

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2021

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION

Durée de l'épreuve : **4 heures**

PARTIE COMMUNE (12 points)

Chaudière à granulés



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

Question 1.1 | **Indiquer** quel combustible émet le plus de gaz à effet de serre en *kg.équivalent CO₂/ MW·h utile*.
DT1 (feuille 1/2)

Le fuel

Question 1.2 | **Indiquer** l'énergie la plus utilisée pour le chauffage des foyers français.
DT1 (feuille 1/2)

L'électricité

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 CO₂/ MW·h utile*.
DT1

	Gaz	Électricité	Fioul	Bois
Part d'émission de gaz à effet de serre en <i>kg.équivalent CO₂ / MW·h</i>	$28,6 \% \times 222 =$ 63,5	$35,1 \% \times 180 =$ 63,2	$15,4 \% \times 466 =$ 71,8	$17,3 \% \times 37 =$ 6,4

Le fioul est celle qui émet le plus de gaz à effet de serre *kg. équivalent CO₂ /MWh utile*.

Question 1.4 | **Calculer** le gain en Co2 si 100% du chauffage utilisait du bois. **Conclure** sur la pertinence de cette solution au regard de ce critère.

$$100\% \times 37 = 37 \text{ kg.équivalent CO}_2 / \text{MW}\cdot\text{h utile}$$

$$\text{Quantité totale actuelle : } 63,5 + 63,2 + 71,8 + 6,4 = 204,9 \text{ kg.équivalent CO}_2 / \text{MW}\cdot\text{h utile}$$

$$\text{Gain : } 204,9 - 37 = 167,9 \text{ kg.équivalent CO}_2 / \text{MW}\cdot\text{h utile}$$

Conclusion cette solution fait gagner 81% d'émission de CO₂ pour le chauffage domestique.

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

Question 2.1 | **Indiquer** les risques pour la santé des particules PM10.

DT1 (feuille 1/2)

Risques augmentés pour : accidents cardiaques, cancer du poumon, cancer des sinus de la face, accidents vasculaires cérébraux.

Question 2.2 | **Donner** le pourcentage des émissions totales de PM10 liées à la combustion de bois par les ménages et le **comparer** avec celui du trafic routier.

DT1 (feuille 2/2)

$80\% \times 29\% = 23,2\%$ équivalent à celui du trafic routier (25%) pour l'île de France.

Question 2.3 | **Calculer** le pourcentage des émissions totales de PM10 liées à la combustion de bois de chauffage pour les ménages équipés de cheminées à foyer ouvert.

DT1 (feuille 2/2)

Les appareils à foyer ouvert *représentent 50% des émissions dues au chauffage au bois.*
C'est-à-dire $23,2\% \times 50\% = 11,6\%$ du total

Question 2.4 | **Evaluer** les conséquences du remplacement des appareils à foyer ouvert par un chauffage aux granulés sur le pourcentage des émissions totales de PM10. **Conclure** sur l'intérêt d'un chauffage bois aux granulés.

DT1 (feuille 2/2)

Le granulé de bois émet 8 fois moins qu'une cheminée à foyer ouvert

Ainsi, les émissions de PM10 d'un combustible à granulés ne représenteraient plus que $11,6\% / 8 = 1,45\%$ soit un gain de 10 points environ sur les émissions du secteur résidentiel.

Partie 3 : comment évaluer la consommation annuelle en granulés ?

Question 3.1 | Le tableau du DT2 indique la quantité d'énergie thermique dégagée par la combustion de différents types d'énergie. **Relever** le pouvoir calorifique inférieur (PCi) du fioul et des granulés de bois en précisant bien l'unité de produit correspondante.

DT2

PCi du fioul : 9,97 kWh pour un litre de fioul

PCi des granulés de bois : 4600 kWh pour une tonne de granulés

Question 3.2 | Sachant que la consommation actuelle de fioul domestique est de 1380 L par an, **calculer** la quantité d'énergie thermique E_T (en kWh) produite par l'ancienne chaudière, dont le rendement est de 75%.

$E_T = 0,75 \times 1380 \times 9,97 = 10318,95 \text{ kWh}$

Question 3.3 |

DT3

Relever la valeur du rendement à charge partielle de la nouvelle chaudière à granulés.

Calculer 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 .

Rendement à charge partielle de la chaudière Euroclima 32 : 91%

$$E_T = 0,91 \times m_G \times 4600 \text{ donc } m_G = E_T / (0,91 \times 4600) = 2,465 \text{ tonnes} = 2465 \text{ kg}$$

Question 3.4

DT4, DT5

Calculer le volume de granulés à stocker (en m^3) pour alimenter la chaudière pendant une saison de chauffe.

Justifier le choix du silo proposé sur le document DT5.

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

$$\text{Donc } V_G = 2465 / 600 = 4,11 \text{ m}^3$$

Le silo proposé sur le document DT5 permet bien de stocker ce volume de $4,1 \text{ m}^3$ (max $4,6 \text{ m}^3$) et la masse correspondante de 2,47 tonnes (max 3,1 tonnes).

Question 3.5

DT6

Le document technique DT6 donne l'évolution de la production et de la consommation de granulés de bois en France. **Déterminer** graphiquement ces deux valeurs pour l'année 2019.

Expliquer l'écart entre ces deux valeurs (production et consommation).

Consommation en 2019 : 1800 kTonnes = 1 800 000 tonnes (valeurs admises entre 1750 et 1850 Ktonnes)

Production en 2019 : 1650 kTonnes = 1 650 000 tonnes (valeurs admises entre 1600 et 1700 Ktonnes)

A la production française s'ajoute ce qui est importé de l'étranger. On exporte aussi un peu, mais moins que ce qui est importé. Cette différence entre les imports et les exports se retrouve entre ce qui est produit et consommé en France.

Question 3.6

DT6

Sachant que la consommation annuelle moyenne de granulés pour un foyer est de 2,5 tonnes, **déterminer** le nombre de foyers qui auraient pu se chauffer avec des granulés produits en France en 2019.

$$\text{Nb de foyers} = 1650000 / 2,5 = 660\,000$$

Question 3.7 | En se basant sur l'ensemble des questions précédentes (parties 1 à 3), **Expliquer** les avantages et inconvénients d'une généralisation d'un chauffage par chaudière à granulés. **Citer** d'autres critères qu'il faudrait étudier pour conclure sur la pertinence de cette solution au regard du développement durable.

Avantage : diminution importante des gaz à effet de serre

Inconvénient : émet des particules fines, la production française est actuellement insuffisante mais en constante augmentation.

Critères à étudier au regard du DD : les coûts de cette solution, l'impact social, l'impact d'une surproduction de granulés sur la ressource en bois.

Partie 4 : comment optimiser le fonctionnement de la chaudière ?

Question 4.1 | Sur le diagramme de blocs internes du DR1, **identifier** les flux suivants en **repassant sur les traits** avec les couleurs indiquées ci-dessous :
DR1

- flux d'information : concernant la **température en bleu**
- flux de matière : concernant les **granulés en vert**
- flux d'énergie : en **orange** (ou jaune)

Détermination de la puissance de chauffe nécessaire

Question 4.2 | **Déterminer** graphiquement la température eau départ chauffage θ_{edc} qui permettra d'obtenir la température confort dans l'habitation (arrondir à la valeur entière supérieure) après 5 heures du matin.
DT7

Pour une consigne $\theta_{int} = 20^\circ\text{C}$ et $\theta_{ext} = 7^\circ\text{C}$, on relève sur la courbe de chauffe une température eau départ = 42°C ou 43°C

Question 4.3 | **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°C .
DT3

Données : la masse volumique de l'eau est de $\rho = 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ et sa capacité thermique de $C = 4185 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$.

Il y a 90 L d'eau dans la chaudière (DT3)

$$Q_E = 90 \times 4185 \times (43-23) = 7,53 \cdot 10^6 \text{ J} \quad \text{ou} \quad Q_E = 90 \times 4185 \times (42-23) = 7,16 \cdot 10^6 \text{ J}$$

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

$$P_c = 7,53 \cdot 10^6 / (60 \times 10) = 12,6 \text{ kW} \quad \text{ou} \quad P_c = 7,16 \cdot 10^6 / (60 \times 10) = 11,9 \text{ kW}$$

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
DT4 masse maximale de granulés (en g) qui peuvent être amenés pour un tour de la vis de dosage.

Masse volumique des granulés : $600 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
 $= 600 \cdot 10^3 \text{ g} / 10^9 \text{ mm}^3 = 0,6 \text{ g} / 10^3 \text{ mm}^3 = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ g} / \text{mm}^3$
Volume de granulés pour 1 tour de vis $V = 125 \text{ cm}^3 = 125 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
Masse de granulés pour un tour de vis : $m = 0,6 \cdot 10^{-3} \times 125 \cdot 10^3 = 75 \text{ g}$

Question 4.6 | **Calculer** le nombre de tours effectués par la vis pour un cycle
DT8 d'alimentation en vous aidant de la documentation technique du motoréducteur.

Vitesse de rotation du moteur : 3 tours par minute, donc 3 tours en 60 sec, soit 1 tour en 20 sec.

Question 4.7 | Pour un temps de chauffe de 10 minutes, **calculer** la masse totale de
granulés 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.

Il faut $0,7 \times 10 \times 60 = 420 \text{ g}$
Le motoréducteur doit être commandé pour effectuer $420/75 = 5,6$ tours en 10 min
On prendra 6 tours en 10 min
L'alimentation en granulés sera ainsi optimisée en commandant le nombre de cycle du motoréducteur

Détermination du volume optimal d'air par cycle

Question 4.8 | **Relever** sur le DT9, le rapport $\frac{A}{G}$ (masse Air / masse Granulés) pour la
DT9 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 $\rho = 1,204 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Pour avoir $\lambda_{\text{réf}} = 1,3$, il faut le rapport $\frac{A}{G} = 7,8$ (réponses admises entre 7,4 et 8)
Pour une masse de granulés = 75g, il faut une masse d'air de $75 \times 7,8 = 585 \text{ g}$
Le volume d'air correspondant $0,585 / 1,204 = 0,486 \text{ m}^3$

Question 4.9 | **Déduire** le débit d'air correspondant (en $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) et **vérifier** la capacité du
DT3 moto-ventilateur à fournir ce débit.

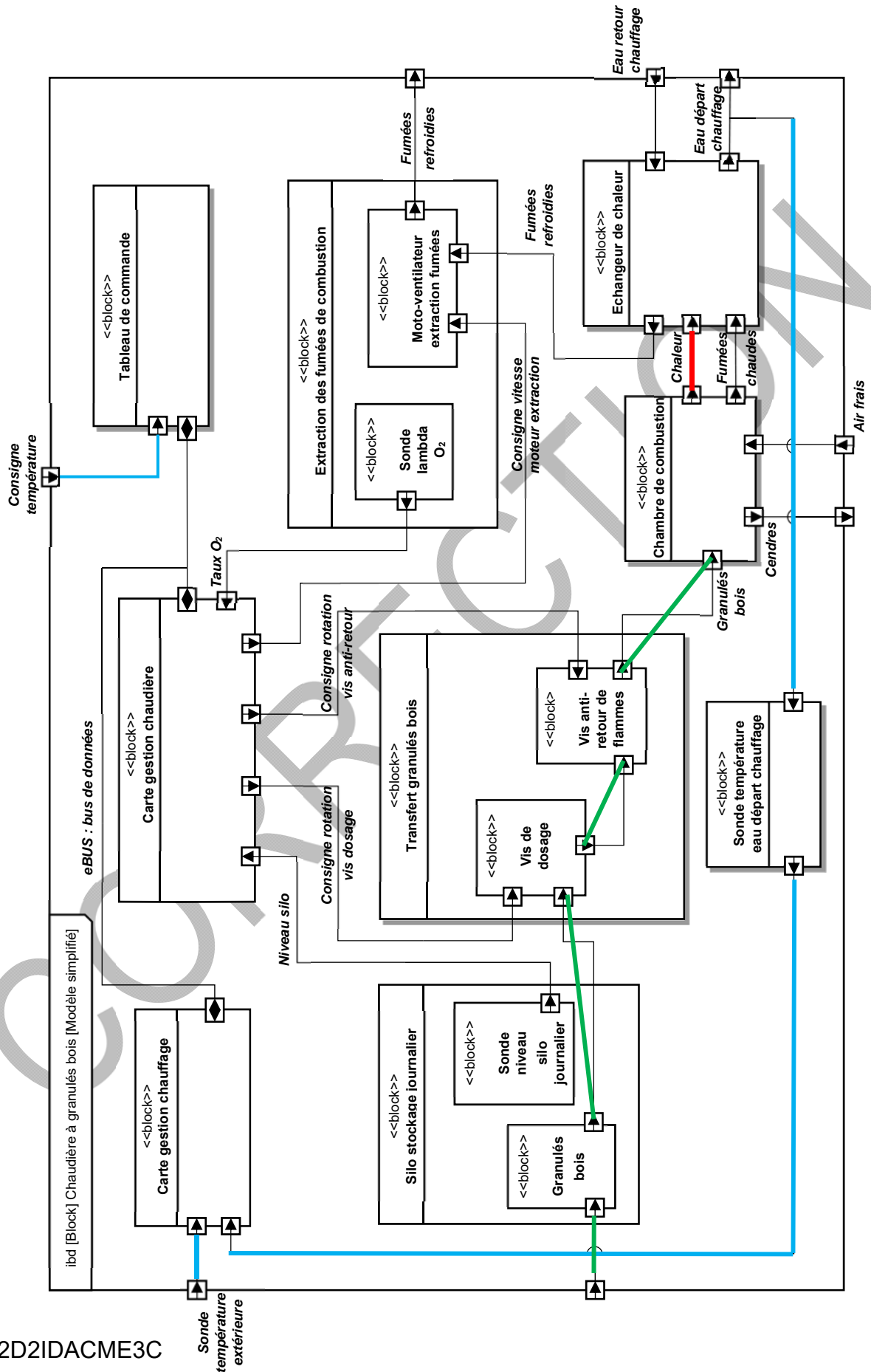
Débit d'air = $V_{\text{air}} / \text{durée cycle} = 0,486 \times 3600/20 = 87,5 \text{ m}^3/\text{h}$
D'après le DT3, le débit d'air maximum du moto-ventilateur la chaudière est de $290 \text{ m}^3/\text{h}$ donc il convient.

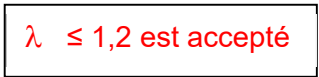
Question 4.10 | **Relever** les valeurs limites de lambda pour rester dans la zone idéale :
DT9 λ_{mini} et λ_{maxi} .

$\lambda_{\text{mini}} = 1,2$ et $\lambda_{\text{maxi}} = 1,4$

Question 4.11 | **Compléter** sur le DR2 l'algorithme de traitement des informations du
DR2 microcontrôleur de sorte que la vitesse de rotation du moto-ventilateur
s'adapte automatiquement pour fournir le volume d'air optimal.

CORRECTION





ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION

Chaudière à granulés



Partie A : implantation du silo à granulés.

Trois possibilités d'installation sont envisagées sur le document DTS1 :

- zone A : dans le grenier, juste au-dessus de la chaudière avec transfert gravitaire des granulés ;
- zone B : dans le grenier au-dessus de l'actuelle cuve de fioul avec transfert par vis ou par aspiration ;
- zone C : à la place de l'actuelle citerne de fioul avec transfert par aspiration sans gêner l'ouverture de la porte d'accès à la maison et sans déplacer le ballon d'eau chaude solaire.

Question A.1

DTS1, DTS2

Justifier que la zone B est celle qui conviendrait le mieux à cette habitation au regard de la position de la chaudière, des positions des accès et des contraintes liées au transfert des granulés données dans le document DTS2.

Dans la zone A : intéressante car cette zone est peu accessible donc perdue, le granulé peut tomber directement dans la chaudière et ne gêne pas l'utilisation du garage. Mais la hauteur sous toiture est faible et nécessite un silo sur mesure.

Dans la zone B : possible car plus accessible au remplissage, permet le contrôle visuel et ne gêne pas l'utilisation du garage. La hauteur sous toiture est plus importante.

Dans la zone C : incompatible car la place disponible risque de gêner le stationnement dans le garage. De plus le transfert des granulés vers la chaudière est plus long et tortueux.

La zone B paraît la plus appropriée

Question A.2

DRS1

DTS1, DTS3

Proposer, à l'aide d'un schéma sur le document réponse DRS1, une solution technologique pour le transport des granulés entre le silo et la chaudière à l'aide d'un tuyau souple.

Indiquer les différents travaux à accomplir pour cette opération.

Voir DR

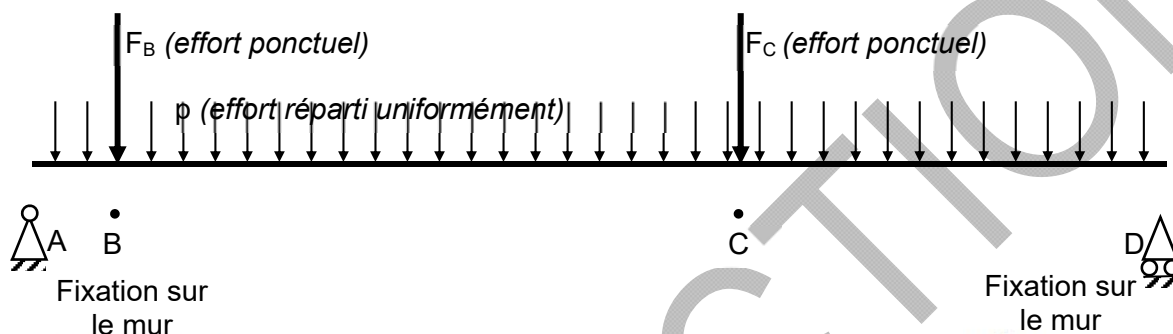
Travaux minimal en passant dans le haut du plafond au-dessus de la porte de la chaufferie pour ne pas utiliser la zone A

Partie B : calculs de résistance de la nouvelle installation.

La quantité de granulés à stocker étant déterminée, l'installateur propose un silo textile sur structure en bois modèle ECO200P (DTS3).

Référence	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Hauteur (cm)	Volume (m ³)	Tonnage (t)
ECO200P	200	200	180-230	3,2-4,6	2,1-3,1

La structure réelle est soumise à une charge répartie p et à des charges ponctuelles F_B et F_C . Le modèle utilisé est donné ci-dessous :



Paramétrage de la simulation de résistance d'une poutre du plancher

Les poutres qui supportent ce plancher ont une longueur de 3,7 m pour une section rectangulaire de 7,5 cm sur 22,5 cm. Elles sont placées tous les 60 cm (voir DTS4). Des plaques d'OSB de 22 mm d'épaisseur, de poids volumique $6 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3}$ sont posées sur ces poutres. Le silo s'appuie sur ces plaques de telle sorte que deux des quatre pieds s'appuient au droit de la poutre n°4 en B et C. La géométrie du silo est donnée sur le DTS3.

Question B.1

DTS3, DTS4

DRS2

Déterminer, sur le DRS2, la section S de la poutre, son moment quadratique I_{Gz} et la position des points d'appui x_C et x_D .

Les dimensions de la poutre sont données sur le DR3 : $b=75\text{mm}$ et $h=225\text{mm}$, et les formules donnent $S=16\,875\text{mm}^2$ et $I_{Gz}=71\,191\,406\text{mm}^4$. Les dimensions du silo sont données sur le DT9 : 2m sur 2m, donc la distance BC vaut $L=2\text{m}$: $x_C=x_B+2=2,2\text{m}$. La distance entre mur est notée sur le DT12 donc $x_D=3,7\text{m}$

La surface de plancher de largeur 0,6 m supportée par la poutre n°4 est représentée par la zone grisée sur le DTS4. La poutre supporte tout ce qui est présent dans cette zone, à savoir :

- La charge du mobilier et des personnes sur un plancher courant fixée à $1,5 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$.
- Le poids du plancher est la somme du poids de la poutre et des plaques d'OSB (bois reconstitué).
- Le silo plein de poids de 60 kN réparti de façon égale sur les 4 pieds.

Question B.2

DTS3, DTS4

Indiquer, sur le DRS2, les charges ponctuelles supportées par la poutre aux points B et C du modèle : F_B et F_C en [kN].

DRS2

Les 60kN du silo se reportent équitablement sur les 4 pieds donc chaque pied transmet à la poutre $60/4=15\text{kN}$. $F_B=F_C=15\text{kN}$

Les poutres sont en pin de poids volumique $4,2 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3}$.

Question B.3

À partir des caractéristiques du bois et de sa géométrie, **calculer** le poids de la poutre G_p en [kN] puis son poids linéique g_p en [$\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$].

DTS4

DRS2

Compléter le tableau de répartition des charges du DRS2 pour déterminer la charge linéique d'exploitation q_p en [$\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$] que doit supporter la poutre n°4 en plus de son poids propre.

En **déduire** la charge répartie $p = g_p + q_p$ en [$\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$].

Le volume de la poutre est $b \times h \times L = 0,075 \times 0,225 \times 3,7 = 0,0624 \text{ m}^3$.

Le poids propre est $G_p = 0,0624 \times 4,2 = 0,262 \text{ kN}$

Par mètre de poutre, le poids linéique vaut $g_p = G_p / L = 0,0708 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$

La charge linéique supplémentaire est due aux plaques d'OSB et à la charge d'exploitation. La surface de plancher à prendre en compte est le rectangle grisé de 3,7m sur 0,6m.

Choix 1

Partie C : analyse des résultats de la simulation de résistance d'une poutre du plancher.

La flèche maximale doit être limitée à :

$$f_{\max} = L / 250 \text{ où } L \text{ est la longueur entre appuis.}$$

Le bois utilisé est du pin de classe C24 dont la résistance à la flexion est de 24 MPa.

Le DRS3 donne les résultats obtenus par la simulation précédente : les moments fléchissants en [$\text{kN}\cdot\text{m}$], la contrainte normale en flexion en [MPa] ainsi que la flèche verticale en [mm], tout au long de la poutre n°4.

Question C.1

DRS3

Relever sur les graphiques la flèche maximale f_{\max} et la contrainte normale en flexion maximale σ_{\max} de cette poutre. *La flèche maximale se trouve vers $x = 1,9\text{m}$ et vaut $f_{\max} = 17\text{mm}$ (vers le bas)
La contrainte en flexion est maximale au niveau du pied C et vaut $\sigma_{\max} = 16\text{MPa}$*

Question C.2

Comparer les valeurs précédemment relevées aux valeurs limites de flèche et de contrainte admissible en flexion. **Indiquer** si la poutre actuelle est suffisamment dimensionnée.

Proposer si nécessaire une autre solution en l'argumentant. *La poutre en pin à une résistance à la flexion de 24MPa, donc la contrainte relevée 16MPa est admissible car inférieure au 24MPa.
La flèche admissible est $3,7/250 = 0,0148\text{m} = 14,8\text{mm}$ donc la flèche relevée 17mm est trop importante.*

La poutre n'est pas suffisamment dimensionnée pour supporter le silo plein

On pourrait doubler la poutre 4 par une similaire et placer les pieds du silo sur ce couple de poutres (bien sur il faudrait faire la même chose au niveau des autres pieds). Le I_{gz} serait plus grand, il y aurait moins de flèche.

*On pourrait remplacer cette poutre par une plus épaisse : le I_{gz} serait plus grand, il y aurait moins de flèche.
On pourrait remplacer cette poutre par une de matériau plus rigide : le module E serait plus grand donc la flèche plus petite*

Question C.3

DTS1

Conclure sur les avantages et inconvénients de la solution choisie vis-à-vis des deux autres possibilités d'installation proposées sur le DTS1.

La solution retenue est réalisable mais avec une adaptation du plancher. Elle est économique car elle permet d'installer un silo standard (du commerce). Elle ne nuit en rien à l'utilisation du garage.

La solution en zone A aurait permis de récupérer un volume inutilisé mais au prix de la construction d'un silo sur mesure (bien plus onéreux). Et l'adaptation du plancher serait nécessaire aussi.

La solution en Zone C nécessite aussi un silo sur mesure pour ne pas gêner le stationnement du véhicule.

Partie D : choisir une solution de doublage acoustique coté garage-chaufferie pour le mur séparatif avec la chambre attenante.

La chaudière nouvellement installée ainsi que le mode d'aspiration des granulés représentent une gêne sonore bien supérieure à celle que représentait l'ancienne installation au fioul. Celui-ci est principalement due au besoin d'acheminer les granulés jusqu'à la chaudière. En effet après aspiration les granulés sont entraînés dans le bruleur par un procédé mécanique par vis sans fin.

Le but ici est de choisir une solution acoustique limitant la transmission des bruits coté chambre.

Afin de ne pas effectuer de travaux dans la chambre il a été décidé d'amortir la propagation des bruits en ajoutant des matériaux acoustiques sur le mur coté garage-chaufferie. Actuellement la séparation entre le local où se trouve la chaudière et la chambre est constitué d'un simple mur de **béton de 16 cm d'épaisseur** (masse volumique du béton = $2500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$). D'après la documentation du fabricant de la chaudière, le niveau sonore (L_{NAT}) maximum en fonctionnement est de 70 dB (bruit rose).

- Question D.1
DTS6
- Calculer** la masse surfacique du mur en béton de 16 cm d'épaisseur.
Donner l'affaiblissement R obtenu en utilisant la courbe de « loi des masses » (DTS6)
En déduire le niveau sonore du bruit de la chaudière perçu dans la chambre.
- 2500kg/ m3 donc pour une épaisseur de 16cm soit $2500 \times 16 / 100 = 400 \text{ Kg/m}^2$
 - **COURBE A** . Soit un indice d'affaiblissement **Rw de 59 dB**
 $70 - 59 = 11 \text{ dB}$.
Le seuil normalisé est atteint.(inf à 35 dB) mais la chambre n'est pas totalement isolée

Afin de garantir un niveau sonore inférieur à 5 dB dans la chambre la nuit, les propriétaires décident de renforcer l'isolation acoustique du mur. Le groupe ISOVER présente plusieurs solutions d'isolation acoustique (DTS7). La valeur caractéristique à prendre en compte est R_A en dB pour le bruit rose.

- Question D.2
DTS7
- Choisir** la solution qui répond à l'affaiblissement souhaité à partir des différentes solutions murales proposées par le groupe ISOVER (DTS7).
Décrire la composition du nouveau mur et **donner** son épaisseur.

- *Solution numéro 1*
 - *MUR béton 160mm+ laine de verre 45mm+ Ba13 ep 12.5mm*
- Rw est de 71 dB donc supérieur au bruit de la chaudière.*

- Question D.3
DTS4
DTS5
- Dire** si la solution retenue assure le silence voulu dans la chambre en analysant l'organisation des volumes du garage (DTS4) et le document (DTS5) sur la transmission indirecte des bruits.
Conclure sur la solution retenue.

- *La solution paraît déjà suffisante pour les bruits aériens arrivant sur le mur.*

Pour le traitement indirecte vue la hauteur de plafond (éloignement du lieu d'émission du bruit) la propagation du bruit de la chaudière sera sûrement négligeable. (On peut supposer que la présence de l'isolation thermique sous toiture pourra suffire et annuler toute transmission par le plafond.

Partie E : calcul d'un gain thermique avec le nouveau mur.

Question E.1

DRS4

- **Donner** le coefficient λ du béton ordinaire.

Béton ordinaire (2500kg/m³) $\lambda = 2.1$ (W/m.°C)

En déduire la résistance thermique R_{th} du mur en béton ordinaire de 16 cm d'épaisseur séparant la chambre du garage et **le reporter** sur le DRS4.

- *MUR béton 160mm seul $R=0.16/2.1 = 0.076$*

Pour assurer une protection acoustique de la chambre attenante une isolation a été rajoutée coté garage (solution n°1 du DTS7). Elle se compose de :

- isolant en laine de verre GR32 45 mm ;
- lame d'air entre l'isolant et la plaque de plâtre de 17,5 mm ;
- plaque de plâtre BA13 vissée sur fourrure Optima, d'épaisseur 13 mm.

Question E.2

DTS7

DRS4

Calculer le nouveau R_{th} obtenu et **le reporter** sur le DRS4.

- *MUR béton 160mm $R= 0.076$
laine de verre 45mm $R= 1.286$
Ba13 ep 12.5mm $R= 0.062$
Lame d'air 17.5 mm $R= 0.16$
TOTAL $R= 1.584$*

Question E.3

Calculer la valeur du gain thermique en %.

$1.584-0.076 = 1.508$ soit $1.508/0.076 = 19.84$ soit prêt de 2000%

Question E.4

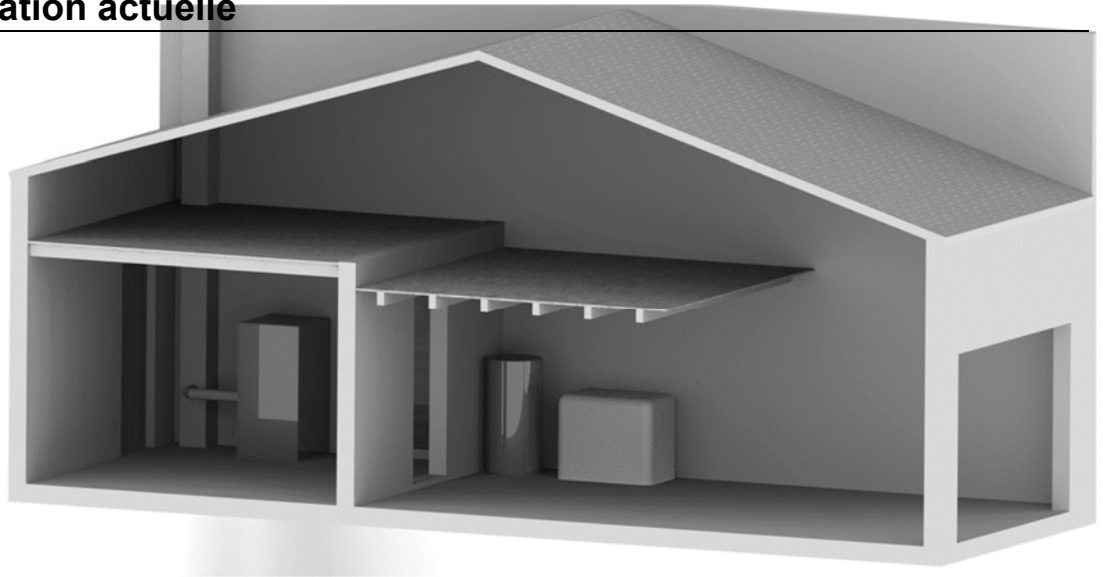
Conclure sur l'utilité de cette isolation.

Soit un R augmenté pour cette paroi de +1.5. La laine de verre est un bon isolant thermique, ce qui n'est pas le cas du béton qui a lui un rôle structurel.

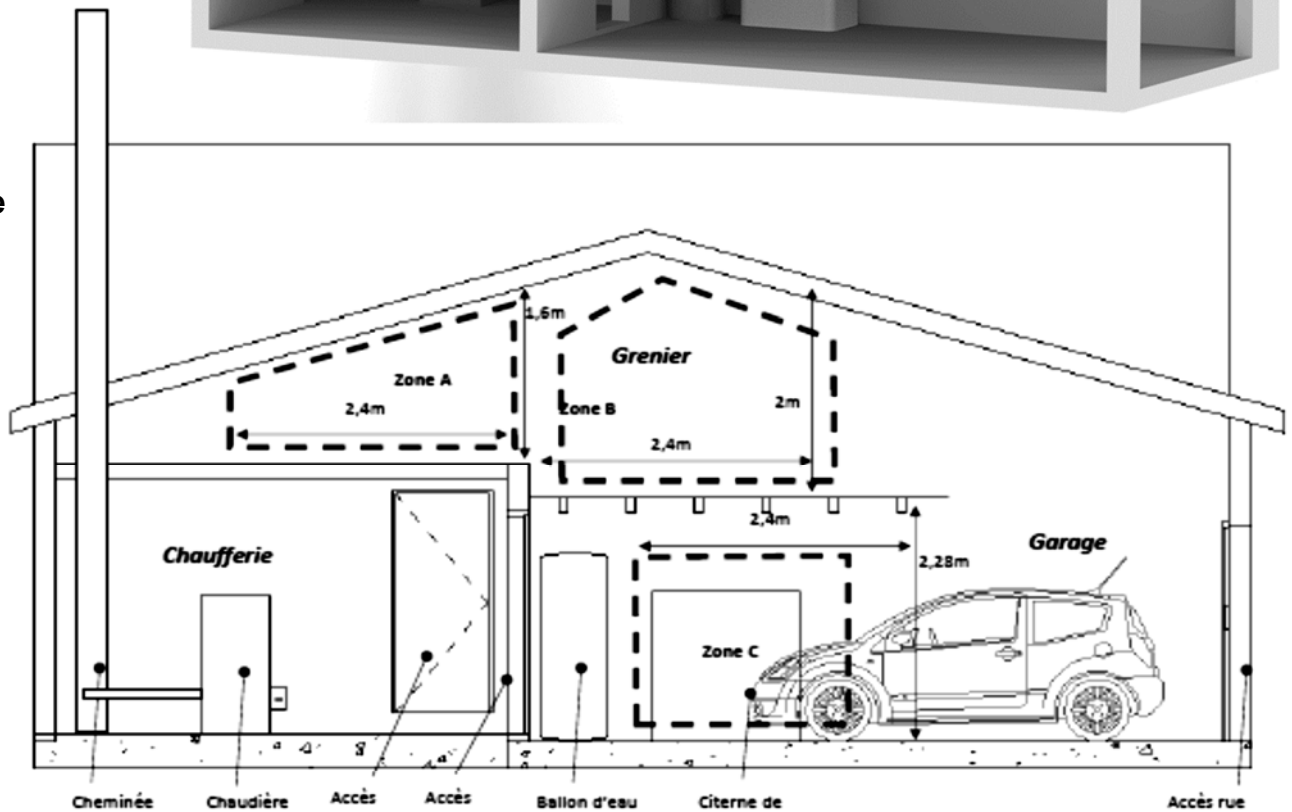
Il y aura bien un gain thermique significatif qui minimisera la consommation annuelle du logement.

DTS1 : installation actuelle

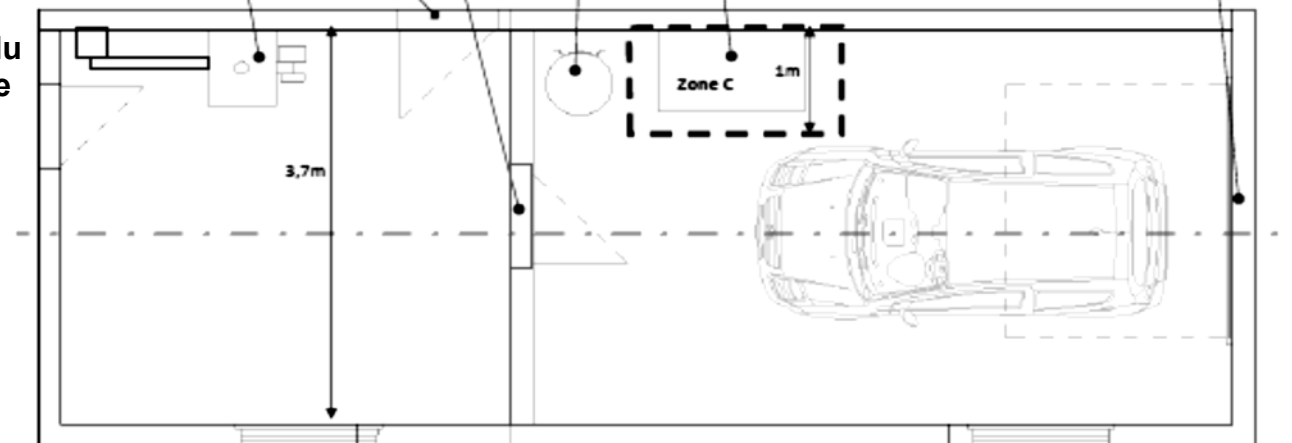
Perspective



Coupe



Plan du garage



DTS2 : recommandations pour le remplissage d'un silo à granulés

La construction ou l'achat d'un silo adapté au stockage des granulés en vrac est indispensable pour la conservation du produit et pour la sûreté de l'installation.

Le silo doit être installé dans un lieu sec, sans conduit d'installation électrique et sans passage de conduite d'eau.

Il est important que le silo soit le plus étanche possible aux poussières et à l'eau. Il devra être équipé au minimum de deux bouches pompier type DN100 pour le raccordement du tuyau de remplissage.

La livraison des granulés de bois s'effectue par voie pneumatique à partir d'un camion souffleur équipé d'un compresseur qui propulse le combustible dans le silo.

Le déchargement par camion souffleur doit se faire le plus proche possible du silo en limitant ainsi au maximum la longueur du tuyau. En effet, celui-ci ne doit pas excéder une longueur supérieure à 20 m linéaire ni un nombre important de coudes. Le soufflage du granulé doit se faire à une pression de soufflage minimale permettant de conserver la qualité des granules.

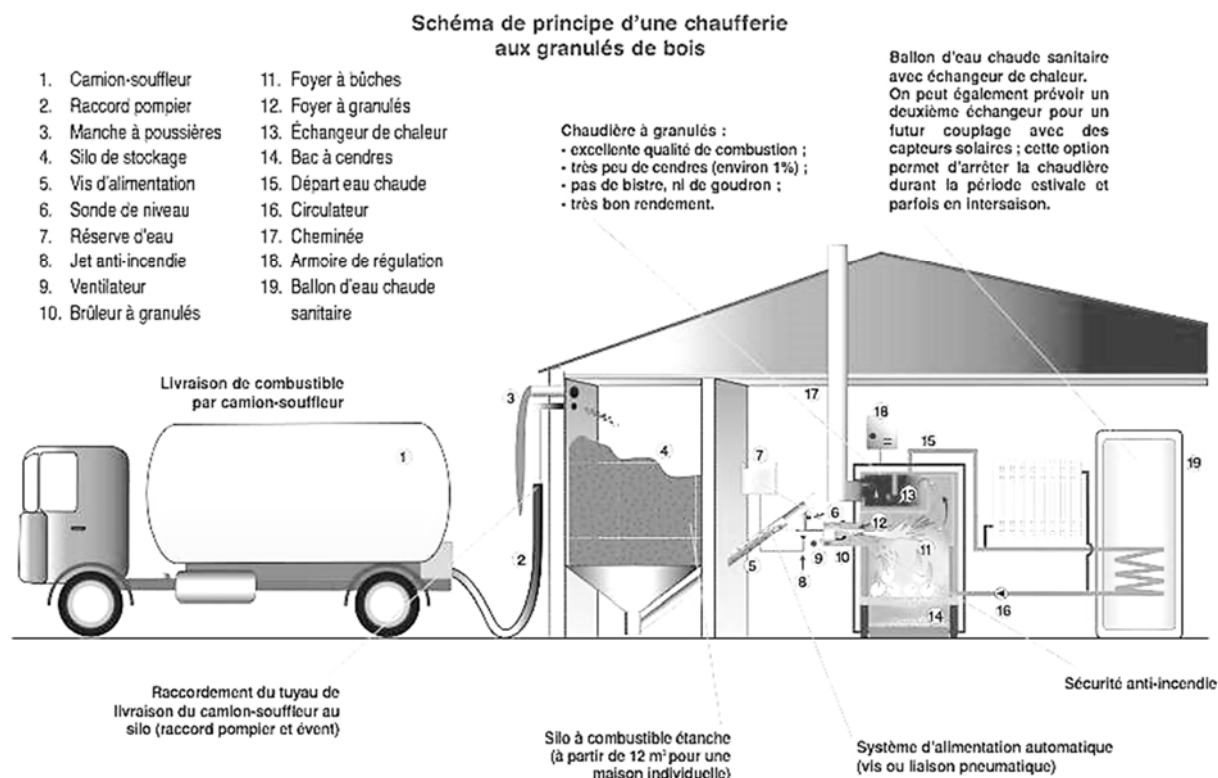
Cette opération évitera :

- l'effritement du combustible (poussière),
- une mauvaise qualité de la combustion du bois (encrassement, etc.).

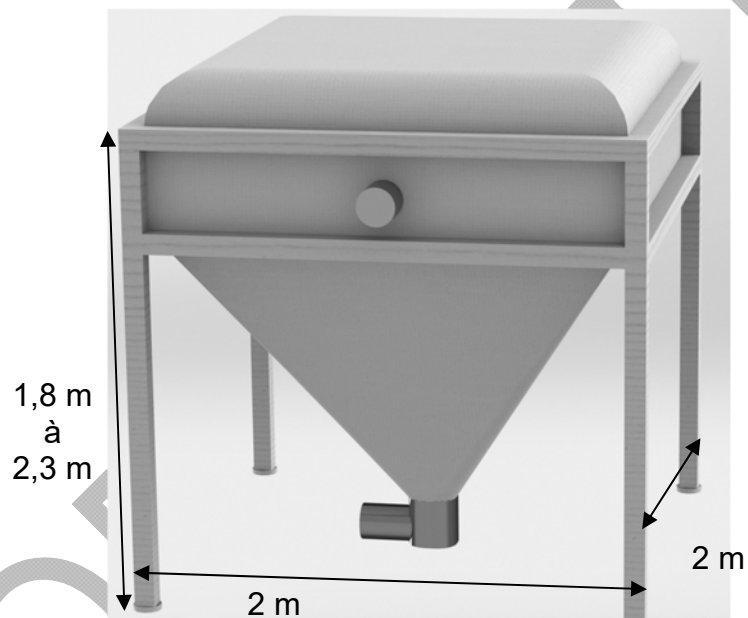
Remarque

Les camions dépourvus d'un système aspiro-ventilateur pour la récupération des poussières concernant les silos maçonnés doivent mettre en place à la sortie du raccord de refoulement d'air une « chaussette » ou poche afin de récupérer les poussières.

L'alimentation de la chaudière se fait par un système totalement automatisé qui alimente la chaudière en fonction des besoins. Ce dispositif assure un confort d'usage similaire aux systèmes à fioul ou à gaz.



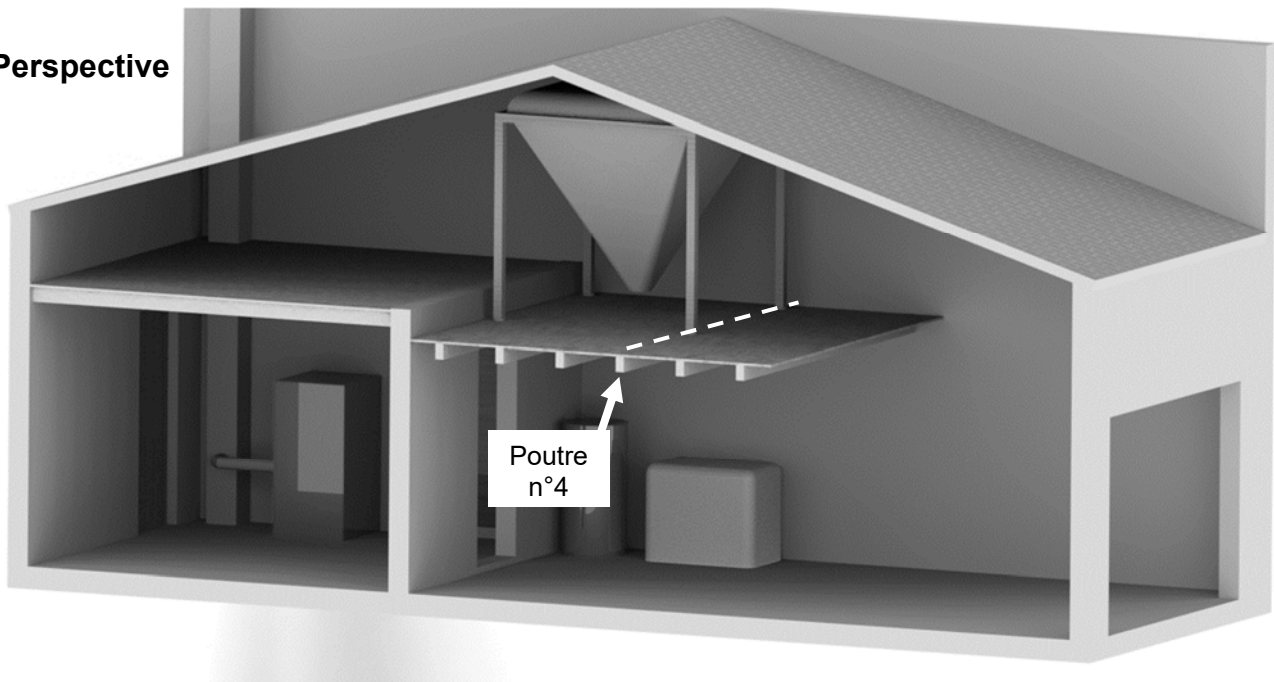
DTS3 : silo ECO200P



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

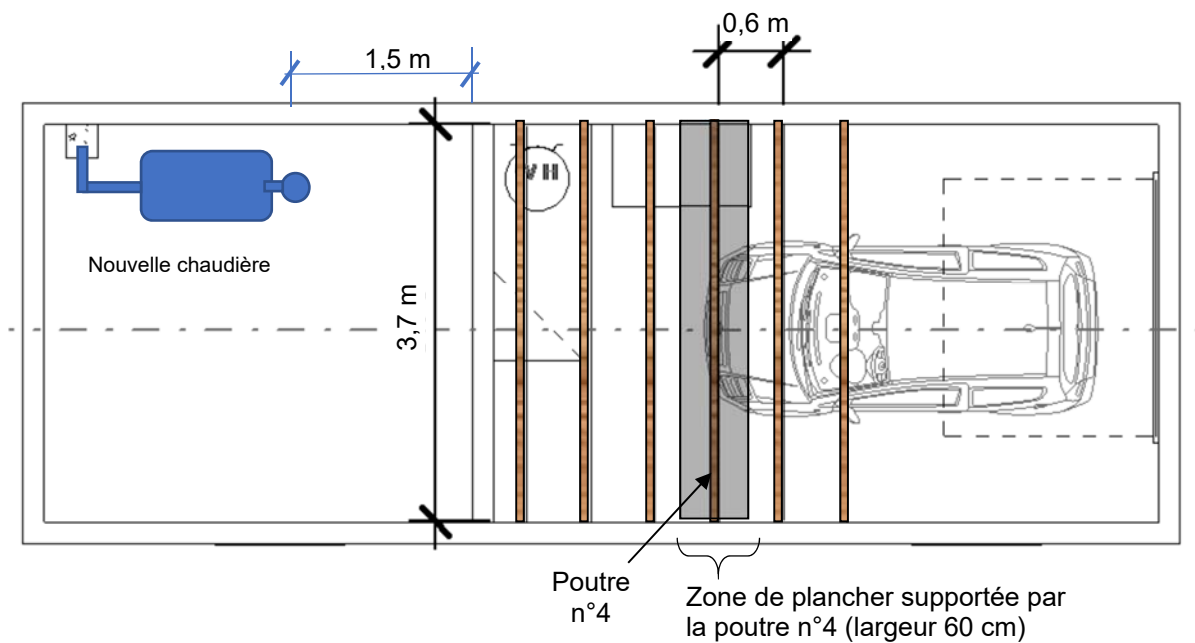
DTS4 : plan structurel du plancher haut garage

Perspective



Plan du plancher haut garage

Entraxe des poutres 60 cm
Distance entre les murs 3,7 m



DTS5 : Rappels d'acoustique

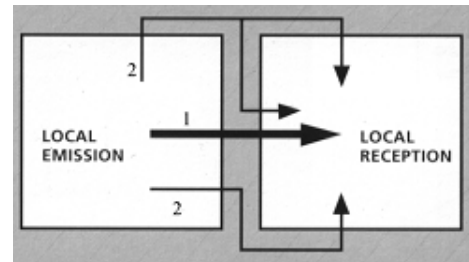
Rappel : L'INDICE D'AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE R_w (C, Ctr)

Cet indice caractérise la qualité acoustique d'une paroi de construction (mur, cloison, plancher, plafond, fenêtre, porte, etc.).

Il est mesuré uniquement en laboratoire et ne prend en compte que la transmission directe d'un bruit aérien.

Plus R_w est grand, plus l'élément a un isolement acoustique élevé.

1 transmission directe – 2 transmissions indirecte



Cependant la valeur de R_w dépend du type de bruit (rose ou routier). De ce fait les performances de la paroi devront prendre en compte deux coefficients d'adaptation :

- **C** (pour le bruit rose) et **Ctr** (pour le bruit routier)

Un élément testé sera donc caractérisé par : **R_w , C, Ctr**

- S'il est soumis à un bruit rose son indice d'affaiblissement est : **$R_w + C$**
- S'il est soumis à un bruit routier son indice d'affaiblissement est : **$R_w + Ctr$**

Rappel sur la mesure du bruit

Le niveau de bruit (sources INRS)

On mesure physiquement le niveau du bruit en décibels.

Pour prendre en compte le niveau réellement perçu par l'oreille, on utilise le décibel pondéré A, dont l'abréviation est dB(A).

0 dB(A) = bruit le plus faible qu'une oreille (humaine) peut percevoir

50 dB(A) = niveau habituel de conversation

80 dB(A) = seuil de nocivité (pour une exposition de 8h/j)

120 dB(A) = bruit provoquant une sensation douloureuse

D'une façon générale, le niveau sonore en champ libre est inversement proportionnel au carré de la distance, c'est-à-dire à la distance multipliée par elle-même. L'écart entre deux mesures de la même source en champ libre à des distances différentes est la valeur en décibels du rapport des distances.

Rappels :

Bruit rose

Bruit normalisé de référence utilisé pour les mesures acoustiques des bruits aériens dans les bâtiments et caractérisé par un niveau de pression constant par bande d'octave (exprimé en dB(A)). Il est représenté par un spectre plat.

BRUIT - d'équipements :

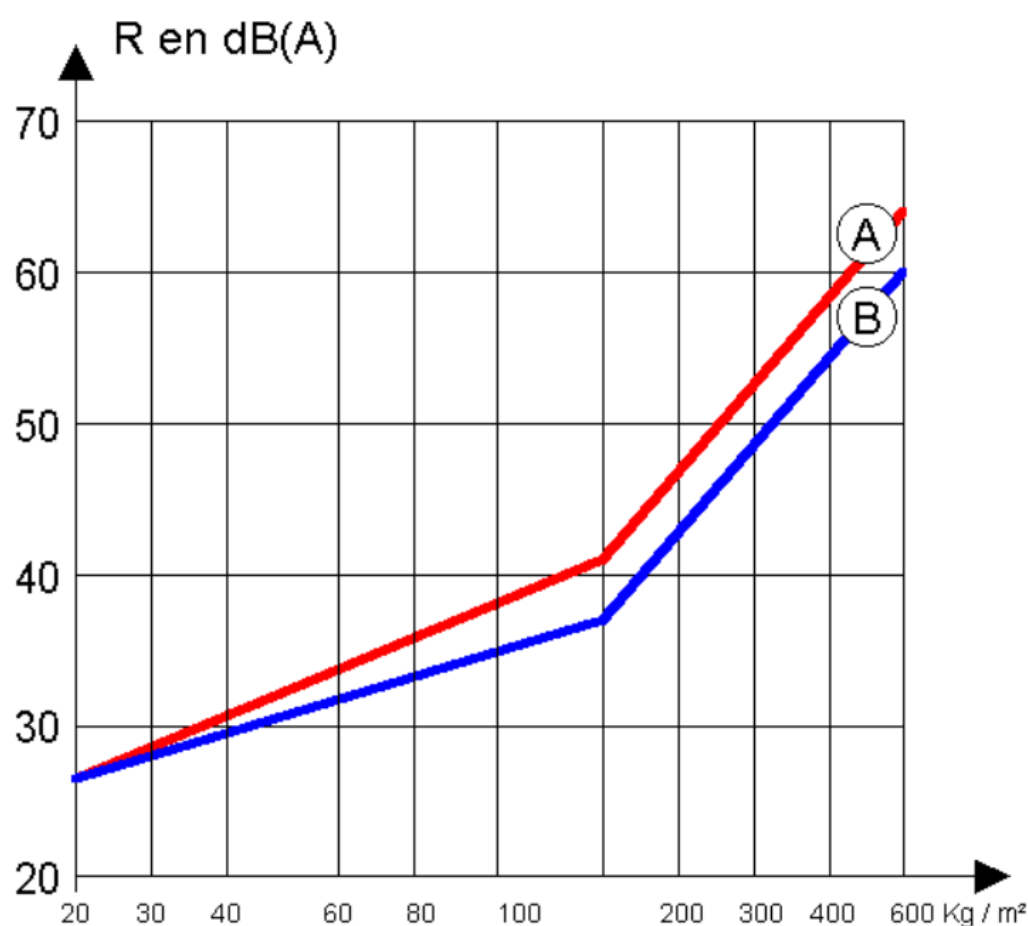
Bruit généré par les équipements techniques d'un bâtiment (ascenseur, ventilation, robinetterie, chauffage par ex.).

Bruit des équipements (Niveau de bruit : L_{nAT})

● Valeurs minimales à respecter :

Niveau de pression acoustique normalisé L_{nAT}	Local de réception du bruit	
	Pièces principales	Cuisine
Appareil individuel de chauffage ou appareil individuel de climatisation	< 35 dB(A)	< 50 dB(A)*
Installation de ventilation mécanique (débit minimal)	< 30 dB(A)	< 35 dB(A)
Équipement individuel d'un logement	< 30 dB(A)	< 35 dB(A)
Équipement collectif du bâtiment (ascenseur, chaufferie, transformateur, surpresseur d'eau, vide-ordures, etc.)	< 30 dB(A)	< 35 dB(A)

* Si la cuisine ouverte est sur une pièce principale, la valeur est réduite à < 40 dB(A)



A : loi de masse expérimentale pour un bruit rose

B : loi de masse expérimentale pour un bruit route

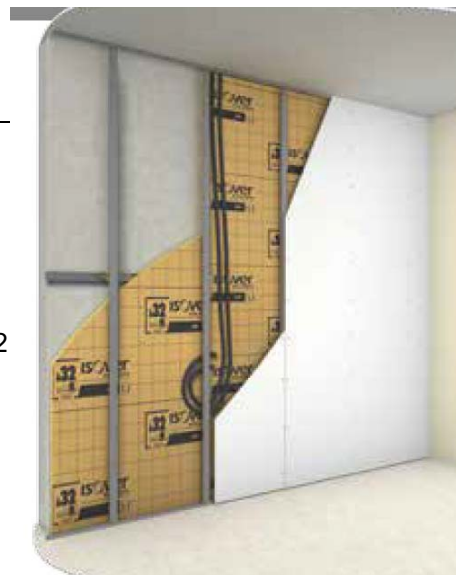
DTS7 : acoustique - isolation

Isolation acoustique mince des murs **SYSTÈME OPTIMA MURS**

DESSCRIPTIF

- Mur béton de 160 mm
- Isolant en laine de verre GR32 45 mm, posée sous ossature métallique
- Système Optima : lisse Clip'Optima, fourrure télescopique, appui Optima2
- Lamé d'air entre l'isolant et la plaque de plâtre de 17,5 mm
- Plaque de plâtre BA13 vissée sur fourrure Optima, d'épaisseur 13 mm

AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE





➤ Sur mur béton 160 mm

Solution n°1	Affaiblissement acoustique en dB			Gain acoustique en dB	
	$R_w(C;C_{tr})$	R_A	$R_{A,tr}$	$\Delta R_{A(lourd)^*}$	$\Delta R_{A,t(lourd)^*}$
➊ Mur + Optima GR32 45 mm + BA13	71(-3 ; -10)	68	61	11	8
➋ Mur non isolé	59(-2 ; -6)	57	53	-	-



➤ Sur blocs béton creux 200 mm avec enduit mortier
(simulation AcousSTIFF)

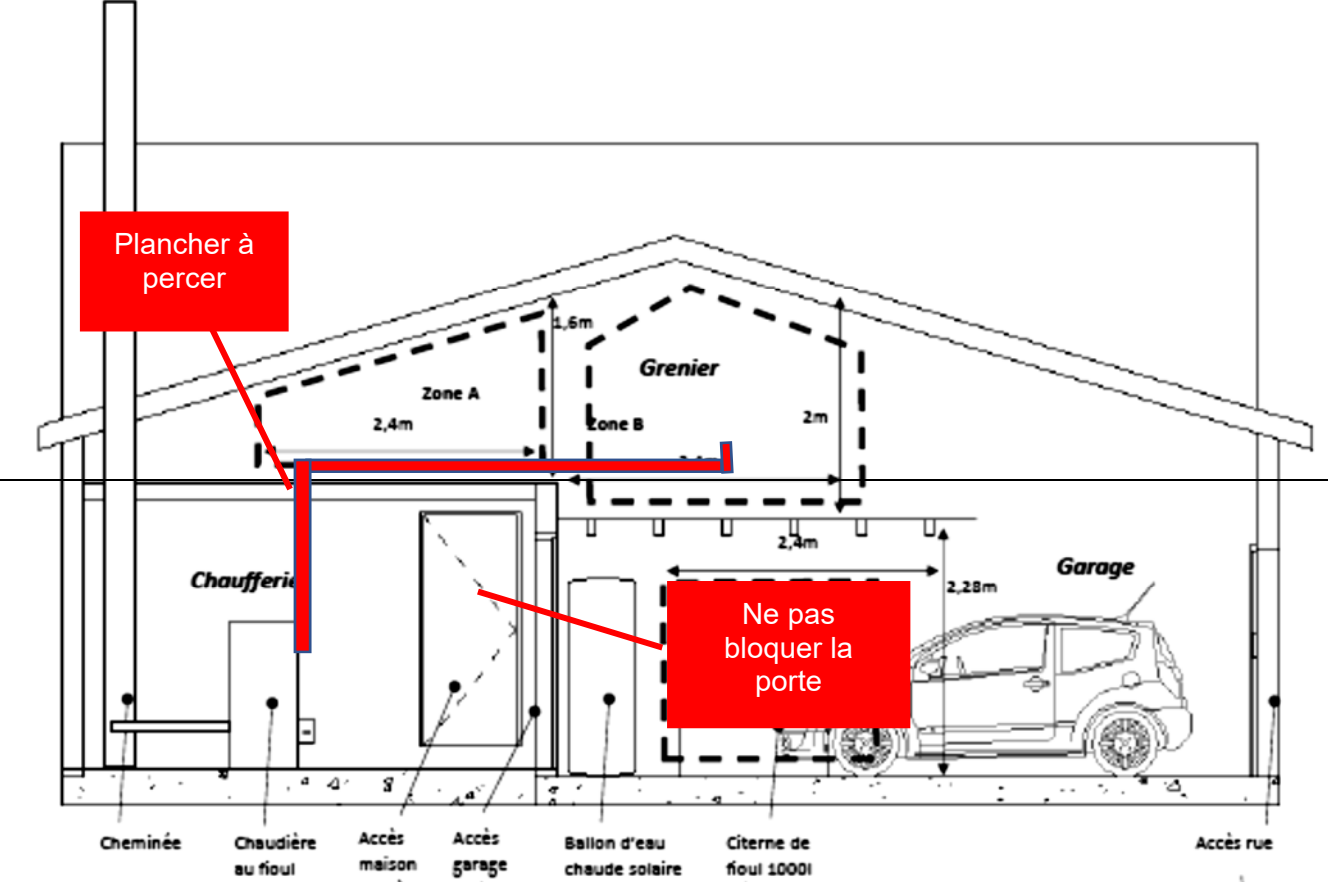
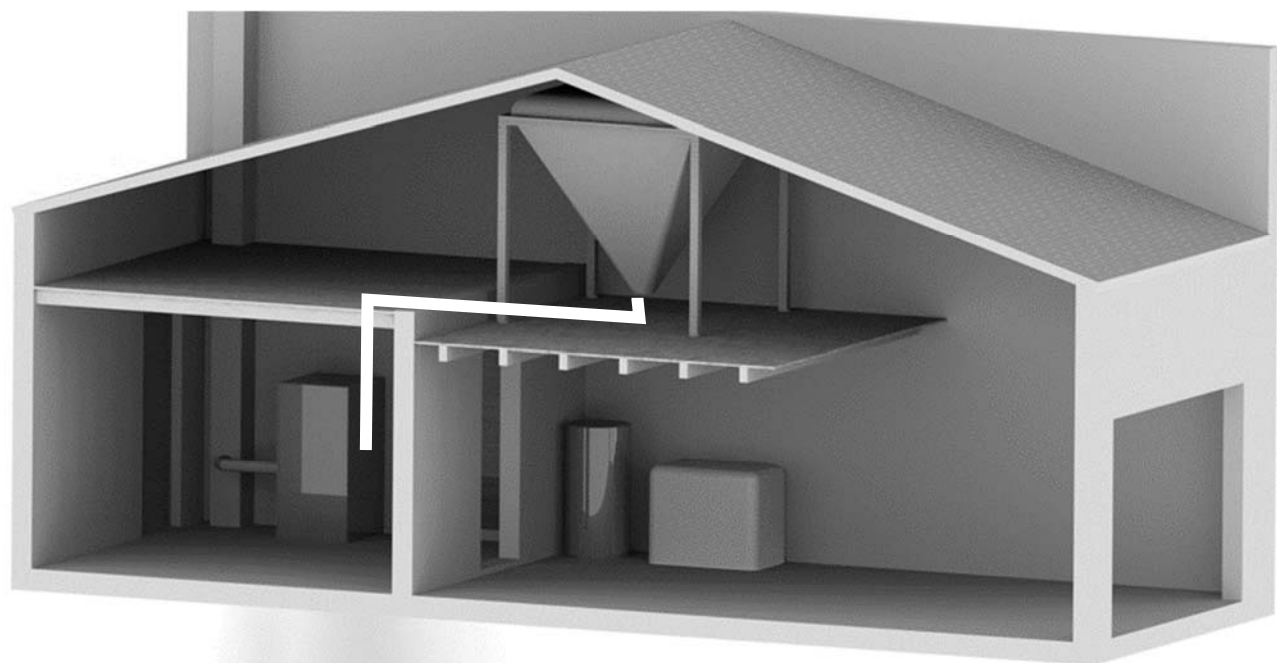
Solution n°2	Affaiblissement acoustique en dB			Gain acoustique en dB	
	$R_w(C;C_{tr})$	R_A	$R_{A,tr}$	ΔR_A	$\Delta R_{A,tr}$
Mur + Optima GR32 45 mm + BA13	71(-3 ; -10)	68	61	13	10
Mur non isolé	56(-1 ; -5)	55	51	-	-



➤ Sur briques creuses 200 mm avec enduit mortier
(simulation AcousSTIFF)

Solution n°3	Affaiblissement acoustique en dB			Gain acoustique en dB	
	$R_w(C;C_{tr})$	R_A	$R_{A,tr}$	ΔR_A	$\Delta R_{A,tr}$
Mur + Optima GR32 45 mm + BA13	63(-3 ; -9)	60	54	19	14
Mur non isolé	41(0 ; -1)	41	40	-	-

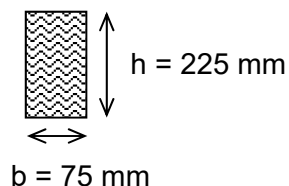
DOCUMENT RÉPONSES DRS1 : schéma de l'alimentation en granulés de la chaudière.



DOCUMENT RÉPONSES DRS2

Étude en flexion de la poutre n°4 :

Profil de la poutre



section de la poutre $S = b \cdot h = 16\,875 \text{ mm}^2$

moment quadratique de la section $I_{Gz} = \frac{b \cdot h^3}{12} = 71.191.406 \text{ mm}^4$

Modèle de calcul de structure pour la poutre

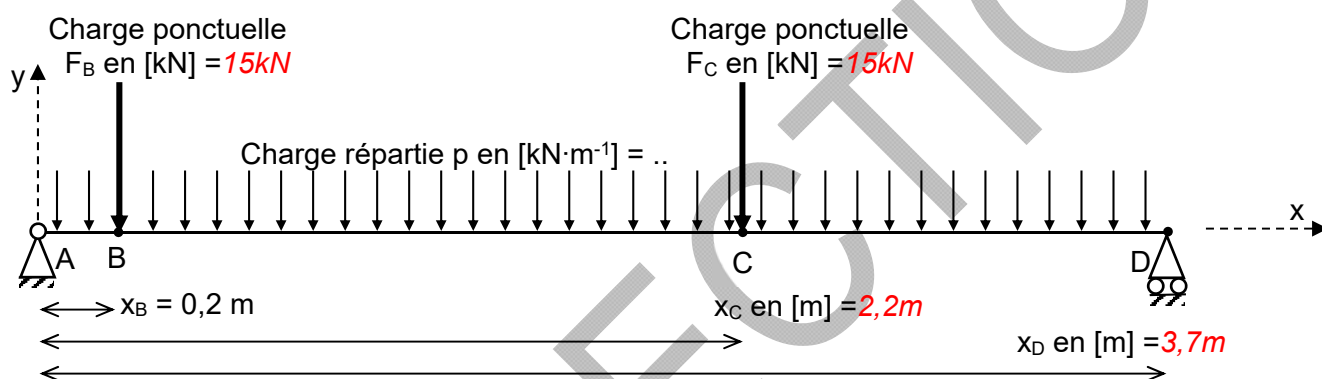
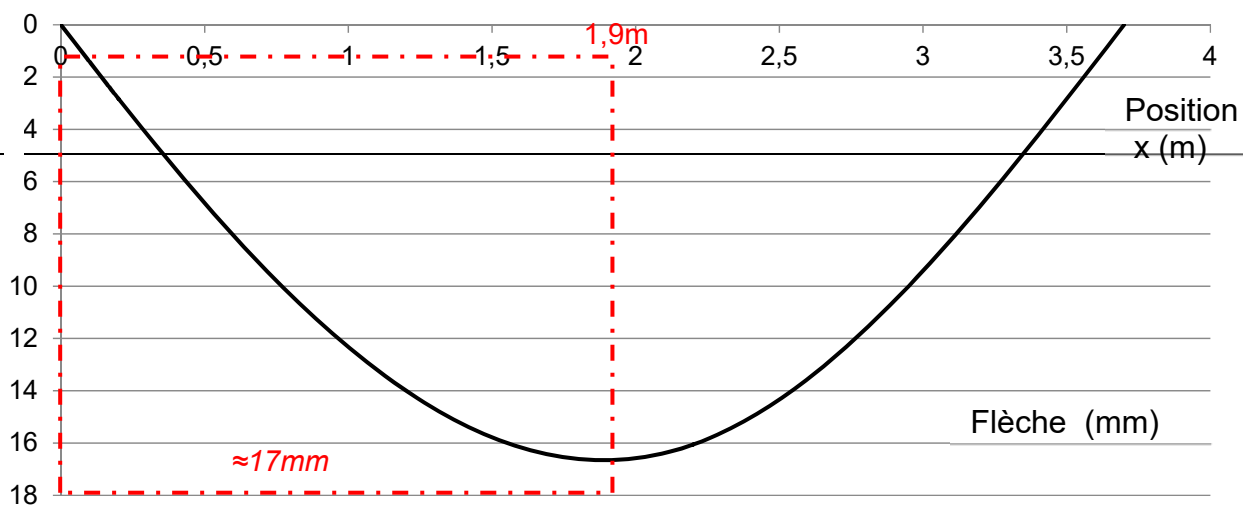
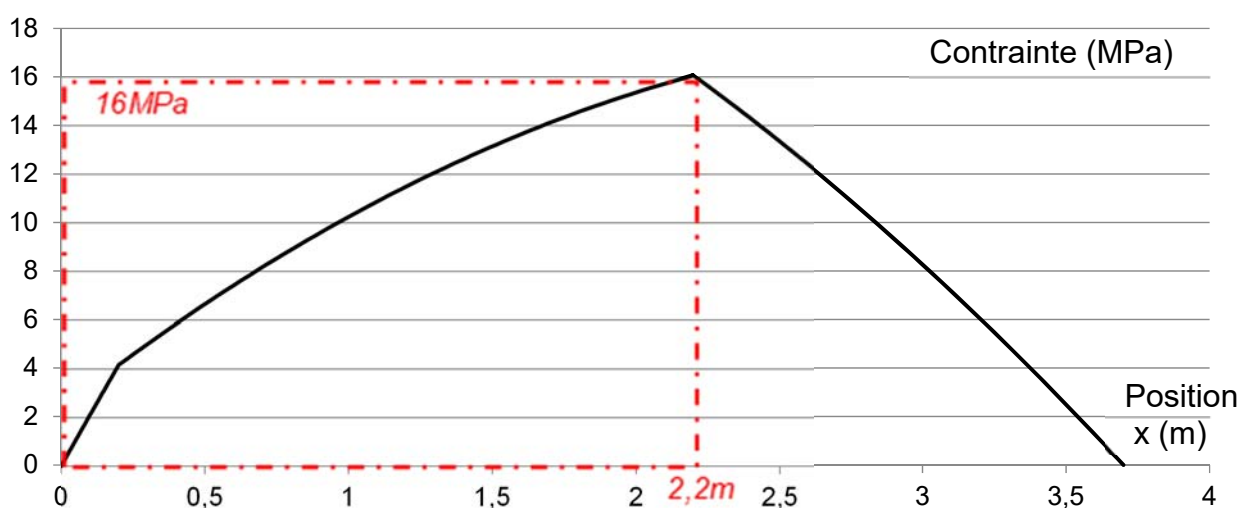


Tableau de répartition des charges linéiques supportées par la poutre

	longueur	largeur	épaisseur	charges		Charges linéiques
	m	m	m	valeur	unité	
Mobilier et personnes				1,5	kN·m ⁻²	0,9 kN·m ⁻¹
Plaque OSB	3,7	0,6	0,022	6	kN·m ⁻³	0,079 kN·m ⁻¹
Charge linéique d'exploitation qp :						qp = 0.979 kN·m ⁻¹
Poutre n°4	3,7	0,075	0,225	4,2	kN·m ⁻³	
	Poids de la poutre Gp =			0,2604	kN	gp = 0,0708 kN·m ⁻¹
Charge linéique totale p :						p = 1.05 kN·m ⁻¹

DOCUMENT RÉPONSES DRS3

Etude en flexion de la poutre n°4 : Résultats de la simulation numérique



DOCUMENT RÉPONSES DRS4

Pour connaître la résistance thermique de chaque composant diviser son épaisseur par sa conductivité par mètre d'épaisseur. Faire la somme de ces résistances.

CALCUL DU COEFFICIENT DE TRANSMISSION SURFACIQUE D'UNE PAROI						
Nature du matériau			Conductivité thermique λ (W/m.°C)	Epaisseur e (en mètre)	Résistance thermique $R_{th} = e / \lambda$ (m².°C/W)	
ENDUITS		plaque de carton plâtre	0.210	0.013	0.062	
		mortier de chaux, mortier bâtard chaux/ciment, mortier de chaux hydraulique	0.870			
		mortier au ciment	1.400			
		enduit chaux /sable	1.050			
ISOLANTS	SYNTHETIQUE	polystyrène extrudé	0.028			
		polystyrène expansé	0.035			
		polyuréthane en panneau	0.025			
		polyuréthane en mousse	0.030			
		polyester	0.035			
	naturel	laine de verre	0.035	0.045	1.286	
		laine de roche	0.040			
		VEGETAUX	OSB (800kg/m3)	0.150		
			granulat de bois	0.110		
			laine de cellulose (60kg/m3)	0.045		
			liège expansé (80 kg/m3)	0.032		
			laine de lin (vrac, rouleau, panneau semi rigide)	0.037		
STRUCTURE	BETON	laine de lin (panneau aggloméré)	0.090			
		béton cellulaire (400kg/m3)	0.110			
		blocs creux en béton de gravillon (parpaings)ép.10cm	R=0,09			
		blocs creux en béton de gravillon (parpaings)ép.20cm	R=0,21			
		béton léger (600kg/m3)	0.220			
	brique	béton ordinaire (2500kg/m3)	2.100	0.160	0.076	
		briques (700kg/m3)	0.300			
		briques (2000kg/m3)	0.960			
		brique creuse	0.500			
		brique Monomur BIOMUR 30 (ép.30)	0.124			
bois	bois (600 kg/m3) épicéa, pin, sapin	0.130				
	bois (800 kg/m3) hêtre, chêne	0.200				
LAME D'AIR VERTICALE	lame d'air (ép. 5 à 7 mm)		R=0,11			
	lame d'air (ép. 7 à 9 mm)		R=0,13			
	lame d'air (ép. 9 à 11mm)		R=0,14			
	lame d'air (ép. 11 à 13mm)		R=0,15			
	lame d'air (ép. >à 14 mm)		R=0,16		0.16	
Résistance thermique du mur en béton seul :					1.584	
Résistance thermique du mur isolé :					0.63	

ÉNERGIES ET ENVIRONNEMENT

Chaudière à granulés



Partie A : Quelle est la consommation énergétique de la chaîne de puissance liée à la vis de dosage ?

Question A.1 | Sur le diagramme I.B.D. du document réponse DRS1, **repasser en bleu** le flux d'énergie circulant lors du fonctionnement de la vis de dosage.

DRS1

Voir DRS1

Question A.2 | A partir des résultats de la simulation multi-physique, **calculer** le rapport de réduction et le rendement du réducteur programmés dans le modèle.

DTS3 – DTS10

Calcul du rapport de réduction :

- La vitesse en sortie du moteur $N_{\text{mot}} = 2914 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ (à lire sur l'afficheur en sortie du moteur)
- La vitesse en sortie du réducteur $N_{\text{red}} = 2,914 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ (à lire sur l'afficheur en sortie du réducteur)
- Rapport de transmission : $r = N_{\text{red}} / N_{\text{mot}} = \frac{2,914}{2914} = \frac{1}{1000} = 0,001$

Calcul du rendement du réducteur :

- Puissance en entrée du réducteur (fournie par le moteur) $W_{\text{mot}} = 30,51 \text{ W}$ (à lire sur l'afficheur en sortie du moteur)
- Puissance en sortie du réducteur $W_{\text{red}} = 6,102 \text{ W}$ (à lire sur l'afficheur en sortie du moteur)
- Rendement du réducteur : $\eta = P_{\text{red}} / P_{\text{mot}} = \frac{6,102}{30,51} = 0,2 = 20 \%$

Question A.3 | A la lecture des données constructeur (DTS1), **conclure** sur la modélisation du réducteur.

DTS1

Le rapport de transmission donné par le constructeur est $\frac{1}{1000}$.

Le rapport de transmission calculé à partir de la simulation est $\frac{1}{1000}$.

Les deux valeurs du rapport de réduction sont identiques.

Le rendement du réducteur donné par le constructeur est de 25%.

Le rendement calculé à partir du modèle simulé est de 20%.

Il y a donc un écart entre le modèle simulé et les données du constructeur de 20%

$$\left(\frac{25-20}{25} \right) = 0,2$$

Question A.4 | À partir de la simulation multi-physique (DTS3), **relever** le couple en sortie du moteur (C_{mot}) et l'intensité (I) consommée par le moteur.

DTS3

- Le couple en sortie du moteur $C_{\text{mot}} = 0,1 \text{ N}\cdot\text{m}$
- L'intensité consommée par le moteur $I = 238,6 \text{ mA} = 0,2386 \text{ A}$

Question A.5 | À partir des courbes caractéristiques du moteur asynchrone (DTS2), **déterminer** l'intensité (I_{const}) et le couple moteur (C_{const}) lorsque le moteur tourne à la vitesse de $2900 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$.

DTS2

Pour une vitesse de $2900 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$:

- Le couple moteur $C_{\text{const}} = 0,1 \text{ N}\cdot\text{m}$
- L'intensité $I = 0,24 \text{ A}$ (accepter entre 0,22 et 0,26)

Question A.6 | **Comparer** les caractéristiques du constructeur avec les caractéristiques du modèle multi-physique et **conclure** sur la validité de ce modèle.

DTS2

Pour $2900 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$

	Valeurs issues de la simulation	Valeurs issues des courbes caractéristiques	Ecart
Intensité	0,2386 A	0,24 A	1,5 %
Couple	0,1 N·m	0,1 N·m	0 %

On constate que les valeurs issues de la simulation et celles issues des courbes constructeurs sont très proches.

On peut donc valider le modèle du moteur au regard de la vitesse, du couple et de l'intensité.

Question A.7 | A partir de la simulation multi-physique (DTS3), **déterminer** la durée d'un cycle d'alimentation (c'est-à-dire le temps que met la vis de dosage pour faire un tour).

DTS3

La durée d'un cycle est **20,664 s** cette valeur correspond à la position du curseur n°2 sur la courbe du nombre de tour de la vis de dosage en fonction du temps

Question A.8 | A partir de la simulation multi-physique (DTS3), **déterminer** la puissance électrique (P_{elec}) et l'énergie électrique (W_{elec}) consommée lors d'un cycle d'alimentation. Donner l'énergie en J puis en Wh

DTS3 – DTS10

La puissance électrique : $P_{\text{elec}} = 41,16 \text{ W}$ A lire sur l'afficheur en entrée du moteur.

L'énergie électrique consommée est $W_{\text{elec}} = 839,3 \text{ J}$ A lire sur la courbe de l'énergie électrique en fonction du temps (la valeur correspond à la position du curseur n°2) on peut accepter si l'élève fait $W_{\text{elec}} = P_{\text{elec}} \cdot t = 41,16 \times 20,664 = 850 \text{ J}$

$$W_{\text{elec}} = 839,3 \text{ J} = \frac{839,3}{3600} = 0,233 \text{ Wh}$$

Partie B : Est-ce intéressant d'un point de vue de l'efficacité énergétique de remplacer la chaudière au fioul domestique par la chaudière à granulés « Euroclima » ?

Question B.1

DRS2 – DTS10

Compléter le tableau (DRS2) **en calculant** les énergies électriques consommées par les différentes chaînes de puissance et d'information sur une journée. Puis **calculer** l'énergie journalière totale consommée par la chaudière (W_{jour}).

Voir DRS2

Question B.2

Calculer la consommation électrique annuelle ($W_{\text{année}}$) de la chaudière. **Indiquer** les deux chaînes (de puissance ou d'information) qui consomment le plus.

$W_{\text{année}} = N \cdot W_{\text{jour}}$ avec N le nombre de jours d'utilisation de la chaudière sur une année. $W_{\text{année}} = 182 \times 1102 = 200\,564 \text{ Wh} = 200,6 \text{ KWh}$

Les chaînes qui consomment le plus : ventilateur d'extraction des fumées (768 Wh) et la platine de régulation électronique (264 Wh), car ils fonctionnent en continu.

Question B.3

DTS4

À partir des données de CALSOL, **déterminer** la température moyenne de l'air pendant la période de chauffage. **Conclure** sur la validité du scénario de chauffage donnée dans le document technique DTS4.

Température moyenne de l'air = $\frac{6,6+4+2,6+4,1+6,7+9,5}{6} = 5,58 \text{ °C}$ faire la moyenne des températures entre novembre et avril

Ou Température moyenne de l'air = $\frac{6,6 \times 30 + 4 \times 31 + 2,6 \times 31 + 4,1 \times 28 + 6,7 \times 31 + 9,5 \times 30}{30+31+31+28+31+30} = 5,58 \text{ °C}$ faire la moyenne des températures entre les jours de novembre et avril

Le scénario de chauffage prévoit une température de base de 5,58 °C. Cette température correspond à la température de l'air moyenne (5,58 °C).

La température de consignes en période normale est de 19°C. Cette température correspond à la température de confort.

La période de chauffage simulée va du 1° novembre au 30 avril. Cette période correspond à la période d'utilisation de la chaudière.

Le scénario de chauffage est donc validé.

Question B.4

DTS4 – DRS3

À partir des résultats de la simulation de chauffage (DTS4), **compléter** le tableau du document DRS3, **en relevant** l'énergie fournie par la combustion des granulés et l'énergie finale puis **en calculant** les pertes énergétiques.

Voir DRS3

Question B.5

DRS4

À partir des résultats précédents, **compléter** le diagramme de Sankey se trouvant sur le document DRS4.

Voir DRS4

Question B.6

Déterminer l'efficacité énergétique de la chaudière à granulés.

$$\begin{aligned}\text{Efficacité énergétique} &= \frac{\text{énergie thermique utile}}{\text{énergie thermique de combustion} + \text{énergie électrique}} \\ &= \frac{4\,147}{4\,704 + 200,6} = 0,85 = 85\%\end{aligned}$$

Question B.7

Conclure sur l'intérêt de remplacer la chaudière au fioul par la chaudière à granulés au regard de la problématique de cette partie.

L'efficacité énergétique de la chaudière à granulés (85 %) est supérieure à l'efficacité énergétique de la chaudière au fioul (70%). Il semble donc (au regard de l'efficacité énergétique) intéressant de remplacer la chaudière au fioul par la chaudière à granulés.

Choix 1

Partie C : Comment choisir le modulateur DC/DC du chargeur de l'alimentation de secours ?

Question C.1

DRS5

Sur le diagramme I.B.D. de l'alimentation de secours, **repasser** en bleu la circulation du flux d'énergie lors de la recharge de la batterie.

Voir DRS5

Question C.2

DTS6

A partir des courbes de la simulation (DTS6), **donner** la tension maxi de VP₂ (VP_{2maxi}). **Calculer** la tension efficace VP_{2efficace}.

La tension maxi de VP₂ : VP_{2maxi} = 17 V (on accepte entre 16,8 et 17,2)

La tension efficace de VP₂ : VP_{2efficace} = VP_{2maxi} / √2 = 17 / √2 = 12 V

Question C.3

DTS7

A partir des courbes de la simulation (DTS7), **donner** la tension VP_3 en sortie du modulateur AC/DC. **Indiquer** si cette tension correspond à VP_{2maxi} ou $VP_{2efficace}$.

La tension $VP_3 = 17\text{ V}$ (on accepte entre 16,8 et 17,2) en continu. On constate que la valeur de VP_3 correspond donc à la tension maxi de VP_2 (VP_{2maxi})

Question C.4

DRS6

Sur le diagramme I.B.D. du chargeur de l'alimentation de secours, **compléter** les caractéristiques des énergies.
Utiliser la liste suivante : 12 V AC, 230 V AC et 17 V DC.

Voir DRS6

Question C.5

DTS9 – DTS10

Donner la capacité (Q_{bat}) et la tension (U_{bat}) de la batterie à recharger. Puis **calculer** l'intensité de recharge (I_{bat}), dans le cas d'une recharge complète de 10 heures.

- **La capacité de la batterie : $Q_{bat} = 110\text{ Ah}$**
- **La tension aux bornes de la batterie : $U_{bat} = 12\text{ V}$**
- **L'intensité de recharge $I_{bat} = Q_{bat} / t = \frac{110}{10} = 11\text{ A}$**

Question C.6

DTS8

Choisir le modulateur DC/DC qui convient pour le chargeur.
Justifier votre réponse.

En sortie le modulateur DC/DC doit pouvoir supporter une intensité de 11 A :

- **Le modulateur n°1 (Yosoo) supporte une intensité de 15 A > 11 A**
- **Le modulateur n°2 (LM2596HV) supporte une intensité de 3 A < 11 A**
- **Le modulateur n°1 est donc le seul à respecter cette contrainte**

En sortie du modulateur DC/DC on souhaite une tension de 13,8 VDC :

- **Pour le modulateur n°1 (Yosoo) la plage de tension en sortie est comprise entre 1 et 36V. La tension de 13,8 V est bien comprise dans cet intervalle.**
- **La plage de tension de sortie du modulateur n°1 convient**

En entrée du modulateur DC/DC on souhaite une tension de 17 VDC

- **Pour le modulateur n°1 (Yosoo) la plage de tension en entrée est comprise entre 8 et 55V. La tension de 17 V est bien comprise dans cet intervalle.**
- **La plage de tension en entrée du modulateur n°1 convient**

Le modulateur qui répond le mieux à la problématique est donc le modulateur n°1 (Yosoo).

Choix 2

Partie D : Comment assurer une autonomie d'utilisation de la chaudière de deux jours en cas de coupure de la ligne EDF ?

Question D.1
DRS5

Sur le diagramme IBD, **repasser** en bleu la circulation du flux d'énergie lors de l'alimentation de la chaudière par la batterie.

Voir DRS5

Question D.2

Calculer l'énergie consommée en 2 jours ($W_{2 \text{ jours}}$).

L'énergie consommée en 2 jours est $W_{2 \text{ jours}} = 2 \cdot W_{24h} = 2 \times 1000 = 2\,000 \text{ Wh}$

Question D.3
DTS10

À partir du rendement de l'onduleur, **calculer** l'énergie (W_{conso}) que doit délivrer la batterie en 2 jours pour alimenter la chaudière.

L'énergie délivrée par la batterie est $W_{\text{conso}} = W_{2 \text{ jours}} / \eta = \frac{2000}{0,95} = 2\,105 \text{ Wh}$

Question D.4
DTS9 – DTS10

À partir du document technique, **donner** la tension (U_{bat}) et la capacité (Q_{bat}) de la batterie. **Calculer** la quantité d'énergie W_{bat} stockée dans la batterie.

- **La tension aux bornes de la batterie : $U_{\text{bat}} = 12 \text{ V}$**
- **La capacité de la batterie : $Q_{\text{bat}} = 110 \text{ A}\cdot\text{h}$**
- **L'énergie stockée dans la batterie : $W_{\text{bat}} = Q_{\text{bat}} \cdot U_{\text{bat}} = 12 \times 110 = 1\,320 \text{ Wh}$**

Question D.5
DTS9

Conclure sur la pertinence du choix de cette batterie au regard de la problématique de cette partie.

L'énergie disponible dans la batterie (1 320 Wh) est inférieure à l'énergie nécessaire pour alimenter la chaudière à granulés pendant deux jours (2 105 Wh). Cette batterie ne permet donc pas d'assurer l'autonomie souhaitée dans la problématique de cette partie.

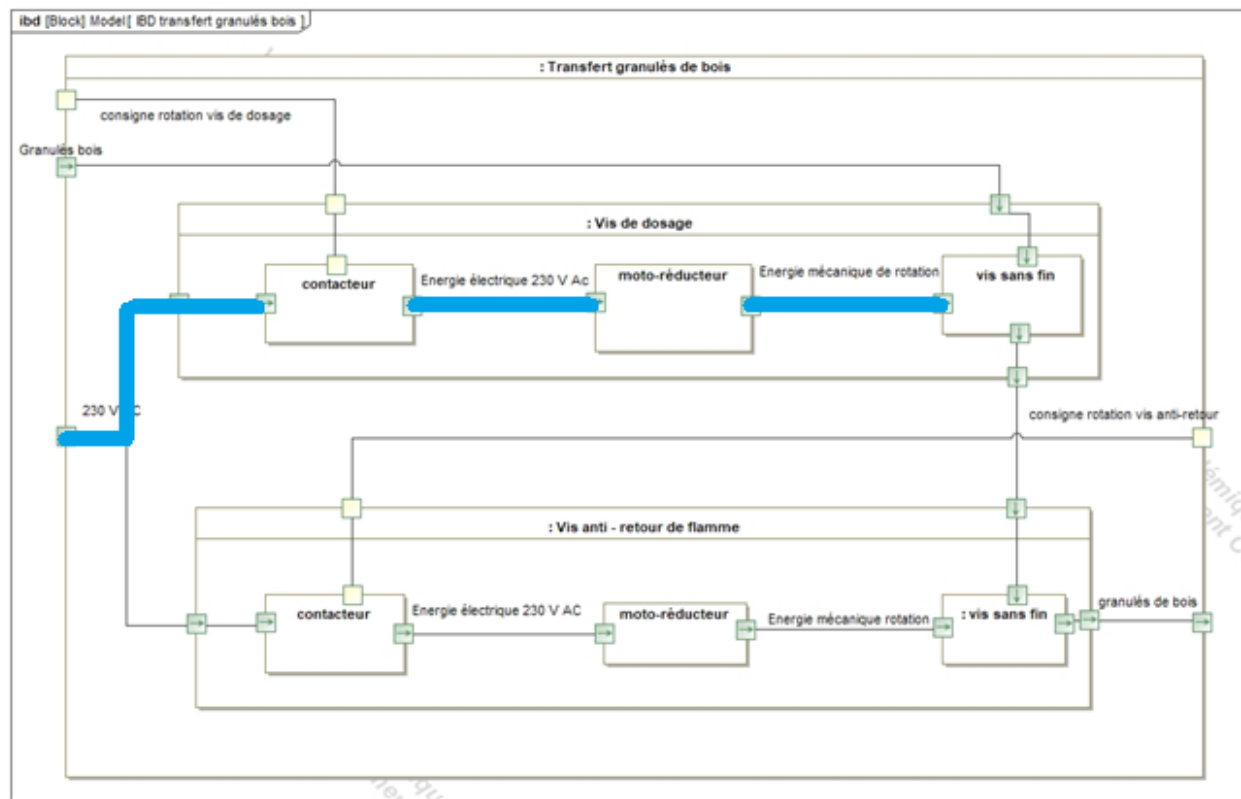
Question D.6

Calculer l'autonomie (T) énergétique de l'alimentation de secours si on utilise la batterie en option. **Conclure** sur l'intérêt d'utiliser la batterie en option au regard de la problématique de cette partie.

L'autonomie est $T = \eta \cdot W_{\text{disp}} / W_{24h} = \frac{0,95 \times 2\,208}{1000} = 2,1 \text{ jours}$ qui est supérieure à l'autonomie imposée par le cahier des charges. Au regard de l'autonomie imposé par le cahier des charges il est donc nécessaire de choisir la batterie proposée en option.

DRS1 : Diagramme I.B.D. du système de « transfert granulés de bois »

Question A.1



DRS2 : Consommation électrique journalière de la chaudière

Question B.1

	Puissance électrique	Durée d'utilisation journalière	Energie électrique consommée (en Wh)
Turbine aspiration granulés	1 200 W	3 minutes par jour	$1200 \times \frac{3}{60} = 60$
Chaine de puissance de la « vis de dosage »	40 W	6 minutes par jour	$40 \times \frac{6}{60} = 4$
Chaine de puissance de la « vis de sécurité »	40 W	6 minutes par jour	$40 \times \frac{6}{60} = 4$
Chaine de puissance de la « vis de décondrage »	40 W	3 minutes par jour	$40 \times \frac{3}{60} = 2$
Ventilateur d'extraction des fumées	32 W	En continu	$32 \times 24 = 768$
Platine régulation électronique (chaine d'information)	11 W	En continu	$11 \times 24 = 264$
Energie journalière totale (W_{jour}) :			1 102

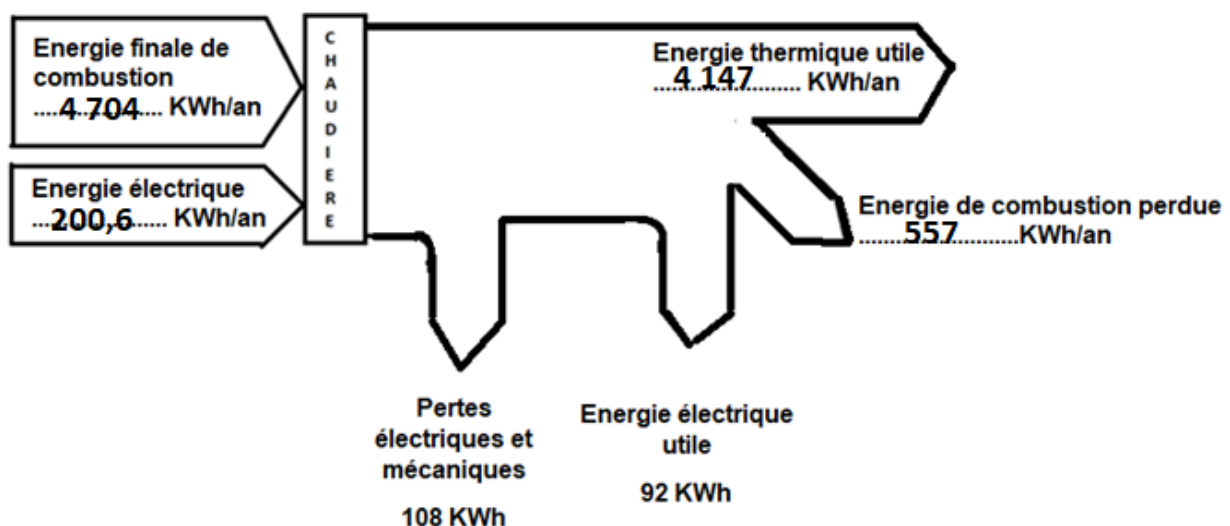
DRS3 : Bilan énergétique du chauffage d'une maison

Question B.4

	Energie en KWh/an
Energie finale par la combustion des granulés :	4 704
Energie thermique utile pour chauffer la maison :	4 147
Energie de combustion perdue :	$4\,704 - 4\,147 = 557$

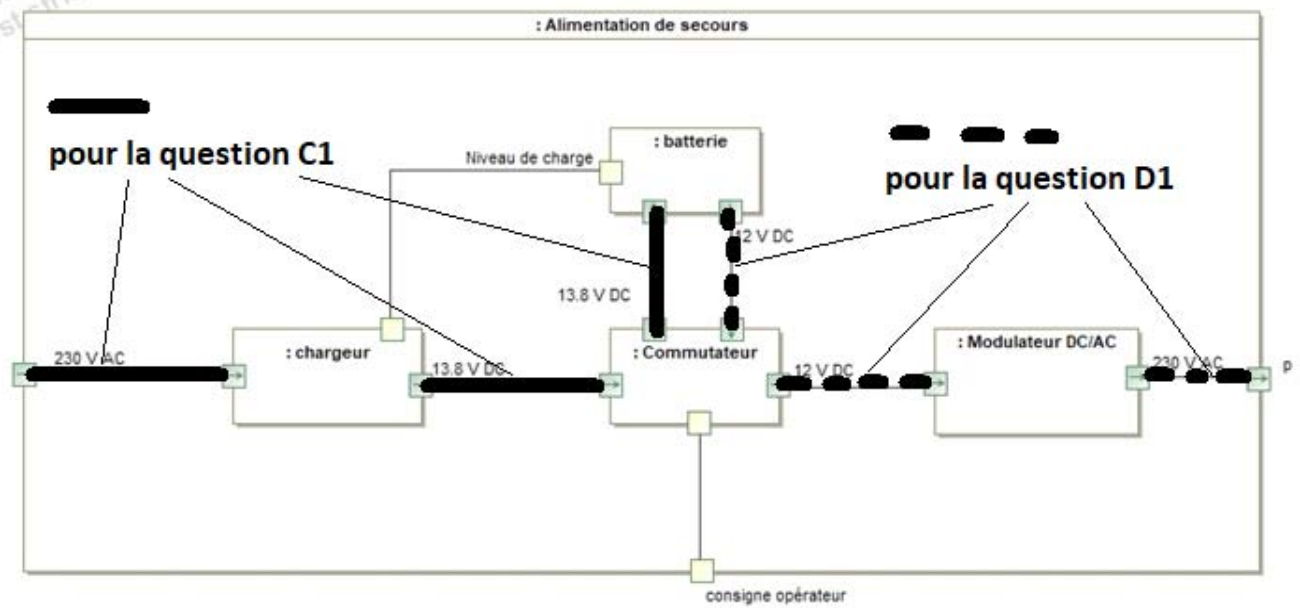
DRS4 : Diagramme de Sankey

Question B.5



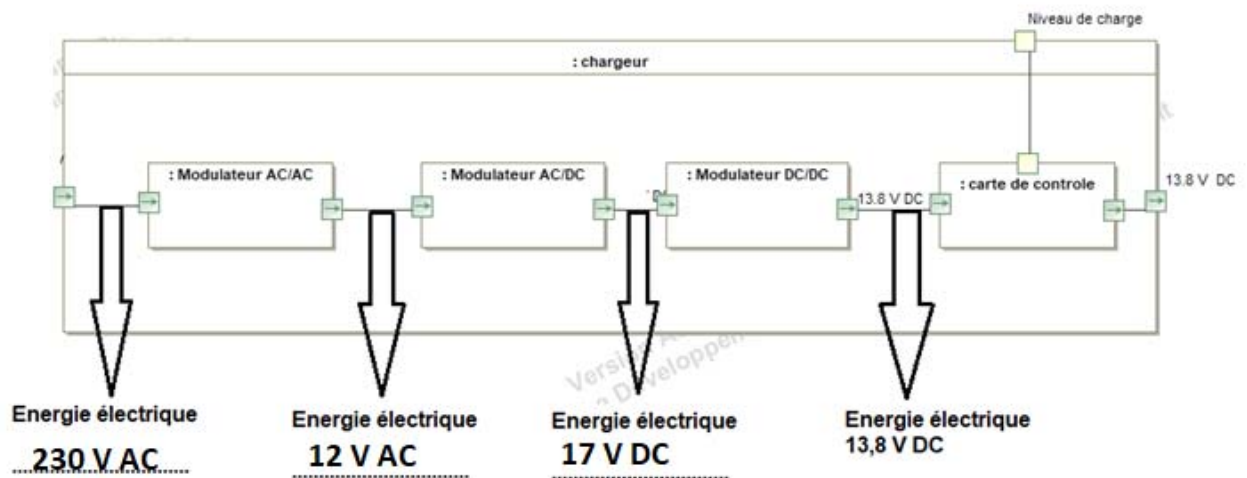
DRS5 : Diagramme IBD de l'alimentation de secours

Question C.1 ou D.1



DRS6 : Diagramme IBD du chargeur de l'alimentation de secours

Question C.4



INNOVATION TECHNOLOGIQUE ET ÉCO-CONCEPTION

Chaudière à granulés



Travail demandé

PARTIE A : Comment adapter le stockage des granulés ?

Question A.1 | Relever les dimensions minimales (surface au sol et hauteur) que devra avoir la zone d'installation du silo complet (avec structure).

DTS2

On utilisera un silo de type 5.5. La zone d'installation devra avoir :

- Une surface au sol au moins de $S=2,2 \times 2,2 = 4,84 \text{ m}^2$.
- Une hauteur supérieure à $H= 2,5 \text{ m}$

Question A.2 | **Justifier** le paramétrage par la charge linéique q représentée ci-dessus sur la structure.

DTS3

Déterminer la valeur de la charge linéique q (en N/m)

La masse de 3 000 kg est supportée par les 4 barres horizontales et répartie tout le long de la fixation du silo sur la structure.

$$q = \frac{P_{\text{Granulés}}}{4 \cdot L} = \frac{M \cdot g}{4 \cdot L} = \frac{3\,000 \cdot 9,81}{4 \cdot 2,20} = 3\,344 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

Question A.3 | Dans le cas du modèle 1 :

DTS3

Hypothèse : la charge totale se répartie également sur les 4 pieds.

Déterminer les efforts appliqués sur chacun des 4 pieds.

Préciser la sollicitation subie par chaque pied

Le poids total de la charge se répartit sur les 4 pieds.

Donc chaque pied subit $F = \frac{P}{4} = \frac{M \cdot g}{4} = \frac{3\,000 \cdot 9,81}{4} = 7\,357,5 \text{ N}$

Les 2 efforts appliqués (égaux et opposés) sur un pied tendent à diminuer sa longueur, donc ils sont sollicités en compression.

Question A.4 | Dans le cas du modèle 1 : **Calculer** la contrainte dans un pied.

DTS3

On rappelle que les pieds de la structure sont constitués de profilés creux. (voir Figure 2 ci-dessus).

On a de la compression. Donc la contrainte dans un pied est une contrainte normale égale à :

$$\sigma = \frac{N}{S} = \frac{-F}{S} = \frac{-7\,357,5}{(80 \times 80) - (72 \times 72)} = \frac{-7\,357,5}{1216} \Rightarrow \sigma = -6,05 \text{ MPa}$$

(valeur positive ou négative admise)

Question A.5 | Dans le cas du modèle 1 Les liaisons entre les différents éléments de la structure (cadre et pieds) sont des encastrement rigides. La simulation présentée en DTS4 fait apparaître une flexion des pieds. **Expliquer** en quoi la nature des liaisons décrites ci-dessus induit ce phénomène (il peut être utile de faire un schéma)

DTS4 ; DTS5

La flexion des barres du cadre engendre une rotation de la liaison avec les pieds ; la liaison étant rigide cette rotation induit une flexion du pied.

Question A.6 | Dans le cas du modèle 1 : **Expliquer** ce qui peut se produire si un effort latéral accidentel est appliqué en haut de la structure.
Dans le cas du modèle 2 : **Expliquer** en quoi le modèle 2 apporte une solution à ce problème.

DTS4 ; DTS5

Dans le cas du modèle 1 : Les pieds peuvent se replier au niveau du cadre, sous l'effet de la charge horizontale, et la structure s'effondrer.

Dans le cas du modèle 2 : On a rigidifié la structure en ajoutant des barres croisées : système triangulé (Le candidat peut aussi citer la croix de Saint-André)

Question A.7 | En vous aidant des valeurs des contraintes affichées sur les simulations (DTS5), **vérifier** la résistance de la structure.

DTS4 ; DTS5

Condition de résistance : $\sigma_{Maxi} \leq \frac{\sigma_e}{s}$

Modèle 2

$\sigma_{Maxi} = 103,1 \text{ MPa}$

$\sigma_e = 235 \text{ MPa}$

$$s > \frac{\sigma_e}{\sigma_{Maxi}} \Rightarrow s > \frac{235}{103,1} \Rightarrow s > 2,3$$

La condition de résistance est vérifiée

Question A.8 | **Conclure** sur l'intérêt du modèle 2
 Le modèle 2 est plus stable et plus rigide (déformations moindres)

PARTIE B : Comment optimiser l'alimentation en granulés ?

Question B.1	Le DTS6, précise le sens de rotation de la roue (23). Justifier le choix de ce sens de rotation. Sur le DRS1, reporter ce sens de rotation.
DTS6, DRS1	

Vis avec un pas à droite, permet de faire translater les granulés vers le bout de la vis

Cf DRS1

Question B.2	A l'aide du DTS6, déduire de la question précédente et représenter par des flèches sur le DRS1, les sens de rotation des roues (20) ; (21) ; (22) ; ainsi que le sens de déplacement de la chaîne.
DTS6, DRS1	

Cf DRS1

Question B.3	Justifier le choix d'installer une chaîne au lieu d'une courroie.
DTS6, DTS7, DRS1	

Choix d'une chaîne : Synchrone, durée de vie importante, adaptée à une température importante.

Choix d'une courroie : risque de glissement, température admissible de fonctionnement risquant d'être dépassée.

Question B.4	Calculer successivement les vitesses de rotation de la vis de dosage (3), du sas rotatif (13), et de la vis de sécurité (4).
DTS6, DRS1	

$$\text{Rappel : } r = \frac{Z_{\text{Moteur}}}{Z_{\text{Récepteur}}} = \frac{N_{\text{Récepteur}}}{N_{\text{Moteur}}}$$

Vitesse de la vis de dosage (3) : Elle est entraînée par la roue 23. Donc $N_3 = N_{23}$

$$\frac{Z_{20}}{Z_{23}} = \frac{N_{23}}{N_{20}} \Rightarrow N_{23} = \frac{Z_{20}}{Z_{23}} \cdot N_{20} = \frac{13}{28} \cdot 1,5 \Rightarrow N_{23} = N_3 = 0,7 \text{ tr. min}^{-1}$$

Vitesse du sas rotatif (13) : Il est entraîné par la roue 22. Donc $N_{13} = N_{22}$

On peut voir que $Z_{23} = Z_{22}$ mais les deux roues tournent en sens opposées. Donc on aura $N_{13} = N_{22} = -N_{23} = -0,7 \text{ tr. min}^{-1}$

Vitesse de la vis de sécurité (4) : Elle est entraînée par la roue 21. Donc $N_4 = N_{21}$

$$\frac{Z_{20}}{Z_{21}} = \frac{N_{21}}{N_{20}} \Rightarrow N_{21} = \frac{Z_{20}}{Z_{21}} \cdot N_{20} = \frac{13}{20} \cdot 1,5 \Rightarrow N_{21} = N_4 = 0,975 \text{ tr. min}^{-1}$$

Question B.5 | **Calculer successivement** les débits (en $\text{mm}^3.\text{min}^{-1}$) de granulés transportés par les vis (3) et (4), ainsi que par le sas (13).
DTS6 | **Justifier** ce principe de transport des granulés au regard des risques de bourrage des granulés.

Débit de la vis de dosage (3) :

$$Q = \frac{\text{Débit Maxi}}{N_3} = \frac{125\,000}{0,7} = 178\,571 \text{ mm}^3.\text{min}^{-1}$$

Débit du sas rotatif (13) :

$$Q = \frac{\text{Débit Maxi}}{N_{13}} = \frac{150\,000}{0,7} = 214\,286 \text{ mm}^3.\text{min}^{-1}$$

Débit de la vis de sécurité (4) :

$$Q = \frac{\text{Débit Maxi}}{N_4} = \frac{250\,000}{0,975} = 256\,410 \text{ mm}^3.\text{min}^{-1}$$

Le débit ne fait qu'augmenter tout au long du transport, ce qui tends à séparer les granules les uns des autres et réduire ainsi les risques de bourrage.

Question B.6 | A l'aide du DTS6, **expliquer** en quoi le sas rotatif pallie au risque de retour de flamme.
DTS6

Il évite les retours de flammes vers la zone de stockage journalier en faisant obstruction entre la vis de sécurité et la vis de dosage.

Question B.7 | A l'aide du DTS8, **choisir** un type de matériau pour la fabrication de la vis de sécurité, **justifier** ce choix.
DTS8

Il faut un matériau qui puisse se souder (fabrication des vis) et dont la température d'utilisation soit supérieure à 600°C .

DTS8 : L'acier inoxydable et les super alliages au nickel respectent ces contraintes.

Question B.8 | **Conclure** sur la validité des différents choix effectués pour respecter les contraintes de l'alimentation en granulés.

Alimentation en granulés sécurisée :

- Améliorer la sécurité incendie :
 - o grâce au sas rotatif
 - o matériau des vis résistant aux températures élevées
- Fiabilité du système d'alimentation en granulés :
 - o Utilisation d'une Tr. de puissance par chaîne, fiable, synchrone, résistante à de possibles températures élevées
 - o Utilisation de vis sans fin
 - o Diminution des risques de bourrage

PARTIE C : Comment assurer l'alimentation en granulés de façon autonome

Question C.1 | A partir des dimensions précédentes, **reporter** ces valeurs sur le DRS2.

DTS9; DRS2

Voir DRS2

Question C.2 | En vous aidant de la présentation du convoyeur sur le DTS9, **vérifier** que la densité des granulés est compatible avec les caractéristiques de ce type de convoyeur.

DTS9

Densité des granulés $600/1000=0,6 < \text{densité maximale requise de } 0,7$

Question C.3 | Sur le DRS2, **tracer l'axe du tube** du convoyeur entre son point de départ D, et son point d'arrivée A.

DTS9; DRS2

Reporter les valeurs **R** et **α** sur le DRS2.

Voir DRS2

En vous aidant des tracés effectués précédemment sur le DRS2, **déterminer** la longueur approchée du tube du convoyeur à installer.

Calcul approché :

$$AB = 2,2 - 0,3 = 1,9 \text{ m}$$

$$\cos(45^\circ) = \frac{AB}{AC} \Rightarrow AC = \frac{AB}{\cos(45^\circ)} = \frac{1,9}{\cos(45^\circ)} = 2,69 \text{ m}$$

$$ABC \text{ isocèle donc } AB = BC = 1,9 \text{ m}$$

$$CD = 4 - BC = 4 - 1,9 = 2,1 \text{ m}$$

$$\text{Longueur du tube} = AC + CD = 2,69 + 2,1 = 4,79 \text{ m}$$

PARTIE D : Synthèse

En vous aidant des résultats obtenus dans les différentes parties, **conclure** sur la validité des différentes solutions mises en œuvre.

Partie A : Stockage des granulés

- Volume du silo adapté à une conso annuelle
- Dimension maxi du silo + structure possible à installer dans un habitat
- Résistance adaptée de la structure du silo

Partie B : Alimentation optimisée en granulés :

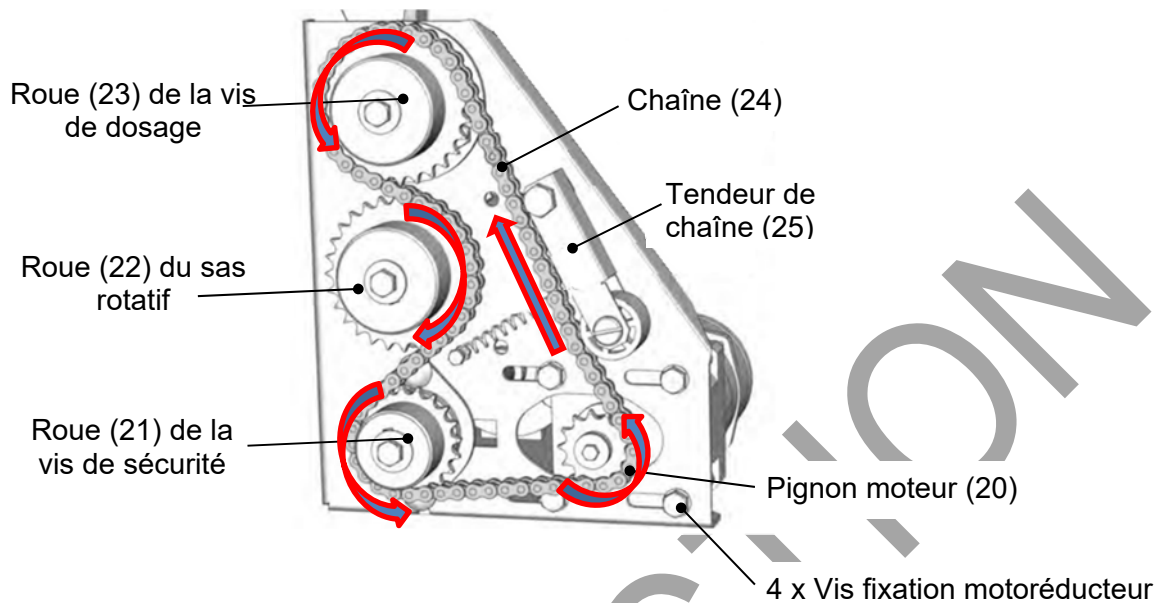
- Système fiable de transfert des granulés avec vis sans fin et chaînes
- Sécurité vis-à-vis des incendies grâce au sas rotatif et matériau adapté des vis sans fin
- Transfert des granulés avec débit précis

Partie C : Alimentation autonome en granulés

- Technologie du tube de transfert déjà éprouvée en industrie
- Système souple et adaptable
- Avantages du système (silencieux, pas de poussières) bien adaptés aux habitats.

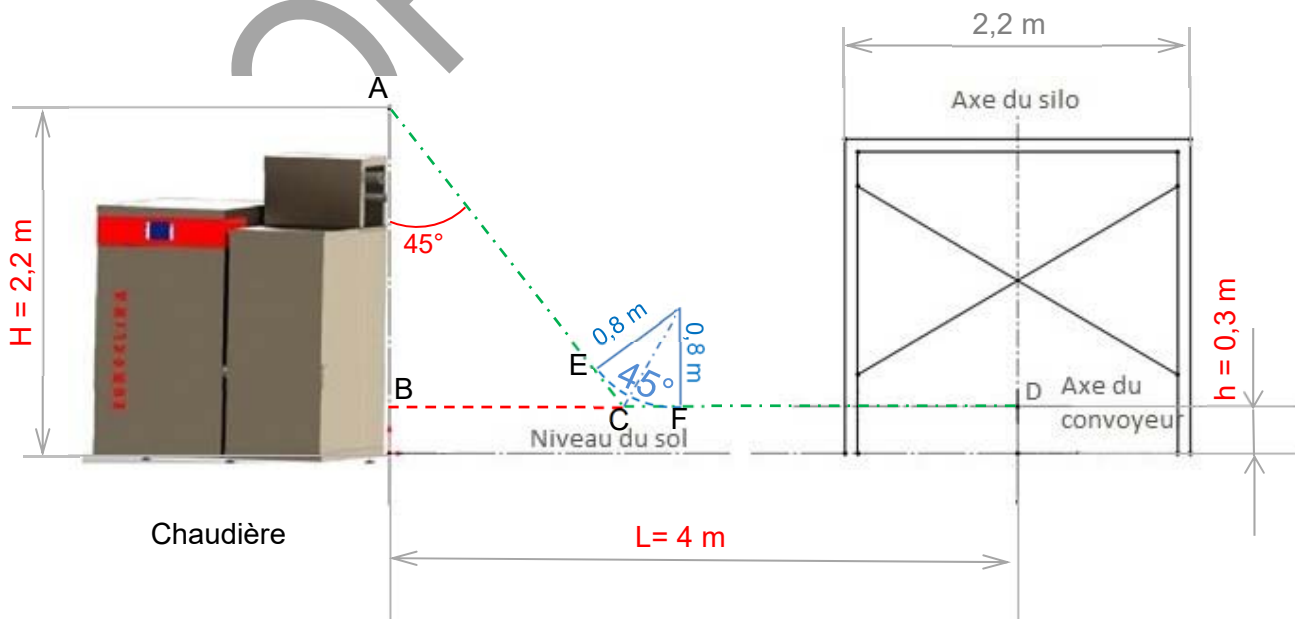
DRS1 : Etude cinématique de l'écluse anti-retour de flamme

	Nombre de dents
Pignon (20)	$Z_{20} = 13$ dents
Roue (21)	$Z_{21} = 20$ dents
Roue (22)	$Z_{22} = 28$ dents
Roue (23)	$Z_{23} = 28$ dents



Justification du sens de rotation de la roue (23) :

DRS2 : Détermination de la longueur du flexible d'alimentation



SYSTÈMES D'INFORMATION ET NUMÉRIQUE

Chaudière à granulés



Travail demandé

PARTIE A : Peut-on obtenir 6 mesures de consommation différentes par jour pour un débit moyen de 0,7g/s ?

Question A.1
DTS2 **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.

Lorsque le capteur de pesage se déforme, les jauges de contraintes collées sur celui-ci se déforment. Leurs déformations entraînent une variation de leurs résistances électriques. A partir de ces variations de résistance, on obtient un signal électrique proportionnel à la charge appliquée.

Question A.2 A l'aide des hypothèses ci-dessus, **donner** l'expression littérale permettant de calculer la charge équivalente C_{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_{silo} .

Réaliser l'application numérique.

La masse du silo et de sa structure se répartit équitablement sur les 4 pieds
La masse de granulé se répartit uniquement sur les 2 pieds 1 et 2.
D'où $C_{\text{capteur}} = (m_{\text{silo}} / 4) + (m_{\text{granulés}} / 2) = (240 / 4) + (3000 / 2) = 1560\text{kg}$

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).

La capacité nominale immédiatement supérieure à 1560 kg pour les capteurs est 2000kg.

Question A.5
DTS3 La tension $V_{\text{IN}+} - V_{\text{IN}-}$ délivrée par un capteur de pesage dépend de sa tension d'alimentation. Le DTS3 indique la caractéristique $V_{\text{IN}+} - V_{\text{IN}-}$ en fonction de la masse mesurée et pour différentes tensions d'alimentation du capteur. **Indiquer** la tension $(V_{\text{IN}+} - V_{\text{IN}-})_{\text{nominal}}$ délivrée par le capteur pour sa capacité nominale de 2000kg si la tension d'alimentation est $U_{\text{alim}} = 10\text{V}$. On donnera cette valeur en mV.

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

Question A.6

DRS1

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, **justifier** l'utilisation d'un amplificateur en sortie de chaque capteur de pesage.

La tension en sortie de chaque amplificateur est donnée par :

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

Calculer le gain G des amplificateurs pour obtenir une tension de 5V sur une entrée analogique de l'Arduino pour la tension nominale $(V_{IN+} - V_{IN-})_{\text{nominal}}$ délivrée par un capteur.

Tension de sortie (20mV) trop faible pour les entrées analogiques

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

Question A.7

DTS4

A l'aide du document technique DTS4, **calculer** le quantum (résolution) du CAN. 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'un Arduino Uno.

Tension pleine échelle obtenue pour $N = 2^{10} - 1 = 1023$

$$\text{quantum} = \frac{5}{1023} = 4,888 \text{ mV}$$

Question A.8

Quels que soient les résultats précédents, on considèrera que la valeur de masse de granulés est donnée par :

$$m_{\text{granulés}} = 400 \times U_0 \quad (\text{avec } U_0 = \text{tension en sortie d'un amplificateur en V})$$

A partir du quantum déterminé précédemment, **calculer** la masse minimale m_{mini} détectée par le CAN pour un capteur puis pour 4 capteurs $m_{4\text{mini}}$.

$$m_{\text{mini}} = 400 \times 4,888 \times 10^{-3} = 1,955 \text{ kg pour un capteur}$$

$$\text{Pour 4 capteurs : } m_{4\text{mini}} = 4 \times m_{\text{mini}} = 7,82 \text{ kg}$$

Question A.9

Si on considère un débit moyen de granulés de 0,7g/s, **calculer** le temps mis pour consommer la masse $m_{4\text{mini}}$ de granulés (en heures).

$$t = \frac{9180}{0,7} = 13114 \text{ s} = 3,64 \text{ h}$$

Question A.10

Conclure sur la possibilité de respecter la problématique de la partie A avec cette chaine 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 chaine d'information à modifier en priorité (entre les capteurs de pesage, les amplificateurs ou les CAN). **Justifier** votre réponse.

On veut 6 mesures différentes par jour pour un débit de 0,7g/s, donc une mesure toutes les 4h. La chaîne d'information permet une discrimination toutes les 3,64h donc possible.

Les capteurs de poids permettent une précision de 1,36kg alors que les CAN ne permettent que 7,82kg. Il faudrait donc des CAN avec n plus grand. Par exemple, avec 12 bits, on obtiendrait une masse minimale détectable de 1,95kg pour 4 capteurs soit une mesure possible toutes les 1,3h en tenant compte de la précision des capteurs.

Choix 1 :

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

Question B.1 DRS2	<p>Bien lire l'algorithme donné sur le DRS2 qui permet de calculer la masse nette de granulés dans le silo (<i>masseGranulesFloat</i>). Compléter alors la ligne 17 de cet algorithme en utilisant les noms de variables données dans celui-ci.</p> <p><i>masseGranulesFloat ← somme * NversM - tare</i></p>
Question B.2	<p>Donner la valeur de <i>masseGranulesInt</i> calculée par l'algorithme précédent si les valeurs numériques présentes en sorties des CAN sont :</p> <p>$N_1 = 307 \quad N_2 = 276 \quad N_3 = 317 \quad N_4 = 245$</p> <p><i>masseGranulesInt = INT((307+276+317+245)×1,955 – 240) = INT(1998,475) = 1998 kg</i></p>
Question B.3 DTS5 DTS7 DTS8	<p>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 <i>masse</i> 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 <i>masse</i> et donc la valeur transmise.</p> <p><i>Code ASCII = 31 39 39 38 soit les caractères 1998</i></p>
Question B.4 DTS7	<p>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.</p> <p><i>Le code d'erreur renvoyé suite à cette requête est 200 OK , la requête s'est donc exécutée correctement.</i></p>

Choix 2 :

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

Question C.2

DRS3

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

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

Octet émis : 0b00101010 = 0x2A = 42

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).

Pour émettre un caractère d'un octet, il faut 10 bits. La trame de requête comporte 9 octets, celle de réponse 13 octets, celle de fin de transmission 11 octets. Donc au total 33 octets. Il faudra donc $10 \times 33 = 330$ bits pour les 3 trames.

La vitesse de transmission étant de 2400 bits/s la durée totale sera : $330/2400 = 0,1375 \text{ s} = 137,5 \text{ ms}$

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.

Ce bus permet de transmettre en une seule requête 5 paramètres en un temps très court largement compatible avec la commande de la chaudière.

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

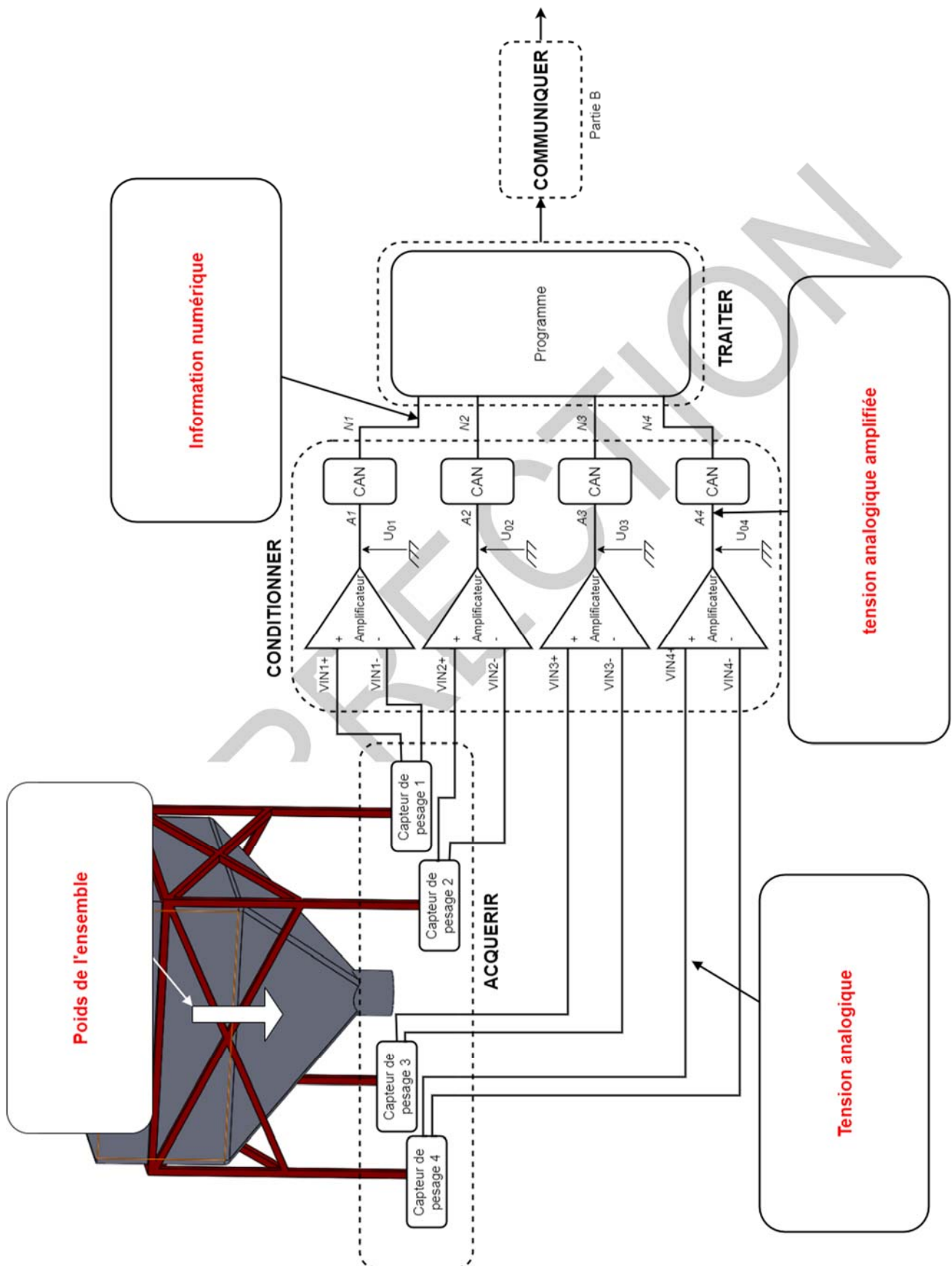
Question D.2	Déterminer l'adresse IP (en hexadécimal puis en notation décimale pointée) et l'adresse MAC de l'appareil ayant exécuté la requête en vue de connaître la masse de granulés restant. Donner son nom.
DTS5	
DTS6	Adresse IP : c0 a8 00 1f soit 192.168.0.31 Adresse MAC : 78:24:af:82:eb:9a Il s'agit donc du PC1

PARTIE E : Conclusion

Question E.1	<p>Sachant que l'on stocke dans la base de données un relevé toutes les 4 heures, calculer 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.</p> <p>Il faut stocker 26 octets à chaque relevé. On effectue 6 relevés par jours, pendant 245 jours sur 10 ans :</p> <p>Taille mini = $26 \times 6 \times 245 \times 10 = 382\,200$ octets = 382,2 ko</p>
Question E.2	<p>A l'aide de études réalisées dans les parties A, D et E, conclure sur la viabilité de la solution retenue pour suivre la consommation de granulés.</p> <ul style="list-style-type: none">• Il est donc possible de suivre sa consommation toutes les 4 heures pour un débit moyen de consommation• les données stockées permettent de comparer sa consommation avec des logements similaires et donc éventuellement d'envisager des actions pour réduire sa consommation• l'archivage est très peu consommateur en terme de stockage en comparaison des tailles de cartes mémoire actuelles.

DRS1 : Chaîne d'information " pesage granulés"

Question A.4



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 ← 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

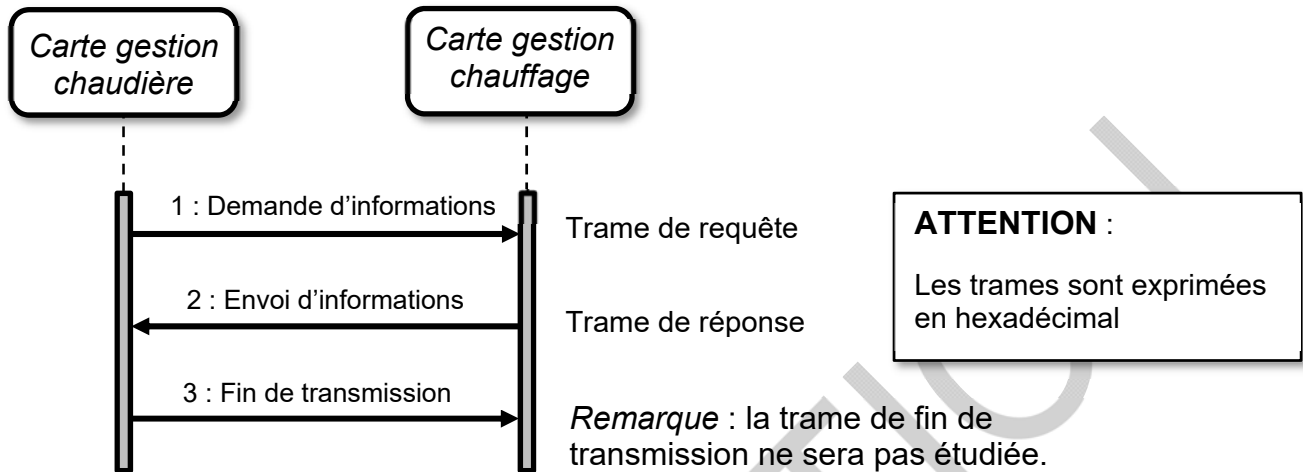
lectureEntreeAnalogique(*broche*) est une fonction qui permet d'obtenir la valeur numérique image de la tension présente sur l'entrée analogique *broche*.

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

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
0B	02	05	00	01	AA	77	00	AA

protocole trame de réponse (2)

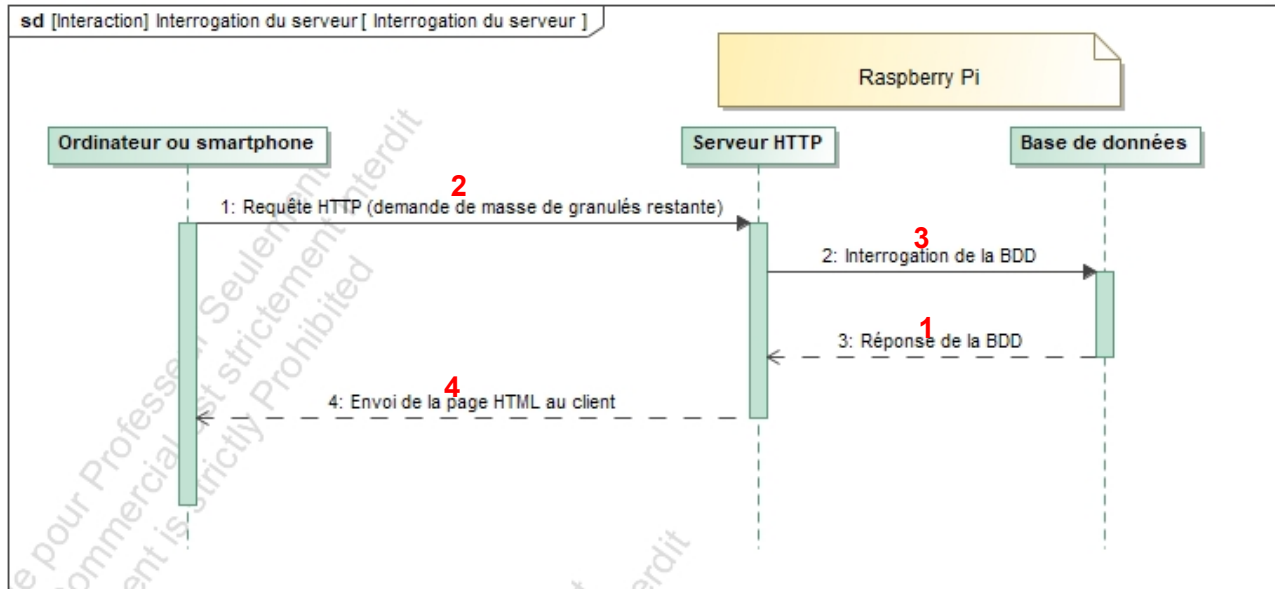
Adresse source	Adresse destination	Contrôle chaudière	Contrôle données	Nbre d'octets données	Statut chauffage	Consigne temp. eau départ chauffage	Consigne temp.ECS (57°C)	Suite de la trame ci- dessous
1 octet	1 octet	1 octet	1 octet	1 octet	1 octet	1 octet	1 octet	
02	0B	05	01	05	AA	2A	39	

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
	07	64	A2	00	AA

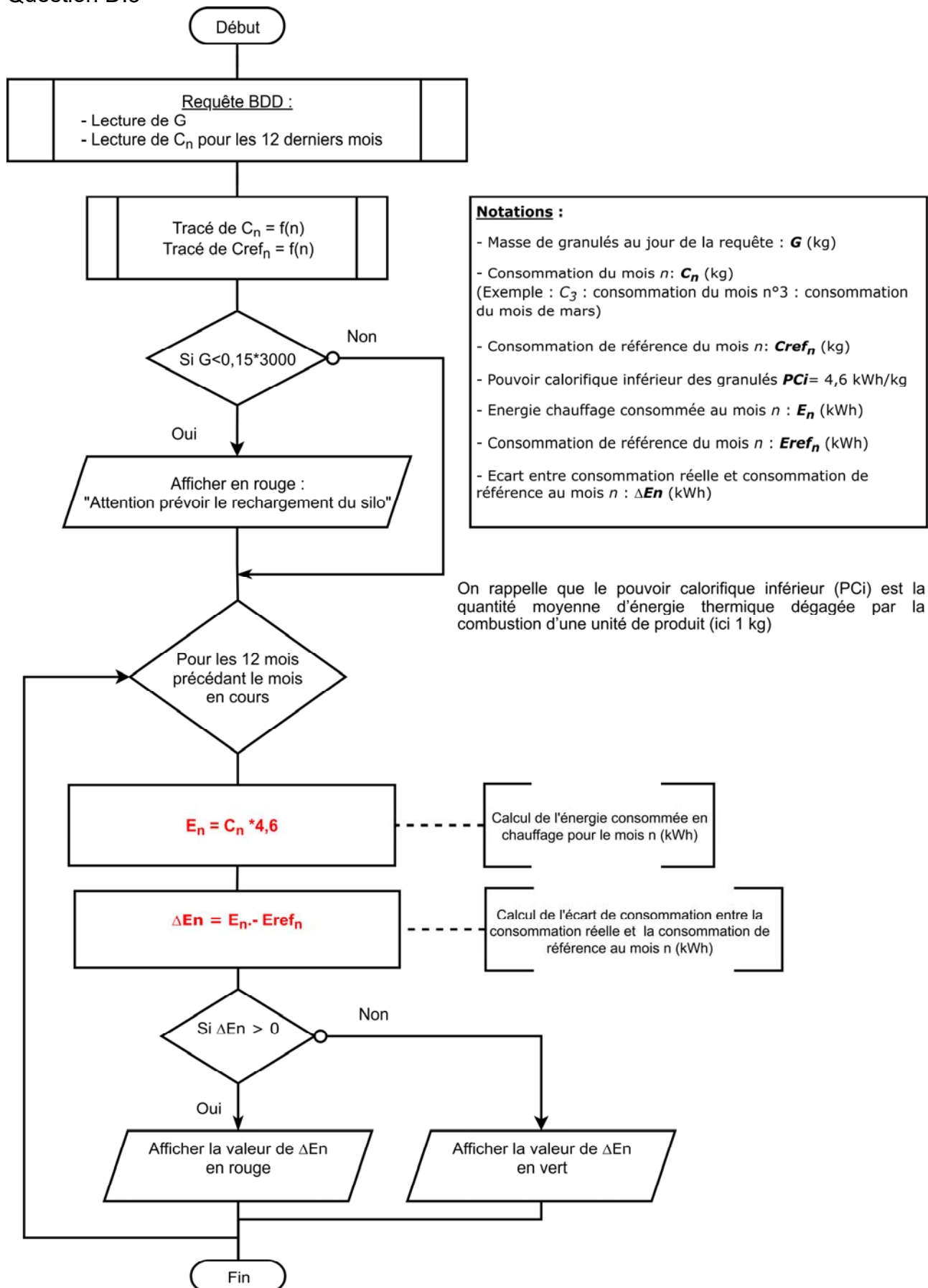
DRS4 : Diagramme de séquence

Question D.1



DRS5 : Étude de la consommation

Question D.3



DRS6 : Étude de la consommation

Question D.4

Mois	Mai	Décembre	Mars
G (kg)	430	2707	904
Affichage " <i>Attention prévoir le rechargement du silo</i> " (O/N)	O	N	N
E_n (kWh)	197	2487	863
E_{refn} (kWh)	658	1897	1068
ΔE_n (kWh)	-461	590	-205
Couleur d'affichage de ΔE_n	Vert	Rouge	Vert