 <p>LYCÉES Vieljeux</p> <p>Général Technologique Professionnel</p> <p>Les CPGE du lycée VIELJEUX</p>	Domaine du calcul : formuler les bonnes hypothèses d'étude	TD1 S1 Pujol Productible		
	Compétence : Evaluer le productible de la ZAC Pajol	TSI1		
		Situation dans le temps		
			S2	
	durée : 1 h	Niveau de difficulté : 1		

Problème posé : Quelles sont les performances attendues de l'installation photovoltaïque et comment utiliser cette énergie ?

Les caractéristiques de l'installation photovoltaïque Pajol et sa situation géographique sont déterminantes dans la recherche de ses performances.

I. Recherche des données nécessaires aux calculs

I.1 Concernant les panneaux solaires utilisés, ils sont tous identiques :

 <p>Il s'agit de panneaux solaires dont la désignation complète est : Module PV SCHUCO MPE 240 série PL 60</p>	Caractéristiques	Valeurs du constructeur
	Puissance nominale P_{mpp}	240 W
	Tension nominale U_{mpp}	29,4 V
	Courant nominal I_{mpp}	8,06 A
	Tension à vide U_{oc}	37,67 V
	Courant de court-circuit I_{sc}	8,47 A
	Nombre de cellules	60 (6 x 10)
	Taille des cellules	156 x 156 (en mm)

Les valeurs sont données avec une irradiance directe maximale de 1 000 W/m²

I.1.1 Retrouver la valeur de la puissance nominale P_{mpp} à partir des valeurs du point MPPT qui désigne le maximum de la puissance qui peut être extraite.

I.1.2 On dispose des caractéristiques d'un panneau constitué de 60 cellules (voir ci-dessus). Quelles seraient les caractéristiques (P_{mpp} , U_{mpp} , I_{mpp} , U_{oc} , I_{sc}) d'une seule cellule prise isolément ? On peut voir l'ensemble des 60 cellules en série comme des « petits » générateurs identiques parcourus par le même courant mais fournissant des tensions plus petites.

I.1.3 La phrase suivante est-elle juste ?

« Le module SCHUCO MPE 240 soumis à une irradiance de 1000 W/m^2 est capable de fournir au maximum une puissance de 240 W pourvu que la tension à ses bornes soit de $29,4 \text{ V}$ et qu'il débite $8,06 \text{ A}$ »

I.1.4 Quelles sont les raisons qui font que cette performance maximale n'est pratiquement jamais atteinte ? (au moins 5 raisons).

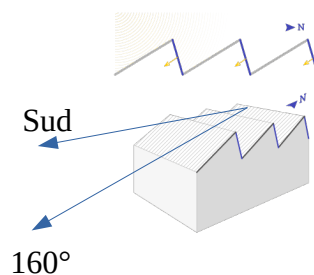
I.2 Concernant la totalité des panneaux

L'installation des PSPV (panneaux solaires photovoltaïque) s'appuie sur une structure à redans. Les dimensions et les dispositions sont précisées ci-dessous :



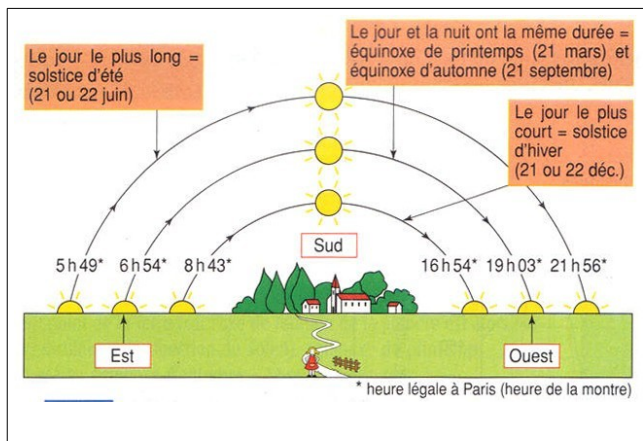
De plus l'orientation azimutale des panneaux est établie à 20° par rapport au Sud (vers l'Est).

On rappelle qu'à midi solaire le soleil est à l'azimut 0° .



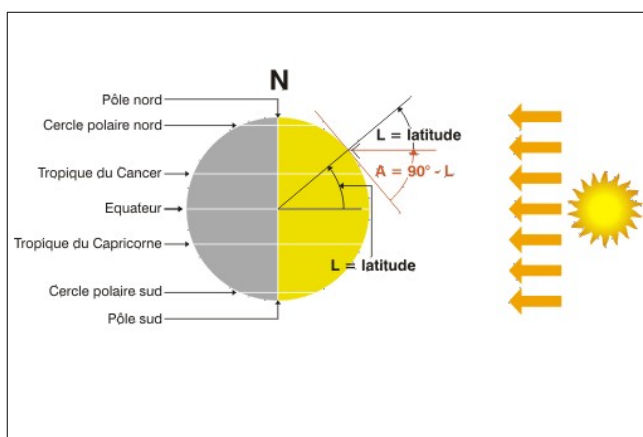
Hypothèse : nous sommes un 21 mars (équinoxe), heure d'hiver. Du coup, nous admettons que le soleil se lève à 6 h 54 et se couche à 19 h 03 sur la ZAC Pujol.

Les coordonnées géographiques de la ZAC Pujol sont : latitude 49° (Nord) et longitude : 2° (Est)



On voit ci-contre les variations de l'azimut et de l'élévation du soleil dans la journée, et particulièrement un 21 Mars. Admettons encore que ces variations soient quasi-sinusoidales.

I.2.2 Proposer une formule qui donne l'élévation $\alpha(t)$ en fonction du temps t . (origine des temps prise à 6h54).



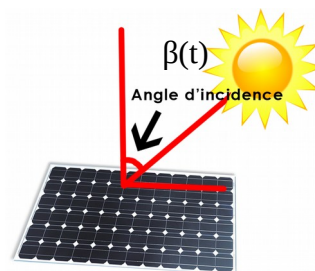
On voit ci-contre comment se positionne la Terre par rapport aux rayons du soleil aux équinoxes. Au midi solaire (élévation maximale du soleil à l'horizon), les rayons parviennent à une latitude L sous un angle A par rapport à l'horizon terrestre.

I.2.1 Quelle est l'élévation maximale α_{\max} du soleil à Pujol un 21 Mars ?

I.2.2 Pour les besoins d'une simulation on doit proposer une formule qui donne l'élévation $\alpha(t)$ en fonction de l'heure t dans la journée.

On prendra t avec origine des temps prise à 6h54 et t exprimé en heures.

I.2.3 Existe-t-il, à la ZAC Pajol, une heure dans la journée où l'angle d'incidence $\beta(t)$ des rayons du soleil sur les panneaux est nul ?



Des calculs compliqués (mais heureusement déjà faits) ont permis d'établir les conditions les plus favorables quant à l'orientation des PSPV sur la ZAC Pajol. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-contre.

I.2.4 Quelle est l'efficacité attendue en % pour nos PSPV ? Du coup, peut-on dire que la disposition des PSPV est optimale ?

Production photovoltaïque en %

Simulationphotovoltaïque.fr

Orientation du toit

	-90 Est	-75	-60	-45	-30	-15	0 Sud	15	30	45	60	75	90 Ouest
90	56	60	64	67	69	71	71	71	71	69	65	62	58
80	63	68	72	75	77	79	80	80	79	77	74	69	65
70	69	74	78	82	85	86	87	87	86	84	80	76	70
60	74	79	84	87	90	91	93	93	92	89	86	81	76
50	78	84	88	92	95	96	97	97	96	93	89	85	80
40	82	86	90	95	97	99	100	99	98	96	92	88	84
30	86	89	93	96	98	99	100	100	98	96	94	90	86
20	87	90	93	96	97	98	98	98	97	96	94	91	88
10	89	91	92	94	95	95	96	95	95	94	93	91	90
0	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Inclinaison du toit en degrés °

II. Evaluation du productible

II.1 Vérification de la puissance crête installée

L'installation électrique doit être en mesure de traiter la puissance électrique fournie par les PSPV sans risque de surchauffe en toute circonstance. Cette puissance P_c est de 455 kWc (kiloWatt crête).

Le nombre de PSPV est 1938 panneaux

La surface totale recouverte de panneaux est $S = 3020 \text{ m}^2$

Chaque panneau fournit une puissance crête (maximale ou encore MPPT) de 240 Wc

II.1.1 Retrouver la valeur de P_c à l'aide des données précédentes. Est-elle convenablement choisie ?

II.1.2 Quelles conditions faut-il réunir pour que l'installation délivre P_c ?

II.1.3 Quelle serait la quantité d'énergie produite en 8 heures de fonctionnement si la puissance délivrée était P_c ?

II.2 Evaluation de l'irradiation moyenne mensuelle et annuelle

L'irradiation moyenne est représentée la quantité d'énergie que reçoit une surface de 1 m^2 orientée selon une élévation et un azimut donnés. Cette valeur tient compte de la course du soleil dans le ciel et des différentes incidences de la diffraction et de l'albédo local.

Voici les résultats fournis par le logiciel CalSol de l'INES, qui ont une valeur indicative, certes, mais assez proches de la réalité du terrain.

Irradiation :	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	déc	année
<u>Directe (IBP)</u>	0.72	1.08	2.03	2.01	2.24	2.36	2.3	2.17	2.15	1.48	0.74	0.62	1.66
<u>Diffuse (IDP)</u>	0.53	0.87	1.37	1.91	2.31	2.49	2.41	2.08	1.58	1.04	0.61	0.45	1.47
<u>Réfléchie (IRP)</u>	0.03	0.04	0.08	0.11	0.15	0.16	0.16	0.13	0.1	0.06	0.03	0.02	0.09
<u>Globale (IGP)</u>	1.28	1.99	3.48	4.03	4.7	5.01	4.86	4.38	3.82	2.57	1.38	1.09	3.22

Irradiation Globale = Irradiation diffuse + Irradiation Directe + Irradiation réfléchie (albédo)

Résultats exprimés en kWh/m² et par jour, sur un plan d'inclinaison de 30° et une orientation (azimut) de 15°.

II.2.1 Sachant que le rendement énergétique moyen des panneaux est voisin de 16 %, quelle est la quantité d'énergie produite par l'installation photovoltaïque sur

- Une journée du mois de Mars
- Tout le mois de Mars
- Une année entière

II.2.2 Si chaque kWh était revendu à EDF au prix de 0,20 € avec une perte énergétique de transfert de 25 %, combien pourrait rapporter ces kWh ?

III. Conclusion que faire de cette énergie ?

III.1 Actuellement la production électrique des panneaux solaire est revendue à EDF. Serait-il possible d'imaginer d'autre mode d'utilisation de cette énergie parmi lesquels :

Utilisation	Avantage	Inconvénients
Autoconsommation		
Eau chaude sanitaire		
Piles à combustible		
Batteries		
Autre type de stockage		

III.2 La solution de reprise par EDF des kWh est-elle un bon choix ?