

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 DR1	calculer le coût total de l'investissement 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 DR2	Tracer le rayon du soleil Voir DR2
Question 2.2 DR2	Dessiner la zone d'ombre Conclure sur l'impact Voir DR2
Question 2.3 DR2	déterminer l'heure L'ombrage sur le panneau 2 disparaît à 10H du matin.

Question 2.4

DR3

Déterminer l'inclinaison des panneaux

Voir DR3

Relever la valeur de l'angle

La valeur trouvée est -20° .

Question 2.5

DR3

Conclure sur la période

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

DR4

Proposer une implantation

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
	$3 \times 1000 / 3600 = 0,8 \text{ m/s}$ 10 V donne 50 m/s donc $0,8$ donne $166,7 \text{ mV} > 39 \text{ mV}$ donc largement OK

Question 5.4	Déterminer combien d'hôtes
	$256 \text{ adresses} - \text{adresse du réseau } (.0), - \text{ adresse de broadcast } (.255) = 254 \text{ hôtes}$

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 DT2, DR6	compléter le DR6 Voir DR6
Question 6.2 DT3	relever les côtes Largeur 1046 mm longueur 1559 mm calculer sa surface. Surface : $1,046 \times 1,559 = 1,63 \text{ m}^2$
Question 6.3 DT3	Calculer la puissance $P_{RP} = 1000 \times 1,63 = 1631 \text{ W}$ 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
DR7

déterminer le nombre de blocs
Voir DR7

Question 6.7

Déterminer le courant d'entrée

17 (blocs) x 52,74 (courant pour 1 bloc) = 897A

conclure sur la puissance nominale d'un onduleur.

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

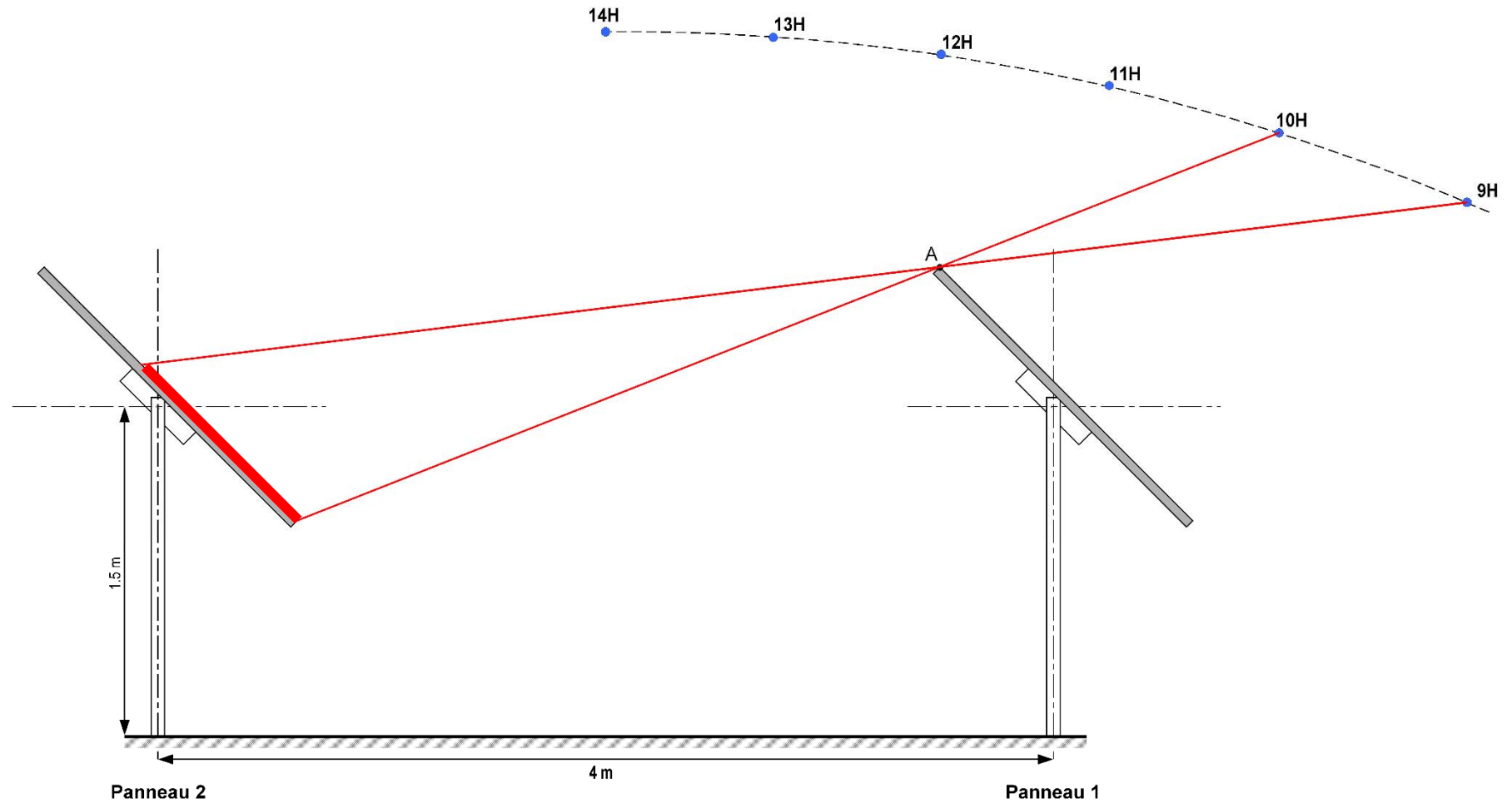
DOCUMENT RÉPONSE DR1

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
Total	12300000		3800000		17100000

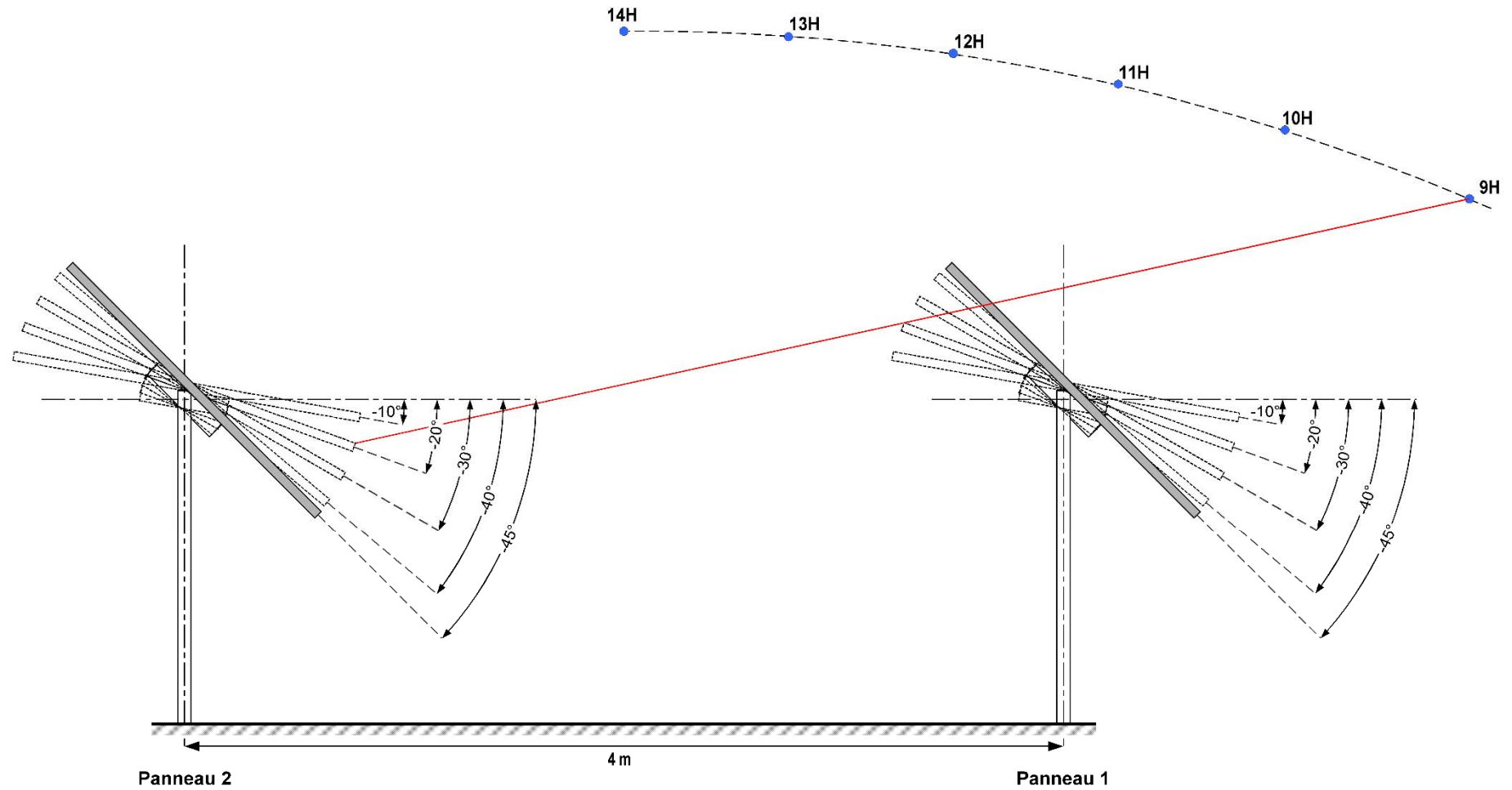
DOCUMENT RÉPONSE DR2

Question 2.1 – 2.2 – 2.3

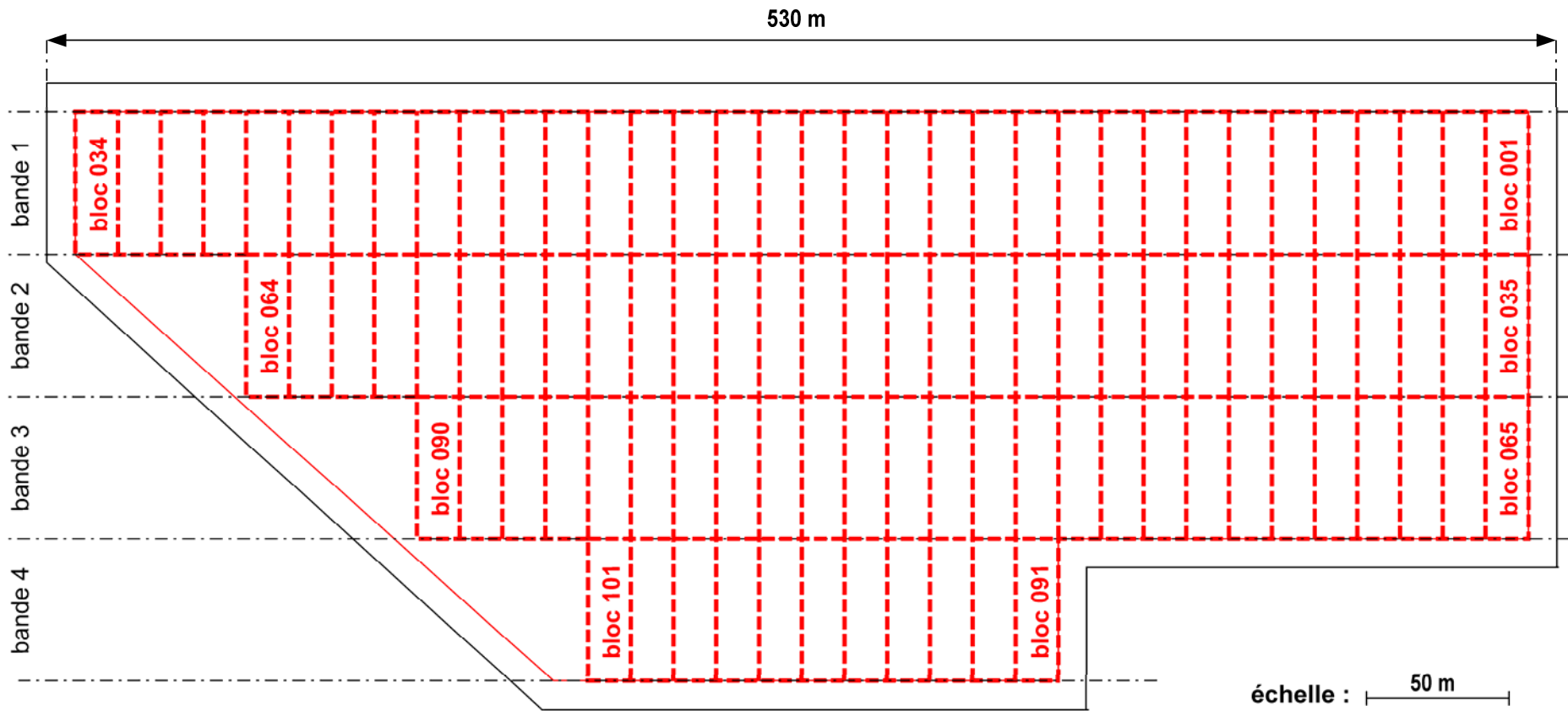


DOCUMENT RÉPONSE DR3

Question 2.4 – 2.5

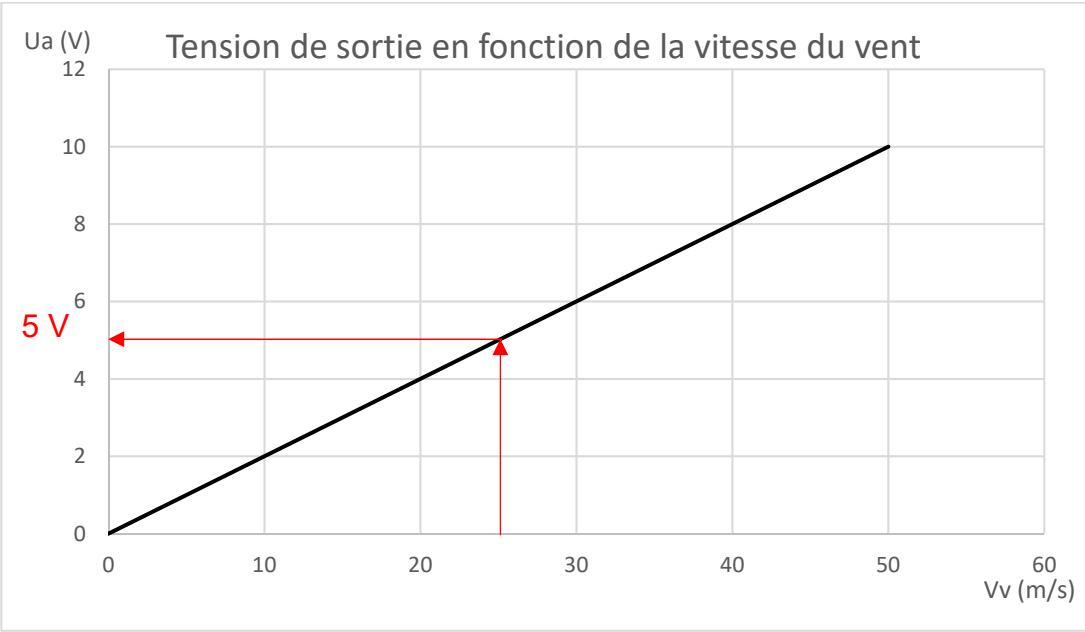


Question 3.4



DOCUMENT RÉPONSE DR5

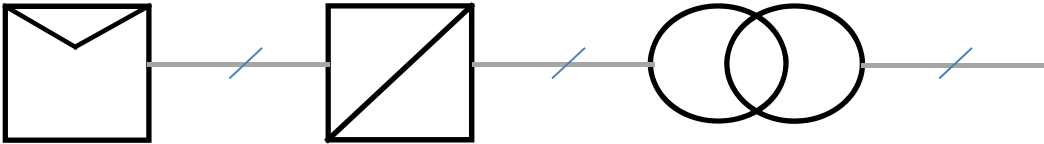
Question 5.1



Courbe caractéristique de l'anémomètre

DOCUMENT RÉPONSE DR6

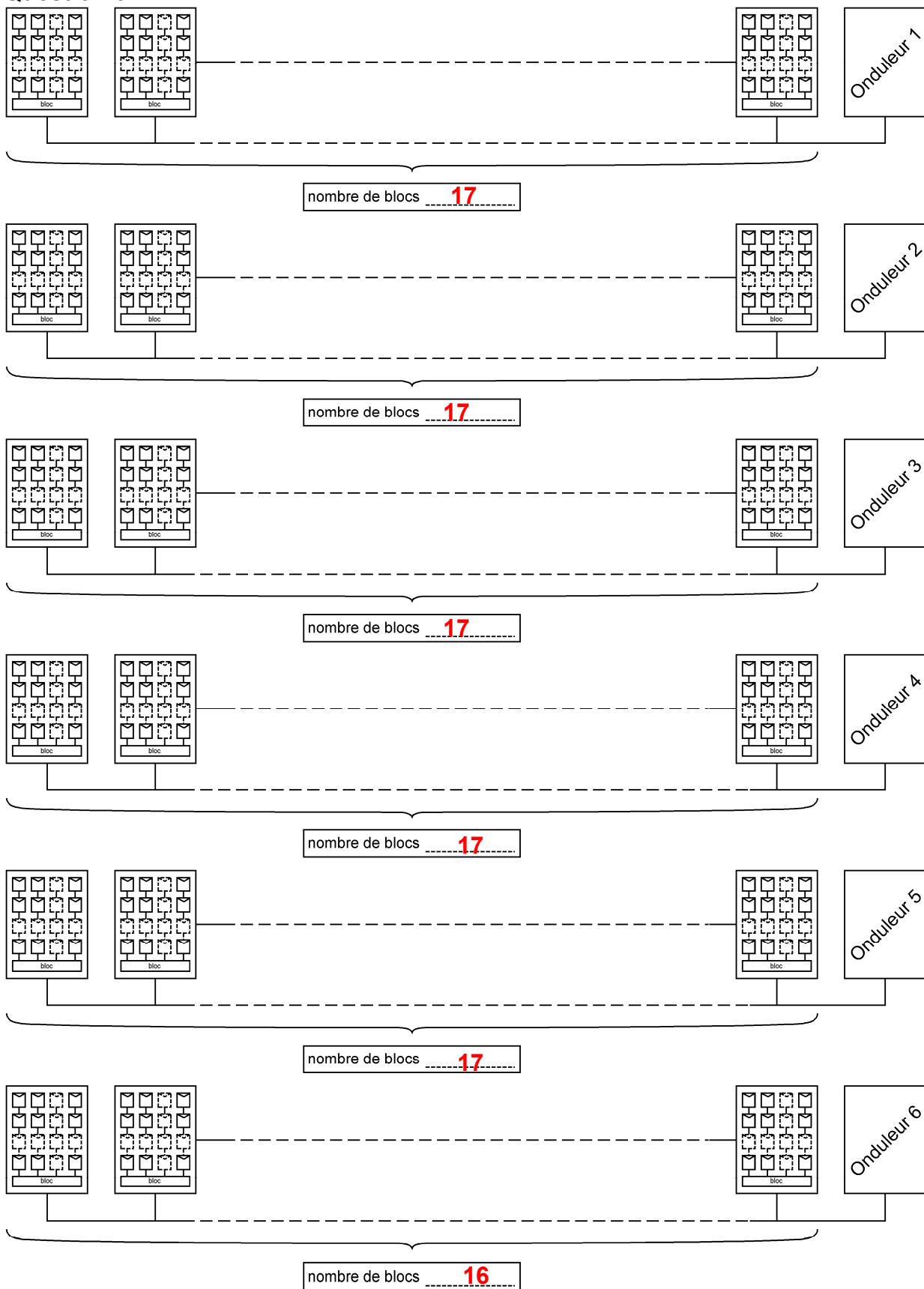
Question 6.1



	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



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.

- 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).

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).

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.

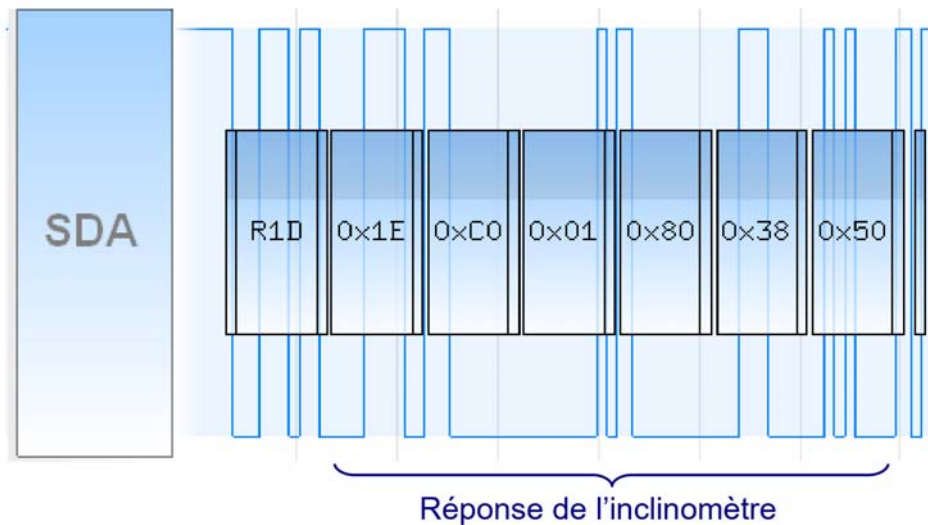
DRS1

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 $1968 \times 0,00025 = \mathbf{0,492 \text{ g}}$

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

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°**)

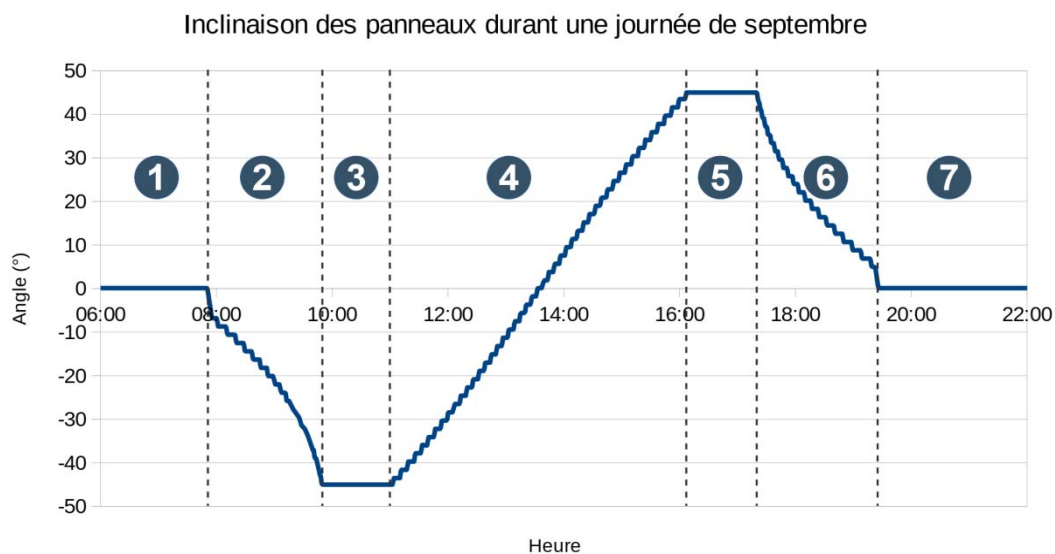
Partie C : Comment piloter l'inclinaison des panneaux ?

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 `p1` à `p5` (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 $0,5^\circ$

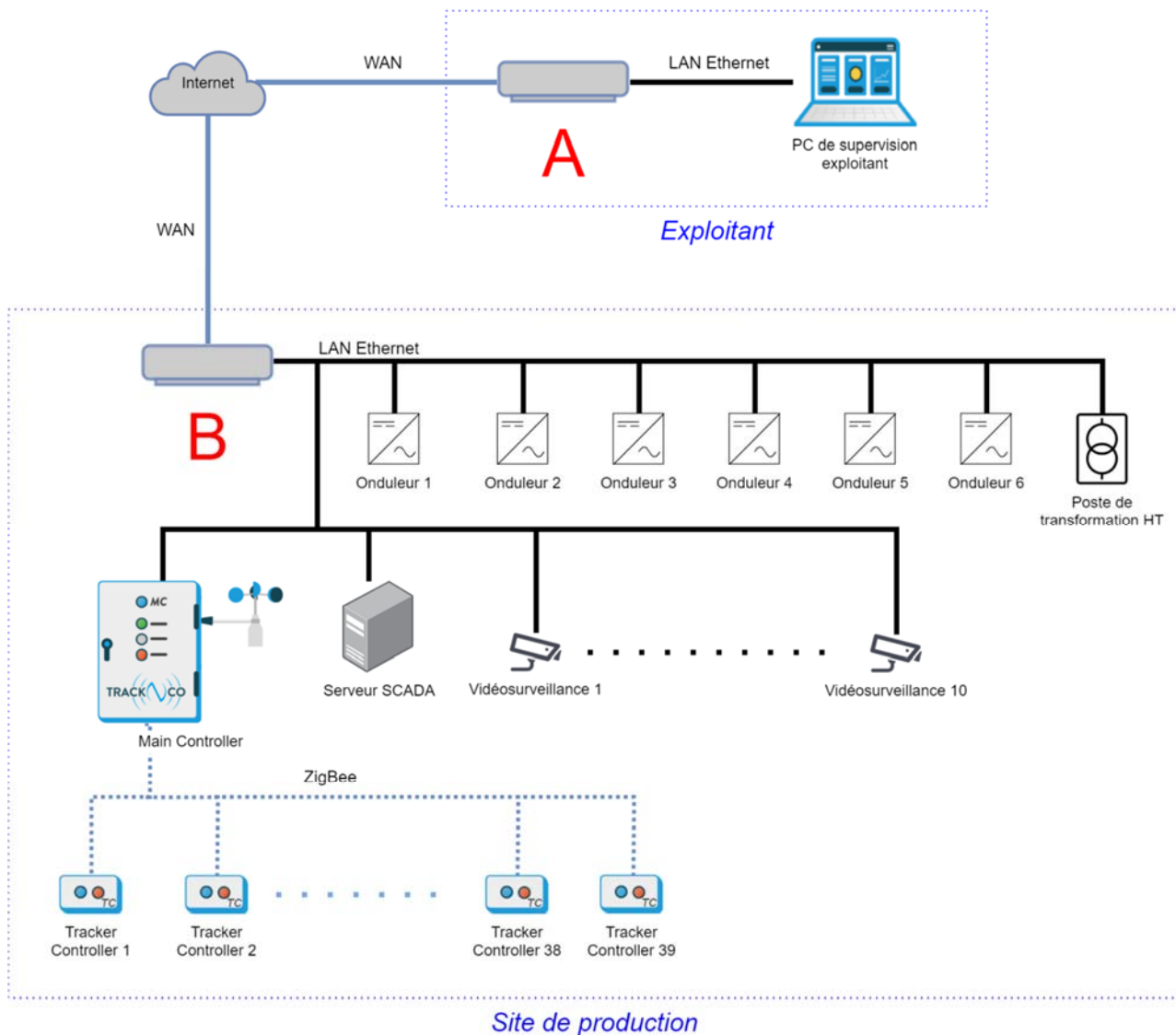
Question C.4 | Compléter l'algorithme de positionnement des panneaux sur le document réponses DRS2.

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

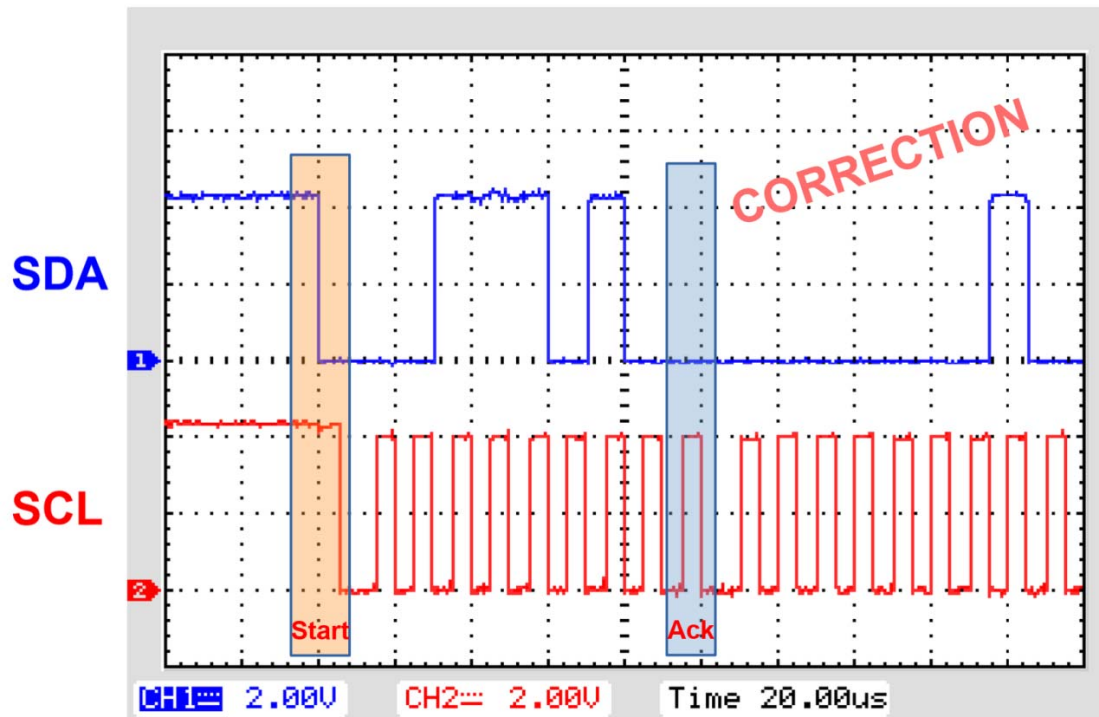
Le serveur SCADA interroge régulièrement tous les équipements du site de production (onduleurs, poste de transformation, Main Controller...) afin de centraliser toutes les données qui seront récupérées par le PC de supervision de l'exploitant.

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 : 20µs par carreau

Question **A.3** :

fréquence d'horloge :

2 périodes de SCL durent 20 µs

→ $T = 10 \mu s$

→ 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⁻¹ : 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**

Question C.3 ↓

DÉBUT

Consigne ← Inclinaison(p1,p2,p3,p4,p5)

Mesure ← MesureInclinaison()

TANT QUE (Consigne - Mesure) > 0.5 **FAIRE**

Moteur(Ouest)

Mesure ← MesureInclinaison()

FIN TANT QUE

↓ Question C.4

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	+1,3°	+0,5°	+0,2°	-1,8°
Moteur(Ouest) ou Moteur(Est) ou Moteur(Arrêt)	Moteur(Ouest)	Moteur(Arrêt)	Moteur(Arrêt)	Moteur(Est)