PARTIE enseignement spécifique (1,5 h) ..... 8 points

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
DTS2

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
DTS2

Indiquer la nature de l'information présente aux points ❶ ❷ ❸ et ❹ de l'IBD du Tracker Controller (DTS2).

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

- ❶ : Grandeur physique
- ❷ : Information numérique sans fil
- ❸ et ❹ : 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
DRS1
DTS3

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
DRS1
DTS3

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

Voir DRS1

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

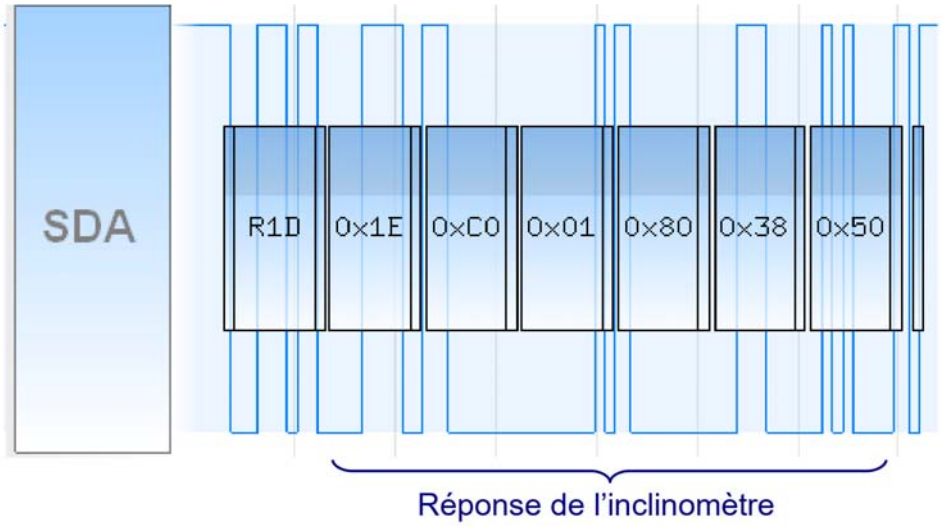
Question A.5
DRS1
DTS3

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

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 DTS4

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 DTS4

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 DTS4

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 x 0,00025 = **0,492 g**

Question B.4 DTS4

En **déduire** l'angle d'inclinaison sur l'axe X.

angle = asin(accélération) = asin(0,492) = **29,47°**
(pour une accélération de 0,49 g on trouve angle = **29,34°**)

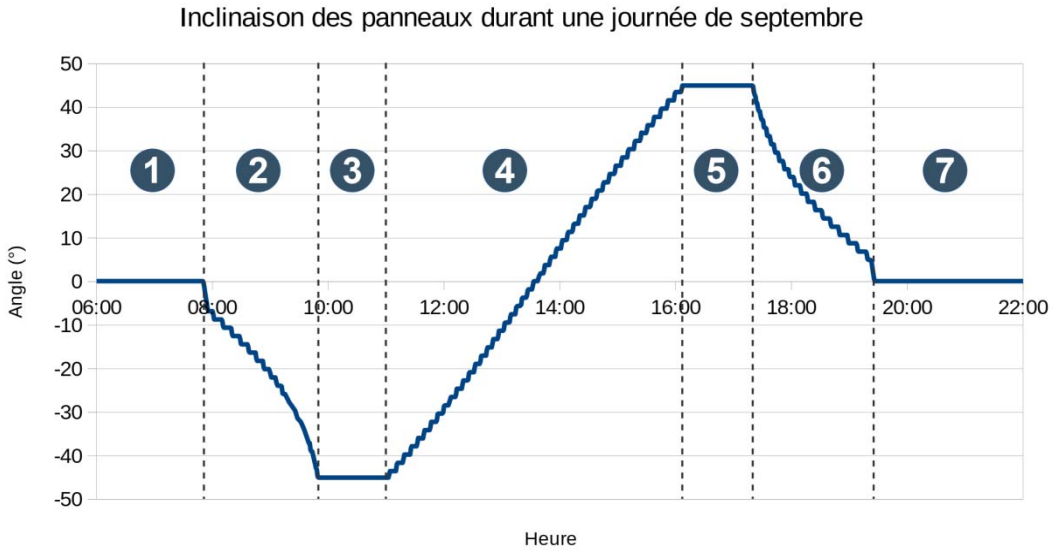
Partie C : Comment piloter l'inclinaison des panneaux ?

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 ❶❷❸❹❺❻❼ sur la courbe précédente.

❶ et ❼ : position nocturne
❷ et ❻ : backtracking
❸ et ❺ : inclinaison extrême
❹ : suivi

Question C.2
DTS1
DTS2

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° à +60,0° avec une précision de 0,1°

Question C.3 DRS2

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°

Question C.4 DRS2

Compléter l'algorithme de positionnement des panneaux sur le document réponses DRS2.

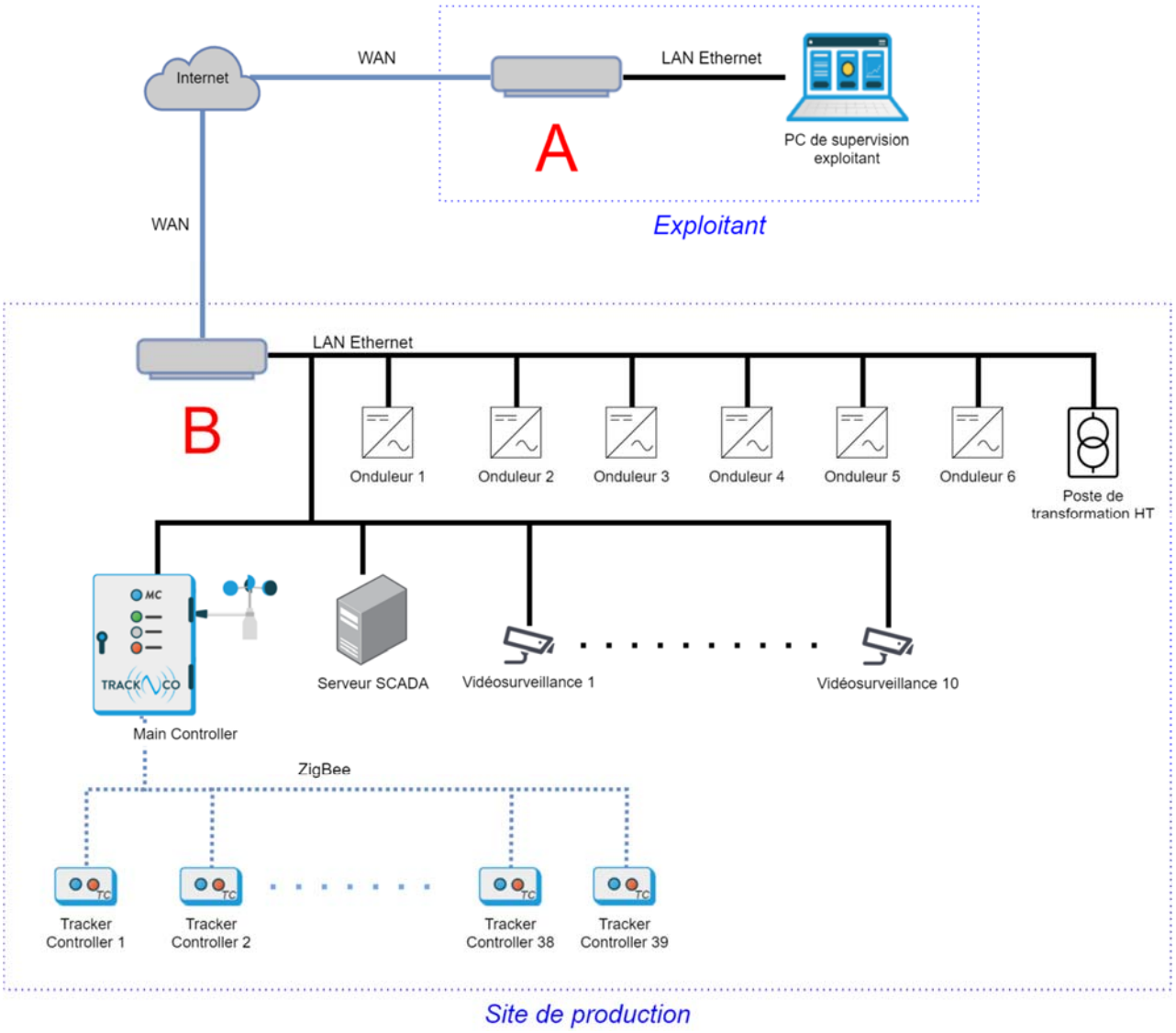
Voir DRS2

Question C.5 DRS2

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
DTS5
DTS6

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
DTS7

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.

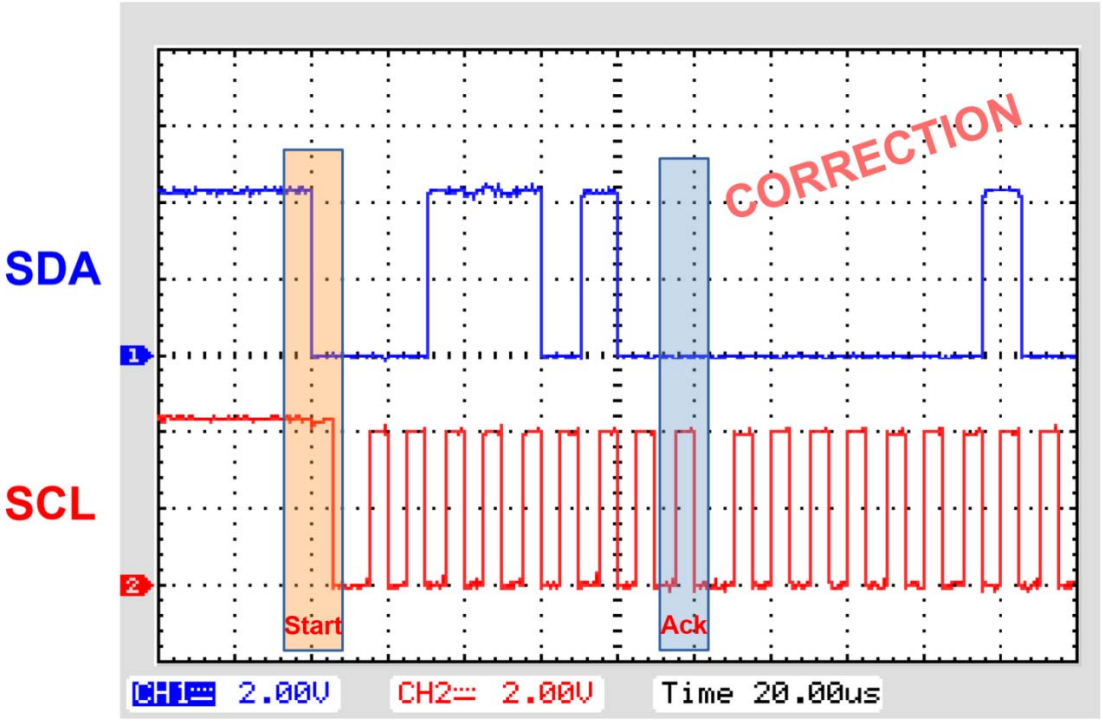
Question E.1

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 µs → fréquence = $1/10.10^{-6}$ = **100 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                                                    Question C.3 ↓
  ConsigneInclinaison et MesureInclinaison de type FLOTTANT

DÉBUT
  Consigne ← Inclinaison(p1,p2,p3,p4,p5)
  Mesure ← MesureInclnaison()
  TANT QUE (Consigne - Mesure) > 0.5 FAIRE
    Moteur(Ouest)
    Mesure ← MesureInclnaison()
  FIN TANT QUE                          ↓ Question C.4
  TANT QUE (Consigne - Mesure) < -0.5 FAIRE
    Moteur(Est)
    Mesure ← MesureInclnaison()
  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)**