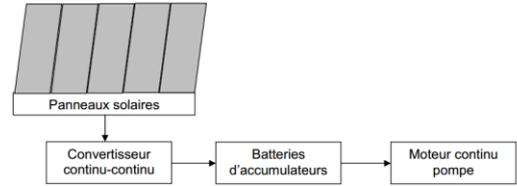


**Source d'énergie continue : les PV**

**EXERCICE1 : ETUDE D'UNE INSTALLATION SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE**

Une exploitation agricole isolée, non raccordée au réseau, produit l'énergie électrique dont elle a besoin à l'aide d'une installation solaire photovoltaïque. Le schéma de l'installation est représenté comme ci-dessous :



L'installation comporte une pompe, entraînée par un moteur à courant continu, permettant de fournir l'eau nécessaire à

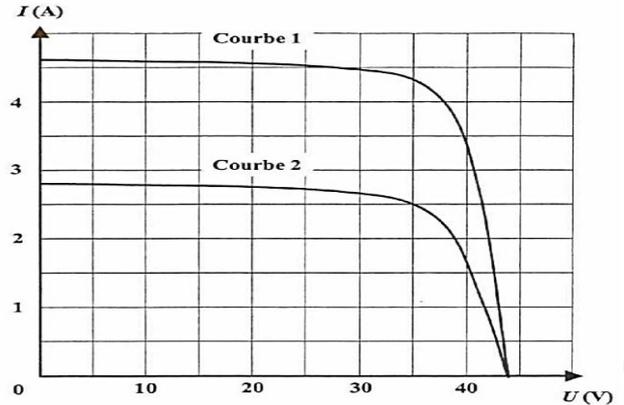
**N.B :** Aucune connaissance préalable sur les panneaux solaires n'est nécessaire.

Un panneau solaire photovoltaïque produit de l'énergie électrique à partir de l'énergie lumineuse reçue. Il peut être considéré comme un générateur continu.

Les caractéristiques courant-tension d'un panneau solaire, pour deux ensoleillements différents, sont représentées sur la figure ci-dessous :

**Etude dans le cas d'un ensoleillement optimal : la caractéristique courant-tension correspond à la courbe 1.**

1. Déterminer la valeur de la tension à vide d'un panneau solaire.
2. Déterminer l'intensité du courant de court-circuit.
3. Déterminer la puissance électrique fournie par le panneau pour une tension de fonctionnement égale à 35 V.
4. En déduire l'énergie électrique produite en 10 heures d'ensoleillement.



**Etude dans le cas d'un ensoleillement plus faible : la caractéristique courant-tension correspond à la courbe 2.**

5. Déterminer la puissance électrique fournie par un panneau pour une tension de fonctionnement égale à 35 V

Pour disposer d'une puissance suffisante pour alimenter l'exploitation agricole, il faut associer plusieurs panneaux.

6. Quel est l'intérêt d'une association en série ?
7. Quel est l'intérêt d'une association en parallèle

La puissance maximale délivrée par chaque panneau vaut 150 W. L'installation doit pouvoir fournir une puissance maximale égale à 2100 W.

8. Combien de panneaux faut-il utiliser ?
9. La tension de fonctionnement nominal d'un panneau à puissance maximale est égale à 35 V. L'installation doit délivrer une tension de 70 V. Comment les panneaux doivent-ils être associés ? (Pour répondre, un schéma peut suffire)

**EXERCICE 2 : PANNEAU SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE**

Les caractéristiques d'un module photovoltaïque sont données dans le tableau ci-dessous lorsque le module reçoit une puissance rayonnante de 1000 W sur 1 m<sup>2</sup> de surface de module.

**Caractéristiques électriques (à 1 000 W.m-2)**

<b>T cellules</b>	25°C	50°C
<b>P max (W)</b>	36	32,5
<b>U à Pmax (V)</b>	16,3	14,4
<b>I à 10 V (A)</b>	2,29	2,28
<b>I court-circuit (A)</b>	2,45	2,50
<b>U circuit ouvert (V)</b>	20,3	18,4

L'intensité de court-circuit correspond à l'intensité du courant lorsque les deux bornes de la cellule photovoltaïque sont reliées par un fil conducteur (elle est en court-circuit).

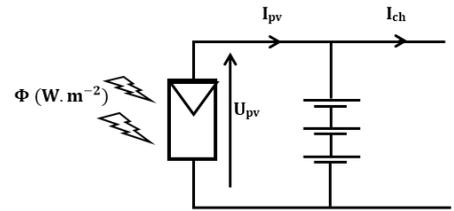
L'expression du rendement est :  $\rho = \frac{\text{puissance fournie par le module}}{\text{puissance reçu par le module}}$

1. Donner l'allure de la caractéristique tension-intensité (tension en abscisse et intensité en ordonnée) de ce module photovoltaïque, à 50°C, pour une puissance rayonnante reçue de 1000 W.m<sup>-2</sup>. On placera :
  - a. Le point de fonctionnement A correspondant à l'intensité de court-circuit ;
  - b. Le point de fonctionnement B correspondant à un circuit ouvert ;
  - c. Le point de fonctionnement C correspondant à la puissance électrique maximale disponible.
2. Ce module reçoit, à 50°C, une puissance rayonnante surfacique de 1000 W.m<sup>-2</sup>. La tension à ses bornes, lorsqu'il fonctionne est égale à 10V.
  - a. D'après les données, quelle est, alors, la valeur de l'intensité I du courant ?
  - b. Quelle est la puissance électrique fournie ?
  - c. La surface du module est égale à 0,185 m<sup>2</sup>. Calculer le rendement énergétique du module.
3. Que peut-on conclure de l'influence d'une augmentation de la température sur les performances d'un panneau solaire photovoltaïque ? En est-il de même pour un panneau solaire thermique ?
4. Ce panneau est installé en site isolé dans un système autonome. Faites le schéma synoptique de l'installation.
5. Comment maintenir le panneau en fonctionnement optimal (maximum de puissance) ?

**Exercice 3 : Etude d'un générateur photovoltaïque (ENS CACHAN 2003)**

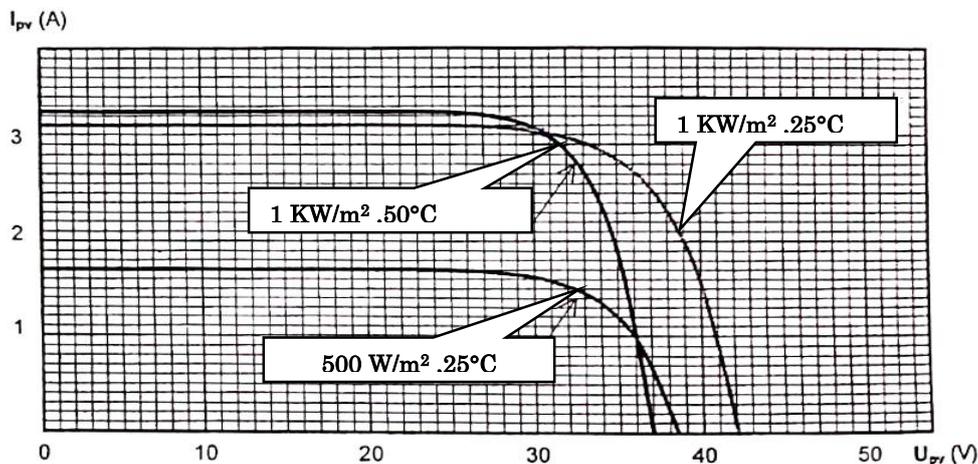
La figure ci-dessous représente un générateur photovoltaïque (ensemble de cellules connectées ensemble) débitant sur un bus continu sur lequel est connecté un accumulateur électrochimique.

On note la puissance incidente du rayonnement solaire  $\Phi$ , la tension et le courant du générateur photovoltaïque (PV) respectivement  $U_{pv}$  et  $I_{pv}$ .



On considère toutes les grandeurs continues ou très lentement variables. La caractéristique de sortie du générateur PV est fortement non-linéaire comme le montre la documentation du module, elle dépend de la puissance rayonnée sur le panneau et de la température des cellules.

Les caractéristiques du générateur sont spécifiées sur la figure suivante :



## I. Débit sur source de tension Indépendante du courant

On suppose la puissance Incidente égaie à 1 kW/m<sup>2</sup>.

- Déterminer la valeur de la puissance débitée sur une source de tension égale à 20 V, 30 V puis 40 V, pour une température du générateur respectivement de 25°C puis de 50°C. Compléter le tableau n°1 du document réponse.
- Identifier les coordonnées du point où la puissance débitée est maximale, pour une température de 25°C et 50°C et préciser les valeurs correspondantes,
- Commenter l'ensemble de ces résultats.

## II. Débit sur source de tension variable avec consommateur externe

La batterie d'accumulateur est modélisée par une force électromotrice E en série avec une résistance R<sub>b</sub>. On note I<sub>ch</sub> le courant consommé par l'utilisateur.

- Exprimer la caractéristique  $I_{pv} = f(U_{pv})$  en fonction des seuls paramètres de la batterie et du courant I<sub>ch</sub>.
- En effectuant les constructions graphiques adéquates sur le graphe du document réponse. avec E = 30 V et R<sub>b</sub> = 2 a, déterminer le point de fonctionnement (I<sub>pv</sub>, U<sub>pv</sub>) correspondant, d'une part à I<sub>ch</sub> = 0 et d'autre part I<sub>ch</sub> = 3 A, à 1 kW/m<sup>2</sup>, pour des températures de 25°C et 50°C. Calculer les valeurs correspondantes de la puissance photovoltaïque générée. Compléter le tableau n°2 du document réponse.
- Commenter ces résultats relativement à la puissance maximale disponible.

**Tableau N°1**

		20 V	30V	40 V
25°C	I <sub>pv</sub> ,(A)			
	P (W)			
50°C	I <sub>pv</sub> , (A)			
	P(W)			

**Tableau N°2**

		I <sub>ch</sub> =0	I <sub>ch</sub> = 3 A
25°C	I <sub>pv</sub> ,(A)		
	U <sub>pv</sub> ,(V)		
	P (W)		
50°C	I <sub>pv</sub> ,(A)		
	U <sub>pv</sub> ,(V)		
	P (W)		

### Partie A : Étude générale de la production PV et du système stockage d'énergie (CNC2018)

Dans cette partie on se limite à l'étude de la conception du système de production électrique à partir des panneaux photovoltaïques du micro-réseau. Les charges alimentées par le micro réseau sont généralement de faibles à moyennes puissances (type tertiaires).

On commence par établir le bilan de puissances et d'énergies demandées par les charges de l'installation, on détermine le nombre nécessaire des panneaux photovoltaïques puis on calcule la capacité des batteries de stockage.

**A.1.** Sur le document réponse 1, on se limite à une liste de récepteurs (types tertiaires) et leurs durées de fonctionnement quotidiennes. On demande de compléter le tableau 1 des bilans des puissances et d'énergies et de calculer la puissance totale  $P_T$  et l'énergie quotidienne totale  $E_T$ .

NB : Quel que soit la valeur trouvée, on prendra dans la suite :  $E_T = 302,4 \text{ kWh}$ .

**A.2.** La puissance totale de crête  $P_c$  (exprimée en  $\text{Wc}$ ) que doit produire l'ensemble des panneaux à installer, est liée à l'énergie totale  $E_T$  demandée par l'ensemble des charges par la relation suivante :  $E_T = k \cdot N_e \cdot P_c$

Avec :

- $k$  : est un coefficient qui tient compte de plusieurs facteurs : les pertes dans les câbles, les cycles de charge-décharge des batteries, le rendement du système Onduleur-Chargeur, etc. Généralement, sa valeur est comprise entre 0,55 et 0,75.
- $N_e$  : est le nombre minimal d'heures d'ensoleillement par jour. On donne  $N_e = 5$  heures (valeur prise en hiver) et  $k = 0,72$

Calculer alors la puissance de crête  $P_c$  du parc solaire.

**A.3.** Selon l'annexe 2 (page 14), qui donne les principales caractéristiques des panneaux utilisés « Polycristallin VICTRON 250W ».

Calculer le nombre total  $N_T$  nécessaire de panneaux.

**A.4.** Pour le Point de fonctionnement à Puissance Maximale (PPM), on demande de calculer le nombre  $N_s$  de panneaux à mettre en série (un bloc de panneaux en série est nommé String) pour avoir une tension continue à l'entrée du convertisseur DC/DC  $V_{in} = 420 \text{ V}$ .

**A.5.** En déduire le nombre  $N_p$  de blocs (ou de string) à mettre en parallèle.

Pour dimensionner la batterie de stockage, une relation simplifiée fait intervenir les grandeurs suivantes :

$$E_T \cdot N_J = \eta_b \cdot D \cdot C \cdot U_b$$

- L'énergie totale consommée  $E_T$  par jour par les différents récepteurs,
- Le nombre de jours  $N_J$  d'autonomie nécessaire,
- La profondeur de décharge maximale  $D$  acceptable par le type de batterie utilisée,
- La capacité  $C$  (en Ah) de la batterie, son rendement  $\eta_b$  et la tension  $U_b$  (en volt) à ses bornes.

**A.6.** La batterie utilisée est de type accumulateur au plomb de rendement  $\eta_b = 80\%$ , la tension continue à ses bornes est  $U_b = 48 \text{ V}$  et elle supporte une profondeur de décharge  $D = 0,75$ . On prévoit une autonomie de  $N_J = 4$  jours en cas de mauvais temps.

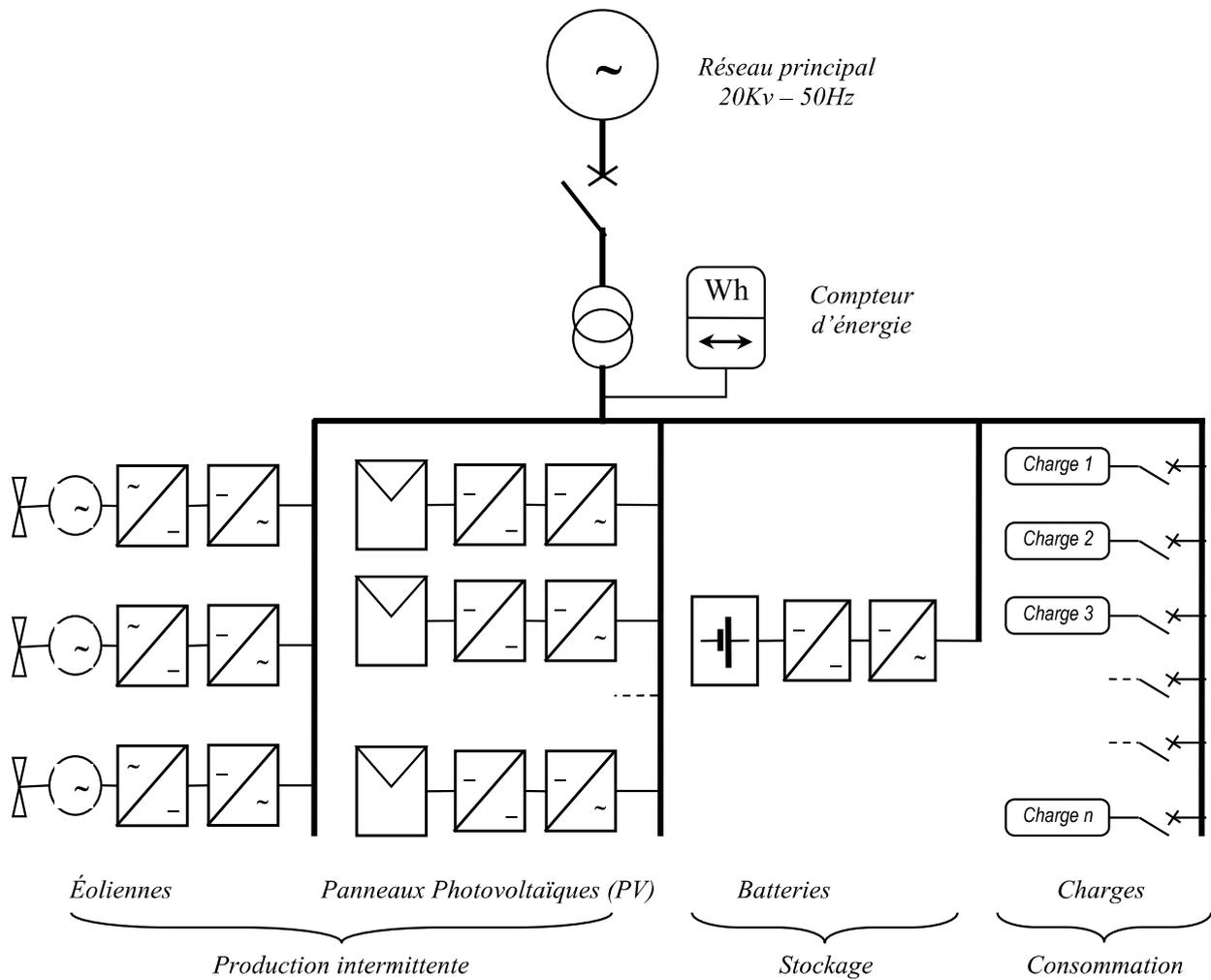
Calculer, dans ce cas, la capacité  $C$  de la batterie.

## Document Réponse 1

### A.1) Bilan de puissances et d'énergies des récepteurs tertiaires

Usage	Équipement	nombre	Puissance unitaire (W)	Durée moyenne de fonctionnement (heures/Jour)	Puissance totale (W)	Énergie totale (Wh)
Éclairage public	Ampoule LED	24	40	6,875 h	.....	.....
Éclairage d'intérieur	Ampoule LED globe	4x120	15	5 h	.....	.....
Réfrigération	Frigo A+	1x120	150	4 h	.....	.....
Lave-vaisselle	Lave-vaisselle A+	1x120	1200	(4 fois /semaine) Soit 0,4 h	.....	.....
Lave-linge	Lave-linge A+	1x120	2500	(1 fois/semaine) soit 0,25 h	.....	.....
Informatique	Ordinateur	1x120	60	4 h	.....	.....
Audio-visuel	TV LCD	1x120	80	2 h	.....	.....
<b>Total :</b>					<b>P<sub>T</sub>= .....</b>	<b>E<sub>T</sub>=.....</b>

**Annexe 1**



**Figure 5: schéma de principe du micro réseau**

	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	.A	.B	.C	.D	.E	.F
0.	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	NP	CR	SO	SI
1.	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
2.	SP	!	”	#	\$	%	&	‘	( )	*	+	,	-	.	/	
3.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
4.	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5.	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
6.	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
7.	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~	Del

**Table du code ASCII des caractères en Hexadécimal**

## Annexe 2

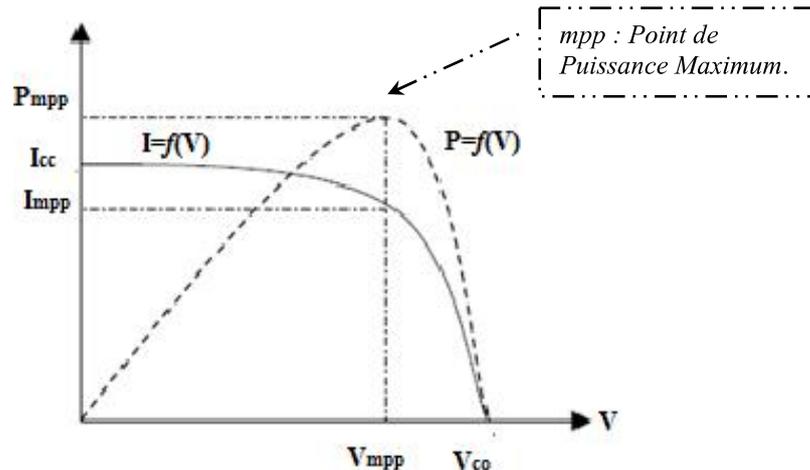
### Panneau solaire Polycristallin VICTRON 250W / 250Wc

#### Caractéristiques techniques

Dimensions Module	<b>1650 x 992 x 40 mm</b>
Surface du Verre (sans le cadre)	<b>1.62 m<sup>2</sup></b>
Poids	<b>20.3 kg</b>

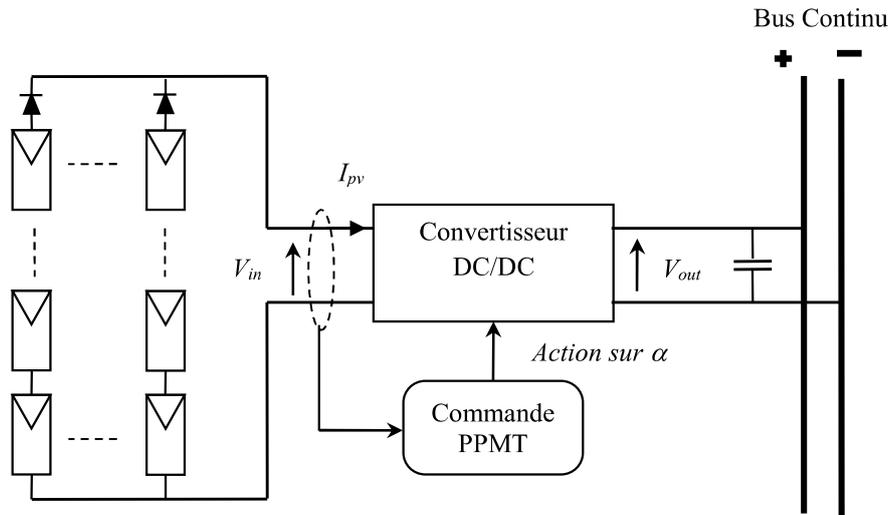
Puissance nominale $P_{mpp}$	<b>250 W</b>
Tension à puissance max. $V_{mpp}$	<b>30 V</b>
Courant à puissance max. $I_{mpp}$	<b>8.33 A</b>
Tension en circuit ouvert $V_{co}$	<b>36.01 V</b>
Courant de court-circuit $I_{cc}$	<b>9.4 A</b>

Type de cellules	<b>Polycristallin</b>
Nombre de cellules couplées en série	<b>60</b>
Tension maximale système	<b>1000 V</b>
Coefficient de température de $P_{mpp}$ (%)	<b>-0,48/°C</b>
Coefficient de température de $V_{co}$ (%)	<b>-0,35/°C</b>
Coefficient de température de $I_{sc}$ (%)	<b>+0,037/°C</b>
Température de fonctionnement	<b>-40°C à +85°C</b>
Tolérance de puissance	<b>+/-3%</b>
Cadre	<b>Aluminium</b>

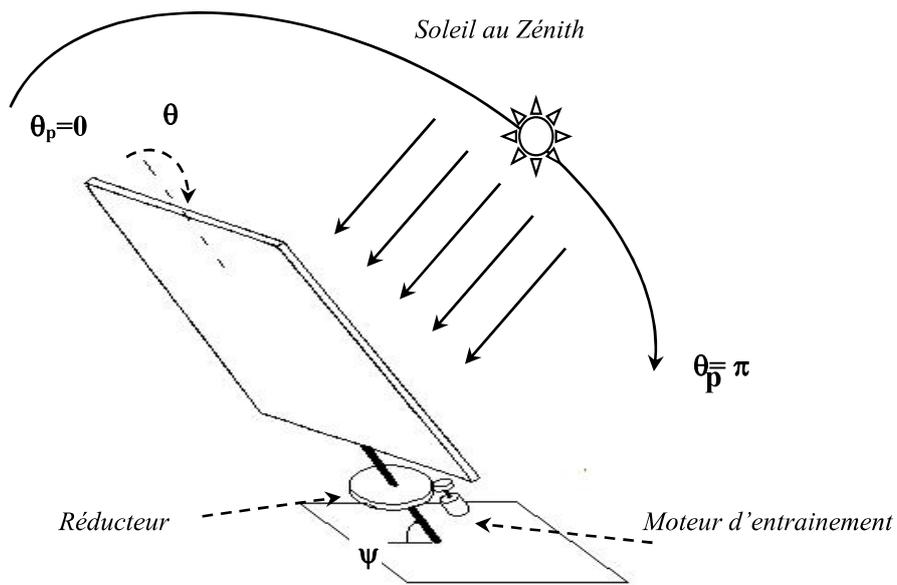


*Les caractéristiques courant-tension  $I(V)$  et puissance-tension  $P(V)$ .*

**Annexe 3**



**Figure 6 : Commande du convertisseur DC/DC**



**Figure 7 : système d'asservissement de position.**