

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2022

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION

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 collègue » est autorisé.*

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 32 pages numérotées de 1/32 à 32/32.

Constitution du sujet :

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

❖ La partie commune comporte 6 parties dont 2 au choix.

À traiter obligatoirement	À traiter au choix
Partie commune : <ul style="list-style-type: none">• partie 1• partie 2• partie 3• partie 6	Partie commune : <ul style="list-style-type: none">• soit la partie 4• soit la partie 5 Une seule de ces 2 parties doit être traitée

❖ La partie spécifique comporte 4 parties qui sont toutes à traiter obligatoirement.

Tous les documents réponses sont à rendre avec la copie.

CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE DE PORETTE DE NÉRONE



- Présentation de l'étude et questionnaire..... pages 2 à 11
- Documents techniques DT1 à DT3..... pages 12 à 13
- Documents réponses DR1 à DR7..... pages 14 à 19

MISE EN SITUATION

L'objectif des pouvoirs publics français et de l'Union Européenne est que les énergies renouvelables représentent 40% de l'électricité totale consommée en France à l'horizon 2030 (engagements COP21).



Dans un contexte de raréfaction des hydrocarbures, de lutte contre le changement climatique et des besoins locaux en électricité, la centrale photovoltaïque de Porette de Nérone, située en Corse, s'étale sur 7,8 ha et produit près de 5700 MW·h par an.

De plus, pour tenir les engagements de réduction des émissions de gaz à effet de serre, le développement des énergies renouvelables doit être réalisé dans des conditions de haute qualité environnementale. Ainsi, il convient de respecter la biodiversité, le patrimoine, le paysage, la qualité des sols, de l'air et de l'eau et de limiter les conflits d'usage avec les autres activités socio-économiques.

Partie 1 : pourquoi implanter la centrale à Porette de Nérone ?

L'objectif de cette partie est de valider les choix qui ont conduit à l'élaboration de cette centrale photovoltaïque sur le site de Porette de Nérone.

Question 1.1

Mise en situation
DT1

À l'aide de la mise en situation et du DT1, **citer** trois éléments qui ont conduit à choisir le site de Porette de Nérone.

Question 1.2

Justifier l'utilisation de l'unité « tep » tonne équivalent pétrole dans les études d'installations d'énergies renouvelables. D'après les informations données dans la mise en situation, **calculer** le nombre de tep qui correspondrait à la production annuelle de la centrale sachant que $11,63 \text{ MW}\cdot\text{h} \Leftrightarrow 1 \text{ tep}$.

L'éthanol actuel est un biocarburant de 1^{ère} génération avec une productivité annuelle maximale de 2,58 tep par hectare. A un horizon plus éloigné les biocarburants de 2^{ème} génération auront des productivités pouvant atteindre jusqu'à 7,5 tep par hectare.

Question 1.3

Calculer l'énergie produite si le site était exclusivement utilisé pour cultiver des biocarburants de 2^{ème} génération. **Exprimer** le résultat en tep par an.

L'électricité produite grâce à la centrale de Porette de Nérone est injectée dans le réseau local de la ville d'Aléria. La consommation moyenne d'un habitant est de 2 300 kW·h par an.

Question 1.4

Déterminer le nombre d'habitants que la centrale peut alimenter annuellement. **Comparer** ce résultat avec les 1957 habitants d'Aléria.

Un accord avec EDF garantit un prix de rachat de l'électricité de 0,15 € par kW·h durant une période minimale de 20 ans. La moyenne annuelle de production s'élève à 5 680 MW·h. Le coût de construction de la centrale est de 11,8 millions d'euros. L'exploitant doit payer à la collectivité une taxe locale de 106 500 euros par an. On cherche à vérifier que l'investissement de construction de la centrale sera bien amorti avant la fin de l'obligation de rachat de l'électricité par EDF.

Question 1.5

Sur le document DR1 :

DR1

- **reporter** le coût total de l'investissement ;
- **calculer**, sur un an et sur 20 ans, les dépenses et les recettes.

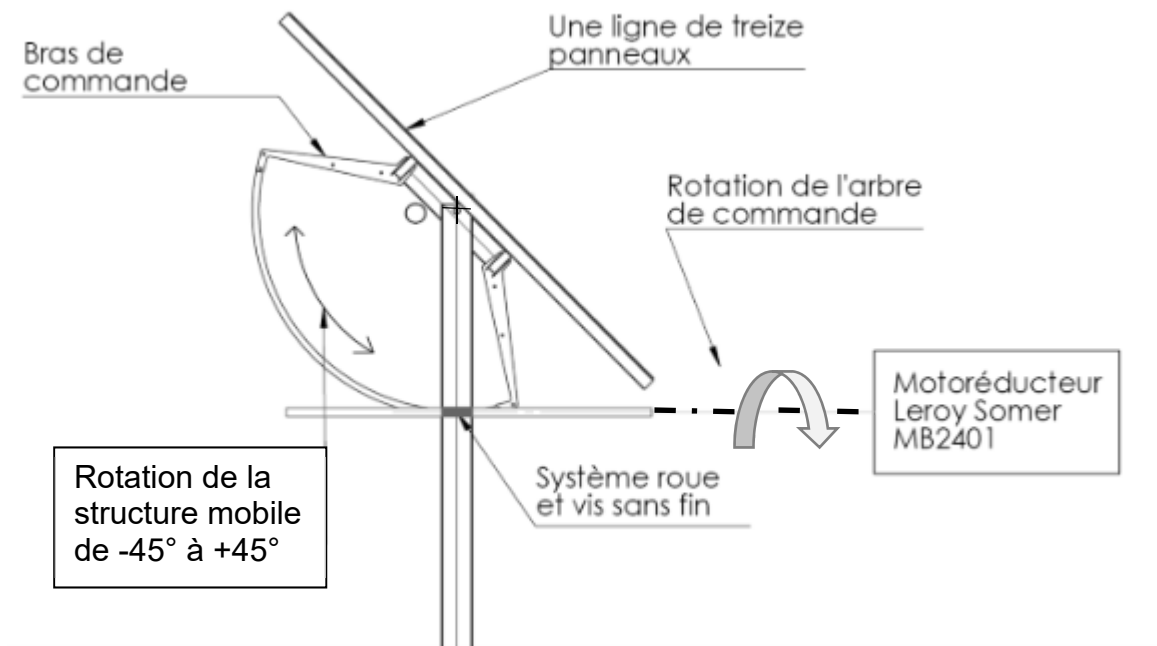
Question 1.6

Calculer le gain sur 20 ans et **conclure** sur la rentabilité de la centrale.

Partie 2 : comment optimiser la position des panneaux photovoltaïques ?

Le système de tracking de la centrale de Porette de Nérone est constitué d'une structure fixe liée au sol et d'une structure mobile en liaison pivot avec la structure fixe.

L'utilisation de trackers dans une centrale photovoltaïque permet un gain de production d'énergie d'environ 15 %.



Le système de tracking permet d'orienter tous les panneaux photovoltaïques de manière à les positionner le plus longtemps possible perpendiculairement aux rayons du soleil. La problématique est de trouver la meilleure orientation tout au long de la journée.

Le mouvement est assuré par un motoréducteur Leroy Somer, qui entraîne en rotation l'arbre de commande, et par un système roue et vis sans fin qui provoque la rotation de la structure mobile.

Question 2.1

DR2

Le document DR2 représente l'implantation de deux lignes successives de panneaux solaires. **Tracer** le rayon du soleil passant par le point A à 9 heures du matin.

Question 2.2

DR2

Représenter la zone d'ombre produite sur le panneau 2 à 9 heures. **Conclure** sur l'impact de cette zone d'ombre en donnant le pourcentage de la surface éclairée par rapport à la surface totale.

Question 2.3

DR2

Sur le schéma du DR2 représentant le panneau 2 incliné à 45° , **déterminer** l'heure à laquelle l'ombrage disparaît de sa surface.

Sur le DR3, plusieurs inclinaisons des panneaux solaires sont proposées en pointillés (de -45° à -10°).

Question 2.4

DR3

Déterminer, en traçant le rayon du soleil, l'inclinaison des panneaux photovoltaïques permettant de ne pas avoir d'ombrage à 9h du matin.
Relever la valeur de l'angle d'inclinaison des panneaux correspondant.

Question 2.5

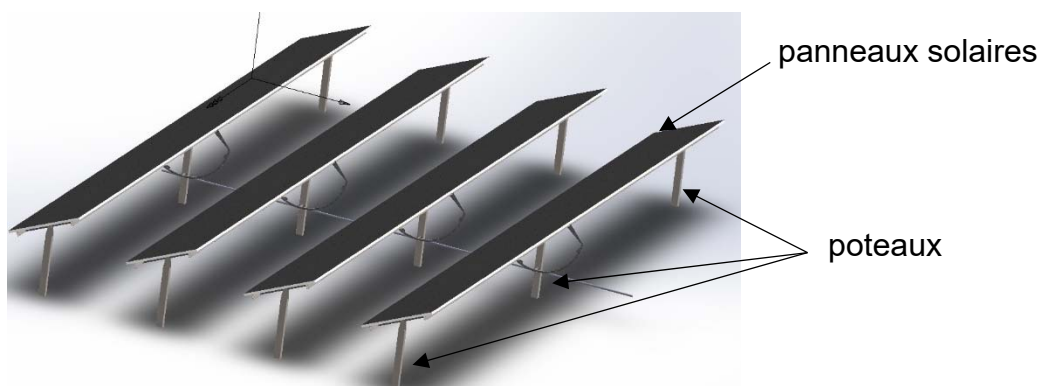
DR3

Déterminer sur quelle période horaire de la matinée le système fonctionne en backtracking (annulation automatique de l'ombrage);

Déterminer sur quelle période horaire de la matinée le système fonctionne en tracking (positionnement du panneau perpendiculaire au soleil).

Partie 3 : comment répartir les panneaux photovoltaïques sur le terrain ?

Le fabricant assemble des blocs de 9 lignes de 13 panneaux. Chaque bloc est mis en mouvement par un système de tracking. Ces blocs ont un encombrement au sol de 15 m par 50 m. La surface disponible du terrain est de 78 000 m².



Question 3.1

Calculer le nombre de panneaux photovoltaïques par bloc.

Question 3.2

Calculer la surface d'un bloc puis le nombre théorique de blocs qu'il serait possible d'implanter sur le terrain.

Compte tenu de la forme du terrain et pour garder des surfaces de circulation, ce nombre théorique ne peut pas être atteint. La centrale de Porette de Nérone comporte en réalité 101 blocs. Le plan du terrain est donné sur le document réponse DR4. Les blocs sont implantés sur des bandes de 50 m de large. Un premier bloc est positionné pour préciser l'orientation choisie.

Question 3.3

DR4

Proposer une implantation des 101 blocs en définissant le nombre de blocs par bande. Le raisonnement peut être mené soit par le calcul, soit graphiquement.

Question 3.4

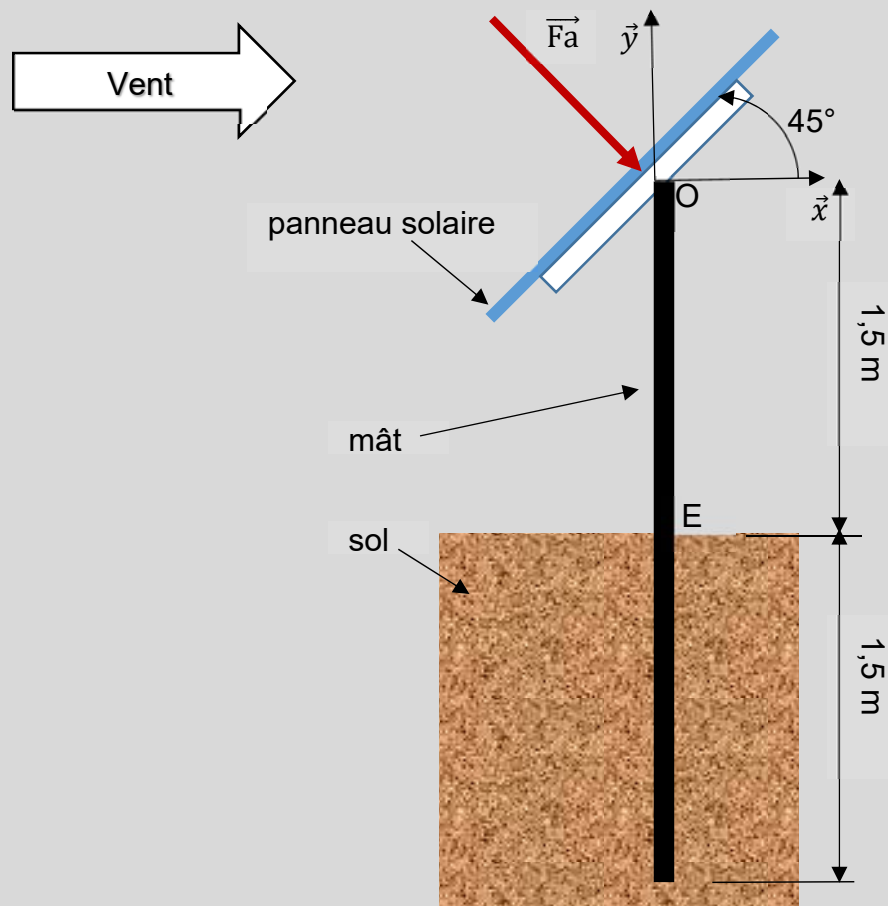
DT2

Calculer le nombre total de panneaux solaires implantés sur le terrain. Le **comparer** au nombre donné dans le diagramme de définition de blocs de la centrale DT2.

Partie 4 : comment assurer l'ancrage des portiques en cas de vent extrême ?

Dans cette partie, on cherche à vérifier que les ancrages des portiques (éléments de structure supportant les panneaux) pourront supporter les conditions de vent extrême. Les panneaux solaires reposent par groupes de 13 sur un portique composé d'une poutre horizontale et de 3 poteaux en profil creux de 3 m de hauteur enfoncés de 1,5 m dans le sol.

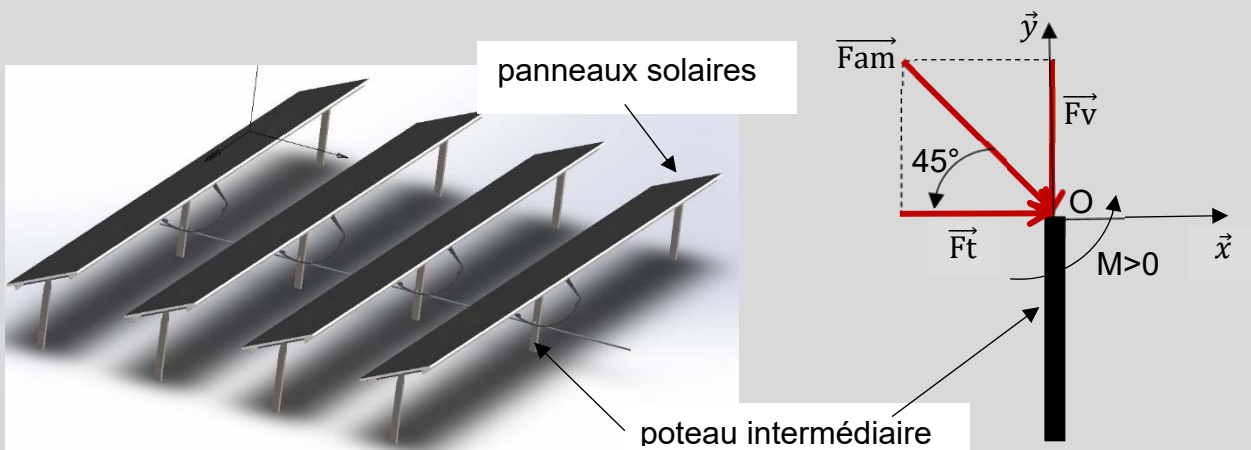
Une étude menée à partir de l'Eurocode 1 (règlement européen pour le calcul des structures) montre que chaque panneau solaire peut être soumis à un vent extrême horizontal. Ce vent crée une action dite « aérodynamique » \vec{F}_a perpendiculaire à chaque panneau, incliné à 45° , d'intensité $F_a = 1$ kN pour un panneau solaire.



Chaque panneau solaire reprend une action de 1 kN et chaque portique comporte 13 panneaux.

Question 4.1 | **Calculer** l'intensité de la charge totale F_p en kN, due au vent, reprise par un portique.

Chaque portique est supporté par 3 poteaux. Dans le cas extrême, le poteau intermédiaire reprend à lui seul la moitié de la charge totale calculée à la question précédente, notée \vec{F}_{am} , d'intensité F_{am} , inclinée à 45° par rapport à l'horizontal.



Question 4.2 | **Calculer** $F_{am} = F_p/2$, puis F_t , l'intensité de la résultante horizontale \vec{F}_t de \vec{F}_{am} (projection de \vec{F}_{am} sur l'axe \vec{x}).

En déduire l'intensité F_v de la résultante verticale \vec{F}_v de \vec{F}_{am} (projection de \vec{F}_{am} sur l'axe \vec{y} , voir schéma précédent).

Question 4.3 | **Expliquer** comment \vec{F}_v agit sur le poteau lorsque le vent est face aux panneaux solaires.

En déduire ce qui se passe si le vent souffle par l'arrière, sa composante aérodynamique restant toujours perpendiculaire aux panneaux solaires.

La hauteur du poteau au-dessus du sol entre les points O et E est égale à 1,5 m. Le signe du moment est positif s'il est dans le sens trigonométrique.

Question 4.4

Calculer l'intensité M_E du moment $\overrightarrow{MFt/E}$ créé au point E (pied du poteau intermédiaire) par \vec{Ft} . **Indiquer** comment ce moment agit sur l'ancrage du poteau.

Question 4.5

À partir des questions précédentes, **justifier** le choix technologique d'ancrer les poteaux de 1,5 m dans le sol.

Partie 5 : comment mesurer la vitesse du vent pour piloter le tracker ?

La structure de support des panneaux est dimensionnée pour supporter des vents allant jusqu'à $180 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, mais les panneaux sont mis en sécurité en position horizontale à partir de $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Afin de mesurer la vitesse du vent et d'assurer le fonctionnement normal de l'installation, deux stations météo sont installées sur le site. Elles sont équipées de capteurs de température en plus des anémomètres.

Question 5.1

DR5

À l'aide de la courbe caractéristique du DR5, **déterminer** la tension de sortie de l'anémomètre correspondant à un vent de $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Afin d'être transmise sur le réseau, l'information sortant du capteur est numérisée par un convertisseur analogique numérique de 8 bits.

La plage de conversion est la suivante : 0000 0000 correspond à une tension de 0 V et 1111 1111 correspond à une tension de 10 V.

Question 5.2

Déterminer l'augmentation de tension nécessaire pour obtenir une augmentation de 1 du mot binaire.

La précision exigée du système de mesure est de plus ou moins $3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Question 5.3

Vérifier si ce convertisseur permet d'obtenir la précision exigée.

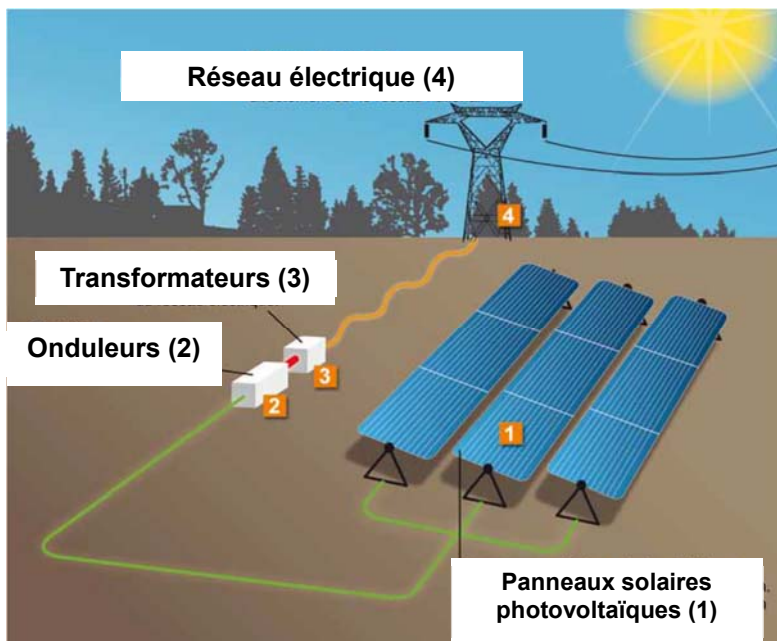
Afin d'être alerté en cas d'anomalie de fonctionnement et de suivre la production d'énergie solaire, le réseau local privé type Ethernet (LAN) est connecté à un autre réseau (WAN).

- Masque réseau local : 255.255.255.0
- IP station météo1 : 192.168.200.201
- IP contrôleur principal : 192.168.200.100

Question 5.4	Déterminer combien d'hôtes il est possible d'adresser avec ce masque.
Question 5.5	Vérifier si la station météo1 et le contrôleur principal appartiennent au même réseau. Conclure quant à leur possibilité de communiquer.

Partie 6 : comment assembler la chaîne de production d'énergie électrique ?

Schéma de principe de la centrale de Porette de Nérone



L'énergie solaire est captée par plusieurs alignements de modules photovoltaïques (1) qui la convertissent en électricité. Cette énergie électrique est modulée grâce à des onduleurs (2). Puis des transformateurs (3) élèvent la tension pour l'injecter sur le réseau (4).

Question 6.1 DT2, DR6	<p>À partir de la présentation et du diagramme de définition des blocs de la centrale DT2, compléter le DR6 en indiquant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le nombre d'éléments constituant la centrale ; - le type de courant électrique (AC ou DC) présent aux différents points de l'installation.
Question 6.2 DT3	<p>À l'aide de la documentation technique DT3, relever les dimensions du module solaire retenu et calculer sa surface.</p>

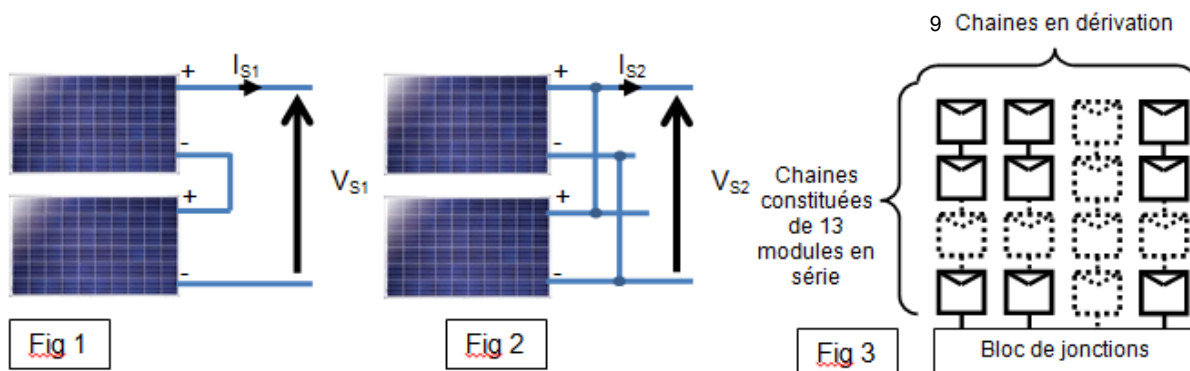
Pour un ensoleillement de $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, et une température de cellule de 25°C , la puissance nominale du module solaire est de 320 W.

Question 6.3
DT3

Calculer la puissance solaire reçue P_{RP} par un panneau dans ces conditions.

Calculer le rendement de ce module photovoltaïque η_{PV} .

Les panneaux solaires peuvent être associés de façon élémentaire comme sur les figures 1 et 2 ci-dessous, la figure 3 représente les associations de panneaux solaires de la centrale étudiée :



En fonctionnement normal et pour un ensoleillement de $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ la tension d'un module est de 54,7 V et le courant de 5,86 A (voir DT3).

Question 6.4

Pour les figures 1 et 2, **indiquer** le type d'association réalisé entre les panneaux photovoltaïques.

Un bloc est composé de 9 chaînes en parallèle, chaque chaîne étant elle-même composée de 13 modules en série, voir figure 3.

Question 6.5

En **déduire** la tension et le courant sortant du bloc de jonctions.

La centrale comporte 101 blocs de panneaux solaires reliés à 6 onduleurs.

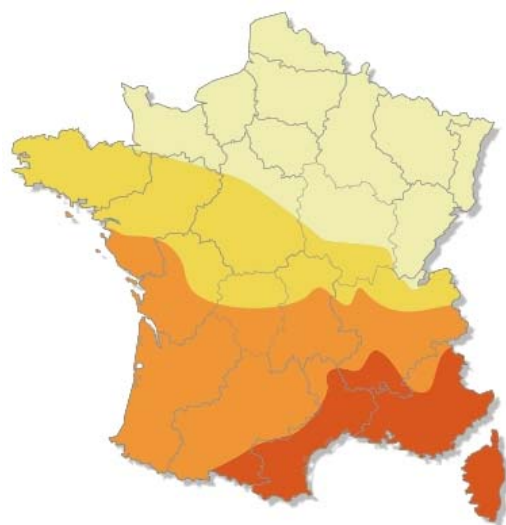
Question 6.6
DR7

En répartissant au mieux la charge sur chaque onduleur, **déterminer** le nombre de blocs à relier à chaque onduleur en complétant le DR7 (le nombre de blocs peut être différent sur chaque ligne d'onduleur).

Question 6.7

Déterminer le courant d'entrée sur les onduleurs les plus chargés qu'impose cette répartition et **conclure** sur la puissance nominale d'un onduleur.

DT1: données d'ensoleillement et critères géographiques d'implantation en Corse



En kWh/kWc par an

800 - 1000

1000 - 1100

1100 - 1200

1200 - 1400

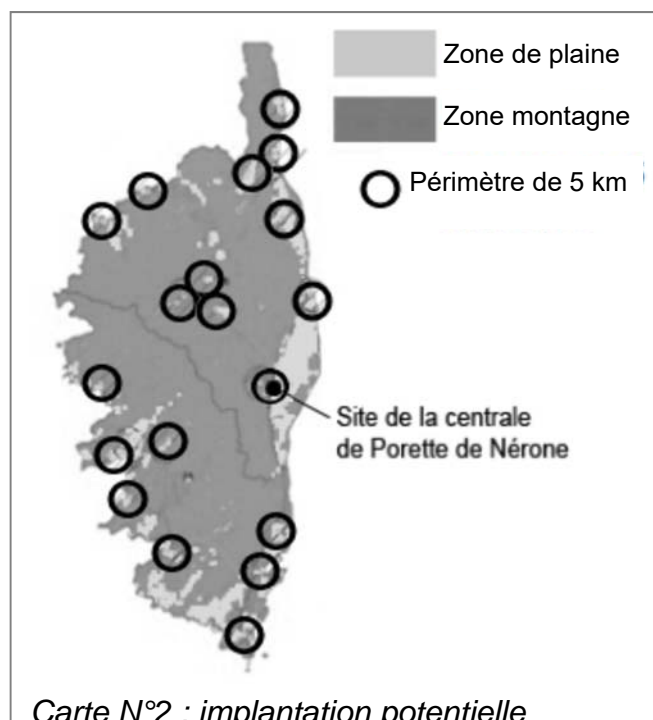
Wc : Le watt-crête est une unité représentant la puissance électrique maximale délivrée par une installation électrique solaire pour un ensoleillement standard de 1000W/m^2 à 25°C .

Carte N°1: ensoleillement horizontal en France

Dans un climat méditerranéen favorable au photovoltaïque, la durée de vie programmée de la centrale est de 20 ans minimum (la durée de vie des panneaux étant supérieure, l'exploitation de la centrale pourra se poursuivre). Cependant, les espaces laissés libres entre et sous les panneaux restent ouverts au pâturage.

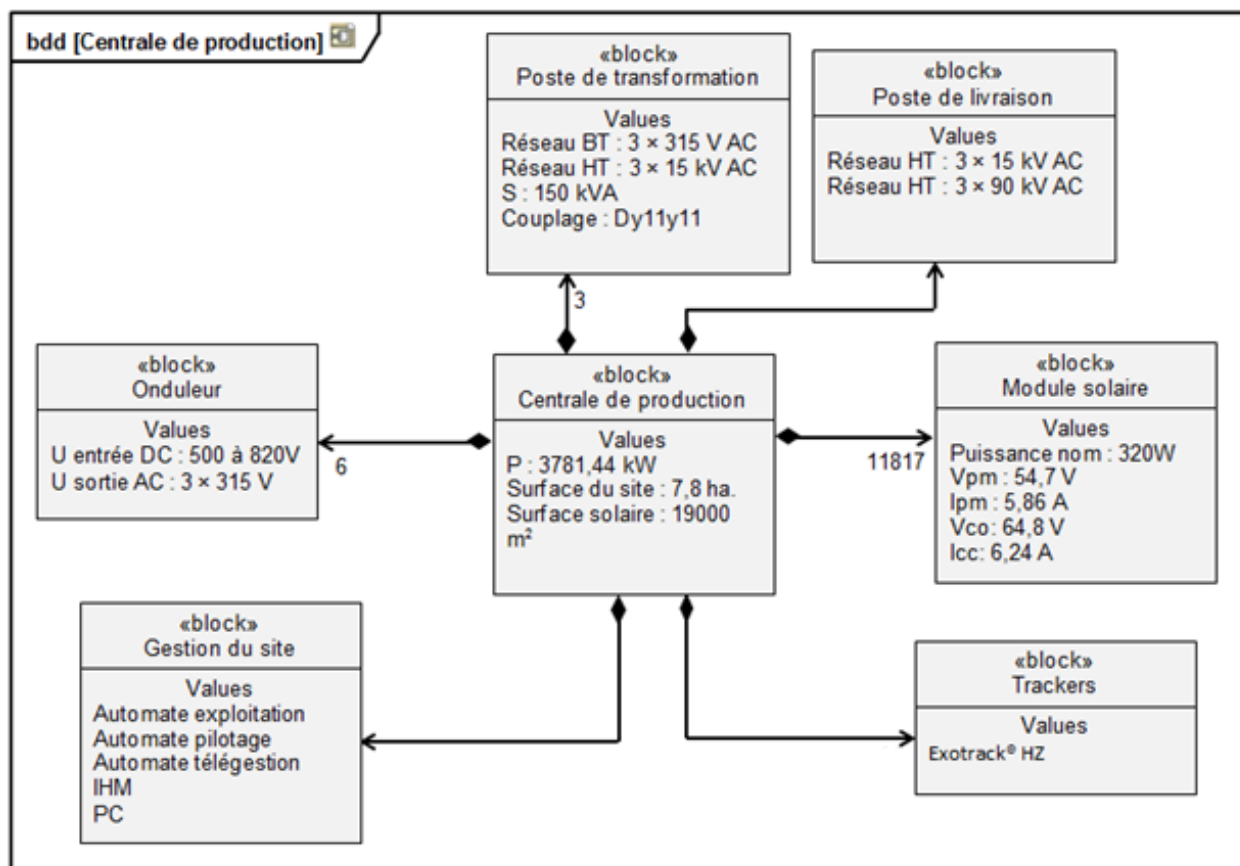
La carte ci-contre montre l'implantation potentielle de parcs photovoltaïques sur l'ensemble de la région Corse. Un certain nombre de critères ont été pris en compte, dont :

- le faible éloignement des postes source $< 5\text{ km}$. Des cercles de 5 kilomètres de rayon ont été tracés autour de chacun des postes de transformation électriques ;
- l'inclinaison du terrain (Pente $< 6^\circ$) ;
- les zones protégées (Protection du littoral, ...) ;
- les zones ombrées (Azimut $130^\circ - 230^\circ$) ;
- les zones urbanisées.



Carte N°2 : implantation potentielle

DT2 : diagramme de définition de blocs de la centrale



DT3 : caractéristiques du module solaire SunPower® 320

Caractéristiques électriques (ensoleillement de $1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ et température de cellule de 25°C)		
Puissance nominale	P_{nom}	320 W
Rendement	η	19,6 %
Tension à puissance maximale	V_{pm}	54,7 V
Courant à puissance maximale	I_{pm}	5,86 A
Tension en circuit ouvert	V_{co}	64,8 V
Courant de court-circuit	I_{cc}	6,24 A

