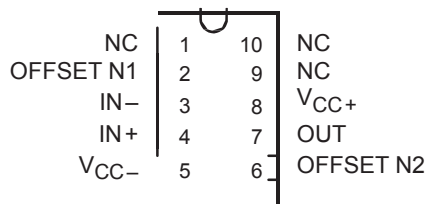
The high common-mode input voltage range and the absence of latch-up make the amplifier ideal for voltage-follower applications. The device is short-circuit protected and the internal frequency compensation ensures stability without external components. A low value potentiometer may be connected between the offset null inputs to null out the offset voltage as shown in [Figure 2](#).

The μA741C device is characterized for operation from 0°C to 70°C. The μA741M device (obsolete) is characterized for operation over the full military temperature range of –55°C to 125°C.

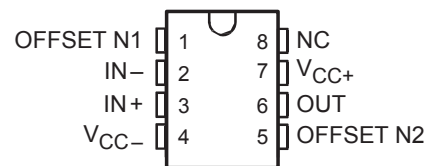
μA741M...J PACKAGE
(TOP VIEW)



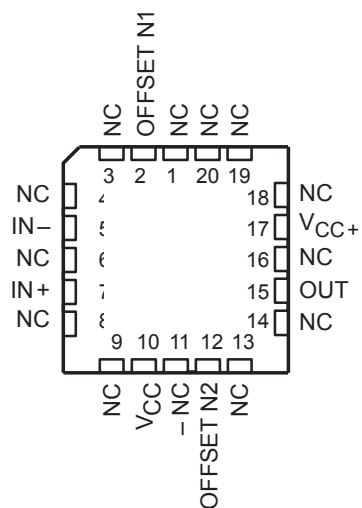
μA741M...U PACKAGE
(TOP VIEW)



μA741M...JG PACKAGE
μA741C, μA741I...D, P, OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)



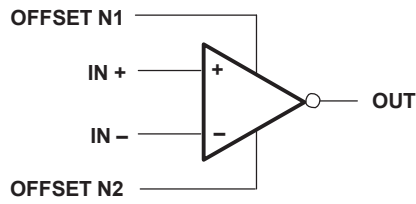
μA741M...FK PACKAGE
(TOP VIEW)



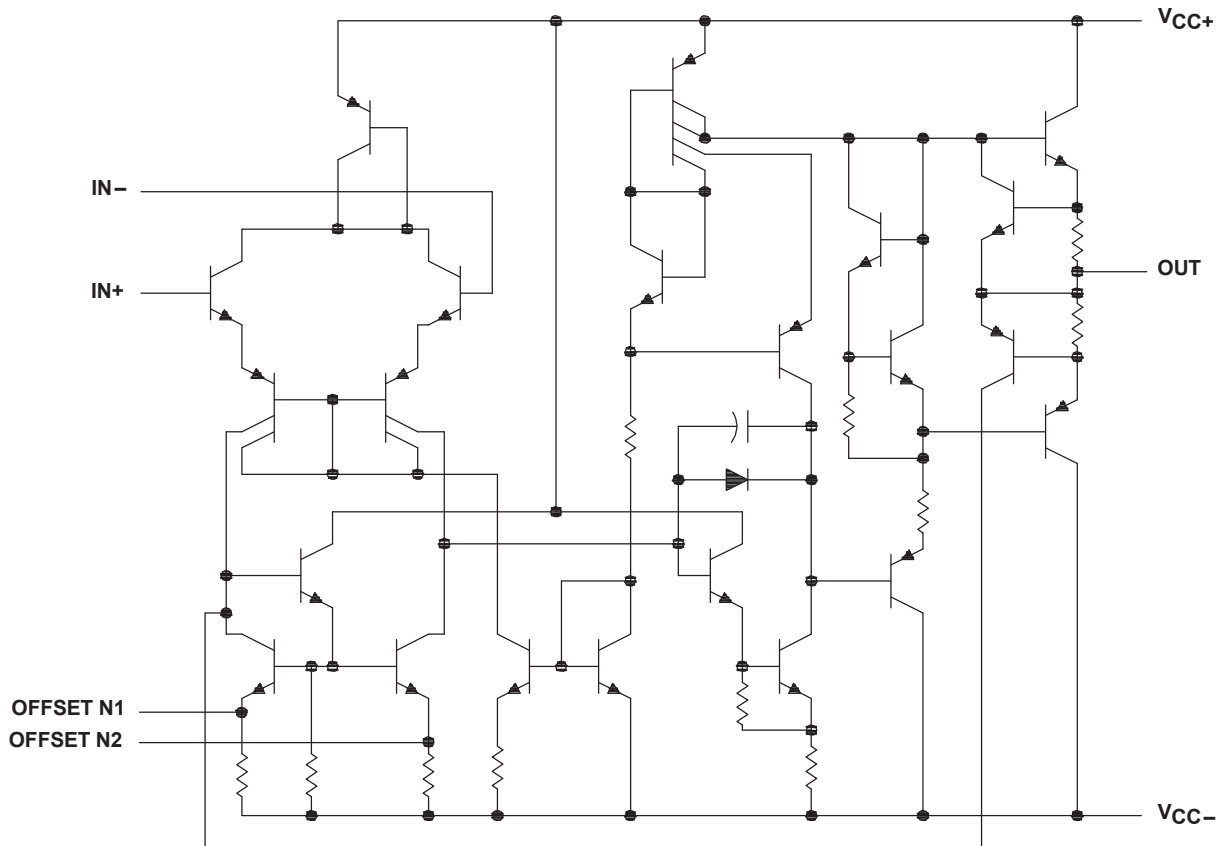
NC – No internal connection



Symbol



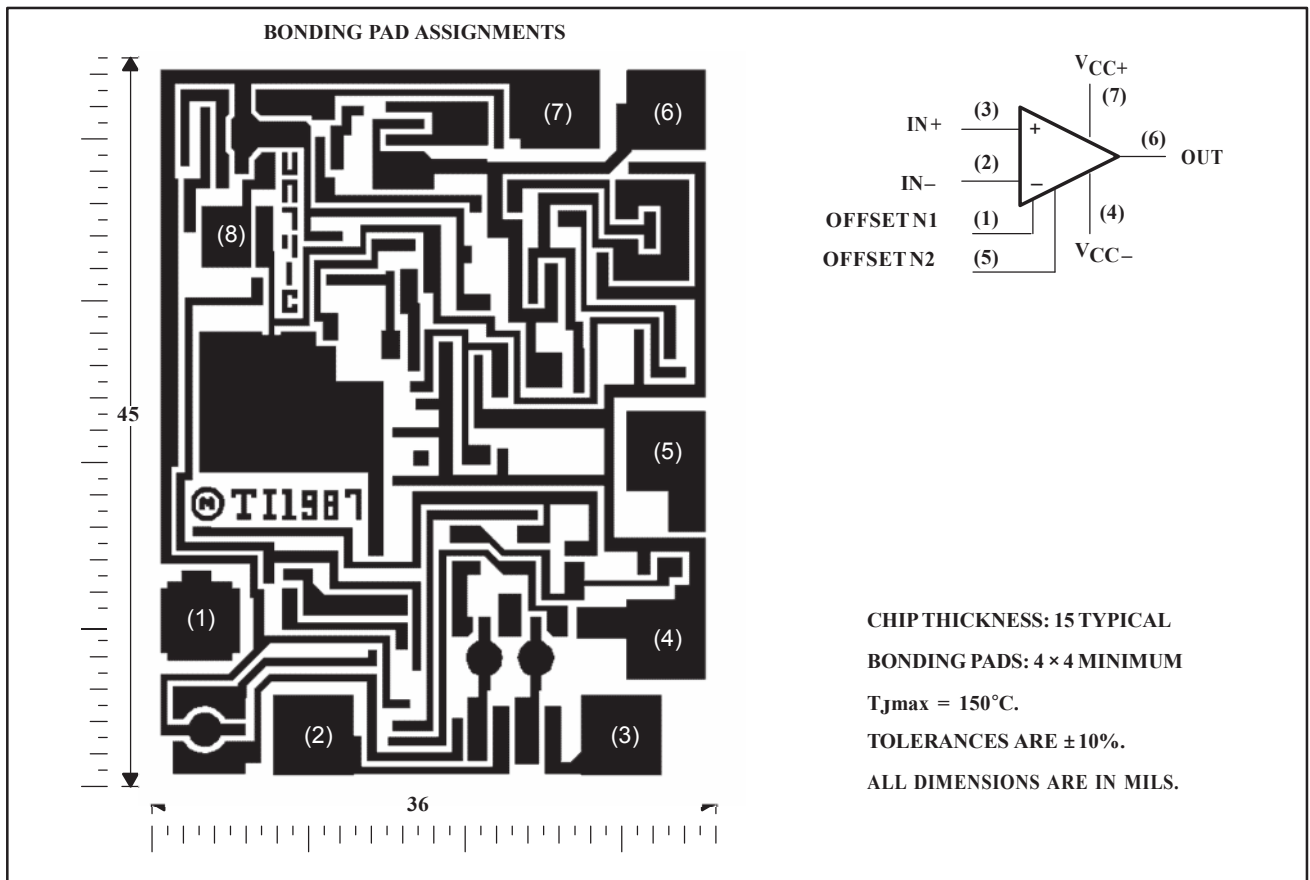
Schematic



Component Count	
Transistors	22
Resistors	11
Diode	1
Capacitor	1

2.1 μA741Y Chip Information

This chip, when properly assembled, displays characteristics similar to the μA741C. Thermal compression or ultrasonic bonding may be used on the doped-aluminum bonding pads. Chips may be mounted with conductive epoxy or a gold-silicon preform.



2.2 Absolute Maximum Ratings⁽¹⁾

over virtual junction temperature range (unless otherwise noted)

		μA741C	μA741M	UNIT
V _{CC+}	Supply voltage ⁽²⁾	18	22	C
V _{CC-}	Supply voltage ⁽²⁾	-18	-22	V
V _{ID}	Differential input voltage ⁽³⁾	±15	±30	V
V _I	Input voltage, any input ⁽²⁾⁽⁴⁾	±15	±15	V
	Voltage between offset null (either OFFSET N1 or OFFSET N2) and V _{CC-}	±15	±0.5	V
	Duration of output short circuit ⁽⁵⁾	unlimited	unlimited	
	Continuous total power dissipation	See Dissipation Ratings Table		
T _A	Operating free-air temperature range	0 to 70	-55 to 125	°C
	Storage temperature range	-65 to 150	-65 to 150	°C
	Case temperature for 60 seconds	FK package	260	°C
	Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 60 seconds	J, JG, or U package	300	°C
	Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	D, P, or PS package	260	°C

- (1) Stresses beyond those listed under *Absolute Maximum Ratings* may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under *Recommended Operating Conditions* is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.
- (2) All voltage values, unless otherwise noted, are with respect to the midpoint between V_{CC+} and V_{CC-}.
- (3) Differential voltages are at IN+ with respect to IN-.
- (4) The magnitude of the input voltage must never exceed the magnitude of the supply voltage or 15 V, whichever is less.
- (5) The output may be shorted to ground or either power supply. For the μA741M only, the unlimited duration of the short circuit applies at (or below) 125°C case temperature or 75°C free-air temperature.

Dissipation Rating Table

PACKAGE	T _A ≤ 25°C POWER RATING	DERATING FACTOR	DERATE ABOVE T _A	T _A = 70°C POWER RATING	T _A = 85°C POWER RATING	T _A = 125°C POWER RATING
D	500 mW	5.8 mW/°C	64°C	464 mW	377 mW	N/A
FK	500 mW	11.0 mW/°C	105°C	500 mW	500 mW	275 mW
J	500 mW	11.0 mW/°C	105°C	500 mW	500 mW	275 mW
JG	500 mW	8.4 mW/°C	90°C	500 mW	500 mW	210 mW
P	500 mW	N/A	N/A	500 mW	500 mW	N/A
PS	525 mW	4.2 mW/°C	25°C	336 mW	N/A	N/A
U	500 mW	5.4 mW/°C	57°C	432 mW	351 mW	135 mW

2.3 Electrical Characteristics

at specified virtual junction temperature, $V_{CC\pm} = \pm 15\text{ V}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	$T_A^{(1)}$	μA741C			μA741M			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V_{IO} Input offset voltage	$V_O = 0$	25°C		1	6		1	5	mV
		Full range			7.5		±15	6	
$\Delta V_{IO(\text{adj})}$ Offset voltage adjust range	$V_O = 0$	25°C		±15			20	200	mV
I_{IO} Input offset current	$V_O = 0$	25°C		20	200			500	nA
		Full range			300			500	
I_{IB} Input bias current	$V_O = 0$	25°C		80	500		80	500	nA
		Full range			800			1500	
V_{ICR} Common-mode input voltage range		25°C	±12	±13		±12	±13		V
		Full range	±12			±12			
V_{OM} Maximum peak output voltage swing	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	25°C	±12	±14		±12	±14		V
	$R_L \geq 10\text{ k}\Omega$	Full range	±12			±12			
	$R_L = 2\text{ k}\Omega$	25°C	±10			±10	±13		
	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	Full range	±10			±10			
A_{VD} Large-signal differential voltage amplification	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	25°C	20	200		50	200		V/mV
	$V_O = \pm 10\text{ V}$	Full range	15			25			
r_i Input resistance		25°C	0.3	2		0.3	2		MΩ
r_o Output resistance	$V_O = 0$, See ⁽²⁾	25°C		75			75		Ω
C_i Input capacitance		25°C		1.4			1.4		pF
CMRR Common-mode rejection ratio	$V_{IC} = V_{ICR\text{min}}$	25°C	70	90		70	90		dB
		Full range	70			70			
k_{SVS} Supply voltage sensitivity ($\Delta V_{IO}/\Delta V_{CC}$)	$V_{CC} = \pm 9\text{ V}$ to $\pm 15\text{ V}$	25°C		30	150		30	150	μV/V
		Full range			150			150	
I_{OS} Short-circuit output current		25°C		±25	±40		±25	±40	mA
I_{CC} Supply current	$V_O = 0$, No load	25°C		1.7	2.8		1.7	2.8	mA
		Full range			3.3			3.3	
P_D Total power dissipation	$V_O = 0$, No load	25°C		50	85		50	85	mW
		Full range			100			100	

(1) All characteristics are measured under open-loop conditions with zero common-mode input voltage unless otherwise specified. Full range for the μA741C is 0°C to 70°C and the μA741M is –55°C to 125°C.

(2) This typical value applies only at frequencies above a few hundred hertz because of the effects of drift and thermal feedback.

2.4 Operating Characteristics

over operating free-air temperature range, $V_{CC\pm} = \pm 15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	μA741C			μA741M			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
t_r Rise time	$V_I = 20\text{ mV}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$, $C_L = 100\text{ pF}$, See Figure 1		0.3			0.3		μs
Overshoot factor			5%			5%		
SR Slew rate at unity gain	$V_I = 10\text{ V}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$, $C_L = 100\text{ pF}$, See Figure 1		0.5			0.5		V/μs

2.5 Electrical Characteristics

 at specified virtual junction temperature, $V_{CC\pm} = \pm 15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted)⁽¹⁾

PARAMETER		TEST CONDITIONS	μA741Y			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
V_{IO}	Input offset voltage	$V_O = 0$		1	5	mV
$\Delta V_{IO(\text{adj})}$	Offset voltage adjust range	$V_O = 0$		±15		mV
I_{IO}	Input offset current	$V_O = 0$		20	200	nA
I_{IB}	Input bias current	$V_O = 0$		80	500	nA
V_{ICR}	Common-mode input voltage range		±12	±13		V
V_{OM}	Maximum peak output voltage swing	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	±12	±14		V
		$R_L = 2\text{ k}\Omega$	±10	±13		
A_{VD}	Large-signal differential voltage amplification	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	20	200		V/mV
r_i	Input resistance		0.3	2		MΩ
r_o	Output resistance	$V_O = 0$, See ⁽¹⁾		75		Ω
C_i	Input capacitance			1.4		pF
CMRR	Common-mode rejection ratio	$V_{IC} = V_{ICR\text{min}}$	70	90		dB
k_{SVS}	Supply voltage sensitivity ($\Delta V_{IO}/\Delta V_{CC}$)	$V_{CC} = \pm 9\text{ V to } \pm 15\text{ V}$		30	150	μV/V
I_{OS}	Short-circuit output current			±25	±40	mA
I_{CC}	Supply current	$V_O = 0$, No load		1.7	2.8	mA
P_D	Total power dissipation	$V_O = 0$, No load		50	85	mW

(1) This typical value applies only at frequencies above a few hundred hertz because of the effects of drift and thermal feedback.

2.6 Operating Characteristics

 over operating free-air temperature range, $V_{CC\pm} = \pm 15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	μAA741Y			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
t_r	Rise time	$V_I = 20\text{ mV}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$,		0.3		μs
	Overshoot factor	$C_L = 100\text{ pF}$, See Figure 1		5%		
SR	Slew rate at unity gain	$V_I = 10\text{ V}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$, $C_L = 100\text{ pF}$, See Figure 1		0.5		V/μs

3 Parameter Measurement Information

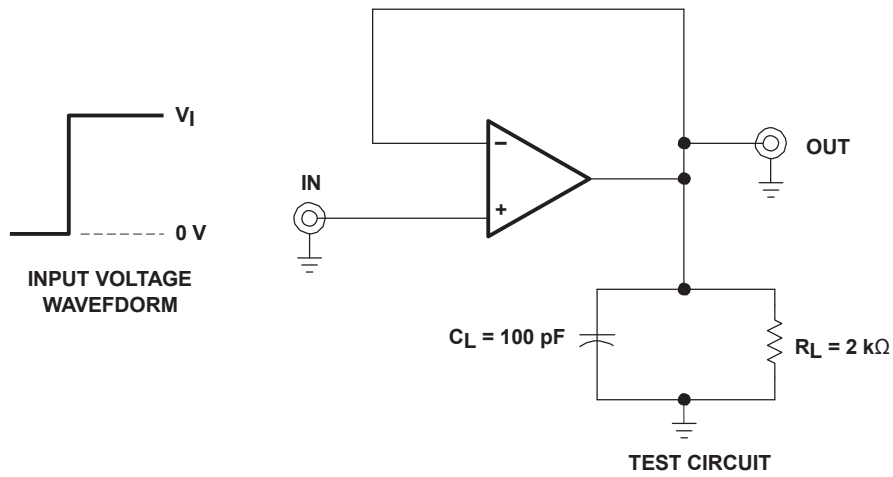


Figure 1. Rise Time, Overshoot, and Slew Rate

4 Application Information

Figure 2 shows a diagram for an input offset voltage null circuit.

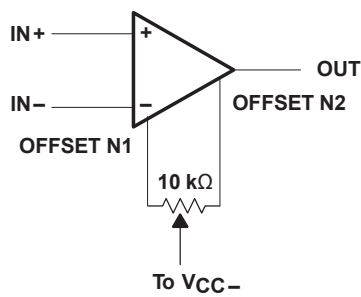
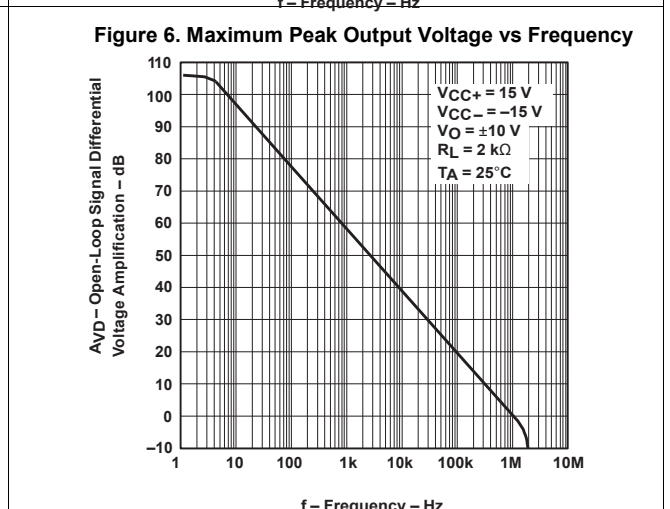
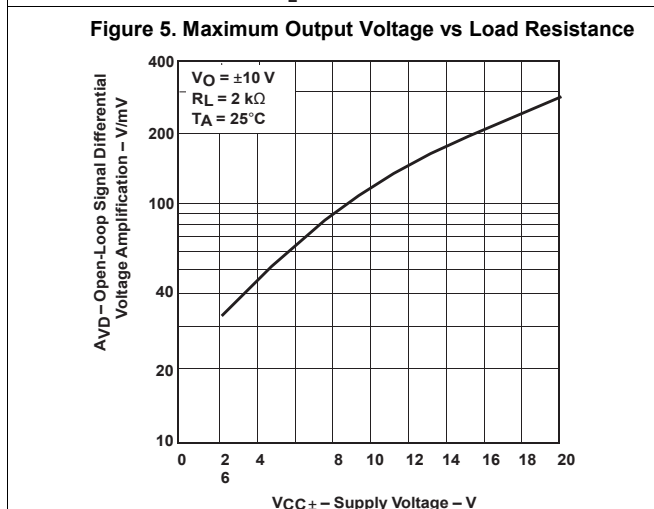
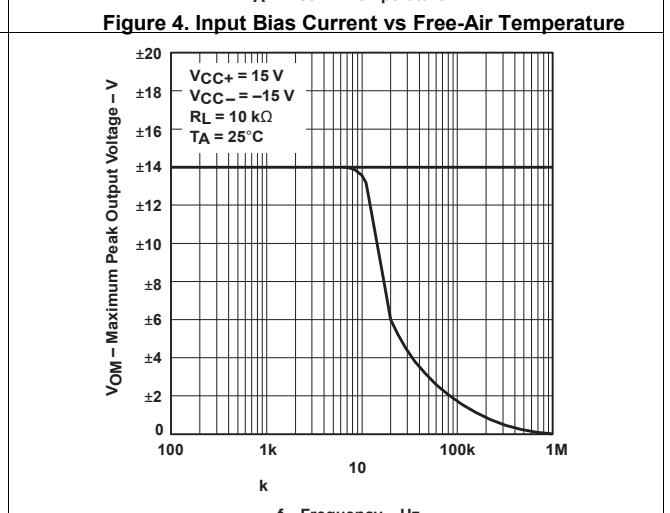
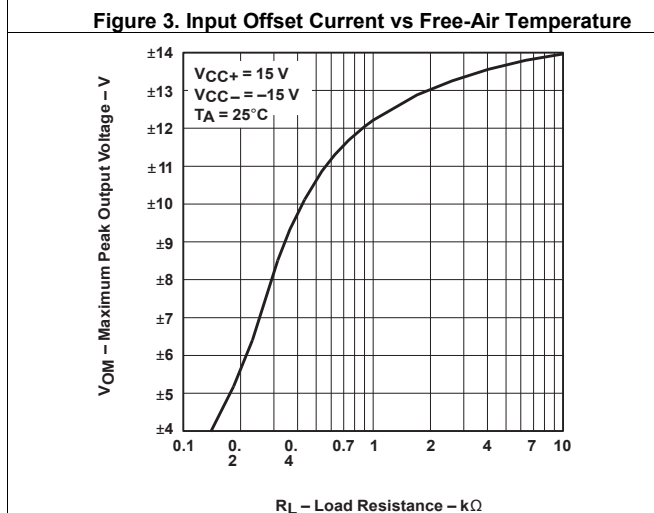
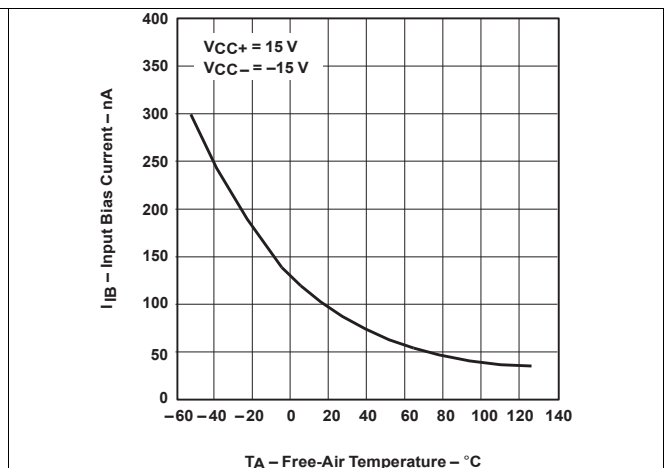
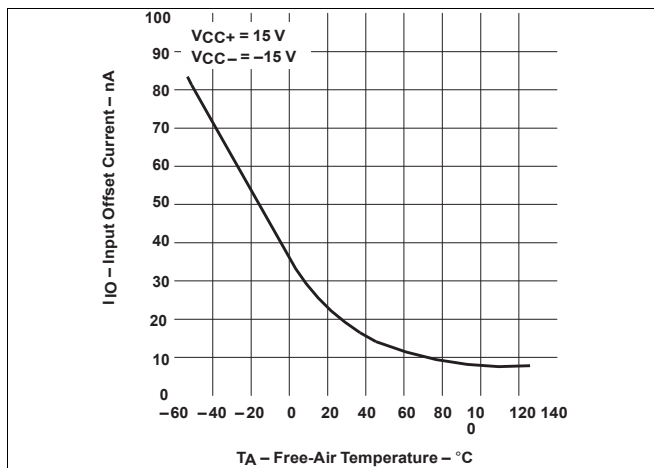


Figure 2. Input Offset Voltage Null Circuit

5 Typical Characteristics⁽¹⁾



vs
Supply Voltage

vs
Frequency

(1) Data at high and low temperatures are applicable only within the rated operating free-air temperature ranges of the various devices.

Typical Characteristics⁽¹⁾ (continued)

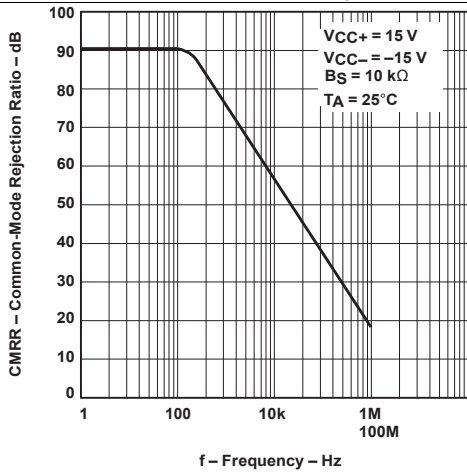


Figure 9. Common-Mode Rejection Ratio vs Frequency

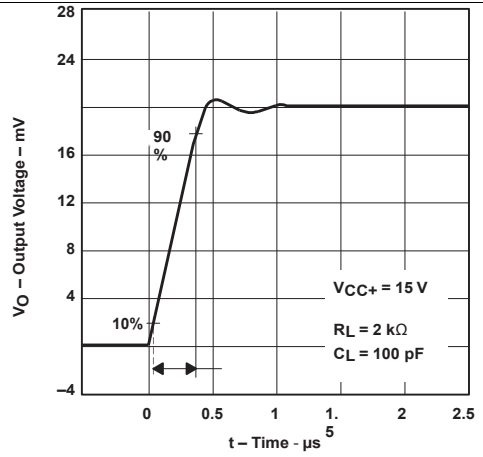


Figure 10. Output Voltage vs Elapsed Time

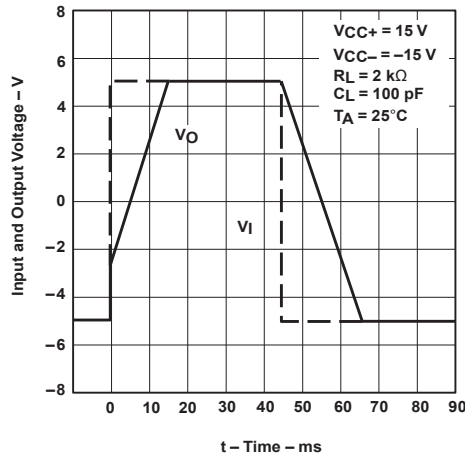


Figure 11. Voltage-Follower Large-Signal Pulse Response

6 Revision History

NOTE: Page numbers for previous revisions may differ from page numbers in the current version.

Changes from Revision B (September 2000) to Revision C	Page
• Updated document to new TI data sheet format - no specification changes.....	1

Changes from Revision C (January 2014) to Revision D	Page
• Fixed Typical Characteristics Graphs to remove extra lines.....	8

6.1 Electrostatic Discharge Caution



This integrated circuit can be damaged by ESD. Texas Instruments recommends that all integrated circuits be handled with appropriate precautions. Failure to observe proper handling and installation procedures can cause damage.

ESD damage can range from subtle performance degradation to complete device failure. Precision integrated circuits may be more susceptible to damage because very small parametric changes could cause the device not to meet its published specifications.

PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status (1)	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan (2)	Lead/Ball Finish (6)	MSL Peak Temp (3)	Op Temp (°C)	Device Marking (4/5)	Samples
UA741CD	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	UA741C	Samples
UA741CDE4	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	UA741C	Samples
UA741CDG4	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	UA741C	Samples
UA741CDR	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	UA741C	Samples
UA741CDRE4	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	UA741C	Samples
UA741CDRG4	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	UA741C	Samples
UA741CJG		CDIP	JG	8		TBD	Call TI	Call TI	0 to 70		
UA741CJG4		CDIP	JG	8		TBD	Call TI	Call TI	0 to 70		
UA741CP	ACTIVE	PDIP	P	8	50	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type	0 to 70	UA741CP	Samples
UA741CPE4	ACTIVE	PDIP	P	8	50	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type	0 to 70	UA741CP	Samples
UA741CPSR	ACTIVE	SO	PS	8	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	U741	Samples
UA741CPSRE4	ACTIVE	SO	PS	8	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	U741	Samples
UA741CPSRG4	ACTIVE	SO	PS	8	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	0 to 70	U741	Samples
UA741MFKB		LCCC	FK	20		TBD	Call TI	Call TI	-55 to 125		
UA741MJ		CDIP	J	14		TBD	Call TI	Call TI	-55 to 125		
UA741MJB		CDIP	J	14		TBD	Call TI	Call TI	-55 to 125		
UA741MJG		CDIP	JG	8		TBD	Call TI	Call TI	-55 to 125		
UA741MJGB		CDIP	JG	8		TBD	Call TI	Call TI	-55 to 125		

(1) The marketing status values are defined as follows:

ACTIVE: Product device recommended for new designs.

LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.

NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.

PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.

OBSOLETE: TI has discontinued the production of the device.

(2) **Eco Plan** - The planned eco-friendly classification: Pb-Free (RoHS), Pb-Free (RoHS Exempt), or Green (RoHS & no Sb(Br)) - please check <http://www.ti.com/productcontent> for the latest availability information and additional product content details.

TBD: The Pb-Free/Green conversion plan has not been defined.

Pb-Free (RoHS): TI's terms "Lead-Free" or "Pb-Free" mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TI Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.

Pb-Free (RoHS Exempt): This component has a RoHS exemption for either 1) lead-based flip-chip solder bumps used between the die and package, or 2) lead-based die adhesive used between the die and leadframe. The component is otherwise considered Pb-Free (RoHS compatible) as defined above.

Green (RoHS & no Sb(Br)): TI defines "Green" to mean Pb-Free (RoHS compatible), and free of Bromine (Br) and Antimony (Sb) based flame retardants (Br or Sb do not exceed 0.1% by weight in homogeneous material)

(3) **MSL, Peak Temp.** - The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

(4) There may be additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category on the device.

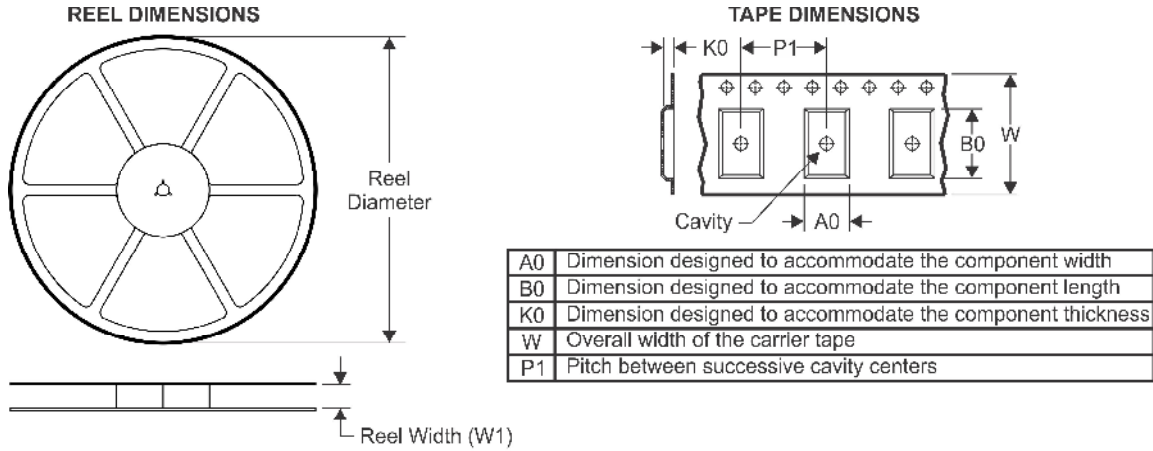
(5) **Multiple Device Markings** will be inside parentheses. Only one Device Marking contained in parentheses and separated by a "-" will appear on a device. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire Device Marking for that device.

(6) **Lead/Ball Finish** - Orderable Devices may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead/Ball Finish values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

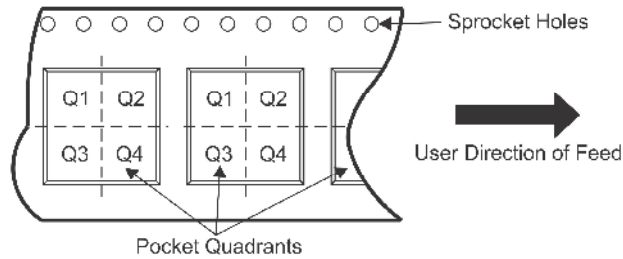
Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TAPE AND REEL INFORMATION



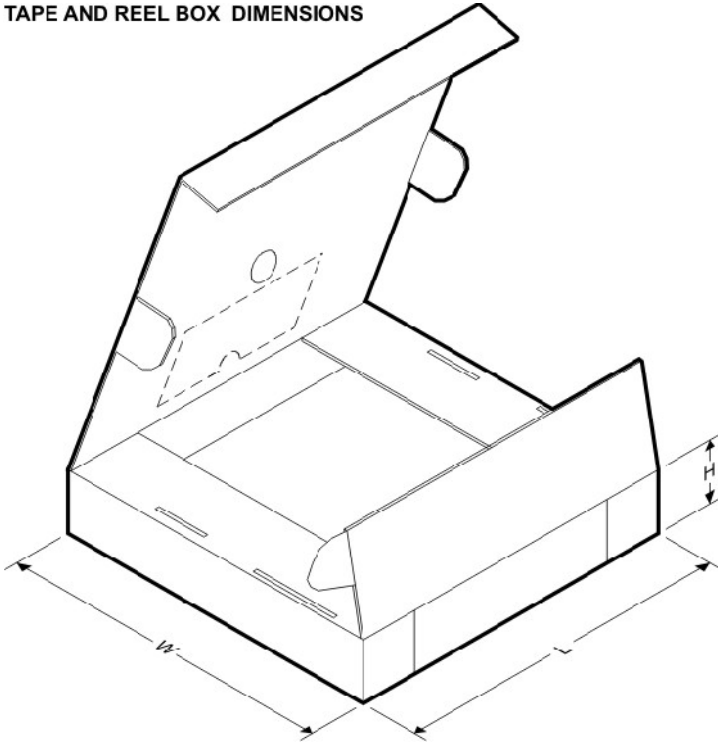
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
UA741CDR	SOIC	D	8	2500	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	8.0	12.0	Q1
UA741CPSR	SO	PS	8	2000	330.0	16.4	8.2	6.6	2.5	12.0	16.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS

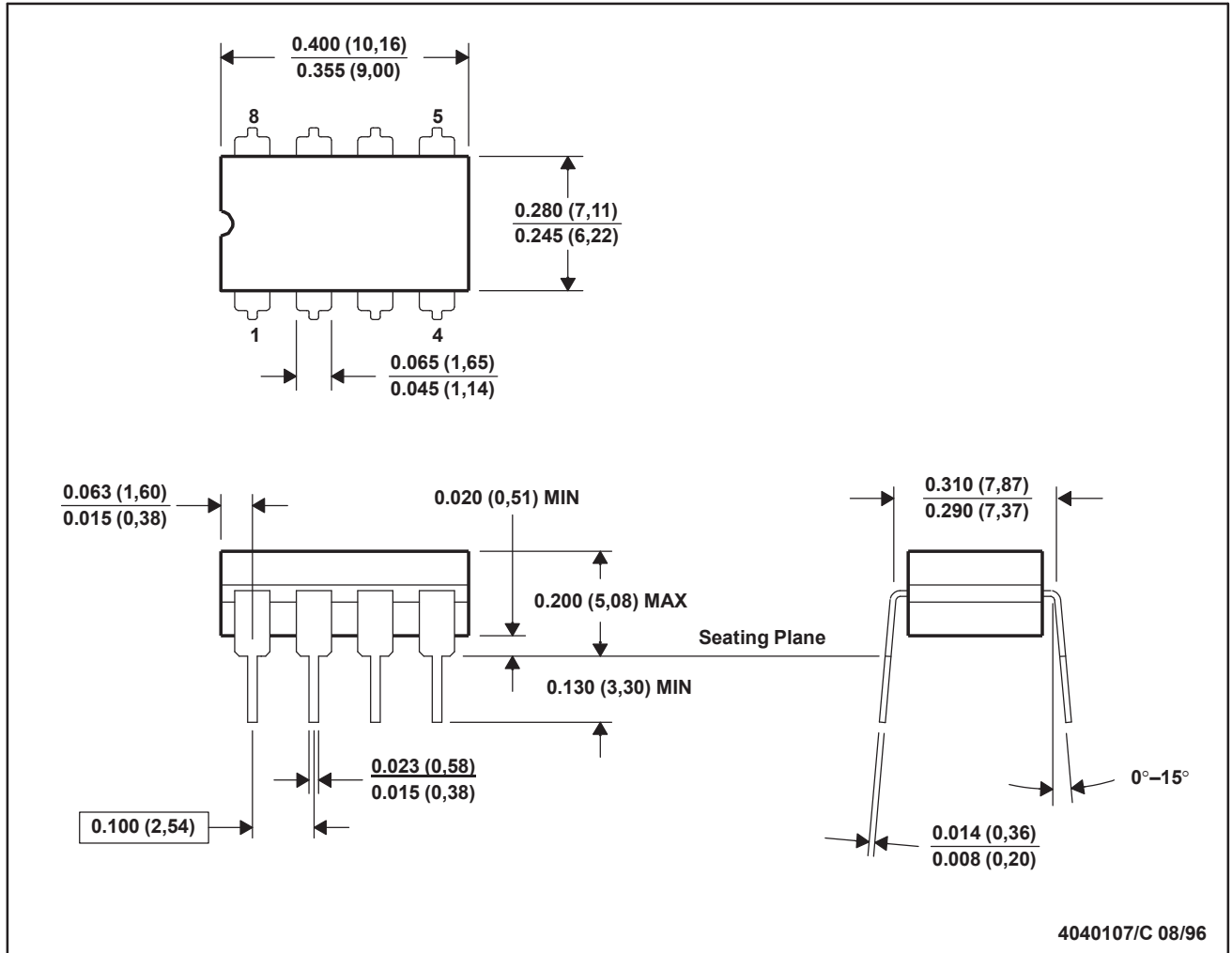


*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
UA741CDR	SOIC	D	8	2500	340.5	338.1	20.6
UA741CPSR	SO	PS	8	2000	367.0	367.0	38.0

JG (R-GDIP-T8)

CERAMIC DUAL-IN-LINE

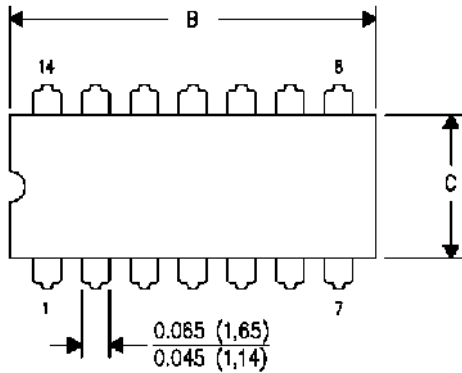


- NOTES: A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 B. This drawing is subject to change without notice.
 C. This package can be hermetically sealed with a ceramic lid using glass frit.
 D. Index point is provided on cap for terminal identification.
 E. Falls within MIL STD 1835 GDIP1-T8

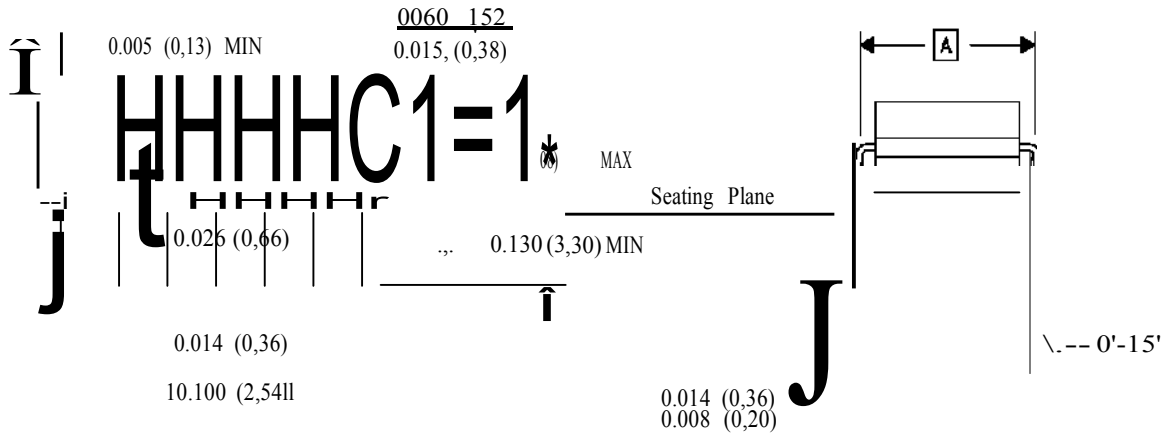
J (R-GDIP-T**)

14 LEADS SHOWN

CERAMIC DUAL IN-LINE PACKAGE



M	14	16	18	20
O	0.300 (7,62) BSC	0.300 (7,62) BSC	0.300 (7,62) BSC	0.300 (7,62) BSC
B MAX	0.785 (19,94)	.840 (21,34)	0.960 (24,38)	1.060 (26,92)
B MIN	—	—	—	—
C MAX	0.300 (7,62)	0.300 (7,62)	0.310 (7,87)	0.300 (7,62)
C MIN	0.245 (6,22)	0.245 (6,22)	0.220 (5,59)	0.245 (6,22)



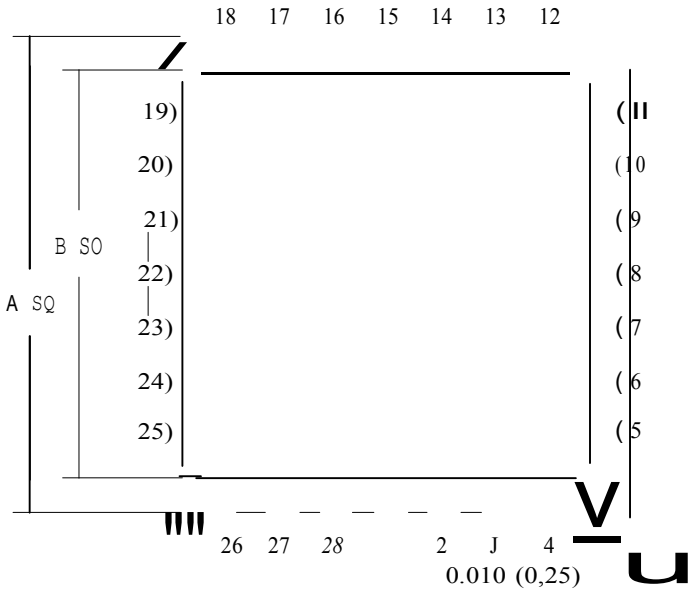
4040083/F 03/03

- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. This package is hermetically sealed with a ceramic lid using glass frit.
 - D. Index point is provided on cap for terminal identification only on press ceramic glass frit seal only.
 - E. Falls within MIL SID 1835 GOIP1-T14, GDIP1-T16, GOIP1-T18 and GDIP1-T20.

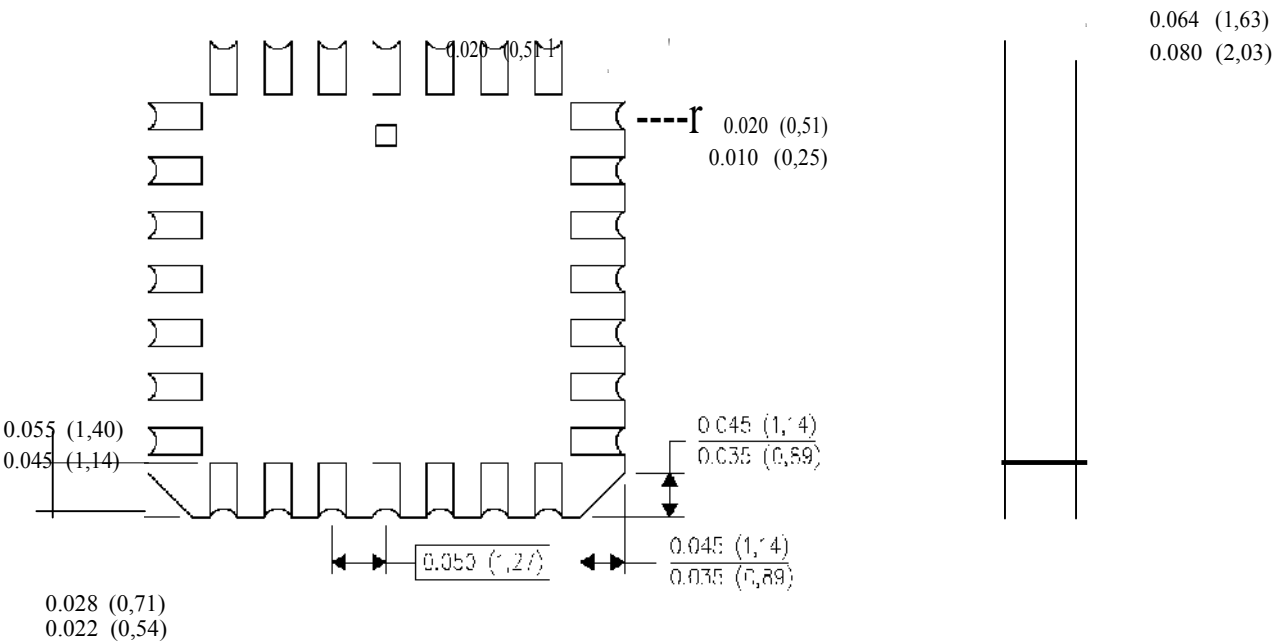
FK (S-CQCC-N**)

LEADLESS CERAMIC CHIP CARRIER

28 TERMINAL SHOWN



NO. OF TERMINALS **	A		B	
	MIN	MAX	MIN	MAX
20	0.342 (8,69)	0.358 (9,09)	0.307 (7,80)	0.358 (9,09)
28	0.442 (11,23)	0.458 (11,63)	0.406 (10,31)	0.458 (11,63)
44	0.640 (16,26)	0.660 (16,76)	0.495 (12,58)	0.560 (14,22)
52	0.740 (18,78)	0.761 (19,32)	0.495 (12,58)	0.560 (14,22)
68	0.938 (23,83)	0.962 (24,43)	0.850 (21,6)	0.858 (21,8)
84	1.141 (28,99)	1.165 (29,59)	1.047 (26,6)	1.063 (27,0)



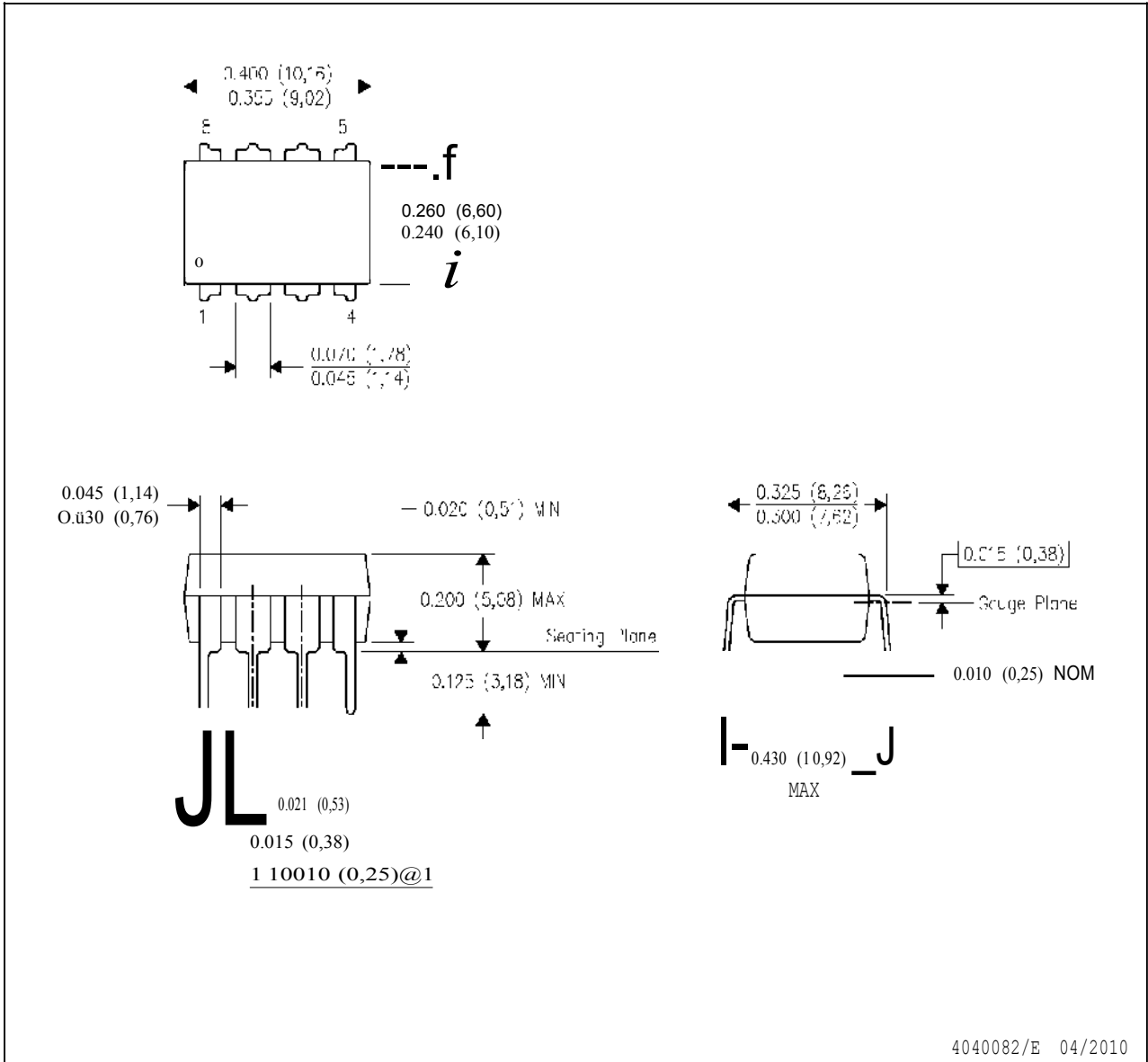
4040140/0 DI/II

- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. This package can be hermetically sealed with a metal lid.
 - D. Falls within JEDEC MS-004

INSTRUMENTS
www.ti.com

P (R-PDIP-T8)

PLASTIC DUAL-IN-LINE PACKAGE

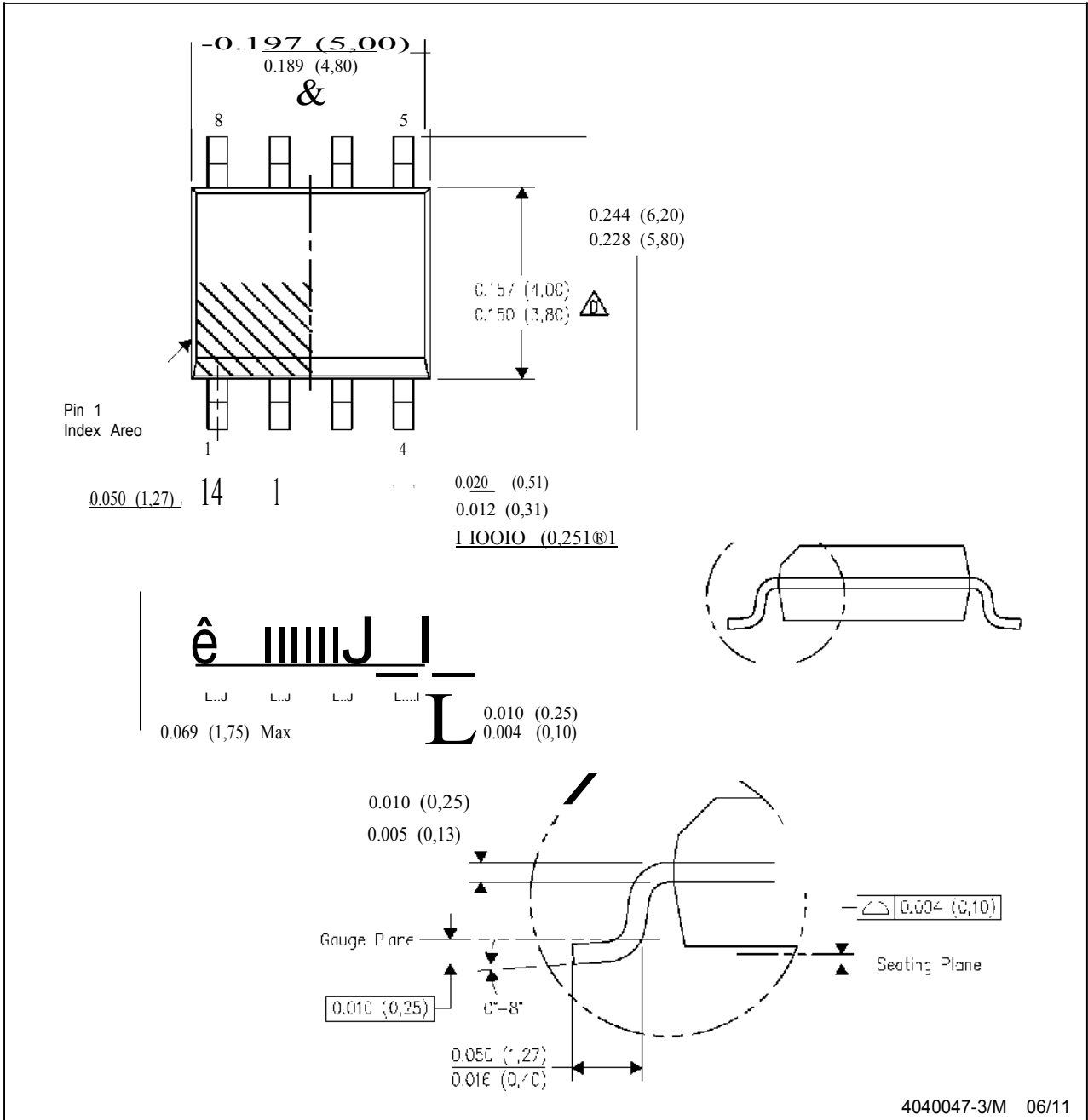


- NOTES: A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 B. This drawing is subject to change without notice.
 C. Falls within JEDEC MS-001 variation BA.

MECHANICAL DATA

D (R-PDSO-G8)

PLASTIC SMALL OUTLINE

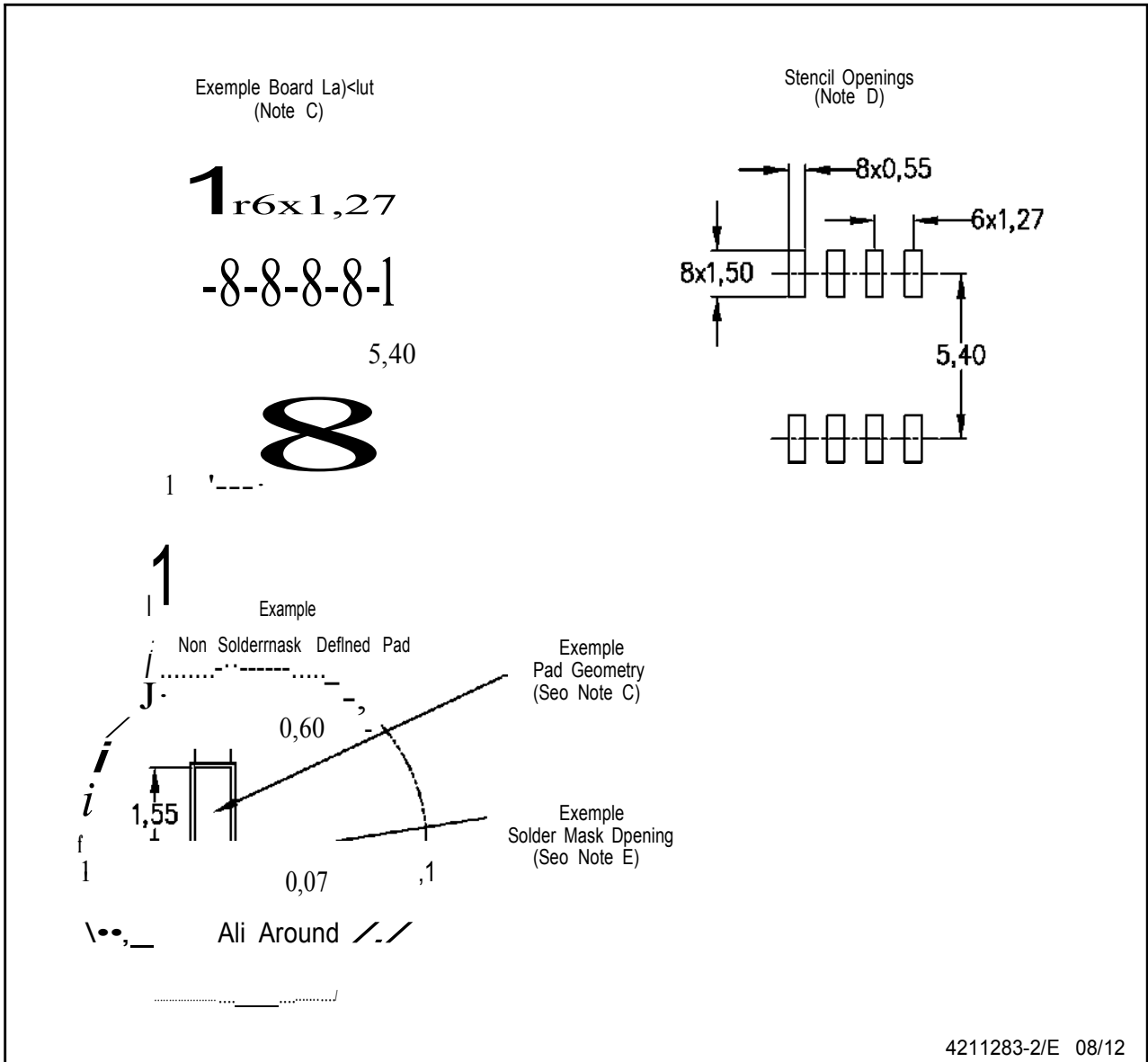


4040047-3/M 06/11

- NOIS: A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 B. This drawing is subject to change without notice.
& Body length does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.006 (0,15) each side.
Ah Body width does not include interlead flash. Interlead flash shall not exceed 0.017 (0,43) each side.
 E. Reference JEDEC MS-012 variation AA.

D (R-PDSO-G8)

PLASTIC SMALL OUTLINE



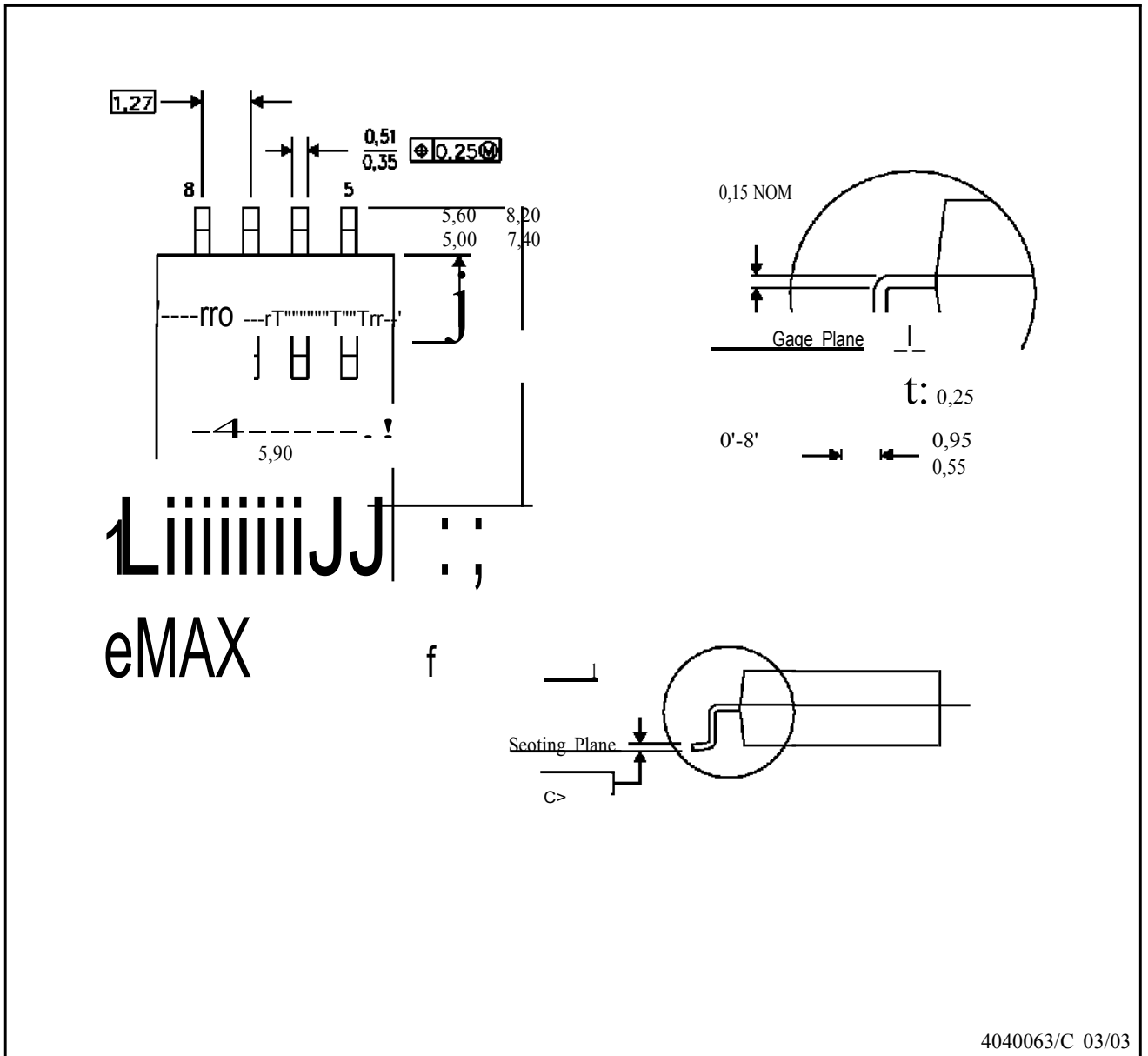
4211283-2/E 08/12

- NOIES:**
- A. Ali linear dimensions are in millimeters.
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Publication IPC-7351 is recommended for alternate designs.
 - O. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and also rounding corners will offer better paste release. Customers should contact their board assembly site for stencil design recommendations. Refer to IPC-7525 for other stencil recommendations.
 - E. Customers should contact their board fabrication site for solder mask tolerances between and around signal pads.

MECHANICAL DATA

PS (R-PDSQ-GB)

PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE



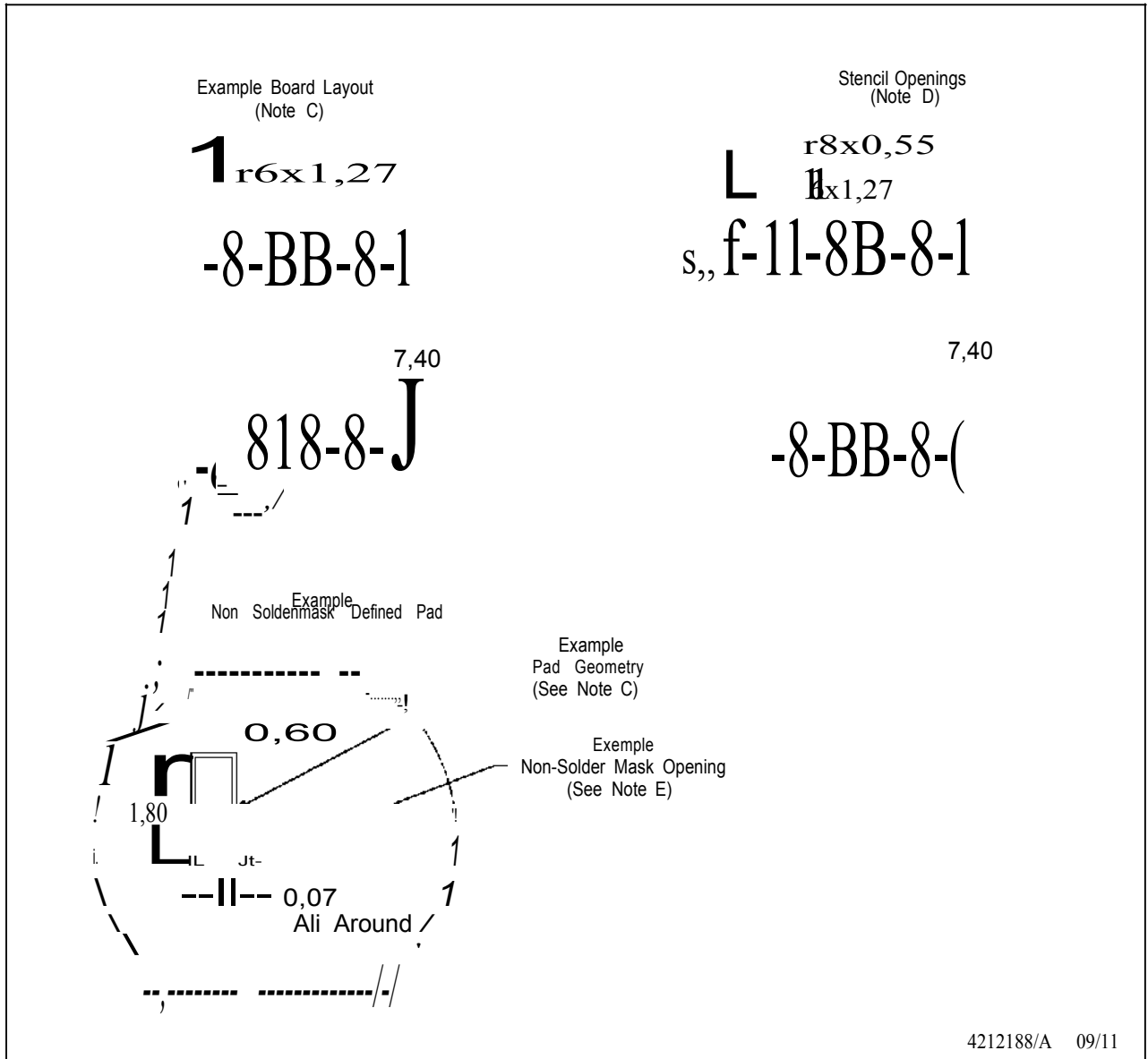
4040063/C 03/03

- NOTES:
- A. All linear dimensions are in millimeters.
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion, not to exceed 0,15.

..TEXAS
INSTRUMENTS
www.tl.com

PS (R-PDSO-G8)

PLASTIC SMALL OUTLINE



- NOTES:
- A. All linear dimensions are in millimeters.
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Publication IPC-7351 is recommended for alternate designs.
 - D. Laser cutting apertures with trapezoidal wells and also rounding corners will offer better paste release. Customers should contact their board assembly site for stencil design recommendations. Refer to IPC-7525 for other stencil recommendations.
 - E. Customers should contact their board fabrication site for solder mask tolerances between and around signal pads.

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, enhancements, improvements and other changes to its semiconductor products and services per JESD46, latest issue, and to discontinue any product or service per JESD48, latest issue. Buyers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All semiconductor products (also referred to herein as "components") are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its components to the specifications applicable at the time of sale, in accordance with the warranty in TI's terms and conditions of sale of semiconductor products. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by applicable law, testing of all parameters of each component is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or the design of Buyers' products. Buyers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with Buyers' products and applications, Buyers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI components or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of significant portions of TI information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. TI is not responsible or liable for such altered documentation. Information of third parties may be subject to additional restrictions.

Resale of TI components or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that component or service voids all express and any implied warranties for the associated TI component or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Buyer acknowledges and agrees that it is solely responsible for compliance with all legal, regulatory and safety-related requirements concerning its products, and any use of TI components in its applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by TI. Buyer represents and agrees that it has all the necessary expertise to create and implement safeguards which anticipate dangerous consequences of failures, monitor failures and their consequences, lessen the likelihood of failures that might cause harm and take appropriate remedial actions. Buyer will fully indemnify TI and its representatives against any damages arising out of the use of any TI components in safety-critical applications.

In some cases, TI components may be promoted specifically to facilitate safety-related applications. With such components, TI's goal is to help enable customers to design and create their own end-product solutions that meet applicable functional safety standards and requirements. Nonetheless, such components are subject to these terms.

No TI components are authorized for use in FDA Class III (or similar life-critical medical equipment) unless authorized officers of the parties have executed a special agreement specifically governing such use.

Only those TI components which TI has specifically designated as military grade or "enhanced plastic" are designed and intended for use in military/aerospace applications or environments. Buyer acknowledges and agrees that any military or aerospace use of TI components which have **not** been so designated is solely at the Buyer's risk, and that Buyer is solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

TI has specifically designated certain components as meeting ISO/TS16949 requirements, mainly for automotive use. In any case of use of non-designated products, TI will not be responsible for any failure to meet ISO/TS16949.

Products

Audio	www.ti.com/audio
Amplifiers	amplifier.ti.com
Data Converters	dataconverter.ti.com
DLP® Products	www.dlp.com
DSP	dsp.ti.com
Clocks and Timers	www.ti.com/clocks
Interface	interface.ti.com
Logic	logic.ti.com
Power Mgmt	power.ti.com
Microcontrollers	microcontroller.ti.com
RFID	www.ti-rfid.com
OMAP Applications Processors	www.ti.com/omap
Wireless Connectivity	www.ti.com/wirelessconnectivity

Applications

Automotive and Transportation	www.ti.com/automotive
Communications and Telecom	www.ti.com/communications
Computers and Peripherals	www.ti.com/computers
Consumer Electronics	www.ti.com/consumer-apps
Energy and Lighting	www.ti.com/energy
Industrial	www.ti.com/industrial
Medical	www.ti.com/medical
Security	www.ti.com/security
Space, Avionics and Defense	www.ti.com/space-avionics-defense
Video and Imaging	www.ti.com/video

TI E2E Community

e2e.ti.com



Data Sheet

Light dependent resistors

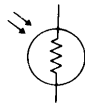
NORP12 RS stock number 651-507
NSL19-M51 RS stock number 596-141

Two cadmium sulphide (cdS) photoconductive cells with spectral responses similar to that of the human eye. The cell resistance falls with increasing light intensity. Applications include smoke detection, automatic lighting control, batch counting and burglar alarm systems.

Guide to source illuminations

Light source	Illumination (Lux)
Moonlight _____	0.1
60W bulb at 1m _____	50
1W MES bulb at 0.1m _____	100
Fluorescent lighting _____	500
Bright sunlight _____	30,000

Circuit symbol



Light memory characteristics

Light dependent resistors have a particular property in that they remember the lighting conditions in which they have been stored. This memory effect can be minimised by storing the LDRs in light prior to use. Light storage reduces equilibrium time to reach steady resistance values.

NORP12 (RS stock no. 651-507)

Absolute maximum ratings

Voltage, ac or dc peak _____	320V
Current _____	75mA
Power dissipation at 30°C _____	250mW
Operating temperature range _____	-60°C to +75°C

Electrical characteristics

$T_A = 25^\circ\text{C}$. 2854°K tungsten light source

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Cell resistance	1000 lux	-	400	-	Ω
	10 lux	-	9	-	k Ω
Dark resistance	-	1.0	-	-	M Ω
Dark capacitance	-	-	3.5	-	pF
Rise time 1	1000 lux	-	2.8	-	ms
	10 lux	-	18	-	ms
Fall time 2	1000 lux	-	48	-	ms
	10 lux	-	120	-	ms

1. Dark to 110% R_L

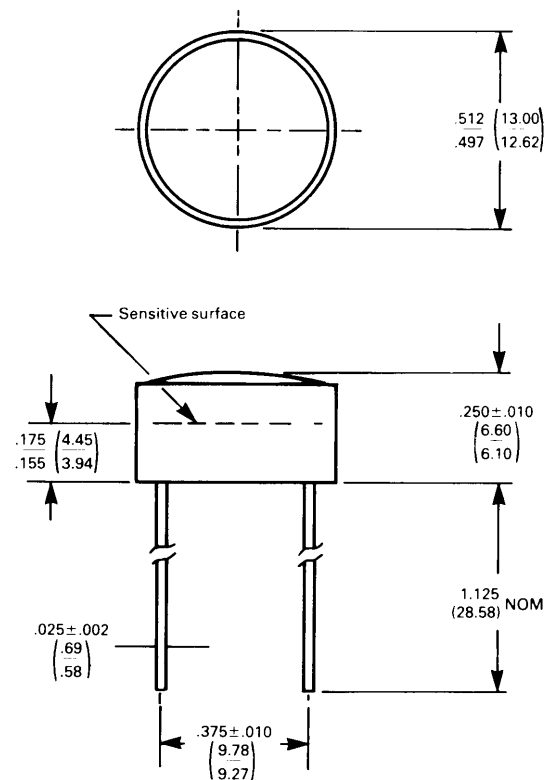
2. To $10 \times R_L$

R_L = photocell resistance under given illumination.

Features

- Wide spectral response
- Low cost
- Wide ambient temperature range.

Dimensions



Units in inches (millimetres)

Figure 1 Power dissipation derating

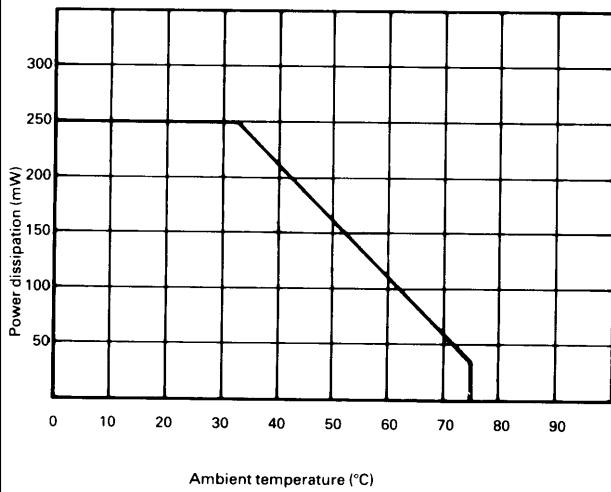
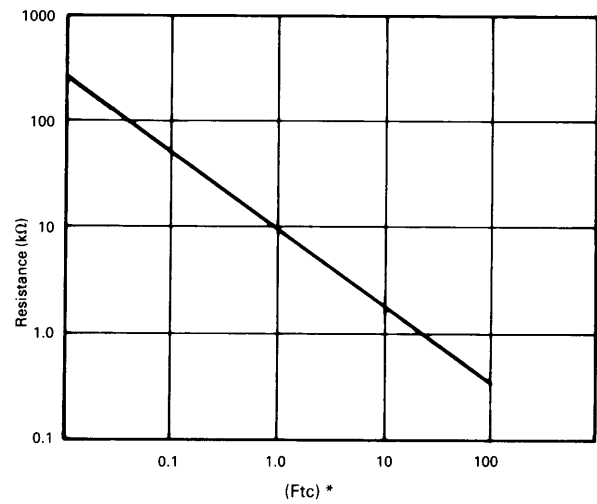
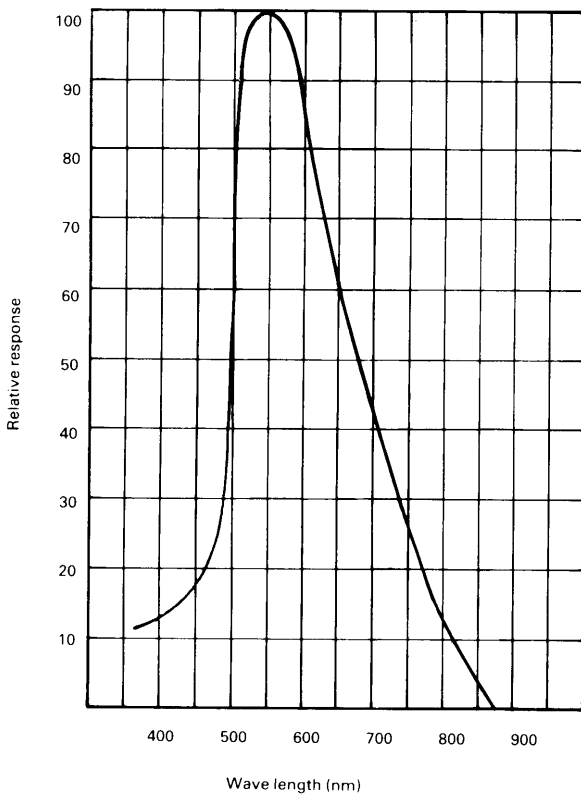


Figure 3 Resistance as a function of illumination



*1Ftc=10.764 lumens

Figure 2 Spectral response



Absolute maximum ratings

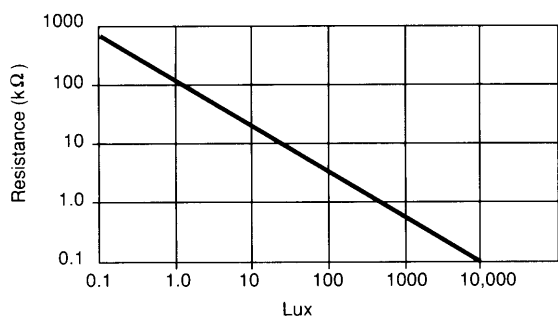
Voltage, ac or dc peak _____ 100V
 Current _____ 5mA
 Power dissipation at 25°C _____ 50mW*
 Operating temperature range _____ -25°C +75°C

*Derate linearly from 50mW at 25°C to 0W at 75°C.

Electrical characteristics

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Cell resistance	10 lux	20	-	100	kΩ
	100 lux	-	5	-	kΩ
Dark resistance	10 lux after 10 sec	20	-	-	MΩ
Spectral response	-	-	550	-	nm
Rise time	10ftc	-	45	-	ms
Fall time	10ftc	-	55	-	ms

Figure 4 Resistance as a function illumination



Dimensions

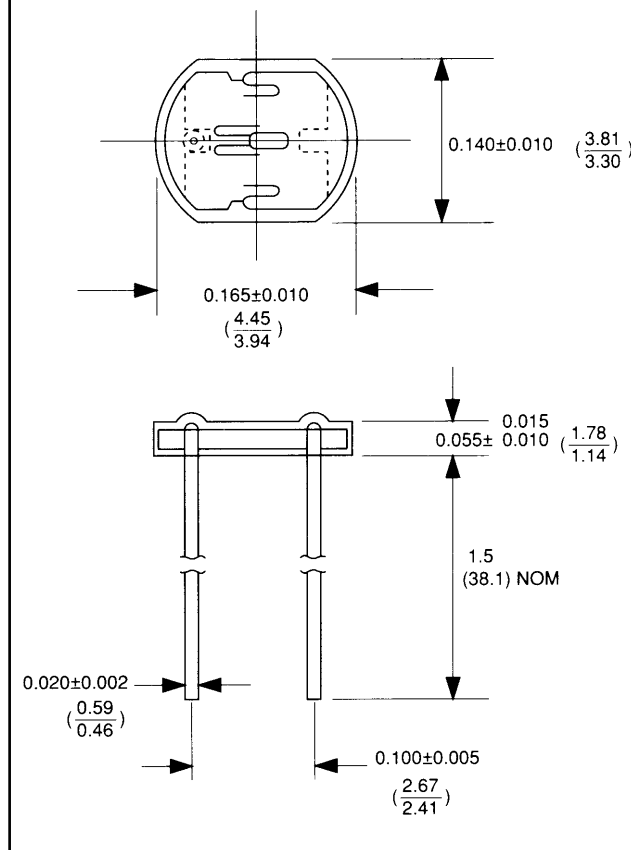
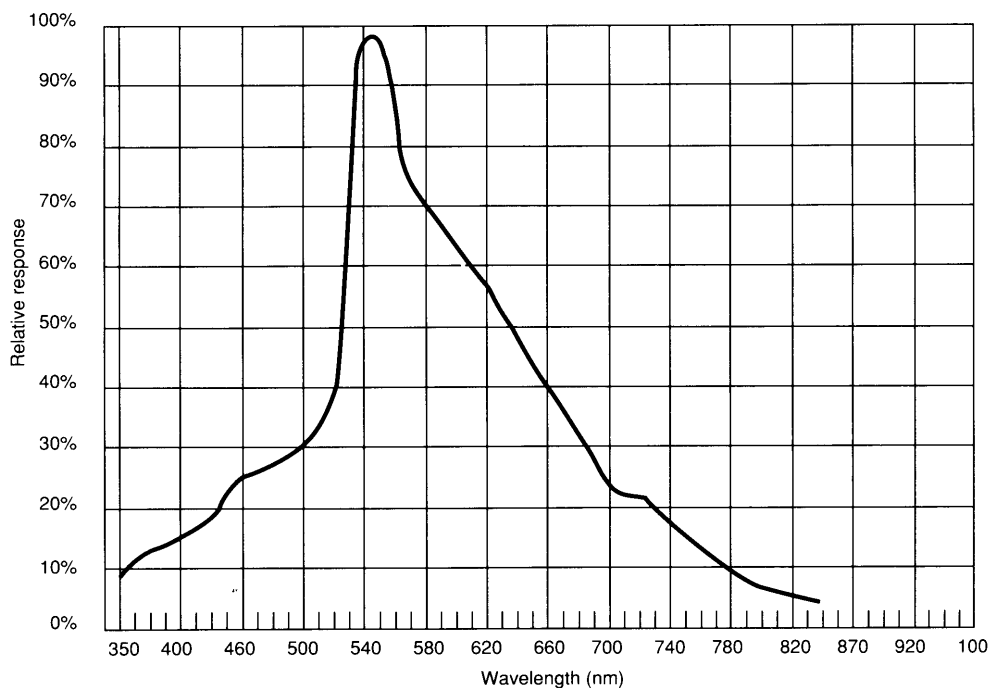
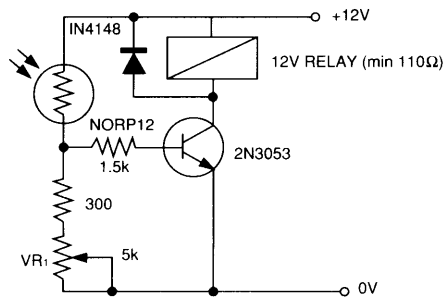


Figure 5 Spectral response



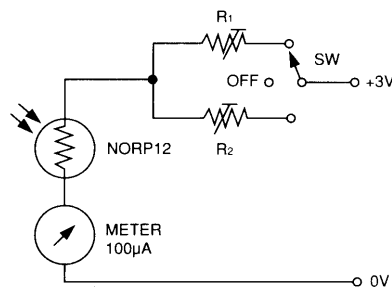
Typical application circuits

Figure 6 Sensitive light operated relay



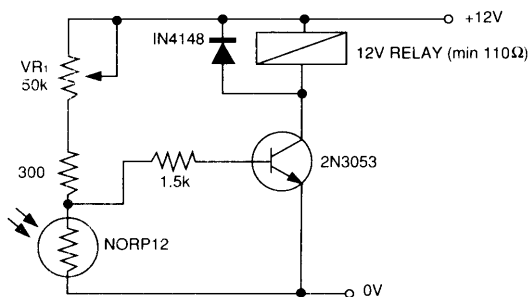
Relay energised when light level increases above the level set by VR₁

Figure 9 Logarithmic law photographic light meter



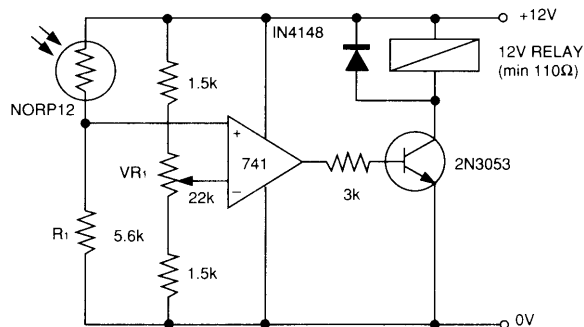
Typical value R¹ = 100kΩ
R² = 200kΩ preset to give two overlapping ranges.
(Calibration should be made against an accurate meter.)

Figure 7 Light interruption detector



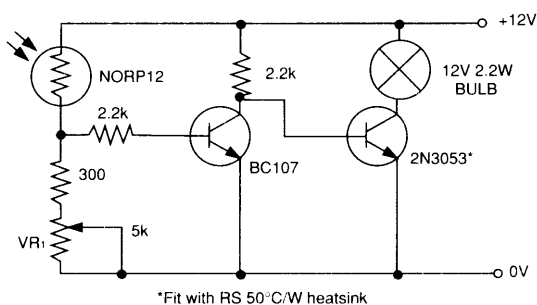
As Figure 6 relay energised when light level drops below the level set by VR₁

Figure 10 Extremely sensitive light operated relay



(Relay energised when light exceeds preset level.)
Incorporates a balancing bridge and op-amp. R₁ and NORP12 may be interchanged for the reverse function.

Figure 8 Automatic light circuit



*Fit with RS 50°C/W heatsink

Adjust turn-on point with VR₁

The information provided in RS technical literature is believed to be accurate and reliable; however, RS Components assumes no responsibility for inaccuracies or omissions, or for the use of this information, and all use of such information shall be entirely at the user's own risk. No responsibility is assumed by RS Components for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. Specifications shown in RS Components technical literature are subject to change without notice.

Résumé :

Le travail présenté dans ce mémoire concerne à réalisé un système photovoltaïque constitué de d'un panneau solaire et un système de suivi (capteurs lumineux + moteurs courant continu).

La première partie a été réalisée sur logiciel ISIS, ensuite sur la pratique, on a obtenu des différents graphes de fonctionnement du système (démarrage simple, démarrage forcé et l'arrêt du moteur)

Le but de ce projet c'est pour augmenter le rendement d'un panneau solaire et absorbé le maximum d'énergie.

Mots clés: Energie solaire, photovoltaïques, système de stockage.

Abstract :

The work presented in this thesis relates to realize a photovoltaic system consists of a solar panel and a monitoring system (light sensors + DC motors).

The first part was performed on ISIS software follows the practice, we obtained different graphs of the system (start simple, forced start and stop the engine)

The purpose of this project is to increase the yield a solar panel and the maximum energy absorbed.

Keywords: Solar energy, photovoltaic, storage system.

ملخص :

العمل المقدم في هذه الأطروحة يتعلق بتحقيق نظام الضوئي يتألف لوحة للطاقة الشمسية ونظام الرصد (أجهزة استشعار الضوء + المحركات DC).
تم تنفيذ الجزء الأول على برنامج ISIS يتبع بالتطبيق، حصلنا على الرسوم البيانية المختلفة لنظام (اقلاع بسيطة، اقلع مكثف وإيقاف المحرك)

الغرض من هذا المشروع هو زيادة مردود اللوحة الشمسية وأقصى طاقة ممتصة.

الكلمات المفتاحية : الطاقة الشمسية- الضوئية- عملية التخزين