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

SYSTÈMES D'INFORMATION ET NUMÉRIQUE

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 39 pages numérotées de 1/39 à 39/39.

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.

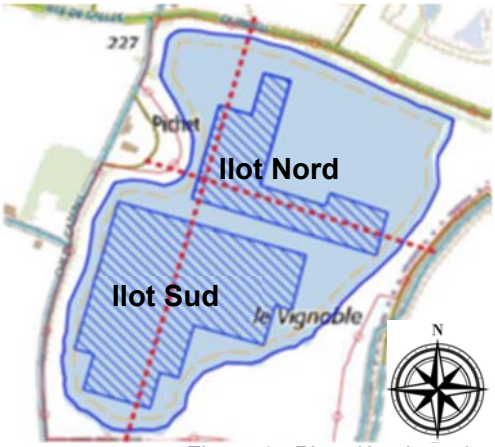


Figure 1 : Plan d'implantation de la centrale photovoltaïque « Le Vignoble »

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.

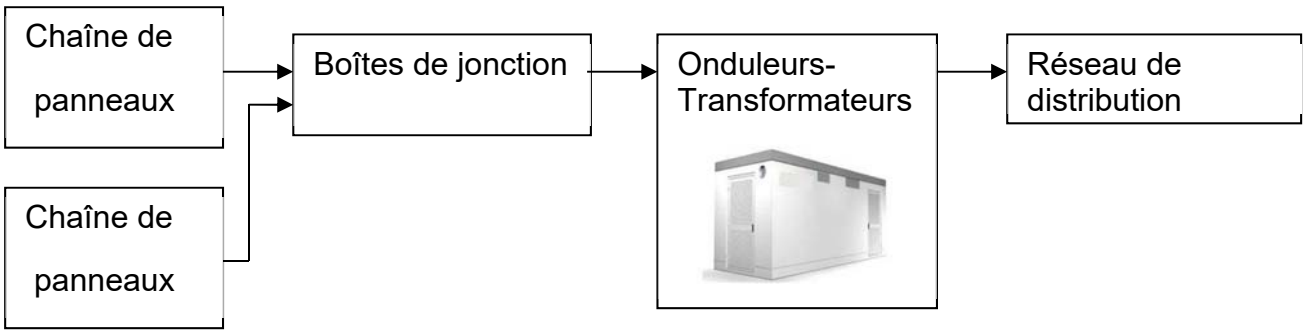


Figure 2 : Principe structurel du parc photovoltaïque

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

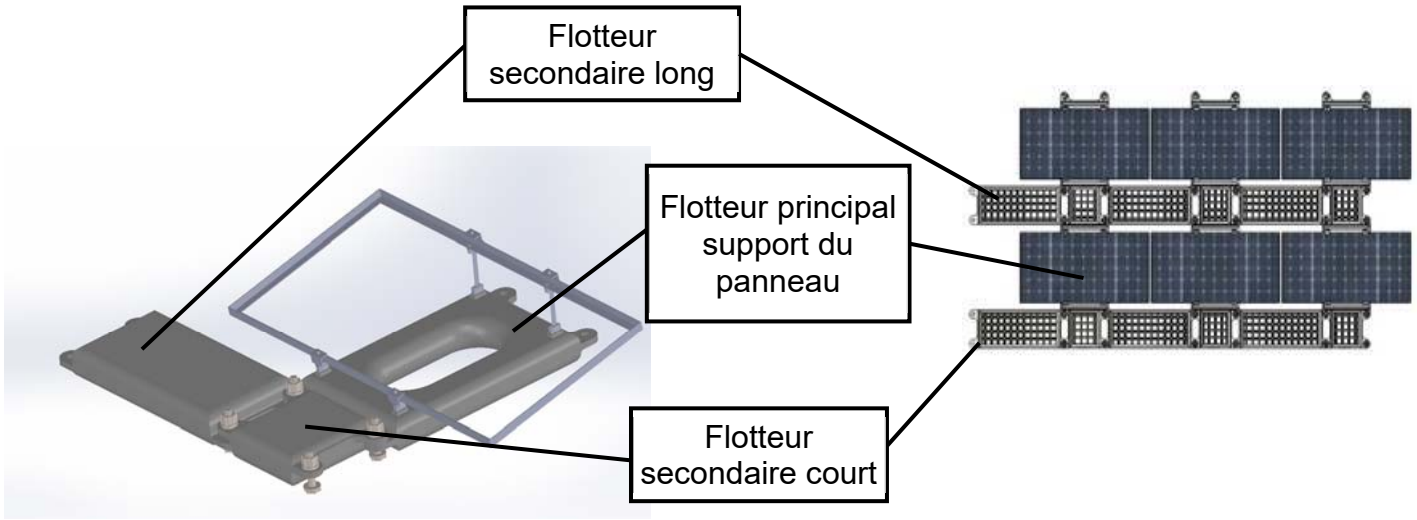


Figure 3 : Système flottant, principe d'un module et vue de dessus d'une série de 6 modules accrochés sur site

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 :

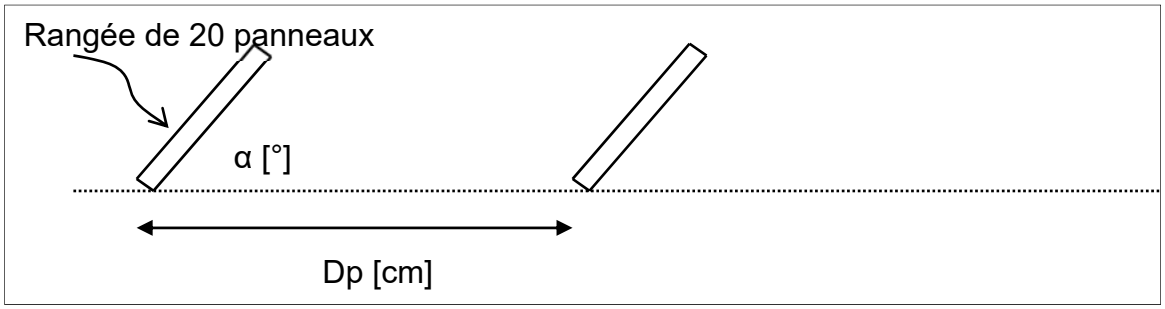


Figure 4 : Schéma de disposition des panneaux

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

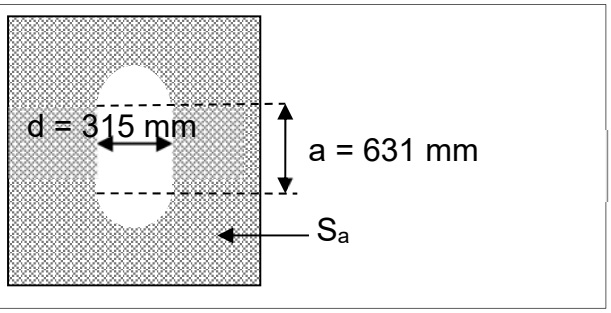


Figure 5 : Forme du flotteur

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.

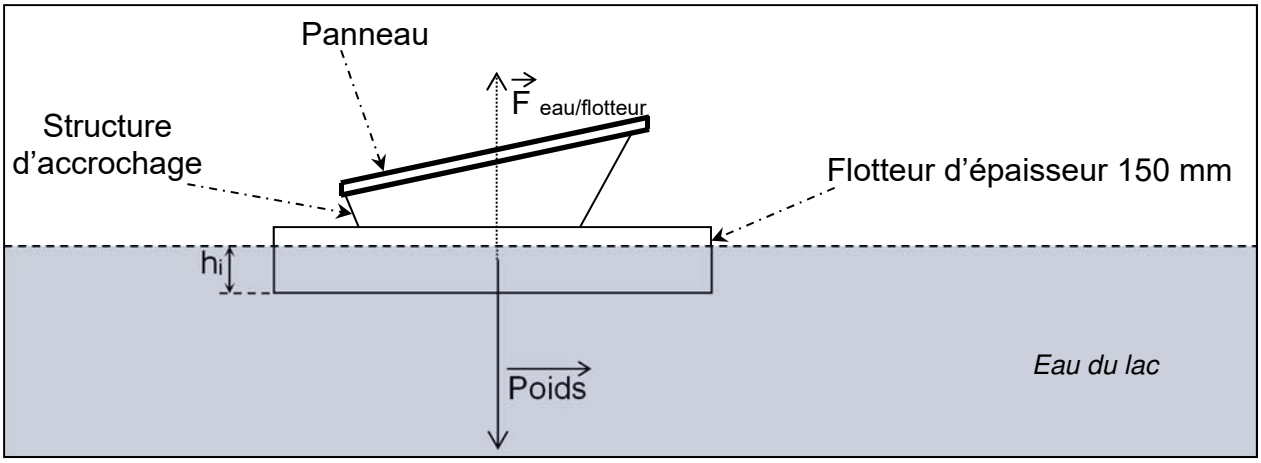


Figure 6 : Schéma mécanique de flottaison

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 : $T_{A\ L5K} \times \cos 12°$.

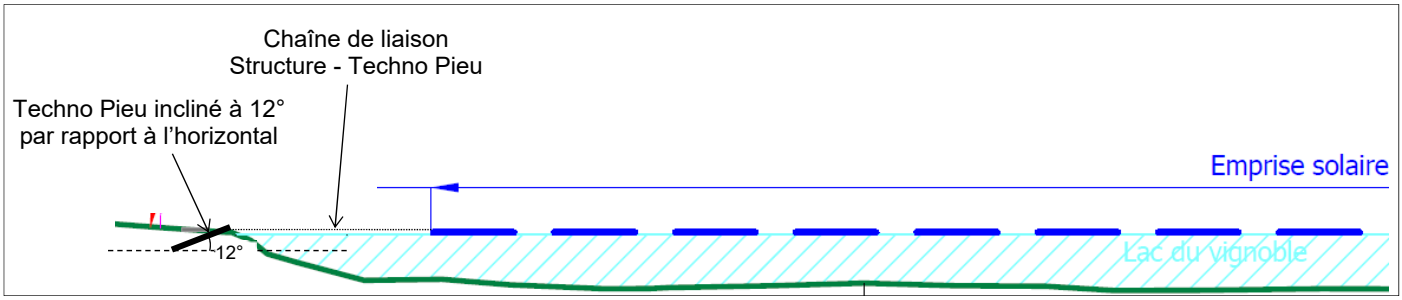


Figure 7 : Schéma de mise en place d'un Techno Pieu

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).

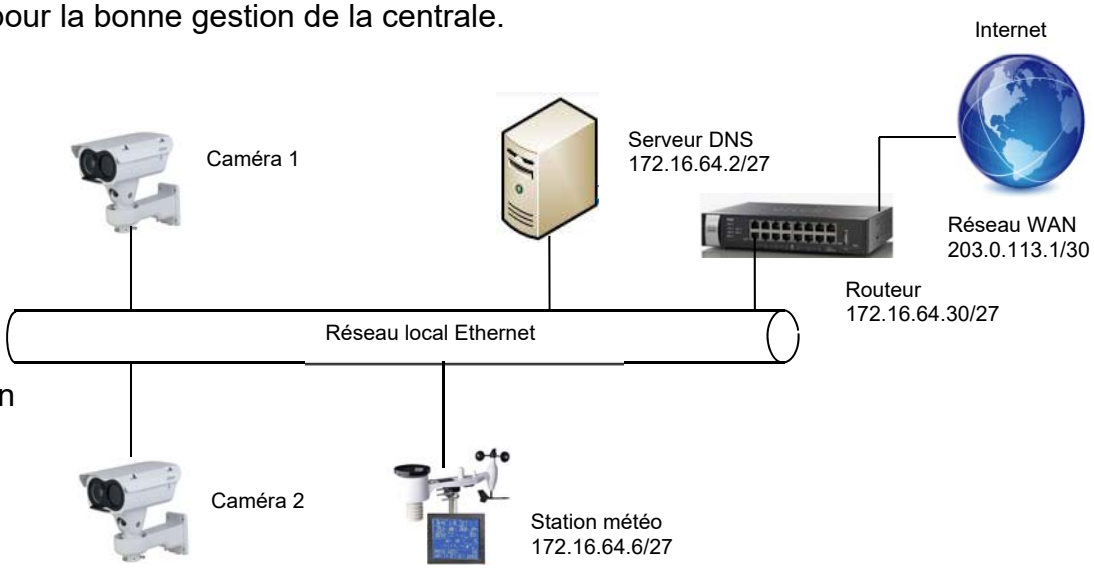


Figure 8 : Schéma de principe du réseau de communication de la centrale

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

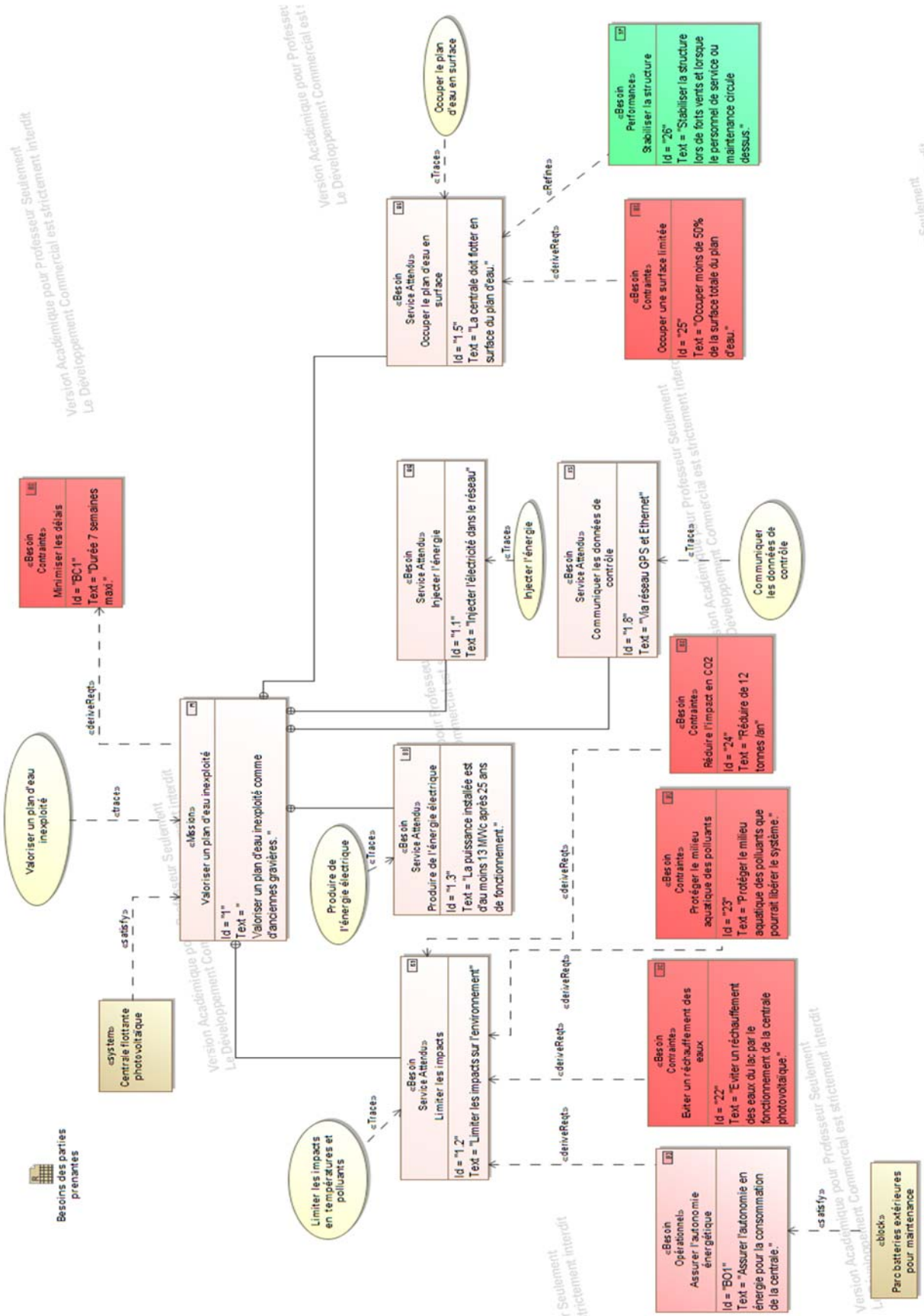
	2021	**Impact CO_2** **Tonne de CO_2 eq / MWh**
Charbon	0,7 %	0,986
Bioénergie	1,9%	0
Fioul	0,4 %	0,777
Gaz	6,3 %	0,429
Solaire	2,7 %	0
Éolien	7 %	0
Hydraulique	12 %	0
Nucléaire	69 %	0

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

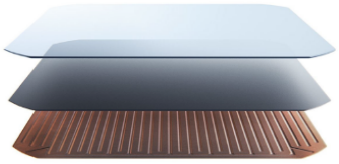
DT3 : cahier des charges



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

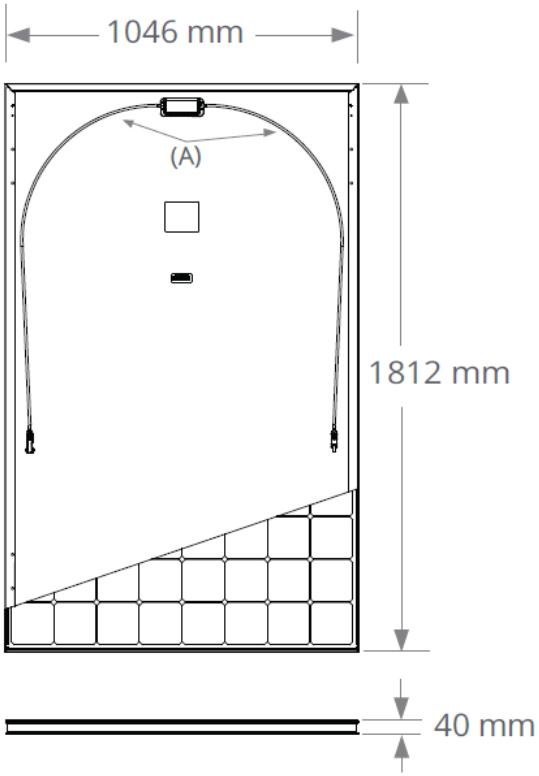
Les panneaux SunPower Maxeon, tout comme les usines où ils sont fabriqués, placent la barre plus haut en termes de protection de l'environnement et de responsabilité sociale - comme l'atteste cet extrait des certifications et marques de reconnaissance obtenues par nos produits et sites de production.

DT5 : caractéristiques des panneaux

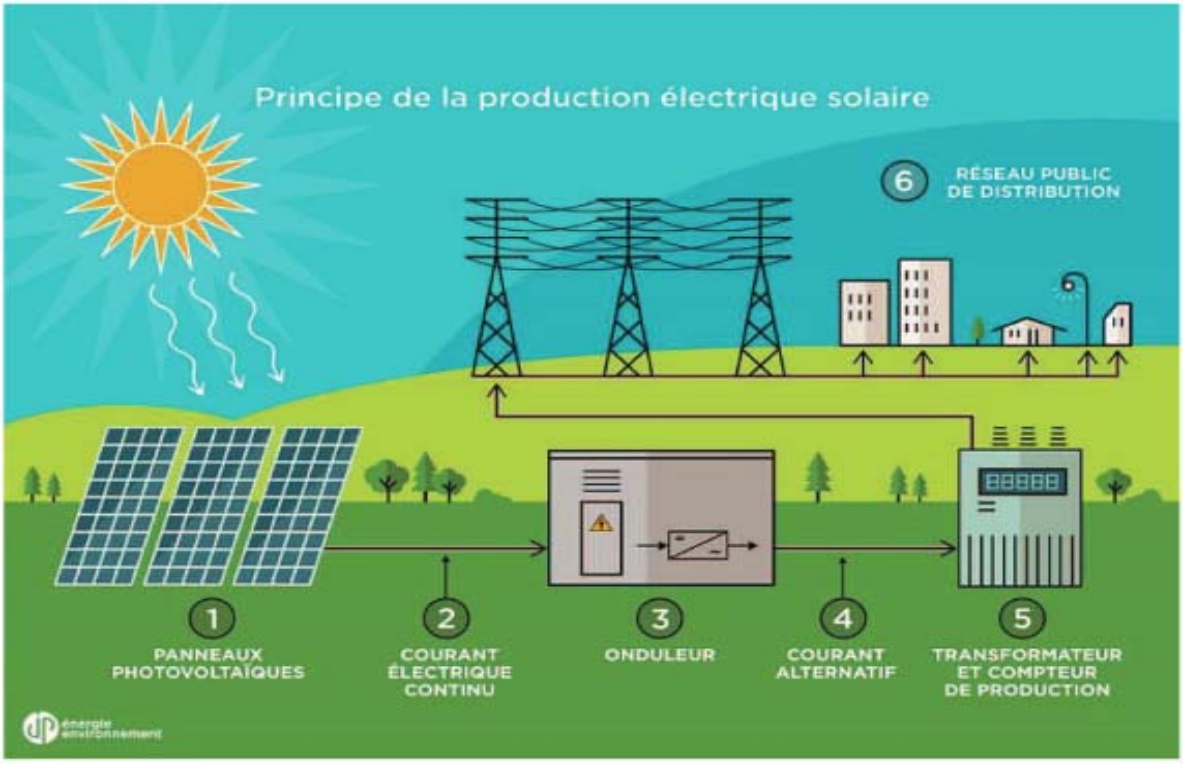
MAXEON 3 PUISSANCE : 415 à 430 W | RENDEMENT : jusqu'à 22,7%

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		

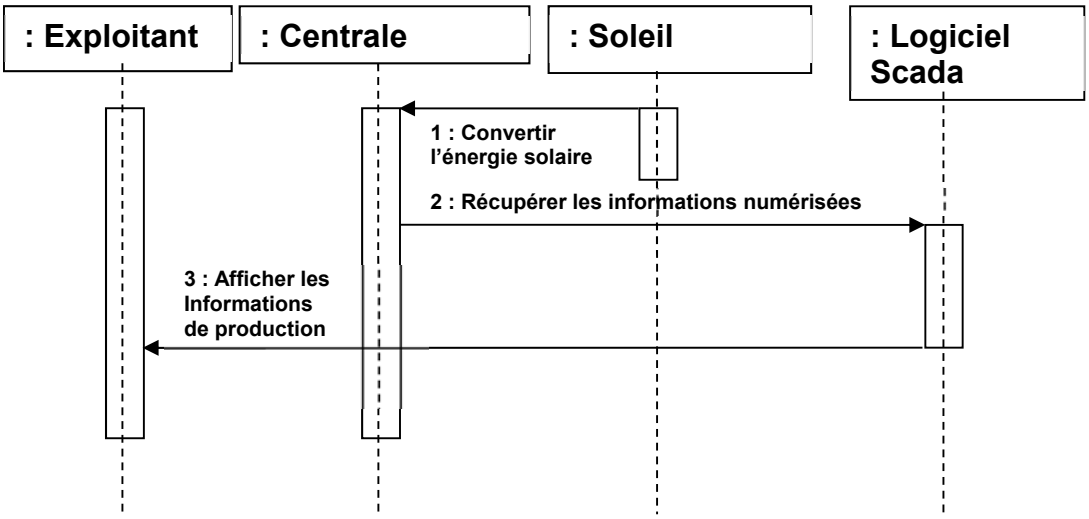
Conditions de test et caractéristiques mécaniques	
Température	−40°C à +85°C
Résistance à l'impact	25 mm de diamètre à 23 m/s
Cellules	112 Cellules monocristallines Maxeon Gén. 3
Verre trempé	Verre trempé haute transmission avec couche antireflet
Boîtier de connexion	Classé IP-68, Stäubli (MC4), 3 diodes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

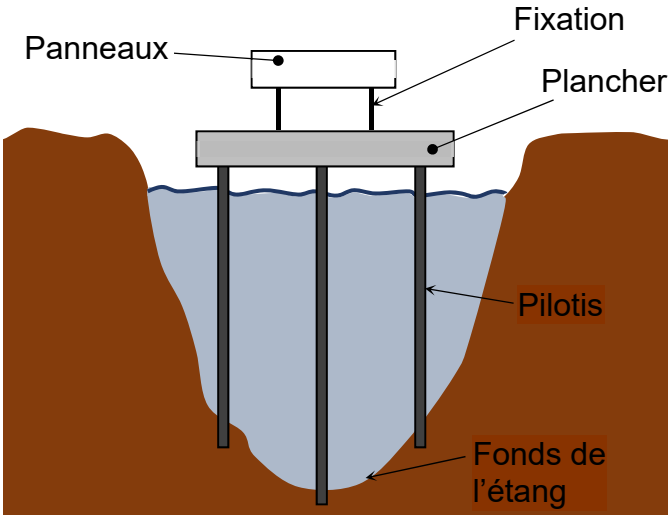
Mois	E_m	H(i)_m	SD_m
Janvier	516.8	63.4	50.5
Février	700.8	85.6	95.0
Mars	1024.0	127.6	116.3
Avril	1203.7	152.9	133.4
Mai	1313.1	169.2	128.0
Juin	1374.2	180.7	94.3
Juillet	1410.9	188.2	103.7
Août	1324.4	175.5	73.0
Septembre	1138.8	147.7	54.9
Octobre	869.5	109.8	84.5
Novembre	586.3	72.2	97.9
Décembre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

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

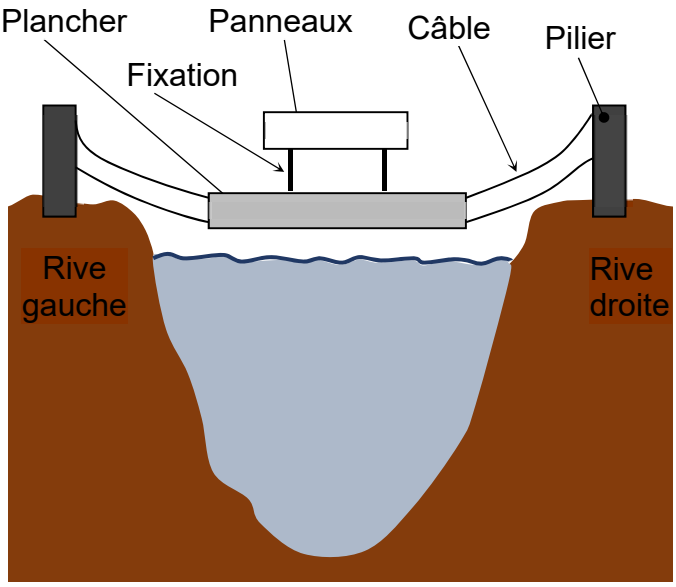
H(i)_m : Montant total mensuel moyen de l'irradiation globale reçue par mètre carré sur les panneaux du système défini [kWh/m^2].

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

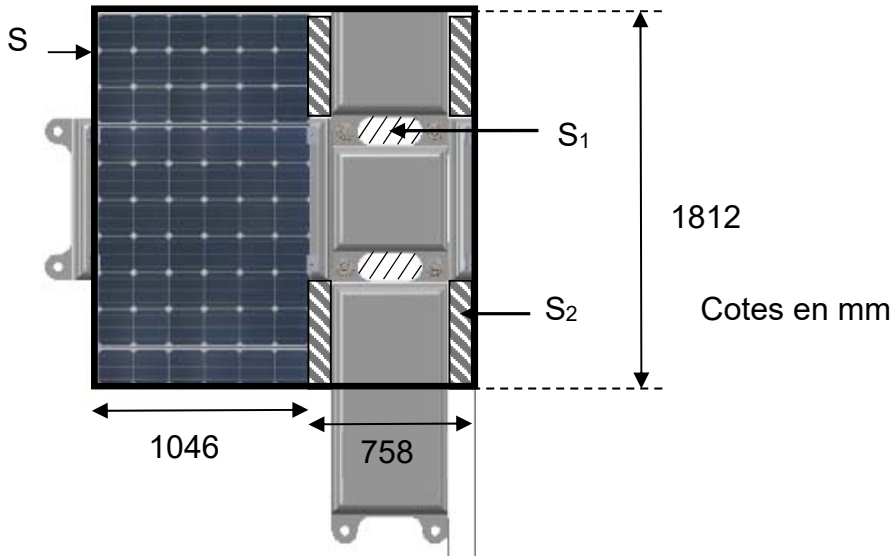


Solution n°2 : centrale sur pilotis



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)

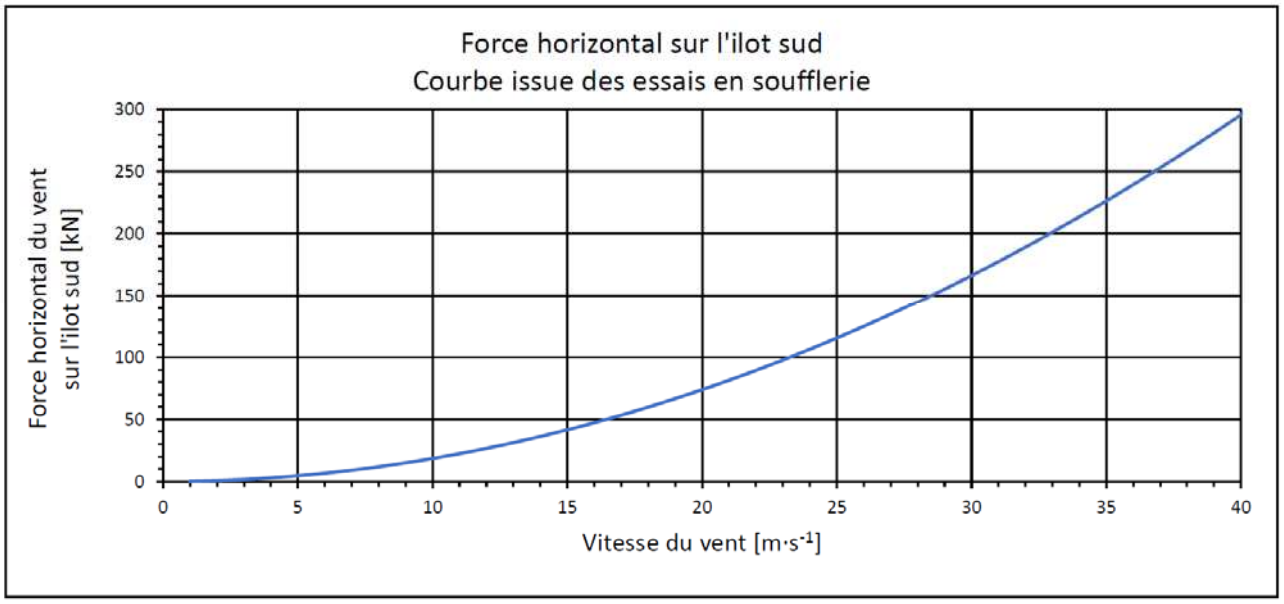
Indicatif : 31406002, alt : 243m, lat : 43°12'00"N, lon : 1°03'00"E

	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.)

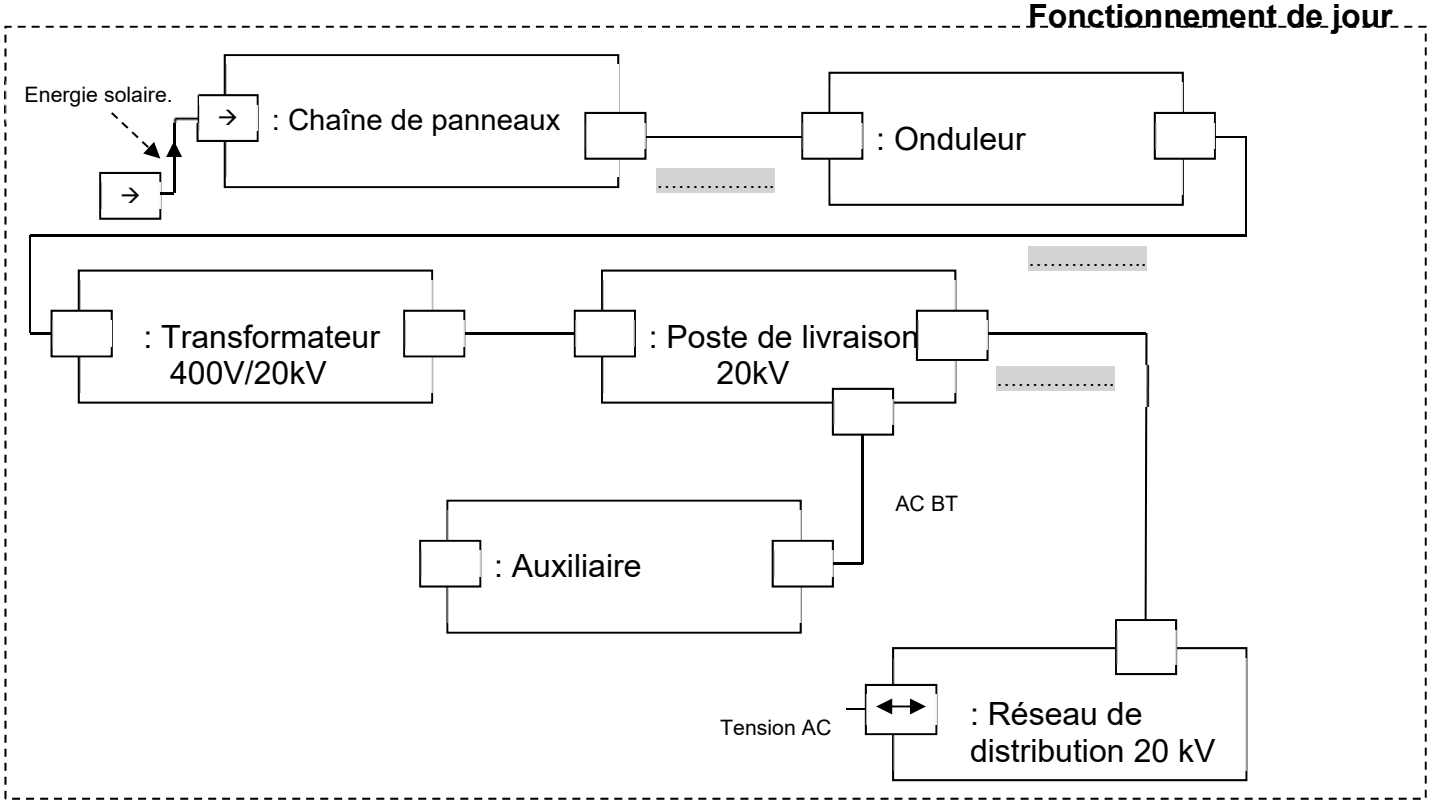
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

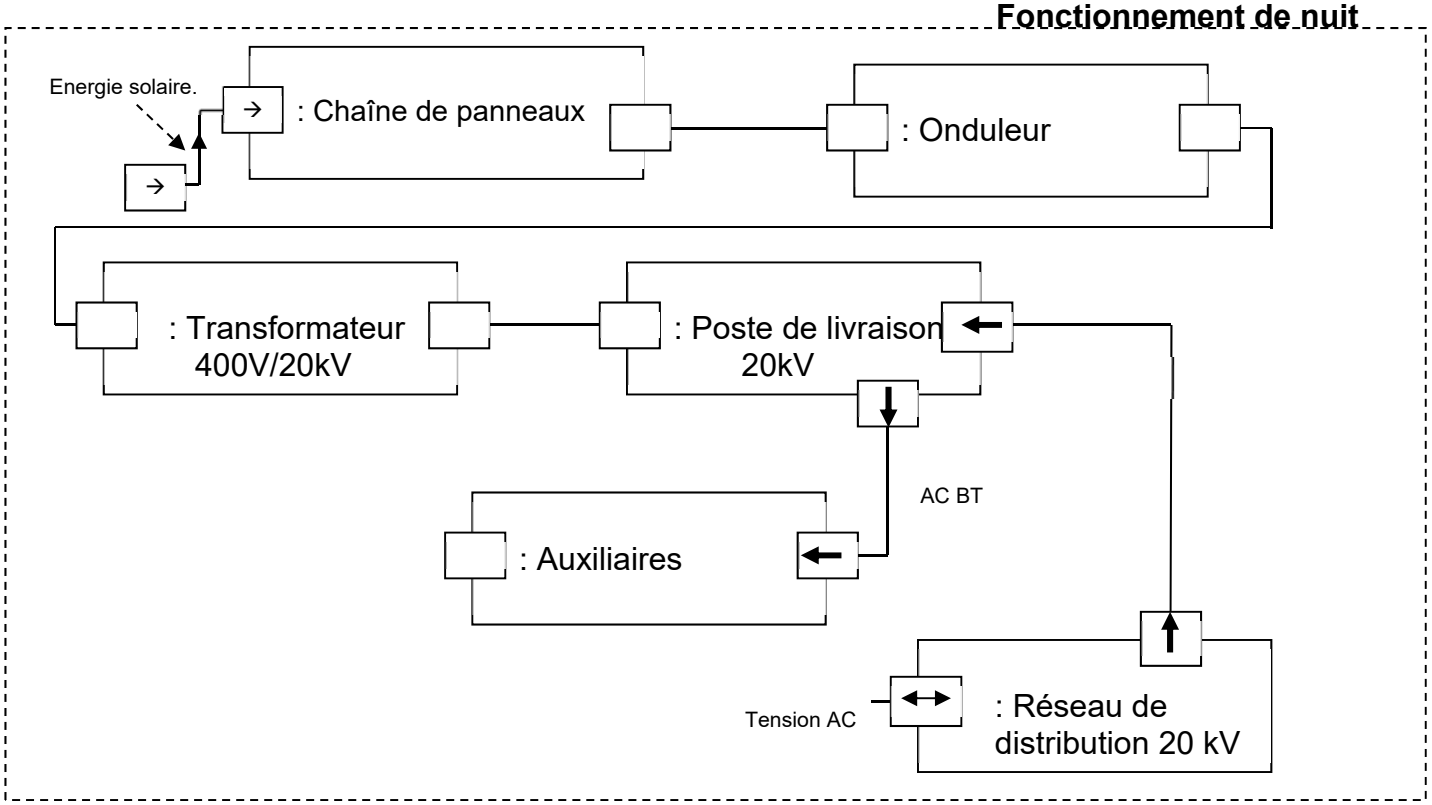
1.2

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 :

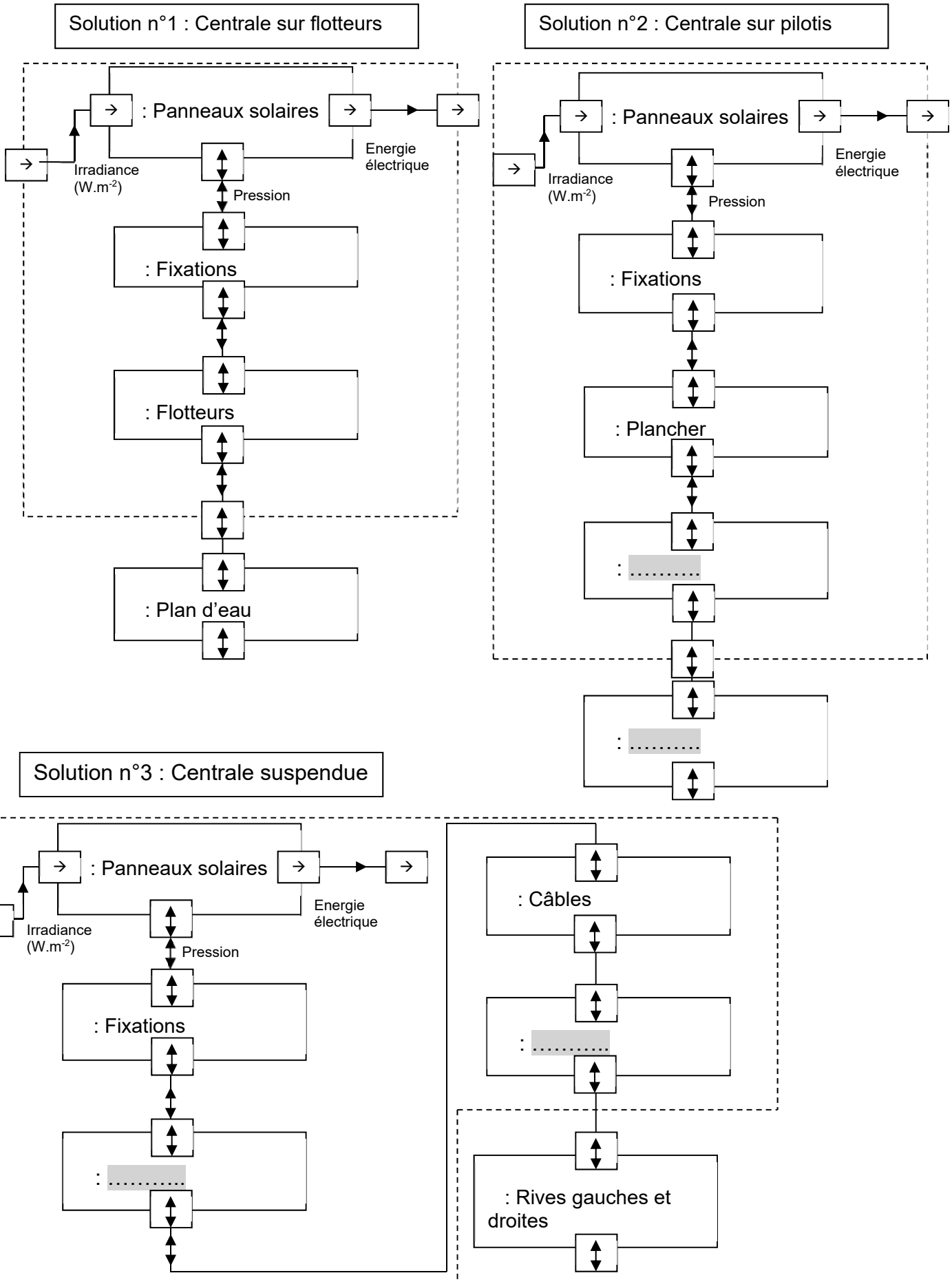
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

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



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.

Systèmes d'information et numérique

Parc photovoltaïque flottant



- Présentation de l'étude et questionnement ..... pages 25 à 31
- Documents techniques DTS1 à DTS5 ..... pages 32 à 36
- Documents réponses DRS1 à DRS6 ..... pages 37 à 39

Mise en situation

Le parc photovoltaïque flottant dispose de multiples capteurs mesurant les grandeurs physiques qui influent sur la production et donc sur la rentabilité du projet. Trois zones différentes sont équipées de capteurs communicants afin d'acquérir et de transmettre les données au centre de contrôle. Celui-ci est équipé d'un système SCADA de supervision industrielle capable de traiter en temps réel un grand nombre de mesures et de contrôler les installations à distance. Cet équipement permet donc à l'exploitant local de gérer et d'analyser en temps réel le fonctionnement ainsi que le pilotage de l'installation.

La zone photovoltaïque est équipée de capteurs d'acquisition de la température des cellules, de l'irradiance reçue sur le plan des modules, des grandeurs météorologiques (température ambiante, hygrométrie, vitesse du vent…).

La zone de puissance destinée à mesurer les grandeurs d'entrée et de sortie en énergie, puissance et température des équipements de puissance (onduleurs, transformateur BT/HTA).

La zone de contrôle qui recense tous les équipements de commande, le poste de livraison et le comptage de l'énergie électrique injectée sur le réseau de distribution.

Dans cette zone se trouve le serveur dédié à la gestion du logiciel de supervision SCADA.

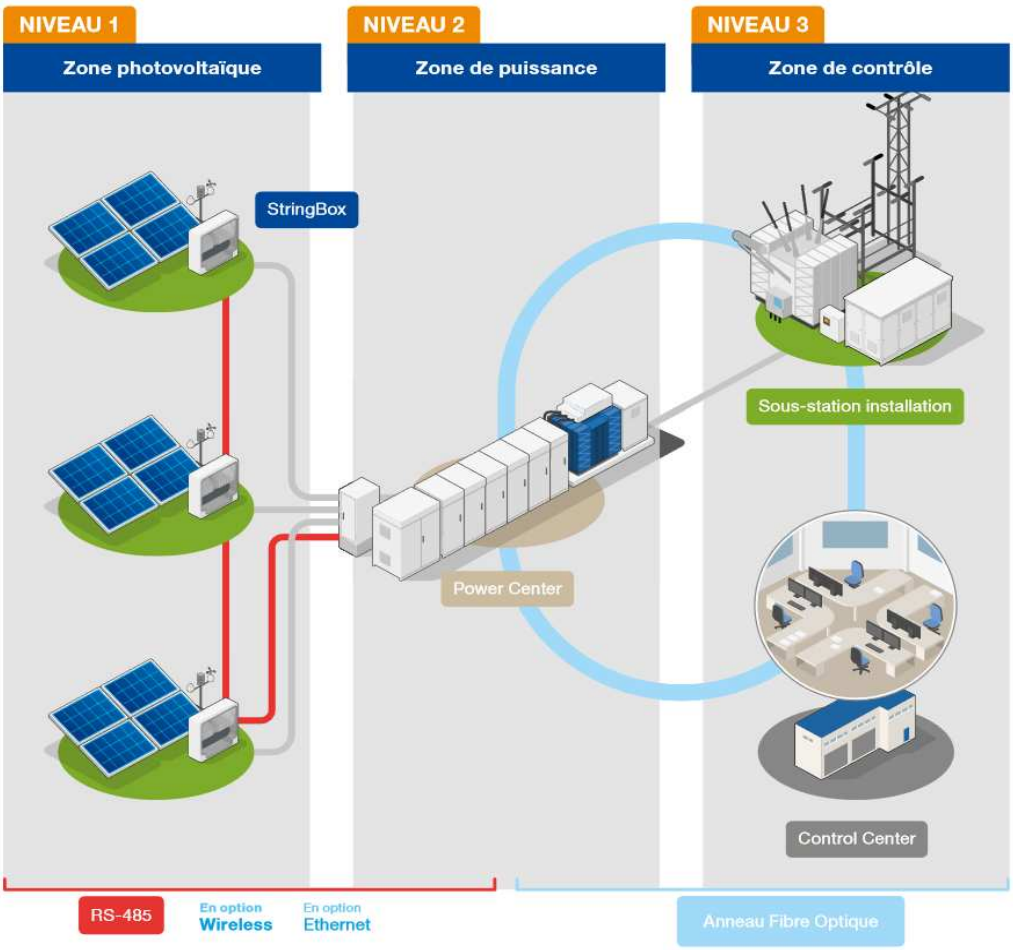


Figure 9 Les zones de la centrale (d'après le site www.circutor.fr)

Travail demandé

Partie A : le choix du capteur d'irradiance est-il judicieux ?

Pour établir un diagnostic de manque de production d'un panneau ou d'une chaîne il est nécessaire de mesurer l'irradiance reçue dans le plan de ce module. La puissance électrique fournie par le module dépend directement de l'irradiance exprimée en $W \cdot m^{-2}$ et des conditions de température.

Question A.1

DTS1

Préciser la nature des signaux et la plage de mesure du pyranomètre SR20-D2.

Question A.2

DTS1

DRS1

Tracer sur le document réponse DRS1, l'allure de la courbe représentative de l'intensité Ic (mA) fournie par le pyranomètre en fonction de l'irradiance E ($W \cdot m^{-2}$) reçue sur la face d'un module. **Préciser** les valeurs caractéristiques.

Question A.3

DTS1

Le pyranomètre est irradié avec E1 égale à 825 $W \cdot m^{-2}$.

La résistance R est de 120 Ω.

Déterminer la tension U_e (V) appliquée à l'entrée du voltmètre correspondante à cette valeur E1.

Quelle pourrait être la valeur maximale U_{emax} (V) ? **Justifier**.

Question A.4

Conclure sur la possibilité de respecter la problématique avec cette chaîne d'information.

Partie B : comment transmettre l'information de température dans la zone photovoltaïque ?

Dans la zone photovoltaïque les capteurs communiquent grâce à un protocole Modbus RTU (Remote Terminal Unit).

Question B.1

DTS2a

DRS2

Tracer sur le document réponse DRS2 les fils de raccordement d'alimentation et de données afin de connecter deux pyranomètres sur le même lien physique RS-485.

Question B.2 DTS2b

Préciser si le mode de transmission est full-duplex, half-duplex ou simplex. **Justifier** votre réponse.

Le maître Modbus (gestionnaire pour SR20) fait une requête à l'esclave n°2 afin de connaître la température de son boîtier. Les trames de requête et de réponse sont partiellement présentées dans le document réponse DRS3.

Les pyranomètres 1 et 2 ont respectivement pour adresses hexadécimales $[39]_H$ et $[40]_H$.

Question B.3 DRS3

Compléter, sur le document réponse DRS3, les valeurs des adresses et le nombre d'octets, codés en hexadécimal, renvoyés par l'esclave au maître.

Chaque octet intégré dans une trame est transmis au cours du temps avec :

- 1 bit de start (passage de la valeur 1 logique à 0 logique) ;
- 8 bits de l'octet à transmettre avec le LSB en premier ;
- 1 bit de parité pair ; ce bit est positionné à 1 ou 0 de manière à ce que le nombre de bits contenu dans l'octet à transmettre et le bit de parité soit pair ;
- 1 bit de stop (bit à 1).

La vitesse de transmission est de 19200 bits par seconde.

Question B.4 DRS4

Tracer, sur le document réponse DRS4, les niveaux logiques (0 ou 1) à transmettre pour l'envoi de l'octet [C2] exprimés en hexadécimal.

Question B.5

Déterminer le nombre total de bits N qui composent la trame lors de l'émission d'un octet et calculer le temps T mis pour effectuer cette émission.

Calculer la durée totale D_R de la trame de réponse de l'esclave.

Question B.6

Déterminer la valeur T_B de la température renvoyée par l'esclave sachant que :

- [C2] est l'octet de poids faible et [08] l'octet de poids fort ;
- la résolution est de 0,01°C.

Question B.7	**Conclure** sur le mode de transmission mis en œuvre (protocole, mode de transmission, vitesse…).

Partie C : comment identifier un problème de production électrique sur un module photovoltaïque ?

Question C.1 DTS3 DRS5	À partir du DTS3, **tracer,** sur le DRS5, l'évolution de la puissance électrique maximale attendue P_a(W) en sortie d'un module en fonction de l'irradiance reçue E. **Conclure** sur la nature de la relation entre P_a et E.
Question C.2 DTS4 DRS6	À partir du diagramme de séquence du DTS4, **compléter** l'algorithme du DRS6 permettant de comparer la puissance réelle à la puissance électrique maximale attendue P_a(W). Un message d'alerte « Production trop faible » doit être envoyé si la production réelle P_p est inférieure à 90% de la puissance théorique attendue.

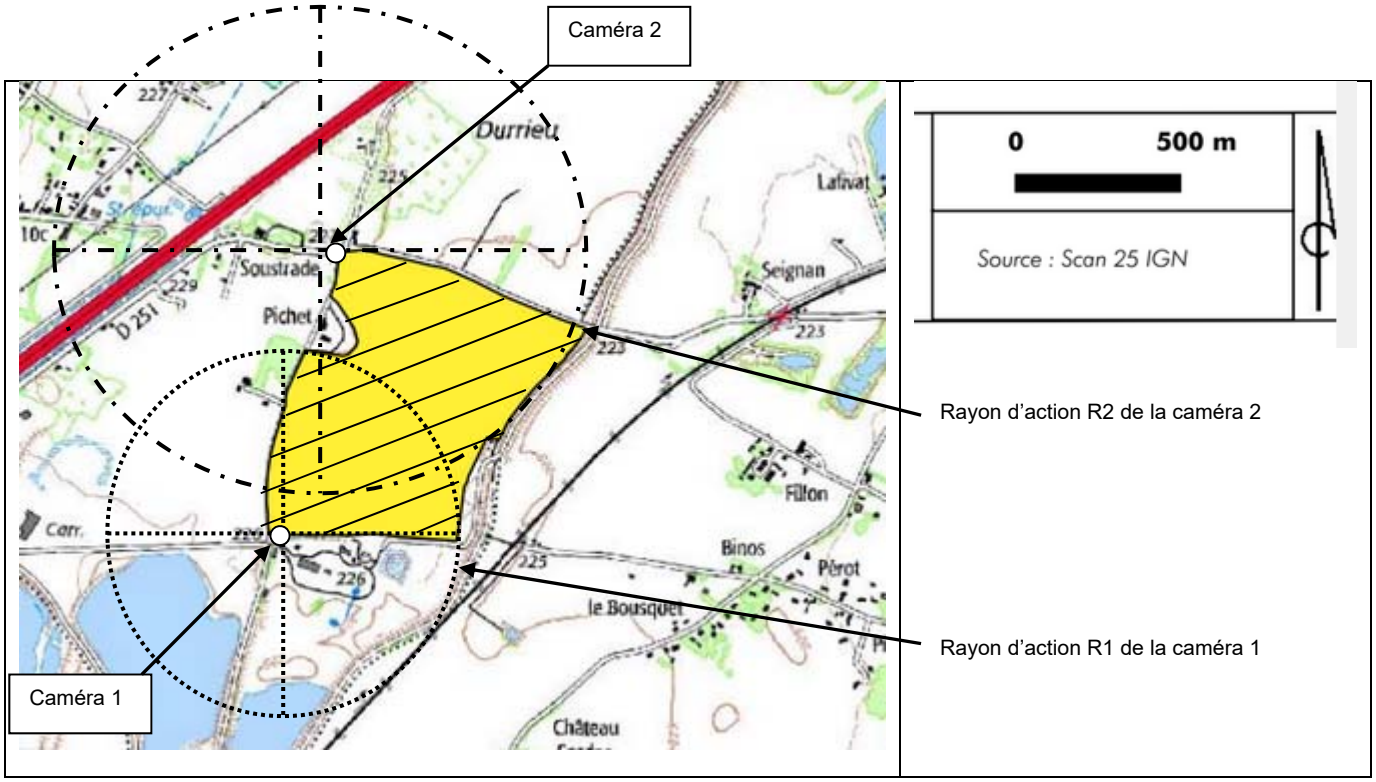
Le coefficient de température en puissance d'un panneau est -0,36 %·°C^{-1} et les pertes en puissance sont dépréciées à partir d'une température de référence de 25°C. La puissance crête est de 395 W à 25°C.

Question C.3	**Calculer** la valeur de puissance perdue pour une augmentation de 10°C. **Calculer** la nouvelle valeur de la puissance électrique maximale attendue P_{a35} pour une température des cellules de 35°C. **Recalculer** le seuil d'alerte de Pa pour cette température.
Question C.4	En conclusion, **expliquer** pourquoi la puissance électrique mesurée n'est pas suffisante pour identifier un problème de production.

Partie D : comment surveiller le site 24h sur 24 ?

Le site de la centrale doit être surveillé 24h sur 24 pour éviter toute intrusion sur le domaine. Par ailleurs, suite à des incendies sur les panneaux provoqués par de fortes intempéries le site doit aussi être surveillé contre tout départ de feu. Ainsi deux caméras doivent être installées sur le réseau informatique local en plus d'une station météo et de serrures connectées.

Les deux caméras doivent couvrir le champ de vision de tout le domaine de la centrale. L'implantation des deux caméras est décrite ci-après.



Question D.1	**Calculer,** en mètre**,** les rayons d'action R_1 et R_2 des caméras 1 et 2.

Question D.2 DTS5	**Définir** le numéro de référence des caméras à installer sachant qu'elles doivent être identiques et prévues pour détecter un humain et reconnaitre un véhicule. **Justifier** votre choix.

Le flux principal des fréquences d'images vidéo 50Hz est configuré par défaut avec une résolution de 1280*1024 pixels pour 25 ips (images par seconde).

Chaque pixel est codé en RVB (rouge, vert et bleu) sur 3 octets (1 octet pour chaque couleur).

Question D.3	**Calculer** le poids d'une image, en Mo (méga octets), prise par une caméra. La norme internationale sera adoptée (1Mo vaut 10^6 octets, 1Go vaut 10^9 octets).

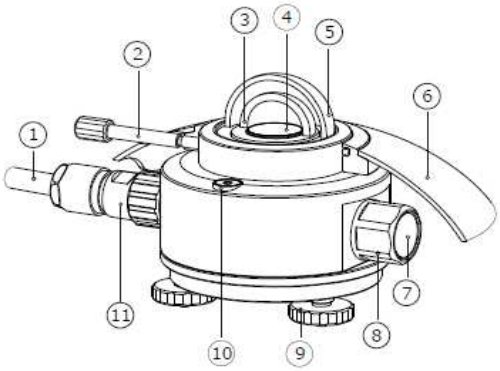
La compression vidéo H.264H est estimée à un taux de 110.

Question D.4 | **Calculer** le flux vidéo en Mo par seconde après compression.

Question D.5 | **Déterminer** le temps d'enregistrement en heure sachant qu'une caméra peut stocker les données sur une carte micro SD de 256 Go.

Question D.6 | **Conclure** sur la possibilité de surveiller le site 24h sur 24.

Document technique DTS1 : pyranomètre SR20-D2



(1) câble, (2) fixation de l'écran de protection solaire, (3) Dôme intérieur, (4) capteur thermique avec revêtement noir, (5) dôme extérieur, (6) écran de protection solaire, (7) indicateur d'humidité, (8) cartouche remplie de déshydratant, (9) pieds réglables, (10) niveau à bulle, (11) connecteur

Sortie numérique

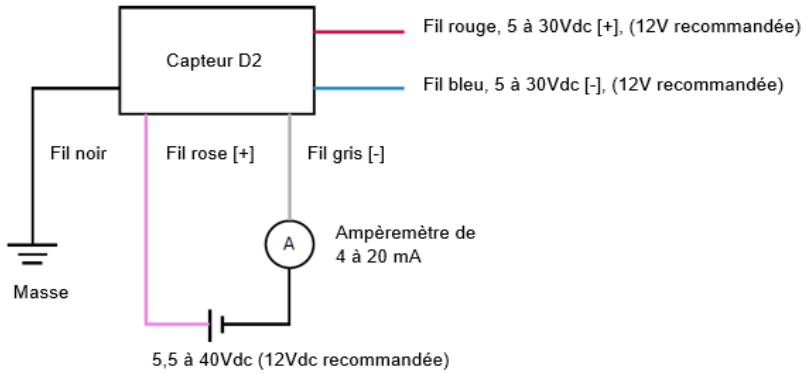
Sortie	-irradiance en W/m² -température du corps de l'instrument en °C
Protocole de communication	Modbus / sur 2 fils RS-485
Mode de transmission mode	RTU
Plage d'alimentation	5 à 30 VDC
Consommation	< 75 x 10^{-3} W à 12 VDC

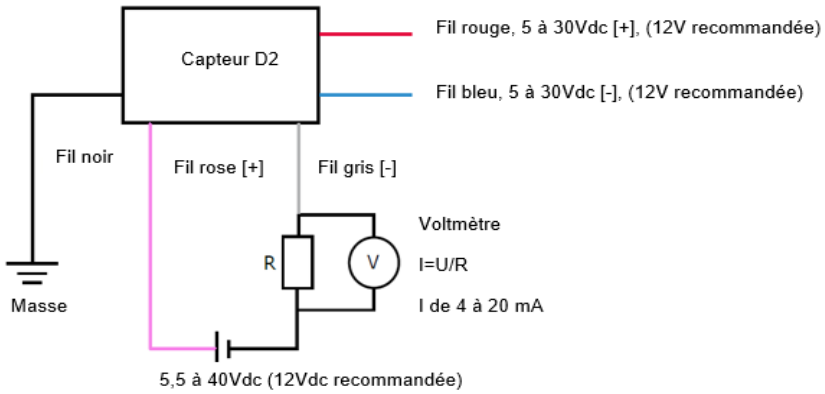
Sortie analogique 4-20 mA

Sortie	irradiance en W/m²
Plage du transmetteur de 4-20 mA	0 à 1600 W/m²
Plage de tension nominale sur la sortie 4-20 mA	5.5 à 40 VDC
Consommation	
- Alimentation principale	< 75 x 10^{-3} W à 12 VDC
- 4-20 mA boucle de courant	< 40 x 10^{-3} W à 12 VDC, avec résistance de shunt recommandée de 100 Ω



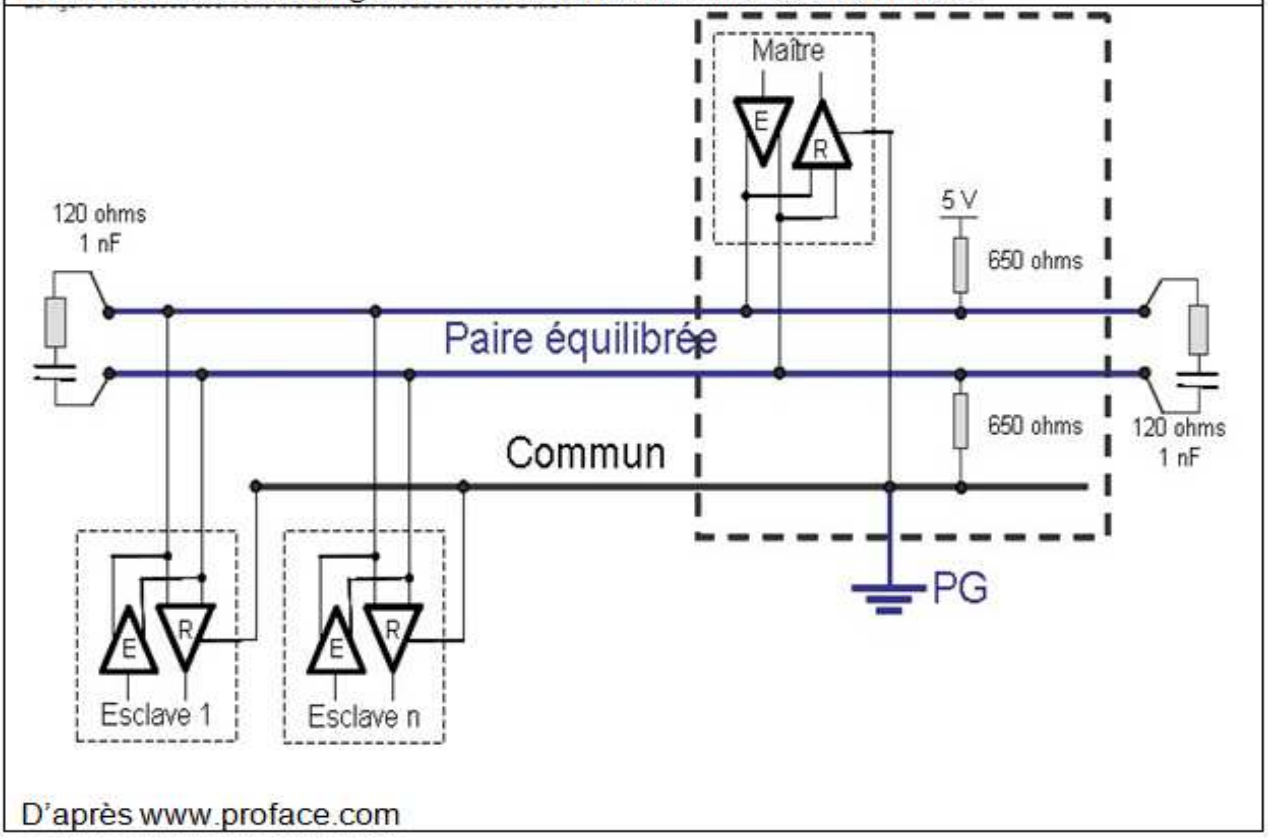
SR20-D2 pyranomètre étalon secondaire avec sortie numérique pour les mesures du GHI (rayonnement global horizontal) et du POA (dans le plan des modules)





Document technique DTS2a : principe d'une liaison RS485

- Une installation **Modbus RS485 2 fils** standard a une topologie de **type bus** et est constituée d'une paire de fils équilibrés pour la transmission des données et d'un fil "**Commun**" servant de référence de potentiel.
- Les 2 extrémités du bus doivent être rebouclées par l'intermédiaire de **terminaisons de ligne** constituées d'une **résistance de 120 ohms** et d'une **capacité de 1 nano Farad**.
- Des résistances de **polarisation** comprises entre 450 et 650 ohms (650 étant la valeur recommandée) doivent être implémentées à un seul emplacement du bus. En général, ces résistances sont implémentées dans le maître ou à proximité du maître par l'intermédiaire d'un boîtier de communication.
- Le raccordement du "**Commun**" à la terre doit s'effectuer en un seul point, généralement au niveau du maître.
- Les **esclaves** ne doivent pas intégrer de résistance de polarisation.
- Le nombre d'équipements maximal est de 32, maître inclus sans répéteur.
- La longueur maximale du tronçon principal est de **1000 mètres à 19200 bits par seconde** avec une longueur maximale de dérivation de 40 mètres.



D'après www.proface.com

E : Émission

R : Réception

Document technique DTS2b : principe d'une liaison RS485

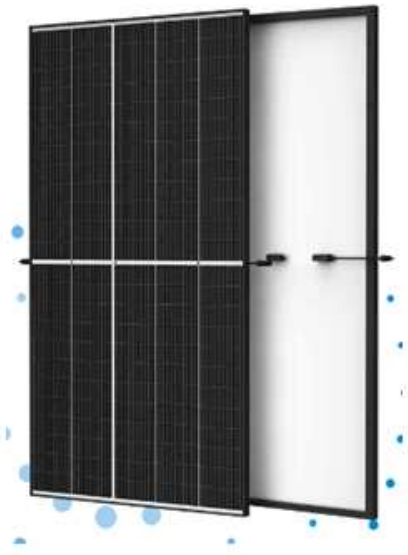
Selon le sens des échanges, on distingue 3 modes de transmission :

-La liaison simplex caractérise une liaison dans laquelle les données circulent dans un seul sens, c'est-à-dire de l'émetteur vers le récepteur. Ce genre de liaison est utile lorsque les données n'ont pas besoin de circuler dans les deux sens (par exemple de votre ordinateur vers l'imprimante ou de la souris vers l'ordinateur...).

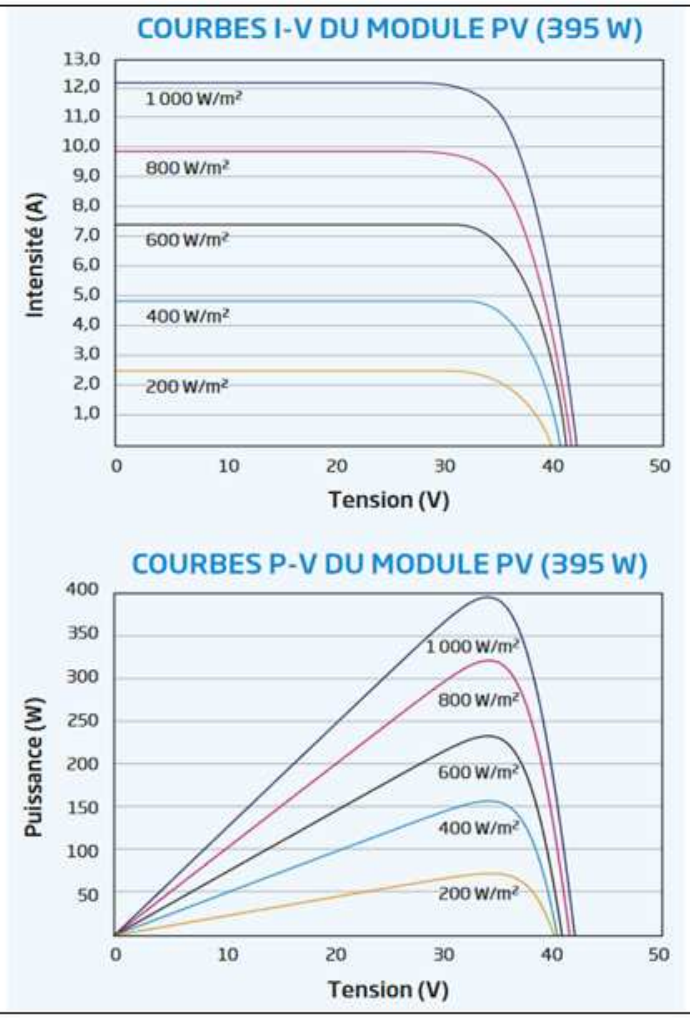
-**La liaison half-duplex** (parfois appelée *liaison à l'alternat* ou *semi-duplex*) caractérise une liaison dans laquelle les données circulent dans un sens ou l'autre, mais pas les deux simultanément. Ainsi, avec ce genre de liaison chaque extrémité de la liaison émet à son tour. Ce type de liaison permet d'avoir une liaison bidirectionnelle utilisant la capacité totale de la ligne.

- La **liaison full-duplex** (appelée aussi *duplex intégral*) caractérise une liaison dans laquelle les données circulent de façon bidirectionnelle et simultanément. Ainsi, chaque extrémité de la ligne peut émettre et recevoir en même temps, ce qui signifie que la bande passante est divisée par deux pour chaque sens d'émission des données si un même support de transmission est utilisé pour les deux transmissions.

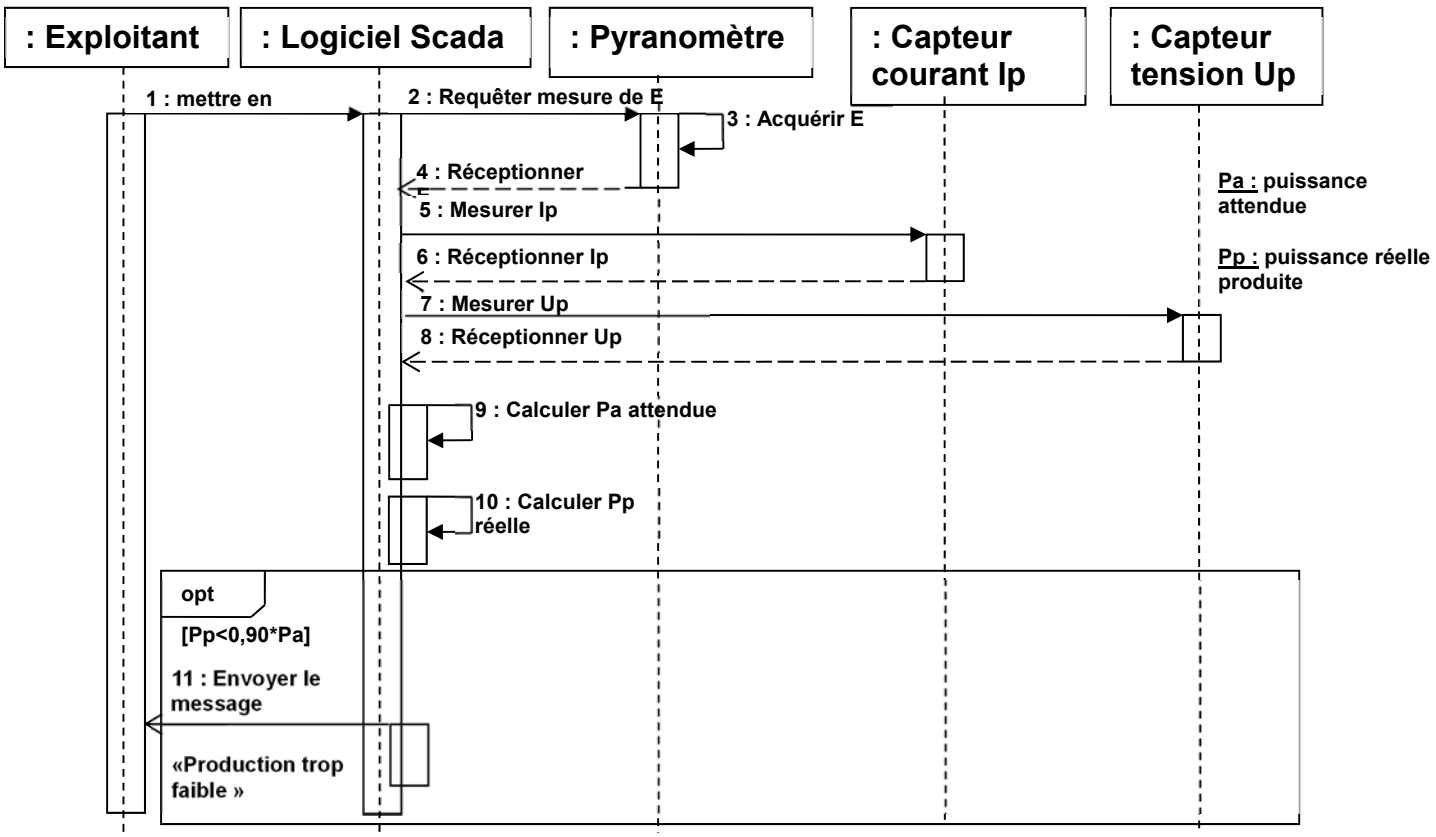
Document technique DTS3 : module monocristallin 395Wc



D'après
www.static.trinasolar.com



Document technique DTS4 : diagramme de séquence partiel de la chaîne d'information



Document technique DTS5 : caractéristiques des caméras

DH-TPC-BF8621

Caméra Compacte Hybride Réseau Thermique



- Technologie de capteur thermique non refroidie VOX 640x512
- Lentille athermalisée (caméra thermique), sans mise au point
- Prend en charge le ROI, la détection de mouvement et les palettes de couleurs
- Supporte détection d'incendie et alarme
- 2 entrées d'alarme/2 sorties d'alarme intégrées
- Mémoire de Micro SD, IP67



DRI

Les valeurs DRI sont basées sur la référence : humain (1,8 m × 0,5 m) véhicule (4 m × 1,4 m)

Objectif	Détecter	Reconnaître	Identifier
25 mm	véhicule : 1 961 m (6 433,65 pieds) humain : 735 m (2 411,39 pieds)	véhicule : 490 m (1 607,60 pieds) humain : 189 m (620,07 pieds)	véhicule : 245 m (803,80 pieds) humain : 95 m (311,68 pieds)
35 mm	véhicule : 2 745 m (9 005,80 pieds) humain : 1 029 m (3 375,94 pieds)	véhicule : 686 m (2 250,63 pieds) humain : 265 m (869,41 pieds)	véhicule : 343 m (1 125,31 pieds) humain : 132 m (433,07 pieds)
50 mm	véhicule : 3 922 m (12 867,30 pieds) humain : 1 471 m (4 826,06 pieds)	véhicule : 980 m (3 215,18 pieds) humain : 378 m (1 240,14 pieds)	véhicule : 490 m (1 607,60 pieds) humain : 189 m (620,07 pieds)
75 mm	véhicule : 5 882 m (19 297,67 pieds) humain : 2 206 m (7 237,44 pieds)	véhicule : 1 471 m (4 826,06 pieds) humain : 567 m (1 860,21 pieds)	véhicule : 735 m (2 411,39 pieds) humain : 284 m (931,74 pieds)
100 mm	véhicule : 7 843 m (25 731,31 pieds) humain : 2 941 m (9 648,83 pieds)	véhicule : 1 961 m (6 433,65 pieds) humain : 756 m (2 480,28 pieds)	véhicule : 980 m (3 215,18 pieds) humain : 378 m (1 240,14 pieds)

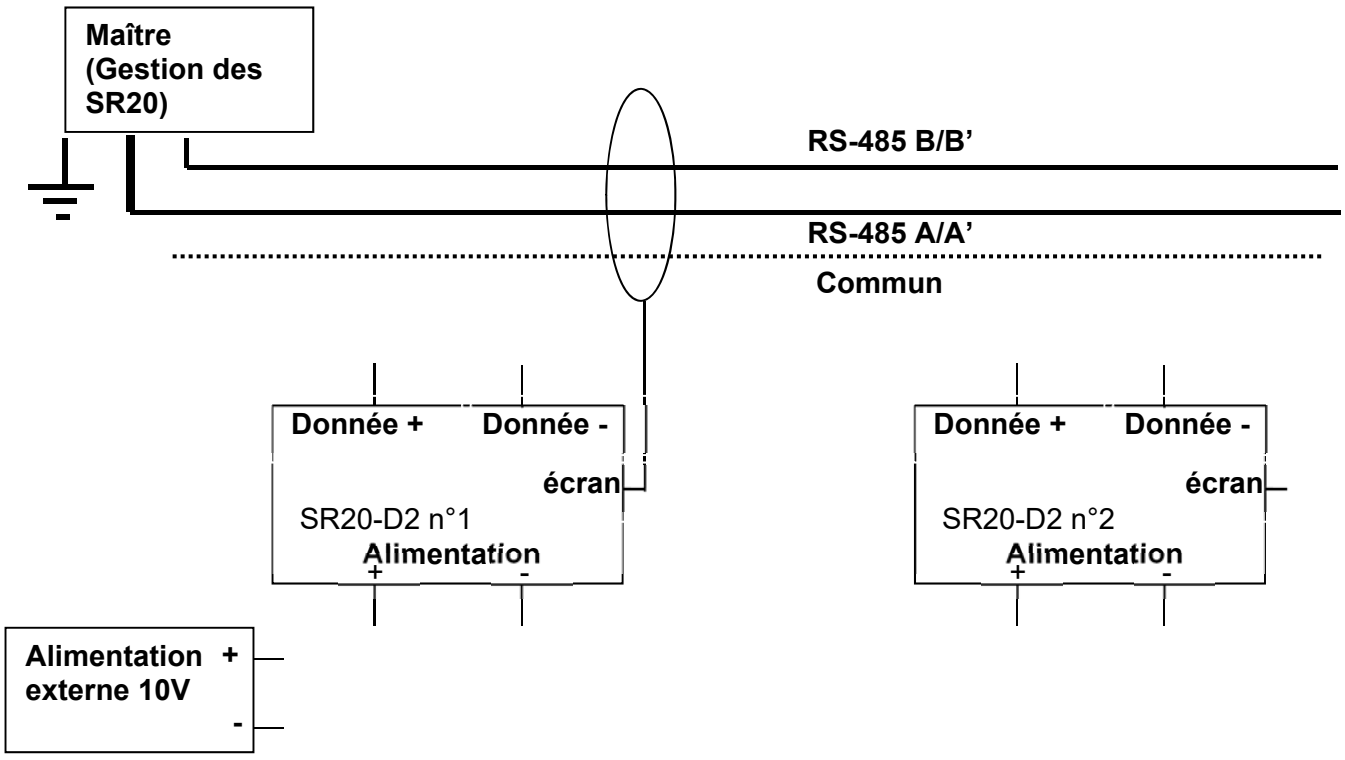
Informations de Commande

Type	Numéro de Référence	Description
Caméra Compacte Hybride Réseau Thermique	DH-TPC-BF8621P/ N-B25Z45	Thermique : Objectif 640x512 25 mm Visible : Objectif de 3,95 à 177,7 mm 2 Mpx
	DH-TPC-BF8621P/ N-B35Z45	Thermique : Objectif 640x512 35 mm Visible : Objectif de 3,95 à 177,7 mm 2 Mpx
	DH-TPC-BF8621P/ N-B50Z45	Thermique : Objectif de 50 mm 640 x 512 Visible : Objectif de 3,95 à 177,7 mm 2 Mpx
	DH-TPC-BF8621P/ N-B75Z45	Thermique : Objectif de 75 mm 640 x 512 Visible : Objectif de 3,95 à 177,7 mm 2 Mpx
	DH-TPC-BF8621P/ N-B100Z45	Thermique : Objectif de 640 x 512 ; 100 mm Visible : Objectif de 3,95 à 177,7 mm 2 Mpx

Document réponse DRS1 : réponse en courant du pyranomètre SR20-D2



Document réponses DRS2 : raccordement des pyranomètres sur une liaison RS-485



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 réponse DRS3 : trames de requête et de réponse

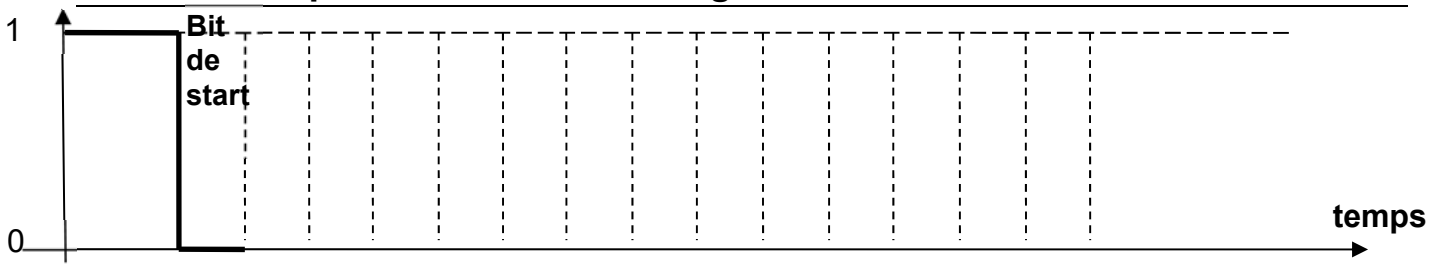
Trame de requête du maître :

1 octet	1 octet	1 octet + 1 octet	1 octet + 1 octet	1 octet + 1 octet
Adresse de l'esclave	Code fonction (lecture)	Numéro du registre à lire	Nombre de registre à lire Format de 2 octets	Code erreur CRC
[….]	[03]	[00] [06]	[00] [01]	[6B] [1A]

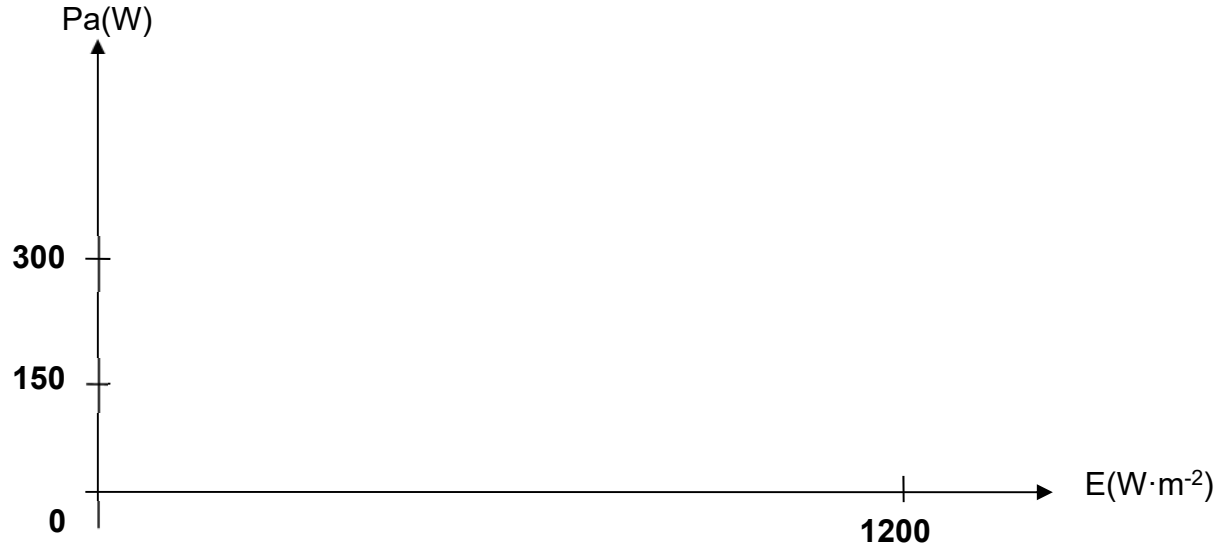
Trame de réponse de l'esclave :

1 octet	1 octet	1 octet	1 octet + 1 octet	1 octet + 1 octet
Adresse de l'esclave	Code fonction	Nombre d'octet renvoyés	Octets renvoyés contenus dans le registre 6	CRC
[….]	[03]	[….]	[08] [C2]	[44] [FF]

Document réponses DRS4 : chronogramme d'émission d'un octet



Document réponses DRS5 : évolution de P_a en fonction de E.



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

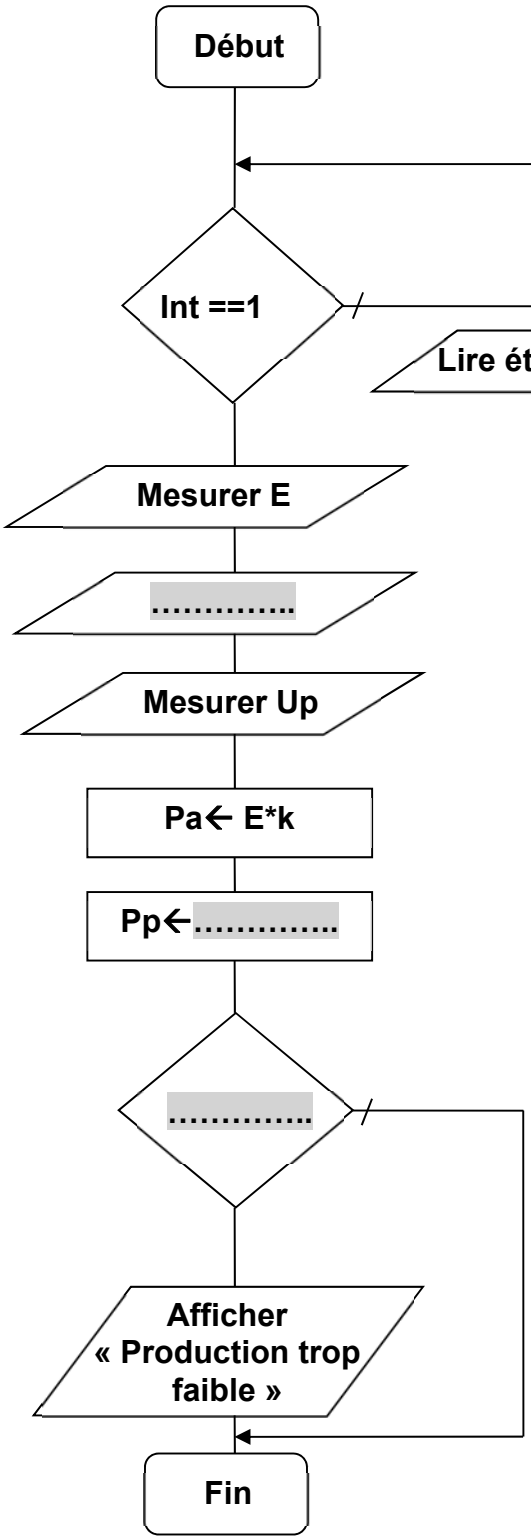
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Document réponses DRS6 : algorithme de comparaison



k : coefficient de proportionnalité

Int : interrupteur de mise en service

Pa : puissance électrique maximale attendue

Pp : puissance réelle mesurée en sortie d'un panneau

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.