

<b>Systèmes d'Information et Numérique</b>		<b>T STI2D</b>
	Équipements communicants, Internet des objets	
	<b>Étude de la communication locale et distante d'une chaudière</b>	
		<b>SEANCE 5</b>
		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 : /3

DR1

- 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  $V_{IN+} - V_{IN-}$  délivrée par un capteur de pesage de granulés dépend de sa tension d'alimentation. Le DT1 indique la caractéristique  $V_{IN+} - V_{IN-}$  en fonction de la masse mesurée et pour différentes tensions d'alimentation du capteur. **Indiquez** la tension ( $V_{IN+} - V_{IN-}$ ) nominale délivrée par le capteur pour sa capacité maximale de 2000kg si la tension d'alimentation est  $U_{alim} = 10V$ . On donnera cette valeur en mV. /3  
DT1  
DR1

Pour  $U_{alim} = 10V$ , on lit  $(V_{IN+} - V_{IN-})_{nominal} = 20mV$

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

La tension à convertir est trop faible par rapport à la tension pleine échelle du convertisseur (5V). La mesure ne serait pas assez précise et donc exploitable.

Question 5 La tension en sortie de chaque amplificateur est donnée par :

$$U_0 = (V_{IN+} - V_{IN-}) \times G \quad G \text{ étant le gain de l'amplificateur.}$$

DT2  
DR1

**Calculez** le gain G des amplificateurs pour obtenir une tension de 5V sur une entrée analogique de l'Arduino pour la tension nominale  $(V_{IN+} - V_{IN-})_{nominal}$  délivrée par un capteur lorsque la masse maximale est atteinte, avec une tension d'alimentation du capteur de 10V. /2

$$G = U_0 / (V_{IN+} - V_{IN-}) = 5 / 20 \cdot 10^{-3} = 250$$

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. /2

$$N = 1023 \text{ pour } U = 5V \text{ donc } q = 5/1023 = 4,888 \text{ mV}$$

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  $\pi$ . On prendra  $G = 250$  comme valeur d'amplification. /3  
DT1

$$N = U_0/q = U_0 \cdot 1023 / 5 \text{ donc } U_0 = 5 \cdot N / 1023$$

$$m_{granulés} = 100\,000 \cdot (V_{IN+} - V_{IN-}) = 100\,000 \cdot (U_0/G) = 400 \cdot U_0$$

$$m_{granulés} = 400 \cdot U_0 = 400 \cdot (5 \cdot N / 1023) = 1,955 \cdot N$$

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

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

$$masseGranulesInt = INT((307+276+317+245) \cdot 1,955 - 240) = INT(1998,475) = 1998 \text{ kg}$$

### 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  
DR4

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

/2

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  
DT4  
DT5

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

/3

Adresse IP : c0 a8 00 1f soit 192.168.0.31

Adresse MAC : 78:24:af:82:eb:9a Il s'agit donc du PC1

Question 11  
DT4

**Indiquez** à quelle classe d'adressage correspond le réseau local donné sur le 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).

/4

Classe d'adressage C (192 → 110x xxx)

Masque de sous-réseau 255.255.255.0

NetID = 192.168.0.0 (ET logique avec @IP et Masque)

Un seul octet pour les machines donc  $256 - 2 = 254$  adresses. Comme nous avons 3 PC, 1 smartphone, 1 Shield Ethernet, 1 Raspberry et 1 routeur, il reste  $256 - 7 = 249$  adresses.

Question 12 Sur le DT6, la requête HTTP avec la méthode GET a été capturée (trame n°310). La partie basse de la capture donne cette trame en hexadécimal et en ASCII. Le 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. /3

DT6  
DT7

*Code ASCII = 0x31 0x39 0x39 0x38 soit les caractères "1998"*

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

DT6

*Le code d'erreur renvoyé suite à cette requête est 200 OK, la requête s'est donc exécutée correctement.*

#### **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).

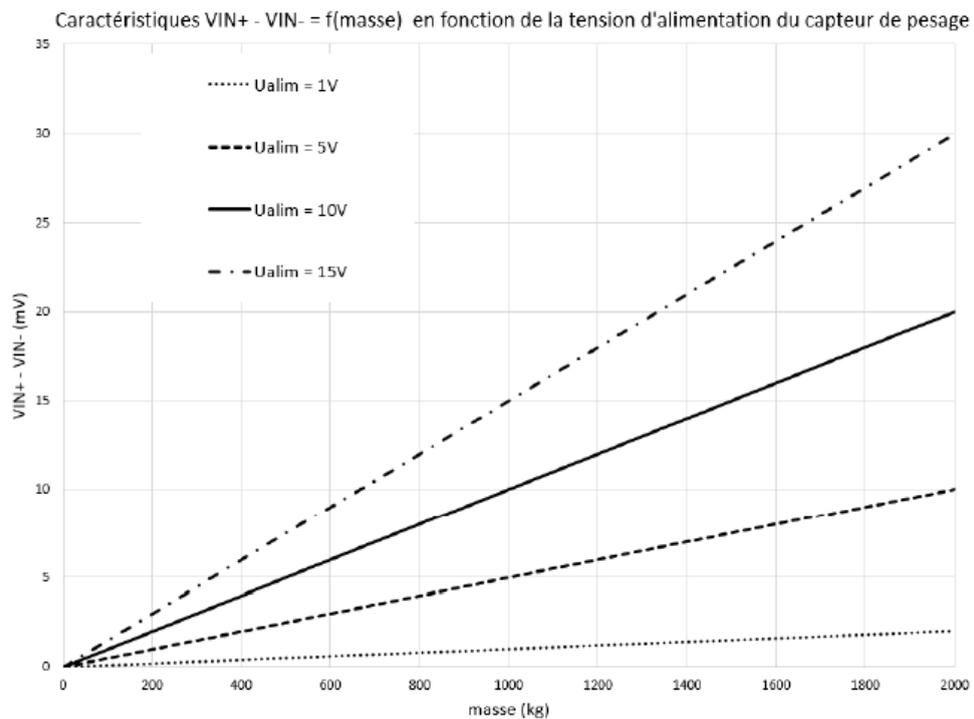
Question 14 **Complétez** la table de routage du routeur sur le document réponses DR5 permettant de rediriger les trames https venant d'un navigateur Web extérieur soit vers le serveur Web Arduino, soit vers le serveur Web Raspberry. /4

DT4  
DR5

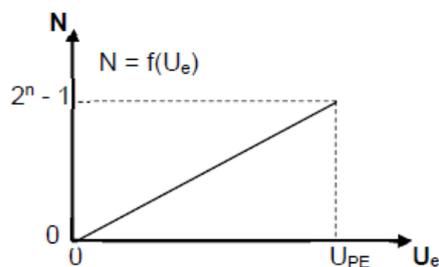
*Il faut rediriger les trames du WAN (@publique : 78.233.113.121) avec le port public 2000 (Arduino) vers l'adresse privée 192.168.0.28 sur le port privé 443 (HTTPS)*

*Il faut rediriger les trames du WAN (@publique : 78.233.113.121) avec le port public 8081 (Raspberry) vers l'adresse privée 192.168.0.23 sur le port privé 443 (HTTPS)*

## 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



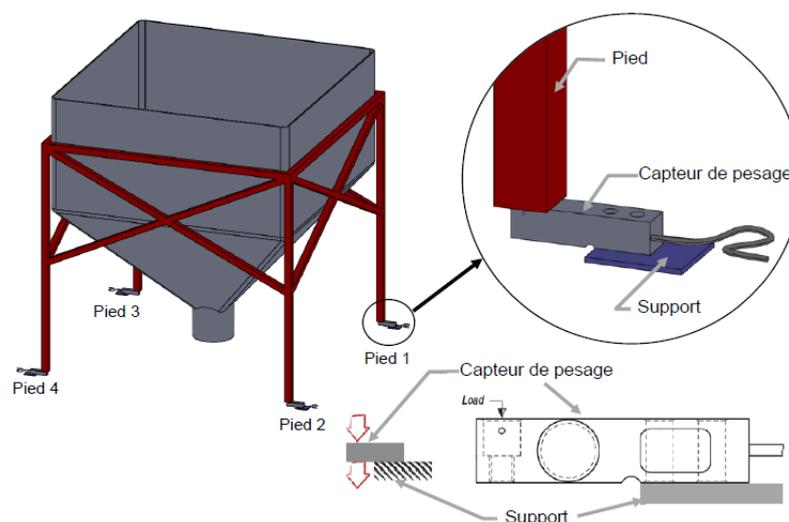
$U_{PE}$  : Tension pleine échelle, tension d'entrée maximale du convertisseur

$U_e$  : Tension d'entrée du CAN

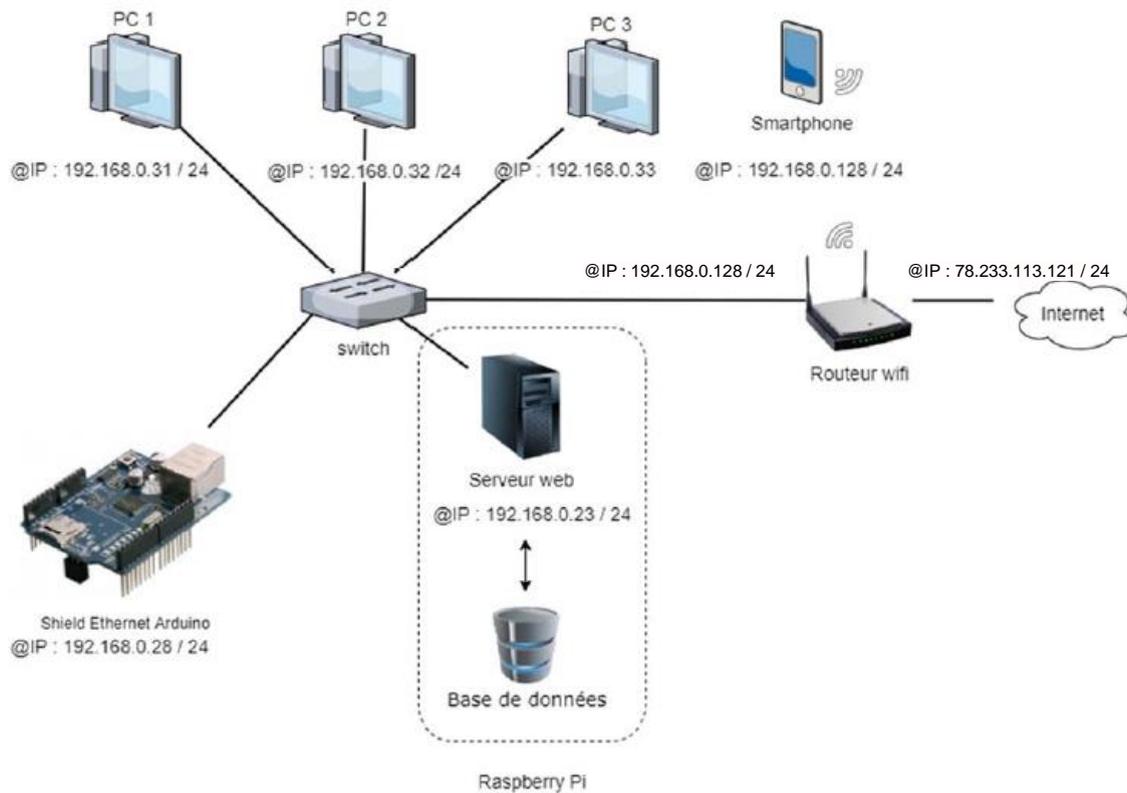
$N$  : Valeur numérique, image de  $U_e$

$n$  : nombre de bits du CAN

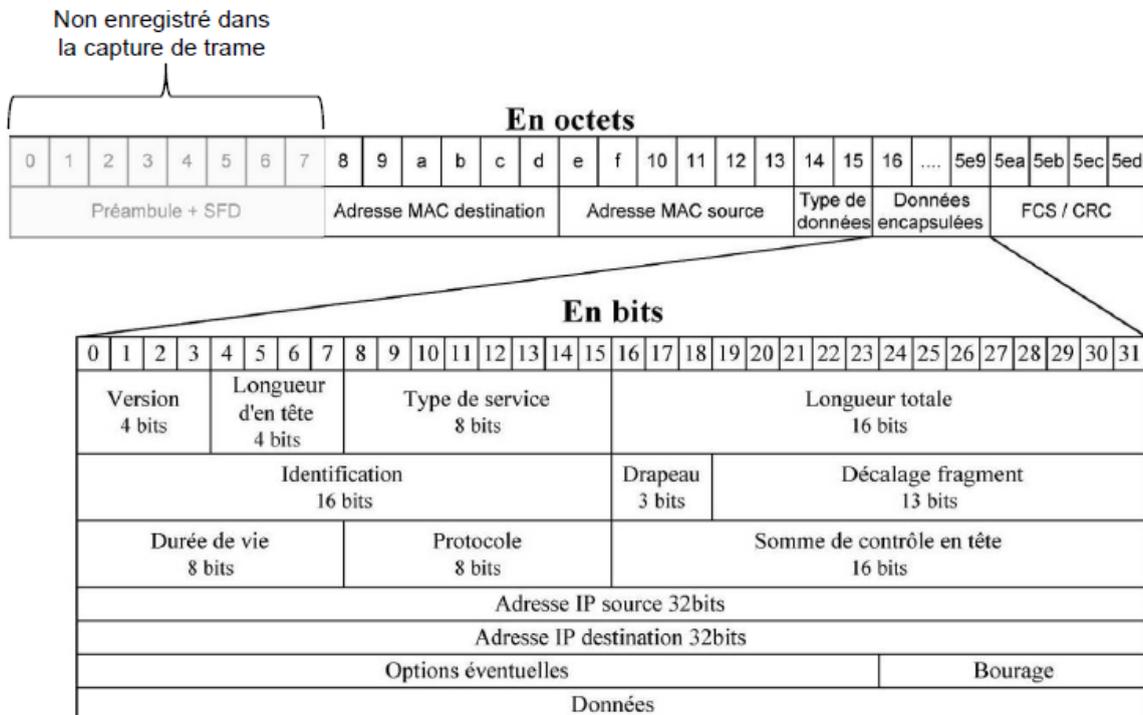
## DT3 : Implantation des capteurs de pesage sous les pieds du silo



## 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 /enregistrem
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.....

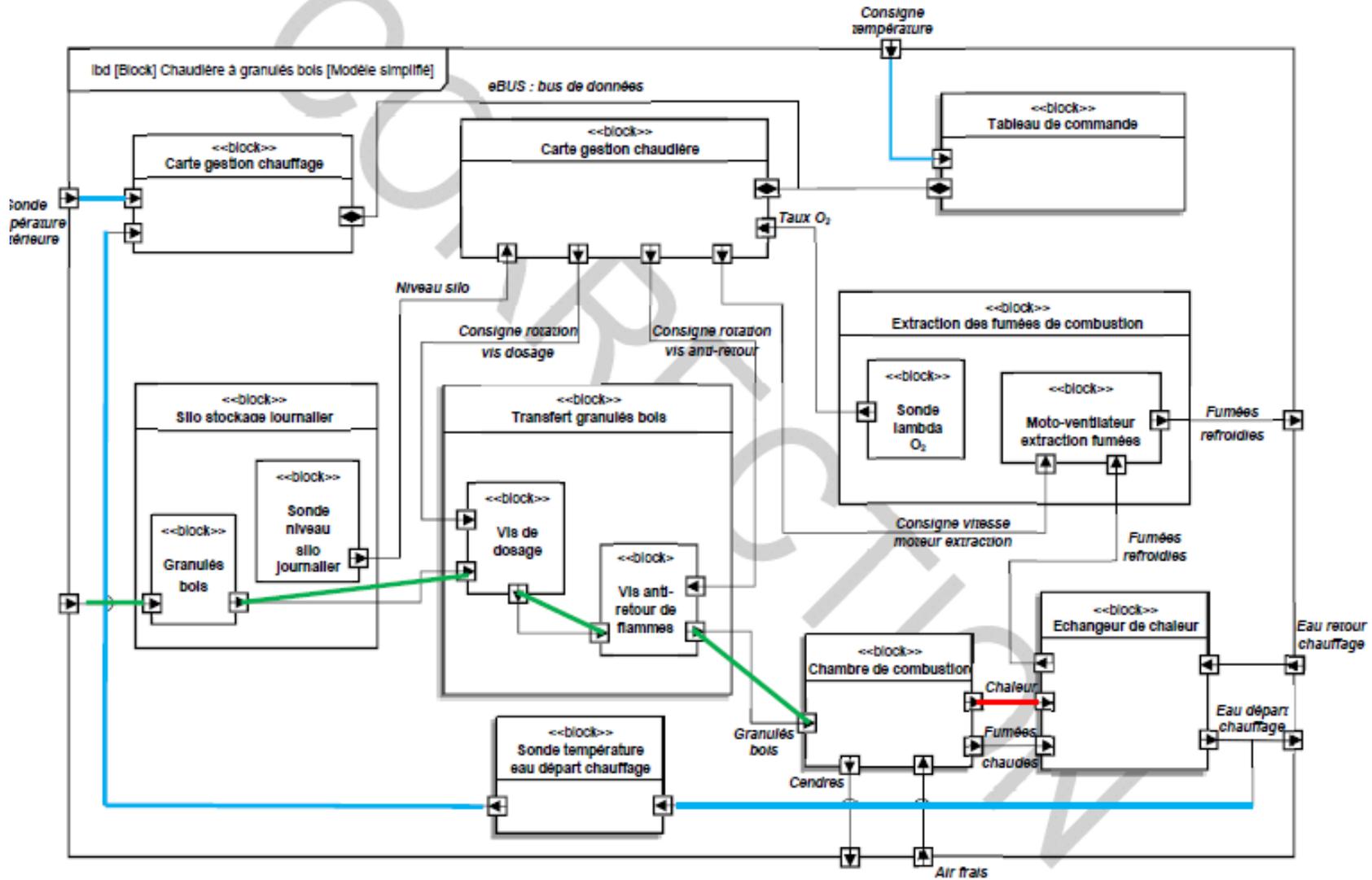
Trame codée en hexadécimal

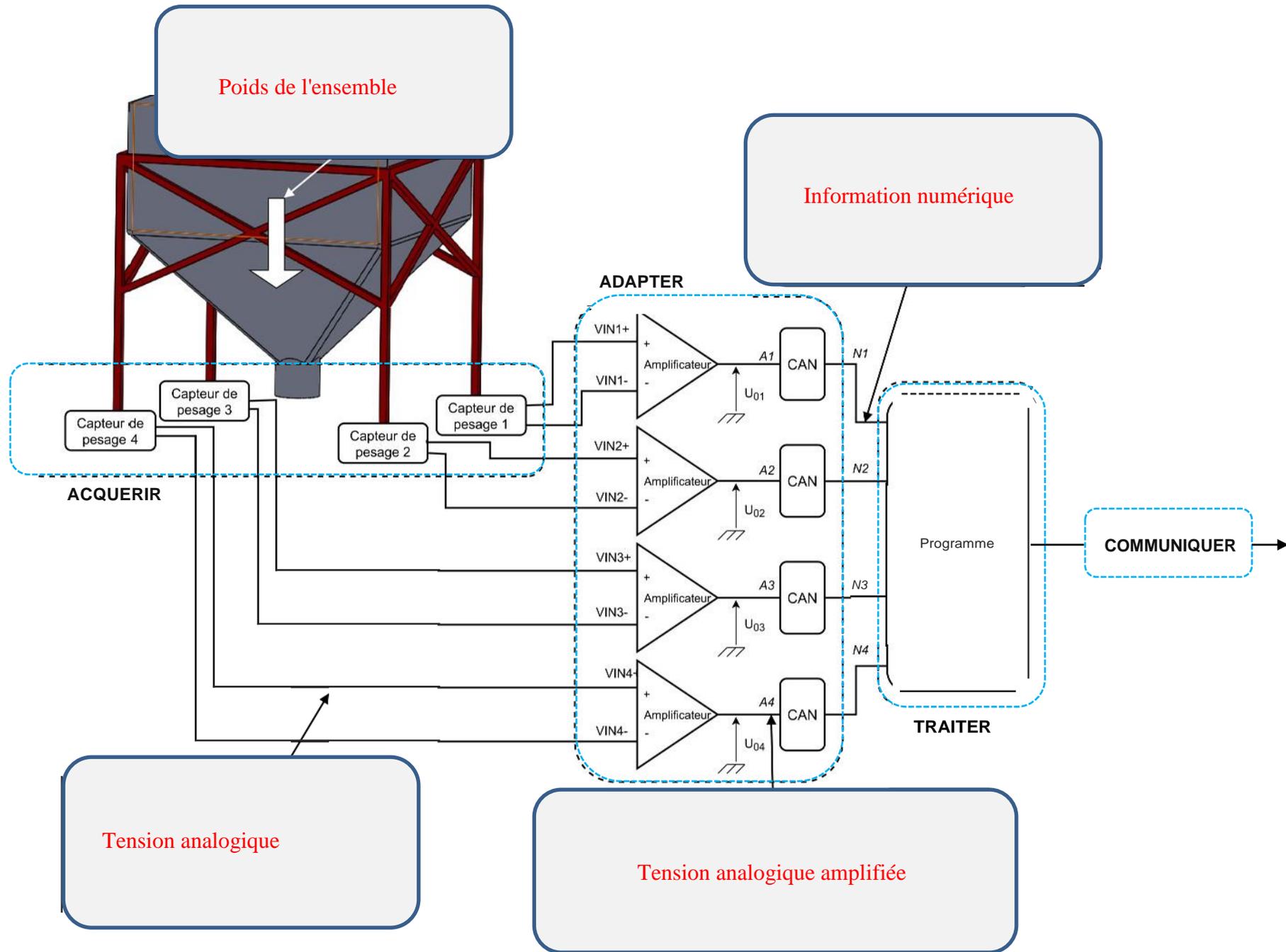
Trame codée en ASCII

## 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





## 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 3 par pas de 1 // addition de l'information des 4 capteurs
14 | | somme ← somme..... + conversionAN1(brocheCapteur[i])
15 | Fin de Pour
16 |
17 | masseGranulesFloat ← somme * NversM - tare
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).

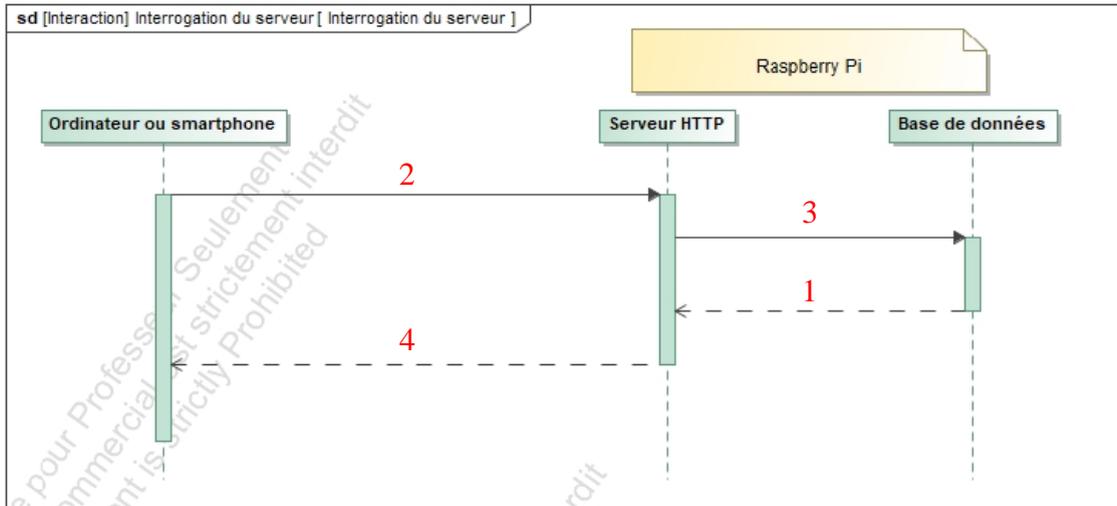
Par exemple, si *liste* = [10, 21, 54], *liste*[0] = 10 et *liste*[2] = 54

*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
 Arduino	192.168.0.28	443	78.233.113.121	2000
 Raspberry	192.168.0.23	443	78.233.113.121	8081