

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2022**

## **SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE**

**Ingénierie, innovation et développement durable**

### **SYSTÈMES D'INFORMATION ET NUMÉRIQUE**

Durée de l'épreuve : **4 heures**

# **CORRECTION**

## 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

**citer** 3 éléments :

- Engagements de l'état et de l'UE de couvrir 40% de la consommation d'électricité en France grâce aux ENR.
- Corse = ensoleillement très favorable (climat méditerranéen)
- La valorisation agricole des espaces laissés libres au milieu des panneaux.

Mais aussi :

plus grand secteur propice de la Corse pour l'implantation d'une centrale photovoltaïque

postes source < 5 km

Pente < 6°

Besoin local d'énergie

zones protégées, des zones urbanisées et des zones ombrées)...

### Question 1.2

**Justifier** l'utilisation de l'unité « tep »

« tep » permet d'exprimer dans une unité commune la valeur énergétique des diverses sources d'énergie.

**calculer** le nombre de tep

$$5700/11,63 = 490 \text{ tep}$$

### Question 1.3

**Calculer** l'énergie

$$7,8 \times 7,5 = 58 \text{ tep / an}$$

- Question 1.4 | **Calculer** le nombre d'habitants  
 $5700000/2300 = 2478$  habitants  
**comparer** aux 1957 habitants de la ville d'Aléria.  
L'ensemble des habitats de la commune ont leur électricité couverte par la production de la centrale.
- Question 1.5 | **calculer** le coût total de l'investissement  
DR1 | Voir DR1
- Question 1.6 | **Calculer** le gain sur 20 ans et **conclure** sur la rentabilité de la centrale.  
Rentabilité =  $17100000 - 16100000 = 1000000$  € = 1 million d'euros pour 20 ans.  
Conclusion : l'investissement de cette centrale de production est rentable.

## Partie 2 : comment optimiser la position des panneaux photovoltaïques ?

- Question 2.1 | **Tracer** le rayon du soleil  
DR2 | Voir DR2
- Question 2.2 | **Dessiner** la zone d'ombre  
DR2 | **Conclure** sur l'impact  
Voir DR2
- Question 2.3 | **déterminer** l'heure  
DR2 | L'ombrage sur le panneau 2 disparaît à 10H du matin.

Question 2.4 | **Déterminer** l'inclinaison des panneaux

DR3

Voir DR3

**Relever** la valeur de l'angle

La valeur trouvée est  $-20^\circ$ .

Question 2.5 | **Conclure** sur la période

DR3

Période de backtracking : avant 10H le matin et après 18H le soir.

Période de tracking : entre 10H et 18H.

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

Question 3.1 | **Calculer** le nombre de panneaux

$13 \times 9 = 117$  panneaux

Question 3.2 | **Calculer** la surface d'un bloc.

$50 \times 15 = 750 \text{ m}^2$

Question 3.3 | **Proposer** une implantation

DR4

Voir DR4

Bande 1 : 34 blocs

Bande 2 : 30 blocs

Bande 3 : 26 blocs

Bande 4 : 11 blocs

Total 101

Question 3.4

DT2

**Calculer** le nombre

$$\text{Nbre} = 101 \times 117 = 11817 \text{ panneaux}$$

**comparer** au nombre donné dans le diagramme

Le diagramme de définition de blocs nous donne également la valeur de 11817 panneaux.

Partie 4 : comment assurer le non-renversement des portiques en cas de rafale de vent inattendue ?

Question 4.1

**Calculer** l'intensité

$$F_p = 13 \times 1 = 13 \text{ kN}$$

Question 4.2

**Calculer**  $F_{am} = F_p/2$ , puis  $F_t$ ,

$$F_{am} = 13/2 = 6,5 \text{ kN}$$

$$F_t = F_{am}/1,414 = 4,6 \text{ kN}$$

**En déduire** l'intensité  $F_v$

$$F_v = -F_t = -4,6 \text{ kN}$$

Question 4.3

**Expliquer** comment  $\vec{F}_v$  agit

$F_v$  tend à enfoncer le poteau dans le sol. On peut aussi accepter « le poteau est comprimé ».

**En déduire** ce qui se passe si le vent souffle par l'arrière.

$F_v$  tend à soulever le poteau du sol. On peut aussi accepter « le poteau est tendu ».

Question 4.4

**Calculer** l'intensité  $M_E$  du moment

$$M_E = -F_t \times 1,5 = -6,9 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Indiquer** comment ce moment agit sur l'ancrage du poteau.

Ce moment tend à renverser le poteau. On peut aussi accepter « le poteau est fléchi ».

Question 4.5 | **justifier** le choix technologique

L'ancrage profond dans le sol permet d'éviter l'arrachement ou l'enfoncement du poteau ainsi que son renversement

## Partie 5 : comment obtenir la vitesse du vent pour piloter le tracker.

Question 5.1 | **déterminer** la tension

DR5

$90 \times 1000 / 3600 = 25 \text{ m/s}$

Voir DR5

Réponse 5V

Question 5.2 | **Déterminer** l'augmentation de tension

=

$10 / 255 = 0,039 \text{ V} = 39 \text{ mV}$

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

$3 \times 1000 / 3600 = 0,8 \text{ m/s}$

10V donne 50 m/s donc 0,8 donne 166,7 mV > 39 mV donc largement OK

Question 5.4 | **Déterminer** combien d'hôtes

256 adresses – adresse du réseau (.0), - adresse de broadcast (.255) = 254 hôtes

Question 5.5 | **Vérifier** si la station météo1 et le contrôleur principal appartiennent au même réseau.

Station météo 1 : 192.168.200.201

Contrôleur principal : 192.168.200.100

**Conclure** quant à leur possibilité de communiquer.

L'adresse réseau des 2 appareils est 192.168.200.0 (ET logique bit par bit entre l'adresse IP et le mask), ils appartiennent au même réseau et peuvent donc communiquer.

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

Question 6.1 | **compléter** le DR6

DT2, DR6 | Voir DR6

Question 6.2 | **relever** les côtes

DT3 | Largeur 1046 mm longueur 1559 mm

**calculer** sa surface.

Surface :  $1,046 \times 1,559 = 1,63 \text{ m}^2$

Question 6.3 | **Calculer** la puissance

DT3 |  $P_{RP} = 1000 \times 1,63 = 1631 \text{ W}$

**Calculer** le rendement

$\eta_{PV} = 320/1631 = 19,6 \%$

Question 6.4 | **donner** le type d'association

Figure 1 = montage série

Figure 2 = montage parallèle ou dérivation

Question 6.5 | **En déduire** la tension et le courant

La tension égale  $13 \times 54,7 = 711,1 \text{ V}$

Le courant est égal à  $9 \times 5,86 = 52,74 \text{ A}$

Question 6.6 | **déterminer** le nombre de blocs  
DR7 | Voir DR7

Question 6.7 | **Déterminer** le courant d'entrée

$$17 \text{ (blocs)} \times 52,74 \text{ (courant pour 1 bloc)} = 897\text{A}$$

**conclure** sur la puissance nominale d'un onduleur.

$$\text{La puissance nominale d'un onduleur doit être supérieure à } P_{\text{ond}} = 711 \times 897 = 638 \text{ kW}$$



## DOCUMENT RÉPONSE DR1

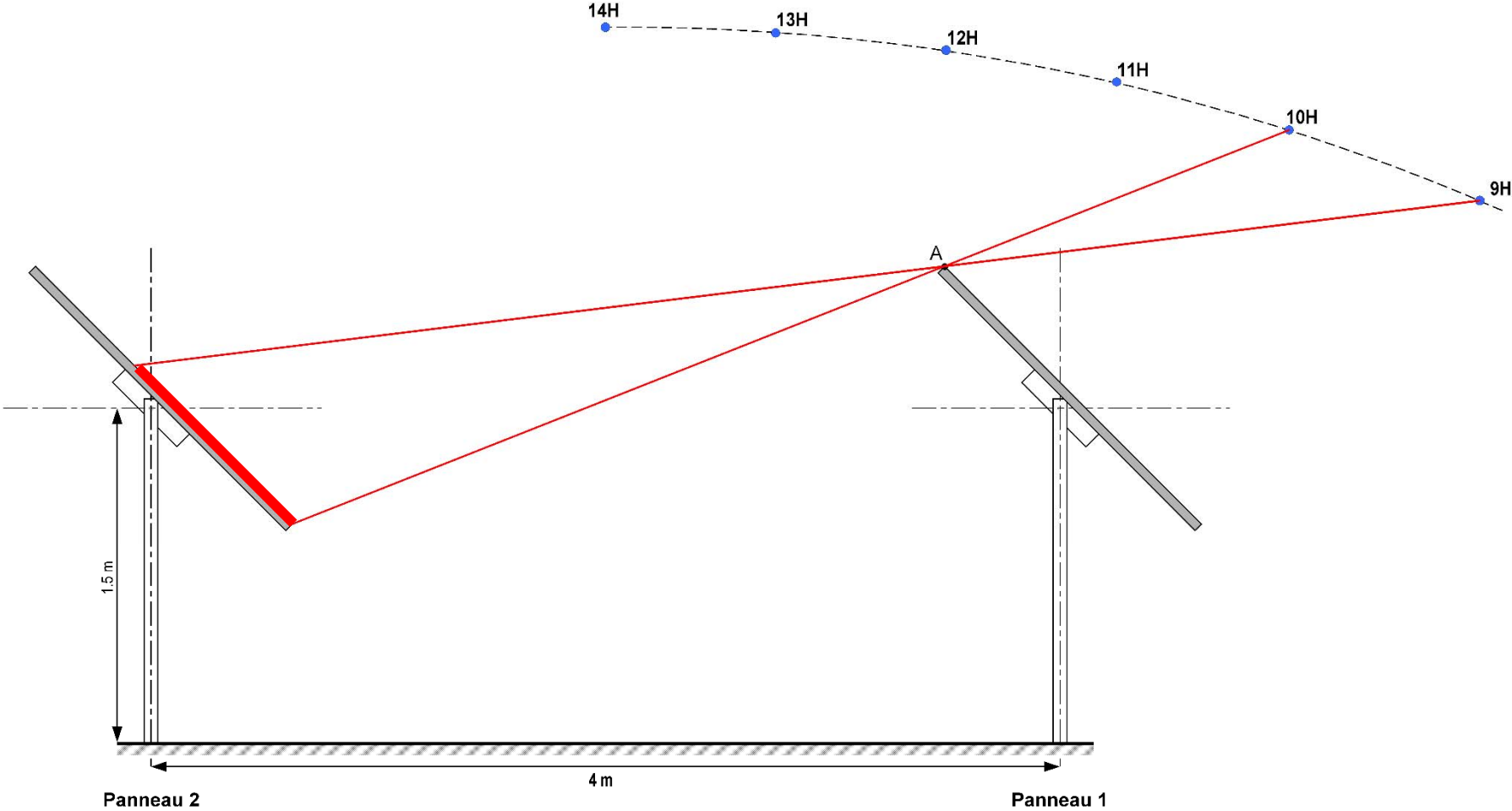
---

### Question 1.5

	Investissement	Dépenses annuelles	Dépenses sur 20 ans	Recettes annuelles	Recettes sur 20 ans
Construction de la centrale	11800000				
Compensation financière liée aux impacts du projet	110 000 €				
Enfouissement de la ligne électrique sur 5 km.	390 000 €				
Taxe locale		106500	2130000		
Maintenance		83 500 €	1678000		
Rachat EDF				855000	17100000
<b>Total</b>	<b>12300000</b>		<b>3800000</b>		<b>17100000</b>

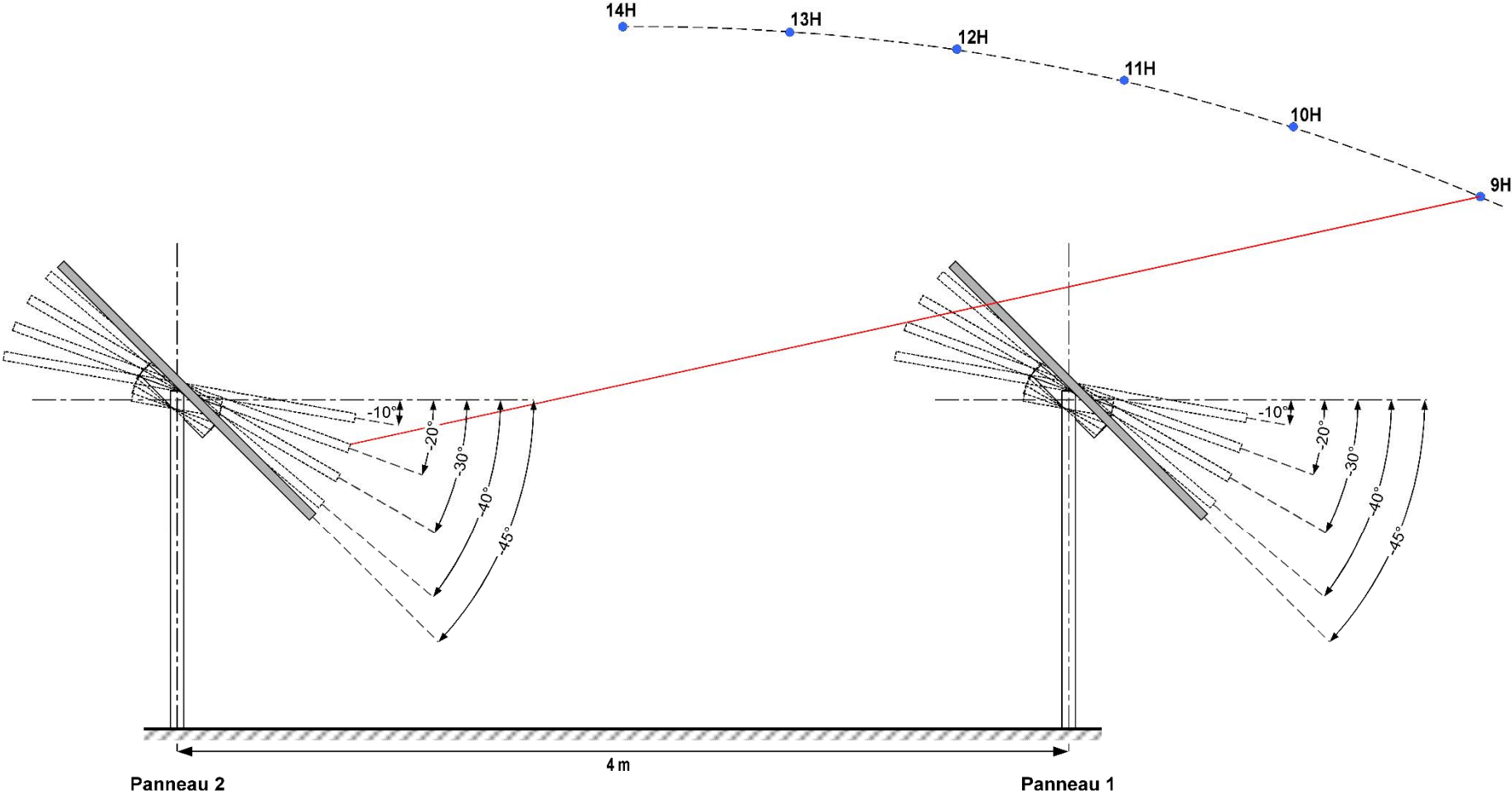
**DOCUMENT RÉPONSE DR2**

**Question 2.1 – 2.2 – 2.3**



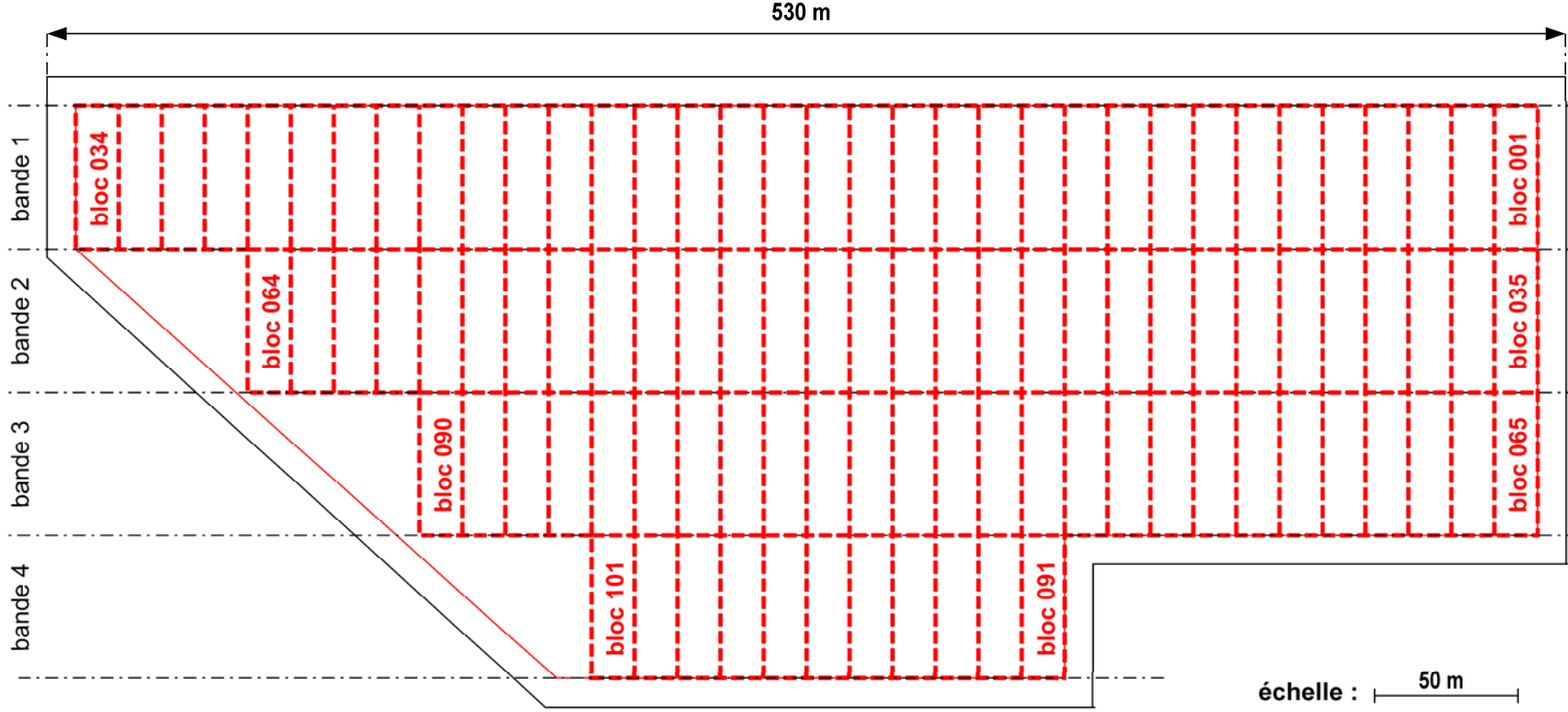
DOCUMENT RÉPONSE DR3

Question 2.4 – 2.5



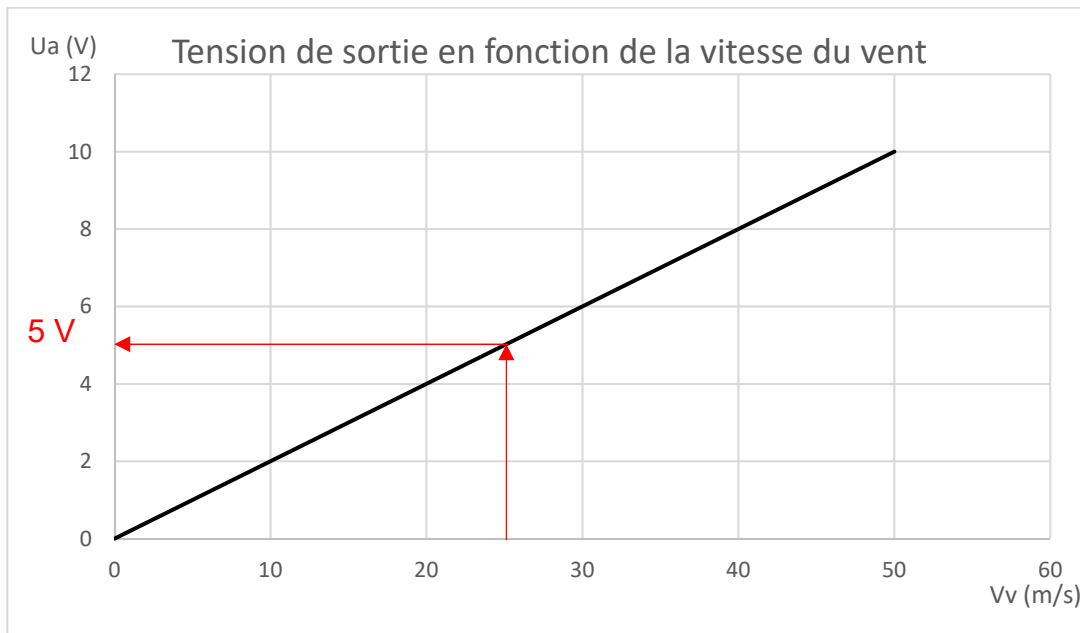
DOCUMENT RÉPONSE DR4

Question 3.4



# DOCUMENT RÉPONSE DR5

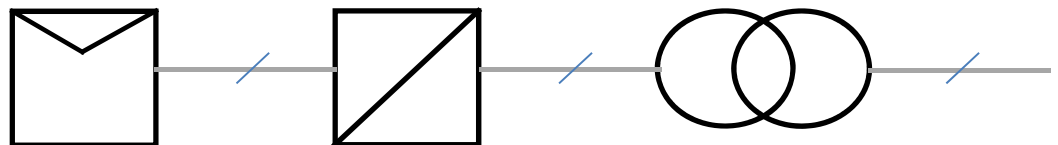
## Question 5.1






Courbe caractéristique de l'anémomètre

# DOCUMENT RÉPONSE DR6

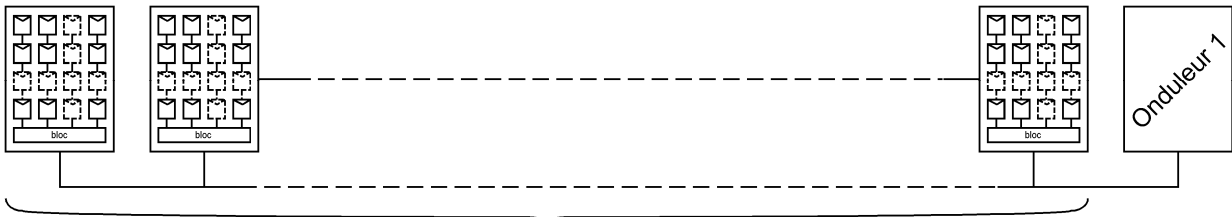
## Question 6.1



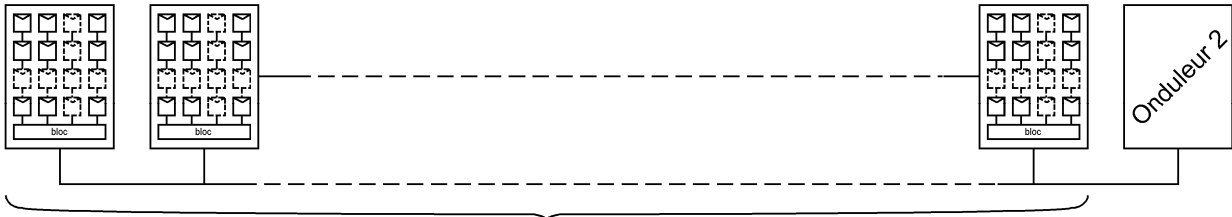
	Modules photovoltaïques 	Onduleurs 		Transformateurs 	
Nombres de composants	.....11817.....	.....6.....		.....3.....	
Type de courant électrique	Sortie DC	Entrée DC	Sortie AC	Entrée AC	Sortie AC

# DOCUMENT RÉPONSE DR7

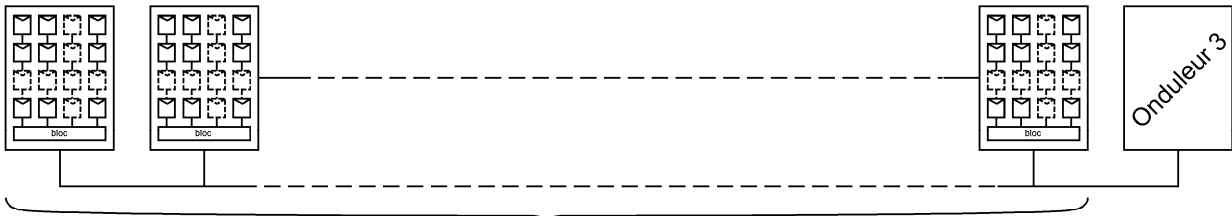
## Question 6.7



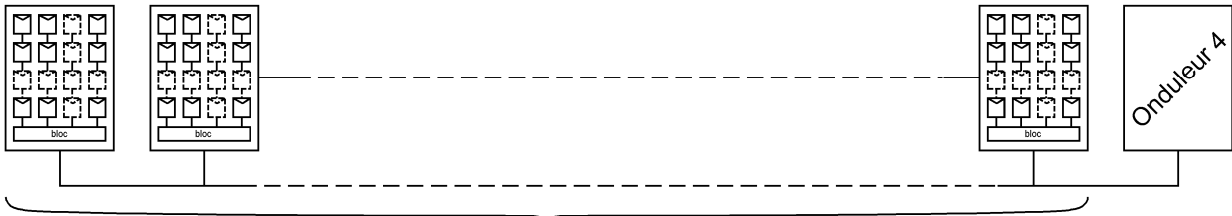
nombre de blocs **17**



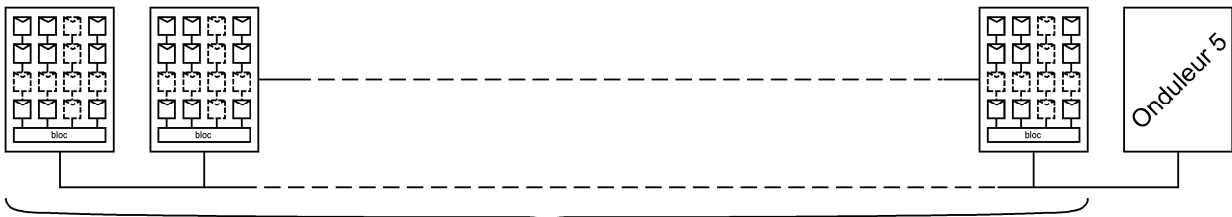
nombre de blocs **17**



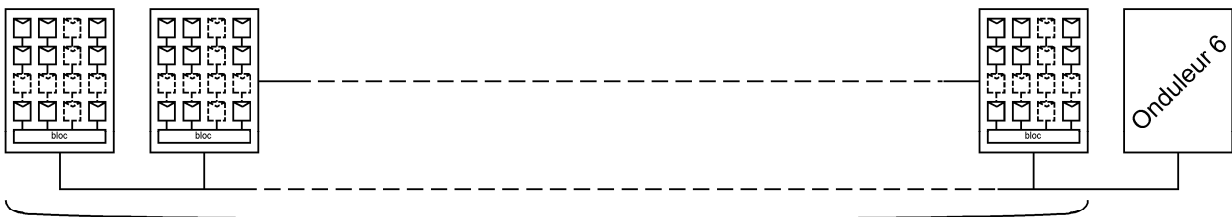
nombre de blocs **17**



nombre de blocs **17**



nombre de blocs **17**



nombre de blocs **16**

## **Systèmes d'Information et Numérique**

### **Système de contrôle des trackers solaires**



# **CORRECTION**

## Travail demandé

---

### Partie A : Comment acquérir l'inclinaison des panneaux ?

Chaque Tracker Controller étant fixé sous un panneau solaire, la mesure de l'inclinaison est effectuée directement par un inclinomètre implanté dans le Tracker Controller.

Question A.1 | **Identifier** sur l'IBD du Tracker Controller (**DTS2**) les blocs de la chaîne d'information qui répondent aux fonctions : Acquérir – Traiter – Communiquer.

**DTS2**

- Acquérir → Inclinomètre
- Traiter → Microcontrôleur
- Communiquer → Adaptateur ZigBee

Question A.2 | **Indiquer** la nature de l'information présente aux points **1** **2** **3** et **4** de l'IBD du Tracker Controller (**DTS2**).

**DTS2**

Exemple de mots utilisables : grandeur physique, tension analogique, signal logique, information numérique filaire, information numérique sans fil.

- **1** : Grandeur physique
- **2** : Information numérique sans fil
- **3** et **4** : Information numérique filaire

L'inclinomètre est connecté au microcontrôleur par un bus I2C dont la description est donnée dans le document technique **DTS3**.

Question A.3 | **Mesurer** la fréquence de l'horloge (SCL) du bus I2C sur l'oscillogramme (**DRS1**).

**DRS1**

**DTS3**

En **déduire** la vitesse et le mode de transmission du bus I2C.

Voir **DRS1**

Question A.4 | **Repérer** la condition de départ (START) et le premier acquittement (ACK) en les entourant sur l'oscillogramme (**DRS1**).

**DRS1**

**DTS3**

Voir **DRS1**

L'adresse de l'inclinomètre peut être configurée soit à 1C, soit à 1D (en hexadécimal).

Question A.5 | **Déterminer** à l'aide de l'oscillogramme (**DRS1**), l'adresse de l'inclinomètre, en binaire, puis la **convertir** en hexadécimal.

**DRS1**

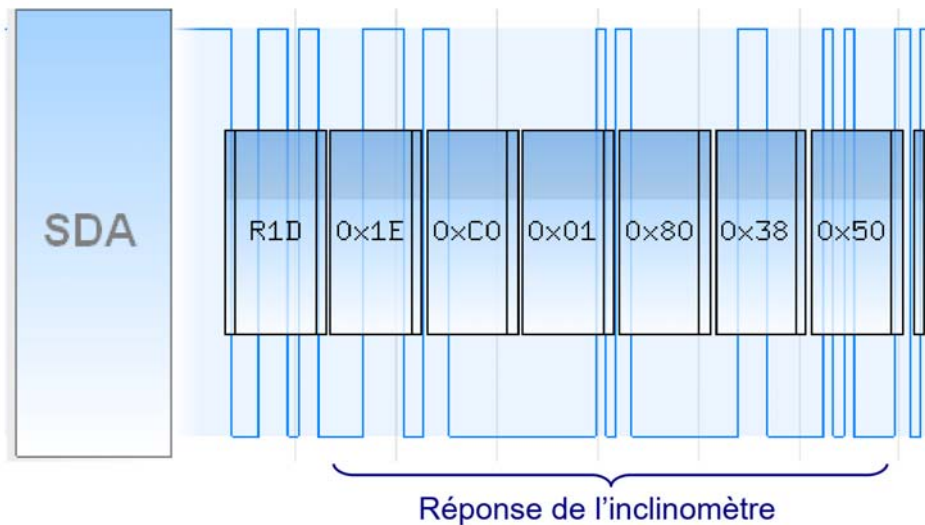
**DTS3**

Voir **DRS1**



## Partie B : Comment déterminer l'angle d'inclinaison des panneaux ?

Voici la trame reçue par le microprocesseur lorsqu'il a interrogé l'inclinomètre (la notation 0x signifie que les données sont codées en hexadécimal) :



Question B.1 | À l'aide de la documentation de l'inclinomètre (**DTS4**), **désigner** et **donner** les valeurs des octets porteurs de l'information d'accélération mesurée sur l'axe X.

Ce sont les 2 premiers octets de la réponse de l'inclinomètre : **OUT\_X\_MSB = 0x1E** et **OUT\_X\_LSB = 0xC0**

Question B.2 | **Indiquer** la valeur en binaire des 14 bits porteurs de l'information d'accélération mesurée sur l'axe X.

Il ne faut garder que les 14 premiers bits de poids forts :  
**0001 1110 1100 00xx**

Question B.3 | En tenant compte de la précision de mesure du capteur, **montrer** que l'accélération mesurée sur l'axe X est proche de 0,49 g.

$0001\ 1110\ 1100\ 00 = 1968$  or la résolution est de 0,00025 g  
soit une accélération de  $1968 \times 0,00025 = \mathbf{0,492\ g}$

Question B.4 | En **déduire** l'angle d'inclinaison sur l'axe X.

$\text{angle} = \text{asin}(\text{accélération}) = \text{asin}(0,492) = \mathbf{29,47^\circ}$   
(pour une accélération de 0,49 g on trouve angle = **29,34°**)

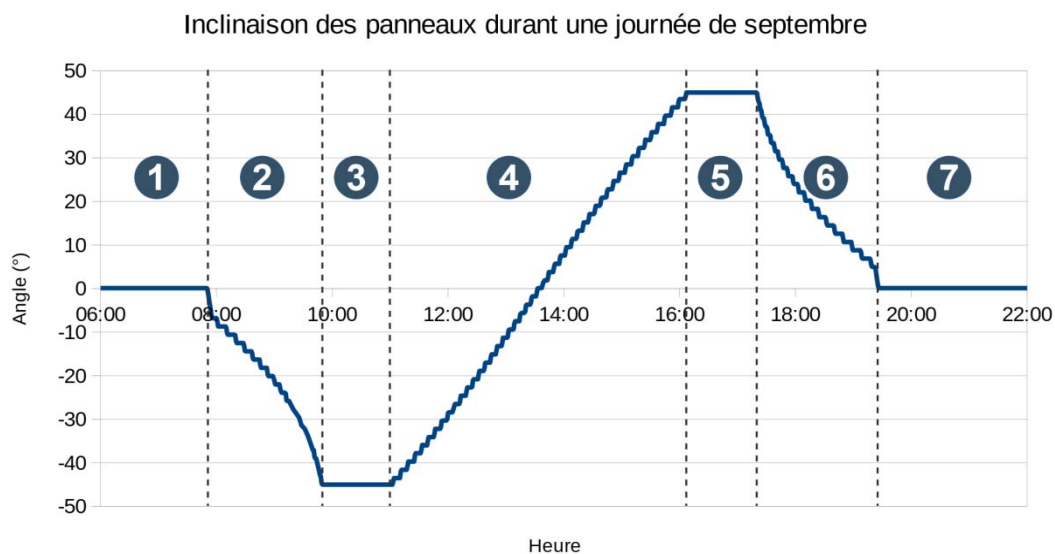
## Partie C : Comment piloter l'inclinaison des panneaux ?

Chaque « Tracker Controller » se base sur la date, l'heure et les coordonnées géographiques de l'installation pour calculer l'inclinaison des panneaux à l'aide d'un algorithme astronomique.

Lorsque le soleil est bas sur l'horizon (le matin et en fin de journée), l'angle des panneaux est ajusté pour ne pas faire d'ombre à la rangée voisine. Ce moment s'appelle le « backtracking », il dépend de la taille des panneaux et de leur espacement.

Le soir, les panneaux se placent en position nocturne.

Les inclinaisons extrêmes sont imposées par les contraintes mécaniques du système de tracker.



Question C.1 | **Indiquer** à quelles étapes (backtracking, inclinaison extrême, position nocturne, suivi) correspondent les moments repérés ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ sur la courbe précédente.

- ① et ⑦ : position nocturne
- ② et ⑥ : backtracking
- ③ et ⑤ : inclinaison extrême
- ④ : suivi

Question C.2 | À l'aide de l'IBD du système de contrôle des trackers (**DTS1**) et de l'IBD du Tracker Controller (**DTS2**), **indiquer** l'origine de l'énergie permettant d'alimenter le motoréducteur. En **déduire** la précaution à prendre pour placer les panneaux en position nocturne.

Le Tracker Controller et donc le motoréducteur sont alimentés par **l'énergie électrique issue des panneaux photovoltaïques** (pas de batterie). Aussi il faut que les panneaux se placent en position nocturne **avant la nuit**, tant que les panneaux peuvent fournir assez d'énergie pour alimenter le motoréducteur.

L'algorithme de positionnement des panneaux (DRS2) utilise la fonction `Inclinaison(p1,p2,p3,p4,p5)` pour calculer l'inclinaison optimale des panneaux à l'aide des paramètres  $p_1$  à  $p_5$  (date, heure, coordonnées géographiques, taille des panneaux et espacement entre les rangées de panneaux).

La fonction `MesureInclinaison()` renvoie l'inclinaison mesurée des panneaux.

Les variables `Consigne` et `Mesure` peuvent évoluer de  $-60,0^\circ$  à  $+60,0^\circ$  avec une précision de  $0,1^\circ$

Question C.3 | Choisir le type des variables `Consigne` et `Mesure` parmi BOOLÉEN, OCTET, ENTIER, FLOTTANT et compléter la ligne correspondante de l'algorithme de positionnement des panneaux sur le document réponses DRS2.

Voir DRS2

Le moteur se met en rotation lorsque la différence entre l'inclinaison optimale des panneaux et l'inclinaison mesurée est supérieure à  $0,5^\circ$

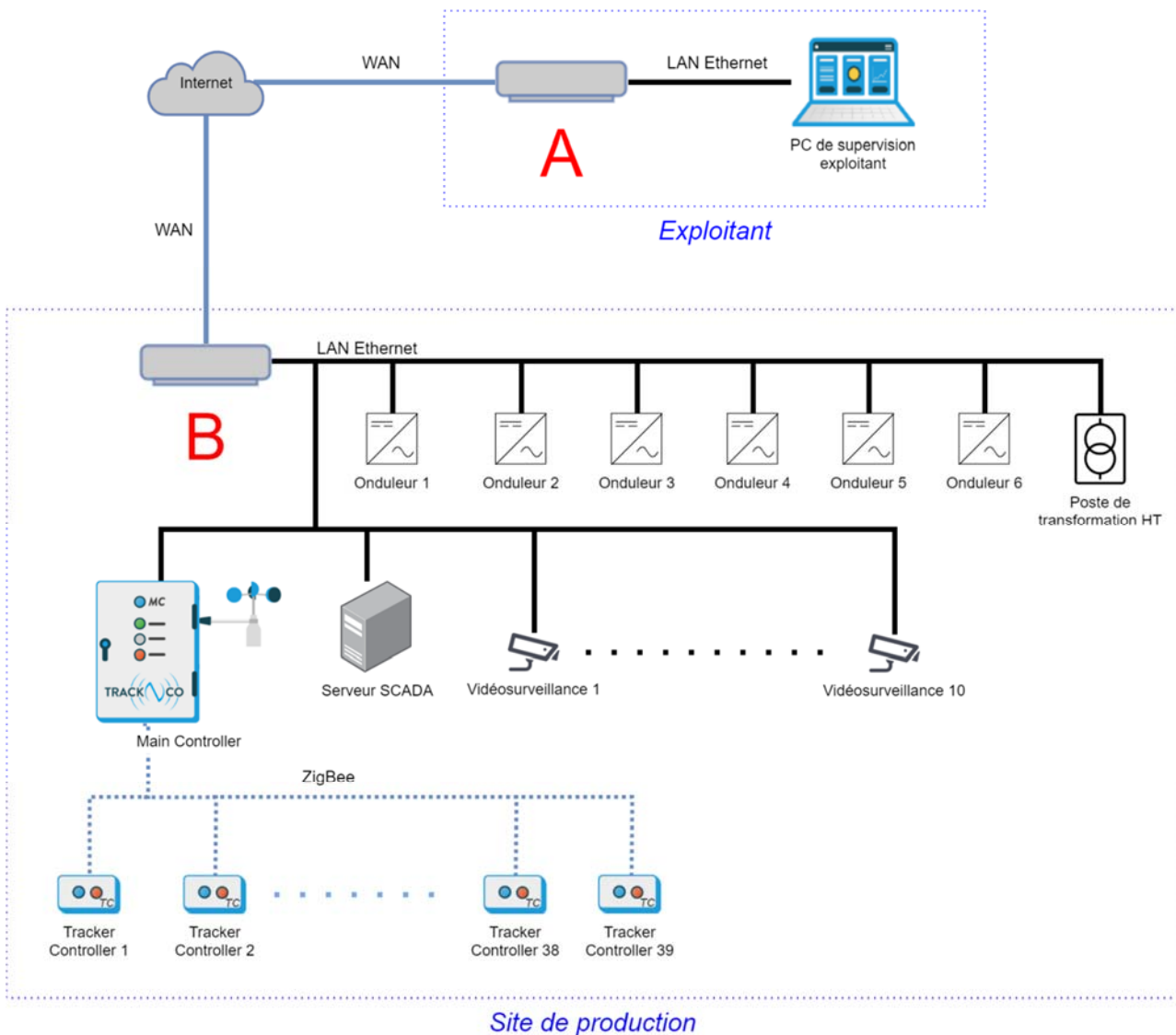
Question C.4 | Compléter l'algorithme de positionnement des panneaux sur le document réponses DRS2.

Voir DRS2

Question C.5 | Compléter le tableau de comportement du moteur sur le document réponses DRS2.

Voir DRS2

**Partie D : Comment les informations du site de production sont-elles accessibles par le PC de supervision de l'exploitant ?**



Question D.1 | **Nommer** les équipements **A** et **B** du synoptique réseau ci-dessus. **Donner** leur fonction.

Ce sont des **routeurs**, ils permettent de faire la **passerelle** entre les réseaux locaux (LAN) et le réseau Internet (WAN).

La communication entre le « Main Controller » et les « Tracker Controller » utilise la technologie sans fil ZigBee.

Question D.2 | En vous basant sur les documents techniques **DTS5** et **DTS6**, justifier pourquoi le constructeur s'est orienté vers une communication ZigBee plutôt que Bluetooth ou Wi-Fi.

La distance entre le MC et le TC le plus éloigné est d'environ 460 m **la portée des technologies Bluetooth et Wi-Fi est donc insuffisante.**

La topologie en **réseau maillé utilisée par les ZigBee permet d'étendre la taille du réseau** sans avoir à ajouter de répéteur. De plus **les ZigBee ont une portée de 300 m et la distance entre 2 TC est au maximum 100 m.**

La trame MODBUS TCP-IP suivante a été émise par le serveur SCADA sur le réseau local. Les données sont codées en hexadécimal.

```
AA AA AA AA AA AA AA AB 00 30 DF 23 E3 BB 00 80
F1 03 8B A7 08 00 45 00 00 34 13 88 00 00 64 06
31 96 C0 A8 C8 14 C0 A8 C8 64 13 88 01 F7 00 27
C9 1A 00 00 00 00 50 02 08 00 48 F7 00 00 5A 6C
00 00 00 06 FF 03 15 01 00 01 E5 20 70 4E
```

Question D.3 | En vous aidant du document technique **DTS7**, relever l'adresse IP du destinataire du message. Donner cette adresse en hexadécimal et en notation décimale pointée.

Adresse IP du destinataire en hexadécimal : **C0 A8 C8 64**  
en décimal pointé : **192.168.200.100**

## Partie E : Conclusion de l'étude

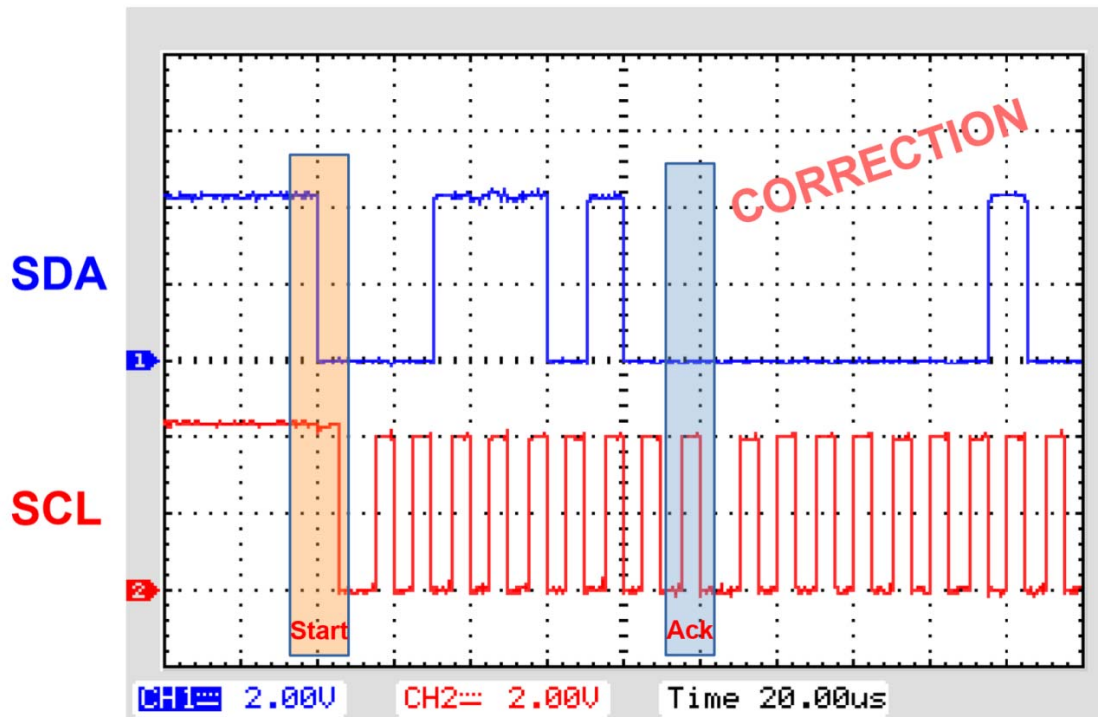
Le serveur SCADA interroge régulièrement tous les équipements du site de production (onduleurs, poste de transformation, Main Controller...) afin de centraliser toutes les données qui seront récupérées par le PC de supervision de l'exploitant.

Question E.1 | **Conclure** en indiquant la succession des équipements parcourus par la « mesure d'inclinaison d'un tracker » depuis un inclinomètre jusqu'au PC de supervision de l'exploitant.

Inclinomètre → microcontrôleur du Tracker Controller → ZigBee → Main Controller → Serveur SCADA → Routeur B → Routeur A → PC de supervision de l'exploitant.

## DOCUMENT RÉPONSES DRS1 :

Oscillogramme de la communication I2C entre le microcontrôleur et l'inclinomètre



base de temps : 20 $\mu$ s par carreau

Question **A.3** :

fréquence d'horloge :

2 périodes de SCL durent 20  $\mu$ s

→  $T = 10 \mu$ s

→ fréquence =  $1/10 \cdot 10^{-6} = 100 \text{ kHz}$

vitesse et mode de transmission :

La durée d'un bit est de une période d'horloge, la vitesse de transmission est donc de **100 kbits<sup>-1</sup> : Standard-mode**

Question **A.4** : sur l'oscillogramme.

Question **A.5** :

en binaire :

**0 0 1 1 1 0 1**

en hexadécimal :

**1D**

## DOCUMENT RÉPONSES DRS2 :

### Algorithme de positionnement des panneaux :

Questions **C.3** et **C.4** :

```

VARIABLES
    ConsigneInclinaison et MesureInclinaison de type FLOTTANT
DÉBUT
    Consigne ← Inclinaison(p1,p2,p3,p4,p5)
    Mesure ← MesureInclinaison()
    TANT QUE (Consigne - Mesure) > 0.5 FAIRE
        Moteur(Ouest)
        Mesure ← MesureInclinaison()
    FIN TANT QUE
    TANT QUE (Consigne - Mesure) < -0.5 FAIRE
        Moteur(Est)
        Mesure ← MesureInclinaison()
    FIN TANT QUE
    Moteur(Arrêt)
FIN
    
```

### Comportement du moteur :

Question **C.5** :

Consigne	+26°	+26°	+26°	+24°
Mesure	+24,7°	+25,5°	+25,8°	+25,8°
Consigne - Mesure	<b>+1,3°</b>	<b>+0,5°</b>	<b>+0,2°</b>	<b>-1,8°</b>
Moteur(Ouest) OU Moteur(Est) OU Moteur(Arrêt)	Moteur(Ouest)	Moteur(Arrêt)	Moteur(Arrêt)	Moteur(Est)