



Ce document a été mis en ligne par l'organisme [FormaV®](#)

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :

[www.formav.co/explorer](http://www.formav.co/explorer)

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2021**

## **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**

*L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.*

*L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.*

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 36 pages numérotées de 1/36 à 36/36.

**Constitution du sujet :**

|                                                  |           |
|--------------------------------------------------|-----------|
| <b>Partie commune (durée indicative 2h30)</b>    | 12 points |
| <b>Partie spécifique (durée indicative 1h30)</b> | 8 points  |

**Le candidat traite les 2 parties en suivant les consignes contenues dans le sujet.  
Ces 2 parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre indifférent.**

**Chacune des parties est traitée sur des copies séparées.**

**Tous les documents réponses sont à rendre avec la copie.**

## **PARTIE COMMUNE (12 points)**

---

### **Chaudière à granulés**



- **Présentation de l'étude et questionnaire**..... pages 3 à 10
- **Documents techniques** ..... pages 11 à 16
- **Documents réponses** ..... pages 17 à 18

## Mise en situation

Les modes de chauffage individuel contribuent à l'épuisement des ressources d'énergies fossiles et à la production de polluants atmosphériques.

L'étude suivante doit permettre de répondre à la problématique : en quoi le chauffage à granulés de bois constitue une solution d'avenir dans le cadre du développement durable ?

Les chaudières à granulés sont de plus en plus nombreuses dans les foyers français.

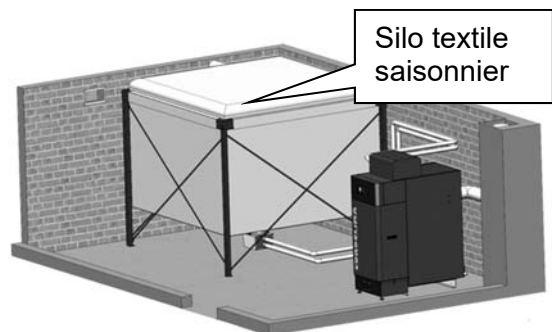
Les granulés sont fabriqués à partir de résidus, copeaux et sciures de bois, issus de l'industrie du bois (menuiserie, parqueterie, fabrique de palettes...), qui sont agglomérés ensemble, sans agent de liaison, pour former de petits cylindres compacts. Moderne et facile d'utilisation, la chaudière à 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.

Pour améliorer le confort d'utilisation, les granulés peuvent être stockés en grande quantité, par exemple dans un silo textile saisonnier.

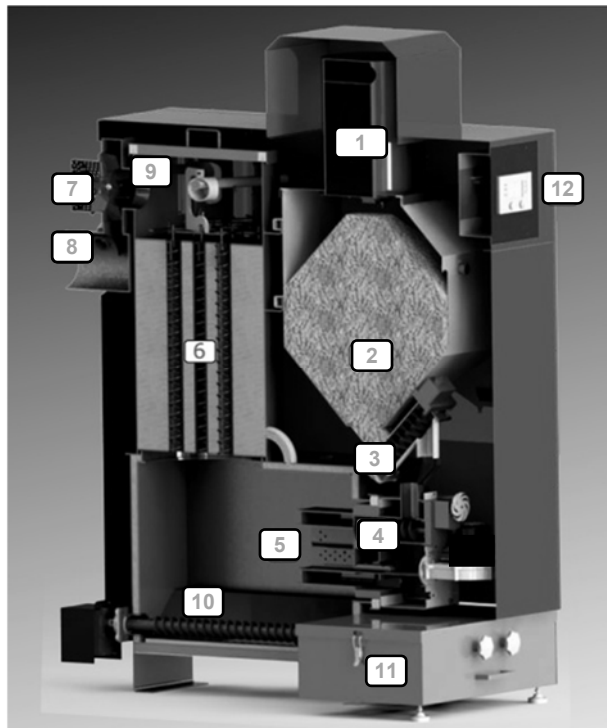
Le volume de ce silo textile saisonnier doit être adapté à la consommation annuelle afin d'éviter les rechargements en cours de saison de chauffe.



Le silo textile existe en différentes tailles. Il est rempli par camion souffleur. Sa structure évite la propagation de poussières. Lors du remplissage, le textile permet d'évacuer l'air, mais piège les poussières à l'intérieur du silo. Une liaison en tube flexible (entre le bas du silo et la chaudière) permet de transférer au fur et à mesure les granulés vers la chaudière par un système d'aspiration intégré.

## Présentation de la chaudière

1. Aspiration granulés
2. Stockage journalier
3. Vis de dosage
4. Vis de sécurité
5. Chambre de combustion
6. Échangeur air-eau
7. Ventilateur d'extraction fumées
8. Conduite d'évacuation des fumées
9. Sonde lambda
10. Vis de décendrage
11. Bac à cendres
12. Tableau de commande

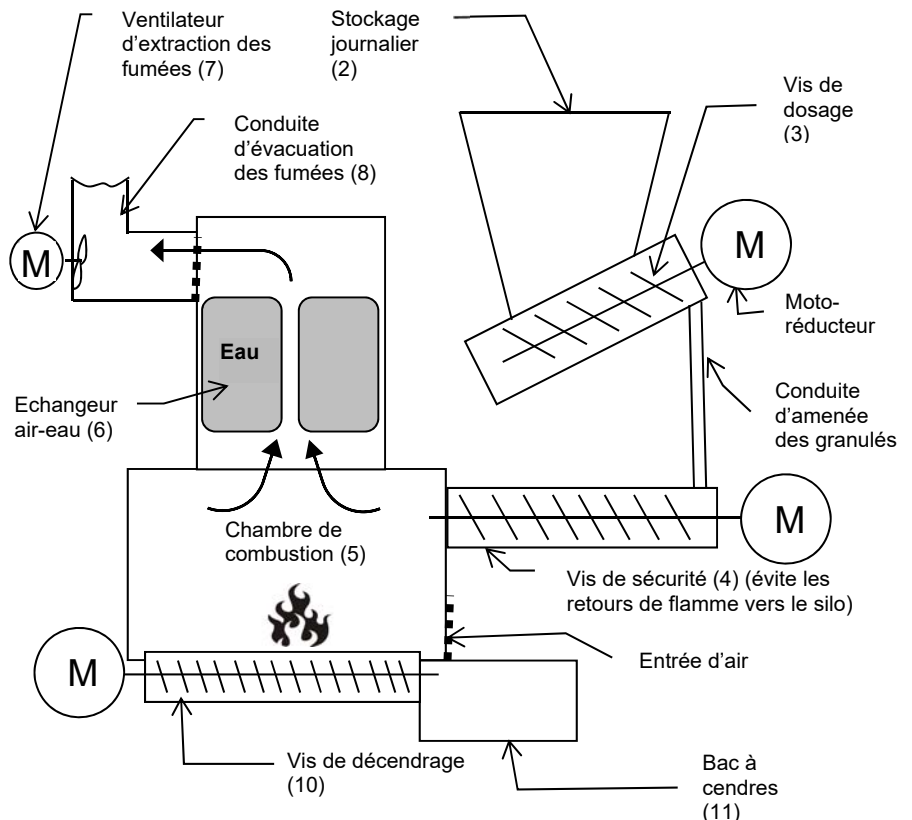


### Description du fonctionnement

Les granulés sont stockés en (2). La vis de dosage (3) puis la vis de sécurité (4) amènent les granulés dans la chambre de combustion (5).

Après la combustion des granulés, les cendres sont récupérées dans le bac (11). La chaleur produite et les fumées sont aspirées par le ventilateur (7) et passent au travers d'un échangeur thermique air-eau (6). L'eau ainsi chauffée alimente les radiateurs répartis dans le logement.

Pour augmenter la chaleur produite, les granulés sont envoyés en plus grande quantité dans la chambre de combustion. Dans le même temps, l'aspiration des fumées augmente l'apport d'air dans la chambre de combustion.



## Travail demandé

### Partie 1 : le chauffage au bois permet-il de réduire les émissions de gaz à effet de serre ?

L'objectif de cette partie est de comparer l'impact environnemental des émissions de gaz à effet de serre des différentes énergies utilisées dans les chauffages domestiques.

Question 1.1 | **Indiquer** quel combustible émet le plus de gaz à effet de serre en *kg.équivalent CO<sub>2</sub>/ MW·h utile*.

DT1 (feuillet 1/2)

Question 1.2 | **Indiquer** l'énergie la plus utilisée pour le chauffage des foyers français.

DT1 (feuillet 1/2)

Question 1.3 | **Recopier et compléter** le tableau ci-dessous. **Indiquer** l'énergie qui émet le plus de gaz à effet de serre pour le chauffage des foyers français en *kg.équivalent CO<sub>2</sub>/ MW·h utile*.

DT1

|                                                                                         | Gaz                   | Électricité | Fioul | Bois<br>(en moyenne) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------|-------|----------------------|
| Part des émissions de gaz à effet de serre en <i>kg.équivalent CO<sub>2</sub>/ MW·h</i> | 0,286 x 222 =<br>63,5 |             |       |                      |

Tableau à recopier sur la copie

Question 1.4 | **En déduire** par quelle énergie il faut remplacer le fioul pour limiter les émissions de gaz à effet de serre.

### Partie 2 : quel est l'impact du chauffage au bois sur les émissions de particules fines ?

L'objectif de cette partie est de comparer les différentes solutions de chauffage au bois (à foyer ouvert et à granulés).

Dans les questions qui suivent, on s'intéresse aux émissions de particules fines en Île de France en 2010.

Question 2.1 | **Expliquer** pourquoi les particules PM10 sont dangereuses pour les humains.

DT1 (feuillet 1/2)

|                                    |                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 2.2<br>DT1 (feuillet 2/2) | <b>Calculer</b> le pourcentage des émissions totales de PM10 liées à la combustion de bois par les ménages et le <b>comparer</b> avec celui du trafic routier.                                                               |
| Question 2.3<br>DT1 (feuillet 2/2) | <b>Calculer</b> le pourcentage des émissions totales de PM10 liées à la combustion de bois de chauffage pour les ménages équipés de cheminées à foyer ouvert.                                                                |
| Question 2.4<br>DT1 (feuillet 2/2) | <b>Évaluer</b> les conséquences du remplacement des appareils à foyer ouvert par un chauffage aux granulés sur le pourcentage des émissions totales de PM10. <b>Conclure</b> sur l'intérêt d'un chauffage bois aux granulés. |

### **Partie 3 : comment évaluer la consommation annuelle en granulés ?**

L'objectif de cette partie est d'évaluer la consommation annuelle de granulés et de choisir le silo. L'habitation à équiper est actuellement chauffée au fioul domestique avec une chaudière très ancienne.

*Le tableau du DT2 indique la quantité d'énergie thermique dégagée par la combustion de différents types d'énergie.*

|                     |                                                                                                                                             |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 3.1<br>DT2 | <b>Relever</b> le pouvoir calorifique inférieur (PCI) du fioul et des granulés de bois en précisant bien l'unité de produit correspondante. |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

*La consommation actuelle de fioul domestique est de 1380 L par an.*

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 3.2             | <b>Calculer</b> la quantité d'énergie thermique $E_T$ (en kWh) produite par l'ancienne chaudière, dont le rendement est de 75%.                                                                                                                                                 |
| Question 3.3<br>DT3      | <b>Relever</b> la valeur du rendement à charge partielle de la nouvelle chaudière à granulés.<br><b>Calculer</b> la masse de granulés à stocker (en kg) pour alimenter la chaudière pendant une saison de chauffe afin de produire la même quantité d'énergie thermique $E_T$ . |
| Question 3.4<br>DT4, DT5 | <b>Calculer</b> le volume de granulés à stocker (en m <sup>3</sup> ) pour alimenter la chaudière pendant une saison de chauffe.<br><b>Justifier</b> le choix du silo proposé sur le document DT5.                                                                               |

Le document technique DT6 donne l'évolution de la production et de la consommation de granulés de bois en France.

- |                     |                                                                                                                                                      |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 3.5<br>DT6 | <b>Déterminer</b> graphiquement ces deux valeurs pour l'année 2019.<br><b>Expliquer</b> l'écart entre ces deux valeurs (production et consommation). |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

La consommation annuelle moyenne de granulés pour un foyer est de 2,5 tonnes.

- |                     |                                                                                                                        |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 3.6<br>DT6 | <b>Déterminer</b> le nombre de foyers qui auraient pu se chauffer avec des granulés <u>produits</u> en France en 2019. |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

- |              |                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 3.7 | <b>Expliquer</b> pourquoi la chaudière à granulés est une solution d'avenir dans le cadre du développement durable (économie, social et environnement) en se basant sur l'ensemble des questions précédentes (parties 1 à 3). |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## **Partie 4 : comment optimiser le fonctionnement de la chaudière ?**

---

Afin de devenir une solution s'inscrivant dans une démarche de développement durable et respectueuse de la santé, le fonctionnement de la chaudière à granulés doit être optimisé. Afin d'obtenir le rendement maximum, il convient notamment de veiller à ce que la combustion des granulés soit complète. Ceci permettra d'une part de réduire la consommation de combustible, d'autre part de diminuer les rejets : émissions polluantes (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, ...) et cendres.

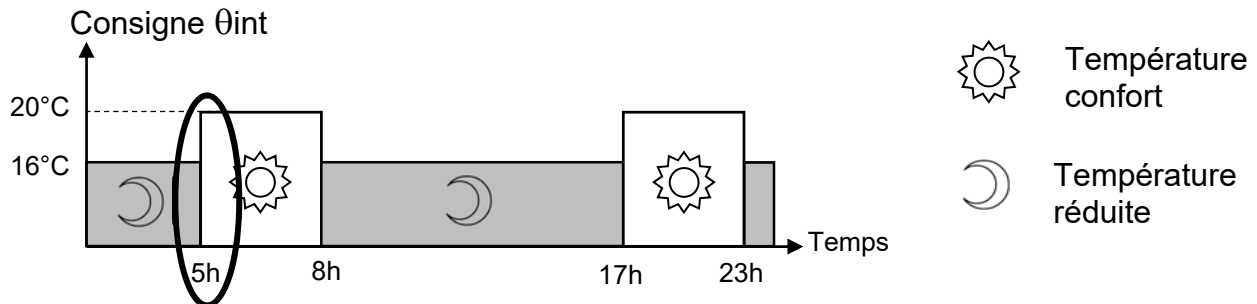
L'objectif de cette partie est de répondre à la problématique : comment déterminer, pour un point de fonctionnement donné, l'ajustement optimal du mélange air / combustible solide afin que la combustion soit complète ?

- |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question 4.1<br>DR1 | Sur le diagramme de blocs internes du DR1, <b>identifier</b> les flux suivants en <b>repassant sur les traits</b> avec les couleurs indiquées ci-dessous : <ul style="list-style-type: none"><li>- flux d'information : concernant la <b>température</b> en <b>bleu</b> ;</li><li>- flux de matière : concernant les <b>granulés</b> en <b>vert</b> ;</li><li>- flux d'énergie : en <b>rouge</b>.</li></ul> |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

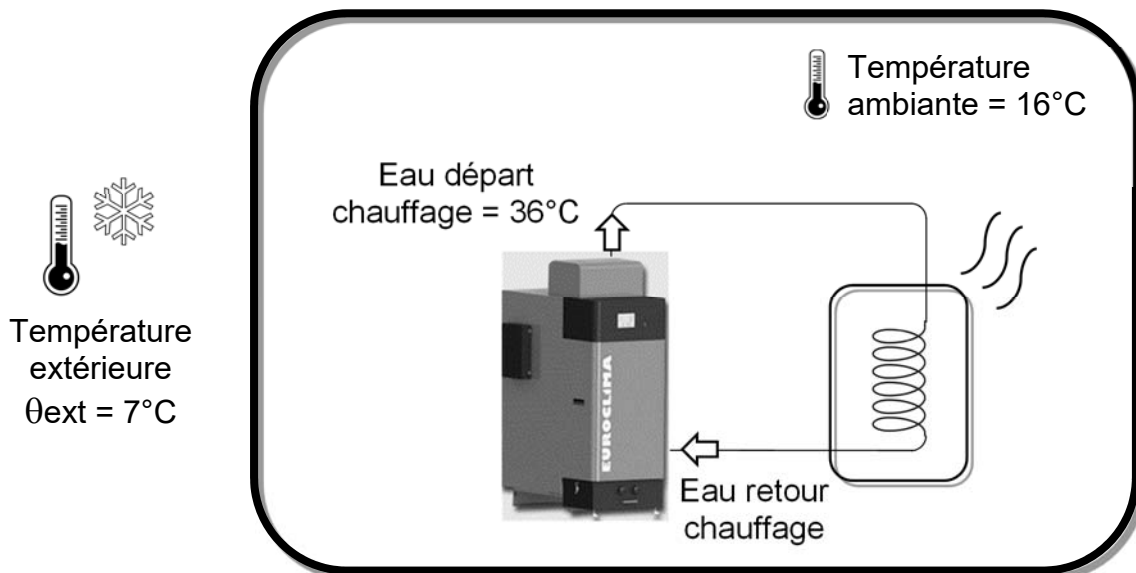


## Détermination de la puissance de chauffe nécessaire

Le graphe de programmation horaire définit les consignes de température intérieure (Consigne  $\theta_{int}$ ) de la maison au cours de la journée. Elles sont saisies par l'utilisateur grâce au tableau de commande.



Au point de fonctionnement étudié (juste avant 5 h du matin), la situation thermique est la suivante :



La chaudière produit de la chaleur pour réchauffer l'eau qui circule dans les tuyaux jusqu'aux appareils de chauffage de l'habitation (radiateurs, plancher chauffant ...).

### Question 4.2

DT7

**Déterminer** graphiquement la température eau départ chauffage  $\theta_{edc}$  qui permettra d'obtenir la température confort dans l'habitation (arrondir à la valeur entière supérieure) après 5 heures du matin.

On définit la relation de la quantité de chaleur  $Q$  [J] nécessaire pour élever la température d'un corps de masse  $m$  [kg] et de capacité thermique massique  $C$  [ $J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$ ], de la température initiale  $\theta_i$  [ $^\circ C$ ] à la température finale  $\theta_f$  [ $^\circ C$ ] par :  $Q = m \cdot C \cdot (\theta_f - \theta_i)$ .

Eau : masse volumique  $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , capacité thermique  $C = 4185 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ \text{C}^{-1}$ .

### Question 4.3

DT3

**Calculer** la quantité de chaleur  $Q_E$  (en J) que devra fournir la chaudière afin d'obtenir la température « eau départ chauffage » désirée en sachant que la température « eau retour chauffage » est de  $23^\circ \text{C}$ .

Question 4.4 | **Calculer** la puissance de chauffe nécessaire  $P_c$  (en W) pour une montée en température de la chaudière jusqu'à  $\theta_{edc}$  en 10 minutes.

Pour fournir la puissance de chauffe nécessaire  $P_c$ , la carte gestion chaudière va devoir déterminer les quantités optimales de granulés et d'air.

### Détermination de la quantité optimale de granulés par cycle

Question 4.5 | **Convertir** la masse volumique des granulés en  $\text{g}\cdot\text{mm}^{-3}$  et en **déduire** la masse maximale de granulés (en g) qui peuvent être amenés pour un tour de la vis de dosage.

DT4

*Le moteur est commandé de façon discontinue pour effectuer des cycles d'alimentation d'une durée de 20 s.*

Question 4.6 | **Calculer** le nombre de tours effectués par la vis pour un cycle d'alimentation en vous aidant de la documentation technique du motoréducteur.

DT8

Question 4.7 | **Calculer** la masse totale de granulés, pour un temps de chauffe de 10 minutes, lorsque le débit moyen de granulés est de  $0,7 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$ .  
En **déduire** le nombre de cycles d'alimentation électrique du moteur.

### Détermination du volume optimal d'air par cycle

Il faut  $m = 75 \text{ g}$  de granulés par cycle de 20 s pour produire une puissance de chauffe de 13 kW. Le rendement maximum de la chaudière est obtenu en ajustant de façon optimale le mélange air-granulés pour que la combustion soit complète. Un capteur appelé sonde lambda ( $\lambda$ ) contrôle le pourcentage d'oxygène imbrûlé dans les fumées.

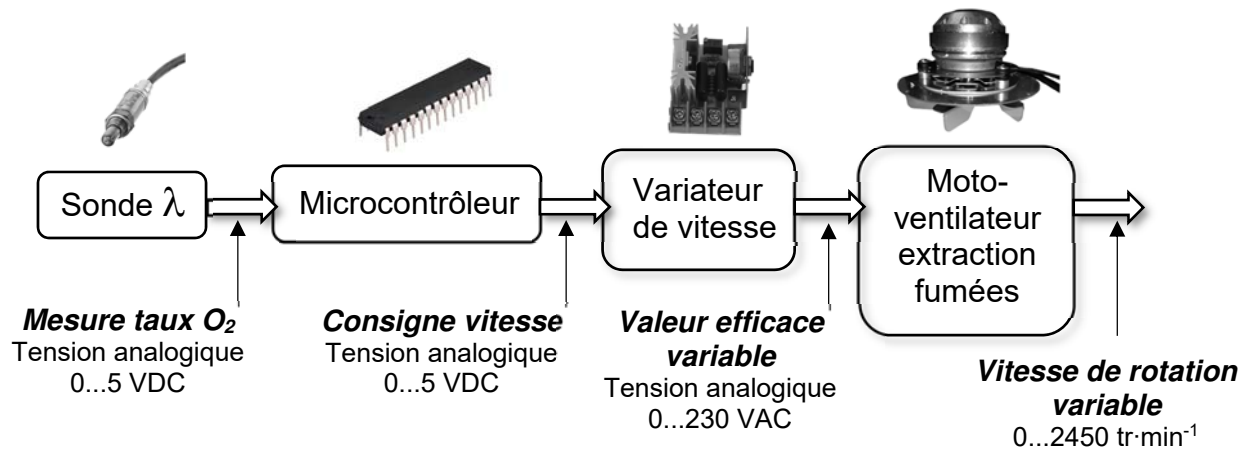
Question 4.8 | **Relever** sur le DT9, le rapport  $\frac{A}{G}$  (masse Air / masse Granulés) pour la valeur de référence  $\lambda_{\text{réf}} = 1,3$ . **Calculer** la masse d'air puis le volume d'air nécessaire à l'obtention de la combustion complète (pour un cycle de 20 s) sachant que la masse volumique de l'air est de  $\rho = 1,204 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

DT9

Question 4.9 | **Déduire** le débit d'air correspondant (en  $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ ) et **vérifier** la capacité du moto-ventilateur à fournir ce débit.

DT3

En réalité, au cours du cycle d'approvisionnement en granulés, la valeur de  $\lambda$  varie. Si l'on souhaite conserver le mélange air - granulés optimum, il est nécessaire de mettre en œuvre une régulation automatique. Ceci est réalisé par la carte gestion chaudière dont la chaîne d'information et d'action de la partie étudiée est la suivante :



Volume d'air de fumées extrait = volume d'air frais entrant dans la chaudière.

Question 4.10

DT9

**Relever** les valeurs limites  $\lambda_{\text{mini}}$  et  $\lambda_{\text{maxi}}$  pour rester dans la zone idéale.

Question 4.11

DR2

**Compléter**, sur le DR2, l'algorithme de traitement des informations du microcontrôleur de sorte que la vitesse de rotation du moto-ventilateur s'adapte automatiquement pour fournir le volume d'air optimal.

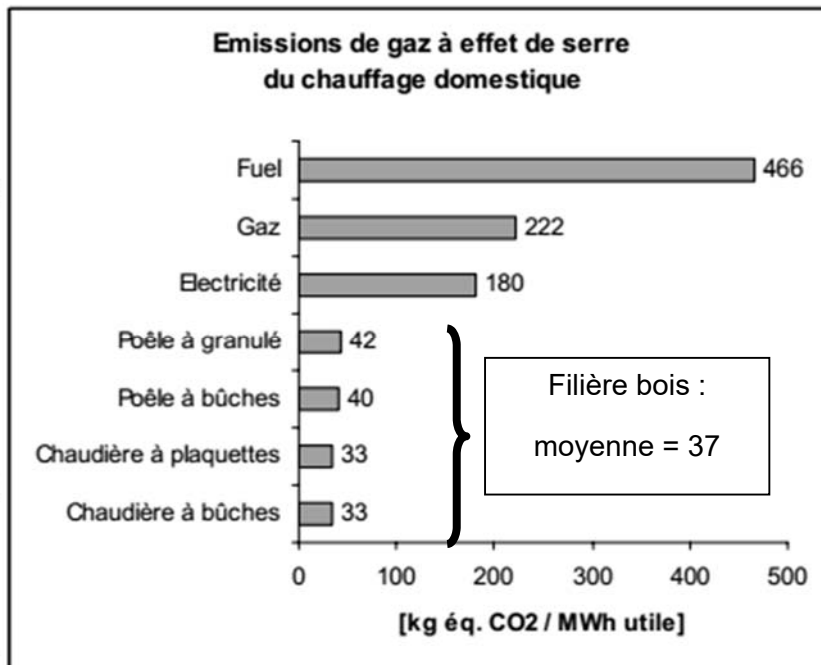
## DT1 : émissions de gaz à effet de serre et de particules (feuille 1/2)

### Gaz à effet de serre

La combustion de la biomasse est généralement considérée comme neutre en termes d'émission de gaz à effet de serre du fait notamment que le gaz carbonique émis sera ensuite à nouveau recyclé lors de la croissance des végétaux, ce qui est le cas en France et en Europe où la forêt s'accroît régulièrement.

Le système énergétique global, « de la pépinière à la cendre », consomme en revanche des énergies fossiles et émet des gaz à effet de serre lors de l'extraction du combustible, de son conditionnement et de son transport.

Les émissions de gaz à effet de serre de la filière bois-énergie ont été estimées selon la méthode de l'analyse de cycle de vie. Celle-ci consiste à quantifier les émissions de ces gaz pour l'ensemble des activités concernées (extraction du combustible, distribution, utilisation finale chez l'utilisateur...) qui sont liées à la production d'un MW·h utile de chaleur chez l'utilisateur (ADEME).



### Le chauffage des foyers français : répartition des énergies utilisées en %

|                  | Gaz  | Électricité | Fioul | Bois | Autres | GPL bouteilles |
|------------------|------|-------------|-------|------|--------|----------------|
| Répartition en % | 28,6 | 35,1        | 15,4  | 17,3 | 2,5    | 1,1            |

### Émissions des particules fines PM10

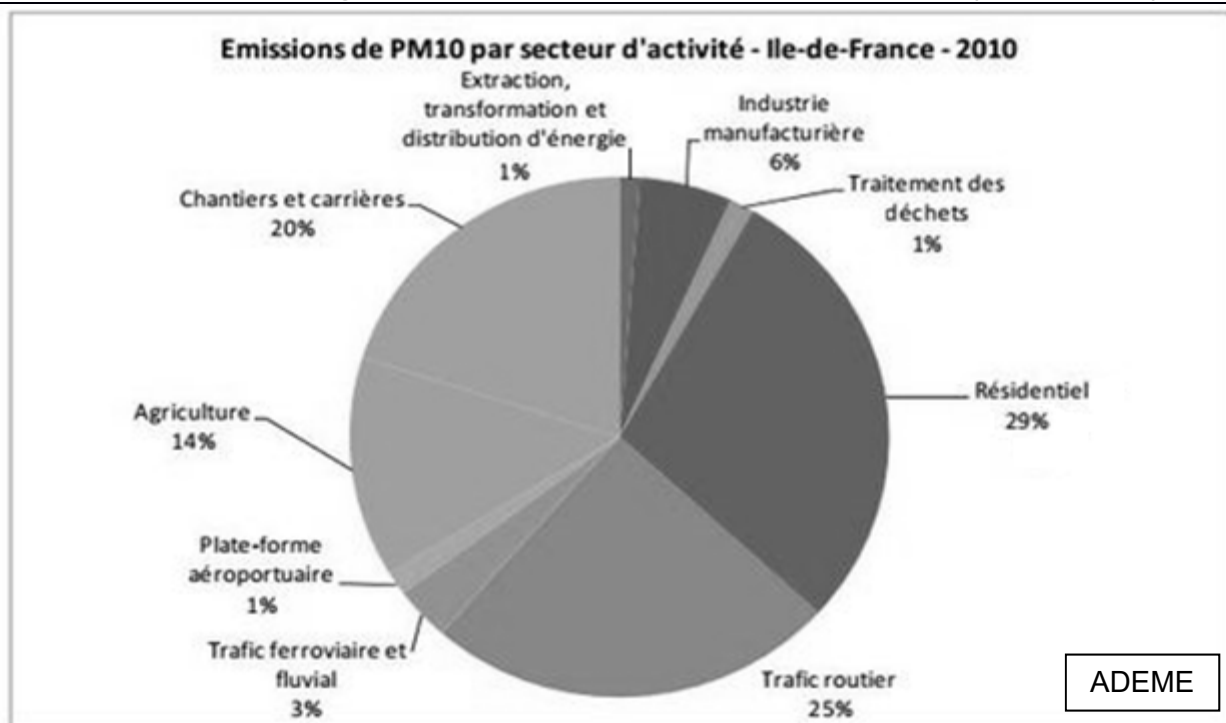
La combustion du bois provoque l'émanation dans l'air de particules polluantes, comme pour les véhicules diesel.

Le danger vient de leur finesse : plus elles sont fines, plus elles pénètrent dans le système respiratoire.

Ces particules dites « fines » de type PM10 (particules de diamètre inférieur à 10 micromètres) sont considérées comme dangereuses avec des répercussions néfastes sur la santé, puisqu'elles comportent des métaux lourds et des hydrocarbures cancérigènes, équivalent à un tabagisme passif. Sur les humains, les risques sont augmentés pour les :

- accidents cardiaques ;
- cancers du poumon ;
- cancers des sinus de la face ;
- accidents vasculaires cérébraux.

## DT1 : émissions de gaz à effet de serre et de particules (feuille 2/2)



### Pour le secteur résidentiel (Île de France en 2010)

Les PM10 proviennent à 80 % des ménages (secteur résidentiel) utilisant un combustible bois.

Selon la DRIEE (direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie), les appareils à foyer ouvert (exemple sur la photo ci-contre) :

- *représentent 50 % des émissions de PM dues au chauffage au bois ;*
- *émettent huit fois plus de particules qu'un foyer fermé avec un insert à granulés.*



## DT2 : comparatif des types d'énergie

**Définition** du pouvoir calorifique inférieur (PCi) : c'est la quantité moyenne d'énergie thermique dégagée par la combustion d'une unité de produit.

| Type d'énergie              | PCi en kWh |
|-----------------------------|------------|
| 1 litre de fioul domestique | 9,97       |
| 1 kg de gaz propane         | 12,66      |
| 1 kg de gaz butane          | 12,56      |
| 1 kg de charbon             | 8,889      |
| 1 stère de bûches de bois   | 1680       |
| 1 tonne de granulés de bois | 4600       |
| 1 tonne de plaquettes bois  | 2200       |

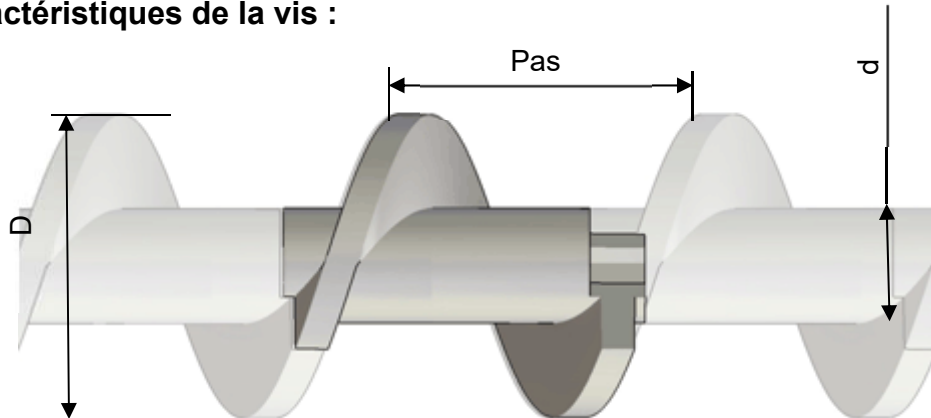
## DT3 : caractéristiques de la chaudière Euroclima 32

| Chaudière Euroclima 32                                   |                                 |       |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------|-------|
| Puissance nominale                                       | kW                              | 32    |
| Puissance à charge partielle                             | kW                              | 9     |
| Hauteur                                                  | mm                              | 1 850 |
| Largeur                                                  | mm                              | 806   |
| Profondeur                                               | mm                              | 1 452 |
| Masse                                                    | kg                              | 515   |
| Diamètre sortie de fumée                                 | mm                              | 153   |
| Contenance en eau                                        | L                               | 90    |
| Raccordement électrique                                  | V                               | 230   |
| Température des fumées                                   | C°                              | 130   |
| Rendement à puissance nominale selon EN 303. 5           | %                               | 93    |
| Rendement à charge partielle                             | %                               | 91    |
| CO à puissance nominale (10% de O <sub>2</sub> )         | mg·m <sup>-3</sup>              | 74    |
| CO à charge partielle (10% de O <sub>2</sub> )           | mg·m <sup>-3</sup>              | 88    |
| Poussières à puissance nominale (10% de O <sub>2</sub> ) | mg·m <sup>-3</sup>              | 18    |
| Poussières à charge partielle (10% de O <sub>2</sub> )   | mg·m <sup>-3</sup>              | 14    |
| Qualité des granulés                                     |                                 | DIN+  |
| Débit d'air maximum                                      | m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> | 290   |
| Température d'utilisation                                | °C                              | 60-85 |
| Pression maxi                                            | bars                            | 3     |

## DT4 : caractéristiques de la vis de dosage 2 et des granulés

La vis de dosage est une vis sans fin qui en tournant permet d'amener les granulés vers les vis de sécurité qui empêchent le retour des flammes vers le stockage journalier.

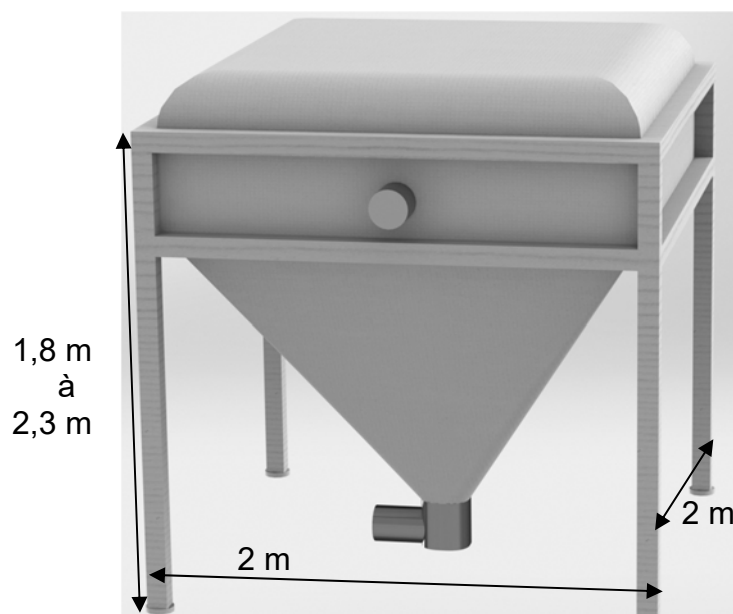
- **Caractéristiques de la vis :**



Volume utile disponible pour contenir les granulés :  $V=125\,000\text{ mm}^3$  par tour de vis.

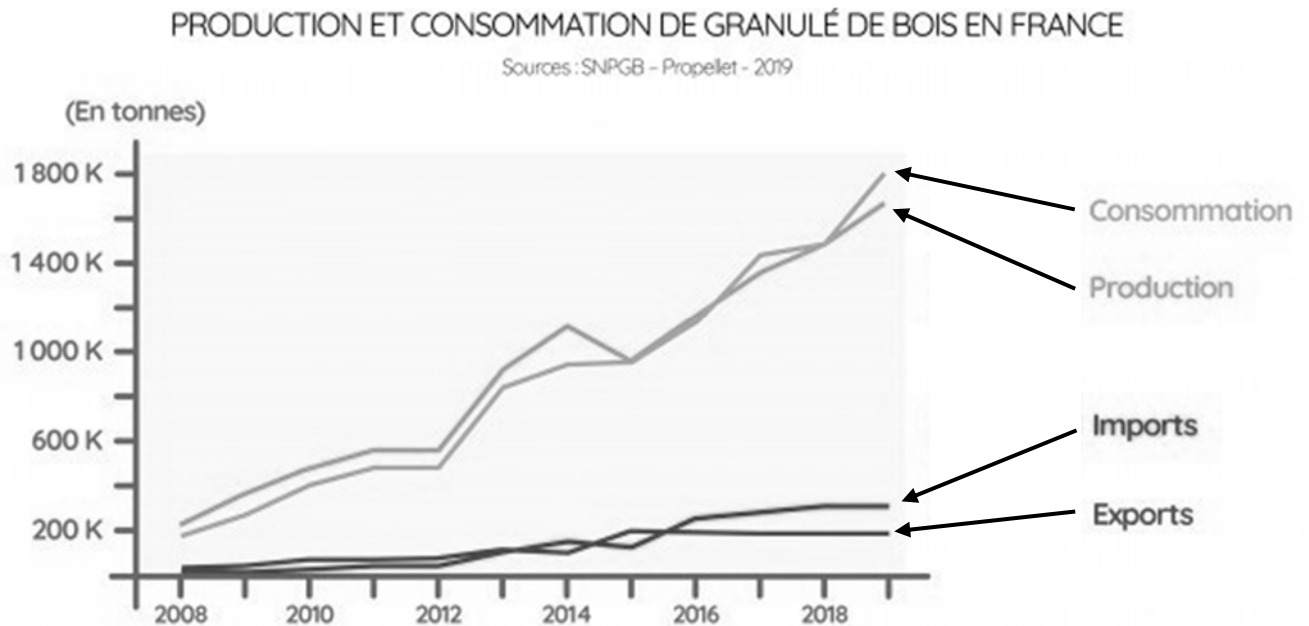
- **Masse volumique des granulés :**  $600\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

## DT5 : silo ECO200P

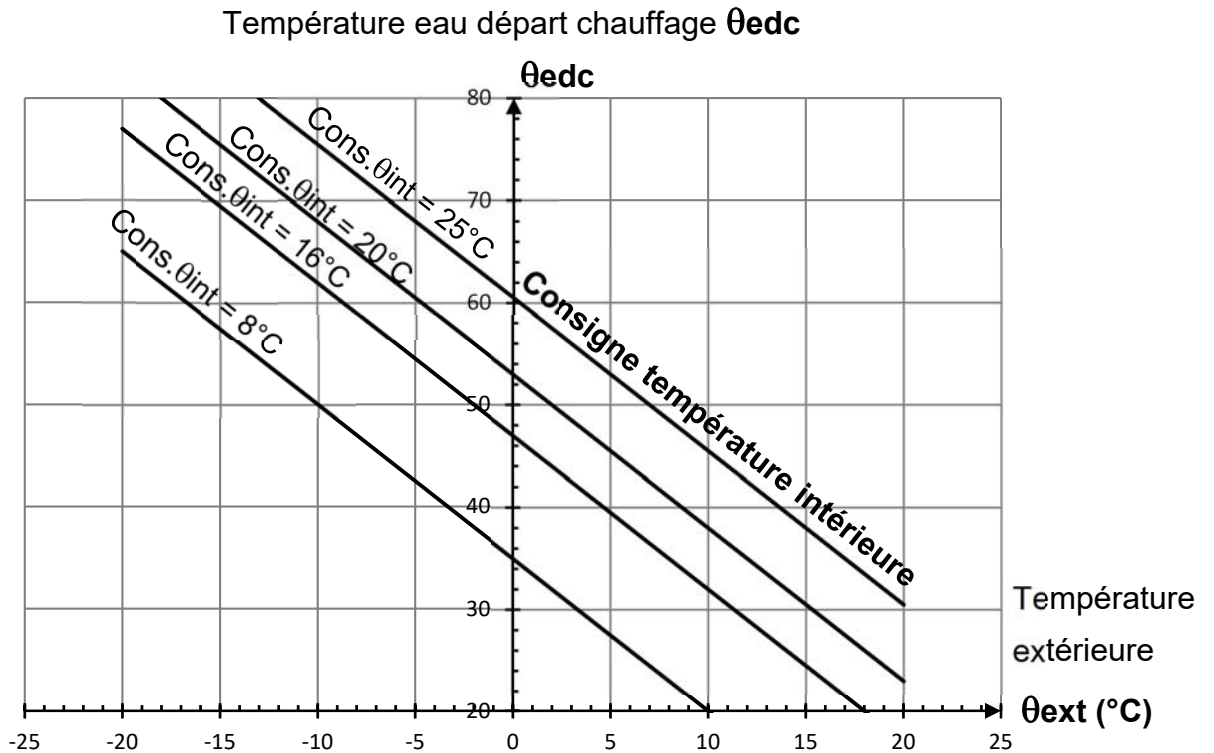


| Article | Longueur (cm) | Largeur (cm) | Hauteur (cm) | Volume (m <sup>3</sup> ) | Tonnage (t) |
|---------|---------------|--------------|--------------|--------------------------|-------------|
| ECO200P | 200           | 200          | 180-230      | 3,2-4,6                  | 2,1-3,1     |

## DT6 : production et consommation de granulés de bois en France



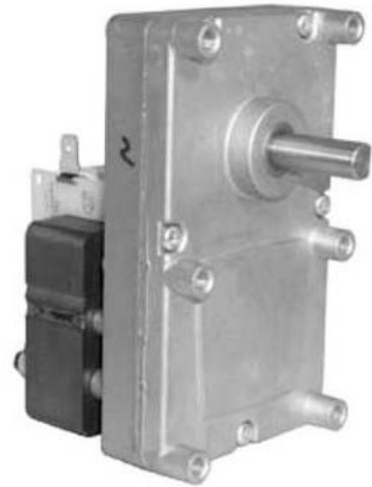
## DT7 : courbes de chauffe pour une régulation climatique





## DT8 : caractéristiques du moto-réducteur de la vis de dosage

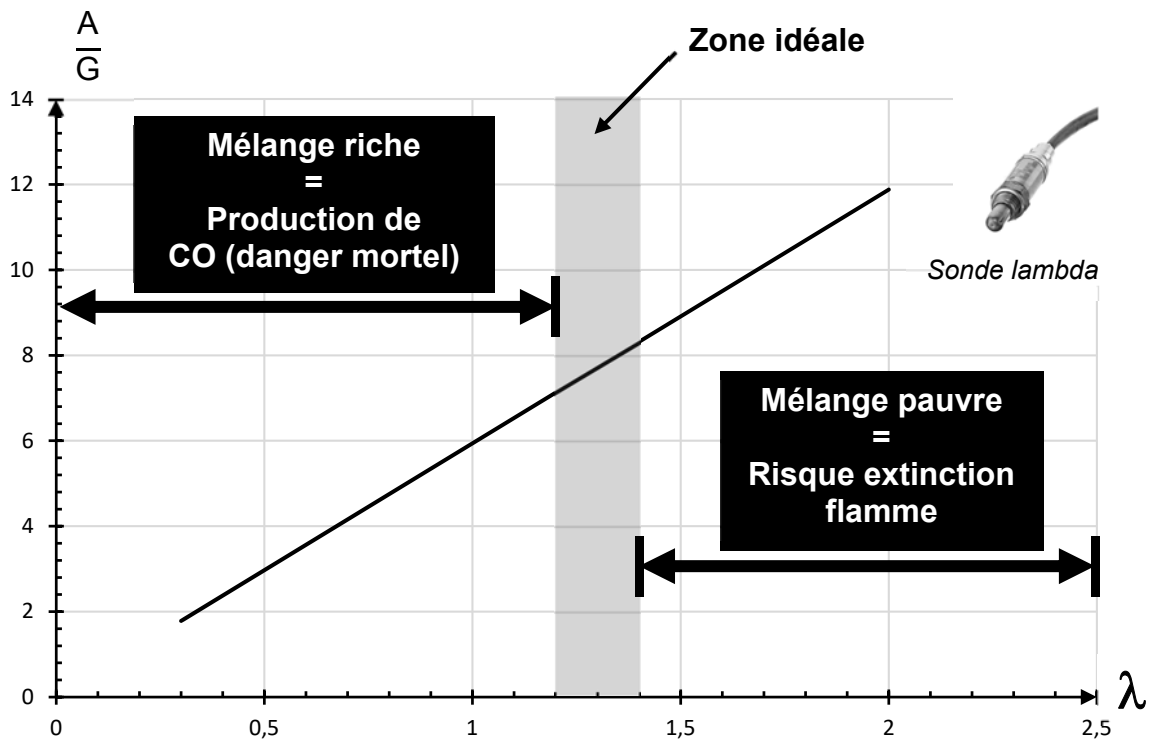
| Description                                      | Information compléme |
|--------------------------------------------------|----------------------|
| <b>Description</b>                               |                      |
| Motoréducteur pour Poêle à Granulés – ref FB1249 |                      |
| Alimentation 220VCA                              |                      |
| Vitesse: 3 rpm                                   |                      |
| Tôles feuilletées: 32 mm                         |                      |
| Diamètre arbre: 8,5 mm                           |                      |

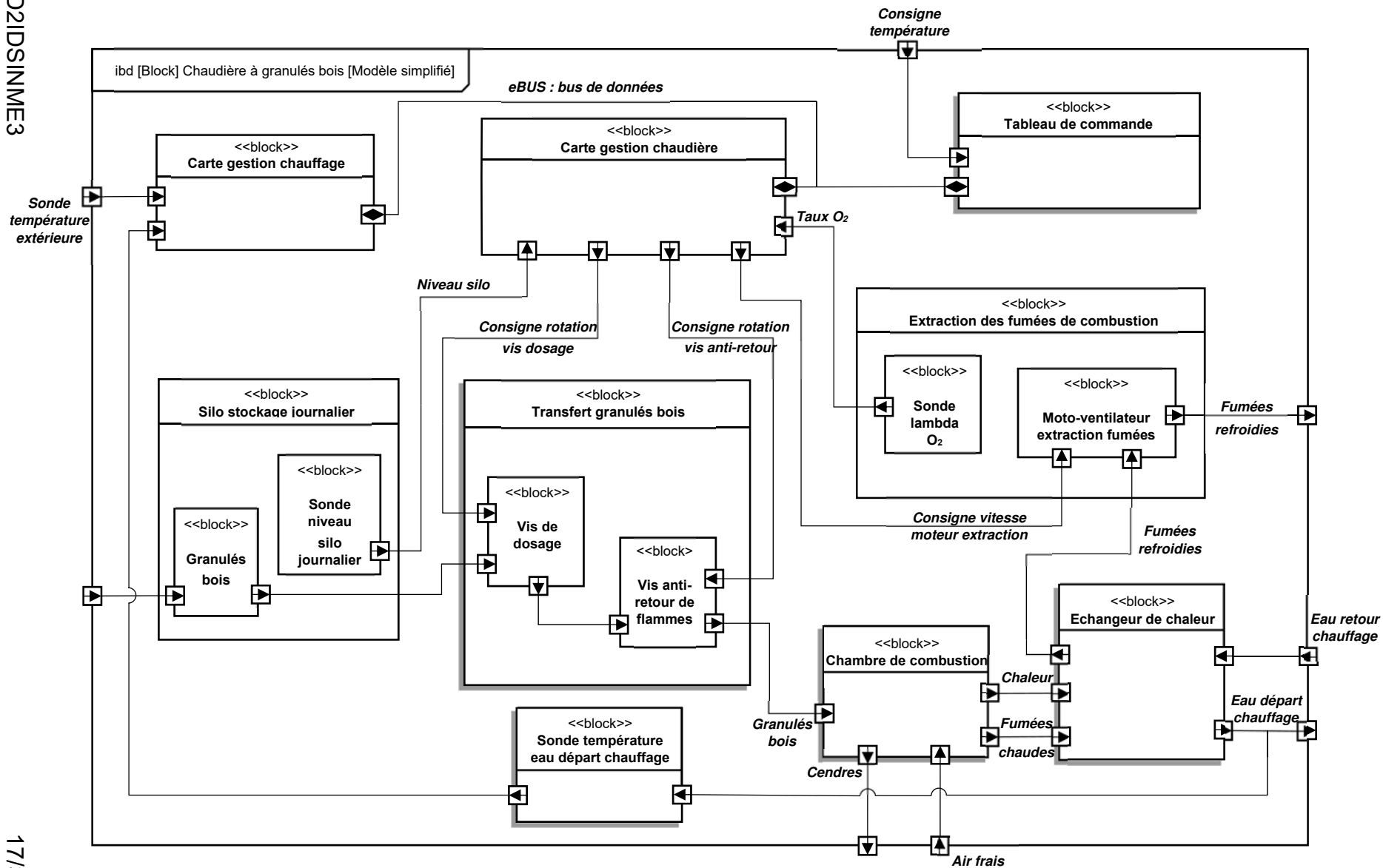


Remarque : **rpm** « revolutions per minute » =  $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$

## DT9 : richesse d'un mélange combustible-comburant

Rapport masse Air / masse Granulés en fonction de lambda





**NOM DE FAMILLE** (naissance) :  
(en majuscules)

**NOM DE FAMILLE** (naissance) :  
(en majuscules)

(en majuscules)

**PRENOM :**

**RENOM :**  
(en majuscules)

**N° candidat :**

**N° d'inscription :**



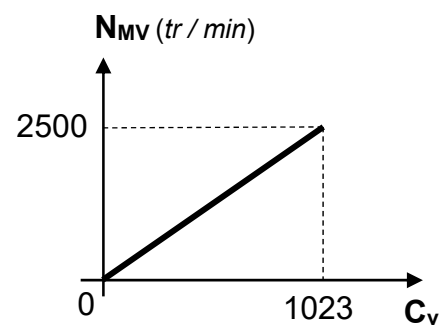
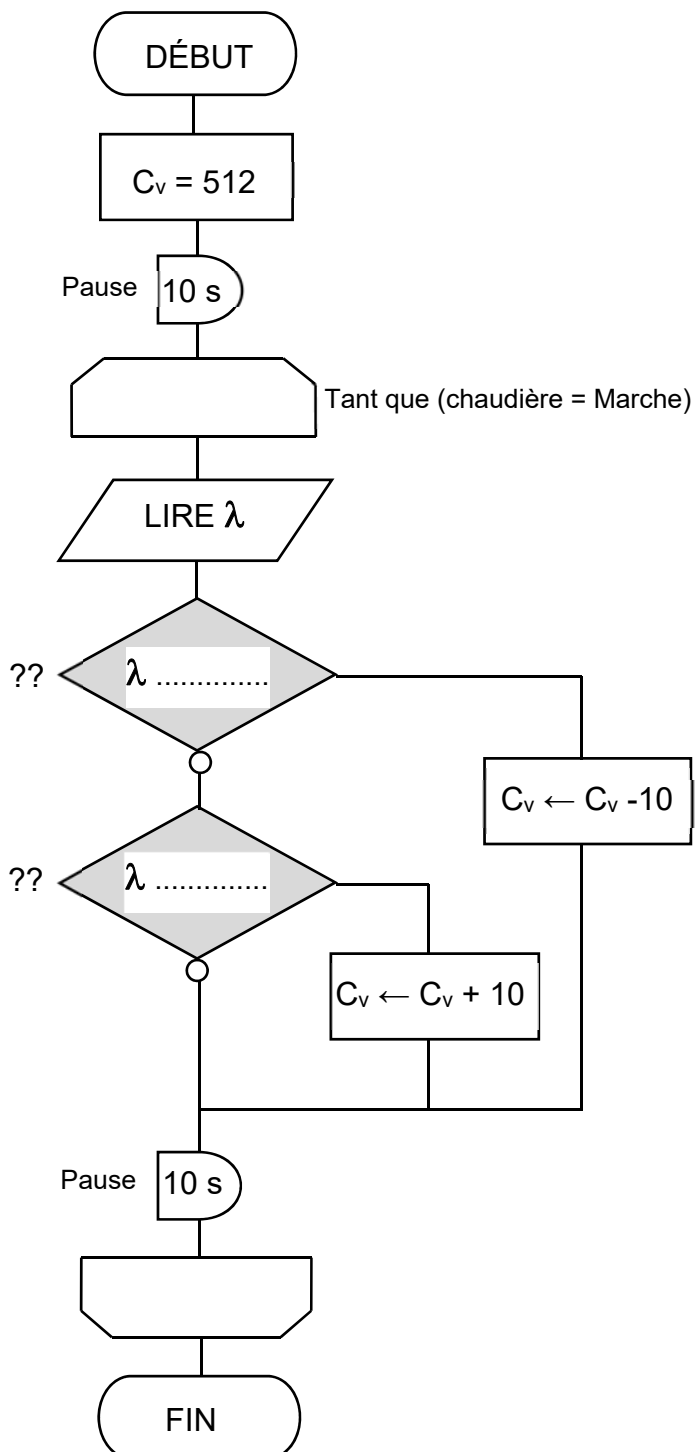
Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**Né(e) le :**

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

## Algorithme de régulation du volume d'air



$N_{mv}$  : Vitesse de rotation  
du moto-ventilateur  
extraction fumées

$C_v$  : Consigne vitesse  
(valeur numérique  
codée sur 10 bits)

**NOM DE FAMILLE** (naissance) :  
(en majuscules)

**NOM DE FAMILLE** (naissance) :  
(en majuscules)

(en majuscules)

**PRENOM :**

**RENOM :**  
(en majuscules)

**N° candidat :**

**N° d'inscription :**



Liberté • Égalité • Fraternité

---

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**Né(e) le :**

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

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

### **Chaudière à granulés**



#### **Constitution du sujet :**

- **Dossier sujet et questionnaire** ..... pages 20 à 26
- **Dossier technique**..... pages 27 à 30
- **Documents réponses** ..... pages 31 à 36

**Dans la partie spécifique, vous devez choisir de traiter la partie B (choix 1) ou la partie C (choix 2). Les autres parties A et D et E sont à traiter obligatoirement.**

## Mise en situation

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.

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.

On s'intéressera également à l'échange interne d'informations au sein de la chaudière.

## Travail demandé

### **PARTIE A : Peut-on obtenir 6 mesures de consommation différentes par jour pour un débit moyen de $0,7 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$ ?**

---

Pour évaluer la consommation en granulés de la chaudière, le choix a été fait de mesurer la masse de granulés dans le silo de stockage. Pour cela, des capteurs de pesage à base de jauges de contrainte sont placés sous chaque pied du silo de stockage. Le DTS1 montre une vue de cette implantation. La masse totale de l'ensemble sera donnée en additionnant les indications des 4 capteurs.

Question A.1     **Expliquer** comment, à partir de la déformation d'un capteur de pesage équipé de jauges de contrainte, on obtient un signal électrique proportionnel à la charge appliquée.

DTS2

#### Hypothèses :

- Le silo de stockage peut contenir au maximum une masse  $m_{\text{granulés}} = 3\text{t}$  de granulés.
- La masse propre du silo et de sa structure est  $m_{\text{silo}} = 240 \text{ kg}$ . Cette masse se répartit équitablement sur les 4 pieds de la structure.
- Pour dimensionner la capacité nominale des capteurs de pesage, on considèrera le cas défavorable où la masse de granulés se répartit de manière identique uniquement sur deux pieds du silo (pied 1 et pied 2).

Question A.2     A l'aide des hypothèses ci-dessus, **donner** l'expression littérale permettant de calculer la charge équivalente  $C_{\text{capteur}}$  (en kg) à laquelle est soumise un capteur sous le pied 1 ou le pied 2 en fonction de  $m_{\text{granulés}}$  et  $m_{\text{silo}}$ .

**Réaliser** l'application numérique.

Question A.3     Les capacités nominales disponibles pour les capteurs de pesage sont : 300kg, 500kg, 1000kg ou 2000kg. **Justifier** l'utilisation de 4 capteurs de pesage de capacité nominale de 2000kg pour mesurer la masse de l'ensemble (granulés + silo et sa structure).

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question A.4<br>DRS1 | <p>Le DRS1 présente la chaîne d'information de la mesure de la masse de granulés. <b>Compléter</b> les rectangles vides en utilisant les termes ci-dessous :</p> <p>"Information numérique" - "Tension analogique" - "poids de l'ensemble" - "Tension analogique amplifiée"</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Question A.5<br>DTS3 | <p>La tension <math>V_{IN+} - V_{IN-}</math> délivrée par un capteur de pesage dépend de sa tension d'alimentation. Le DTS3 indique la caractéristique <math>V_{IN+} - V_{IN-}</math> en fonction de la masse mesurée et pour différentes tensions d'alimentation du capteur. <b>Indiquer</b> la tension <math>(V_{IN+} - V_{IN-})_{nominal}</math> délivrée par le capteur pour sa capacité nominale de 2000kg si la tension d'alimentation est <math>U_{alim} = 10V</math>. On donnera cette valeur en mV.</p>                                                                                                                                                                          |
| Question A.6<br>DRS1 | <p>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, <b>justifier</b> l'utilisation d'un amplificateur en sortie de chaque capteur de pesage.</p> <p>La tension en sortie de chaque amplificateur est donnée par :<br/> <math>U_0 = (V_{IN+} - V_{IN-}) \times G</math>    <math>G</math> étant le gain de l'amplificateur.</p> <p><b>Calculer</b> le gain <math>G</math> des amplificateurs pour obtenir une tension de 5V sur une entrée analogique de l'Arduino pour la tension nominale <math>(V_{IN+} - V_{IN-})_{nominal}</math> délivrée par un capteur.</p> |
| Question A.7<br>DTS4 | <p>A l'aide du document technique DTS4, <b>calculer</b> le quantum (résolution) du CAN. Le quantum est la tension minimale détectable par le CAN (correspondant à <math>N = 1</math>). On choisira une tension pleine échelle de 5V et on précise que <math>n = 10</math> bits pour une entrée analogique d'un Arduino Uno.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Question A.8         | <p>Quels que soient les résultats précédents, on considèrera que la valeur de masse de granulés est donnée par :</p> $m_{granulés} = 400 \times U_0 \quad (\text{avec } U_0 = \text{tension en sortie d'un amplificateur en V})$ <p>A partir du quantum déterminé précédemment, <b>calculer</b> la masse minimale <math>m_{mini}</math> détectée par le CAN pour un capteur puis pour 4 capteurs <math>m_{4mini}</math>.</p>                                                                                                                                                                                                                                                              |



Si l'on prend également en compte l'erreur de mesure introduite par les capteurs de pesage (1,36kg), on peut estimer que  $m_{4mini} = 9,18 \text{ kg}$ .

Question A.9 | Si on considère un débit moyen de granulés de  $0,7 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$ , **calculer** le temps mis pour consommer la masse  $m_{4mini}$  de granulés (en heures).

Question A.10 | **Conclure** sur la possibilité de respecter la problématique de la partie A avec cette chaîne d'information.

En étudiant les résultats précédents, pour obtenir une meilleure précision sur l'acquisition de la masse de granulés, **indiquer** quel est l'élément de cette chaîne d'information à modifier en priorité (entre les capteurs de pesage, les amplificateurs ou les CAN). **Justifier** votre réponse.

Choix 1 :

## PARTIE B : Comment vérifier la bonne réception de la valeur de la masse de granulés par le serveur ?

Les CAN sont intégrés à une carte Arduino, les tensions analogiques  $U_{01}$  à  $U_{04}$  en sortie des amplificateurs sont présentées aux entrées analogiques A1 à A4 de la carte Arduino (cf. DRS1).

La masse nette de granulés s'obtient à partir de l'addition des indications des 4 capteurs de pesage en n'oubliant pas de soustraire la masse propre du silo et de sa structure (tare).

Question B.1 | Bien lire l'algorithme donné sur le DRS2 qui permet de calculer la masse nette de granulés dans le silo (*masseGranulesFloat*). **Compléter** alors la ligne 17 de cet algorithme en utilisant les noms de variables données dans celui-ci.

Question B.2 | **Donner** la valeur de *masseGranulesInt* calculée par l'algorithme précédent si les valeurs numériques présentes en sorties des CAN sont :

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

On donne sur le DTS5 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*.

Question B.3 | Sur le DTS7, 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. A l'aide de la table ASCII donnée en DTS8, **déterminer** les 4 caractères du paramètre *masse* et donc la valeur transmise.

DTS5

DTS7

DTS8

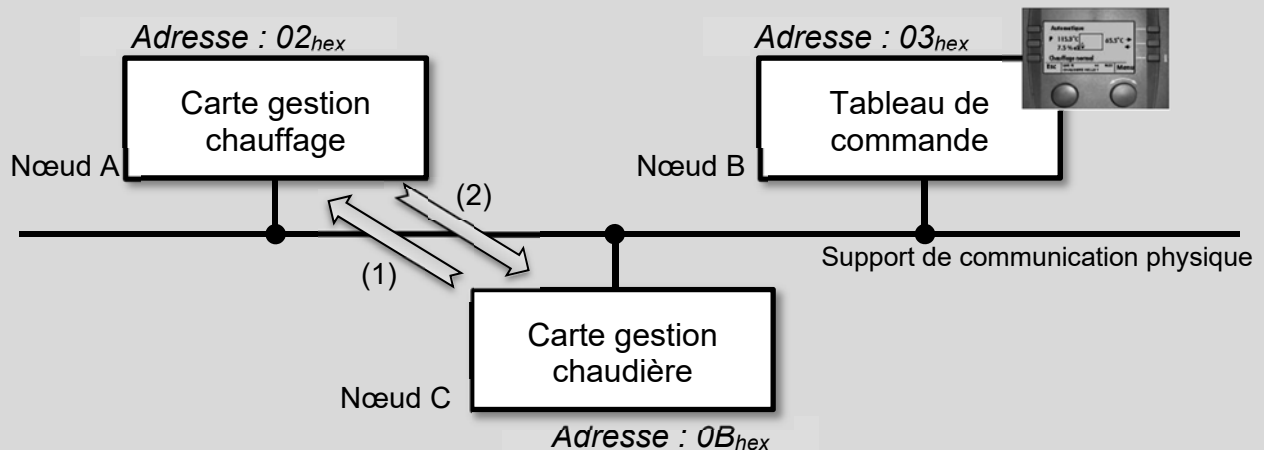
Question B.4 | La trame n°312 sur le DTS7 correspond à la réponse à cette requête. **Conclure** sur la bonne transmission de la masse de granulés vers le serveur.

DTS7

Choix 2 :

## PARTIE C : Comment gérer la transmission d'information au sein de la chaudière ?

Pour la chaudière, la température eau départ chauffage  $\theta_{edc}$  est calculée par une carte électronique appelée « carte gestion chauffage ». Le réseau interne de communication numérique entre les différentes cartes électroniques de la chaudière utilise le protocole eBUS (energy BUS). L'architecture de ce réseau est la suivante :



À intervalles de temps réguliers, la carte gestion chaudière interroge la carte gestion chauffage grâce à une trame de requête (1), celle-ci lui répond par une trame de réponse (2) en lui fournissant les informations manquantes : température eau départ chauffage  $\theta_{edc}$  et température extérieure  $\theta_{ext} = 7^{\circ}\text{C}$ .

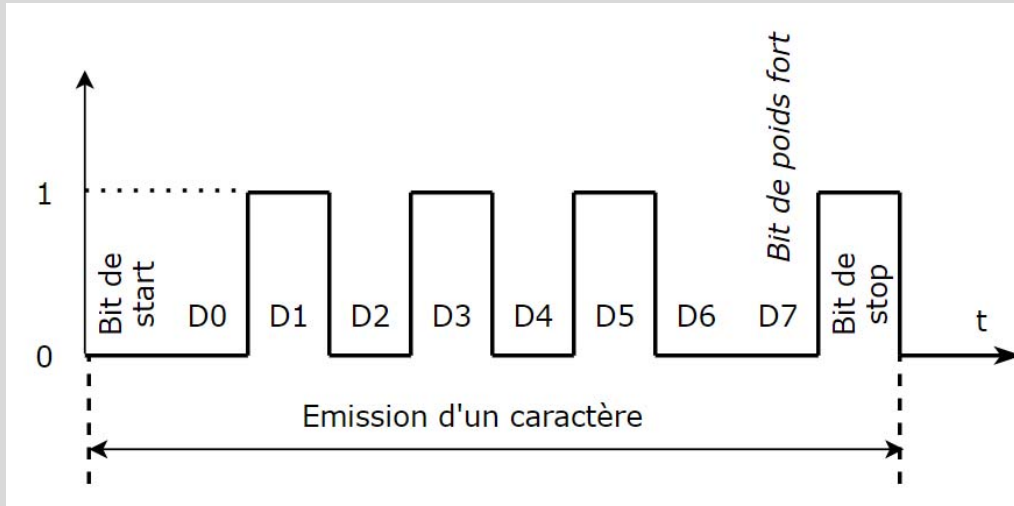
Question C1 | **Compléter**, sur le document réponse DRS3, les trames de requête (1) et de réponse (2) qu'échangeront les deux cartes électroniques.

DRS3

La valeur de la consigne de température eau départ chauffage  $\theta_{edc}$  sera complétée lors de la question C2.

Chaque octet de données d'une trame est en fait émis de la manière suivante :

- 1 bit de start (bit à 0)
- Les 8 bits de l'octet à transmettre (bit de poids faible transmis en premier)
- 1 bit de stop (bit à 1)



Question C.2

DRS3

Le chronogramme ci-dessus est un enregistrement de l'émission de la valeur de la température eau de départ chauffage ( $\theta_{edc}$ ).

**Donner** la valeur binaire de cette température. **Convertir** cette valeur en hexadécimal et en décimal puis **compléter** alors le DRS3.

La vitesse de transmission de cette communication est de 2400 bits/s.

La trame de *fin de transmission* (3) sur le DRS3 comporte 11 octets.

Question C3

DRS3

En examinant le chronogramme ci-dessus, **indiquer** le nombre de bits nécessaires à l'émission d'un caractère (dont la longueur utile est de un octet).

**En déduire** le nombre de bits nécessaires à l'émission des 3 trames (1 : *Demande d'informations*, 2 : *Envoi d'informations* et 3 : *Fin de transmission* du DRS3).

**Calculer** la durée totale de la communication depuis l'émission de la requête (1) jusqu'à la fin de l'émission de la trame de fin de transmission (3).

Question C4

En examinant le nombre de paramètres transmis par la trame de réponse et au regard de la question précédente, **conclure** sur le choix de cette technologie de transmission pour gérer les échanges d'informations au sein de la chaudière.

## PARTIE D : Comment suivre la consommation énergétique du chauffage de l'habitation ?

---

On donne sur le DTS5 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 communique toutes les quatre heures au Raspberry Pi la masse de granulés restante dans le silo, valeur qui sera stockée dans la base de données avec son horodatage.

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

Question D.1 | **Compléter** le diagramme de séquence donné dans le DRS4 en y plaçant le numéro de chacune des 4 actions proposées au-dessus des 4 flèches.  
DRS4

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 D.2 | **Déterminer** 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. **Donner** son nom.  
DTS5  
DTS6

En se connectant sur le serveur, on peut consulter la masse de granulés restante (G) ainsi que la consommation des 12 mois précédant le mois en cours. L'affichage permet de comparer les consommations mensuelles avec des valeurs moyennes de référence. La couleur d'affichage de ces consommations permet de vérifier si l'on dépasse les valeurs de référence.

Question D.3 | Le DRS5 présente l'algorithme qui permet de gérer les données de consommation et leur affichage. **Compléter** les 2 cadres contenant des pointillés sur le DRS5.  
DRS5

Question D.4 | A l'aide des éléments donnés sur le DRS5, **compléter** le tableau du DRS6.  
DRS6

## PARTIE E : Conclusion

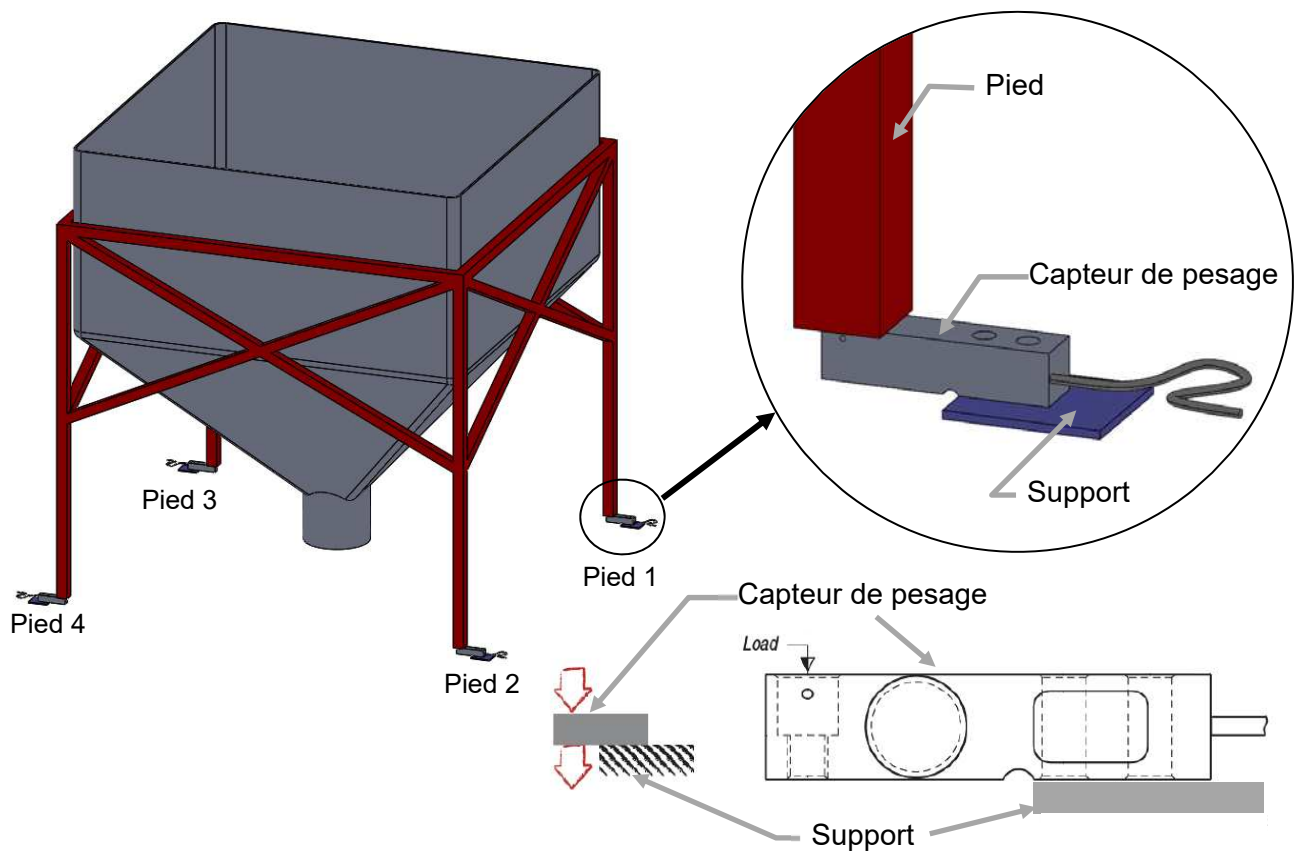
---

La base de données stocke à chaque relevé :

- Un index sur 4 octets
- La masse de granulés sur 2 octets
- L'heure et la date sur 20 octets

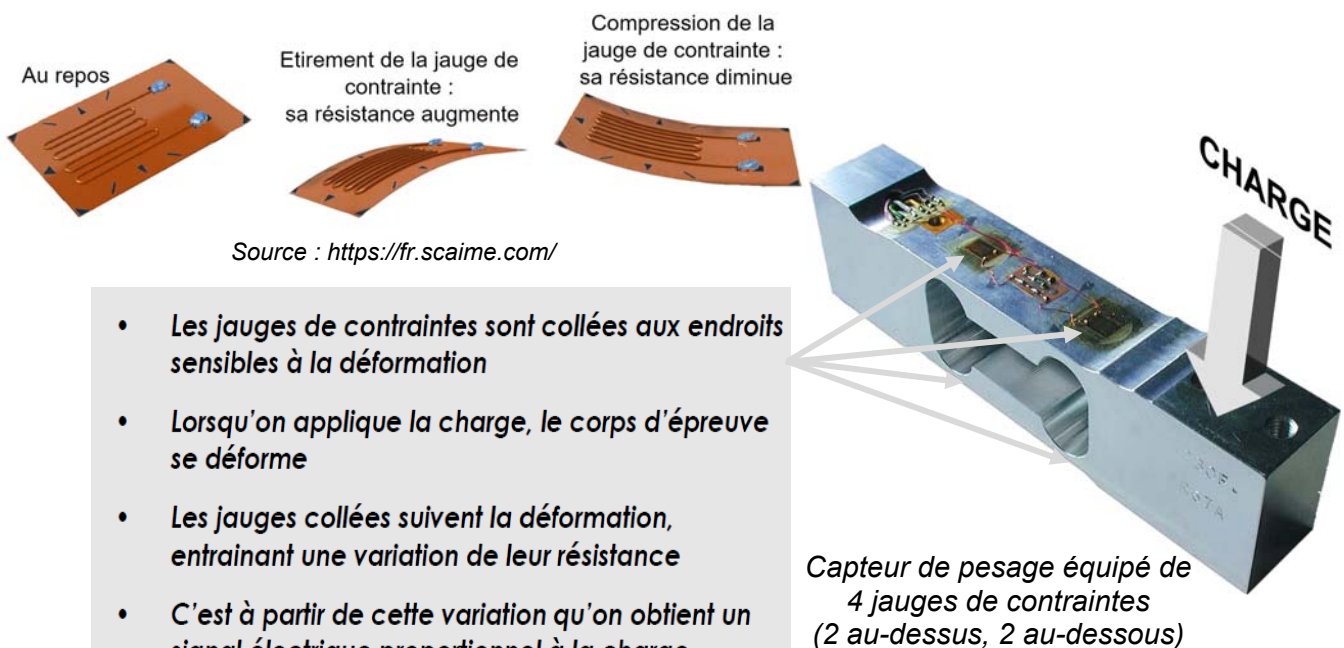
|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Question E.1 | Sachant que l'on stocke dans la base de données un relevé toutes les 4 heures, <b>calculer</b> la taille minimale (en octets puis en ko) de la mémoire nécessaire si l'on veut archiver 10 ans de consommation. On considèrera que l'installation fonctionne 245 jours par an. |
| Question E.2 | A l'aide de études réalisées dans les parties A, D et E, <b>conclure</b> sur la viabilité de la solution retenue pour suivre la consommation de granulés.                                                                                                                      |

## DTS1 : Implantation des capteurs de pesage sous les pieds du silo

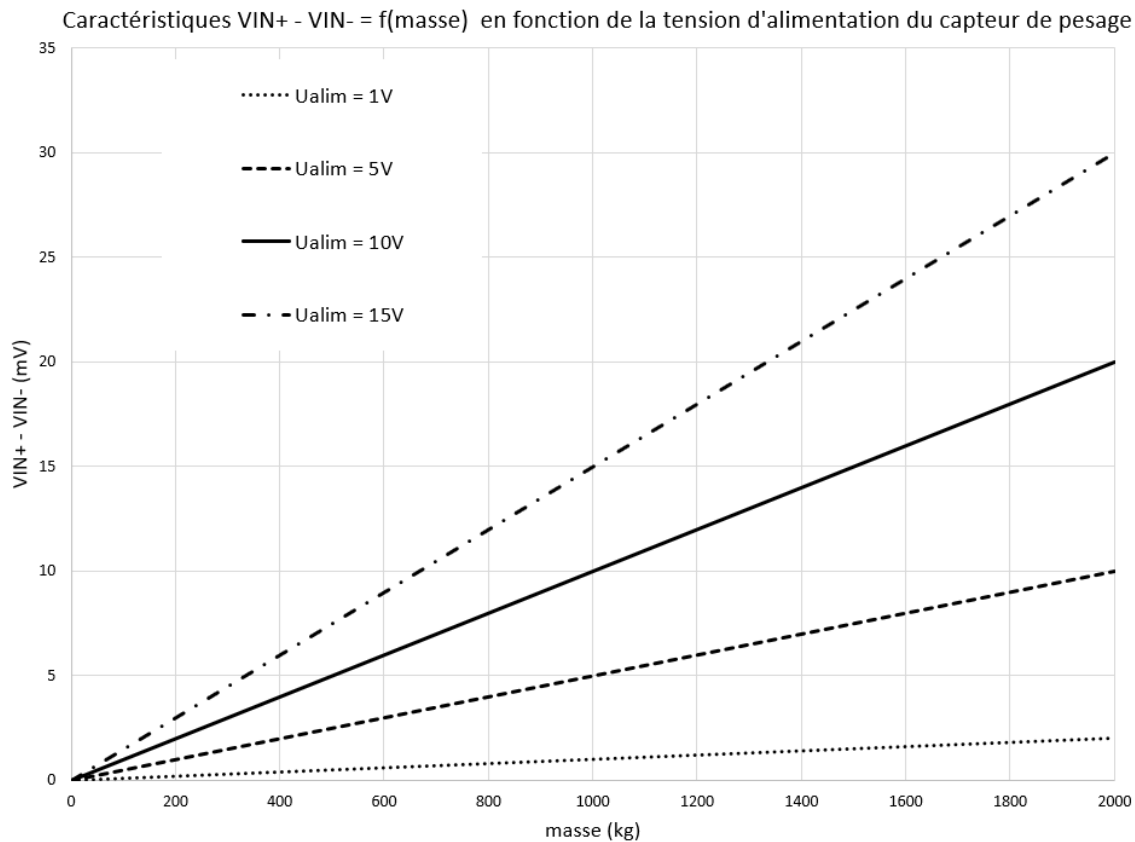


## DTS2 : Fonctionnement d'un capteur de pesage à jauges de contrainte

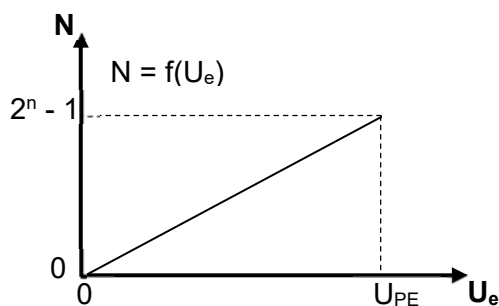
Un capteur de pesage est un barreau métallique qui a été usiné de sorte que certaines zones soient fortement soumises à la contrainte lorsqu'une force s'applique sur celles-ci. Des jauges de contrainte sont collées dans ces zones. Les jauges de contrainte les plus courantes sont constituées d'un fil très fin qui va se déformer de la même manière que la zone où elles sont collées.



### DTS3 : $V_{IN+} - V_{IN-}$ du capteur de pesage en fonction de la masse et de sa tension d'alimentation



### DTS4 : Valeur numérique N en fonction de la tension d'entrée d'un CAN



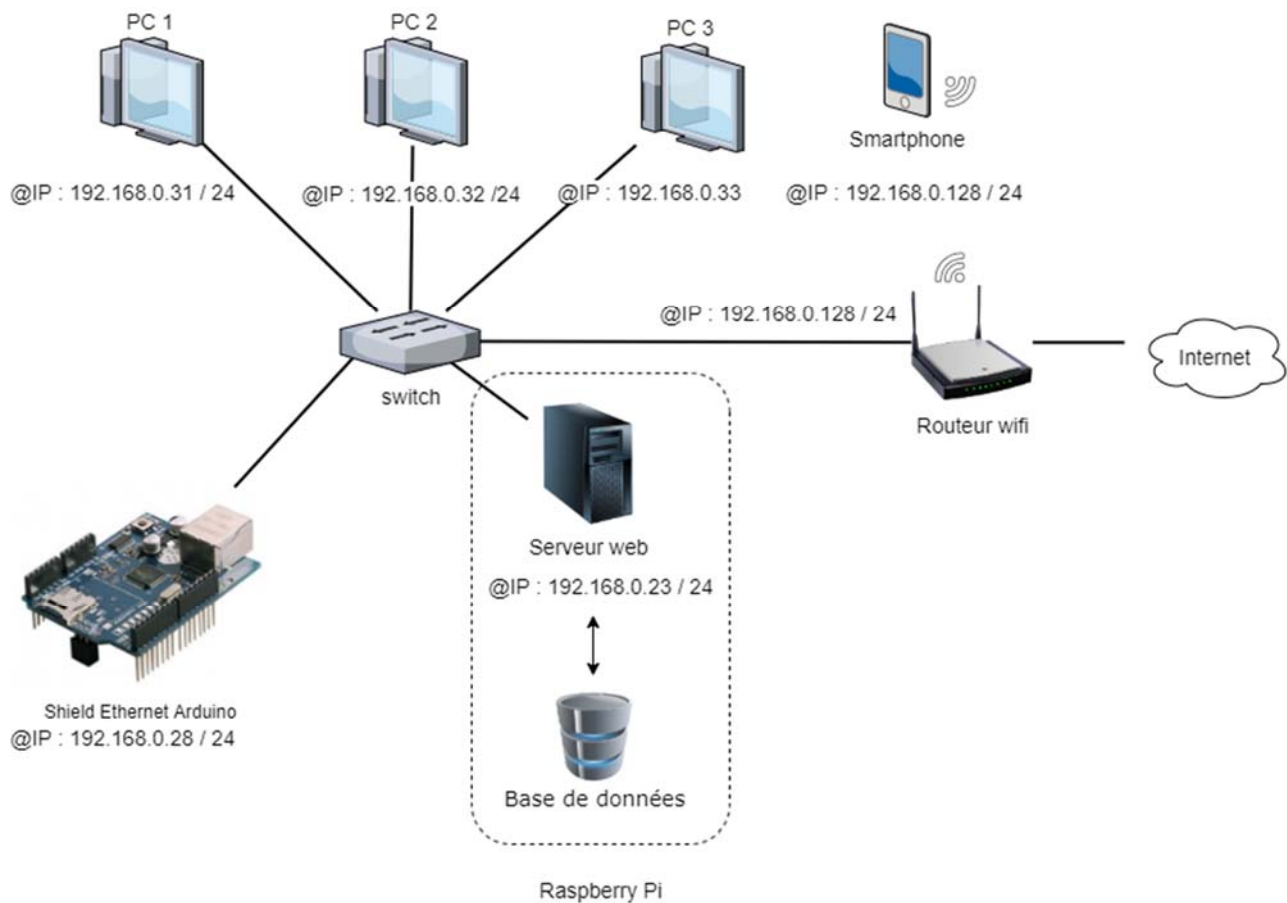
$U_{PE}$  : Tension pleine échelle, tension d'entrée maximale du convertisseur

$U_e$  : Tension d'entrée du CAN

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

$n$  : nombre de bits du CAN

## DTS5 : Schéma du réseau domestique



## DTS6 : Trame Ethernet

Non enregistré dans la capture de trame

| En octets       |   |   |   |   |   |   |   |                         |   |   |   |   |   |                    |   |    |    |    |    |                 |                     |    |      |     |           |     |     |     |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|-------------------------|---|---|---|---|---|--------------------|---|----|----|----|----|-----------------|---------------------|----|------|-----|-----------|-----|-----|-----|
| 0               | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8                       | 9 | a | b | c | d | e                  | f | 10 | 11 | 12 | 13 | 14              | 15                  | 16 | .... | 5e9 | 5ea       | 5eb | 5ec | 5ed |
| Préambule + SFD |   |   |   |   |   |   |   | Adresse MAC destination |   |   |   |   |   | Adresse MAC source |   |    |    |    |    | Type de données | Données encapsulées |    |      |     | FCS / CRC |     |     |     |

| En bits                       |   |   |   |                                 |   |   |   |                           |   |    |    |    |    |    |    |                                      |    |                              |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------------------------|---|---|---|---------------------------------|---|---|---|---------------------------|---|----|----|----|----|----|----|--------------------------------------|----|------------------------------|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|----|----|----|
| 0                             | 1 | 2 | 3 | 4                               | 5 | 6 | 7 | 8                         | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16                                   | 17 | 18                           | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24      | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| Version<br>4 bits             |   |   |   | Longueur<br>d'en tête<br>4 bits |   |   |   | Type de service<br>8 bits |   |    |    |    |    |    |    | Longueur totale<br>16 bits           |    |                              |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |
| Identification<br>16 bits     |   |   |   |                                 |   |   |   |                           |   |    |    |    |    |    |    | Drapeau<br>3 bits                    |    | Décalage fragment<br>13 bits |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |
| Durée de vie<br>8 bits        |   |   |   |                                 |   |   |   | Protocole<br>8 bits       |   |    |    |    |    |    |    | Somme de contrôle en tête<br>16 bits |    |                              |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |
| Adresse IP source 32bits      |   |   |   |                                 |   |   |   |                           |   |    |    |    |    |    |    |                                      |    |                              |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |
| Adresse IP destination 32bits |   |   |   |                                 |   |   |   |                           |   |    |    |    |    |    |    |                                      |    |                              |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |
| Options éventuelles           |   |   |   |                                 |   |   |   |                           |   |    |    |    |    |    |    |                                      |    |                              |    |    |    |    |    | Bourage |    |    |    |    |    |    |    |
| Données                       |   |   |   |                                 |   |   |   |                           |   |    |    |    |    |    |    |                                      |    |                              |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |    |    |



## DTS7 : 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

## DTS8 : Table ASCII

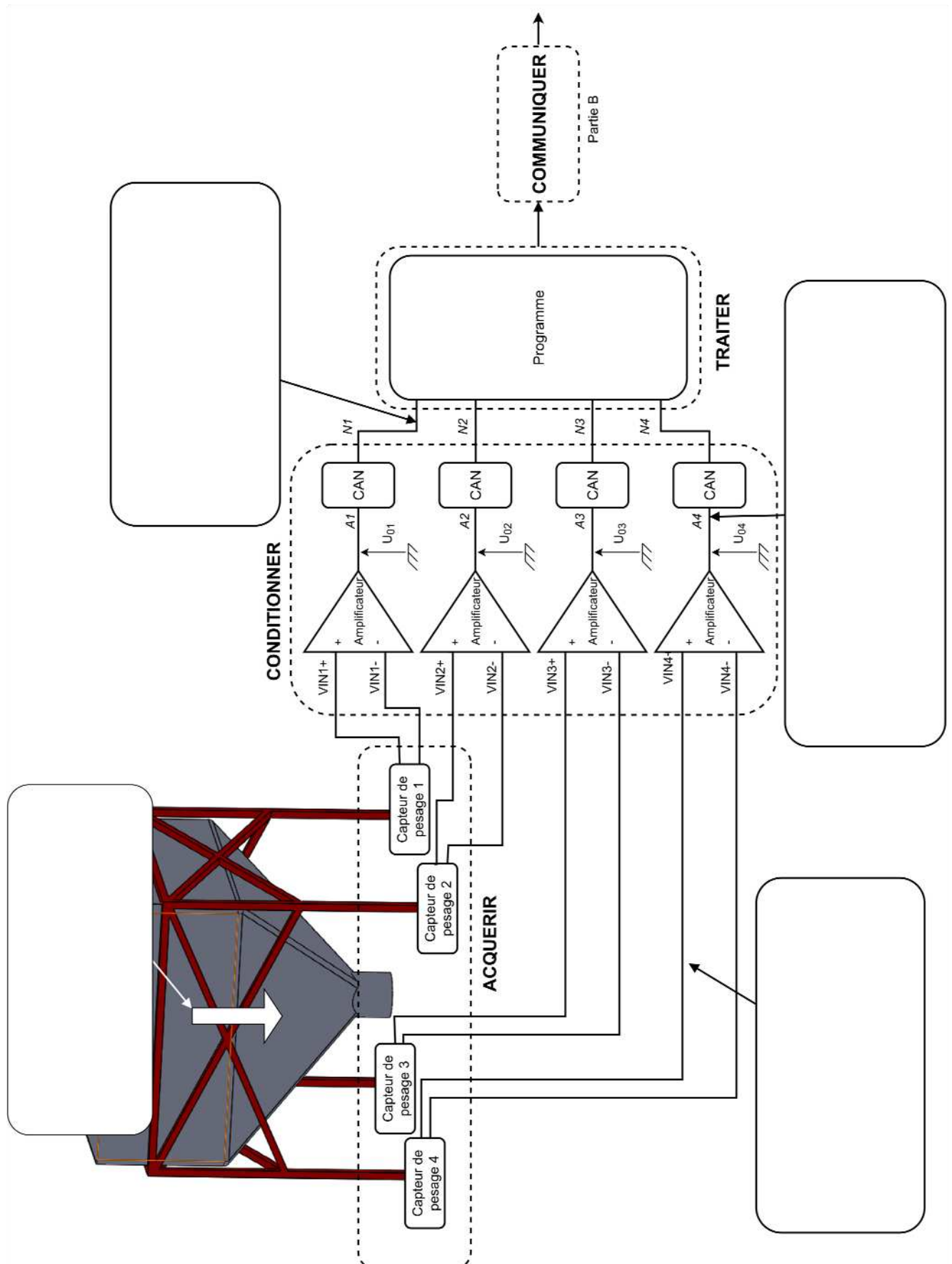
# ASCII TABLE

| 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 41 correspond au caractère A

## DRS1 : Chaîne d'information " pesage granulés"

Question A.4



## 1.2

## DRS2 : Calcul de la masse de granulés

### Question B.1

#### 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 + lectureEntreeAnalogique(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

*lectureEntreeAnalogique(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)

**NOM DE FAMILLE** (naissance) :  
(en majuscules)

**NOM DE FAMILLE** (naissance) :  
(en majuscules)

(en majuscules)

**PRENOM :**

**RENOM :**  
(en majuscules)

**N° candidat :**

**N° d'inscription :**



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

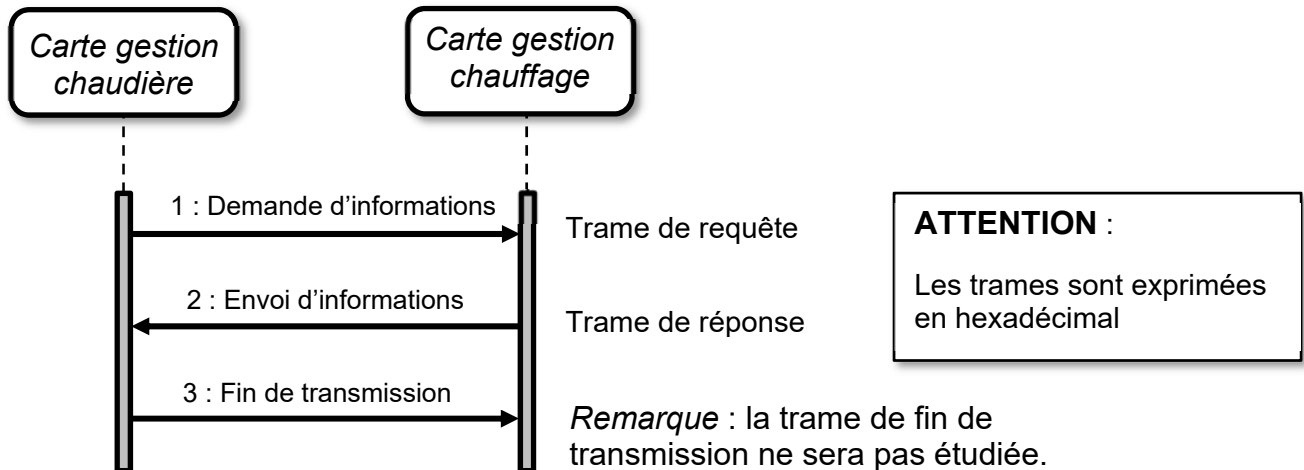
**Né(e) le :**

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

## DRS3 :

### Protocole de communication eBUS

L'eBUS (energy BUS) est un bus de communication de données série bidirectionnel. L'échange d'informations entre les différents nœuds respecte le protocole suivant :



#### protocole trame de requête (1)

| Adresse source | Adresse destination | Contrôle chaudière | Requête   | Nbre d'octets données | Etat requête | Contrôle CRC | ACQ       | Relâchement du bus |
|----------------|---------------------|--------------------|-----------|-----------------------|--------------|--------------|-----------|--------------------|
| 1 octet        | 1 octet             | 1 octet            | 1 octet   | 1 octet               | 1 octet      | 1 octet      | 1 octet   | 1 octet            |
| ...            | ...                 | <b>05</b>          | <b>00</b> | <b>01</b>             | <b>AA</b>    | <b>77</b>    | <b>00</b> | <b>AA</b>          |

#### protocole trame de réponse (2)

| Adresse source | Adresse destination | Contrôle chaudière | Contrôle données | Nbre d'octets données | Statut chauffage | Consigne temp. eau départ chauffage | Consigne temp.ECS (57°C) | Suite de la trame ci-dessous |
|----------------|---------------------|--------------------|------------------|-----------------------|------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| 1 octet        | 1 octet             | 1 octet            | 1 octet          | 1 octet               | 1 octet          | 1 octet                             | 1 octet                  |                              |
| ...            | ...                 | <b>05</b>          | <b>01</b>        | <b>05</b>             | <b>AA</b>        | ...                                 | <b>39</b>                |                              |

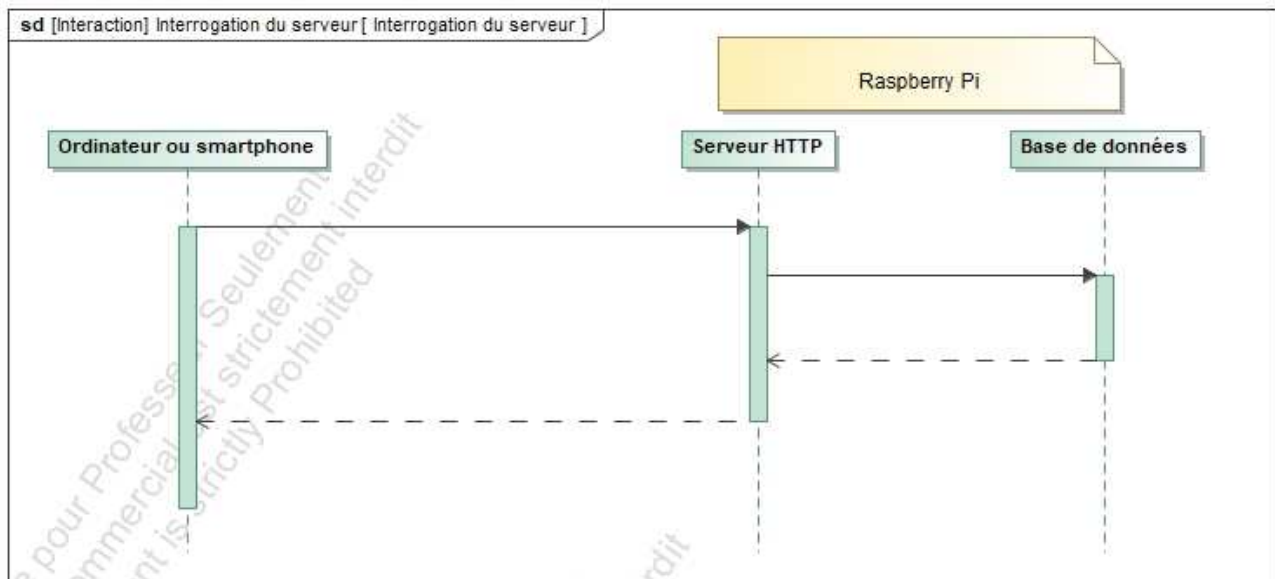
Question C2

|                              |                  |                           |              |           |                    |
|------------------------------|------------------|---------------------------|--------------|-----------|--------------------|
| Suite de la trame de réponse | Temp. extérieure | Performance chaudière (%) | Contrôle CRC | ACQ       | Relâchement du bus |
|                              | 1 octet          | 1 octet                   | 1 octet      | 1 octet   | 1 octet            |
|                              | ...              | <b>64</b>                 | <b>A2</b>    | <b>00</b> | <b>AA</b>          |

1.2

## DRS4 : diagramme de séquence

Question D.1



- 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



**NOM DE FAMILLE** (naissance) :  
(en majuscules)

**NOM DE FAMILLE** (naissance) :  
(en majuscules)

(en majuscules)

**PRENOM :**

**RENOM :**  
(en majuscules)

**N° candidat :**

**N° d'inscription :**



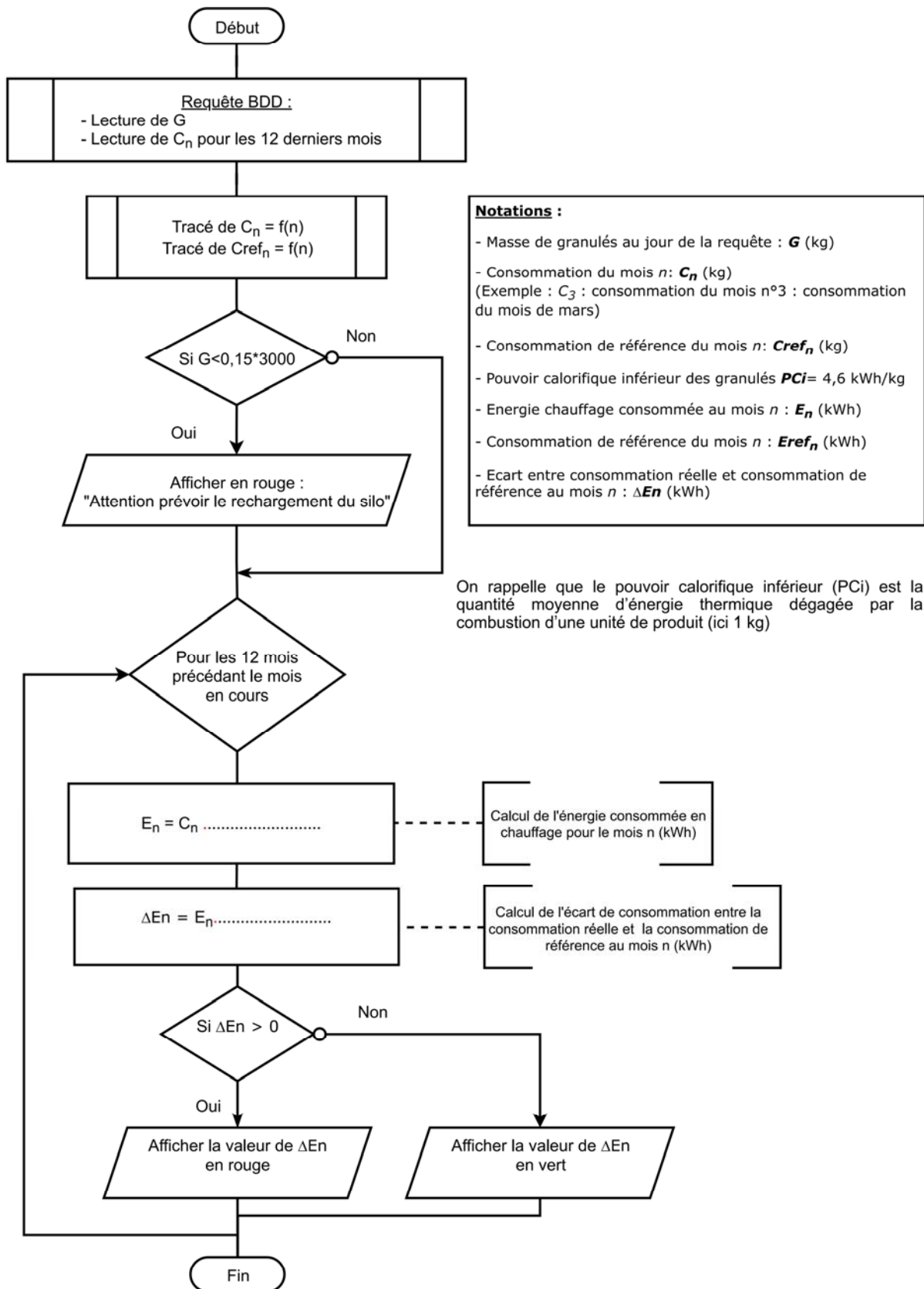
Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**Né(e) le :**

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

## DRS5 : Etude de la consommation

### Question D.3



**NOM DE FAMILLE** (naissance) :  
(en majuscules)

**NOM DE FAMILLE** (naissance) :  
(en majuscules)

(en majuscules)

**PRENOM :**

**RENOM :**  
(en majuscules)

**N° candidat :**

**N° d'inscription :**



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**Né(e) le :**

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

## DRS6 : Etude de la consommation

---

### Question D.4

| Mois                                                                        | Mai | Décembre | Mars |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|----------|------|
| <b>G</b> (kg)                                                               | 430 | 2707     | 904  |
| Affichage " <i>Attention prévoir le<br/>rechargement du silo</i> "<br>(O/N) |     |          |      |
| <b>E<sub>n</sub></b> (kWh)                                                  | 197 | 2487     | 863  |
| <b>Eref<sub>n</sub></b> (kWh)                                               | 658 | 1897     | 1068 |
| <b><math>\Delta E_n</math></b> (kWh)                                        |     |          |      |
| Couleur d'affichage de <b><math>\Delta E_n</math></b>                       |     |          |      |

**NOM DE FAMILLE** (naissance) :  
(en majuscules)

**NOM DE FAMILLE** (naissance) :  
(en majuscules)

(en majuscules)

**PRENOM :**

**RENOM :**  
(en majuscules)

**N° candidat :**

**N° d'inscription :**



Liberté • Égalité • Fraternité

---

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**Né(e) le :**

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.