

DS PHOTOVOLTAÏQUE

Durée: 1H30

Document autorisé : feuille de synthèse personnelle A4

Calculatrice non autorisée

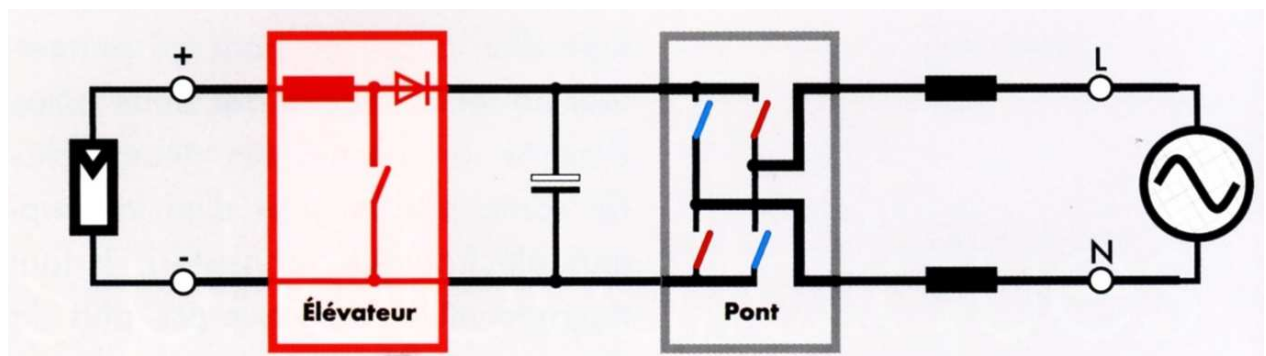
PARTIE 1 : QUESTIONS DE COURS

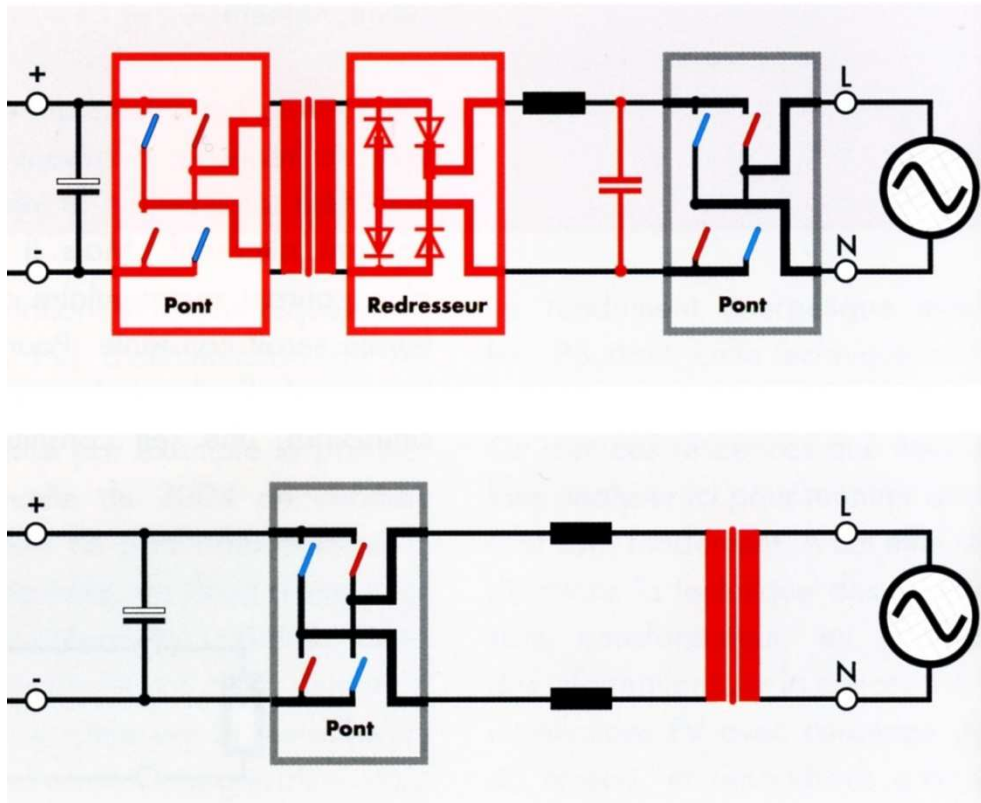
Modules PV

- 1) Donner la définition de la puissance crête d'un module photovoltaïque.
- 2) Donner la puissance fournie par le module X1-335-BLK donné en annexe lorsqu'il est soumis à un éclairement de 1000 W/m^2 à 70°C .
- 3) Que veut dire l'abréviation STC ? Quelles sont les valeurs physiques fixées par cette abréviation.
- 4) Tracer la caractéristique du courant en fonction de la tension $I = f(V)$ (dans les conditions STC) du module X1-335-BLK donné en annexe.
- 5) Ajouter sur le graphique précédent la courbe de la puissance en fonction de la tension (dans les conditions STC) du module X1-335-BLK donné en annexe.

Onduleurs

- 6) Donner la définition de la puissance crête d'un module photovoltaïque.
- 7) Expliquer ce qu'est un rendement européen et son intérêt.
- 8) Les schémas internes de trois onduleurs photovoltaïques sont donnés ci-dessous.
Indiquer le nom et la fonction de chaque convertisseur (noter votre réponse sous la cadre entourant le convertisseur.
- 9) Lorsqu'un transformateur est utilisé, noter par HF ou BF pour indiquer si le transformateur fonctionne en haute fréquence HF ou basse fréquence BF.
- 10) Quelle est selon vous l'onduleur dont le rendement est le meilleur ? Justifier.





PARTIE 2 : ETUDE D'UNE INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE

Vous allez réaliser l'étude d'une installation photovoltaïque d'une ferme, composée :

- D'une habitation principale sur laquelle vous installerez 7 modules photovoltaïques X1-335-BLK de 335 Wc unitaire. Les 7 modules seront installés sur un même pan de toiture orienté sud. Les modules seront posés en format portrait sur une seule rangée.
- D'une grange sur laquelle vous installerez 18 modules X1-335-BLK de 335 Wc unitaire. Les 18 modules seront installés sur un même pan de toiture orienté sud-est. Les modules seront posés en format paysage, trois lignes de 6 modules.

L'habitation principale est distante de 60 mètres de la grange. Pour des raisons de place, le ou les onduleurs photovoltaïques seront installés dans un local technique de la grange. La densité de foudroiement dans la région est $N_g = 3.5$.

Distance entre le champ PV de l'habitation principale et son onduleur : 70 m

Distance entre le champ PV de la grange et son onduleur : 20 m

Distance entre les onduleurs et le disjoncteur de branchement côté AC : 10m.

A) CHOIX DE L'ONDULEUR PHOTOVOLTAÏQUE DE L'HABITATION PRINCIPALE :

- 1) Choisir en annexe l'onduleur qui convient pour l'installation photovoltaïque de l'habitation principale. Pour cela :
 - a. Indiquer le couplage des modules entre eux
 - b. Calculer la puissance crête installée

- c. Donner le courant de la ou des chaînes que vous allez constituer
- d. Calculer U_{c0Max}
- e. Calculer V_{mpp}
- f. Calculer V_{mpp} pour une température de cellule de $-20^{\circ}C$
- g. Calculer V_{mpp} pour une température de $+70^{\circ}C$

- 2) Quelle est le pourcentage de la chute de tension côté DC imposée par la norme ?
- 3) Quelle est le pourcentage de la chute de tension côté DC choisie par les installateurs ?
- 4) On se fixera une chute de tension de 1.5% côté DC pour le dimensionnement des câbles. Calculer la section des conducteurs qui conviendraient. On choisira $\rho_{Cu} = 0.023 \Omega mm^2/m$.
- 5) Donner les critères de choix de l'organe de séparation côté DC.
- 6) L'utilisation de parafoudres côté DC est-elle nécessaire ? Justifier votre réponse
- 7) Lister tout le matériel de protection nécessaire côté AC et donner les calibres de tous les appareils choisis.

B) CHOIX DE L'ONDULEUR PHOTOVOLTAÏQUE DE LA GRANGE :

- 1) Donner la puissance crête installée sur la grange
- 2) On dispose pour cette installation d'un onduleur dont les caractéristiques sont les suivantes :

$U_{démarrage} = 100V$	$200 V < U_{mpp} < 400 V$	$U_{c0max} = 500 V$
1 entrée MPPPT	$I_{max} = 25 A$	$P_{DCmax} = 7000 W$
$P_{AC} = 6 kW$	$U_{ac} = 230 V$	

Choisir en fonction de cet onduleur le couplage des modules photovoltaïques entre eux. Combien de ces onduleurs sont nécessaires ?

- 3) Le courant inverse maximal que peut supporter un module X1-335-BLK est $I_{RM} = 21 A$. Faut-il utiliser un dispositif de protection des modules contre les courants inverses ? Justifier. Si oui lequel ? Choisir le calibre de la protection si besoin.
- 4) Reprendre la question n°3 avec $I_{RM} = 13 A$.
- 5) Calculer la section des câbles nécessaires côté DC pour relier l'onduleur aux chaînes. On prendra un pourcentage de chute de tension de 1%. On négligera les chutes de tension des câbles de chaîne.
- 6) L'utilisation de parafoudres côté DC est-elle nécessaire ? Justifier votre réponse
- 7) Choisir le calibre de la protection contre les surcharges côté AC.

C) INSTALLATION TOTALE

- 1) Représenter le schéma électrique multifilaire de l'installation totale :
 - Représenter toute l'installation de l'habitation principale (modules, onduleur, protections, câbles, PE, réseau, comptage)
 - Ne représenter que deux chaînes de l'installation de la grange + onduleur + protections + 9 câbles + PE + réseau. (travailler dans le cas où $I_{RM} = 21 A$)

Annexes :

Modules photovoltaïques utilisés :

Caractéristiques Électriques		
	X21-335-BLK	X21-345
Puissance nominale ¹² (P _{nom})	335 W	345 W
Tolérance (module)	+5/-0%	+5/-0%
Rendement moyen (module) ¹³	21,1%	21,5%
Tension à puissance maximale (V _{mpp})	57,3 V	57,3 V
Courant à puissance maximale (I _{mpp})	5,85 A	6,02 A
Tension en circuit ouvert (V _{oc})	67,9 V	68,2 V
Courant de court-circuit (I _{sc})	6,23 A	6,39 A
Tension maximale du système	1000 V IEC & 600 V UL	
Calibre des fusibles série	20 A	
Coef. Temp. Puissance (P _{mpp})	-0,30% / °C	
Coef. Temp. Tension (V _{oc})	-167,4 mV / °C	
Coef. Temp. Courant (I _{sc})	3,5 mA / °C	

Onduleurs SolarMax :

	SolarMax 2000P	SolarMax 3000P	SolarMax 4000P	SolarMax 4600P	SolarMax 5000P
Valeurs d'entrée					
Plage de tension MPP ¹⁾	210 .. 480 V	310 .. 480 V	190 .. 480 V	240 .. 480 V	260 .. 480 V
Tension DC minimale	120 V	120 V	120 V	120 V	120 V
Tension DC maximale	600 V	600 V	600 V	600 V	600 V
Courant DC maximal	10 A	10 A	10 + 10 A	10 + 10 A	10 + 10 A
Nombre de trackers MPP	1	1	2	2	2
Nombre de raccordements de branche	1	1	2	2	2
Type de raccordement	Wieland PST40i1 (identique MC4)				
Valeurs de sortie					
Puissance nominale	2'000 W	3'000 W	4'000 W	4'600 W	5'000 W
Puissance apparente maximale	2'000 VA	3'000 VA	4'000 VA	4'600 VA	5'000 VA
Courant AC maximal	9 A	13.5 A	17.5 A	22 A	22 A
Tension secteur nominale / plage	230 V / 184 .. 276 V				
Fréquence du réseau nominale / plage	50 Hz / 45 Hz... 55 Hz				
Facteur de puissance cos(φ)	Réglable de 0.8 surexcité à 0.8 sous-excité				
Taux d'harmoniques à puissance nominale	< 3 %				
Type de raccordement	Borne (2.5 – 10 mm ²)				
Connexion au réseau	Monophasé (L / N / PE)				
Puissance absorbée la nuit	0 W				
Rendement					
Rendement max.	97.5 %	97.5 %	98.0 %	98.0 %	98.0 %
Rendement européen	97.0 %	97.0 %	97.5 %	97.5 %	97.5 %

Onduleurs Schneider Electric :

Onduleurs Conext RL		RL3000E	RL4000E	RL5000E
références	onduleur (garanti 5 ans en standard) (1)	PVSNVC3000	PVSNVC4000	PVSNVC5000
	extensions de 5 ans	PVSNEW3005	PVSNEW4005	PVSNEW5005
	garantie 15 ans	PVSNEW3015	PVSNEW4015	PVSNEW5015
entrée (CC)	plage de fonctionnement MPPT (à pleine puissance)	160 - 500 V	180 - 500 V	180 - 500 V
	plage de tension d'entrée	90 - 550 V		
	tension de démarrage	100 V		
	tension maximale d'entrée (circuit ouvert)	550 V		
	nombre de MPPT	2		
	courant continu maximal d'entrée par canal MPPT	10 A	12 A	18 A
	courant de court circuit max. par MPPT	13,9 A	16,7 A	25,0 A
	puissance maximum d'entrée CC	3,2 kW	4,2 kW	5,3 kW
	puissance max par entrée MPPT	3,2 kW	3,2 kW	3,5 kW
	type de connecteur CC	MC4, 2 paires (1+1)	MC4, 4 paires (2+2)	MC4, 4 paires (2+2)
	puissance nominale de sortie	3 kVA	4 kVA	5 kVA
sortie (CA)	tension nominale de sortie	230 V monophasé		
	isolation	sans transformateur (TL)		
	plage de tension CA	184 V - 276 V		
	plage de fréquence	50 / 60 Hz +/- 5 Hz		
	courant maximal de sortie	13,9 A	18,2 A	23,2 A
	distortion harmonique total (THD)	< 3 %		
	facteur de puissance (réglable)	- 0,8 à + 0,8		
	AC connection type	connecteur IP 67		
rendement	maximum / européen	97,5% / 97,0%		

Critère choix de parafoudres :

Type d'installation	Locaux d'habitation individuelle	Centrale de production au sol	Bâtiments Tertiaires/Industriels/Agricoles
Lcrit (en m)	115/Ng	200/Ng	450/Ng
$L \geq L_{crit}$	Parafoudre(s) obligatoire(s) côté DC ⁽²⁾		
$L < L_{crit}$	Parafoudre(s) non obligatoire(s) côté DC ⁽¹⁾		
Note 1 : L'utilisation de parafoudres peut également être nécessaire pour les installations photovoltaïques dont le coût et l'indisponibilité peuvent être critiques. Note 2 : La mise en œuvre de parafoudres peut ne pas être indispensable si les câbles DC sont protégés par des enveloppes métalliques assurant un écran électromagnétique.			

