

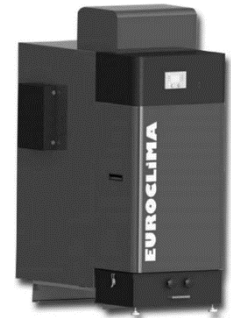
| | | |
|---|---|-----------------|
| Systèmes d'Information et Numérique | | T STI2D |
|  | Équipements communicants, Internet des objets | SEANCE 5 |
| | Étude de la communication locale et distante d'une chaudière | Évaluation |

Nom : Prénom : Note : /40 → /20

1) Mise en situation

Les modes de chauffage individuel contribuent à l'épuisement des ressources d'énergies fossiles et à la production de polluants atmosphériques. Les chaudières à granulés sont de plus en plus nombreuses dans les foyers français.

Les granulés sont fabriqués à partir de résidus, copeaux et sciures de bois, issus de l'industrie du bois (menuiserie, parqueterie, fabrique de palettes...), qui sont agglomérés ensemble, sans agent de liaison, pour former de petits cylindres compacts. Moderne et facile d'utilisation, la chaudière à granulés convient parfaitement aux personnes qui souhaitent bénéficier d'un chauffage naturel. La chaleur produite permet de chauffer l'eau d'un circuit de chauffage central d'un logement.



La production est automatisée grâce à un clavier ou à l'aide d'une télécommande : il suffit d'allumer sa chaudière à granulés, de la programmer, puis de la régler. Elle s'arrête automatiquement lorsqu'il n'y a plus de granulés.

Afin de pouvoir gérer plus facilement la consommation de granulés et donc l'énergie consommée par l'habitation en chauffage, il est décidé de mettre en place un dispositif de mesure de la masse de granulés ainsi qu'un enregistrement de cette donnée sur une base de données hébergée localement par un serveur Web. Les données enregistrées permettront de comparer la consommation de cette habitation avec la consommation moyenne d'une habitation comparable et d'archiver plusieurs années de consommation.

Souhaitant également faciliter son usage, la chaudière doit pouvoir se gérer à distance, là aussi grâce à une interface web embarqué sur un système microcontrôleur au niveau de la chaudière.

On s'intéressera dans cette étude à analyser les échanges d'information entre les différents équipements communicants de l'habitat et la chaudière, localement et à distance. Mais également à l'échange interne d'informations au sein de la chaudière.

Question 1 | Sur le diagramme de blocs internes du DR1, **identifiez** les flux suivants en **repassant sur les traits** avec les couleurs indiquées ci-dessous :

DR1

/3

- flux d'information : concernant la **température** en **bleu** ;
- flux de matière : concernant les **granulés** en **vert** ;
- flux d'énergie : en **rouge**.

2) Acquisition de la masse de granulés

- Question 2 | Le document réponse DR2 présente la chaîne d'information de la mesure de la masse de granulés. **Complétez** les rectangles vides en utilisant les termes ci-dessous : /2
 DR2
 "Information numérique" - "Tension analogique" - "poids de l'ensemble" - "Tension analogique amplifiée"
- Question 3 | La tension VIN+ - VIN- délivrée par un capteur de pesage de granulés dépend de sa tension d'alimentation. Le DT1 indique la caractéristique VIN+ - VIN- en fonction de la masse mesurée et pour différentes tensions d'alimentation du capteur. **Indiquez** la tension (VIN+ - VIN-) nominale délivrée par le capteur pour sa capacité maximale de 2000kg si la tension d'alimentation est Ualim = 10V. On donnera cette valeur en mV. /3
 DT1
 DR1
- Question 4 | Les Convertisseurs Analogiques Numériques (CAN) sont intégrés à une carte Arduino. Les entrées analogiques de l'Arduino acceptant des tensions comprises entre 0 et 5V, **justifiez** l'utilisation d'un amplificateur en sortie de chaque capteur de pesage. /2
 DR1
- Question 5 | La tension en sortie de chaque amplificateur est donnée par :

$$U_0 = (V_{IN+} - V_{IN-}) \times G$$
 G étant le gain de l'amplificateur. /2
Calculez le gain G des amplificateurs pour obtenir une tension de 5V sur une entrée analogique de l'Arduino pour la tension nominale (VIN+ - VIN-)nominal délivrée par un capteur lorsque la masse maximale est atteinte, avec une tension d'alimentation du capteur de 10V. /2
 À l'aide du document technique DT2, **calculez** le quantum (résolution) du CAN exprimé en mV. Le quantum est la tension minimale détectable par le CAN (correspondant à N = 1). On choisira une tension pleine échelle de 5V et on précise que n = 10 bits pour une entrée analogique d'une carte Arduino Uno.
- Question 6 | **Exprimez** la relation mathématique devant être programmée dans la carte Arduino permettant de conditionner l'information masse (en Kg) notée *m_granulés* à partir de la valeur numérique N. On prendra G = 400 comme valeur d'amplification. /3
 DT1
- Question 7 | La masse nette de granulés s'obtient à partir de l'**addition** des indications des **4 capteurs** de pesage répartis sur chaque pied du support de silo (voir DT3), en n'oubliant pas de **soustraire** la masse propre du silo et de sa structure (notée **tare**). /3
 DR3
 DT3
 Bien lire l'algorithme donné sur le DR3 qui permet de calculer la masse nette de granulés dans le silo (*masseGranulesFloat*). **Complétez** alors les lignes 13, 14 et 17 de cet algorithme en utilisant les noms de variables données dans celui-ci.
- Question 8 | **Donnez** la valeur de *masseGranulesInt* calculée par l'algorithme précédent si les valeurs numériques présentes en sorties des CAN sont : /2

$$N_1 = 307 \quad N_2 = 276 \quad N_3 = 317 \quad N_4 = 245$$

3) Communication avec le produit

On donne sur le DT4 un schéma du réseau local de l'habitation :

Un shield Ethernet est associé à la carte Arduino lui permettant de communiquer sur le réseau. Un serveur web et une base de données sont hébergés sur un Raspberry Pi.

Le Shield Ethernet de l'Arduino se comporte en client du serveur web et lui communique toutes les quatre heures la valeur *masseGranulesInt*, valeur qui sera stockée dans la base de données avec son horodatage. Pour communiquer la masse de granulés, le shield Ethernet de l'Arduino effectue une requête HTTP avec passage de paramètre grâce à la méthode GET. Le paramètre se nomme ici *masse*.

Un appareil du réseau domestique effectue une requête sur le serveur pour connaître la masse de granulés présente dans le silo.

Question 9 | **Complétez** le diagramme de séquence donné dans le DR4 en y plaçant le /2
DR4 | numéro de chacune des 4 actions proposées au-dessus des 4 flèches.

On donne ci-dessous le début d'une capture de la requête d'un appareil du réseau local vers le serveur afin de connaître la masse de granulés restants. Cette trame est codée en hexadécimal. Le préambule + SFD n'est pas enregistré dans cette trame.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0000 | b8 | 27 | eb | 55 | 0f | a5 | 78 | 24 | af | 82 | eb | 9a | 08 | 00 | 45 | 00 |
| 0010 | 02 | 0e | e5 | ab | 40 | 00 | 80 | 06 | 91 | b7 | c0 | a8 | 00 | 1f | c0 | a8 |
| 0020 | 00 | 17 | c8 | 2e | 00 | 50 | b2 | 0d | 12 | b5 | e2 | b0 | 12 | f2 | 50 | 18 |
| 0030 | 20 | 14 | 65 | e1 | 00 | 00 | 47 | 45 | 54 | 20 | 2f | 20 | 48 | 54 | 54 | 50 |
| 0040 | 2f | 31 | 2e | 31 | 0d | 0a | 48 | ... | | | | | | | | |

Question 10 | **Déterminez** l'adresse IP (en hexadécimal puis en notation décimale pointée) et /3
DT4 | l'adresse MAC de l'appareil ayant exécuté la requête en vue de connaître la
DT5 | masse de granulés restant. **Donnez** le nom de la machine du réseau concernée.

Question 11 | **Indiquez** à quelle classe d'adressage correspond le réseau local donné sur le /4
DT4 | document DT4. **En déduire** le masque de sous-réseau utilisé par les machines du
réseau. **Déterminez** alors l'adresse NetID de ce réseau et **indiquez** combien de
machines peuvent encore être connectées sur ce réseau (justifiez vos réponses).

Question 12 | Sur le DT6, la requête HTTP avec la méthode GET a été capturée (trame n°310). /3
DT6 | La partie basse de la capture donne cette trame en hexadécimal et en ASCII. Le
DT7 | code ASCII de la valeur du paramètre *masse* a été masquée par 4 points
d'interrogations correspondants aux 4 codes hexadécimaux encadrés. À l'aide de
la table ASCII donnée en DT7, **déterminez** les 4 caractères du paramètre *masse*
et donc la valeur transmise.

Question 13 | La trame n°312 sur le DT6 correspond à la réponse à cette requête. **Conclure** /2
DT6 | sur la bonne transmission de la masse de granulés vers le serveur.

4) Rendre le produit communicant à distance

On désire paramétrer le routeur afin de pouvoir communiquer avec les différents éléments du réseau de l'extérieur depuis un navigateur Web, à savoir :

- Communiquer à distance avec la chaudière
- Communiquer à distance à la base de données

Pour se faire, on prévoit l'utilisation de 2 ports de communication distants :

- Port 8081 pour le serveur Web Raspberry gérant la base de données
- Port 2000 pour le serveur Web Arduino gérant la chaudière

Les deux serveurs Web sont localement en écoute du port 443 (HTTPS).

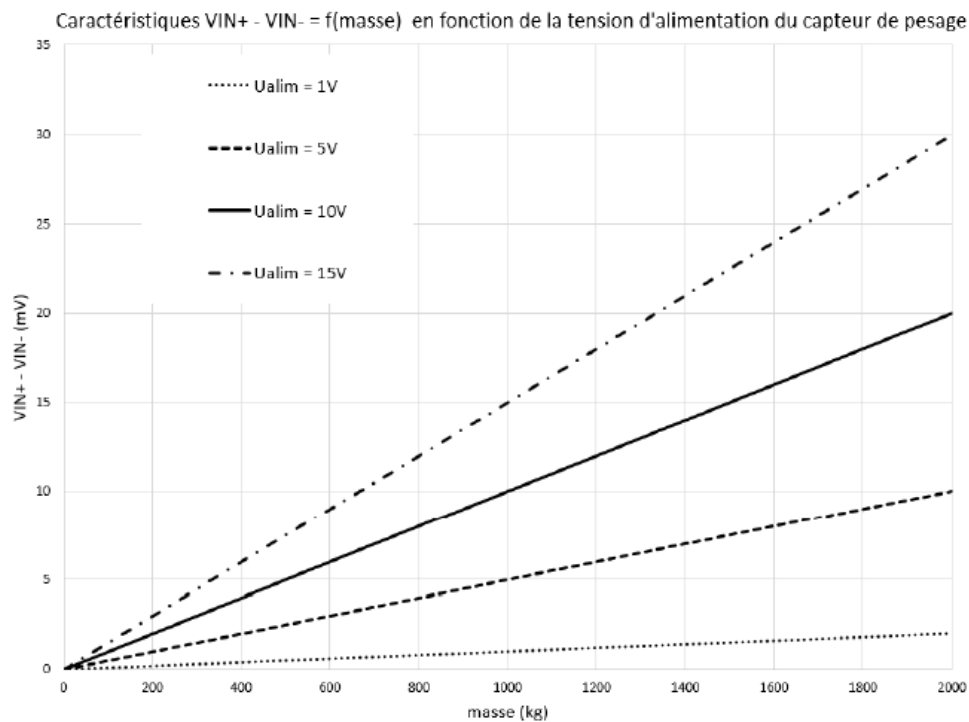
Question 14

Complétez la table de routage du routeur sur le document réponses DR5 permettant de rediriger les trames https venant d'un navigateur Web extérieur soit vers le serveur Web Arduino, soit vers le serveur Web Raspberry.

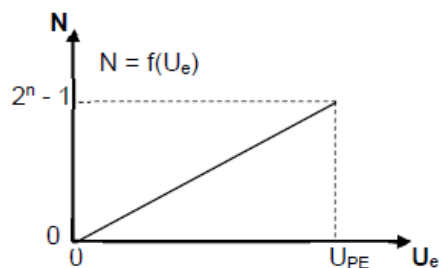
/4

DT4
DR5

DT1 : $V_{IN+} - V_{IN-}$ du capteur de pesage en fonction de la masse et de sa tension d'alimentation



DT2 : Valeur numérique N en fonction de la tension d'entrée d'un CAN



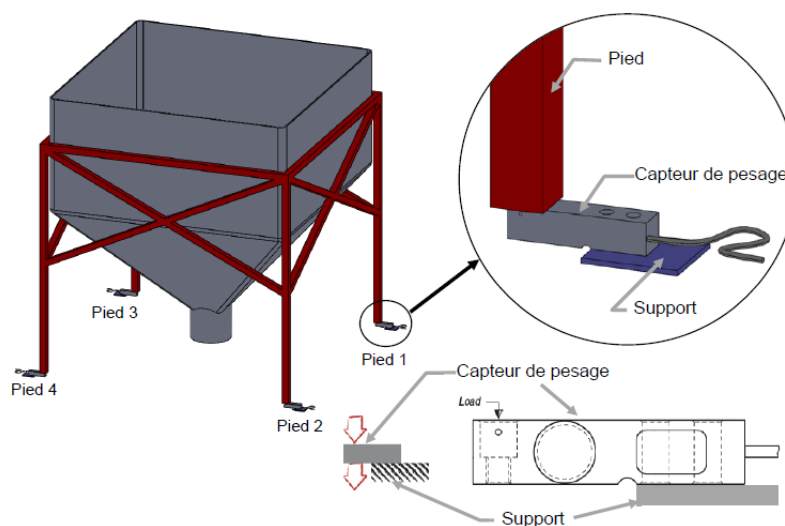
U_{PE} : Tension pleine échelle, tension d'entrée maximale du convertisseur

U_e : Tension d'entrée du CAN

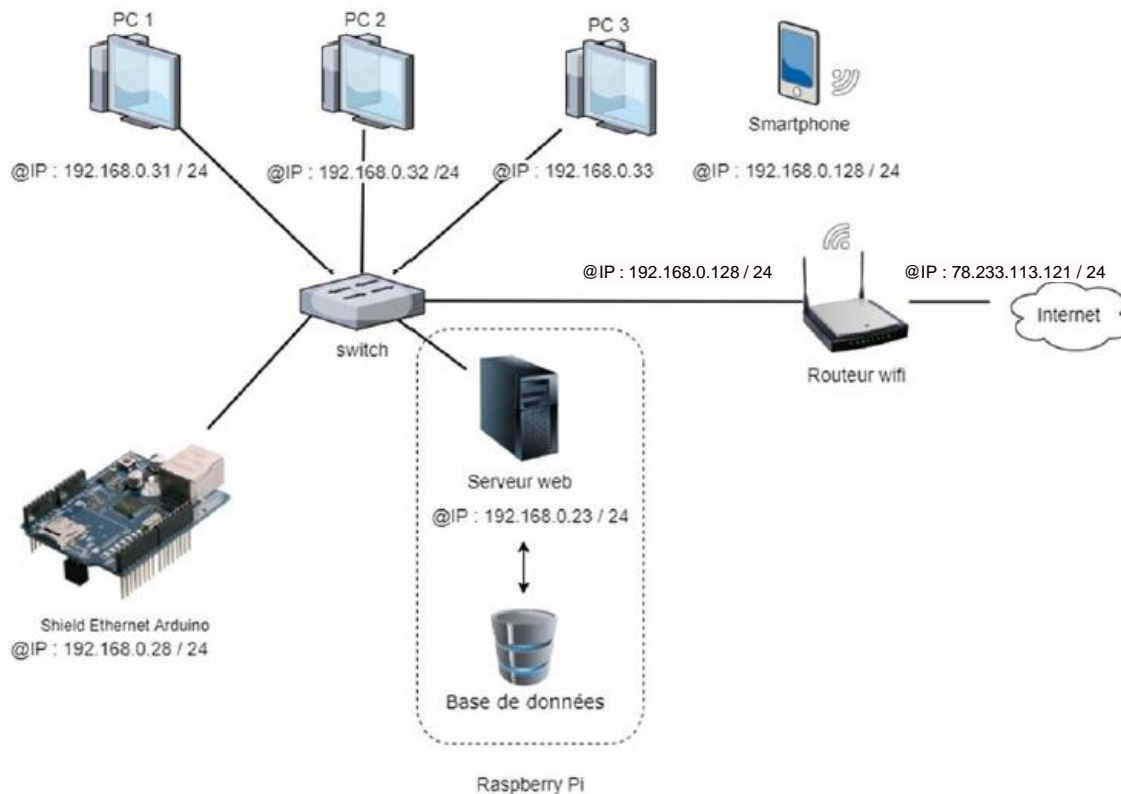
N : Valeur numérique, image de U_e

n : nombre de bits du CAN

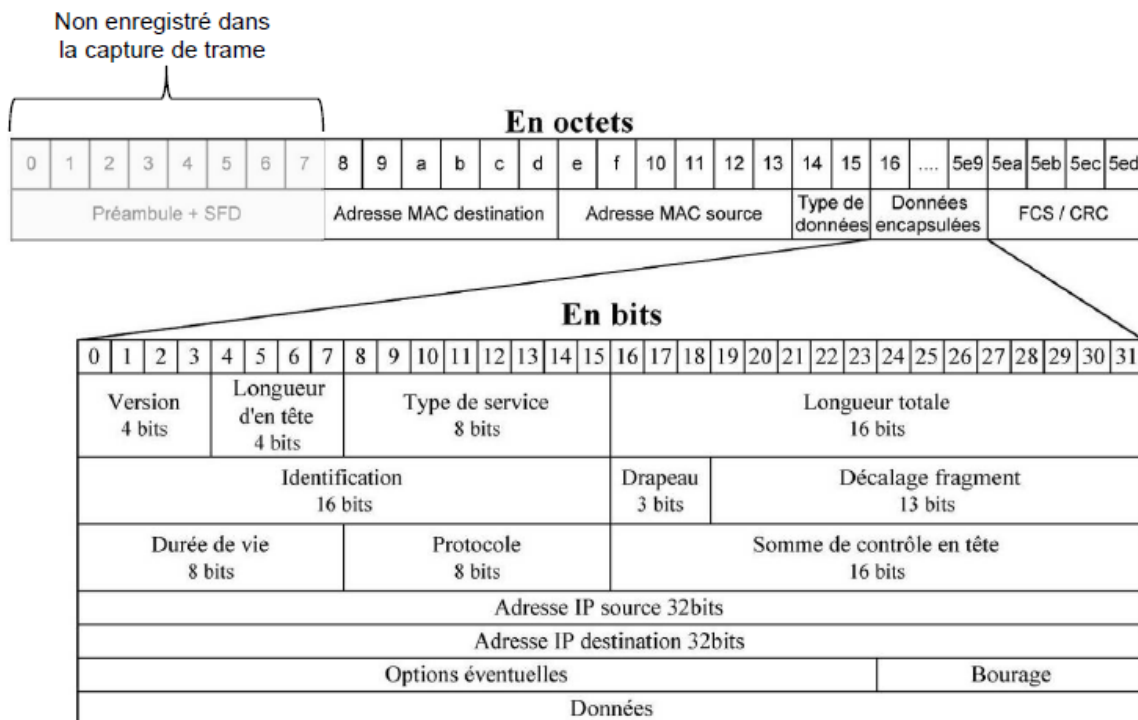
DT3 : Implantation des capteurs de pesage sous les pieds du silo



DT4 : Schéma du réseau domestique



DT5 : Trame Ethernet



DT6 : Communication de la masse de granulés entre l'Arduino et le serveur

| No. | Time | Source | Destination | Protocol | Length | Info |
|-----|-------------|--------------|--------------|----------|--------|--|
| 310 | 5.374803916 | 192.168.0.28 | 192.168.0.23 | HTTP | 60 | GET /enregistrement.php/?masse= HTTP/1.1 |
| 312 | 5.398516001 | 192.168.0.23 | 192.168.0.28 | HTTP | 222 | HTTP/1.1 200 OK |

| | | | |
|------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
| 0000 | 47 45 54 20 2f 65 6e 72 | 65 67 69 73 74 72 65 6d | GET /enr egistrem |
| 0010 | 65 6e 74 2e 70 68 70 2f | 3f 6d 61 73 73 65 3d 31 | ent.php/ ?masse=? |
| 0020 | 39 39 38 20 48 54 54 50 | 2f 31 2e 31 0d 0a 48 6f | ??? HTTP /1.1 ·Ho |
| 0030 | 73 74 3a 31 39 32 2e 31 | 36 38 2e 30 2e 32 33 0d | st:192.1 68.0.23· |
| 0040 | 0a 43 6f 6e 6e 65 63 74 | 69 6f 6e 3a 20 63 6c 6f | ·Connect ion: clo |
| 0050 | 73 65 0d 0a 0d 0a | | se···· |

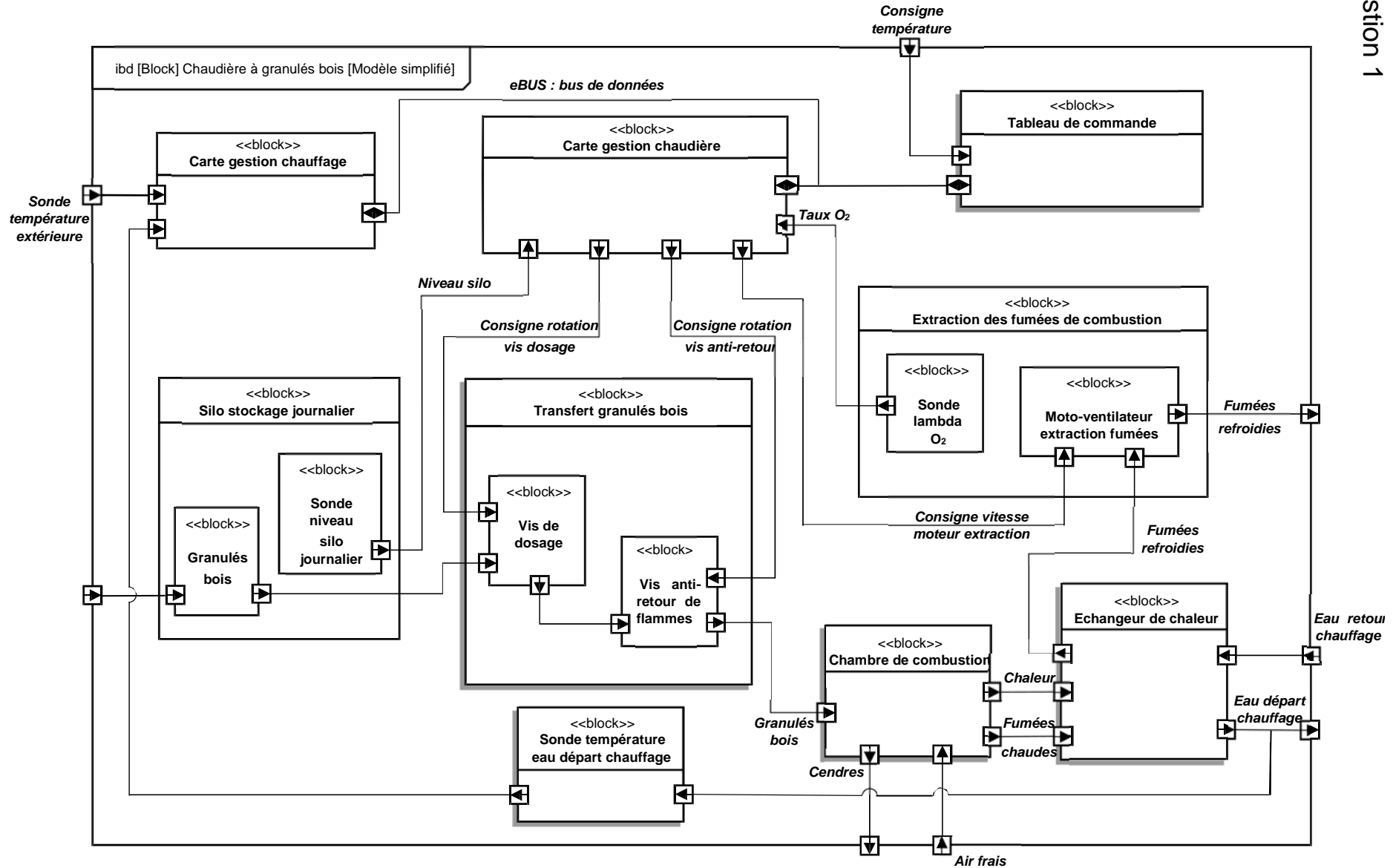
Trame codée en hexadécimal

Trame codée en ASCII

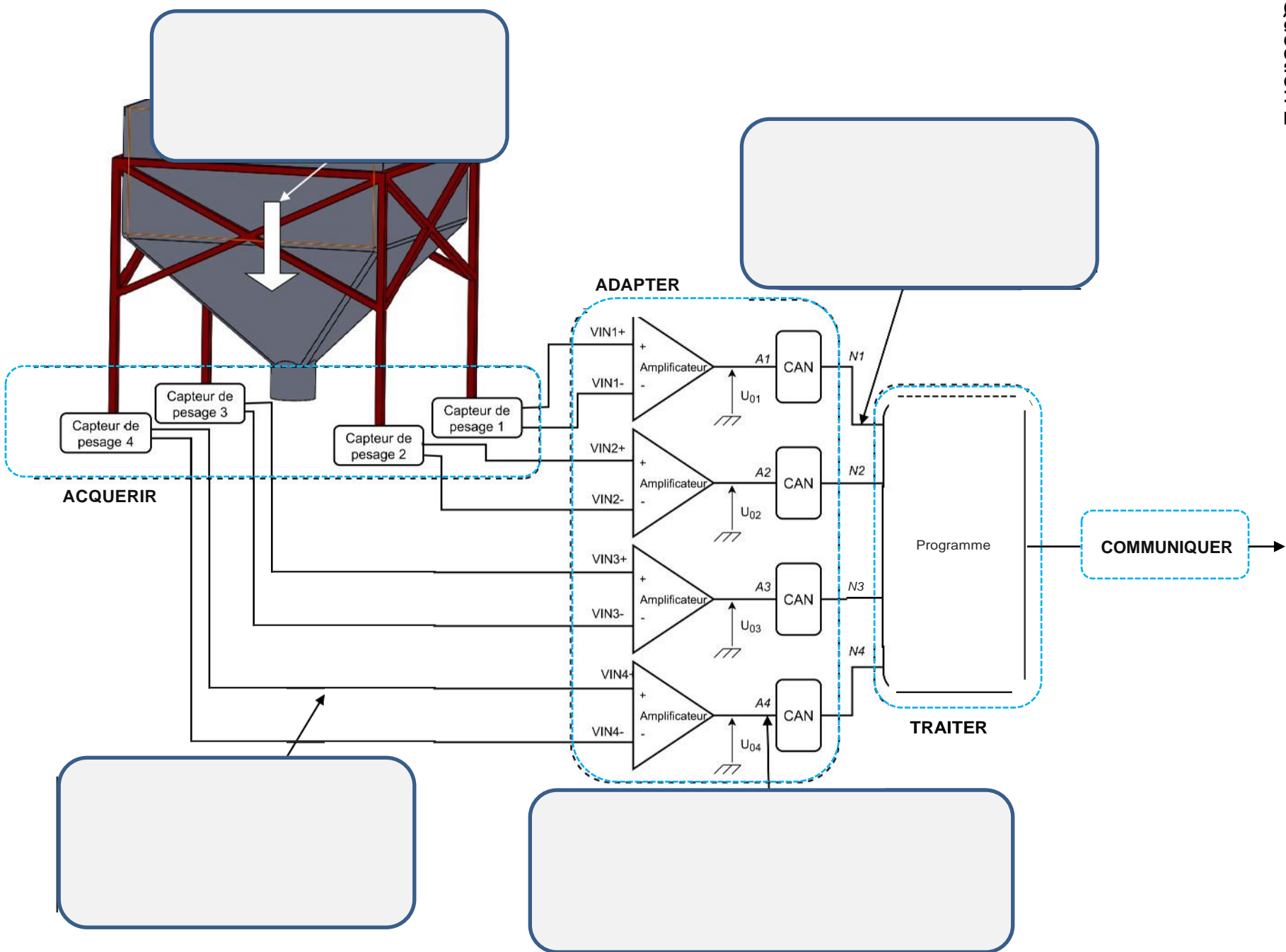
DT7 : Table ASCII

| Decimal | Hex | Char | Decimal | Hex | Char | Decimal | Hex | Char | Decimal | Hex | Char |
|---------|-----|------------------------|---------|-----|---------|---------|-----|------|---------|-----|-------|
| 0 | 0 | [NULL] | 32 | 20 | [SPACE] | 64 | 40 | @ | 96 | 60 | ` |
| 1 | 1 | [START OF HEADING] | 33 | 21 | ! | 65 | 41 | A | 97 | 61 | a |
| 2 | 2 | [START OF TEXT] | 34 | 22 | " | 66 | 42 | B | 98 | 62 | b |
| 3 | 3 | [END OF TEXT] | 35 | 23 | # | 67 | 43 | C | 99 | 63 | c |
| 4 | 4 | [END OF TRANSMISSION] | 36 | 24 | \$ | 68 | 44 | D | 100 | 64 | d |
| 5 | 5 | [ENQUIRY] | 37 | 25 | % | 69 | 45 | E | 101 | 65 | e |
| 6 | 6 | [ACKNOWLEDGE] | 38 | 26 | & | 70 | 46 | F | 102 | 66 | f |
| 7 | 7 | [BELL] | 39 | 27 | ' | 71 | 47 | G | 103 | 67 | g |
| 8 | 8 | [BACKSPACE] | 40 | 28 | (| 72 | 48 | H | 104 | 68 | h |
| 9 | 9 | [HORIZONTAL TAB] | 41 | 29 |) | 73 | 49 | I | 105 | 69 | i |
| 10 | A | [LINE FEED] | 42 | 2A | * | 74 | 4A | J | 106 | 6A | j |
| 11 | B | [VERTICAL TAB] | 43 | 2B | + | 75 | 4B | K | 107 | 6B | k |
| 12 | C | [FORM FEED] | 44 | 2C | , | 76 | 4C | L | 108 | 6C | l |
| 13 | D | [CARRIAGE RETURN] | 45 | 2D | - | 77 | 4D | M | 109 | 6D | m |
| 14 | E | [SHIFT OUT] | 46 | 2E | . | 78 | 4E | N | 110 | 6E | n |
| 15 | F | [SHIFT IN] | 47 | 2F | / | 79 | 4F | O | 111 | 6F | o |
| 16 | 10 | [DATA LINK ESCAPE] | 48 | 30 | 0 | 80 | 50 | P | 112 | 70 | p |
| 17 | 11 | [DEVICE CONTROL 1] | 49 | 31 | 1 | 81 | 51 | Q | 113 | 71 | q |
| 18 | 12 | [DEVICE CONTROL 2] | 50 | 32 | 2 | 82 | 52 | R | 114 | 72 | r |
| 19 | 13 | [DEVICE CONTROL 3] | 51 | 33 | 3 | 83 | 53 | S | 115 | 73 | s |
| 20 | 14 | [DEVICE CONTROL 4] | 52 | 34 | 4 | 84 | 54 | T | 116 | 74 | t |
| 21 | 15 | [NEGATIVE ACKNOWLEDGE] | 53 | 35 | 5 | 85 | 55 | U | 117 | 75 | u |
| 22 | 16 | [SYNCHRONOUS IDLE] | 54 | 36 | 6 | 86 | 56 | V | 118 | 76 | v |
| 23 | 17 | [ENG OF TRANS. BLOCK] | 55 | 37 | 7 | 87 | 57 | W | 119 | 77 | w |
| 24 | 18 | [CANCEL] | 56 | 38 | 8 | 88 | 58 | X | 120 | 78 | x |
| 25 | 19 | [END OF MEDIUM] | 57 | 39 | 9 | 89 | 59 | Y | 121 | 79 | y |
| 26 | 1A | [SUBSTITUTE] | 58 | 3A | : | 90 | 5A | Z | 122 | 7A | z |
| 27 | 1B | [ESCAPE] | 59 | 3B | ; | 91 | 5B | [| 123 | 7B | { |
| 28 | 1C | [FILE SEPARATOR] | 60 | 3C | < | 92 | 5C | \ | 124 | 7C | |
| 29 | 1D | [GROUP SEPARATOR] | 61 | 3D | = | 93 | 5D |] | 125 | 7D | } |
| 30 | 1E | [RECORD SEPARATOR] | 62 | 3E | > | 94 | 5E | ^ | 126 | 7E | ~ |
| 31 | 1F | [UNIT SEPARATOR] | 63 | 3F | ? | 95 | 5F | _ | 127 | 7F | [DEL] |

Exemple d'utilisation : le code décimal 65 ou hexadécimal 0x41 correspond au caractère A



Question 2



DOCUMENT RÉPONSES DR3 : Algorithme de calcul de la masse de granulés

Question 7

Variables

```
01 | brocheCapteur : type liste // liste des entrées analogiques utilisées
02 | NversM : type flottant      // permet la conversion d'une valeur numérique en masse (en kg)
03 | tare : type flottant        // masse propre du silo et de sa structure (en kg)
04 | masseGranulesFloat : type flottant // masse nette de granulés (en kg)
05 | masseGranulesInt : type entier // partie entière de la masse nette de granulés (en kg)
06 | somme : type entier
07 | i : type entier
```

Début algorithme

```
08 | NversM ← 1,955
09 | tare ← 240,0
10 | somme ← 0
11 | brocheCapteur ← [A1, A2, A3, A4]
12 |
13 | Pour i allant de 0 à .... par pas de 1 // addition de l'information des 4 capteurs
14 | | somme ← ..... + conversionAN1(brocheCapteur[i])
15 | Fin de Pour
16 |
17 | masseGranulesFloat ← .....
18 | masseGranulesInt ← INT(masseGranulesFloat) //On conserve seulement la partie entière
```

Fin algorithme

Remarques :

Pour une variable de type liste, on accède à chaque élément de la liste par son indice (qui débute à 0).

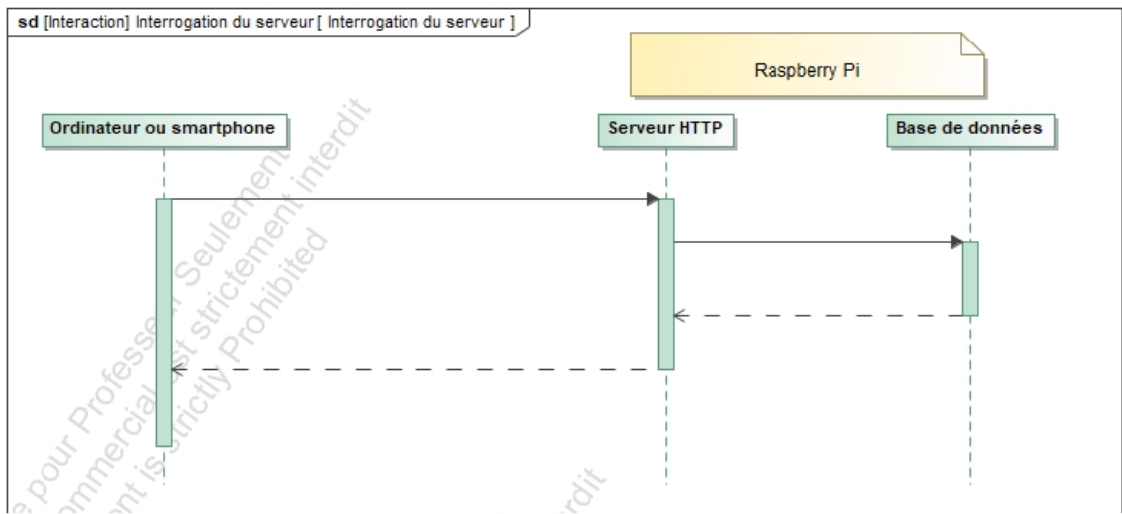
Par exemple, si *liste* = [10, 21, 54], *liste*[0] = 10 et *liste*[2] = 54

conversionAN1(*broche*) est une fonction qui permet d'obtenir la valeur numérique image de la tension présente sur l'entrée analogique *broche*.

Le facteur *NversM* permet la conversion d'une variable numérique en une grandeur en kg (par exemple, si *N*=1, la masse sera de 1,955 kg)

DOCUMENT RÉPONSES DR4 : diagramme de séquence



Question 9



- 1- Réponse de la Base de Données
- 2- Requête http (demande de masse de granulés restante)
- 3- Interrogation de la Base de Données
- 4- Envoi de la page HTML au client

DOCUMENT RÉPONSES DR5 : Table de routage

Question 14

| | | | | |
|---|-----------|------------|-------------|---------------|
| | IP privée | Port privé | IP publique | Port publique |
|  | | | | |
|  | | | | |