Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2024

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

ÉNERGIES ET ENVIRONNEMENT

Jeudi 12 septembre 2024

Durée de l'épreuve : **4 heures**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 36 pages numérotées de 1/36 à 36/36.

Constitution du sujet :

Partie commune (durée indicative 2h30)	12 points
Partie spécifique (durée indicative 1h30)	8 points

Le candidat traite les 2 parties en suivant les consignes contenues dans le sujet.
Ces 2 parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre indifférent.

Chacune des parties est traitée sur des copies séparées.
Tous les documents réponses, mêmes vierges, sont à rendre obligatoirement avec la copie.

PARTIE commune (2,5h) ..... 12 points

Parc photovoltaïque flottant

- Présentation de l'étude et questionnement ..... pages 2 à 11
- Documents techniques DT1 à DT13 ..... pages 12 à 19
- Documents réponses DR1 à DR7 ..... pages 20 à 24

Mise en situation

Le parc photovoltaïque flottant désigne les installations de panneaux solaires posées sur des étendues d'eau. L'intérêt majeur de cette technologie est d'éviter les conflits dans l'usage des sols.

L'étude proposée doit permettre de mettre en évidence la valorisation d'un plan d'eau d'un point de vue du développement durable par l'implantation d'une centrale photovoltaïque flottante.

Présentation du parc flottant étudié

Le parc photovoltaïque de Saint-Élix le Château est situé dans le département de la Haute Garonne. Il est constitué de deux îlots flottants installés sur un plan d'eau de 27,6 ha, le lac du « Vignoble ».

Ces deux îlots sont installés à 20 mètres du rivage du plan d'eau. Ils sont constitués de flotteurs qui soutiennent les panneaux photovoltaïques. La hauteur maximale du parc n'excède pas 44 cm pour préserver l'aspect visuel.

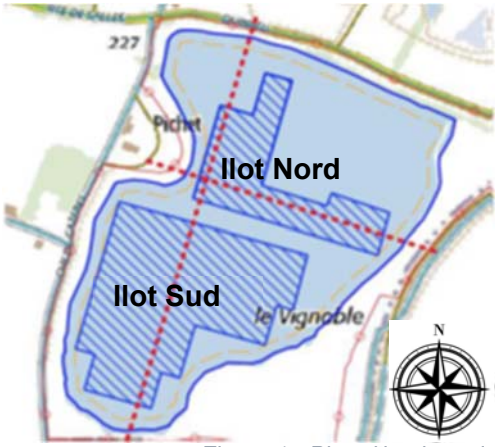


Figure 1 : Plan d'implantation de la centrale photovoltaïque « Le Vignoble »

Quelques caractéristiques techniques du parc flottant :

- puissance de l'installation : 13 MWc ;
- production : 15 450 MWh·an^{-1} ;
- ancrage des îlots en berge et au sol au fond du lac ;
- 34 000 panneaux photovoltaïques soit 6,8 ha de panneaux inclinés à 11° ;
- surface totale des deux îlots (panneaux + flotteurs) : 12 ha ;
- puissance par panneau : 425 Wc ;
- dimension d'un panneau : 1 812 mm x 1 046 mm ;
- câblage :
  - les câbles flottent à la surface du plan d'eau du parc vers le poste de transformation ;
  - il existe différents câbles au sein d'un projet photovoltaïque ;
  - les câbles DC transportent l'énergie produite par les panneaux vers les onduleurs ;
  - les câbles AC transportent l'énergie des onduleurs aux transformateurs, puis vers le poste de livraison ;
- postes de transformation : 7 postes de transformation pour le parc.

En amont de chaque poste de transformation, les panneaux sont connectés entre eux en série.

Chaque série de panneaux est appelée chaîne. Les chaînes convergent jusqu'aux boîtes de jonction. Généralement une boîte de jonction comporte16 chaînes. Celles-ci permettent de réduire le nombre de câbles allant des panneaux vers les onduleurs (DC). Les onduleurs permettent de convertir le courant continu en courant alternatif.

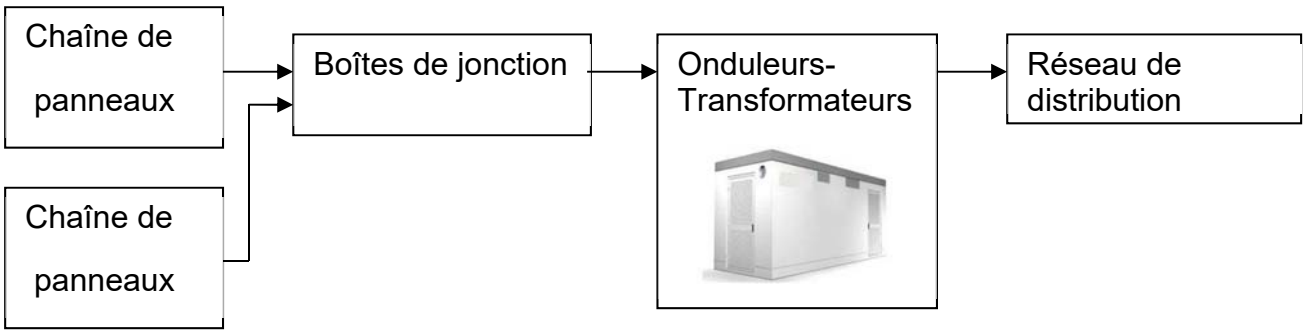


Figure 2 : Principe structurel du parc photovoltaïque

Afin de réduire les pertes lors du transport d'électricité, la tension du système est élevée à la tension du réseau via un transformateur. Cette tension est de 20 kV dans le cas du projet de parc photovoltaïque de Saint-Élix-le-Château.

Les postes de transformation sont des locaux spécifiques comprenant les onduleurs, les transformateurs BT (basse tension) et HTA (haute tension de domaine A), et les cellules de protection.

La surface au sol des postes de transformation est d'environ 15 m².

- Poste de livraison : un seul poste de livraison pour le parc.

L'électricité produite, après avoir été éventuellement rehaussée en tension, est comptée puis injectée dans le réseau électrique français au niveau du poste de livraison qui se trouve au Nord-Ouest du projet.

- Structures flottantes

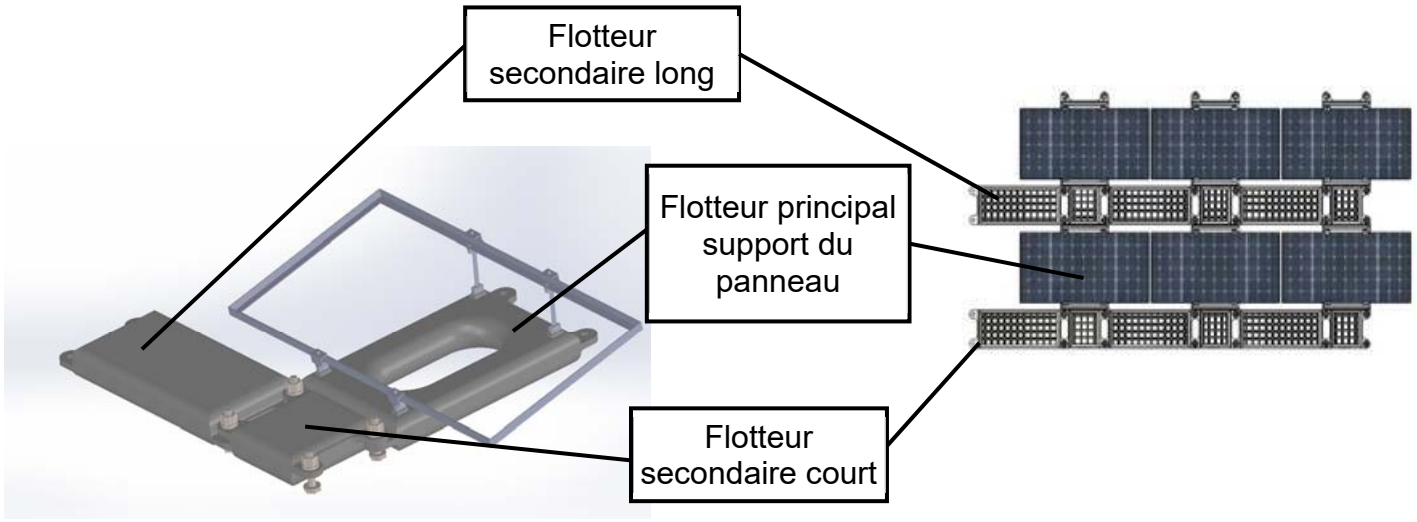


Figure 3 : Système flottant, principe d'un module et vue de dessus d'une série de 6 modules accrochés sur site

Les panneaux photovoltaïques, d'une inclinaison de 11°, sont assemblés par rangées sur une structure flottante formant ainsi un îlot. Le lac de Saint-Élix-le-Château sera composé de modules sur deux ilots.

La structure portante est constituée de plusieurs flotteurs préfabriqués. Ils sont livrés puis assemblés directement sur site.

Travail demandé

Partie 1 : le parc photovoltaïque flottant permet-il de réduire l'impact environnemental ?

Dans cette première partie, il s'agit de quantifier la diminution de production de CO_2 induite par les panneaux photovoltaïques par rapport aux autres moyens de production d'électricité.

Il faudra aussi justifier le choix d'un parc flottant par rapport à un parc photovoltaïque au sol.

Question 1.1 DT1	**Citer** les énergies émettrices de CO_2 qui participent à la production d'électricité en France.

Question 1.2 DT1, DR1	**Compléter** sur le document réponse DR1 les données pour les deux autres filières qui émettent du CO_2. **Calculer** la masse totale de CO_2 éq générée en un an par ces filières carbonées. **Déduire** la masse de CO_2 que la centrale photovoltaïque permet de ne pas émettre en un an.

Le cahier des charges relatif à la création du parc photovoltaïque de Saint-Elix prévoyait, pour préserver le biotope aquatique (préservation de la photosynthèse), un recouvrement partiel de la surface du lac afin de laisser passer les rayons du soleil dans le plan d'eau. La surface totale des deux îlots (panneaux + flotteurs) est de 12 ha.

Question 1.3 DT3	**Calculer** à partir de la description du lac de la page 3, la proportion en % de la surface du plan d'eau recouverte par le parc photovoltaïque (panneaux + flotteurs). **Vérifier** le respect de cette valeur par rapport aux exigences attendues. **Argumenter** ce résultat.

Comparaison entre une centrale terrestre et une centrale flottante :

Cette partie consiste à comparer les surfaces occupées par deux types de centrales, terrestre et flottante.

Question 1.4 DT2, DR2	Pour une production électrique équivalente au parc photovoltaïque étudié, **compléter** le DR2 afin de **déterminer** la surface cultivable épargnée en ayant construit le parc sur le plan d'eau de Saint-Élix plutôt que sur le sol de Cintegabelle.

Une évaluation des impacts peut être réalisée, le DR3 propose des critères d'évaluations à étudier.

Question 1.5 DR3	Sur DR3, **noter** pour chaque critère dans cases grisées (favorable +, nuisible – ou neutre 0) et **compléter** le commentaire pour le critère « occupation des surfaces cultivables » en fonction des résultats de la question 1.4. **Déterminer** le parc le moins impactant. **Justifier.**
Question 1.6	**Argumenter** le fait qu'un parc photovoltaïque flottant permette (ou non) de réduire les impacts environnementaux par rapport aux autres moyens de production d'électricité.

Partie 2 : comment optimiser la production d'énergie électrique dans l'espace disponible du plan d'eau ?

Le client annonce que la centrale a une puissance totale installée de 13 000 kWc. Le nombre de panneaux installés est inchangé.

Question 2.1 DT5	**Calculer** la puissance crête installée P_c [MWc] réelle sachant que la référence des panneaux est SPR-Max3-425.
Question 2.2 DT3, DT4, DT5	**Estimer** la puissance crête minimale P_{C25} [MWc] garantie par le constructeur des panneaux au bout de 25 ans. **Vérifier** la conformité au cahier des charges.

L'objectif est de caractériser les flux principaux d'énergie de la centrale.

Question 2.3 DT6 DR4	Le diagramme de blocs internes du DR4 montre l'orientation du flux de l'énergie permettant d'alimenter les auxiliaires la nuit. **Représenter** par des flèches, l'orientation du flux d'énergie électrique le jour.
Question 2.4 DR4	**Placer** sur le diagramme de blocs internes, les identifiants des flux : - énergie électrique : AC HTA ; - énergie électrique : DC BT ; - énergie électrique : AC BT. **Justifier** le rôle d'un onduleur.

Une simulation de production avec le logiciel PVGIS est envisagée.

Soit une rangée de 20 panneaux de référence SPR-Max3-425 avec une inclinaison de 11° et un azimut de 15°, l'objectif est de justifier la disposition de ces panneaux, de leur inclinaison et de la distance les séparant.

Question 2.5 DT5 DR5	**Cocher** dans les cases du DR5 les paramètres à configurer pour les deux premières lignes du tableau. **Écrire** les valeurs pour les trois dernières lignes.

Les panneaux sont positionnés de la manière suivante :

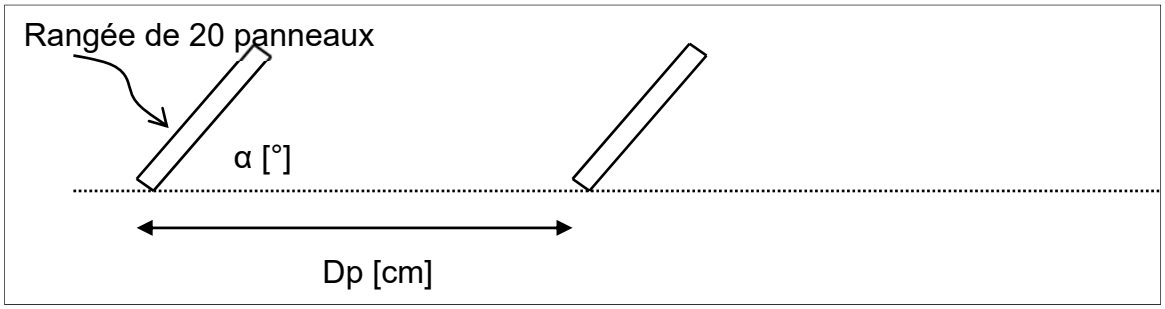


Figure 4 : Schéma de disposition des panneaux

Question 2.6 DT8, DR6	À partir du résultat de la simulation du DT8, **relever** l'énergie électrique totale produite E_{an} [kWh] par une rangée de panneaux sur un an. **Compléter** le résultat dans le DR6.

Question 2.7 DR6	**Calculer,** pour la rangée de 20 panneaux, le ratio énergétique RA [kWh·m^{-1}] de la production électrique fournie par cette rangée E_{an} [kW·h] par rapport à la distance Dp [m] séparant deux rangées pour chaque situation. **Compléter** les 3 cases de la dernière ligne du DR6.

Question 2.8	**Conclure** sur les paramètres influents permettant d'optimiser la production d'énergie électrique injectée au réseau public de distribution.

Partie 3 : comment maintenir des modules photovoltaïques en surface d'un plan d'eau en toute sécurité et en minimisant les impacts environnementaux ?

L'objectif de cette partie est d'identifier les impacts environnementaux possibles et de vérifier les conditions de flottaison.

L'installation des panneaux sur le plan d'eau a été réalisée en mettant en œuvre un système de flotteurs, mais d'autres solutions auraient pu être envisagées. Le document technique DT9 présente quelques autres solutions.

Question 3.1 DT9, DR7	**Compléter** le DR7 en précisant le nom des parties manquantes sur l'IBD partiel des solutions 2 et 3.

Question 3.2

DT10

Calculer, à partir du DT10**,** la surface totale S en m^2 délimitée par le rectangle.

Les surfaces hachurées S_1 et S_2 sont les surfaces qui laissent passer le rayonnement solaire. S_m représente la surface qui empêche le rayonnement solaire de parvenir jusqu'à la surface de l'eau.

Déterminer la surface de masque S_m en m^2 de l'ensemble « panneau + flotteurs » sachant que :

- S_1 = 63 248 mm^2
- S_2 = 35 140 mm^2

Sachant qu'il y a 34 000 panneaux, en **déduire** la surface de masque totale S_{mt} de la centrale.

Les facteurs qui favorisent l'évaporation de l'eau sont :

- la valeur de la surface exposée ;
- le type de matériau ;
- la présence ou non de vent ;
- la valeur de l'humidité de l'air (l'évaporation est plus facile dans un milieu sec qu'humide) ;
- un apport de chaleur.

Question 3.3 | **Justifier** en quoi la centrale limite l'évaporation de l'étendue d'eau.

Le module SPR-Max3-425 repose sur un flotteur dont la forme est précisée ci-dessous :

Dimensions extérieures :

- Largeur l = 980 mm
- Longueur L = 1 890 mm

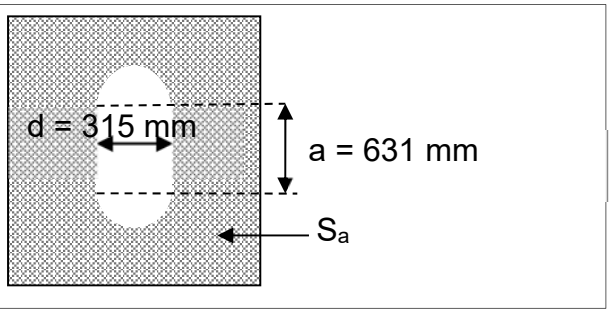


Figure 5 : Forme du flotteur

Question 3.4 | **Calculer** la surface S_a [m^2] d'appui du flotteur sur l'eau (surface grisée).

L'ensemble constitué du flotteur, d'un panneau et de la structure d'accrochage a une masse totale de 34,4 kg.

L'ensemble est en équilibre sur l'eau, ce qui signifie que son poids est compensé par la poussée de l'eau.

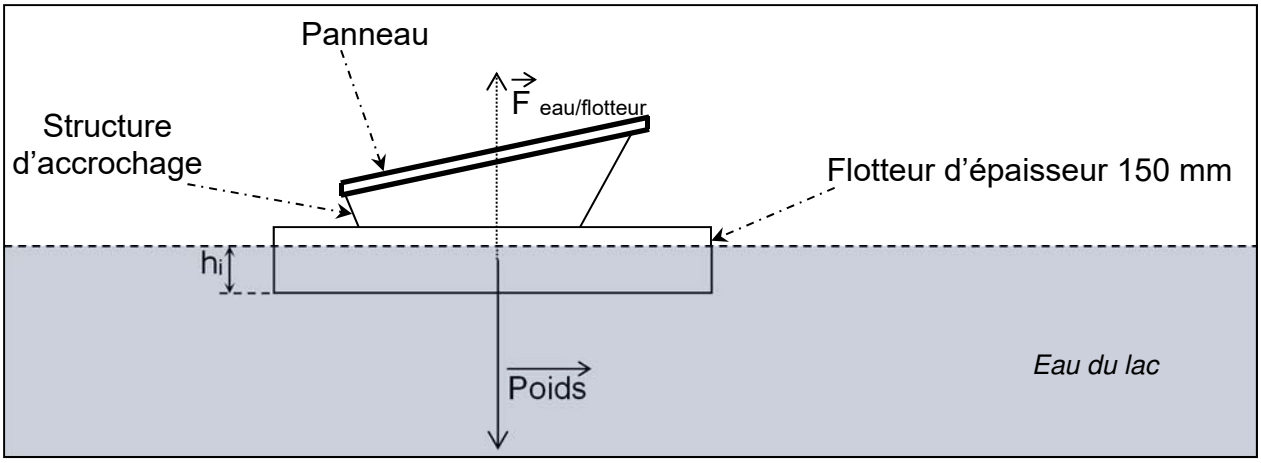


Figure 6 : Schéma mécanique de flottaison

Cela se traduit par :

$$F_{eau/flotteur} = Poids = \rho \times S_1 \times h_i \times g \qquad \text{en unité S.I.}$$

ρ = masse volumique de l'eau, 1 000 kg·m^{-3}

h_i = hauteur d'immersion du flotteur

g = accélération de la pesanteur : 9,81 m·s^{-2}

Question 3.5 | **Calculer** la hauteur d'immersion h_i(mm) de l'ensemble avec S_a = 1,60 m^2.

Question 3.6 | La structure reste-elle en surface du plan d'eau ? **Justifier**.

Partie 4 : comment stabiliser la position de la centrale sur le lac ?

L'objectif est de vérifier que la centrale sera maintenue dans une position respectant les contraintes environnementales (20 m minimum des bords du lac) quelles que soient les conditions météorologiques (niveau d'eau, vent, …).

Le maître d'ouvrage envisage de mettre en place des filins ancrés dans les sables des berges par une technique de pieux vissés « Techno Pieux » qui permettront de stabiliser chacun des deux îlots.

Il s'avère que les sollicitations liées au vent sont les plus problématiques pour le maintien de la position de la centrale.

<u>Détermination des efforts liés au vent.</u>

Pour limiter la complexité de l'étude, les calculs ne seront réalisés que selon la direction des vents dominants du site : la direction Nord-Ouest. De plus, seul l'îlot principal Sud sera considéré.

La station météo la plus proche de Saint-Élix le Château se situe à Palaminy. Ce sont donc les données de cette station qui serviront pour le dimensionnement de la structure.

Question 4.1
DT11

Indiquer la valeur maximale de vent en rafale relevé à Palaminy.

Question 4.2
DT12

Déterminer l'effort maximal du vent (noté F_v) exercé horizontalement selon la direction Nord-Ouest à partir de la courbe du document technique.

<u>Détermination de la résistance des Techno Pieux</u>

L'ancrage du système de retenue du parc flottant sur les berges est prévu au moyen de pieux vissés de type Techno Pieux (technique présentée dans le document technique 13).

Question 4.3
DT13

Le pieu d'essai (de type L5K-200) réalisé en préalable au chantier a conduit à un couple de rotation moyen au sein de la couche d'ancrage de 6 700 N·m.
Justifier le choix de prendre la valeur de 6 404 N·m dans le tableau de corrélation du document technique.

Question 4.4
DT13

Relever, dans le tableau de corrélation fourni par l'entreprise Techno Pieux, la résistance d'un Techno Pieu L5K-200 à l'arrachement (en tension) qui sera noté $T_{A\ L5K}$.

Les Techno Pieux seront mis en œuvre sur les berges avec une inclinaison de 12° par rapport à l'horizontale (selon le schéma ci-dessous). La résistance à l'arrachement mobilisable horizontalement $T_{H\ L5K}$ pour chacun des pieux dans cette configuration sera alors de : $T_{A\ L5K} \times \cos 12°$.

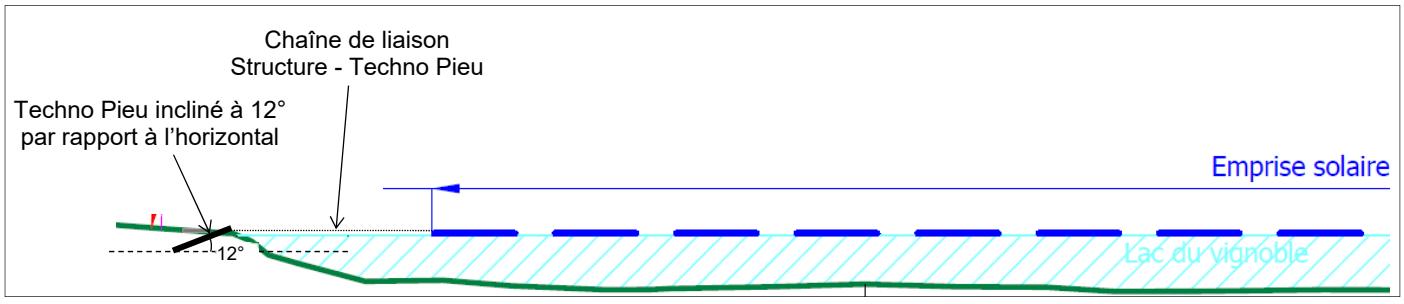


Figure 7 : Schéma de mise en place d'un Techno Pieu

Question 4.5

Calculer l'effort à l'arrachement mobilisable horizontalement (noté $T_{H\ L5K}$) pour un Techno Pieux L5K-200.

Déterminer le nombre de Techno Pieux nécessaire pour reprendre les efforts horizontaux liés au vent F_v.

Partie 5 : comment structurer le réseau de communication ?

Quelques équipements sont installés en réseau dans le but de mesurer et de transmettre des informations pour la bonne gestion de la centrale.

Le schéma partiel ci-contre présente le principe et quelques clients connectés (caméras et station météo).

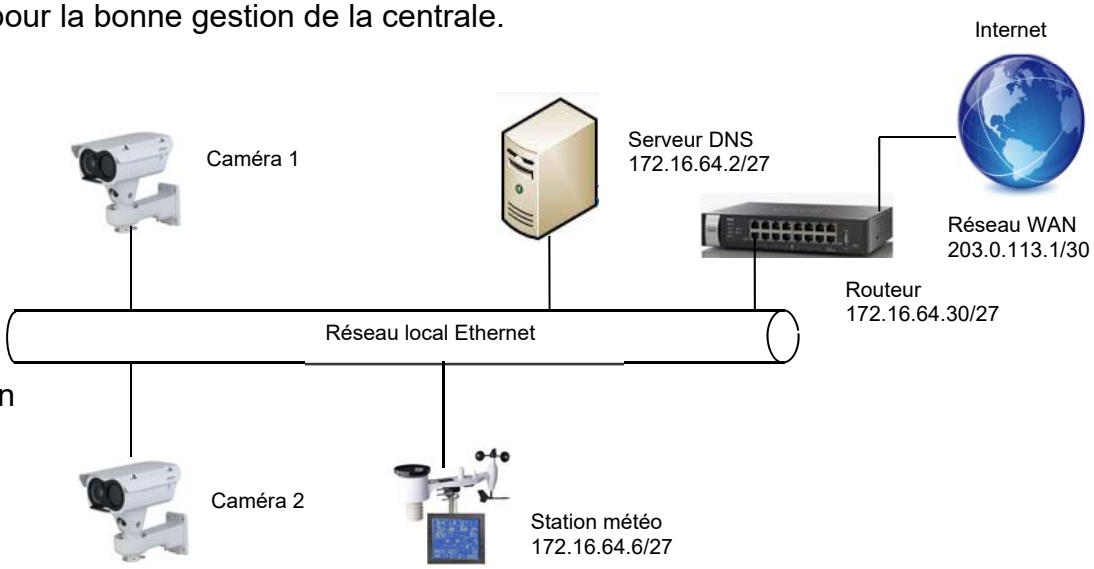


Figure 8 : Schéma de principe du réseau de communication de la centrale

Question 5.1 DT7	**Identifier** la nature du flux transmis au logiciel distant SCADA.
Question 5.2	**Proposer** une adresse IP pour la caméra 2.
Question 5.3	**Déterminer** le nombre de clients connectés au réseau LAN. **Identifier et justifier** les deux types de réseau.

DT1 : mix électrique français

Répartition et impact de la production d'électricité par filière en France

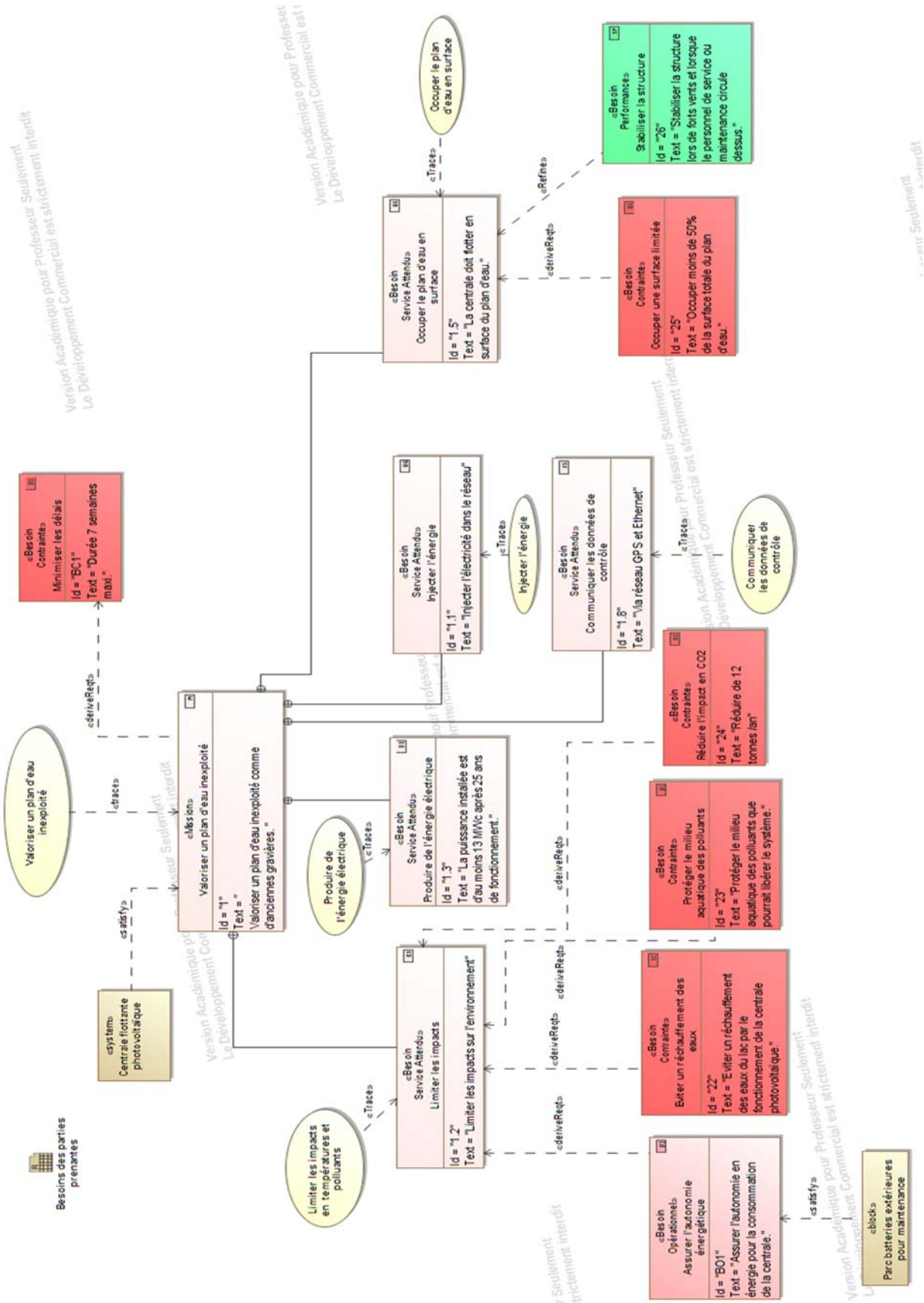
	2021	**Impact CO_2** **Tonne de CO_2 eq / MWh**
Charbon	0,7 %	0,986
Bioénergie	1,9%	0
Fioul	0,4 %	0,777
Gaz	6,3 %	0,429
Solaire	2,7 %	0
Éolien	7 %	0
Hydraulique	12 %	0
Nucléaire	69 %	0

DT2 : parc photovoltaïque au sol de Cintegabelle

Données techniques :

- Surface occupée par le parc : 7,19 ha
- Surface totale de panneaux solaires : 2,4 ha
- Inclinaison 30°
- Puissance du parc : 5 MW
- Production électrique annuelle : 6 700 MWh

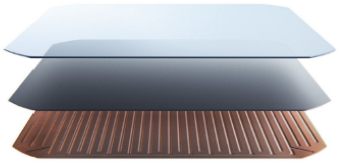
DT3 : cahier des charges



DT4 : caractéristiques des panneaux

Technologie des cellules SunPower Maxeon

- Une technologie éprouvée sur 3,5 milliards de cellules
- Technologie solaire commercialisée la plus efficace[1]
- La seule cellule photovoltaïque dotée d'une base en cuivre brevetée, assurant plus de résistance à la corrosion et aux fissures



Plus d'énergie, plus d'économies

Le panneau SunPower Maxeon 3 est conçu pour produire jusqu'à 35 % d'énergie supplémentaire par rapport à un panneau standard à surface égale pendant 25 ans en conditions réelles - prenant en compte l'ombrage partiel et les températures élevées.[5,6,7]

Un meilleur produit, une meilleure garantie

La Garantie Sérénité 25 ans des panneaux SunPower repose sur des tests indépendants et les données de terrain collectées sur plus de 30 millions de panneaux SunPower Maxeon déployés. Pour preuve : le taux de retour des panneaux sous garantie n'est que de 0,005 %.[8]

- Taux de dégradation annuel maximal 0,25%
- Puissance minimale garantie à 25 ans 92,0%

Leader en matière de production responsable

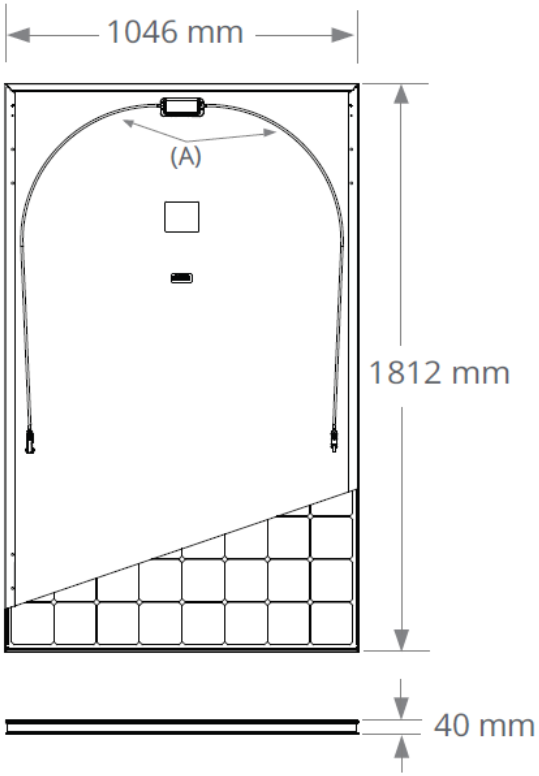
Les panneaux SunPower Maxeon, tout comme les usines où ils sont fabriqués, placent la barre plus haut en termes de protection de l'environnement et de responsabilité sociale - comme l'atteste cet extrait des certifications et marques de reconnaissance obtenues par nos produits et sites de production.

DT5 : caractéristiques des panneaux

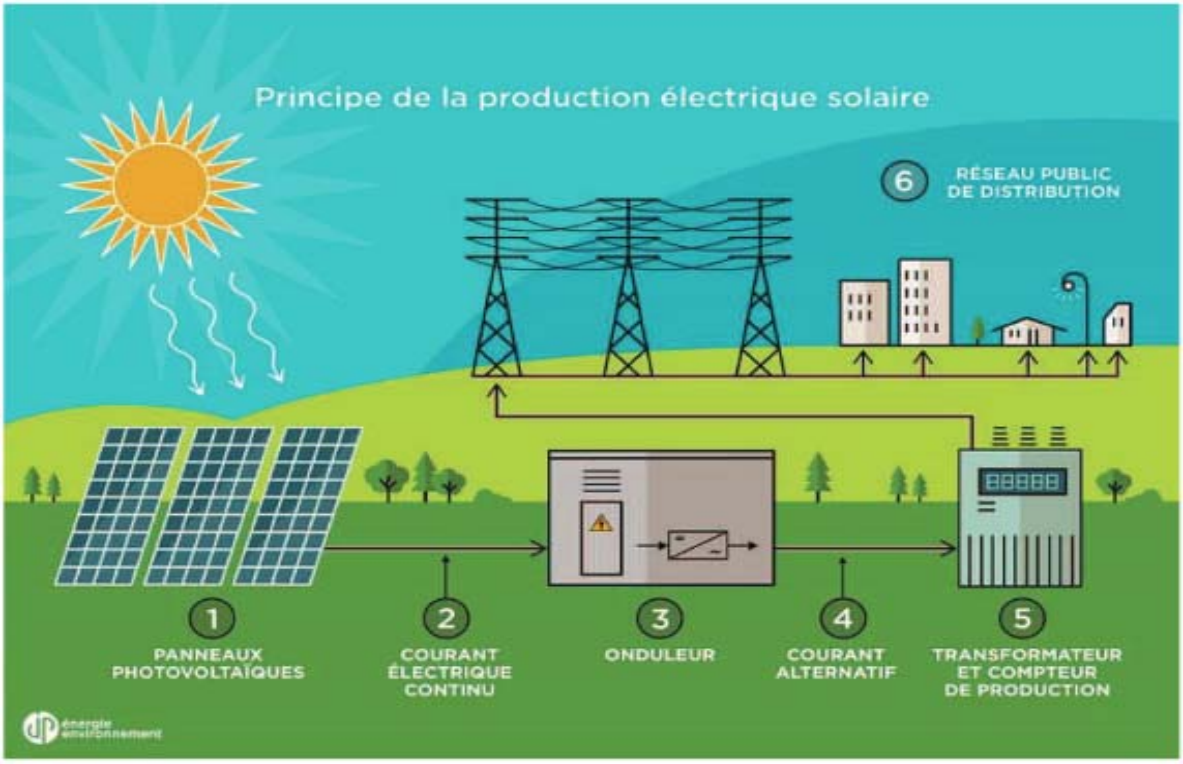
MAXEON 3 PUISSANCE : 415 à 430 W | RENDEMENT : jusqu'à 22,7%

Caractéristiques électriques			
	SPR-MAX3-430	SPR-MAX3-425	SPR-MAX3-415
Puissance nominale (Pnom) [2]	430 W	425 W	415 W
Tolérance (module)	+5/0%	+5/0%	+5/0%
Rendement (module)	22,7%	22,4%	21,9%
Tension à puissance maximale (Vmpp)	70,4 V	70,0 V	69,2 V
Courant à puissance maximale (Impp)	6,11 A	6,07 A	6,00 A
Tension en circuit ouvert (Voc) (+/−3)	81,4 V	81,3 V	81,2 V
Courant de court-circuit (Isc) (+/−3)	6,57 A	6,57 A	6,55 A
Tension maximale du système	1000 V IEC		
Calibre des fusibles série	20 A		
Coef. Temp. Puissance (Pmpp)	−0,27% / °C		
Coef. Temp. Tension (Voc)	−0,236% / °C		
Coef. Temp. Courant (Isc)	0,058% / °C		

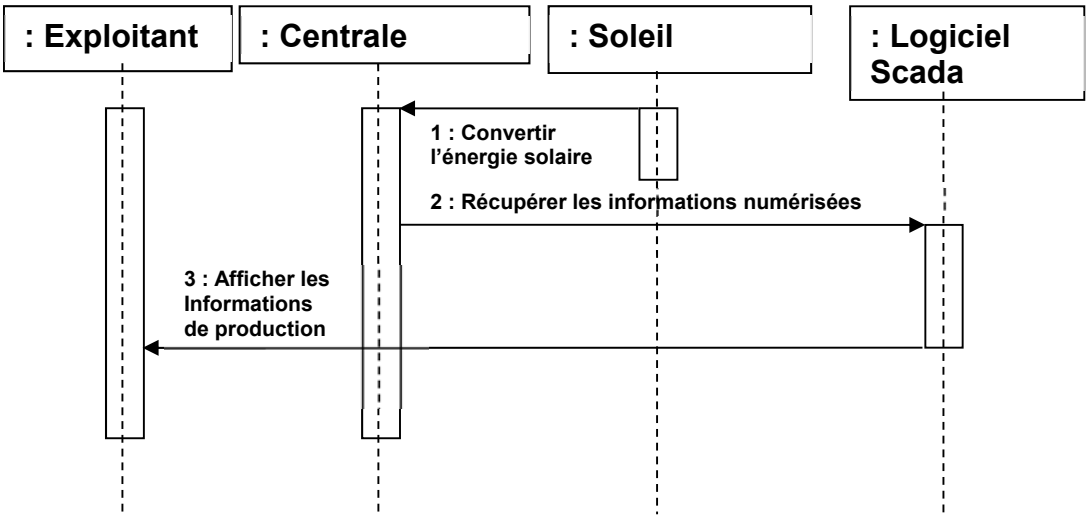
Conditions de test et caractéristiques mécaniques	
Température	−40°C à +85°C
Résistance à l'impact	25 mm de diamètre à 23 m/s
Cellules	112 Cellules monocristallines Maxeon Gén. 3
Verre trempé	Verre trempé haute transmission avec couche antireflet
Boîtier de connexion	Classé IP-68, Stäubli (MC4), 3 diodes de dérivation (bypass)
Poids	21,2 kg



DT6 : principe de l'injection



DT7 : diagramme de séquence partiel



DT8 : résultats de la simulation de production

Conditions : inclinaison 11°/azimut Sud-est-Sud pour une rangée de 20 panneaux.

Énergie PV et irradiation solaire mensuelle

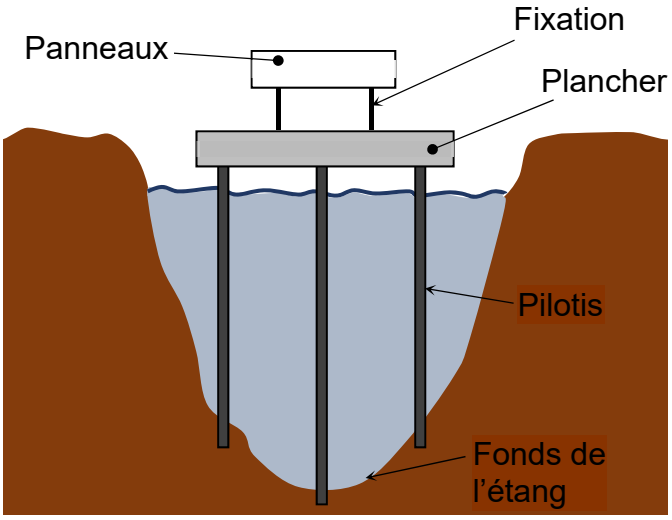
Mois	E_m	H(i)_m	SD_m
Janvier	516.8	63.4	50.5
Février	700.8	85.6	95.0
Mars	1024.0	127.6	116.3
Avril	1203.7	152.9	133.4
Mai	1313.1	169.2	128.0
Juin	1374.2	180.7	94.3
Juillet	1410.9	188.2	103.7
Août	1324.4	175.5	73.0
Septembre	1138.8	147.7	54.9
Octobre	869.5	109.8	84.5
Novembre	586.3	72.2	97.9
Décembre	505.0	62.0	77.6
Total	**10002,5**	**1488,5**	**1180**

E_m : Production électrique moyenne mensuelle du système défini [kWh].

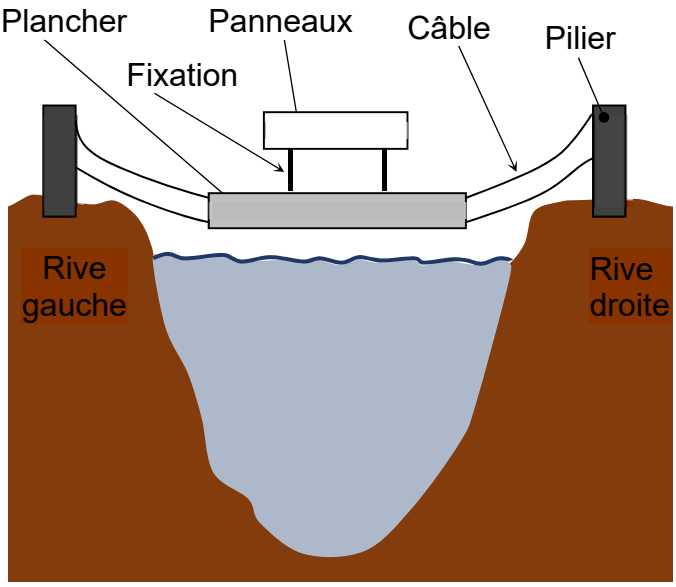
H(i)_m : Montant total mensuel moyen de l'irradiation globale reçue par mètre carré sur les panneaux du système défini [kWh/m^2].

SD_m : Déviation standard de la production électrique mensuelle à cause de la variation interannuelle [kWh].

DT9 : solutions d'installation de panneaux en surface du plan d'eau

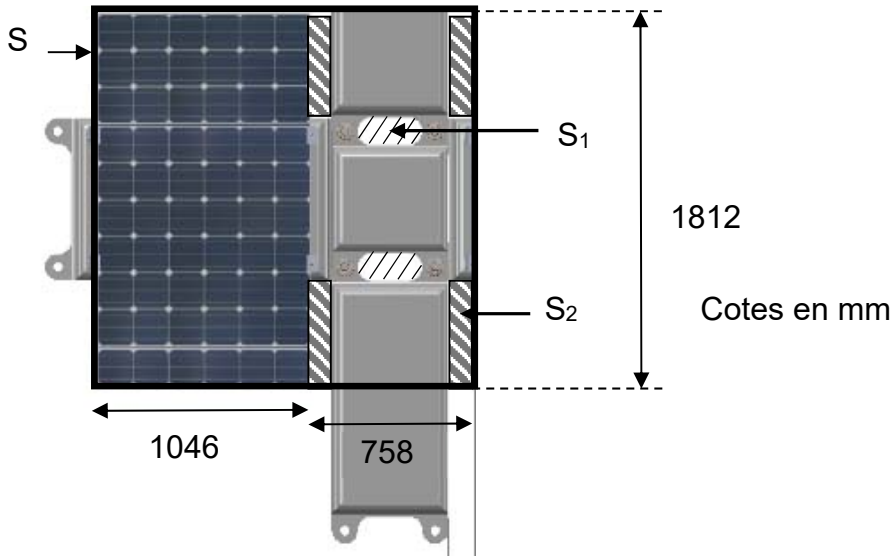


Solution n°2 : centrale sur pilotis



Solution n°3 : centrale suspendue

DT10 : vue de dessus d'une portion de centrale.



Document technique DT11 : fiche climatologique – station de Palaminy

METEO FRANCE

FICHE CLIMATOLOGIQUE

Statistiques 1991−2020 et records

PALAMINY (31)

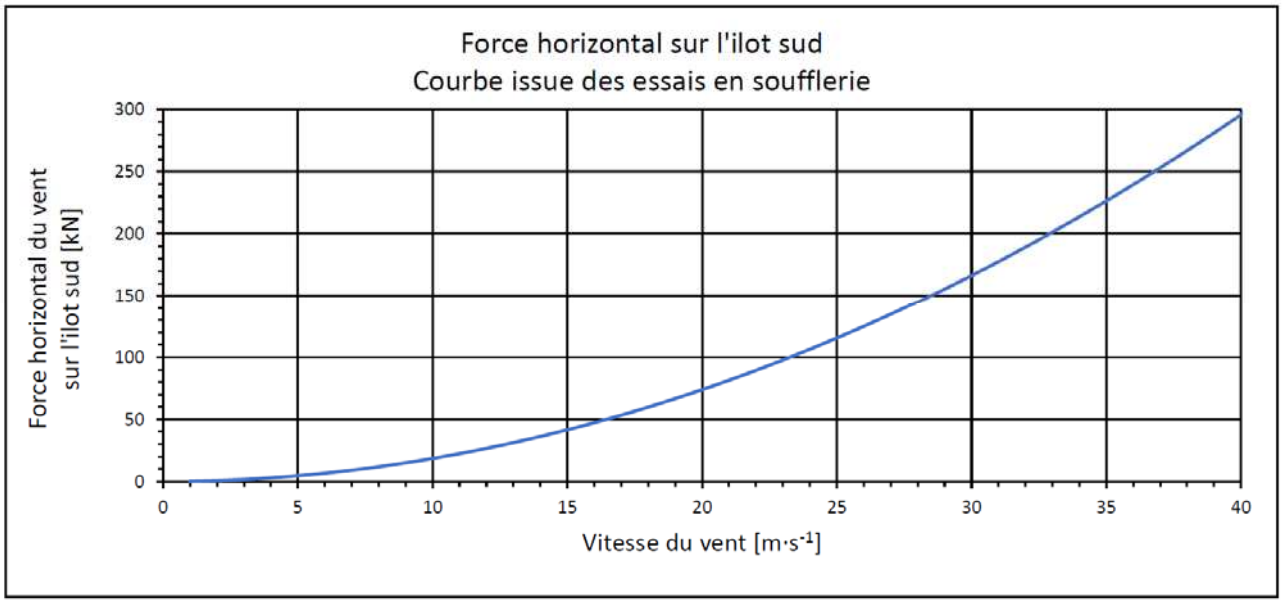
Indicatif : 31406002, alt : 243m, lat : 43°12'00"N, lon : 1°03'00"E

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Degrés Jours Unifiés (moyenne en °C)													Statistiques établies sur la période 2002−2020
	387.8	339	275.6	176.1	94.6	19.6	4.2	3	28.2	118	268.2	370.5	**2084.8**
La rafale maximale de vent (m/s)													Records établis sur la période du 03−05−2002 au 02−11−2022
	29.6	29	30.3	23.3	24.9	22	24.6	26.7	23.3	22.6	24	33.7	**33.7**
Date	01−2018	04−2017	02−2020	13−2008	10−2019	03−2022	13−2018	13−2014	24−2012	04−2010	20−2015	16−2011	**2011**
Vitesse du vent moyenné sur 10 mn (moyenne en m/s)													Statistiques établies sur la période 2002−2020
	2.1	2.2	2.5	2.3	2.2	1.9	2	1.8	1.6	1.5	1.7	1.8	**2**
Nombre moyen de jours avec rafales													Statistiques établies sur la période 2002−2020
>= 16 m/s	2.8	3.1	4.5	2.3	1.6	1.1	1.4	1.2	0.4	0.9	1.4	2.6	**23.3**
>= 28 m/s	0.1	0.1	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.	0.1	**0.4**
16 m/s = 58 km/h, 28 m/s = 100 km/h													
Nombre moyen de jours avec brouillard / orage / grêle / neige													
Données non disponibles													

− : donnée manquante . : donnée égale à 0

Ces statistiques sont établies sur la période 1991−2020 sauf pour les paramètres suivants : précipitations (2002−2020), température (2002−2020), vent (2002−2020).

Document technique DT12 : forces exercées sur la structure en fonction du vent



Document technique DT13 : les Techno Pieux

techno PIEUX
Marque déposée
Le leader MONDIAL

Qu'est-ce qu'un Techno Pieu :

Le pieu vissé de marque « Techno Pieux » agit comme une grande vis qui est installée dans le sol par une machine spéciale, jusqu'à atteindre un sol permettant d'obtenir la capacité portante voulue suivant la structure. Plusieurs dimensions de pieux et d'hélices ont été ainsi conçues dans le but d'assurer que chaque projet profite d'un maximum de support.

Mise en œuvre d'un Techno Pieu

La solution Techno Pieu permet de réaliser des fondations avec une machine de faible gabarit, dans une grande diversité de sol. Ces fondations faciles à mettre en œuvre sont également faciles à démanteler, puisque seulement vissées dans le sol. Il s'agit de fondation éco-responsable ne laissant qu'une faible trace lors de la démolition des ouvrages.

Le dimensionnement des Techno Pieux se fait classiquement à partir d'un tableau de corrélation entre le couple de rotation lors de la mise en place des pieux et la résistance aux efforts de portance et d'arrachement des pieux.

Tableau de corrélation pour dimensionnement de Techno Pieux

Corrélation entre la pression hydraulique et la capacité portante du pieu (ELS)

Tête : modèle L5K-200

Pression		Couple		Capacité en compression			Capacité en tension		
(psi)	(bar)	(lbs-pi)	(N.m)	(lbs)	(kN)	(kg)	(lbs)	(kN)	(kg)
500	34,5	787	1067	3543	15,8	1607	1771	7,9	803
750	51,7	1443	1957	6495	28,9	2946	3247	14,4	1473
1000	68,9	2099	2846	9447	42,0	4285	4723	21,0	2142
1250	86,2	2755	3736	12399	55,2	5624	6199	27,6	2812
1500	103,4	3411	4625	15351	68,3	6963	7676	34,1	3482
1750	120,7	4067	5515	18303	81,4	8302	9152	40,7	4151
2000	137,9	4723	6404	21255	94,5	9641	10628	47,3	4821
2250	155,1	5379	7294	24207	107,7	10980	12104	53,8	5490

Remarque :

- Les valeurs des capacités incluent un facteur de sécurité supérieur ou égal à 2 contre la rupture, ce qui permet de limiter le déplacement total à + / - 10 mm sous la charge en service (ELS)

Document réponses DR1 : émissions annuelles de CO2

P : Production électrique annuelle du parc en MWh	Filière qui produit du CO_2	Proportion de production d'électricité de la filière en %	W : Énergie électrique produite par la filière en MWh/an	M : Émission annuelle de CO_2 par filière en tonnes de CO_2 eq
15 450 MWh	Gaz	6,3 %	W = 0,063 x P W = 973,35 MWh/an	M = 0,429 x 973,35 ME = 417,56 Tonnes de CO_2 eq / MWh
Masse totale de CO_2 engendrée par les filières carbonées en tonnes de CO_2 eq :				

Document réponses DR2 : impact sur les surfaces cultivables

	Parc photovoltaïque au sol de Cintegabelle	Parc photovoltaïque flottant de Saint-Élix
Surface occupée par le parc (ha)		12 ha
Production annuelle du parc (MWh)		15 450
Surface de terres cultivables utilisées pour produire de 15450 MWh (ha)		

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Document réponses DR3 : critères d'évaluation

Critères	Parc photovoltaïque flottant	Parc au sol	Commentaires
Influence de la température ambiante sur la production			L'eau permet une diminution des températures de fonctionnement, ceci permet un gain de production pour les parcs installés sur l'eau.
Occupation des surfaces cultivables			
Impact sur la faune et la flore			Quel que soit le parc, flottant ou au sol, les nuisances apportées à la faune et à la flore sont limitées. Des mesures compensatoires aux quelques impacts générés sont imposés aux abords des installations (mise en place de nichoirs, plantation de haies).
Impact visuel	**+**	**-**	Le parc flottant ne doit pas dépasser la surface de l'eau de plus de 44 cm, ceci lui permet d'être discret et peu visible. Le parc au sol est visible car les panneaux sont inclinés à 30° et plus grands que ceux utilisés pour les parcs flottants. L'impact visuel est important.
Maintenance de l'installation			La maintenance d'un parc au sol est facile à réaliser car l'accès au parc est peu contraint. Pour les parcs flottants, l'accès au système se fait sur des passerelles flottantes et en milieu humide, ceci complique les opérations de maintenance.

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

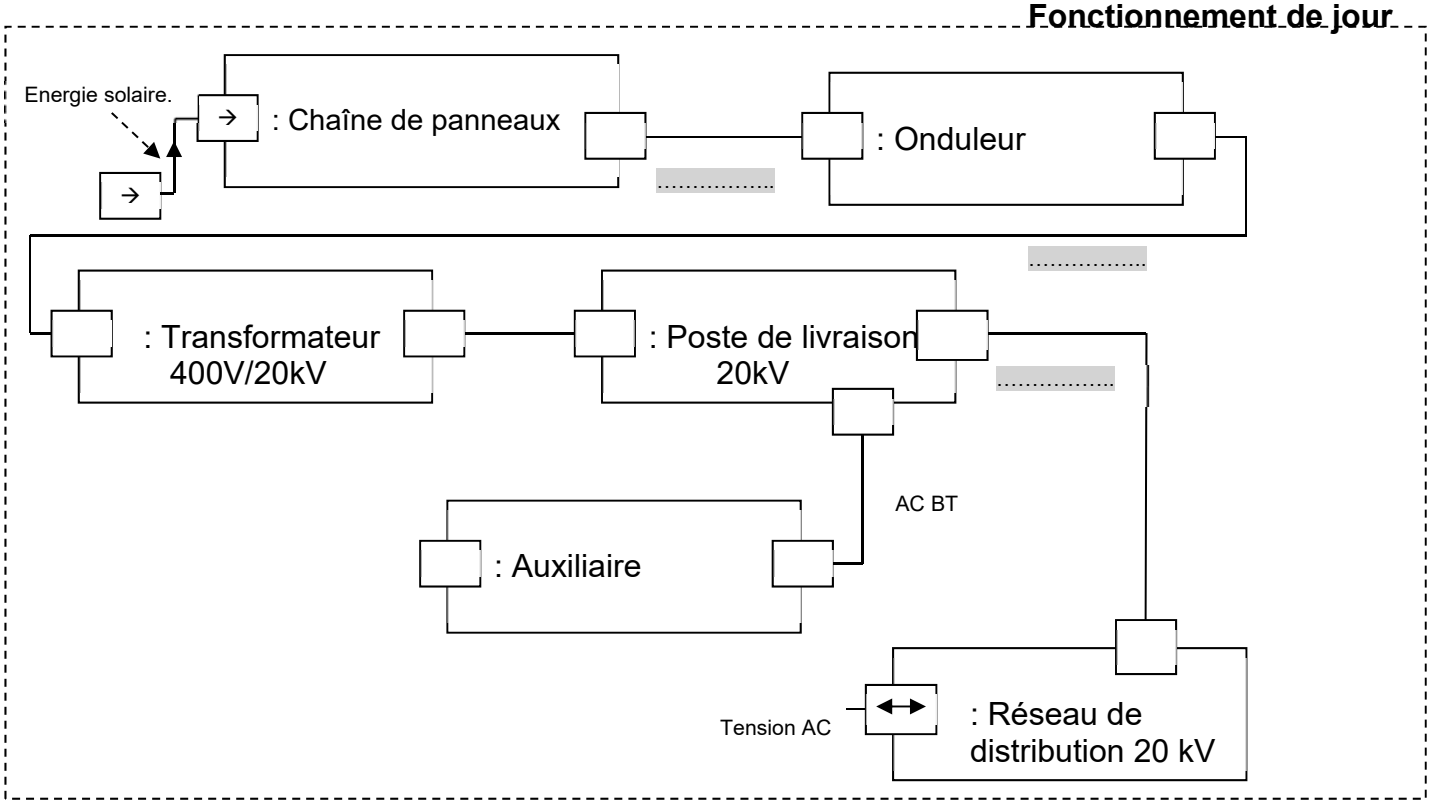
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

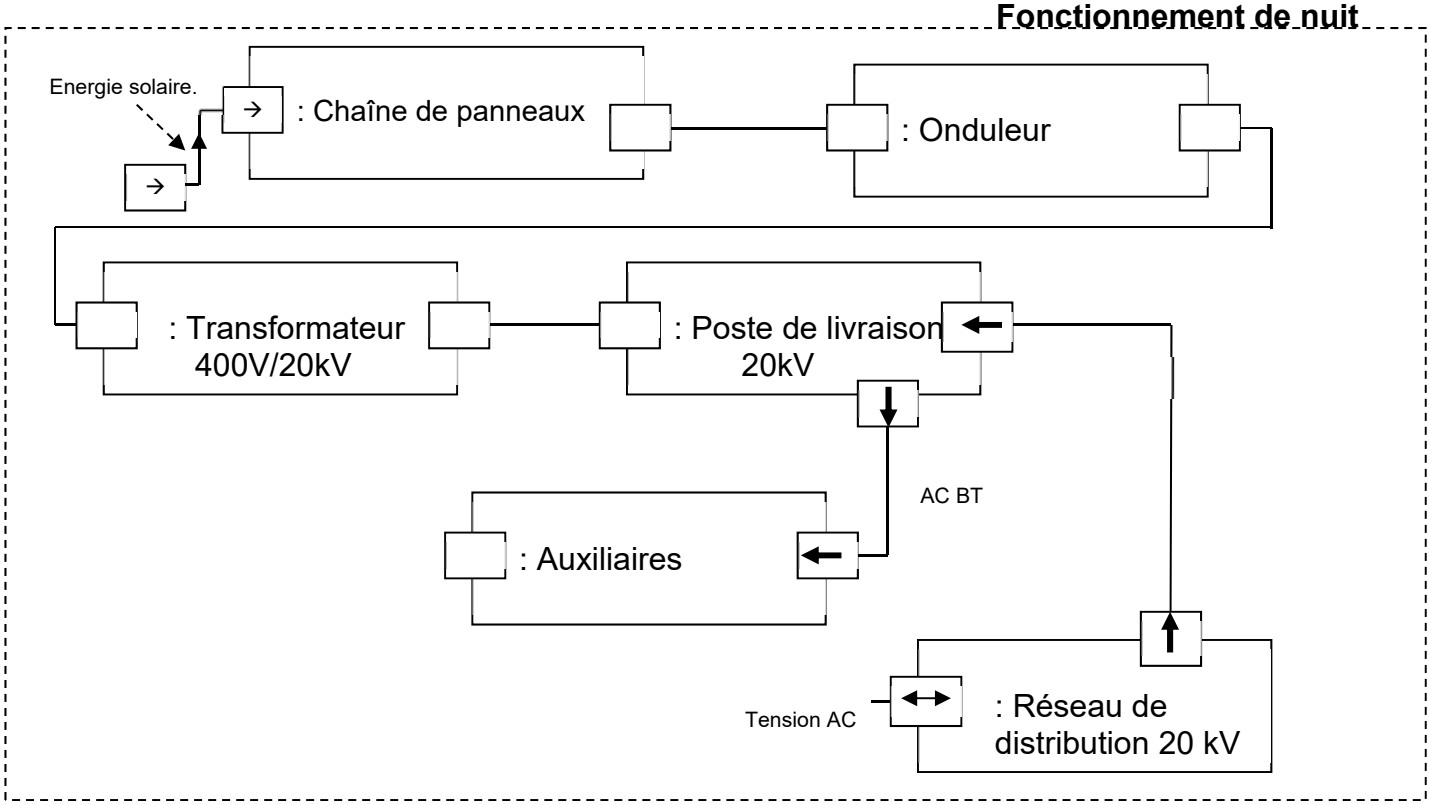
1.2

DR4 : diagramme de blocs internes

Fonctionnement de jour



Fonctionnement de nuit



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DR5 : paramétrage du logiciel PVGIS

Technologie d'un panneau	Silicium monocristallin ? ☐ ou CIS (Cuivre Indium et Sélénium) ? ☐ ou Cdte (Tellurure de Cadmium) ? ☐
Position de montage	À l'air libre ? ☐ ou Intégré au bâtiment ? ☐
Puissance crête (kWc)	……
Inclinaison (°)	……
Azimut (°)	……

DR6 : production électrique d'une rangée de 20 panneaux

Angle d'inclinaison d'un panneau α (°)	11	22	35
Distance Dp (m) entre deux panneaux.	158	205	251
Énergie électrique produite E_{an} (kWh) par une rangée de 20 panneaux	……Q2.6	12673	13053
Ratio RA (kWh·m^{-1}) = Eh/Dp	……Q2.7	……Q2.7	……Q2.7

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

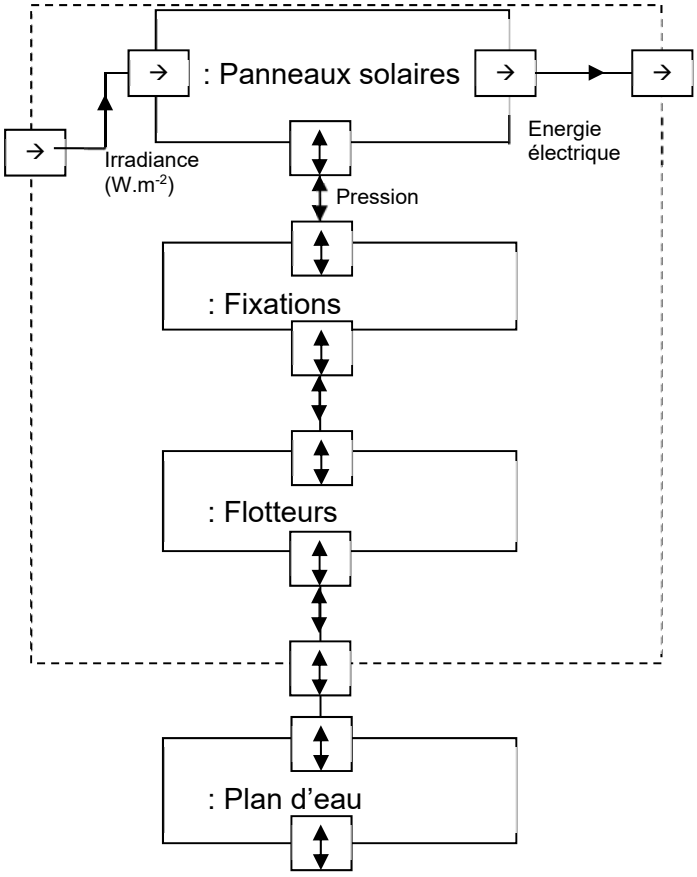
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

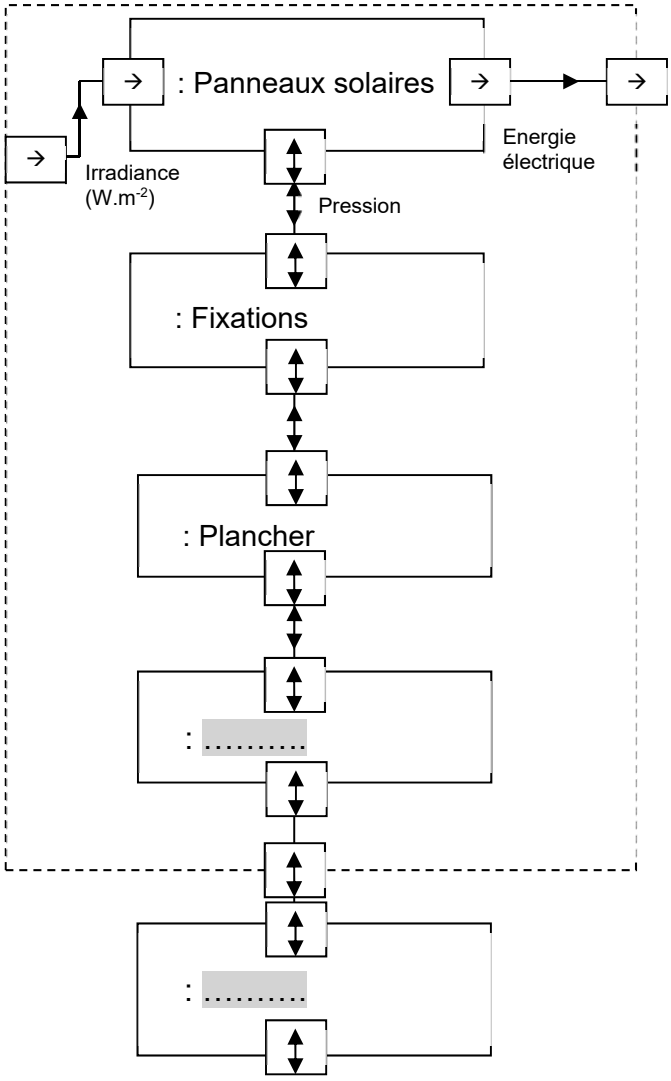
1.2

DR7 : diagramme de bloc interne partiel des différentes solutions de maintien de panneaux en surface

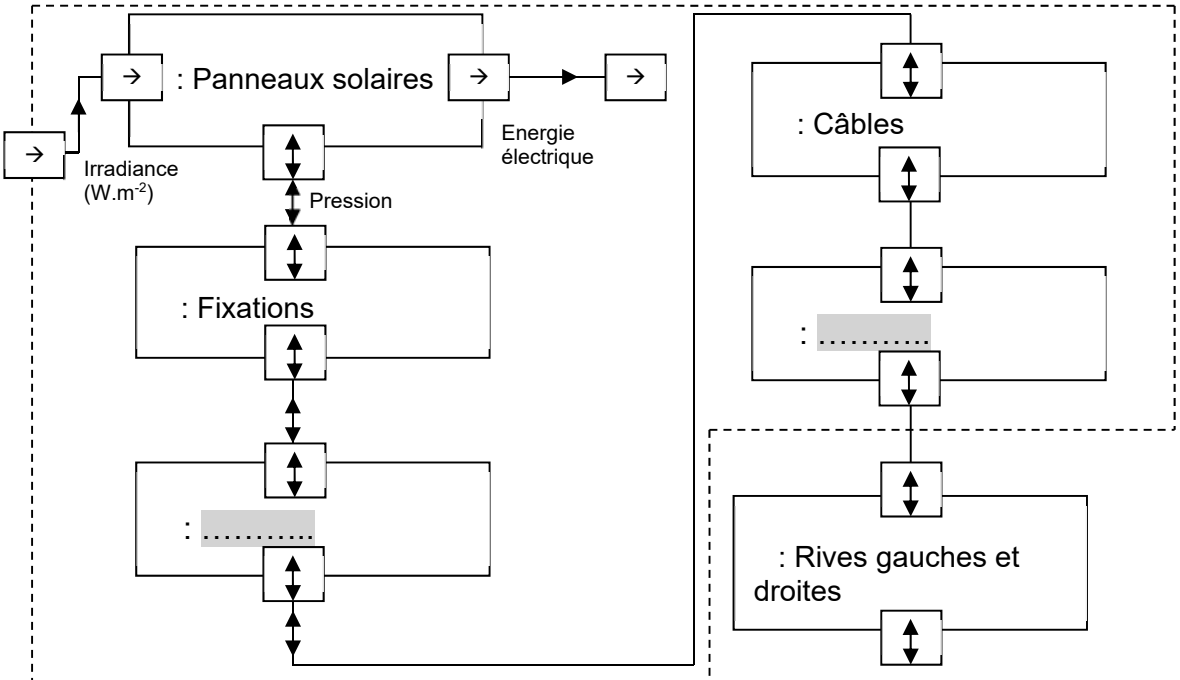
Solution n°1 : Centrale sur flotteurs



Solution n°2 : Centrale sur pilotis



Solution n°3 : Centrale suspendue



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

PARTIE enseignement spécifique (1,5h) ..... 8 points

Vous prendrez une nouvelle copie pour traiter cette partie.

Énergies et environnement

Parc photovoltaïque flottant

- Présentation de l'étude et questionnement ..... pages 25 à 30
- Documents techniques DTS1 à DTS6 ..... pages 31 à 35
- Document réponse DRS1 ..... page 36

Mise en situation

Les centrales photovoltaïques terrestres sont actuellement bien répandues en France, mais les centrales photovoltaïques flottantes sont encore peu installées.

Dans le cadre du projet de parc photovoltaïque flottant de Saint-Élix-le-Château, les caractéristiques des modules photovoltaïques sélectionnés sont les suivantes :

Caractéristiques techniques des modules sélectionnés	
Type de cellules	Silicium monocristallin
Puissance unitaire	Entre 380 et 430 Wc
Longueur	2 m
Largeur	1 m
Caractéristiques techniques de l'installation	
Nombre	Environ 30 590
Surface des panneaux photovoltaïques	Environ 6,8 ha
Surface de l'ensemble de la zone photovoltaïque	Environ 12 ha

La conception du projet a été faite sur la base de panneaux permettant d'obtenir une puissance allant de 11 à 13 MWc pour l'ensemble du parc photovoltaïque flottant.

Câblage des structures flottantes

Tous les câbles issus d'un groupe de panneaux sont reliés à une boîte de jonction, pour ensuite rejoindre le poste de transformation, via des groupes de câbles. Les câbles haute tension en courant alternatif partant du poste de transformation transportent le courant jusqu'au réseau public de distribution d'électricité via le poste de livraison.

Il existe différents câbles au sein d'un projet photovoltaïque :

- les câbles DC transportant l'énergie produite par les modules vers les onduleurs ;
- les câbles AC transportant l'énergie des onduleurs aux transformateurs, puis vers le poste de livraison.

Le principe de câblage est identique aux systèmes installés au sol. La différence principale est que les câbles DC sont en contact avec de l'eau. En conséquence, le revêtement utilisé est étanche et inaltérable.

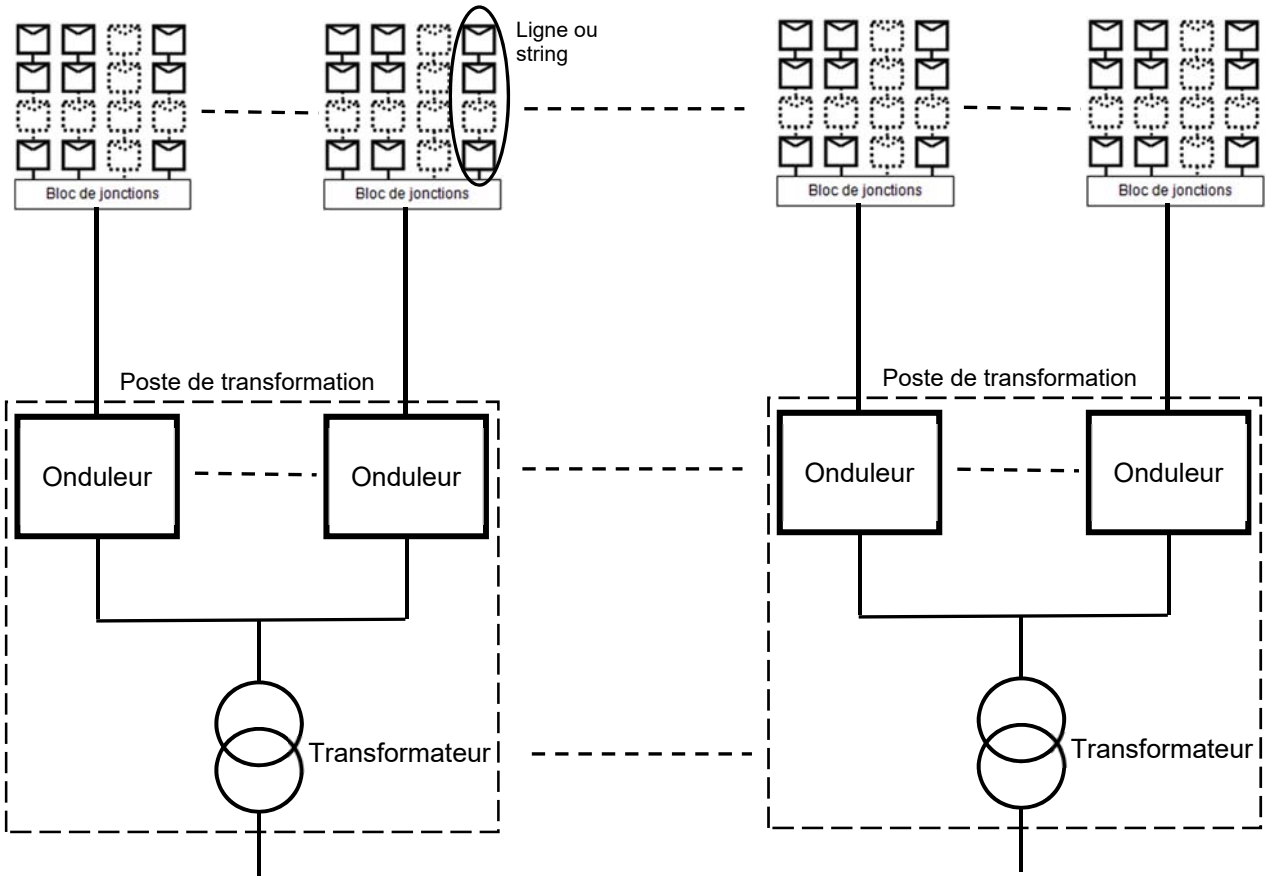
Les postes de transformation

En amont du poste de transformation, les modules sont connectés entre eux en série. Chaque série de modules est appelée string, les strings convergent jusqu'aux blocs de jonctions. Généralement un bloc de jonctions comporte 16 strings. Les blocs de jonctions permettent de réduire le nombre de câbles allant des modules vers les onduleurs. Les onduleurs permettent de convertir le courant continu en courant alternatif.

Afin de réduire les pertes lors du transport d'électricité, la tension du système est élevée à la tension du réseau via un transformateur. Cette tension est de 20 kV dans le cas du projet de parc photovoltaïque de Saint-Élix-le-Château.

Les postes de transformation sont des locaux spécifiques comprenant les onduleurs, les transformateurs BT/HTA, et les cellules de protection.

La centrale photovoltaïque nécessite l'utilisation de 7 postes de transformation (onduleurs/transformateur), afin de collecter l'électricité produite par les modules photovoltaïques. Ils sont situés à l'Est du lac du site.



Travail demandé

Partie A : quelle quantité d'énergie peut produire la centrale photovoltaïque flottante ?

L'objectif de cette partie est de déterminer la production annuelle de la centrale et de vérifier l'influence du refroidissement sur l'installation flottante.

Dans les divers cas étudiés, la centrale possède 30 590 panneaux photovoltaïques d'une puissance crête de 425 Wc.

Question A.1 DRS1	**Calculer** la puissance crête installée de la centrale photovoltaïque.
Question A.2 DRS1	**Calculer** l'énergie produite par la centrale pendant une année dans le cas d'une installation terrestre.
Question A.3 DTS1 DRS1	**Compléter** sur le tableau DRS1 la nouvelle production énergétique de la station flottante sachant que, pour les mois d'avril à novembre, il y a un abaissement de la température des panneaux photovoltaïques de 2,5°C en moyenne par rapport à une centrale terrestre.
Question A.4 DRS1	**Calculer** la production énergétique moyenne annuelle pour la centrale flottante avec abaissement de température de 2,5°C.
Question A.5 DRS1	**Calculer** le rapport énergétique annuel en % entre : - la centrale flottante sans refroidissement et la centrale terrestre ; - la centrale flottante avec refroidissement et la centrale terrestre.
Question A.6	**Déterminer,** du fait du refroidissement des panneaux photovoltaïques, le nombre de foyers supplémentaires que cette centrale photovoltaïque peut alimenter sachant que la consommation moyenne d'un foyer en France est de 4679 KWh.
Question A.7	**Conclure** sur l'intérêt de construire une centrale flottante et l'intérêt d'abaisser la température des panneaux photovoltaïques.

Partie B : quel type d'onduleur et quelle association choisir pour raccorder la centrale au réseau de distribution ?

L'objectif de cette partie est de choisir la structure de raccordement des panneaux photovoltaïques et des onduleurs.

Question B.1 DTS2	**Déterminer** le nombre de panneaux photovoltaïques (référence SPR-MAX3-425) à associer pour obtenir une puissance crête de 13 MW (arrondir à la valeur entière supérieure).

Question B.2 DTS2	**Déterminer** le nombre de panneaux photovoltaïques à placer dans une ligne pour obtenir 560V.

Pour la suite, le nombre de panneaux photovoltaïque retenu sera de 30 592.

Question B.3	**Déterminer** le nombre de lignes que comprend cette installation.

Question B.4	**Relever,** dans la mise en situation, le nombre de postes de transformation. **Déterminer** la puissance crête théorique de chaque poste de transformation. La puissance totale sera répartie au mieux sur chaque poste de transformation.

Question B.5 DTS3	**Sélectionner** un conteneur (onduleurs+transformateur) et **relever** le nombre d'onduleurs et la puissance maximale d'un conteneur.

Question B.6 DTS3, DTS4	**Justifier** le choix de la référence SUNSYS P100TL pour les onduleurs de ce conteneur.

Partie C : quelle est l'influence des câbles sur le bon fonctionnement des onduleurs ?

L'objectif de cette partie est de vérifier si les onduleurs restent toujours dans leur plage de fonctionnement selon leur charge.

L'étude concerne le câble de liaison entre un ensemble de 16 lignes (strings) et un onduleur. Ce câble est à l'air libre.

Question C.1 DTS2	**Déterminer** le courant circulant dans ce câble à puissance maximale.

Question C.2 DTS5	**Déterminer** la section préconisée du câble pour une température ambiante de 70°C.

La distance moyenne de raccordement étudiée est de 50 m entre le bloc de jonctions et le groupe onduleurs/transformateur. La chute de tension maximum autorisée est de 5%.

Question C.3 DTS5	**Calculer** la chute de tension pour une température de 90°C pour un câble de section 16mm^2.

Question C.4	**Calculer** la chute de tension en Volt puis en % provoquée par la ligne composée de 2 câbles qui relie le bloc de jonction à l'onduleur.

Question C.5 DTS5	**Calculer** la puissance perdue dans la ligne.

Question C.6	**Conclure** sur le respect de la chute de tension maximale et l'impact du câble sur la production.

Partie D : comment identifier un défaut de production ?

L'objectif de cette partie est de déterminer un défaut de production par analyse des graphes de production.

Question D.1 DTS6	**Proposer** une explication de l'écart obtenu entre la courbe de production prévisionnelle et de la courbe mesurée et mise à l'échelle le 16 mars.

Question D.2 DTS6	**Proposer** une explication potentielle du retour à la normale entre la courbe de production prévisionnelle et de la courbe mesurée et mise à l'échelle le 18 mars.

Question D.3 DTS6	**Conclure** sur l'intérêt de pouvoir détecter une baisse de production anormale de la centrale photovoltaïque.

Document technique DTS1

Un **panneau photovoltaïque** qui a un rendement de 20% dissipe 80% de l'énergie captée en chaleur. L'augmentation de la température du panneau provoque alors une baisse du rendement.

Cette baisse de rendement est quantifiée sur les fiches fournies par les constructeurs de panneaux photovoltaïques par le **« coefficient de température », noté *c* en %**.

La puissance à la nouvelle température θ_2 s'écrit : $P_{\theta_2} = P_{\theta_1}\left[1 + \frac{c}{100}(\theta_2 - \theta_1)\right]$.

avec P_{θ_1}, puissance à la température θ_1.

Document technique DTS2

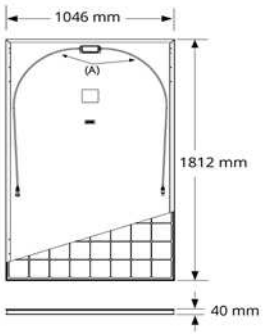
MAXEON 3 PUISSANCE : 415 à 430 W | RENDEMENT : jusqu'à 22,7%

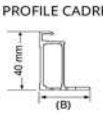
Caractéristiques électriques			
	SPR-MAX3-430	SPR-MAX3-425	SPR-MAX3-415
Puissance nominale (Pnom) [8]	430 W	425 W	415 W
Tolérance (module)	+5/0%	+5/0%	+5/0%
Rendement (module)	22,7%	22,4%	21,9%
Tension à puissance maximale (Vmpp)	70,4 V	70,0 V	69,2 V
Courant à puissance maximale (Impp)	6,11 A	6,07 A	6,00 A
Tension en circuit ouvert (Voc) (+/−3)	81,4 V	81,3 V	81,2 V
Courant de court-circuit (Isc) (+/−3)	6,57 A	6,57 A	6,55 A
Tension maximale du système		1000 V IEC	
Calibre des fusibles série		20 A	
Coef. Temp. Puissance (Pmpp)		−0,27% / °C	
Coef. Temp. Tension (Voc)		−0,236% / °C	
Coef. Temp. Courant (Isc)		0,058% / °C	

Conditions de test et caractéristiques mécaniques	
Température	−40°C à +85°C
Résistance à l'impact	25 mm de diamètre à 23 m/s
Cellules	112 Cellules monocristallines Maxeon Gén. 3
Verre trempé	Verre trempé haute transmission avec couche antireflet
Boîtier de connexion	Classé IP-68, MC4
Poids	21.2 kg
Charge maximale [10]	Vent : 2400 Pa, 244 kg/m² avant et arrière Neige : 5400 Pa, 550 kg/m² avant
Cadre	Anodisé noir de classe 1

Tests et certifications	
Tests Standards [9]	IEC 61215, IEC 61730
Certification Qualité management	ISO 9001:2015, ISO 14001:2015
Test à l'ammoniaque	IEC 62716
Test au sable	MIL-STD-810G
Test aux environnements salins	IEC 61701 (Sévérité maximum)
Test PID	1000 V : IEC 62804
Autres Tests	TUV

Tests et certifications de respect environnemental	
Écolabellisation Declare (IFLI)	Premier panneau solaire labellisé pour sa transparence quant aux matériaux et sa conformité aux normes LBC[11]
Cradle to Cradle Certified™ niveau Bronze	Première gamme de panneaux solaires à avoir été certifiée pour l'innocuité et la réutilisation de ses matériaux, la consommation d'énergie renouvelable, la gestion du carbone, l'utilisation de l'eau et l'équité sociale[12]
Contribution à la certification Green Building	Panneaux permettant l'obtention de points supplémentaires aux fins de l'obtention des certifications LEED et BREEAM
Conforme aux règles HSE	RoHS, OHSAS 18001:2007, sans plomb, recyclage ou PV Cycle, REACH SVHC-163





A. Longueur de cables: 1000 mm +/-10 mm
B. Côté Long: 32 mm
Côté Court: 24 mm

Veuillez lire les instructions de sécurité et d'installation.

1 D'après une analyse par IHS des spécifications indiquées sur les sites Web des 20 plus grands fabricants (en juin 2021).
2 Jordan, et. al. Robust PV Degradation Methodology and Application. PVSC 2018.
3 D'après une analyse des garanties réalisée en octobre 2019 par IHS sur les sites Web des 20 principaux fabricants pour 2019.
4 « SunPower Maxeon Module 40-Year Useful Life ». Durée de vie utile pour 99 panneaux sur 100 fonctionnant à plus de 70 % de la puissance évaluée.
5 SunPower 430 W, 22,7 % de rendement, comparé à un panneau conventionnel pour une installation de mêmes dimensions (Mono PERC 350 W, 19,2 % de rendement, env. 1,82 m²).
6 PV Evolution Labs « SunPower Shading Study », 2013. Comparé à un panneau conventionnel avec contacts sur la face avant.
7 Les panneaux SunPower présentent un taux de pièces défectueuses par million de moins de 50, soit 0,005 %, sur plus de 15 millions de panneaux distribués – Source : "A Comparative Study: SunPower DC Solar Module Warranty Claim Rates" 2019.
8 Conditions de test standard (irradiation de 1 000 W/m², AM 1,5, 25 °C). Norme d'étalonnage NREL : courant SOMS, LACCS FF et tension.
9 Résistance au feu : Classe C selon la norme IEC 61730.
10 Coefficient de sécurité : 1,5.
11 Les panneaux à courant continu SunPower Maxeon ont reçu l'écolabellisation Declare de l'International Living Future Institute (ILFI) pour la première fois en 2016.
12 Les panneaux à courant continu SunPower Maxeon ont reçu la certification Cradle to Cradle Certified™ niveau Bronze – www.c2ccertified.org/products/scorecard/e-series_x-series_solar_panels_-_sunpower_corporation. Cradle to Cradle Certified™ niveau Bronze. Cradle to Cradle Certified™ est une certification du Cradle to Cradle Products Innovation Institute.

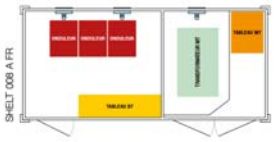
Conception aux États-Unis par SunPower Corporation
Fabrication aux Philippines (cellules)
Assemblage en Malaisie (modules)

SUNPOWER
FROM MAXEON SOLAR TECHNOLOGIES

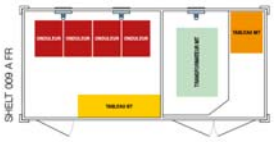
SUNSYS Shelter

Solutions solaires en conteneur terrestre ou maritime.
Solution en conteneur

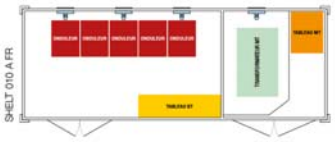
Local technique - configurations standard pour applications sur réseau



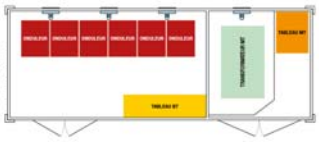
330 kWc - 3 onduleurs
L x P x H : 5 400 x 2 550 x 3 000 mm.



440 kWc - 4 onduleurs
L x P x H : 5 400 x 2 550 x 3 000 mm.

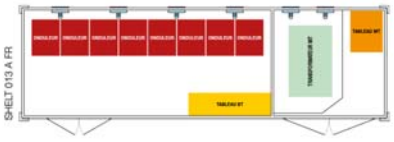


550 kWc - 5 onduleurs
L x P x H : 6 700 x 2 550 x 3 000 mm.



660 kWc - 6 onduleurs
L x P x H : 6 700 x 2 550 x 3 000 mm.

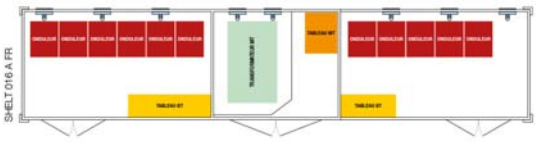
770 kWc - 7 onduleurs
L x P x H : 8 000 x 2 550 x 3 000 mm.



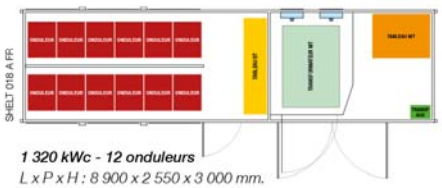
880 kWc - 8 onduleurs
L x P x H : 8 000 x 2 550 x 3 000 mm.

990 kWc - 9 onduleurs
L x P x H : 9 000 x 2 550 x 3 000 mm.

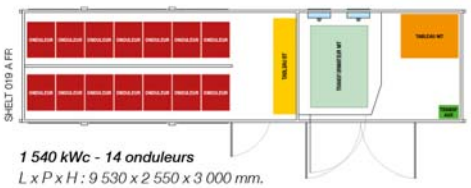
1 100 kWc - 10 onduleurs
L x P x H : 9 500 x 2 550 x 3 000 mm.



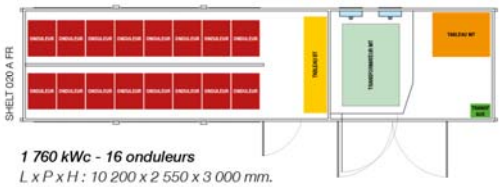
1 210 kWc - 11 onduleurs
L x P x H : 11 100 x 2 550 x 3 000 mm.



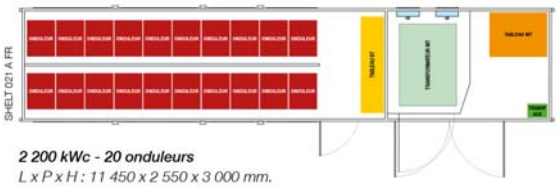
1 320 kWc - 12 onduleurs
L x P x H : 8 900 x 2 550 x 3 000 mm.



1 540 kWc - 14 onduleurs
L x P x H : 9 530 x 2 550 x 3 000 mm.



1 760 kWc - 16 onduleurs
L x P x H : 10 200 x 2 550 x 3 000 mm.



2 200 kWc - 20 onduleurs
L x P x H : 11 450 x 2 550 x 3 000 mm.

Onduleur *Tableau BT* *Tableau MT* *Transformateur MT*
Transformateur auxiliaire *Ventilateur*

SUNSYS P66TL / P100TL

66 et 100 kW

Onduleur triphasé

Caractéristiques techniques

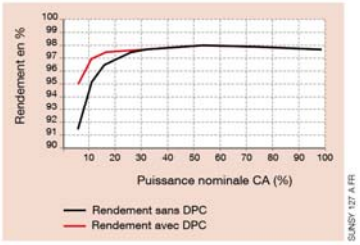
	SUNSYS P66TL	SUNSYS P100TL
ENTRÉE (CC)		
Puissance PV maximale (sous conditions STC)	80 000 W	120 000 W
Tension nominale	550 Vcc	
Tension maximale	900 Vcc	
Plage de tension	350 à 900 Vcc	
Plage de tension MPPT	450 à 850 Vcc	
Tension de démarrage	520 Vcc	
Nombre de MPPT indépendants	2	3
Nombre d'entrées par MPPT	2	
Courant d'entrée maximal	80 A x 2	80 A x 3
Courant de court-circuit maximal	96 A x 2	96 A x 3
SORTIE (CA)		
Puissance nominale	66 600 W	100 000 W
Puissance maximale	73 400 W	110 000 W
Puissance apparente nominale	66 600 VA	100 000 VA
Puissance apparente maximale	73 400 VA	110 000 VA
Tension nominale	280 Vrms(1) 3ph	
Plage de tension	224 à 336 Vrms(1) 3ph	
Fréquence nominale	50 Hz(1)	
Plage de fréquence	47,5 à 51,5 Hz(1)	
Courant nominal	137 Arms	206 Arms
Courant maximal	152 Arms	227 Arms
Taux de distorsion harmonique	< 3 %	
Plage du facteur de puissance	0,8 à 1(2)	
Topologie	Sans transformateur	
RENDEMENT		
Rendement maximal	98 %	
Rendement européen	97,6 %	
Consommation nocturne	10 W	
Débit d'air	960 m³/h	1 440 m³/h
Puissance dissipée maximale	2 470 W	3 650 W
Puissance dissipée maximale	8 420 BTU/h	12 450 BTU/h
Puissance dissipée maximale	2 130 kCal/h	3 150 kCal/h
DONNÉES GÉNÉRALES		
Classe de protection (selon EN 62109)	Classe I	
Catégorie de surtension (selon EN 62109)	Classe III	
Classement environnemental (selon EN 62109)	Intérieur non climatisé	
Indice de protection (selon EN 62109)	IP 20	
Type de connexion CC	Barre de cuivre pour câbles de 25 mm² à 120 mm² (M8)	Barre de cuivre pour câbles de 25 mm² à 120 mm² (M8)
Type de connexion CA	Barre de cuivre pour câbles de 70 mm² à 120 mm² (M8)	Barre de cuivre pour câbles de 120 mm² (M8)
Température de fonctionnement	-5 à +60 °C	
Température nominale	-5 à +45 °C	
Température de stockage	-5 à +60 °C	
Humidité relative	5 % à 95 % sans condensation	
Système de refroidissement	Ventilateurs à vitesse régulée	
Émission acoustique	< 64 dB à 1 m de l'onduleur	
Altitude maximale sans déclassement	0 à 1 000 m	
Dimensions (L x P x H)	600 x 795 x 1 400 mm	
Poids	155 kg	190 kg
Certifications et normes	CEI 0-21, CEI 0-16, VDE AR-N 4105, VDE 0126-1-1, UTE C15-712-1	
Garantie	5 ans (standard), 10 / 15 / 20 ans (extension en option)	

(1) La tolérance acceptée dépend du pays de l'installation et des normes en vigueur.
(2) Paramétrable selon les exigences de l'organisme de distribution d'énergie électrique.

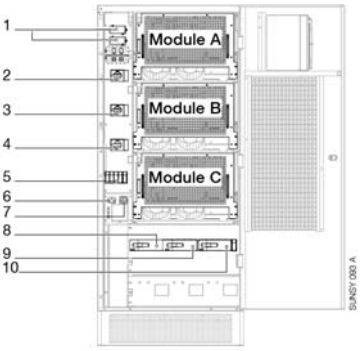
Caractéristiques techniques

DISPOSITIFS DE PROTECTION	
Protection contre les courts-circuits en sortie	•
Protection contre l'inversion de polarité	•
Surveillance de défaut à la terre	•
Surveillance des courants de défaut	•
Parafoudres CC	Option
Parafoudres CA	Option
Sectionneur d'entrée	•
Sectionneur de sortie	•
Interrupteur magnétothermique	-
Protection différentielle sélective en sortie	-
Contrôleur d'isolement	Option
Kit de mise à la terre	Option
COMMUNICATION	
Interface RS485 : série / Ethernet	• / •
Interface WiFi	-
Entrées digitales / Contacts secs de sortie	Option
Slot pour MicroSD	-
Port USB	•
Écran	Écran LCD avec retro-éclairage

Courbe de rendement

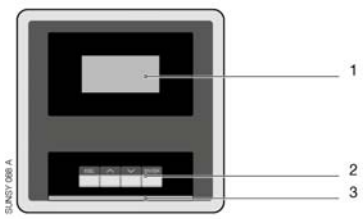


Raccordements



1. Port de communication
2. Sectionneur de sortie module A
3. Sectionneur de sortie module B
4. Sectionneur de sortie module C
5. Sectionneurs avec fusibles
5. IEC320 entrée alimentation AUX
7. IEC320 sortie AUX pour assistance
8. Sectionneur d'entrée module C
9. Sectionneur d'entrée module B
10. Sectionneur d'entrée module A

Écran



1. Affichage graphique LCD
2. Touches de navigation
3. Barre lumineuse d'état de l'onduleur

PRYSMIAN

Une marque de
Prysmian Group

Section nominale *Nominal cross-section* mm²	Résistance linéique Resistance per length unit			Intensité admissible(1) *Permissible current(1)*			Courant de court circuit autorisé *Short circuit authorized* (1s) kA
	à/*At* 20°C Ohm/km	à/*At* 90°C Ohm/km	à/*At* 120°C Ohm/km	A l'air libre in free air A	Un seul câble sur paroi / Only one cable on the wall A	2 câbles adjacents sur paroi / 2 adjacent cables on the wall A	
2,5	8,210	10,509	11,494	37	35	30	0,32
4	5,090	6,515	7,126	50	47	40	0,50
6	3,390	4,339	4,746	64	61	52	0,76
10	1,950	2,496	2,730	89	85	72	1,26
16	1,240	1,587	1,736	120	114	97	2,01
25	0,795	1,018	1,113	160	152	129	3,15

Température maximale à l'âme de 120°C
Température ambiante de 70°C

Maximum temperature of the conductor : 120°C
Room-temperature : 70°C

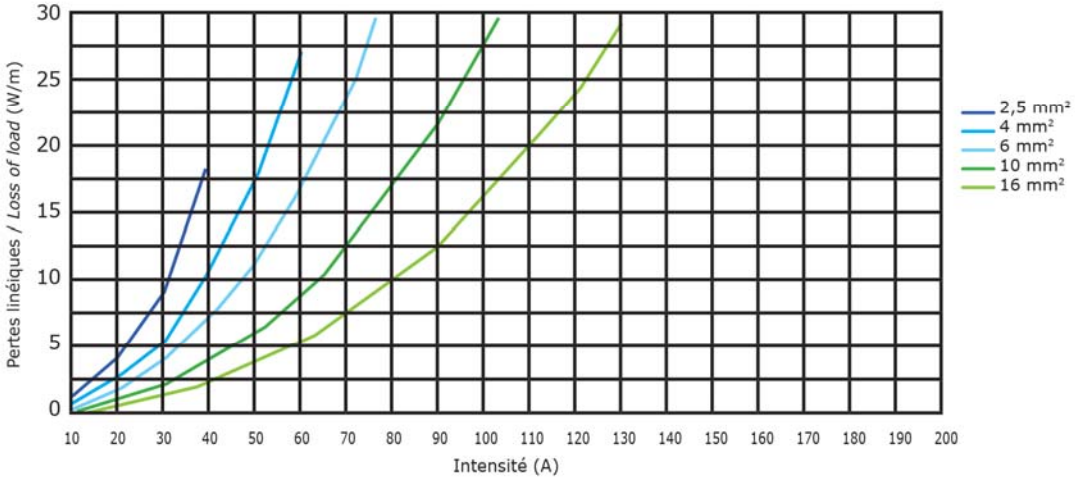
Pour une température ambiante différente, appliquer les facteurs de correction suivants :

For different room-temperatures, apply correction factors below :

Température ambiante Room-temperature °C	Facteur de conversion *Conversion factor*
≤ 60° C	1,08
70°C	1,00
80°C	0,91
90°C	0,82
100°C	0,71
110°C	0,58

Estimation des pertes linéiques (W/m) en fonction de l'intensité transitée et de la section

Loss of load per length unit (estimation) (W/m) depending on current supported and section



Exemple : Pour transiter 40A, une section minimale de 4 mm² est nécessaire. Pertes = 11 W/m.
En utilisant du 6 mm², les pertes ne sont plus que de 7 W/m, soit une diminution d'environ 40%

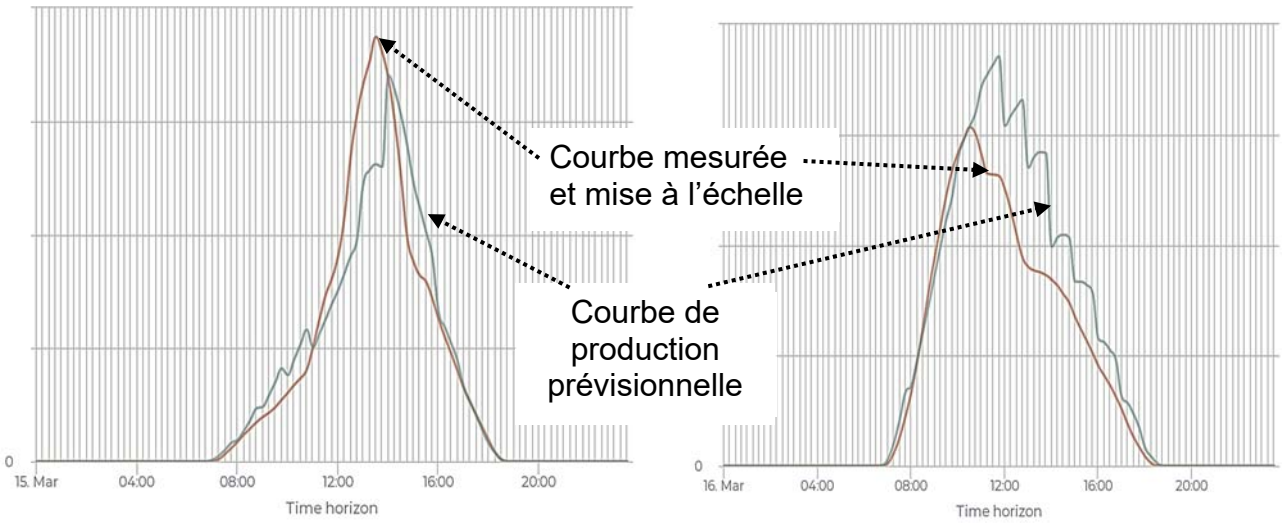
Exemple : To pass 40A, a 4 mm² minimal section is required. Losses = 11 W/m.
Using 6 mm² section, losses would only be 7 W/m, it means a descrease of 40%.

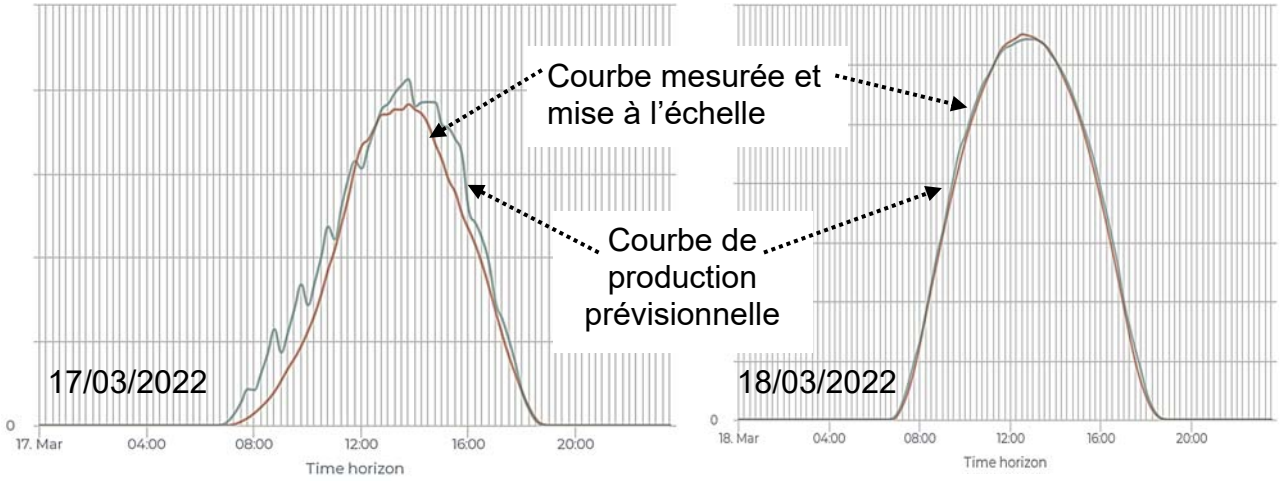
Document technique DTS6

Article en ligne, le samedi 19/03/2022

Vous avez certainement pu le constater en regardant le ciel, et sa couleur dorée, ou en voyant l'état de votre voiture, recouverte d'une fine couche de poussière, cette semaine a été marquée par un phénomène météorologique étonnant. En effet la France a été touchée par une pluie de sable venu du Sahara.

Des concentrations importantes de sable du Sahara ont été transportées par le vent et cet épisode de poussières désertiques a frappé la France mercredi et jeudi. Si votre voiture était stationnée à l'extérieur, vous avez sans doute dû le remarquer !





Document réponses DRS1

Estimation de la production d'une centrale photovoltaïque selon le type d'installation pour 1 kWc installé.

Mois	Production énergétique centrale terrestre en kWh pour 1kWc installé Inclinaison de 38°	Production énergétique centrale flottante en kWh pour 1kWc installé Inclinaison de 11°	Production énergétique centrale flottante en kWh pour 1kWc installé (abaissement de 2,5°c)
Janvier	75,7	52,7	52,7
Février	89,2	69,6	69,6
Mars	118,9	104,5	104,5
Avril	125,4	122,7	
Mai	125,0	131,6	
Juin	136,7	137,8	
Juillet	131,4	141,1	142,1
Août	135,5	133,5	134,4
Septembre	124,6	113,5	114,3
Octobre	109,2	88,1	88,7
Novembre	84,1	60,2	60,6
Décembre	78,8	52,1	52,1

Total	1334,4	1207,5	

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.