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 :
formav.co/explorer

BAC STI2D • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Bac STI2D

# Innovation technologique et éco-conception

**Session 2022** • Code sujet : **22-2D2IDITECLR1** • Durée : **4 heures**

## Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement


1. **Choix du site et rentabilité de la centrale** (6 questions) — **Page 3**
2. **Orientation des panneaux et gestion de l’ombrage** (5 questions) — **Page 6**
3. **Répartition des panneaux sur le terrain** (4 questions) — **Page 10**
4. **Ancrage des portiques soumis au vent extrême** (5 questions) — **Page 12**
5. **Mesure de la vitesse du vent et communication réseau** (5 questions) — **Page 14**
6. **Chaîne de production et conversion de l’énergie électrique** (7 questions) — **Page 16**
7. **Capacité de la chaîne de puissance à manœuvrer les panneaux par grand vent** (13 questions) — **Page 19**
8. **Résistance de la structure porteuse aux conditions météorologiques extrêmes** (5 questions) — **Page 24**
9. **Choix des matériaux, durabilité et impact environnemental** (3 questions) — **Page 26**
10. **Ce qu’il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 29**


**Sujet officiel (PDF) :** https://bacsti2d.fr/assets/annales/bac-sti2d/Ingénierie, innovation et développement durable/2022/Bac STI2D - Ingénierie, innovation et développement durable - Session 2022 - 7-Sujet.pdf

## 1. Choix du site et rentabilité de la centrale

La centrale photovoltaïque de Porette de Nérone, en Corse, produit près de 5 700 MWh par an sur un terrain de 7,8 hectares. Les questions portent sur les critères géographiques du site, les équivalences de production énergétique, l'alimentation des habitants et la rentabilité de l'investissement.

**Question 1.1. À l'aide de la mise en situation et du document DT1, citer trois éléments qui ont conduit à choisir le site de Porette de Nérone.**

Le site a été retenu pour son **ensoleillement favorable**, caractéristique du climat méditerranéen. Il est proche d'un poste de transformation électrique, à moins de 5 km, ce qui facilite le raccordement. Enfin, le terrain répond aux critères d'implantation du DT1 : pente faible et éloignement des zones protégées, ombragées ou urbanisées. Les espaces libres peuvent aussi rester ouverts au pâturage.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Ensoleillement favorable, poste électrique proche et terrain adapté aux critères d'implantation, avec maintien possible du pâturage.

**Question 1.2. Justifier l'utilisation de la tonne équivalent pétrole (tep) dans les études d'installations d'énergies renouvelables, puis calculer le nombre de tep correspondant à la production annuelle de la centrale, sachant que 11,63 MWh équivalent à 1 tep.**

La tep fournit une unité commune pour comparer l'énergie produite par différentes sources, notamment renouvelables et fossiles. La production annuelle annoncée est d'environ 5 700 MWh. Avec l'équivalence donnée : **5 700 ÷ 11,63 = 490,1 tep**. Le résultat reste approximatif puisque la production est elle-même indiquée comme « près de 5 700 MWh ».

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La centrale produit environ **490 tep par an**, unité qui permet de comparer différentes sources d'énergie.

**Question 1.3. Calculer l'énergie annuelle produite si les 7,8 hectares du site étaient exclusivement consacrés à la culture de biocarburants de deuxième génération, avec une productivité de 7,5 tep par hectare. Exprimer le résultat en tep par an.**

La productivité maximale indiquée est de 7,5 tep par hectare et par an. Pour 7,8 hectares entièrement consacrés à cette culture, l'énergie annuelle est : **7,8 × 7,5 = 58,5 tep**. Il s'agit de la production théorique correspondant à l'usage exclusif du terrain pour les biocarburants de deuxième génération.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La culture produirait théoriquement **58,5 tep par an** sur les 7,8 hectares.

**Question 1.4. Déterminer le nombre d'habitants que la centrale peut alimenter annuellement, puis comparer le résultat aux 1 957 habitants d'Aléria en utilisant la consommation moyenne annuelle indiquée.**

La production d'environ 5 700 MWh correspond à 5 700 000 kWh. En divisant par la consommation annuelle moyenne d'un habitant : **5 700 000 ÷ 2 300 ≈ 2 478 habitants**. Ce nombre dépasse la population d'Aléria de 2 478 − 1 957, soit environ 521 habitants. La centrale peut donc couvrir la consommation moyenne de la ville et davantage.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Environ **2 478 habitants**, soit **521 de plus** que les 1 957 habitants d'Aléria.

**Question 1.5. Sur le document réponse DR1, reporter le coût total de l'investissement, puis calculer les dépenses et les recettes annuelles et sur vingt ans.**

L'investissement total additionne la construction et les deux coûts initiaux préremplis sur le DR1. Les dépenses d'exploitation sont la taxe locale et la maintenance ; leurs montants sur vingt ans sont calculés en multipliant par 20. La recette annuelle utilise la production de 5 680 MWh, convertie en kWh, au tarif de 0,15 €/kWh.

| Élément | Investissement | Dépenses annuelles | Dépenses sur 20 ans | Recettes annuelles | Recettes sur 20 ans |
|---|---|---|---|---|---|
| Construction de la centrale | 11 800 000 € | - | - | - | - |
| Compensation financière | 110 000 € | - | - | - | - |
| Enfouissement de la ligne électrique | 390 000 € | - | - | - | - |
| Taxe locale | - | 106 500 € | 2 130 000 € | - | - |
| Maintenance | - | 83 500 € | 1 670 000 € | - | - |
| Rachat EDF | - | - | - | 852 000 € | 17 040 000 € |
| Total | 12 300 000 € | 190 000 € | 3 800 000 € | 852 000 € | 17 040 000 € |

**DR1 complété, question 1.5**

| | Investissement | Dépenses annuelles | Dépenses sur 20 ans | Recettes annuelles | Recettes sur 20 ans |
|---|---|---|---|---|---|
| Construction de la centrale | 11 800 000 € | | | | |
| Compensation financière liée aux impacts du projet | 110 000 € | | | | |
| Enfouissement de la ligne électrique sur 5 km. | 390 000 € | | | | |
| Taxe locale | | | 106 500 € | 2 130 000 € | |
| Maintenance | | 83 500 € | | 1 670 000 € | |
| Rachat EDF | | | | | 17 040 000 € |
| Total | 12 300 000 € | | | 3 800 000 € | 17 040 000 € |

**✓ RÉPONSE À RETENIR**

Investissement total : **12 300 000 €**. Dépenses : **190 000 €/an**, soit 3 800 000 € sur vingt ans. Recettes EDF : **852 000 €/an**, soit 17 040 000 € sur vingt ans.

**Question 1.6. Calculer le gain sur vingt ans et conclure sur la rentabilité de la centrale.**

Sur vingt ans, le gain net est égal aux recettes cumulées moins les dépenses d'exploitation et l'investissement initial : **17 040 000 − 3 800 000 − 12 300 000 = 940 000 €**. Le solde est positif : les recettes couvrent les coûts d'exploitation et l'investissement avant la fin de la période de rachat garantie.

**✓ RÉPONSE À RETENIR**

Gain net sur vingt ans : **940 000 €**. La centrale est rentable et l'investissement est amorti avant la fin du contrat de rachat.

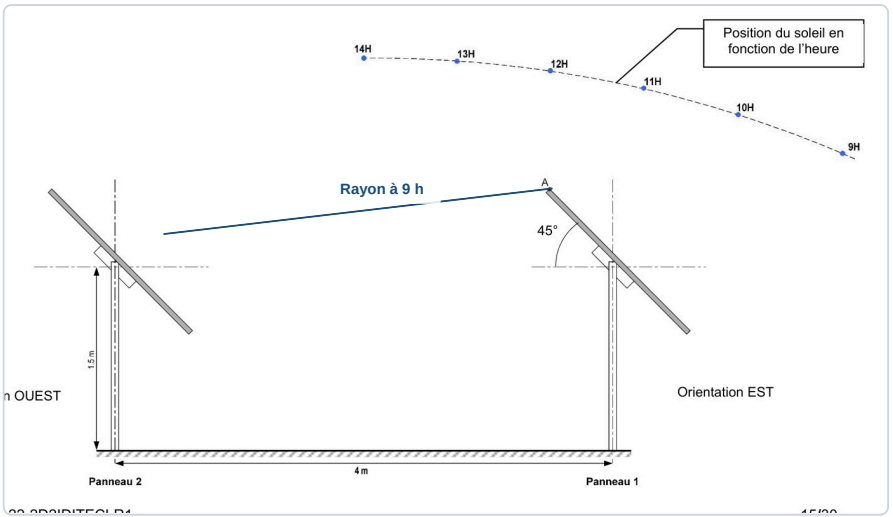
## 2. Orientation des panneaux et gestion de l’ombrage

Les panneaux photovoltaïques sont installés sur des structures mobiles pilotées par un système de tracking afin de les orienter au mieux vers le soleil. Les documents DR2 et DR3 servent à étudier l’ombre entre deux rangées, l’inclinaison des panneaux et les périodes de fonctionnement en backtracking et en tracking.

**Question 2.1. Sur le document réponse DR2, tracer le rayon du soleil passant par le point A à 9 heures du matin.**

À 9 h, le soleil se trouve à droite du panneau 1, comme l’indique le point « 9H » sur DR2. Le rayon se propage de ce point vers le sol : il passe par A puis continue vers le bas et la gauche. Cette droite permet de repérer où le panneau 1 projette son ombre sur le panneau 2.

**Rayon du soleil à 9 h**

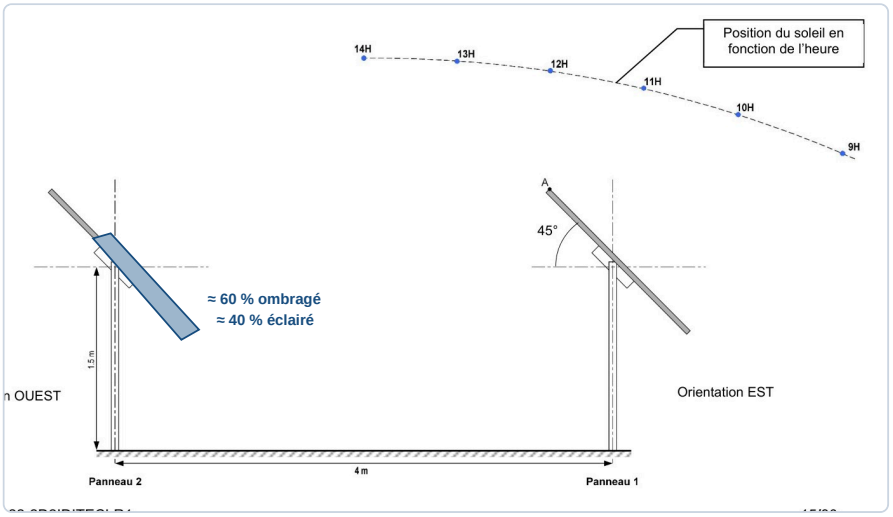



> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Tracer par A le rayon dirigé vers le bas et la gauche.

**Question 2.2. Sur le document réponse DR2, représenter la zone d’ombre produite sur le panneau 2 à 9 heures. Conclure en indiquant le pourcentage de surface éclairée par rapport à la surface totale.**

Le rayon passant par A marque la limite de l’ombre portée par le panneau 1. À 9 h, l’ombre couvre la partie du panneau 2 située au-delà de cette limite, vers son extrémité basse. La lecture graphique du DR2 donne environ 60 % de surface ombragée, donc environ 40 % de surface éclairée. Cette proportion est une estimation faite sur le schéma.

**Ombre portée sur le panneau 2 à 9 h**



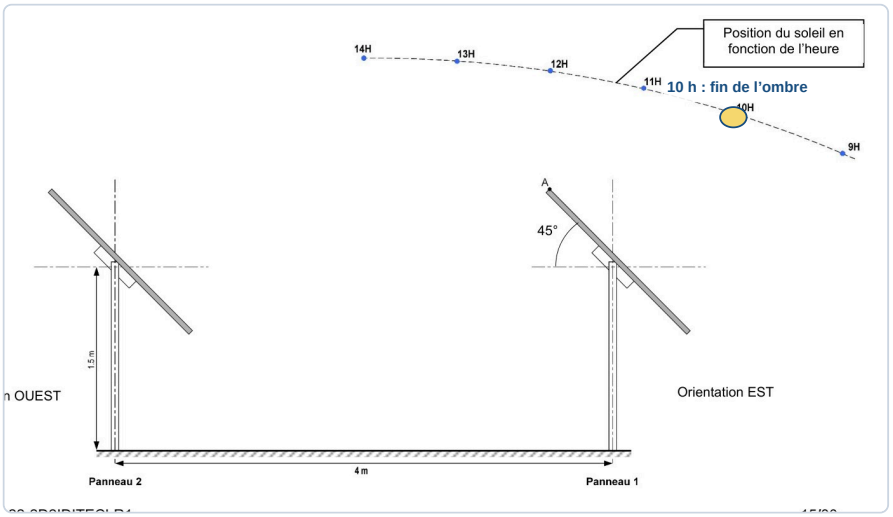

**✓ RÉPONSE À RETENIR**

Environ 40 % de la surface du panneau 2 est éclairée à 9 h.

**Question 2.3. Sur le schéma du document réponse DR2 représentant le panneau 2 incliné à 45°, déterminer l'heure à laquelle l'ombrage disparaît de sa surface.**

Sur DR2, suivre la position du soleil de 9 h vers les heures suivantes et prolonger le rayon jusqu'au panneau 2. L'ombre diminue au fil de la matinée, puis le rayon limite ne coupe plus la surface de ce panneau au niveau de la position 10 h. L'ombrage disparaît donc vers cette heure.

**Heure de disparition de l'ombrage**



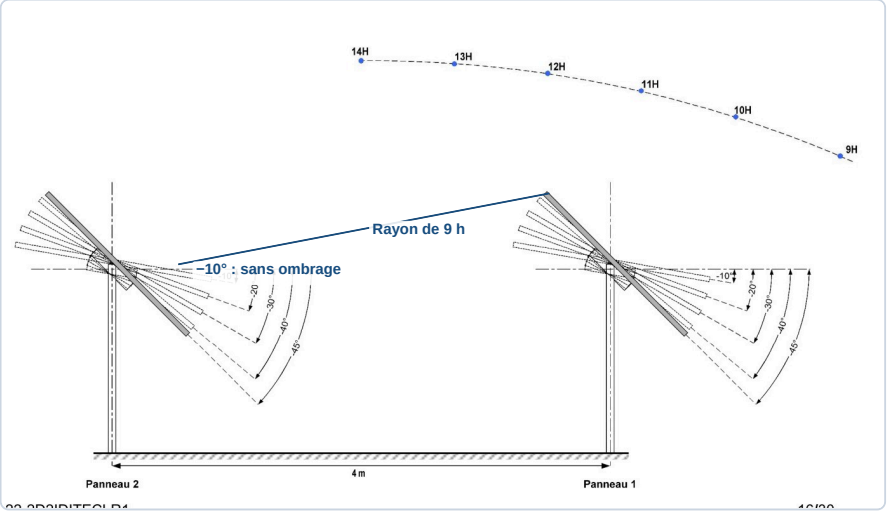

**✓ RÉPONSE À RETENIR**

L'ombrage disparaît vers 10 h.

**Question 2.4. Sur le document réponse DR3, tracer le rayon du soleil et déterminer l'inclinaison des panneaux permettant d'éviter l'ombrage à 9 heures du matin. Relever la valeur de l'angle correspondant.**

À 9 h, tracer sur DR3 le rayon venant du point « 9H » vers les panneaux. Parmi les inclinaisons en pointillés, retenir celle qui permet au panneau 2 de rester hors de l'ombre portée par le panneau 1. La lecture du schéma donne l'inclinaison limite de −10° ; les orientations plus inclinées ne suppriment pas l'ombrage à cette heure.

**Rayon de 9 h et inclinaison sans ombrage**



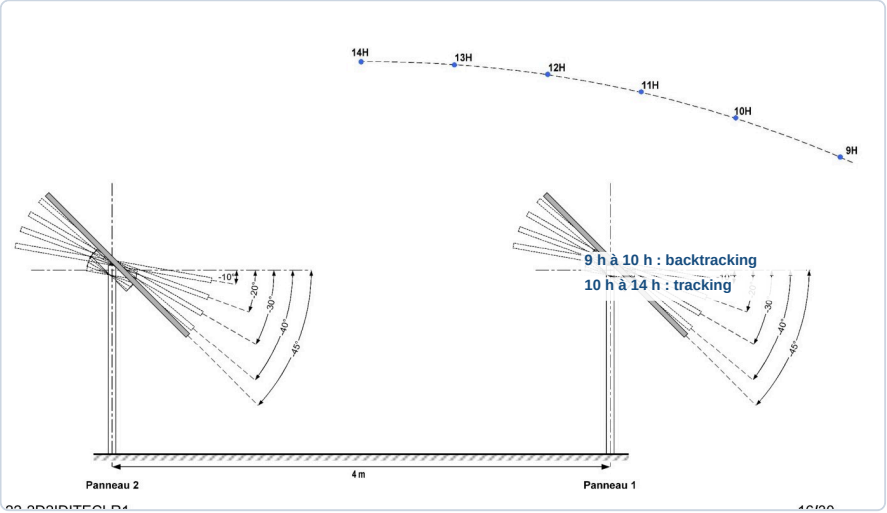

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Inclinaison permettant d'éviter l'ombrage à 9 h : −10°.

**Question 2.5. À partir du document réponse DR3, déterminer la période horaire de la matinée durant laquelle le système fonctionne en backtracking pour annuler automatiquement l'ombrage, puis la période durant laquelle il fonctionne en tracking pour placer le panneau perpendiculairement au soleil.**

Le backtracking réduit l'inclinaison pour supprimer l'ombre entre les rangées. D'après les schémas DR2 et DR3, cette correction est nécessaire le matin entre 9 h et 10 h. À partir de 10 h, l'ombrage a disparu : le système peut orienter les panneaux perpendiculairement aux rayons du soleil et fonctionne alors en tracking. Sur la plage horaire représentée, le tracking va de 10 h à 14 h.

**Périodes de fonctionnement le matin**



✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Backtracking : de 9 h à 10 h. Tracking : de 10 h à 14 h sur la plage représentée.

## 3. Répartition des panneaux sur le terrain

La centrale est composée de blocs de neuf lignes de treize panneaux, chaque bloc occupant au sol 15 m sur 50 m. Les questions portent sur le nombre de panneaux et la surface par bloc, l'implantation des 101 blocs sur le terrain et la comparaison du nombre total de panneaux avec le diagramme de définition DT2.

**Question 3.1. Calculer le nombre de panneaux photovoltaïques par bloc, sachant qu'un bloc comprend neuf lignes de treize panneaux.**

Un bloc comprend 9 lignes de 13 panneaux. Le nombre de panneaux est donc : $9 \times 13 = 117$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> 117 panneaux par bloc.

**Question 3.2. Calculer la surface d'un bloc, puis le nombre théorique de blocs qui pourraient être implantés sur le terrain de 78 000 m².**

| Grandeur | Calcul | Résultat |
|---|---|---|
| Surface d'un bloc | 15 × 50 | 750 m² |
| Nombre théorique de blocs | 78 000 ÷ 750 | 104 |

La capacité théorique ne tient pas compte de la forme du terrain ni des voies de circulation.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> 750 m² par bloc, soit 104 blocs théoriquement.

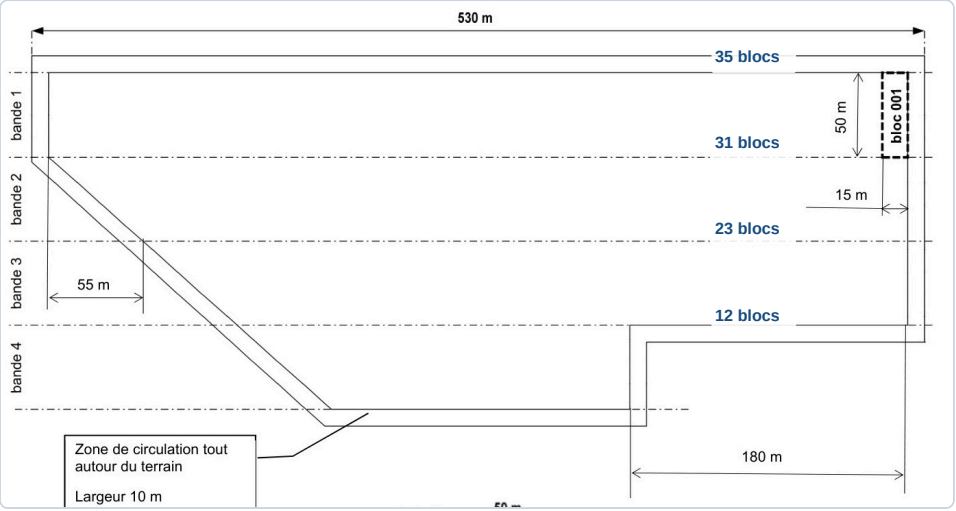
**Question 3.3. Sur le plan du terrain du document réponse DR4, proposer une implantation des 101 blocs en définissant le nombre de blocs par bande. Le raisonnement peut être effectué par calcul ou graphiquement.**

En tenant compte de la voie de circulation diagonale, une répartition possible sur les quatre bandes est la suivante :

1. Bande 1 : 35 blocs.
2. Bande 2 : 31 blocs.
3. Bande 3 : 23 blocs.
4. Bande 4 : 12 blocs.

Les bandes 1 et 4 peuvent recevoir respectivement 35 blocs sur 530 m et 12 sur 180 m. La répartition totale est de 101 blocs.

**Répartition proposée des blocs par bande**




**✓ RÉPONSE À RETENIR**

Répartition proposée : 35, 31, 23 et 12 blocs, soit 101 blocs.

**Question 3.4. Calculer le nombre total de panneaux solaires implantés sur le terrain et le comparer au nombre indiqué dans le diagramme de définition des blocs de la centrale DT2.**

Chaque bloc comprend 117 panneaux et la centrale compte 101 blocs : $101 \times 117 = 11\,817$ panneaux. Le diagramme DT2 indique lui aussi 11 817 modules. Les deux valeurs concordent.

**✓ RÉPONSE À RETENIR**

11 817 panneaux, conformément au diagramme DT2.

## 4. Ancrage des portiques soumis au vent extrême

Cette partie étudie la tenue des ancrages des portiques supportant les panneaux sous l'action d'un vent extrême. Les calculs portent sur la charge transmise au poteau intermédiaire, ses composantes, le moment au pied du poteau et la justification de l'ancrage dans le sol.

**Question 4.1. Calculer l'intensité de la charge totale Fp, en kN, due au vent et reprise par un portique de treize panneaux, sachant que chaque panneau est soumis à une action de 1 kN.**

Le portique supporte 13 panneaux et chacun transmet une action aérodynamique de 1 kN. La charge totale reprise par le portique est la somme des actions exercées sur ces panneaux : $F_p = 13 \times 1 = 13\,\text{kN}$. Il s'agit de la charge globale avant sa répartition entre les trois poteaux. La charge retenue pour la suite est donc bien celle du portique entier, et non celle d'un poteau isolé.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La charge totale due au vent reprise par un portique est de 13 kN, avant répartition entre ses trois poteaux.

**Question 4.2. Calculer Fam = Fp/2, puis l'intensité Ft de la composante horizontale de Fam. En déduire l'intensité Fv de sa composante verticale.**

Le poteau intermédiaire reprend la moitié de la charge du portique : $F_{am} = 13/2 = 6{,}5\,\text{kN}$. Le schéma donne une direction à 45° : les composantes horizontale et verticale ont donc la même valeur, chacune égale à $F_{am}\cos(45^\circ)$.

1. $F_t = 6{,}5\cos(45^\circ) \approx 4{,}60\,\text{kN}$, dirigée vers la droite.
2. $F_v = 6{,}5\cos(45^\circ) \approx 4{,}60\,\text{kN}$, dirigée vers le bas sur le schéma.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $F_{am} = 6{,}5\,\text{kN}$ ; $F_t \approx 4{,}60\,\text{kN}$ vers la droite et $F_v \approx 4{,}60\,\text{kN}$ vers le bas.

**Question 4.3. Expliquer comment la composante verticale 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, l'action aérodynamique restant perpendiculaire aux panneaux.**

Sur le schéma, pour un vent de face, la composante verticale $F_v$ est orientée vers le bas. Elle exerce donc une compression sur le poteau et transmet un effort supplémentaire au sol. Lorsque le vent souffle par l'arrière, la résultante aérodynamique s'inverse, tout en restant perpendiculaire aux panneaux. La composante verticale change alors de sens et tend à tirer le poteau vers le haut.

- Vent de face : compression du poteau.
- Vent arrière : traction du poteau et risque de soulèvement de l'ancrage.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Vent de face : le poteau est comprimé. Vent arrière : la composante verticale tend à le soulever et sollicite l'ancrage en traction.

**Question 4.4. Calculer l'intensité ME du moment créé au point E, pied du poteau intermédiaire, par Ft. Utiliser la hauteur de 1,5 m entre O et E, puis indiquer comment ce moment agit sur l'ancrage du poteau.**

La composante horizontale $F_t$ agit au point O, situé à 1,5 m au-dessus du pied E. Le bras de levier est donc $OE = 1{,}5\,\mathrm{m}$, et le moment vaut $M_E = F_t \times OE \approx 4{,}60 \times 1{,}5 = 6{,}89\,\mathrm{kN\cdotp m}$. Comme la force est orientée vers la droite et appliquée au-dessus de E, elle fait tourner le poteau dans le sens horaire, opposé au sens trigonométrique positif.

Le moment est donc négatif selon la convention donnée.

**✓ RÉPONSE À RETENIR**

$M_E \approx -6{,}89\,\mathrm{kN\cdotp m}$ : le moment est horaire et tend à faire basculer le poteau au niveau de son ancrage.

**Question 4.5. À partir des questions précédentes, justifier le choix technologique d'ancrer les poteaux sur 1,5 m dans le sol.**

Le vent crée au pied du poteau un moment qui tend à le faire basculer. Enfoncer le poteau sur 1,5 m permet de mobiliser la résistance du sol contre cette rotation. L'ancrage est également utile lorsque le vent souffle par l'arrière : la composante verticale peut alors tirer le poteau vers le haut. La profondeur d'ancrage contribue donc à stabiliser le portique face aux efforts de basculement et de soulèvement.

**✓ RÉPONSE À RETENIR**

L'ancrage sur 1,5 m mobilise la résistance du sol contre le basculement du poteau et son soulèvement sous l'effet d'un vent arrière.

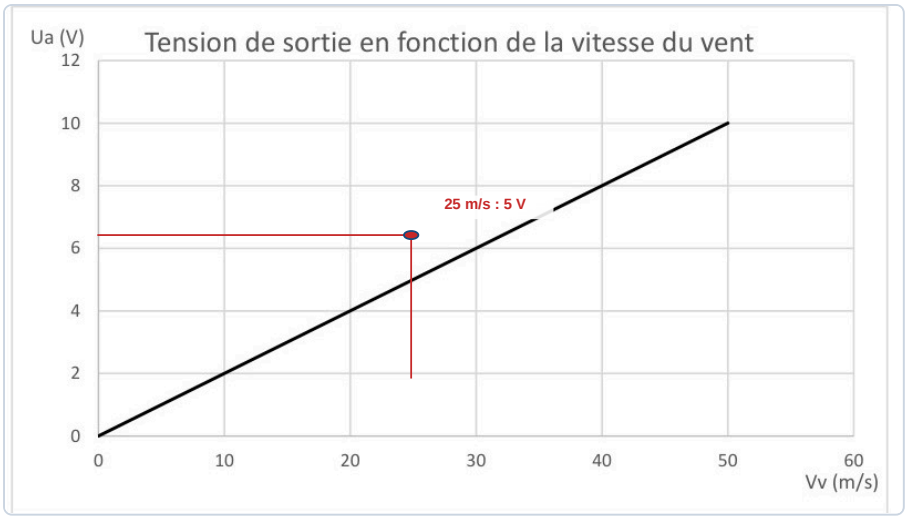
## 5. Mesure de la vitesse du vent et communication réseau

Deux stations météorologiques mesurent notamment la vitesse du vent pour contribuer à la sécurité des panneaux et au pilotage du tracker. Les questions portent sur la caractéristique de l'anémomètre, la conversion analogique-numérique sur huit bits et l'adressage des équipements du réseau local.

**Question 5.1. À l'aide de la courbe caractéristique du document réponse DR5, déterminer la tension de sortie de l'anémomètre correspondant à un vent de 90 km/h.**

La conversion donne 90/3,6 = 25 m/s. Sur le DR5, la caractéristique est une droite passant par (0 m/s ; 0 V) et (50 m/s ; 10 V). À 25 m/s, soit à mi-parcours, la lecture graphique donne 5 V. Le point de lecture est indiqué sur le document réponse.

**Lecture du DR5 à 90 km/h**




✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Tension de sortie : **5 V**.

**Question 5.2. Pour un convertisseur analogique-numérique de huit bits, où 0000 0000 correspond à 0 V et 1111 1111 à 10 V, déterminer l'augmentation de tension correspondant à une augmentation de 1 du mot binaire.**

Un codage sur 8 bits comporte 256 codes, de 0 à 255. Entre les deux extrêmes, 0 V et 10 V, il y a donc 255 intervalles de conversion. La tension correspondant à un incrément est la plage totale divisée par ces intervalles : 10/255 V. Il ne faut pas diviser par 256, car le premier code correspond déjà à 0 V.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Un incrément correspond à **0,0392 V**.

**Question 5.3. Vérifier si le convertisseur analogique-numérique permet d'obtenir la précision exigée de plus ou moins 3 km/h.**

La courbe du DR5 indique 10 V pour 50 m/s. Un incrément de 10/255 V correspond donc à une variation de vitesse de (10/255) × (50/10) × 3,6 = 0,706 km/h. Cette variation entre deux codes est inférieure à la tolérance demandée de 3 km/h. L'erreur de quantification maximale, d'environ 0,353 km/h, est également inférieure à cette tolérance.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Oui : l'erreur de quantification maximale est d'environ **0,35 km/h**, sous la limite de 3 km/h.

**Question 5.4. Déterminer combien d'hôtes peuvent être adressés avec le masque réseau local 255.255.255.0.**

Le masque 255.255.255.0 correspond à /24 : 24 bits identifient le réseau et les 8 bits restants identifient les hôtes. Ces 8 bits fournissent 2^8 adresses. L'adresse du réseau et l'adresse de diffusion étant réservées, elles ne peuvent pas être attribuées à des hôtes ; on en retranche donc deux.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> **254 hôtes** peuvent être adressés.

**Question 5.5. Vérifier si la station météo 1, d'adresse 192.168.200.201, et le contrôleur principal, d'adresse 192.168.200.100, appartiennent au même réseau avec le masque indiqué. Conclure sur leur possibilité de communiquer.**

Avec le masque 255.255.255.0, les trois premiers octets définissent le réseau. Les deux adresses commencent par 192.168.200 et appartiennent donc au même sous-réseau, 192.168.200.0/24. Leurs adresses d'hôte sont distinctes et ne correspondent ni à l'adresse réseau ni à l'adresse de diffusion. Les deux équipements peuvent ainsi communiquer directement sur le réseau local.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Même réseau : **192.168.200.0/24**. Les équipements peuvent communiquer.

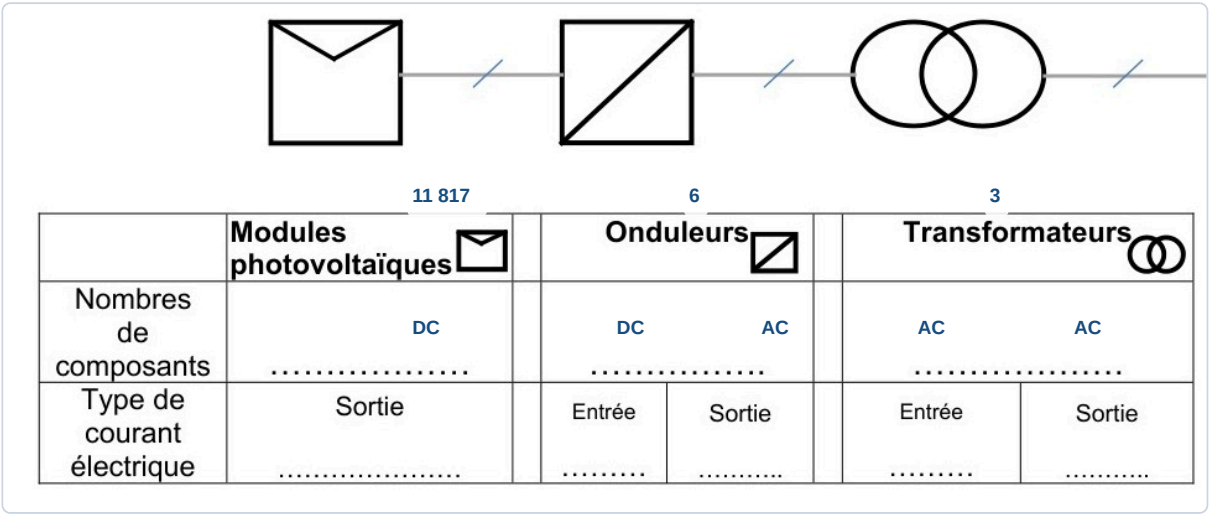
## 6. Chaîne de production et conversion de l’énergie électrique

La centrale convertit l’énergie solaire grâce aux modules photovoltaïques, puis adapte l’électricité avec des onduleurs et des transformateurs avant l’injection sur le réseau. Les questions portent sur les composants, les caractéristiques des modules, leurs associations électriques et la répartition des blocs entre les onduleurs.

**Question 6.1. À partir de la présentation et du diagramme DT2, compléter le document réponse DR6 en indiquant le nombre d’éléments constituant la centrale et le type de courant, AC ou DC, présent aux différents points de l’installation.**

DT2 indique directement 11 817 modules photovoltaïques, 6 onduleurs et 3 transformateurs. Les modules délivrent du courant continu (DC), qui arrive à l’entrée des onduleurs. Ceux-ci le convertissent en courant alternatif (AC). Les transformateurs reçoivent donc du courant AC et en fournissent également en sortie, avec une tension élevée pour l’injection sur le réseau. Reportez ces quantités et types de courant dans les cases du DR6.

**DR6 complété : composants et courants**



| | Modules photovoltaïques (11 817) | Onduleurs (6) | | Transformateurs (3) | |
|---|---|---|---|---|---|
| Nombres de composants | DC ..... | DC ..... | AC | AC | AC ..... |
| Type de courant électrique | Sortie ..... | Entrée ..... | Sortie ..... | Entrée ..... | Sortie ..... |

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> 11 817 modules, 6 onduleurs et 3 transformateurs. Courant : DC des modules à l’entrée des onduleurs, puis AC jusqu’au réseau.

**Question 6.2. À l’aide du document technique DT3, relever les dimensions du module solaire retenu et calculer sa surface.**

Le dessin de DT3 donne les dimensions de la face du module : 1 559 mm par 1 046 mm, soit 1,559 m par 1,046 m. Sa surface exposée se calcule par le produit de ces deux dimensions :

$$S = 1{,}559 \times 1{,}046 = 1{,}630714 \text{ m}^2$$

L’épaisseur de 46 mm ne participe pas au calcul de cette surface. À trois chiffres significatifs, on retient 1,63 m².

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Dimensions : 1 559 mm × 1 046 mm. Surface : 1,63 m².

**Question 6.3.** **Pour un ensoleillement de 1 000 W/m² et une température de cellule de 25 °C, calculer la puissance solaire reçue par un panneau, puis le rendement du module photovoltaïque.**

La puissance solaire reçue est l'éclairement multiplié par la surface du module : $P_{RP} = 1000 \times 1{,}559 \times 1{,}046 = 1630{,}714\ \mathrm{W}$. La puissance électrique nominale indiquée dans DT3 vaut 320 W. Le rendement est donc le rapport entre la puissance électrique produite et la puissance reçue :

$$\eta_{PV} = \frac{320}{1630{,}714} \times 100 \approx 19{,}6\%$$

Cette valeur concorde avec le rendement indiqué dans DT3.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Puissance reçue : 1 630,7 W. Rendement : 19,6 %.

**Question 6.4.** **Pour les figures 1 et 2, indiquer le type d'association électrique réalisé entre les panneaux photovoltaïques.**

Sur la figure 1, les modules sont raccordés bout à bout : la borne positive de l'un est reliée à la borne négative de l'autre. C'est une association en série. Sur la figure 2, les bornes de même polarité sont reliées ensemble, les positives entre elles et les négatives entre elles : c'est une association en parallèle. En série, les tensions s'ajoutent ; en parallèle, les courants s'ajoutent.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Figure 1 : série. Figure 2 : parallèle.

**Question 6.5.** **Un bloc étant composé de neuf chaînes en parallèle, chacune constituée de treize modules en série, déterminer la tension et le courant à la sortie du bloc de jonctions.**

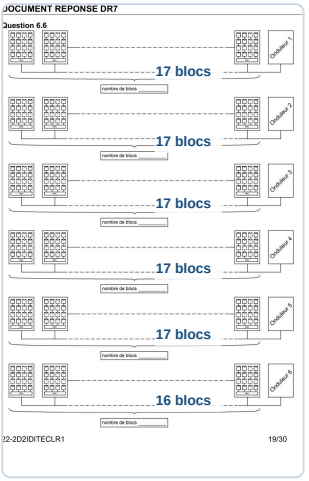
Les 13 modules d'une chaîne sont montés en série : leurs tensions s'ajoutent, tandis que le courant reste celui d'un module. La tension de la chaîne vaut donc $13 \times 54{,}7 = 711{,}1$ V et son courant est de 5,86 A. Les 9 chaînes sont ensuite montées en parallèle : la tension reste égale à celle d'une chaîne et les courants s'additionnent. Le bloc fournit donc 711,1 V et $9 \times 5{,}86 = 52{,}74$ A.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Tension du bloc : 711,1 V. Courant : 52,74 A.

**Question 6.6.** **Répartir au mieux les 101 blocs de panneaux entre les six onduleurs et compléter le document réponse DR7. Le nombre de blocs peut différer selon la ligne d'onduleur.**

La répartition la plus équilibrée consiste à donner d'abord 16 blocs à chacun des 6 onduleurs, soit 96 blocs. Il reste 5 blocs, répartis à raison d'un bloc supplémentaire sur cinq onduleurs. On obtient donc cinq onduleurs chargés de 17 blocs et un de 16 blocs. La somme est bien de 101 blocs, et l'écart de charge entre onduleurs est limité à un bloc. Reportez ces six quantités sur le DR7.

**DR7 complété : nombre de blocs par onduleur**




**✓ RÉPONSE À RETENIR**

Cinq onduleurs reçoivent 17 blocs chacun et le sixième en reçoit 16, soit 101 blocs au total.

**Question 6.7. Déterminer le courant d'entrée des onduleurs les plus chargés selon la répartition retenue, puis conclure sur la puissance nominale d'un onduleur.**

Les onduleurs les plus chargés reçoivent 17 blocs. Chaque bloc fournit le courant de 9 chaînes : $9 \times 5{,}86 = 52{,}74$ A. Le courant d'entrée maximal vaut donc $17 \times 52{,}74 = 896{,}58$ A. Avec les 13 modules en série, la puissance nominale calculée à partir des 320 W par module est $17 \times 9 \times 13 \times 320 = 636480$ W. L'onduleur doit donc accepter environ 897 A en entrée et offrir une puissance nominale d'au moins 636,5 kW.

**✓ RÉPONSE À RETENIR**

Courant maximal d'entrée : 896,58 A. Puissance nominale nécessaire : au moins 636,48 kW par onduleur.

# 7. Capacité de la chaîne de puissance à manœuvrer les panneaux par grand vent

Le tracker doit ramener les lignes de panneaux à l'horizontale lorsque le vent atteint 90 km/h. L'étude évalue les efforts aérodynamiques, le couple et la puissance nécessaires, puis vérifie si le motoréducteur et les systèmes roue et vis sans fin peuvent manœuvrer les neuf lignes de production.

## Sous-partie A1

**Question A.1.1. À l'aide du document DTS1, relever la ou les positions où l'intensité de la résultante aérodynamique est la plus faible, puis justifier que la position horizontale de sécurité constitue le meilleur compromis par grand vent.**

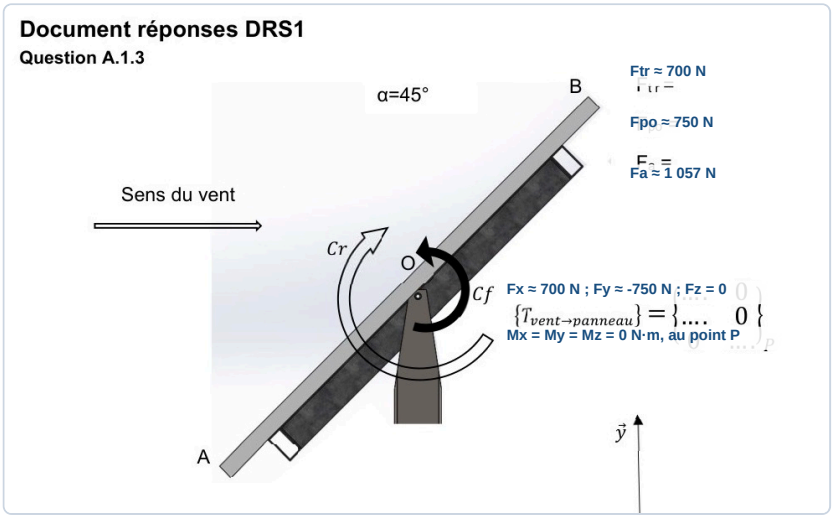
Sur le graphique du DTS1, la résultante aérodynamique atteint son minimum pour une inclinaison de 0°, soit lorsque le panneau est horizontal. Elle augmente ensuite avec l'inclinaison et devient importante vers 90°. La position horizontale réduit donc l'effort du vent sur les panneaux et constitue le meilleur compromis de sécurité par grand vent, tout en permettant au système de ramener les lignes dans cette position.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Résultante minimale à 0° : la position horizontale est la plus sûre par grand vent.

**Question A.1.2. À l'aide du document DTS1, relever les valeurs des efforts de portance Fpo, de traînée Ftr et de la résultante aérodynamique Fa pour un angle de 45°. Compléter sur le document réponse DRS1 les composantes du torseur d'action mécanique dans le repère associé au centre de poussée P.**

À 45°, la lecture graphique du DTS1 donne environ 700 N pour la traînée, 750 N pour la portance et 1 057 N pour la résultante. D'après le repère du schéma, la traînée agit selon +x et la portance selon -y. Les forces sont appliquées au centre de poussée P. Le torseur demandé en P comporte donc ces composantes de force et un moment nul en P, sans composante suivant z.

**DRS1 : valeurs des efforts et torseur complétés**

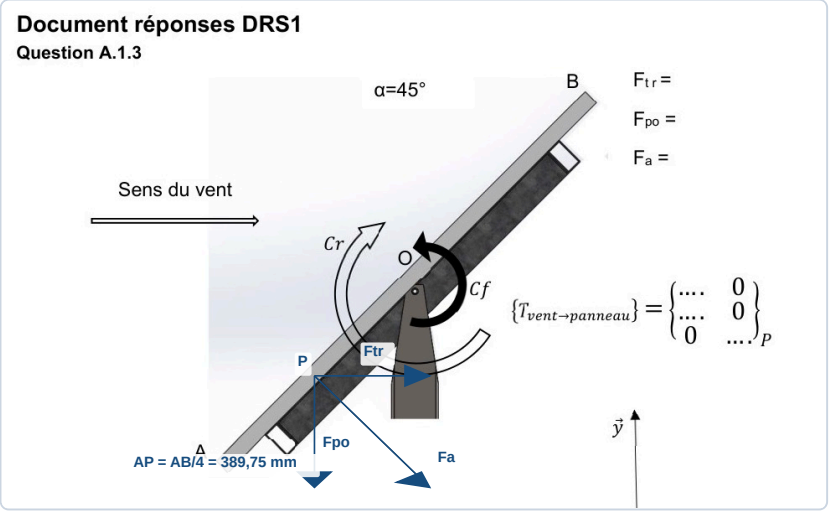



> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $F_{tr} \approx 700$ N ; $F_{po} \approx 750$ N ; $F_a \approx 1\,057$ N. En P : $(F_x, F_y, F_z) \approx (700, -750, 0)$ N et $(M_x, M_y, M_z) = (0, 0, 0)$ N·m.

**Question A.1.3. Sur le document réponse DRS1, placer le centre de poussée P en utilisant AP = 1/4 AB, puis représenter les vecteurs Fpo, Ftr et Fa à l'échelle de 1 cm pour 200 N.**

Le centre de poussée P se place sur AB à un quart de la corde depuis A. Avec AB = 1 559 mm, on obtient AP = 1 559/4 = 389,75 mm. À l'échelle de 1 cm pour 200 N, les longueurs à tracer sont 700/200 = 3,50 cm pour la traînée, 750/200 = 3,75 cm pour la portance et 1 057/200 = 5,285 cm pour la résultante. Les trois vecteurs partent de P.

**DRS1 : point P et vecteurs des forces**




**✓ RÉPONSE À RETENIR**

AP = 389,75 mm. Longueurs : $F_{tr}$ ≈ 3,50 cm, $F_{po}$ ≈ 3,75 cm, $F_a$ ≈ 5,285 cm.

**Question A.1.4. À partir du document DTS1, relever le couple résultant Cr pour un angle d'inclinaison de 45°.**

Le graphique inférieur du DTS1 donne le couple résistant Cr en fonction de l'inclinaison du panneau. À l'abscisse 45°, la courbe se situe autour de 410 N·m. Il s'agit du couple associé à un seul panneau, pour le vent de 90 km·h⁻¹ indiqué dans le document. Cette valeur est reprise à la question suivante pour calculer le couple de toute la ligne.

**✓ RÉPONSE À RETENIR**

Cr ≈ 410 N·m par panneau à 45°.

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

Le couple total de la ligne est la somme des couples résistants des treize panneaux. En prenant la valeur graphique d'environ 410 N·m par panneau, on calcule Cu = 13 × 410 = 5 330 N·m. Ce couple correspond à la ligne complète à l'inclinaison considérée. La question suivante précise toutefois d'utiliser cette valeur de Cu pour déterminer la puissance nécessaire.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Cu = 5 330 N·m pour une ligne de 13 panneaux.

## Sous-partie A2

**Question A.2.1. Pour une rotation de 0 à 45° en trente secondes maximum, calculer la vitesse imposée Nu en tours par minute, puis la vitesse angulaire ωu en radians par seconde.**

La rotation de 0° à 45° correspond à 45/360 tour, effectuée en 30 s. La vitesse de rotation vaut donc (45/360) × (60/30) = 0,25 tr·min⁻¹. Pour la vitesse angulaire, 45° = 45π/180 rad ; en divisant par 30 s, on obtient ωu ≈ 0,0262 rad·s⁻¹. Ces valeurs correspondent à la vitesse imposée à la structure mobile.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Nu = 0,25 tr·min⁻¹ ; ωu ≈ 0,0262 rad·s⁻¹.

**Question A.2.2. En utilisant Cu = 5 330 N·m et la relation Pu = Cu × ωu, calculer la puissance Pu nécessaire pour mettre en mouvement une ligne de treize panneaux par vent fort.**

La puissance nécessaire à la ligne est le produit du couple par la vitesse angulaire : Pu = Cu × ωu. L'énoncé demande d'utiliser Cu = 5 330 N·m. Avec la vitesse calculée précédemment, Pu = 5 330 × 0,02618 ≈ 139,5 W. La puissance est donc arrondie à 140 W par ligne, valeur retenue pour les questions suivantes.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Pu ≈ 140 W par ligne.

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

Pour la vis à deux filets choisie par le constructeur, le DTS2 donne R = 2/Zroue et un rendement η = 0,64. Le document indique aussi que cette configuration n'est pas réversible. La roue complète compte 500 dents, d'où R = 2/500 = 0,004, soit une réduction de 1/250. Il faut donc 250 tours en entrée pour un tour en sortie.

✓ RÉPONSE À RETENIR

R = 2/500 = 0,004, soit 1/250 ; η = 0,64 ; système non réversible.

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

Une transmission réversible permettrait à l'effort exercé par les panneaux ou par le vent de faire tourner la roue, puis la vis sans fin et le moteur. Le mouvement pourrait alors se transmettre en sens inverse sans commande du motoréducteur, ce qui risquerait de déplacer les panneaux ou de les faire quitter leur position de sécurité. L'irréversibilité évite ce retour d'effort dans la transmission.

✓ RÉPONSE À RETENIR

L'irréversibilité empêche le vent de faire tourner la transmission à l'envers et de déplacer les panneaux.

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

Pour les questions suivantes, la puissance utile par ligne est fixée à Pu = 140 W. Le rendement du réducteur à deux filets vaut η = 0,64. La puissance motrice nécessaire en entrée doit compenser les pertes du réducteur : Pm = Pu/η = 140/0,64 = 218,75 W. Il s'agit de la puissance d'entrée demandée pour manœuvrer une seule ligne.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Pm = 218,75 W par ligne.

**Question A.2.6. Avec un motoréducteur de puissance nominale PN = 3 kW, déterminer combien de lignes de production le moteur peut manœuvrer.**

Le motoréducteur fournit une puissance nominale de 3 kW, soit 3 000 W. Une ligne demande 218,75 W à l'entrée du réducteur. Le quotient 3 000/218,75 vaut environ 13,71 : le moteur peut donc entraîner treize lignes complètes, mais pas quatorze. Cette capacité dépasse les neuf lignes de production à manœuvrer simultanément.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le motoréducteur peut manœuvrer au maximum 13 lignes.

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

Le rapport de réduction vaut 1/250. Avec une vitesse moteur de 65 $tr \cdot min^{-1}$, la structure mobile tourne donc à 65/250 = 0,26 $tr \cdot min^{-1}$. Le déplacement de 45° représente 45/360 tour. À cette vitesse, le temps nécessaire est (45/360)/0,26 × 60 ≈ 28,85 s. Ce temps respecte la limite de 30 s.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Vitesse de sortie : 0,26 $tr \cdot min^{-1}$. Durée pour 45° : environ 28,85 s.

**Question A.2.8. Conclure, au regard des choix du constructeur, sur la capacité de l'ensemble à manœuvrer neuf lignes de production par grand vent.**

Neuf lignes demandent une puissance totale de 9 × 218,75 = 1 968,75 W, inférieure à la puissance nominale de 3 000 W du motoréducteur. La transmission est non réversible, ce qui contribue au maintien de la position. Enfin, la ligne revient de 45° à l'horizontale en environ 28,85 s, donc en moins de 30 s. Les critères de puissance et de durée sont

respectés.

**✓ RÉPONSE À RETENIR**

Oui : les 9 lignes demandent 1 968,75 W, sous les 3 kW disponibles, et le retour prend moins de 30 s.

## 8. Résistance de la structure porteuse aux conditions météorologiques extrêmes

L'étude porte sur les poteaux de soutien en acier galvanisé soumis à un chargement simulé de 6 871 N incliné à 45°. Les résultats de simulation sont confrontés au coefficient de sécurité exigé et à la flèche maximale autorisée afin d'évaluer la tenue de la structure.

**Question B.1. La résultante aérodynamique sur un panneau est de 1 057 N. Sachant qu'une ligne de treize panneaux repose sur trois poteaux de façon isostatique, justifier la valeur de 6 871 N utilisée pour le chargement externe du poteau central, qui reprend la moitié de la charge totale.**

La charge totale exercée sur les 13 panneaux est **13 × 1 057 = 13 741 N**. D'après l'énoncé, le poteau central reprend la moitié de cette charge : **13 741 ÷ 2 = 6 870,5 N**. Arrondie au newton près, cette valeur devient **6 871 N**, comme indiqué pour le chargement de simulation. L'autre moitié est reprise par les poteaux extérieurs. Cette répartition correspond à l'hypothèse de partage isostatique retenue dans le sujet.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Charge appliquée au poteau central : 6 870,5 N, soit 6 871 N après arrondi.

**Question B.2. Justifier le déplacement imposé « Fixe » sur le modèle de simulation.**

Le modèle représente le poteau de soutien encastré dans le sol par sa base. Le déplacement imposé « Fixe » traduit cette liaison : les points de la base ne peuvent pas se déplacer, et la rotation y est également bloquée. Le chargement aérodynamique est appliqué en partie haute du poteau. La simulation calcule ainsi sa déformation en reproduisant les conditions de maintien prévues sur la structure réelle.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> « Fixe » modélise l'ancrage au sol : la base du poteau ne se déplace pas et ne tourne pas.

**Question B.3. À partir du résultat de simulation DTS5, relever la contrainte maximale dans le mât de soutien en MPa. Calculer le coefficient de sécurité obtenu et le comparer à celui prévu par le constructeur.**

La légende du DTS5 donne une contrainte maximale de **$8{,}459 \times 10^7$ Pa**, soit **84,59 MPa**. Avec la limite élastique de l'acier, **$R_e$ = 204 MPa**, le coefficient de sécurité vaut **$C_s = R_e / \sigma_{max} = 204 / 84{,}59 \approx 2{,}41$**. Il est supérieur au coefficient minimal de 2 exigé par le constructeur : le critère de résistance est respecté pour le chargement simulé.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\sigma_{max}$ = 84,59 MPa ; $C_s \approx 2{,}41$, supérieur au minimum exigé de 2.

**Question B.4. À l'aide du document DTS5, relever la flèche maximale obtenue, la comparer à la limite de 5 mm du cahier des charges et, si nécessaire, proposer des solutions pour respecter cette limite.**

La légende des déplacements du DTS5 indique une flèche maximale de **4,317 mm**. Le cahier des charges autorise au maximum **5 mm** : la flèche simulée est donc conforme, avec une marge de **5 − 4,317 = 0,683 mm**. Aucune modification de la structure n'est nécessaire pour respecter ce critère dans les conditions de simulation données.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $f_{max}$ = 4,317 mm, inférieur à la limite de 5 mm : critère conforme.

**Question B.5. Conclure sur la capacité de la structure porteuse à résister aux conditions météorologiques extrêmes.**

Pour le chargement extrême simulé, le coefficient de sécurité obtenu est d'environ **2,41**, supérieur à la valeur minimale exigée de **2**. La flèche maximale vaut **4,317 mm**, donc reste inférieure à la limite de **5 mm**. Les critères de résistance et de déformation du cahier des charges sont tous deux respectés. La structure porteuse peut donc résister aux conditions météorologiques extrêmes étudiées.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> La structure respecte les critères de résistance et de flèche pour le vent extrême simulé.

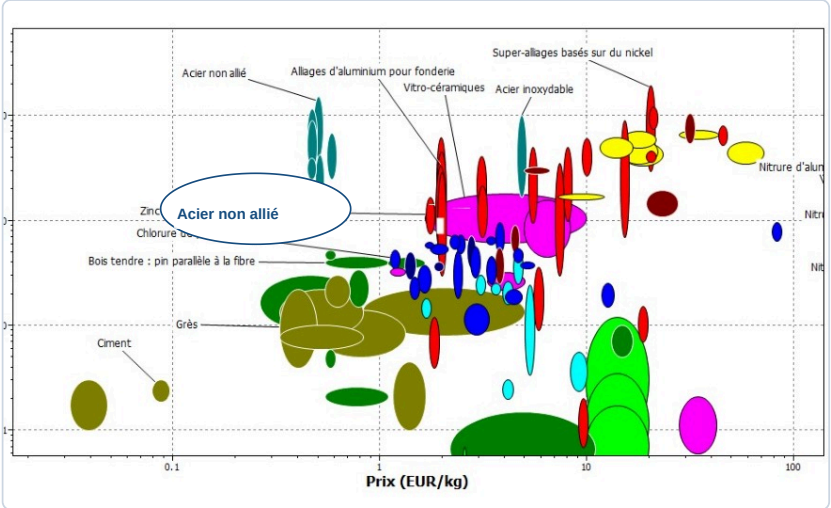
## 9. Choix des matériaux, durabilité et impact environnemental

Cette partie examine les choix de matériaux pour la structure mobile et le système de commande, ainsi que les moyens de limiter les impacts environnementaux et d'améliorer la durabilité. Les documents DRS2, DTS3 et DTS4 présentent les critères de sélection et les effets de la galvanisation.

**Question C.1. Sur le document réponse DRS2, entourer la famille de matériaux utilisée pour réaliser la structure mobile et le système de commande, indiquée comme étant l'acier non allié.**

Sur le graphique du DRS2, la famille recherchée est explicitement nommée **Acier non allié**. Il faut entourer cette étiquette, située dans la partie supérieure gauche du graphique, et non les familles voisines comme l'acier à teneur moyenne en carbone ou l'acier inoxydable. Le visuel reporte l'ellipse autour de la désignation demandée.

**Famille acier non allié entourée sur le DRS2**



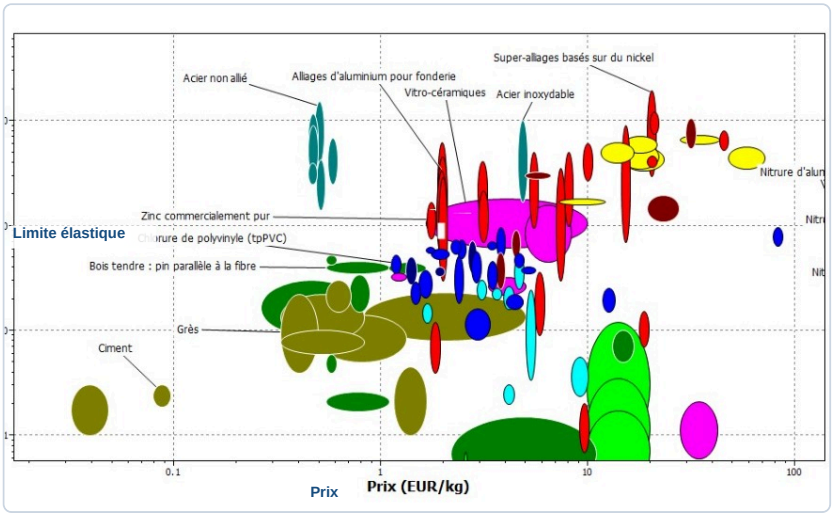

**✓ RÉPONSE À RETENIR**

Entourer : acier non allié.

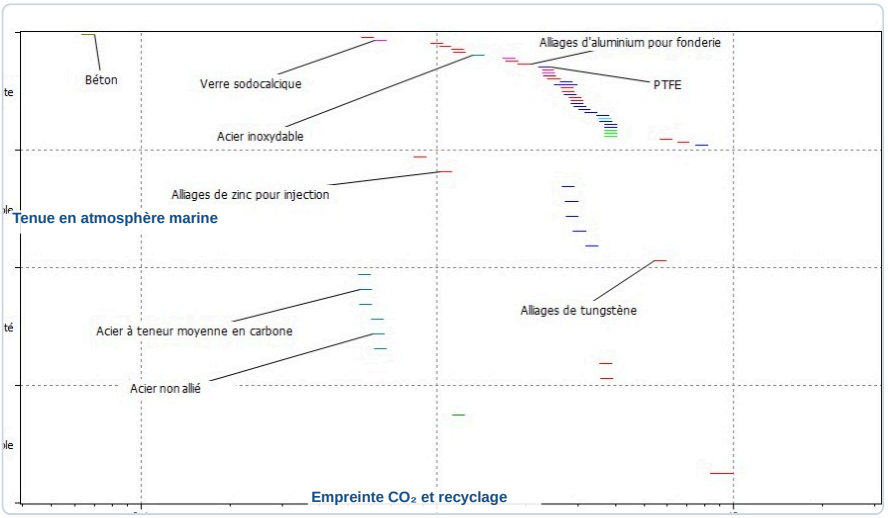
**Question C.2. À partir des graphiques du document réponse DRS2 et du document DTS3, citer les quatre critères pris en compte dans le choix du matériau.**

Les deux graphiques présentent quatre critères distincts. Le DRS2 compare les matériaux selon leur prix et leur limite élastique. Le DTS3 ajoute la tenue en atmosphère marine et l'empreinte $CO_2$ liée au recyclage. Ces critères permettent de comparer les propriétés mécaniques, le coût et les impacts environnementaux des matériaux.

**Critères mécaniques et économiques du DRS2**




**Critères environnementaux et de durabilité du DTS3**



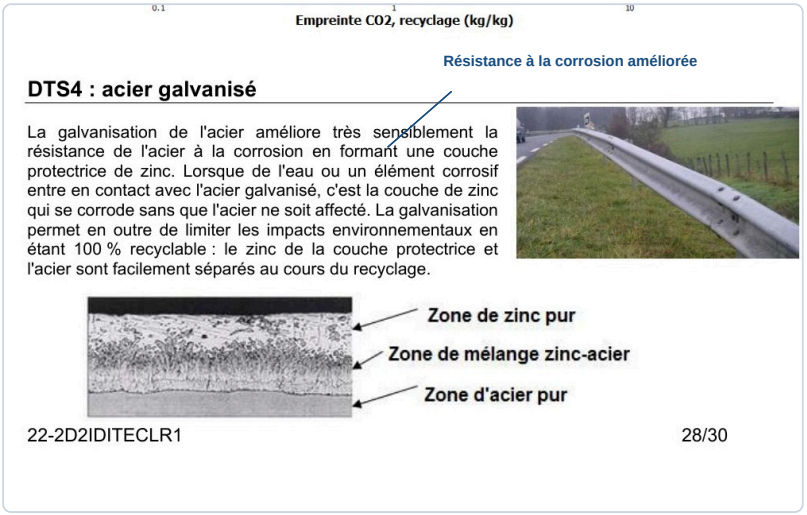

**✓ RÉPONSE À RETENIR**

Prix, limite élastique, tenue en atmosphère marine, empreinte $CO_2$ et recyclage.

**Question C.3. À partir du document DTS4, indiquer le critère sur lequel la galvanisation apporte une amélioration pour la structure métallique.**

Le DTS4 précise que la galvanisation dépose une couche protectrice de zinc sur l'acier. En présence d'eau ou d'un agent corrosif, le zinc se corrode à la place de l'acier. Le critère amélioré est donc la résistance à la corrosion, ce qui contribue à la durabilité de la structure métallique.

### Résistance à la corrosion améliorée par galvanisation




**✓ RÉPONSE À RETENIR**

La galvanisation améliore la résistance à la corrosion.

SYNTHÈSE DE L'ÉPREUVE & RÉFÉRENTIEL • BAC STI2D

# Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2022)

**Bilan de l'épreuve :** Épreuve de spécialité Innovation technologique et éco-conception du baccalauréat technologique STI2D, session 2022, code 22-2D2IDITECLR1, durée quatre heures. Elle étudie la centrale photovoltaïque de Porette de Nérone et évalue l'implantation, la production, le tracking, les réseaux, les efforts du vent, la motorisation, la résistance des poteaux et le choix des matériaux. La partie commune vaut 12 points et la partie spécifique 8 points.

### Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- La production en MWh se convertit en tep en la divisant par 11,63 MWh/tep.
- En série, les tensions s'additionnent et le courant reste identique ; en parallèle, les courants s'additionnent et la tension reste identique.
- La puissance mécanique en rotation se calcule avec $P = C \times \omega$, où C est en N·m et ω en rad/s.
- Le coefficient de sécurité se calcule en divisant la limite élastique du matériau par la contrainte maximale.

### Points de vigilance & attentes du jury

- Convertir les unités avant les calculs, notamment MWh en kWh et km/h en m/s.
- Pour lire un graphique, repérer la courbe demandée, puis vérifier les axes et leurs unités.
- Distinguer les associations en série et en parallèle avant de calculer la tension et le courant d'un bloc.
- Traiter les parties communes 1, 2, 3 et 6, puis choisir la partie 4 ou 5 ; les parties spécifiques A, B et C sont obligatoires.

## Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

**Q : Comment calculer la tension et le courant d'un bloc de panneaux photovoltaïques ?**

Dans chaque chaîne en série, additionnez les tensions des modules et conservez leur courant. Pour les chaînes en parallèle, conservez la tension d'une chaîne et additionnez les courants des chaînes.

**Q : Comment vérifier si un poteau respecte les exigences de résistance ?**

Relevez la contrainte maximale de la simulation et divisez la limite élastique par cette contrainte pour obtenir le coefficient de sécurité. Comparez-le à la valeur exigée et vérifiez séparément que la flèche ne dépasse pas 5 mm.

**Q : Dois-je traiter les parties 4 et 5 de la partie commune ?**

Non. Les parties 1, 2, 3 et 6 sont obligatoires, puis il faut choisir une seule partie parmi les parties 4 et 5. Dans l'enseignement spécifique, les parties A, B et C sont toutes obligatoires.

**Q : Quelle est la répartition des points et quels documents réponses faut-il rendre ?**

La partie commune vaut 12 points et la partie spécifique 8 points. Aucun barème détaillé par question n'est imprimé. Tous les documents réponses demandés, notamment DR1 à DR7 et DRS1 à DRS2, sont à rendre avec la copie.

**Sujet officiel associé (PDF) :** https://bacsti2d.fr/assets/annales/bac-sti2d/Ingénierie, innovation et développement durable/2022/Bac STI2D - Ingénierie, innovation et développement durable - Session 2022 - 7-Sujet.pdf

**Ressources Bac STI2D :** Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

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.