REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE Yahia farés Médéa
Faculté de : Technologie
Département : Génie Mécanique

Mémoire de Fin D'études
Filière : Génie Mécanique
Spécialité : ENERGETIQUE

Thème

Etude de performance d'une station hybride de production d'électricité

Présenté par :

- Belal Farouk
- Lazzraoui Mohammed

Proposé et codirigé :

Pr ALLICHE Mounire
Dr REBHI Redha

Promotion 2023- 2024

الملخص

تمت دراسة النظام الهجين الذي يجمع بين التوربينات الغازية والمراكز الشمسية الاستطوانبة المكافئة. قمنا باستخدام برنامج ماتلاب لحساب النظام الشمسي وبرنامج تارموبتيم لحساب التوربين الغازي، تمت مقارنة أداء النظام الهجين مع النظام الكلاسيكي.

أظهرت النتائج تفوق النظام الهجين على النظام الكلاسيكي من حيث الكفاءة والأداء. يستفيد النظام الهجين من مزايا الطاقة الشمسية والتوربينات الغازية، مما يسمح بتحقيق إنتاجية أعلى واستخدام أكثر فعالية للوقود.

باستخدام هذا النظام الهجين، يتم تحقيق توليد الطاقة بطريقة مستدامة وفعالة. يساهم النظام الهجين في تحقيق أهداف الاستدامة البيئية وتقليل الانبعاثات الضارة. يمثل هذا النظام الهجين اختيارًا مثاليًا لتحسين أداء أنظمة توليد الطاقة وتعزيز استدامتها في المستقبل.

Abstract:

we have studied the hybrid system that combines gas turbines and cylindrical-parabolic solar concentrators. Using MATLAB software to calculate the solar system and Thermoptime software to calculate the gas turbine, we compared the performance of the hybrid system with the conventional system.

The results showed that the hybrid system outperformed the conventional system in terms of efficiency and performance. The hybrid system benefits from the advantages of solar energy and gas turbines, allowing for increased productivity and more efficient fuel utilization.

With this hybrid system, energy production is achieved in a sustainable and efficient manner. The hybrid system contributes to achieving environmental sustainability goals and reducing harmful emissions. It represents an ideal choice for improving the performance of energy generation systems and enhancing their sustainability in the future.

Keywords: brayton cycle – solar energy –hybrid system

Résumé :

Nous avons étudié le système hybride qui combine les turbines à gaz et les centrales solaires cylindro-paraboliques équivalentes. En utilisant le logiciel MATLAB pour calculer le système solaire et le logiciel Thermoptime pour calculer la turbine à gaz, nous avons comparé les performances du système hybride avec le système classique.

Les résultats ont montré que le système hybride surpassait le système classique en termes d'efficacité et de performance. Le système hybride tire parti des avantages de l'énergie solaire et des turbines à gaz, ce qui permet d'obtenir une productivité accrue et une utilisation plus efficace du carburant.

Avec ce système hybride, la production d'énergie est réalisée de manière durable et efficace. Le système hybride contribue à atteindre les objectifs de durabilité environnementale et à réduire les émissions nocives. Il représente ainsi un choix idéal pour améliorer les performances des systèmes de production d'énergie et renforcer leur durabilité à l'avenir

Mots clé : cycle de baryton –énergie solair-systéme hybride

Remerciements

À Dieu tout-puissant

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude et mes remerciements pour Ta guidance et Ta miséricorde infinie. C'est grâce à Toi que j'ai pu accomplir mon parcours éducatif avec succès et atteindre les objectifs de cette thèse. Je suis reconnaissant pour Tes innombrables bienfaits et Ta générosité illimitée. Tu es le guide sage qui m'a doté de la capacité et de la volonté d'avancer et de progresser dans ma quête du savoir.

Je voudrais également exprimer ma gratitude envers mes enseignants respectés, qui ont partagé leur savoir et m'ont prodigué conseils et orientations précieuses. Je les remercie pour leurs enseignements et leur soutien, qui ont grandement contribué à mon développement académique et personnel. Leur contribution inestimable a été une source de motivation et d'inspiration, et je leur suis redevable pour chaque accomplissement que j'ai réalisé.

Je saisis également cette occasion pour remercier l'université et l'administration académique pour leur soutien continu et pour avoir créé un environnement d'apprentissage propice. Leur dévouement à fournir des programmes d'enseignement de qualité et à offrir les ressources nécessaires a été essentiel pour mon succès.

Enfin, je souhaite exprimer ma gratitude à tous mes amis qui ont été à mes côtés et m'ont soutenu tout au long de mes études. Leur soutien indéfectible et leur amitié précieuse ont été une source de réconfort et d'encouragement. Je suis reconnaissant pour chaque moment partagé avec eux.

En conclusion, je prie sincèrement pour que Dieu bénisse mes efforts et me guide dans mes futurs projets. Que chacun puisse être comblé de santé, de bonheur et de succès dans sa vie.

Dédicace

Je tiens à exprimer ma gratitude profonde envers **ma famille** bien-aimée à l'occasion de ma remise de diplôme. Je remercie **ma mère et mon père** pour leur soutien inconditionnel et l'amour qu'ils m'ont prodigué. J'adresse également mes remerciements à mes frères et sœurs pour leur compagnie et leurs encouragements. Je voudrais également saluer le cheikh **Farkous,** le cheikh **Noureddine Yatou** et tous les frères évidents. Je vous souhaite à tous une vie remplie de bonheur et de succès.

LAZRAOUI Mohammed et FAROUK BELAL

Sommaire

I.INNTRODUCTION :..... 16
I.1.Turbine à gaz :..... 16
I.1.1. Définition :..... 16
I.1.2. élément de turbine à gaz :..... 16
I.1.3. classification de turbine à gaz :..... 17
I.1.4. Les principes de turbine à gaz :..... 20
I.1.5. Domaines d'application :..... 21
I.1.6. Avantages :..... 22
I.1.7. Défauts :..... 22
I.2.Gisement solaire :..... 22
I.2.1. Définition :..... 22
I.2.2. Le rayonnement solaire :..... 23
I.2.3. Le rayonnement solaire est composé de trois composants :..... 23
I.2.4. Les cellules photovoltaïques :..... 24
I.2.5. L'effet photovoltaïque :..... 24
I.2.6. Les panneaux solaires :..... 25
I.2.7. Fonctionnement d'un panneau solaire photovoltaïque :..... 25
I.2.8. Généralités sur les capteurs solaires :..... 26
I.3. échangeur de chaleur..... 31
I.3.1. Définition :..... 31
I.3.2. type d'échangeur de chaleur :..... 31
II.1. Introduction :..... 35
II.2 Simulation sous le logiciel THERMODYNAMIQUE..... 35
II.2.1. Introduction à la turbine à gaz à cycle ouvert :..... 35
II.2. 3. Le programme de calcul :..... 36
II.2.4. Modélisation de cycle de Baryton :..... 39
II.2.5. Modélisation de cycle de Baryton :..... 43
II.2.6. Comparaison entre (Adrar et Médéa) :..... 45
II.3. Représentation de la turbine à gaz avec régénération sur THERMOPTIM et calculer son rendement..... 47
II.3.1 Création du schéma :..... 47

II.3.2 Paramétrage des points : 48
II.3.2.1. PARAMETRE DE CALCUL : 48
III.1. Introduction : 51
III.2. Gisement solaire : 51
III.3. Principe de fonctionnement d'une centrale à capteurs cylindre-parabolique : 52
III.4. climat 52
➢ Calculer les paramètres de capteur cylindre-paraboliques : 54
III.5. Échangeur : 61
III.5.1. Le paramètre de l'échangeur : 62
III.5.2. Résultats de calcule : 66
IV.1. Introduction : 71
IV.2. Calcule central solaire gaz : 71
IV.3. PARAMETRE DE CALCUL 71
- Première cas (Médéa) : 71
- Deuxième cas 77
Hybride (solaire + turbine à gaz avec régénération) 77

Liste de figure :

Figure (I.1) : schéma représenté élément de turbine à gaz. 16
Figure (I.2) : schéma représenté la classification des turbine à gaz. 17
Figure (I.3) : Turbine à gaz à un seul arbre (a) et à deux arbres (b). 18
Figure (I.4) : Turbine à action (a) et turbine à réaction (b) 18
Figure (I.5) : Diagramme (T, S) pour un cycle ouvert (a) et un cycle fermé (b) 19
Figure (I.6) : Cycle idéal de Baryton (a) en diagramme (T, S) et (b) en diagramme (P, V) 20
Figure (I.7) : principe d'une turbine à gaz. 20
Figure (I.8) : une image montrant le système solaire. 23
Figure (I.9) : Le composant rayonnement solaire global 23
Figure (I.10) : structure basique d'une cellule solaire 24
Figure (I.11) : effet photovoltaïque 25
Figure (I.12) : fonctionnement des panneaux solaires. 26
Figure (I.13) : Capteurs solaires non vitré. 27
Figure (I.14) : Capteurs vitrés 28
Figure (I.15) : Capteurs sous vide 28
Figure (I.16) : capteurs cylindre-paraboliques. 29
Figure (I.17) : Concentrateur à réflecteur linéaire de Fresnel. 30
Figure (I.18) : Concentrateur parabolique avec un moteur Stirling 30
Figure (I.19) : Photo d'un héliostat de la centrale solaire de Thémis. 31

Figure (I.20) : échangeur de chaleur à plaque. 32
Figure (I.21): échangeur de chaleur tubulaire simple. 32
Figure (I.22) : échangeur de chaleur tubes/calandre. 33
Figure (II.23) : Turbine à gaz simple 35
Figure (II. 24) : la propriété des gaz méthane 36
Figure (II.25) : état du point compresseur 37
Figure (II. 26) : état du point COMBUSTIBLE 37
Figure (II.27) : état du point Turbine 38
Figure (II.28) : résultats de calcul 38
Figure (II.29) : résultats de saison (01). 39
Figure (II.30) : variation de rendement on fonction de saison 40
Figure (II.31) : variation de énergie utile on fonction de saison 40
Figure (II.32) : schéma d'Énergie payant on fonction de saison 41
Figure (II.33) : état du point compresseur 41
Figure (II.34) : état du point de turbine 42
Figure (II.35) : résultats de calcul. 42
Figure (II.36) : résultats de saison (01) 43
Figure (II.37) : variation énergie payant on fonction de saison 44
Figure (II.38) : variation énergie utile on fonction de saison 44
Figure (II.39) : variation de Rendement on fonction de saison 45
Figure (II.40) : variation de rendement on fonction de saison 46
Figure (II.41) : variation d'énergie utile on fonction de saison 46
Figure (II.42) : variation d'énergie payante on fonction de saison. 47
Figure (II.43) : SCHEMA de TAG avec régénère 47
Figure (II. 44) : Résultat de première saison 48
Figure (II.45) : schéma de résultat de première saison 49
Figure (III.46) : Ensoleillement journalier en Algérie 51
Figure (III.47) : centrale à capteurs cylindre-paraboliques. 52
Figure (III.48) : Diagramme montrant l'évolution de la température au fil de moins 53
Figure (III.49) : la variation de irradiance Solaire on fonction de saison. 54
Figure ((III.50) : schéma de calcul solaire sur MATLAB. 56
Figure (III.51) : variation de Température sortie de l'eau on fonction de saison (médéa) 57
Figure (III.52) : variation de flux solaire concentre on fonction de saison (Médéa) 57
Figure (III.53) : variation de puissance thermique on fonction de saison (Médéa) 58
Figure (III.54) : variation de flux solaire incident on fonction de saison (médéa) 58
Figure (III.55) : variation de Température sortie de l'eau on fonction de saison. 59
Figure (III.56) : variation de puissance thermique on fonction de saison 60
Figure (III.57) : variation de flux solaire incident on fonction de saison 60
Figure (III.58) : variation de flux solaire concentre on fonction de saison 61
Figure ((III.59) : Échangeur de chaleur Contre-courant. 61
Figure ((III.60) : proprété de calcul sur programme Matlab. 64
Figure (III.61) : résultats de calcul in saison 01 (S 1). 65
Figure (III.62) : comparaison la température sortie de l'air. 67
Figure (III.63) : variation de flux de chaleur on fonction saison 68
Figure (IV.64) : schéma d'hybride solaire - gaz 71

Figure (IV.65) : Résultat de première saison. 72
Figure (IV.66) : schéma de résultat de première saison. 72
Figure (IV. 67) : résultat de deuxième saison. 73
Figure (IV.68) : schéma de résultat de deuxième saison. 73
Figure (IV.69) : résultat de troisième saison. 74
Figure (IV.70) : schéma de résultat de troisième saison. 74
Figure (IV.71) : résultat de quatrième saison. 75
Figure (IV.72) : schéma de résultat de quatrième saison. 75
Figure (IV.73) : schéma de rendement on fonction de saison. 76
Figure (IV.74) : schéma d'énergie utile on fonction de saison. 76
Figure (IV.75) : schéma d'énergie payant on fonction de saison. 77
Figure (IV.76) : résultat de première saison. 78
Figure (IV.77) : schéma de résultat de première saison. 78
Figure (IV.78) : résultat de deuxième saison. 79
Figure (IV.79) : schéma de résultat de deuxième saison. 79
Figure (IV.80) : résultat de troisième saison. 80
Figure (IV.81) : schéma de résultat de troisième saison. 80
Figure (IV.82) : résultat de quatrième saison 81
Figure (IV.83) : schéma de résultat de troisième saison. 81
Figure (IV.84) : variation des comparaissant le rendement on fonction de saison 82
Figure (IV.85) : variation des comparaissant la énergie utile on fonction de saison. 82
Figure(IV.86) : variation des comparaissant la énergie payante on fonction de saison. 83
Figure (IV.87) : variation des comparaissant la rendement on fonction de saison. 84
Figure (IV.88) : variation des comparaissant la énergie utile on fonction de saison. 84
Figure (IV.89) : variation des comparaissant la énergie payante on fonction de saison. 85

Lise de tableau :

Tableau (II.1) : le résultat de calcul 39
Tableau (II.2) : Résultat de calcul 43
Tableau (II.3) : Tableau de comparaison 45
Tableaux (II.4) : paramètre l'entrée de compresseur. 48
Tableau (II.5) : Résultat de calcul 49
Tableau (III.6) : le paramètre de climat on Médéa et Adrar 52
Tableau (III.7) : Irradiation du rayonnement global horizontal (par jour) Wh/$m2$.j 54
tableau (III.8) : le paramètre de capteur cylindre-paraboliques 54
Tableau (III.9) : la moyenne de température sur saison. 55
Tableau ((III.10) : Résultat de calcul (Médéa) 57
Tableau ((III.11) : résultat de calcul (Adrar) 59
Tableau ((III.12) : le paramètre de l'échangeur 62
Tableau (III.13) : Résultat de calcul 66
Tableau (III.14) : les Résultat de calcul de l'échangeur de chaleur dans Médéa 67
Tableau (III.15) : les Résultat de calcul de l'échangeur de chaleur dans adrar 68
Tableau (III.16) : la moyenne de température au fil des saison. [25] 69

Tableau (III.17) : La température de l'air à la sortie d'échangeur 69
Tableau (III.18) : la pression de l'air après échangeur de chaleur dans Médéa 69
Tableaux (IV. 19) : paramètre l'entrée de compresseur 71
Tableau (IV.20) : résultat d'étude dans Médéa 75
Tableaux (IV.21) : paramètre l'entrée de compresseur 77
Tableau (IV.22) : résultat d'étude dans Médéa 81
Tableau (IV.23) : résultat d'étude dans Médéa. 83

Nomenclature

Lettres latines		
Symbole	**Désignation**	**Unité**
P	**Pression**	**[bar]**
T	**Température**	**[°c]**
M	**La masse molaire**	**[Kg/Kmol]**
PCI	**Pouvoir calorifique**	**[KJ/Kg]**
H	**L'enthalpie**	**[KJ/Kg]**
$\dot{m}$	**Débit massique**	**[Kg/s]**
X	**Titre**	**Sans unité**
S	**L'entropie**	**[KJ/Kg/k]**
η_p	**Rendement polytropique**	**[%]**
C_P	**Capacité thermique à massique pression constant**	**[KJ/kg/k]**
C_v	**Capacité thermique à massique pression constant**	**[KJ/kg/k]**
η	**Rendement thermique**	**[%]**
GHI	Irradiation du rayonnement global horizontal (par jour)	**[Wh/m^2.j]**
A	Surface de concentration	[m^2]
L	Longueur de concentrateur	**[m]**
W	Largeur de concentrateur	**[m]**
α	Taux d'absorbation de chaleur	**[%]**
η_{op}	Efficacité optique	**[%]**
η_{th}	Efficacité conversion thermique	**[%]**
q_{in}	Flux solaire incident	**[W/m^2]**
q_C	Flux solaire concentre	**[W/m^2]**
P_{th}	Puissance thermique	**[W]**
ΔT	Variation de température	**[K]**
l	Longueur de tube dans échangeur	**[m]**

D	Diamètre du tube Dans échangeur	**[m]**
N	Nombre de tube d'échangeur	**Sans unité**
$\boldsymbol{\rho_e}$	Densité de l'eau	**[kg/m^3]**
$\boldsymbol{\rho_{air}}$	Densité de l'air	**[Kg/m^3]**
$\boldsymbol{\dot{m}_e}$	Débit massique de l'eau	**[Kg/s]**
$\boldsymbol{\dot{m}_{air}}$	Débit massique de l'air	**[Kg/s]**
U	Coefficient global d'échange	**(W/m. k)**
$\mathbf{A_t}$	Surface totale d'échangeur	**[m^2]**
S	Surface d'échange	**[m^2]**
$\boldsymbol{S_L}$	Distance entre le centre de tube	**[m]**
NUT	Le nombre d'unités de transfert	**Sans unité**
$\boldsymbol{c_{min}}$	Capacite thermique minimale	**[J/K]**
$\boldsymbol{c_{max}}$	Capacite thermique maximale	**[J/K]**
$\boldsymbol{\varepsilon}$	L'efficacité de l'échangeur de chaleur	**[%]**
Q	Flux de chaleur	**[W]**
C	Rapport de capacité thermique	**Sans unité**
Wnet	Energie utile	**[MW]**
Pin	Energie payante	**[MW]**

INTRODUCTION GENERALE

Une station hybride solaire et turbine à gaz est une installation énergétique qui combine deux sources d'énergie distinctes pour produire de l'électricité.

Cette combinaison intelligente permet de tirer parti des avantages des deux technologies et de réduire les inconvénients associés à chaque source d'énergie. La partie solaire de la station hybride utilise des panneaux solaires pour convertir directement la lumière du soleil en électricité. Les panneaux solaires sont composés de cellules photovoltaïques qui génèrent de l'électricité lorsque les photons du soleil interagissent avec les matériaux semi-conducteurs. Cette technologie permet de produire de l'électricité de manière propre et renouvelable, sans émissions de gaz à effet de serre ni pollution.

La partie turbine à gaz de la station hybride utilise une turbine alimentée par du gaz naturel ou un autre combustible fossile pour produire de l'électricité. Les turbines à gaz sont des moteurs thermiques qui utilisent la combustion du combustible pour entraîner une turbine et générer de l'électricité.

Bien que cette technologie ne soit pas aussi propre que l'énergie solaire, elle offre des avantages en termes de flexibilité opérationnelle et de disponibilité. L'intérêt d'une station hybride solaire et turbine à gaz réside dans sa capacité à combiner ces deux sources d'énergie de manière complémentaire. Lorsque le soleil brille, la production d'électricité solaire est maximisée, réduisant ainsi la dépendance à la turbine à gaz. Les excédents d'électricité solaire peuvent être stockés dans des batteries ou utilisés pour alimenter d'autres charges. En revanche, lorsque l'ensoleillement est insuffisant, la turbine à gaz peut prendre le relais et fournir de l'électricité de manière fiable. Cette flexibilité permet d'optimiser la production d'électricité en fonction des conditions météorologiques et de la demande énergétique.

En combinant l'énergie solaire et la turbine à gaz, une station hybride offre plusieurs avantages. Elle permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre en utilisant une source d'énergie renouvelable et en limitant l'utilisation de combustibles fossiles. De plus, elle offre une plus grande fiabilité grâce à la capacité de la turbine à gaz à fournir de l'électricité de manière continue, même pendant les périodes de faible ensoleillement. Enfin, elle offre une solution énergétique polyvalente, adaptée à différents besoins et environnements.

Dans un contexte où la transition énergétique et la réduction des émissions de carbone sont des préoccupations majeures, les stations hybrides solaires et turbines à gaz offrent une solution prometteuse pour la production d'électricité propre et fiable.

Pour ce faire, on a divisé notre travail en quatre chapitres. Le chapitre 1 donne des généralités sur les cycles de turbines à gaz. Il donne aussi une introduction générale sur les énergies

renouvelables et en particulier l’énergie solaire. Une attention particulière est donnée aux capteurs solaires.

Dans le second chapitre, nous allons explorer comment il est possible de calculer un système énergétique, en l'occurrence le cycle de turbine à gaz, en utilisant le logiciel THEROPTIM.

Chapitre 01

GENERALITES

I.INNTRODUCTION :

Le système hybride solaire-gaz est composé de deux éléments principaux : une turbine à gaz, et un champ solaire.

En combinant les technologies de la turbine à gaz avec l'énergie solaire, le système hybride solaire-gaz permet de produire de l'électricité de manière plus efficace et plus propre. La turbine à gaz peut être utilisée lorsque l'énergie solaire est insuffisante. Ce système est donc capable de produire de l'électricité de manière constante et fiable.

I.1.Turbine à gaz :

I.1.1. Définition :

Une turbine à gaz est une machine à flux continu, à combustion interne et qui permet de transformer l'énergie contenue dans le combustible en énergie mécanique utilisable sur l'arbre de la turbine (machines industrielles). Dans sa conception la plus simple, une turbine à gaz, qui aspire l'air ambiant et rejette les gaz brûlés à l'atmosphère, fonctionne en circuit ouvert. Elle comporte un compresseur et une turbine couplée mécaniquement sur un arbre, et une chambre de combustion intercalée entre ces deux organes. [1]

I.1.2. élément de turbine à gaz :

Dans sa forme la plus simple et la plus répandue, une turbine à gaz est composée de

Trois éléments principaux

- Un compresseur, centrifuge ou plus généralement axial, qui a pour rôle de comprimer De l'air ambiant à une pression comprise aujourd'hui entre 10 et 30 bars environ
- Une chambre de combustion, dans laquelle un combustible gazeux ou liquide est Injecté sous pression, puis brûlé avec l'air comprimé, avec un fort excès d'air afin de Limiter la température des gaz d'échappement
- Une turbine axiale dans laquelle sont détendus les gaz qui sortent de la chambre de Combustion. [2]

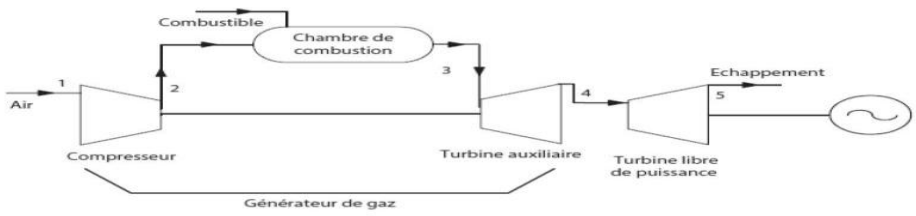


FIGURE (I.1) : SCHEMA REPRESENTE ELEMENT DE TURBINE A GAZ**.**

I.1.3. classification de turbine à gaz :

On peut classer les turbines selon différentes manières (Figure I.2) :

•Par le mode de construction.

•Par le mode de travail.

•Par le mode de fonctionnement thermodynamique.

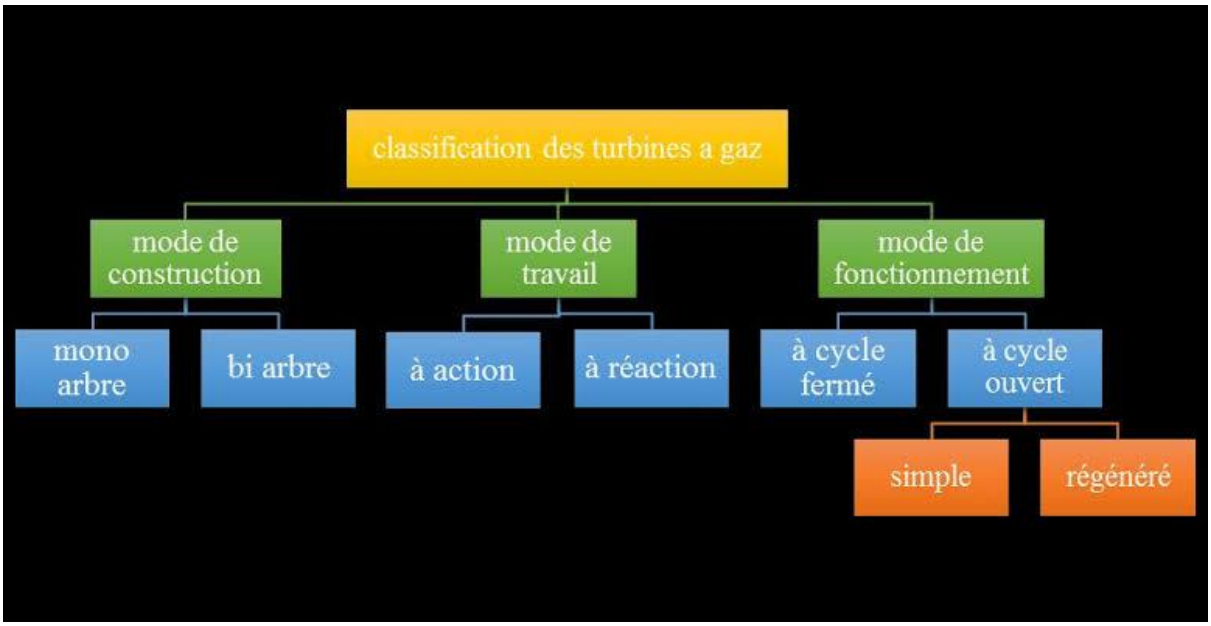


FIGURE (I.2) : SCHEMA REPRESENTE LA CLASSIFICATION DES TURBINE A GAZ.

- Classification selon de mode de construction :

L'objectif pour lequel, on utilise la turbine à gaz définit le type qu'on doit choisir. Dans

L'industrie, on trouve les turbines à un seul arbre, dites aussi mono-arbre. Elles sont

Généralement utilisées dans le cas où on cherche un fonctionnement avec une charge

Constante (pour entraîner les générateurs d'électricité). Un deuxième type, englobe les turbines à deux arbres (bi-arbres), elles ont l'avantage d'entraîner des appareils à charges variables

(Pompes, compresseur…). Elles se composent de deux parties, la première assure l'autonomie De la turbine, la deuxième est liée à la charge (Figure I.2). Un troisième type peut être aussi Cité, ce sont les turbines dites dérivées de l'aéronautique. Elles ont une conception spéciale Suivant le domaine dans lequel elles sont utilisées. Dans ce troisième type, la partie qui assure L'autonomie de la turbine existe toujours et l'énergie encore emmagasinée dans les gaz D'échappement est utilisée pour créer la poussée en transformant cette énergie (thermique et De pression) en une énergie cinétique de jet dans une tuyère. [3]

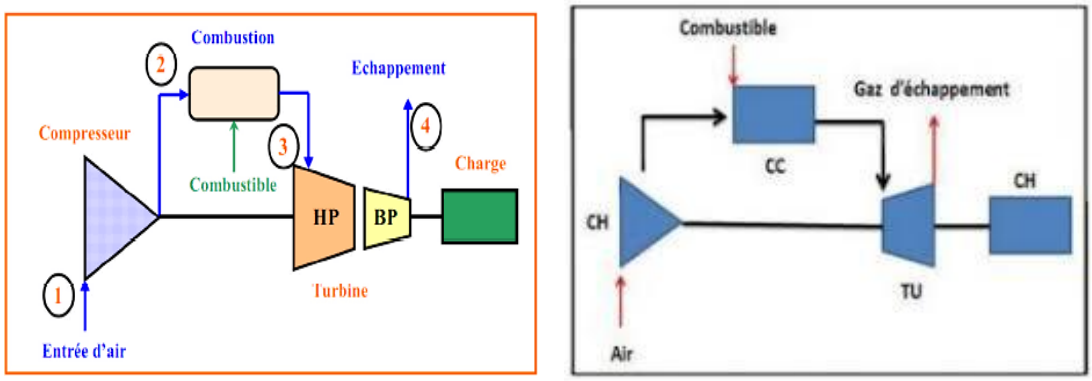


FIGURE (I.3) : TURBINE A GAZ A UN SEUL ARBRE (A) ET A DEUX ARBRES (B)**.**

- Classification selon le mode de travail :

On distingue deux types de turbines (Figure **I.3**)

- ✓ **Turbine à action :** Où l'énergie thermique est transformée complètement en énergie Cinétique dans la directrice. L'évolution des gaz dans la roue se fait sans variation de Pression statique P1>P2=P3. [2]
- ✓ **Turbine à réaction :** Une partie de l'énergie thermique est transformée dans la roue En énergie cinétique et mécanique. L'évolution des gaz dans la roue se fait avec Variation de la pression statique P1>P2>P3. Le taux de réaction ε caractérisé énergie thermique totale. [2]

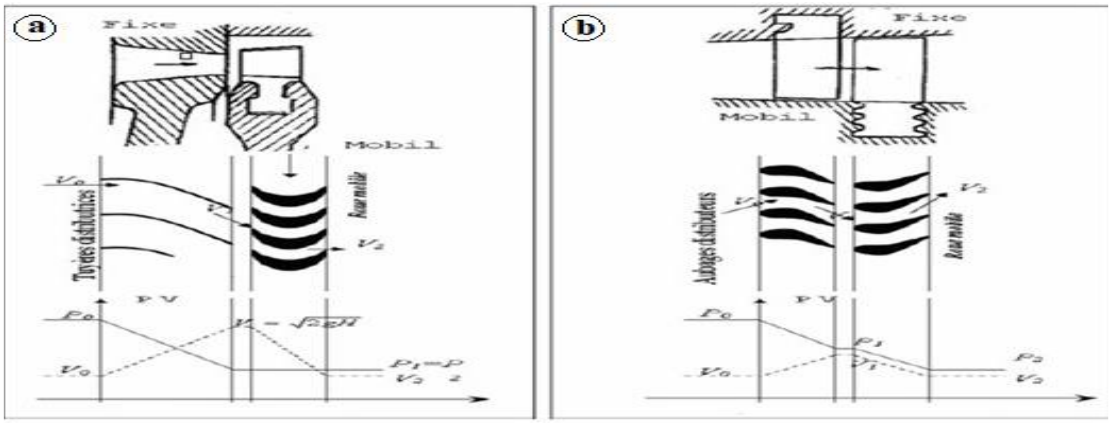


FIGURE (I.4) : TURBINE A ACTION (A) ET TURBINE A REACTION (B).

- Selon le mode de fonctionnement thermodynamique *:*

Il existe deux cycles thermodynamiques

✓ **Turbine à gaz à cycle fermé :**
Dans laquelle le même fluide est repris après chaque cycle. [3]

✓ **Turbine à gaz à cycle ouvert :**
C'est une turbine dont l'aspiration et l'échappement s'effectuent directement dans L'atmosphère, ce type de turbine qui est le plus répandu se divise en deux classes :

✓ **Turbine à cycle simple :**
C'est une turbine utilisant un seul fluide pour la production d'énergie mécanique, après la Détente les gaz possédant encore un potentiel énergétique qui est perdu dans l'atmosphère à travers l'échappement. [3]

✓ **Turbine à cycle régénéré :**
C'est une turbine dont le cycle thermodynamique fait intervenir plusieurs fluides moteurs Dans le but d'augmenter le rendement de l'installation. [3]

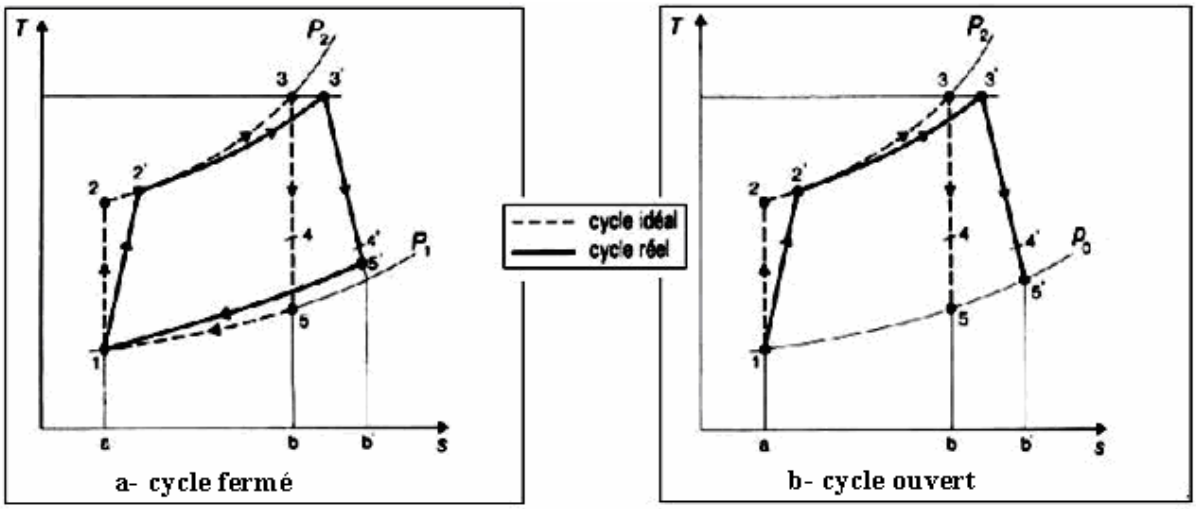


FIGURE (I.5*)* : DIAGRAMME (T, S) POUR UN CYCLE OUVERT (A) ET UN CYCLE FERME (B)

- **Cycle idéal de Baryton :**
Dans le cycle idéal de Brayton (FigureI.6) toutes les transformations sont supposées Réversibles, sans frottement, sans perte de charge et sans perte de chaleur. [3]

❖ (1⟹2) : Compression isentropique de l'air (compresseur).
❖ (2⟹3) : Combustion isobare (chambre de combustion).
❖ (3⟹4) : Détente isentropique (turbine).
❖ (4⟹1) : Refroidissement isobare (air ambiant).

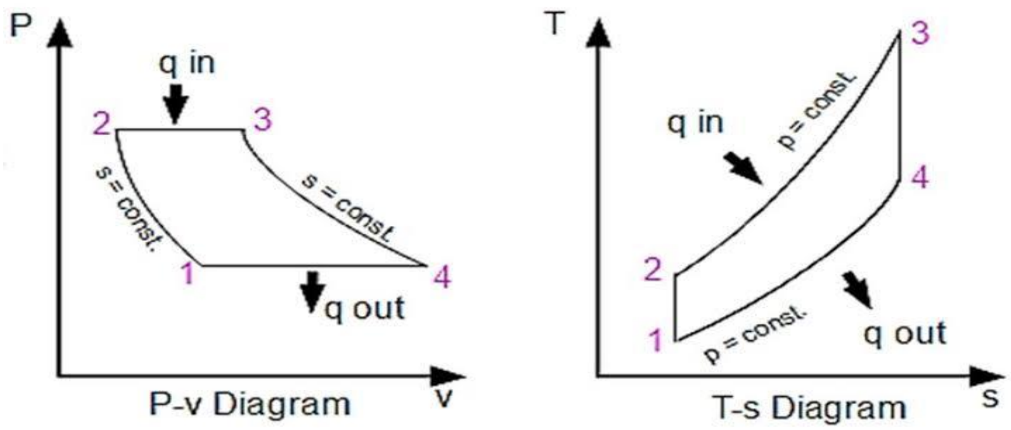


FIGURE (I.6) : CYCLE IDEAL DE BARYTON (A) EN DIAGRAMME (T, S) ET (B) EN DIAGRAMME (P, V)

I.1.4. Les principes de turbine à gaz :

La turbine à gaz se compose de trois parties principales : La première partie est le piston à air qui utilise des gaz chauds pour tourner et produire de l'énergie mécanique.

La turbine à gaz est actionnée en dirigeant l'air comprimé du piston pneumatique vers le brûleur, où le carburant est ajouté et brûlé avec l'air comprimé pour produire des gaz chauds. Les gaz chauds traversent la turbine, qui convertit l'énergie thermique en énergie mécanique, car l'hélice montée sur l'arbre qui sort de la turbine tourne. Il contrôle la vitesse de rotation de l'hélice montée sur arbre en contrôlant le débit d'air entrant dans la turbine et la quantité de carburant brûlé.

De plus, le fonctionnement de la turbine à gaz repose sur un système de contrôle automatique qui surveille et ajuste divers paramètres de fonctionnement tel que la pression d'air, la température, le débit d'air et la quantité de carburant brûlé. Ces facteurs sont réglés pour obtenir le meilleur rendement possible et maintenir la turbine en bon état. [4]

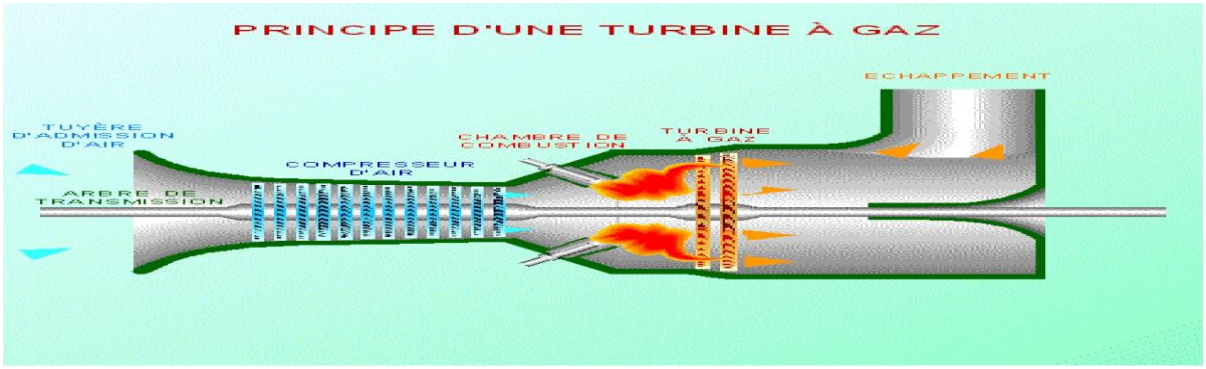


FIGURE (I.7) : PRINCIPE D'UNE TURBINE A GAZ.

I.1.5. Domaines d'application :

Les turbines à gaz ont une très grande utilité dans l'industrie, du fait qu'elles sont des

Appareils pour la production de l'énergie mécanique. Elles peuvent être utilisées pour

L'entraînement des :

- **Appareils fixes :**

Ces appareils font l'objet d'un stage de formation. Ils sont destinés aux services

Industriels suivants :

• Transmission électrique, pour la production d'énergie électrique.

•Entraînement des compresseurs.

•Entraînement des pompes.

• Procédés industriels particuliers.

- **Appareils mobiles :**

Du point de vue historique, ces appareils ont été introduits en premier. Ils comprennent les

- **Domaines suivants :**

•Chemins de fer.

•Propulsion maritime.

•Aviation.

• Traction routière.

Les applications des turbines à gaz découlent directement de leurs avantages spécifiques.

Ainsi, la puissance massique élevée se prête bien à la propulsion aéronautique en particulier

Sur les hélicoptères. La propulsion navale fait également de plus en plus appel aux turbines Gaz notamment pour les navires à grande vitesse. Il existe enfin des exemples d'application à

La propulsion ferroviaire et à des véhicules militaires comme des chars d'assaut (XM

1Abrams ou Leclerc) Par contre, la turbine à gaz est mal adaptée aux véhicules routiers. En

Effet, les variations décharge et de régime sont trop importantes et trop rapides pour être

Réalisables avec un rendement correct. De plus, le rendement atteint difficilement 30% pour

Des moteurs compacts et de faible puissance. [5]

I.1.6. Avantages :

- ✓ **Efficacité énergétique :** Les turbines à gaz sont parmi les moteurs les plus efficaces en matière d'utilisation de carburant, car la chaleur générée par la combustion du carburant est utilisée avec une grande efficacité pour chauffer l'air et faire fonctionner la turbine.
- ✓ **Facilité d'entretien** : les turbines à gaz sont de conception plus simple que les autres moteurs inbords, ce qui les rend plus faciles à entretenir et à réparer.
- ✓ **Vitesse de réponse :** Les turbines à gaz ont une grande capacité à réagir rapidement aux changements de charge, ce qui les rend préférées pour produire de l'électricité pour les réseaux électriques en constante évolution.

I.1.7. Défauts :

- ✓ **Coûts de maintenance élevés** : L'ensemble du système nécessite une maintenance périodique afin de maintenir ses performances optimales, ce qui nécessite des coûts élevés en termes de main-d'œuvre et de matériaux nécessaires.
- ✓ **Bruit :** les turbines à gaz produisent des sons forts pendant le fonctionnement, ce qui cause des inconvénients aux résidents à proximité des sites des turbines.
- ✓ **Pollution** : Les turbines à gaz produisent de grandes quantités de gaz d'échappement et de chaleur, qui polluent l'environnement [6]

I.2.Gisement solaire :

I.2.1. Définition :

Le soleil est la seule étoile du système solaire et la plus proche de la terre, sa lumière Met environ 8 mn pour nous atteindre. L'astre soleil est de constitution gazeuse, de forme sphérique de 14.105 Km de diamètre, sa masse de diamètre, sa masse est de l'ordre de 2.1030 kg. Il est constitué Principalement de 80% d'hydrogène, de 19% d'hélium et le 1% restant est un mélange de plus De 100 éléments. Il est situé à une distance de la terre égale à environ 150 millions de km. Sa Luminosité totale, c'est-à-dire la puissance qu'il émet sous forme de photons, est à peu près. Egale à 4.1026 W. Seule une petite partie est interceptée par la terre, elle est de l'ordre de 1,7.1017 W. Elle nous parvient essentiellement sous forme d'ondes électromagnétiques, 30%

De cette puissance est réfléchie vers l'espace, 47% est absorbée et 23% est utilisée comme Source d'énergie pour le cycle d'évaporation -précipitation de l'atmosphère. La Terre et son atmosphère reçoivent la lumière du soleil en un peu plus d'une demi-heure Équivalente à la

consommation énergétique mondiale annuelle, environ 100 000 TWh ou Encore 8,7 milliards de tonnes d'équivalent pétrole en 2010. [12]



FIGURE (I.8) : **UNE IMAGE MONTRANT LE SYSTEME SOLAIRE.**

I.2.2. Le rayonnement solaire :

Peut être défini comme l'énergie électromagnétique émise par le soleil et atteignant la surface de la terre. Cette énergie comprend les rayons lumineux, les rayons ultraviolets, les rayons radioactifs et les électrons émis par le soleil. [12]

I.2.3. Le rayonnement solaire est composé de trois composants :

- ✓ **Le rayonnement direct :** est le rayonnement solaire atteignant directement la surface terrestre depuis le soleil sans rencontrer d'obstacles [13]
- ✓ **Le rayonnement diffus :** Est un rayonnement solaire indirect, induit par la dispersion de la lumière dans les nuages et les particules atmosphériques. [13]
- ✓ **Le rayonnement réfléchi :**Est celui réfléchi contre un obstacle tel que l'eau ou la neige avant de frapper le plan Horizontal. [13]



FIGURE (I.9) : **LE COMPOSANT RAYONNEMENT SOLAIRE GLOBAL**

I.2.4. Les cellules photovoltaïques :

La cellule photovoltaïque ou encore photopile est le plus petit élément d'une Installation photovoltaïque. Elle est composée de matériaux semi-conducteurs et transforme Directement l'énergie lumineuse en énergie électrique. Une cellule photovoltaïque est basée Sur le phénomène physique appelé effet photovoltaïque qui consiste à établir une force Electromotrice lorsque la surface de cette cellule est exposée à la lumière. La tension générée Peut varier entre 0.3V et 0.7 V en fonction du matériau utilisé et de sa disposition ainsi que de La température et du vieillissement de la cellule.

Les cellules photovoltaïques sont constituées :

■D'une fine couche semi-conductrice (matériau possédant une bande interdite, qui joue Le rôle de barrière d'énergie que les électrons ne peuvent pas franchir sans excitation Extérieure, et dont il est possible de faire varier les propriétés électriques) tel que le Silicium, qui est un matériau présentant une conductivité relativement bonne. D'une Couche antireflet permettant une pénétration maximale des rayons solaires.

■D'une grille conductrice sur le dessus ou cathode et d'un métal conducteur sur le Dessous ou anode. Les plus récentes possèdent même une nouvelle combinaison de Multicouche réfléchissant juste en dessous de semi-conducteur, permettant à la lumière De rebondir plus longtemps dans celui-ci pour améliorer le rendement. [13]

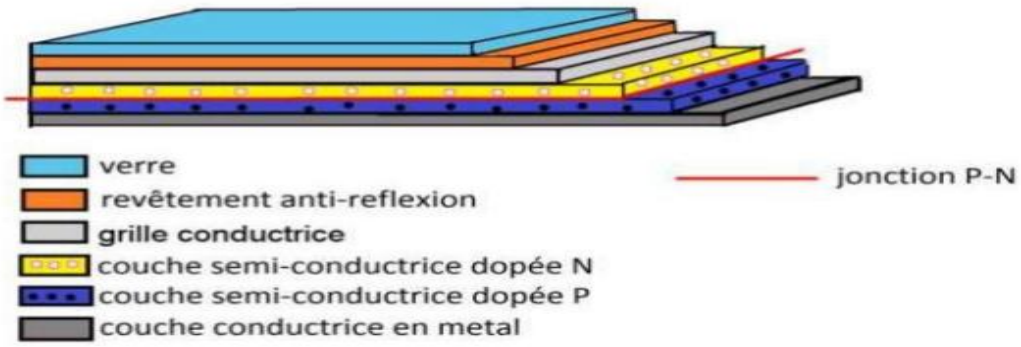


FIGURE (I.10) : STRUCTURE BASIQUE D'UNE CELLULE SOLAIRE

I.2.5. L'effet photovoltaïque :

La lumière du soleil se compose de photons contenant une énergie correspondant aux différentes longueurs d'onde du spectre solaire. Quand un photon heurte une cellule photovoltaïque, son énergie peut être transférée à un électron dans le matériau semi-conducteur de la cellule. Avec cette énergie supplémentaire, l'électron peut alors s'échapper de sa position normale dans l'atome créant un « trou », qui deviendra une partie d'un courant dans un circuit électrique. C'est ce qu'on appelle la paire électron-trou.

Une cellule photovoltaïque est une diode, formée de deux couches de matériaux de semi-conducteur dopées de sorte que l'une conduise les charges négatives et l'autre, les charges positives. Ce phénomène crée un champ électrique permanent dans la cellule.

Grâce à cet effet diode et lorsque la paire électron-trou a été créé, les charges négatives vont être séparées des charges positives. Il se crée donc une différence de potentiel entre les couches N et P de la cellule. Un courant circule si une résistance (ampoule par exemple) est placée entre ces contacts. [14]

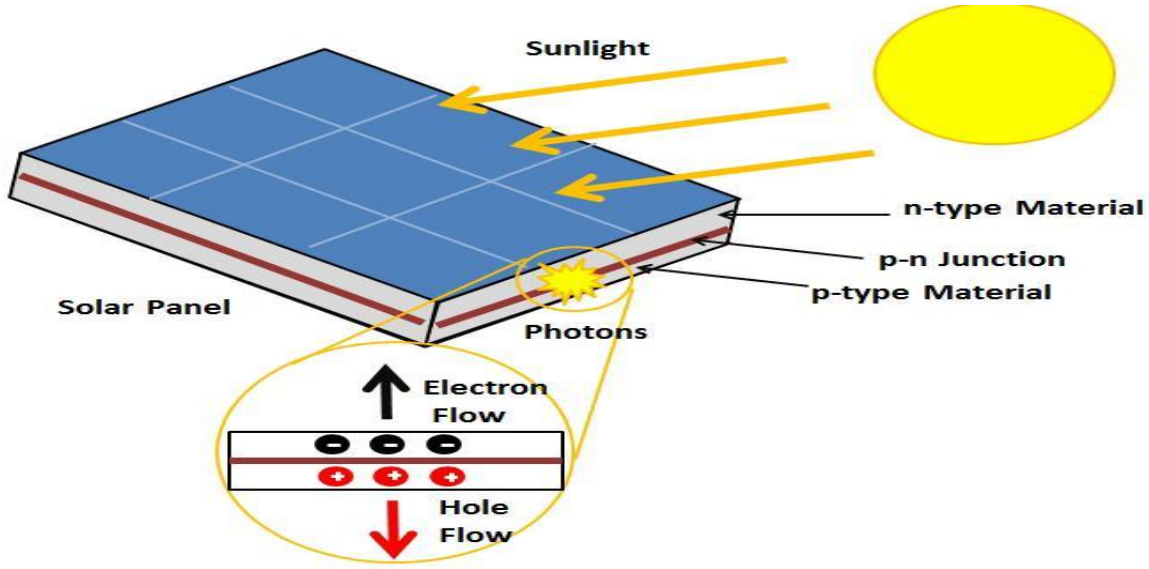


FIGURE (I.11) : EFFET PHOTOVOLTAÏQUE

I.2.6. Les panneaux solaires :

Un panneau solaire est un dispositif énergétique généralement plat et rigide. Il est composé de Cellules de silicium, aussi appelées cellules photovoltaïques, capables de capter la lumière du Soleil puis de la transformer en courant continu grâce à l'effet photovoltaïque. Les panneaux photovoltaïques standards mesurent 1,7 mètre de long et 1,0 mètre de Large. L'épaisseur de leur cadre en aluminium est de 3 à 4 cm. Un panneau classique pèse Environ 19 kg, soit 11 kg par m². [15]

I.2.7. Fonctionnement d'un panneau solaire photovoltaïque :

Un panneau solaire est un dispositif permettant de transformer l'énergie solaire en électricité. Ce procédé se décline en plusieurs étapes :

Les photons, particules présentes dans le rayonnement du soleil, viennent frapper les cellules photovoltaïques. Les électrons, présents au sein des cellules photovoltaïques, se déplacent et créent un courant électrique continu.

Ce courant électrique continu est transformé en courant alternatif grâce à un onduleur solaire pour ensuite être diffusé dans le logement, bâtiment, hangar, etc. ou à être vendu auprès d'un fournisseur d'électricité. [16]

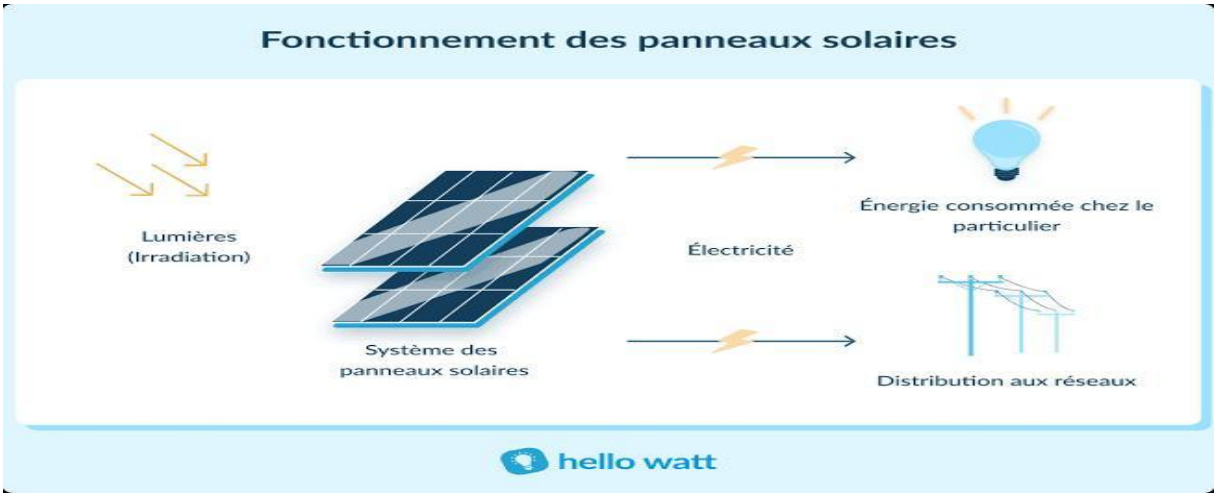


FIGURE (I.12) : FONCTIONNEMENT DES PANNEAUX SOLAIRES.

I.2.8. Généralités sur les capteurs solaires :

- Capteurs thermiques :

Tous les capteurs solaires thermiques visent à convertir le rayonnement solaire en chaleur avec un rendement élevé et à fournir cette chaleur aux consommateurs aussi efficacement que possible. Il existe plusieurs types de capteurs solaires thermiques : les capteurs non-vitrés, les capteurs plans, les capteurs sous vide, les capteurs à concentration. Ces types diffèrent considérablement en qualité, en rendement, en conception et en coût.

➢ Capteurs solaires non vitré :

Les capteurs plans sans vitrage sont habituellement fabriqués en un plastique noir qui a été stabilisé afin de résister aux rayons ultraviolets. Comme ces capteurs ne possèdent pas de vitrage, une grande partie de l'énergie solaire est absorbée. Cependant, parce qu'ils ne sont pas isothermes, une grande partie de la chaleur absorbée est perdue lorsqu'il y a du vent et que la température extérieure n'est pas assez chaude. Ils transfèrent si bien la chaleur de l'air (et provenant de l'air) qu'ils peuvent réellement « saisir » la chaleur au cours de la nuit lorsqu'il fait chaud et qu'il y a du vent à l'extérieur.

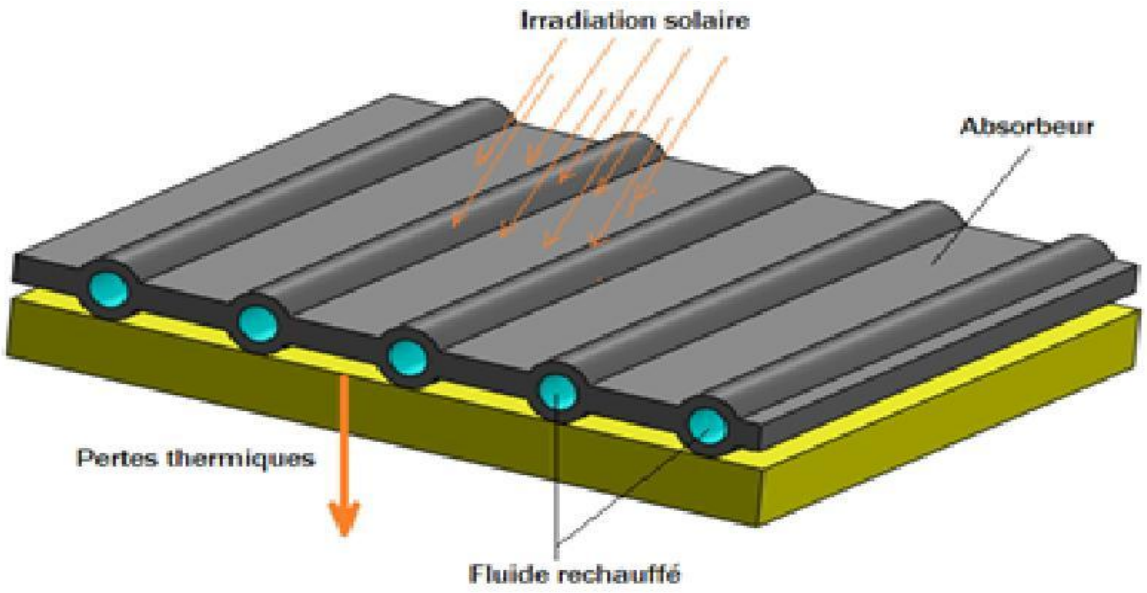


FIGURE (I.13) : CAPTEURS SOLAIRES NON VITRE.

➢ Capteurs vitrés :

Un capteur plan vitré est composé : d'un caisson, d'un isolant permettant de limiter les fuites thermiques en sous face et sur les bords, D'un film réfléchissant, d'un faisceau de tubes cylindriques, une surface absorbante placée à l'intérieur du coffre, un vitrage fixé sur le caisson, Les tubes sont parcourus par un fluide caloporteur (eau + antigel). Cette eau se réchauffe au fil de l'écoulement dans les tubes.

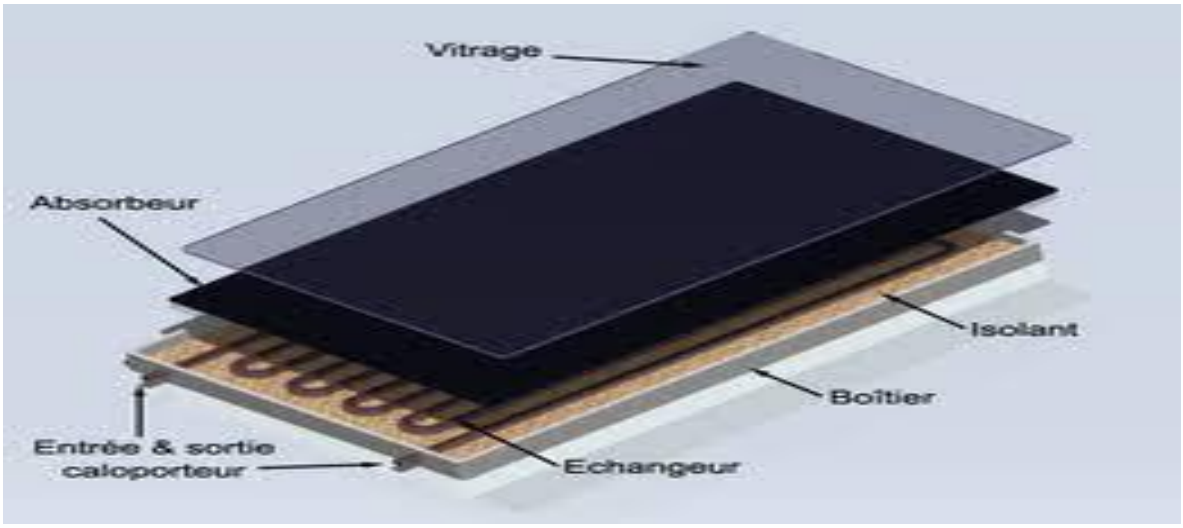


FIGURE (I.14) : CAPTEURS VITRES

- Capteurs sous vide :

Un capteur solaire “sous vide” est composé d’une série de tubes transparents en verre de 5 à 15 cm. De diamètre. Dans chaque tube il y a un absorbeur pour capter le rayonnement solaire et un échangeur pour permettre le transfert de l’énergie thermique. Les tubes sont mis sous vide pour éviter les déperditions thermiques convectives de l’absorbeur et l’absorbeur reçoit un traitement sélectif pour empêcher le rayonnement.

Un capteur solaire thermique sous vide est composé : d’une série de tubes de verre sous vide (il n’y a pas d’air), d’un absorbeur à l’intérieur des tubes de verre, d’un tube en cuivre à l’intérieur des tubes de verre.

Les tubes en cuivre sont parcourus par un fluide caloporteur (eau + antigel). Cette eau se réchauffe au fil de l’écoulement dans les tubes.

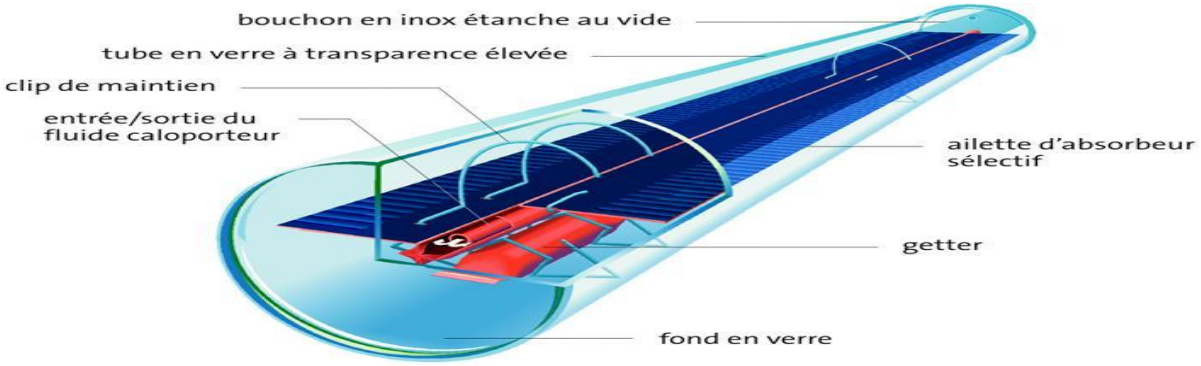


FIGURE (I.15) : CAPTEURS SOUS VIDE

➢ Capteurs à concentration :

Un capteur solaire thermique à concentration est composé : d'un châssis, d'un isolant permettant de limiter les fuites thermiques en sous face et sur les bords, d'un système de réflexion de la lumière, d'un absorbeur, d'un réseau de tubes en cuivre.

Type capteurs à concentration

Les capteurs cylindre-paraboliques :

La surface réfléchissante du concentrateur est un cylindre de section parabolique. Lorsqu'ils sont bien orientés vers le soleil, ils concentrent le rayonnement direct sur une ligne focale ou se trouve le récepteur (figure I.15). Le mécanisme de poursuite du soleil se fait suivant un seul axe. Les concentrateurs cylindre-paraboliques peuvent être orientés suivant l'axe Est-Ouest ou l'axe Nord-Sud. Les concentrateurs orientés suivant l'axe Nord-Sud permettent de collecter plus d'énergie pendant l'été. L'orientation Est-Ouest permet une collecte d'énergie généralement supérieure. Les températures de travail varient de 270°C à 450°C et les rendements de conversion de ces capteurs sont voisins de 70% en régime nominal. Dans la Pratique, les angles d'ouverture sont inférieurs à 20-30°. C'est la technologie la utilisée dans les centrales thermodynamiques.

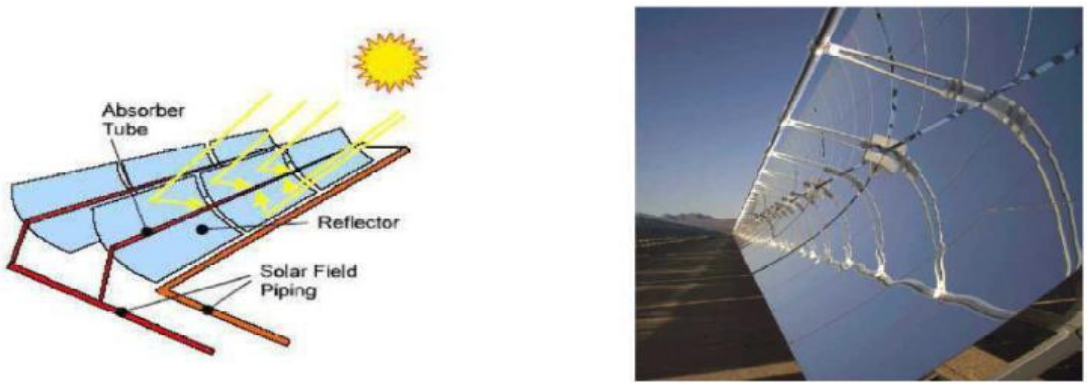


FIGURE (I.16) : CAPTEURS CYLINDRE-PARABOLIQUES.

Réflecteurs linéaires de Fresnel (LFR) :

Ils sont constitués de miroirs plans ou faiblement paraboliques disposés en lames parallèles qui sont susceptibles d'être inclinés sur un axe de manière à réfléchir et à concentrer les rayons lumineux vers une ligne ou se trouve le récepteur (figure I.16), le système de suivi utilise des moteurs plus petits, la ligne focale est fixe, le montage du champ solaire est facilité et mieux utilisé.



FIGURE (I.17) : **CONCENTRATEUR A REFLECTEUR LINEAIRE DE FRESNEL.**

Les capteurs paraboliques :

Ils sont des concentrateurs ponctuels ayant une symétrie de révolution parabolique. Les rayons solaires réfléchis par la parabole convergent vers le foyer (figure I.17). Ils sont orientés grâce à des montures mobiles autour de deux axes. La nécessité de mobiliser la parabole suivant deux axes pour suivre la course du soleil est la limite principale de ce type de système. Le concentrateur parabolique couplé avec un moteur sterling (Dish-Stirling) est la technologie la plus utilisée pour la production d'électricité de faible puissance par conversion solaire thermodynamique. Les rendements des capteurs sont voisins de 75 %, les puissances des installations correspondent à la gamme 1-100 kWh, les taux de concentration de 6000 à 10000 permettent d'obtenir des températures de travail de 600°C à 1200°C.

.

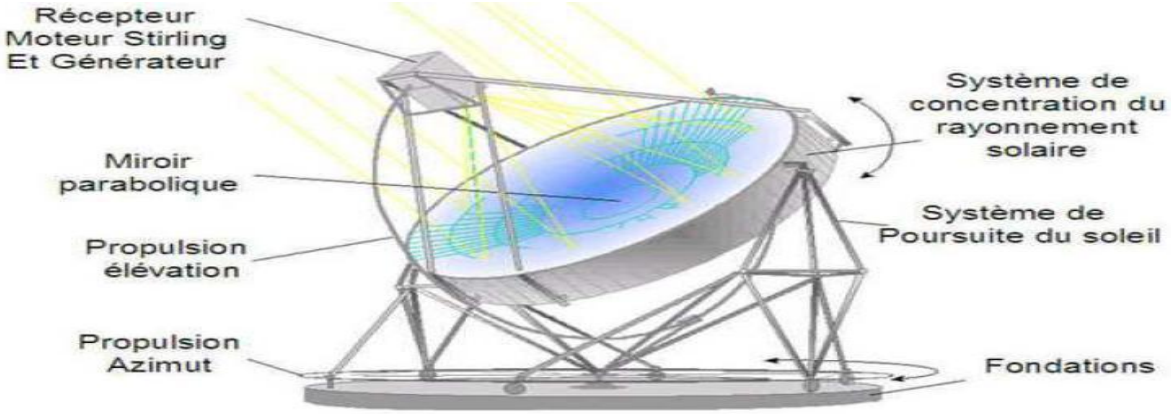


FIGURE (I.18) : CONCENTRATEUR **PARABOLIQUE AVEC UN MOTEUR STIRLING**

- Les héliostats :

Les héliostats sont constitués d'un ou plusieurs miroirs réfléchissants plans ou légèrement concaves dont les surfaces sont comprises entre 50 m2 et 150 m2. Ils sont utilisés dans la technologie des tours solaires. Les miroirs sont montés sur une structure mécanique asservie à la trajectoire du soleil. [17]



FIGURE (I.19) : PHOTO D'UN HELIOSTAT DE LA CENTRALE SOLAIRE DE THEMIS.

I.3. échangeur de chaleur

I.3.1. Définition :

Un échangeur de chaleur ou échangeur thermique est un système ou équipement permettant de transférer un flux de chaleur d'un fluide chaud à un fluide froid, sans les mélanger, à travers une paroi sans contact direct. Le flux thermique traverse la surface d'échange qui sépare les fluides. [21]

I.3.2. type d'échangeur de chaleur :

- Échangeur De Chaleur À Plaques Et Cadres :

Les échangeurs de chaleur à plaques et cadres sont également appelés échangeurs de chaleur à plaques. Un échangeur de chaleur à plaques et cadres est un échangeur de chaleur qui utilise des plaques métalliques pour transférer la chaleur entre deux fluides. Les échangeurs de chaleur utilisant de l'air ou du gaz et un écoulement de fluide à faible vitesse utiliseraient cet agencement. La caractéristique de conception de l'échangeur de chaleur à plaques et cadres est que les plaques parallèles ondulées contrôlent le flux alternatif de fluides chauds et froids à la surface des plaques à travers des joints. [21]



FIGURE (I.20) : ECHANGEUR DE CHALEUR A PLAQUE**.**

➢ Échangeurs tubulaires coaxiaux (simple):

Un des fluides circule dans l'espace annulaire entre les deux tubes tandis que l'autre circule

Dans le tube central. Pour cette configuration, deux types de fonctionnements sont distingués : les deux Fluides circulent dans le même sens ou en sens opposé. Le premier est un échangeur co-courant (ou Courant- parallèle). Dans le deuxième cas, c'est un échangeur contre-courant. Ce type d'échangeur est Souvent rencontré dans l'industrie frigorifique en particulier pour les condenseurs à eau ou dans les Groupes de production d'eau glacée. C'est le plus simple échangeur que l'on puisse concevoir, mais il est difficile avec ce type

D'échangeur d'obtenir des surfaces d'échange importantes sans aboutir à des appareils très encombrants. [22]

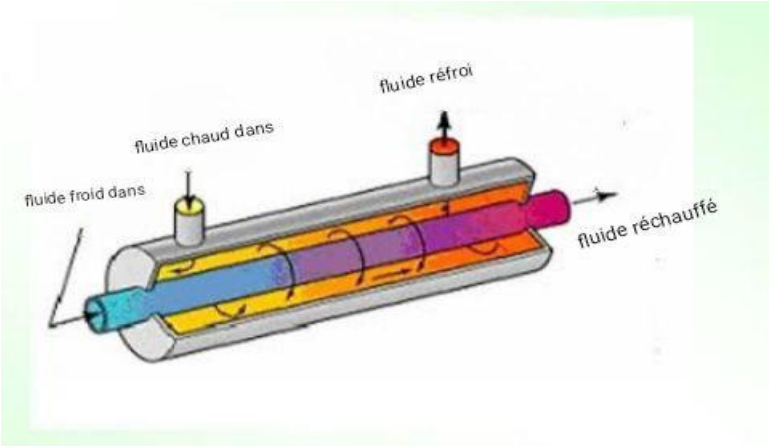


FIGURE (I.21): ECHANGEUR DE CHALEUR TUBULAIRE SIMPLE.

➢ Échangeurs de chaleur Tubes/calandre (à faisceaux complexes) :

Un échangeur tubulaire est un type d'échangeur thermique qui utilise des tubes pour échanger de la chaleur entre deux fluides qui circulent à l'intérieur et à l'extérieur de ces tubes. Les fluides peuvent être des liquides, des gaz ou une combinaison des deux.

Les tubes sont disposés dans une enveloppe (calandre) qui contient également l'un des deux fluides. Les tubes peuvent être droits ou courbés en forme de U ou de serpentin pour maximiser la surface d'échange

de chaleur et améliorer l'efficacité de l'échangeur de chaleur. Les échangeurs tubulaires peuvent être utilisés pour le chauffage, le refroidissement ou la régulation de la température des fluides. En effet, l'objectif principal de cet échangeur est la récupération de chaleur sur liquides ou gaz. [23]

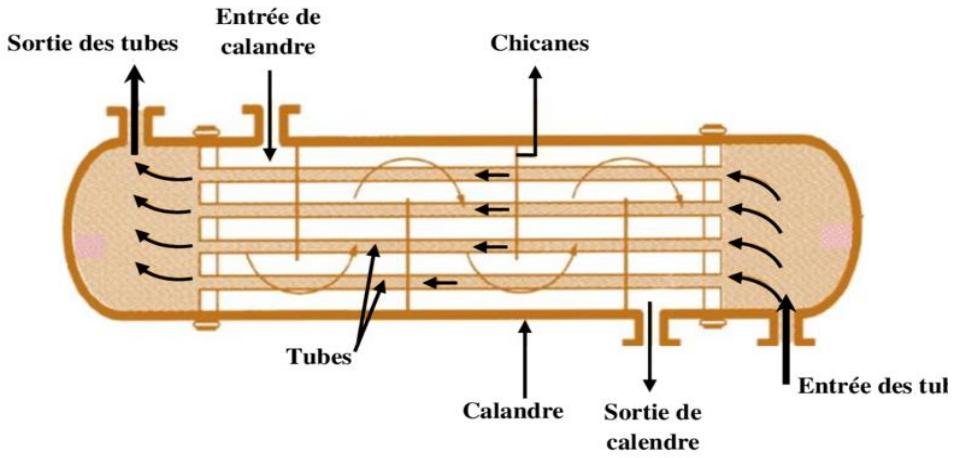


FIGURE (I.22) : ECHANGEUR DE CHALEUR TUBES/CALANDRE.

Chapitre 02

Présentation de thermoptime

II.1. Introduction :

Les technologies informatiques offrent de nouvelles possibilités pour améliorer et approfondir l'apprentissage d'une discipline et d'une technique classique. Dans ce chapitre, nous allons explorer comment il est désormais possible de calculer un système énergétique, en l'occurrence une turbine à gaz, en utilisant le logiciel THEROPTIM, sans avoir à écrire une seule équation ou à programmer, tout en obtenant des résultats précis.

II.2 Simulation sous le logiciel THERMODYNAMIQUE

II.2.1. Introduction à la turbine à gaz à cycle ouvert :

Dans notre cas, nous allons étudier la simulation numérique de la turbine à gaz de la manière la plus simple et la plus courante. Cela implique l'étude des trois composants principaux : un compresseur, une chambre de combustion et une turbine.

L'objectif principal de la simulation numérique est de prédire les performances et le rendement global d'un système. Dans le cas présent, il est possible de modéliser directement ce cycle dans THERMOPTIM. Cependant, sur le plan pédagogique, il est intéressant de suivre une méthodologie de calcul plus détaillée pour comprendre le processus.

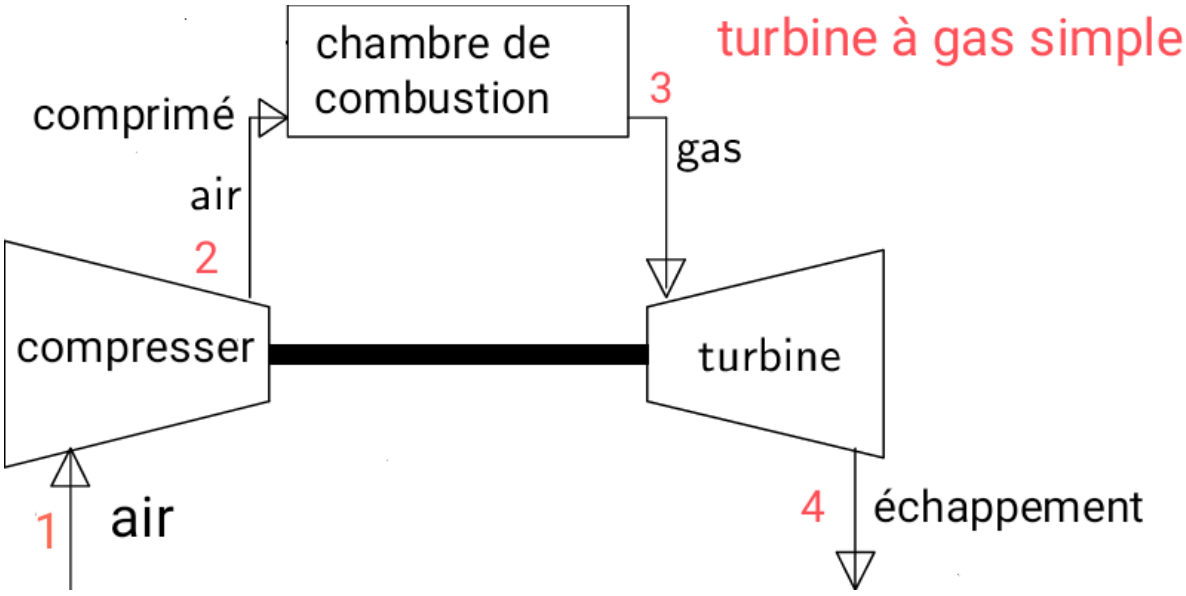


FIGURE (II.23) : TURBINE A GAZ SIMPLE

II.2. 3. Le programme de calcul :

Été développé dans l'environnement de programmation THERMOPTIM. Ce programme dispose d'une base de données d'installations de turbines à gaz qui permet d'organiser toutes les étapes de calcul. La procédure de calcul nécessite des paramètres d'étude en entrée. Pour mener une étude thermodynamique sur l'ensemble du cycle. Notre objectif L'étude vise à étudier l'effet des changements saisonniers de température sur les performances et l'efficacité des turbines à gaz. Cette étude peut être menée en obtenant des données de température au cours des quatre saisons différentes et en analysant ces données pour déterminer la relation entre les changements de température et les performances des turbines à gaz. Turbines à gaz Nous avons proposé une étude au niveau des deux états (Adrar et Médéa)

Dans cette étude nous avous choisi le gaz méthane :

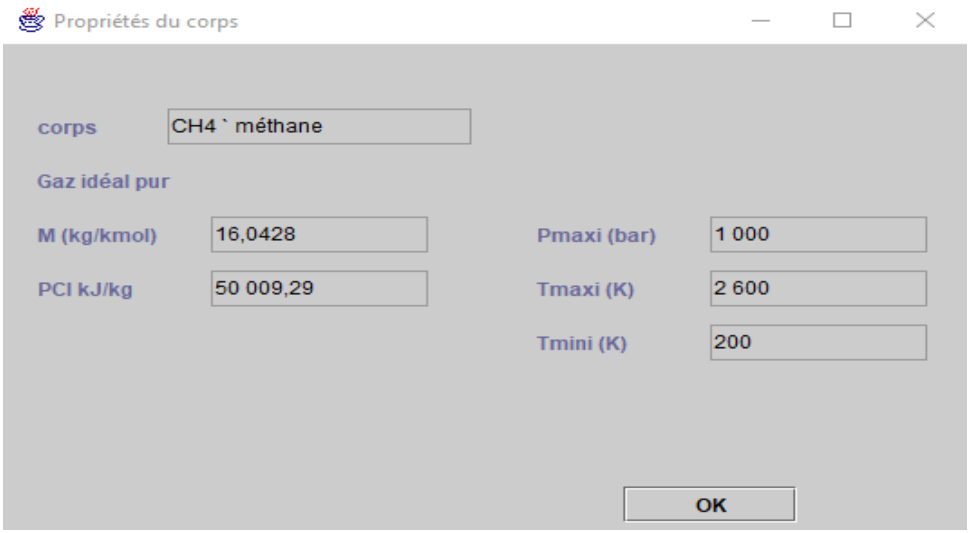


FIGURE (II. 24) : LA PROPRIETE DES GAZ METHANE

- Première cas (Médéa) :

✓ **Etat du (compresseur) :**

Le premier point de l'était correspond à la configuration du calculateur fourni pour le calculateur donne. Le fluide choisi est l'air. Le calculateur doit être en mode de calcul pour la variable de pression et de température **(P, T).**

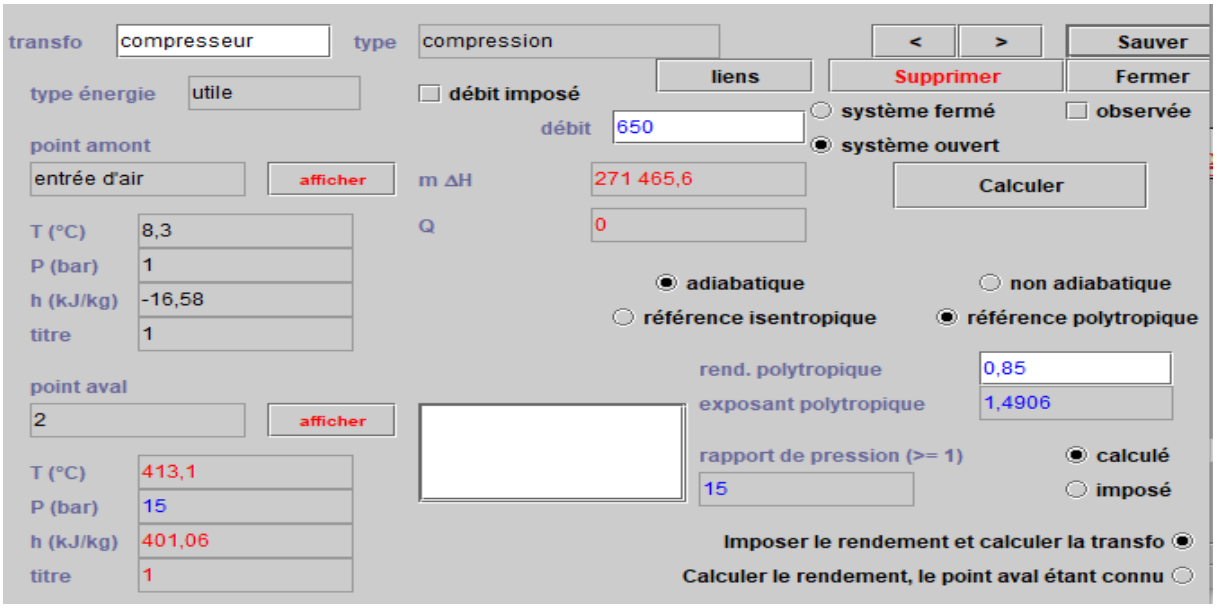


FIGURE (II.25) : ETAT DU POINT COMPRESSEUR

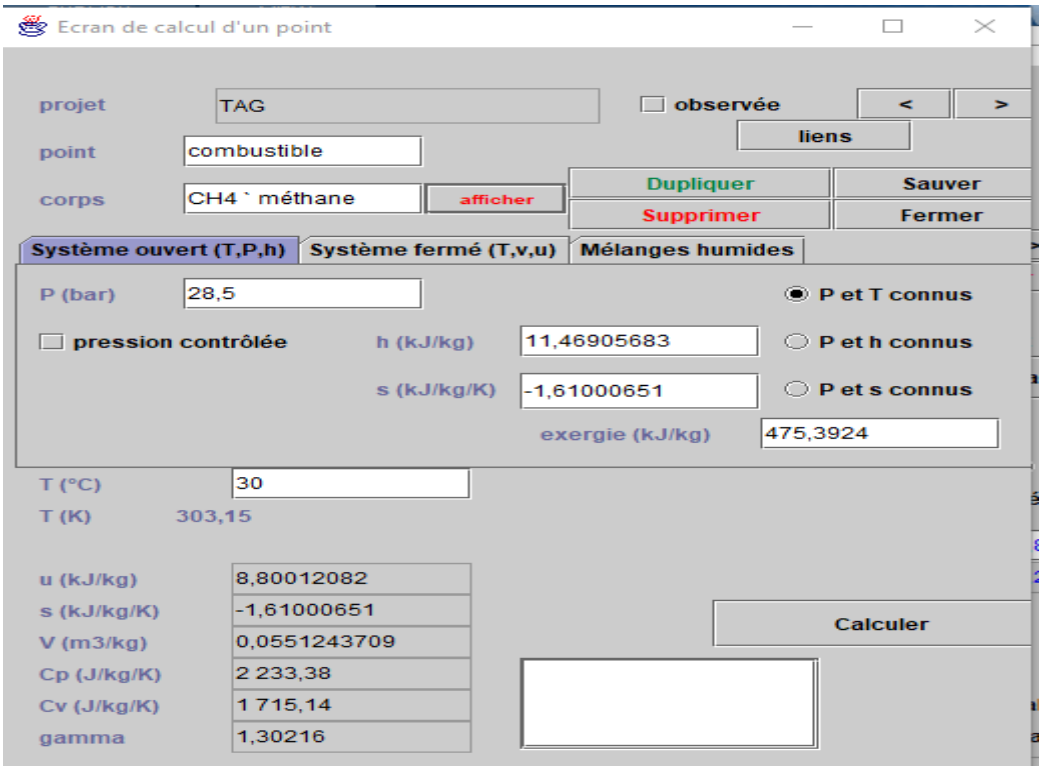


FIGURE (II. 26) : ETAT DU POINT COMBUSTIBLE

- ✓ **Etat de la (turbine) :**

La turbine convertie la pression du gaz en énergie mécanique, ou l'énergie chimique de gaz est convertie en énergie thermique, puis le gaz chaud est entendu à travers la turbine pour le convertir en énergie mécanique

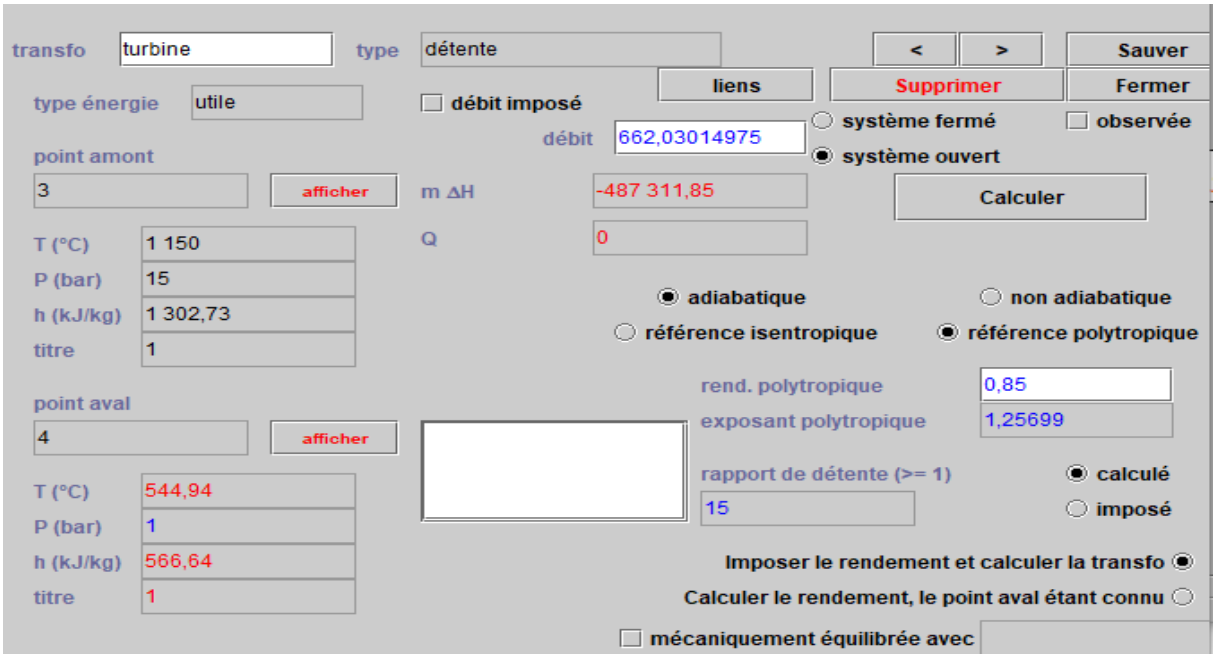


FIGURE (II.27) : ETAT DU POINT TURBINE

Résultats de calcule :

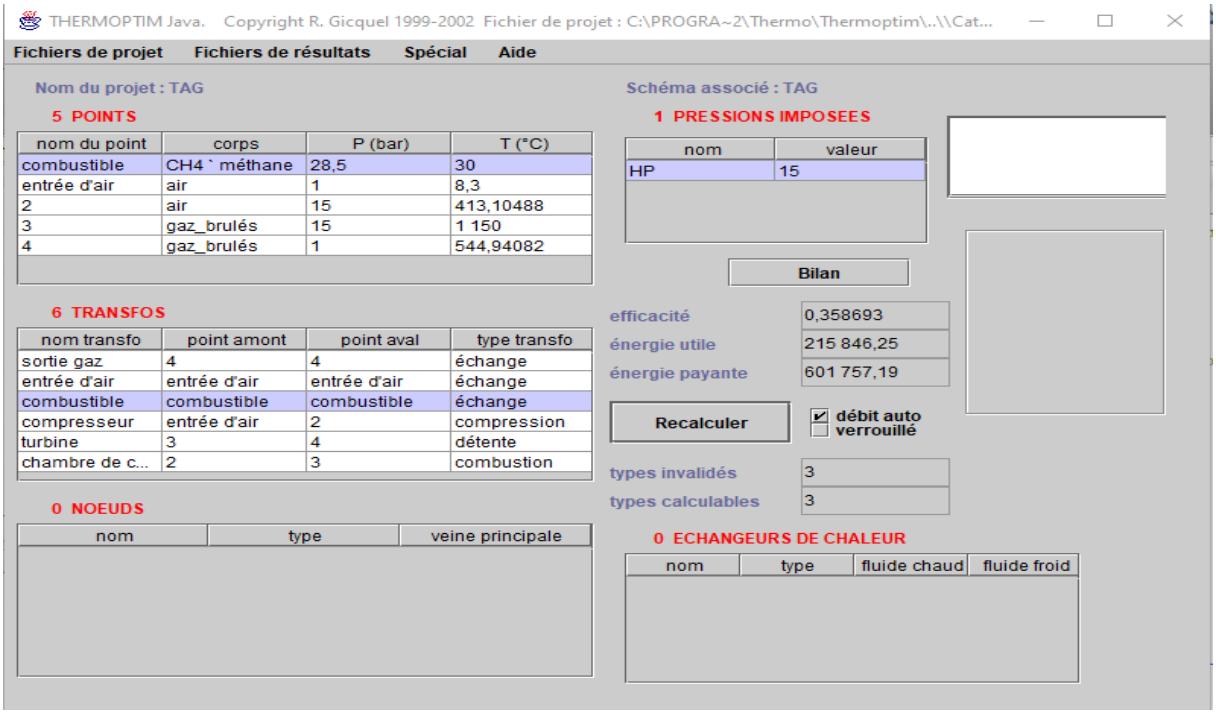


FIGURE (II.28) : RESULTATS DE CALCUL

II.2.4. Modélisation de cycle de Baryton :

Souhaite modéliser le cycle de Baryton. Le débit d'air entrant dans le cycle est de 1 kg/s. Sa température d'entrée est de 1°C et sa pression est de 1 bar. Le gaz de combustion utilisé est le gaz de Montoir, dont la température d'entrée est de 15°C et la pression est de 16 bars. Les produits de combustion résultants entrent dans la turbine à gaz à une température de 1150 °C. J'ouvre l'éditeur de schéma et place les différents composants sur la palette, en saisissant quelques informations pour chacun d'entre eux. Cela me permet de créer un schéma similaire à celui présenté dans la figure ci-dessous.

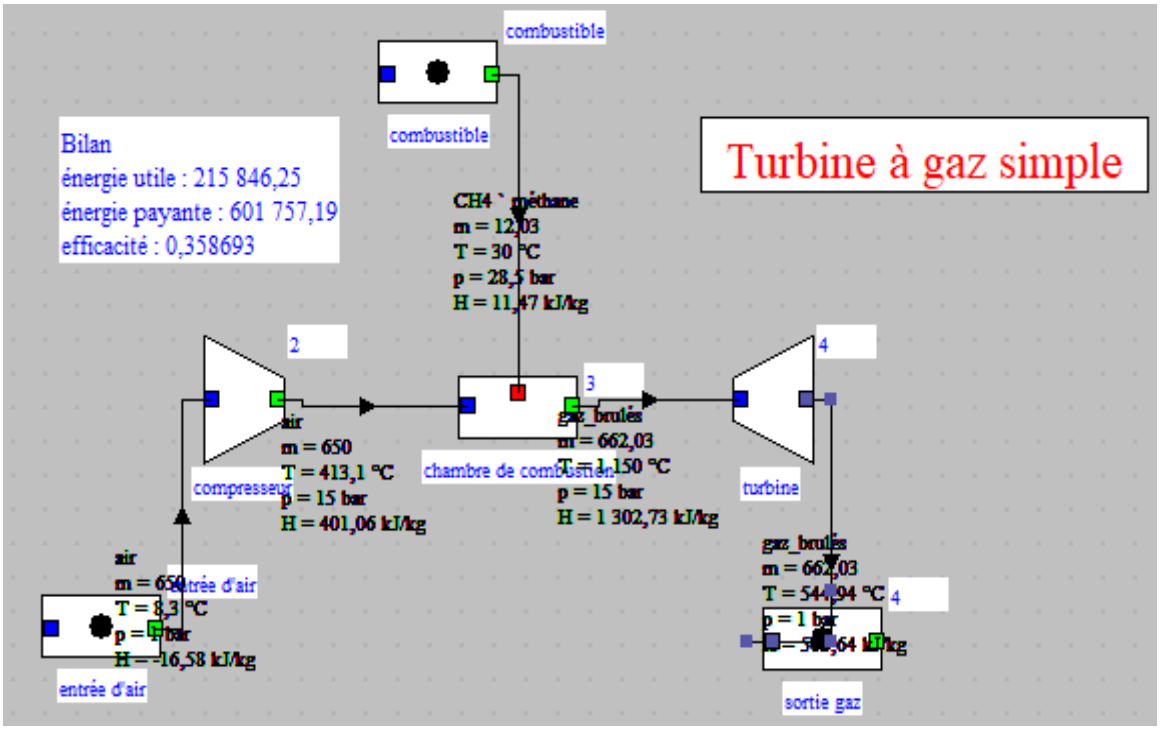


FIGURE (II.29) : RESULTATS DE SAISON (01).

Ainsi les résultats pour chaque saison sont dans le tableau suivant :

Médéa	Saison (01)	Saison (02)	Saison (03)	Saison (04)
Rendement (%)	35.58	35.26	34.47	35.62
Énergie utile (kW)	215846.25	206299.76	198927.73	212010.58
Énergie payant (kW)	601757.19	585015.33	572098.25	595080.83

TABLEAU (II.1) : LE RESULTAT DE CALCUL

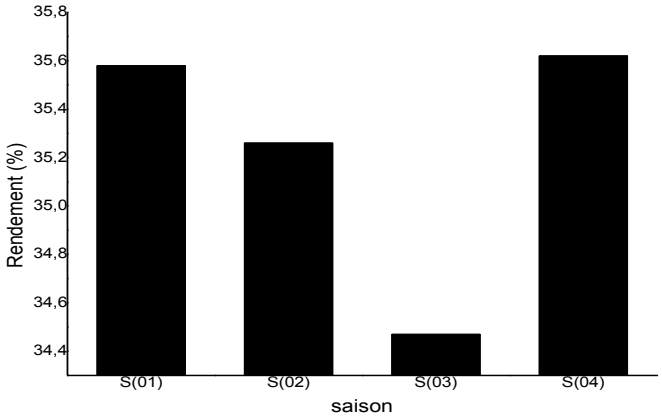


FIGURE (II.30) : VARIATION DE RENDEMENT ON FONCTION DE SAISON

La courbe représente les variations de rendement en fonction des saisons, où l'on observe que la valeur maximale du rendement était au quatrième trimestre. Les turbines à gaz sont généralement plus efficaces à des températures plus basses, car leur efficacité augmente avec l'augmentation de la différence de température entre l'air entrant et le gaz utilisé pour faire fonctionner la turbine. Ainsi, en hiver, où les températures sont plus basses, il y a une plus grande opportunité d'augmenter le rendement des turbines à gaz

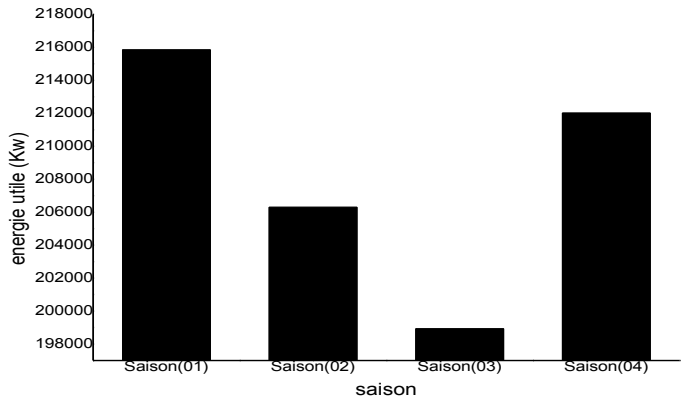


Figure (II.31) : variation de énergie utile on fonction de saison .

La courbe représente les variations d'énergie utile en fonction des saisons, où l'on observe que la valeur maximale du rendement était au quatrième trimestre. Les turbines à gaz sont généralement plus efficaces à des températures plus basses, car leur efficacité augmente avec l'augmentation de la différence de température entre l'air entrant et le gaz utilisé pour faire fonctionner la turbine. Ainsi, en hiver, où les températures sont plus basses, il y a une plus grande opportunité d'augmenter l'énergie utile des turbines à gaz

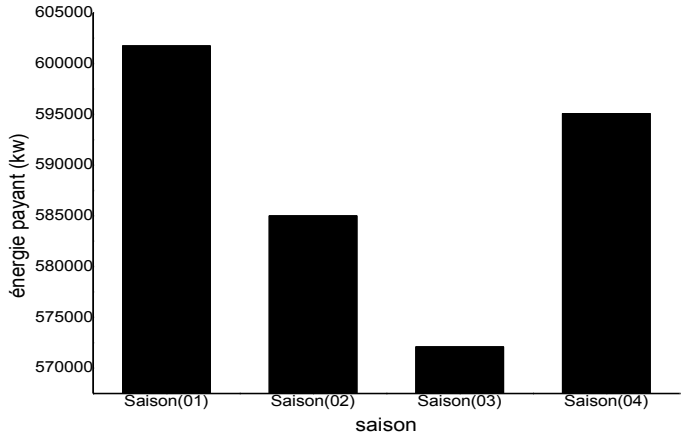


Figure (II.32) : schéma d'Énergie payant on fonction de saison

La courbe représente les variations d'énergie payante en fonction des saisons, où l'on observe que la valeur maximale du rendement était au quatrième trimestre. Les turbines à gaz sont généralement plus efficaces à des températures plus basses, car leur efficacité augmente avec l'augmentation de la différence de température entre l'air entrant et le gaz utilisé pour faire fonctionner la turbine. Ainsi, en hiver, où les températures sont plus basses, il y a une plus grande opportunité d'augmenter l'énergie payante des turbines à gaz

Deuxième cas (ADRAR) :

✓ Etat du (compresseur) :

Le premier point de l'était correspond à la configuration du calculateur fourni pour le calculateur donne. Le fluide choisi est l'air. Le calculateur doit être en mode de calcul pour la variable de pression et de température **(P, T).**

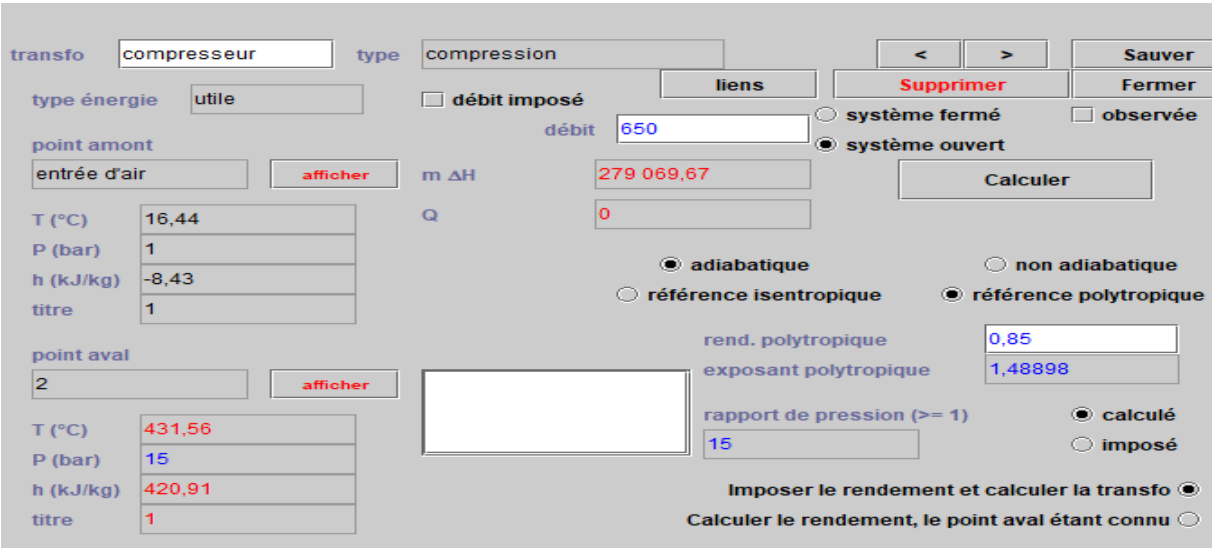


FIGURE (II.33) : ETAT DU POINT COMPRESSEUR

- ✓ **Etat de la (turbine) :**

La turbine convertie la pression du gaz en énergie mécanique, ou l'énergie chimique de gaz est convertie en énergie thermique, puis le gaz chaud est entendu à travers la turbine pour le convertir en énergie mécanique.

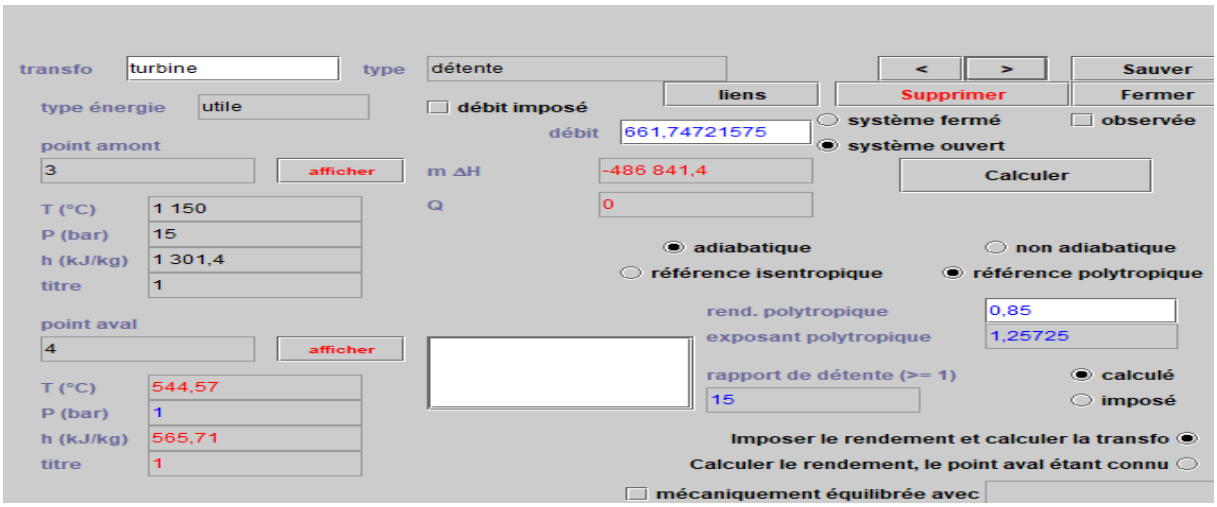


FIGURE (II.34) : ETAT DU POINT DE TURBINE

Résultats de calcule :

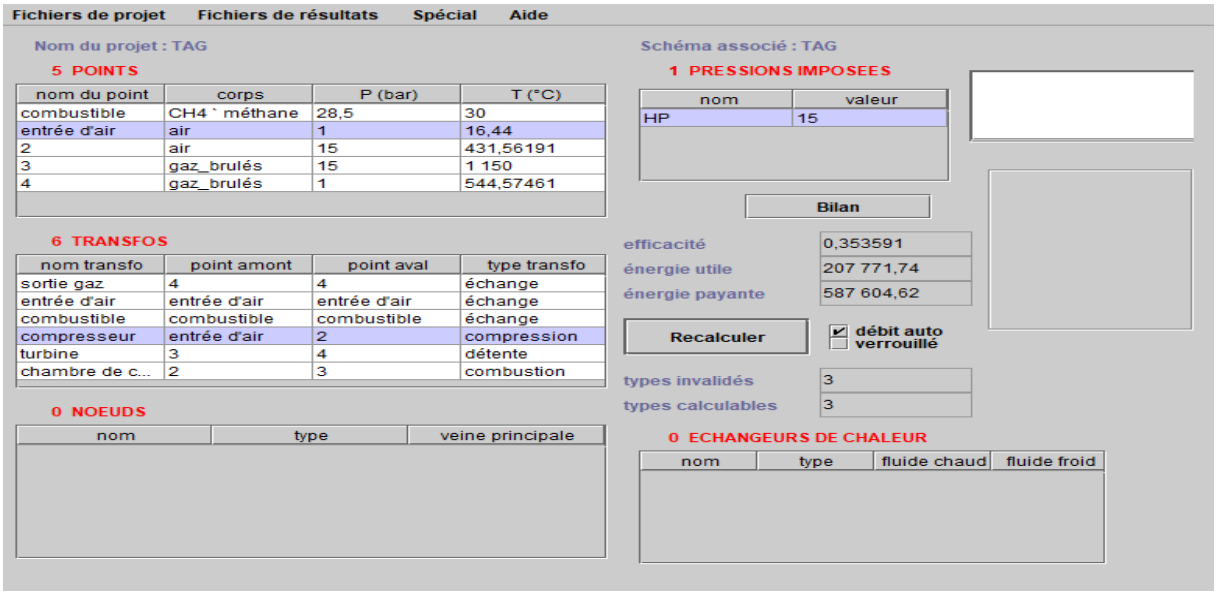


FIGURE (II.35) : RESULTATS DE CALCUL.

II.2.5. Modélisation de cycle de Baryton :

Souhaite modéliser le cycle de Baryton. Le débit d'air entrant dans le cycle est de 650 kg/s. Sa température d'entrée est de 16.44 °C et sa pression est de 1 bar. Le gaz de combustion utilisé est le gaz méthane, dont la température d'entrée est de 431.56 °C et la pression est de 15 bar. Les produits de combustion résultants entrent dans la turbine à gaz à une température de 1150 °C. J'ouvre l'éditeur de schéma et place les différents composants sur la palette, en saisissant quelques informations pour chacun d'entre eux. Cela me permet de créer un schéma similaire à celui présenté dans la figure ci-dessous.

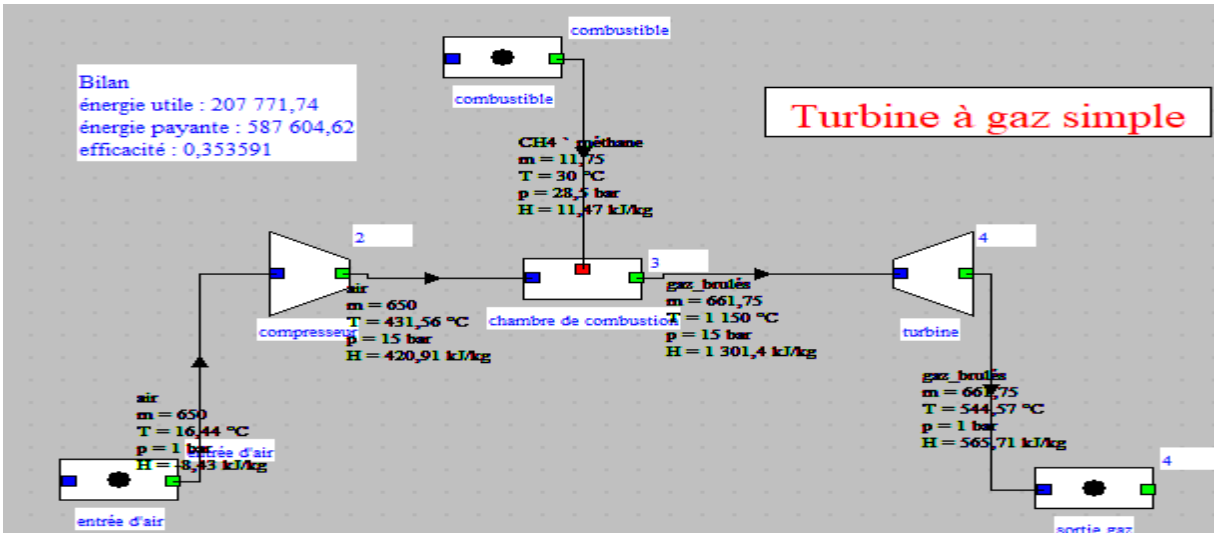


FIGURE (II.36) : RESULTATS DE SAISON (01)

Ainsi les résultats pour chaque saison sont dans le tableau suivant :

ADRAR	Saison (01)	Saison (02)	Saison (03)	Saison (04)
Rendement (%)	35.35	34.46	34.04	35.12
Énergie utile (KW)	207771.74	194502.83	188624.72	204190.27
Énergie payant (KW)	587604.62	564349.18	553973.36	581353.47

TABLEAU (II.2) : RESULTAT DE CALCUL

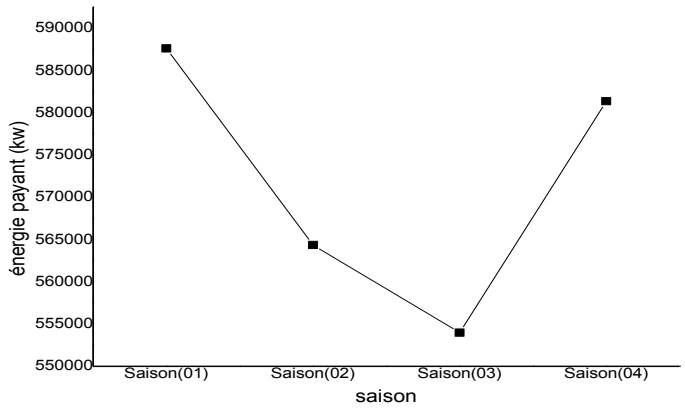


FIGURE (II.37) : VARIATION ENERGIE PAYANT ON FONCTION DE SAISON

La courbe représente les variations d'énergie payante en fonction des saisons, où l'on observe que la valeur maximale du rendement était au quatrième trimestre. Les turbines à gaz sont généralement plus efficaces à des températures plus basses, car leur efficacité augmente avec l'augmentation de la différence de température entre l'air entrant et le gaz utilisé pour faire fonctionner la turbine. Ainsi, en hiver, où les températures sont plus basses, il y a une plus grande opportunité d'augmenter l'énergie payante des turbines à gaz

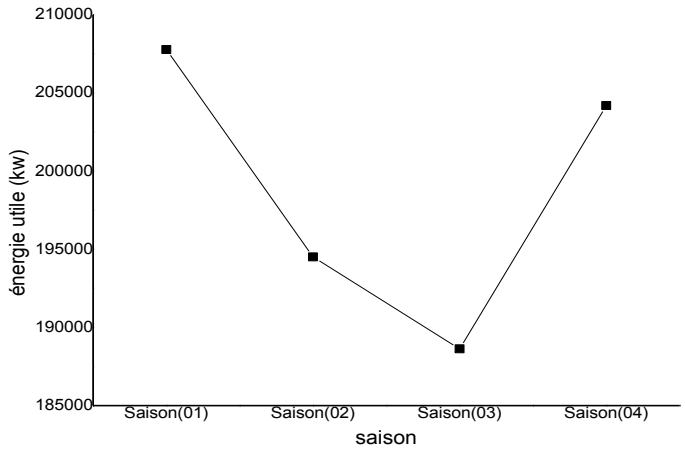


FIGURE (II.38) : VARIATION ENERGIE UTILE ON FONCTION DE SAISON

La courbe représente les variations d'énergie utile en fonction des saisons, où l'on observe que la valeur maximale du rendement était au quatrième trimestre. Les turbines à gaz sont généralement plus efficaces à des températures plus basses, car leur efficacité augmente avec l'augmentation de la différence de température entre l'air entrant et le gaz utilisé pour faire fonctionner la turbine. Ainsi, en hiver, où les températures sont plus basses, il y a une plus grande opportunité d'augmenter l'énergie utile des turbines à gaz

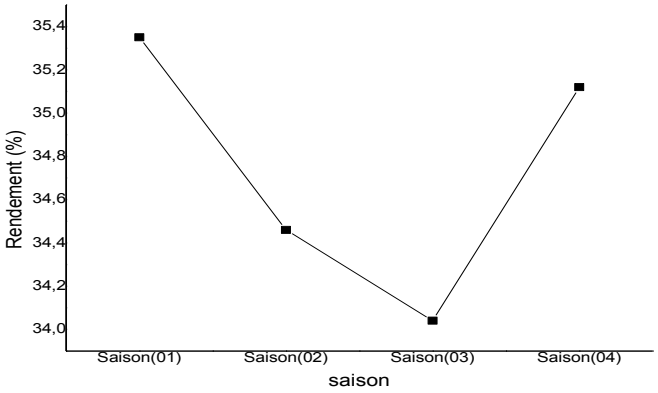


FIGURE (II.39) : VARIATION DE RENDEMENT ON FONCTION DE SAISON

La courbe représente les variations de rendement en fonction des saisons, où l'on observe que la valeur maximale du rendement était au quatrième trimestre. Les turbines à gaz sont généralement plus efficaces à des températures plus basses, car leur efficacité augmente avec l'augmentation de la différence de température entre l'air entrant et le gaz utilisé pour faire fonctionner la turbine. Ainsi, en hiver, où les températures sont plus basses, il y a une plus grande opportunité d'augmenter le rendement des turbines à gaz

II.2.6. Comparaison entre (Adrar et Médéa) :

	Médéa			Adrar		
	Rendement (%)	**Énergie utile (kW)**	**Énergie payant (kW)**	**Rendement (%)**	**Énergie utile (kW)**	**Énergie payant (kW)**
S2	35.58	215846.25	601757.19	35.35	207771.74	587604.62
S2	35.26	206299.76	585015.33	34.46	194502.83	564349.18
S3	34.47	198927.73	572098.25	34.04	188624.72	553973.36
S4	35.62	212010.58	595080.83	35.12	204190.27	581353.47

TABLEAU (II.3) : TABLEAU DE COMPARAISON

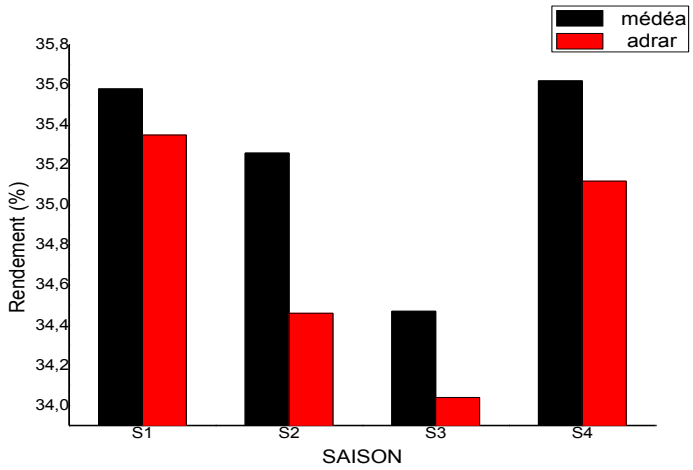


FIGURE (II.40) : VARIATION DE RENDEMENT ON FONCTION DE SAISON

Le graphique représente les variations de rendement entre deux sites, Médéa et Adrar, en fonction des saisons. On observe que l'efficacité de la turbine à gaz à Médéa est meilleure que celle de la turbine à gaz à Adrar, dans toutes les saisons

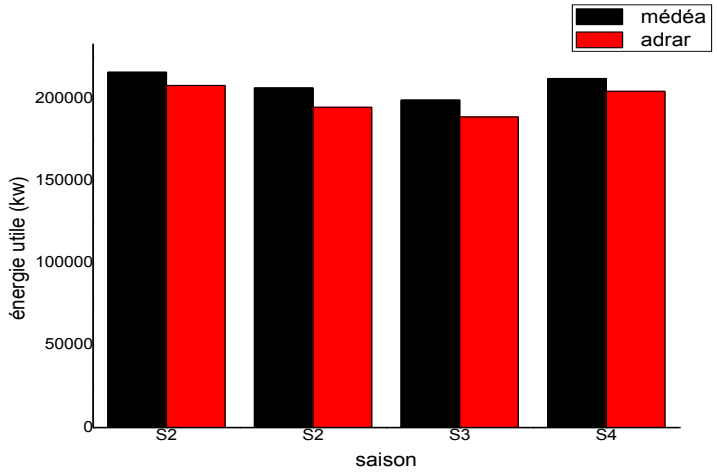


FIGURE (II.41) : VARIATION D'ENERGIE UTILE ON FONCTION DE SAISON

Le graphique représente les variations d'énergie utile entre deux sites, Médéa et Adrar, en fonction des saisons. On observe que l'efficacité de la turbine à gaz à Médéa est meilleure que celle de la turbine à gaz à Adrar, dans toutes les saisons

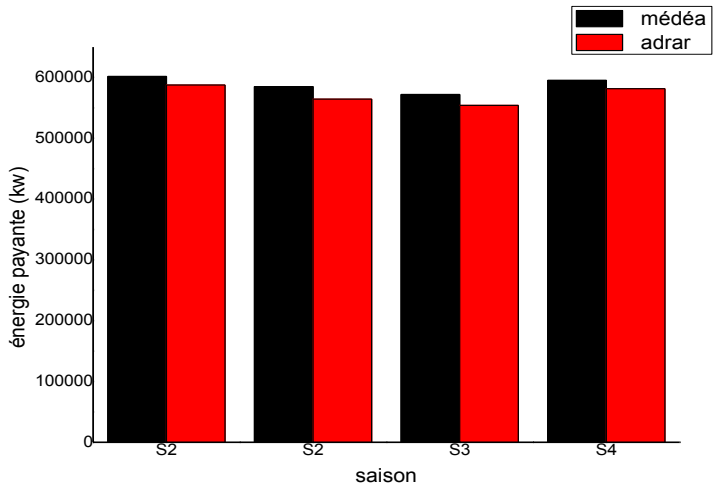


FIGURE (II.42) : VARIATION D'ENERGIE PAYANTE ON FONCTION DE SAISON

Le graphique représente les variations d'énergie payante entre deux sites, Médéa et Adrar, en fonction des saisons. On observe que l'efficacité de la turbine à gaz à Médéa est meilleure que celle de la turbine à gaz à Adrar, dans toutes les saisons

II.3. Représentation de la turbine à gaz avec régénération sur THERMOPTIM et calculer son rendement

II.3.1 Création du schéma :

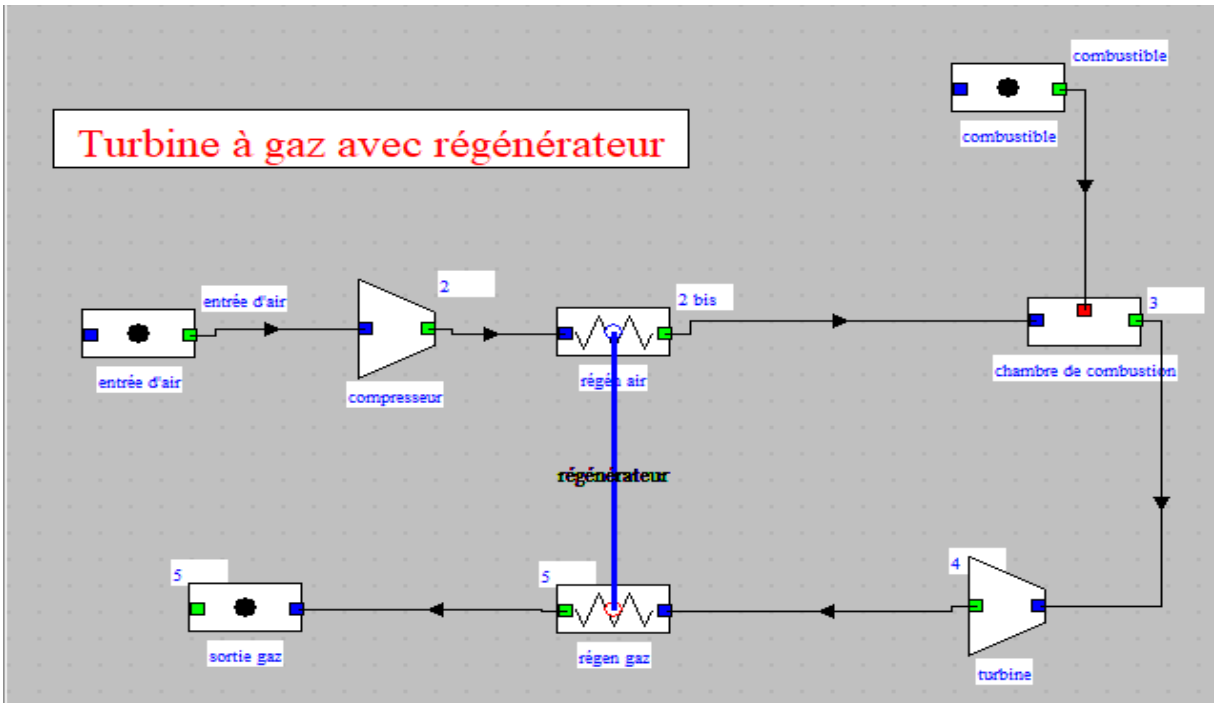


FIGURE (II.43) : SCHEMA DE TAG AVEC REGENERE

II.3.2 Paramétrage des points :

Pour Les conditions d'entrée ''température ambiante et la pression'' de la TAG régénérer est la même que de la TAG sans régénération. Le cycle a été modélisé en utilisant l'analyse thermodynamique pour la turbine à gaz simple et la turbine à gaz régénérative.

II.3.2.1. PARAMETRE DE CALCUL :

- ✓ **(Médéa) :**

✓ **Saison**	**Température de L'air admis compresseur (°c)**	**La pression de l'air Admis compresseur (bar)**
Saison 1	8.3	1
Saison 2	17.933	
Saison 3	25.32	
Saison 4	12.13	

TABLEAUX (II.4) : PARAMETRE L'ENTREE DE COMPRESSEUR.

- ➢ **Saison 1 :**

Rendement thermique et résultat : Le rendement thermique de la system hybride dans Médéa au deuxième Saison est de 45.23% avec une énergie utile égale à 305.210 MW.

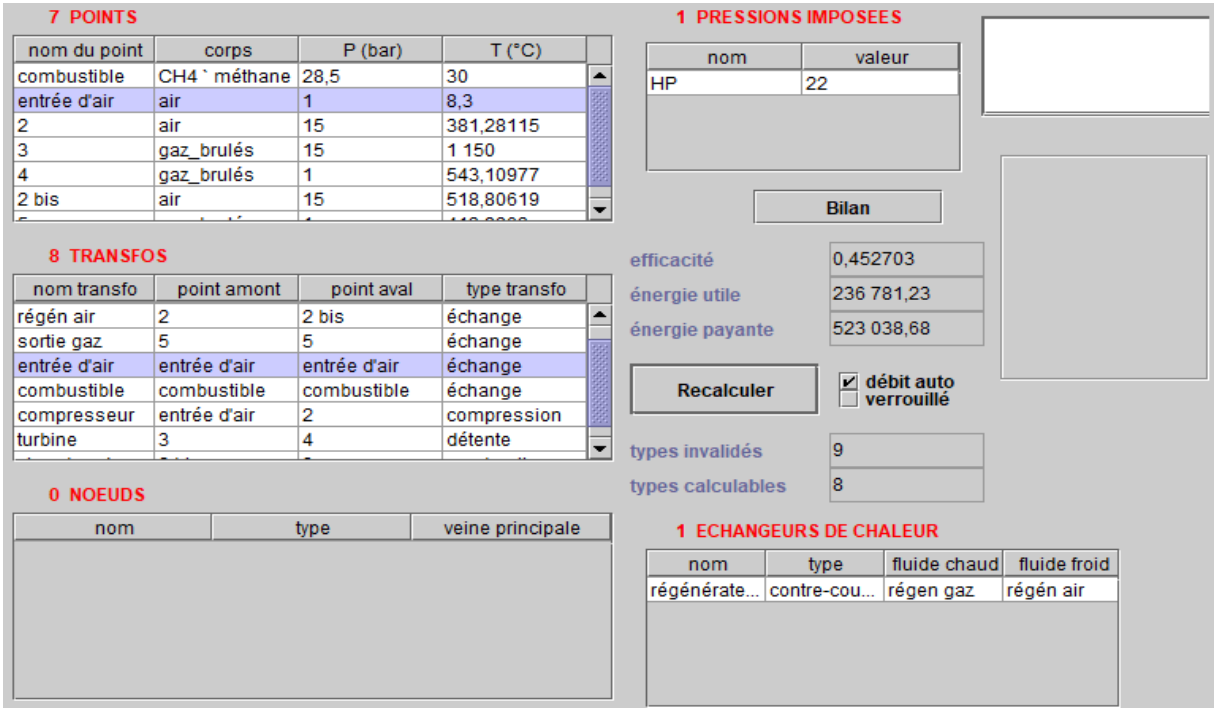


FIGURE (II. 44) : RESULTAT DE PREMIERE SAISON

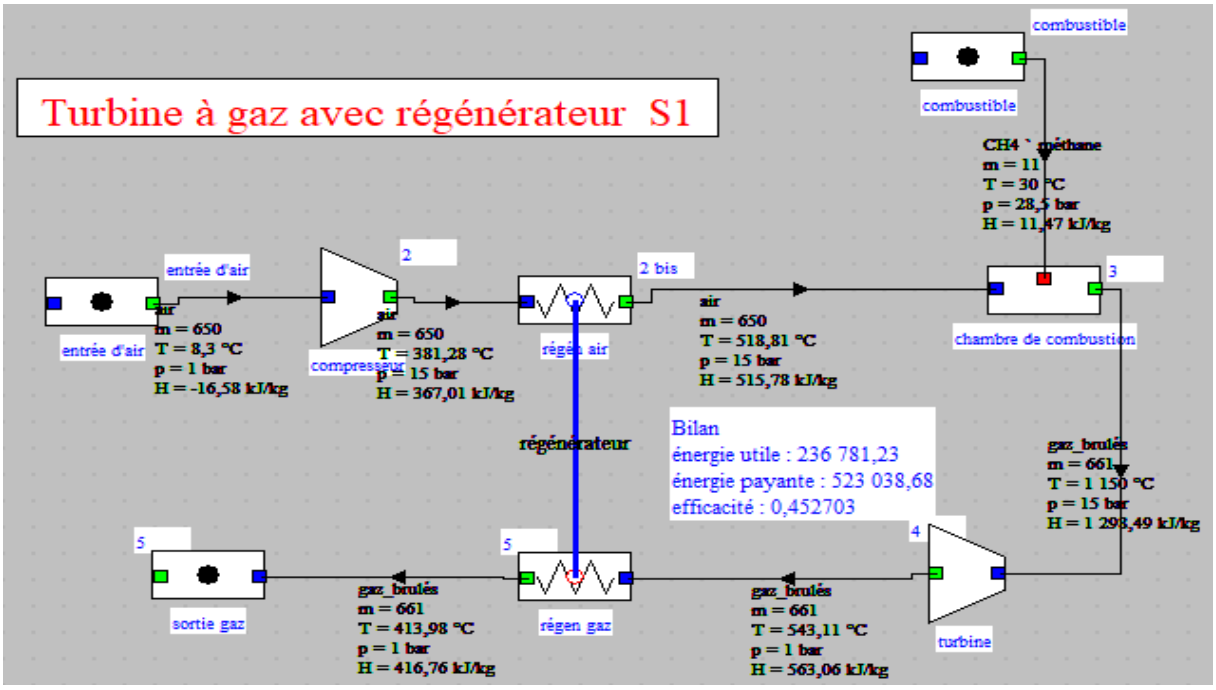


FIGURE (II.45) : SCHEMA DE RESULTAT DE PREMIERE SAISON

Résultat de calcule dans tous les saisons :

Médéa	**Saison (01)**	**Saison (02)**	**Saison (03)**	**Saison (04)**
Rendement (%)	**45.27**	**43.87**	**42.79**	**44.71**
Énergie utile (MW)	**236.871**	**228.419**	**221.969**	**233.426**
Énergie payant (MW)	**523.082**	**520.612**	**518.736**	**522.052**

TABLEAU (II.5) : RESULTAT DE CALCUL

Chapitre 03

Calcul du systéme hybride solaire et de l'echangeur

III.1. Introduction :

Dans cette chapitré, nous calculerons les données nécessaires pour le système solaire et l'échangeur de chaleur à l'aide du programme MATLAB.

Dans ce cas, nous utiliserons un concentrateur solaire parabolique pour chauffer l'eau, qui à son tour réchauffera l'air dans un échangeur de chaleur de type parallèle

III.2. Gisement solaire :

Le Commissariat aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique (CEREFE) a annoncé mardi que l'Algérie possède l'un des plus importants gisements solaires au monde, avec une durée d'insolation annuelle dépassant les 2000 heures sur la quasi-totalité du territoire national.Dû à sa position géographique, l'Algérie dispose d'un des plus importants gisements solaires au monde", a précisé le CEREFE dans une publication diffusée sur sa page Facebook, en ajoutant que "la durée d'Insolation dépasse les 2000 heures par an sur la quasi-totalité du territoire et peut même atteindre 3900 heures, notamment dans les hauts plateaux et le Sahara."En se basant sur les cartes réalisées par le Centre de développement des énergies renouvelables (CDER) dans son Atlas des ressources ENR de l'Algérie, le Commissariat a également ajouté que sur l'ensemble du territoire national, "l'énergie solaire totale reçue par jour sur une surface horizontale d'un mètre carré varie entre 5,1 kWh (~1860 kWh par an et par mètre carré) au Nord et 6,6 kWh (~2410 kWh par an et par mètre carré) dans le Grand Sud."Le CEREFE a également souligné que le rayonnement solaire direct atteignant la surface terrestre, sans avoir été dispersé par l'atmosphère, reste une donnée fondamentale pour l'énergie solaire thermique à concentration (CSP). Selon le Commissariat, cela peut atteindre "5,5 kWh (~2007 kWh par an et par mètre carré) à Alger et jusqu'à 7,5 kWh (2738 kWh par an et par mètre carré) à Oran dans le Sud-Ouest du pays." [18]

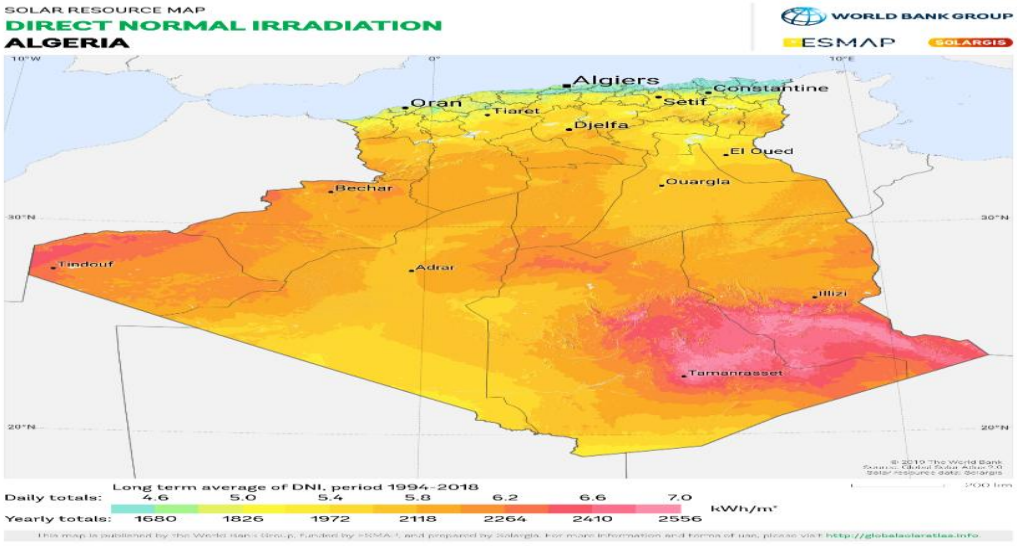


FIGURE (III.46) : ENSOLEILLEMENT JOURNALIER EN ALGERIE

III.3. Principe de fonctionnement d'une centrale à capteurs cylindre-parabolique :

Ce type de centrale se compose d'alignements parallèles de longs miroirs hémicylindriques qui tournent autour d'un axe horizontal pour suivre la course du soleil Les rayons solaires sont concentrés sur un tube horizontal, où circule un fluide caloporteur qui servira à transporter la chaleur vers la centrale elle-même. La température du fluide peut monter jusqu'à 500° C. Cette énergie est transférée à un circuit d'eau, la vapeur alors produite actionne une turbine qui produit de l'électricité. Certaines centrales sont désormais capables de produire de l'électricité en continu, nuit et jour, grâce à un système de stockage de la chaleur. [19]

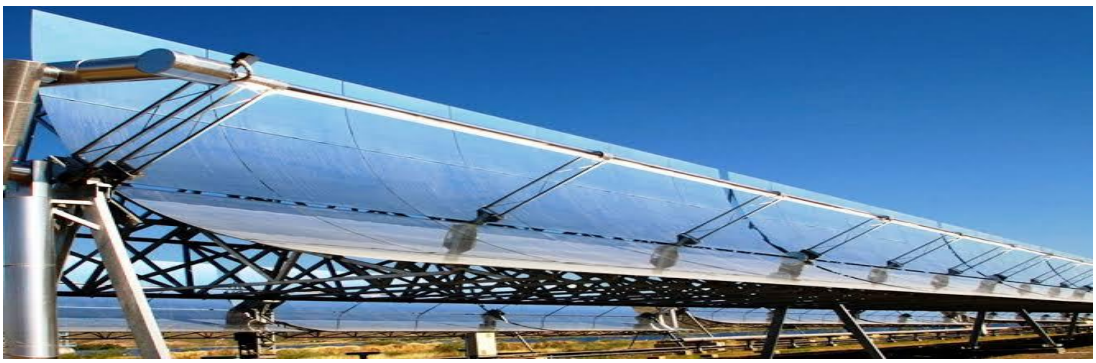


FIGURE (III.47) : CENTRALE A CAPTEURS CYLINDRE-PARABOLIQUES.

III.4. climat

L'étude de la centrale hybride solaire au gaz vise à comprendre l'effet des changements saisonniers de température sur les performances et l'efficacité de la centrale hybride. Cette étude peut être menée en obtenant des données de température au cours des différentes saisons et en analysant ces données pour déterminer la relation entre les changements de température et les performances de la station.

Donné climatique de la température moyenne du moins ($°c$). [24]

	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Adrar	13.2	16.1	20.4	25.2	29.8	34.5	37.6	36.8	33.1	26.7	19	14.4
	16.44			29.833			35.833			20.033		
Médéa	6.9	7.6	10.4	12.8	17.5	23.5	27.6	26.9	21.6	17.9	11	7.5
	8.3			17.933			25.366			12.133		

TABLEAU (III.6) : LE PARAMETRE DE CLIMAT ON MEDEA ET ADRAR

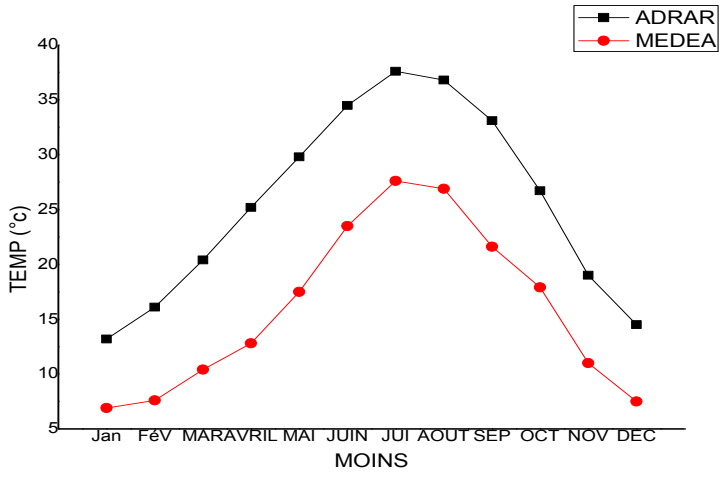


FIGURE (III.48) : DIAGRAMME MONTRANT L'EVOLUTION DE LA TEMPERATURE AU FIL DE MOINS

➢ **Irradiation du rayonnement global horizontal :**

	Adrar [25]		Médéa [26]	
Moi	Irradiation du rayonnement global horizontal (par jour) Wh/m^2.j	Moyenne dans sison	Irradiation du rayonnement global horizontal (par jour) Wh/m^2.j	Moyenne dans sison
Jan	4420	5380	2530	3300
Fév	5220		2970	
Mar	6500		4400	
Avril	7220	7670	5370	6240
Mai	7670		6270	
Juin	8140		7100	
Juil	8030	7360	7330	6330
Aout	7560		6670	
Sept	6500		5000	
Oct	5360	4380	4000	3000

Nov	4420		2670	
De	3830		2330	

TABLEAU (III.7) : IRRADIATION DU RAYONNEMENT GLOBAL HORIZONTAL (PAR JOUR) WH/$m2$.J

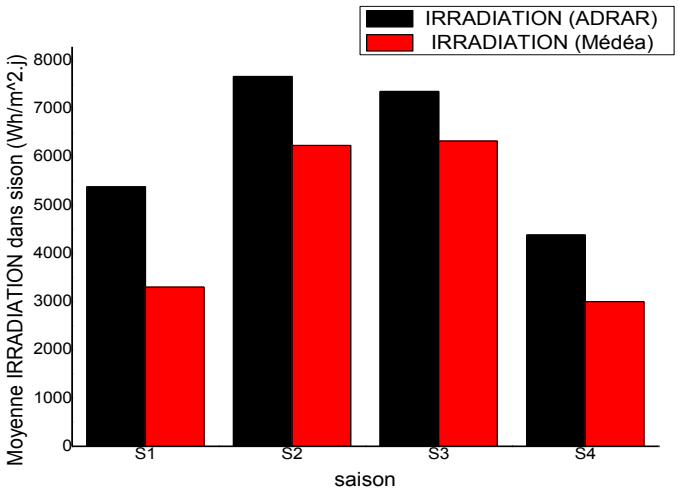


FIGURE (III.49) : LA VARIATION DE IRRADIANCE SOLAIRE ON FONCTION DE SAISON.

Le graphique représente les variations du rayonnement solaire horizontal dans deux régions différentes en fonction des saisons. Nous observons que le rayonnement solaire dans la wilaya d'Adrar est supérieur à celui de la wilaya de Médéa.

- Calculer les paramètres de capteur cylindre-paraboliques :

	➢ ADRAR	MEDEA	
A	**200**		**Surface de concentration (m^2)**
L	**34.25**		**Longueur de concentrateur (m)**
W	**5.8**		**Largeur de concentrateur (m) [27]**
τ	**0.96**		**Taux absorbation de chaleur [27]**
η_{op}	**0.6**		**Efficacité optique**
$\dot{m}_e$	**1.7**		**Débit de l'eau (kg/s)**
η_{th}	**0.9**		**Efficacité conversion thermique**
C_p	**4186**		**Capacité thermique (kj/kg.k)**

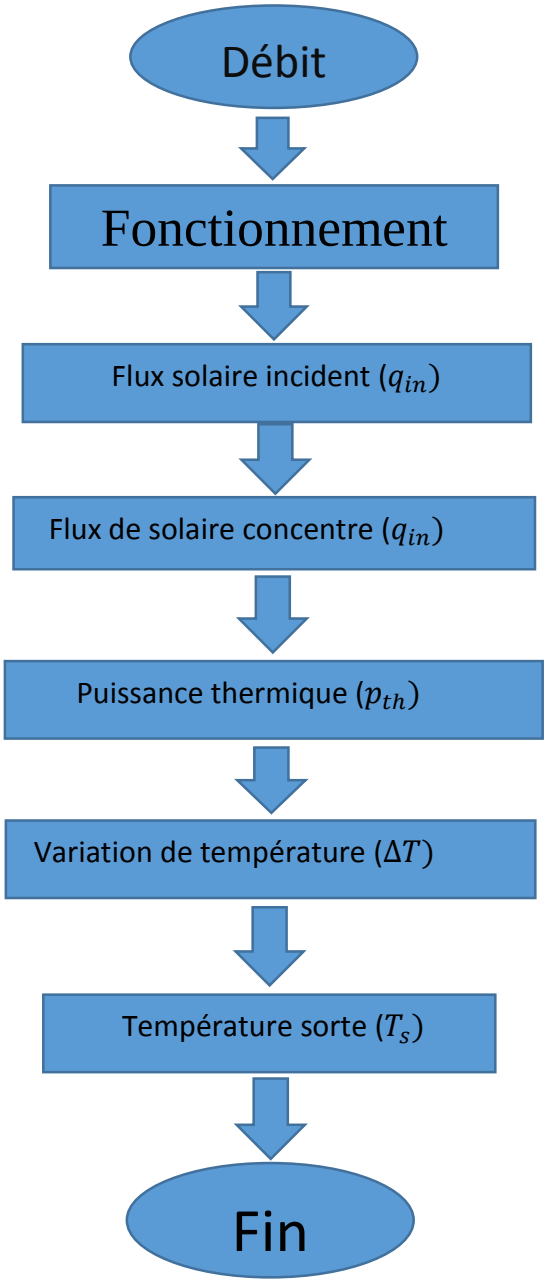
TABLEAU (III.8) : LE PARAMETRE DE CAPTEUR CYLINDRE-PARABOLIQUES

✓ **Les moyennes de température sur sison :**

ADRAR	16.44	29.833	35.833	20.033
MEDEA	8.3	17.933	25.366	12.133

TABLEAU (III.9) : LA MOYENNE DE TEMPERATURE SUR SAISON.

Organigramme de système solaire :



```
% parametres de base
surface_concentration =200 ; % surface de concentration de la centrale solaire thermique (mettre carre)
loungeur_concentrateur= 34.78 ; % loungeur de concentrateur (mettre)
largeur_concentrateur= 5.75 ; % largeur de concentrateur  (mettre)
irradiance_solaire = 3300; % irradiance solaire (wh/m².j)
efficacite_optique = 0.6; % efficacite optique du systeme
taux_absorption_chaleur = 0.96; % taux d'absorption de chaleur du systeme
efficacite_conversion_thermique = 0.9; % efficacite de conversion thermique
debit_eau = 3.5; % debit d'eau kg/s
capacite_thermique_eau = 4186; % capacite thermique de l'eau (en joules par gramme par degre celsius)
% calcul du flux solaire incident
flux_solaire_incident = surface_concentration * irradiance_solaire;
% calcul du flux solaire concentre
flux_solaire_concentre = flux_solaire_incident * efficacite_optique;
% calcul de la puissance thermique
puissance_thermique = flux_solaire_concentre * taux_absorption_chaleur;
% calcul de la variation de temperature de l'eau
variation_temperature = puissance_thermique / (debit_eau * capacite_thermique_eau);
% temperature de sortie de l'eau
temperature_entree =8.3; % temperature d'entree de l'eau (en degres celsius)
temperature_sortie = temperature_entree + variation_temperature;
% affichage des resultats
disp(['puissance thermique: ', num2str(puissance_thermique), ' w']);
disp(['temperature de sortie de l''eau: ', num2str(temperature_sortie), ' degres celsius']);
disp(['flux solaire concentre: ', num2str(flux_solaire_concentre), ' w/m^2']);
disp(['flux solaire incident: ', num2str(flux solaire incident), ' w/m^2']);
```

FIGURE ((III.50) : SCHEMA DE CALCUL SOLAIRE SUR MATLAB

- Flux solaire incident :

q_{in} = A× R (III.1)

- Flux de solaire concentre

$q_c = q_{in} \times \eta_O$ (III.2)

- Puissance thermique

$p_{th} = q_C \times \tau_{abs}$ (III.3)

- Variation de température

$$\Delta T = \frac{p_{th}}{\dot{m}_e + Cp_e}$$ (III.4)

- Température sorte

$T_s = T_e + \Delta T$ (III.5)

	Médéa				
Sison	S_1	S_2	S_3	S_4	**Définition et unités**

P_{th}	380160	718848	729216	345600	**Puissance thermique (w)**
$T_{s\,e}$	34.21	66.99	75.13	35.72	**Température sortie de l'eau (°c)**
Q_c	39600	748800	759600	360000	**Flux de solaire concentre (W $/m^2$)**
Q_{in}	660000	1248000	1266000	600000	**Flux de solaire incident (W $/m^2$)**

TABLEAU ((III.10) : **RESULTAT DE CALCUL (MEDEA)**

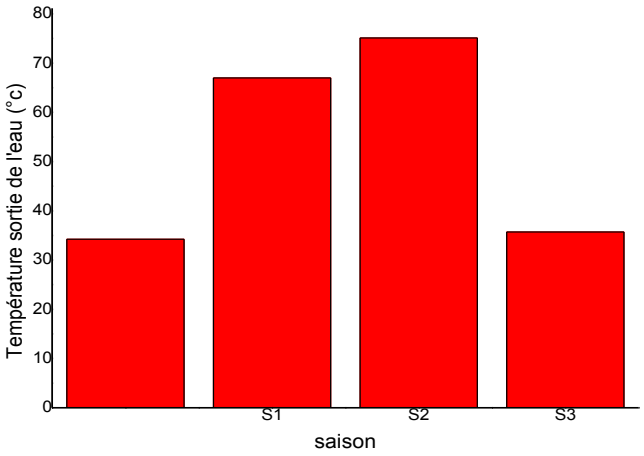


FIGURE (III.51) : VARIATION DE TEMPERATURE SORTIE DE L'EAU ON FONCTION DE SAISON (MEDEA)

Le graphique illustre les variations de la température de l'eau après chauffage en fonction des saisons. Nous pouvons observer que la température atteint son pic maximum pendant l'été, tandis qu'elle est à son niveau le plus bas en hiver.

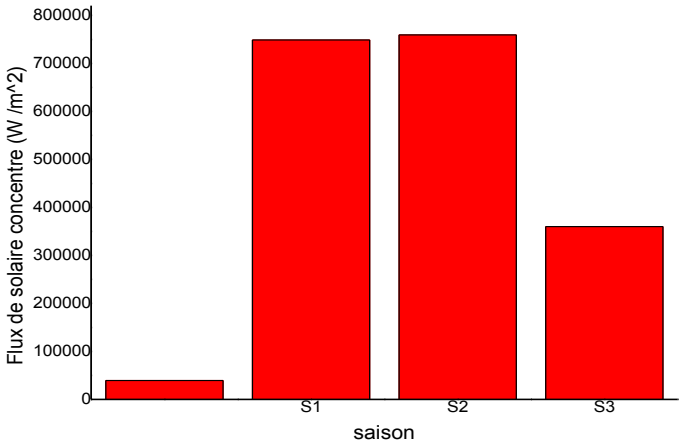


FIGURE (III.52) : VARIATION DE FLUX SOLAIRE CONCENTRE ON FONCTION DE SAISON (MEDEA)

Le graphique illustre les variations du flux solaire concentre en fonction des saisons. Nous pouvons observer que le flux solaire concentre atteint son pic maximum pendant l'été, tandis qu'elle est à son niveau le plus bas en hiver.

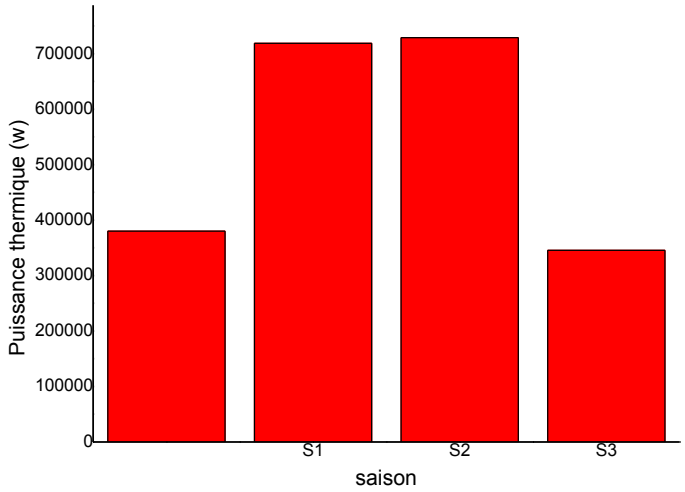


FIGURE (III.53) : VARIATION DE PUISSANCE THERMIQUE ON FONCTION DE SAISON (MEDEA)

Le graphique illustre les variations de la puissance thermique en fonction des saisons. Nous pouvons observer que la puissance thermique atteint son pic maximum pendant l'été, tandis qu'elle est à son niveau le plus bas en hiver.

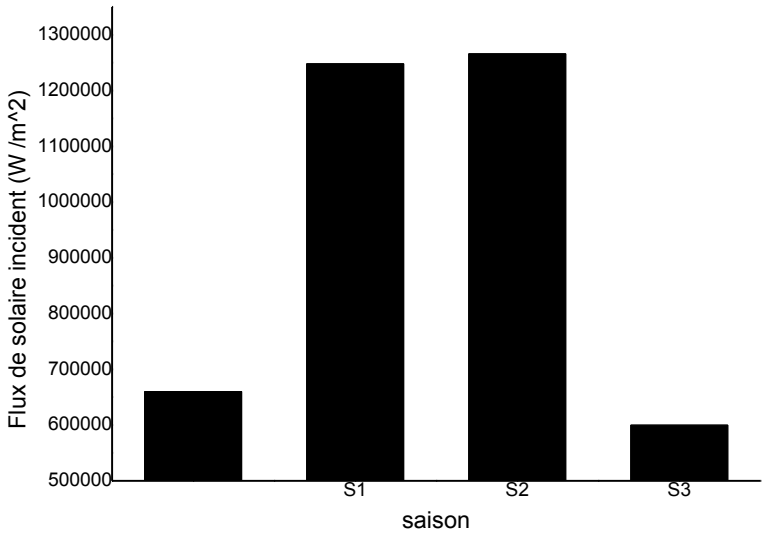


FIGURE (III.54) : VARIATION DE FLUX SOLAIRE INCIDENT ON FONCTION DE SAISON (MEDEA)

Le graphique illustre les variations du flux solaire incident en fonction des saisons. Nous pouvons observer que le flux solaire incident atteint son pic maximum pendant l'été, tandis qu'elle est à son niveau le plus bas en hiver.

	Adrar				
Sison	S_1	S_2	S_3	S_4	**Définition et unités**
P_{th}	619776	883584	847872	504576	**Puissance thermique (w)**
$T_{s\,e}$	58.74	90.14	93.70	54.47	**Température sortie de l'eau (°c)**
Q_c	645600	920400	883200	525600	**Flux de solaire concentre (W $/m^2$)**
Q_{in}	1076000	1534000	1472000	876000	**Flux de solaire incident (W $/m^2$)**

TABLEAU ((III.11) : RESULTAT DE CALCUL (ADRAR).

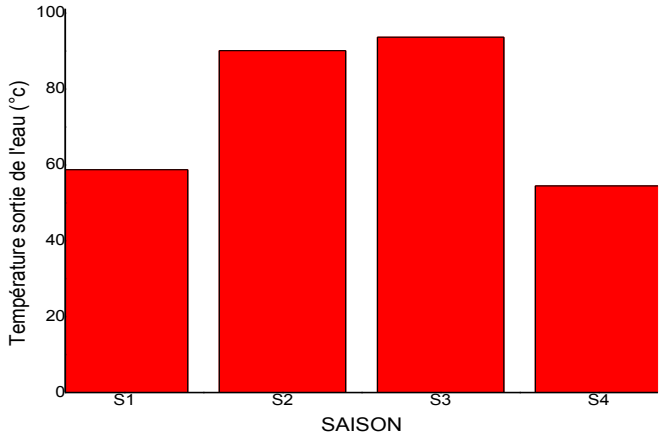


FIGURE (III.55) : VARIATION DE TEMPERATURE SORTIE DE L'EAU ON FONCTION DE SAISON.

Le graphique illustre les variations de la température de l'eau après chauffage en fonction des saisons. Nous pouvons observer que la température atteint son pic maximum pendant l'été, tandis qu'elle est à son niveau le plus bas en hiver.

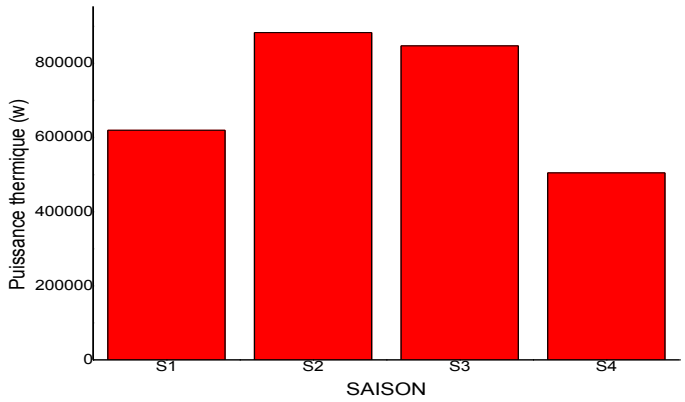


FIGURE (III.56) : VARIATION DE PUISSANCE THERMIQUE ON FONCTION DE SAISON

Le graphique illustre les variations de puissance thermique en fonction des saisons. Nous pouvons observer que la puissance thermique atteint son pic maximum pendant l'été, tandis qu'elle est à son niveau le plus bas en hiver.

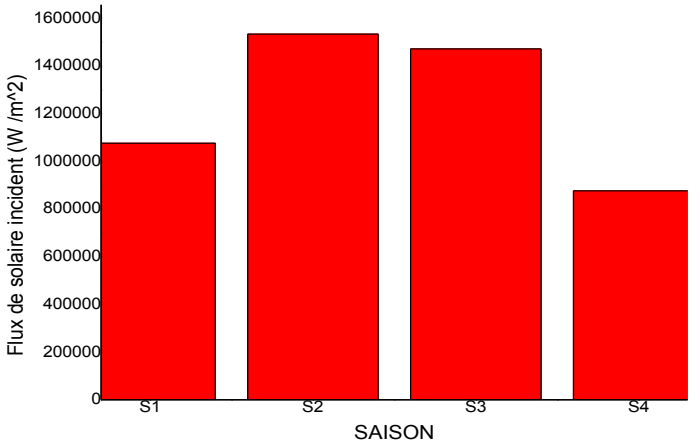


FIGURE (III.57) : VARIATION DE FLUX SOLAIRE INCIDENT ON FONCTION DE SAISON

Le graphique illustre les variations de flux solaire incident en fonction des saisons. Nous pouvons observer que flux solaire incident atteint son pic maximum pendant l'été, tandis qu'elle est à son niveau le plus bas en hiver.

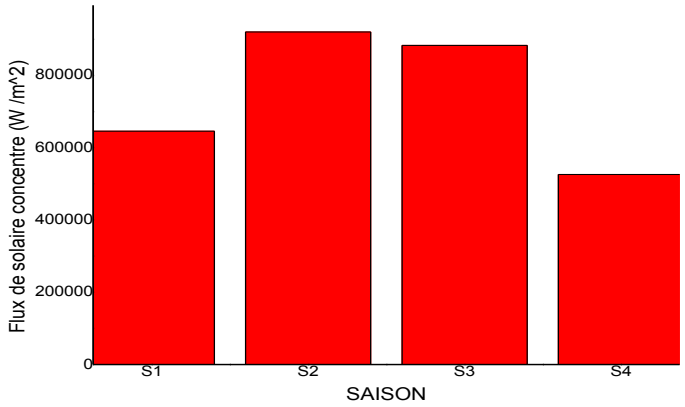


FIGURE (III.58) : VARIATION DE FLUX SOLAIRE CONCENTRE ON FONCTION DE SAISON

Le graphique illustre les variations du **flux solaire concentre** en fonction des saisons. Nous pouvons observer que le **flux solaire concentre** atteint son pic maximum pendant l'été, tandis qu'elle est à son niveau le plus bas en hiver.

III.5. Échangeur :

Un échangeur est un dispositif technique qui permet de transférer de l'énergie thermique ou de la matière d'un fluide à un autre fluide ou à un matériau solide. Il est utilisé dans de nombreux domaines pour des applications de chauffage, de refroidissement, de ventilation, de climatisation, de production d'énergie, etc. Les échangeurs peuvent prendre différentes formes selon leur fonction et leur utilisation, mais leur principe de base est de permettre le transfert d'énergie ou de matière entre deux fluides sans qu'ils se mélangent.

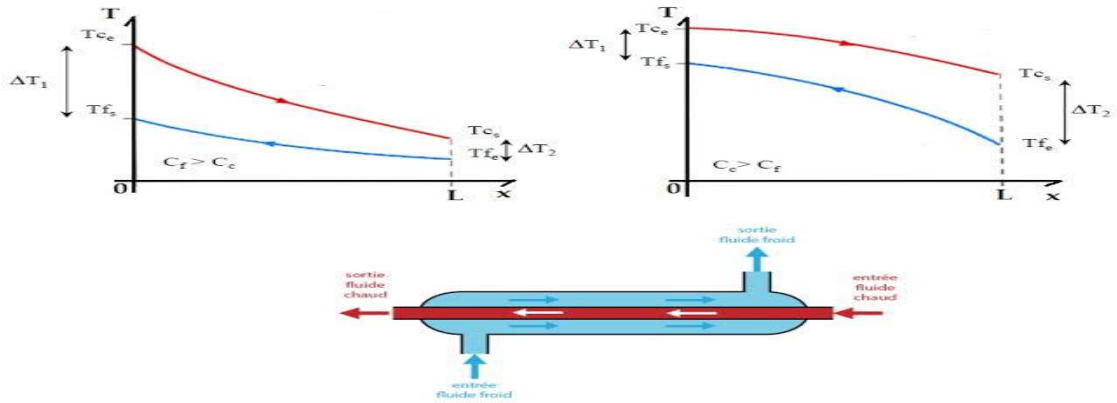


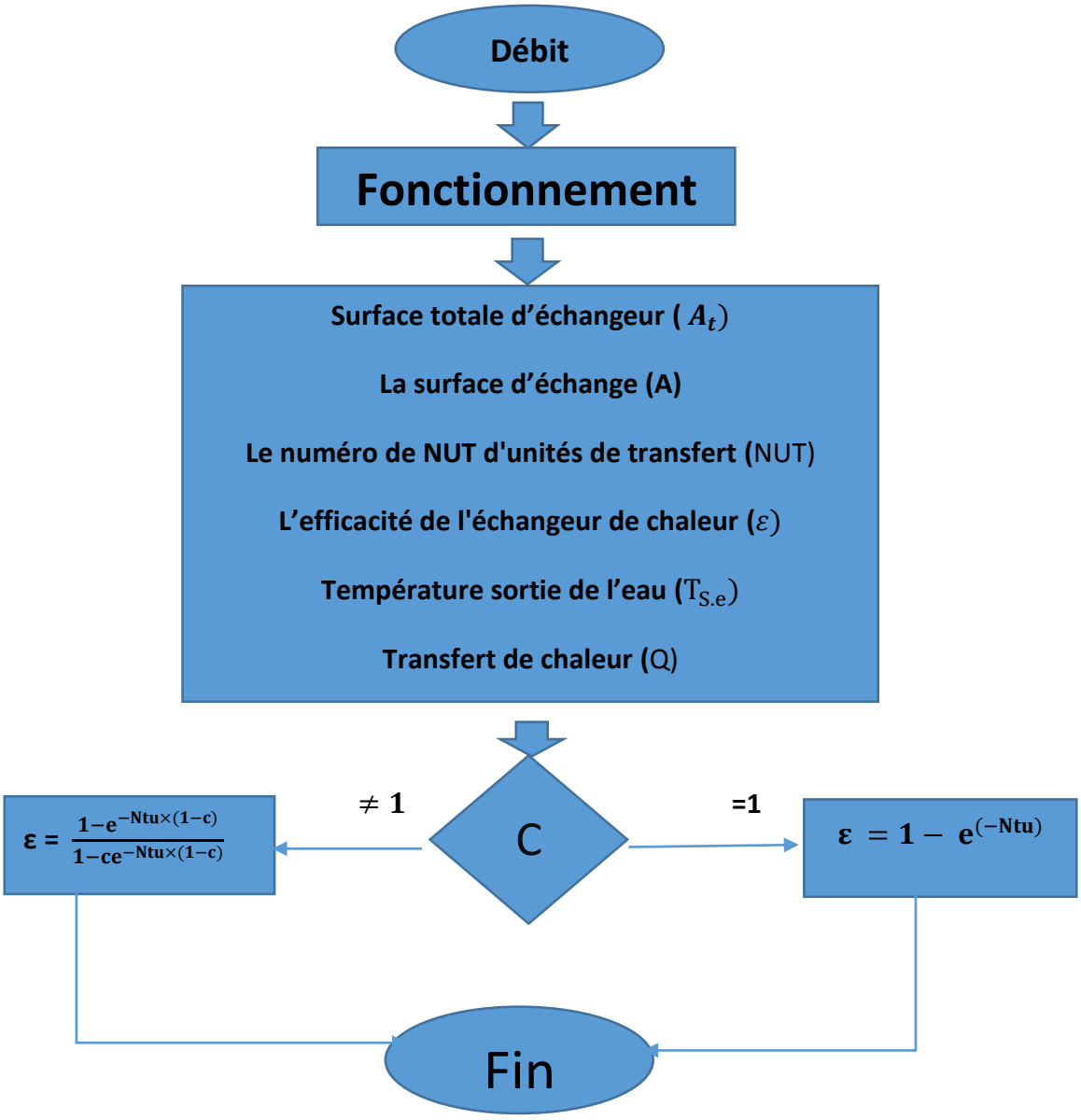
FIGURE ((III.59) : ÉCHANGEUR DE CHALEUR CONTRE-COURANT

III.5.1. Le paramètre de l'échangeur :

	Valeur	Définition et unités
l	20	Longueur de tube dans échangeur (m)
D	0.06	Diamètre du tube d'échangeur (m)
S_L	0.08	Distance entre les centre de tube (m)
N	22	Nombre de tube d'échangeur
Cp_e	4186	Chaleur spécifique de l'eau (j/kg.k)
Cp_{air}	1005	Chaleur spécifique de l'air (j/kg.k)
ρ_e	1000	Densité de l'eau (kg/m^3)
ρ_{air}	1.2	Densité de l'air (kg/m^3)
$\dot{m}_e$	1.7	Débit massique de l'eau (kg/s)
$\dot{m}_{air}$	650	Débit massique de l'air (kg/s)
U	50	Coefficient de transfert de chaleur (w/m.k) [28]

TABLEAU ((III.12) : LE PARAMETRE DE L'ECHANGEUR

Organigramme de calcule échangeur :



```
l  = 20; % longeur de echangeur (m)
d  = 0.06; % diameter de tube (m)
sl = 0.08 %  espace entre les centres des tubes
n  =  22; % nombre de tube
% properties des fluides
c_p1 = 4186; % chaleur spéciphique de l'eau (j/kg.k)
c_p2 = 1005; % chaleur spéciphique de l'air (j/kg.k)
rho1 = 1000; % masse volumique de l'eau (kg/m^3)
rho2 = 1.2; % masse volumique de l'air (kg/m^3)
m_dot1 = 1.7; % debit de l'eau (kg/s)
m_dot2 = 650; % debit de l'air (kg/s)
t_ew  =  34.24; % inlet temperature of water (degrees c)
t_ea = 8.3; % inlet temperature of air (degrees c)
u = 50; % overall heat transfer coefficient (w/m^2.k)
% calculer la surface total de échangeur
at = 3.14*sl*l*n ;
% clculer la surface d'échange
a = 3.14*d*l*n ;
% clculer la nombre de nut
c_min = min(m_dot1*c_p1, m_dot2*c_p2);
c_max = max(m_dot1*c_p1, m_dot2*c_p2);
c_r = c_min / c_max;
nut = u*a/c_min;

% caculer l'efficacité de l'echangeur
if c_r == 1
    epsilon = 1 - exp(-nut);
else
    epsilon = (1 - exp(-nut*(1-c_r))) / (1 - c_r*exp(-nut*(1-c_r)));
end
% calculer température sortie de l'eau
t_sw = -epsilon* (t_ew - t_ea) + t_ew;
 % flux de chaleur  (q)
q = m_dot1*c_p1*(t_ew - t_sw)
% calculer température sortie de lair
t_sa = (q/(m_dot1*c_p1)) + t_ea;
   % calculer rapport de capacité calorifique
cr = c_min/c_max;
% display the results
disp(['surface dechange : ', num2str(a), ' m^2']);
disp(['surface total de échangeur : ', num2str(at), ' m^2']);
disp(['efficacité: ', num2str(epsilon)]);
disp(['nut: ', num2str(nut)]);
disp(['rapport de capacité calorifique : ', num2str(cr)]);
disp(['température sortie de leau : ', num2str(t_sw)]);
disp(['température sortie de lair  : ', num2str(t_sa)]);
disp(['flux de chaleur  : ', num2str(q),  'W']);
```

FIGURE ((III.60) : PROPRETE DE CALCUL SUR PROGRAMME MATLAB.

```
>> Untitled12
puissance thermique: 380160 w
temperature de sortie de l'eau: 34.2477 degres celsius
flux solaire concentre: 396000 w/m^2
flux solaire incident: 660000 w/m^2
>> Untitled17

sl =

    0.0800


q =

   8.1334e+04

surface dechange : 82.896 m^2
surface total de échangeur : 110.528 m^2
efficacité: 0.44061
nut: 0.58245
rapport de capacité calorifique : 0.010894
températeur sortie de leau : 22.8105
températeur sortie de lair  : 19.7295
flux de chaleur  : 81334.4552W
```

FIGURE (III.61) : RESULTATS DE CALCUL IN SAISON 01 (S 1).

- **Surface totale d'échangeur :**

$$A_t = \pi \times S_l \times l \times n \qquad \text{(III.6)}$$

- **La surface d'échange :**

$$A = \pi \times d \times l \times n \qquad \text{(III.7)}$$

- **Le numéro de NUT d'unités de transfert :**

$$c_{min} = \min(\dot{m}_e\, cp_e\, ,\dot{m}_{air}\, cp_{air})$$

$$c_{max} = \max(\dot{m}_e\, cp_e\, ,\dot{m}_{air}\, cp_{air})$$

$$C = \frac{c_{min}}{c_{max}} \qquad \text{(III.8)}$$

$$NUT = \frac{u \times a}{c_{min}} \qquad \text{(III.9)}$$

- **L'efficacité de l'échangeur de chaleur :**

Si : C =1

$$\varepsilon = 1 - e^{(-Ntu)} \qquad \text{(III.10)}$$

$$\varepsilon = \frac{1-e^{-Ntu\times(1-c)}}{1-ce^{-Ntu\times(1-c)}} \quad \text{(III.11)}$$

- **Température sortie de l'eau :**

$$T_{S.e} = -\varepsilon \times (T_{e.e} - T_{e.air}) + T_{e.air} \quad \text{(III.12)}$$

- **Transfert de chaleur :**

$$Q = \dot{m}_e \times cp_e (T_{s.e} - T_{e.e}) \quad \text{(III.13)}$$

- **Température sortie de l'air :**

$$T_{S.air} = (Q / \dot{m}_{air}\, cp_{air}) + T_{e.air} \quad \text{(III.14)}$$

- **Rapport de capacité thermique :**

$$C = \frac{c_{min}}{c_{max}} \quad \text{(III.15)}$$

III.5.2. Résultats de calcule :

	ADRAR		**Médéa**	
	Température sortie de l'eau	**Température sortie de l'air**	**Température sortie de l'eau**	**Température sortie de L'air**
$\mathbf{S_1}$	40.10	35.07	22.81	19.72
$\mathbf{S_2}$	63.56	56.40	45.37	39.54
$\mathbf{S_3}$	68.20	61.32	53.20	47.29
$\mathbf{S_4}$	39.26	35.20	25.32	22.52

TABLEAU (III.13) : **RESULTAT DE CALCUL**

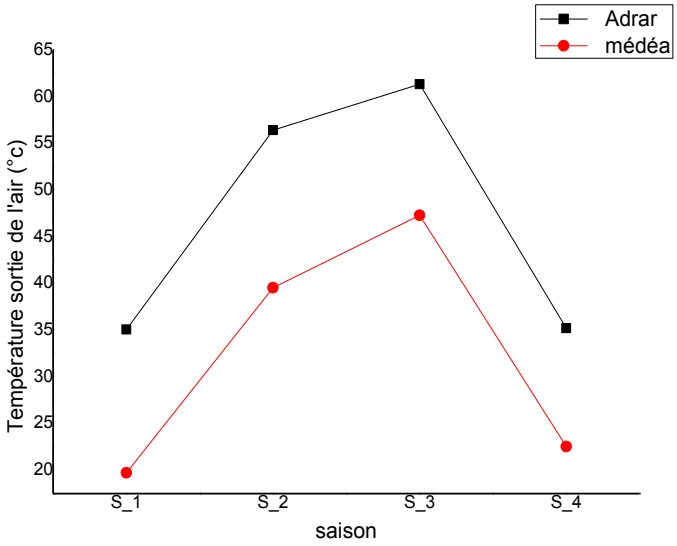


FIGURE (III.62) : COMPARAISON LA TEMPERATURE SORTIE DE L'AIR.

Le graphique Illustre les variations de la température de l'air après son passage à travers l'échangeur thermique dans deux régions différentes, en fonction des saisons. Nous pouvons observer que la température de l'air à Adrar est systématiquement plus élevée que celle à Médéa. Ceci s'explique par la température de l'eau qui sort des capteurs solaires.

Sison	S1	S2	S3	S4	Définition et unités
A	82.89				Surface d'échange $(\mathbf{m}^2)$
At	110.52				Surface total d'échangeur $(\mathbf{m}^2)$
E	0.4406				Efficacité $(\%)$
NUT	0.5824				Numéro d'unité transfert
C	0.01089				Rapport de capacité thermique Son unité
Q	81334.45	153817.43	156034.26	73956.66	Flux de chaleur (w)

TABLEAU (III.14) : LES RESULTAT DE CALCUL DE L'ECHANGEUR DE CHALEUR DANS MEDEA

Sison	S1	S2	S3	S4	Définition et unités
A	82.89				Surface d'échange (m^2)
At	110.52				Surface total d'échangeur (m^2)
E	0.4406				Efficacité $(\%)$
NUT	0.5824				Numéro d'unité transfert
C	0.01089				Rapport de capacité thermique Son unité
Q	132630.9	189091.93	181441.05	107976.66	Flux de chaleur (w)

TABLEAU (III.15) : LES RESULTAT DE CALCUL DE L'ECHANGEUR DE CHALEUR DANS ADRAR

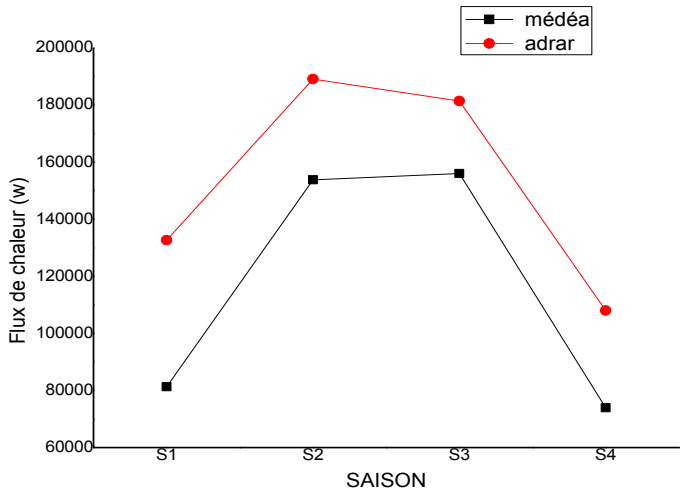


FIGURE (III.63) : VARIATION DE FLUX DE CHALEUR ON FONCTION SAISON

Le graphique Illustre les variations du flux de chaleur dans deux régions différentes, en fonction des saisons. Nous pouvons observer que la **flux de chaleur** à Adrar est systématiquement plus élevée que celle à Médéa. Ceci s'explique par la température de l'eau qui sort des capteurs solaires.

- ✓ **Calculer la pression après échangeur de chaleur dans Médéa :**

- Moyennes températures au fil des saisons

MEDEA	8.3	17.933	25.366	12.133

TABLEAU (III.16) : **LA MOYENNE DE TEMPERATURE AU FIL DES SAISON. [25]**

- La pression de l'air à l'entrée d'échangeur de chaleur est la pression atmosphérique : P_1 = 1 bar
- La température de l'air à la sortie d'échangeur de chaleur :

	S1	S2	S3	S4
La température de l'air à la sortie d'échangeur	19.72	39.54	47.29	22.52

TABLEAU (III.17) : **LA TEMPERATURE DE L'AIR A LA SORTIE D'ECHANGEUR**

Alors : On utilise loi de Boyle-Mariotte

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow P_2 = \frac{T_2 \times P_1}{T_1}$$

	S1	S2	S3	S4
La pression $(P_2)\ bar$	2,37	2.20	1.86	1.85

TABLEAU (III.18) : **LA PRESSION DE L'AIR APRES ECHANGEUR DE CHALEUR DANS MEDEA**

Chapitre 04

Etude coparative

IV.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous avons étudié une comparaison entre le système classique et le système hybride

IV.2. Calcule central solaire gaz :

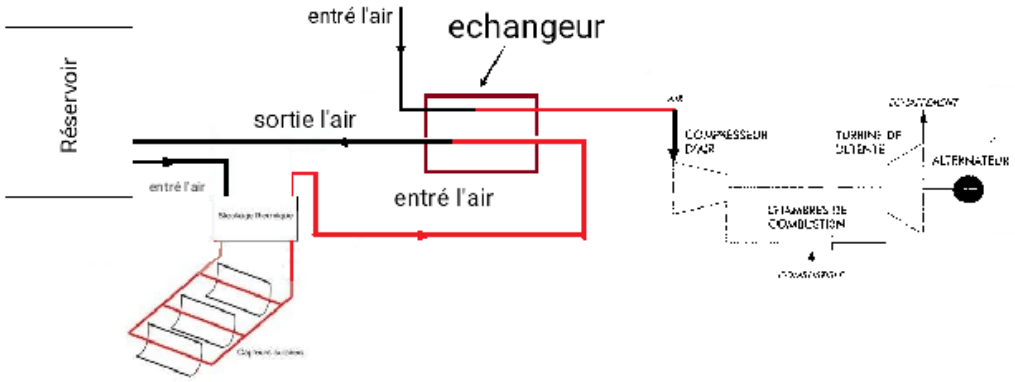


Figure (IV.64) : schéma d'hybride solaire - gaz

IV.3. PARAMETRE DE CALCUL

- Première cas (Médéa) :

Saison	Température de L'air admis compresseur (°c)	La pression de l'air Admis compresseur (bar)
Saison 1	19.72	2.37
Saison 2	39.54	2.20
Saison 3	47.29	1.86
Saison 4	22.52	1.85

TABLEAUX (IV. 19) : PARAMETRE L'ENTREE DE COMPRESSEUR

- **Saison 1 :**

Rendement thermique et résultat

Le rendement thermique de la system hybride dans Médéa au premier Saison est de 45.93% avec une énergie utile égale à 326.212 MW.

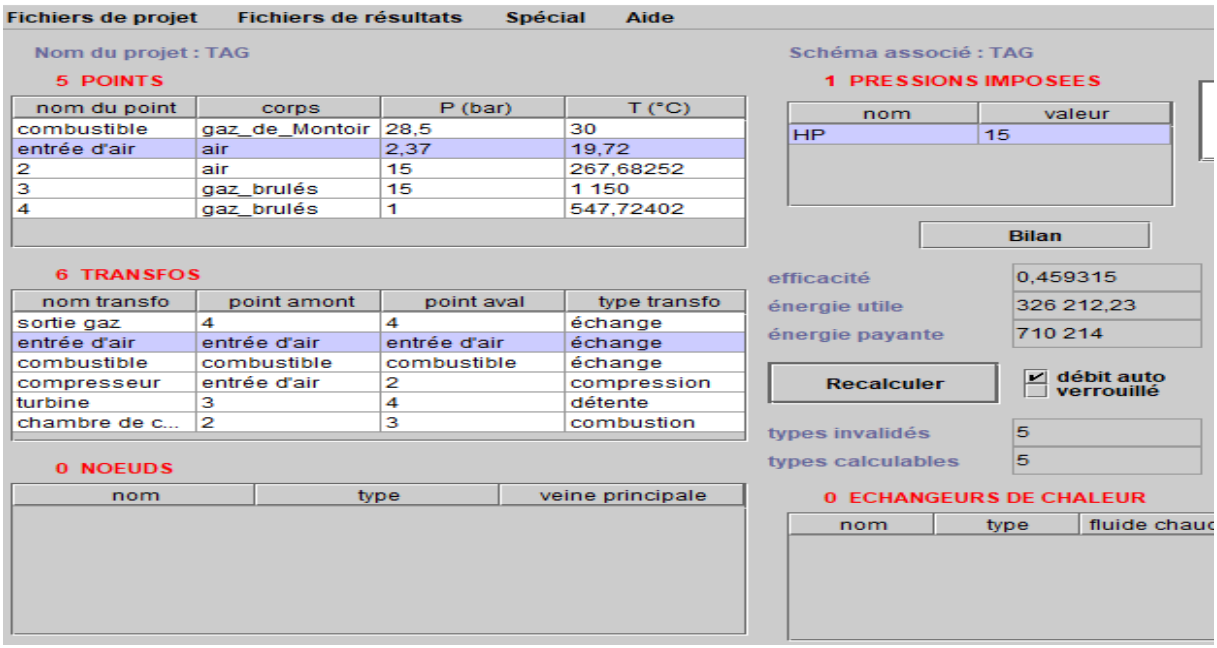


FIGURE (IV.65) : RESULTAT DE PREMIERE SAISON.

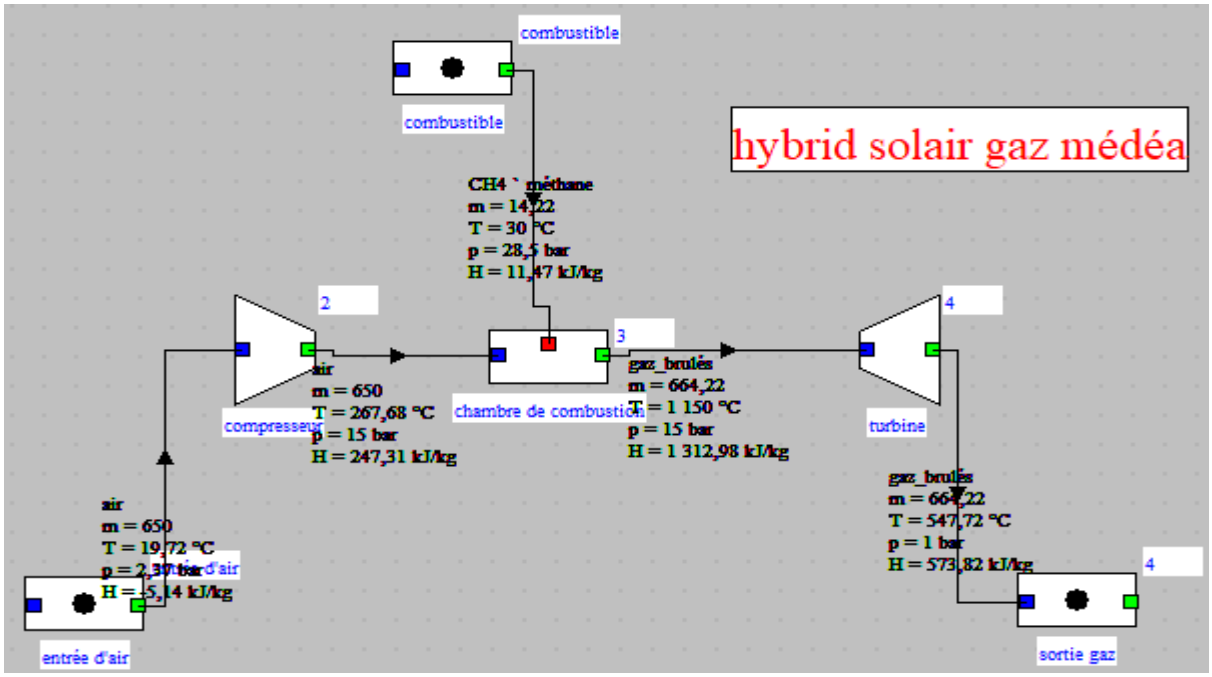


FIGURE (IV.66) : SCHEMA DE RESULTAT DE PREMIERE SAISON.

- **Saison 2 :**

Rendement thermique et résultat

Le rendement thermique de la system hybride dans Médéa au deuxième Saison est de 45.23% avec une énergie utile égale à 305.210 MW.

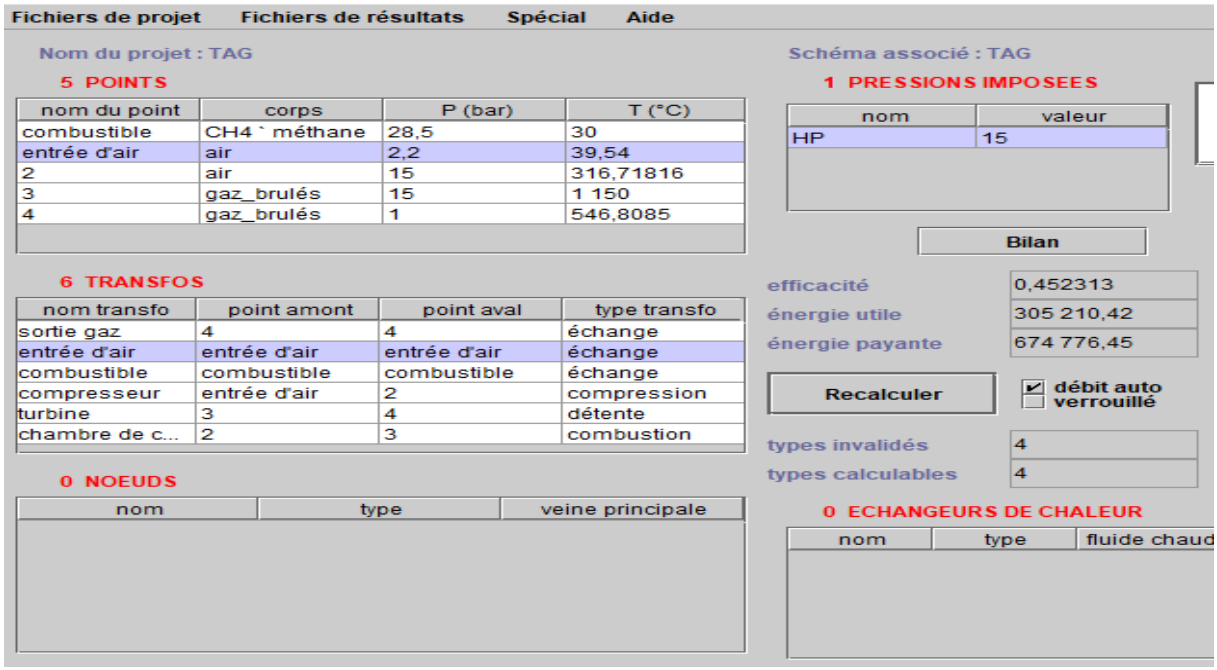


FIGURE (IV. 67) : RESULTAT DE DEUXIEME SAISON.

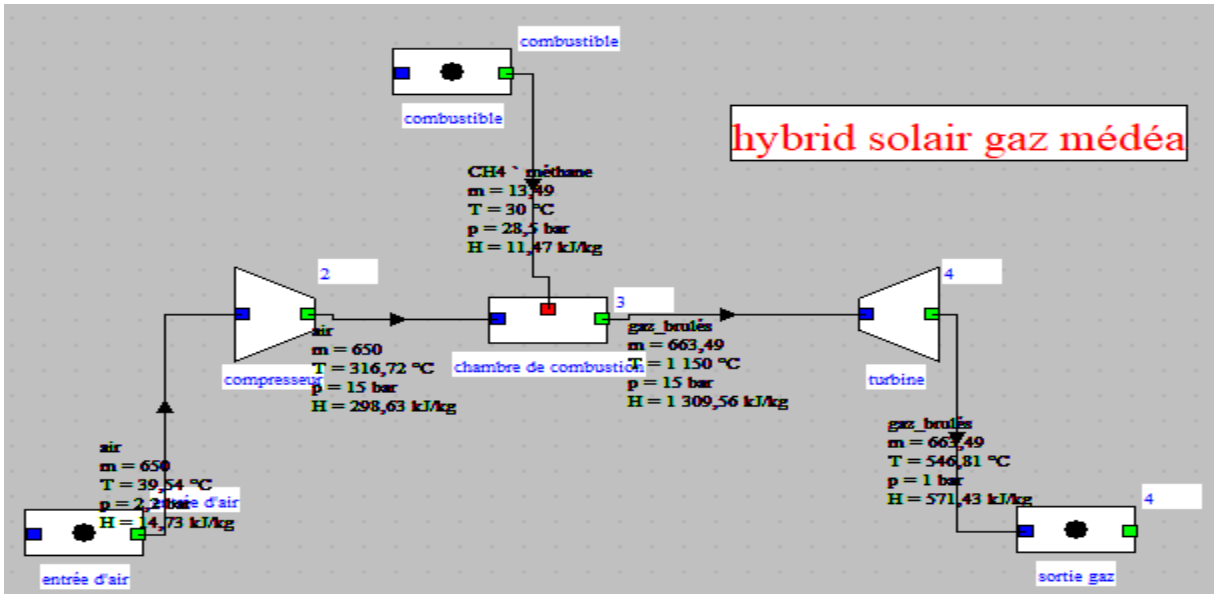


FIGURE (IV.68) : SCHEMA DE RESULTAT DE DEUXIEME SAISON.

- **Saison 3 :**

Rendement thermique et résultat

Le rendement thermique de la system hybride dans Médéa au troisième Saison est de 43.28% avec une énergie utile égale à 276.704 MW.

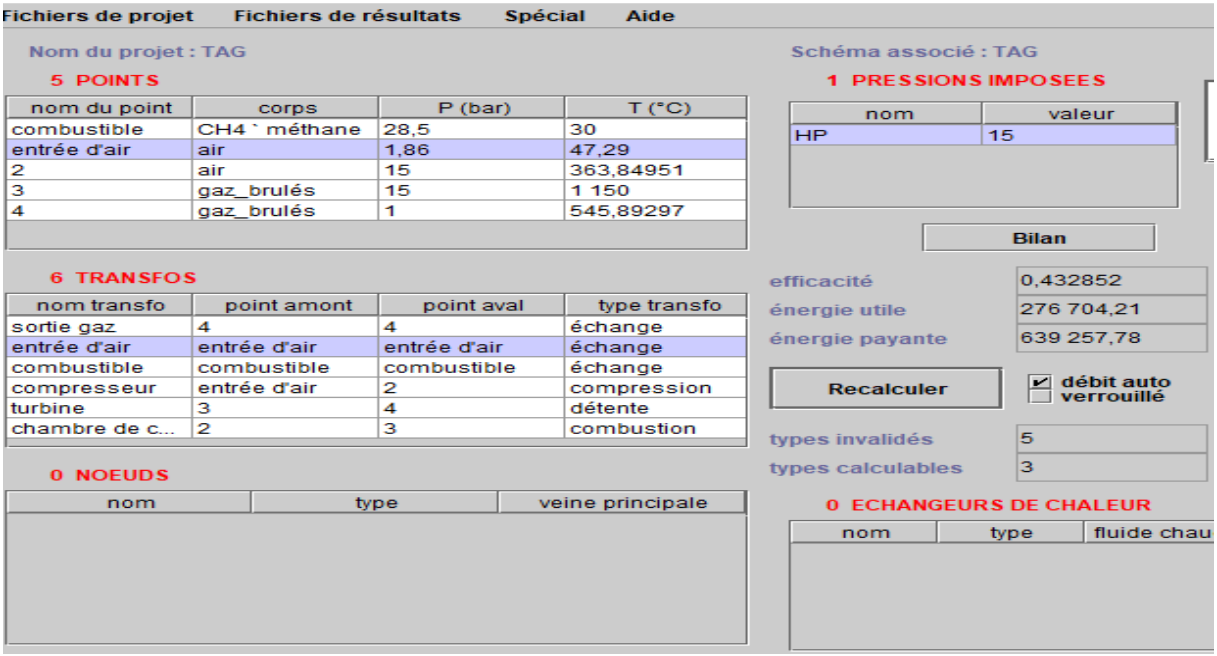


FIGURE (IV.69) : RESULTAT DE TROISIEME SAISON.

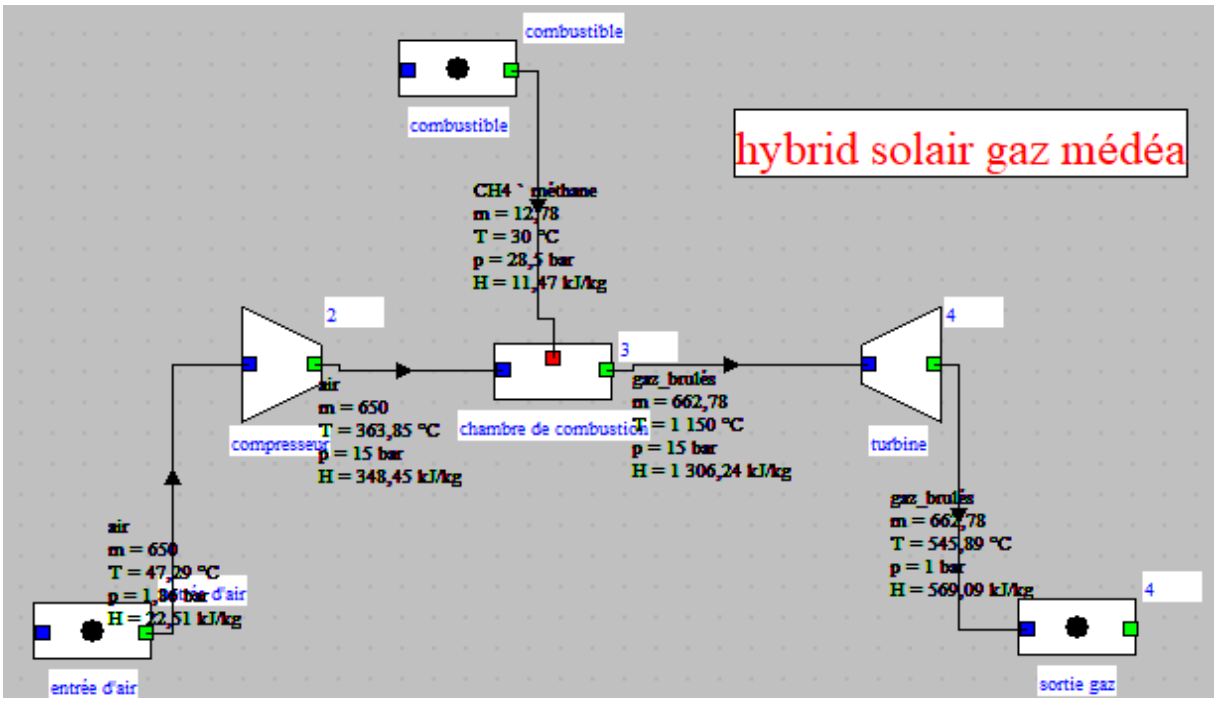


FIGURE (IV.70) : SCHEMA DE RESULTAT DE TROISIEME SAISON.

- **Saison 4 :**

Rendement thermique et résultat

Le rendement thermique de la system hybride dans Médéa au quatrième Saison est de 43.51% avec une énergie utile égale à 293,192 MW.

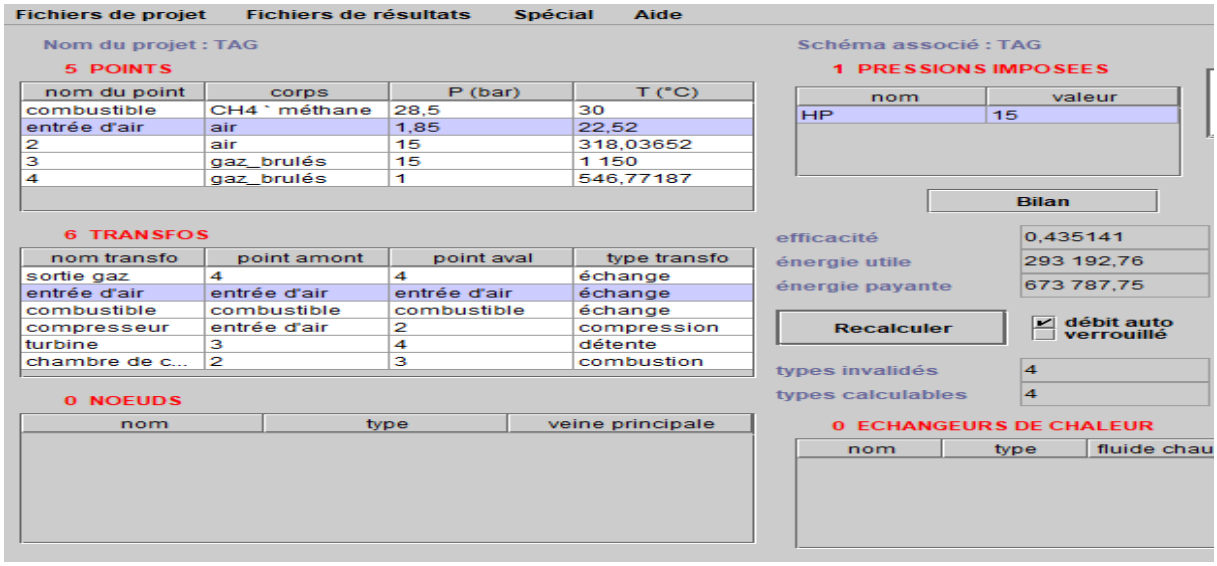


FIGURE (IV.71) : RESULTAT DE QUATRIEME SAISON.

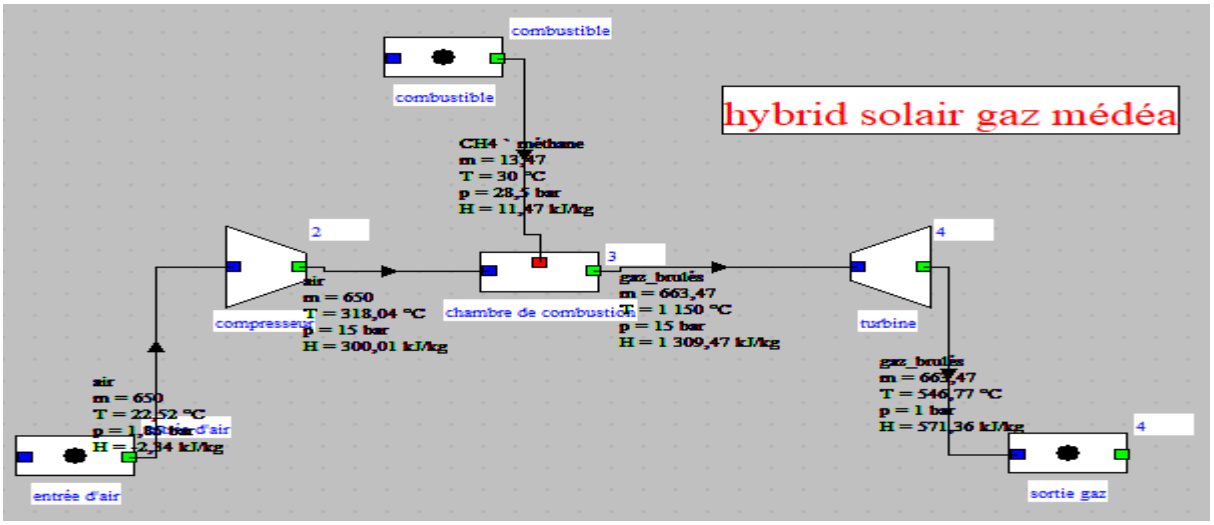


FIGURE (IV.72) : SCHEMA DE RESULTAT DE QUATRIEME SAISON.

- **Comparaison entre turbine à gaz simple et hybride solaire gaz dans Médéa :**

	Hybride solaire gaz			Turbine à gaz simple		
Les paramètre	**Rendement (%)**	**Energie utile (MW)**	**Energie payant (MW)**	**Rendement (%)**	**Energie utile (MW)**	**Energie payant (MW)**
S1	45.93	326.212	710.214	35.58	214.846	601.757
S2	45.23	305.210	674.776	35.26	206.299	585.098
S3	43.28	276.704	663.257	34.47	198.927	572.098
S4	43.51	293.162	673.787	35.62	212.010	595.080

TABLEAU (IV.20) : RESULTAT D'ETUDE DANS MEDEA

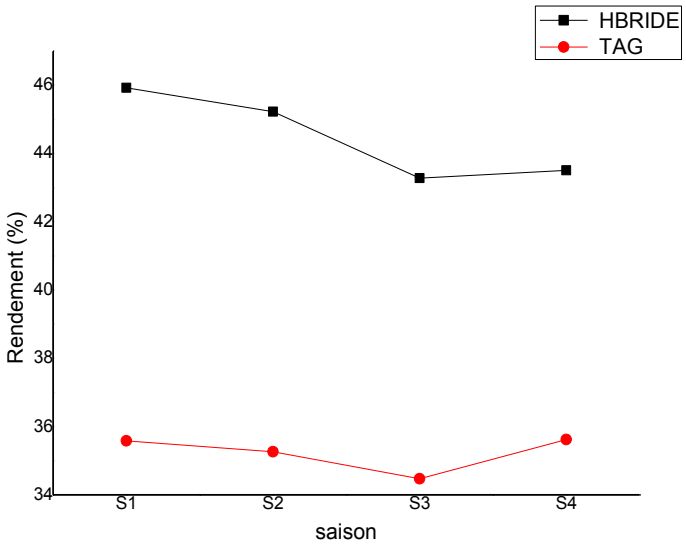


FIGURE (IV.73) : SCHEMA DE RENDEMENT ON FONCTION DE SAISON.

Le graphique représente les variations du rendement en fonction des saisons. Nous constatons que l'efficacité du système hybride est toujours supérieure à celle de la turbine à gaz. Cela est dû à l'amélioration de la température de l'air et de la pression à l'entrée du compresseur

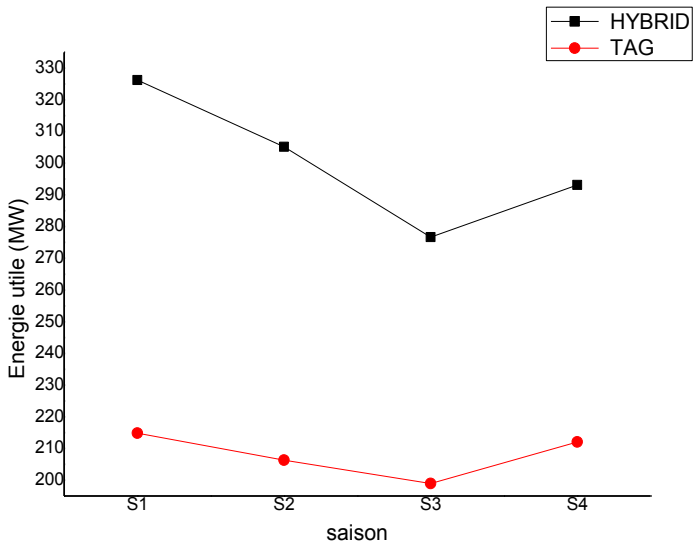


FIGURE (IV.74) : SCHEMA D'ENERGIE UTILE ON FONCTION DE SAISON.

Le graphique représente les variations de l'énergie utile en fonction des saisons. Nous constatons que énergie utile du système hybride est toujours supérieure à celle de la turbine à gaz. Cela est dû à l'amélioration de la température de l'air et de la pression à l'entrée du compresseur

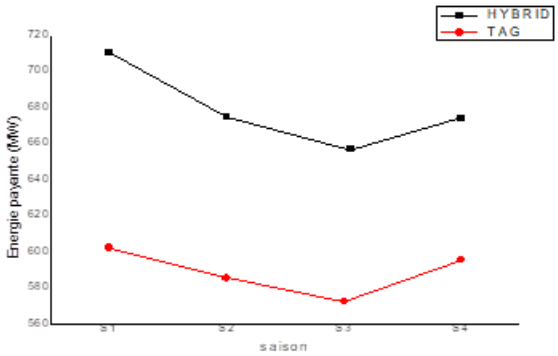


FIGURE (IV.75) : SCHEMA D'ENERGIE PAYANT ON FONCTION DE SAISON.

Le graphique représente les variations d'énergie payant en fonction des saisons. Nous constatons que d'énergie payant du système hybride est toujours supérieure à celle de la turbine à gaz. Cela est dû à l'amélioration de la température de l'air et de la pression à l'entrée du compresseur

Deuxième cas

Hybride (solaire + turbine à gaz avec régénération)

- **Paramétrage des points :**

Pour Les conditions d'entrée ''température ambiante et la pression'' de l'hybride régénérer est la même que de l'hybride sans régénération. Le cycle a été modélisé en utilisant l'analyse thermodynamique pour l'hybride simple et l'hybride à gaz régénérative.

Saison	Température de L'air admis compresseur (°c)	La pression de l'air Admis compresseur (bar)
Saison 1	19.72	2.37
Saison 2	39.54	2.20
Saison 3	47.29	1.86
Saison 4	22.52	1.85

TABLEAUX (IV.21) : PARAMETRE L'ENTREE DE COMPRESSEUR

- **. Saison 1:**

Rendement thermique et résultat : Le rendement thermique de la system hybride dans Médéa au premier Saison est de 62.15% avec une énergie utile égale à 334.538 MW.

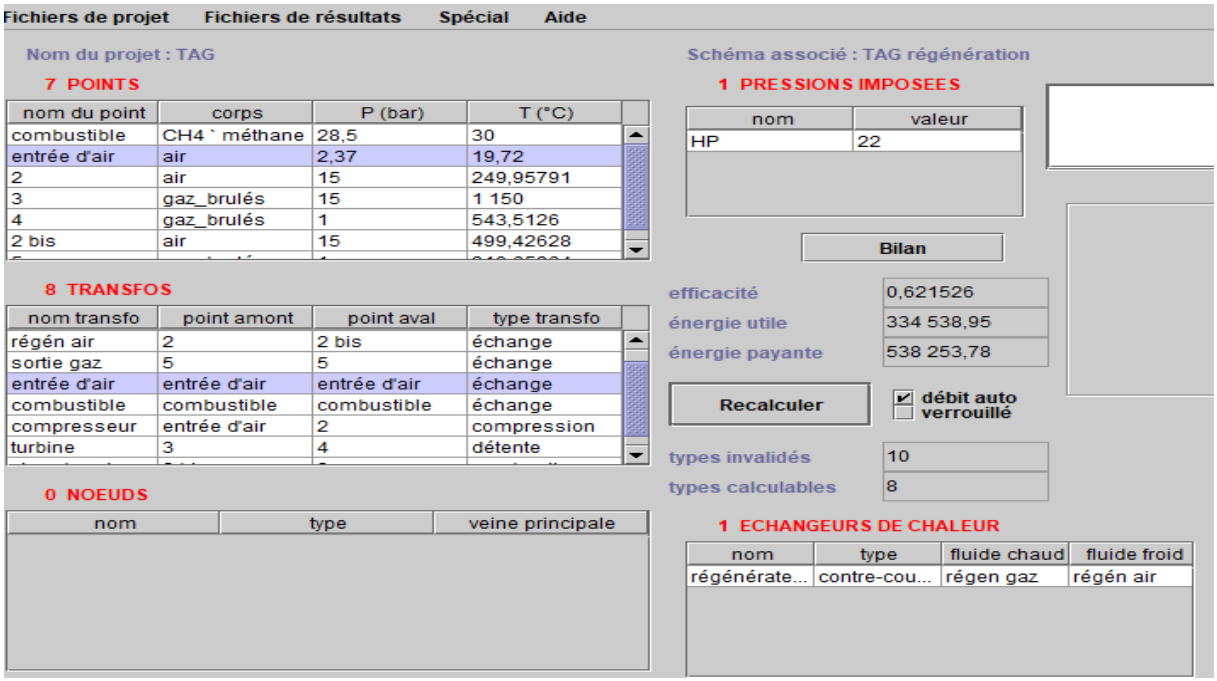


FIGURE (IV.76) : RESULTAT DE PREMIERE SAISON.

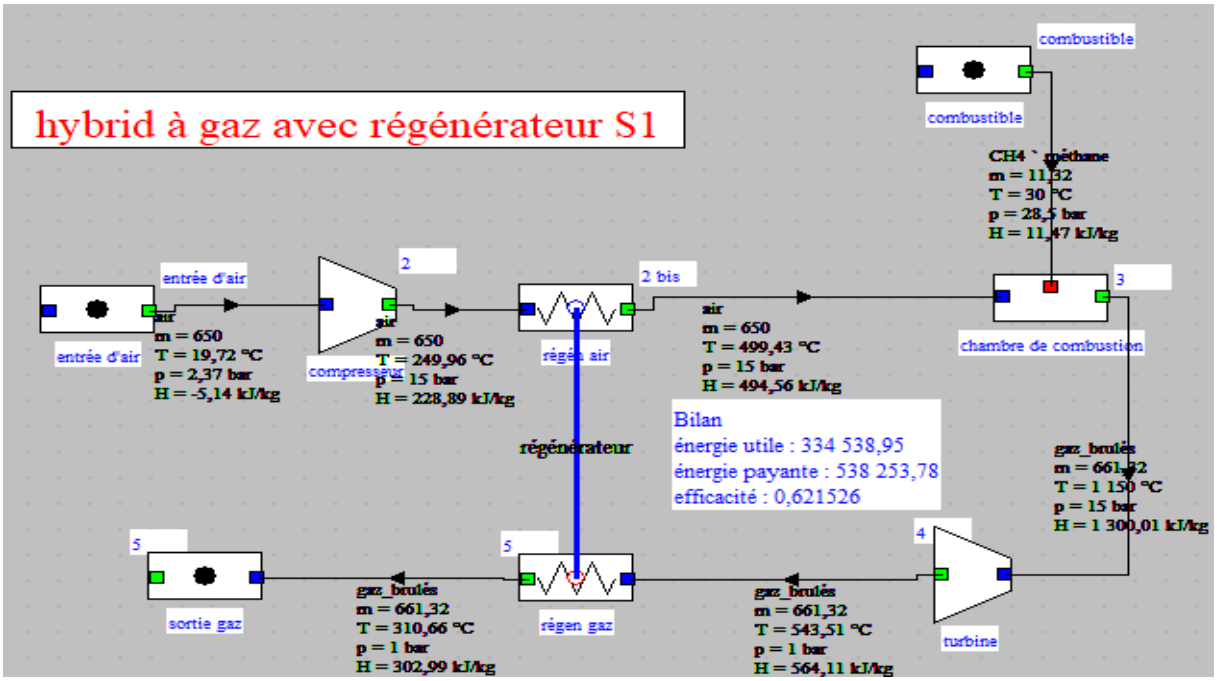


FIGURE (IV.77) : SCHEMA DE RESULTAT DE PREMIERE SAISON.

- **Saison 2 :**

Rendement thermique et résultat : Le rendement thermique de la system hybride dans Médéa au deuxième Saison est de 59.21% avec une énergie utile égale à 315.528

MW

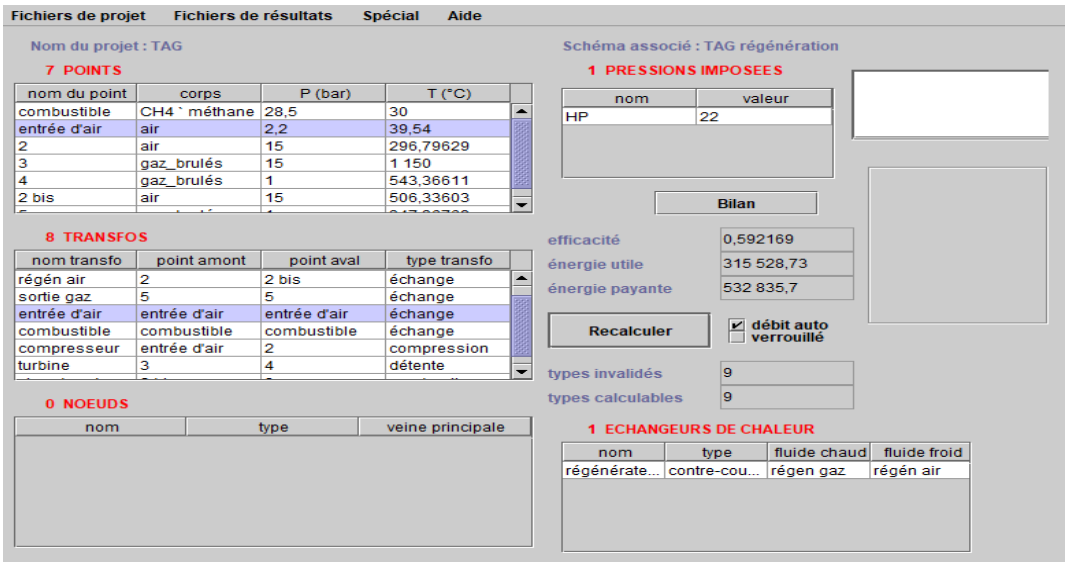


FIGURE (IV.78) : RESULTAT DE DEUXIEME SAISON.

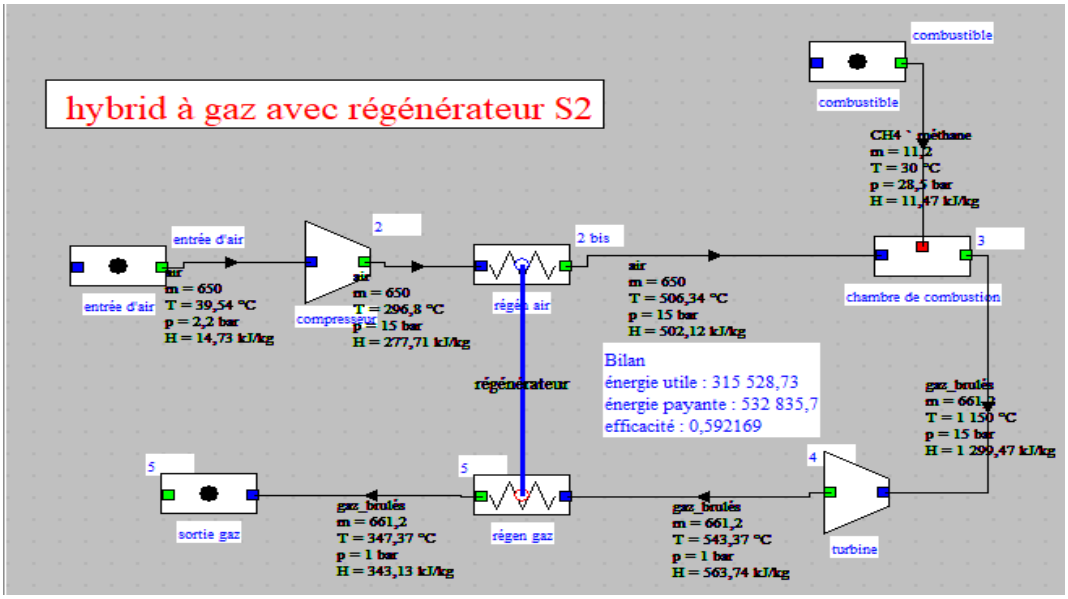


FIGURE (IV.79) : SCHEMA DE RESULTAT DE DEUXIEME SAISON.

- **Saison 3 :**

Rendement thermique et résultat :

Le rendement thermique de la system hybride dans Médéa au troisième Saison est de 50.01% avec une énergie utile égale à 290.320 MW

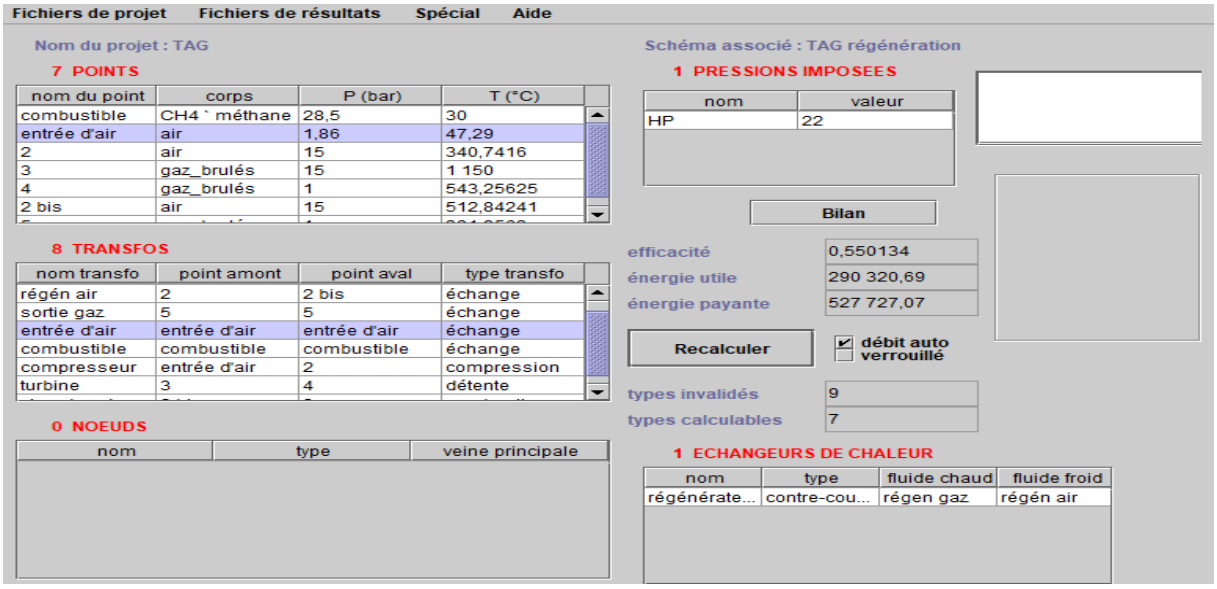


FIGURE (IV.80) : RESULTAT DE TROISIEME SAISON.

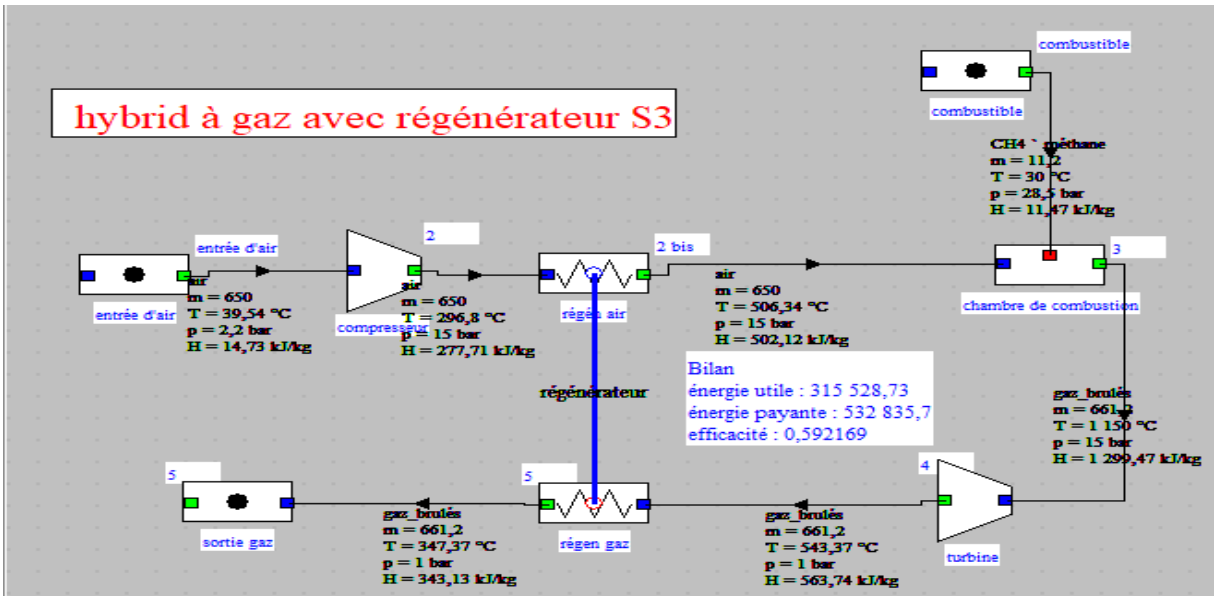


FIGURE (IV.81) : SCHEMA DE RESULTAT DE TROISIEME SAISON.

- **Saison 4 :**

Rendement thermique et résultat :

Le rendement thermique de la system hybride dans Médéa au quatrième Saison est de 57.18% avec une énergie utile égale à 304.738 MW

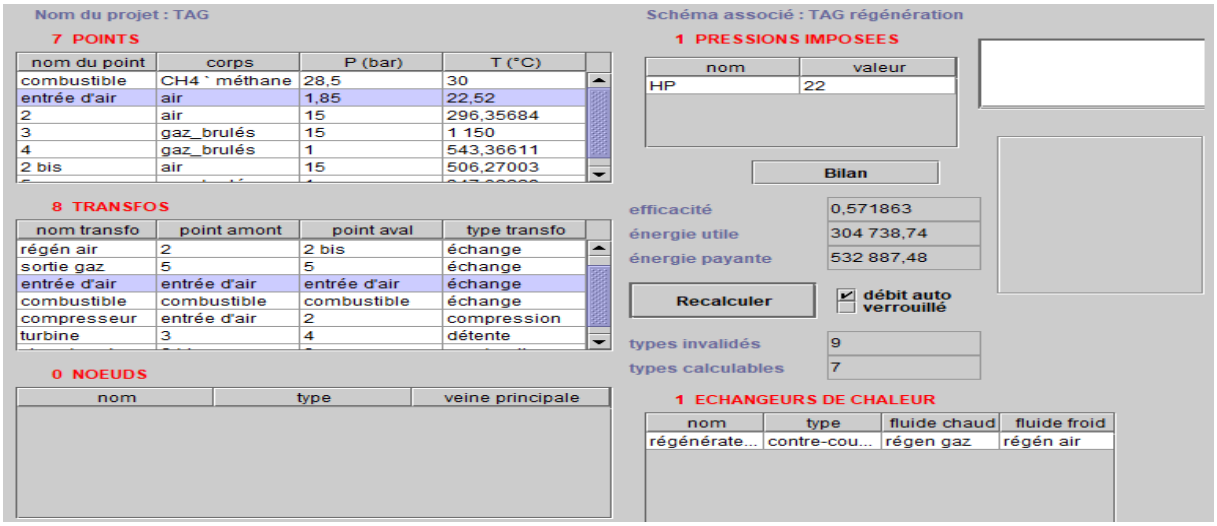


FIGURE (IV.82) : RESULTAT DE QUATRIEME SAISON

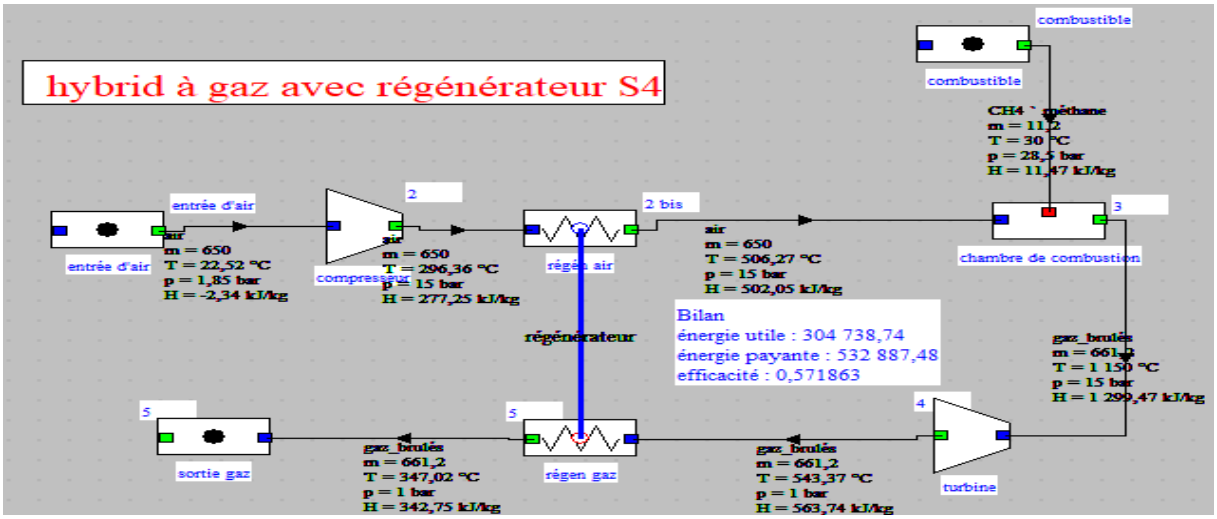


FIGURE (IV.83) : SCHEMA DE RESULTAT DE TROISIEME SAISON

- ✓ **Comparaison entre turbine à gaz avec régénération et hybride (solaire + Turbine à gaz avec régénération) dans Médéa :**

	Hybride (solaire + Turbine à gaz avec régénération)			Turbine à gaz avec régénération		
Les paramètre	**Rendement (%)**	**Energie utile (MW)**	**Energie payant (MW)**	**Rendement (%)**	**Energie utile (MW)**	**Energie payant (MW)**
S1	62.51	334.583	538.258	45.27	236.871	523.082
S2	59.21	315.528	532.835	43.87	228.419	520.612
S3	55.01	290.320	527.727	42.79	221.969	518.736
S4	57.18	304.738	532.887	44.71	233.426	522.052

TABLEAU (IV.22) : RESULTAT D'ETUDE DANS MEDEA

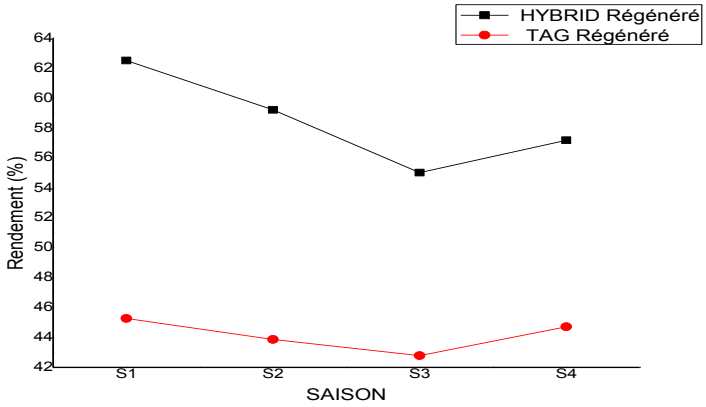


FIGURE (IV.84) : VARIATION DES COMPARAISSANT LE RENDEMENT ON FONCTION DE SAISON

Le graphique représente les variations du rendement en fonction des saisons. Nous constatons que l'efficacité du système hybride régénéré est toujours supérieure à celle de la turbine à gaz régénéré. Cela est dû à l'amélioration de la température de l'air et de la pression à l'entrée du compresseur

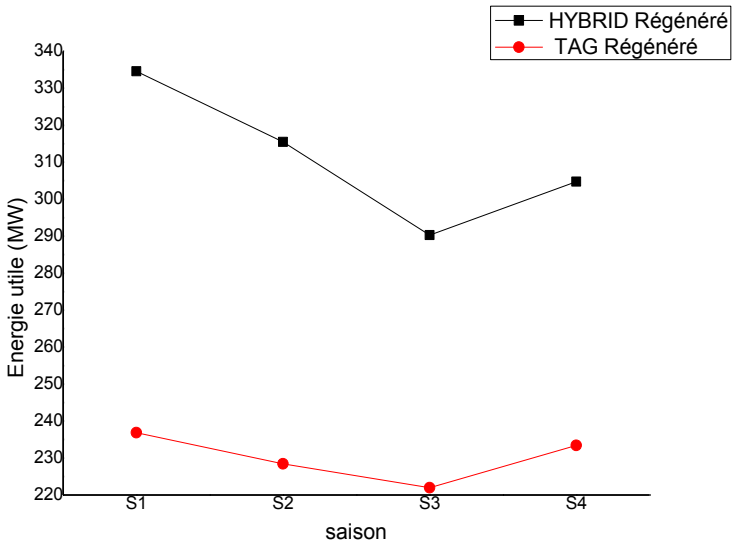
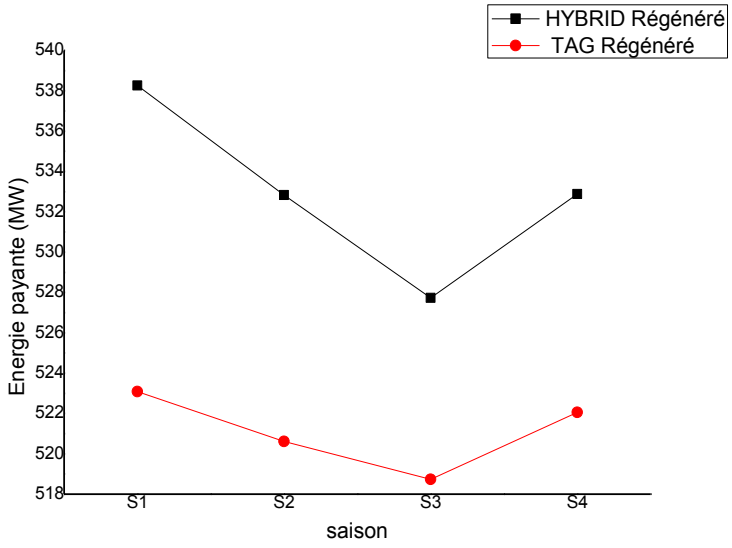


FIGURE (IV.85) : VARIATION DES COMPARAISSANT LA ENERGIE UTILE ON FONCTION DE SAISON.

Le graphique représente les variations de l'énergie **utile** en fonction des saisons. Nous constatons que **énergie utile** du système hybride régénéré est toujours supérieure à celle de la turbine à gaz régénéré. Cela est dû à l'amélioration de la température de l'air et de la pression à l'entrée du compresseur



FIGURE(IV.86) : VARIATION DES COMPARAISSANT LA ENERGIE PAYANTE ON FONCTION DE SAISON.

Le graphique représente les variations de l'énergie payante en fonction des saisons. Nous constatons que énergie payante du système hybride régénéré est toujours supérieure à celle de la turbine à gaz régénéré. Cela est dû à l'amélioration de la température de l'air et de la pression à l'entrée du compresseur

- ✓ **Comparaison entre hybride (solaire + Turbine à gaz simple) et hybride (solaire + Turbine à gaz avec régénération) dans Médéa :**

	Hybride (solaire + Turbine à gaz avec régénération)			Hybride (solaire + Turbine à gaz simple)		
Le paramètre	**Rendement (%)**	**Energie utile (MW)**	**Energie payant (MW)**	**Rendement (%)**	**Energie utile (MW)**	**Energie payant (MW)**
S1	62.51	334.583	538.258	45.93	326.212	710.214
S2	59.21	315.528	532.835	45.23	305.210	674.776
S3	55.01	290.320	527.727	43.28	276.704	663.257
S4	57.18	304.738	532.887	43.51	293.162	673.787

TABLEAU (IV.23) : RESULTAT D'ETUDE DANS MEDEA.

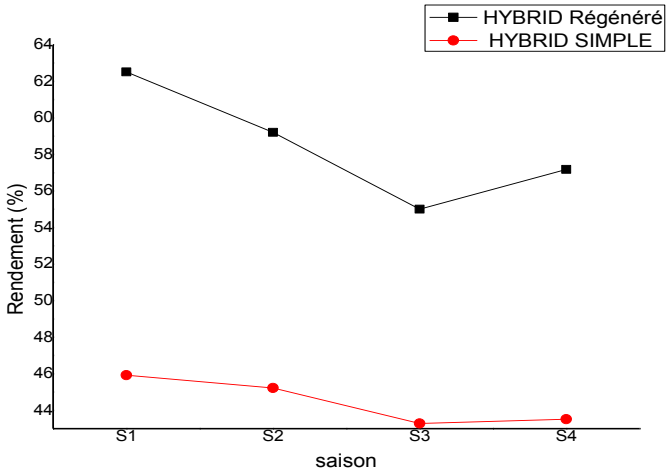


FIGURE (IV.87) : VARIATION DES COMPARAISSANT LA RENDEMENT ON FONCTION DE SAISON.

Le graphique représente les variations de **rendement** en fonction des saisons. Nous constatons que **rendement** du système hybride régénéré est toujours supérieure à celle de la hybride à TAG. Cela est dû à l'amélioration de la température de l'air et de la pression à l'entrée du compresseur

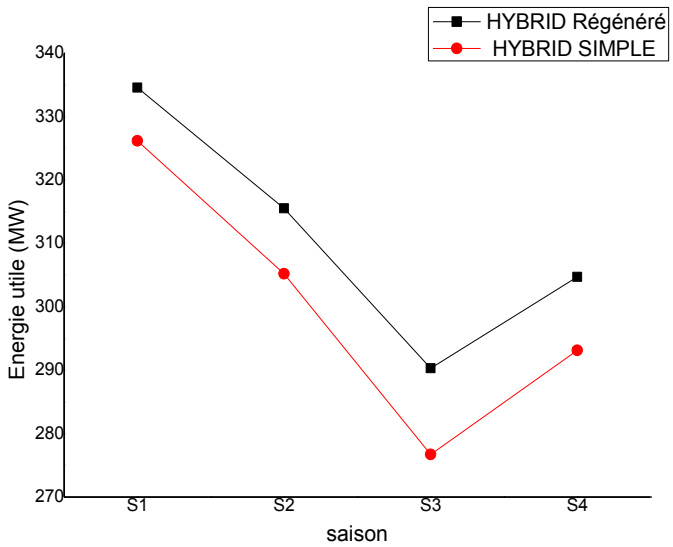


FIGURE (IV.88) : VARIATION DES COMPARAISSANT LA ENERGIE UTILE ON FONCTION DE SAISON.

Le graphique représente les variations de l'énergie utile en fonction des saisons. Nous constatons qu'énergie utile du système hybride régénéré est toujours supérieure à celle de

l'hybride à TAG. Cela est dû à l'amélioration de la température de l'air et de la pression à l'entrée du compresseur

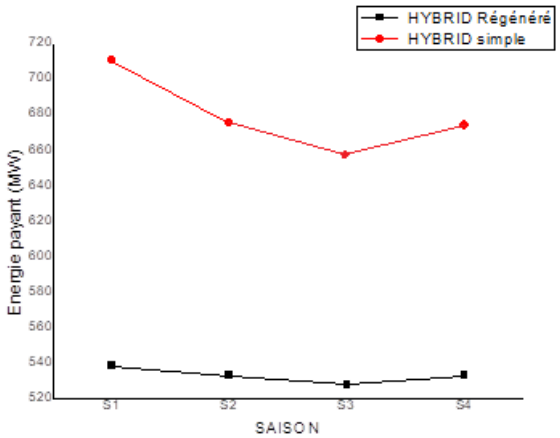


FIGURE (IV.89) : VARIATION DES COMPARAISSANT LA ENERGIE PAYANTE ON FONCTION DE SAISON.

Le graphique représente les variations de l'énergie payante en fonction des saisons. Nous constatons qu'énergie payante du système hybride régénéré est toujours supérieure à celle de l'hybride à TAG. Cela est dû à l'amélioration de la température de l'air et de la pression à l'entrée du compresseur

Conclusion Génerale:

Dans un contexte où la transition énergétique et la réduction des émissions de carbone sont des préoccupations majeures, on a proposé un système hybride qui combine les turbines à gaz et les centrales solaires cylindro-paraboliques équivalentes. En effet, les stations hybrides solaires et turbines à gaz offrent une solution prometteuse pour la production d'électricité propre et fiable .

Les résultats ont montré que le système hybride surpassait le système classique en termes d'efficacité et de performance. Le système hybride tire parti des avantages de l'énergie solaire et des turbines à gaz, ce qui permet d'obtenir une productivité accrue et une utilisation plus efficace du carburant

D'autre part, on a utilisé le logiciel MATLAB pour calculer le système solaire et le logiciel Thermoptim pour calculer la turbine à gaz, puis nous avons comparé les performances du système hybride avec le système classique.

En conclusion, Il est évident que le système hybride combinant des turbines à gaz et des centrales solaires cylindre-paraboliques surpasse clairement le système classique basé uniquement sur les turbines à gaz. Les résultats montrent que le système hybride offre une efficacité supérieure dans la conversion du carburant en électricité et tire davantage parti de l'énergie solaire.

L'augmentation de l'efficacité du système hybride est le résultat de la complémentarité des capacités des turbines à gaz et des centrales solaires cylindro-paraboliques. En chauffant l'eau à l'aide des centrales solaires cylindro-paraboliques, l'efficacité de la turbine à gaz est améliorée en augmentant la température de l'air entrant.

Cette technologie hybride offre de nombreux avantages. Cela inclut une augmentation de la production d'électricité, une meilleure utilisation des combustibles et de l'énergie solaire, ainsi qu'une réduction des émissions nocives pour l'environnement. De plus, le système hybride offre une flexibilité de fonctionnement en exploitant le soleil pendant la journée et en pouvant fonctionner même lorsque le rayonnement solaire n'est pas disponible à plein régime.

En général, le système hybride de turbines à gaz et de centrales solaires cylindro-paraboliques représente une option prometteuse pour la production d'énergie durable et efficace. L'amélioration des performances et de l'efficacité de ce système contribue à répondre à nos

besoins croissants en énergie tout en réalisant un développement durable, ainsi qu'en protégeant l'environnement et en réduisant les émissions néfastes.

Bibliographie

[1] _© Encyclopædia Universalis France

[2] _ MOUHAMOU. La Mémoire de Fin D'études (Simulation d'une centrale hybride

Solaire-gaz) UNIVERSITE M'HAMED BOUGUERA BOUMERDES

[3] _ Boyce, M.P. (2011). Gas Turbine Engineering Handbook. Elsevier

[4] _ mémoire de fin d'étude NETTARI. K UNIVERSITE KASDI MERBAH –OUARGLA 2019/2020 (Maintenance de circuit de pompe hydraulique

De démarrage de la turbine à gaz)

[5] _Tony Giampaolo (gas turbine handbook principal and practice) 2014

[6] Thermal Power Plants: Advanced Applications" Mohammad Rasul2013

[7] La note est dans le livre de 2009 « Steam Turbines : Design, Application, and Re-Rati>>

[8] Steam Turbines : Design, Implémentation, and Reassessment par Heinz P. Bloch et Murari P. Singh, publié en 2009.

[9] Al-Zahrani, Ali bin Abdul Rahman. (2007). Contrôle des machines thermiques. Riyad : Dar Al-Maarifa.

[10] Le livre « Power Plant Engineering » de R.K. Rajput et SC Sharma, publié par Laxmi Publications en 2011

[11] Une référence utile pour cette définition est un article scientifique publié dans la revue Renewable and Sustainable Energy Reviews » en 2020, intitule « Review of combined cycle power plants with focus on performance and emissions ». Les auteurs, Abhay K. Singh

[12] Le livre « Solar Energy : Physics and Engineering of Photovoltaic Conversion Technologies and Systems » par Arne Baker et Donald Shutters, publié par Publishers en 2016

[13] https://www.edfenr.com/lexique/rayonnement-direct/

[14] . https://www.ef4.be/fr/pv/composants-dun-systeme/effet-photovoltaque.html

[15] B. CHEKCHEK. « Analyse thermodynamique d'une centrale thermique hybride (solaire

[16] https://www.hellowatt.fr/panneaux-solaires-photovoltaiques/fonctionnement-panneau- solaire-photovoltaique

[17] http://www.foad.uadb.edu.sn/mod/book/view.php?id=2440&chapterid=1515

[18] https://www.algerie-eco.com/2020/12/22/lalgerie-possede-lun-des-gisements-solaires-les-plus-eleves-au-monde/

[19] https://www.ecosources.org/centrale-solaire-capteur-cylindro-parabolique

[20] https://www.calculcee.fr/article/echangeur-thermique/

[21] https://www.micetcraft.com/fr/differents-types-dechangeurs-de-chaleur/

[22]https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.infoenergie.eu/riv%2Bener/sourceenergie/Echangeurs.pdf&ved=2ahUKEwj4saTbv6f_AhVJh_0HHbU9D_UQFnoECAsQAQ&usg=AOvVaw2Gn6eYJ3hcz-k6kx-dxfWh

[23] https://www.labbe-france.fr/echangeur-de-chaleur/echangeur-tubulaire/

[24] https://www.climatsetvoyages.com/climat/algerie

[25] BEN AMRANI .CH Mémoire de Fin D'études (Etude de faisabilité et de dimensionnement d'une installation solaire thermique) université YAHIA Farès de Médéa

[26] BOUKHELKHAL.Ou Mémoire de Fin D'études (Etude Techno-économique d'un système photovoltaïque (maison solaire) sur le site d'adrar) université Ahmed Draya adrar

[27] N. Nouah, N. Djannaoui et T. Hassani article (Modélisation d'un capteur solaire cylindro-parabolique) université Houari Boumediene 2014

[28] docteur fateh mobarek-oudina (échangeur de chaleur cour et exercice corrigés)