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

ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION

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 38 pages numérotées de 1/38 à 38/38.

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.

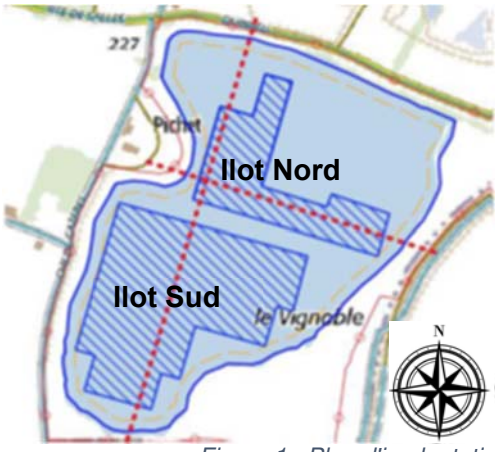


Figure 1 : Plan d'implantation de la centrale photovoltaïque « Le Vignoble »

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.

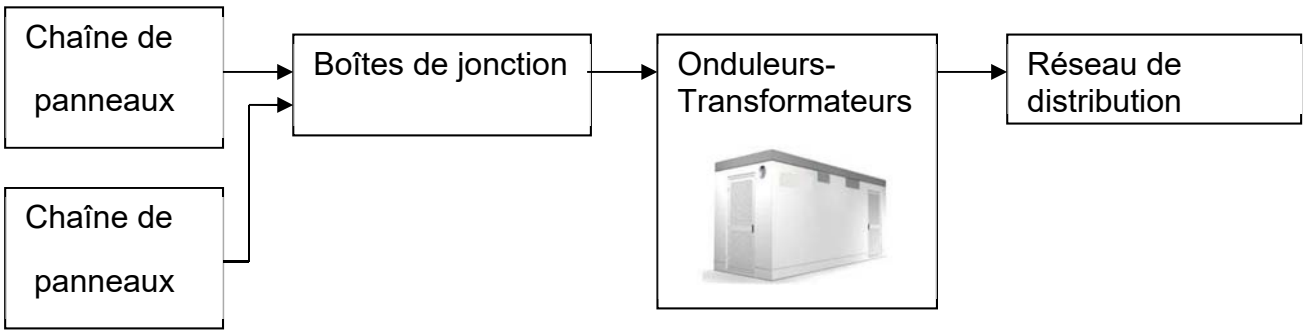


Figure 2 : Principe structurel du parc photovoltaïque

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 d'un poste 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

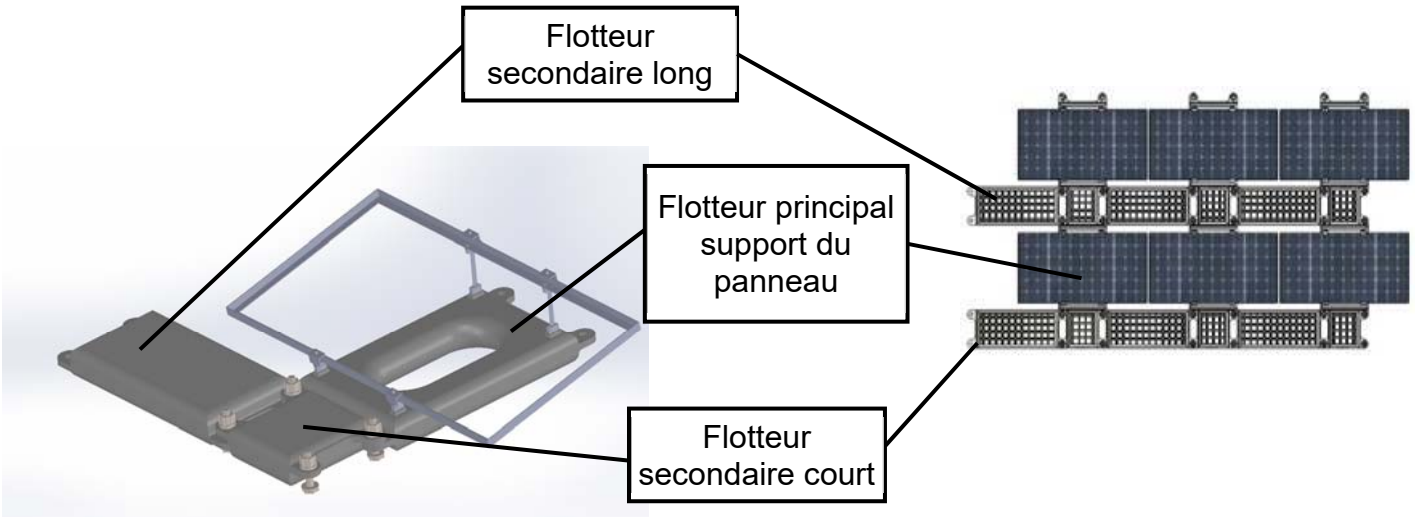


Figure 3 : Système flottant, principe d'un module et vue de dessus d'une série de 6 modules accrochés sur site

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 :

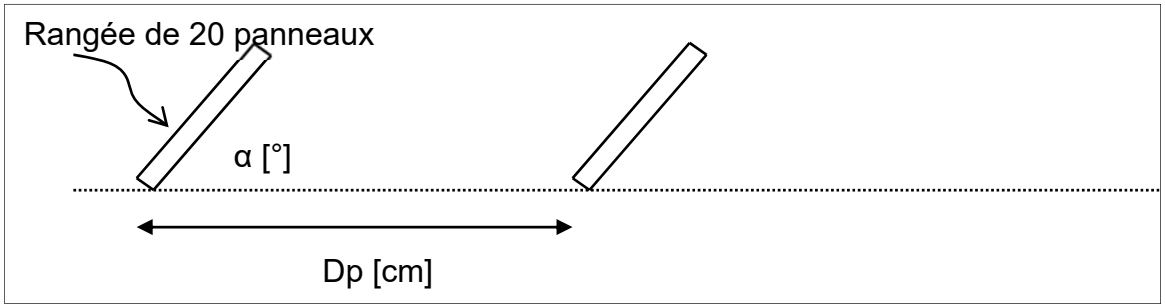


Figure 4 : Schéma de disposition des panneaux

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

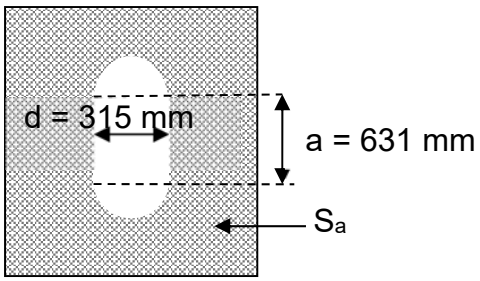


Figure 5 : Forme du flotteur

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.

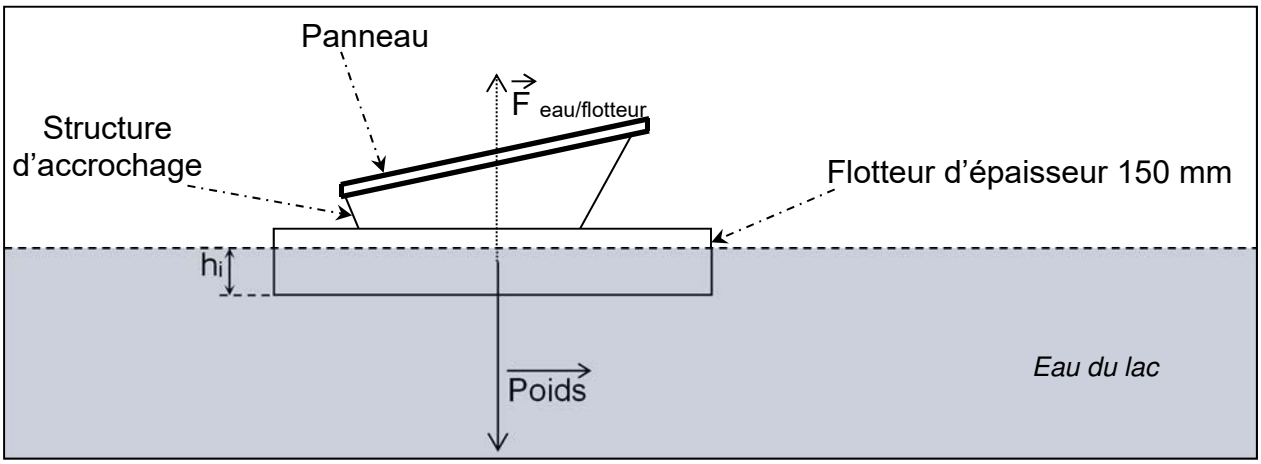


Figure 6 : Schéma mécanique de flottaison

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.

Détermination de la résistance des Techno Pieux

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 : $T_{A\ L5K} \times \cos 12°$.

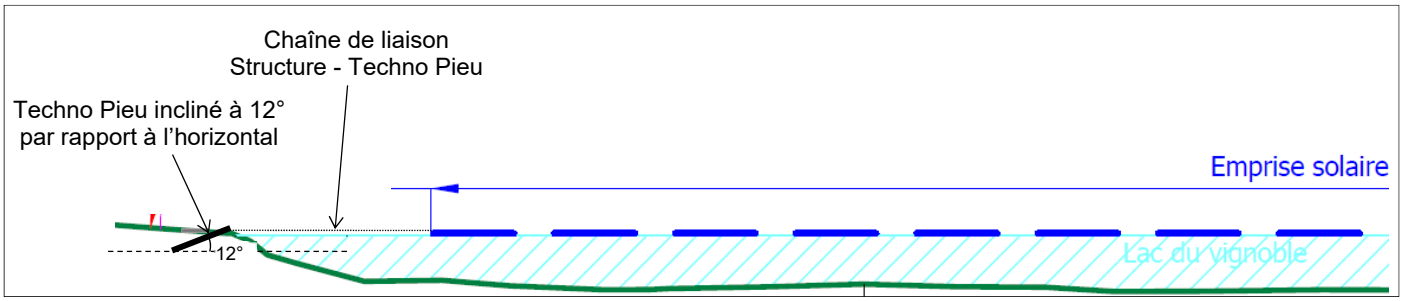


Figure 7 : Schéma de mise en place d'un Techno Pieu

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).

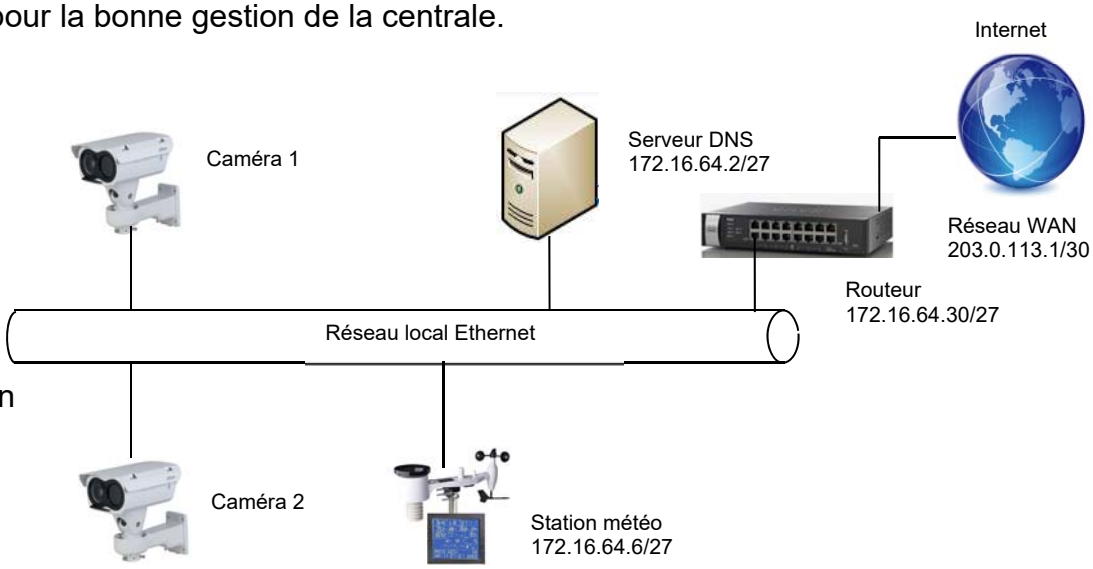


Figure 8 : Schéma de principe du réseau de communication de la centrale

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

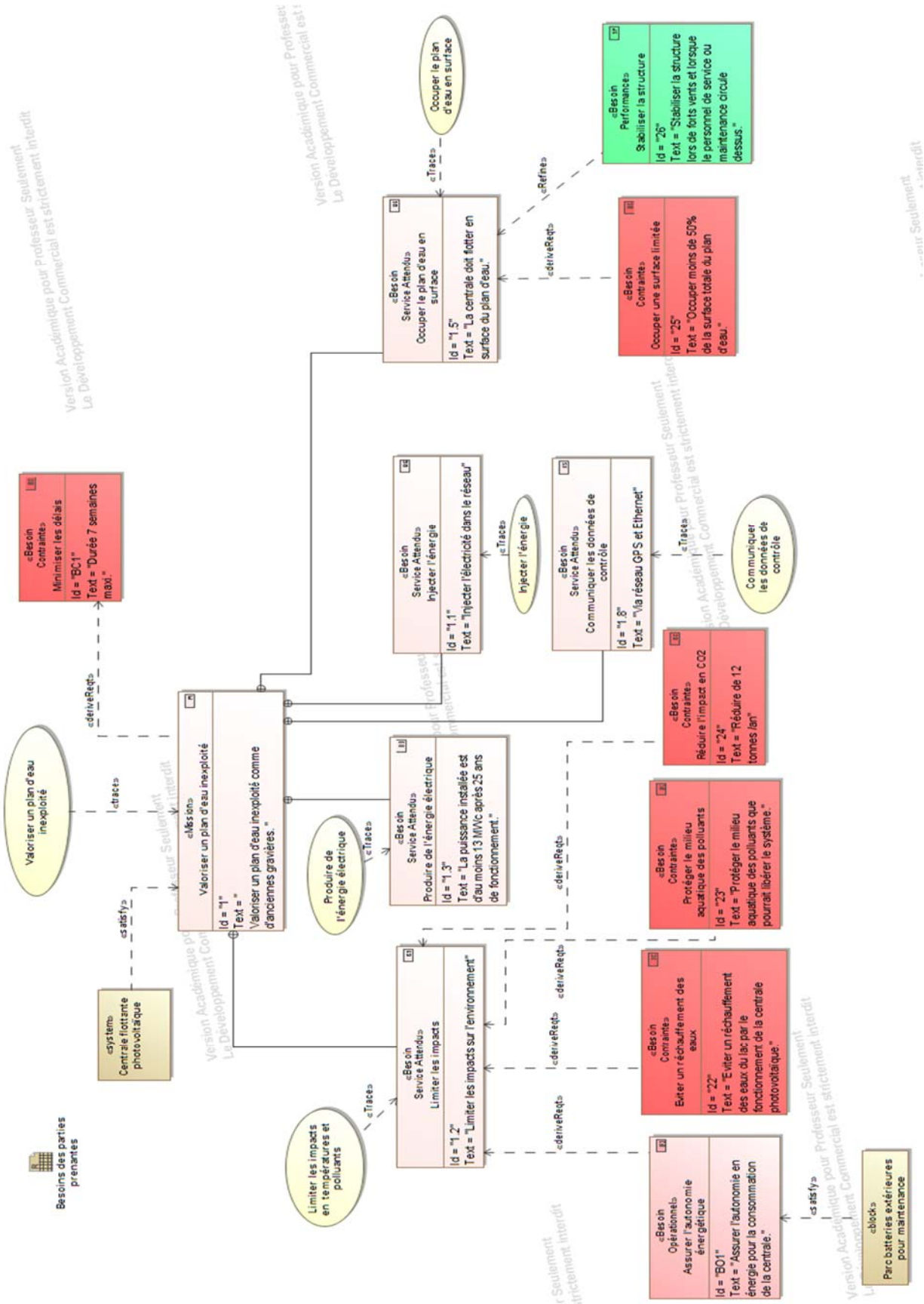
Répartition et impact de la production d'électricité par filière en France

	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 :

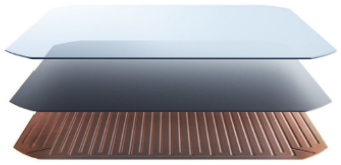
- Surface occupée par le parc : 7,19 ha
- Surface totale de panneaux solaires : 2,4 ha
- Inclinaison 30°
- Puissance du parc : 5 MW
- Production électrique annuelle : 6 700 MWh


«Besoin Contrainte» Minimiser les délais
Id = "BC1"
Text = "Durée 7 semaines maxi."
«Besoin Service Attendu» Occuper le plan d'eau en surface
Id = "1.5"
Text = "La centrale doit flotter en surface du plan d'eau."
«Besoin Performance» Stabiliser la structure
Id = "26"
Text = "Stabiliser la structure lors de forts vents et lorsque le personnel de service ou maintenance circule dessus."
«Besoin Contrainte» Occuper une surface limitée
Id = "25"
Text = "Occuper moins de 50% de la surface totale du plan d'eau."
«Besoin Service Attendu» Injecter l'énergie
Id = "1.1"
Text = "Injecter l'électricité dans le réseau"
«Besoin Service Attendu» Communiquer les données de contrôle
Id = "1.8"
Text = "Via réseau GPS et Ethernet"
«Besoin Contrainte» Réduire l'impact en CO2
Id = "24"
Text = "Réduire de 12 tonnes /an"
«Besoin Service Attendu» Produire de l'énergie électrique
Id = "1.3"
Text = "La puissance installée est d'au moins 13 MWc après 25 ans de fonctionnement."
«Besoin Contrainte» Protéger le milieu aquatique des polluants
Id = "23"
Text = "Protéger le milieu aquatique des polluants pourrait libérer le système."
«Besoin Service Attendu» Limiter les impacts
Id = "1.2"
Text = "Limiter les impacts sur l'environnement"
«Besoin Contrainte» Eviter un réchauffement des eaux
Id = "22"
Text = "Eviter un réchauffement des eaux du lac par le fonctionnement de la centrale photovoltaïque."
«Besoin Opérationnel» Assurer l'autonomie énergétique
Id = "BO1"
Text = "Assurer l'autonomie en énergie pour la consommation de la centrale."
«Mission» Valoriser un plan d'eau inexploité
Id = "1"
Text = "
Valoriser un plan d'eau inexploité comme d'anciennes gravières."
Occuper le plan d'eau en surface
Injecter l'énergie
Communiquer les données de contrôle
Produire de l'énergie électrique
Limiter les impacts en températures et polluants
Valoriser un plan d'eau inexploité
«system» Centrale flottante photovoltaïque
«block» Parc batteries extérieures pour maintenance
Besoins des parties prenantes
«Trace»
«deriveReqt»
«Refine»
«satisfy»

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]

MEILLEUR PRODUIT · MEILLEURE GARANTIE
Sérénité 25 ans SunPower

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

Leader en matière de production responsable

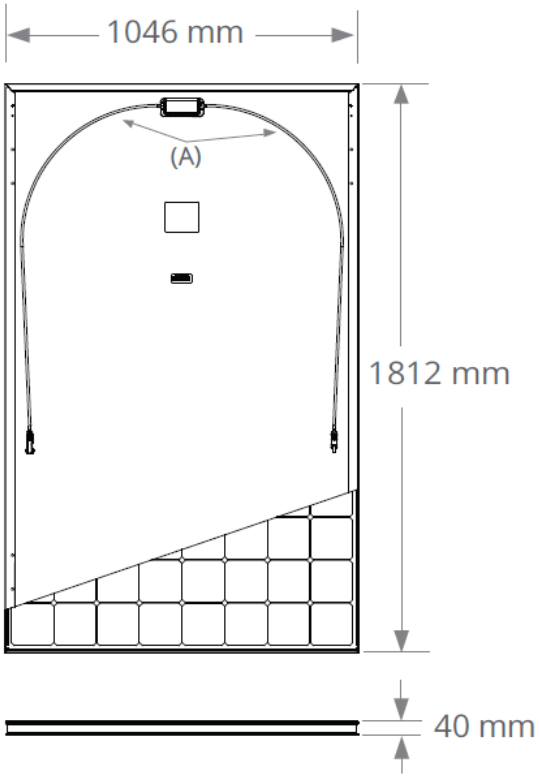
Les panneaux SunPower Maxeon, tout comme les usines où ils sont fabriqués, placent la barre plus haut en termes de protection de l'environnement et de responsabilité sociale - comme l'atteste cet extrait des certifications et marques de reconnaissance obtenues par nos produits et sites de production.

DT5 : caractéristiques des panneaux

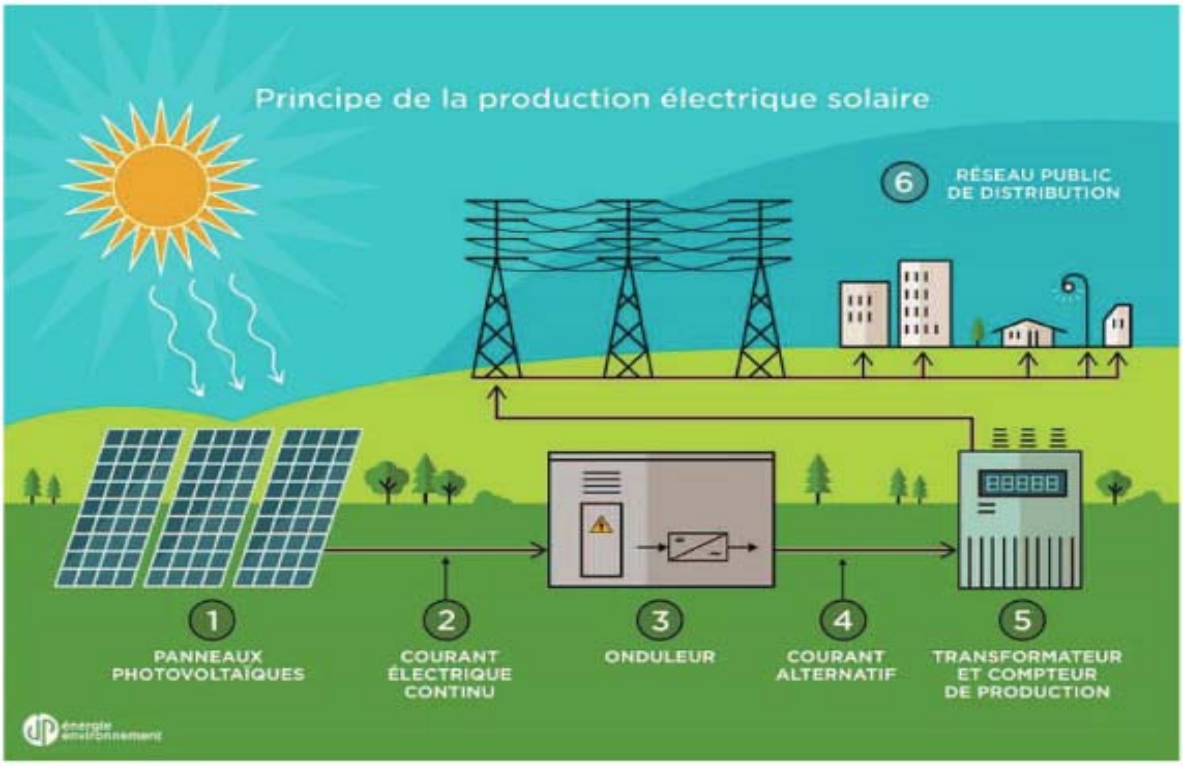
MAXEON 3 PUISSANCE : 415 à 430 W | RENDEMENT : jusqu'à 22,7%

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		

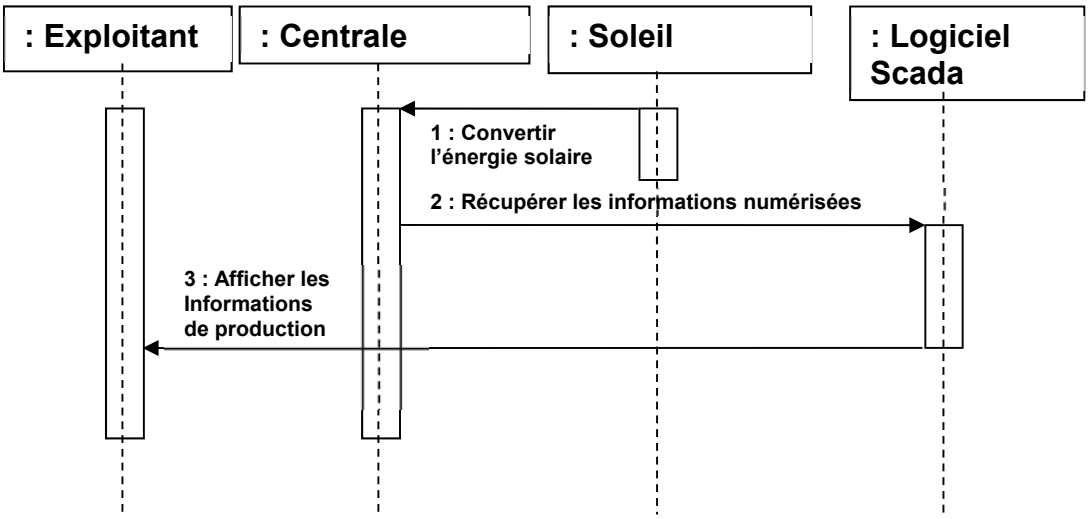
Conditions de test et caractéristiques mécaniques	
Température	-40°C à +85°C
Résistance à l'impact	25 mm de diamètre à 23 m/s
Cellules	112 Cellules monocristallines Maxeon Gén. 3
Verre trempé	Verre trempé haute transmission avec couche antireflet
Boîtier de connexion	Classé IP-68, Stäubli (MC4), 3 diodes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

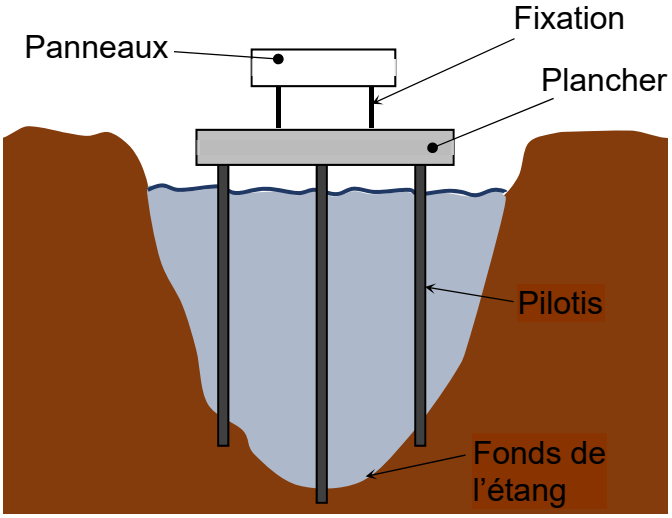
Mois	E_m	H(i)_m	SD_m
Janvier	516.8	63.4	50.5
Février	700.8	85.6	95.0
Mars	1024.0	127.6	116.3
Avril	1203.7	152.9	133.4
Mai	1313.1	169.2	128.0
Juin	1374.2	180.7	94.3
Juillet	1410.9	188.2	103.7
Août	1324.4	175.5	73.0
Septembre	1138.8	147.7	54.9
Octobre	869.5	109.8	84.5
Novembre	586.3	72.2	97.9
Décembre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

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

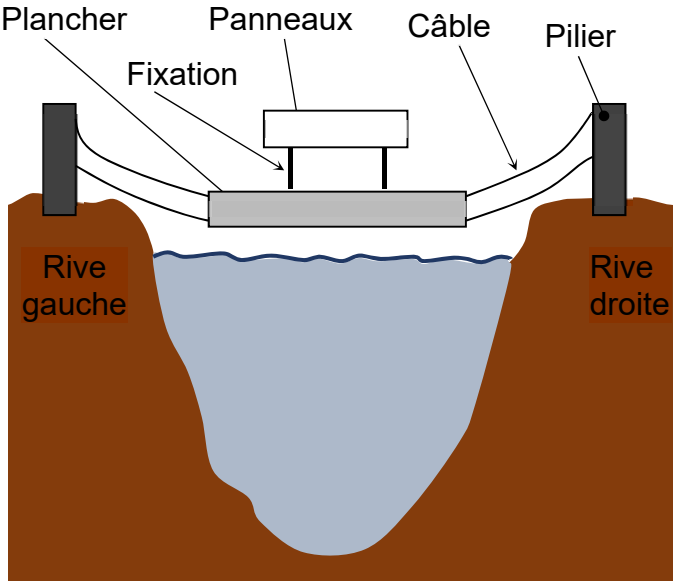
H(i)_m : Montant total mensuel moyen de l'irradiation globale reçue par mètre carré sur les panneaux du système défini [kWh/m^2].

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

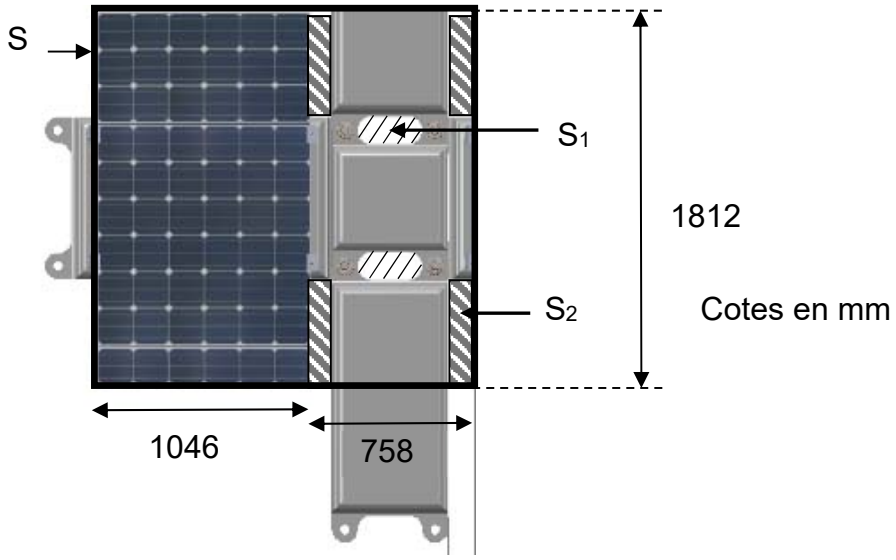


Solution n°2 : centrale sur pilotis



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)

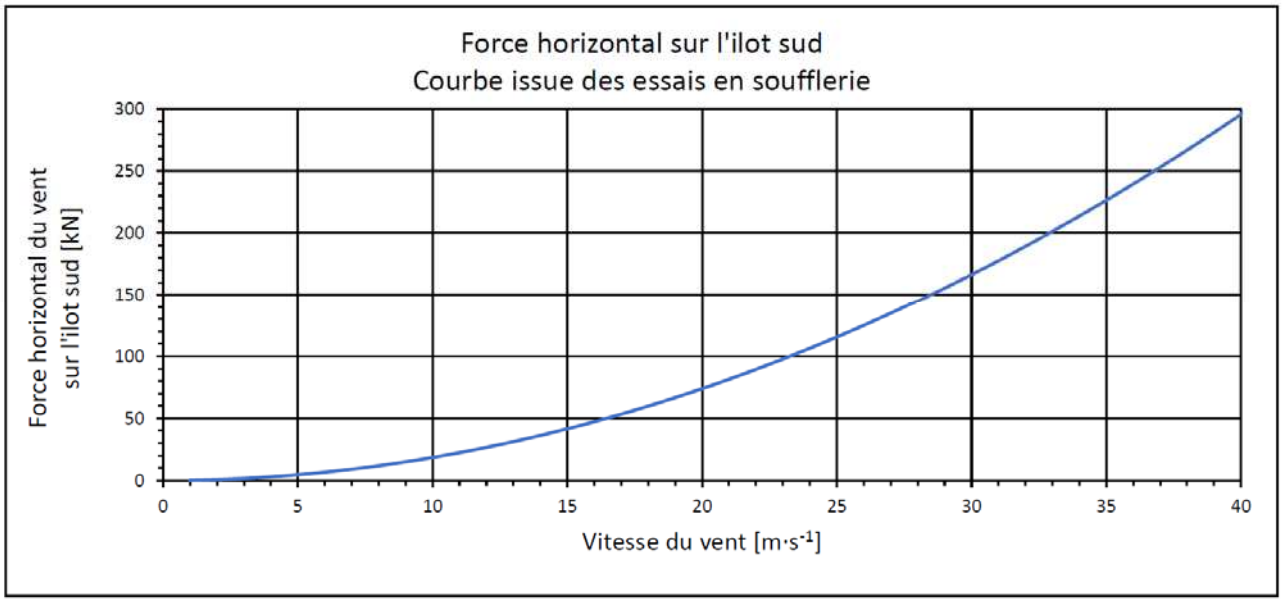
Indicatif : 31406002, alt : 243m, lat : 43°12'00"N, lon : 1°03'00"E

	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.)

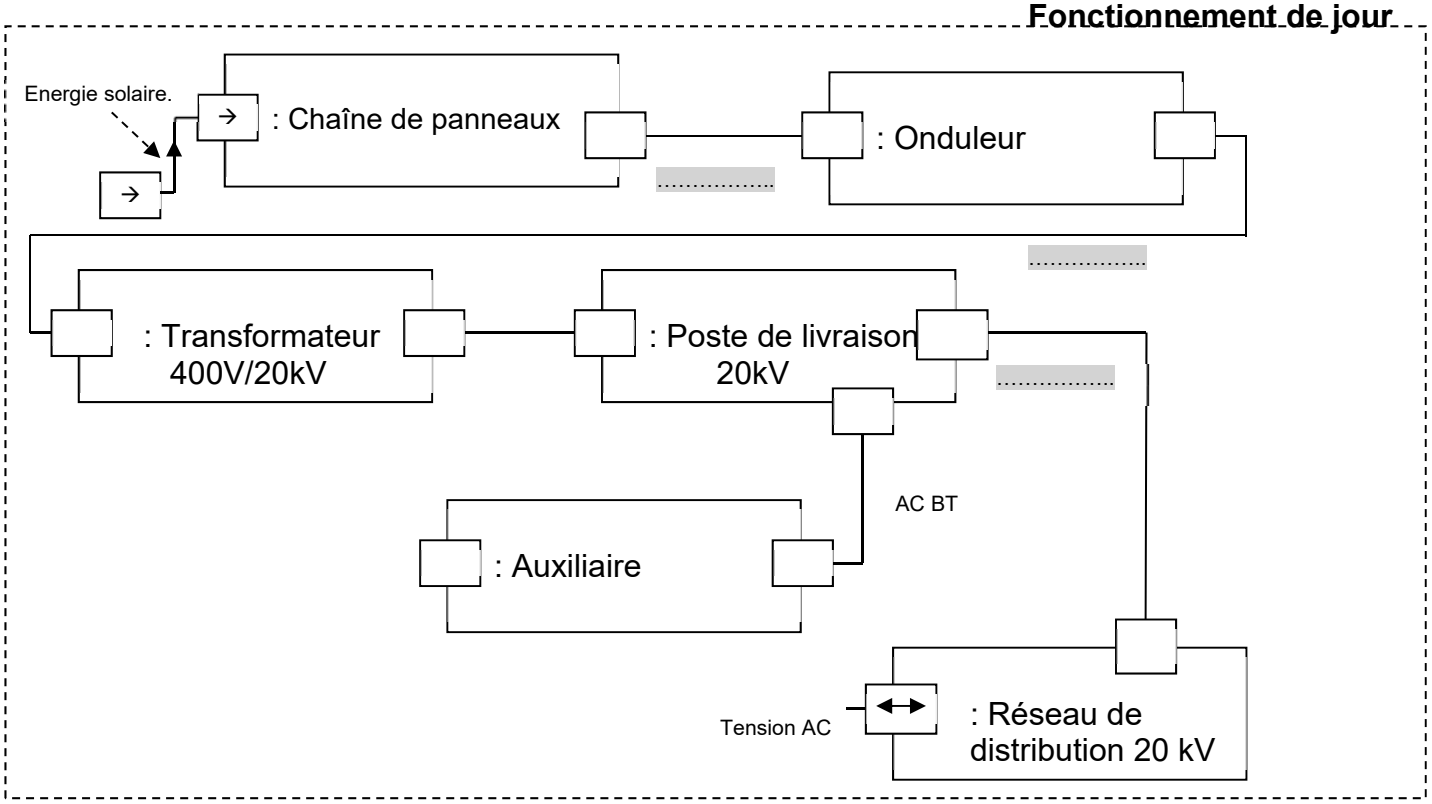
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

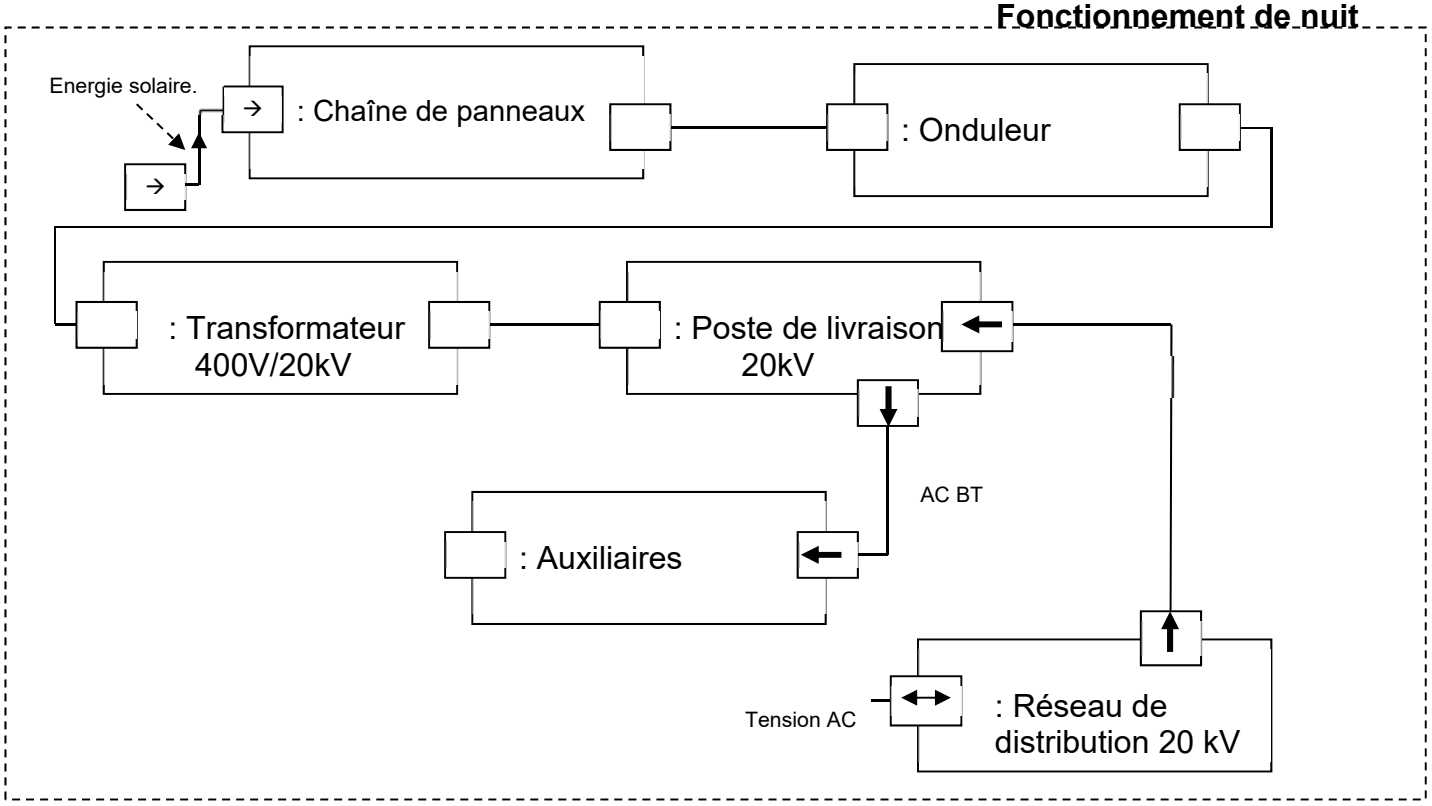
1.2

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 :

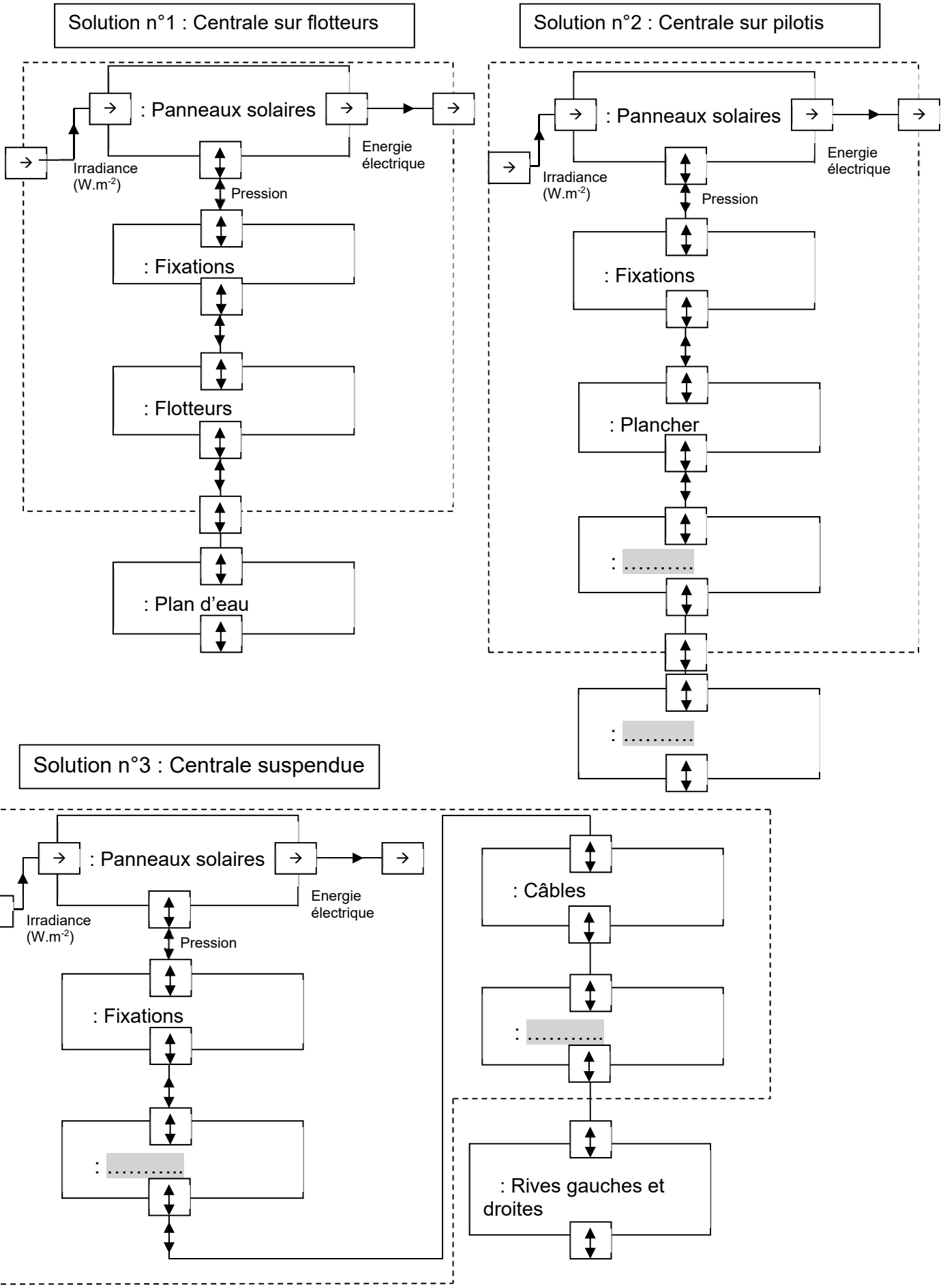
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

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.

Architecture et construction

Projet de parc photovoltaïque flottant de Saint-Élix-le-Château

Bâtiment d'accueil

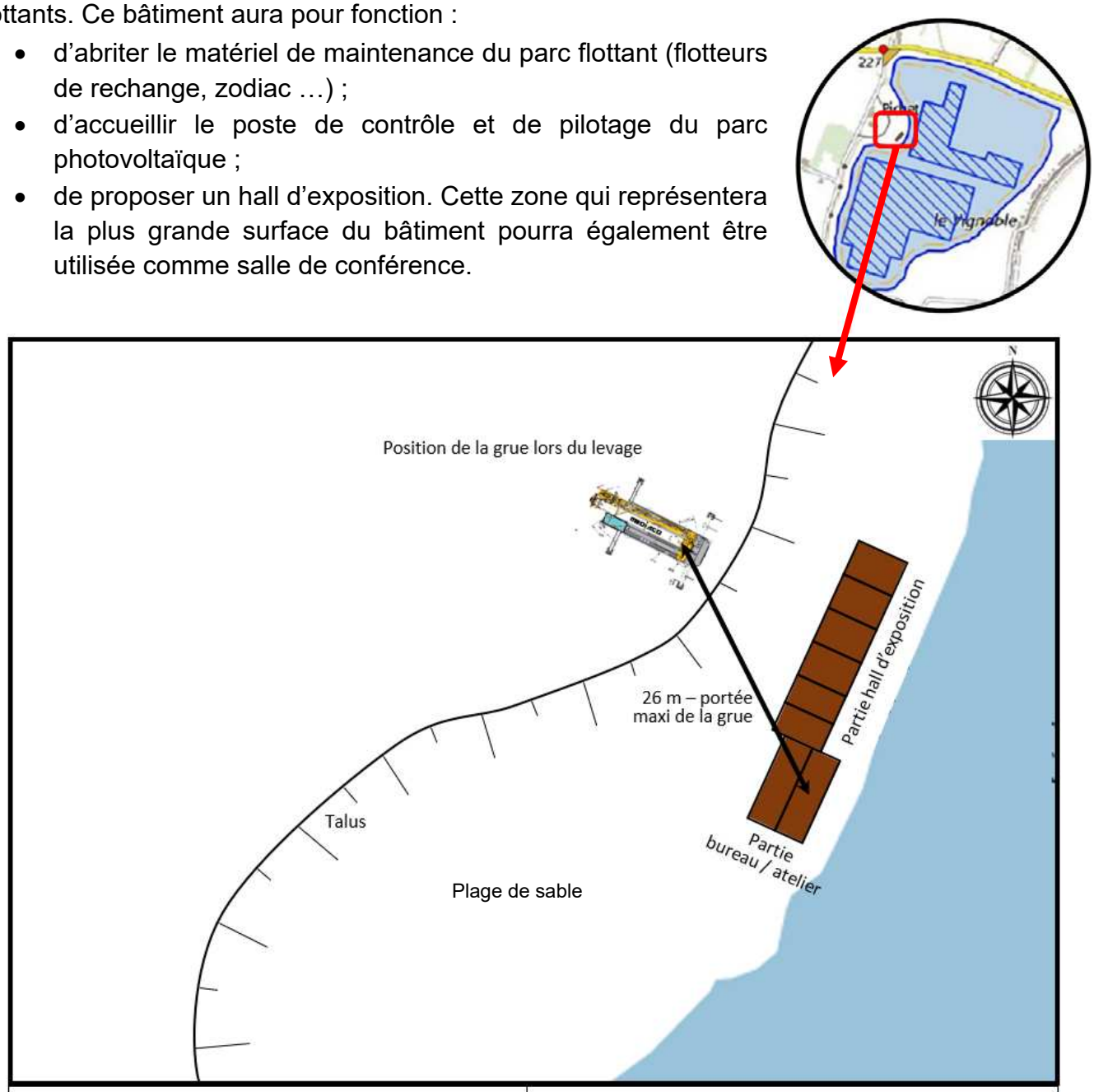


- Présentation de l'étude et questionnement ..... pages 25 à 30
- Documents techniques DTS1 à DTS7 ..... pages 31 à 36
- Documents réponses DRS1 à DRS3 ..... pages 37 à 38

Mise en situation

Dans le projet de la ferme photovoltaïque « Le Vignoble », il est prévu l'installation d'un bâtiment destiné à promouvoir le photovoltaïque flottant. L'exploitant du parc a décidé d'installer ce bâtiment sur les berges du plan d'eau où seront implantés les panneaux flottants. Ce bâtiment aura pour fonction :

- d'abriter le matériel de maintenance du parc flottant (flotteurs de rechange, zodiac …) ;
- d'accueillir le poste de contrôle et de pilotage du parc photovoltaïque ;
- de proposer un hall d'exposition. Cette zone qui représentera la plus grande surface du bâtiment pourra également être utilisée comme salle de conférence.



Plan de masse Accès grue mobile	Bungalow - Centrale photovoltaïque flottante		
Ferme photovoltaïque « Le Vignoble »	Echelle : 1/500	Format A4	Date juil. 2022

Le bâtiment sera constitué de 8 éléments modulaires répartis comme suit :

- partie hall d'exposition (74 m² pour 3 m de hauteur) : 4 modules de type A (4,36 x 3,00 m) + 2 modules de type B (4,36 x 2,48 m) ;
- partie bureau / atelier-stockage (36 m² pour 3 m de hauteur) : 2 modules de type C (7,36 x 2,48 m).

Les planchers des modules sont autoportants ce qui permet de limiter les terrassements et surfaces d'appui. Il subsistera un vide sous les planchers en contact direct avec l'extérieur, similaire à un vide sanitaire ventilé.

Travail demandé

Partie A : comment assurer la bonne mise en place des modules sur ce site ?

L'étude porte sur la livraison des éléments modulaires et plus particulièrement sur le choix de la grue mobile pour les décharger et les mettre en place.

Il faut dans un premier temps déterminer le poids des modules de type C, les plus gros éléments.

Question A.1 DTS1 DRS1	**Compléter** la ligne propre au « VIROC » pour un module de type C (7,36 x 2,48 m) dans le tableau de descente de charges du DRS1. **Déterminer et indiquer** la masse totale du module de type C.

Quel que soit le résultat trouvé, la masse des modules de type C sera prise égale à 5 tonnes dans la suite de l'étude.

Pour des raisons de stabilité, et compte tenu de la présence d'un talus, la grue mobile ne pourra pas se rapprocher à moins de 26 m de l'emplacement définitif du bungalow le plus excentré (position donnée sur le plan masse précédent). De plus, l'appareillage de levage impose que la hauteur du crochet de la grue atteigne au moins 14 m tout en portant la charge du bungalow.

Question A.2 DTS3	**Relever** la capacité de levage de la grue pour les caractéristiques de ce chantier.

Question A.3	**Conclure** sur la pertinence du choix de la grue Liebherr LTM 1060-3.1. **Proposer** une solution qui serait plus adaptée.

Partie B : les fondations envisagées sont-elles adaptées au sol support des bungalows ?

Les fondations envisagées sont des plots en béton coulés en place sur lesquels viennent s'ancrer les platines des structures modulaires.

L'étude se limitera à l'appui A16 (voir le DRS3), l'appui de l'angle Sud du bâtiment.

Question B.1 DRS3	**Représenter** la zone d'influence cotée de cet appui sur le schéma de détail des bungalows du DRS3. **Calculer** cette surface d'influence.

Les charges variables à considérer sont :

- charges d'exploitations pour une zone d'atelier et de stockage ;
- charges de neige $S = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$ à calculer selon l'Eurocode 1 dans le cas de neige non exceptionnelle, zone A2, et altitude 227 m.

Question B.2 (DTS4, DRS2) | **Déterminer** la charge surfacique S en $kN \cdot m^{-2}$ de la neige à prendre en compte sur la toiture.
Calculer et **reporter** sur le DRS2 le poids de neige repris uniquement par le poteau A16.

Question B.3 (DTS5, DRS2) | **Compléter** dans le tableau de descente de charges du DRS2, les charges d'exploitation du plancher bas de l'atelier qui s'appliquent sur l'appui A16.

La combinaison de charge aux ELS est : $N_{ELS} = G + Q + 0{,}7 \cdot S$.

Question B.4 | **Calculer** le poids N_{ELS} transmis à la fondation par la platine A16.

La contrainte (ou pression) transmise par la fondation est donnée par :

$$p_{ELS} = \frac{N_{ELS}}{Section}$$

Question B.5 | **Calculer** la contrainte p_{ELS} transmise au sol par la fondation en béton de section $S = 0{,}4 \times 0{,}4\ m$ (le poids de béton de fondation sera négligé) ancrée à 1,00 m de profondeur.

Le géotechnicien a réalisé un sondage pressiométrique au droit de la future construction modulaire. L'Eurocode 7 propose de retenir la contrainte admissible du sol $q_{v;k}$ à partir des essais pressiométriques selon la formule :

$$q_{v;k} = \frac{K_p \cdot P_l}{\gamma_{R;d;v} \cdot \gamma_{R;v}}$$

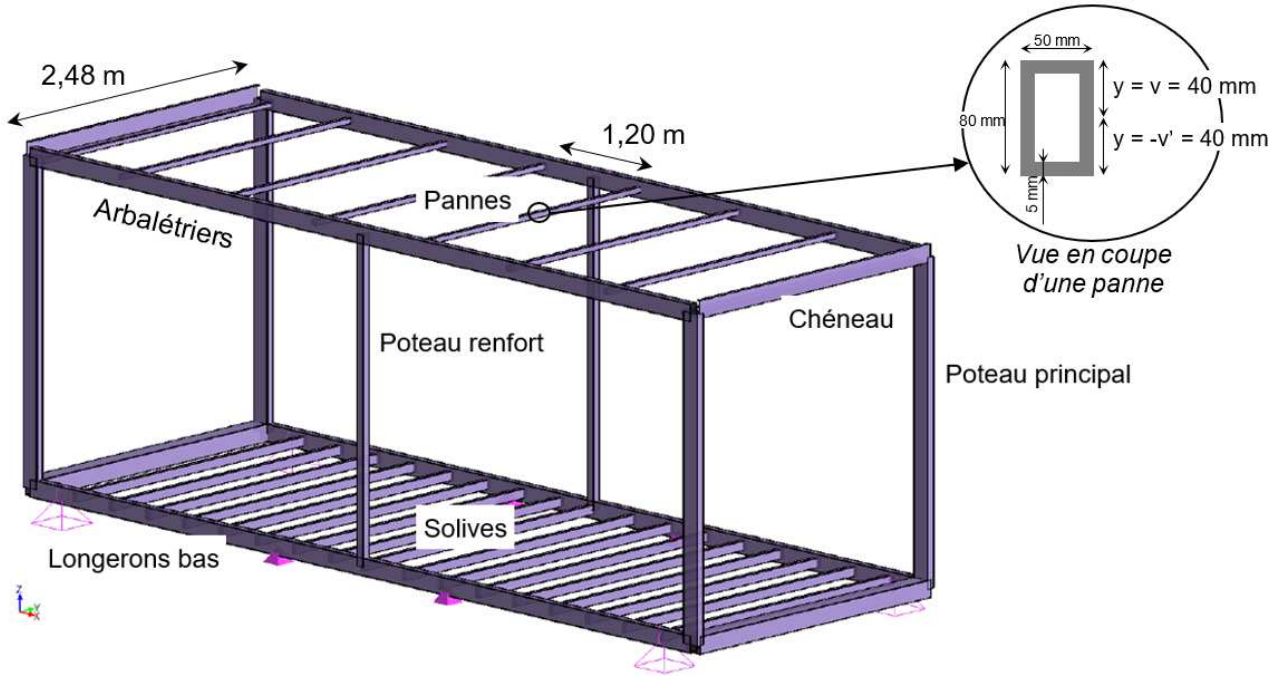
Avec :

- $q_{v;k}$: contrainte caractéristique verticale du sol à l'ELS en MPa
- K_p : facteur de portance pressiométrique, ici $K_p = 1$
- P_l : pression limite donnée sur le sondage, à la profondeur de la fondation.
- $\gamma_{R;d;v}$: coefficient de modèle $\gamma_{R;d;v} = 1{,}2$ pour la méthode pressiométrique
- $\gamma_{R;v}$: facteur partiel pour l'incertitude dans un modèle de résistance, $\gamma_{R;v} = 2{,}3$ à l'ELS

Question B.6 (DTS3) | À partir de la fiche de sondage présentée en DTS6, **calculer** la contrainte admissible du sol $q_{v;k}$ et la **comparer** au résultat de la question B4.
Conclure et **proposer** sans calcul une solution adaptée si nécessaire.

Partie C : comment optimiser les pannes de la toiture ?

Les modules sont composés des éléments de structure comme présentés sur le schéma suivant :



Pour les modules B et C la portée des pannes est de 2,48 m, l'entreprise voudrait vérifier que les pannes peuvent être constituées par des barres de 80 mm x 50 mm x 5 mm.

Données sur les pannes des modules B et C :

- charges reprises par les pannes (charges liées au poids propre de la couverture, aux charges d'exploitations et climatiques) : q_{ELS} = 5,4 kN·m^{-1} et q_{ELU} = 7,8 kN·m^{-1} ;
- module d'Young de l'acier : E_{acier} = 210 000 MPa ;
- nuance d'acier : S275 - Résistance élastique : R_e = 275 MPa ;
- moment quadratique : I_{GZ} = 990 000 mm^4 = 9,9·10^{-7} m^4.

Pour le dimensionnement en contrainte, il convient de réaliser les calculs aux ELU, ici avec la charge q_{ELU} = 7,8 kN·m^{-1}.

Question C.1 DTS7	**Calculer** le moment fléchissant maximal de la panne aux ELU en utilisant le formulaire de RDM.

La contrainte normale dans une poutre dépend du moment qu'elle subit. La formule de la contrainte normale est : $\sigma = \frac{M_f}{I_{Gz}} \cdot y$, où y est la distance entre le point où l'on calcule la contrainte et l'axe neutre de la poutre.

Question C.2	**Déterminer** la contrainte normale maximale σ aux ELU à laquelle est soumise la panne. **Conclure** sur son dimensionnement.

Le calcul de la flèche se fait aux ELS. La charge considérée est q_{ELS} = 5,4 kN·m^{-1}.

Question C.3 | **Calculer** la flèche maximale aux ELS de la panne courante à partir du formulaire de RDM.

DTS7

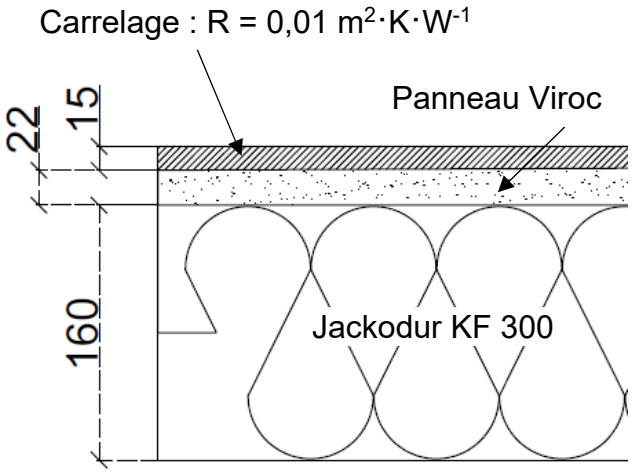
Le cahier des charges impose que la flèche de la poutre n'excède pas 0,5% de sa longueur.

Question C.4 | **Calculer** cette flèche maximale et la **comparer** à la valeur calculée.
Conclure

Partie D : l'isolation thermique du plancher prévue est-t-elle satisfaisante ?

Les planchers des bungalows ne sont pas en contact avec le sol, ce qui peut engendrer une sensation de froid venant du bas. Pour limiter ce risque, le client souhaite avoir une résistance thermique du plancher minimum de R = 4 $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$

Les planchers sont constitués de panneaux Viroc de 22 mm posés directement sur les solives. Ces panneaux sont recouverts par un carrelage. Le plancher est isolé en sous-face au moyen de blocs de polystyrène JACKODUR KF 300 Standard de 160 mm d'épaisseur. La partie courante du plancher peut être représentée selon le schéma ci-dessous :



Question D.1 | **Calculer** la valeur de la résistance thermique R_{viroc} des panneaux.

DTS1

Question D.2 | **Relever** les valeurs de la résistance thermique R_D du polystyrène JACKODUR KF 300 – 160mm, de R_{si} et de R_{se}.
Calculer R_{global}, la résistance thermique globale du plancher bas.

DTS2

Question D.3 | **Conclure** au regard des exigences du client.

Document technique DTS1 : caractéristiques techniques des matériaux

Extrait du dossier technique d'application des panneaux VIROC de la société VIROC Portugal INTERNATIONAL

1.7 Caractéristiques mécaniques

Caractéristiques	Performances	Norme
Densité	1 350 kg/m³	EN 323
Module d'élasticité en flexion : Classe 2 Classe 1 Valeur moyenne	 ≥ 4 000 N/mm² ≥ 4 500 N/mm² 6 000 N/mm²	EN 310
Résistance à la flexion Valeur moyenne	≥ 9 N/mm² 12 N/mm²	EN 310
Cohésion interne	≥ 0,5 N/mm²	EN 319
Cohésion interne après essai cyclique	≥ 0.3 N/mm²	EN 319 EN 321
Gonflement en épaisseur 24 h	≤ 1,5 %	EN 317
Gonflement en épaisseur après essai cyclique	≤ 1,5 %	EN 317 EN 321

Panneau VIROC (aggloméré de bois-ciment)



1.8 Autres caractéristiques

Réaction au feu

B-s1,d0 – Combustible, mais non inflammable

Conductivité thermique

λ = 0,22 W/(m.K)

Humidité

En sortie d'usine : 6 à 12 %

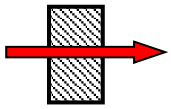
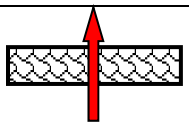
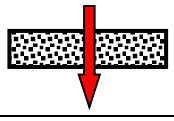
Extrait de la fiche technique des isolants de la gamme JACKODUR® de la société JACKON Insulation GmbH.

JACKODUR® Caractéristiques techniques

Mousse de polystyrène extrudé (XPS) conforme à l'EN 13164

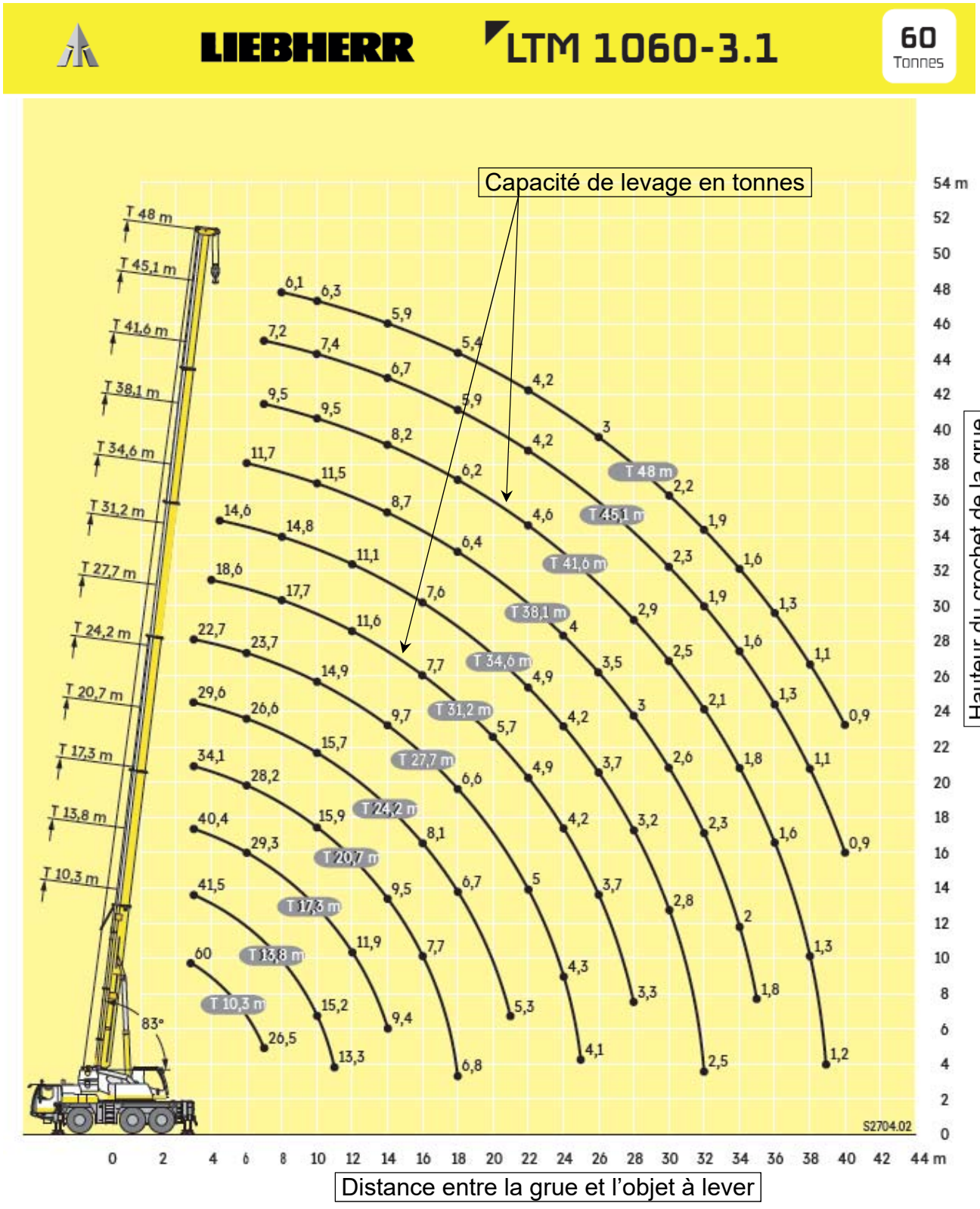
Caractéristique	Désignation selon norme EN 13164	Déclaration / Unité	Norme	Epaisseur mm	KF 300 Standard		KF 500 Standard	
					λ_D	R_D	λ_D	R_D
Densité		kg/m³	EN 1602		30		35	
Conductivité thermique	λ_D	W/(m·K)	EN 13164	20	0,034	0,55	-	-
				30	0,034	0,85	-	-
				40	0,034	1,15	0,034	1,15
				50	0,034	1,45	0,034	1,45
				60	0,034	1,75	0,034	1,75
				80	0,035	2,25	0,035	2,25
				100	0,035	2,85	0,035	2,85
				120	0,035	3,40	0,035	3,40
				140	0,035	4,00	0,035	4,00
				160	0,035	4,55	0,035	4,55
				180	0,035	5,10	0,035	5,10
				200	0,036	5,55	0,035 NOUVEAU	5,70 NOUVEAU

Document technique DTS2 : résistances thermiques superficielles

Résistances superficielles [m²·K/W]	*Paroi en contact avec l'extérieur*			*Paroi en contact avec une pièce non chauffée*		
Sens du flux	R_{si}=1/hi	R_{se}=1/he	1/hi + 1/he	R_{si}=1/hi	R_{se}=1/he	1/hi + 1/he
	***0,13***	***0,04***	***0,17***	***0,13***	***0,13***	***0,26***
	***0,10***	***0,04***	***0,14***	***0,10***	***0,10***	***0,20***
	***0,17***	***0,04***	***0,21***	***0,17***	***0,17***	***0,34***

Document technique DTS3 : caractéristiques de levage d'une grue mobile Liebherr LTM 1060-3.1

Cet abaque présente sur les courbes la capacité de levage (en tonnes) d'une grue LTM 1060-3.1



Document technique DTS4 : extrait de l'Eurocode 1

$$S = \mu_1 . C_e . C_t . S_k$$

- S : charge de neige à considérer en kN.m^{-2}
- μ_1 : coefficient de forme (sans dimension) – Tableau 5
- C_e : coefficient d'exposition (sans dimension)
  $C_e = 1{,}25$ lorsque l'ouvrage est abrité du vent et $C_e = 1{,}00$ dans tous les autres cas
- C_t : coefficient thermique (sans dimension) $C_t = 1$ sauf spécifications particulières du marché
- S_k : charge de neige fonction de la région et de l'altitude du projet : $S_k = S_{k0} + \Delta S_i$
  S_{k0} charge de neige pour une altitude inférieur à 200 m NGF au lieu de la construction – Tableau 3
  ΔS_i correction pour l'altitude quand celle-ci est supérieure à 200 m – Tableau 4

Tableau 3 – Valeur caractéristique et charge exceptionnelle par région

Régions	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
Valeur caractéristique ($s_{k,0}$) de la charge de neige sur le sol à une altitude inférieure à 200 m (en kN/m^2)	0,45	0,45	0,55	0,55	0,65	0,65	0,90	1,40
Valeur de calcul (s_{Ad}) de la charge exceptionnelle de neige sur le sol (en kN/m^2)	–	1,00	1,00	1,35	–	1,35	1,80	–

Tableau 4 – Lois de variation de la valeur caractéristique s_k en fonction de l'altitude A et de la région

Altitude A	Régions A, B, C, D Loi de variation : Δs_1	Région E Loi de variation : Δs_2
de 200 à 500 m	A/1 000 – 0,20	1,5 A/1 000 – 0,30
de 500 à 1 000 m	1,5 A/1 000 – 0,45	3,5 A/1 000 – 1,30
de 1 000 à 2 000 m	3,5 A/1 000 – 2,45	7 A/1 000 – 4,80

Tableau 5 – Valeurs des coefficients de forme μ_i

α (angle du toit avec l'horizontale)	$0° \le \alpha \le 30°$	$30° < \alpha < 60°$	$\alpha \ge 60°$
μ_1	0,8	$0{,}8\,(60 - \alpha)/30$	0,0

Document technique DTS5 : extrait de la note de descente de charges de l'entreprise Cougnaud Construction

COUGNAUD CONSTRUCTION	Bâtiment modulaire Parc photovoltaïque Le Vignoble – Saint Elix Le Château - DDC -

1. *Charges d'exploitations - q*

Les charges d'exploitations possibles à considérer sur un plancher sont :

- vestiaires : 2 500N/m² ;
- salle polyvalente : 5 000N/m² ;
- ateliers et stockage : 6 000N/m².

2. *Charges climatiques*

- Neige
  - Zone : A2
  - Altitude : 227 m NGF
- Vent
  - Zone 2
  - Catégorie de terrain : 0

3. *Actions sismiques*

- Zone de sismicité : 2
- Catégorie du bâtiment : 2

4. *Autres actions*

- Charge d'entretien en toiture
  On considère une charge d'entretien en toiture de 80 kg/m2
- Sollicitations dues à la température
  Le bâtiment modulaire à construire est suffisamment petit pour ne pas subir des effets dus au changement de température.

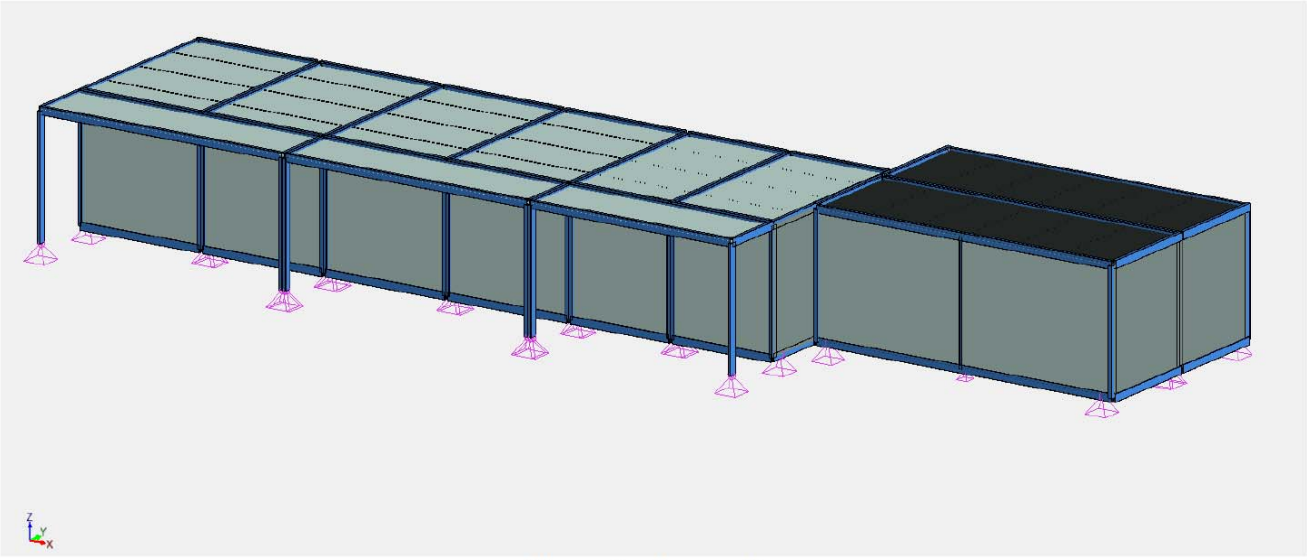


Figure 1 - Perspective

Document technique DTS6 : sondage pressiométrique réalisé au droit de la future construction

SOL SOLUTION

Sondage : PR1

Type : Pressiométrique

Affaire N° :

Client :

Etude :

Machine : EMCI 700

Outil : Taillant à boutons

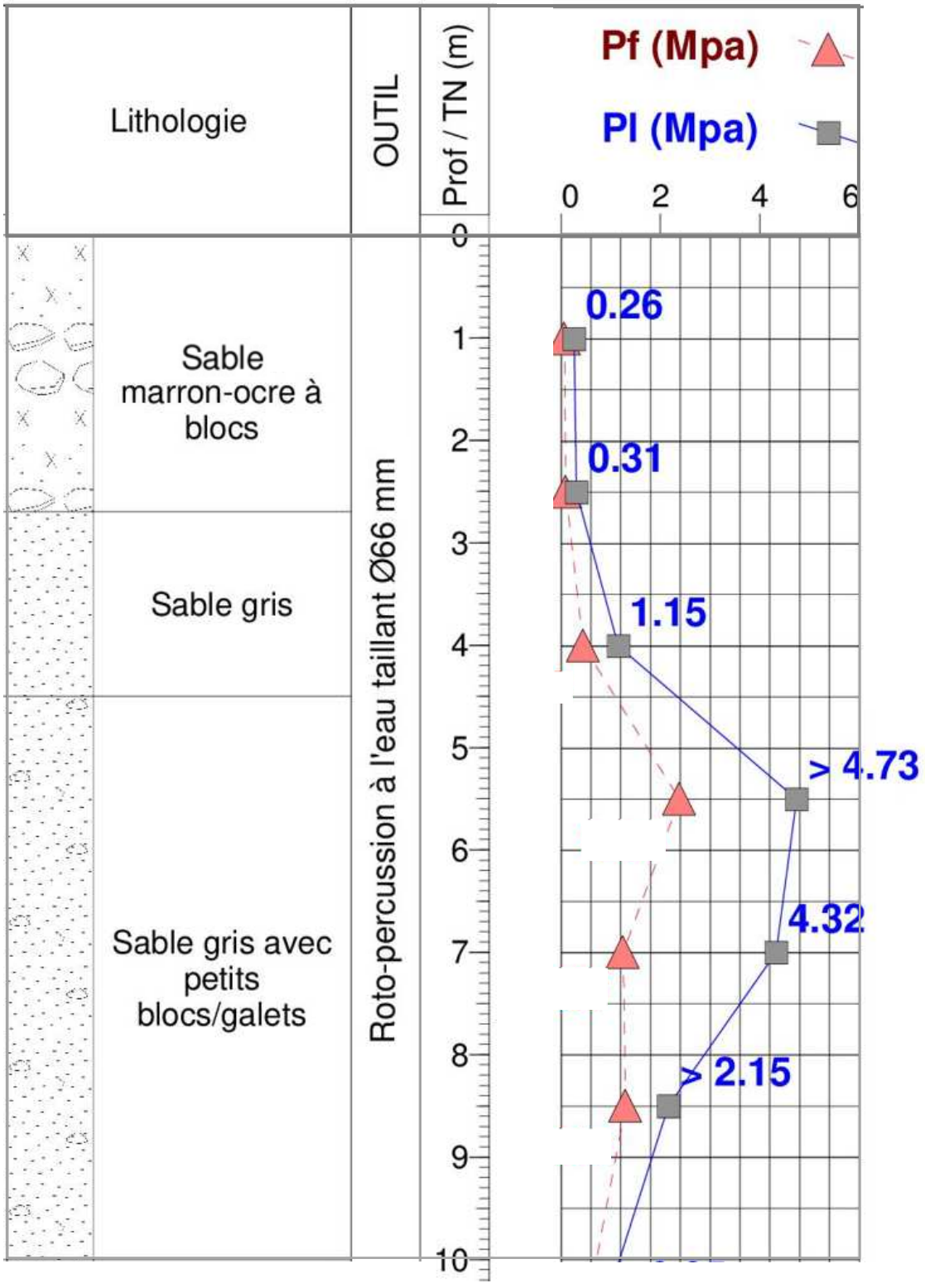
Inclinaison :

Date :

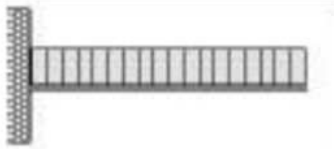
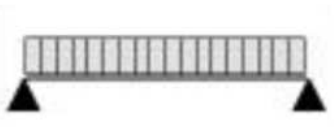
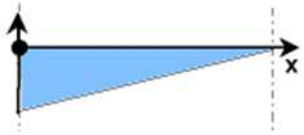
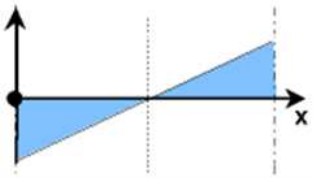
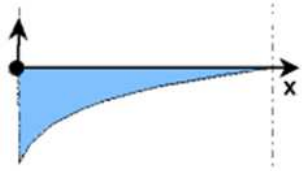
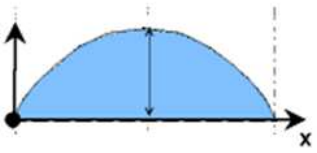
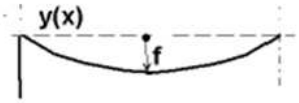
Fin :

Prof. :

Echelle :



Document technique DTS7 : formulaire de RDM

charge répartie (q en N·m^{-1})		
Charge		
Effort tranchant		
Moment de flexion		
Déformée		
Moment fléchissant : *Mf* maxi	(à gauche) $Mf = -\frac{q \cdot L^2}{2}$	(au centre) $Mf = \frac{q \cdot L^2}{8}$
Flèche maxi	(à droite) $f = \frac{q \cdot L^4}{8 \cdot E \cdot I}$	(au centre) $f = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I}$

Document réponses DRS1 : descente de charges (question A.1)

Remarque : pour le calcul des poids, l'accélération de la pesanteur est g = 9,81 $m \cdot s^{-2}$

Niveau	Désignation des ouvrages	Charges permanentes : G				
		Longueur L	Largeur : l	Hauteur : H	Masse volumique	Masse totale
		[m]	[m]	[m]	[$kg \cdot m^{-3}$]	[kg]
N1 (toiture)	Complexe : bac acier, isolant thermique et acoustique					464
N2 (parois verticales)	Panneau sandwich et bardage					2 332
N3 (plancher Viroc carrelée)	Viroc - épaisseur 22 mm					
	Reste du complexe du plancher					1 578
					Total :	

La masse totale de la structure du module de type C est de …… tonnes.

Document réponses DRS2 : descente de charges au droit de l'appui A16 (question B.2 et B.3)

Niveau	Désignation des ouvrages	Charges permanentes : G	Charges d'exploitation : Q				Charges climatiques S			
		Total	Longueur L	Largeur : l	Charge surfacique	Total	Longueur L	Largeur : l	Charge surfacique	Total
		[N]	[m]	[m]	[$N \cdot m^2$]	[N]	[m]	[m]	[$N \cdot m^2$]	[N]
N1 (toiture)	Bac acier + isolants	160				13 233				
N2 (parois v.)	Panneaux sandwich	4 097								
N3 (plancher)	Complexe du plancher	2 613								
	Total :	7 279			Total :				Total :	

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

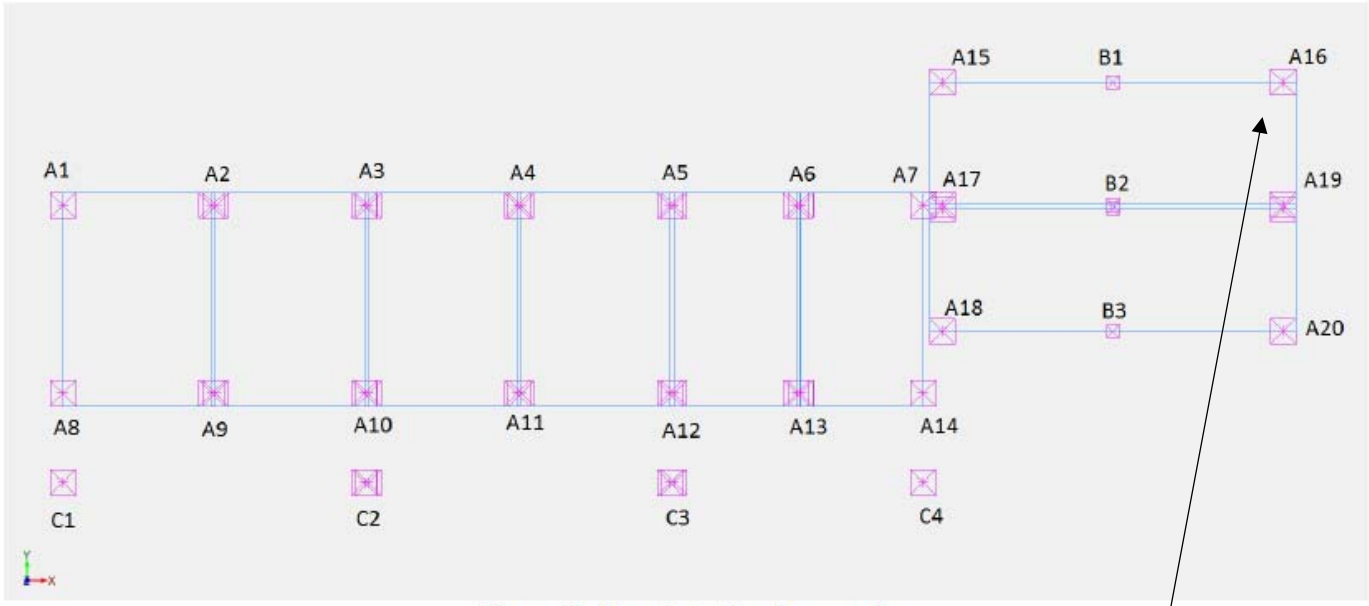
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

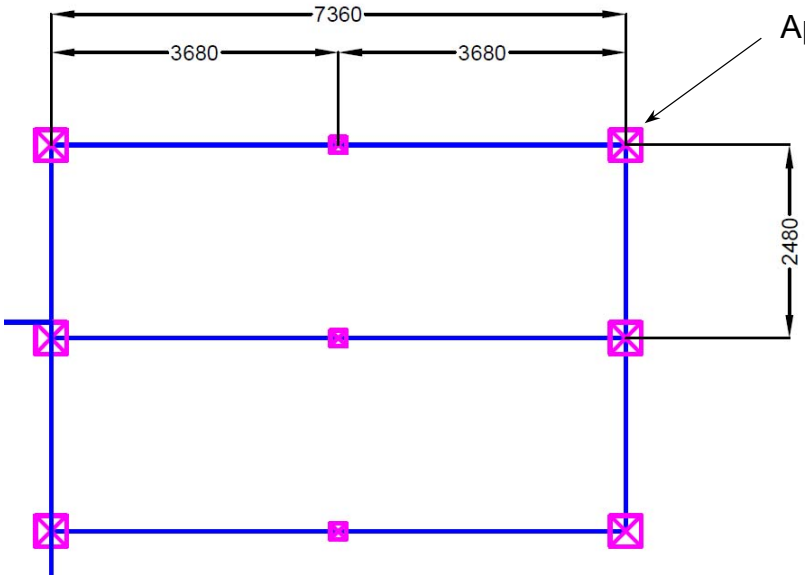
Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Document réponses DRS3 : schéma des appuis de fondation des bungalows (question B.1)



Numérotation des appuis



Détail des bungalows de type C
pour dessin de la surface d'influence

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.