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 2022

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

INNOVATION TECHNOLOGIQUE ET ÉCO-CONCEPTION

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 30 pages numérotées de 1/30 à 30/30.

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 : • partie 1 • partie 2 • partie 3 • partie 6	**Partie commune :** • soit la partie 4 • soit la partie 5 **Une seule de ces 2 parties doit être traitée**

❖ **La partie spécifique comporte 3 parties qui sont toutes à traiter obligatoirement.**

Tous les documents réponses sont à rendre avec la copie

PARTIE commune (2,5h) …… 12 points

CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE DE PORETTE DE NÉRONE



- Présentation de l'étude et questionnement..... 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 MW·h ⇔ 1 tep.

L'éthanol actuel est un biocarburant de 1ère génération avec une productivité annuelle maximale de 2,58 tep par hectare. A un horizon plus éloigné les biocarburants de 2ème 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 2ème 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

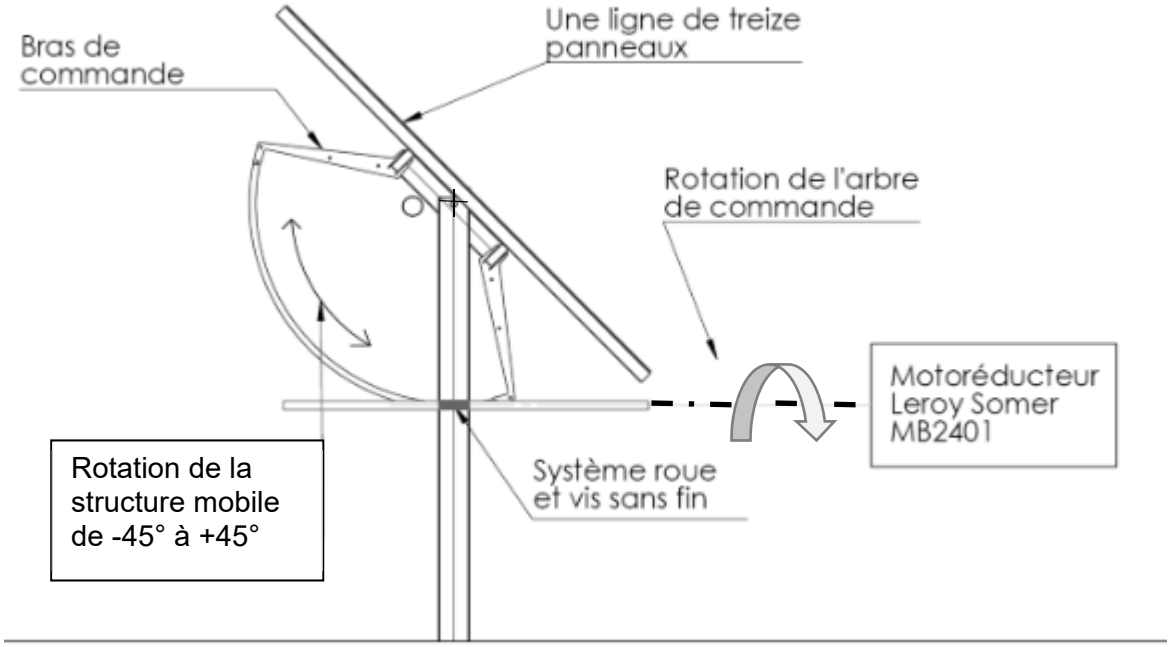
- **reporter** le coût total de l'investissement ;
- **calculer**, sur un an et sur 20 ans, les dépenses et les recettes.

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 disparait de sa surface.

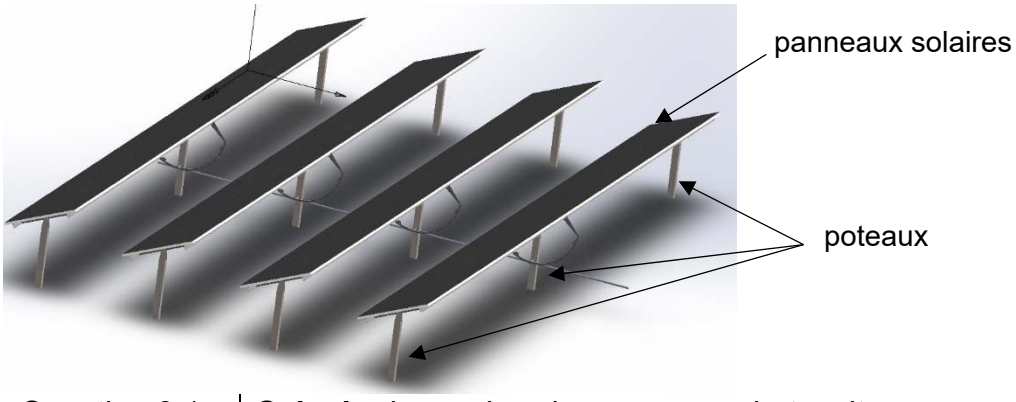
Sur le DR3, plusieurs inclinaisons des panneaux solaires sont proposées en pointillés (de -45° à -10°).

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 fabriquant 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.

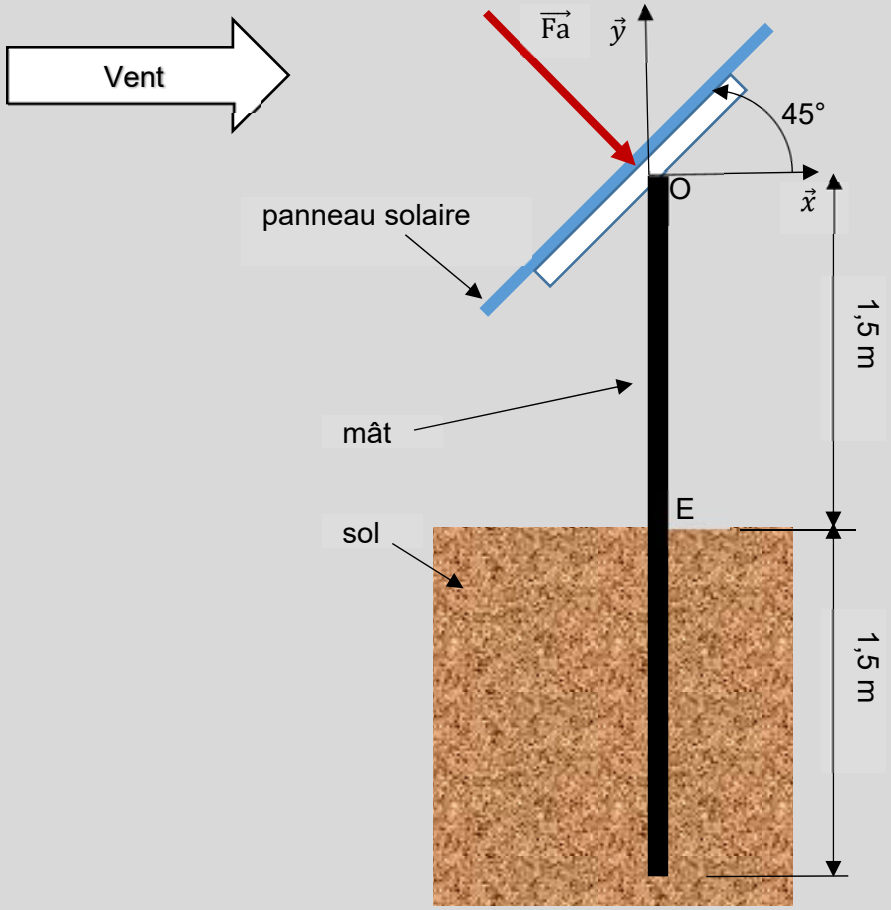
Question 3.2	**Calculer** la surface d'un bloc puis le nombre théorique de blocs qu'il serait possible d'implanter sur le terrain.

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 ?

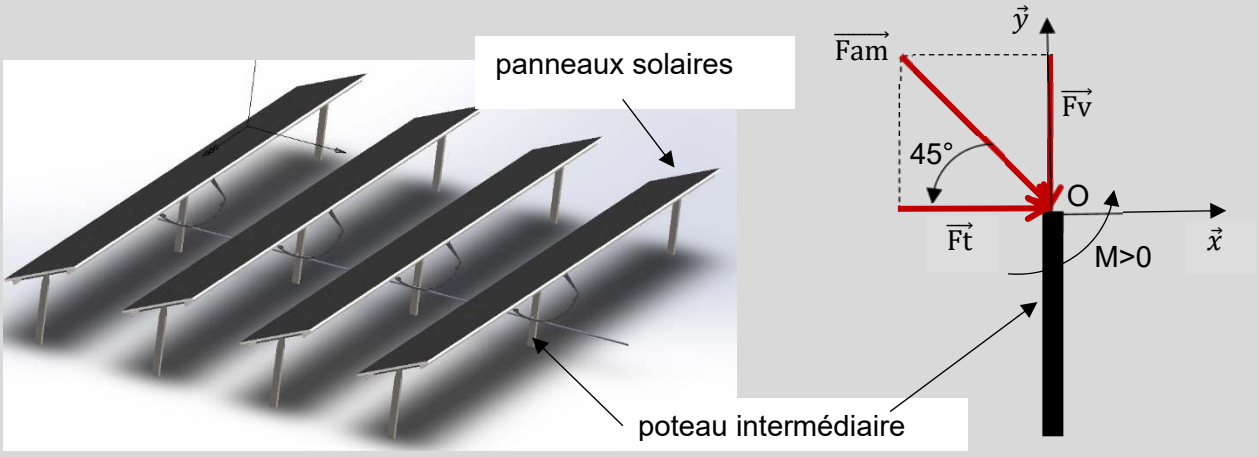
Dans cette partie, on cherche à vérifier que les ancrages des portiques (éléments de structure supportant les panneaux) pourront supporter les conditions de vent extrême. Les panneaux solaires reposent par groupes de 13 sur un portique composé d'une poutre horizontale et de 3 poteaux en profil creux 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 créé une action dite « aérodynamique » $\overrightarrow{Fa}$ perpendiculaire à chaque panneau, incliné à 45°, d'intensité Fa = 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 $\overrightarrow{Fam}$, 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 $\overrightarrow{Ft}$ de $\overrightarrow{Fam}$ (projection de $\overrightarrow{Fam}$ sur l'axe $\vec{x}$).

En déduire l'intensité F_v de la résultante verticale $\overrightarrow{Fv}$ de $\overrightarrow{Fam}$ (projection de $\overrightarrow{Fam}$ sur l'axe $\vec{y}$, voir schéma précédent).

Question 4.3 | **Expliquer** comment $\overrightarrow{Fv}$ 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 $\overrightarrow{\overrightarrow{MFt/E}}$ créé au point E (pied du poteau intermédiaire) par $\overrightarrow{Ft}$. **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 km·h^{-1}, mais les panneaux sont mis en sécurité en position horizontale à partir de 90 km·h^{-1}.

Afin de mesurer la vitesse du vent et d'assurer le fonctionnement normal de l'installation, deux stations météos 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 km·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 km·h^{-1}.

Question 5.3	**Vérifier** si ce convertisseur permet d'obtenir la précision exigée.

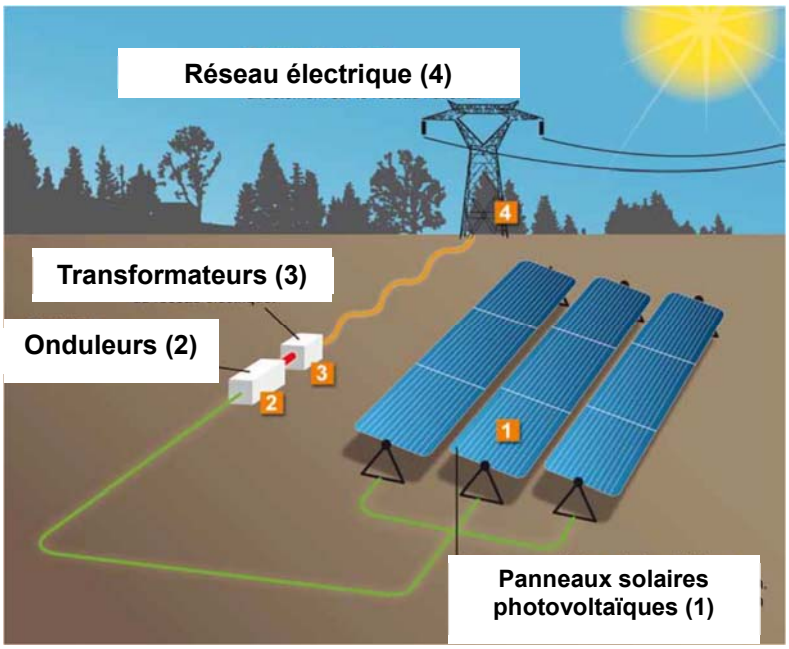
Afin d'être alerté en cas d'anomalie de fonctionnement et de suivre la production d'énergie solaire, le réseau local privé type Ethernet (LAN) est connecté à un autre réseau (WAN).

- 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	À partir de la présentation et du diagramme de définition des blocs de la centrale DT2, **compléter** le DR6 en indiquant : - le nombre d'éléments constituants la centrale ; - le type de courant électrique (AC ou DC) présent aux différents points de l'installation.
Question 6.2 DT3	À l'aide de la documentation technique DT3, r**elever** les dimensions du module solaire retenu et **calculer** sa surface.

Pour un ensoleillement de 1000 $W \cdot m^{-2}$, 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 :

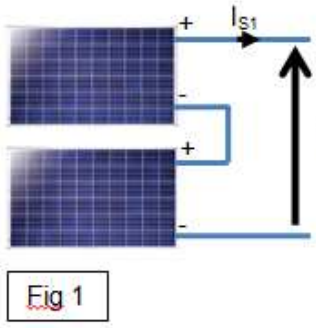


Fig 1

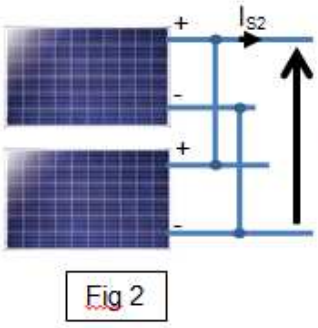


Fig 2

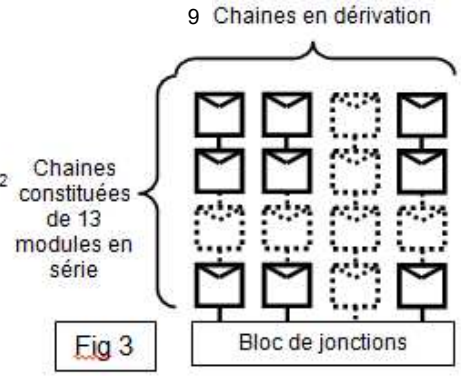


Fig 3

En fonctionnement normal et pour un ensoleillement de 1000 $W \cdot m^{-2}$ 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.

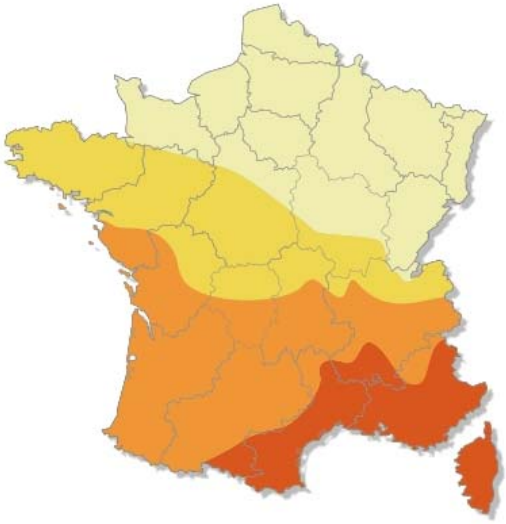
Un bloc est composé de 9 chaînes en parallèle, chaque chaîne étant elle-même composée de 13 modules en série, voir figure 3.

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

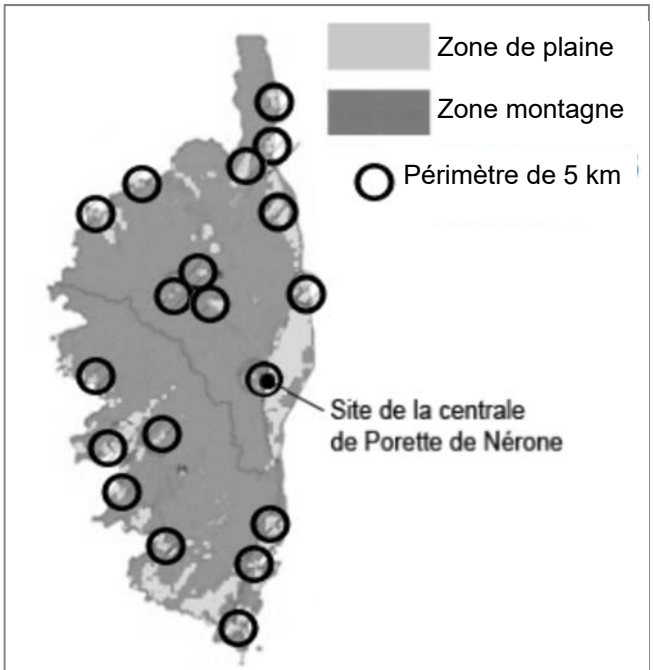


Carte N°1: ensoleillement horizontal en France

Wc : Le watt-crête est une unité représentant la puissance électrique maximale délivrée par une installation électrique solaire pour un ensoleillement standard de 1000W/m² à 25°C.

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.

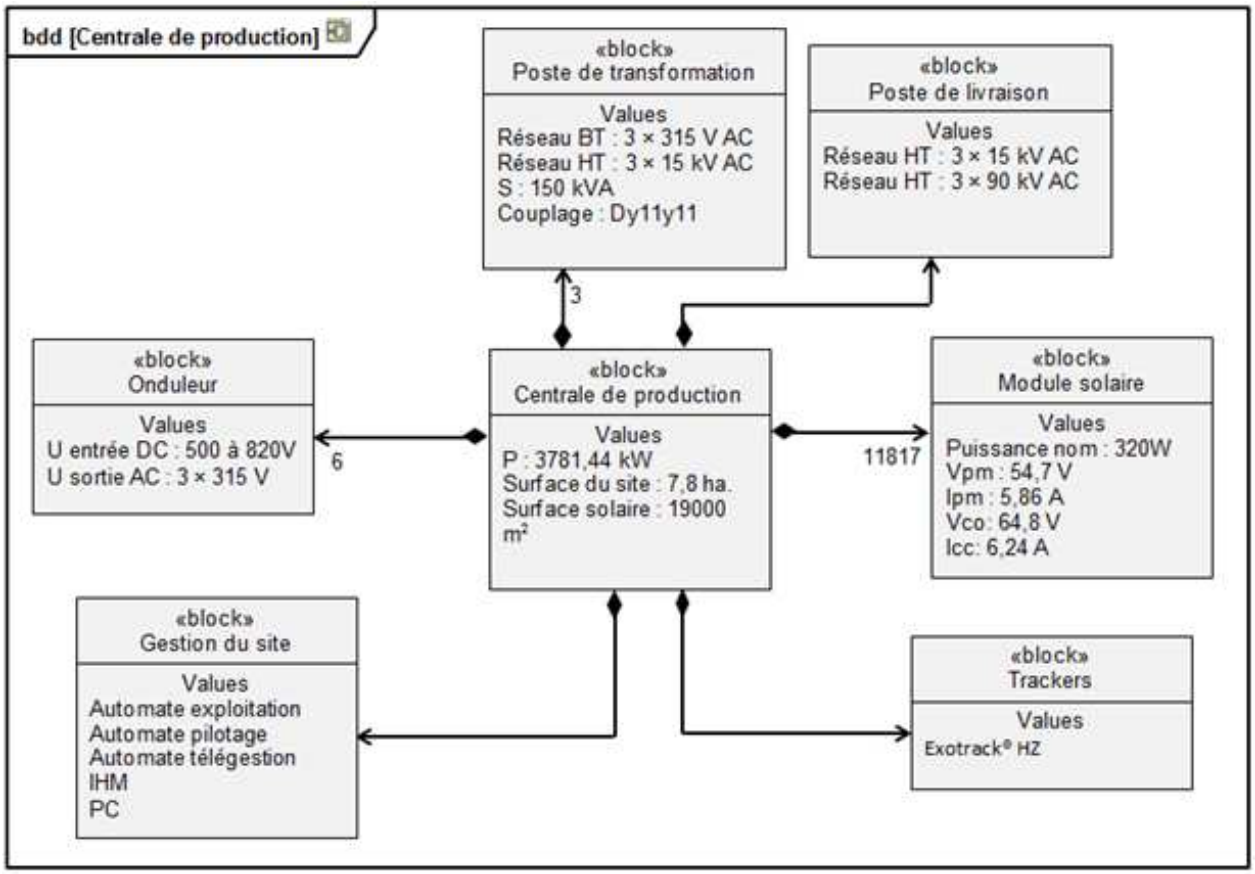
La carte ci-contre montre l'implantation potentielle de parcs photovoltaïques sur l'ensemble de la région Corse. Un certain nombre de critères ont été pris en compte, dont :



Carte N°2 : implantation potentielle

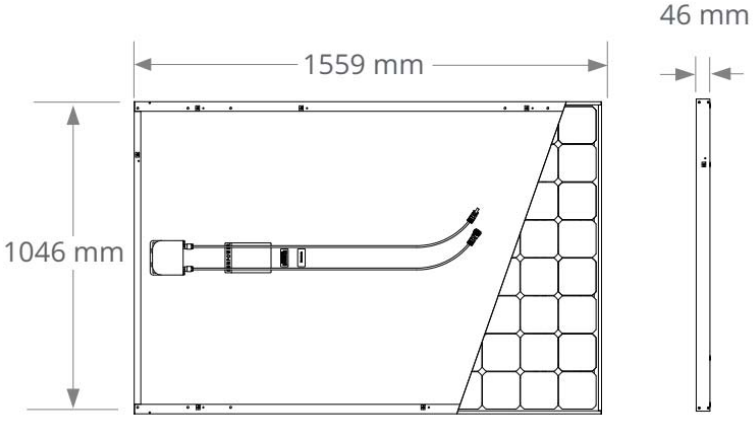
- le faible éloignement des postes source < 5 km. Des cercles de 5 kilomètres de rayon ont été tracés autour de chacun des postes de transformation électriques ;
- l'inclinaison du terrain (Pente < 6°) ;
- les zones protégées (Protection du littoral, …) ;
- les zones ombrées (Azimut 130° – 230°) ;
-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

DT2 : diagramme de définition de blocs de la centrale



DT3 : caractéristiques du module solaire SunPower® 320

Caractéristiques électriques (ensoleillement de 1000 W·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



DOCUMENT RÉPONSE DR1

Question 1.5

	Investissement	Dépenses annuelles	Dépenses sur 20 ans	Recettes annuelles	Recettes sur 20 ans
Construction de la centrale					
Compensation financière liée aux impacts du projet	110 000 €				
Enfouissement de la ligne électrique sur 5 km.	390 000 €				
Taxe locale					
Maintenance		83 500 €			
Rachat EDF					
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.)

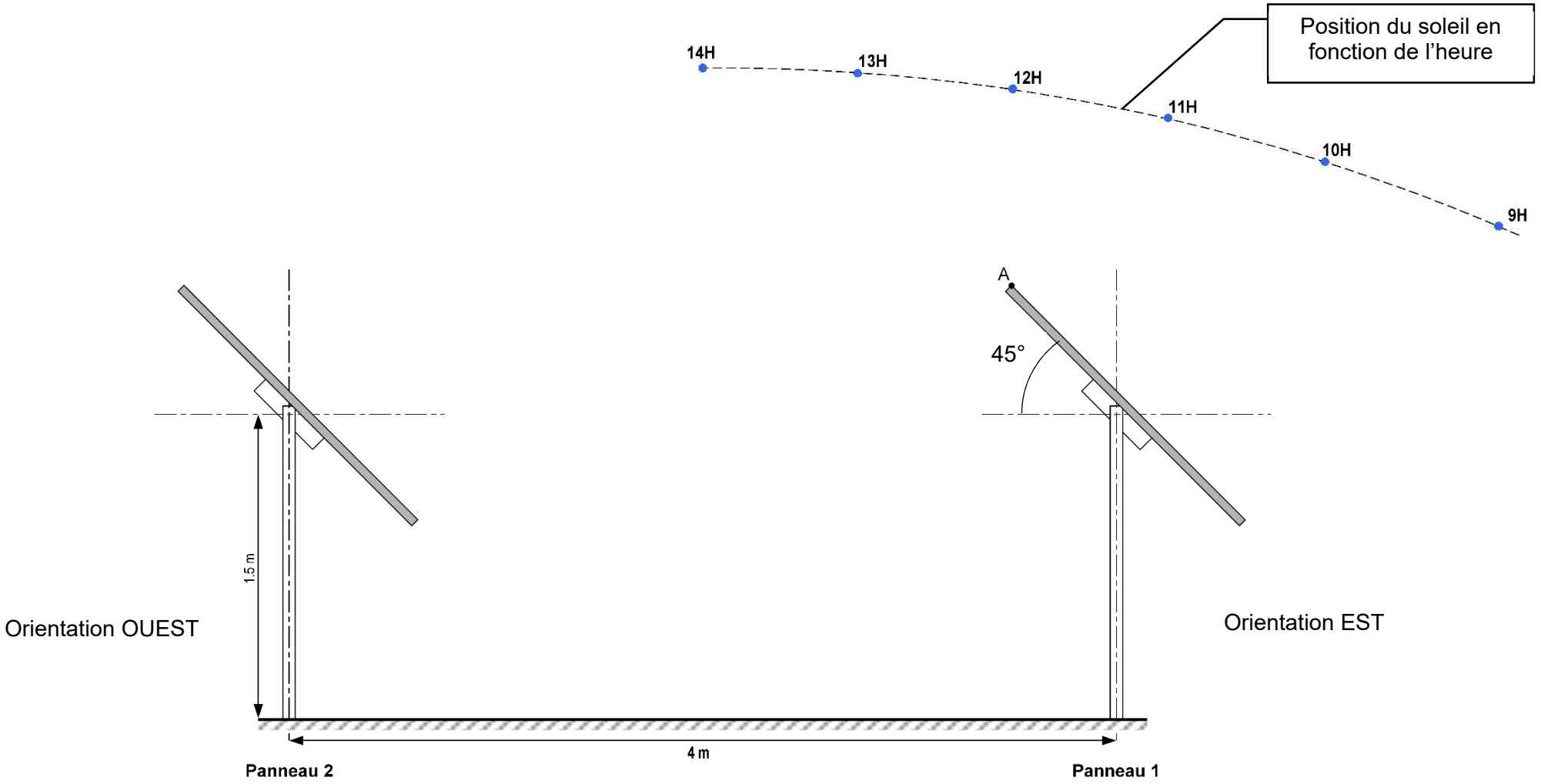
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DOCUMENT RÉPONSE DR2

Question 2.1 – 2.2 – 2.3



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.)

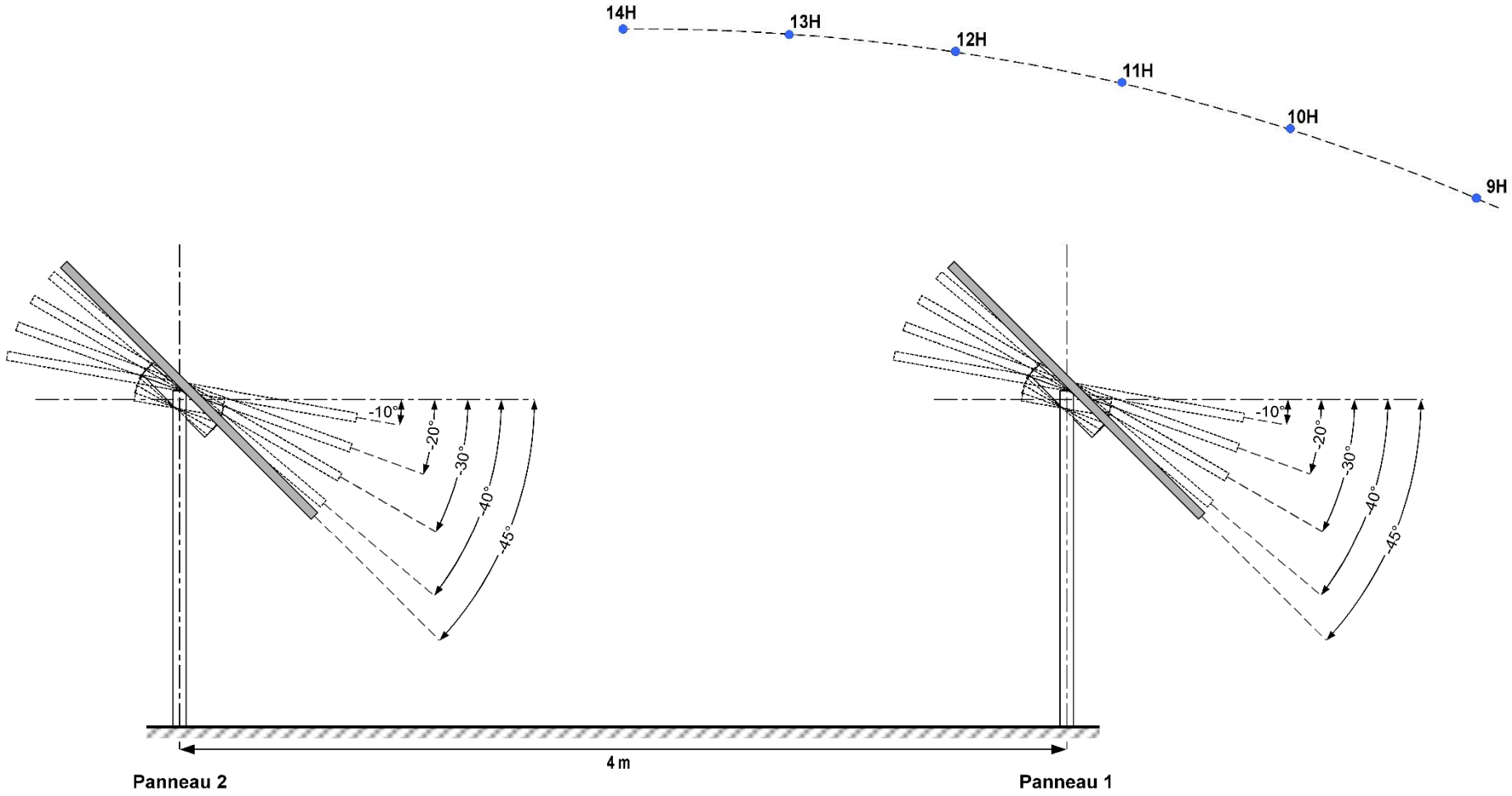
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DOCUMENT RÉPONSE DR3

Question 2.4 – 2.5



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

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

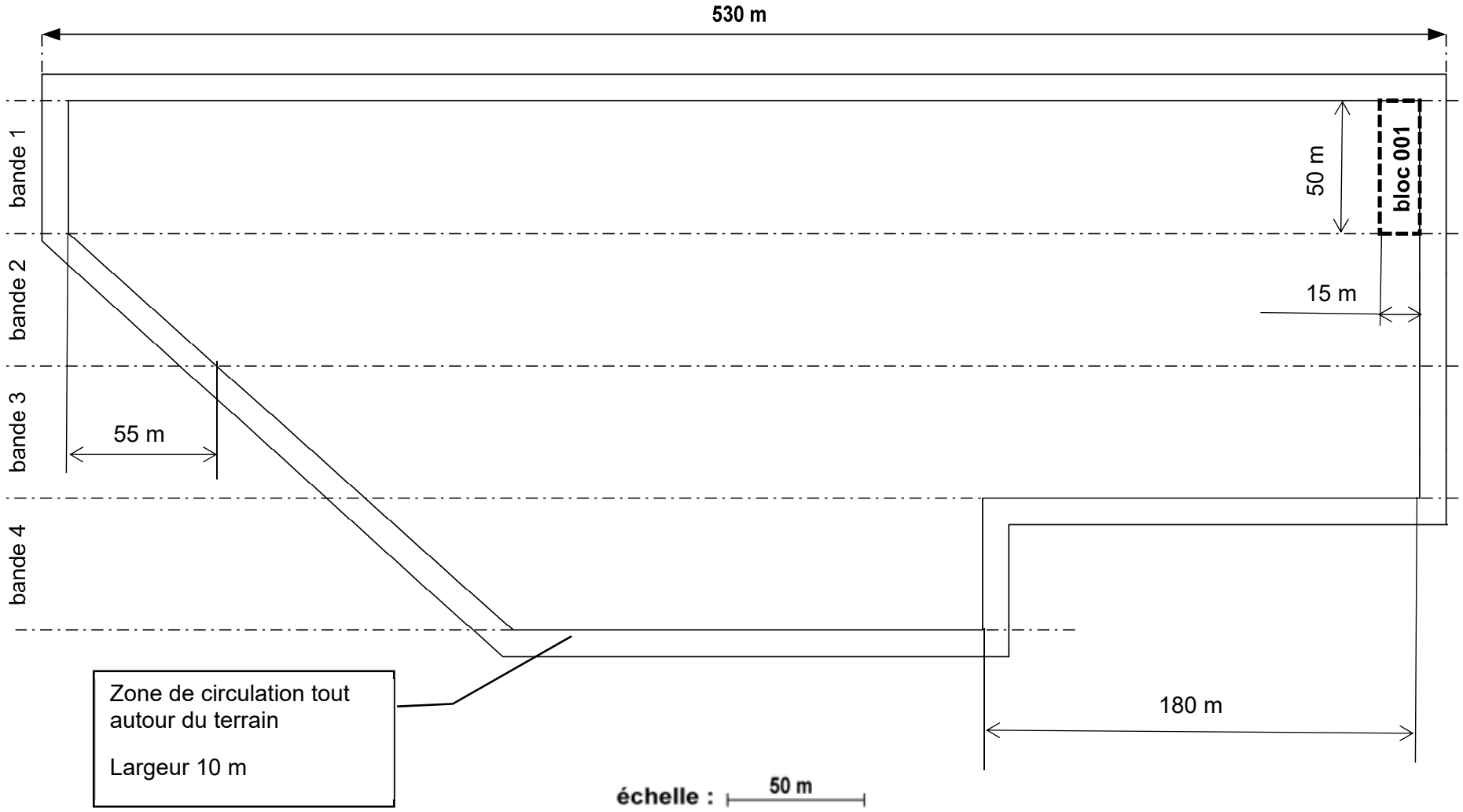
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DOCUMENT RÉPONSE DR4

Question 3.4



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.)

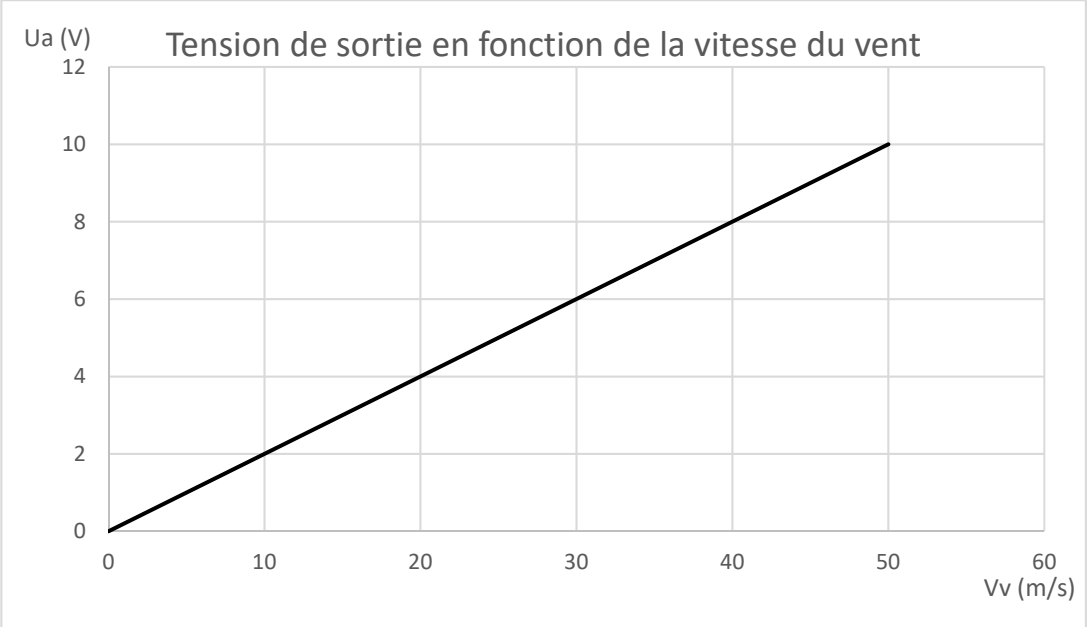
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DOCUMENT RÉPONSE DR5

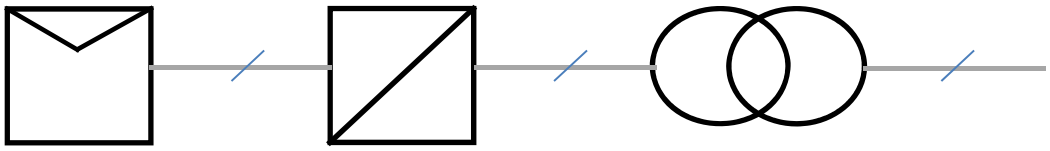
Question 5.1



Courbe caractéristique de l'anémomètre

DOCUMENT RÉPONSE DR6

Question 6.1



	Modules photovoltaïques		**Onduleurs**		**Transformateurs**	
Nombres de composants	.....		.....		.....	
Type de courant électrique	Sortie		Entrée	Sortie	Entrée	Sortie .....

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.)

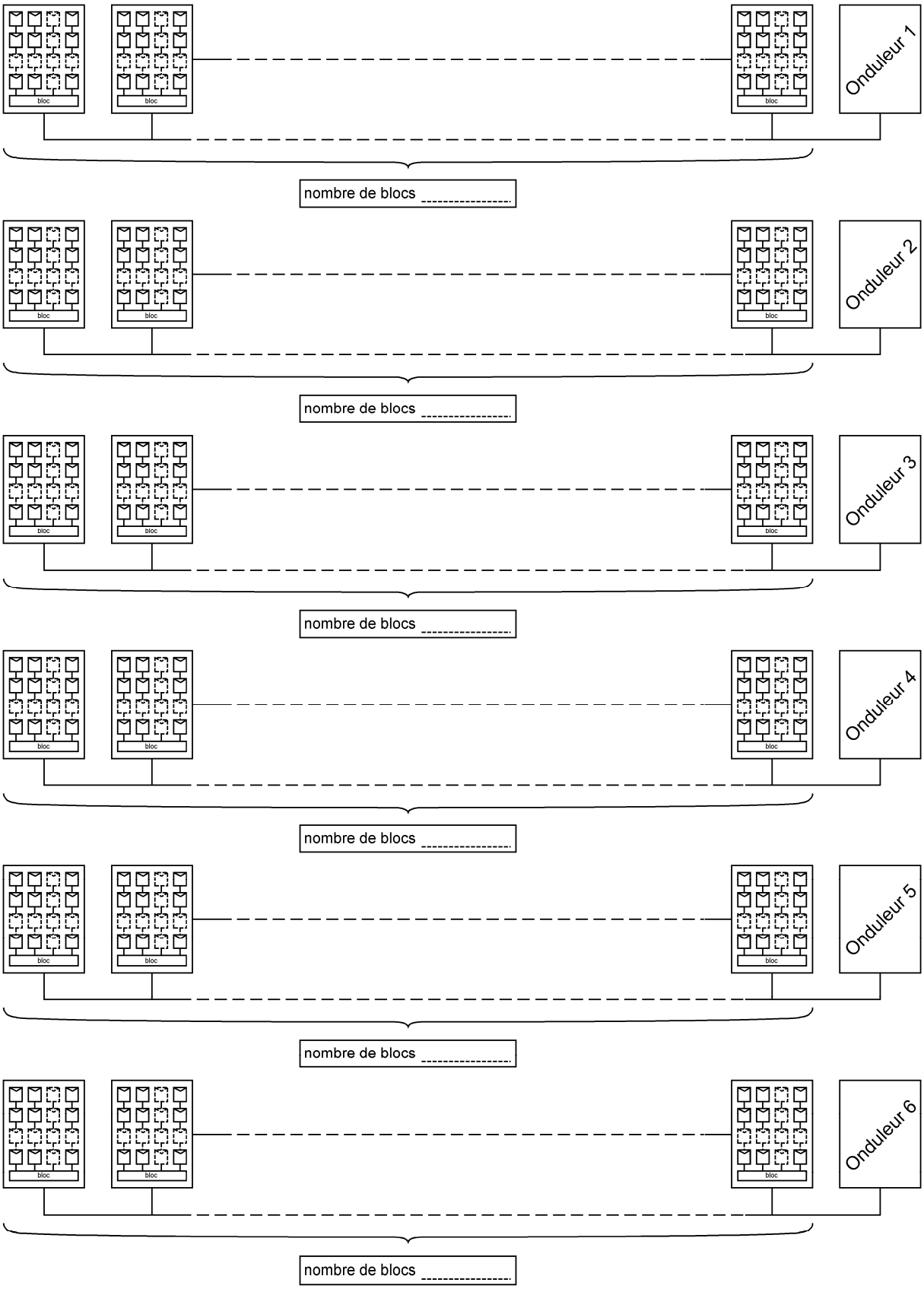
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DOCUMENT RÉPONSE DR7

Question 6.6



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

Innovation Technologique et Éco-Conception

Centrale photovoltaïque de Porette de Nérone



- Présentation de l'étude et questionnement ..... pages 21 à 26
- Documents techniques DTS1 à DTS6 ..... pages 27 à 29
- Documents réponses DRS1 et DRS2 ..... pages 30

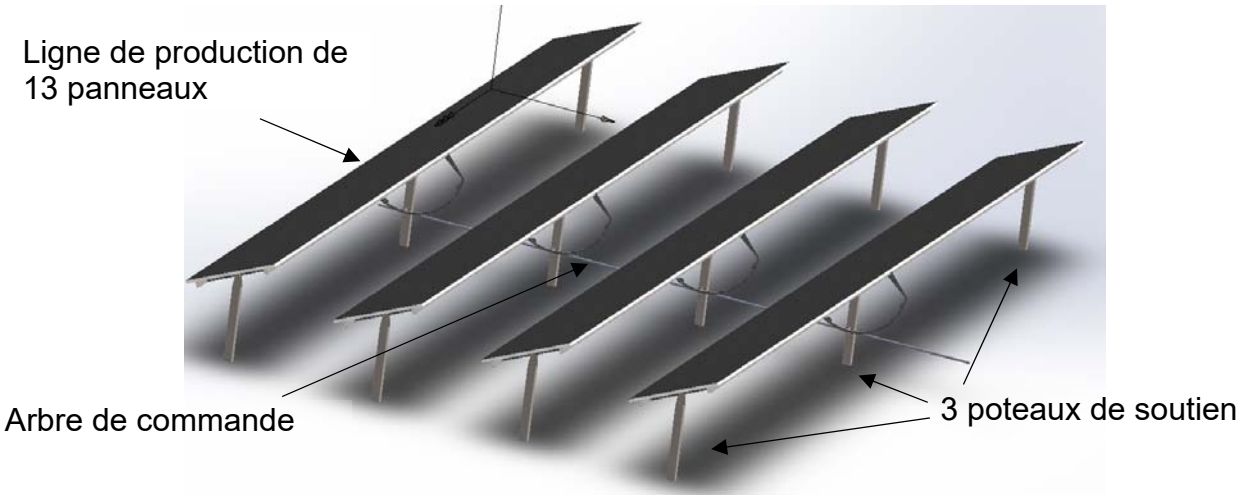
Mise en situation

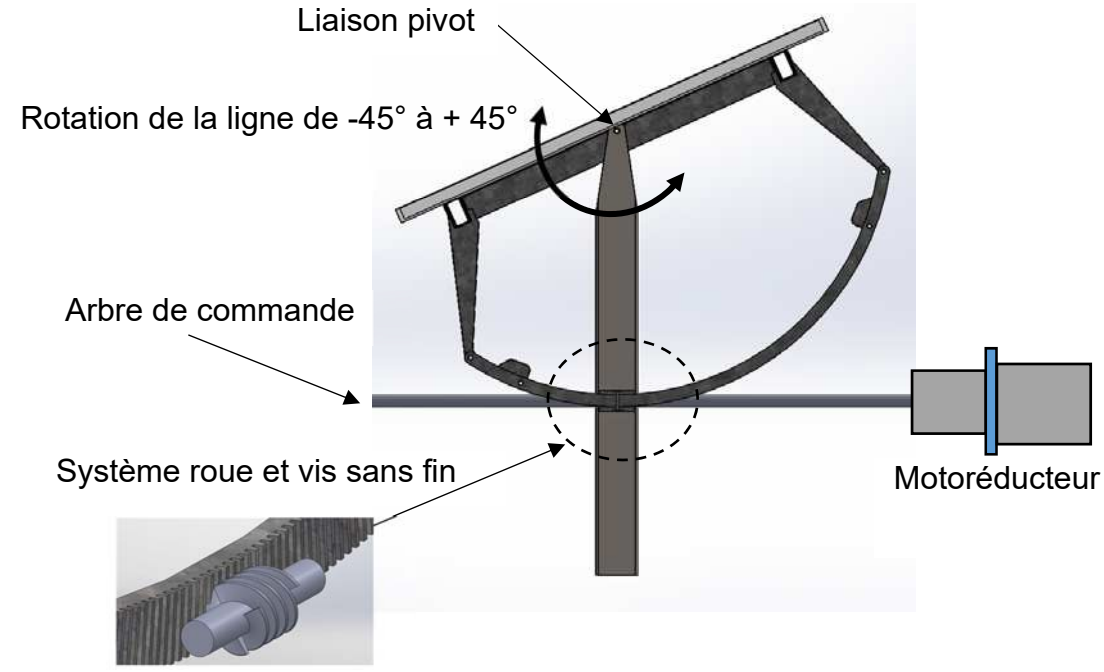
Afin d'optimiser la production de la centrale photovoltaïque, un système de tracking est utilisé. Le gain de production sera effectif seulement si la sécurité du matériel et son fonctionnement sont garantis dans des conditions météorologiques extrêmes.

Structure du système de tracking

L'ensemble est constitué d'une structure fixe liée au sol (3 poteaux par ligne) et d'une structure mobile (13 panneaux photovoltaïques), appelée « ligne de production ». La structure mobile est en liaison pivot par rapport à la structure fixe.

Chacune de ces lignes possède un système d'orientation des panneaux réalisé à l'aide d'un système roue et vis sans fin. Le mouvement est assuré par un seul motoréducteur qui manœuvre 9 lignes de production. Pour cela, il entraîne en rotation un arbre de commande commun aux 9 systèmes « roue et vis sans fin ».





Travail demandé

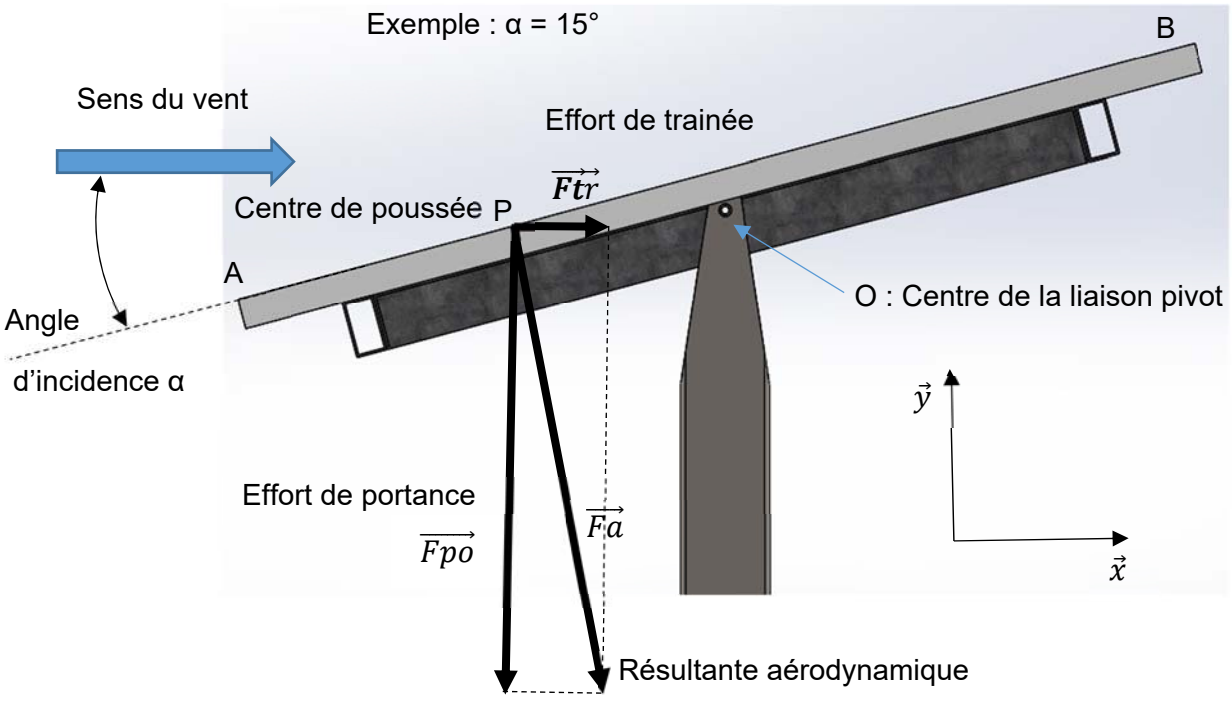
Partie A : **la chaîne de puissance permet-elle de manœuvrer l'ensemble des panneaux par grand vent ?**

Le système de motorisation doit être capable de ramener les panneaux photovoltaïques en position horizontale si le vent dépasse la vitesse de 90 km·h^{-1}. Nous allons évaluer les efforts que doit supporter le système de commande et vérifier si le motoréducteur choisi est capable de réaliser cette action.

L'action du vent sur une plaque inclinée génère deux actions mécaniques :

- La force $\overrightarrow{Ftr}$ qui provoque la trainée suivant l'axe x (effort de trainée)
- La force $\overrightarrow{Fpo}$ qui provoque la portance suivant l'axe y (effort de portance)

Elles composent la résultante aérodynamique $\overrightarrow{Fa}$ $\quad \overrightarrow{Fa} = \overrightarrow{Ftr} + \overrightarrow{Fpo}$



Le centre de poussée P est situé à un quart de la corde de la plaque (AP = ¼ AB). La longueur de la plaque AB est de 1559 mm.

Sous-partie A1 : **quels efforts exerce un vent de 90 km·h^{-1} sur les panneaux photovoltaïques ?**

Question A.1.1 DTS1	À l'aide du document DTS1, **relever** dans quelle(s) position(s) l'intensité de la résultante aérodynamique est la plus faible, puis **justifier** que, par grand vent, la position de sécurité horizontale est bien le meilleur compromis.

Question A.1.2 DTS1 DRS1	(Réponses sur DRS1) A l'aide du document DTS1, **relever** les valeurs des efforts de portance (F_{po}), de trainée (F_{tr}) et la résultante aérodynamique (F_a) pour un angle α de 45°. **Compléter** les composantes du torseur d'action mécanique $\{T_{vent \to panneau}\}$,dans le repère associé O(x ,y ,z) au centre de poussée P, qui servira à modéliser cette action sur un logiciel de simulation.

Question A.1.3 DRS1	Sur le document réponse DRS1, l'ensemble est représenté à 45°. **Placer** le centre de poussée (point P) sur le dessin (en utilisant la relation AP = ¼ AB), puis **représenter** les vecteurs forces $\overrightarrow{\mathrm{Fpo}}$, $\overrightarrow{\mathrm{Ftr}}$, $\overrightarrow{\mathrm{Fa}}$. *L'échelle de représentation des vecteurs est de 1cm pour 200N.*

Une simulation donnée sur le DTS1 a permis de déterminer le couple nécessaire pour mettre en rotation un panneau solaire en fonction de son inclinaison avec un vent de 90 km·h^{-1}.

Question A.1.4 DTS1	**Relever** le couple résultant Cr pour un angle de 45°.

Question A.1.5	**Calculer** le couple C_u nécessaire pour mettre en rotation une ligne de production composée de 13 panneaux.

Sous-partie A2 : **quelle est la puissance nécessaire pour déplacer les panneaux photovoltaïques par grand vent ?**

Le diagramme d'exigences impose « une rotation de 0 à 45° en 30 secondes maximum » des lignes de production si le vent atteint de 90 km·h^{-1}.

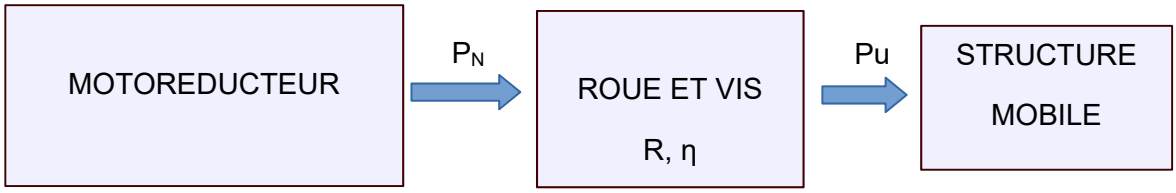
Question A.2.1	**Calculer** la vitesse imposée Nu en tr·min^{-1} puis ωu en rad·s^{-1}.

La puissance nécessaire pour mettre en mouvement une ligne de 13 panneaux par vent fort sera notée Pu et s'exprime : $\mathrm{Pu}=\mathrm{Cu}\times\omega u$. Quel que soit le résultat trouvé à la question A.1.5, prendre Cu = 5 330 N·m.

Question A.2.2	**Calculer** la puissance Pu.

Afin de vérifier si la motorisation peut mettre en mouvement les 9 lignes de production simultanément, il est nécessaire d'étudier plus précisément la chaîne de transmission de puissance. Quel que soit le résultat trouvé pour la question A.1.5, pour la suite, Pu = 140 W.

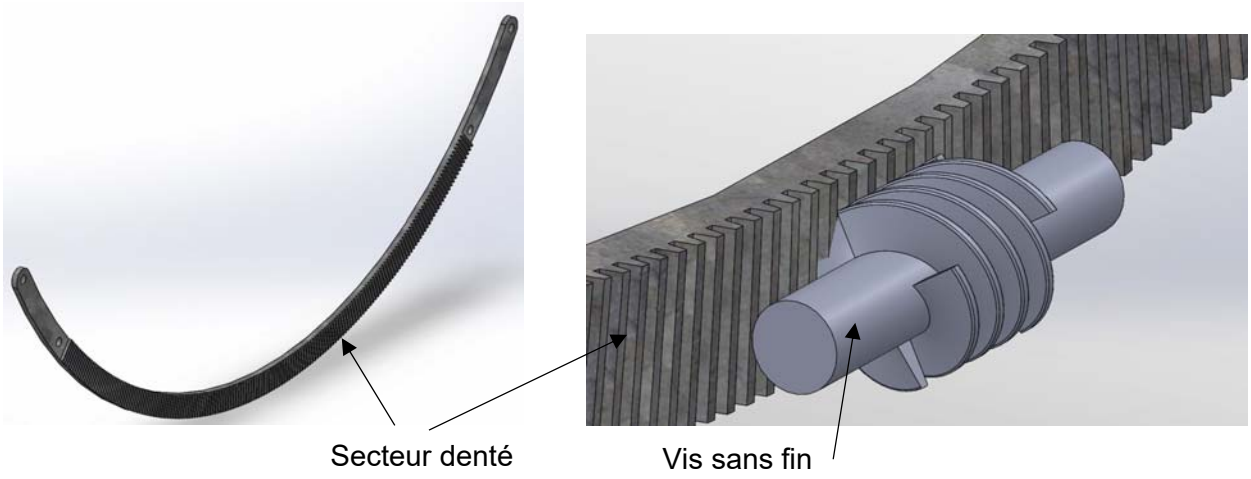
Schéma de la chaîne de transmission de puissance :



R : rapport de réduction

η : rendement

Le système « roue et vis sans fin » est constitué d'une vis sans fin qui entraîne en rotation un secteur denté de 90° possédant 125 dents. Ce secteur denté est une partie (le quart) d'une roue complète qui posséderait 500 dents ($Zroue = 500$).



La vis sans fin peut posséder de 1 à 4 filets. Ce nombre de filet détermine le rapport de réduction R, le rendement η et la réversibilité.

Le système est dit « réversible » si la rotation du secteur denté permet de faire tourner la vis sans fin. Il est dit « irréversible » dans le cas contraire.

Le constructeur a choisi un réducteur « roue et vis sans fin » à 2 filets.

Question A.2.3 DTS2	À l'aide du document DTS2, **relever** le rapport de réduction R du système roue et vis sans fin, son rendement η et sa réversibilité.

Question A.2.4	**Expliquer** en quoi la réversibilité peut nuire au fonctionnement de l'ensemble.

Question A.2.5 DTS2	Compte tenu du rendement du réducteur, **calculer** la puissance P_m nécessaire pour mettre en mouvement une ligne de production de 13 panneaux.

Le constructeur a choisi un motoréducteur de puissance nominale P_N = 3 kW, vitesse de rotation nominale N_N = 65 tr·min^{-1}

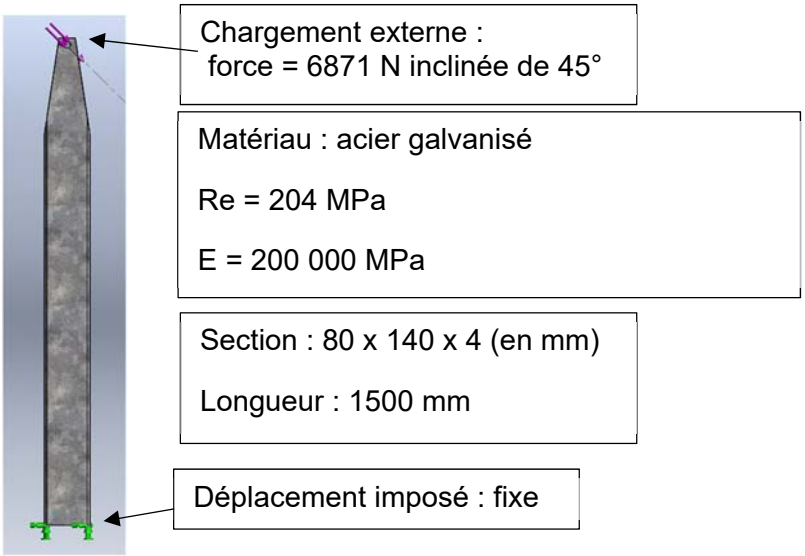
Question A.2.6	Compte tenu de la puissance nominale du moteur P_N, **déterminer** combien de lignes de production peut manœuvrer le moteur.

Question A.2.7 DTS2	Compte tenu du rapport de réduction du réducteur, **calculer** la vitesse de rotation de la structure mobile. **Déterminer** le temps nécessaire pour ramener la ligne de production de 45° à l'horizontale ?

Question A.2.8	**Conclure**, au regard des choix constructeur, sur les capacités de l'ensemble à manœuvrer 9 lignes de production par grand vent.

Partie B : **la structure porteuse peut-elle résister aux conditions météorologiques extrêmes ?**

L'étude porte sur les poteaux de soutien (3 par ligne de production) afin de vérifier leur tenue aux conditions de vent extrêmes. Ils sont réalisés en acier galvanisé S235JR, avec des tubes de sections rectangulaires et de longueur 1500 mm au-dessus du sol.



Question B.1	La résultante aérodynamique (F_a) pour un seul panneau est de 1057 N. Compte tenu qu'une ligne de production de 13 panneaux repose sur 3 poteaux de façon isostatique, **justifier** la valeur de 6871 N utilisée pour le chargement externe sur le poteau central, sachant qu'il reprend la moitié de la charge totale.
Question B.2	**Justifier** le déplacement imposé « Fixe » sur le modèle donné.

Le cahier des charges impose les éléments suivants :

- coefficient de sécurité du constructeur Cs = 2
- flèche maximale de 5 mm (déplacement maximal d'un point de la poutre) afin de ne pas trop modifier l'angle d'inclinaison des panneaux par rapport au soleil.

Question B.3 DTS5	**Relever** sur le résultat de la simulation DTS5 la contrainte maximale dans le mât de soutien en MPa. En **déduire** par le calcul le coefficient de sécurité du résultat de la simulation. **Comparer** à celui prévu par le constructeur.
Question B.4 DTS5	À l'aide du DTS5, **indiquer** la valeur de la flèche maximale f_{maxi} obtenue par la simulation. La **comparer** au cahier des charges. Si celui-ci n'est pas conforme, **proposer** les solutions afin de respecter la flèche maximale du cahier des charges.
Question B.5	**Conclure** sur la capacité de la structure porteuse à résister aux conditions météorologiques extrêmes.

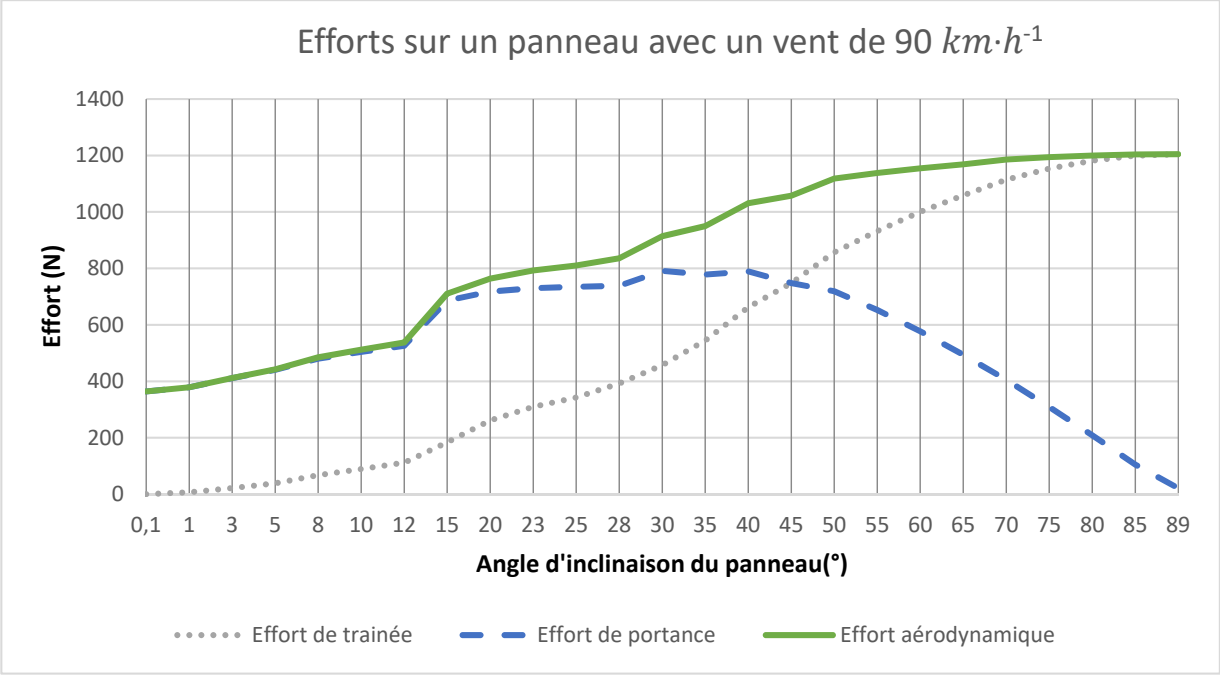
Partie C : **comment minimiser l'impact environnemental de la structure porteuse et résister aux conditions météorologiques extrêmes ?**

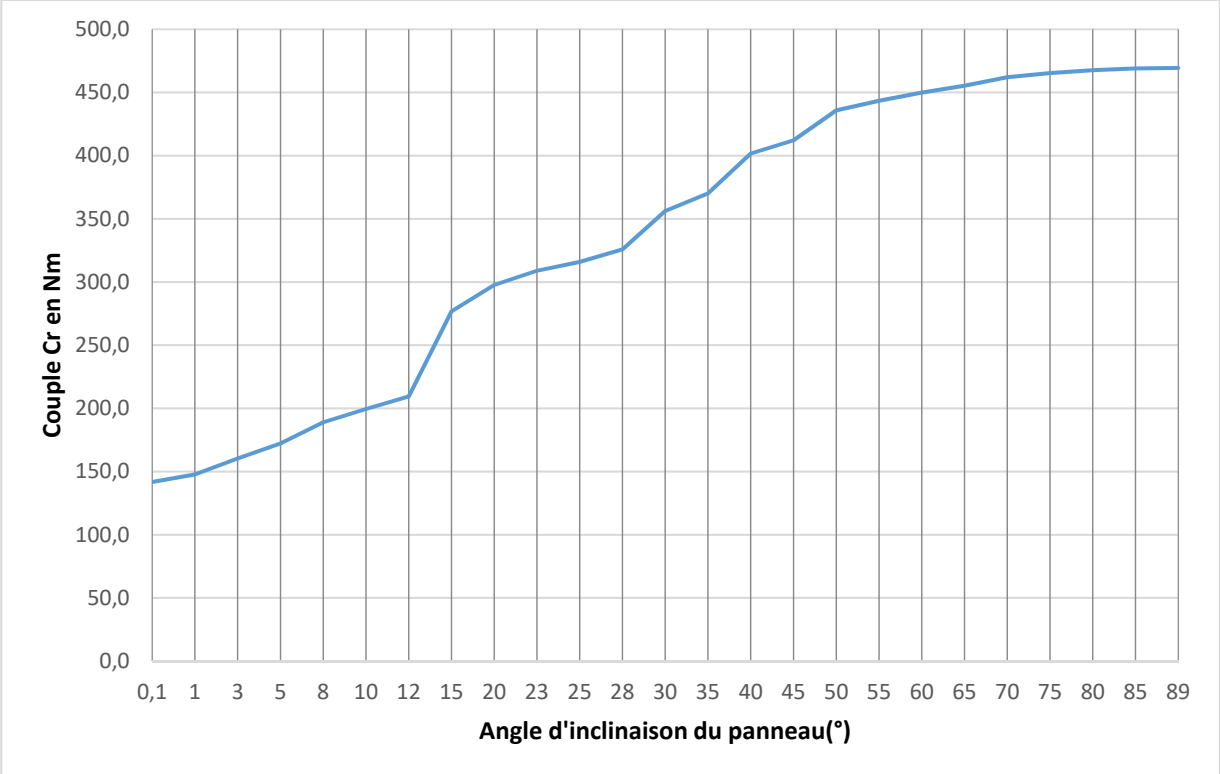
Dans cette partie, on cherche à identifier les stratégies utilisées par le constructeur pour minimiser les impacts environnementaux et améliorer la durabilité de l'ensemble.

Question C.1 DRS2	**Entourer** sur le document DRS2 la famille de matériaux utilisée pour réaliser la structure mobile et le système de commande (Acier non allié).
Question C.2 DRS2, DTS3	À partir des graphiques du DRS2 et du DTS3, **citer** les quatre critères pris en compte dans le choix du matériau.
Question C.3 DTS4	Le constructeur a choisi un acier non allié galvanisé pour l'ensemble de la structure métallique du système, **indiquer** le critère sur lequel la galvanisation apporte une amélioration.

DTS1 : résultats de la simulation

Les courbes suivantes mettent en évidence les forces de trainée, de portance, la force aérodynamique et le couple résistant simulés pour un vent de 90 km·h^{-1} soufflant sur un panneau photovoltaïque de dimensions 1046 mm x 1559 mm pour un angle d'incidence variant de 0 à 90°.

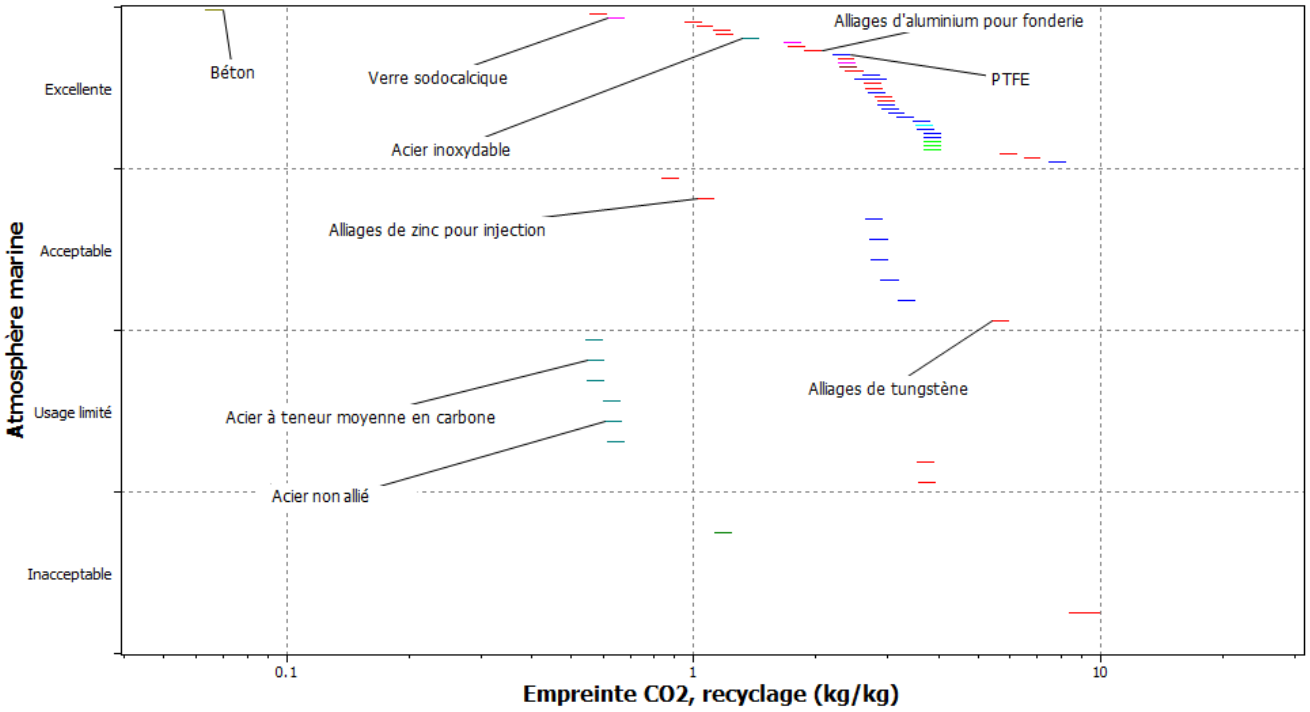




DTS2 : caractéristiques du réducteur roue et vis sans fin

	Vis à 1 filet	Vis à 2 filets	Vis à 3 filets	Vis à 4 filets
Rapport de réduction	$\frac{1}{Zroue}$	$\frac{2}{Zroue}$	$\frac{3}{Zroue}$	$\frac{4}{Zroue}$
Rendement	η = 0.52	η = 0.64	η = 0.78	η = 0.90
réversibilité	Non	Non	oui	oui

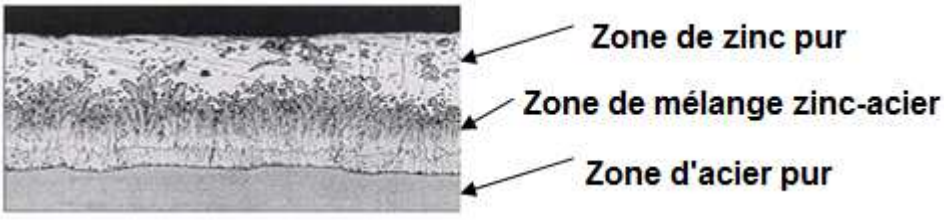
DTS3 : aide au choix de matériau



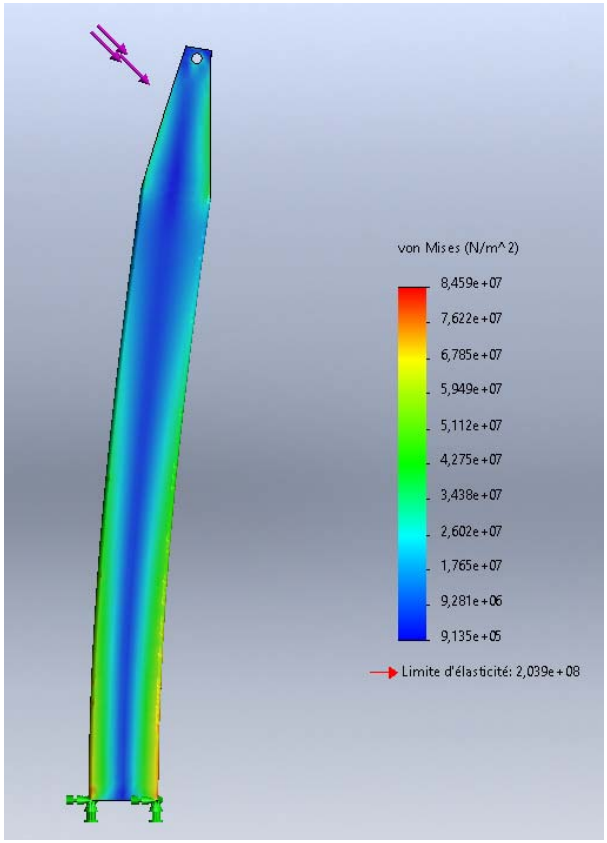
DTS4 : acier galvanisé



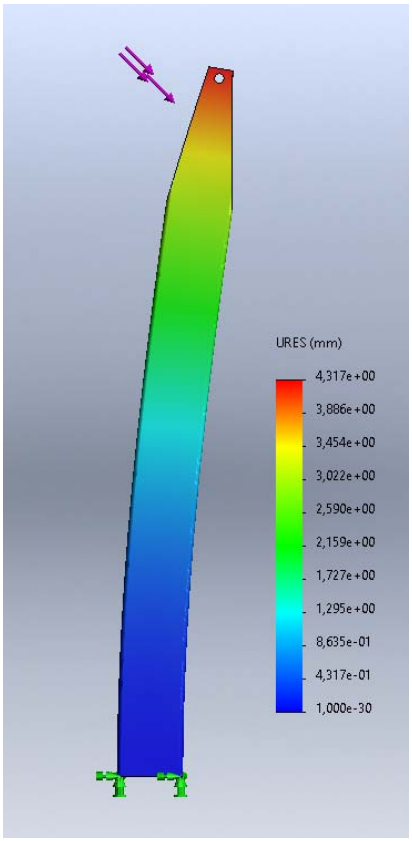
La galvanisation de l'acier améliore très sensiblement la résistance de l'acier à la corrosion en formant une couche protectrice de zinc. Lorsque de l'eau ou un élément corrosif entre en contact avec l'acier galvanisé, c'est la couche de zinc qui se corrode sans que l'acier ne soit affecté. La galvanisation permet en outre de limiter les impacts environnementaux en étant 100 % recyclable : le zinc de la couche protectrice et l'acier sont facilement séparés au cours du recyclage.



DTS5 : simulation de résistance des matériaux



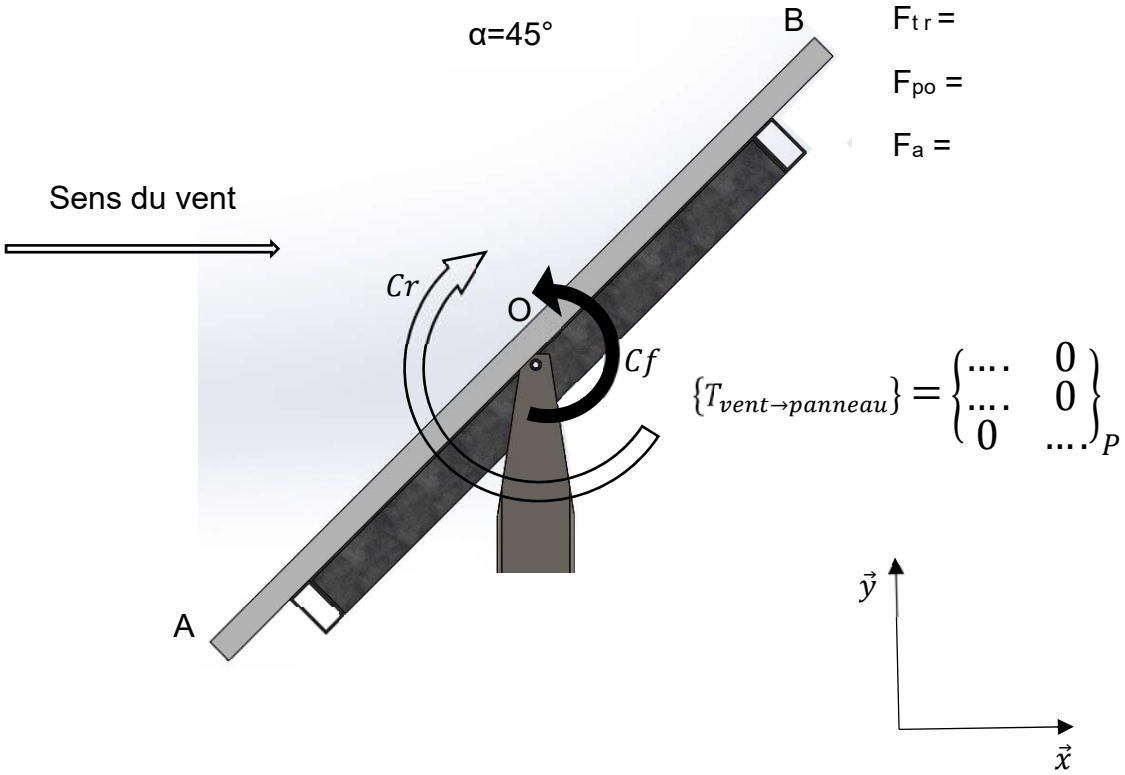
Répartition des contraintes



Déplacements (flèche)

Document réponses DRS1

Question A.1.3



F_{tr} =

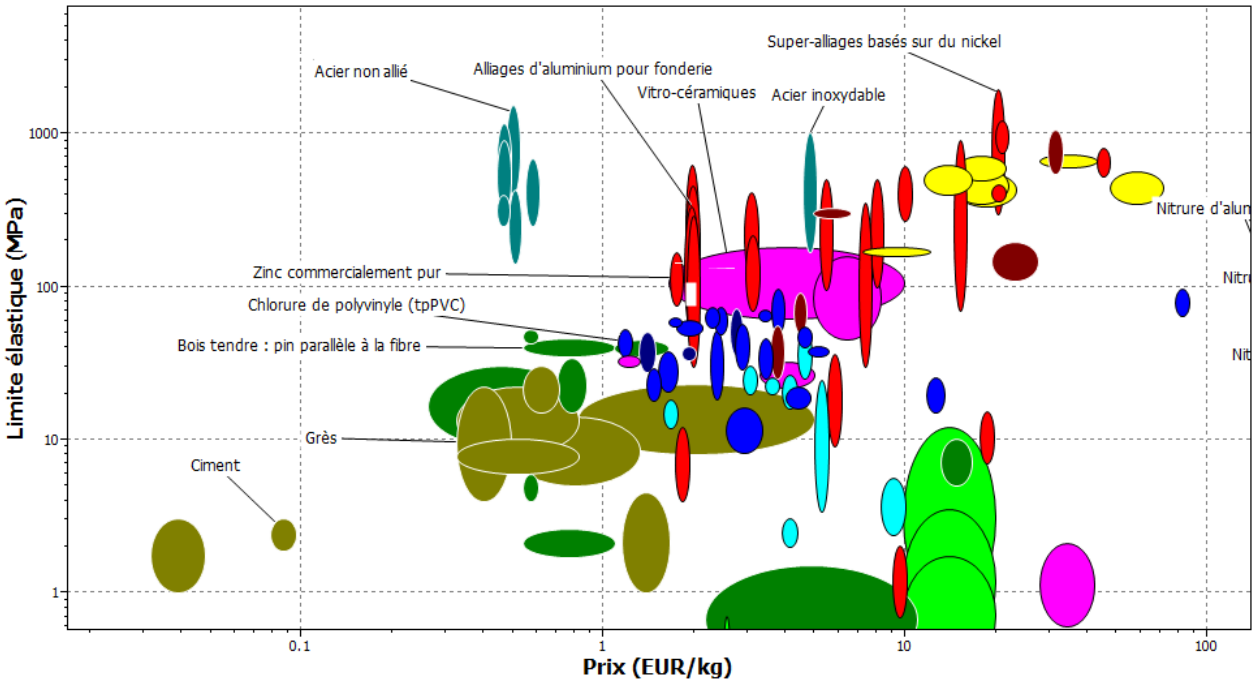
F_{po} =

F_a =

$$\{T_{vent\rightarrow panneau}\} = \begin{Bmatrix} .... & 0 \\ .... & 0 \\ 0 & .... \end{Bmatrix}_P$$

Document réponses DRS2

Question C.1



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.