

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA 1

Institut d'Aéronautique et des études spatiales

Département de navigation aérienne



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER EN AÉRONAUTIQUE

Option : CNS/ATM et EXPLOITATION

Thème :

***L'implantation des panneaux
solaires au niveau de l'aérodrome
d'Alger***

Présenté par :

- MORDI Zeyneb.
- CHAALAL Imen Soulef.

Encadré par :

Mr. BOUDANI Abdelkader.
Mr. ELSHARKAWI Hatem.

Promotion : 2018/2019

Dédicace :

A l'homme de ma vie, qui Peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit,

À toi Mon père.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de Mon cœur, mon soutien moral, mon exemple éternel, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore.

A ma deuxième mère, pour son soutien, pour tous ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, à toi
maman FADHILA.

Que dieu vous garde dans son vaste paradis.

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à
Mes frères MOHAMED et ILYES,

Je dédie ce

Travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour
Leurs conseils, aides, et encouragements,

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient
Toujours à mes côtés, mes Sœurs de cœur, toi Marwa, Safia, Imene
et Khawla,

Et A mon binôme Soulef.

MORDI Zeyneb

Dédicace

Ma chère maman, je te dédie ce modeste travail les fruits de tes longues années de sacrifices, tu t'étais toujours investie et soucieuse de ma réussite dans les études ainsi que mon bonheur, je t'exprime plus que jamais mes profondes reconnaissance, qu'Allah te guérisse

Mon père : toi qui a fait de moi ce que je suis maintenant tu t'es privé de tellement de choses afin de me satisfaire, aucune dédicace ne saurait exprimer le respect que j'ai pour toi.

*Je dédie ce modeste travail à toute ma Famille et à mes meilleurs amis, **Ahlem Hassani, Salima Ykhelfoune, Zeyneb MORDI, Soulef Taouche, Khandrich Khalida***

CHAALAL Imen Soulef

Remerciement :

En préambule à ce mémoire nous remercions **ALLAH** qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

Nous tenons à remercier sincèrement nos directeurs de mémoire, **BOUDANI Abdelkader** et **ELSHARKAWI Hatem**, ce sont toujours montrés à l'écoute et ils ont été disponibles tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, et leurs précieux conseils et même leurs critiques, et aussi pour l'aide et le temps qu'ils ont bien voulu nous consacrer et sans eux ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

Nous tenons à témoigner toutes nos reconnaissances aux personnes suivantes, qui ont contribué au succès de notre stage et pour nous avoir donné l'occasion extraordinaire de réaliser notre travail de terrain :

Mr.TIRANE chef de service de la radionavigation (DTNA)

Mr.BOUNA chef de service balisage (DTNA)

Mr.AMIRI chef de service du centre d'énergie D1

Mr.BOUKHAOUI chef des départements au niveau du D1

Madame Karima qui nous a aidé vraiment

Mr.AZAZEN Mohamed

Mr.BOURAI Azzedine

Et **toute l'équipe du centre d'énergie de l'aérodrome d'Alger D1**, pour leurs confiances et pour partager avec nous tous ses connaissances et d'avoir répondu à toutes nos questions, ils ont été d'un grand soutien dans l'élaboration de ce mémoire,

À TOUS CES INTERVENANTS, NOUS PRESENTONS NOS REMERCIEMENTS, NOS RESPECTS ET NOS GRATITUDES.

ZEYNEB ET SOULEF

RESUME

ملخص :

الغرض من هذا المشروع هو دراسة مدى توفر وإمكانية تركيب الألواح الشمسية الكهروضوئية في مطار الجزائر العاصمة (بما في ذلك منارات الملاحة الجوية) ، لمعرفة ما إذا كان يمكن لمطار الجزائر التكيف مع النظام الجديد أم لا ولكي تكون هذه الدراسة كاملة ، مررنا بعدة مراحل. أولاً أجرينا دراسة لاختيار نوع التركيب الكهروضوئي الذي سنقوم به ، بعدها حددنا المعدات التي سنعمل عليها ، ثم أجرينا تحليلاً للموقع لمعرفة مكان تركيب هذه الألواح الشمسية ، بالإضافة إلى دراسة المكاسب التي سيتم حصادها باستخدام نظام الطاقة الجديد هذا ، ولمعرفة ما إذا كان هذا التركيب الجديد موثوقاً أم لا ، أجرينا محاكاة بمساعدة برنامج ماتلاب. في النهاية قدمنا بعض وجهات النظر لكي تكون هذه الدراسة قابلة للتطبيق ليس فقط في مطار الجزائر العاصمة ولكن في العديد من المطارات.

الكلمات المفتاحية :

لوح كهروضوئي (شمسي)، مطار الجزائر، التركيب الكهروضوئي، دراسة الموقع، دراسة الازياح (المكاسب)، المحاكاة، توقعات.

Résumé :

Le but de ce projet est d'étudier la disponibilité et la possibilité d'implanter les panneaux solaires photovoltaïques sur l'aérodrome d'Alger (y compris les balises de radionavigations), pour savoir si le nouveau système pourra être adapté par le site DAAG ou pas et pour que cette étude soit complète on a passé par plusieurs étapes. D'abord on a fait une étude pour choisir le type d'installation photovoltaïque qu'on va effectuer, après on a précisé l'équipement qu'on va travailler sur (ILS), on a ensuite analysé le site pour savoir où ces panneaux solaires seront installés, puis on a fait l'étude des gains qu'on va récolter à l'aide de ce nouveau système d'alimentation, et pour savoir si notre nouvelle installation est fiable ou pas on a réalisé une simulation à l'aide du logiciel Simulink-Matlab. A la fin on a présenté quelques perspectives pour que cette étude sera applicable non seulement pour le site DAAG mais pour plusieurs aérodromes.

Mots clé :

Panneau PV, aérodrome d'Alger, installation photovoltaïque, ILS, étude du site, étude des gains, simulation, perspective.

RESUME

Abstract:

The purpose of this project is to study the availability and possibility of installing photovoltaic solar panels on the Algiers aerodrome (including radionavigation beacons), to find out if the new system can be adapted by the DAAG site or not and for this study to be complete, several steps were taken. First we did a study to choose the type of photovoltaic installation we will make, then we specified the equipment we will work on (ILS), we then analyzed the site to see where these solar panels will be installed, plus a study of the gains we will collect using this new power system, and to know if our new installation is reliable or not we performed a simulation using Simulink-Matlab software. At the end, some perspectives were presented in order to that this study will be applicable not only to the DAAG site but also to several aerodromes.

Keywords :

PV panel, Algiers aerodrome, photovoltaic installation, ILS, site study, gains study, simulation, perspective.

Liste

Des figures.

LISTE DES FIGURES

Liste des figures :

Chapitre I : Généralité sur l'énergie solaire

Figure I.1 : Répartition du rayonnement solaire dans le monde en kWh/m ² /an.....	05
Figure I.2 : Moyenne annuelle de l'irradiation solaire globale reçue sur un plan incliné à la latitude du lieu.....	06
Figure I.3 : Le mouvement de la terre autour du soleil.....	08
Figure I.4 : La distribution spectrale de rayonnement solaire.....	09
Figure I.5 : Les composants du rayonnement solaire.....	10
Figure I.6 : Système solaire thermique.....	13
Figure I.7 : Schéma synoptique d'un système photovoltaïque avec batterie.....	14
Figure I.8 : Schéma synoptique d'un système photovoltaïque directement relié au réseau.....	14
Figure I.9 : Panneau solaire thermique eau.....	16
Figure I.10 : Panneau solaire thermique à tubes à vide (à air).....	16
Figure I.11 : Panneau solaire photovoltaïque multijonction.....	17
Figure I.12 : Panneau solaire photovoltaïque en silicium monocristallin.....	18
Figure I.13 : Panneau solaire photovoltaïque en silicium polycristallin.....	19
Figure I.14 : Panneau solaire photovoltaïque sans silicium en couche mince.....	20
Figure I.15 : Panneau solaire photovoltaïque de cellule silicium amorphe.....	21
Figure I.16 : Schéma de principe aérovoltaïque.....	22
Figure I.17 : Schéma de principe des panneaux solaires hybrides hydrauliques.....	23

LISTE DES FIGURES

Chapitre II : infrastructure aéroportuaire

Figure II.1 : les distances déclarées d'une piste.....	27
Figure II.2 : L'infrastructure aéroportuaire.....	29
Figure II.3 : Les deux Pistes.....	30
Figure II.4 : Le terminal 1 (T1).....	38
Figure II.5 : Le terminal 2 (T2).....	39
Figure II.6 : Le terminal 4 (La nouvelle aérogare ouest T4).....	40
Figure II.7 : Schéma de la distribution électrique de l'aérodrome d'Alger.....	42
Figure II.8 : Schéma représente l'alimentation des postes de balisage.....	43

Chapitre III : Intégration du système PV dans le système existant.

Figure III.1 : Schéma descriptif de perspective 01.....	46
Figure III.2 : Schéma descriptif de perspective 02.....	47
Figure III.3 : Schéma descriptif de perspective 03.....	48
Figure III.4 : Schéma descriptif de perspective 04.....	49
Figure III.5 : Schéma descriptif de perspective 05.....	50
Figure III.6 : LOCALIZER de l'aérodrome d'Alger.....	52
Figure III.7 : Glide Path de l'aérodrome d'Alger.....	52
Figure III.8 : Schéma descriptif du système ILS.....	53
Figure III.9 : Principe du LOCALIZER.....	54
Figure III.10 : Principe du GP.....	55

LISTE DES FIGURES

Figure III.11 : Les radiophares MARKERS.....	56
Figure III.12 : Le DVOR/DME (ARL) d'aérodrome d'Alger.....	58
Figure III.13 : Schéma descriptif du système d'alimentation ILS.....	63
Figure III.14 : Bloc d'alimentation ILS et les sous-systèmes batterie.....	63
Figure III.15 : Schéma électrique de PSU.....	64
Figure III.16 : Redresseur CXRC.....	65
Figure III.17 : Le contrôle PSU.....	66
Figure III.18 : Les sous-systèmes batteries.....	67

Chapitre IV : Dimensionnement et études des gains :

Figure IV.1 : L'extrapolation de notre étude.....	69
Figure IV.2 : Logiciel PVSYST.....	71
Figure IV.3 : Schéma simplifié d'une installation PV couplé au réseau.....	73
Figure IV.4 : Le prédimensionnement.....	74
Figure IV.5 : Les résultats du prédimensionnement.....	74
Figure IV.6 : Dimensionnement réel.....	75
Figure IV.7 : Carte de coordonnées géographiques.....	76
Figure IV.8 : Orientation variante.....	77
Figure IV.9 : Panneau solaire modèle JKM 280M-60V.....	78
Figure IV.10 : Onduleur modèle SUNNY CENTRAL 2200.....	78
Figure IV.11 : paramètres dans le logiciel.....	79
Figure IV.12 : Configuration du système dans PVSYST.....	79

LISTE DES FIGURES

Figure IV.13 : Fin de la simulation.....	80
Figure IV.14 : La puissance produite.....	81
Figure IV.15 : Comparaison de puissance entre l'ancien et le nouveau système.....	82

Chapitre V : Simulation et étude de performance :

Figure V.1 : Schéma électrique équivalent d'une cellule PV.....	91
Figure V.2 : schéma descriptif de la nouvelle installation ILS.....	95
Figure V.3 : simulation d'une cellule PV.....	96
Figure V.4 : Résultat de la simulation des caractéristiques Courant-Tension du panneau dans les conditions STC.....	98
Figure V.5 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Tension du panneau dans les conditions STC.....	98
Figure V.6 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Courant du panneau dans les conditions STC.....	99
Figure V.7 : Résultat de la simulation des caractéristiques Courant-Tension du panneau avec $G=800\text{W/m}^2$	100
Figure V.8 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Tension du panneau avec $G=800\text{W/m}^2$	100
Figure V.9 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Courant du panneau avec $G=800\text{W/m}^2$	101
Figure V.10 : Résultat de la simulation des caractéristiques Courant-Tension du panneau avec $G=600\text{W/m}^2$	101
Figure V.11 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Tension du panneau avec $G=600\text{W/m}^2$	102

LISTE DES FIGURES

Figure V.12 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Courant du panneau avec $G=600\text{W/m}^2$	102
Figure V.13 : Résultat de la simulation des caractéristiques Courant-Tension du panneau avec $G=400\text{W/m}^2$	103
Figure V.14 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Tension du panneau avec $G=400\text{W/m}^2$	103
Figure V.15 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Courant du panneau avec $G=400\text{W/m}^2$	104
Figure V.16 : Résultat de la simulation des caractéristiques Courant-Tension du panneau avec $t=10^\circ\text{C}$	105
Figure V.17 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-tension du panneau avec $t=10^\circ\text{C}$	105
Figure V.18 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Courant du panneau avec $t=10^\circ\text{C}$	106
Figure V.19 : Résultat de la simulation des caractéristiques Courant-Tension du panneau avec $t=50^\circ\text{C}$	106
Figure V.20 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Tension du panneau avec $t=50^\circ\text{C}$	107
Figure V.21 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Courant du panneau avec $t=50^\circ\text{C}$	107
Figure V.22 : Résultat de la simulation des caractéristiques Courant-Tension du panneau avec $t=75^\circ\text{C}$	108
Figure V.23 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Tension du panneau avec $t=75^\circ\text{C}$	108
Figure V.24 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Courant du panneau avec $t=75^\circ\text{C}$	109

LISTE DES FIGURES

Figure V.25 : Résultats de simulation des caractéristiques Courant-Tension pour différentes valeurs d'éclairements et une température $t=25^{\circ}\text{C}$	110
Figure V.26 : Résultats de simulation des caractéristiques Puissance-Courant pour différentes valeurs d'éclairements et une température $t=25^{\circ}\text{C}$	111
Figure V.27 : Résultats de simulation des caractéristiques Puissance-Tension pour différentes valeurs d'éclairements et une température $t=25^{\circ}\text{C}$	111
Figure V.28 : Résultats de simulation des caractéristiques Courant-Tension pour différentes valeurs de température et un éclairement $G=1000\text{ W/m}^2$	112
Figure V.29 : Résultats de simulation des caractéristiques Puissance-Courant pour différentes valeurs de température et un éclairement $G=1000\text{ W/m}^2$	112
Figure V.30 : Résultats de simulation des caractéristiques Puissance-Tension pour différentes valeurs de température et un éclairement $G=1000\text{ W/m}^2$	113
 Annexe A :	
Figure A.1 : Panneau solaire photovoltaïque.....	120
Figure A.2 : Régulateur.....	120
Figure A.3 : Onduleur.....	121
Figure A.4 : Batterie.....	122
 Annexe B :	
Figure B.1 : ENNA CONTROL CENTER.....	123
 Annexe C :	
Figure C.1 : 1 ^{ère} page du rapport.....	124
Figure C.2 : 2 ^{ème} page du rapport.....	125
Figure C.3 : 3 ^{ème} page du rapport.....	126

LISTE DES FIGURES

Figure C.4 : 4^{ème} page du rapport.....127

Annexe D :

Figure D.1 : Les paramètres de notre panneau.....128

Liste

Des

Tableaux

LISTE DES TABLEAUX

Liste des tableaux :

Chapitre I : Généralité sur l'énergie solaire.

Tableau I.1 : le potentiel solaire en Algérie par région.....07

Tableau I.2: Valeurs de l'albédo pour différentes surfaces.....12

Chapitre II : Infrastructure aéroportuaire.

Tableau II.1 : Aides de radionavigation et d'atterrissage.....33

Tableau II.2 : Aires de trafic et postes de stationnement.....34

Tableau II.3 : Bilan instantané.....44

Tableau II.4 : Bilan réel mensuel de l'année 2018.....45

Chapitre III : Intégration du système PV dans le système existant.

Tableau III.1 : Tableau comparatif entre l'ILS INDRA et THALES.....61

Chapitre IV : Dimensionnement et études des gains.

Tableau IV.1 : Surface disponible pour l'implantation des panneaux.....70

Tableau IV.2 : Les résultats de la simulation.....81

Tableau IV.3 : Calcul des coûts de l'installation.....83

Tableau IV.4 : La nouvelle tarification.....89

Chapitre V : Simulation et étude de performance :

Tableau V.1 : Caractéristique du panneau JKM 280M-60-V.....94

Liste

Des

Abréviations

LISTE DES ABREVIATIONS

☛ Liste des abréviations :

AC : Alternating Current.

ADRACS : Automatic Data Recording and Control System.

AIP : Aeronautical Information Publication.

ALG : Alger

ASA : Agence Spatiale Allemande.

ASDA : Acceleration-Stop Distance Available.

CA : Circulation Aérienne.

CAT : Category.

CIS : Cuivre Indium Sélénium.

CL : Course Line.

CTR : Control Traffic Region.

CVOR : Conventional VHF Omni Range.

DA : Dinar Algérien.

DAAG : Aéroport d'Alger.

DC : Direct Current.

DME : Distance Measuring Equipment.

DME/P : Distance Measuring Equipment/Precision.

DME/N : Distance Measuring Equipment/Narrow.

DVOR : Doppler VHF Omni Range.

EArray : Energie effective sortie du champ.

E_Grid : Energie injectée dans le réseau.

LISTE DES ABREVIATIONS

ENNA : Etablissement National de la Navigation Aérienne.

E_Solar : Energie du soleil.

ETH : Ethernet.

E_User : Energie fournie à l'utilisateur.

FF : Facteur de forme.

GlobEff : Global Effectif.

GlobInc : Global incident plan capteurs.

GND : Ground.

GP : Glide Path.

HGP : Hangar Grand Porteur.

IATA : International Air Transport Association.

ICAO : International Civil Aviation Organisation.

IFR : Instrument Flight Rules.

ILS : Instrument Landing System.

IM : Inner Marker.

LCD : Liquid Crystal Display.

LDA : Landing Distance Available.

LED : Light-Emitting Diode.

LOC/LLZ: Localizer.

LRCI : Local Remote Communication Interface.

MATLAB : MATrix LABoratory.

MB : Marker Beacon.

LISTE DES ABREVIATIONS

MSL : Mean Sea Level.

NASA : National Aeronautics and Space Administration.

OACI : Organisation de l'Aviation Civile Internationale.

PAPI : Precision Approach Path Indicator.

PC : Personal Computer.

PCN : Pavement Classification Number

PSU : Power Supply Unit.

PV : photovoltaïque.

PVSYST : Photovoltaic SYSTEM.

RESA : Runway End Safety Area.

RF : Radio Frequency.

RMM : Remote Maintenance Monitor.

RMS : Remote Monitoring System.

RWY : Runway.

SONELGAZ : Société nationale de l'électricité et du gaz.

SGSIA : Société de Gestion des Services et Infrastructures Aéroportuaires d'Alger.

SNMP : Simple Network Management Protocol.

SSLIA : Service de Sauvetage et de Lutte Contre l'Incendie des Aéronefs.

STC : Standard.

T_Amb : Température Ambiante.

TODA : Take-Off Distance Available.

TORA : Take-Off Run Available.

LISTE DES ABREVIATIONS

TVOR: Terminal VOR.

VFR : Visual Flight Rules.

VIP : Very Important Person.

VOR : VHF Omni Range

☛ Liste des Symboles:

G : l'éclairement ou le rayonnement solaire.

ICC : Courant de court-circuit.

Immp : Courant à puissance max.

Iph : le photo-courant de la cellule.

Isat : le courant de saturation.

K : la constante de Boltzmann ($1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$).

n : le facteur d'idéalité de la jonction ($1 < n < 3$).

q : la charge de l'électron ($q=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$).

Rs : la résistance série représentant les diverses résistances de contacts et de connexions.

Rshu : la résistance shunt caractérisant les courants de fuite de la jonction.

T : la température effective des cellules en Kelvin(K).

t : Température ambiante.

Tt : Temps total.

VCO : Tension de circuit ouvert VCO

Vmpp : Tension à puissance max.

Vpv : la tension aux bornes de cette même cellule.

ρ : l'Albédo.

η : Rendement énergétique.

Table des matières

TABLE DES MATIERES

Table des matières :

Liste des Figures.....	I
Liste des tableaux.....	VIII
Liste des abréviations et des symboles	IX
Introduction générale.....	01

CHAPITRE I : Généralité sur l'énergie solaire

I.1 Introduction.....	04
I.2 Section 1 : Aperçu sur le gisement solaire.....	04
I.2.1 Le gisement solaire mondial.....	04
I.2.2 Le potentiel solaire en Algérie.....	05
I.2.3 Le Soleil.....	07
I.2.4 Géométrie terre-solaire.....	08
I.2.5 Le rayonnement solaire.....	09
I.2.6 Composante du rayonnement solaire.....	10
I.3 Section 2 : Généralité sur l'énergie solaire.....	13
I.3.1 Les différents types de l'énergie solaire.....	13
1.3.1.1 L'énergie solaire thermique.....	13
1.3.1.2 L'énergie solaire photovoltaïque.....	14
1.3.1.3 L'énergie solaire hybride.....	15
I.3.2 Les différents types de panneaux solaires.....	15
I.3.2.1 Panneaux solaires thermiques.....	15
1.3.2.2 Panneaux solaires photovoltaïques.....	17
1.3.2.3 Panneau solaire hybride.....	21
I.4 Conclusion.....	23

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE II : Présentation de l'aérodrome DAAG

II.1 Introduction.....	24
II.2 Définitions.....	24
II.3 L'aéroport d'Alger.....	27
II. 3.1 Présentation de DAAG.....	27
II.3.2 Renseignements concernant.....	28
II.3.3 Infrastructures liées à L'Aéroport d'Alger.....	28
II.3.3.1 Piste.....	30
II.3.4 Le balisage lumineux.....	32
II.3.5 Moyen d'Aides à la navigation aérienne de l'aérodrome DAAG.....	33
II.3.6 Aire de trafic et poste de stationnement.....	33
II.3.7 Voies de circulation.....	35
II.3.7.1 Voies de circulations reliant la piste (05/23).....	35
II.3.7.2 Voies de circulations reliant la piste (09/27).....	35
II.3.8 Les infrastructures liées à la sécurité.....	36
II.3.9 Organismes de la circulation aérienne.....	36
II.3.10 Autres infrastructures.....	36
II.3.11 Aérobares.....	37
II.3.11.1 Le Terminal 1 (T1).....	37
II.3.11.2 Le Terminal 2 (T2).....	38
II.3.11.3 Le Terminal 3 (T3).....	39
II.3.11.4 La nouvelle aérobare ouest (T4).....	40
II.4 Alimentation en énergie électrique de l'aéroport d'Alger Houari-Boumediene.....	41
II.4.1 Bilan instantané.....	44
II.4.2 Bilant réel mensuel du 2018.....	45
II.5 Conclusion.....	45

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE III : L'intégration du système PV dans le système existant

III.1 Introduction.....	46
III.2 Perspectives de choix d'installation PV.....	46
III.2.1 Perspective 01 : alimentation principale.....	46
III.2.2 Perspective 02 : alimentation de redondance.....	47
III.2.3 Perspective 03 : alimentation principale avec le réseau.....	48
III.2.4 Perspective 04 : Troisième système de secours.....	49
III.2.5 Perspective 05 : Intégration avec l'instrument lui-même pour charger sa batterie dans les cas des installations de type INDRA.....	50
III.2.6 Discussions et choix de perspective.....	50
III.3 Description des installations principales.....	51
III.3.1 Description du système ILS.....	51
III.3.1.1 Outer Marker.....	55
III.3.1.2 Middle Marker.....	56
III.3.1.3 Inner Marker.....	56
III.3.2 Description du système VOR.....	57
III.3.3 Description du système DME.....	59
III.4 Le choix du type d'ILS.....	60
III.5 Alimentation ILS.....	62
III.5.1 Les sous-systèmes PSU.....	64
III.5.2 Les caractéristiques du système d'alimentation.....	65
III.6 Conclusion.....	67

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE IV : Dimensionnement et études des gains.

IV.1 Introduction.....	68
IV.2 Etude d'existence.....	68
IV.2.1 La partie bâtiment.....	68
IV.2.2 La partie de surface libre.....	68
IV.2.3 Conclusion d'étude d'existence.....	70
IV.3 Dimensionnement.....	71
IV.3.1 Présentation de logiciel de dimensionnement PVSYST.....	71
IV.3.2 Conception du system PVSYST.....	72
IV.3.3 Simulation du dimensionnement.....	73
IV.3.3 .1. Le prédimensionnement.....	73
IV.3.3.2. Conception du projet.....	75
IV.3.3.2.1 Les étapes à suivre dans conception du projet.....	75
IV.3.3.2.2 Les résultats obtenus.....	80
IV.4 Comparaison entre l'ancien système et le nouveau système.....	82
IV.4.1 Calcule des coûts.....	83
IV.4.2 Etudes des gains.....	84
IV.4.2.1 Calcul des coûts annuels de l'ancien système.....	84
IV.4.2.2 Calcul de rentabilité.....	84
IV.4.2.3 Calcul de pourcentage de gain journalier.....	84
IV.4.3 Perspective.....	85
IV.5 Conclusion.....	90

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE V : Simulation et étude de performance.

V.1 Introduction.....	91
V.2 Les paramètre électrique d'une cellule photovoltaïque.....	91
V.2.1 Courant de court-circuit I_{cc}	92
V.2.2 Tension de circuit ouvert VCO.....	93
V.2.3 Rendement énergétique.....	93
V.2.4 Facteur de forme.....	94
V.2.5 Les caractéristiques de notre panneau solaire photovoltaïque.....	94
V.3 La simulation.....	95
V.3.1 Vision de la nouvelle installation ILS.....	95
V.3.2 Simulation du système.....	96
V.3.2.1 L'influence de la température et l'éclairement sur le panneau.....	99
V.3.2.1.1 L'effet de l'éclairement sur notre système.....	99
V.3.2.1.2 L'effet de la température sur le panneau.....	104
V.3.2.2 Discussions sur les résultats obtenus.....	109
V.4 Conclusion.....	113
Conclusion et perspectives.....	114
Les références bibliographiques.....	115
Annexes.....	117

Introduction

Générale.

Introduction générale :

L'aéronautique est un domaine très vaste et de grande importance, l'un des modes de transport les plus modernes, le plus rapide et le plus sécurisé avec un taux de 10^{-6} accidents par an. Toutefois, le terme aéronautique ne se limite pas aux voyages ou avions, l'aéronautique est l'industrie des transports aériens, c'est la science de l'aviation, y compris les compagnies aériennes les services de circulation et les aéroports....

Le point le plus important dans ce domaine est l'aéroport, il est l'unique point de rencontre d'une multitude d'intervenants et constitue la seule position d'arrêt et de ravitaillement des avions, l'aéroport est indéniablement au centre du transport aérien. Ce qui lui confère un rôle particulier utile est considéré comme la première frontière d'un pays.

L'aéroport est aussi un centre économique et comme le monde évolue économiquement au fil du temps, nous autant que des aéronauticiens, on est concernés de développer l'aéroport aussi avec les nouvelles technologies c'est pour cela notre thème adopte les énergies renouvelables comme un outil. Par ailleurs aujourd'hui on distingue plusieurs sources d'énergies renouvelables :

L'énergie Hydroélectrique, l'énergie géothermique, l'énergie de la biomasse, l'énergie éolienne, et l'énergie solaire (thermique, photovoltaïque ou hybride) qui sera étudiée dans ce mémoire. L'avantage principal de ces énergies renouvelables est que leurs utilisations ne polluent pas l'atmosphère et elles ne produisent pas de gaz à effet de serre comme le dioxyde de carbone et les oxydes d'azote qui sont responsables au réchauffement de la terre.

Notons que l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus importants du monde. La moyenne annuelle d'insolation dépasse les 3000 heures. C'est aussi le plus important de tout le bassin méditerranéen avec 169440TWh/an. L'énergie solaire moyenne reçue est de 1700kWh/m²/an au niveau des régions côtières, 1900 kWh/m²/an dans les Hauts-Plateaux et 2650kWh/m²/an au Sahara. Notre pays peut donc couvrir certains de ses besoins en énergie par les systèmes photovoltaïques [*].

Notre étude est réservée à l'installation d'un système solaire qui alimente l'aérodrome de Houari Boumediene

Problématique :

Comment exploiter la plateforme aéroportuaire avec une manière différente en respectant la réglementation aéronautique, et ne pas influencer sur les systèmes et les installations sur cette plateforme. Dans ce mémoire on va combiner deux domaines au même temps, le domaine d'aéronautique et le domaine des énergies renouvelables, certains vont dire que les deux domaines sont différents et qu'ils n'ont pas une relation avec eux, donc on va les montrer la réponse de cette question en répondant sur les questions suivantes :

- ⇒ C'est quoi l'énergie solaire et son utilité ?
- ⇒ Est-ce que l'aérodrome d'Alger pourra s'adapter avec le nouveau système électrique, ainsi que ses installations ?
- ⇒ Comment sera notre nouvelle installation, et quelles sont les installations principales de l'aérodrome d'Alger, et peut-on appliquer notre étude sur ces derniers où non ?
- ⇒ Est-ce que les résultats de dimensionnement de nouveau système pourra couvrir nos besoins en électricité, et est-ce que ce système nous aidera dans le côté financier ?
- ⇒ Quelles sont les paramètres qui influencent sur le panneau solaire, et est-ce que notre système est performant ?

La réponse de chaque question va se présenter comme un chapitre dans ce travail.

Objectif de la recherche :

L'objectif général de notre étude est de produire de l'énergie électrique de manière autonome au niveau de l'aéroport Houari Boumediene, à partir de l'énergie solaire en utilisant une installation des systèmes photovoltaïques.

Organisation du travail : Le présent travail comportera cinq chapitres.

- ✓ Dans le **premier chapitre**, on commencera par une généralité sur les énergies renouvelables. Ce chapitre va se composer de deux parties ; la première parlera sur le gisement solaire mondial et le gisement solaire en Algérie, et la deuxième partie parlera sur l'énergie solaire d'une façon générale y compris ses types.

INTRODUCTION GENERALE

- ✓ Dans le **deuxième chapitre** « présentation d'aérodrome DAAG » on parlera de l'infrastructure de l'aéroport d'Alger 'Houari Boumediene' et son système d'alimentation électrique, qui se passe au niveau de la centrale énergétique D1, y compris la distribution d'énergie dans tout l'aérodrome.
- ✓ Le **troisième chapitre** c'est « l'intégration du système PV dans le système existant », il contiendra les perspectives d'installation et une description générale des installations de radionavigation principales disponibles à l'aérodrome.
- ✓ Le **quatrième chapitre** « dimensionnement et étude des gains » inclura la partie dimensionnement du champ PV, en utilisant le logiciel PVsyst, ce chapitre fera aussi l'objet de la rentabilité économique et de l'investissement, par rapport au prix de l'ancienne consommation électrique, plus une partie des perspectives expliquera comment bénéficier des gains.
- ✓ L'objectif du **dernier chapitre** est de réaliser une simulation numérique pour effectuer l'étude de performance. On présentera dans une première partie les paramètres électriques d'une cellule PV, Ensuite, dans la deuxième partie on parlera sur le logiciel qu'on va utiliser « Simulink-MATLAB » et on va présenter l'exécution et les résultats de notre simulation.
- ✓ Enfin, on terminera notre travail par une conclusion générale et quelques perspectives concernant l'application de notre étude.

Concepts et méthodologies retenus :

Afin que cette étude soit réalisable, on va utiliser plusieurs logiciels informatiques :

- Le premier l'ArchiCAD : est un logiciel d'architecture, on va l'utiliser pour visualiser les zones disponibles, pour l'implantation des panneaux.
- Le deuxième le PVSYST : qui est un logiciel de dimensionnement des panneaux solaires photovoltaïques. On va l'utiliser pour savoir la surface plus le matériel nécessaire qu'on a besoin pour notre nouveau système.
- Le troisième c'est le Simulink-MATLAB : qui est un logiciel de simulation, à l'aide de ce logiciel on va simuler notre nouvelle installation électrique, pour faire l'études de performance du système.

Chapitre I :

Généralité sur
l'énergie solaire.

I.1 Introduction :

L'Algérie amorce une dynamique d'énergie verte en lançant un programme ambitieux de développement des énergies renouvelable et d'efficacité énergétique. Cette vision du programme algérien s'appuie sur une stratégie axée sur la mise en valeur des ressources inépuisables comme le solaire et leur utilisation pour diversifier les sources d'énergie et préparer l'Algérie de demain.

L'exploitation de l'énergie solaire relève de deux technologies bien distinctes : l'une produit des calories, c'est l'énergie solaire thermique, et l'autre produit de l'électricité et c'est l'énergie photovoltaïque.

Abondante, inépuisable et non polluante, ce sont ces caractéristiques qui ont suscité l'intérêt à ce type d'énergie, malgré le cout d'exploitation lourd au départ (couts de l'installation que ça soit photovoltaïque, thermique ou hybride), qui fait qu'elle n'est pas totalement gratuite. L'utilisation de cette énergie nécessite une certaine connaissance, pour cette raison on va définir dans la 1^{ère} section de ce chapitre le gisement solaire en Algérie et dans une 2^{ème} section quelque notion de base sur l'énergie solaire.

I.2 Section 1 : Aperçu sur le gisement solaire

I.2.1 Le gisement solaire mondial :

L'énergie solaire reçue est inégalement répartie dans le monde. Le plus gros potentiel énergétique se trouve dans l'hémisphère sud, en revanche au-dessus d'une latitude de 50° nord environ comme la figure I.1 le montre. Dans ces régions chaudes du globe, l'ensoleillement annuel peut atteindre 2300 kWh/m².an (Energie reçue par une surface de 1 m² pendant une année) [*].

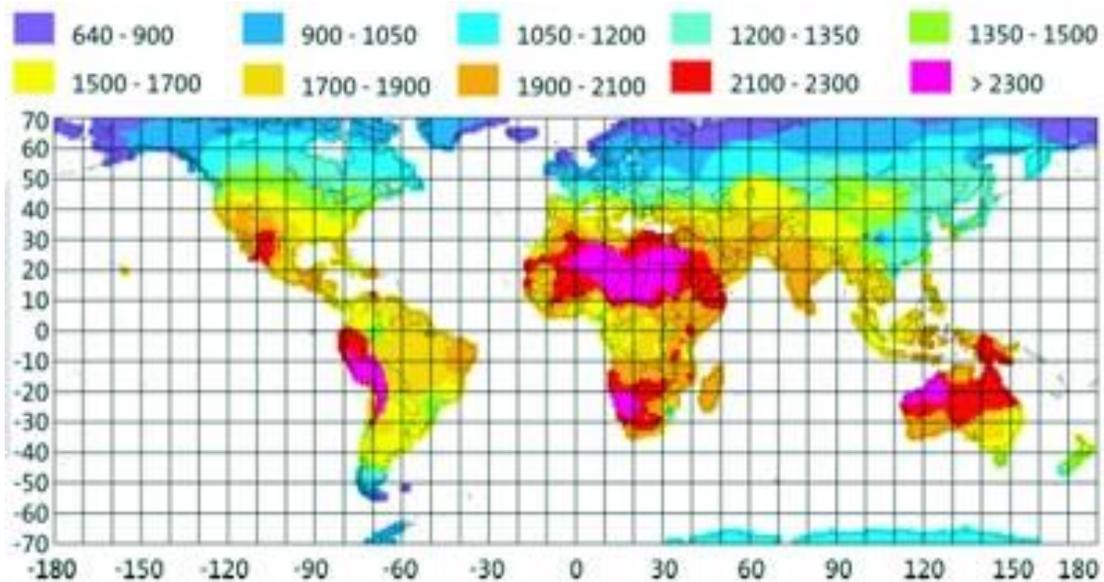


Figure I.1 : Répartition du rayonnement solaire dans le monde en kWh/m²/an [*].

I.2.2 Le potentiel solaire en Algérie :

D'après L'Agence Spatiale Allemande (ASA), et comme la figure I.2 illustre, l'Algérie représente le potentiel solaire le plus important de tout le bassin méditerranéen, soit 169.000 TWh/an pour le solaire thermique, 13,9 TWh/an pour le solaire photovoltaïque [**]. Il représente aussi 5000 fois la consommation Algérienne en électricité et 60 fois la consommation de l'Europe [***].

* site internet : www.sigma-tec.fr (2011-2012)

** AbdElouhedTouhami, La valorisation d'énergie solaire en Algérie-zone saharienne (Région de Kerzaz), thèse de master, Université Tahri Mohammed, Béchar (2013), page 15

*** Le guide de l'énergie renouvelables, ministère de l'énergie et des mines (Edition 2007).

CHAPITRE I : GENERALITE SUR L'ENERGIE SOLAIRE

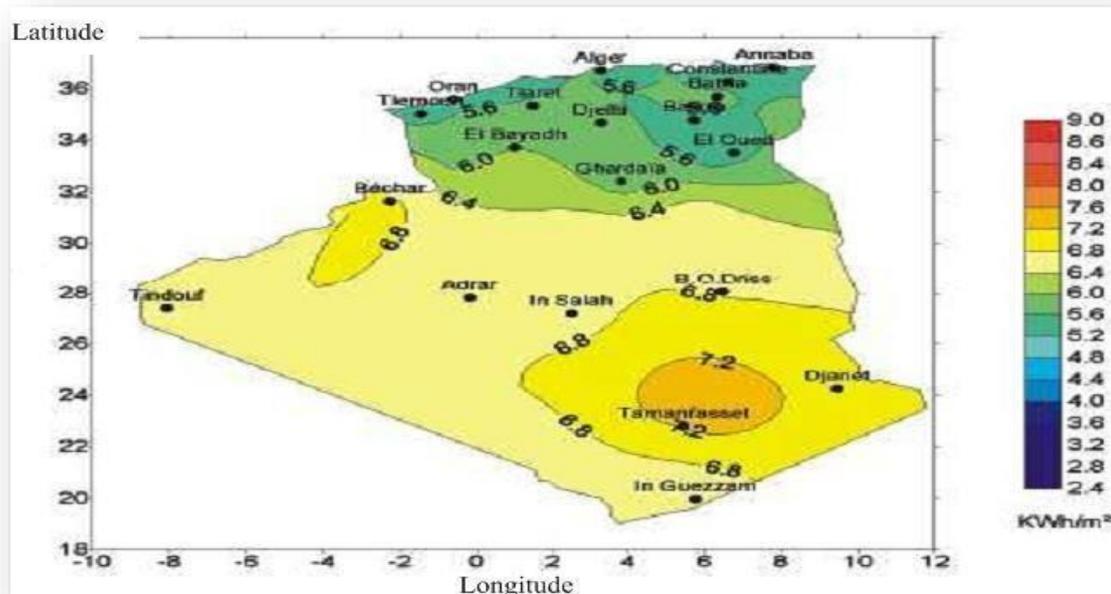


Figure I.2 : Moyenne annuelle de l'irradiation solaire globale reçue sur un plan incliné à la latitude du lieu [*].

De par sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus élevés au monde. La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara).

L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1m^2 est de l'ordre de 5 KWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de $1700\text{KWh}/\text{m}^2/\text{an}$ au Nord et $2263\text{kWh}/\text{m}^2/\text{an}$ au Sud du pays

* Le guide de l'énergie renouvelables, ministère de l'énergie et des mines (Edition 2007).

CHAPITRE I : GENERALITE SUR L'ENERGIE SOLAIRE

Tableau I.1 : le potentiel solaire en Algérie par région.

Régions	Région côtière	Hauts Plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	10	86
Durée moyenne d'ensoleillement (Heures/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (KWh/m2/an)	1700	1900	2650

Remarque : Ce gisement solaire dépasse les 5 milliards de GWh.

I.2.3 Le Soleil :

Le soleil est une étoile parmi tant d'autres, elle a une forme sphérique de diamètre est de 1391000 km (100 fois celui de la terre), sa masse est de l'ordre de 2×10^{30} kg [*], sa lumière met environ 8 minutes pour parvenir à la terre [**]. Il est constitué principalement de 80% d'hydrogène, de 19% d'hélium, le 1% restant est un mélange de plus de 100 éléments.

Toute l'énergie du soleil provient des réactions thermo – nucléaires qui s'y produisent, dont la température atteint 20.10^6 degrés, qui décroît vers l'extérieure jusqu'à un palier d'environ 5800°k à la surface du soleil. Elles transforment à chaque seconde 564.10^6 tonnes d'hydrogène en 560.10^6 tonnes d'hélium, la différence (4 millions de tonnes) est dissipée sous forme d'énergie ($E=mc^2$), ce qui représente une énergie totale de 36.10^{22} KW. La terre étant à une distance de 150.10^6 km du soleil, elle reçoit approximativement une énergie de $1,8.10^{14}$ KW [*].

*C, Fröhlich. 1978: World radiometric reference. World Meteorological Organization, Commission for instruments and methods of observation, report WMO 490, p 108-112.

**R.P. Mukund, Wind and solar Power Systems, PhD, P.e U. S merchant Marine Academy, Kings Point, New York, CRC Press LLC 1999, page 65

CHAPITRE I : GENERALITE SUR L'ENERGIE SOLAIRE

I.2.4 Géométrie terre-soleil

La terre décrit un tour complet autour de son axe en approximativement 24 heures, la caractéristique la plus importante de cette rotation est le fait que son axe de rotation est incliné de $23^{\circ}27'$ par rapport au plan de l'écliptique. Cette inclinaison produit le jour et la nuit qui n'ont pas une durée identique en différents points de la terre.

Dans son mouvement autour du soleil, la terre décrit une ellipse dont le soleil est l'un de ses foyers, la révolution complète s'effectue en une période de $T_t = 365,25$ jours [*]. Le plan perpendiculaire à l'axe des pôles et passant par le centre de la terre est appelé l'équateur.

C'est au solstice d'hiver (21 Décembre) que la terre est à 147 millions de km (la plus proche du soleil). Le 21 Mars et le 21 Septembre sont appelés respectivement équinoxes de printemps et équinoxe d'automne [**]. Au 22 Juin la distance terre-soleil vaut 152 millions de km, c'est le solstice d'été. Aux équinoxes le jour et la nuit sont égaux [*], comme il est montré dans la figure I.3.

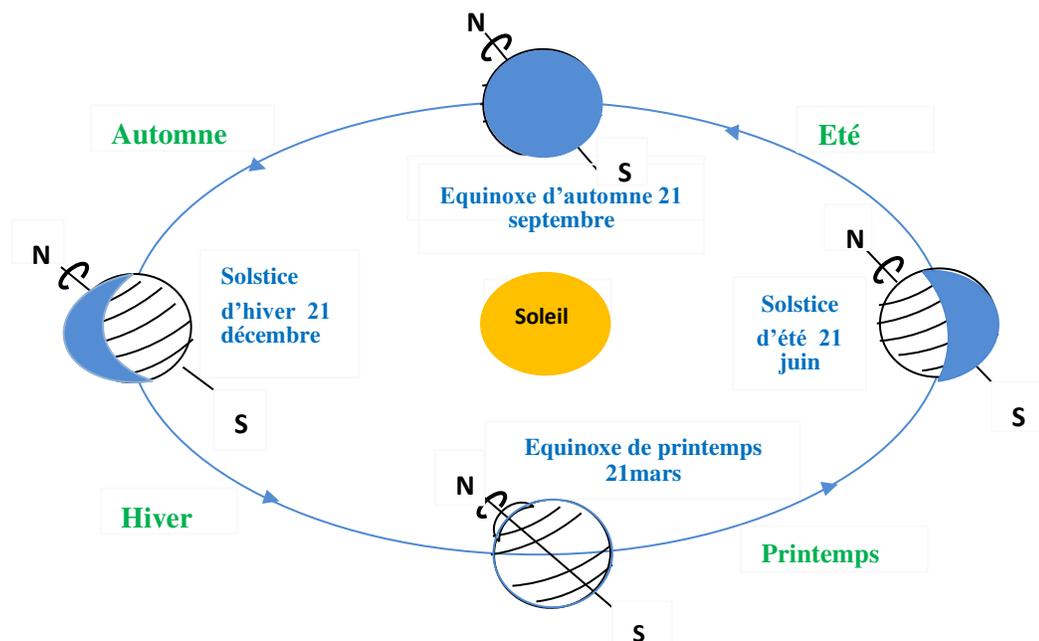


Figure I.3 : Le mouvement de la terre autour du soleil.

* HormaAutmen, Calcul d'irradiation solaire globale sur un collecteur solaire incliné au site de Béchar, Université Tahri Mohammed, Béchar ,2015/2016, page 24

**J, Bernard, Energie solaire calculs et optimisation, Ellipse Edition Marketing, (2004).

I.2.5 Le rayonnement solaire

Le rayonnement solaire se compose de radiations électromagnétiques émises par le soleil, Il est composé de toute la gamme des rayonnements, de l'ultraviolet lointain comme les rayons gamma aux ondes radio en passant par la lumière visible. Le rayonnement solaire contient aussi des rayons cosmiques de particules animées d'une vitesse et d'une énergie extrêmement élevées [*]. La distribution spectrale de ce rayonnement est donnée par la figure I.4

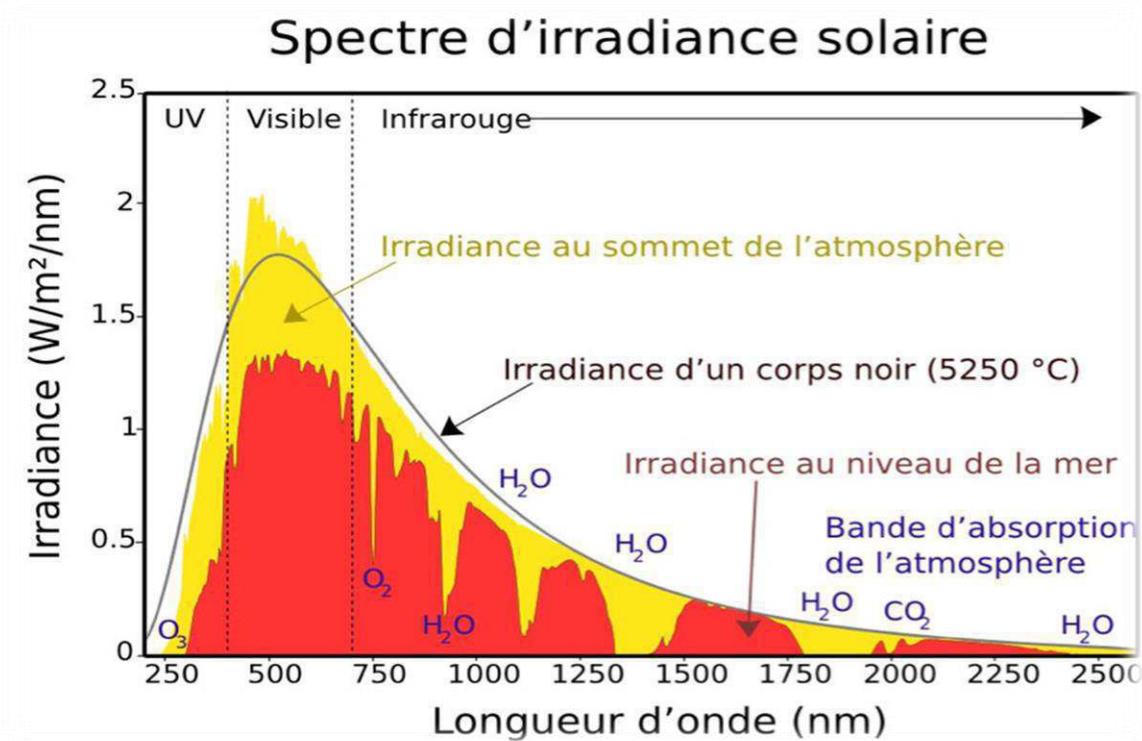


Figure I. 4 : La distribution spectrale de rayonnement solaire [**].

I.2.6 Composante du rayonnement solaire

L'énergie reçue au niveau du sol est la réémet dans toutes les directions et plus faible que 1367 w/m^2 car l'atmosphère absorbe une partie du rayonnement solaire (environ 15%). L'atmosphère réfléchi une autre partie du rayonnement solaire vers l'espace (environ 6%). Le rayonnement global définit la somme du rayonnement direct et du rayonnement diffus (figure I.5). L'énergie reçue par une surface dépend en outre de la saison, de la latitude, des conditions météorologiques, du relief, de la pollution, de l'orientation de la surface considérée, etc. [*].

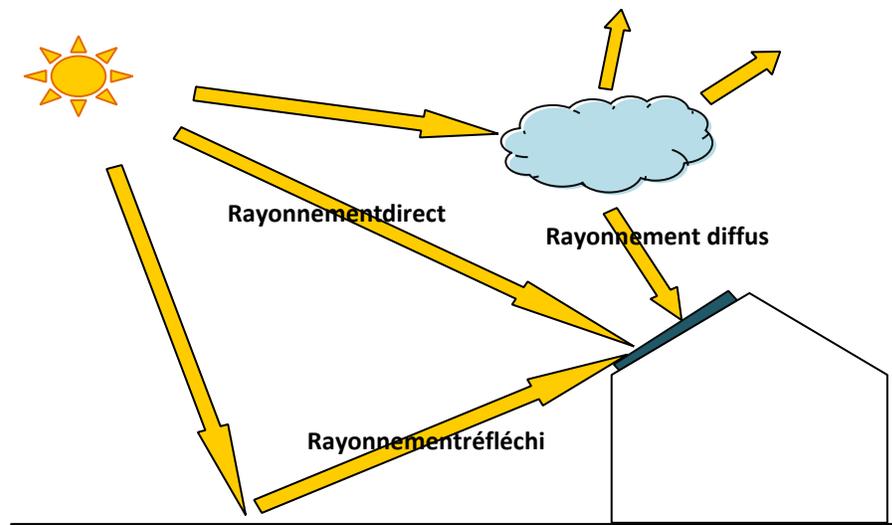


Figure I.5 : Les composants du rayonnement solaire.

a) Le rayonnement direct

C'est le rayonnement qui arrive directement du disque solaire au niveau du sol sans subir des modifications [**].

b) Le rayonnement diffus

C'est le rayonnement émis par des obstacles (nuages, sol, bâtiments) et provient de toutes les directions. La part du rayonnement diffus n'est pas négligeable et peut atteindre 50% du rayonnement global (selon la situation géographique du lieu) [*].

* Hadj Belkacemi Mohammed, Modélisation et Etude Expérimentation d'un Capteur Solaire non Vitré et Perforé, thèse de master, Université Abou BekrBelkaid de Tlemcen, le 06 juillet 2011, page 49

* instruction manual, CM21 precision pyranometer, Kipp&Zonen (2014), page 45

c) Le Rayonnement solaire réfléchi

Le rayonnement réfléchi est à prendre en compte seulement dans le cas d'une surface inclinée. Il est directement proportionnel au rayonnement global. Le sol réfléchit une partie de l'éclairement qu'il reçoit en fonction de sa nature [*].

- Sol cultivé 10 à 25%.
- Neige 60 à 90%.
- Sable 30 à 40%.

d) Le rayonnement global

- Le rayonnement Global sur une surface horizontale : est la somme du rayonnement direct et du rayonnement diffus.
- Le rayonnement Global sur une surface inclinée : est la somme des composantes directe, diffuse et réfléchie par le sol du rayonnement solaire [**].

e) L'Albédo (ρ)

C'est le rapport du rayonnement réfléchi sur le rayonnement incident. Ce terme étant généralement réservé au sol ou aux nuages, c'est une valeur moyenne de leur réflectance pour le rayonnement considéré et pour tous les angles d'incidences possibles. Par définition, le corps noir possède un albédo nul [*]. Les valeurs de l'albédo pour différents types de la surface sont données par le tableau suivant [***] :

* instruction manual, CM21 precision pyranometer, Kipp&Zonen (2014), page 45-48

** Samira Mouhous-Chaouchi, Etude statistique du rayonnement solaire sur un plan incliné, thèse de magister, Université Abou BekrBelkaid (2012), page 22.

***HormaAutmen, Calcul d'irradiation solaire globale sur un collecteur solaire incliné au site de Béchar, Université Tahri Mohammed, Béchar ,2015/2016, page 32.

CHAPITRE I : GENERALITE SUR L'ENERGIE SOLAIRE

Tableau I.2: Valeurs de l'albédo pour différentes surfaces [*].

Type de surface	Albédo ρ (0 à 1)
Surface de lac	0.02 à 0.04
Foret de conifères	0.05 à 0.015
Surface de la mer	0.05 à 0.015
Sol somber	0.05 à 0.015
Culture	0.15 à 0.25
Sable léger et sec	0.25 à 0.45
Glace	0.30 à 0.40
Neige tassé	0.40 à 0.70
Neige fraiche	0.40 à 0.90
Miroir	1

I.3 Section 2 : Généralité sur l'énergie solaire

I.3.1 Les différents types de l'énergie solaire :

1.3.1.1 L'énergie solaire thermique :

On désigne par « solaire thermodynamique » l'ensemble des techniques qui visent à transformer l'énergie rayonnée par le soleil en chaleur élevée, puis celle-ci en énergie mécanique à travers un cycle thermodynamique. [*]

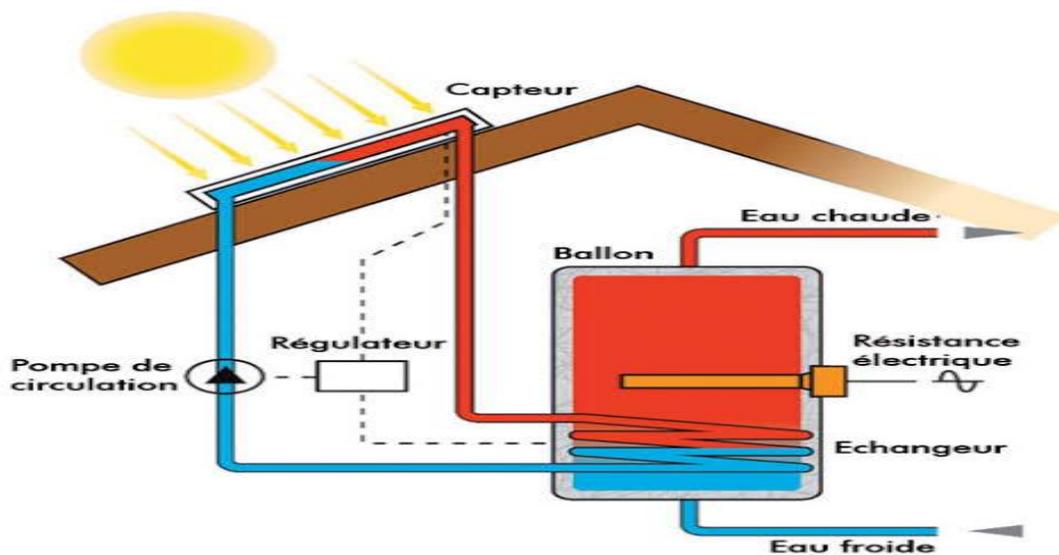


Figure I.6 : Système solaire thermique.

Les capteurs utilisent de l'eau ou plus souvent un liquide caloporteur, qui circule dans des tubes munis d'ailettes en circuit fermé. Pour obtenir un meilleur rendement, l'ensemble est placé dans une boîte vitrée isolante afin d'obtenir un effet de serre. Les ailettes, qui forment ce qu'on appelle l'absorbeur, sont chauffées par le rayonnement solaire et transmettent leur chaleur au liquide caloporteur qui circule dans les tubes. Les capteurs solaires à eau sont utilisés pour produire de l'eau chaude sanitaire dans un chauffe-eau solaire individuel. Les capteurs peuvent être mis sous vide également, cela augmente encore le rendement, vu que le vide est un parfait isolant.[*]

1.3.1.2 L'énergie solaire photovoltaïque :

Est une forme d'énergie renouvelable qui produit de l'électricité par la transformation du rayonnement solaire grâce à une cellule photovoltaïque. Plusieurs de ces cellules sont reliées entre-elles sur un panneau photovoltaïque. Ces panneaux peuvent être utilisés individuellement pour charger une batterie et pour répondre aux besoins en électricité des particuliers, on appelle ça un système photovoltaïque avec batterie. [*] (figure I.8).

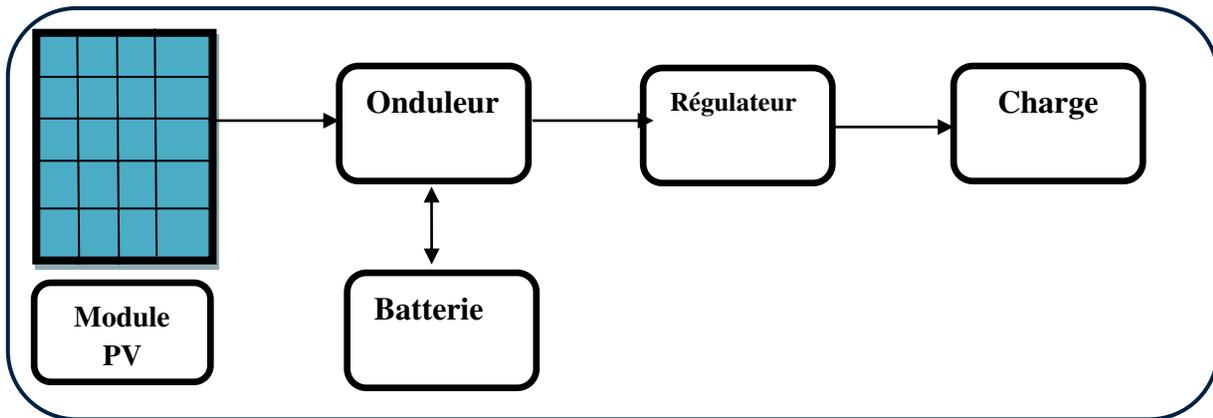


Figure I.7 : Schéma synoptique d'un système photovoltaïque avec batterie

Ou à plus grande, dans des centrales photovoltaïques pour alimenter le réseau de distribution publique, c'est le système photovoltaïque relié au réseau. [*] (figure I.9).

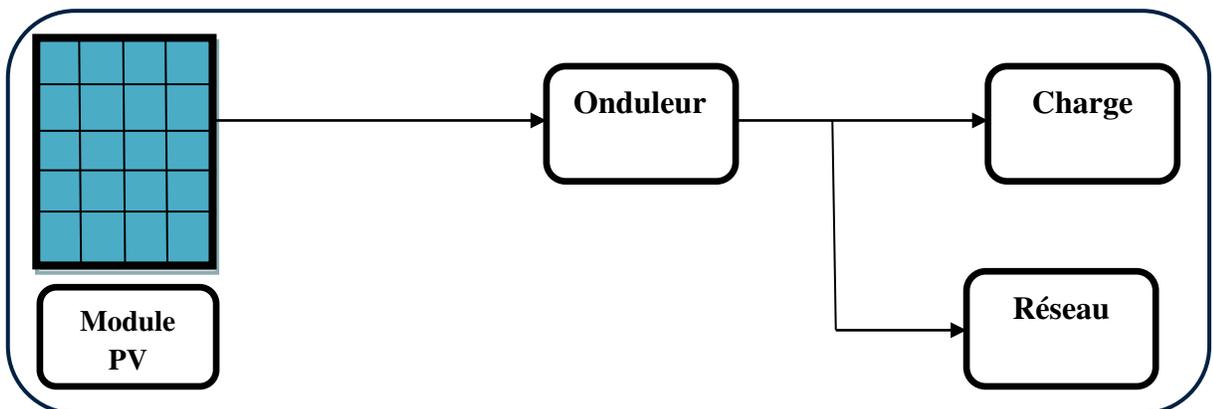


Figure I.8 : Schéma synoptique d'un système photovoltaïque directement relié au réseau

1.3.1.3 L'énergie solaire hybride :

L'énergie solaire hybride combine les deux technologies précédentes et produise à la fois de l'électricité et de la chaleur tout en améliorant le rendement des panneaux solaires photovoltaïques en évitant la surchauffe des modules. Il s'agit donc d'une cogénération. Elle permet d'optimiser l'espace en superposant un panneau solaire photovoltaïque (au-dessus) et un panneau solaire thermique (en sous-face). [*]

Cette alliance est intéressante car elle améliore le rendement au niveau de la partie photovoltaïque de l'ordre de 10%. En effet, lorsque les panneaux solaires photovoltaïques sont soumis à de fortes chaleurs, ils perdent de leur efficacité dans des proportions assez importantes (jusqu'à -25% de rendement de manière ponctuelle). Le panneau solaire thermique participe donc au refroidissement du panneau photovoltaïque. [*]

1.3.2 Les différents types de panneaux solaires

1.3.2.1 Panneaux solaires thermiques

Il existe deux types de panneaux solaires thermiques : les capteurs à eau où 'les capteur hydrauliques' (figure I.10) et ceux à air (figure I.11).[**]

* Site internet : <https://www.quelleenergie.fr> .

** HADJ BELKACEMI Mohammed, Modélisation et Etude Expérimentation d'un Capteur Solaire non Vitré et Perforé, Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, année 2011, Mémoire de Master, page 52.



Figure I.9 : Panneau solaire thermique à eau (hydraulique)

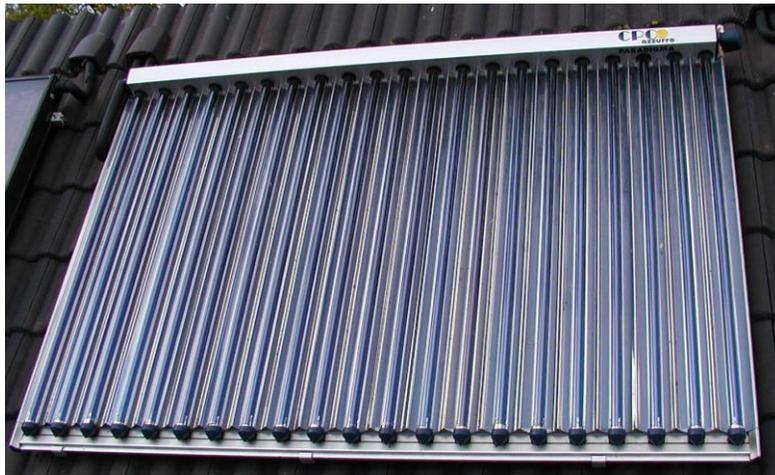


Figure I.10 : Panneau solaire thermique à tubes à vide (à air).

1.3.2.2 Panneaux solaires photovoltaïques :

Les panneaux solaires photovoltaïques regroupent des cellules photovoltaïques reliées entre elles en série ou en parallèle.

Il existe plusieurs types des panneaux solaires photovoltaïques :

a) Cellule multijonction :

Les cellules multi-jonction (figure I.12) sont composées de différentes couches qui permettent de convertir différentes parties du spectre solaire et ainsi d'obtenir les meilleurs rendements de conversion, environ 40 %. [*]

Ces panneaux photovoltaïques sont, pour l'instant uniquement utilisés pour les applications spatiales, ils ne sont pas encore commercialisables. [*]

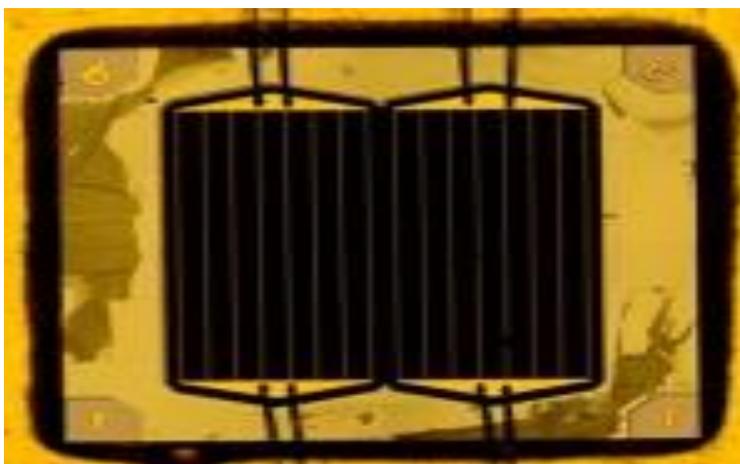


Figure I.11 : Panneau solaire photovoltaïque multijonction.

b) Cellule monocristalline :

Les panneaux solaires photovoltaïques composés de cellules en silicium monocristallin (figure I.13).

Lors du refroidissement, le silicium fondu se solidifie en ne formant qu'un seul cristal de grande dimension. On découpe ensuite le cristal en fines tranches qui donneront les cellules. Ces cellules sont en général d'un bleu uniforme. Ce type de panneaux solaires photovoltaïques possède un très bon rendement, de l'ordre de 12 à 20%. Son cout est relativement élevé. [*]



Figure I.12 : Panneau solaire photovoltaïque en silicium monocristallin.

c) Cellule polycristalline :

Les panneaux solaires photovoltaïques composés de cellules en silicium polycristallin (figure I.14).

Pendant le refroidissement du silicium, il se forme plusieurs cristaux. Ce genre de cellule est également bleu, mais pas uniforme, on distingue des motifs créés par les différents cristaux. [*]

Ce type de panneaux solaires photovoltaïques bénéficie d'un bon rendement de l'ordre de 11 à 15 %. Le prix de ce type de panneaux solaires est moins élevé que le monocristallin, il représente donc à ce jours le meilleur rapport qualité/ prix. [*]



Figure I.13 : Panneau solaire photovoltaïque en silicium polycristallin.

d) Cellule cis (cuivre-indium-sélénium) :

Les panneaux solaires photovoltaïques sans silicium en couche mince CIS (figure I.15).

Les cellules CIS représentent la nouvelle génération de cellules solaires sous forme de films minces, de type (CIS). Les matières premières nécessaires à la fabrication des cellules CIS

CHAPITRE I : GENERALITE SUR L'ENERGIE SOLAIRE

sont plus faciles à se procurer que le silicium utilisé dans les cellules Photovoltaïques classiques. De plus, leur efficacité de conversion énergétique est la plus élevée à ce jour pour des cellules photovoltaïques en couche mince. [*]

Le rendement de ce type de panneaux solaires photovoltaïques est de 9 à 11 %. Le désavantage avec les panneaux solaires CIS est qu'il faut une surface beaucoup plus importante pour obtenir le même rendement que les panneaux photovoltaïques en cellules épaisses comme le monocristallin et le polycristallin. [*]



Figure I.14 : Panneau solaire photovoltaïque sans silicium en couche mince.

e) Silicium amorphe

Les panneaux solaires photovoltaïques composés de cellule silicium amorphe en couche mince (figure I.16).

Le silicium lors de sa transformation, produit un gaz, qui est projeté sur une feuille de verre. La cellule est grise très foncée ou marron. C'est la cellule des calculatrices et des montres dites "solaires".

CHAPITRE I : GENERALITE SUR L'ENERGIE SOLAIRE

Ce type de panneaux solaires à l'avantage de fonctionner avec un faible éclairage, il est également bon marché. Son rendement est assez faible par rapport aux panneaux solaires photovoltaïques monocristallin et polycristallin, entre 5 et 9 %. Ce type de panneaux solaires est de moins en moins utilisés. [*]



Figure I.15 : Panneau solaire photovoltaïque de cellule silicium amorphe.

1.3.2.3 Panneau solaire hybride :

Il existe deux types des panneaux solaires hybride : les capteurs solaires « aérovoltaiques » et « hydrauliques ».

* Site internet : <http://www.panneaux-solaires-france.com>

CHAPITRE I : GENERALITE SUR L'ENERGIE SOLAIRE

a) Panneau solaire hybride aérovoltaïque :

Le panneau solaire photovoltaïque est ventilé en sous-face pour évacuer la chaleur. L'air chaud est ensuite propulsé par un ventilateur à travers des gaines qui desservent les pièces de la maison et éventuellement un chauffe-eau thermodynamique. Le surplus éventuel de chaleur est évacué au niveau d'une sortie de toiture [*] (figure I.17).



Figure I.16 : Schéma de principe aérovoltaïque [**].

b) Panneau solaire hybride hydraulique :

Les capteurs solaires sont dotés d'un échangeur thermique à eau situé en sous-face. L'eau chaude est le plus souvent utilisée pour l'eau chaude sanitaire (mais peut aussi servir pour le chauffage). (Figure I.18)

* site internet : <https://conseils-thermiques.org>

** site internet : www.dualsun.com



Figure I.17 : Schéma de principe des panneaux solaires hybrides hydrauliques. [*]

I.4 Conclusion

L'énergie solaire possède un potentiel formidable, elle est illimitée, nous pourrions toujours l'utiliser. Si l'on exploitait au maximum cette source d'énergie, elle pourrait couvrir près de 20% des besoins actuels. C'est pour cela on va l'utiliser au niveau de l'aérodrome d'Alger, pour servir nos besoins en électricité, dans ce cas-là il faut faire une installation solaire photovoltaïque.

Chapitre II :

Présentation
d'aérodrome DAAG.

II.1 Introduction :

Un aérodrodrome est l'ensemble des infrastructures permettant le décollage, l'atterrissage et les évolutions des avions au sol. Un aéroport est destiné au trafic aérien commercial de passagers ou de fret, il est constitué par l'ensemble des bâtiments et d'installations qui permettent l'embarquement et le débarquement des passagers ou du fret

Nous entamerons ce chapitre par un historique de l'aéroport d'Alger, Pour continuer nous présenterons l'aéroport, ainsi que ses différentes infrastructures, le system de balisage et les principaux moyens radioélectriques, Nous parlerons ensuite des consommations d'énergie électrique en termes générale puis détaillé.

II.2 Définitions :

- **Aérodrodrome** : Surface définie sur terre ou sur l'eau (comprenant, éventuellement, bâtiments, installations et matériel), destinée à être utilisée, en totalité ou en partie, pour l'arrivée, le départ et les évolutions des aéronefs à la surface. [*]
- **Aéroport** : est un aérodrodrome, ou partie d'aérodrodrome utilisé pour des transports commerciaux et qui comporte les installations nécessaires à cet effet. [*]
- **Aérogares** : L'aérogare constitue en quelque sorte le « cœur » de l'aéroport. Elle doit être conçue pour offrir une bonne qualité de service à ses usagers (compagnies aériennes et passagers) tout en respectant les contraintes d'exploitation et de sûreté du transport aérien.

Le rôle principal de l'aérogare est d'écouler efficacement les flux de passagers et de bagages pour satisfaire les besoins des opérateurs aériens. [*]

- **Aire de mouvement** : Partie d'un aérodrodrome à utiliser pour les décollages, les atterrissages et la circulation des aéronefs à la surface, et qui comprend l'aire de manœuvre et les aires de trafic. [*]

- **Aire de manœuvre** : Partie d'un aérodrome à utiliser pour les décollages, les atterrissages et la circulation des aéronefs à la surface, à l'exclusion des aires de trafic. [*]
- **Aire de trafic** : Aire définie, sur un aérodrome terrestre, destinée aux aéronefs pendant l'embarquement ou le débarquement des voyageurs, le chargement ou le déchargement de la poste ou du fret, l'avitaillement ou la reprise de carburant, le stationnement ou l'entretien. [*]
- **Accotement** : Bande de terrain bordant une chaussée et traitée de façon à offrir une surface de raccordement entre cette chaussée et le terrain environnant. [*]
- **Voie de circulation** : Voie définie, sur un aérodrome terrestre, aménagée pour la circulation à la surface des aéronefs et destinée à assurer la liaison entre deux parties de l'aérodrome, notamment : [*]
 - a) Voie d'accès de poste de stationnement d'aéronef. Partie d'une aire de trafic désignée comme voie de circulation et destinée seulement à permettre l'accès à un poste de stationnement d'aéronef.
 - b) Voie de circulation d'aire de trafic. Partie d'un réseau de voies de circulation qui est située sur une aire de trafic et destinée à matérialiser un parcours permettant de traverser cette aire.
 - c) Voie de sortie rapide. Voie de circulation raccordée à une piste suivant un angle aigu et conçue de façon à permettre à un avion qui atterrit de dégager la piste à une vitesse plus élevée que celle permise par les autres voies de sortie, ce qui permet de réduire au minimum la durée d'occupation de la piste.
- **Bande de voie de circulation** : Aire dans laquelle est comprise une voie de circulation, destinée à protéger les avions qui circulent sur cette voie et à réduire les risques de dommages matériels causés à un avion qui en sortirait accidentellement. [*]
- **Installations et équipements d'aérodrome** : Installations et équipements, à l'intérieur ou à l'extérieur des limites d'un aérodrome, qui sont édifiés ou installés et entretenus pour l'arrivée et le départ des aéronefs et leurs évolutions à la surface. [*]
- **Balise** : Objet disposé au-dessus du niveau du sol pour indiquer un obstacle ou une limite. [*]

- **Poste de stationnement d'aéronef** : Emplacement désigné sur une aire de trafic, destiné à être utilisé pour le stationnement d'un aéronef. [*]
- **Piste** : Aire rectangulaire définie, sur un aérodrôme terrestre, aménagée afin de servir au décollage et à l'atterrissage des aéronefs. [*]
- **Bande de piste** : Aire définie dans laquelle sont compris la piste ainsi que le prolongement d'arrêt, si un tel prolongement est aménagé, et qui est destinée : [*]
 - a) A réduire les risques de dommages matériels au cas où un avion sortirait de la piste.
 - b) A assurer la protection des avions qui survolent cette aire au cours des opérations de décollage ou d'atterrissage
- **Aire de sécurité d'extrémité de piste (RESA)** : Aire symétrique par rapport au prolongement de l'axe de la piste et adjacente à l'extrémité de la bande, qui est destinée principalement à réduire les risques de dommages matériels au cas où un avion atterrirait trop court ou dépasserait l'extrémité de piste. [*]

- **Distances déclarées d'une piste** :
 1. **Distance de roulement utilisable au décollage (TORA)** : Longueur de piste déclarée comme étant utilisable et convenant pour le roulement au sol d'un avion au décollage.
 2. **Distance utilisable au décollage (TODA)** : Distance de roulement utilisable au décollage, augmentée de la longueur du prolongement dégagé, s'il y en a un.
 3. **Distance utilisable pour l'accélération-arrêt (ASDA)** : Distance de roulement utilisable au décollage, augmentée de la longueur du prolongement d'arrêt, s'il y en a un.
 4. **Distance utilisable à l'atterrissage (LDA)** : Longueur de piste déclarée comme étant utilisable et convenant pour le roulement au sol d'un avion à l'atterrissage.

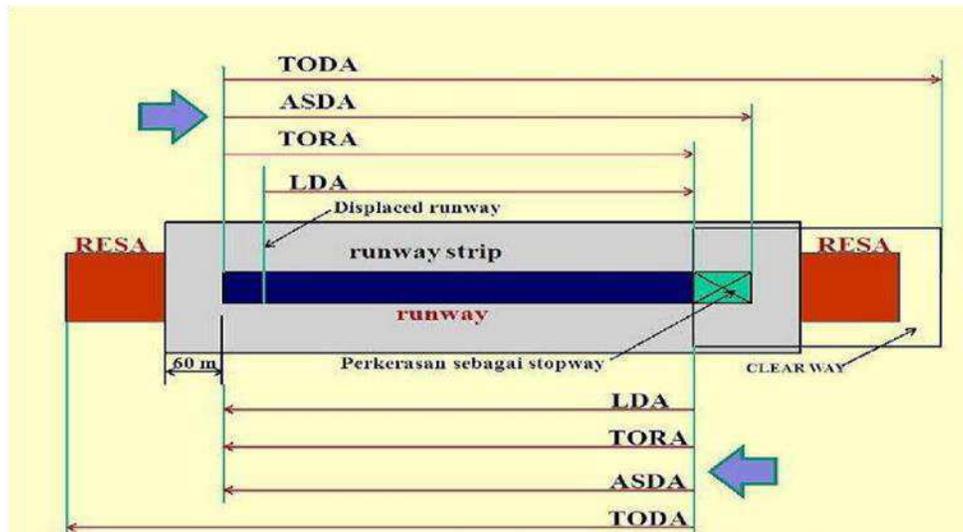


Figure II.1 : Les distances déclarées d'une piste.

II.3 L'aéroport d'Alger :

II. 3.1 Présentation de DAAG :

L'aéroport d'Alger ou aéroport Houari Boumediene est un aéroport civil International situé à environ 17 km d'Alger en Algérie, desservant la capitale algérienne et sa région, il s'agit du plus important de tous les aéroports algériens. Il est composé d'une aérogare pour les vols internationaux, d'une aérogare pour les vols intérieurs, et d'une troisième pour les vols charters. Sa capacité est de 10 millions de passagers/an.

L'Aéroport d'Alger (Houari BOUMEDIENE) est le centre de l'activité aérienne nationale, il se situe sur la commune de Dar El Beida à l'est d'Alger et s'étend sur une surface 850 hectares, il est implanté au cœur d'une zone d'activité regroupant plusieurs installations activant dans les domaines de la maintenance, logistique et approvisionnement carburant (kérosène). [*]

II.3.2 Renseignements concernant : [*]

1. Code OACI : DAAG.
2. Code IATA : ALG.
3. Altitude : 25m / 82ft.
4. Température : 30,6°C.
5. Types de trafic autorisés : IFR/VFR.
6. Classification de l'espace aérien : D.
7. CTR ALGER / Houari Boumediene :
8. Limites latérales : Cercle de 06 NM de rayon centré sur 364140N 0031301E.
9. Limites verticales 450 M GND/MSL.
10. Code référence de l'aérodrome : actuellement 4E. 4F après les travaux.

II.3.3 Infrastructures liées à L'Aéroport d'Alger :

L'infrastructure est l'ensemble des bâtiments et des installations qui servent au traitement des passages et du transport aérien.

Figure II.2 : L'infrastructure aéroportuaire.

II.3.3.1 Piste :

Les pistes d'un aéroport sont construites en dur ; en général le revêtement est en bitume ou composé de plaques de béton. Elles sont bordées de balises lumineuses pour être facilement repérables de nuit, ou lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises (pluie, brouillard), et pour une aide visuelle à l'atterrissage (PAPI). De plus, l'installation comprend un système de balises radio pour les appareils de repérage automatique intégrés notamment dans les avions de ligne (ILS). [*]

La plupart des pistes servent à la fois à l'atterrissage et au décollage. Ceci suppose une organisation et une synchronisation sans faille des mouvements d'avions.

L'aéroport d'Alger dispose de deux pistes, une principale (05/23) et l'autre secondaire (09/27) :

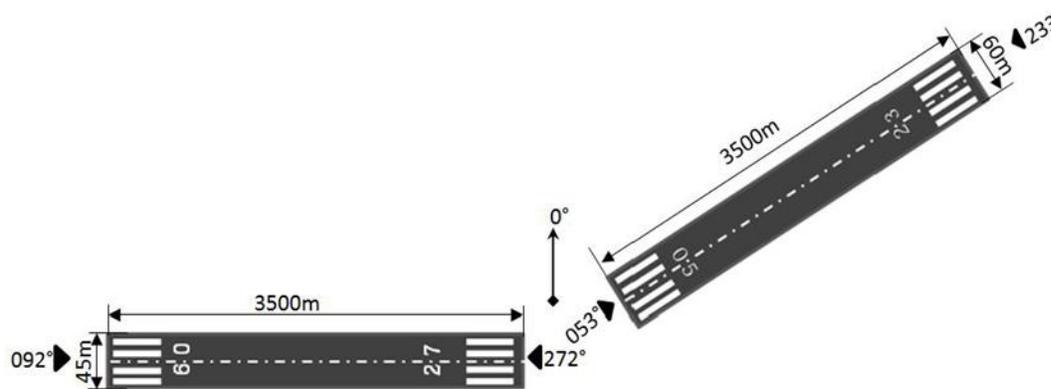


Figure II.3 : Les deux Pistes.

↳ **Piste principale (05/23) :** cette piste est hors service à cause des travaux pour la préparer à l'accueil de l'A380. C'est la piste principale, et la plus fréquentée elle est caractérisée par : [*]

- ◆ Dimension : 3500 m x 60 m.
- ◆ Résistance (PCN) et revêtement de la piste : 75 F/D/W/T Béton bitumineux.

CHAPITRE II : PRESENTATION D'AERODROME DAAG

- ◆ Dimensions de la bande : 3620 m x 300 m.
- ◆ Pente de la piste : 0,09%.
- ◆ Altitude du seuil :
- ◆ RWY 05 : 22m
- ◆ RWY 23 : 25m.

Au niveau de cette piste, il n'y a pas de prolongement d'arrêt (stopway), ni de prolongement dégagé (clearway), ce qui veut dire que les distances déclarées de la piste sont les mêmes.

TORA=TODA=ASDA=LDA=3500m.

La piste 23 c'est une piste d'approche de précision desservie par un ILS de catégorie III qui assure le guidage depuis la limite de couverture de l'installation jusqu'à la surface de la piste et le long de cette surface.

↳ **Piste secondaire (09/27) :** elle se caractérise par : [*]

Dimension : 3500 m x 45 m.

Résistance (PCN) et revêtement de la piste : 78 F/D/W/T Asphalte.

Altitude du seuil :

- ◆ RWY 09 : 17m.
- ◆ RWY 27 : 20m.
- ◆ Dimensions de la bande : 3930 m x 300 m.
- ◆ Pente de la piste et du prolongement d'arrêt : 0,11%.

Cette piste n'est pas équipée d'un prolongement dégagé (clearway), mais elle dispose d'un prolongement d'arrêt d'une longueur de 310m, ce qui implique que les distances déclarées de la piste seront comme suit : TORA=TODA= LDA=3500m ASDA= 3810 m.

La piste 09 est desservie par un ILS de catégorie I, destinée à l'approche avec une hauteur de décision au moins égale à 60 m (200 ft) et avec une visibilité au moins égale à 800 m ou une portée visuelle de piste au moins égale à 550 m, et un ILS catégorie I du seuil 27 .

II.3.4 Le balisage lumineux : [*]

- **Définition** : « Feu aéronautique à la surface » : feu, autre qu'un feu de bord, spécialement prévu comme aide de navigation aérienne sert à guider les pilotes pendant les phases de repérage, d'atterrissage, de décollage et de circulation au sol. Le système de balisage lumineux fournit les renseignements de :
- La localisation et l'identification de l'aéroport
- La localisation et l'identification de la piste
- Le guidage visuel pendant l'approche et le décollage
- La progression le long de la piste et des voies de circulation

Il comprend :

Un balisage de bord de piste constitué par des feux de couleur blanche (rouge face à l'atterrissage en amont d'un seuil décalé) régulièrement espacés de 60 m sur deux alignements implantés à moins de 3,00 m de chacun des deux bords latéraux de la piste

- Un balisage d'extrémité de piste comprenant six feux directionnels de couleur rouge disposés perpendiculairement à l'axe de la piste à une distance de 3 m au plus au-delà de l'extrémité opposée au seuil d'atterrissage,
- Un balisage de seuil de piste comprenant six feux directionnels de couleur verte qui, en l'absence de décalage de seuil, se confondent avec les feux d'extrémité correspondant à l'utilisation de la piste dans le sens opposé. Dans le cas d'un seuil décalé, ce balisage de seuil doit ou bien être composé de feux encastrés ou bien se voir substitué deux barres de flanc composées chacune de 5 feux répartis perpendiculairement à l'axe de la piste sur au moins 10 m au-delà du bord de piste.

Note : Pour l'aérodrome de Houari Boumediene on a deux pistes la 09/27 avec balisage catégorie «3 » et la 05/23 catégorie « 1 ». [**]

* Annexe 14 de l'OACI : Aéroports, Volume 1. Sixième édition Juillet 2013

** Des données obtenue au niveau du service balisage D2

CHAPITRE II : PRESENTATION D'AERODROME DAAG

II.3.5 Moyen d'Aides à la navigation aérienne de l'aérodrome DAAG :

Tableau II.1 : Aides de radionavigation et d'atterrissage. [*]

Type d'aide	Identification	Fréquences
DVOR/DME	ALR	112.5 MHZ /(CH 72 X)
LOC23/ILS CAT III	AG	110.3 MHZ
GP 23		335MHZ
DME-P	AG	CH 40 X
LLZ09/ILS CAT II	HB	108.5MHZ
GP 09		329.9 MHZ
LOC 27/ILS CAT I	AL	109.5 MHZ
GP27		332.6MHz
DME	AL	CH23X

II.3.6 Aire de trafic et poste de stationnement :

Les aires de stationnement, ou parkings (parfois encore appelés tarmacs) sont les parties de l'aéroport où les avions séjournent, que ce soit pour le transbordement des passagers et du fret ou pour l'entretien.

Le tableau si dessous comprend les différentes caractéristiques des postes de stationnements de l'aéroport d'Alger.

CHAPITRE II : PRESENTATION D'AERODROME DAAG

Tableau II.2 : Aires de trafic et postes de stationnement. [*]

AIRES DE TRAFIC ET POSTES DE STATIONNEMENT		
IDENTIFICATION PARKING	NATURE DE SURFACES	POSTES DE STATIONNEMENT
P1	Asphalte /Asphalt	09 postes B727
P2 GROS PORTEURS	Béton bitumineux	02 postes B747 01 poste A300
P2 MOYENS PORTEURS	Béton bitumineux	03 postes A300 01 poste B727
P3	Béton bitumineux	03 postes A200 01 poste B737
P5	Asphalt	03 postes A310 N° E9.E10.E11 09 postes pour ATR42/72 N° E1.E2.E3.E4.E5.E6.E7.E8.E12
P10	Béton 65R/B/W/T	CAT C: w3A, w3C, w4, w5, w6, w8, w9, w10A, w10C, w12 CAT D: w1, w2, w11A CAT E: w3B, w7, w10B, w11B
P11	Béton 65R/B/W/T	CAT C: w13, w14, w15, w16, w17, w18, w19 CAT F: w20
P12	Béton 65R/B/W/T	CAT C : w22A, w22C, w23A, w23C, w24A, w24C, w25A, w25C, T1A, T1C, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11 CAT E: w22B, w23B, w24B, w25B, T1B CAT F: w21
P13	Béton 65R/B/W/T	CAT C: S16, S17, S18, S19 CAT E: S13, S14, S15
P14	Béton 65R/B/W/T	CAT C: S20, S21, S22, S23
P15	Béton Bitumineux 74F/D/W/T	01 poste

II.3.7 Voies de circulation : [*]

Les pistes sont reliées entre elles et aux aires de stationnement par des taxiways destinés aux avions et parfois des voies de service plus étroites réservées aux véhicules de service et de secours (pompiers). Lorsque l'aéroport est d'une dimension telle que le parcours entre les pistes et le parking nécessite de suivre un trajet précis, un véhicule spécial (dit followme) peut venir précéder l'avion pour le guider.

Les voies de circulation sont des voies délimitées qui permettent aux appareils de se déplacer entre les parkings et les pistes. Elles sont généralement construites en bitume ou composées de plaques de béton et sont repérables par une signalisation de couleur jaune (avec des lumières de couleur bleue) pour les distinguer des pistes qui sont, elles, balisées de blanc.

II.3.7.1 Voies de circulations reliant la piste (05/23) :

- Largeur : 25m.
- Type de surface : Béton bitumineux.
- Résistance : 43T/SIWL.

II.3.7.2 Voies de circulations reliant la piste (09/27) :

- Largeur : 25m sauf J6, J7, J8, J11 et J12 =37m.
- Type de surface : Béton bitumineux.
- Résistance : 45T/SIWL / sauf :[*]

↳ (A7, A9, J, J3, J4, J5, J7): 74 F/D/W/T

↳ (J11): 65R/B/W/T

↳ (J6, J8, J12) 98F/C/W/T

II.3.8 Les infrastructures liées à la sécurité : [*]

La sécurité vise à éviter les accidents involontaires susceptibles de causer des préjudices aux biens et aux personnes. C'est une préoccupation primordiale en ce qui concerne les aéroports. C'est pourquoi les services suivants opèrent au sein de l'aéroport d'Alger :

- Le service de lutte contre le risque aviaire.
- Le service de maintenance des pistes.
- Le service de sécurité (police, douane...).

Par ailleurs, afin de répondre aux normes de l'OACI, chaque aéroport possède un service de sauvetage et de lutte contre l'incendie des aéronefs (SSLIA), qui dispose de véhicules de lutte contre l'incendie spécifiques aux aéroports mis en œuvre par des pompiers d'aérodrome. En particulier, l'objectif opérationnel de ce service est d'obtenir un délai maximum de trois minutes entre une alerte et l'arrivée des premiers engins pour une intervention en tout point d'une piste, au niveau de l'aéroport d'Alger on dispose d'un service de lutte contre les incendies de catégorie 9.

II.3.9 Organismes de la circulation aérienne : [*]

- La tour de contrôle de fréquence 118.7-119.7(s).
- Fréquence sol 121.8
- Le contrôle d'approche de fréquence 121.4-120.8 (s).

II.3.10 Autres infrastructures : [*]

L'aéroport dispose en outre :

- D'une aire d'atterrissage d'hélicoptères.
- D'une zone de fret.
- D'une zone et de hangars pour la maintenance des avions.
- D'une zone d'activités aéroportuaires telle que des bureaux de la compagnie aérienne nationale.

II.3.11 Aérobares :

L'aéroport d'Alger dispose de deux terminaux principaux (T1 et T2) un pour les vols domestiques et l'autre pour les vols internationaux, ainsi qu'un troisième (T3) pour les vols charters, tous destinés à accueillir les passagers de l'aéroport. Aussi sera renforcé prochainement par une nouvelle aérogare internationale (aérogare ouest T4). [*]

II.3.11.1 Le Terminal 1 (T1) :

Dédié aux vols internationaux, présente une capacité d'accueil de 6 millions de passagers par an, il a été officiellement inauguré le 5 juillet 2006. Ce terminal offre aux passagers et aux usagers toutes les commodités et services modernes afin de répondre le mieux possible à leurs attentes avec ses :

- 64 banques d'enregistrements.
- 18 portes d'embarquements.

Le T1 s'étend sur une surface de 82000 m² en plus d'être équipé de deux halls :

- Hall 1 : Destinations desservies par la compagnie nationale, Air Algérie.
- Hall 2 : Destinations desservies par des compagnies internationales telle que : Air France, Aigle Azur.

Le terminal a été construit selon les normes internationales les plus récentes ce qui en fait l'un des plus modernes d'Afrique avec notamment 12 passerelles télescopiques qui permettent de débarquer directement de l'avion vers le terminal et vice versa. [*]



Figure II.4 : Le terminal 1 (T1).

II.3.11.2 Le Terminal 2 (T2) :

Le (T2) s'étend sur une surface de 20886 m² dédié aux vols internes, et qui a été rénové en 2007, il dispose d'une capacité d'accueil de 2,5 millions de passagers par an, et offre des conditions de confort et de sécurité comparables à celles du terminal 1 avec ses :

- 20 banques d'enregistrements.
- 7 portes d'embarquements.

Note : Pour des vols domestiques, les passagers sont transportés à l'aide de bus. [*]



Figure II.5 : Le terminal 2 (T2).

II.3.11.3 Le Terminal 3 (T3) : [*]

L'ancienne aérogare nationale a fait elle aussi l'objet d'un réaménagement, ce dernier est destiné aux vols de pèlerinage et aux vols charters, et dispose d'une capacité d'accueil de 1 million de passagers par an.

Avec une surface de : 11088 m², il dispose de :

- 6 banques d'enregistrements.
- 3 portes d'embarquements.

Par ailleurs, l'aéroport d'Alger est équipé d'un « pavillon d'honneur », permettant la réception de chefs d'états et autres responsables politiques de tous pays lors de leurs déplacements aéroportés.

CHAPITRE II : PRESENTATION D'AERODROME DAAG

II.3.11.4 La nouvelle aérogare ouest (T4) : [*]

La première pierre du nouveau terminal de l'aéroport d'Alger a été posée en octobre 2014, son ouverture prévue dans environ 27 mois permettre l'accueil de 10 millions de passagers supplémentaires par an.

Le nouveau terminal d'une superficie de 73 hectares, situé dans la partie ouest de l'actuel (Entre le T1 et le salon d'honneur). La Société de Gestion des Services et Infrastructures Aéroportuaires (SGSIA) est déjà commencé les travaux de la nouvelle tour de contrôle de l'aéroport d'Alger ; il dispose de :

- 120 banques d'enregistrements.
- 36 portes d'embarquements.



Figure II.6 : Le terminal 4 (La nouvelle aérogare ouest T4). [*]

II.4 Alimentation en énergie électrique de l'aéroport d'Alger Houari-Boumediene : [*]

L'ENNA est alimenté par une Centrale énergétique de Sonelgaz à Bab-Ezzouar situé au parking T4 de l'Aéroport Houari-Boumediene.

La seule source d'alimentation est assurée par deux (02) feeders dont chaque phase est de deux cent quarante millimètre carrés (240 mm²) de section dans le même cheminement de 5000 mètres de longueur en souterrain aboutissant à un poste blindé. Deux (02) travées pour les deux arrivées 60 KV Bab-Ezzouar P1 et Bab-Ezzouar P2, une (01) travée de couplage deux (02) travées pour départs transformateurs abaisseurs 60 KV/10 KV d'une puissance de 16 MVA chacun.

A partir du poste blindé 60 KV, la source transformée en 10 KV est acheminée vers la salle moyenne tension du distributeur D1 par deux (02) cellules 1K 01 et 1 K03 alimentant les deux jeux de barre A et B couplables, à partir de là, nous avons différents départs aboutissants vers les postes MT au niveau de l'enceinte Aéroportuaire, soient :

- ✓ Boucle 1 : Cellules 2.2 K02 ET 2.2 K03, vers les postes de balisage AT2, P6, Radar et P1
- ✓ Boucle 2 : Cellules 2.2 K04 et 2.2 K05 vers cellules 10 K01 et 10 K02 qui alimentent la sous-station D2 (Centrale existante)

« De la sous-station D2 vers les postes : Aérogare Nationale, Aérogare Est et Aérogare Ouest. »

- ✓ Boucle 3 : Cellules 2.2 K06, 2.2 K07 et 2.2 K08 vers HGP (Hangar Grand Porteur)
- ✓ Boucle 4 : Cellules 2.2 K10 et 2.2 K11 vers postes Salon d'honneur (V.I.P.) et nouveau Naftal
- ✓ Boucle 5 : Cellules 2.2 K15, 2.2 K16 et 2.2 K17 vers nouveau Aérogare Internationale
- ✓ Boucle 6 : Cellules 2.2 K18 et 2.2 K20 vers ancien Naftal, cantine AH et DTA
- ✓ Boucle 7 : Cellules 2.2 K22 et 2.2 K23 vers nouveau H.400, T8 (Hangar I) et T9 (Hangar II)
- ✓ Boucle 8 : Cellules 2.2 K24 et 2.2 K25 vers postes de balisage AT1, P4, P3

Ces boucles sont secourues par une Centrale Electrique constituée de quatre (04) groupes électrogènes moyenne tension en temps de démarrage 15 secondes et d'une puissance de 2,8 MVA chacun.

* Les données sont obtenues au niveau du centre d'énergie D1.

CHAPITRE II : PRESENTATION D'AERODROME DAAG

- Tandis que le balisage est doté de (02) groupes électrogènes de 550 KVA pour le secours des deux (02) pistes alimentant chacun une boucle en régime CAT III, et en régime CAT I un groupe peut alimenter les deux (02) boucles. [*]

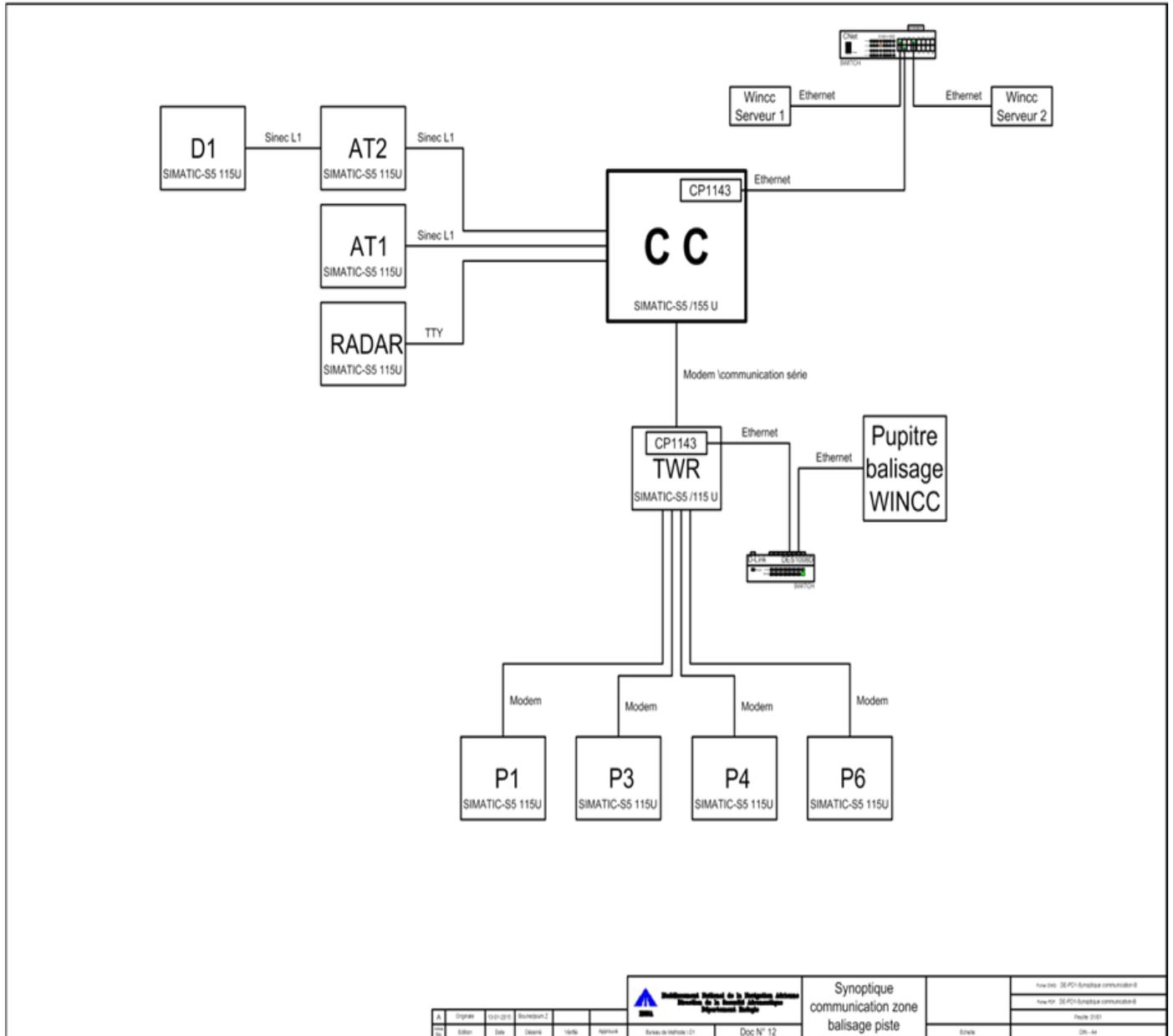


Figure II.8 : Schéma représente l'alimentation des postes de balisage. [*]

L'exploitation et la maintenance de ces équipements sont assurées par le personnel du Département Energie de l'E.N.N.A.

* Voir l'annexe B

Chapitre III :

Intégration du système
PV dans le système
existant.

CHAPITRE III : INTEGRATION DU SYSTEME PV DANS LE SYSTEME EXISTANT

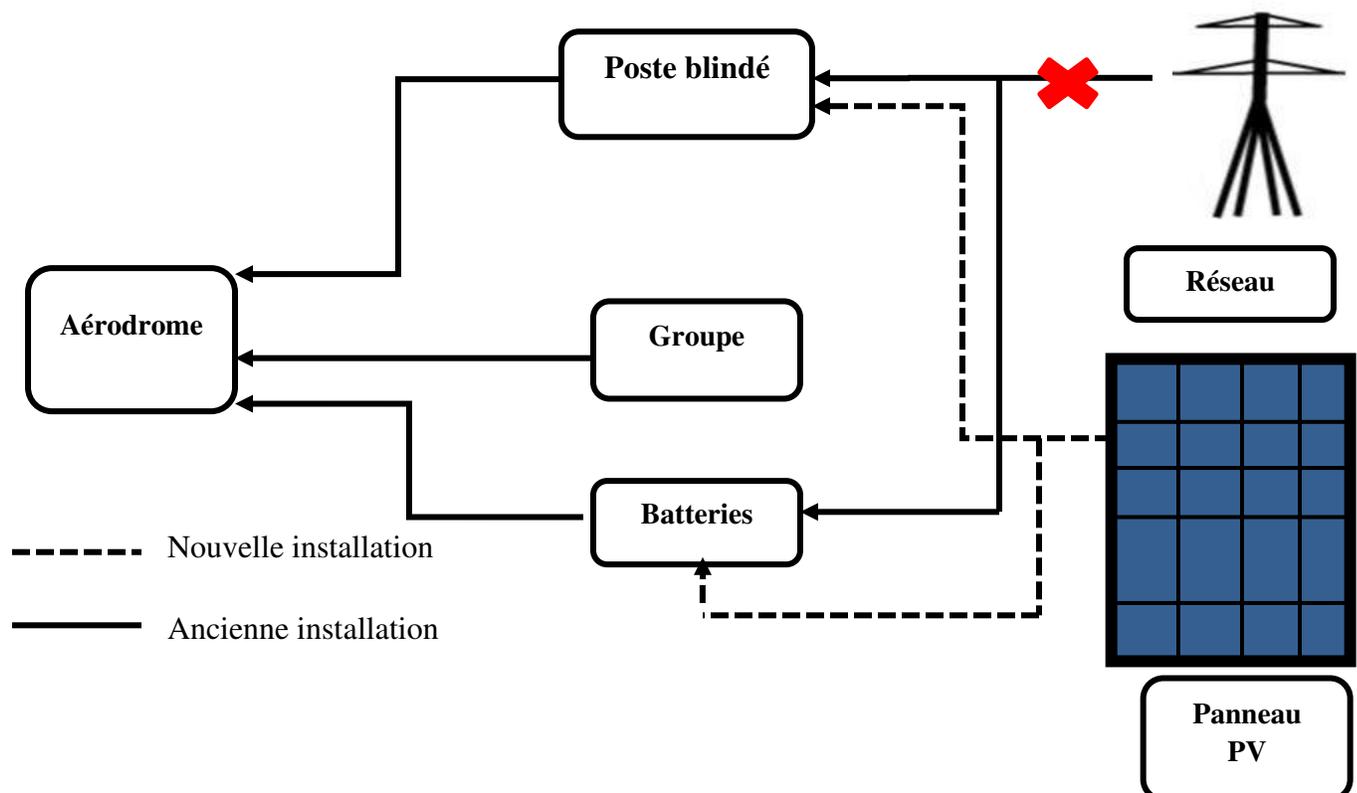
I.1 Introduction :

Comme on a déjà vu dans le chapitre précédent, l'aérodrome de Houari Boumediene possède le DVOR/DME (ALR), L'ILS (27), L'ILS (23) et L'ILS (09), comme des installations principales. Notre étude consiste à changer la source d'alimentations de tout l'aérodrome et en particulier de ces installations. On parlera dans ce chapitre sur le VOR, le DME et l'ILS d'une façon générale puis on va choisir l'un des instruments pour étudier les performances de notre nouveau système, mais avant ça on va mettre des perspectives pour choisir comment sera la nouvelle installation.

III.2 Perspectives de choix d'installation PV :

III.2.1 Perspective 01 : alimentation principale

L'alimentation principale consiste à remplacer la source d'énergie principale venue de la part de SONELGAZ par celle de l'énergie solaire photovoltaïque. Dans ce cas il faut faire une installation avec des batteries, pour les utiliser pendant la nuit.

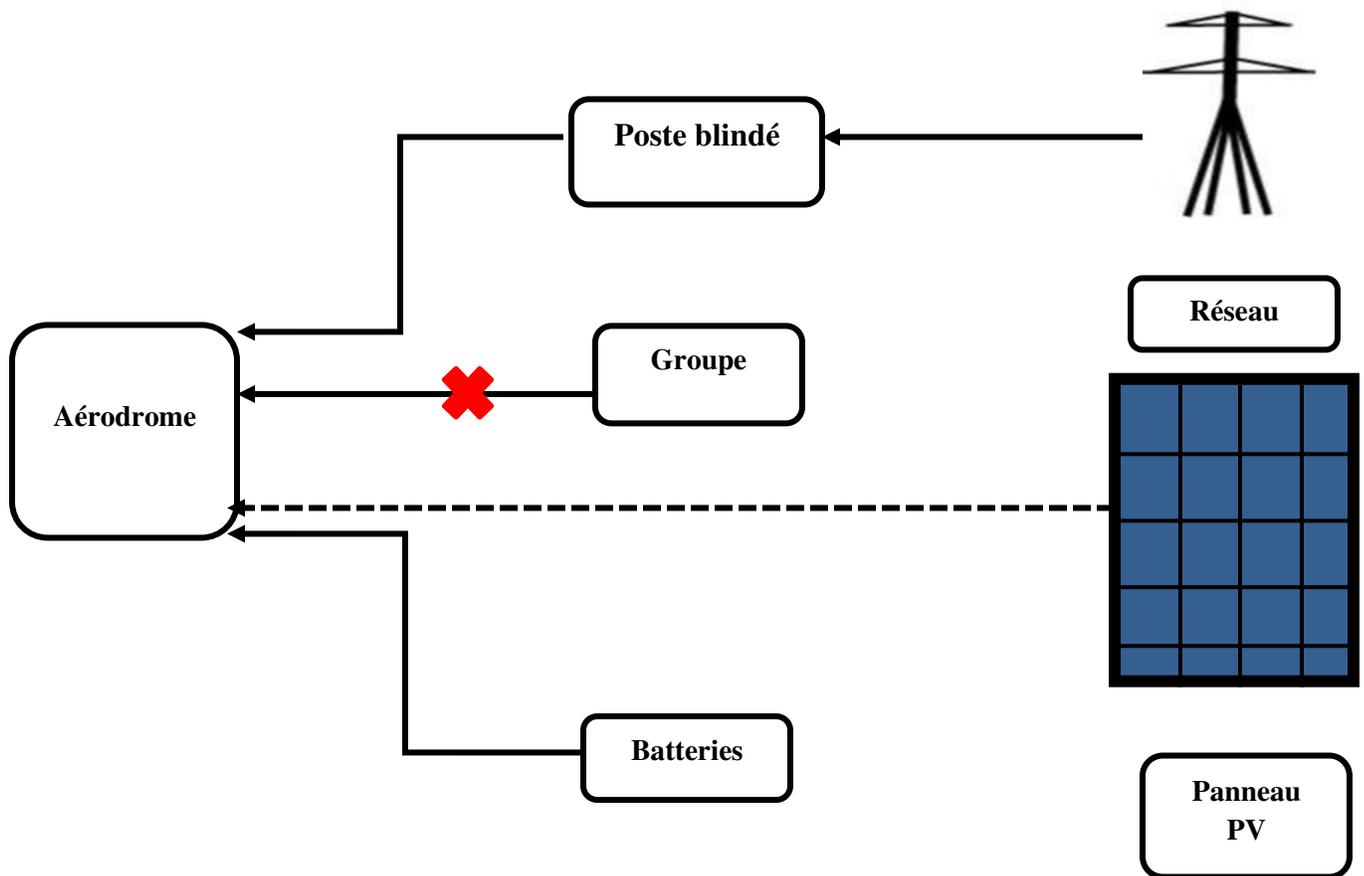


CHAPITRE III : INTEGRATION DU SYSTEME PV DANS LE SYSTEME EXISTANT

Figure III.1 : Schéma descriptif de perspective 01.

III.2.2 Perspective 02 : alimentation de redondance

L'alimentation de redondance où de secours, c.à.d. qu'on va utiliser l'énergie solaire photovoltaïque comme une source d'énergie secondaire, en cas de défaillance de notre système principale (le réseau), le nouveau système va le remplacer.



----- Nouvelle installation

CHAPITRE III : INTEGRATION DU SYSTEME PV DANS LE SYSTEME EXISTANT

— Ancienne installation

Figure III.2 : Schéma descriptif de perspective 02.

III.2.3 Perspective 03 : alimentation principale avec le réseau

L'alimentation avec le réseau consiste à relier la nouvelle installation avec l'ancien réseau, donc c'est une installation hybride. On va utiliser de l'énergie solaire photovoltaïque et si on a besoin de l'électricité on va utiliser le réseau au lieu de faire une installation avec des batteries qui coutent cher. On peut aussi vendre le surplus de l'énergie au SONELGAZ, afin de mettre un contrat avec eux.

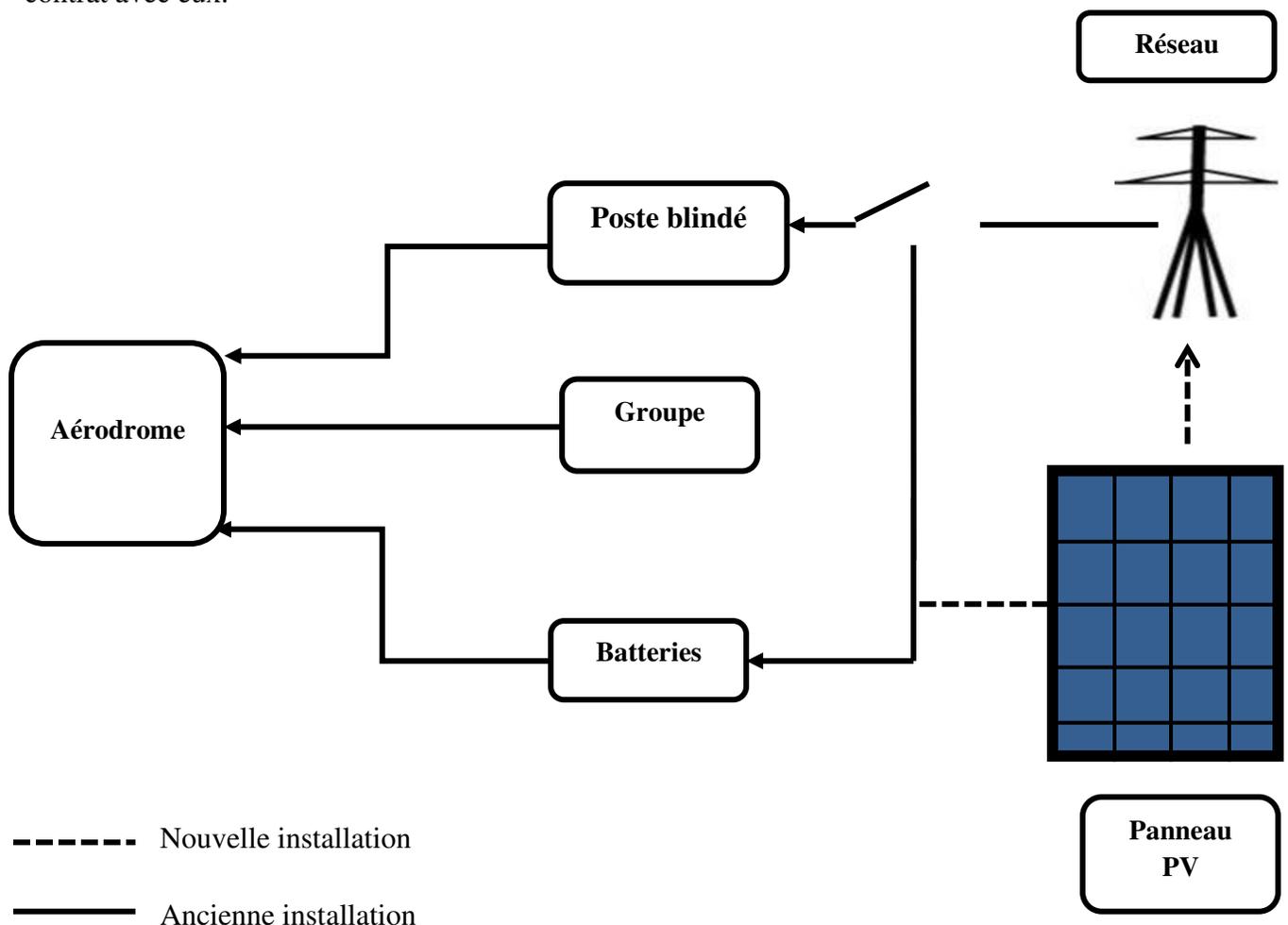


Figure III.3 : Schéma descriptif de perspective 03.

CHAPITRE III : INTEGRATION DU SYSTEME PV DANS LE SYSTEME EXISTANT

III.2.4 Perspective 04 : Troisième système de secours.

Dans le domaine d'aéronautique on a un système principal et un système de redondance qui est le groupe aussi on a un autre système de secours en cas de défaillance du groupe, c'est les batteries. Notre 4^{ème} perspective c'est de réaliser une nouvelle installation, basée sur l'énergie solaire pour charger ces batteries.

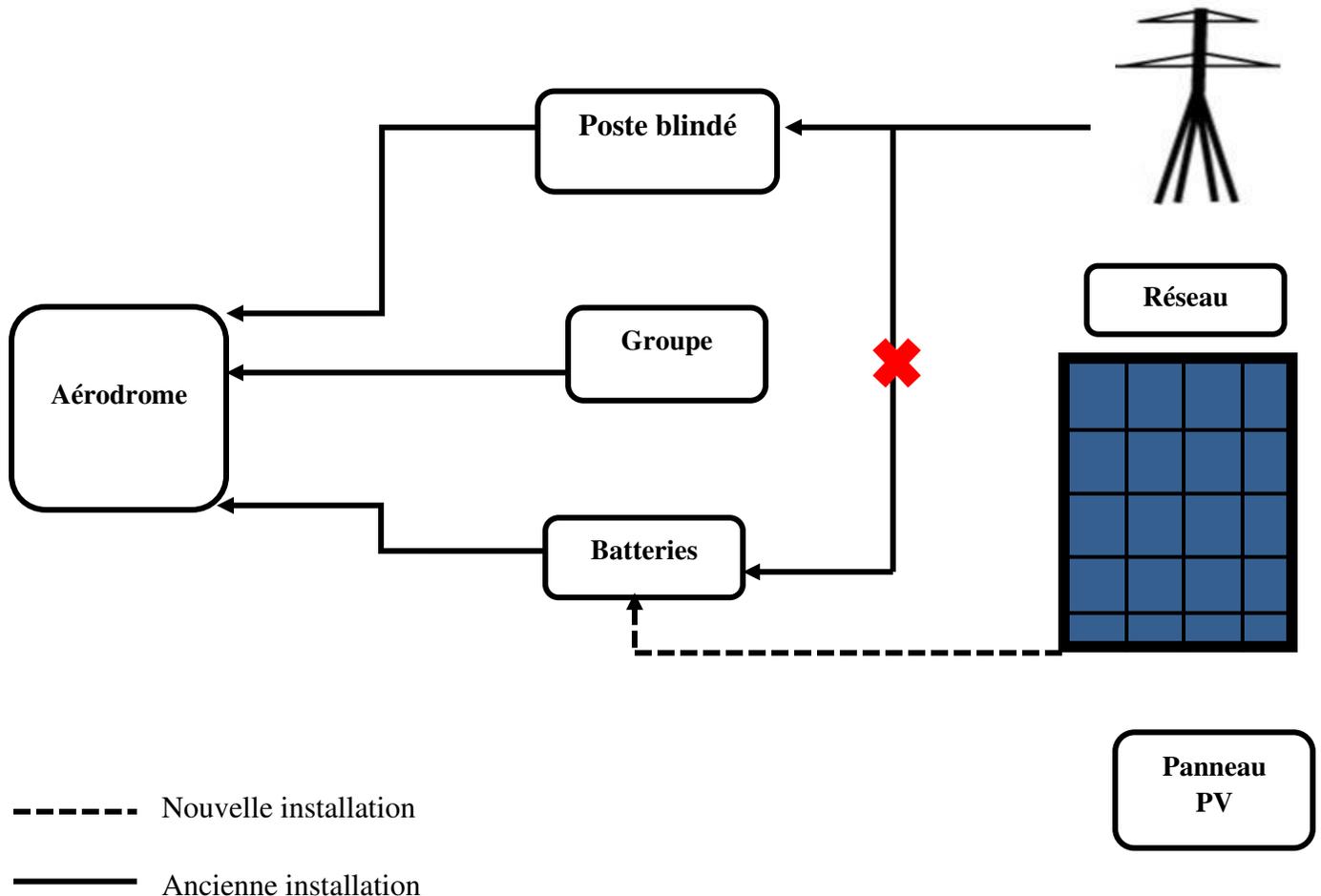
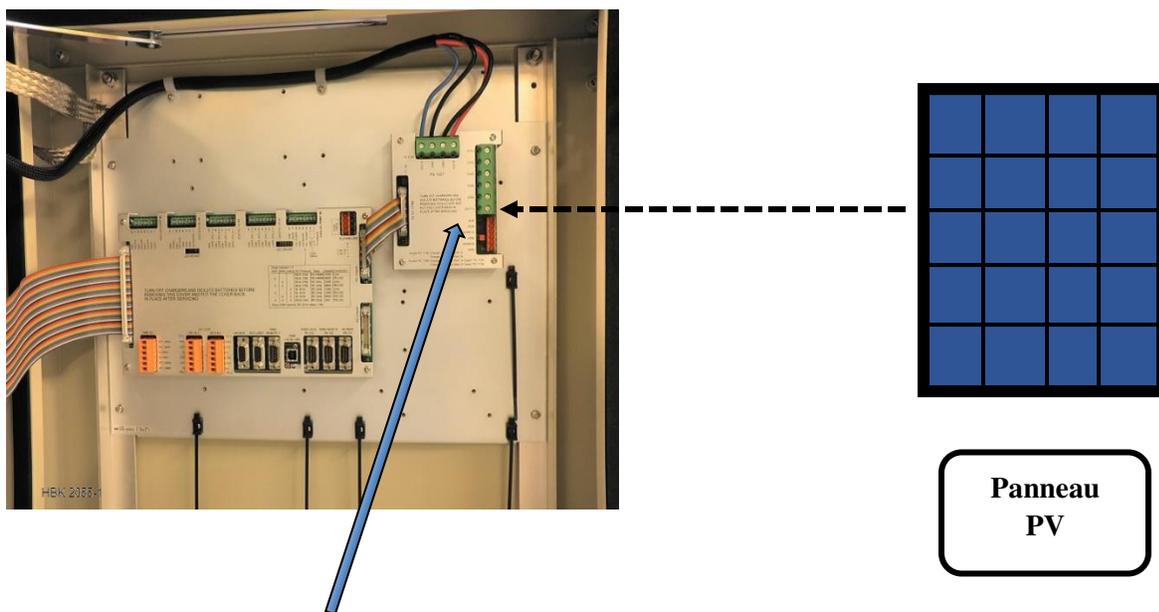


Figure III.4 : Schéma descriptif de perspective 04.

CHAPITRE III : INTEGRATION DU SYSTEME PV DANS LE SYSTEME EXISTANT

III.2.5 Perspective 05 : Intégration avec l'instrument lui-même pour charger sa batterie dans les cas des installations de type INDRA :

Notre 5eme proposition c'est d'intégrer directement notre système avec les instruments de type INDRA, dans la nouvelle génération des instruments les batteries sont intégrées avec l'instrument et ce n'est pas le cas pour les anciennes installations comme THALES par exemple.



Connection de l'alimentation/chargeur et de la batterie de la baie d'ILS INDRA

Figure III.5 : Schéma descriptif de perspective 05.

III.2.6 Discussions et choix de perspective :

- La première perspective est faisable et fiable aussi, mais elle a un seul inconvénient qui est le prix de l'installation. ✓
- La deuxième perspective nécessite une installation avec des batteries, c.à.d. on a tombé dans le même problème de la perspective précédente et en plus l'installation sera une installation secondaire (de secours) même pas primaire, dans ce cas on n'a pas d'avantages, par contre on va perdre beaucoup d'argent pour rien. ✗

CHAPITRE III : INTEGRATION DU SYSTEME PV DANS LE SYSTEME EXISTANT

- La troisième perspective, c'est la meilleure, de côté elle est principale et moins chère (installation sans batteries), et de l'autre côté le contrat qu'on va mettre nous donnera plusieurs avantages (coté couts), on peut vendre de l'électricité, et on l'achètera pour un prix moins cher (c'est l'une des conditions du contrat). ✓
- La quatrième, c'est la même comme la 2^{ème} (mêmes remarques). ✗
- La cinquième est destinée juste pour les instruments de type INDRA, donc elle n'est pas faisable pour les autres instruments, mais ça reste une très bonne idée, parce que si on va la réaliser, on va effectuer un changement dans le système d'alimentation de l'instrument lui-même et c'est très important pour nous les ingénieurs d'aéronautique. ✗

⇒ **D'après l'étude des perspectives, on a choisi l'installation principale avec le réseau. Mais avant ça on va étudier le comportement de notre nouveau système d'alimentation en choisissant juste l'un des équipements qu'on a, pour savoir c'est notre étude est faisable ou non.**

III.3 Description des installations principales :

III.3.1 Description du système ILS :

Le système d'atterrissage aux instruments (ILS) est le système standard international pour le guidage d'approche et d'atterrissage. L'ILS a été adopté par l'OACI (organisation internationale d'aviation civile) en 1947 et sera en service jusqu'au moins 2020. [*]

En raison des caractéristiques et spécifications OACI mondialement adoptées, n'importe quel avion-équipé de récepteurs ILS peut s'attendre à un fonctionnement satisfaisant et identique du système sur n'importe quel aéroport équipé d'une installation d'ILS. [*]

- ✓ L'ILS se compose normalement d'un émetteur VHF « LOCALIZER » pour le guidage sur l'alignement de pis

CHAPITRE III : INTEGRATION DU SYSTEME PV DANS LE SYSTEME EXISTANT



Figure III.6 : LOCALIZER de l'aérodrome d'Alger.

- ✓ D'un émetteur VHF « GLIDE-PATH » pour le guidage sur le plan de descente.



Antenne
DME

Figure III.7 : Glide Path de l'aérodrome d'Alge

CHAPITRE III : INTEGRATION DU SYSTEME PV DANS LE SYSTEME EXISTANT

- ✓ Et de radio balises « MARKERS » pour fournir des points de contrôle de distance le long de l'approche.

Note : Sur certains aéroports comme l'aéroport d'Alger (Le DAAG), les radio balises sont remplacées ou complétées par un DME pour fournir la lecture continue de la distance, et cela est effectué à l'aide d'une interface DME qui se trouve dans la baie du LOCALISER uniquement.

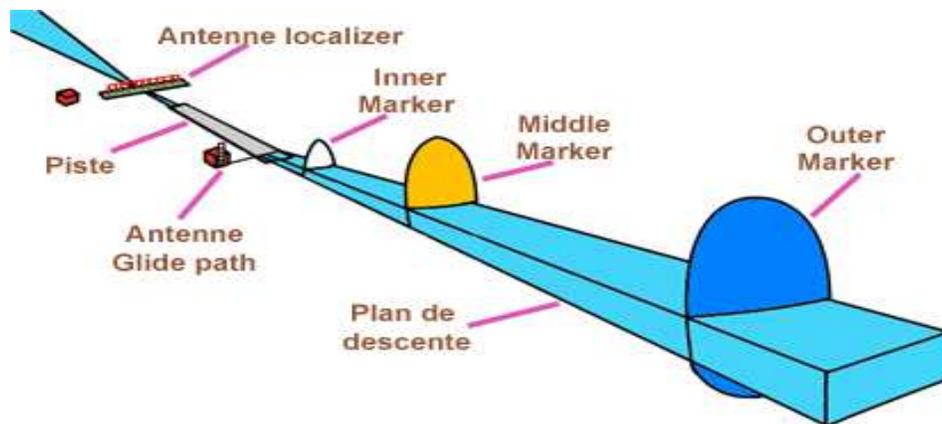


Figure III.8 : Schéma descriptif du système ILS.

- ✓ Le Localizer (LOC ou LLZ), qui fournit le guidage latéral, produit un axe radioélectrique constitué par l'intersection de deux lobes de rayonnement d'antennes d'amplitudes égales. Un des lobes est modulé par du 90 hertz et l'autre par du 150 hertz. L'alignement de piste (Course Line ou CL) est le plan vertical où les modulations de 90 hertz et de 150 hertz sont égales. [*]

CHAPITRE III : INTEGRATION DU SYSTEME PV DANS LE SYSTEME EXISTANT

- ✓ Les signaux reçus par le récepteur de bord produiront une indication « aller à droite » (Fly Right) pour le pilote quand l'avion est à la gauche de l'alignement de piste dans la région où le 90 Hz est prédominant. De la même façon une indication « aller à gauche » (Fly Left) pour le pilote quand l'avion est à droite de l'alignement de piste dans la région où le 150 Hz est prédominant. [*]

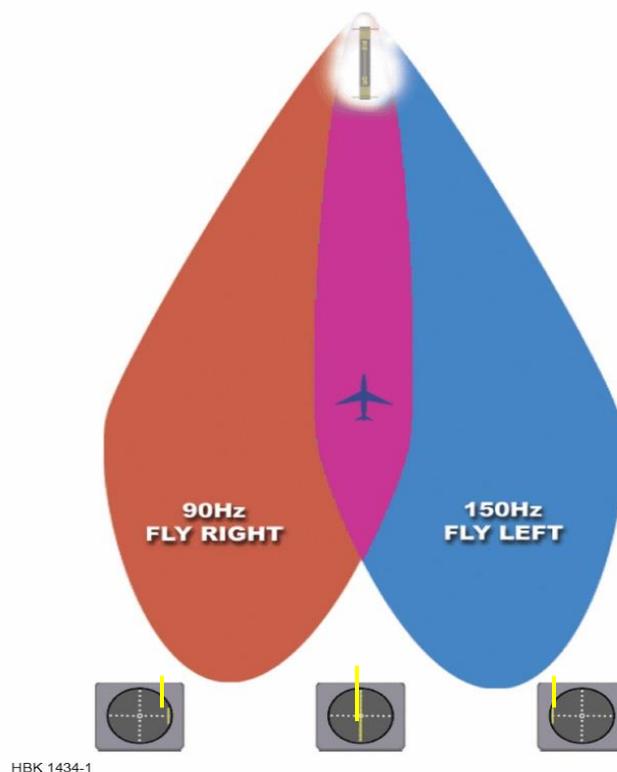


Figure III.9 : Principe du LOCALIZER. [**]

- ✓ Le Glide-Path (GP) fournit le guidage vertical en produisant un axe radioélectrique constitué par l'intersection de lobes de rayonnement d'antennes dans le plan vertical, L'angle de descente est le plan où les modulations de 90 hertz et de 150 hertz sont égales. [***]

* Manuel technique THALES, ILS 420 système d'aide à l'atterrissage, LOCALIZER 421 radiophare d'alignement de piste, partie 01 description de l'équipement, chapitre 01 généralité page 1-1, édition octobre 2003.

** Manuel de Formation INDRA, NORMARC 7000B ILS INSTRUMENT LANDING SYSTEM, page 25.

*** Manuel technique THALES, ILS 420 système d'aide à l'atterrissage, GLIDE PATH 421 radiophare d'alignement de descente, partie 01 description de l'équipement, chapitre 01 généralité page 1-1, édition octobre 2003

CHAPITRE III : INTEGRATION DU SYSTEME PV DANS LE SYSTEME EXISTANT

- ✓ Au-dessous de l'angle de descente le 150 Hz prédomine donnant une indication « monter » (Fly Up) au pilote. Au-dessus de l'angle de descente le 90 Hz prédomine donnant une indication « descendre » (Fly Down) au pilote. [*]
- ✓ Le Glide-Path est situé environ 300 m derrière le seuil de piste pour procurer une hauteur de franchissement du seuil de 15 à 18 m. L'angle de fonctionnement du Glide-Path est généralement 3°. [*]

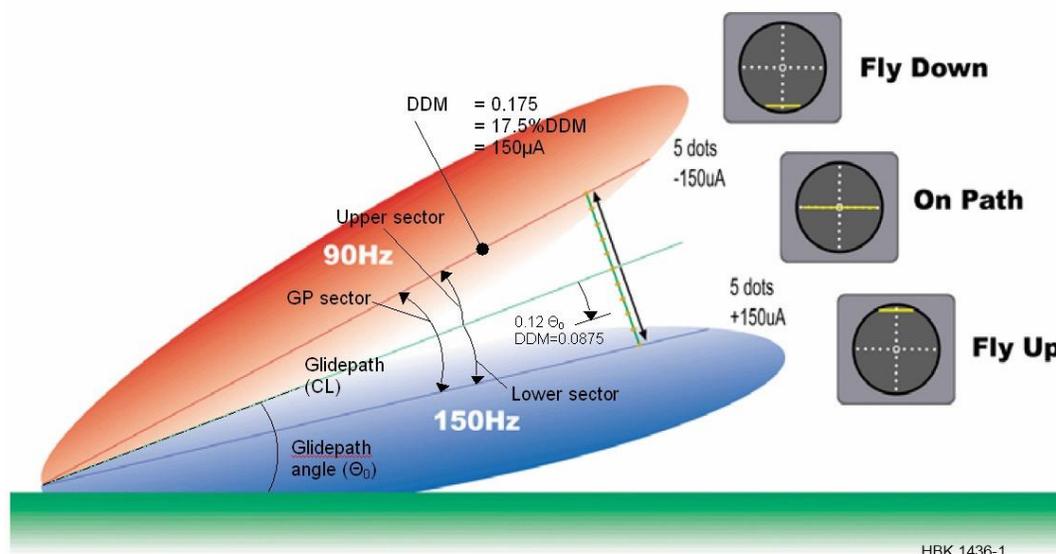


Figure III.10 : Principe du GP. [**]

Le système des radio balise (Marker Beacon, MB) comprend 2 ou 3 marqueurs produisant un rayonnement conique vertical

III.3.1.1 Outer Marker:

- La fonction « du marqueur externe » situé entre 4 à 7 NM du seuil de piste, est normalement de signaler le début de la descente. Le rayonnement est du type modulation d'amplitude modulé par une tonalité de 400 hertz manipulée par des tirets à une vitesse de deux tirets par seconde et fait clignoter une lumière bleue sur le tableau de bord. [**]

* Manuel technique THALES, ILS 420 système d'aide à l'atterrissage, GLIDE PATH 421 radiophare d'alignement de descente, partie 01 description de l'équipement, chapitre 01 généralité page 1-1, édition octobre 2003

** Manuel de Formation INDRA, NORMARC 7000B ILS INSTRUMENT LANDING SYSTEM, page 25.

CHAPITRE III : INTEGRATION DU SYSTEME PV DANS LE SYSTEME EXISTANT

III.3.1.2 Middle Marker :

- « Le marqueur intermédiaire », nominalement situé à 150 m du seuil de piste, alerte le pilote du fait qu'en Catégorie I (CAT I) la hauteur de décision a été atteinte. Le rayonnement est du type modulation d'amplitude modulé par une tonalité de 1300 hertz manipulée alternativement par des points et des tirets, les points manipulés à une vitesse de 6 points par seconde et les tirets manipulés à la vitesse de deux tirets par seconde et fait clignoter une lumière ambre sur le tableau de bord. [*]

III.3.1.3 Inner Marker :

- Quelques systèmes ILS peuvent être fournis équipés d'un Inner Marker (IM) qui est utilisé pour signaler que la hauteur de décision en Catégorie II (CAT II) a été atteinte. L'Inner Marker est normalement situé à une distance de 75 m à 45 m du seuil d'atterrissage. La modulation est à 3000 Hz manipulée par des points à la vitesse de 6 points à la seconde et fait clignoter une lumière blanche sur le tableau de bord. [*]

⇒ Tous les éléments de l'ILS sont soigneusement surveillés, et tout défaut de fonctionnement produit un signal d'alarme afin d'alerter le contrôleur, l'ILS est automatiquement coupé si le système ne fonctionne pas correctement. [*]

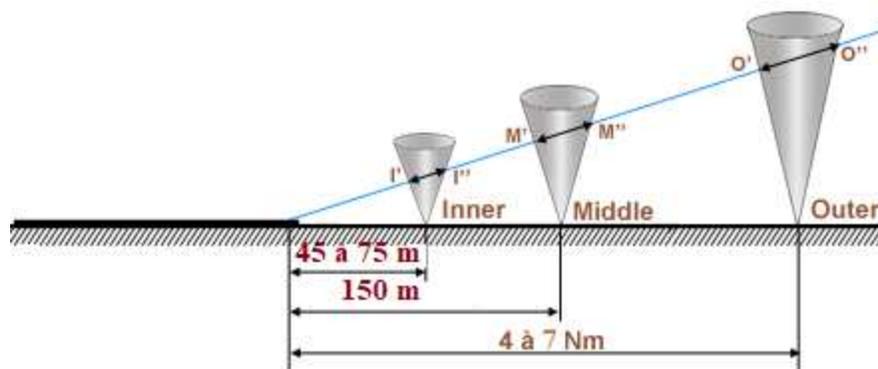


Figure III.11 : Les radiophares MARKERS.

CHAPITRE III : INTEGRATION DU SYSTEME PV DANS LE SYSTEME EXISTANT

III.3.2 Description du système VOR :

- VOR acronyme de ‘VHF Omnidirectional Range’ est un système de positionnement à courte et moyenne distance utilisé en navigation aérienne, et fonctionnant dans la plage des fréquences VHF. Il fut adopté par l'OACI dès 1960. [*]
 - Le récepteur à bord permet de connaître de façon continue et visuelle le relèvement magnétique (QDR) de l'aéronef par rapport à une station sol et de suivre une route magnétique en rapprochement ou en éloignement par rapport à cette balise.
 - Les VOR travaillent dans la gamme de fréquences de 108 à 117.95MHz
 - Il existe deux types de VHF Omnidirectional Range : [**]
- a) Les T-VOR ou Terminal VOR sont des balises servant aux approches des aérodromes. Elles travaillent sur la bande 108 à 111,95MHz. L'espacement entre deux canaux est de 50KHz ou 150KHz la première décimale étant toujours paire 108,00MHz - 108,05MHz - 108,20MHz - 108,25 MHz - 108,40MHz etc.

Les décimales impaires étant utilisées pour le système d'atterrissage ILS (localizer).

- b) Les balises VOR des voies aériennes travaillent sur la bande 112 à 117.95MHz, la séparation entre deux canaux est de 50KHz. Leur fonctionnement peut être en mode conventionnel les CVOR ou à effet DOPPLER les DVOR.

Ce qui fait 160 canaux pour le système VOR et 40 canaux pour le système ILS.

- Différence entre CVOR et DVOR :
- ✓ Le VOR Doppler offre une qualité de signal et de précision supérieur au VOR conventionnel. [**]
 - ✓ Un VOR Doppler possède 48 ou 51 antennes disposées autour d'une antenne centrale, sur un cercle de 6,8 mètres de rayon, par contre le CVOR qui a une antenne tournante et trois antennes superposées pour générer le diagramme de rayonnement. [*]

* Manuel technique THALES, DVOR 432, radiophare omnidirectionnel VHF, partie 01 description de l'équipement, chapitre 01 généralité page 1-1, édition janvier 2004.

** site internet : <https://www.avionnaire.fr>

CHAPITRE III : INTEGRATION DU SYSTEME PV DANS LE SYSTEME EXISTANT

- ✓ La différence entre CVOR et DVOR n'est pas reconnue à bord, nous n'avons donc pas besoin de deux récepteurs VOR différents. Le DVOR produit exactement le même résultat. Le récepteur ne sait pas qu'il s'agit d'un DVOR, contrairement au CVOR qu'il reçoit et fonctionne normalement. [*] La différence réside dans les équipements au sol (génération de signal et antennes). [**]
- ✓ De façon très simplifiée, imaginez maintenant un VOR classique mais sans antenne rotative. A la place, un système électronique complexe simule, par modulation d'espace, une petite antenne omnidirectionnelle qui se déplacerait très vite sur un rail virtuel formant un cercle de 13,4 mètres de diamètre, pour effectuer 30 tours par seconde. Selon l'effet Doppler, un récepteur distant va alors voir la fréquence de la porteuse augmenter quand l'antenne vient vers lui et diminuer quand elle s'en éloigne. [***]

Note : Aucun système mécanique ne pourrait permettre le déplacement physique d'une antenne sur un cercle, à pareille vitesse. [*]**



Antenne
DME

Figure III.12 : Le DVOR/DME (ALR) d'aérodrome d'Alger

* Site internet : <https://aviation.stackexchange.com>.

** Site internet : <https://www.airnav.eu>.

*** Section Instruction – IVAO™ division France, LE VOR, Edition septembre 2011, page 05.

CHAPITRE III : INTEGRATION DU SYSTEME PV DANS LE SYSTEME EXISTANT

III.3.3 Description du système DME :

Le DME est un équipement de radionavigation, comprenant un élément interrogateur embarqué et, au sol, un élément répondeur « une balise », généralement associé à un VOR ou un ILS. Il donne une information de distance oblique en milles nautiques par rapport à la balise au sol grâce à la mesure de temps de réponse. Un calculateur intégré au DME embarqué permet également d'obtenir la vitesse sol de l'avion en nœuds et le temps en minute pour rejoindre la station. En passant à la vertical d'une station DME, l'instrument indique l'altitude au-dessus de la balise. [*]

Le DME fonctionne dans la gamme des fréquences UHF entre 962 et 1150 MHz pour l'interrogation et entre de 962 et 1213 MHz pour la réponse. L'espacement entre deux canaux est de 1 MHz et pour éviter les interférences entre interrogation et réponse, les fréquences d'interrogation (avion) et réponse (station sol) diffèrent de 63 MHz. [**]

Le DME a été défini dans le document ICAO Annexe 10, comme un système radio civil d'aide à la navigation aérienne avec couverture omnidirectionnelle à court et moyen rayon.

Actuellement on peut considérer qu'il existe deux types d'installation de DME : [**]

a) - DME/N : ce système répond principalement aux exigences opérationnelles de la navigation en route. La lettre N ("Narrow") signifie spectre étroit.

b) - DME/P : ce système est développé pour être utilisé avec un système d'atterrissage MLS. Les caractéristiques de spectre sont les mêmes que celles du DME/N. Le P signifie : mesure précise de la distance.

- La distance est déterminée en mesurant le retard de propagation d'une impulsion RF émise par le transmetteur (interrogation) de l'aéroplane et reçue sur fréquence inadaptée, comme réponse de la station de terre. [***]
- L'intervalle de temps qui s'écoule entre l'envoi de l'interrogation et la réception de la réponse fournit à l'aéroplane l'information de distance réelle de la station de terre ; une telle information peut être lue directement sur l'indicateur de bord, du pilote ou du navigateur. [***]

* Etude d'un système technique, B.T.S ELECTRONIQUE, session 2004, dossier technique, page 04.

** Site internet : <http://www.avionnaire.fr>.

*** Section Instruction – IVAO™ division France, LE DME, Edition septembre 2011, page 01.

CHAPITRE III : INTEGRATION DU SYSTEME PV DANS LE SYSTEME EXISTANT

Note 01 : Tout d'abord il faut savoir que les DMEs sont, en général, aux mêmes endroits que les stations VOR. Les DMEs permettent de donner la distance entre l'aéronef et l'antenne DME. Couplée à un VOR celui-ci permet de connaître la position exacte de l'aéronef ; avec le VOR on obtient la radiale de l'aéronef par rapport à la balise VOR/DME et avec le DME on obtient la distance toujours par rapport à la balise VOR/DME.

Note 02 : dans notre cas on va prendre l'ILS comme un exemple pour faire notre première installation des panneaux solaires photovoltaïques, parce que le DVOR/DME est situé dans une zone très sensible qui est la zone X, ou d'autre façon la zone d'intersection des deux pistes, donc la réflexion des rayons solaires aura pu gêner les pilotes d'avions pendant les phases de décollage ou d'atterrissage.

III.4 Le choix du type d'ILS :

Le DAAG possède 2 types d'ILS :

- ILS INDRA.
- ILS THALES.

Bien sûr, on ne va pas prendre les deux systèmes, il faut choisir l'un des deux, sachant que les deux systèmes ont le même principe de fonctionnement et donnent la même information, sauf qu'il y a quelques différences au niveau des équipements, le tableau ci-dessous les déduit.

CHAPITRE III : INTEGRATION DU SYSTEME PV DANS LE SYSTEME EXISTANT

Tableau III.1 : Tableau comparatif entre l'ILS INDRA et THALES.

	INDRA	THALES
Nombre des systèmes d'antennes LOCALIZER	4 systèmes d'antennes : 1. 12 antennes. 2. 16 antennes. 3. 20 antennes. 4. 24 antennes. Où chaque antenne contient 7 dipôles.	3 systèmes d'antennes : 1. 12 antennes. 2. 13 antennes. 3. 21 antennes. Où chaque antenne contient un (1) dipôle.
Nombre d'antenne GLIDE PATH	3 systèmes d'antenne : 1- Nul-référence : 2 antennes. 2- Sideband référence : 2 antennes. 3- M-array : 3 antennes. Où chaque antenne contient 1 dipôle.	2 systèmes d'antenne : 1- Le système F1, ce dernier contient 2 types : a- Référence 0 : 2 antennes. b- Type B : 3 antennes 2- Le système F2 : 3 antennes. Où chaque antenne contient 1 dipôle.
Logiciel	RMM Fonctionne avec le windows XP, 7, 8	ADRACS Fonctionne avec windows
Type de câblage	Cable coaxial	Cable coaxial
Puissance	945W (LLZ=660W,GP=285W)	800W (LLZ=400W, GP=400W)
Baie	<ul style="list-style-type: none"> • Transmission doublée – Normal / Secours • Moniteurs doublés • RMS • Afficheur numérique • 3 interfaces pour PC Permet tous les réglages des émetteurs et des moniteurs <ul style="list-style-type: none"> • Baie pivotante sur charnières • Accès facile aux éléments situés à l'arrière • Montage au mur sur un cadre support • Tension 27 V 	<ul style="list-style-type: none"> • Transmission doublée – Normal/secours • Moniteurs doublés • LRCI interface de communication à distance/local • Afficheur numérique • 2 interfaces pour pc • Baie non pivotante (style armoire). • Accès un peu difficile aux éléments situé à l'arrière. • Montage sur terre. • Tension 54 V (+-15%)

CHAPITRE III : INTEGRATION DU SYSTEME PV DANS LE SYSTEME EXISTANT

Notes 01 : le choix de système et de nombre d'antenne s'effectue selon la topographie du terrain ou la présence d'obstacles près de la piste.

Note 02 : (cas des équipements INDRA) deux versions du réseau de 12 antennes existent. Un en fonctionnement monofréquence et l'autre en fonctionnement bi-fréquence (avec signal clearance). Les réseaux 16, 20 et 24 éléments fonctionnent uniquement en bi-fréquence (incluant le signal clearance). [*]

⇒ **D'après les résultats du tableau et les caractéristiques suivantes, on a choisi l'ILS INDRA.**

Quelque caractéristique d'ILS INDRA :

- ✓ La dernière technologie disponible.
- ✓ Meilleures performances du signal dans l'espace.
- ✓ Extrêmement fiable avec un design robuste
- ✓ Famille d'antennes la plus large

III.5 Alimentation ILS :

D'après ce qu'on a déjà vu dans le 2^{ème} chapitre, le service balisage reçoit de l'énergie de la part de la direction des énergies (D1), qui est le distributeur principal de l'énergie dans tout l'aérodrome d'Alger. L'énergie reçue est de 10 KV (10000V), donc ça va passer par un amplificateur abaisseur pour obtenir les 230V qu'on a besoin, ensuite le service balisage envoie cette énergie aux équipements.

CHAPITRE III : INTEGRATION DU SYSTEME PV DANS LE SYSTEME EXISTANT

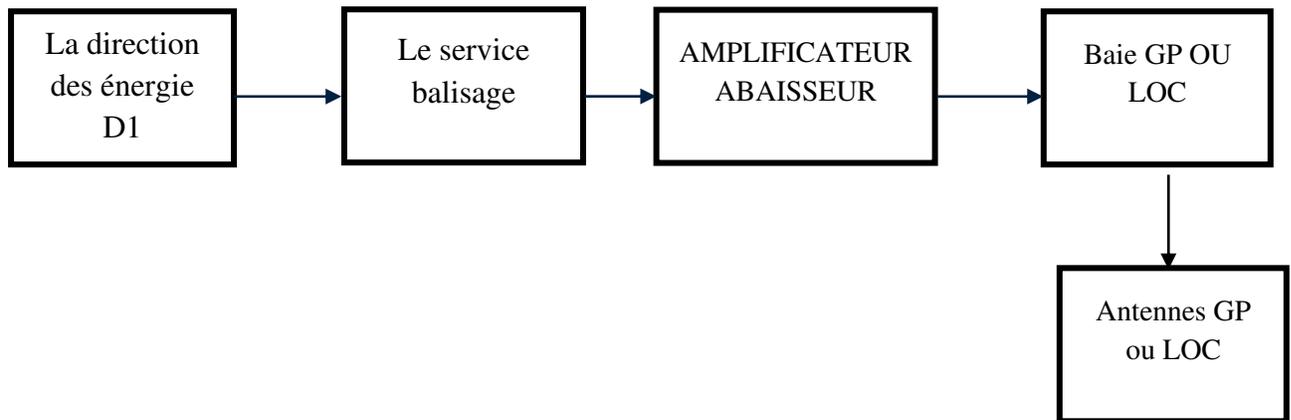


Figure III.13 : Schéma descriptif du système d'alimentation ILS.

L'alimentation du système ILS se fait au niveau de la baie à l'aide d'un bloc d'alimentation (PSU : Power Supply Unit), et des sous-systèmes batteries.

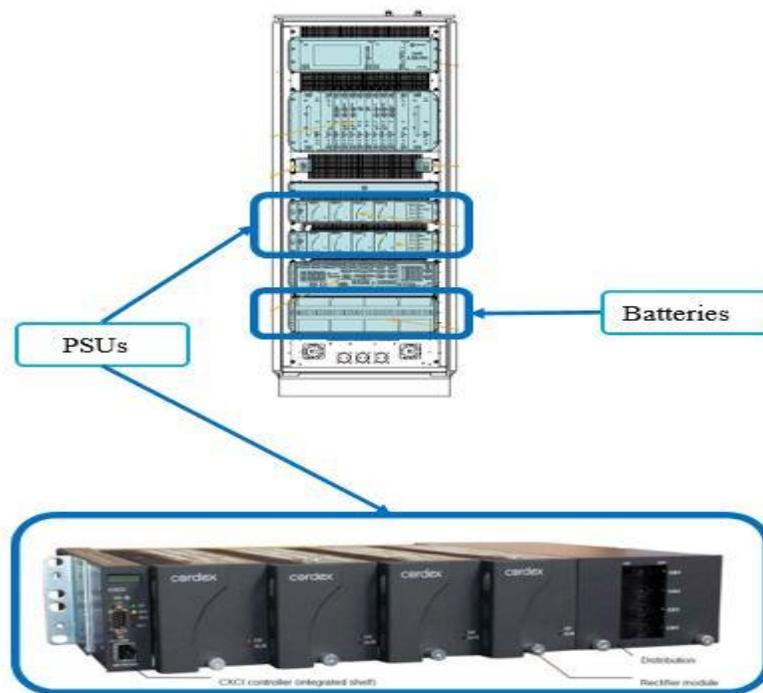


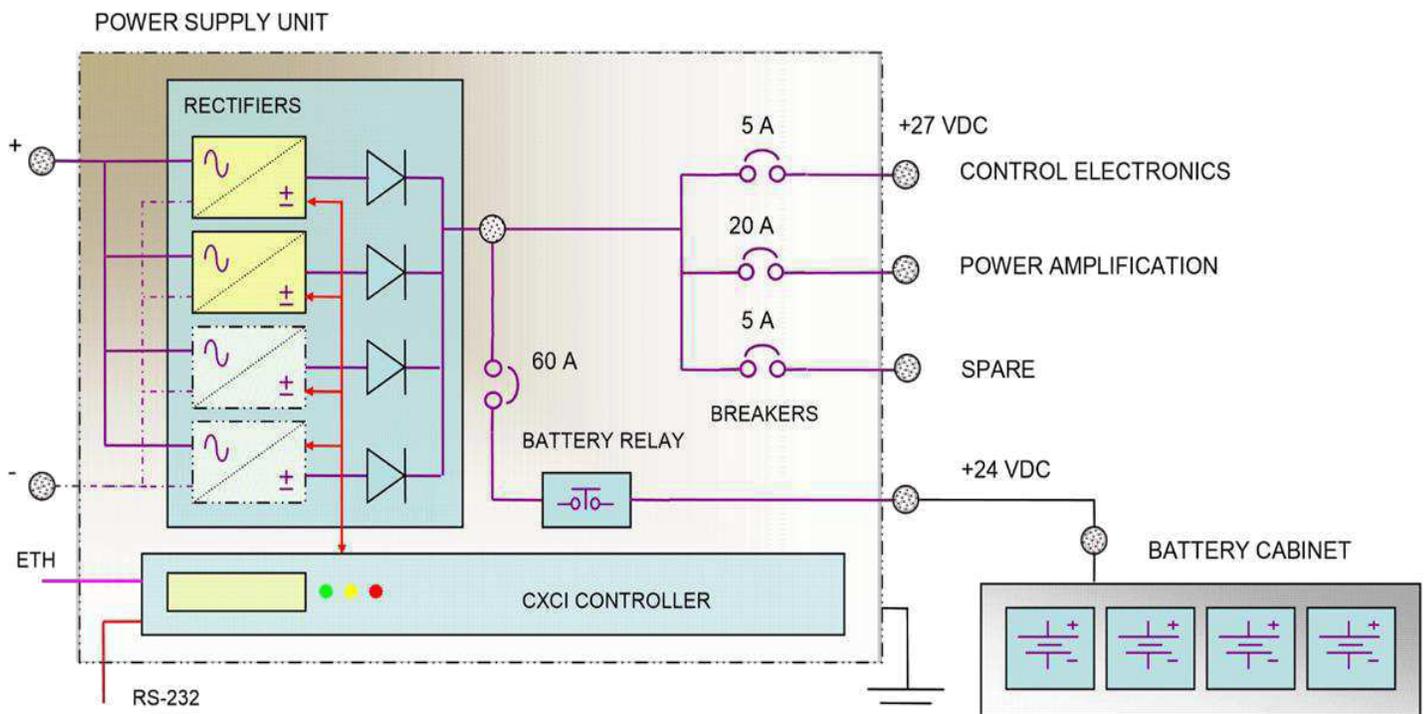
Figure III.14 : Bloc d'alimentation ILS et les sous-systèmes batteries. [*]

CHAPITRE III : INTEGRATION DU SYSTEME PV DANS LE SYSTEME EXISTANT

III.5.1 Les sous-systèmes PSU :

Le bloc d'alimentation est composé de :

- Une redondance AC : chaque module PSU fonctionne avec 2 source AC.
- Une alimentation indépendante pour chaque émetteur (TX)
- Jusqu'à 4 redresseurs CXRC 24-400W redondants et démontable à chaud.
- Un relais de coupure basse tension batterie.



- Un contrôleur CXCI et boîtier de distribution

Figure III.15 : Schéma électrique de PSU. [*]

III.5.2 Les caractéristiques du système d'alimentation :

⇒ Le redresseur CXRC :

- Puissance maximum 400 W.
- Disponible en 14 A à +27VDC.
- Universel 120/208 VAC à 240 VAC.
- Refroidissement par convection.
- Haut rendement et correcteur de facteur de puissance.
- Remplaçable à chaud, 2RU design ultra compact.
- Température fonctionnelle : -40°C à + 50°C.



Figure III.16 : Redresseur CXRC [*]

⇒ Contrôle PSU :

- Contrôle et moniteur via Serveur Web.
- SNMP Intégré.
- Indicateurs à LEDs et afficheur LCD.
- Alarmes et paramètres du journal définissables par l'opérateur
- Définition des alarmes et des data par l'utilisateur.
- Fonctions de gestion de batterie flexibles.
- Communications haute fiabilité.
- Température fonctionnelle -40°C à + 65°C.



Figure III.17 : Le contrôle PSU.[*]

⇒ Les sous-systèmes batteries : [*]

- Option de charge avancée contrôlée par le PSU
- Les batteries fournissent l'énergie lorsque le secteur est coupé
- Batterie à Compensation de Température
- Temps de recharge court



Figure III.18 : Les sous-systèmes batteries.[*]

III.6 Conclusion :

Ce chapitre résume tout ce qu'on va faire dans les prochaines étapes de notre étude. Tout d'abord on a choisi le type de l'installation , ensuite l'équipement qu'on va utiliser pour étudier le comportement et les performances de nouveau système. C'est pour ça on va faire une simulation de ce système à l'aide de Simulink-MATLAB qui sera dans le dernier chapitre (chapitre V), mais avant ça on va faire un dimensionnement de notre système dans le chapitre suivant.

Chapitre IV :

Dimensionnement et
études des gains.

IV.1 Introduction :

En aéronautique, Il faut respecter les normes et les recommandations c'est pour cela que l'étude d'existence sera obligatoire pour bien exploiter notre plateforme aéroportuaire.

Ce chapitre contient trois parties, l'étude d'existence suivi par le dimensionnement avec le logiciel PVSYST et les résultats du dimensionnement et enfin les couts de cette installation.

IV.2 Etude d'existence :

Cette partie est la plus importante dans notre travail, c'est la conclusion du 2ème chapitre. Après avoir fait l'étude de l'infrastructure de l'aérodrome DAAG qu'on peut le diviser en deux parties principales, on les a nommées : « la partie bâtiment et la partie surface libre ».

IV.2.1 La partie bâtiment :

Cette partie on va l'éliminer totalement à cause de leurs utilisations, c'est la partie où se trouve les aérogares, les parkings avion, salon d'honneur, station hélico ... généralement c'est la partie qu'on ne peut pas changer.

IV.2.2 La partie de surface libre :

On est concerné par cette partie car elle est libre et on ne va pas influencer sur les procédures d'opérations au niveau d'aérodrome (Atterrissages/décollages et plan de servitude), mais il faut respecter tous les normes et recommandations « OACI ». Donc pour cette raison que la 2ème partie contient trois zones différentes :

- ↳ Zone en rouge : zone interdite à cause des raisons de réglementation cette zone représente la bande de piste (la bande de piste et de 3620*300 m² pour la 05/23 et 3930*300 m² pour la 09/27) et la zone ou l'intersection des deux pistes.
- ↳ Zone en vert : zone utilisable, elle ne cause aucun problème, cette zone représente les parkings auto (parking T1 principale, parking T4) et les espaces vertes (les ilots piste 09/27) entre les voies de circulations.
- ↳ Zone jaune : cette zone a des incertitudes, elle est libre mais elle est trop proche de la bande de piste, elle contient aussi le chemin de ronde.

IV.3 Dimensionnement :

IV.3.1 Présentation de logiciel de dimensionnement PVSYST :

« **PVSYST** » est un logiciel conçu pour être utilisé par les architectes, les ingénieurs et les chercheurs, mais aussi un outil pédagogique très utile. Il inclut une aide contextuelle approfondie, qui explique en détail la procédure et les modèles utilisés et offre une approche économique avec guide dans le développement d'un projet. PVSYST permet d'importer des données météo d'une dizaine de sources différentes ainsi que des données personnelles [*].

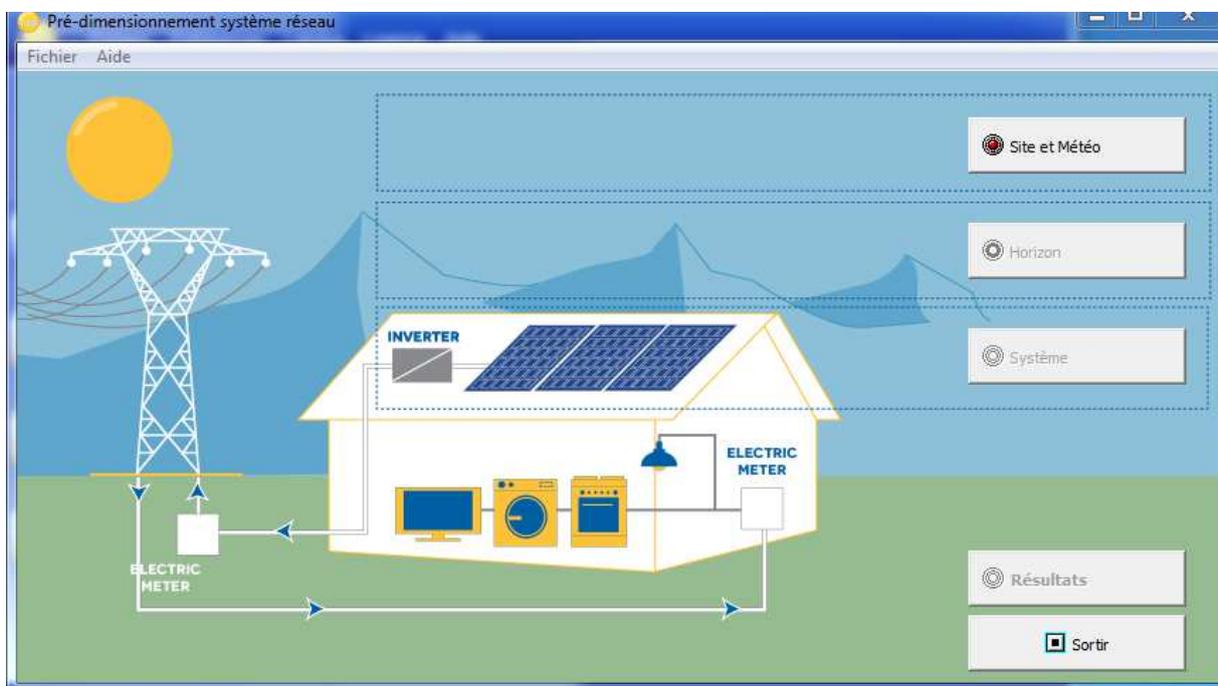


Figure IV.2 : Logiciel PVSYST

IV.3.2 Conception du system PVSYST :

La conception du système est basée sur une procédure rapide et simple :

- ✓ Spécifier la puissance désirée ou la surface disponible.
- ✓ Choisir les modules PV dans la base de données interne.
- ✓ Choisir l'onduleur dans la base de données interne.

Le PVSYST à quatre sections de dimensionnement :

- ✓ Le prédimensionnement.
- ✓ Conception du projet.
- ✓ Base de données.
- ✓ Outils.

Chaque section à deux types de dimensionnement :

- ✓ Type isolé avec des batteries.
- ✓ Type couplé au réseau.

Notre choix est le 2ème types « couplé au réseau », à cause des raisons économiques et les limitations de notre infrastructure aéroportuaire (les batteries ont une courte durée de vie plus leurs prix qui est trop élevé et aussi elles prennent une surface immense). La figure représente le schéma de l'installation PV couplé au réseau.

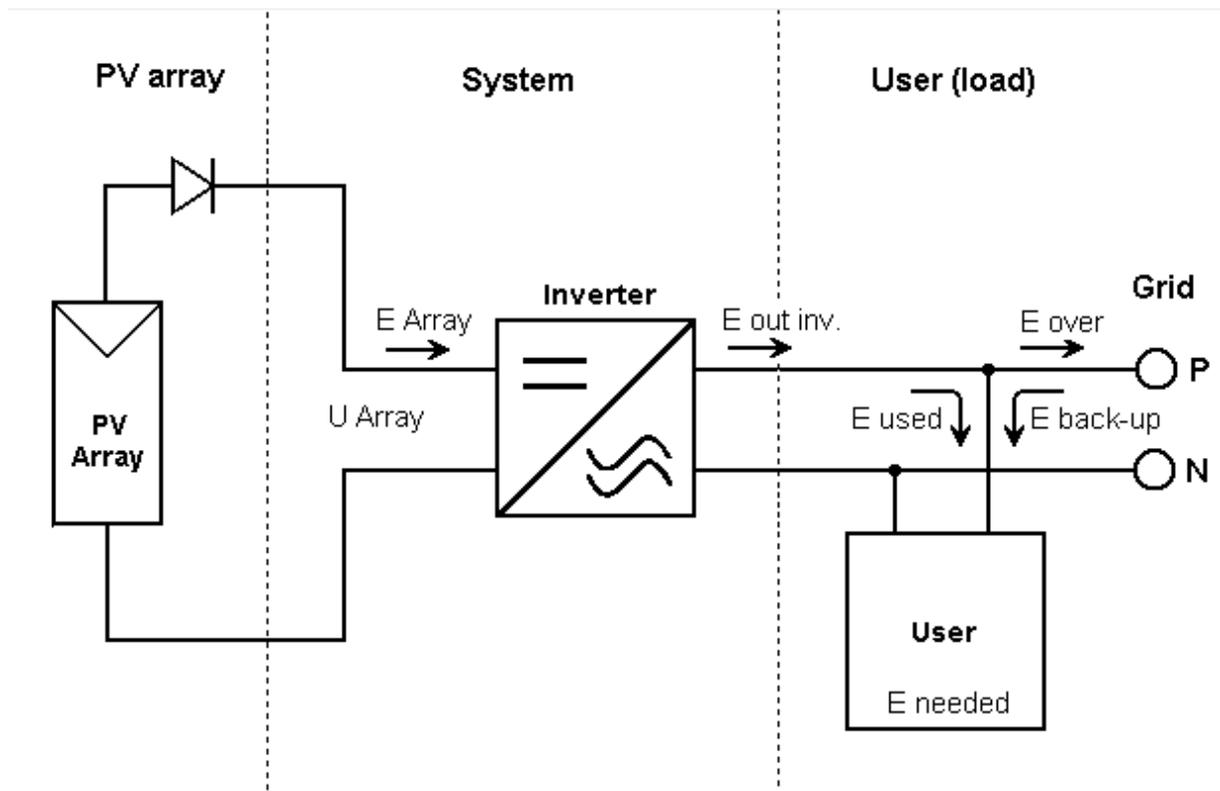


Figure IV.3 : Schéma simplifié d'une installation PV couplé au réseau.

IV.3.3 Simulation du dimensionnement :

IV.3.3 .1. Le prédimensionnement :

Est une étape se fait avant la conception du projet pour établir à peu près les surfaces qui couvrent nos besoins.

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT ET ETUDES DES GAINS



Figure IV.4 : Le prédimensionnement.

↳ Les résultats du prédimensionnement :

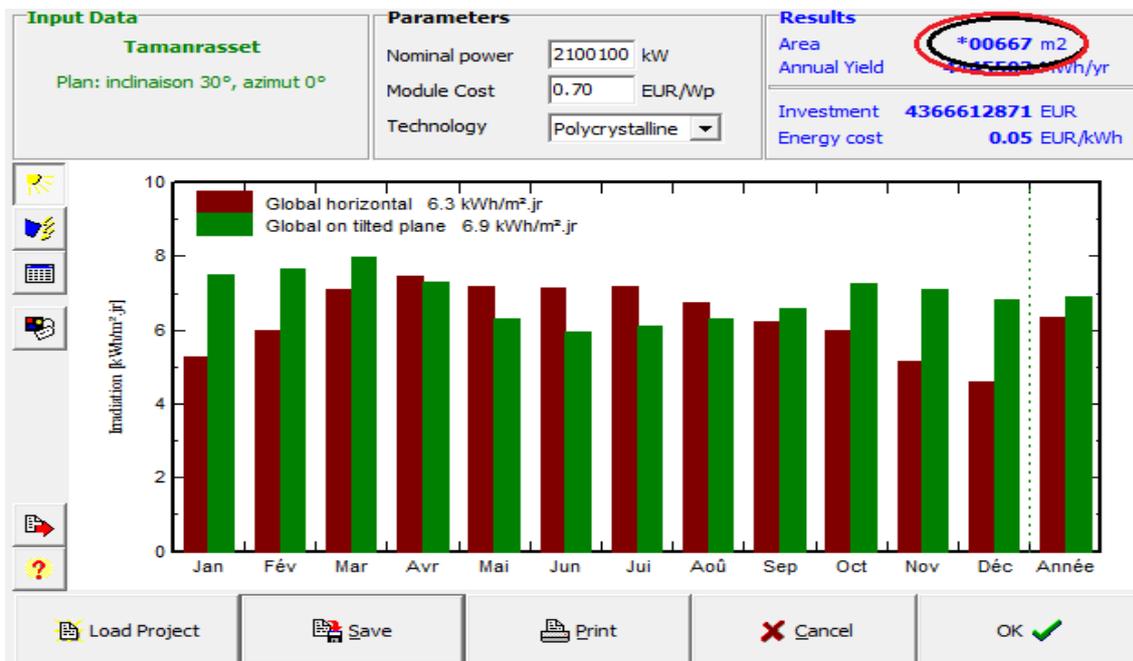


Figure IV.5 : Les résultats du prédimensionnement.

⇒ La surface afficher sur l'écran est de 100667 m².

IV.3.3.2. Conception du projet :

C'est le dimensionnement avec les données réelles qu'on a :

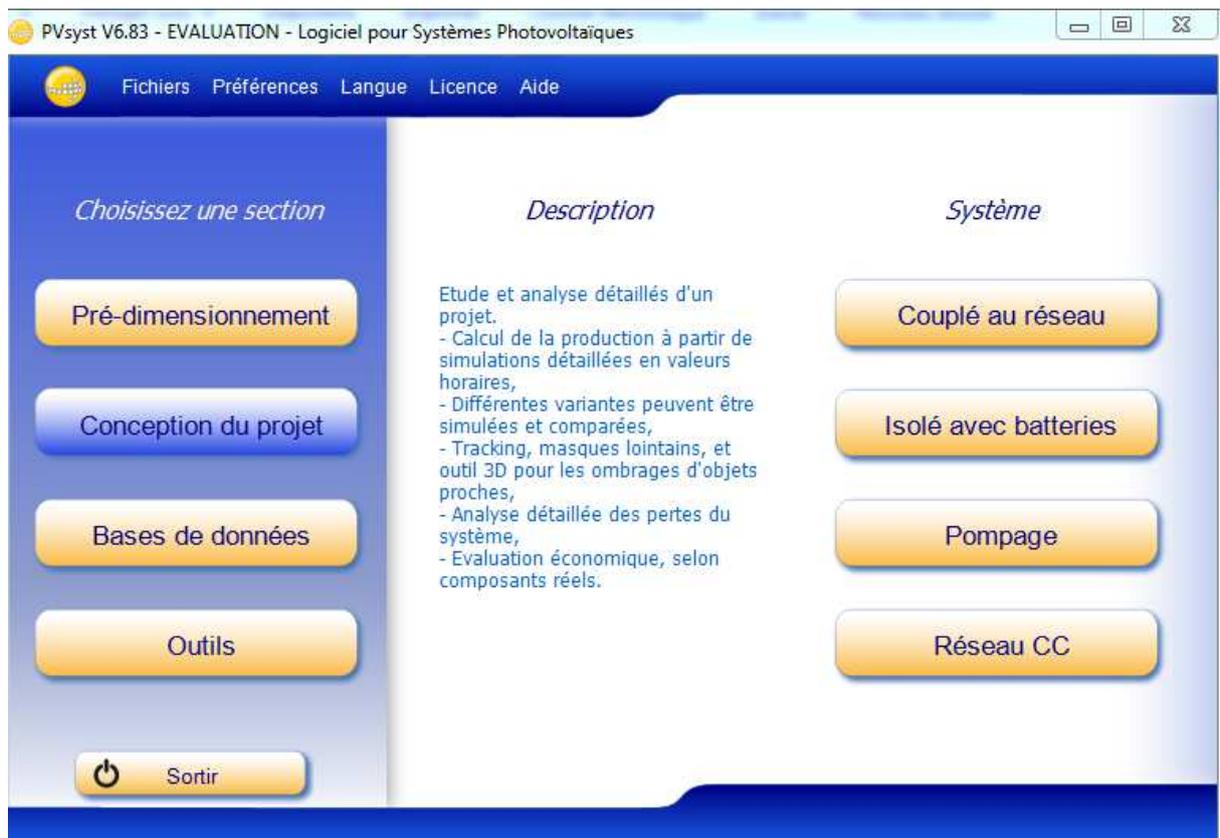


Figure IV.6 : Dimensionnement réel.

IV.3.3.2.1 Les étapes à suivre dans conception du projet :

1. Le choix du site sur le system :

- ✓ Le site étudié est l'aéroport international d'Alger, situé à 36.72° N latitude, de Longitude 3.25° E et d'altitude 22m.
- ✓ Le temps légal suivant Fus. Horaire TU+1
- ✓ L'albédo est de 0.20.
- ✓ Données météo obtenus par le système PVSYST V6.83 Algiers Meteonorm 7.1 (1996-2010), Sat=100% - Synthétique

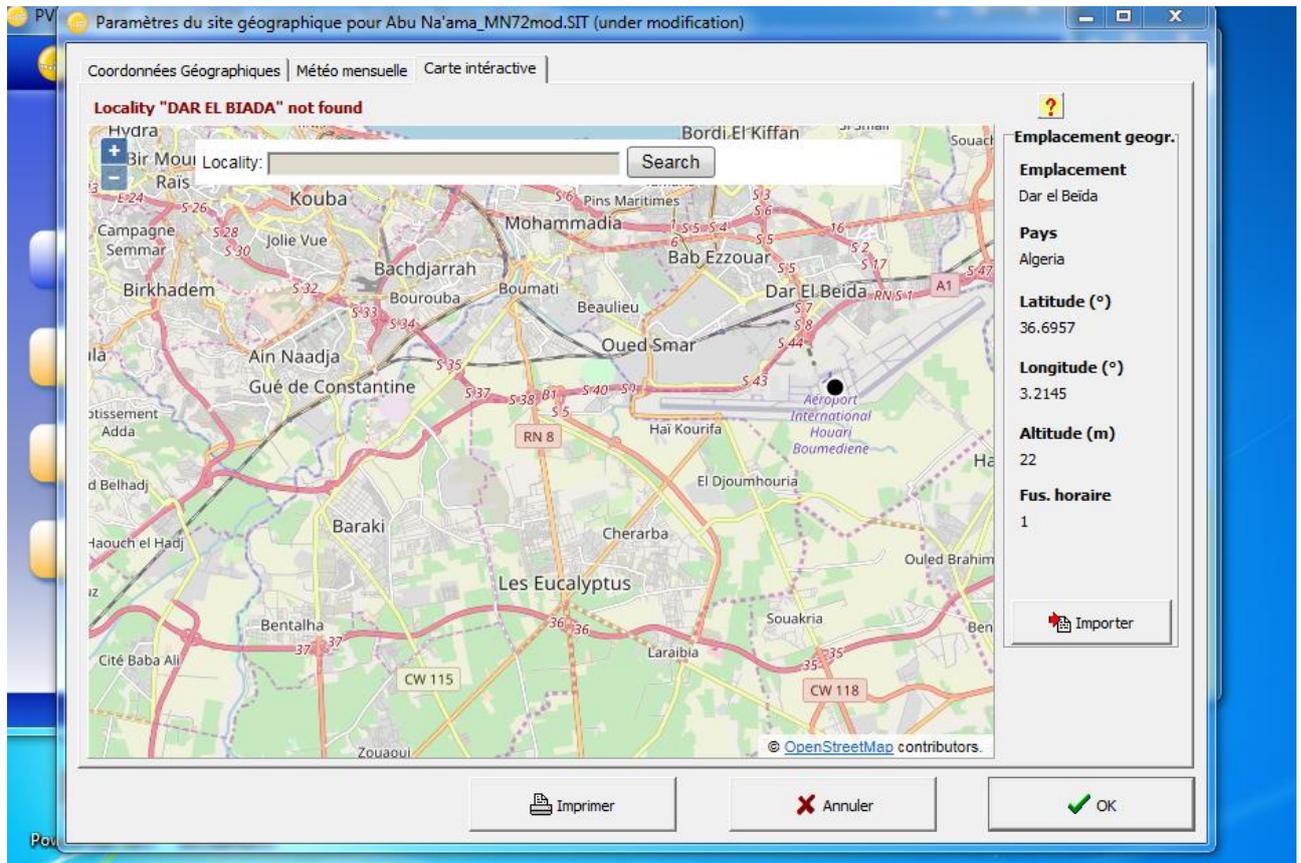


Figure IV.7 : Carte de coordonnées géographiques.

2. L'orientation des panneaux sur l'aérodrome :

Les capteurs plans sont inclinés à 30° vers le sud d'azimut 0 (cette valeur a été obtenue à cause de l'emplacement géographique de notre aérodrome par rapport l'Équateur).

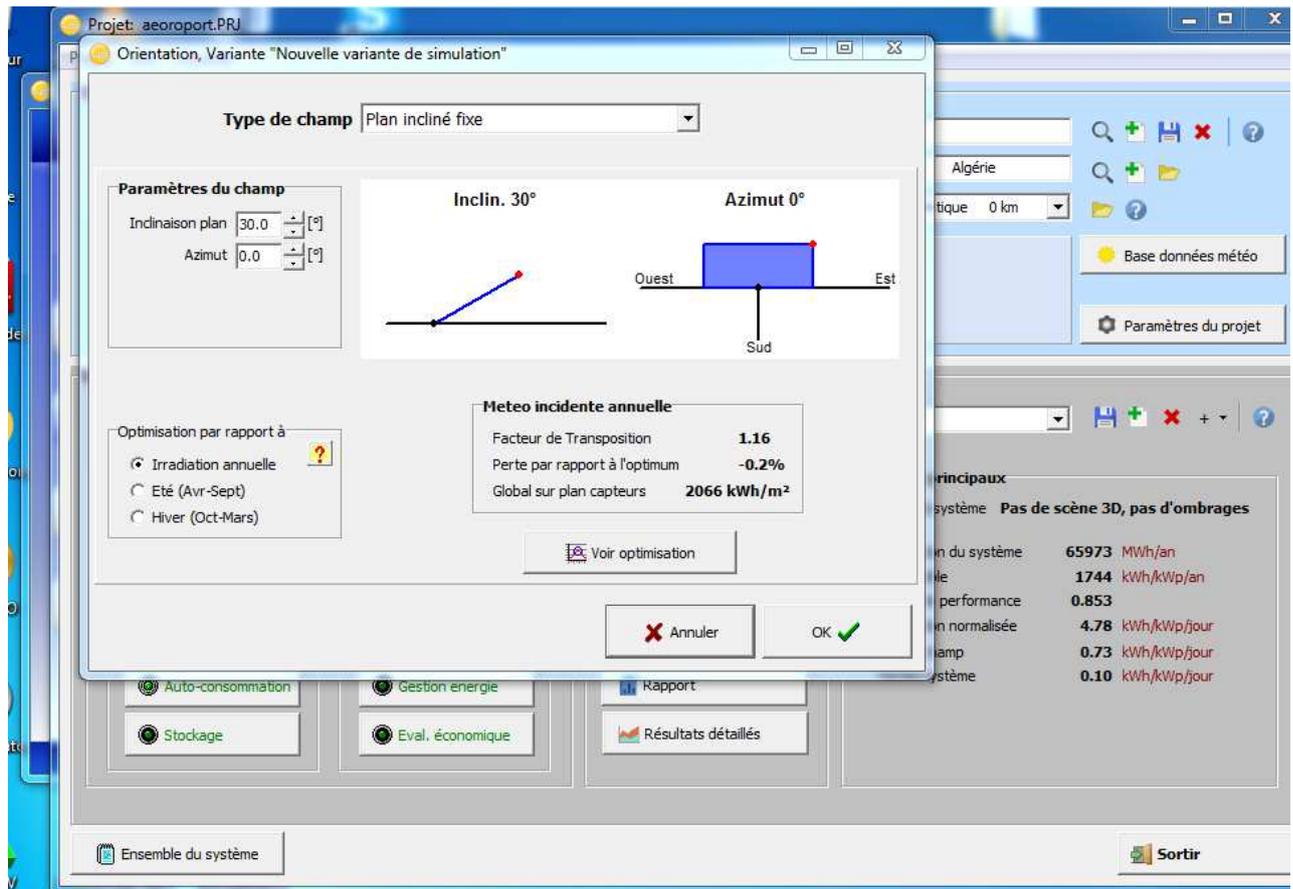


Figure IV.8 : Orientation variante.

3. Les paramètres d'entrer :

Ici on va présenter les caractéristiques principales qu'on a utilisé :

a) Module PV :

- ✓ Sont de types silicium monocristallins (Si-mono), Modèle JKM 280M-60-V
- ✓ Fabricant « Jinkosolar »
- ✓ Nombre de modules PV En série 23modules, En parallèle 2576 chaînes-
Nombre total de modules PV = 59248.
- ✓ Puissance unitaire 280 W.



Figure IV.9 : Panneau solaire modèle JKM 280M-60V

b) Onduleur utilisé :

- ✓ Modèle Sunny Central 2200 Fabricant SMABase
- ✓ Nombre d'onduleurs= 13 unités.



Figure IV.10 : Onduleur modèle SUNNY CENTRAL 2200.

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT ET ETUDES DES GAINS

Principaux paramètres système	Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs	inclinaison	30°	azimut 0°
Modules PV	Modèle	JKM 280M-60-V	Pnom 280 Wc
Champ PV	Nombre de modules	59248	Pnom total 16589 kWc
Onduleur	Modèle	Sunny Central 1000CP XT	Pnom 1000 kW ac
Batterie d'onduleurs	Nombre d'unités	13.0	Pnom total 13000 kW ac
Besoins de l'utilisateur	valeurs mensuelles	Global	22100 MWh/an

Figure IV.11 : paramètres dans le logiciel

c) La surface utilisable :

- ✓ Après faire un prédimensionnement on a conclu que la surface qui couvre nos besoins est de 97000m².

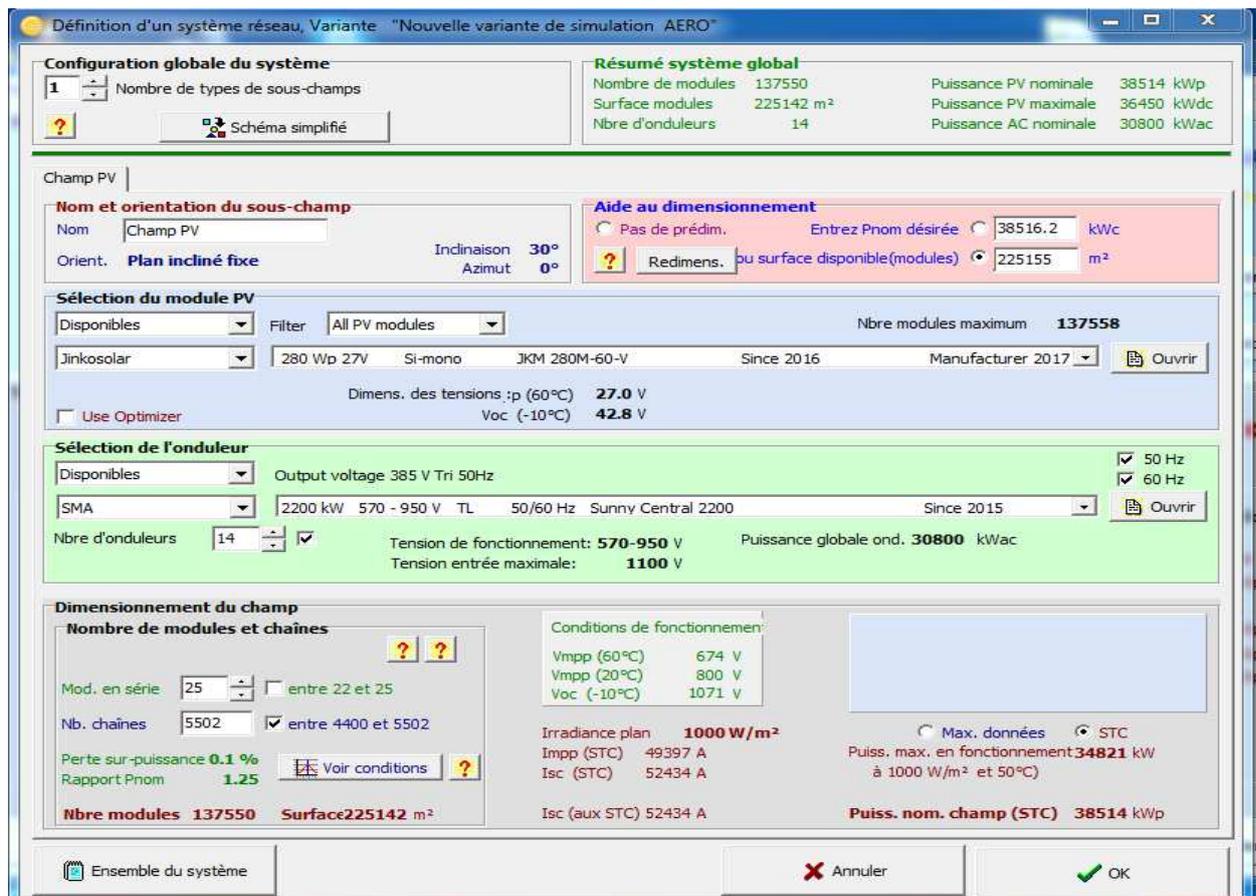


Figure IV.12 : Configuration du système dans PVSYSST.

4. L'exécution du system :

Après l'exécution on va obtenir un rapport final qui représente les résultats.

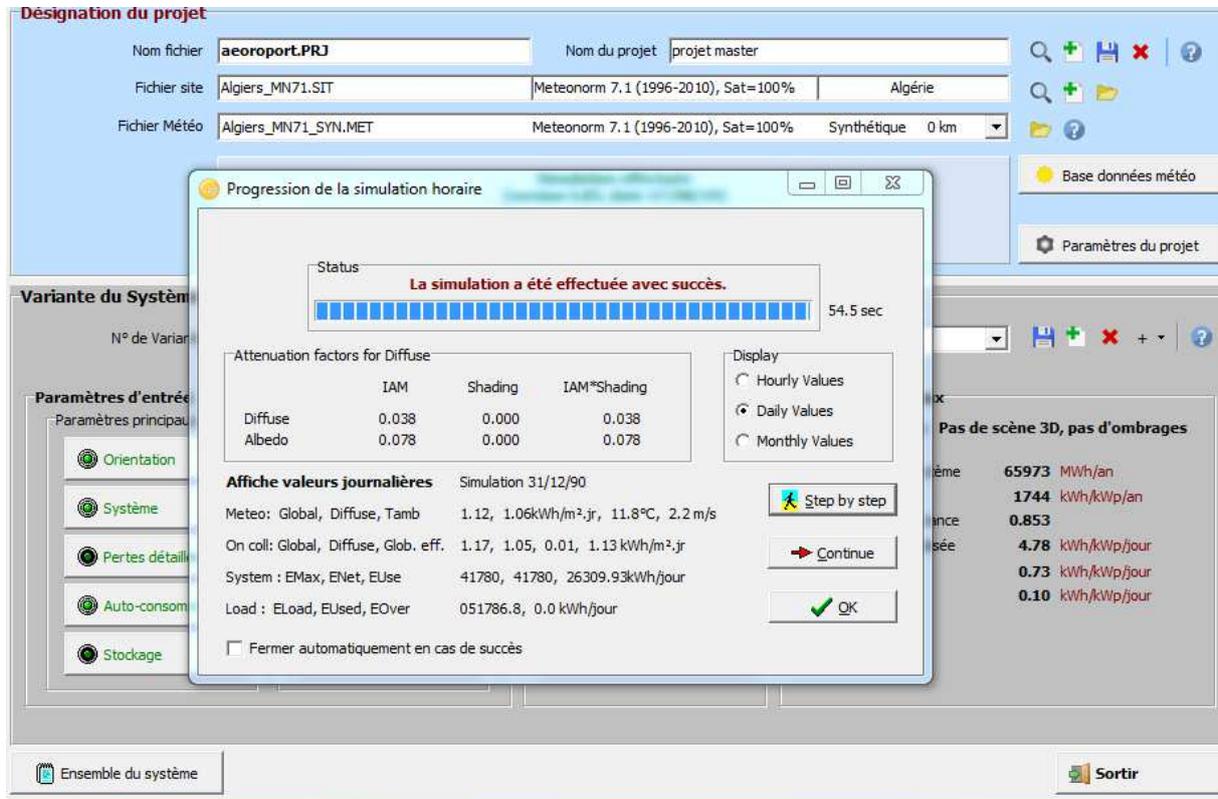


Figure IV.13 : Fin de la simulation.

Note : le rapport final contient quatre pages, il résume toutes les étapes précédentes. [*]

IV.3.3.2 Les résultats obtenus :

- ✓ Energie produite= 29137 MWh/an
- ✓ Energie injectée dans le réseau =19736 MWh/an

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT ET ETUDES DES GAINS

Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 16589 kWc

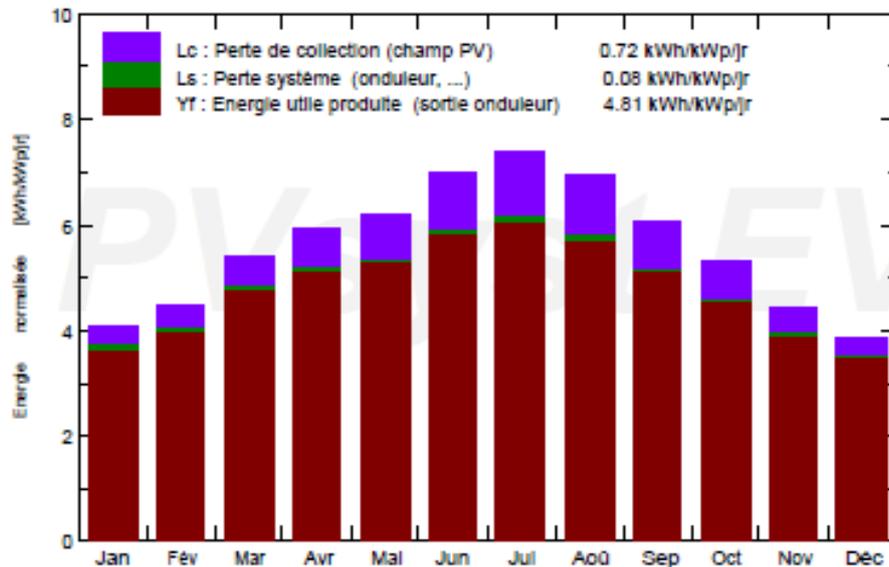


Figure IV.14 : La puissance produite.

Tableau IV.2 : Les résultats de la simulation.

Paramètres Mois	T_Amb (°C)	GlobInc (kWh/m ²)	GlobEff (KWh/m ²)	EArray (KWh)	E_User (kWh)	E_Solar (kWh)	E_Grid (kWh)
Janvier	10.23	126.2	123.2	1924417	1456216	498886	1394144
Février	10.99	124.8	121.5	1894829	1330323	524538	1340571
Mars	13.55	168.5	164.1	2498474	1398982	595392	1863365
Avril	15.49	177.5	172.4	2598702	1490388	680187	1877147
Mai	19.06	191.9	185.9	2771701	1374555	679608	2048757
Juin	22.90	209.7	203.3	2960541	1678395	843635	2071506
Juillet	26.08	229.2	222.6	3169306	2547813	1213528	1907217
Août	26.27	215.9	209.9	2993878	2955977	1333078	1614777
Septembre	22.99	183.0	178.3	2585562	2753695	1138688	1406959
Octobre	20.12	165.7	161.7	2387702	1911378	763500	1587240
Novembre	14.47	133.3	130.1	1989694	1596994	576887	1382151
Décembre	11.80	120.2	117.1	1823781	1605397	551939	1243123
Année	17.87	2045.8	1990.1	29598587	22100114	9399868	19736957

T_Amb : Température ambiante.

GlobInc : Global incident plan capteurs.

GlobEff : Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages.

EArray : Energie effective sortie champ.

E_User : Energie fournie à l'utilisateur.

E_Solar : Energie du soleil.

E_Grid : Energie injectée dans le réseau.

IV.4 Comparaison entre l'ancien système et le nouveau système :

On remarque que la courbe qui représente la puissance délivrée par le nouveau système est toujours supérieure à celle de l'ancien système (bilan réel 2018) sauf en mois d'août sont égales et en mois de septembre on perçoit que celle de l'ancien système devienne supérieure à la nouvelle à cause de conditions météorologiques et la surcharge dans cette période.

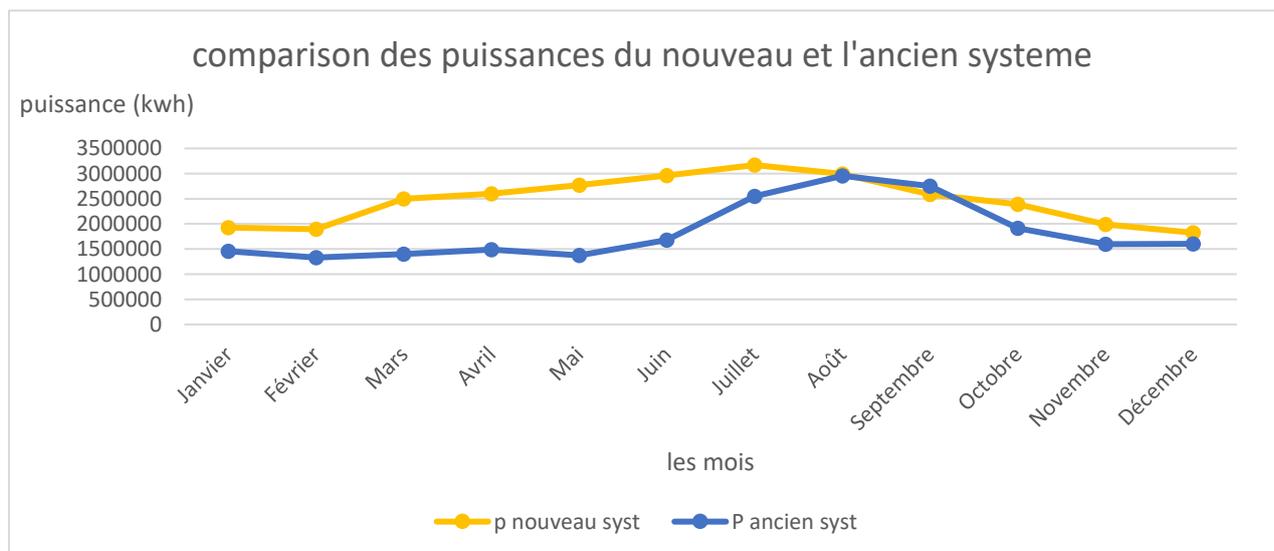


Figure IV.15 : Comparaison de puissance entre l'ancien et le nouveau système.

- **Discussion :**

Les résultats précédents montrent que le nouveau système donne à chaque mois des puissances plus élevées que l'ancien système, sauf dans le mois de septembre. Cette différence est négligeable par rapport au gain obtenu dans les autres périodes

IV.4.1 Calcul des coûts :

Les prix dans le tableau sont obtenus à l'aide d'un fournisseur en ligne (internet) et plusieurs fabricants de chaque produit. [*]

Tableau IV.3 : Calcul des coûts de l'installation.

Tableau des instruments et leurs couts			
Équipements	Nombres	Prix (DA)	Total
Panneaux Photovoltaïques	59248	17480	1,035,655,040
Onduleurs Sunny	13	10000000	130000000
Câbles solaires	10000	3000/m	30000000
Régulateur solaire (MPPT)	1	20000	20000
Structure (support)	9875	30000/6P	296250000
Accessoires	/	/	15000000
Total des couts		1506925040 DA	

↪ Le cout total de cette installation est de = **1506925040 DA**

IV.4.2. Etudes des gains :

IV.4.2.1. Calcul des coûts annuels de l'ancien système :

Dans une logique d'économie de l'énergie et pour faciliter l'accès à l'électricité à toute la population, le gouvernement algérien a mis en place une tarification progressive. Ainsi les 125 premiers kWh consommés s'avèrent être à un prix abordable de 1,779 DA/kWh HT, alors que les kWh suivants sont facturés 4,179 DA/kWh HT. Cependant, il est important de noter que cette tarification progressive ne s'applique qu'aux ménages et par conséquent les professionnels se voient facturer 4,179 DA/kWh.

Dans notre cas cette tarification ne s'applique pas car l'énergie consommée par l'aérodrome est très grande donc l'aéroport est un client important, pour cette raison l'ENNA a signé des conventions pour un prix spécialement pour l'aéroport (information confidentielle). Donc on a pris la valeur du coût annuel payé par l'ENNA à partir du service financier Cette valeur est de **169395980 DA**.

IV.4.2.2 Calcul de rentabilité :

Pour déterminer cette étape, il faut diviser la valeur de coût d'installation estimé dans notre étude (énergie solaire) par la valeur payée déjà de l'ancien système de l'ENNA chaque année :

$$1506925040/169395980 = 8.89 \text{ ans} = 8 \text{ ans} / 10 \text{ mois} / 20 \text{ jours}$$

- **Discussion :**

Notre projet sera remboursé après **8ans ,10 mois et 20 jours**, on prend en considération que la durée de vie du nouveau système est de **30 ans**, donc à partir de la 6ème année la rentabilité du projet sera de **100%**.

IV.4.2.3 Calcul de pourcentage de gain journalier :

- ✓ L'énergie consommée par jour du l'ancien système = 60548KWh/J.
- ✓ L'énergie produite par jour du nouveau système =79827KWh/J.
- ✓ La différence entre les deux = 19279KWh/J, cette valeur on va les transmettre en pourcentage par rapport l'ancien système :

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT ET ETUDES DES GAINS

Toutes ces redevances sont réglementées, leur taux est publié. Elles sont dues par le seul fait de l'usage des services, installations, ouvrages et bâtiments qu'elles rémunèrent. Elles sont recouvrées par l'organisme exploitant selon ses règles propres. [*]

- ↳ Notre proposition concerne seulement les redevances des services touchés par le nouveau système.
- ↳ Le taux de réduction de redevances est de 31,82 % pour chaque avion, cette réduction avec le prix du carburant en Algérie qui est le moins par rapport les autres pays, va attirer plus les compagnies aériennes de travailler avec nous et ça va aider à augmenter le trafic.
- ↳ Cette réduction va être appliqué comme un changement dans l'AIP algérien 'un amendement'.
- ↳ Ce changement est présenté par les feuilles amendement suivantes :

1. **GEN 4.1 PRINCIPES GENERAUX**
2. **GEN 4.2 REDEVANCES DE NAVIGATION AERIENNE**

1) GEN 4.1 PRINCIPES GENERAUX

AIP
ALGERIE

GEN 4 .1.1
08 MAY 08

GEN 4 REDEVANCES D'AERODROMES ET DE SERVICES DE NAVIGATION AERIENNE REGLEMENTATION RELATIVE AUX REDEVANCES AERONAUTIQUES GEN 4.1 PRINCIPES GENERAUX

1. Bases légales et consistance des redevances (même texte législatif)

Assistance du service de sauvetage et lutte contre l'incendie (SSLI).

Toutes ces redevances sont réglementées, leur taux est publié. Elles sont dues par le seul fait de l'usage des services, installations, ouvrages et bâtiments qu'elles rémunèrent. Elles sont recouvrées par l'organisme exploitant selon ses règles propres.

Au titre de développement, une centrale d'énergie solaire a été installée à l'aéroport au niveau du parking véhicules T4 comme une nouvelle source d'énergie électrique, suite à cette installation une réduction de 31.82% va être appliquée sur les redevances des services touchés par cette installation.

1.1. Bases de perceptions des redevances (même texte législatif)

Direction des Ressources, Finances et de la Comptabilité (DRFC)

Département Commercial

1 Avenue de l'indépendance- Alger – BP 383- Algérie

RSFTA : DAALYVDG

Tel/Fax : Direction de la DRFC : 00 213 21 65 74 44

Service Recouvrement : 00 213 21 65 74 71

Service Facturation : 00 213 21 65 74 83

Email : drfc@enna.dz

denafact@hotmail.com

AIP
ALGERIE

GEN 4.1.2
06 JUN 13

1.2 Facturation et recouvrement : (même texte législatif)

1.3 Répartition des redevances. (même texte législatif)

2 Dispositions particulières : (même texte législatif)

3 Montant des redevances de navigation aérienne

3.1 Redevances d'atterrissage :(voir le tableau)

3.2 Redevances d'entraînement : (même texte législatif)

3.3 Redevances de survol des aéronefs :(voir le tableau)

3.4 Redevances d'usage des dispositifs d'éclairage :(voir le tableau)

3.5 Redevances d'assistance du service de sauvetage et lutte contre l'incendie : (même texte législatif).....

2) GEN 4.2 REDEVANCES DE NAVIGATION AERIENNE

AIP
ALGERIE

GEN 4-2-1
08 MAY 08

GEN 4.2 REDEVANCES DE NAVIGATION AERIENNE

1 Généralités :

Les conditions d'établissement des montants des redevances d'atterrissage, de balisage, d'usage des installations et services de navigation aérienne de route et d'assistance du service de sauvetage et lutte contre l'incendie, telles que définies à la page GEN 4-1-2 paragraphe 3 sont les suivantes :

2 Redevances d'atterrissage : (même texte législatif)

2.1 Réduction : (même texte législatif)

3 Redevances d'usage des dispositions d'éclairage : (même texte législatif)

4 Redevances d'assistance du service de sauvetage et lutte contre l'incendie : (même texte législatif)

5 Redevances d'usage des installations et services de navigation aérienne de route : (même texte législatif)

AIP
ALGERIE

GEN 4-2-3
08 MAY 08

6 Formule de calcul de la redevance de route : (même texte législatif)

GEN 4-2-4
08 MAY 08

AIP
ALGERIE

7 Préavis de vol : (même texte législatif)

Renseignements à fournir : (même texte législatif)

AIP
ALGERIE

GEN 4-2-5
08 MAY 08

8. Conditions et modalités de paiement des redevances de navigation aérienne :
Direction des Ressources, Finances et de la Comptabilité (DRFC)

Département Commercial

1 Avenue de l'indépendance- Alger – BP 383- Algérie

RSFTA : DAALYVDG

Tel/Fax : Direction de la DRFC : 00 213 21 65 74 44

Service Recouvrement : 00 213 21 65 74 71 / Service Facturation : 00 213 21 65 74 83

Email : drfc@enna.dz / denafact@hotmail.com

Pour tout paiement : **Direction des Ressources, Finances et de la Comptabilité**
1, Avenue de l'Indépendance – Alger

Tel / Fax : 00 213 21 65 74 44 – 00 213 21 65 73 98

GEN 4-2-6
08 MAY 08

AIP
ALGERIE

9 Redevances aéroportuaires : (même texte législatif)

AIP
ALGERIE

GEN 4-2-7
08 MAY 08

(même texte législatif)

GEN 4-2-8
08 MAY 08

AIP
ALGERIE

10. Montant des redevances aéroportuaires : (même texte législatif)

10.5 Redevances de stationnement et de parking des aéronefs : (voir le tableau)

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT ET ETUDES DES GAINS

↳ **Tableau de la nouvelle tarification :**

Tableau IV.4 : La nouvelle tarification. [*]

Nature de Redevance	Type de trafic	ancien tarif	Nouveau tarif
Redevances d'atterrissage	Aéronefs effectuant un trafic national	<ul style="list-style-type: none"> • Jusqu'à 12 Tonnes : 64,14 DA • De 13 à 25 Tonnes : 64,14 DA + 10,68 DA/ tonne • De 26 à 50 Tonnes : 202,98 DA + 22,80 DA/ tonne • De 51 à 75 Tonnes : 772,98 DA + 23,25 DA/ tonne • Au-dessus de 75 Tonnes : 1.354,23 DA + 38,15 DA/ tonne 	<ul style="list-style-type: none"> • Jusqu'à 12 Tonnes : 43.73 DA • De 13 à 25 Tonnes : 43.73 DA + 7.28 DA/ tonne • De 26 à 50 Tonnes : 138.39 DA + 15.54 DA/ tonne • De 51 à 75 Tonnes : 527.01 DA + 15.85 DA/ tonne • Au-dessus de 75 Tonnes : 923.31 DA + 26.01 DA/ tonne
	Aéronefs effectuant un trafic international	<ul style="list-style-type: none"> • Jusqu'à 12 Tonnes 1.712,74 DA • De 13 à 25 Tonne : 1.712,74 DA + 148,9 DA/ tonne • De 26 à 50 tonnes 3.648,51 DA + 311,36 DA/ tonne • De 51 à 75 tonnes 11.432,61 DA + 332,92 DA/ tonne • Au-dessus de 75 tonnes: 19.755,69 DA+ 483,42 DA/ tonne 	<ul style="list-style-type: none"> • Jusqu'à 12 Tonnes 1167.74 DA • De 13 à 25 Tonne : 1167.74 DA + 101.5 DA/ tonne • De 26 à 50 tonnes 2487.55 DA + 212.28 DA/ tonne • De 51 à 75 tonnes 7794.75 DA + 227 DA/ tonne • Au-dessus de 75 tonnes: 13469.42 DA+ 329.59 DA/ tonne
	Aéronefs de tourisme	• Jusqu'à 12 Tonnes : 49.78 DA	• Jusqu'à 12 Tonnes : 33.94 DA

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT ET ETUDES DES GAINS

		•Au-dessus de 12 Tonnes : 49.78 DA + 8,61 DA/ tonne	•Au-dessus de 12 Tonnes : 33.94 DA + 5.87 DA/ tonne
Redevances d'usage des dispositifs d'éclairage :	Aérodromes de classe internationale	•1.168,86 DA	•796.98 DA
	Aérodromes de classe autre qu'internationale	•877,10 DA	•598 DA
Redevances de stationnement et de parking des aéronefs	Sur les aires de trafic	• 10,20 DA tonne/ heure.	• 6.95 DA
	Sur les autres aires	• 4,23 DA tonne/ heure.	• 2.88 DA
	Commerciale	•30,00 DA tonne /heure	•20.45 DA tonne/heure.
	Non-commerciale	•7.50DA tonne/heure.	•5.11 DA tonne/heure.

IV.5 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différentes étapes de dimensionnement d'installation photovoltaïque. Ainsi que les résultats de cette installation. On a aussi cité le côté financier de cette étude.

Suite aux résultats obtenus et les résultats de nos calculs on a conclu que cette étude est rentable après une durée de 5ans. Avec un gain journalier de 31.82%, nous avons l'utiliser à nous perspective dans un amendement AIP.

Chapitre V :

Simulation et étude de
performance.

V.1 Introduction :

Ce chapitre est composé de 2 points principales, premièrement on parlera sur les paramètres électriques d'une cellule photovoltaïque qu'on a besoin pour notre simulation, y compris les caractéristiques de panneau solaire qu'on a utilisé dans le dimensionnement, et deuxièmement on fera la simulation et l'étude de performance.

V.2 Les paramètres électriques d'une cellule photovoltaïque :

Le schéma équivalent de la cellule photovoltaïque réelle tient compte d'effets résistifs parasites dues à la fabrication et représenté sur la figure (V.1). Ce schéma équivalent est constitué d'une diode (D) caractérisant la jonction, d'une source de courant (I_{ph}) caractérisant le photocourant, et d'une résistance série (R_s) représentant les pertes par effet Joule, et une résistance shunte (R_{sh}) caractérisant un courant de fuite entre la grille supérieure et le contact arrière qui est généralement très supérieure à (R_s). [*]

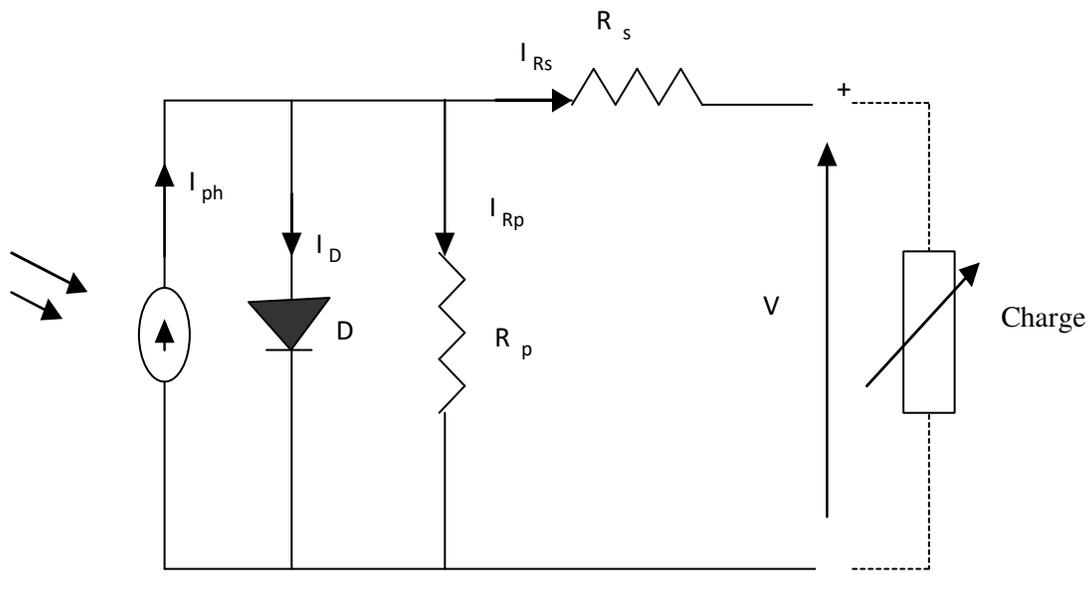


Figure V.1 : Schéma électrique équivalent d'une cellule PV

* A. Saadi, "Etude comparative entre les techniques d'optimisation des systèmes de pompage photovoltaïque," Université de Biskra Mémoire de Magister, page 62, année 2000.

Le modèle mathématique pour la caractéristique courant-tension d'une cellule PV est donné par [*] :

$$I_{pv} = I_{ph} - I_{sat} \left[\exp\left(\frac{q(V_{pv} + (I_{pv} \times R_s))}{nKT}\right) - 1 \right] - \frac{V_{pv} + (I_{pv} \times R_s)}{R_{shu}} \quad (V.1)$$

Où :

I_{sat} : le courant de saturation.

K : la constante de Boltzmann (1,381 10 J/K).

T : la température effective des cellules en Kelvin(K).

q : la charge de l'électron (q=1,6 10⁻¹⁹ C).

n : le facteur d'idéalité de la jonction (1 < n < 3), lorsqu'elle fonctionne en générateur.

V_{pv} : la tension aux bornes de cette même cellule.

I_{ph} : le photo-courant de la cellule dépendant de l'éclairement et de la température ou bien courant de (court-circuit).

R_{shu} : la résistance shunt caractérisant les courants de fuite de la jonction.

R_s : la résistance série représentant les diverses résistances de contacts et de connexions.

V.2.1 Courant de court-circuit I_{cc} :

C'est le courant pour lequel la tension aux bornes de la cellule ou du générateur PV est nulle. Dans le cas idéal (R_s nulle et R_{shu} infinie), ce courant se confond avec le photo-courant I_{ph} dans le cas contraire, en annulant la tension V dans l'équation (V.1), on obtient :

$$I_{cc} = I_{ph} - I_{sat} \left[\exp\left(\frac{q(I_{cc} \times R_s)}{nKT}\right) - 1 \right] - \frac{I_{cc} \times R_s}{R_{shu}} \quad (V.2)$$

Pour la plupart des cellules (dont la résistance série est faible), on peut négliger le terme

$I_{sat} \left[\exp \left(\frac{q(I_{cc} \times R_s)}{nKT} \right) - 1 \right]$ devant I_{ph} . L'expression approchée du courant de court-circuit est alors :

$$I_{cc} \approx \frac{I_{ph}}{\left(1 + \frac{R_s}{R_{shu}} \right)} \quad (V.3)$$

Quantitativement, il a la plus grande valeur du courant généré par la cellule (pratiquement $I_{cc} = I_{ph}$).

V.2.2 Tension de circuit ouvert VCO :

C'est la tension V_{co} pour laquelle le courant débité par le générateur photovoltaïque est nul. (C'est la tension maximale d'une photopile ou d'un générateur photovoltaïque). [*]

$$0 = I_{cc} - I_{sat} \left[\exp \left(\frac{qv_{pv}}{nKT} \right) - 1 \right] - \frac{V_{pv}}{R_{shu}} \quad (V.4)$$

Dans le cas idéal, sa valeur est légèrement inférieure à : [*]

$$V_{co} = V_T \ln \left[\frac{I_{ph}}{I_{sat}} + 1 \right] \quad (V.5)$$

V.2.3 Rendement énergétique :

C'est le rapport entre la puissance électrique maximale fournie par la cellule $P_{max} (I_{opt}, V_{opt})$ et la puissance solaire incidente. Il est donné par : [*]

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{inc}} = \frac{I_{opt} \times V_{opt}}{P_{inc}} \quad (V.6)$$

CHAPITRE V : SIMULATION ET ETUDE DE PERFORMANCE

Avec P_{inc} est égale au produit de l'éclairement et de la surface totale des photopiles. Ce paramètre reflète la qualité de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique.

V.2.4 Facteur de forme :

On appelle facteur de forme FF, dit aussi facteur de courbe ou facteur de remplissage (fill factor), le rapport entre la puissance maximale fournie par la cellule $P_{max}(I_{mmp}, V_{mmp})$, et le produit du courant de court-circuit I_{cc} par la tension de circuit-ouvert V_{co} , (c'est-à-dire la puissance maximale d'une cellule idéale). Le facteur de forme indique la qualité de la cellule ; plus il s'approche de l'unité plus la cellule est performante, Il est de l'ordre de 0.7 pour les cellules performantes ; et diminue avec la température. Il traduit l'influence des pertes par les deux résistances parasites R_s et R_{Shu} . Il est défini par : [*]

$$FF = \frac{P_{max}}{I_{cc}V_{co}} = \frac{I_{opt} \times V_{opt}}{I_{cc}V_{co}} \quad (V.7)$$

Note : le panneau solaire est constitué de plusieurs cellules.

V.2.5 Les caractéristiques de notre panneau solaire photovoltaïque :

Tableau V.1 : Caractéristique du panneau JKM 280M-60-V. [**]

Puissance du module max (Pmax)	280W
Tension en circuit ouvert (Voc)	39V
Courant de court-circuit (Icc)	9.21A
Tension à puissance mav (Vmpp)	31.8V
Courant à puissance max (Impp)	8.85A
Rendement du panneau	17.14 %
Température minimale de fonctionnement	45 °C
Nombre de cellule	60

Note : on va utiliser ces paramètres par la suite dans la simulation.

V.3 La simulation :

V.3.1 : Vision de la nouvelle installation ILS :

Le schéma suivant (Figure V.2) représente la nouvelle installation électrique de l'équipement ILS. Ce qui nous intéresse c'est la première partie (Panneau → ILS), en utilisant le Simulink qui est un logiciel intégré avec le MATLAB et aussi l'extension graphique du MATLAB qui permet de travailler avec des schémas en blocs, pour modéliser et simuler des systèmes, on va réaliser notre nouveau système électrique.

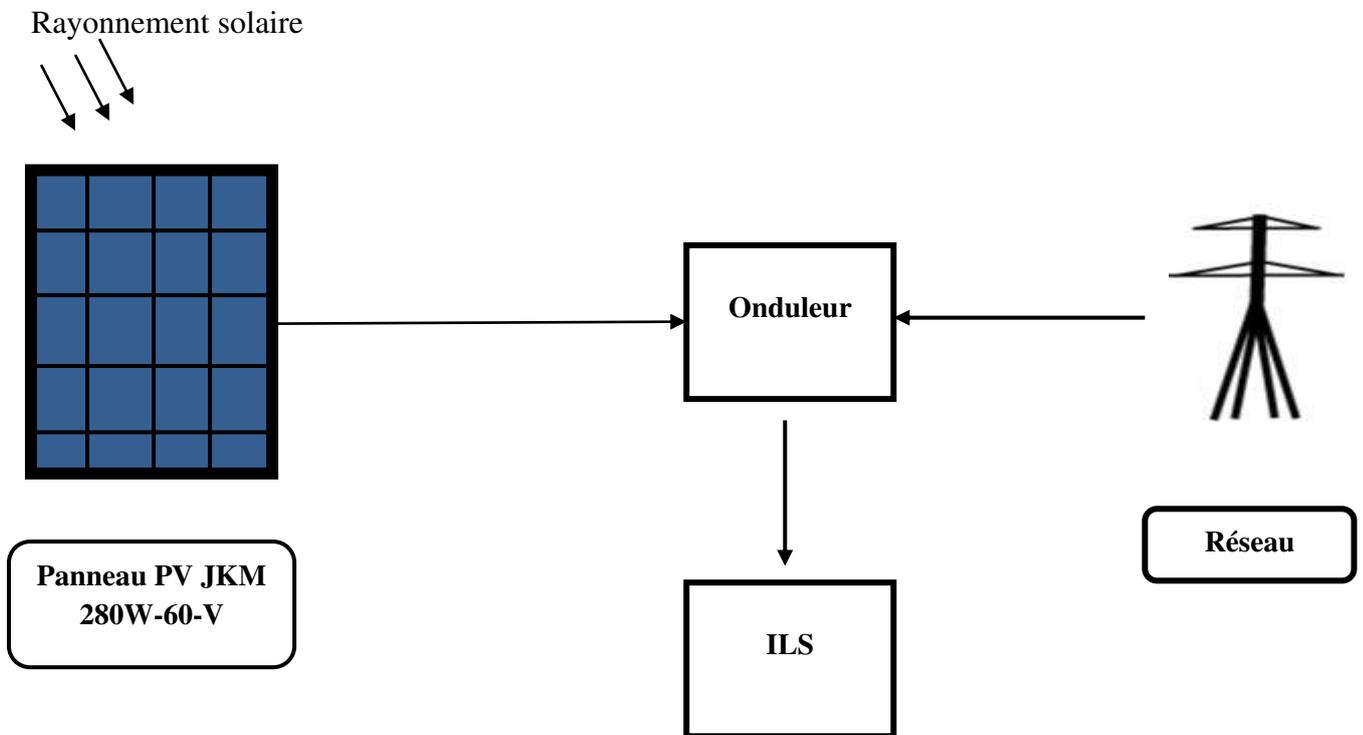


Figure V.2 : schéma descriptif de la nouvelle installation ILS.

Et voilà l'exécution de notre programme :

↳ La caractéristique ($I = f(V)$) dans les conditions standards est donnée par la figure (V.) :

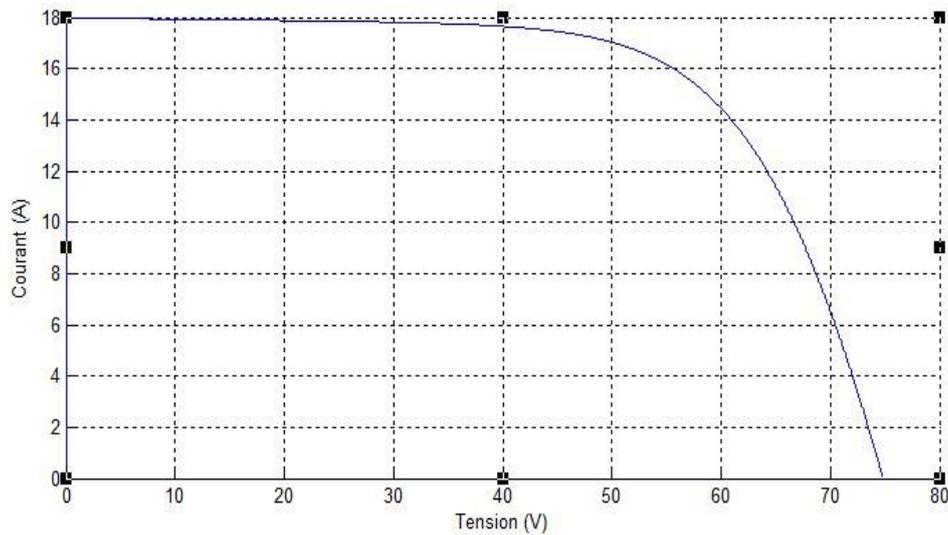


Figure V.4 : Résultat de la simulation des caractéristiques Courant-Tension du panneau dans les conditions STC.

↳ La caractéristique ($P = f(V)$) dans les conditions standards est donnée par la figure (V.) :

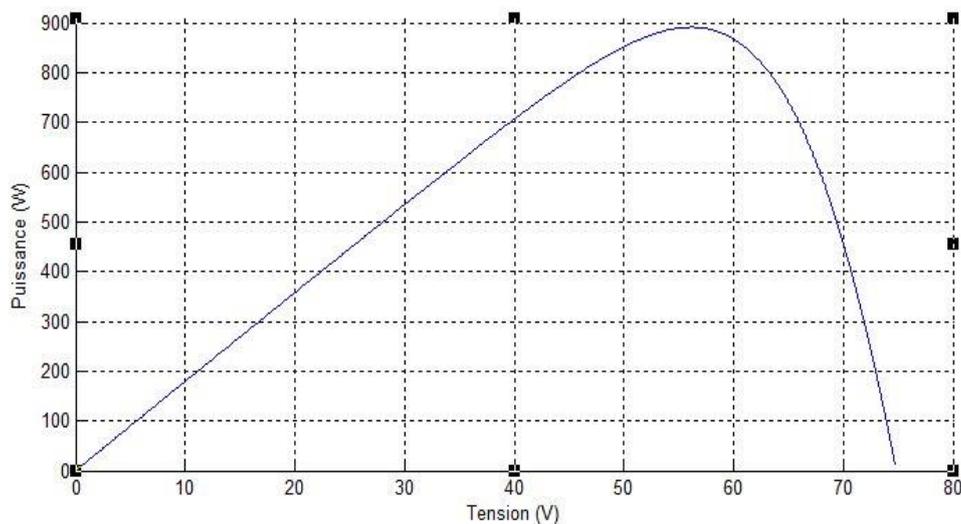


Figure V.5 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Tension du panneau dans les conditions STC.

↳ La caractéristique ($P = f(I)$) dans les conditions standards est donnée par la figure (V.) :

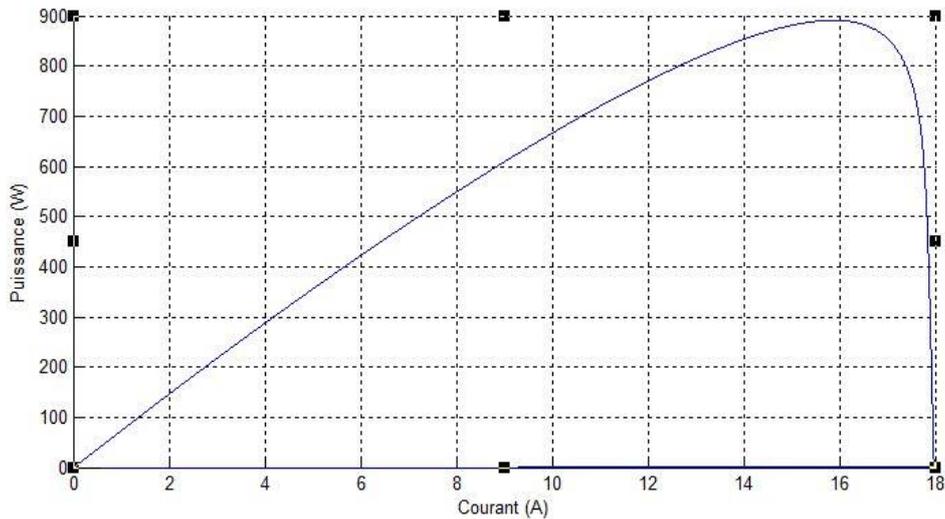


Figure V.6 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Courant du panneau dans les conditions STC.

Note : dans les conditions standard ($G=1000W/m^2$, $t=25^{\circ}C$) on a obtenu :

- La puissance max= 891.W
- Le courant max= 18A
- La tension max= 74.84V

V.3.2.1 L'influence de la température et l'éclairement sur le panneau :

Après la simulation dans les conditions STC, on va varier maintenant les valeurs de l'éclairement et la température pour savoir leurs effets sur notre nouveau système.

V.3.2.1.1 L'effet de l'éclairement sur notre système :

Pour visualiser l'influence de l'éclairement, on fixe la température ambiante ($t = 25^{\circ}C$) et on fait varier l'éclairement dans une gamme suffisante.

1. $G=800\text{W/m}^2$, $t=25^\circ\text{C}$:

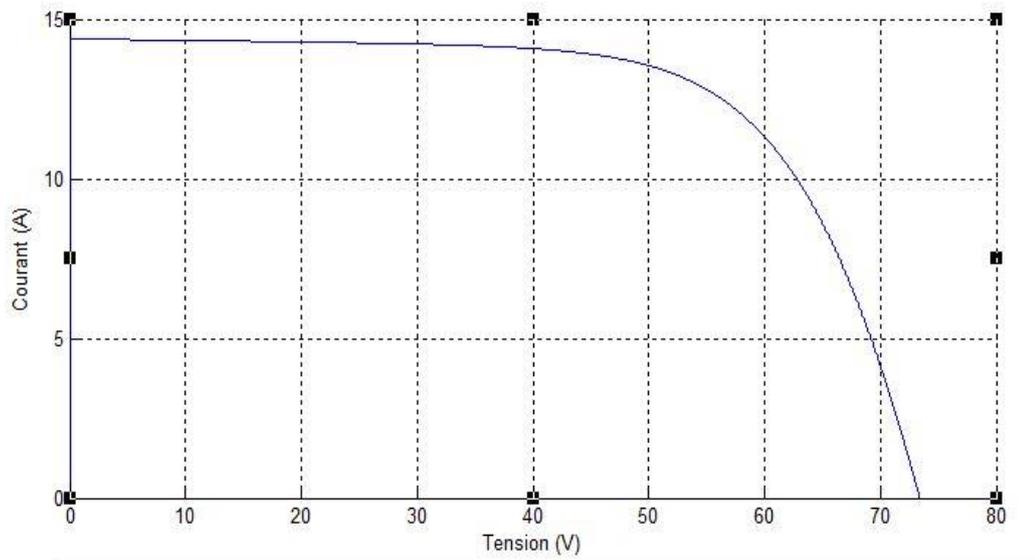


Figure V.7 : Résultat de la simulation des caractéristiques Courant-Tension du panneau avec $G=800\text{W/m}^2$.

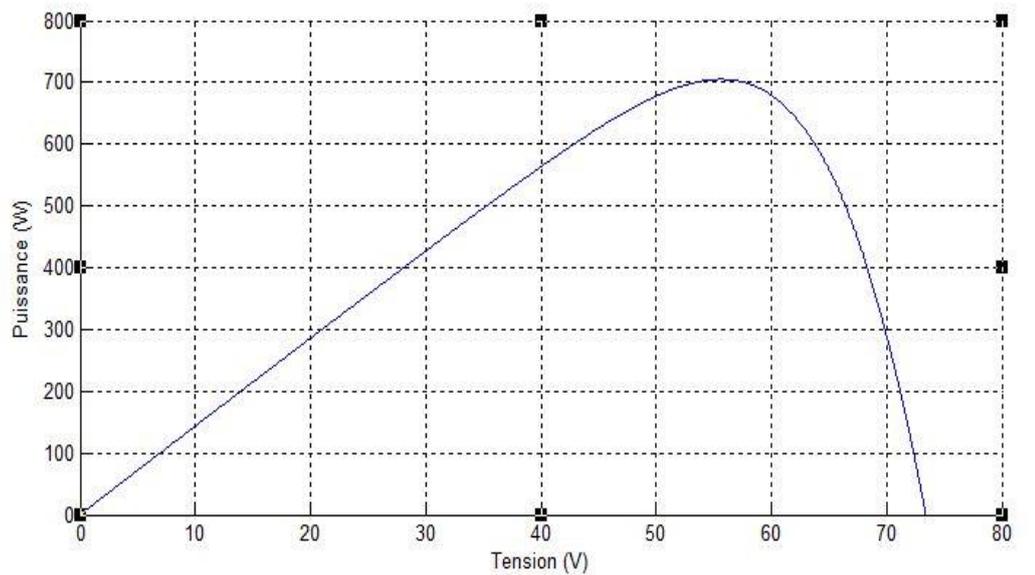


Figure V.8 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Tension du panneau avec $G=800\text{W/m}^2$.

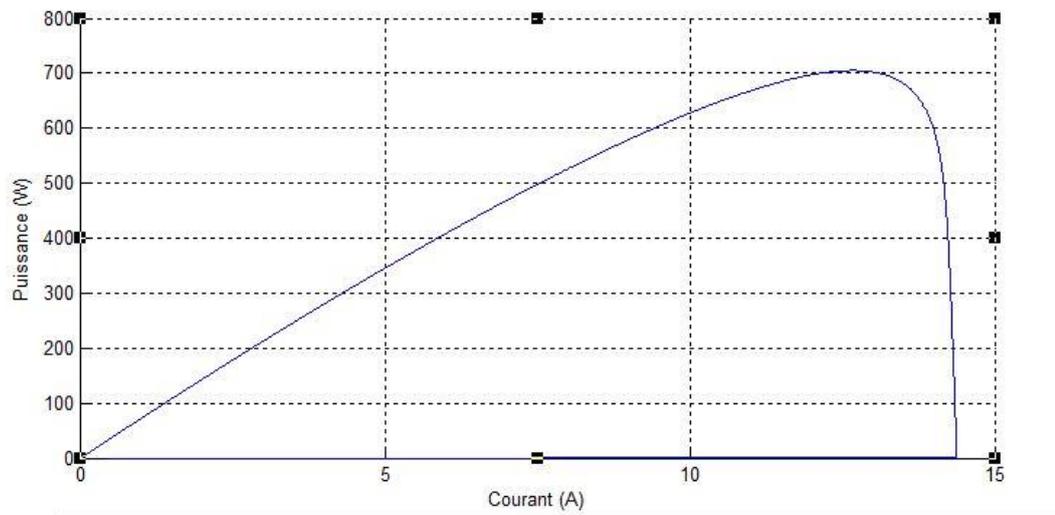


Figure V.9 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Courant du panneau avec $G=800\text{W/m}^2$.

Note : avec $G=800\text{W/m}^2$ et $t=25^\circ\text{C}$, on a obtenu les résultats suivants :

- Puissance max= 705W
- Courant max= 14.38A
- Tension max=73.41V

2. $G= 600\text{W/m}^2$, $t=25^\circ\text{C}$

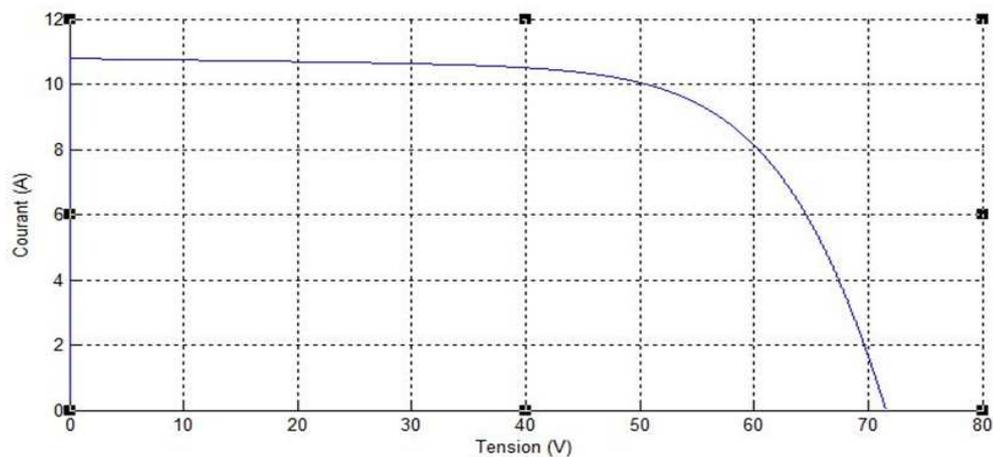


Figure V.10 : Résultat de la simulation des caractéristiques Courant-Tension du panneau avec $G=600\text{W/m}^2$.

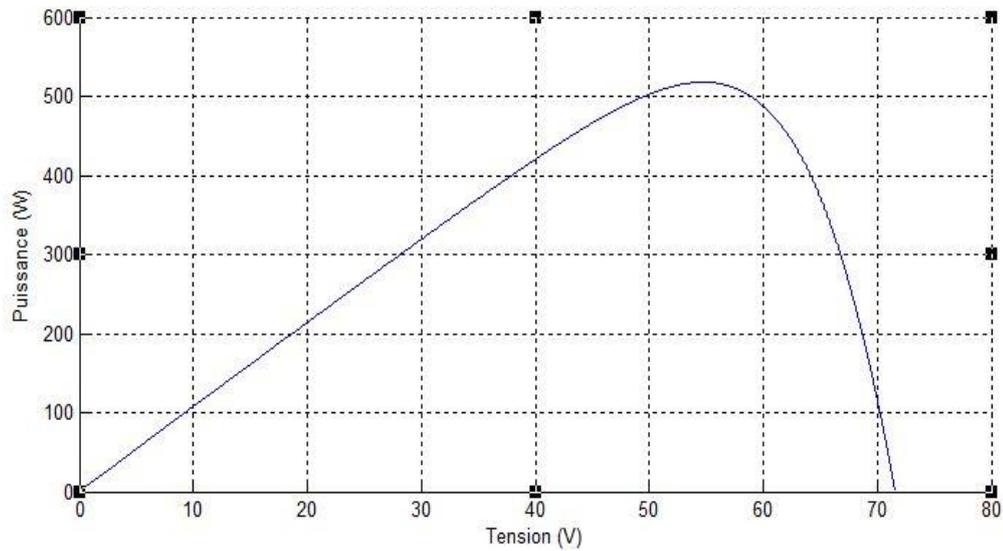


Figure V.11 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Tension du panneau avec $G=600\text{W/m}^2$.

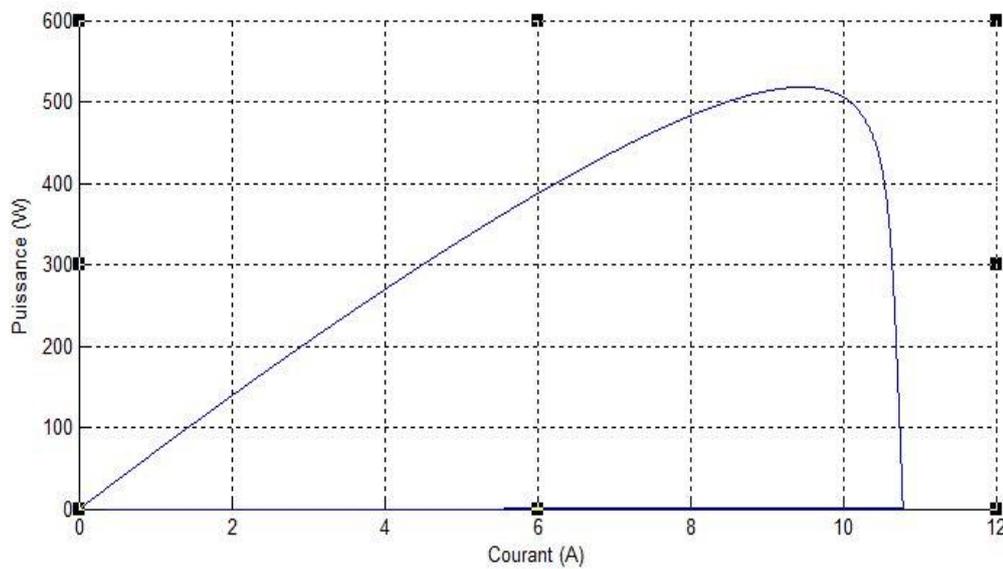


Figure V.12 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Courant du panneau avec $G=600\text{W/m}^2$.

Note : avec $G=600\text{W/m}^2$ et $t=25^\circ\text{C}$, on a obtenu les résultats suivants :

- Puissance max=518W
- Courant max=10.78A
- Tension max=71,57V

3. $G=400\text{W/m}^2$, $t=25^\circ\text{C}$:

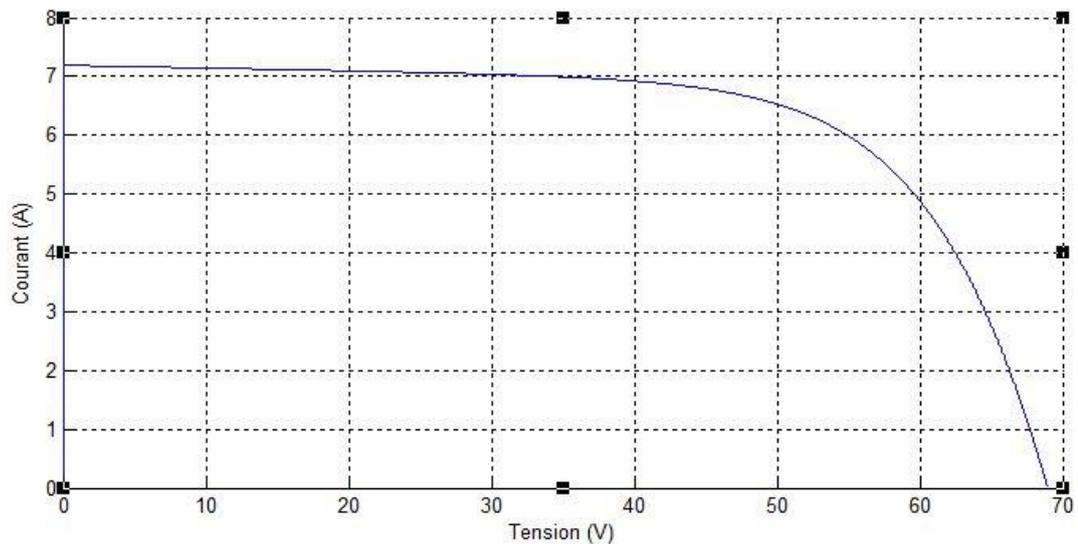


Figure V.13 : Résultat de la simulation des caractéristiques Courant-Tension du panneau avec $G=400\text{W/m}^2$.

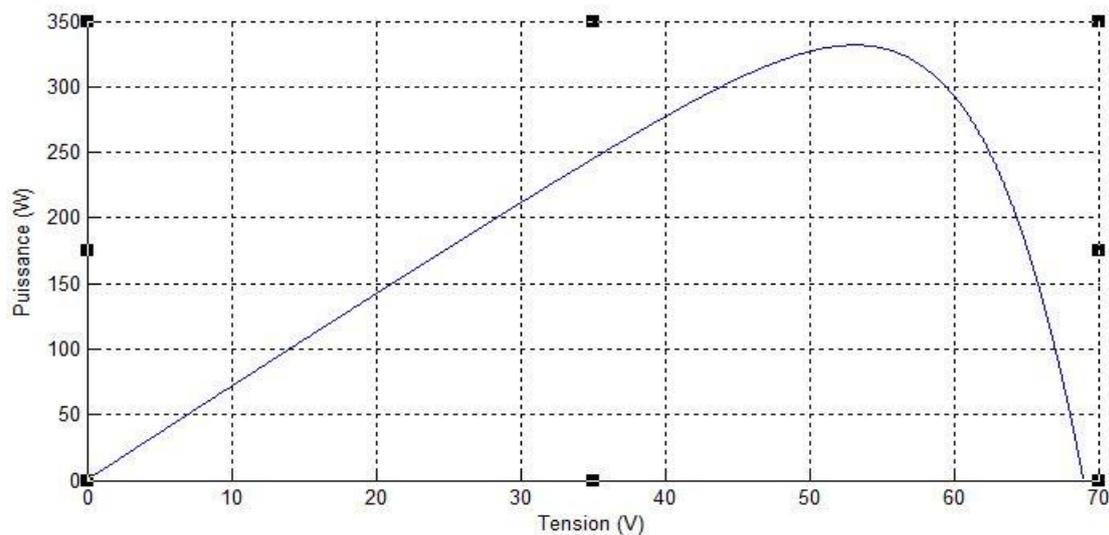


Figure V.14 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Tension du panneau avec $G=400\text{W/m}^2$.

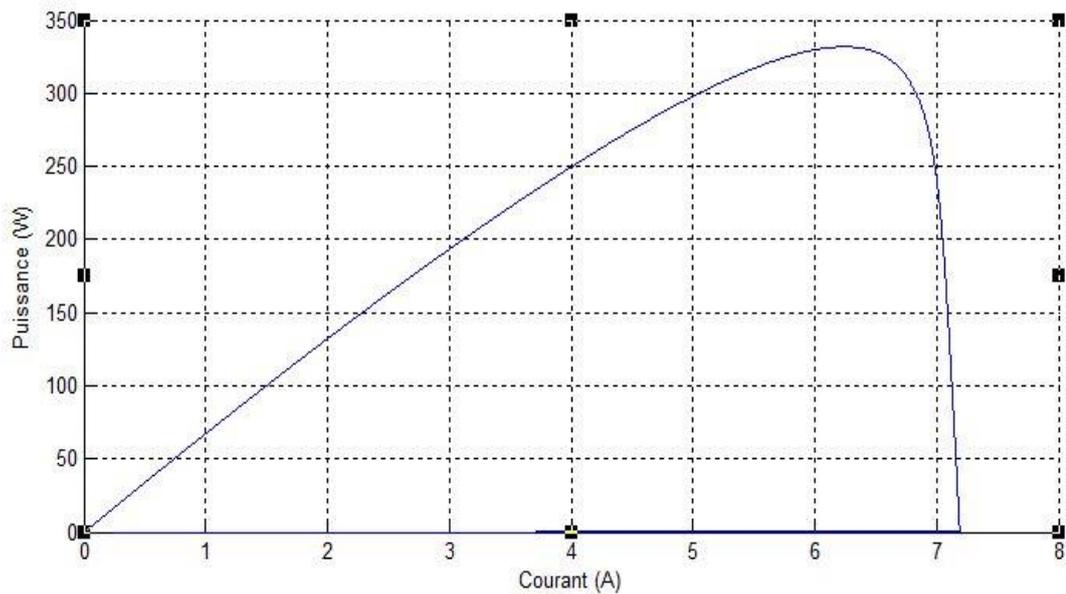


Figure V.15 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Courant du panneau avec $G=400\text{W/m}^2$.

Note : avec $G=400\text{W/m}^2$ et $t=25^\circ\text{C}$, on a obtenu les résultats suivants :

- Puissance max= 331.7W
- Courant max= 7.19A
- Tension max= 68.97V

V.3.2.1.2 L'effet de la température sur le panneau :

Pour visualiser l'influence de la température, on fixe l'éclairement ($G = 1000\text{W/m}^2$) et on fait varier la température dans une gamme suffisante.

1) $G=1000\text{W/m}^2$, $t=10^\circ\text{C}$:

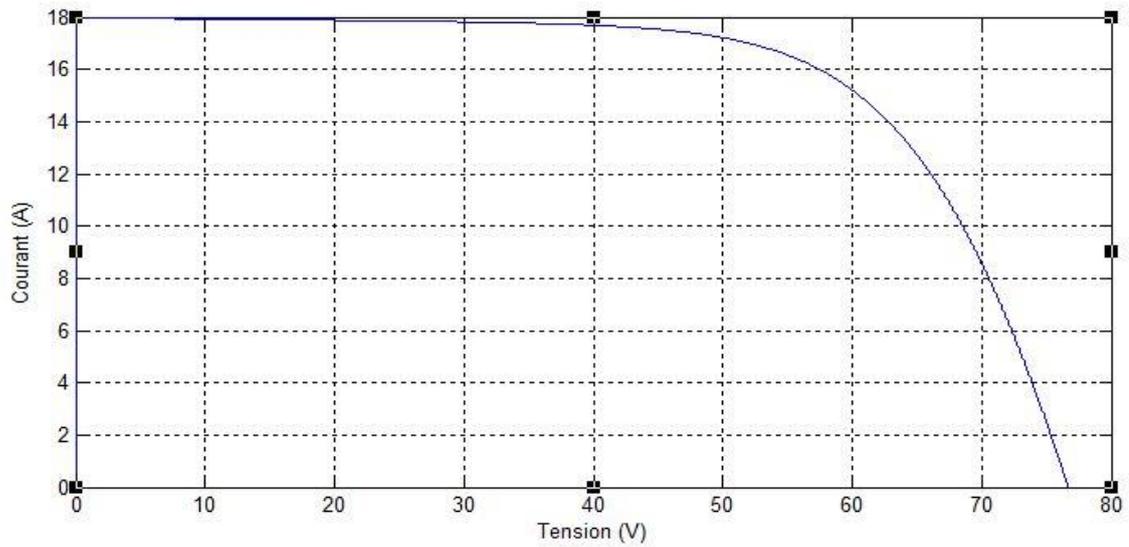


Figure V.16 : Résultat de la simulation des caractéristiques Courant-Tension du panneau avec $t=10^\circ\text{C}$.

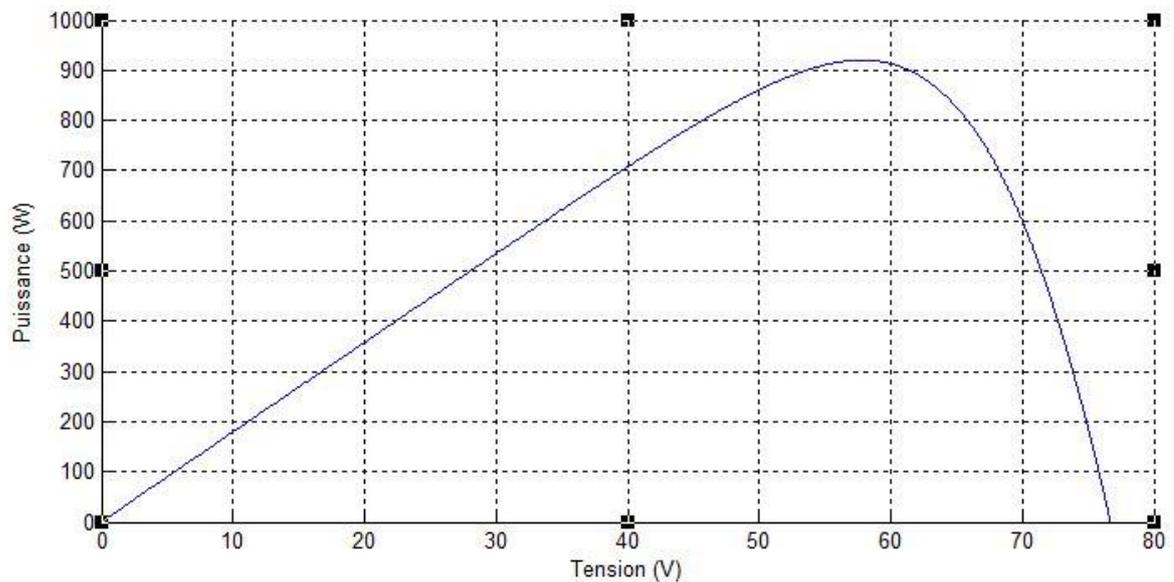


Figure V.17 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-tension du panneau avec $t=10^\circ\text{C}$.

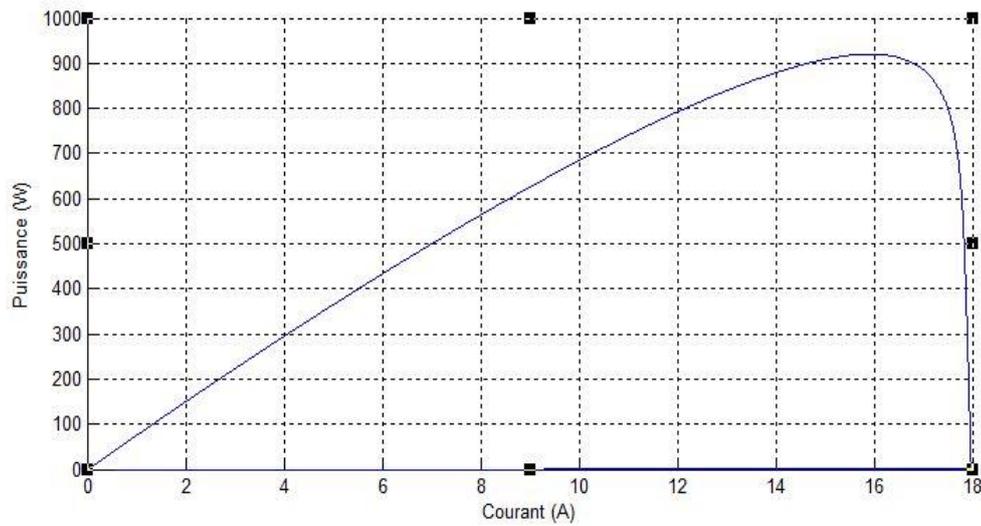


Figure V.18 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Courant du panneau avec $t=10^{\circ}\text{C}$.

Note : avec $t=10^{\circ}\text{C}$ et $G=1000\text{W}/\text{m}^2$, on a eu les résultats suivants :

- Puissance max=920.3W
- Courant max=18A
- Tension max=76.7V

2) $G=1000\text{W}/\text{m}^2$, $t=50^{\circ}\text{C}$:

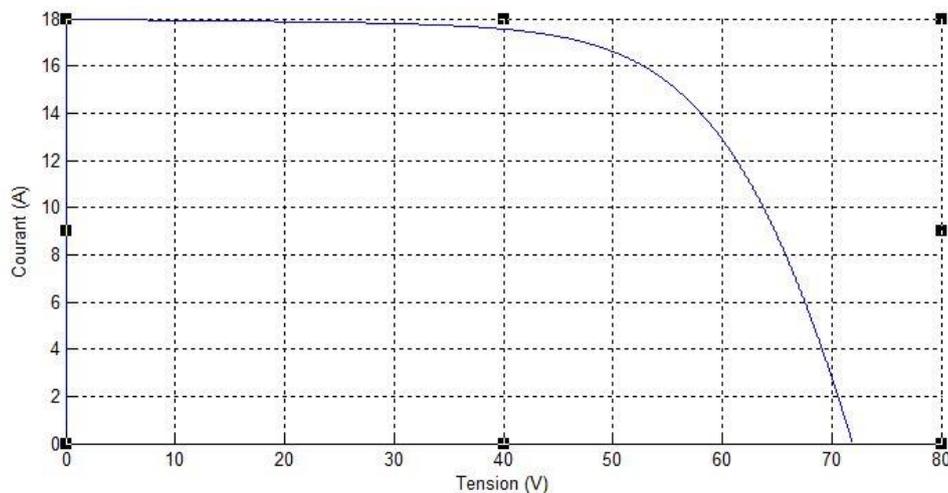


Figure V.19 : Résultat de la simulation des caractéristiques Courant-Tension du panneau avec $t=50^{\circ}\text{C}$.

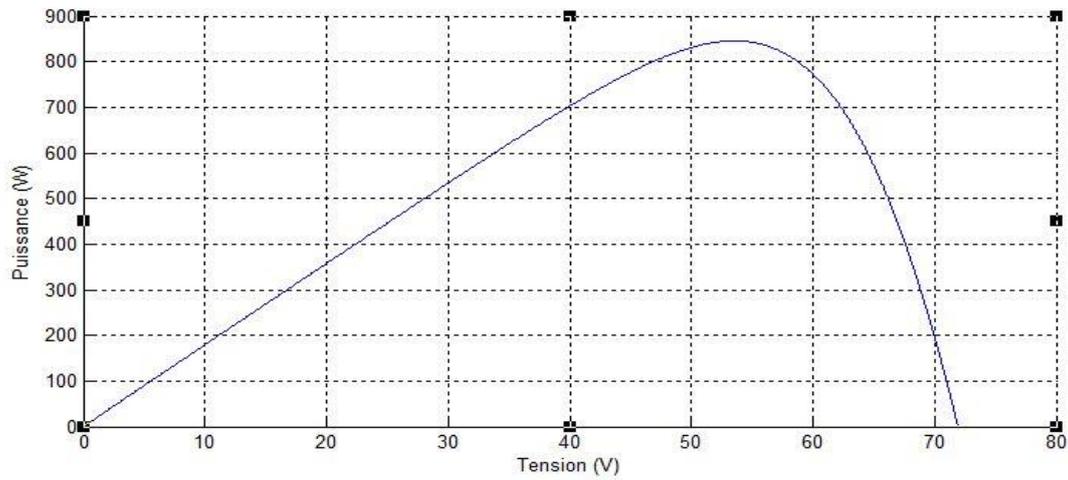


Figure V.20 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Tension du panneau avec $t=50^{\circ}\text{C}$.

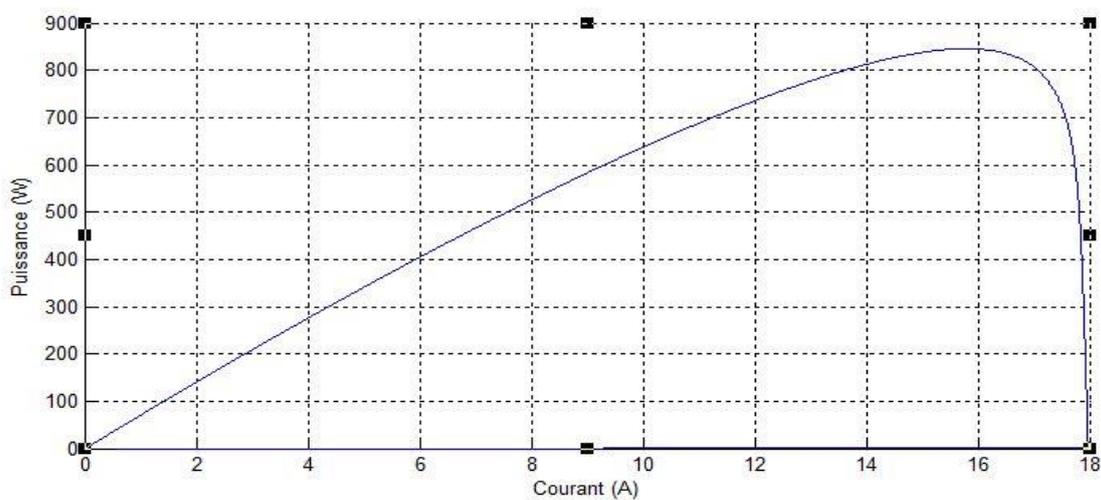


Figure V.21 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Courant du panneau avec $t=50^{\circ}\text{C}$.

Note : avec $t=50^{\circ}\text{C}$ et $G=1000\text{W}/\text{m}^2$, on a obtenu les résultats suivants :

- Puissance max=845.6W
- Courant max=18A
- Tension max=71.93V

3) $G=1000\text{W/m}^2$, $t=75^\circ\text{C}$:

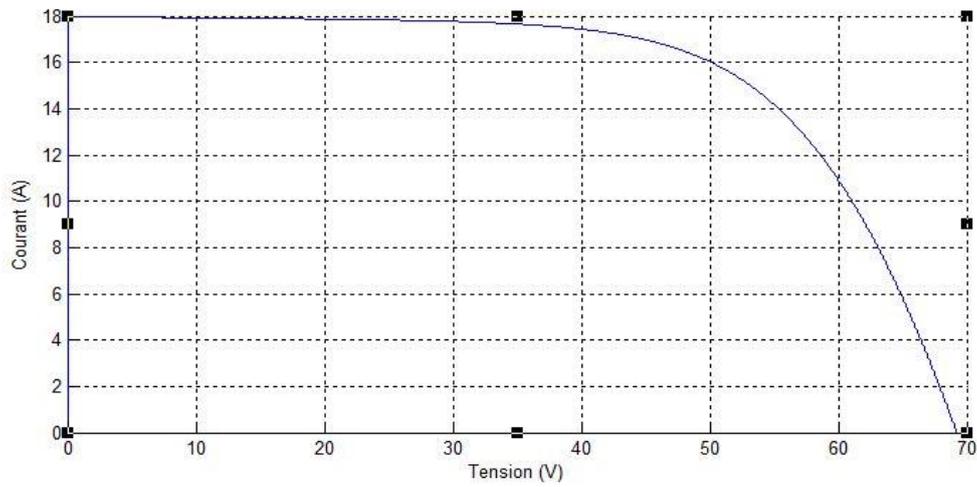


Figure V.22 : Résultat de la simulation des caractéristiques Courant-Tension du panneau avec $t=75^\circ\text{C}$.

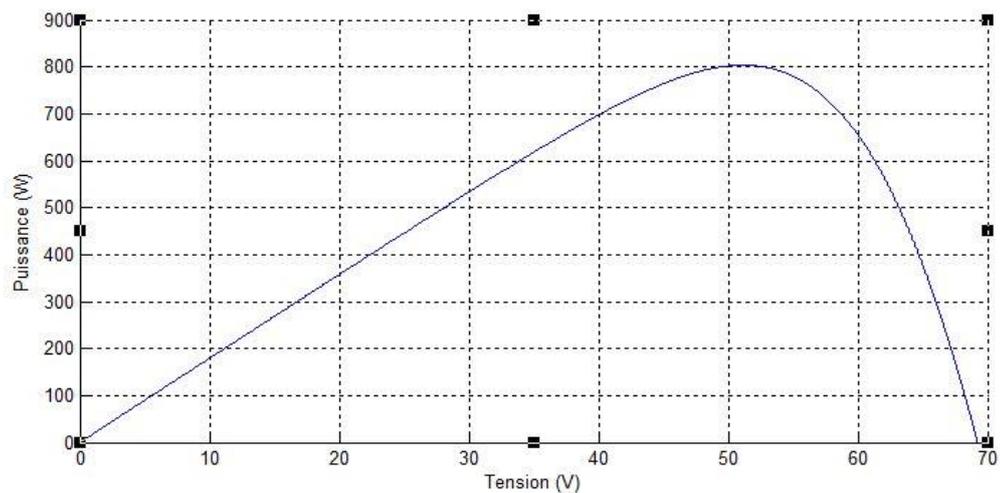


Figure V.23 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Tension du panneau avec $t=75^\circ\text{C}$.

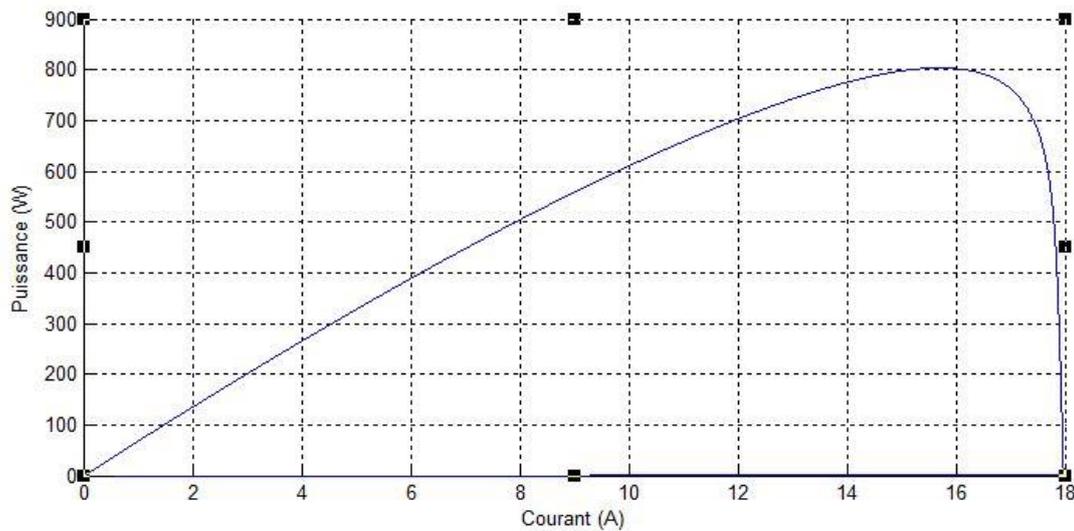


Figure V.24 : Résultat de la simulation des caractéristiques Puissance-Courant du panneau avec $t=75^{\circ}\text{C}$.

Note : avec $t=75^{\circ}\text{C}$, et $G=1000\text{W/m}^2$, on a obtenu ls résultats suivants :

- Puissance max=803.7W
- Courant max=18A
- Tension max=69.23V

V.3.2.2 Discussions sur les résultats obtenus :

D'après les résultats qu'on a obtenus, on remarque une forte diminution du courant de court-circuit par rapport à l'éclairement (G), et une faible diminution de la tension du circuit ouvert. Ce qui montre que le courant de court-circuit de la cellule, dépend à l'éclairement, contrairement à la tension qui ne varie que très peu en fonction de l'éclairement, la figure ci-dessous explique tout ça :

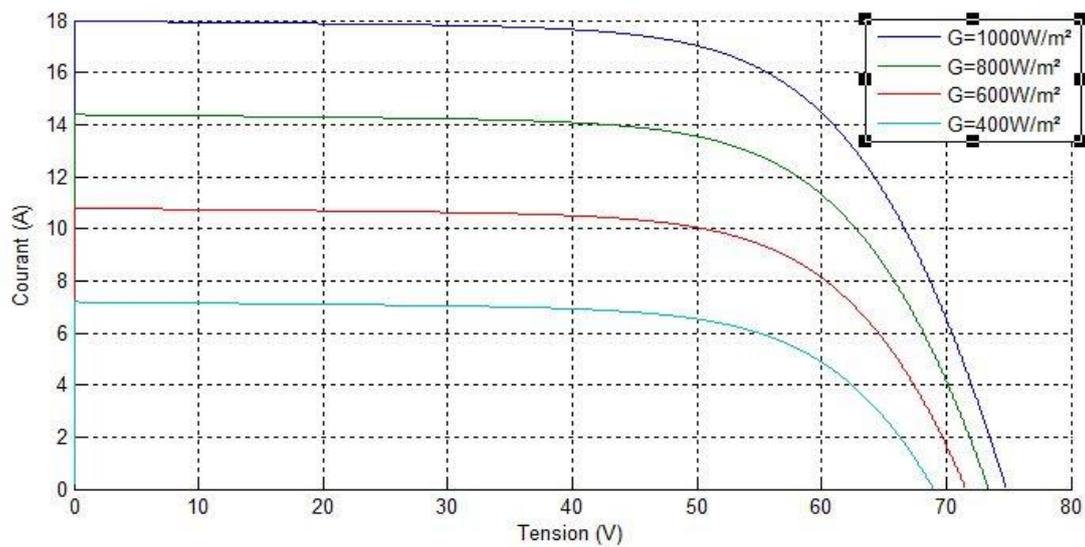


Figure V.25 : Résultats de simulation des caractéristiques Courant-Tension pour différentes valeurs d'éclairements et une température $t=25^\circ\text{C}$.

On remarque aussi que l'éclairement influe proportionnellement sur la puissance, et ça c'est normal parce qu'il influe aussi sur le courant et parce que la puissance=tension*courant, donc automatiquement la puissance va diminuer lorsque le courant diminue, les figures ci-dessous montrent la variation de la puissance par rapport au courant et au tension avec plusieurs valeurs d'éclairement :

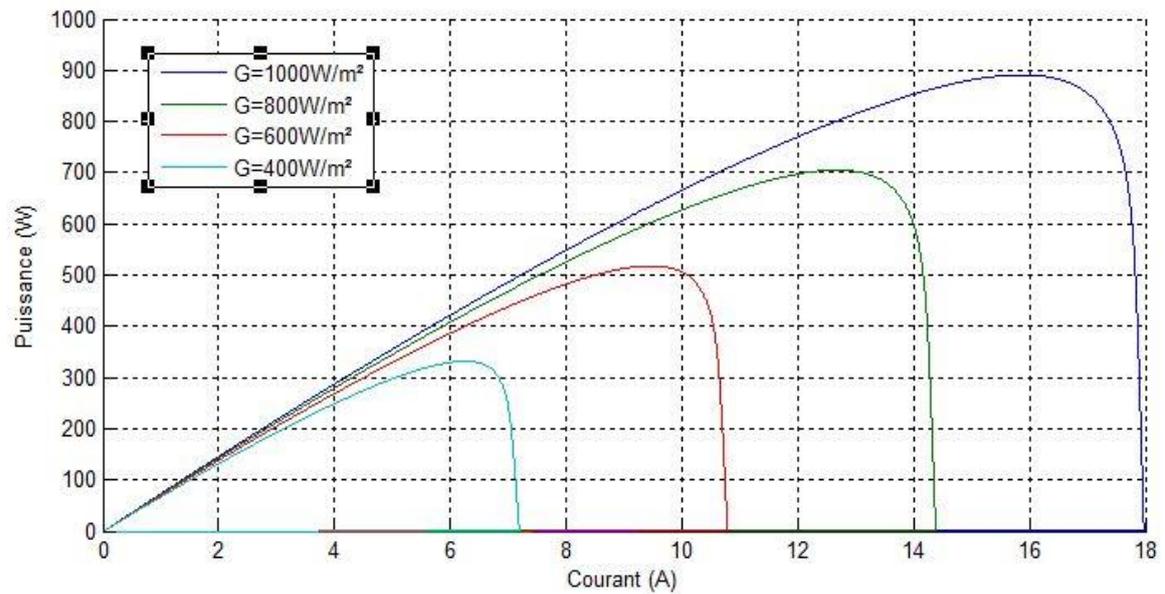


Figure V.26 : Résultats de simulation des caractéristiques Puissance-Courant pour différentes valeurs d'éclairements et une température $t=25^\circ\text{C}$.

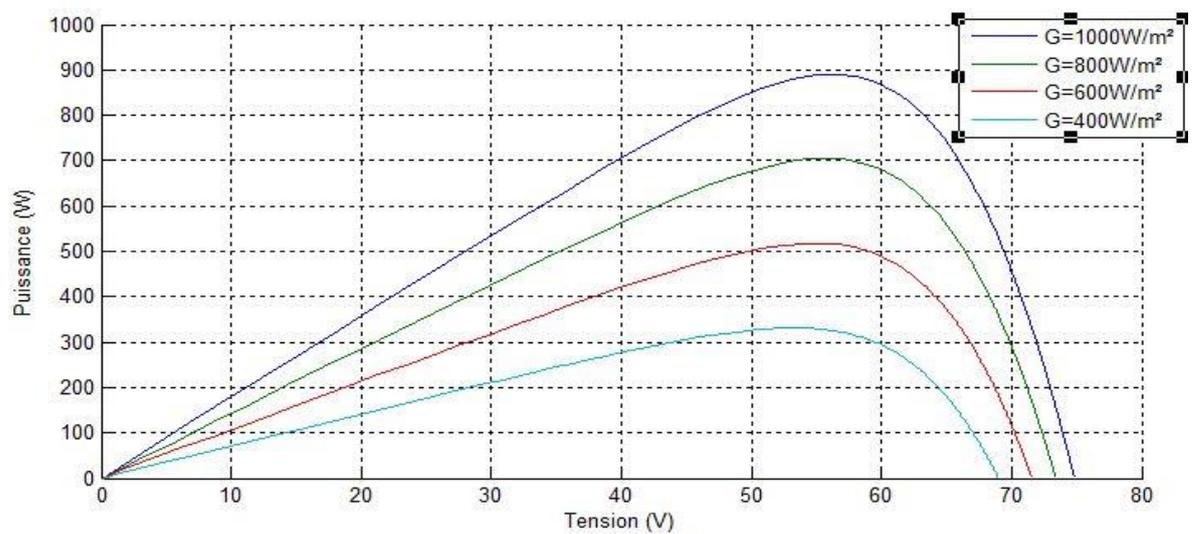


Figure V.27 : Résultats de simulation des caractéristiques Puissance-Tension pour différentes valeurs d'éclairements et une température $t=25^\circ\text{C}$.

CHAPITRE V : SIMULATION ET ETUDE DE PERFORMANCE

On constate aussi d'après les résultats de simulation que l'effet de l'augmentation de la température fait diminuer la tension du circuit ouvert, donc par conséquent la puissance maximale du générateur subit une diminution, contrairement au courant de court-circuit qui reste constant les figures ci-dessous montrent l'influence de l'augmentation de la température sur les caractéristiques du panneau :

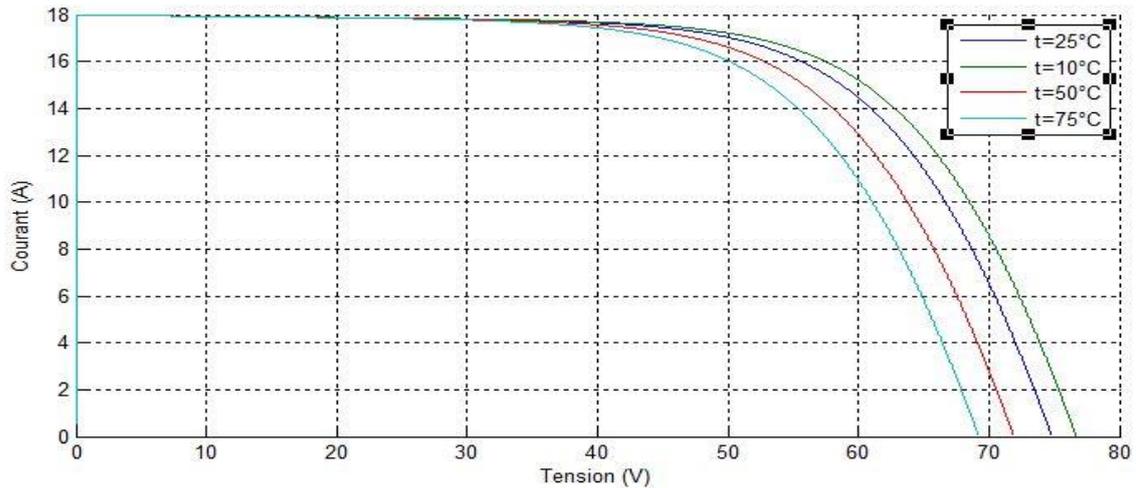
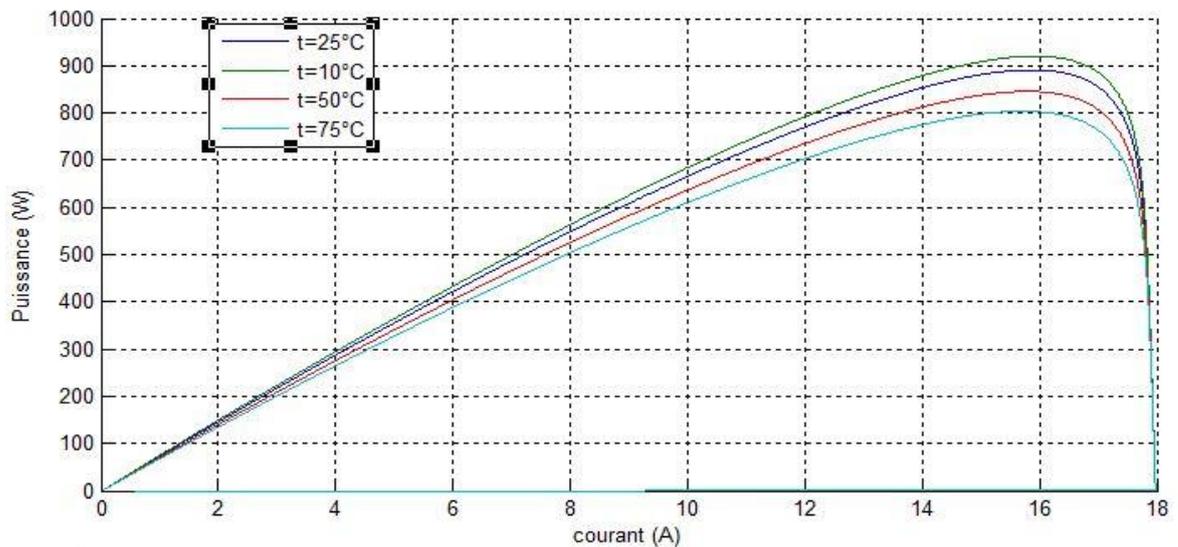


Figure V.28 : Résultats de simulation des caractéristiques Courant-Tension pour différentes



valeurs de température et un éclairement $G=1000 \text{ W/m}^2$.

Figure V.29 : Résultats de simulation des caractéristiques Puissance-Courant pour différentes valeurs de température et un éclairement $G=1000 \text{ W/m}^2$.

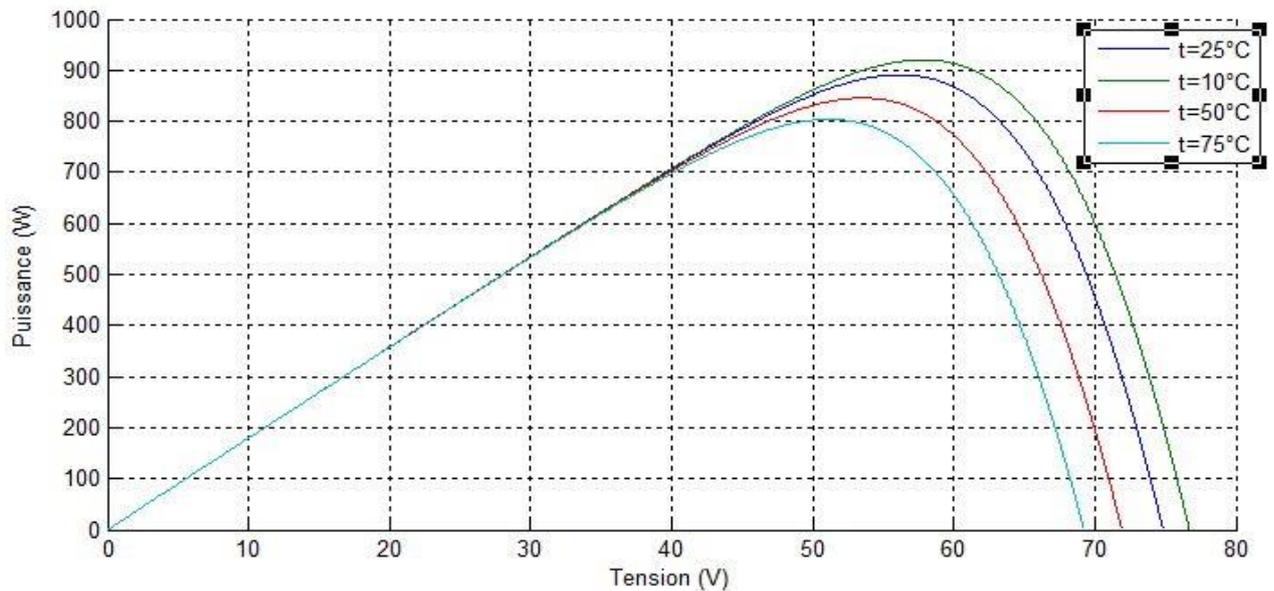


Figure V.30 : Résultats de simulation des caractéristiques Puissance-Tension pour différentes valeurs de température et un éclairement $G=1000 \text{ W/m}^2$.

V.4 Conclusion :

Dans ce chapitre, on a effectué la simulation de notre nouveau système, aussi on a étudié le comportement des caractéristiques de ce système, pour savoir si la nouvelle installation est fiable ou pas, on a remarqué que le paramètre G (Eclairement) a un rôle très important, plus l'éclairement est faible, plus le panneau est moins performant, la même chose pour la température, plus la température augmente plus le rendement du panneau subit une diminution. Mais ça nous pose aucun problème parce que notre système est connecté au réseau. Par contre on va profiter de l'énergie gratuite grâce à l'utilisation de ces panneaux solaires.

Conclusion

Et

Perspectives

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans notre travail, on a essayé d'étudier la possibilité d'installer un champ PV au niveau de l'aéroport Houari Boumediene et sur les installations radioélectriques (étude de cas ILS...) Le but principal du travail est de réduire la consommation d'énergie électrique et de ce fait économiser le coût d'achat d'électricité.

Au début, on a commencé par citer l'utilité des énergies renouvelables, ensuite on a présenté l'aérodrome avec toutes ses installations et infrastructure. Et après on a parlé sur l'intégration du système PV dans le système existant et les perspectives d'intégration, et on a terminé par le dimensionnement et les résultats ainsi les couts et les gains de cette étude, cette partie assure la faisabilité de notre étude avec une réalisation sur Simulink Matlab.

Ce mémoire avait pour ambition de fusionner les énergies renouvelables dans le domaine aéronautique et bénéficier le maximum des deux domaines Les avantages de cette étude ne se limitent pas dans le côté financier, elle touche aussi le côté environnemental (leurs utilisations ne polluent pas l'environnement).

Nos perspectives pour cette étude sont qu'elle soit réalisable à l'aéroport Houari Boumediene et au niveau de tous les aérodromes de l'Algérie, par conséquent ce projet ça va contribuer à augmenter le trafic aérien au niveau national avec les réductions des redevances on suspect une réduction du billet des compagnies aérienne algérienne pour attirer les passagers d'utiliser le transport aérien au niveau national « *the cheapest prices attract the most consumers* »

Parmi nos perspectives aussi l'application des panneaux solaires photovoltaïques sur les balises en dehors des aérodromes, cette proposition minimise le cout de transfert d'énergie électrique, sans oublier la possibilité de réduire les redevances d'usage des installations et des services d'assistance à la navigation aérienne en route(phase de croisière) et avec l'alimentation autonome des balise on peut les placer un peu partout, ça nous aide à exploiter l'espace aérien d'une manière largement suffisante.

Références

Bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Documentations prises de la part de DTNA :

- ✪ **Manuel de Formation INDRA**, NORMARC 7000B ILS INSTRUMENT LANDING SYSTEM.
- ✪ **Manuel technique THALES**, ILS 420 systèmes d'aide à l'atterrissage, LOCALIZER 421 d'alignement de piste, partie 01 description de l'équipement.
- ✪ **Manuel technique THALES**, ILS 420 systèmes d'aide à l'atterrissage, GLIDE PATH 421 radiophare d'alignement de descente, partie 01 description de l'équipement.
- ✪ **Manuel technique THALES**, DVOR 432, radiophare omnidirectionnel VHF, partie 01 description de l'équipement.

Documentations prises de la part de l'ENNA :

- ✪ **Annexe 14 de l'AOACI** : Aéroports, Volume 1. Sixième édition Juillet 2013.
- ✪ **AIP, Publication d'information aéronautique**, Algérie, partie aéroports, DAAG AD 2.8 AIRES DE TRAFIC, VOIES DE CIRCULATION, Edition Janvier 2010.

Documentation interne de la SGSIA :

- ✪ **SGSIA**. « Organigramme de la société de gestion des services et infrastructures aéroportuaires (SGSIA-SPA) Aéroport d'Alger », Edition 2010.

Cours universitaires :

- ✪ **Madame Hamlati.Z** : Cours d'information aéronautique en L2.

Mémoires et thèses :

- ✪ **Baklli** « Etude et dimensionnement d'un convertisseur statique pour la connexion d'un générateur PV » mémoire Magister, Université de Boumerdes 2005.
- ✪ **Merad, Mesri Mokhtaria, Cheknane Ali**, Introduction au gisement solaire algérien théorie et applications, Université Amar Telidji (Laghouat).
- ✪ **Abd Elouhed Touhami**, La valorisation d'énergie solaire en Algérie-zone saharienne (Région de Kerzaz), thèse de master, Université Tahri Mohammed, Béchar (2013).
- ✪ **R.P. Mukund**, Wind and solar Power Systems, Ph.D U.S merchant Marine Academy, Kings Point, New York, CRC Press LLC 1999.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ✦ **Boukerzaza Nassima.** Etude de l'effet des pertes thermiques sur les caractéristiques de fonctionnement d'un distillateur solaire, thèse de magister, Université Mentouri de Constantine.
- ✦ **Samira Mouhous-Chaouchi,** Etude statistique du rayonnement solaire sur un plan incliné, thèse de magister, Université Abou Bekr Belkaid (2012).
- ✦ **Horma Autmen,** Calcul d'irradiation solaire globale sur un collecteur solaire incliné au site de Béchar, Université Tahri Mohammed, Béchar ,2015/2016.
- ✦ **Benbouza Chaouki,** Production et performance des capteurs hybrides (PV/T) à eau intégrés dans le bâtiment-cas de l'Algérie, thèse de magistère, Université de Constantine. (2014).
- ✦ **Hadj Belkacemi Mohammed,** Modélisation et Etude Expérimentation d'un Capteur Solaire non Vitré et Perforé, thèse de master, Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, le 06 juillet 2011.
- ✦ **Zerguine Bilal,** modelisation d'un systeme de production electrique par la cellule photovoltaïque, Université de Annaba, Année 2010.
- ✦ Etude d'un système technique, B.T.S ELECTRONIQUE, session 2004, dossier technique.
- ✦ **K.Amara,** contribution à l'étude de conception d'une centrale PV, mémoire de Magister université de Tizi Ouzou, année 2015.
- ✦ **A. Saadi,** "Etude comparative entre les techniques d'optimisation des systèmes de pompage photovoltaïque," Université de Biskra Mémoire de Magister, année 2000.
- ✦ **W.Bensaci** '' Modélisation et simulation d'un système photovoltaïque adapté par une commande MPPT '' Mémoire de Master Université Kasdi Merbah-Ouargla, année 2011/2012.
- ✦ **Bouzaki Mohamed,** Etudes comparées et modélisation des performances des différentes technologies de cellules photovoltaïques en vue du dimensionnement des systèmes et installations photovoltaïques, thèse de doctorat, université ABOU BAKR BELKAID Tlemcen, année 2017.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Manuels :

- ✦ Le guide de l'énergie renouvelables, ministère de l'énergie et des mines (Edition 2007).
- ✦ Instruction manual, CM21 precision pyranometer, Kipp & Zonen (2014).

Ouvrages:

- ✦ **C, Fröhlich. 1978:** World radiometric reference. World Meteorological Organization, Commission for instruments and methods of observation, report WMO 490.
- ✦ **Section Instruction – IVAOTM division France**, LE VOR, Edition septembre 2011.
- ✦ **Nossent Loïck**, Hamel Loïck, L'énergie solaire thermique.
- ✦ **Section Instruction – IVAOTM division France**, LE DME, Edition septembre 2011.
- ✦ **J, Bernard**, Energie solaire calculs et optimisation, Ellipse Edition Marketing, (2004).

Informations obtenues durant notre stage :

- ✦ Des données obtenues au niveau du service balisage.
- ✦ Des données obtenues au niveau du centre d'énergie D1.
- ✦ Informations prises de la part de la direction d'infrastructure et travaux SGSIA « DIT ».

Webographie :

- ✦ **Electricité et domotique** [en ligne] => <http://www.sigma-tec.fr>
- ✦ **Energie environnement** [en ligne] <https://energie-environnement.ch/maison/eclairage-et-piles/ampoules-et-ampes/140>
- ✦ **Quelle Energie**, filiale du groupe EFFY, le leader du conseil en économies d'énergie auprès des particuliers [en ligne] => <https://quelleenergie.fr>
- ✦ **Panneaux solaires France** [en ligne] => <https://panneaux-solaires-france.com>
- ✦ **Association conseils thermiques** [en ligne] => <https://conseils-thermiques.org>
- ✦ **L'entreprise DUALSUN** [en ligne] => <https://dualsun.com>
- ✦ **L'avionnaire** [en ligne] => <https://www.avionnaire.fr>
- ✦ **Aviation stack exchange** [en ligne] => <https://aviation.stackexchange.com>
- ✦ **Modem air navigation** [en ligne] => <https://airnav.eu>
- ✦ **Algérie électricité** [en ligne] => <https://algerie-electricite.com/faq/prix-kwh>

Annexes

Les composants des systèmes photovoltaïques :

➤ Le panneau solaire photovoltaïque :

C'est celui qui transforme la lumière du soleil en électricité.



Figure A.1 : Panneau solaire photovoltaïque.

➤ Le régulateur :

C'est l'élément indispensable à toute installation solaire, il chargera de façon optimale vos batteries tout en les préservant d'une éventuelle surcharge ou décharge complète. Il pourra également selon le modèle gérer des automatismes d'allumage et d'extinction d'éclairages [*]



Figure A.2 : Régulateur

➤ L'onduleur :

Les fonctions de l'onduleur sont de convertir et d'acheminer l'électricité produite avec un maximum d'efficacité et en toute sécurité vers le réseau électrique dans le cas du raccordé réseau ou à l'utilisateur dans le cas des sites isolés. [*]

L'onduleur se présente sous la forme d'un boîtier métallique muni d'un radiateur ou d'un ventilateur. Il est placé sur un support vertical comme un mur dans un espace ventilé ou dehors, à l'abri et le plus près possible des modules photovoltaïques afin de limiter les pertes d'électricité en ligne. Il n'émet que peu de bruit (un léger ronronnement ou sifflement) et le champ électromagnétique est très faible, inférieur à celui d'une plaque à induction.

L'onduleur convertit le courant continu des modules photovoltaïques en courant alternatif identique à celui du réseau. Il est caractérisé par un rendement particulier, rapport entre la puissance de sortie et la puissance d'entrée, et qui dépend de sa capacité à s'adapter aux caractéristiques du champ photovoltaïque. [*]



Figure A.3 : Onduleur

➤ Les batteries :

Il n'y a pas d'autre moyen connu pour stocker l'énergie et la restituer à la demande ou de façon constante qu'une batterie. En dehors des solutions d'injection raccordées au réseau, les batteries sont donc insensibles à toute installation solaire autonome. [*]



Figure A.4 : Batterie

Annexe B

La photo ci-dessous représente le logiciel ECC (ENNA CONTROL CENTER) qui contrôle l'alimentation globale de l'aérodrome d'Alger :

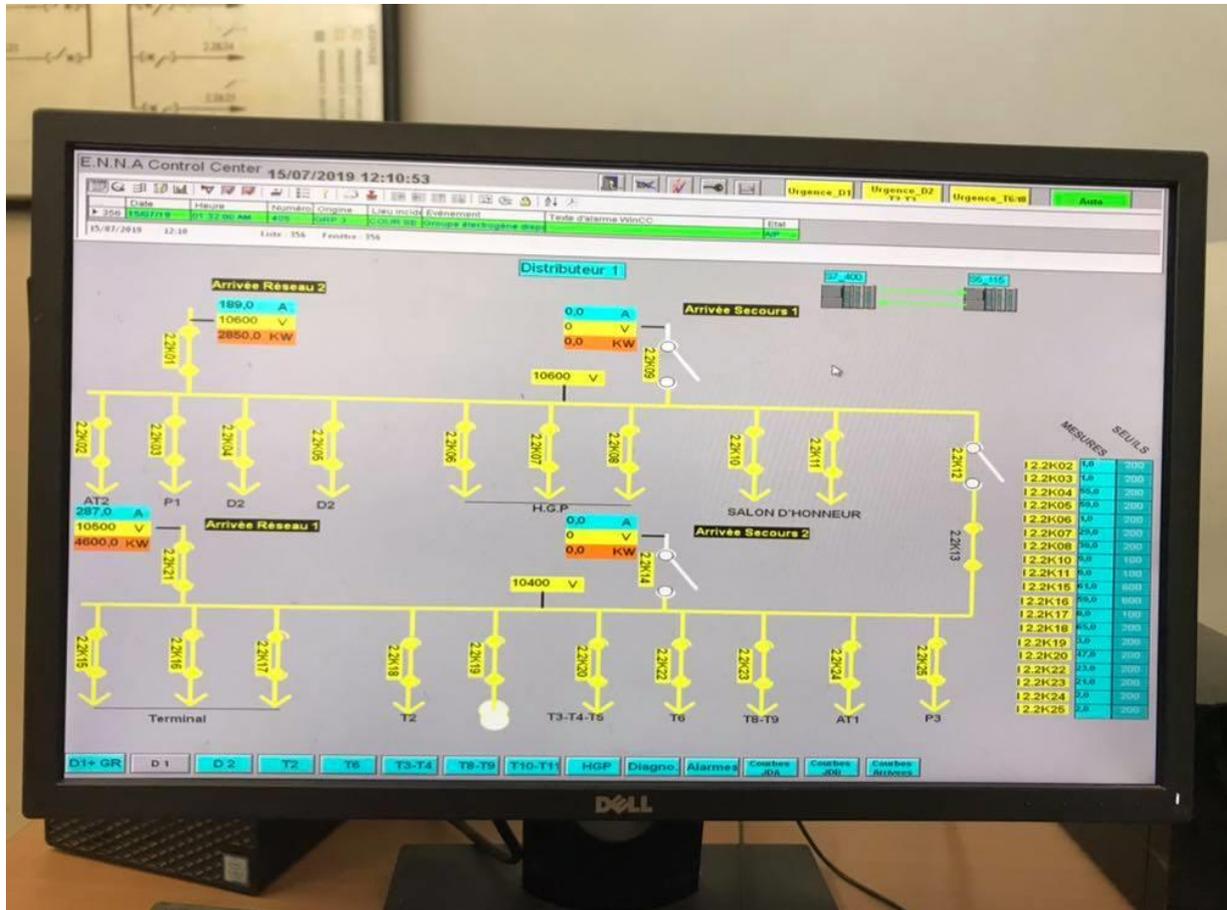


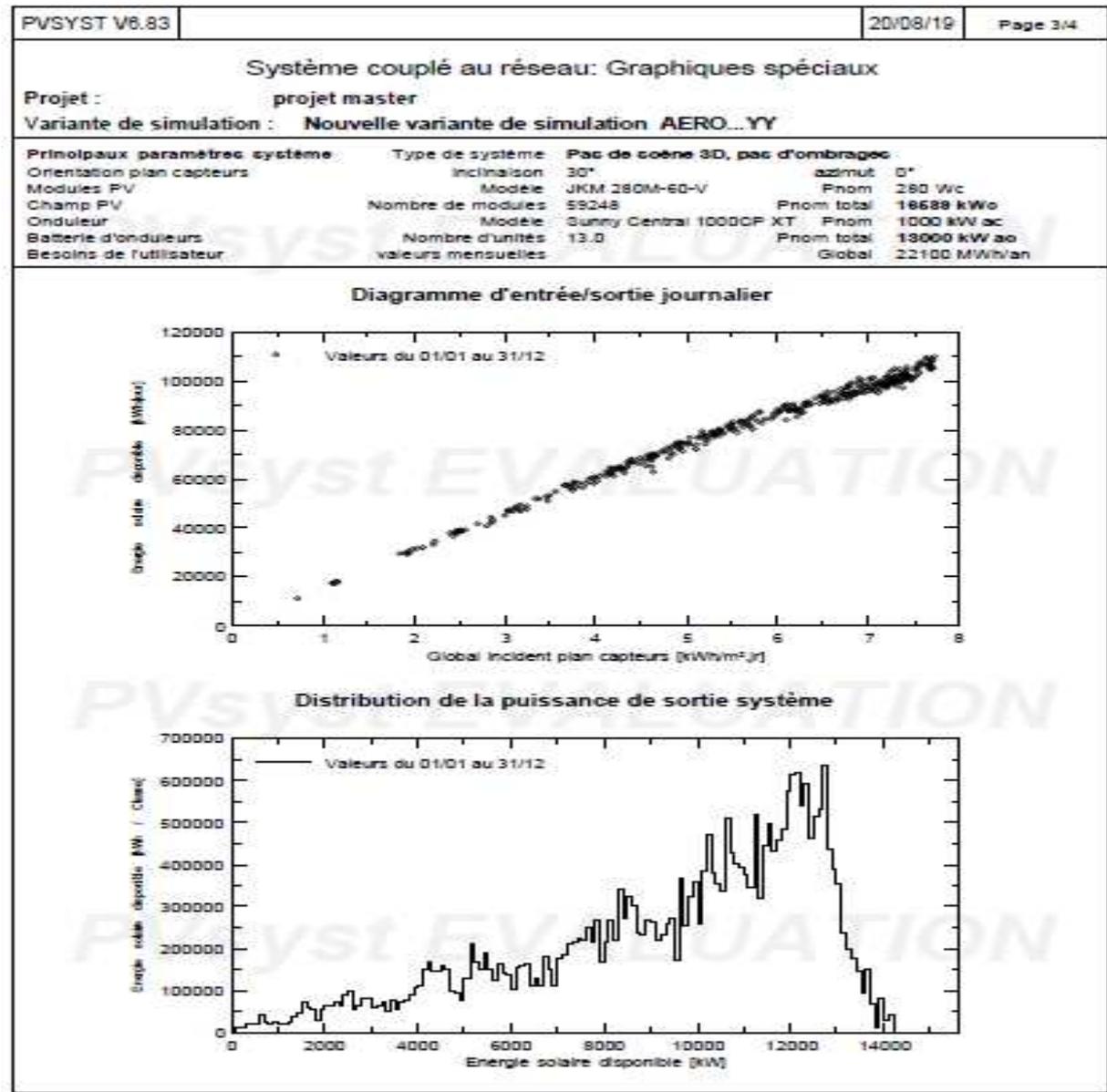
Figure B.1 : ENNA CONTROL CENTER.

Annexe C

Le rapport final du dimensionnement :

PVSYST V6.83	20/08/19	Page 1/4																												
Système couplé au réseau: Paramètres de simulation																														
Projet : projet master																														
Site géographique	Algiers	Pays Algérie																												
Situation	Latitude 36.72° N	Longitude 3.25° E																												
Temps défini comme	Temps légal Fus. horaire TU+1	Altitude 22 m																												
Données météo:	Algiers	Meteororm 7.1 (1996-2010), Sat=100% - Synthétique																												
Variante de simulation : Nouvelle variante de simulation AERO...YY																														
Date de la simulation: 20/08/19 à 17h22																														
Paramètres de simulation	Type de système	Pac de coène 3D, pac d'ombrages																												
Orientation plan capteurs	Inclinaison 30°	Azmut 0°																												
Modèles utilisés	Transposition Perez	Diffus Perez, Meteororm																												
Horizon	Pas d'horizon																													
Ombrages proches	Sans ombrages																													
Recolme de l'utilisateur : valeurs mensuelles																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Jan.</th> <th>Fév.</th> <th>Mars</th> <th>Avr.</th> <th>Mai</th> <th>Juin</th> <th>Jul.</th> <th>Août</th> <th>Sep.</th> <th>Oct.</th> <th>Nov.</th> <th>Déc.</th> <th>Année</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>*56220</td> <td>*30330</td> <td>*56960</td> <td>*90380</td> <td>*74550</td> <td>*78390</td> <td>*47810</td> <td>*55980</td> <td>*53690</td> <td>*11380</td> <td>*57000</td> <td>*05390</td> <td>*00100</td> <td>kWh/mth</td> </tr> </tbody> </table>			Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Jul.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Année		*56220	*30330	*56960	*90380	*74550	*78390	*47810	*55980	*53690	*11380	*57000	*05390	*00100	kWh/mth
Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Jul.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Année																		
*56220	*30330	*56960	*90380	*74550	*78390	*47810	*55980	*53690	*11380	*57000	*05390	*00100	kWh/mth																	
Caractéristiques du champ de capteurs																														
Module PV	Si-mono	Modèle JKM 280M-60-V																												
Base de données PVsyst originale	Fabricant	Jinkosolar																												
Nombre de modules PV	En série	23 modules																												
Nombre total de modules PV	Nbre modules	59248																												
Puissance globale du champ	Nominale (STC)	16589 kWc																												
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)	U mpp	649 V																												
Surface totale	Surface modules	96977 m²																												
		Surface cellule 84379 m²																												
Onduleur		Modèle Sunny Central 1000CP XT																												
Base de données PVsyst originale	Fabricant	SMA																												
Caractéristiques	Tension de fonctionnement	595-900 V																												
		Puissance unitaire 1000 kWac																												
		Puissance max. (>25°C) 1100 kWac																												
Batterie d'onduleurs	Nbre d'onduleurs	13 unités																												
		Puissance totale 13000 kWac																												
		Rapport Pnom 1.28																												
Facteurs de perte du champ PV																														
Fact. de pertes thermiques	Lic (const)	20.0 W/m²K																												
Perte ohmique de câblage	Rés. globale champ	0.47 mOhm																												
Perte de qualité module		Uv (vent) 0.0 W/m²K / m/s																												
Perte de "mismatch" modules		Frac. pertes 1.5 % aux STC																												
Perte de "mismatch" strings		Frac. pertes -0.8 %																												
Effet d'incidence, paramétrisation ASHRAE	IAM = 1 - bo (1/cos i - 1)	Frac. pertes 1.0 % au MPP																												
		Frac. pertes 0.10 %																												
		Param. bo 0.05																												

Figure C.1 : 1^{ère} page du rapport.

Figure C.3 : 3^{ème} page du rapport.

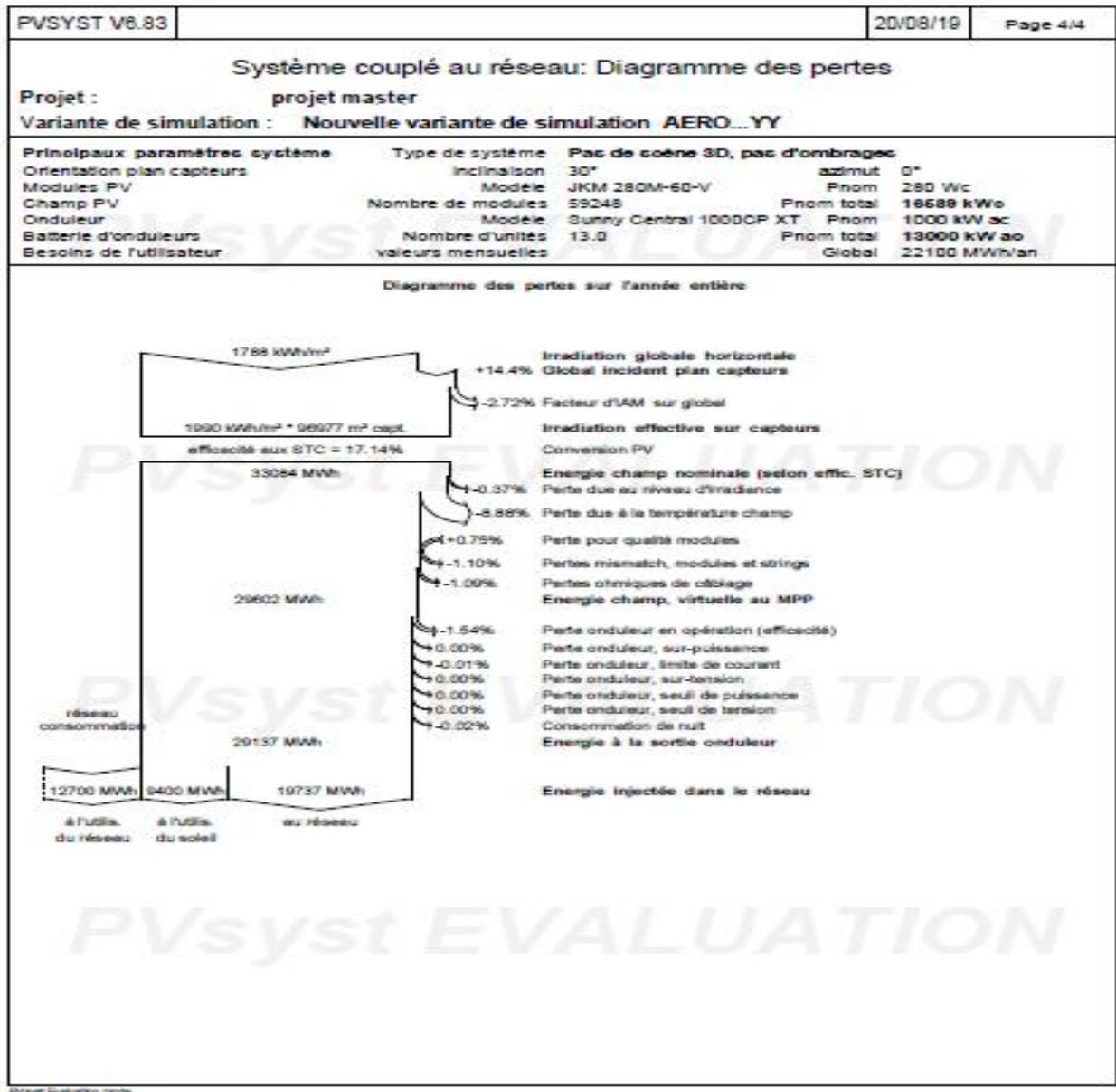


Figure C.4 : 4^{ème} page du rapport.

Annexe D

Ces paramètres sont obtenus à l'aide du logiciel PVSYST :

Graphic Tool for the Array's Electrical Behaviour Study in various conditions

Définition d'un module PV

Données de base | Dimensions et Technologie | Paramètres modèle | Données additionnelles | Commercial | Graphiques

Modèle Fabricant

Nom fichier Source données

Base de données Pvsyst originale Prod. depuis 2016

Puissance no Wp Tol. -/+ % Technologie

Spécifications fabricant ou autres mesures

Cond. de référence	GRef	<input type="text" value="1000"/>	W/m ²	TRef	<input type="text" value="25"/>	°C
Courant de court-circuit	Isc	<input type="text" value="9.530"/>	A	Circuit ouvert Vco	<input type="text" value="38.60"/>	V
Point de Puissance max.	Imp	<input type="text" value="8.810"/>	A	Vmpp	<input type="text" value="31.80"/>	V
Coefficient de température	muIsc	<input type="text" value="4.6"/>	mA/°C	Nbre cellules 60 en série		
	ou muIsc	<input type="text" value="0.048"/>	%/°C			

Résultat du modèle interne

Conditions de fonctionne	GOper	<input type="text" value="1000"/>	W/m ²	TOper	<input type="text" value="25"/>	°C
Point de Puissance max.	Pmpp	<input type="text" value="280.6"/>	W	de température	<input type="text" value="-0.38"/>	%/°C
	Courant Imp	<input type="text" value="8.94"/>	A	Tension Vmpp	<input type="text" value="31.4"/>	V
	Courant de court-circuit	<input type="text" value="9.53"/>	A	Circuit ouvert Vco	<input type="text" value="38.6"/>	V
Efficacité	/ Surf. cellules	<input type="text" value="19.70"/>	%	/ Surf. module	<input type="text" value="17.14"/>	%

Résumé du modèle

Paramètres principaux

R parall.	<input type="text" value="220"/>	ohm
Rparall(G=0)	<input type="text" value="900"/>	ohm
R série model	<input type="text" value="0.30"/>	ohm
R série max.	<input type="text" value="0.33"/>	ohm
R série apparent	<input type="text" value="0.46"/>	ohm

Paramètres modèle

Gamma	<input type="text" value="0.968"/>
IoRef	<input type="text" value="0.05 nA"/>
μVco	<input type="text" value="-123 mV/°C"/>
μPMax fixé	<input type="text" value="-0.39 /°C"/>

Voir optimisation

Figure D.1 : Les paramètres de notre panneau.

GEN 4 REDEVANCES D'AERODROMES ET DE SERVICES DE NAVIGATION AERIENNE REGLEMENTATION RELATIVE AUX REDEVANCES AERONAUTIQUES

GEN 4.1 PRINCIPES GENERAUX

1 Bases légales et consistance des redevances

Le décret législatif n° 91- 149 du 18 Mai 1991 définit le statut et les missions de l'Etablissement National de la Navigation Aérienne (E.N.N.A). Il définit également ses relations avec les tiers et notamment le recours au droit commercial.

Un cahier des clauses générales détaille ces relations et les prestations de service y afférentes en contrepartie desquelles l'ENNA perçoit une rémunération appelée redevance aéronautique pour les prestations liées à la sécurité de la Navigation Aérienne. Le décret exécutif n° 91- 150 du 18 Mai 1991 définit de même les Etablissements de Gestion et des Services Aéroportuaires (E.G.S.A).

Sur tout aéroport ouvert à la circulation aérienne publique, les services rendus aux usagers et au public donnent lieu à une rémunération, sous la forme de redevances, perçues au profit de l'Organisme qui fournit le service. Il en est de même pour l'usage des installations et services y compris les services de radiocommunications et de météorologie mis en œuvre par l'Etat dans l'espace aérien relevant de sa responsabilité, pour la sécurité et la rapidité de la circulation aérienne en route.

Les redevances sont dues pour :

- Atterrissage des aéronefs ;
- Usage des dispositifs d'éclairage ;
- Usage des installations et des services d'assistance à la navigation aérienne en route et à l'approche ;
- Usage des installations pour la réception des passagers ;
- Usage des installations pour la réception des marchandises ;
- Usage de parking des aéronefs ;
- Stationnement des aéronefs ;
- Abri des aéronefs ;
- Occupation des terrains et immeuble ;
- Assistance du service de sauvetage et lutte contre l'incendie (SSU).

Toutes ces redevances sont réglementées, leur taux est publié. Elles sont dues par le seul fait de l'usage des services, installations, ouvrages et bâtiments qu'elles rémunèrent. Elles sont recouvrées par l'organisme exploitant selon ses règles propres.

1.1 Bases de perceptions des redevances

La perception des redevances est basée sur les modes de calcul détaillés en GEN 4-2-2 paragraphe 5. Compte tenu de l'importance des paramètres entrant dans les calculs, les usagers aériens sont invités à veiller sur l'actualité des informations les concernant en matière d'usage des services de la Navigation aérienne.

A ce titre, ils sont expressément invités à fournir la liste de leur flotte ainsi que les amendements de manière régulière. Le programme des vols, les demandes d'autorisation de survol et les préavis de vols par les moyens les plus appropriés à :

Direction des Ressources, Finances et de la Comptabilité (DRFC)
Département Commercial
1 Avenue de l'Indépendance- Alger – BP 383- Algérie
RSFTA : DAALYVDG
Tel/Fax : Direction de la DRFC : 00 213 21 65 74 44
Service Recouvrement : 00 213 21 65 74 71
Service Facturation : 00 213 21 65 74 83
Email : drfc@enna.dz
denafact@hotmail.com

Les redevances dues sont généralement distinguées selon que l'aéronef effectue un trafic national ou international. Il est considéré comme trafic national tout vol effectué entre deux points situés sur le territoire national par des aéronefs nationaux.

1.2 Facturation et recouvrement :

La redevance est due par la personne qui exploite l'aéronef au moment où le vol a eu lieu. Au cas où l'exploitant n'est pas connu le propriétaire de l'aéronef, est réputé être l'exploitant jusqu'à ce qu'il ait établi quelle autre personne avait cette qualité. A défaut pour l'exploitant de faire la déclaration et/ou les amendements de sa flotte, le coefficient poids pris pour paramètre dans la facturation pour chaque aéronef d'un même type utilisé par cet exploitant établi sur la base de la masse maximale au décollage (MTOW) de la version la plus lourde de ce type. A défaut de paiement dans les délais prescrits par le règlement financier inclus ci-après en GEN 4.2.5 paragraphe 7. Le recouvrement est poursuivi par le service chargé du règlement du contentieux de l'Etablissement dans les conditions et les règles commerciales en vigueur et/ou au vu d'un ordre exécutoire du tribunal compétent.

1.3 Répartition des redevances.

La perception des redevances aéronautiques relève de la compétence des organismes suivants :

- (1) Etablissement National de la Navigation Aérienne (E.N.N.A) voir GEN 4-1-1 paragraphe 1
Atterrissages des aéronefs ; Usage des dispositifs d'éclairage, Usage des Installations des services d'assistance à la navigation aérienne en route et à l'approche, assistance du service de sauvetage et lutte contre l'incendie (SLLI).
- (2) Etablissement de Gestion et des Services Aéroportuaire (E.G.S.A) voir GEN 4-1-1 paragraphe 1
Usage des Installations pour la réception des passagers, des marchandises, stationnement et abri des aéronefs, occupation des terrains et des immeubles.

2 Dispositions particulières :**2.1 Perturbation du trafic dans les espaces aériens adjacents**

En cas de déroutement du trafic via la FIR ALGER dû à des restrictions imposées par des mesures ATFM dans les FIR limitrophes, le survol dans la FIR ALGER est autorisé selon les modalités suivantes :

- Respect du réseau de routes ATS publié dans la partie ENR 3.1, 3.2 et 3.3 de l'AIP Algérie.
- Dépôt d'un plan de vol mentionnant au champ 18, l'immatriculation, le nom de l'exploitant et / ou du propriétaire de l'aéronef, le numéro FAX ou A.F.T.M
- Dépôt d'un préavis de vol dont le modèle figure en GEN 4-2-4.

2.2 Utilisation des plans de vol répétitifs (RPL)

L'Algérie ne pratique pas cette procédure. Les compagnies utilisant les RPL sont invitées à veiller au respect de la totalité des procédures obligatoires régissant ce type de plan en renseignant de manière appropriée le champ 18. A défaut, les Services de contrôle en route recueilleront les informations complémentaires, lesquelles seront les seules références pour l'établissement des redevances. Les usagers de l'espace aérien ne pourront alors opposer de réclamation.

3 Montant des redevances de navigation aérienne**3.1 Redevances d'atterrissage :****3.1.1 Aéronefs effectuant un trafic international :**

Jusqu'à 12 Tonnes	: 1.712,74 DA
De 13 à 25 Tonne	: 1.712,74 DA + 148,9 DA/ tonne supplémentaire ;
De 26 à 50 tonnes	: 3.648,51 DA + 311,36 DA/ tonne supplémentaire ;
De 51 à 75 tonnes	: 11.432,61 DA + 332,92 DA/ tonne supplémentaire ;
Au-dessus de 75 tonnes	: 19.755,69 DA+ 483,42 DA/ tonne supplémentaire.

3.1.2 Aéronefs effectuant un trafic national :

- Jusqu'à 12 Tonnes : 64,14 DA.
- De 13 à 25 Tonnes : 64,14 DA + 10,68 DA/ tonne supplémentaire ;
- De 26 à 50 Tonnes : 202,98 DA + 22,80 DA/ tonne supplémentaire ;
- De 51 à 75 Tonnes : 772,98 DA + 23,25 DA/ tonne supplémentaire ;
- Au-dessus de 75 Tonnes : 1.354,23 DA + 38,15 DA/ tonne supplémentaire.

3.1.3 Aéronefs de tourisme :

- Jusqu'à 12 Tonnes : 49,78 DA.
- Au-dessus de 12 Tonnes : 49,78 DA + 8,61 DA/ tonne supplémentaire.

3.2 Redevances d'entraînement :

25 % du montant de la redevance d'atterrissage.

3.3 Redevances de survol des aéronefs :

Trafic international : 3.434 DA l'unité de service

Trafic national : 115,33 DA l'unité de service

3.4 Redevances d'usage des dispositifs d'éclairage :

Aérodromes de classe internationale : 1.168,86 DA.

Aérodromes de classe autre qu'internationale : 877,10 DA.

3.5 Redevances d'assistance du service de sauvetage et lutte contre l'incendie :

Le taux unitaire horaire de base de la prestation du service de sauvetage et lutte contre l'incendie (SSLI) est mentionné dans le tableau ci-dessous :

Nature Intervention	Taux unitaire		
	Aéronef de catégorie 6	Aéronef de catégorie 7	Aéronef de catégorie 8
Protection	3000,00DA	6000,00DA	9000,00DA
Avitaillement	6000,00DA	12000,00DA	18000,00 DA.

❖ 1 Unité = 1 heure

❖ Toute fraction d'heure est considérée comme 1 unité.

Exemple : si la durée d'intervention = 1 heure 05 Minutes, le nombre d'unité sera égal à 2.

GEN 4.2 REDEVANCES DE NAVIGATION AERIENNE

1 Généralités :

Les conditions d'établissement des montants des redevances d'atterrissage, de balisage, d'usage des installations et services de navigation aérienne de route et d'assistance du service de sauvetage et lutte contre l'incendie, telles que définies à la page GEN 4-1-2 paragraphe 3 sont les suivantes :

2 Redevances d'atterrissage :

La redevance d'atterrissage est due dans les conditions et sous les réserves fixées ci-après par tout aéronef qui effectue un atterrissage sur un aéroport ouvert à la circulation aérienne publique.

La redevance d'atterrissage est calculée d'après le poids maximum au décollage porté sur le certificat de navigabilité de l'aéronef, arrondi à la tonne supérieure. Un tarif est fixé pour les aéronefs de tourisme d'un poids inférieur ou égale à 12 Tonnes.

Les tarifs diffèrent selon que l'aéronef effectue un vol national ou international.

2.1 Réduction :

- a) Les gravions bénéficient d'une réduction de 50%.
- b) Les aéronefs appartenant à une entreprise de transport ou de travail aérien qui accomplissent des vols d'entraînement et qui, à l'occasion de ces vols ne font aucun transport ou travail rémunéré, bénéficient d'une réduction de 75%.
- c) Le montant de la réduction accordée en cas de manifestation aérienne est fixé par le Ministre chargé de l'aviation civile.

2.2 Exemptions :

Sont exemptés de la redevance d'atterrissage :

- (a) Les aéronefs spécialement affectés aux déplacements des personnalités exerçant des fonctions dont la liste est établie par décision du Ministre chargé de l'aviation civile.
- (b) Les aéronefs d'Etat qui effectuent des missions techniques sur ordre du Ministre chargé de l'aviation civile.
- (c) Les aéronefs appartenant à une entreprise de transport ou de travail aérien qui accomplissent des vols d'essai à condition qu'ils ne fassent à l'occasion de ces vols aucun travail rémunéré et que ne se trouvent à bord que les membres de l'équipage et des personnes mandatées spécialement pour contrôler les essais.
Sont considérés comme vols d'essai, les vols de vérification de bon fonctionnement effectués après transformation, réparation ou réglage de cellules, des moteurs ou des appareils de bord, ou après installation d'un dispositif nouveau à bord de l'aéronef.
- (d) Les aéronefs qui effectuent un retour forcé sur l'aéroport en raison d'incidents techniques ou de circonstances atmosphériques défavorables.
- (e) Les aéronefs d'aéro-clubs, lorsqu'ils atterrissent sur leur aéroport d'attache à condition qu'ils n'effectuent aucun vol rémunéré.

3 Redevances d'usage des dispositions d'éclairage :

La redevance d'usage des dispositifs d'éclairage est due par tout aéronef qui effectue un envol ou un atterrissage sur un aéroport ouvert à la circulation aérienne publique, dont le balisage a été allumé de nuit (30 minutes après le coucher, 30 minutes avant le lever du soleil), ou par mauvaise visibilité ; soit à la demande du commandant de l'aéronef soit pour des raisons de sécurité sur l'ordre de l'autorité responsable de la sécurité aéronautique.

La redevance varie suivant les aéroports en fonction de l'importance du balisage. Ils sont, à cet effet, classés en deux (02) catégories, et le taux de la redevance, pour chacune des catégories est fixé à la page GEN 4-1-3 paragraphe 3.2.

Exemptions : (voir paragraphe 2.2 ci-dessus).

4 Redevances d'assistance du service de sauvetage et lutte contre l'incendie :

La redevance d'assistance du service de sauvetage et lutte contre l'incendie est due en fonction de la catégorie de l'aéronef.

Le tarif diffère selon l'assistance, protection ou avitaillement.

5 Redevances d'usage des installations et services de navigation aérienne de route :

La redevance d'usage des installations et services de navigation aérienne de route est due pour tout vol effectué à l'intérieur de la région d'information de vol relevant de la compétence de l'Algérie. La redevance est due, en principe, par l'exploitant de l'aéronef. A défaut d'exploitant, le propriétaire de l'aéronef en est redevable, jusqu'à ce qu'il est établi qu'une autre personne à cette qualité. La redevance est due pour chaque vol quelles que soient les règles de vol (IFR ou VFR) le lieu de départ et le lieu de destination.

Par vol, on entend tout vol donnant réglementairement lieu à l'établissement d'un plan de vol. On comptera, en conséquence autant de vols que comptera le parcours effectué par un aéronef.

La redevance est déterminée en fonction de la distance parcourue et du poids de l'aéronef.

Le poids de l'aéronef est le poids maximum au décollage porté sur le certificat de navigabilité, arrondi à la tonne supérieure. La distance est celle parcourue par l'aéronef dans la limite d'un vol. Elle est définie comme suit :

-Vol National :

Distance comprise entre l'aérodrome de départ et l'aérodrome d'arrivée, situés à l'intérieur du territoire national.

-Vol International avec escale :

Distance comprise entre l'aérodrome de départ sur le territoire national d'une part et le point de franchissement de la limite de la FIR ALGER d'autre part, ou si le parcours effectué par l'aéronef comporte plusieurs escales, la distance comprise entre les aérodromes situés à l'intérieur du territoire national.

Pour chaque vol comportant escale à l'intérieur des limites de la FIR ALGER, la distance à facturer est réduite de 20Km pour tout atterrissage ou décollage.

-Vol International sans escale :

Distance comprise entre le point d'entrée et le point de sortie de la FIR ALGER.

La distance parcourue retenue pour la facturation est calculée par tranches de 100Km, toute fraction supplémentaire étant comptée pour 100Km.

La configuration du trafic détermine une échelle distance et une échelle poids desquelles résultent deux coefficients applicables à un taux unitaire moyen.

Le taux de redevances de survol internationaux et nationaux sont applicables sans distinction ni de règles de vol (IFR ou VFR), ni de la nature de vol (commercial, professionnel ou privé) ni de la nationalité de l'aéronef.

Les vols effectués par les aéronefs d'Etats étrangers sont assujettis, sauf cas d'exemptions énumérées ci-après, au paiement de la redevance dans les mêmes conditions que les aéronefs utilisés à d'autres fins.

5.1 Réductions

Les aéronefs dont le poids maximum au décollage est supérieur à 2 tonnes et inférieur à 5,7 Tonnes bénéficient d'une réduction de 40% sur le montant de la redevance.

5.2 Exemptions :

- Sont exemptés de la redevance :
- (a) Les vols effectués en totalité à vue par les aéronefs dont le poids maximum au décollage porté sur le certificat de navigabilité est inférieur à deux (02) Tonnes.
 - (b) Les vols effectués par les aéronefs d'Etats étrangers à condition, d'une part que cette exemption résulte d'un accord de la réciprocité et d'une décision du Ministre chargé de l'aviation civile, d'autre part que les vols ne soient pas effectués à des fins commerciales.
 - (c) Les vols de recherches et de sauvetage.
 - (d) Les vols effectués par les aéronefs qui se verraient obligés, à la suite d'incidents techniques ou de circonstances défavorables atmosphériques, de regagner sans escale leur aérodrome de départ.
 - (e) Les vols de contrôle ou d'essai des aides à la navigation.
 - (f) Les vols d'entraînement des personnels navigants.
 - (g) Les vols humanitaires sous réserve d'autorisation accordée par le Ministre chargé de l'aviation civile.

6 - Formule de calcul de la redevance de route :

La redevance est calculée suivant la formule :

$$R = TI \times N$$

Dans laquelle (TI) est le taux de la redevance, (N) est le nombre d'unités de service obtenu par le calcul :

$$N = D \times P$$

Où (D) est le coefficient distance et (P) le coefficient poids de l'aéronef.

Le système de redevance est donc fondé sur la distance comprise entre le point d'entrée et le point de sortie, tels que publiés pour la FIR ALGER, et sur la masse de l'aéronef.

6.1 Coefficient distance :

Pour chaque décollage ou atterrissage, la distance à prendre en considération est diminuée d'une tranche forfaitaire de 20 Kilomètres.

6.2 Coefficient poids :

Le coefficient poids est égal à la racine carrée du quotient obtenu en divisant la masse maximale au décollage de l'aéronef utilisateur par 50 Tonnes.

La valeur de la masse au décollage à prendre en considération est celle figurant au certificat de navigabilité, elle est exprimée en tonne métrique ce qui donne :

$$P = \sqrt{\frac{\text{masse maximale au décollage}}{50}}$$

Le coefficient poids est égal à l'unité pour un aéronef dont la masse maximale au décollage est de 50 Tonnes métriques. Le coefficient poids est exprimé dans la formule de calcul par un chiffre comportant deux décimales. La dernière étant arrondie par excès ou par défaut.

6.3 Formule développée de la redevance :

$$R = TI \times D \times \sqrt{\frac{\text{masse maximale au décollage}}{50}}$$

6.4 Unité de service :

Elle correspond à un trajet de 100 Km (D = 1) effectué par l'aéronef dont le poids est de 50 Tonnes.

6.5 Assiette de la redevance :

Sont prises en compte pour la détermination de l'assiette de la redevance, les dépenses afférentes à l'usage route des installations et services de navigation aérienne figurant au plan AFI.

6.6 Taux unitaire :

Le taux unitaire de la redevance (TI dans la formule de calcul) est établi en divisant l'assiette des redevances pour la période donnée par le nombre (N) d'unités de service engendrées dans la FIR au cours de la même période. Le taux unitaire de redevance est calculé périodiquement pour tenir compte des installations mises en œuvre, des installations retirées de l'exploitation (évaluation de l'assiette de la redevance), de l'évolution réelle du trafic et des types d'aéronefs en service (variation du nombre (N) d'unités de service).

7 Préavis de vol :

Renseignements à fournir :

- (1) *Date prévue (Année, Mois, Jour, Heure) :*
- (2) *Exploitant :*
 - (a) Nom ou Raison social
 - (b) Adresse exacte
 - (c) N° Registre de commerce
 - (d) Date et lieu de délivrance
 - (e) Adresse R.S.F.T.A.
 - (f) Téléx
 - (g) Téléphone
 - (h) Fax
- (3) *Aéronef :*
 - (a) Type
 - (b) Poids
 - (c) Immatriculation
 - (d) C.D.N. n°
 - (e) Date et lieu de délivrance
 - (f) Nom du propriétaire
 - (g) Adresse du propriétaire
- (4) *Equipage :*
 - (a) Nom du commandant de bord
 - (b) Nombre des membres de l'équipage
 - (c) Nom du commandant de bord de réserve
- (5) *Motif du vol :*
- (6) *Chargement :*
 - (a) Passagers (nombre)
 - (b) Fret (Tonnage)
 - (c) Nature du fret
- (7) *Itinéraire :*
 - (a) Point de départ et de destination
 - (b) Route en FIR Alger
 - (c) Escale Prévue - Intermédiaire - Dernière

8. Conditions et modalités de paiement des redevances de navigation aérienne :

Le paiement des redevances d'usage des installations et services de navigation aérienne en route, redevances d'atterrissage et redevances d'usage des dispositifs d'éclairage est défini comme suit :

8.1 Facturation :

Elle est établie mensuellement et adressée aux usagers généralement dans le mois qui suit le service fait.

8.2 Paiement :

Les paiements sont à effectuer au compte bancaire de l'ENNA. Ouvert près le « Crédit Populaire d'Algérie (C.P.A.) N°: 101 401 72 130 301, 41, Rue Didouche Mourad Alger - Algérie - Ils doivent être assortis des dates et références des factures auxquelles ils se rapportent. Tout exploitant d'aéronefs propriétaire ou non est soumis au paiement des redevances directement à l'ENNA.

8.3 Monnaie de compte :

La monnaie de compte est le Dinar algérien.

8.4 Monnaie de facturation :

La monnaie de facturation est le Dollar US pour les compagnies étrangères et le Dinar algérien pour les compagnies locales.

8.5 Monnaie de paiement :

La présente facture doit être acquittée en Dollar.

L'existence d'un accord de paiement intergouvernemental n'est opposable à cette disposition que dans la mesure où le dit accord stipule expressément un autre mode de paiement.

Les clients nationaux effectueront leur paiement en monnaie nationale.

8.6 Délai de paiement :

La présente facture est payable dans un délai de 30 jours à compter de la date d'émission.

8.7 Intérêts de retard :

Un intérêt de retard de 15% l'an sera appliqué pour toute facture non acquittée 10 jours (délai de grâce) après la date limite de paiement. Elle sera majorée éventuellement de frais engagés à compter du 41^{ème} jour calendaire.

8.8 Réclamations / Renseignements :

Pour toute réclamation et renseignement concernant la facturation s'adresser :

Direction des Ressources, Finances et de la Comptabilité (DRFC)

Département Commercial

1 Avenue de l'Indépendance- Alger – BP 383- Algérie

RSFTA : DAAL YVDG

Tel/Fax : Direction de la DRFC : 00 213 21 65 74 44

Service Recouvrement : 00 213 21 65 74 71 / Service Facturation : 00 213 21 65 74 63

Email : drfc@enna.dz / denafact@hotmail.com

Pour tout paiement : Direction des Ressources, Finances et de la Comptabilité

1, Avenue de l'Indépendance – Alger

Tel / Fax : 00 213 21 65 74 44 – 00 213 21 65 73 88

Les réclamations doivent parvenir à l'adresse indiquée ci-dessus dans un délai maximum de 60 jours à compter de la date d'envoi de la facture. Passé ce délai aucune réclamation ne sera prise en compte.

Le montant de la présente facture doit être acquitté dans sa totalité. Toute réclamation fondée intervenue dans les délais prescrits, donnera lieu à l'établissement d'une note de crédit dans un délai maximum de 30 jours à compter de sa date de réception.

8.9 Litiges :

Tous litiges et contestations relèvent des tribunaux algériens.

9 Redevances aéroportuaires :**9.1 Redevances d'usage des installations pour la réception des passagers :**

La redevance d'usage des installations aménagées pour la réception des passagers, est due pour l'utilisation des ouvrages et locaux d'usage commun servant à l'embarquement, au débarquement et à l'accueil des passagers. Le montant de cette redevance est perçu sur les aérodrômes désignés par décision du ministre chargé de l'aviation civile. Sur un même aéroport, la redevance peut être fixée à des tarifs de base différents, selon la zone de destination des passagers embarqués. La redevance est due, dans les conditions fixées ci-après, pour tout passager voyageant sur un aéronef exploité à des fins commerciales. La redevance est due par les passagers qui, au cours d'un voyage effectuent sur l'aéroport un arrêt volontaire. Elle est également due par les personnels des transporteurs qui ne font pas partie de l'équipage. La redevance est due par le transporteur qui est autorisé à se faire rembourser le montant par le passager. La redevance est perçue à l'occasion de l'émission du billet de passager. Les redevances à percevoir pour l'usage des installations aménagées pour la réception des passagers, sont données au tableau de la page GEN 4-2-8.

9.1.1 Exemptions :

- La redevance n'est pas due :
- (a) Par les membres de l'équipage effectuant le transport à l'exclusion de ceux voyageant pour convenances personnelles ou sous la mention service.
 - (b) Par les passagers d'un aéronef qui effectue un retour forcé sur l'aéroport en raison d'incidents techniques ou de conditions atmosphériques défavorables.
 - (c) Par des enfants âgés de moins de deux ans.
 - (d) Par les passagers en transit/correspondance qui en raison du transport, effectuent un arrêt sur l'aéroport n'excédant pas vingt quatre heures et repartent vers leur nouvelle destination sur un aéronef dont le numéro de vol est différent du numéro de vol de l'aéronef qu'ils ont emprunté à l'arrivée.

9.2 Redevances d'usage des installations aménagées pour la réception des marchandises :

La redevance d'usage des installations aménagées pour la réception des marchandises, est due pour l'utilisation des ouvrages et locaux d'usage commun servant au chargement, déchargement et à toutes les opérations de manutention des marchandises. La perception de cette redevance ne fait pas obstacle au paiement, par les usagers, des redevances correspondant à l'utilisation de magasins et entrepôts à usage banal ou privatif. La redevance d'usage des installations aménagées pour la réception des marchandises est donnée en GEN 4.2.6. La redevance est due par le transporteur qui est autorisé à s'en faire rembourser le montant par l'expéditeur ou par le destinataire de la marchandise.

9.3 Redevance de stationnement :

Dotées d'équipements divers, d'importance plus ou moins développée. Elles peuvent être classées en redevances pour stationnement, sont dues dans les conditions fixées ci-après par tout aéronef qui stationne sur des surfaces non couvertes destinées à cet usage et situées dans l'emprise d'un aérodrôme ouvert à la circulation aérienne publique. Les surfaces destinées au stationnement sont constituées, soit par des terre-pleins revêtus soit par des terrains aménagés. Elles peuvent être :

- Aires de trafic.
- Aires de garage.
- Aires d'entretien.

Le tarif de la redevance de stationnement est exprimé en dinars par heure et par tonne. Le tonnage considéré étant le poids maximum de l'aéronef au décollage porté à son certificat de navigabilité arrondi à la tonne supérieure. Toute heure commencée étant due. L'exploitant fixe un délai de franchise durant lequel un aéronef peut, entre le moment de son atterrissage et celui de son décollage, stationner sur les aires de stationnement sans acquitter la redevance. Ce délai est compris entre quarante cinq minutes et deux heures. Il peut varier, le cas échéant, suivant les heures de la journée pour tenir compte des variations de la densité du trafic sur l'aérodrôme considéré. La perception de la redevance de stationnement n'exclut pas la possibilité pour l'exploitant d'établir une redevance particulière pour équipements spéciaux, tels que prises d'électricité, de téléphone, d'air comprimé, etc. Lorsqu'il n'en résulte pas de gêne pour le trafic, certaines parties des aires de stationnement peuvent être mises, à titre privatif, à la disposition des usagers qui en font la demande. Ils supportent, dans ce cas, une redevance domaniale.

Les Aéronefs appartenant à l'Etat acquittent les redevances de stationnement lorsqu'ils effectuent transports ou du travail aérien rémunérés. Pour les aéronefs d'Etat n'effectuant pas de transport ou de travail aérien rémunéré, les redevances de stationnement sont dues dans les conditions et à des tarifs fixés par des conventions entre l'administration qui exploite les dit aéronefs et l'exploitant de l'aérodrome avec l'accord du Ministre chargé de l'aviation civile et de la météorologie. La perception de la redevance de stationnement n'implique pas pour l'exploitant de l'aérodrome ou le Ministre chargé de l'aviation civile la charge de la garde, de la conservation et des frais et risques d'amarrage des aéronefs en stationnement.

9.3.1 Le taux de la redevance de stationnement : Il est donné au tableau de la page GEN 4-2-8.

9.3.2 Exemptions :

Sont exemptés des redevances de stationnement :

- (a) Les aéronefs spécialement affectés aux déplacements des personnalités dont la liste est fixée par décision du Ministre chargé de l'aviation civile et de la météorologie.
- (b) Les aéronefs d'Etat qui effectuent certaines missions techniques.
- (c) Les aéronefs privés utilisés par leurs propriétaires dans un but privé et de plaisance et, à l'exclusion de tout objet professionnel ou commercial, ainsi que les aéronefs des aéro-clubs, lorsqu'ils utilisent certaines aires de garage désignées à cet effet, par l'exploitant de l'aérodrome.
- (d) Les aéronefs des aéro-clubs sur leur aérodrome d'attache.

9.4 Redevance d'abri :

La redevance d'abri est due dans les conditions fixées ci-après par tout aéronef placé sous un abri couvert se trouvant dans l'emprise de l'aérodrome. Le taux de la redevance d'abri est exprimé en dinars algériens par journée et par tonne. Le tonnage considéré étant le poids maximum de l'aéronef porté à son certificat de navigabilité arrondi à la tonne supérieure. Toute journée commencent étant due. Des abonnements mensuels peuvent être consentis par l'exploitant de l'aérodrome. Le montant de la redevance à percevoir est égal à la redevance journalière affectée du coefficient 20. La perception de la redevance d'abri n'implique pas pour l'exploitant de l'aérodrome ou le Ministre chargé de l'Aviation civile la charge de la garde, de la conservation et des frais et risques d'amarrage des aéronefs en stationnement.

9.4.1 Le taux de la redevance d'abri : Il est donnée au tableau de la page GEN 4-2-8.

9.4.2 Exemption :

Les aéronefs appartenant aux aéro-clubs ou qui leur sont prêtés par l'Etat, sont exonérés de la redevance d'abri mais ne sont admis dans les hangars d'abri communs que dans la mesure des places disponibles.

9.5 Redevance pour occupation sur les aéroports de terrains et d'immeubles par des distributeurs de carburants pour aéronefs :

Sur tous les aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique, l'occupation de terrains et d'immeubles par une entreprise de distribution de carburant pour aéronefs donne lieu au paiement d'une redevance conformément aux dispositions réglementaires fixant les conditions de création, de mise en service d'exploitation et de contrôle des aérodromes civils.

Cette redevance comprend un élément fixe déterminé, d'après la valeur locative des terrains ou locaux occupés, par les soins des domaines. Elle peut, en outre, comporter un élément variable.

L'élément variable de la redevance est calculé d'après la quantité de lubrifiant vendue et livrée par le distributeur à partir de ces installations fixes situées sur l'aéroport.

Le taux de la redevance de l'élément variable de distribution des carburants est donné en GEN 4 2 8.

NOTE: Une majoration de 100% est appliquée aux redevances aéroportuaires lorsque le service est rendu en dehors des heures de vacation de l'aérodrome.

En cas de traitement particulier d'un aéronef, les coûts induits par les dommages et dérangements causés à l'exploitation seront intégralement facturés à l'exploitant de l'aéronef en cause.