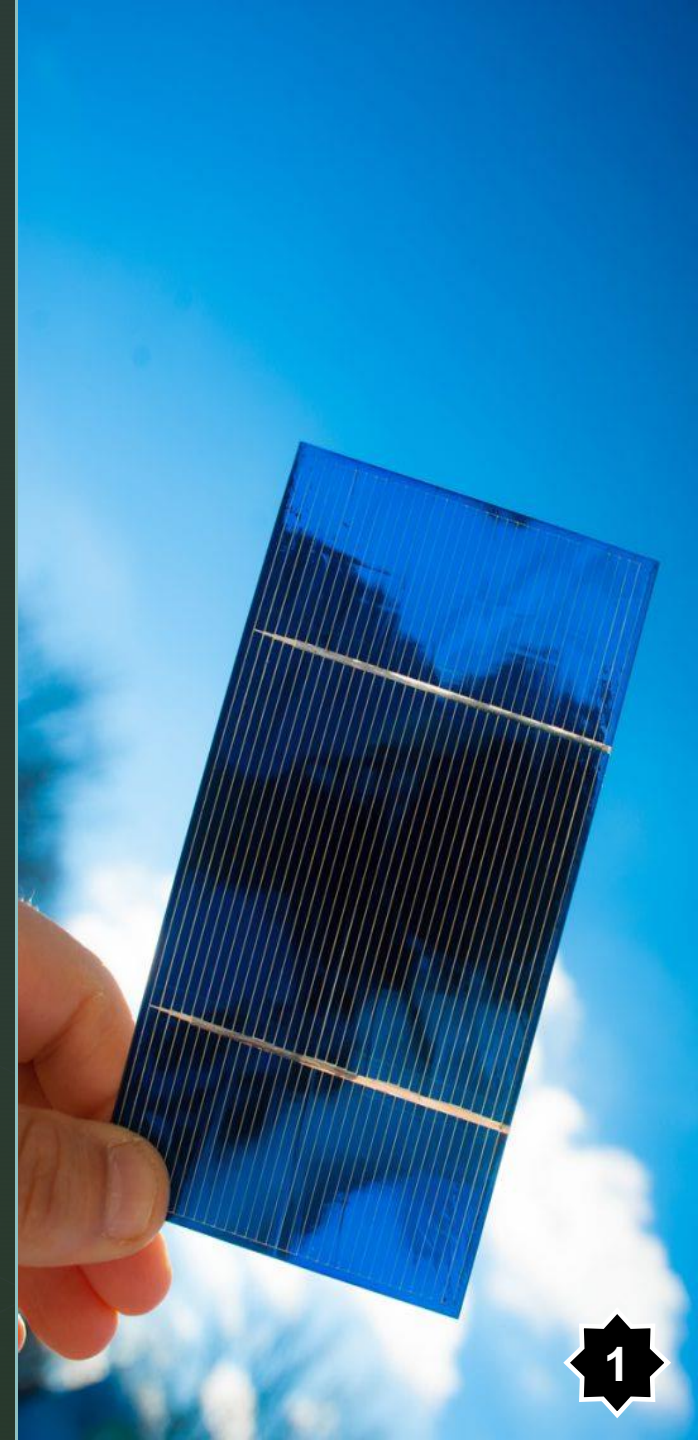


Optimisation de la production de l'électricité par les cellules photovoltaïques

Numéro du candidat: 20900



Objectif et plan

- **Objectif du TIPE:**

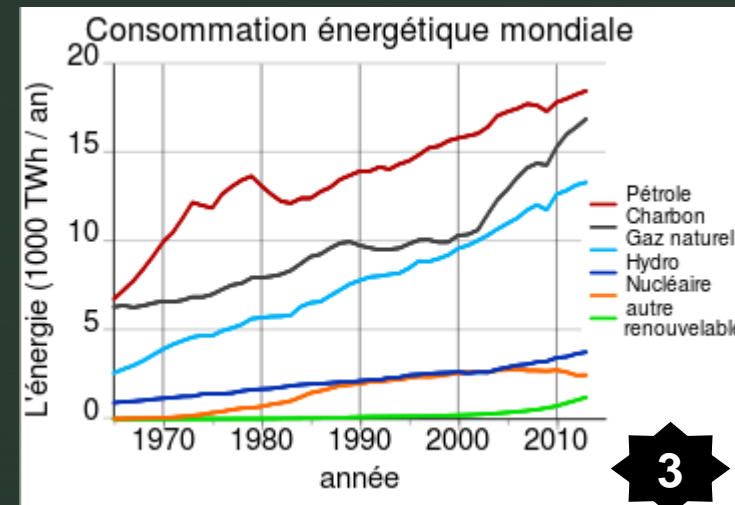
Etudier une cellule photovoltaïque afin d'améliorer son rendement pour un production optimale d'électricité tout en assurant un environnement non pollué

- **PLAN**

- L'énergie fossile
- Qu'est ce que l'énergie solaire?
- Comment peut-on exploiter l'énergie solaire?
- L'effet photovoltaïque
- Qu'est ce qu'un matériau semi-conducteur?
- Modélisation électrique d'une cellule photovoltaïque
- Equation physique de la modélisation
- Rendement d'une cellule photovoltaïque
- Facteurs influents sur le rendement
- Méthodes d'optimisation du rendement
- Conclusion
- annexes

L'énergie fossile

- L'énergie fossile est une énergie produite par la combustion du charbon, du pétrole ou du gaz naturel.
- Cette énergie est utilisée pour produire de l'électricité, cependant ce mode de production est en grande partie responsable du réchauffement climatique.



- De nouvelles modes de production ont été envisagées, notamment celle de l'utilisation de l'énergie solaire.

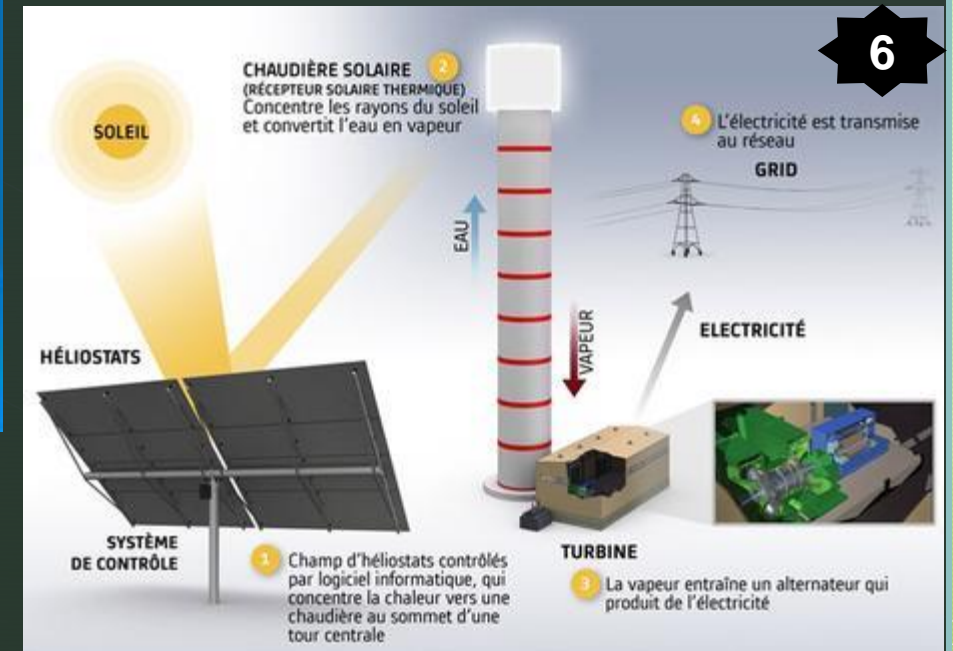
Qu'est ce que l'énergie solaire?

- L'énergie solaire est l'énergie transmise par le soleil sous la forme de lumière et de chaleur.
- Elle délivre de manière continue une quantité d'énergie radiant l'ensemble du système solaire et dont la terre n'en reçoit qu'une partie infime.



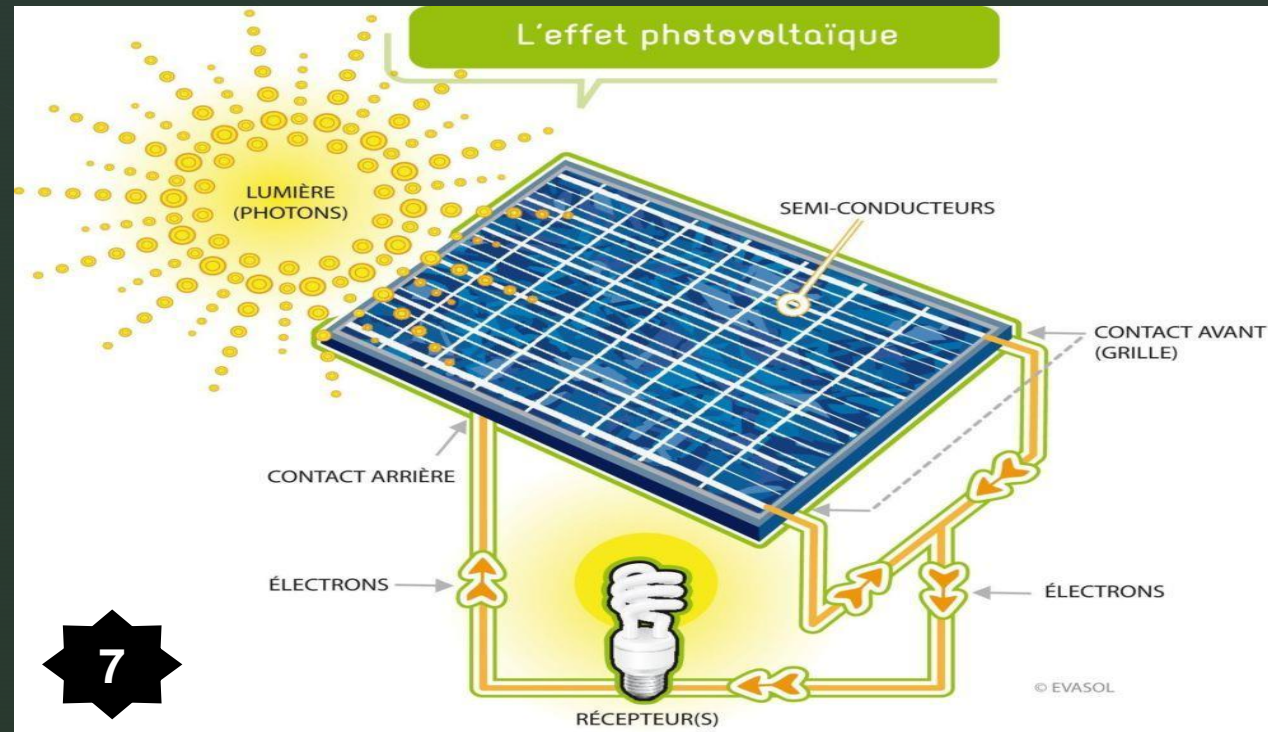
Comment peut-on exploiter l'énergie solaire?

- L'exploitation de l'énergie solaire consiste à se servir de la technologie solaire pour produit de l'électricité à l'aide l'effet photovoltaïque



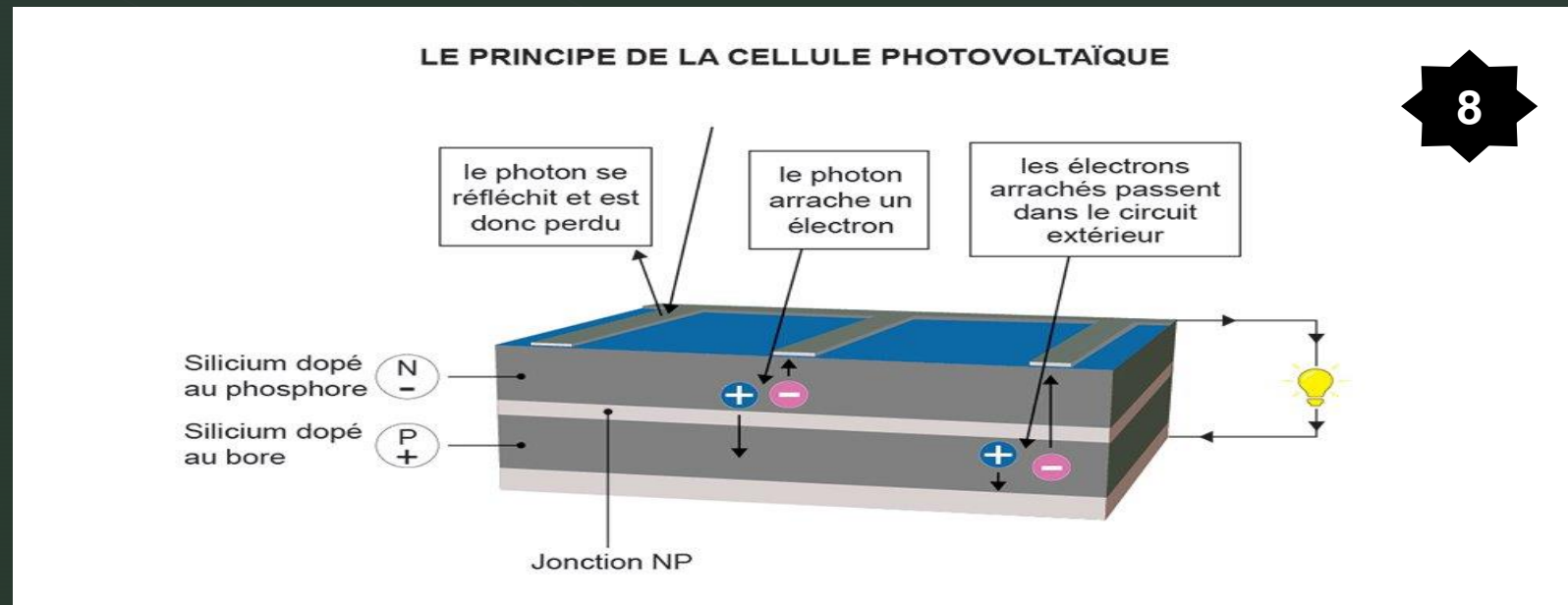
L'effet photovoltaïque

- L'effet photovoltaïque est obtenu par absorption des photons dans un matériau semi-conducteur qui génère alors une tension électrique.



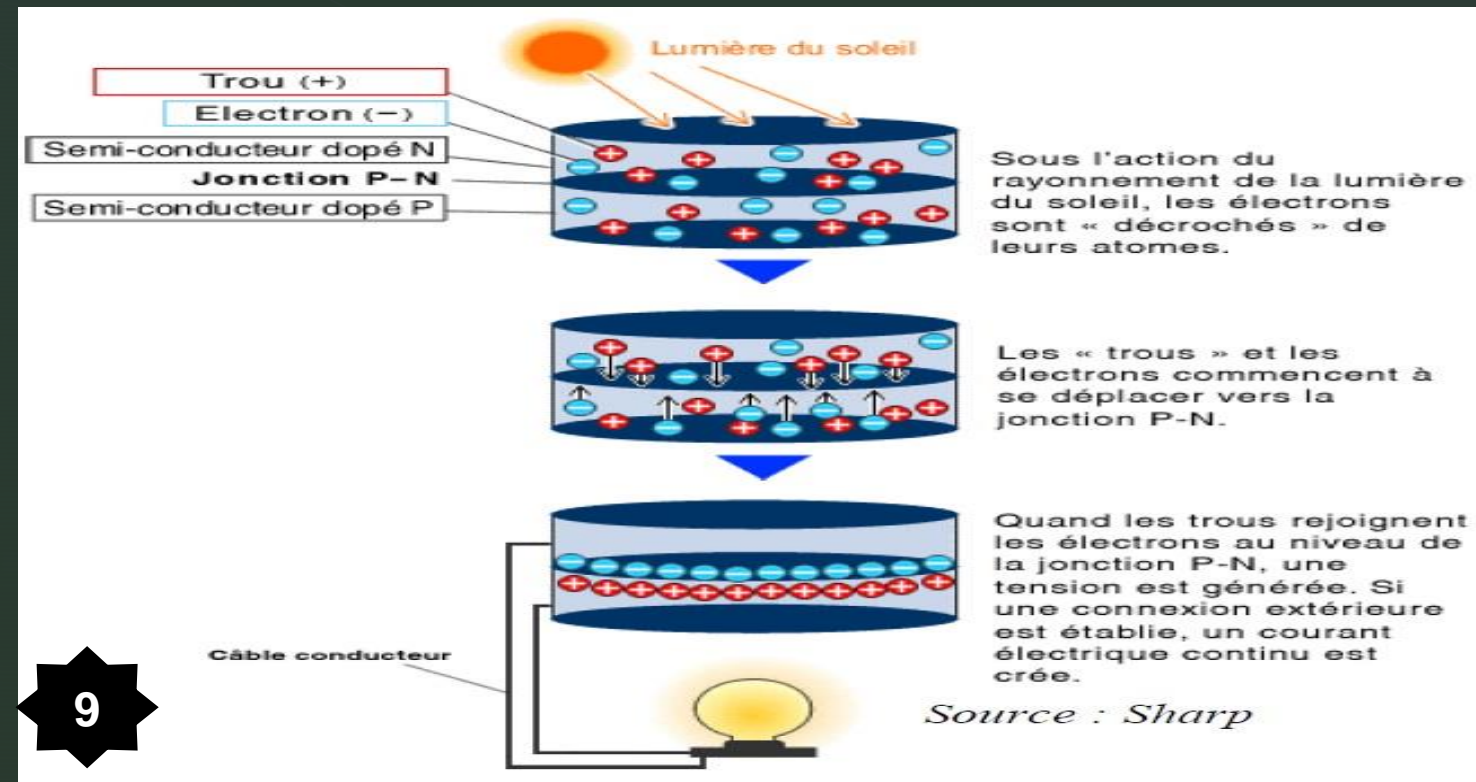
Matériau semi-conducteur d'une cellule photovoltaïque

- Le matériau semi conducteur est composé de deux parties, l'une présentant un excès d'électrons et l'autre un déficit d'électrons, dites respectivement dopée de type n et dopée de type p, appelée jonction p-n.



Interactions entre les électrons et les trous

- Lorsque le matériau semi-conducteur est exposé à la lumière du soleil, l'énergie apportée par un photon d'énergie $E=h \times \nu$ va permettre l'arrachement des électrons en surnombre de la zone n pour combler les trous de la zone p, créant une tension électrique continue relativement faible.



Modélisation électrique d'une cellule photovoltaïque

- Le schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque est donné par:

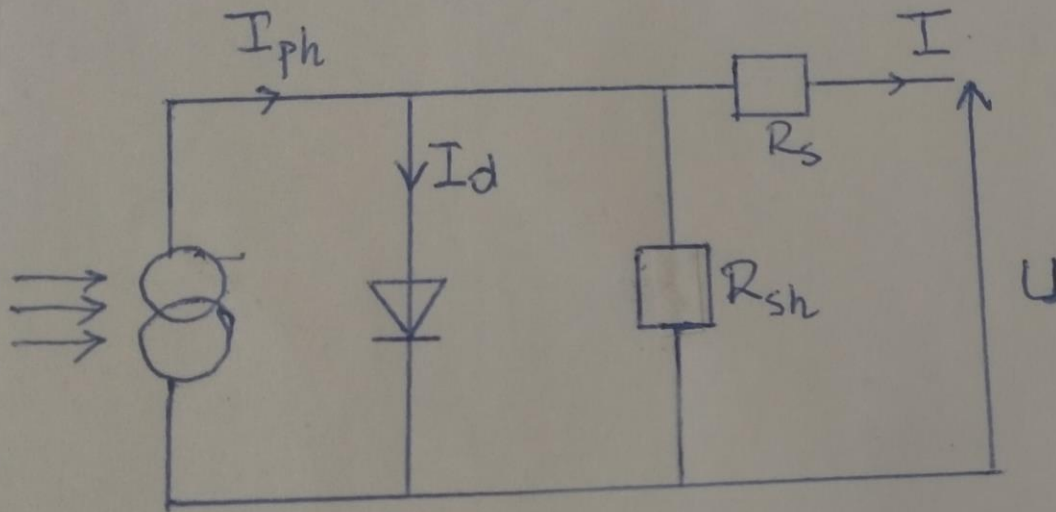


Schéma de modélisation d'une
cellule photovoltaïque

I_{ph} : photocourant

I_0 : courant de saturation
de la diode

R_s : résistance série

K : constant de Boltzmann

$$(K = 1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}^{-1})$$

q : charge de l'électron
($q \approx 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

T : Température de la cellule
($^{\circ}\text{K}$).

R_{sh} : Résistance shunt

Equation de modélisation

- Les résistances R_s et R_{sh} permettent de tenir compte des pertes liées aux défauts de fabrication. R_s représente les diverses résistances de contact et de connexion tandis que R_{sh} caractérise les courants de fuite dus à la diode et aux effets de bord de la jonction.
- Dans ces conditions l'expression générale du courant est donnée par:

$$I = I_{ph} - I_d - I_{sh} \quad (1)$$

Le courant I_d est donné par

$$I_d = I_0 \left(\exp \left(\frac{q(U + R_s I)}{KT} \right) - 1 \right)$$

Et le courant I_{sh} est donné par:

$$I_{sh} = \frac{U + R_s I}{R_{sh}}$$

Finalement en remplaçant les expressions de I_d et I_{sh} trouvées dans l'équation (1) on a:

$$I = I_{ph} - I_0 \left(\exp \left(\frac{q(U + R_s I)}{KT} \right) - 1 \right) - \frac{U + R_s I}{R_{sh}}$$

Rendement d'une cellule photovoltaïque

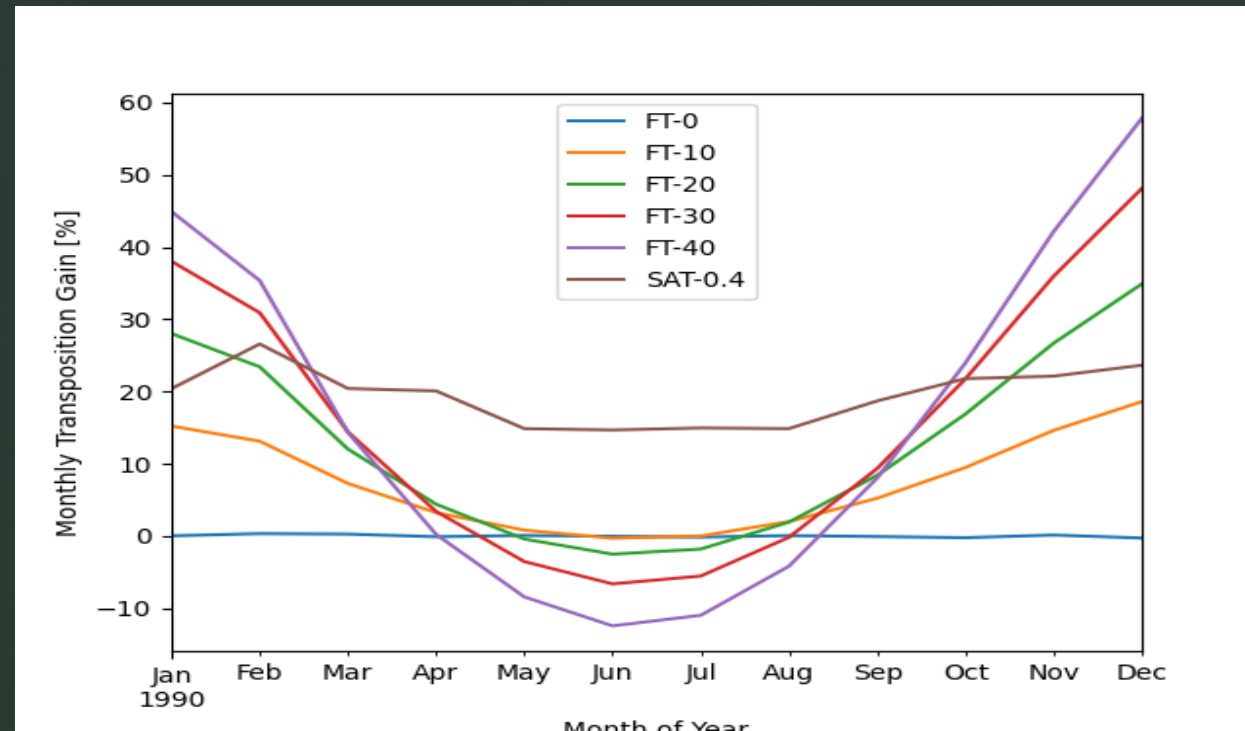
- Le rendement des panneaux solaires au fil des années a augmenté progressivement mais cette progression reste tout de même lente et le résultat reste encore assez faible.



10

- Quelles solutions peut-on envisager dans le but d'optimiser ce rendement?

Facteurs influents sur le rendement d'un panneau solaire



A travers ces courbes de simulations sur python on constate que le rendement d'un panneau solaire dépend de l'environnement d'installation aussi et aussi de son inclinaison par rapport au soleil, la température à donc une grande influence sur le rendement.

Quelques méthodes d'optimisation du rendement d'une cellule photovoltaïque

Plusieurs concepts sont envisagés afin d'atteindre ce objectif:

- **Superposition de multiples cellules (utilisant des bandes d'énergie différentes)**
- **Utilisation de photons à basse énergie qui ne sont habituellement pas abordés par la cellule**
- **Utilisation de cellules à électrons chauds produisant plus de paires d'électron/trou pour des énergies supérieures à la bande d'énergie**
- **Conversion des photons pour ajuster le spectre de la lumière solaire aux caractéristiques du semi-conducteur**

conclusion

Face au besoin imminent de trouver des solutions aux dangers qu'ait affronter notre planète, des changements doivent impérativement avoir lieu. C'est en ce sens que l'idée du nouveau mode de production de l'électricité précisément celui avec de l'énergie solaire grâce au cellule photovoltaïque tout en garantissant un environnement sain. Mais face aussi au faible rendement de ces cellules, une solution est nécessaire afin d'optimiser cette production pour un meilleur rendement.

Annexes

1

image de: <https://energieplus-lesite.be/theories/photovoltaique6/rendement-et-puissance-cirete-des-cellules-photovoltaiques/>

2

Image de: <https://multinationales.org/Sortie-des-energies-fossiles-pourquoi-les-demi-mesures-ne-suffiront-pas>

3

Image de: https://fr.vikidia.org/wiki/%C3%89nergie_fossile

4

Image de: <https://www.quelleenergie.fr/magazine/energie-solaire/accelerer-developpement-solaire/>

5

Image de: <https://www.fellah-trade.com/fr/filiere-developpement-durable/fiches-techniques/energie-solaire-milieu-rural>

6

Image de: <https://www.paperblog.fr/8785706/exploitation-de-l-energie-solaire/>

7

Image de: <http://www.immobilier-habitat.fr/photovoltaique-investissement-rentable-887.html>

8

Image de: <https://www.planete-energies.com/fr/medias/decryptages/la-cellule-photovoltaique-comment-ca-marche>

9

Image de: <https://bcltenergie.com/home/2017/05/26/fonctionnement-dun-panneau-photovoltaique/>

10

Image de: <https://solar-mad-nrj.com/blogs/energie-solaire/rendement-panneau-solaire>

```
import pvlib
from pvlib import location
from pvlib import irradiance
from pvlib import tracking
from pvlib.iotools import read_tmy3
import pandas as pd
from matplotlib import pyplot as plt
import pathlib

# get full path to the data directory
DATA_DIR = pathlib.Path(pvlib.__file__).parent / 'data'

# get TMY3 dataset
tmy, metadata = read_tmy3(DATA_DIR / '723170TYA.CSV', coerce_year=1990)
# TMY3 datasets are right-labeled (AKA "end of interval") which means the last
# interval of Dec 31, 23:00 to Jan 1 00:00 is labeled Jan 1 00:00. When rolling
# up hourly irradiance to monthly insolation, a spurious January value is
# calculated from that last row, so we'll just go ahead and drop it here:
tmy = tmy.iloc[:-1, :]
```



```

# create location object to store lat, lon, timezone
location = location.Location.from_tmy(metadata)

# calculate the necessary variables to do transposition. Note that solar
# position doesn't depend on array orientation, so we just calculate it once.
# Note also that TMY datasets are right-labeled hourly intervals, e.g. the
# 10AM to 11AM interval is labeled 11. We should calculate solar position in
# the middle of the interval (10:30), so we subtract 30 minutes:
times = tmy.index - pd.Timedelta('30min')
solar_position = location.get_solarposition(times)
# but remember to shift the index back to line up with the TMY data:
solar_position.index += pd.Timedelta('30min')

# create a helper function to do the transposition for us
def calculate_poa(tmy, solar_position, surface_tilt, surface_azimuth):
    # Use the get_total_irradiance function to transpose the irradiance
    # components to POA irradiance
    poa = irradiance.get_total_irradiance(
        surface_tilt=surface_tilt,
        surface_azimuth=surface_azimuth,
        dni=tmy['DNI'],
        ghi=tmy['GHI'],
        dhi=tmy['DHI'],
        solar_zenith=solar_position['apparent_zenith'],
        solar_azimuth=solar_position['azimuth'],
        model='isotropic')
    return poa['poa_global'] # just return the total in-plane irradiance

# create a dataframe to keep track of our monthly insulations
df_monthly = pd.DataFrame()

```

```

# fixed-tilt:
for tilt in range(0, 50, 10):
    # we will hardcode azimuth=180 (south) for all fixed-tilt cases
    poa_irradiance = calculate_poa(tmy, solar_position, tilt, 180)
    column_name = f"FT-{tilt}"
    # TMYs are hourly, so we can just sum up irradiance [W/m^2] to get
    # insolation [Wh/m^2]:
    df_monthly[column_name] = poa_irradiance.resample('m').sum()

# single-axis tracking:
orientation = tracking.singleaxis(solar_position['apparent_zenith'],
                                  solar_position['azimuth'],
                                  axis_tilt=0, # flat array
                                  axis_azimuth=180, # south-facing azimuth
                                  max_angle=60, # a common maximum rotation
                                  backtrack=True, # backtrack for a c-Si array
                                  gcr=0.4) # a common ground coverage ratio

poa_irradiance = calculate_poa(tmy,
                               solar_position,
                               orientation['surface_tilt'],
                               orientation['surface_azimuth'])
df_monthly['SAT-0.4'] = poa_irradiance.resample('m').sum()

# calculate the percent difference from GHI
ghi_monthly = tmy['GHI'].resample('m').sum()
df_monthly = 100 * (df_monthly.divide(ghi_monthly, axis=0) - 1)

df_monthly.plot()
plt.xlabel('Month of Year')
plt.ylabel('Monthly Transposition Gain [%]')
plt.show()

```