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

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2021

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

ÉNERGIES ET ENVIRONNEMENT

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 collège » est autorisé.

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

Ce sujet comporte 39 pages numérotées de 1/39 à 39/39.

Constitution du sujet :

Partie commune (durée indicative 2h30)	12 points
Partie spécifique (durée indicative 1h30)	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 questionnement**..... 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.

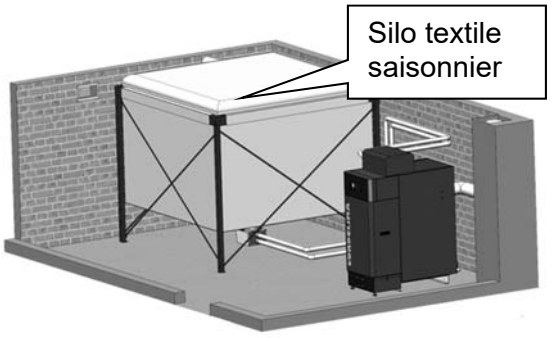




Les granulés sont fabriqués à partir de résidus, copeaux et sciures de bois, issus de l'industrie du bois (menuiserie, parqueterie, fabrique de palettes…), qui sont agglomérés ensemble, sans agent de liaison, pour former de petits cylindres compacts. Moderne et facile d'utilisation, la chaudière à granulés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

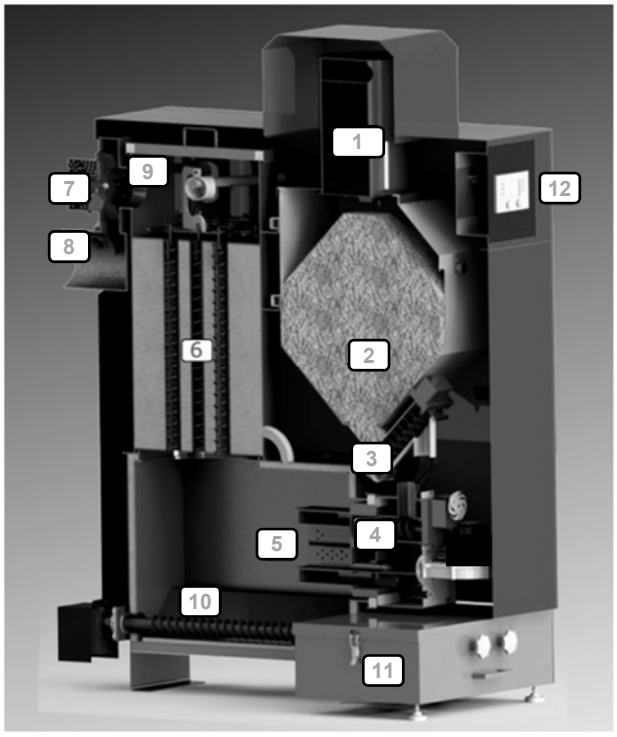


Le volume de ce silo textile saisonnier doit être adapté à la consommation annuelle afin d'éviter les rechargements en cours de saison de chauffe.

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

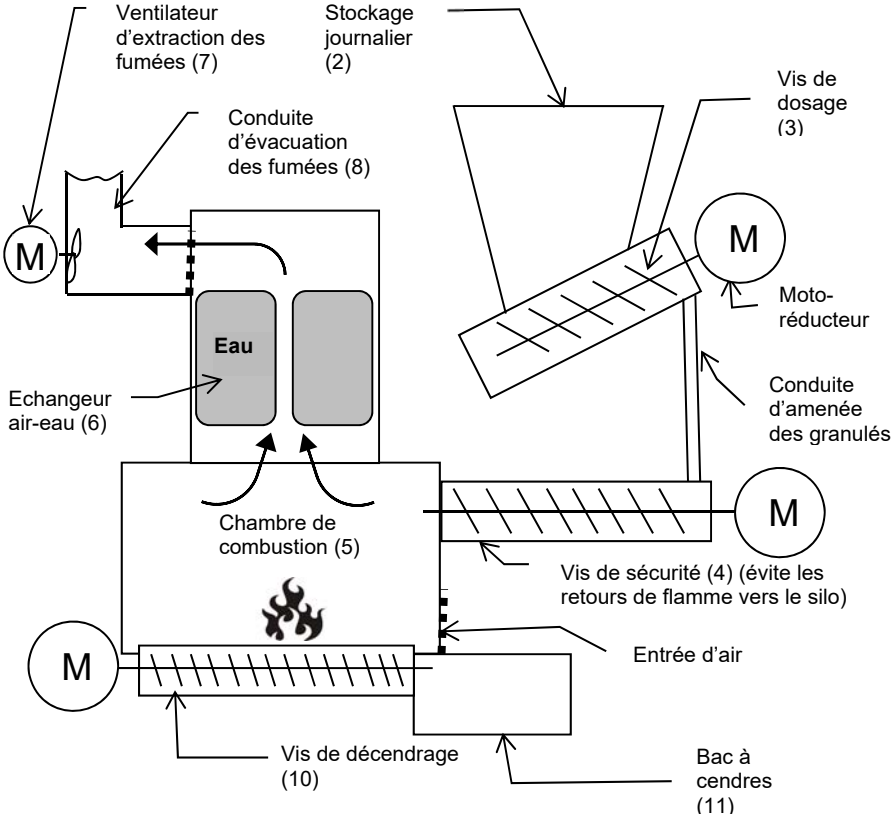


Description du fonctionnement

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
DT1 (feuillet 1/2)

Indiquer quel combustible émet le plus de gaz à effet de serre en *kg.équivalent CO_2 / MW·h utile*.

Question 1.2
DT1 (feuillet 1/2)

Indiquer l'énergie la plus utilisée pour le chauffage des foyers français.

Question 1.3
DT1

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_2 / MW·h utile*.

	Gaz	Électricité	Fioul	Bois (en moyenne)
Part des émissions de gaz à effet de serre en *kg.équivalent CO_2 / MW·h*	0,286 x 222 = 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
DT1 (feuillet 1/2)

Expliquer pourquoi les particules PM10 sont dangereuses pour les humains.

Question 2.2 DT1 (feuillet 2/2)	**Calculer** le pourcentage des émissions totales de PM10 liées à la combustion de bois par les ménages et le **comparer** avec celui du trafic routier.
Question 2.3 DT1 (feuillet 2/2)	**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.
Question 2.4 DT1 (feuillet 2/2)	**Évaluer** 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.

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 DT2	**Relever** 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	**Calculer** la quantité d'énergie thermique E_T (en kWh) produite par l'ancienne chaudière, dont le rendement est de 75%.
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.
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.

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

Question 3.5 DT6	**Déterminer** graphiquement ces deux valeurs pour l'année 2019. **Expliquer** 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 DT6	**Déterminer** le nombre de foyers qui auraient pu se chauffer avec des granulés produits en France en 2019.

Question 3.7	**Expliquer** 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 ?

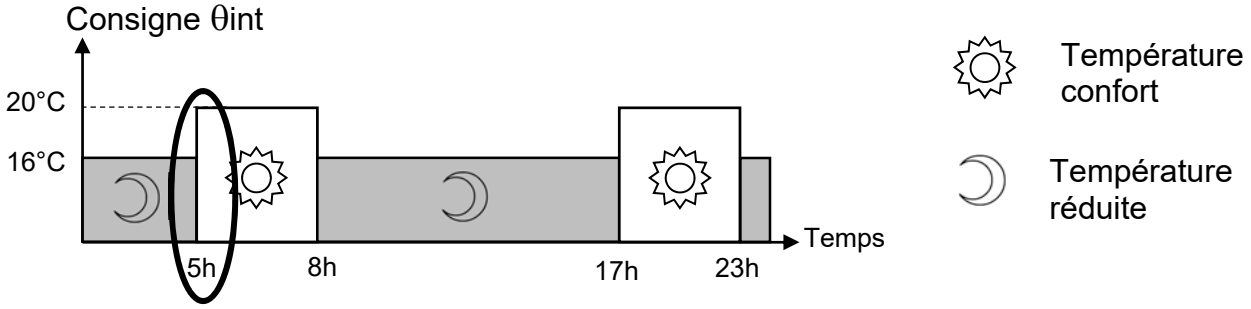
Afin de devenir une solution s'inscrivant dans une démarche de développement durable et respectueuse de la santé, le fonctionnement de la chaudière à granulés doit être optimisé. Afin d'obtenir le rendement maximum, il convient notamment de veiller à ce que la combustion des granulés soit complète. Ceci permettra d'une part de réduire la consommation de combustible, d'autre part de diminuer les rejets : émissions polluantes (CO_2, NOx, ...) 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 ?

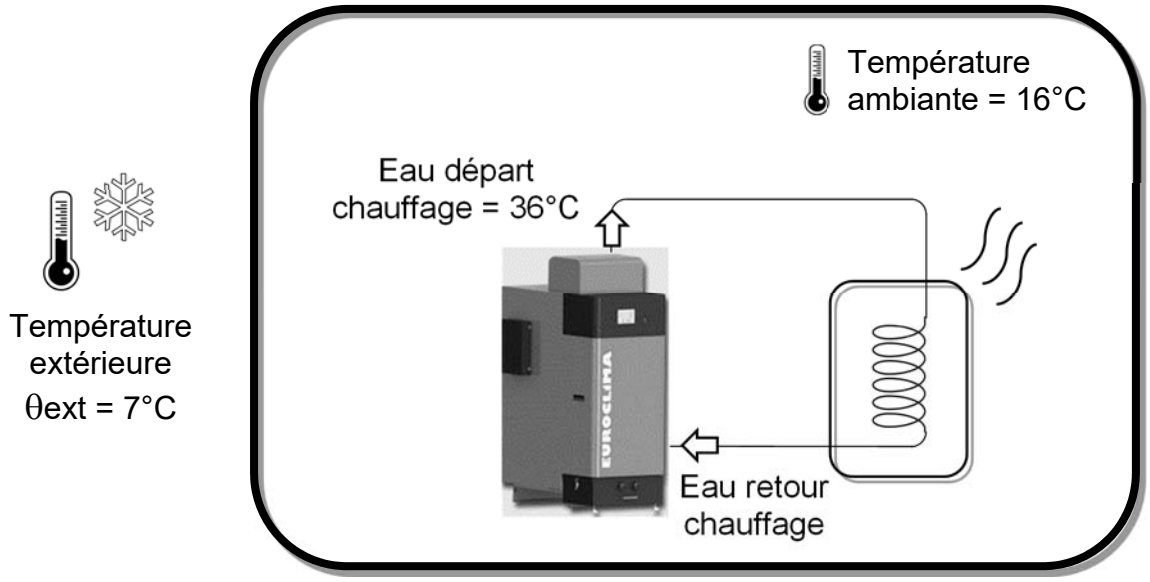
Question 4.1 DR1	Sur le diagramme de blocs internes du DR1, **identifier** les flux suivants en **repassant sur les traits** avec les couleurs indiquées ci-dessous : - flux d'information : concernant la **température** en **bleu ;** - flux de matière : concernant les **granulés** en **vert ;** - flux d'énergie : en **rouge.**

Détermination de la puissance de chauffe nécessaire

Le graphe de programmation horaire définit les consignes de température intérieure (Consigne θint) 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 θedc 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·kg^{-1}·°C^{-1}], de la température initiale θi [°C] à la température finale θf [°C] par : $Q = m \cdot C \cdot (\theta f - \theta i)$.

Eau : masse volumique ρ = 1000 kg·m^{-3}, capacité thermique C = 4185 J·kg^{-1}·°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°C.

Question 4.4 | **Calculer** la puissance de chauffe nécessaire P_c (en W) pour une montée en température de la chaudière jusqu'à θedc 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
DT4 | **Convertir** la masse volumique des granulés en $g \cdot mm^{-3}$ et en **déduire** la masse maximale de granulés (en g) qui peuvent être amenés pour un tour de la vis de dosage.

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

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

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 $g \cdot s^{-1}$.
En **déduire** le nombre de cycles d'alimentation électrique du moteur.

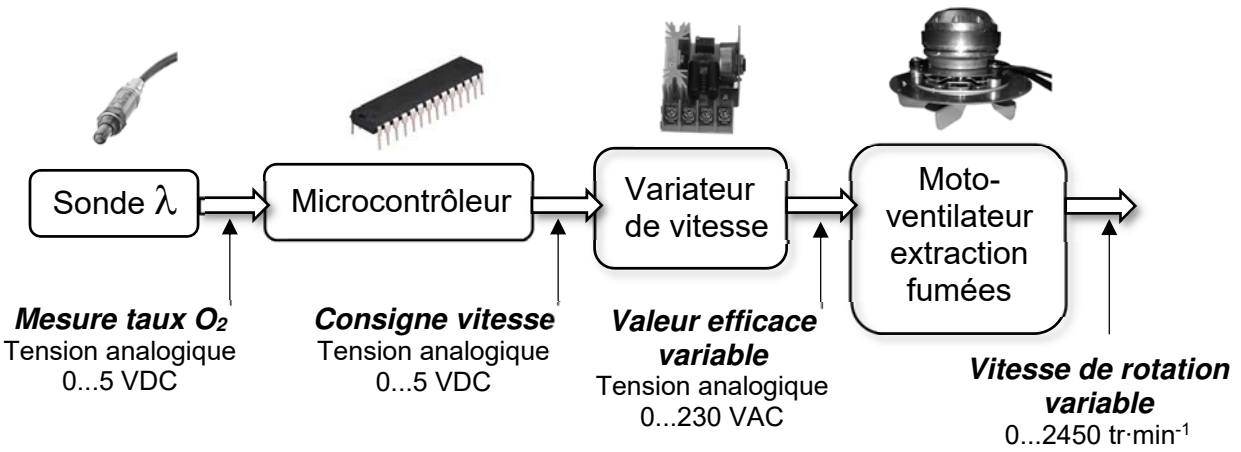
Détermination du volume optimal d'air par cycle

Il faut m = 75 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 (λ) contrôle le pourcentage d'oxygène imbrûlé dans les fumées.

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

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

En réalité, au cours du cycle d'approvisionnement en granulés, la valeur de λ 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 λ_{mini} et λ_{maxi} pour rester dans la zone idéale.

Question 4.11
DR2

Compléter, sur le DR2, l'algorigramme 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.

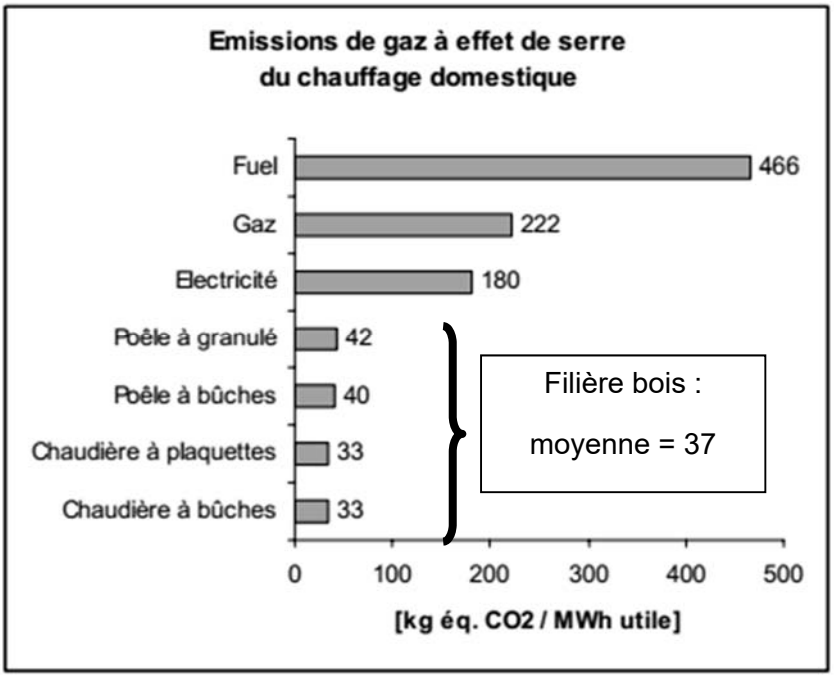
DT1 : émissions de gaz à effet de serre et de particules (*feuillet 1/2*)

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'usager…) qui sont liées à la production d'un MW·h utile de chaleur chez l'usager (ADEME).



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

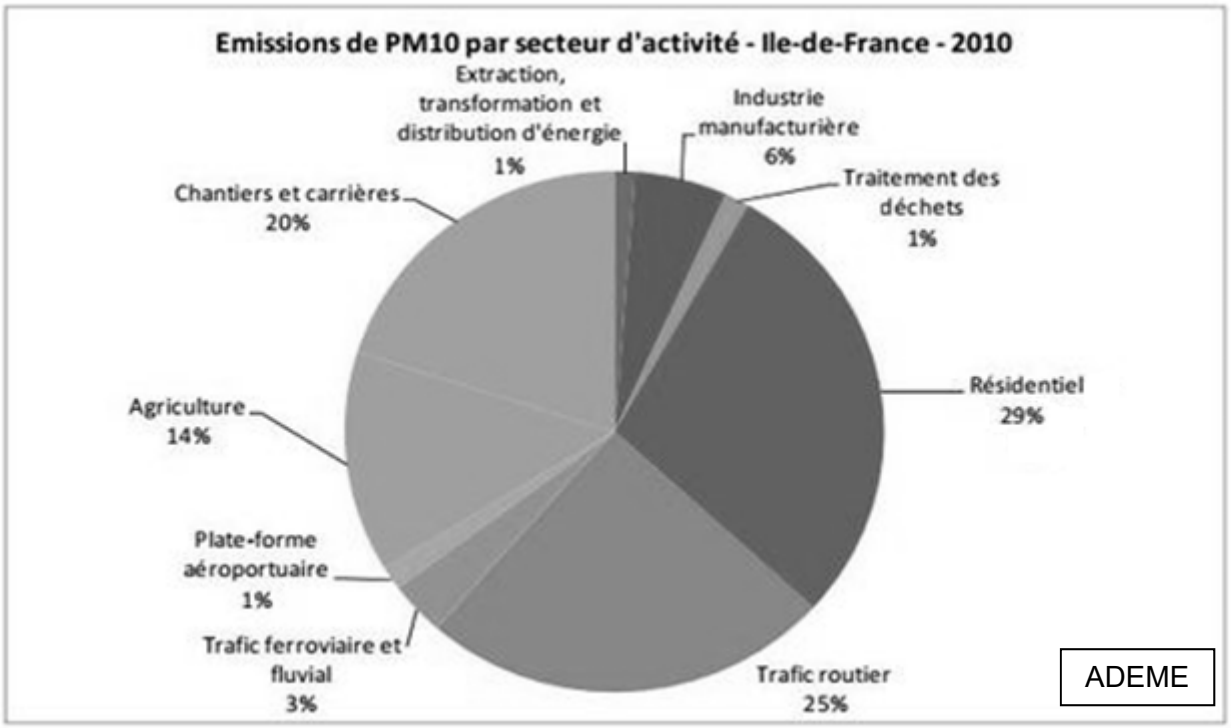
	Gaz	Électricité	Fioul	Bois	Autres	GPL bouteilles
Répartition en %	28,6	35,1	15,4	17,3	2,5	1,1

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 (*feuillet 2/2*)



<u>Pour le secteur résidentiel</u> (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

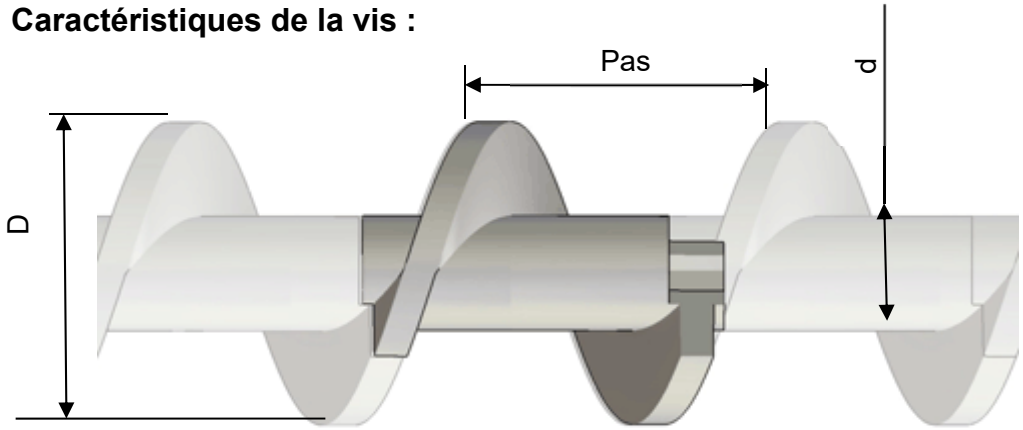
DT3 : caractéristiques de la chaudière Euroclima 32

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_2)	$mg \cdot m^{-3}$	74
CO à charge partielle (10% de O_2)	$mg \cdot m^{-3}$	88
Poussières à puissance nominale (10% de O_2)	$mg \cdot m^{-3}$	18
Poussières à charge partielle (10% de O_2)	$mg \cdot m^{-3}$	14
Qualité des granulés		DIN+
Débit d'air maximum	$m3 \cdot h^{-1}$	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.

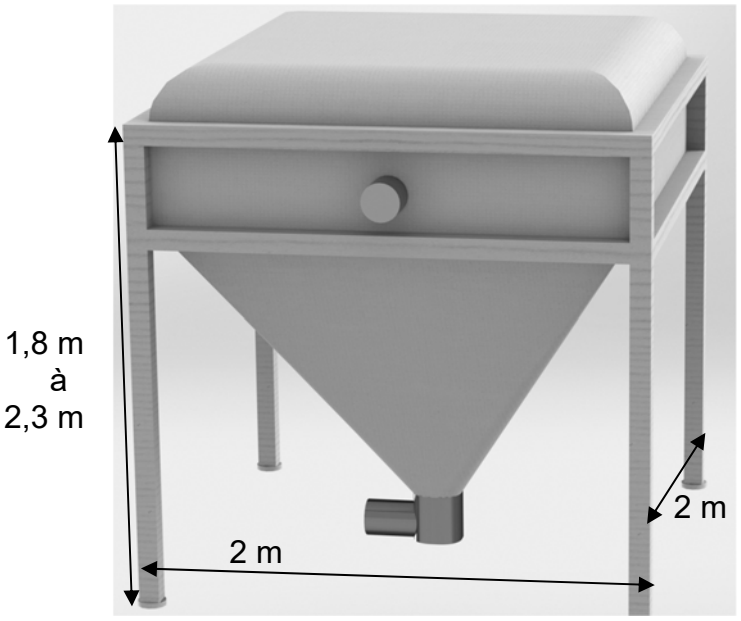
- **Caractéristiques de la vis :**



Volume utile disponible pour contenir les granulés : V=125 000 mm^3 par tour de vis.

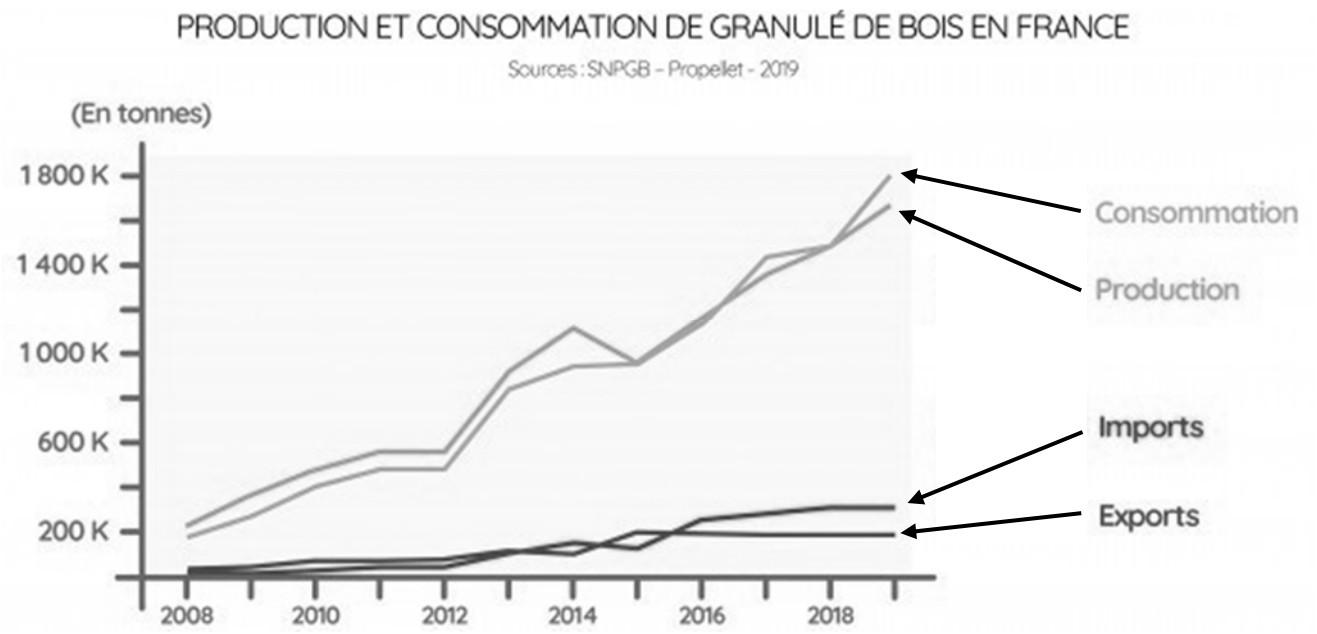
- **Masse volumique des granulés :** 600 $kg \cdot m^{-3}$

DT5 : silo ECO200P

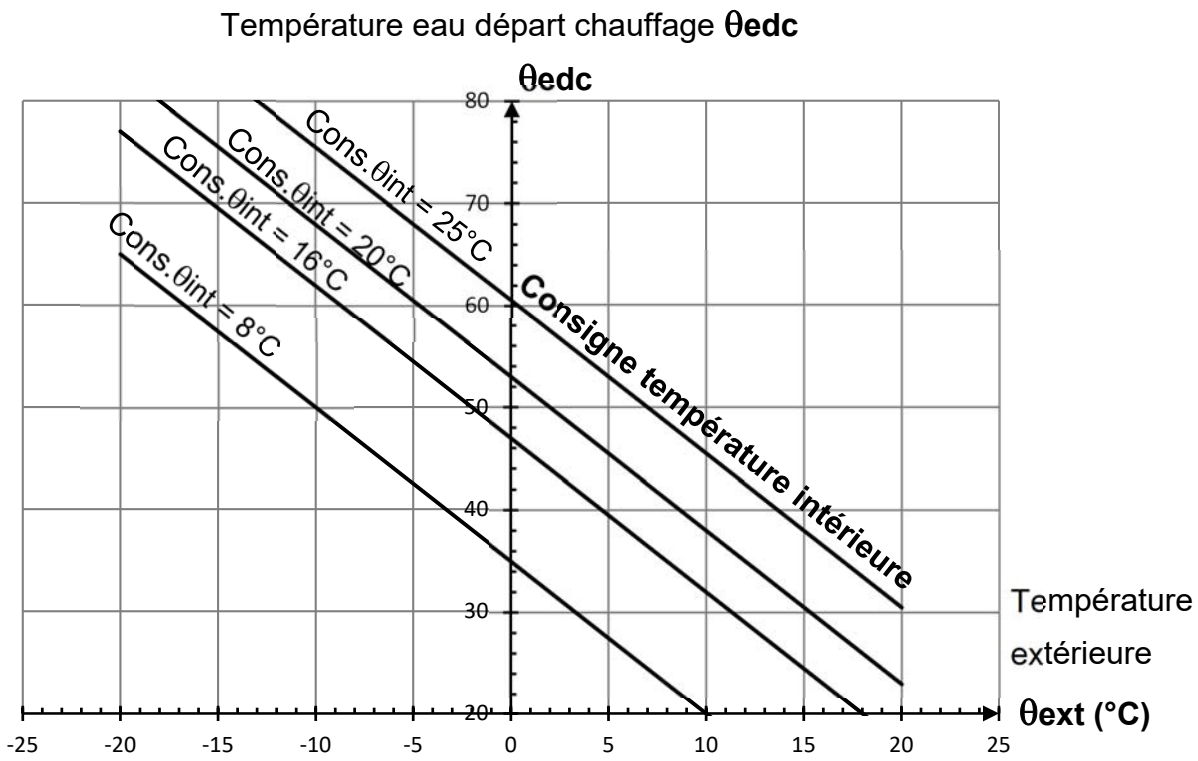


Article	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Hauteur (cm)	Volume (m^3)	Tonnage (t)
ECO200P	200	200	180-230	3,2-4,6	2,1-3,1

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

Description

Motoréducteur pour Poêle à Granulés – ref FB1249

Alimentation 220VCA

Vitesse: 3 rpm

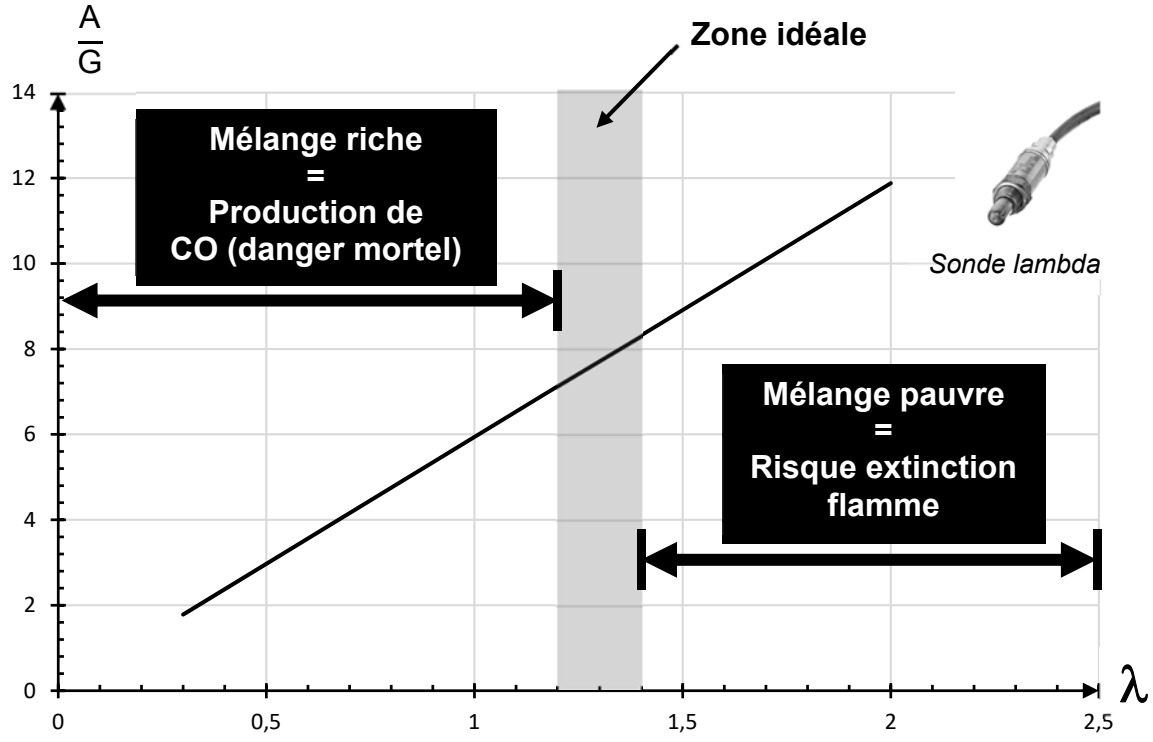
Tôles feuilletées: 32 mm

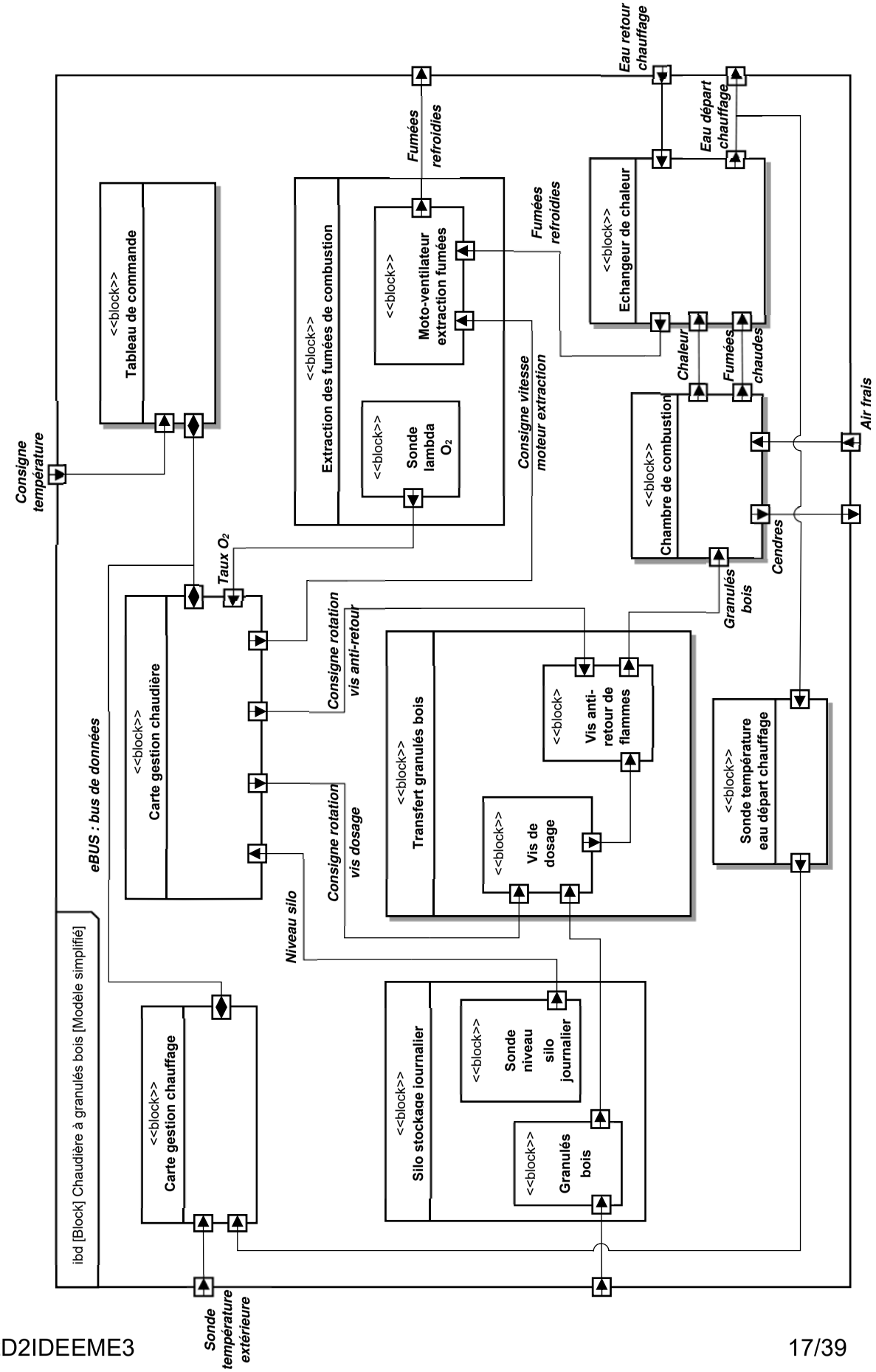
Diamètre arbre: 8,5 mm

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

DT9 : richesse d'un mélange combustible-comburant

Rapport masse Air / masse Granulés en fonction de lambda




ibd [Block] Chaudière à granulés bois [Modèle simplifié]
<<block>> Tableau de commande
<<block>> Carte gestion chaudière
<<block>> Carte gestion chauffage
<<block>> Extraction des fumées de combustion
<<block>> Moto-ventilateur extraction fumées
<<block>> Sonde lambda O_2
<<block>> Echangeur de chaleur
<<block>> Chambre de combustion
<<block>> Transfert granulés bois
<<block>> Vis anti-retour de flammes
<<block>> Vis de dosage
<<block>> Silo stockage journalier
<<block>> Sonde niveau silo journalier
<<block>> Granulés bois
<<block>> Sonde température eau départ chauffage
Consigne température
Taux O_2
Consigne vitesse moteur extraction
Consigne rotation vis anti-retour
Consigne rotation vis dosage
Niveau silo
eBUS : bus de données
Fumées refroidies
Fumées refroidies
Eau retour chauffage
Eau départ chauffage
Chaleur
Fumées chaudes
Air frais
Cendres
Granulés bois
Sonde température extérieure

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

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

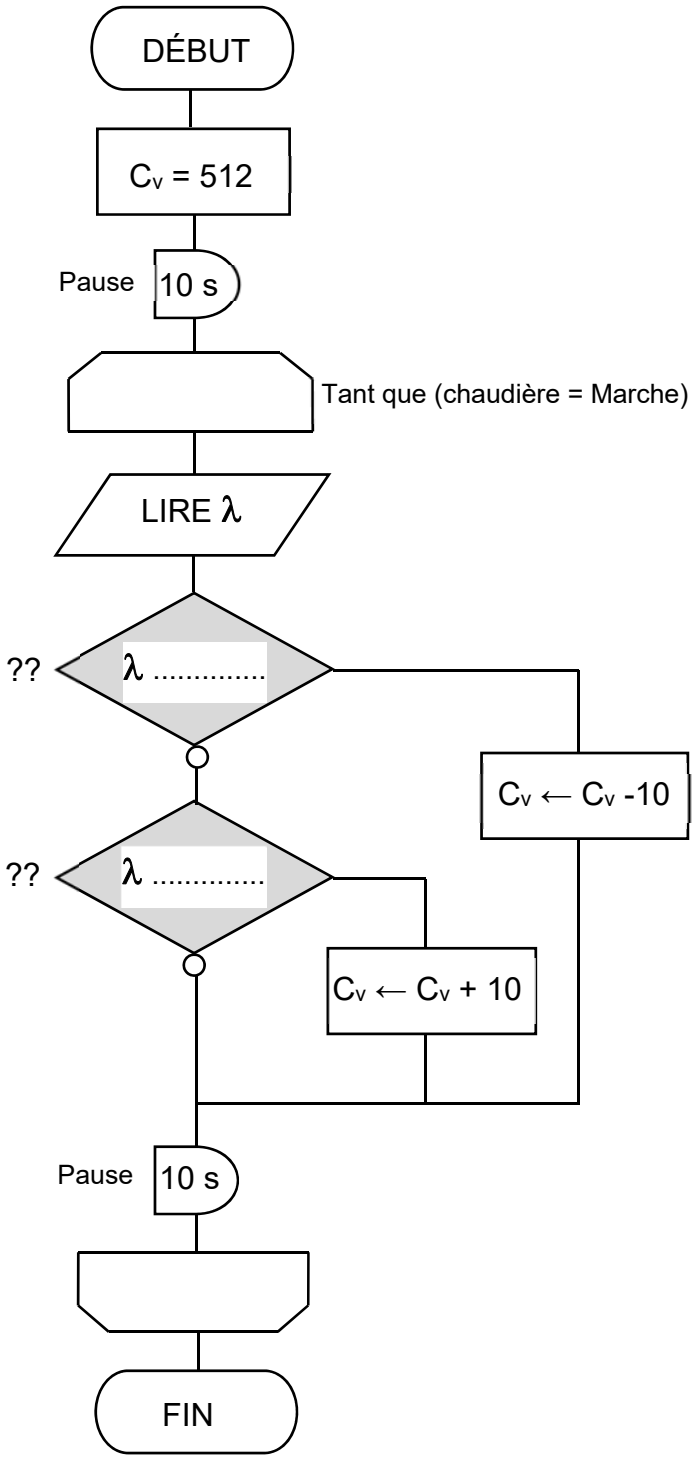
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

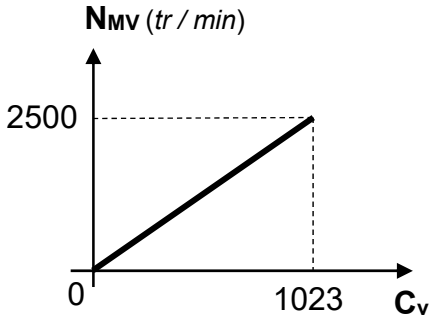
Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DOCUMENT RÉPONSES DR2

Algorigramme 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)

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

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

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

PARTIE SPÉCIFIQUE (8 points)

ÉNERGIES ET ENVIRONNEMENT

Chaudière à granulés



Constitution du sujet :

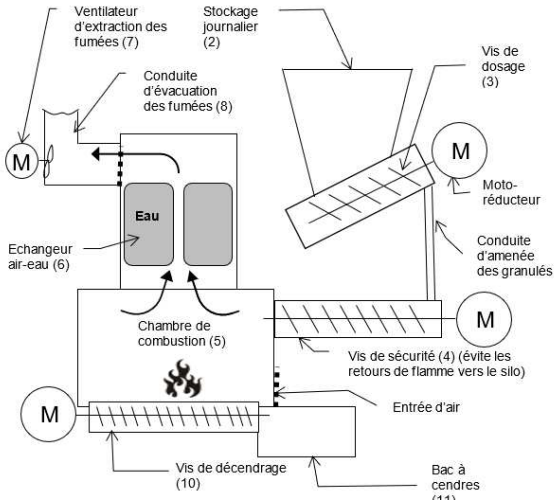
- **Dossier sujet et questionnement** ..... pages 20 à 27
- **Dossier technique**..... pages 28 à 36
- **Document réponse** ..... pages 37 à 39

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

Mise en situation :

La chaudière à granulés est composée de 4 chaines de puissance électrique (le ventilateur d'extraction des fumées, la vis de dosage, la vis de sécurité et la vis de décendrage) et d'une chaine d'information, permettant de gérer le fonctionnement. Ces éléments ont besoin d'énergie électrique pour fonctionner. Cette énergie électrique est fournie par le réseau EDF.

Il est donc important de pouvoir évaluer la consommation électrique de la chaudière et d'évaluer son efficacité énergétique.

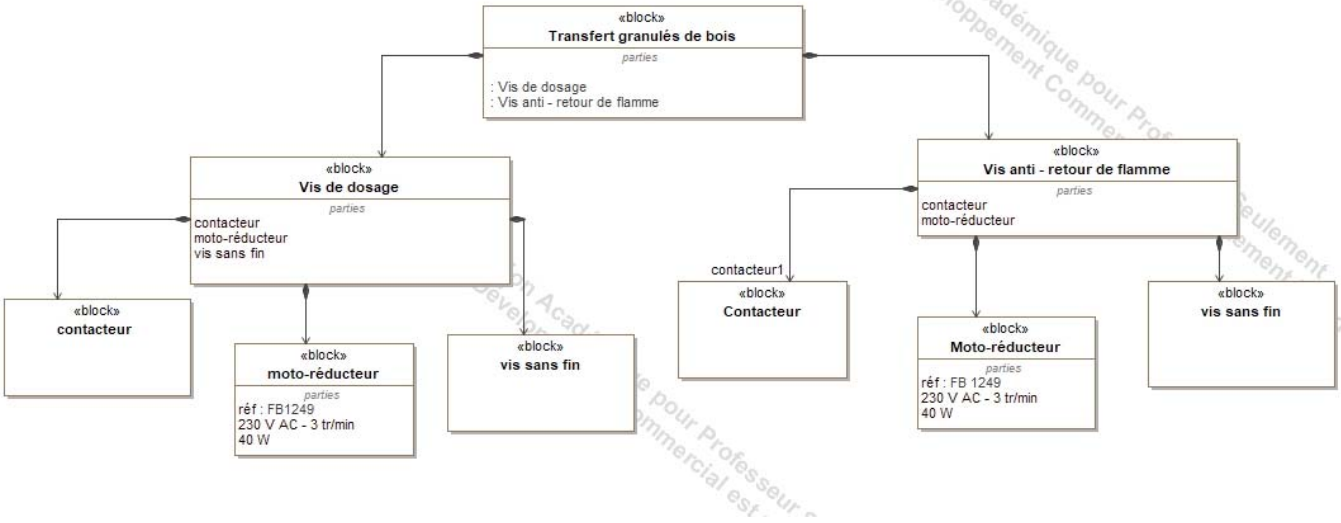


La chaudière à granulés est dépendante de l'électricité pour fonctionner. En cas de coupure de courant (fréquent dans certaines régions en hiver), la chaudière ne peut donc pas fonctionner. Afin d'assurer la continuité du chauffage en cas de coupure de courant, il semble intéressant d'installer une alimentation électrique de secours.

Travail demandé

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

La vis de dosage fait partie du système de transfert des granulés. Ce système permet de transférer les granulés du « stockage journalier » jusque dans la chambre de combustion.



Objectif de cette partie

- Valider une simulation multi-physique de la chaine de puissance de la « vis de dosage ».
- Evaluer la consommation énergétique de la chaine de puissance de la « vis de dosage ».

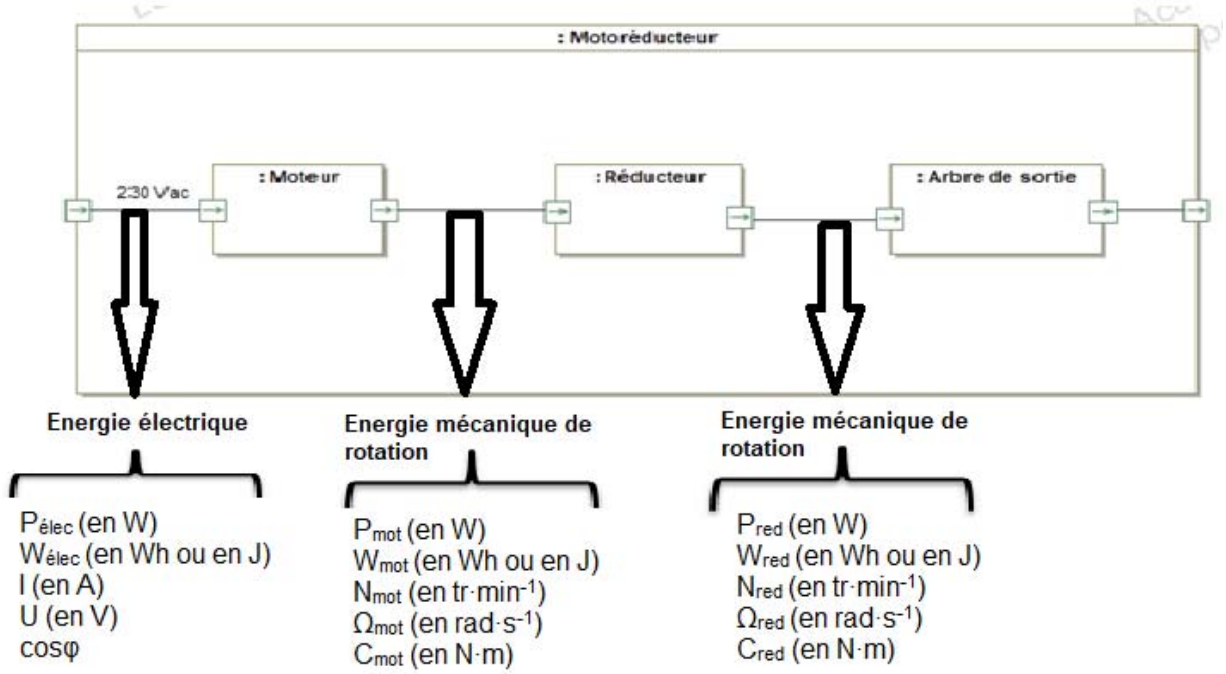
Le diagramme IBD du système de « transfert granulés de bois » est donné sur le document réponse DRS1.

Question A.1 DRS1	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.

Une simulation multi-physique de la chaine de puissance de la vis de dosage a été réalisée. Ce modèle est donné sur le document technique DTS3.

Avant d'exploiter une simulation multi-physique, il est nécessaire de vérifier que le modèle multi-physique corresponde bien au système réel (le moto-réducteur).

<u>Validation du modèle multi-physique :</u>
L'objectif de cette partie est de vérifier que les caractéristiques du modèle multi-physique correspondent à celles du moto-réducteur de la « vis de dosage ».



Validation du réducteur :

Question A.2 DTS3 – DTS10	A partir des résultats de la simulation multi-physique, **calculer** le rapport de réduction et le rendement du réducteur programmés dans le modèle.

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

Validation du moteur :

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

Question A.5 DTS2	A 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 $tr \cdot min^{-1}$.

Question A.6 DTS2	**Comparer** les caractéristiques du constructeur avec les caractéristiques du modèle multi-physique et **conclure** sur la validité de ce modèle.

Evaluation de la consommation électrique :

Lors d'un cycle d'alimentation **la vis de dosage doit faire un tour.** Le moteur est commandé pour fonctionner le temps d'un cycle d'alimentation puis s'arrête.

Lors de la simulation multi-physique (DTS3), la durée de simulation (25 s) est plus longue que la durée d'un cycle d'alimentation.

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

Question A.8 DTS3 – DTS10	A partir de la simulation multi-physique (DTS3), **déterminer** la puissance électrique (P_{elec}) et l'énergie électrique (W_{elec}) consommée par le moteur lors d'un cycle d'alimentation. *Donner l'énergie en J puis en 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 »?

L'habitation à équiper est actuellement chauffée au fioul domestique. L'objectif de cette partie est de valider la pertinence de passer d'une chaudière au fioul à une chaudière à granulés. Pour cela, il faut déterminer l'efficacité énergétique de la chaudière à granulés et la comparer avec l'efficacité énergétique de la chaudière au fioul.

Données sur la consommation électrique de la chaudière à granulés :

Une étude sur la consommation des différentes chaines de puissance électrique et de la chaine d'information a été réalisée. Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Chaine de puissance	Puissance électrique	Durée d'utilisation
Turbine aspiration granulés	1200 W	3 minutes par jour
Chaine de puissance de la « vis de dosage »	40 W	6 minutes par jour
Chaine de puissance de la « vis de sécurité »	40 W	6 minutes par jour
Chaine de puissance de la « vis de décendrage »	40 W	3 minutes par jour
Ventilateur d'extraction des fumées	32 W	En continu pendant 6 mois
Chaine d'information	Puissance électrique	Durée d'utilisation
Platine régulation électronique (chaine d'information)	11 W	En continu pendant 6 mois

La durée d'utilisation annuelle du chauffage est de **6 mois** (novembre à avril), c'est-à-dire **182 jours.**

Question B.1 — DRS2 – DTS10

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

Question B.2

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

Une simulation de chauffage a été réalisée (voir document DTS4) sur la période du 1er novembre au 30 avril.

La température de confort recommandée est de 19°C.

D'après le logiciel CALSOL, **les données climatiques** de la région où se situe la maison sont :

	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	déc	année
T air moyen (°C)	2.6	4.1	6.7	9.5	13.4	16.9	19.4	18.9	15.8	11.8	6.6	4	10.8
T eau moyen (°C)	5.5	5.5	6.6	8.5	10.7	12.6	13.8	13.8	12.6	10.7	8.5	6.6	9.6
Humidité relevé (%)	81	78	73	71	72	72	68	71	75	80	81	80	75.2
Vent moyen (m/s)	2.9	2.8	2.9	3.1	2.6	2.6	2.5	2.3	2.3	2.7	2.7	2.8	2.7

Question B.3
DTS4

A 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 donné dans le document technique DTS4.

Question B.4
DTS4 – DRS3

A 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.

Question B.5
DRS4

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

Définition de l'efficacité énergétique (en %):

$$\text{Efficacité énergétique} = \frac{Energie\ thermique\ utile}{Energie\ totale\ consommée} \times 100$$

L'efficacité énergétique de la chaudière au fioul est de 70 %

Question B.6

Déterminer l'efficacité énergétique de la chaudière à granulés.

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.

Choix 1

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

Mise en situation :
La chaudière a besoin d'énergie électrique pour fonctionner. En cas de coupure du réseau EDF, la maison est privée de chauffage. Pour éviter ce genre de problème, une alimentation de secours a été mise en place.

L'alimentation de secours est présentée dans le document technique DTS5.

Objectif de cette partie :
Une partie du chargeur est déjà conçue (le modulateur AC/AC, le modulateur AC/DC et la carte de contrôle). Il reste à choisir le modulateur DC/DC.

Le diagramme IBD de l'alimentation de secours est donné sur le document réponse DRS5.

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.

Etude du modulateur AC/AC (transformateur) et du modulateur AC/DC (redresseur).
Une simulation avec le modulateur AC/AC (transformateur) et le modulateur AC/DC (redresseur) est présentée sur les documents techniques DTS6 et DTS7.

Pour rappel : $V_{maxi} = \sqrt{2}.V_{efficace}$

Question C.2 DTS6	A partir des courbes de la simulation (DTS6), **donner** la tension maxi de VP_2 (VP_{2maxi}). **Calculer** la tension efficace $VP_{2efficace}$.
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 $VP_{2efficace}$.
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.*

Les caractéristiques de la batterie à charger sont données dans le document DTS9. La batterie doit se recharger en 10 heures.

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.

Le document technique DTS8 donne les caractéristiques de deux modulateurs DC/DC.

Question C.6 DTS8	**Choisir** le modulateur DC/DC qui convient pour le chargeur. **Justifier** votre réponse.

Choix 2

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

Mise en situation :
La chaudière a besoin d'énergie électrique pour fonctionner. En cas de coupure du réseau EDF, la maison est privée de chauffage. Pour éviter ce genre de problème, une alimentation de secours a été mise en place, elle est présentée dans le document technique DTS5.

Objectif de la partie :
- Valider le choix de la batterie (DTS9)

Extrait du cahier des charges :
- En cas de coupure de courant sur le réseau EDF, le cahier des charges impose une autonomie minimale de 2 jours.

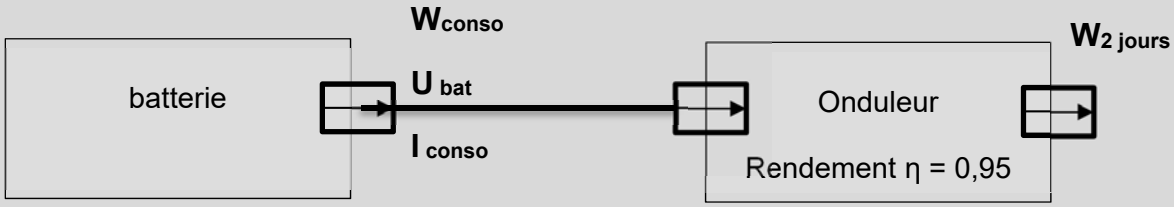
Le diagramme IBD de l'alimentation de secours est donné sur le document réponse DRS5.

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.

Energie journalière :

Pour augmenter l'autonomie énergétique en cas de coupure de courant, le transfert des granulés du silo à la chaudière se fait manuellement. Dans ce cas la consommation électrique quotidienne de la chaudière est de **W_{24h} = 1000 Wh.**

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



Question D.3 DTS10	A partir du rendement de l'onduleur, **calculer** l'énergie (W_{conso}) que doit délivrer la batterie en 2 jours pour alimenter la chaudière.

Les caractéristiques de la batterie sont données dans le document DTS9.

Question D.4 DTS9 – DTS10	A partir du document technique DTS9, **donner** la tension (U_{bat}) et la capacité (Q_{bat}) de la batterie. **Calculer** la quantité d'énergie W_{bat} stockée dans la batterie.

Pour éviter d'endommager les batteries il faut éviter les décharges profondes. En tenant compte de la profondeur de décharge l'énergie disponible dans la batterie est W_{disp} = 1 100 Wh.

Question D.5 DTS9	**Conclure** sur la pertinence du choix de cette batterie au regard de la problématique de cette partie.

Afin d'augmenter l'autonomie énergétique du système d'alimentation de secours, le constructeur propose de remplacer la batterie par une autre dont l'énergie disponible est **W_{disp} = 2 208 Wh** et dont le prix est de 320 €.
Pour rappel l'énergie électrique nécessaire pour faire fonctionner la chaudière sur une journée est **W_{24h} = 1000 Wh.**

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.

DTS1 : Présentation du motoréducteur pour poêle à granulés.

Référence : FB1249

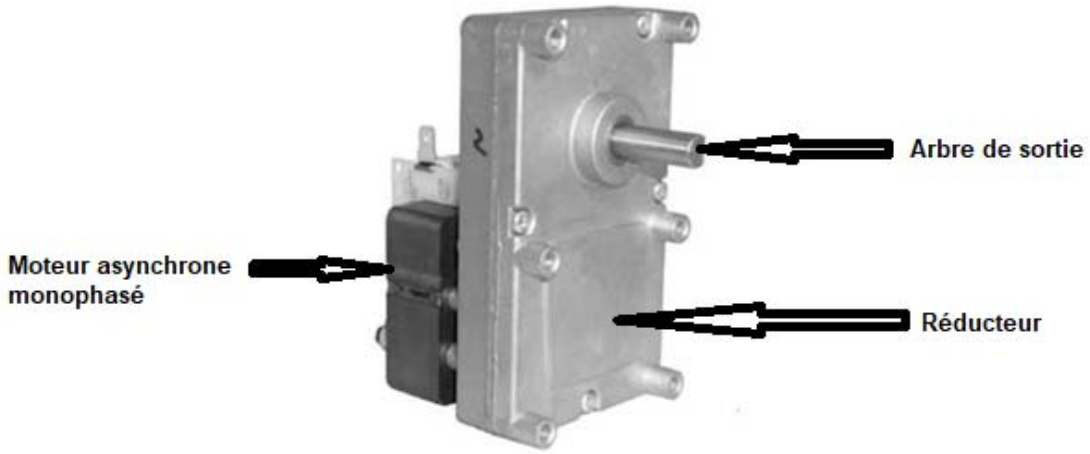


Diagramme B.D.D.

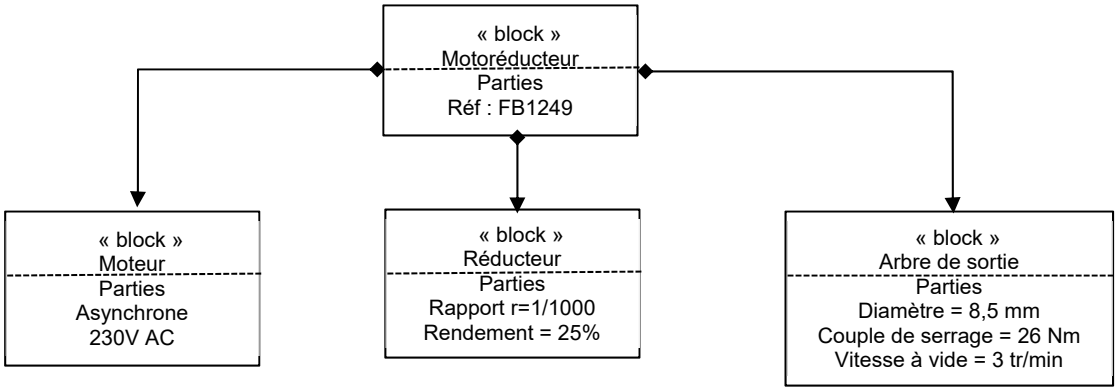
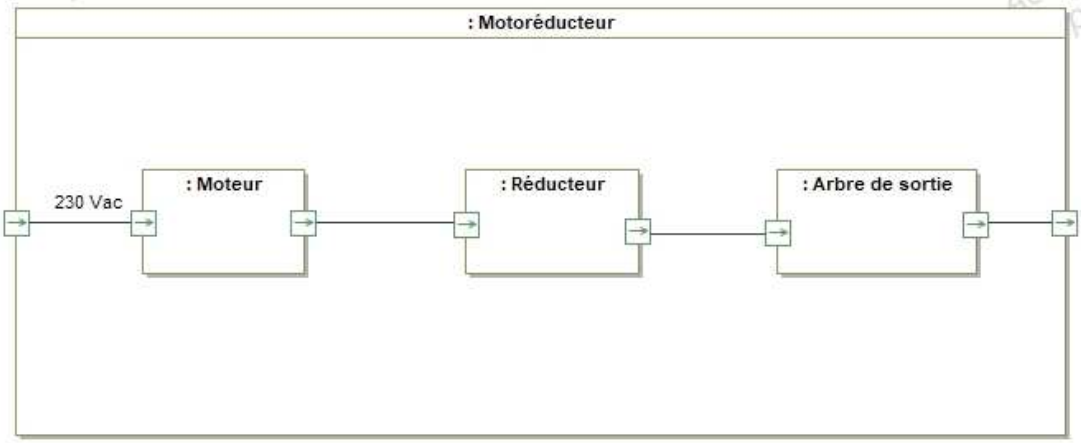
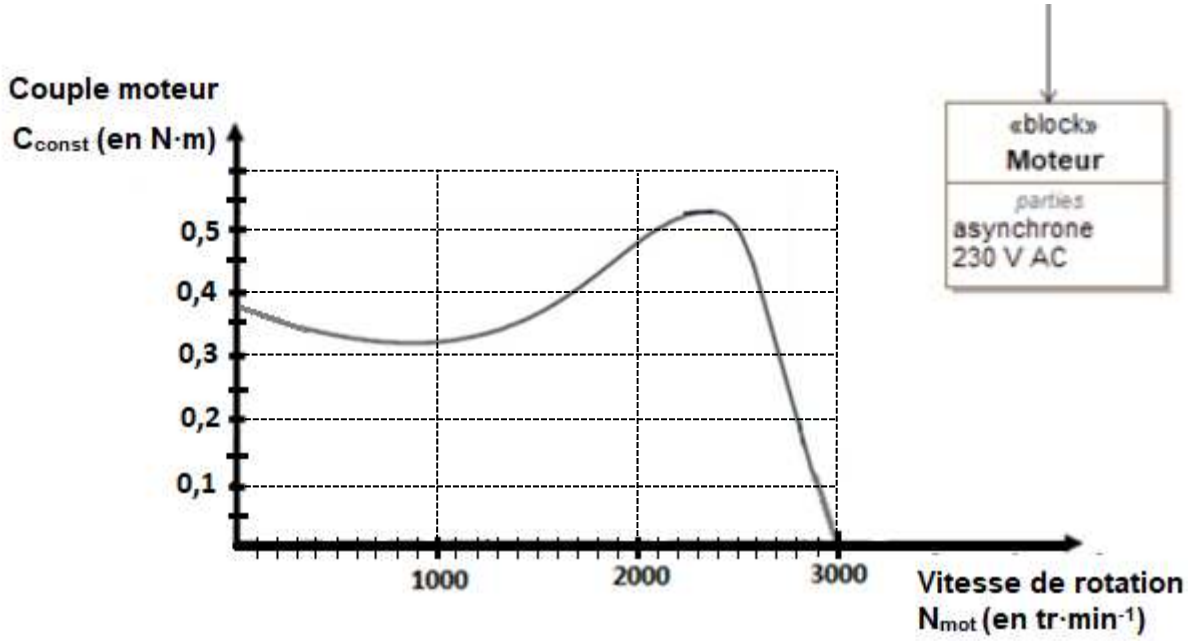
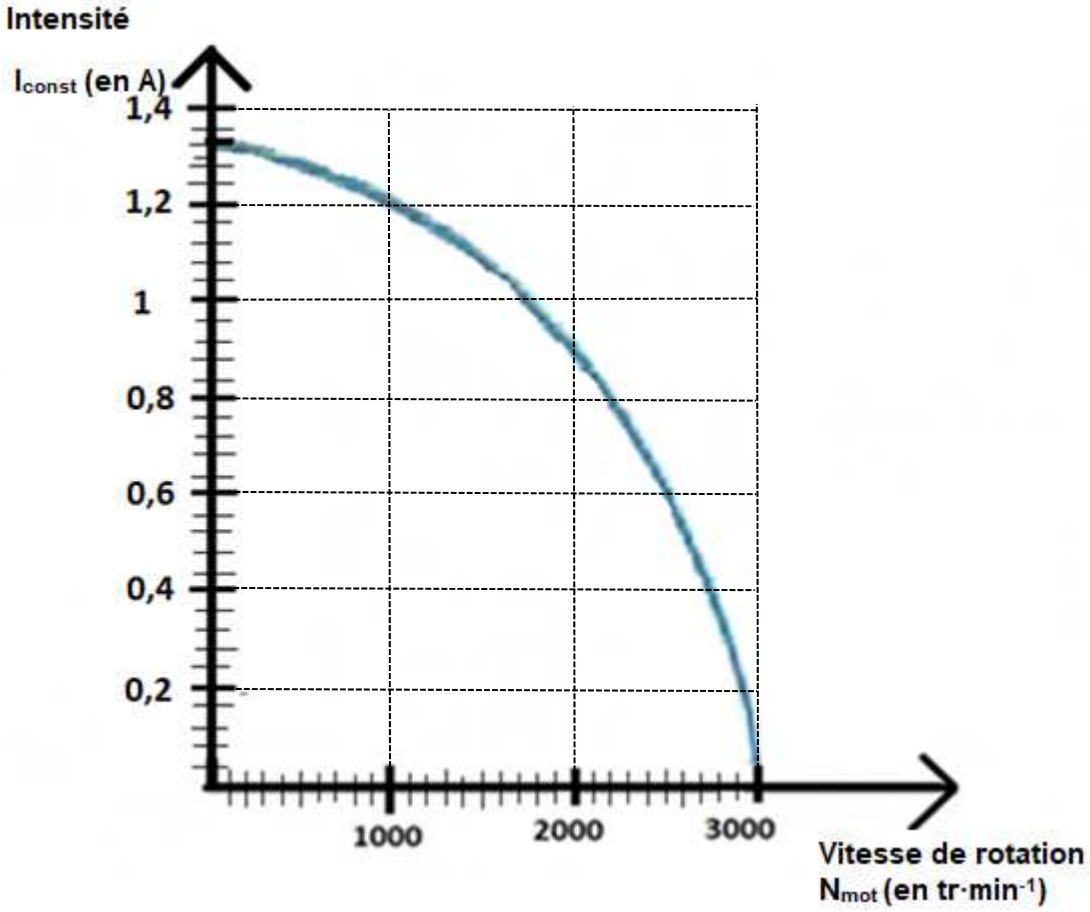


Diagramme I.B.D.

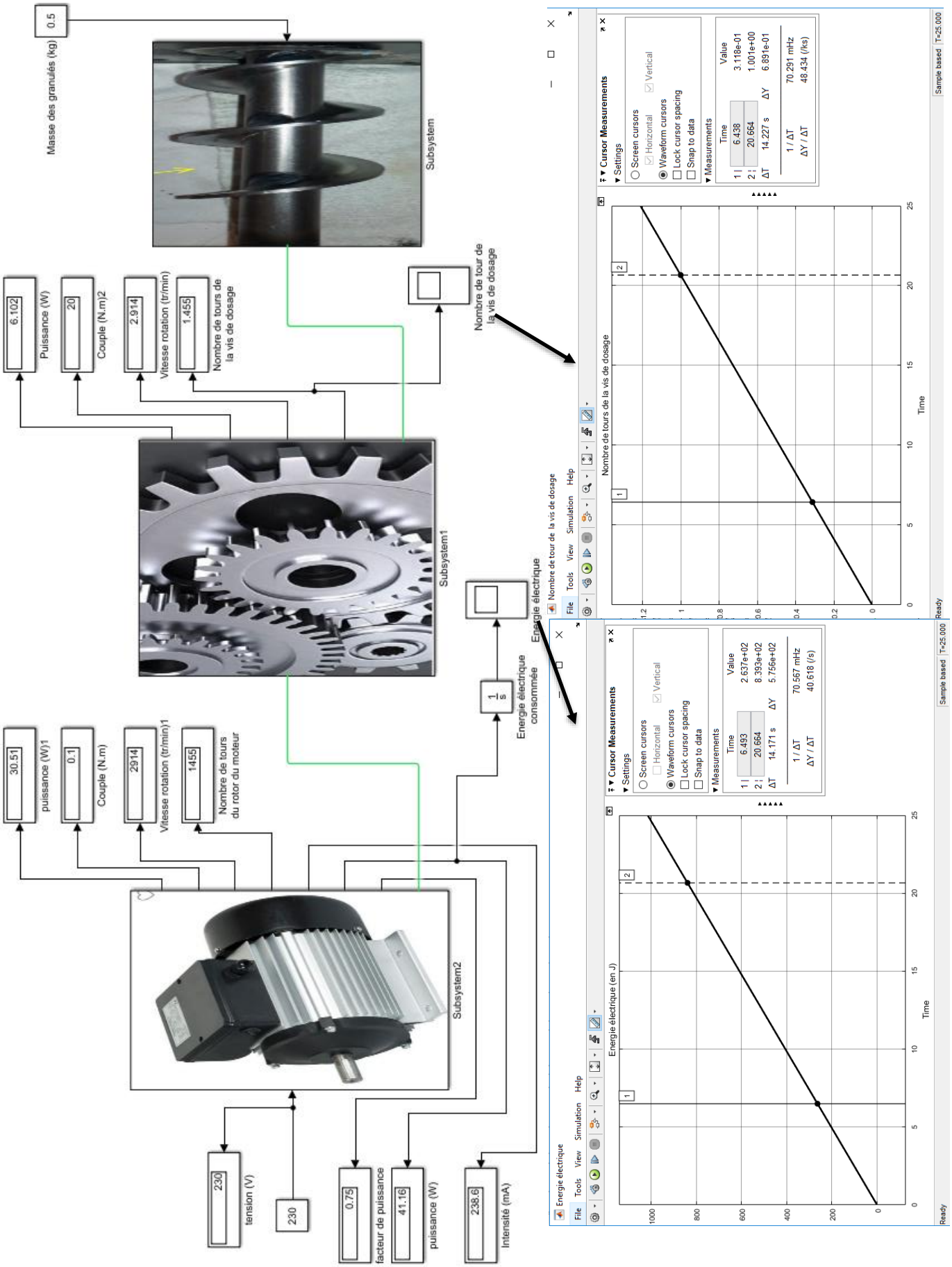


DTS2 : Courbes caractéristiques du moteur asynchrone



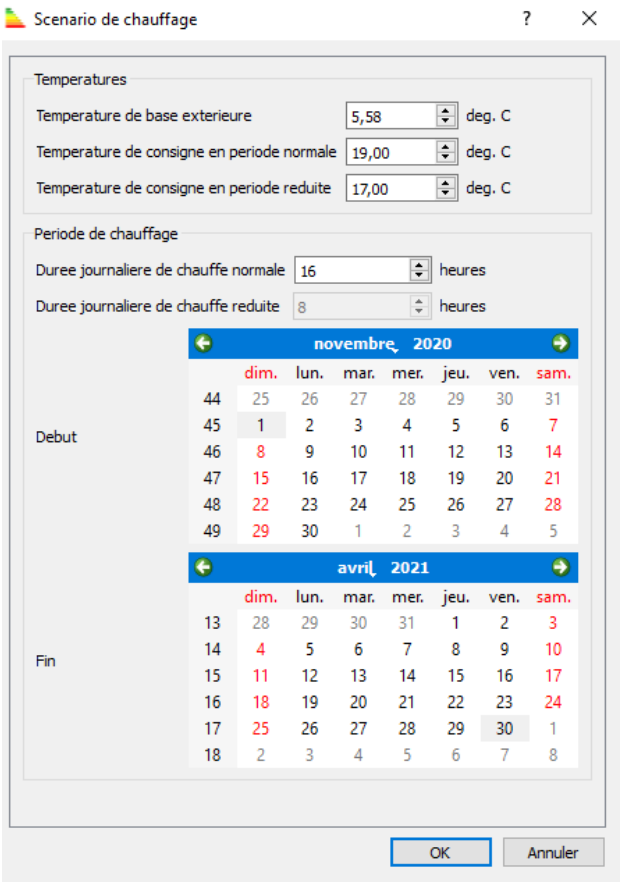


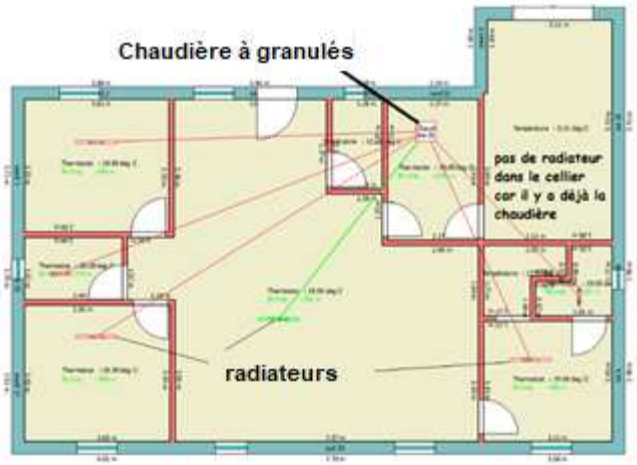
DTS3 : Simulation de la chaine de puissance de la vis dosage



DTS4 : Simulation d'un scénario de chauffage

Paramétrage du logiciel :





La période de chauffage simulée va du 1 novembre au 30 avril

Résultats de la simulation :



Informations sur les résultats :

- L'énergie consommée correspond à l'énergie finale fournie par la combustion des granulés
- L'énergie fournie est l'énergie thermique utile qui a permis de chauffer la maison.
- L'énergie requise est l'énergie qu'il aurait fallu pour atteindre la température de consigne.

DTS5 : Alimentation de secours

L'alimentation de secours est composée d'une batterie, d'un chargeur, d'un modulateur DC/AC (onduleur) et d'un commutateur 3 positions.

- Commutateur en position « EDF » : Le chargeur recharge la batterie à partir de l'électricité fournie par le réseau EDF
- Commutateur en position « repos » : le système est à l'arrêt
- Commutateur en position « secours » : la batterie alimente la chaudière par l'intermédiaire du modulateur DC/AC (onduleur).

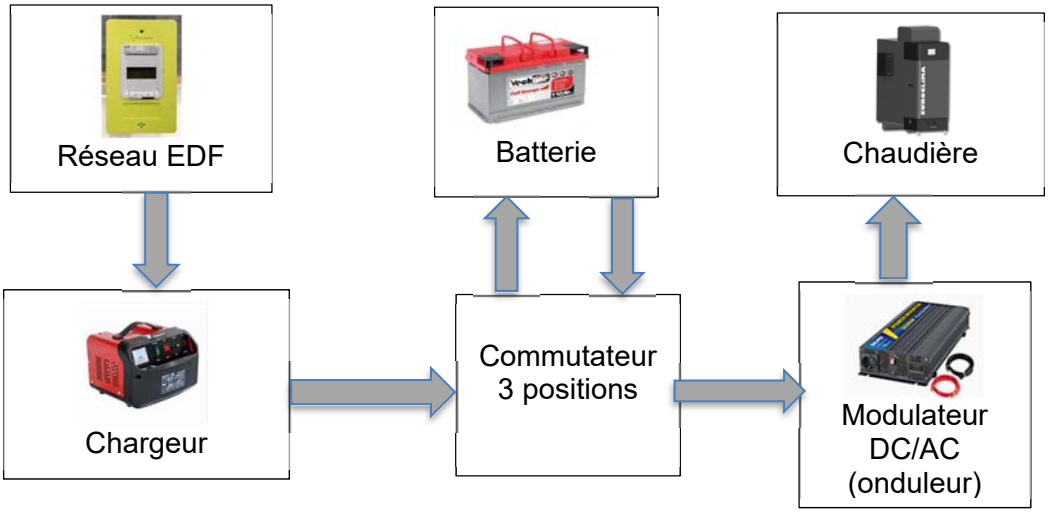
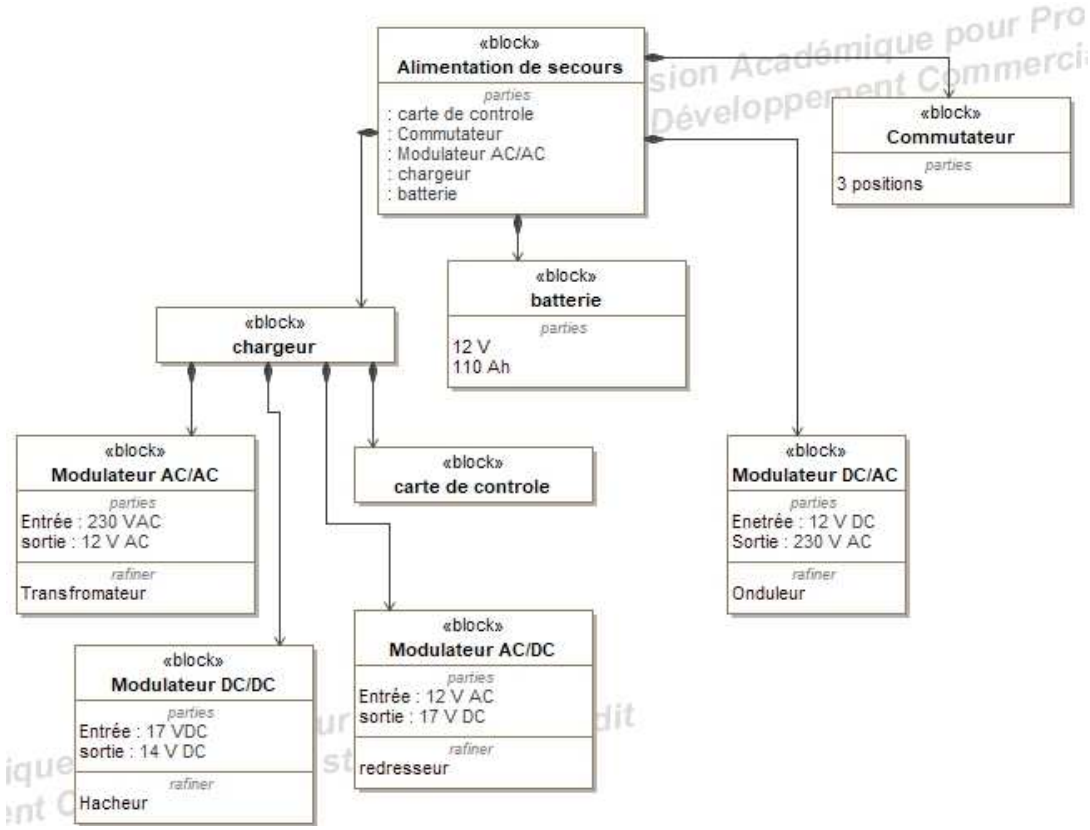
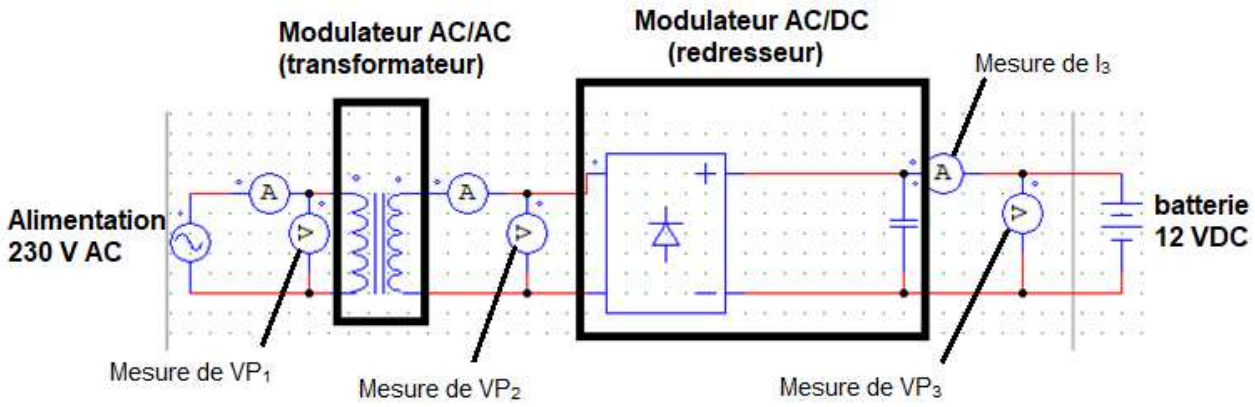


Diagramme B.D.D.



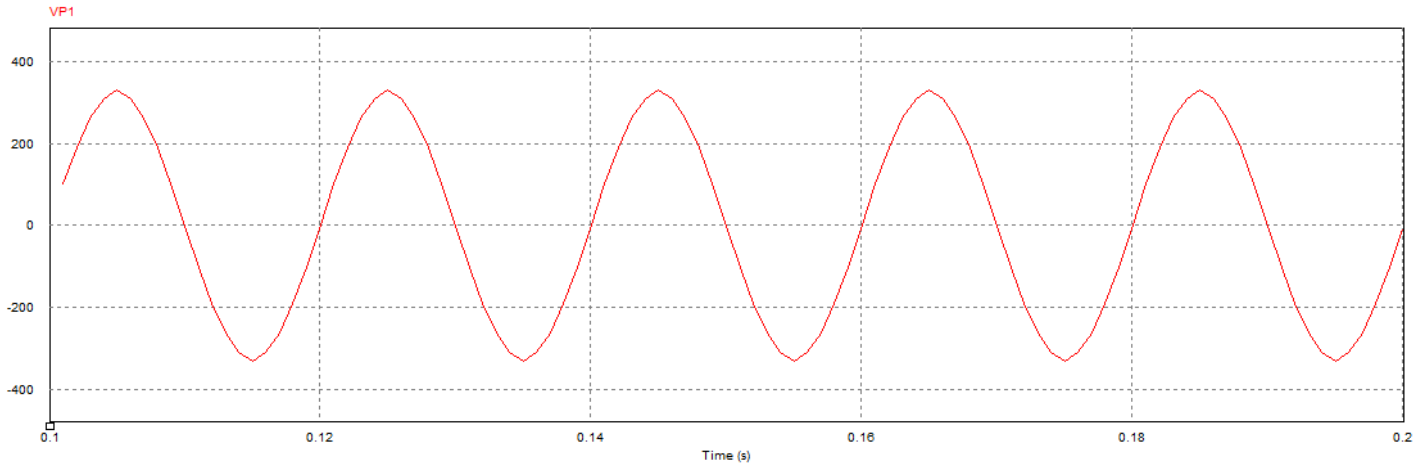
DTS6 : Simulation du modulateur AC/AC et du modulateur AC/DC

Présentation du système simulé :

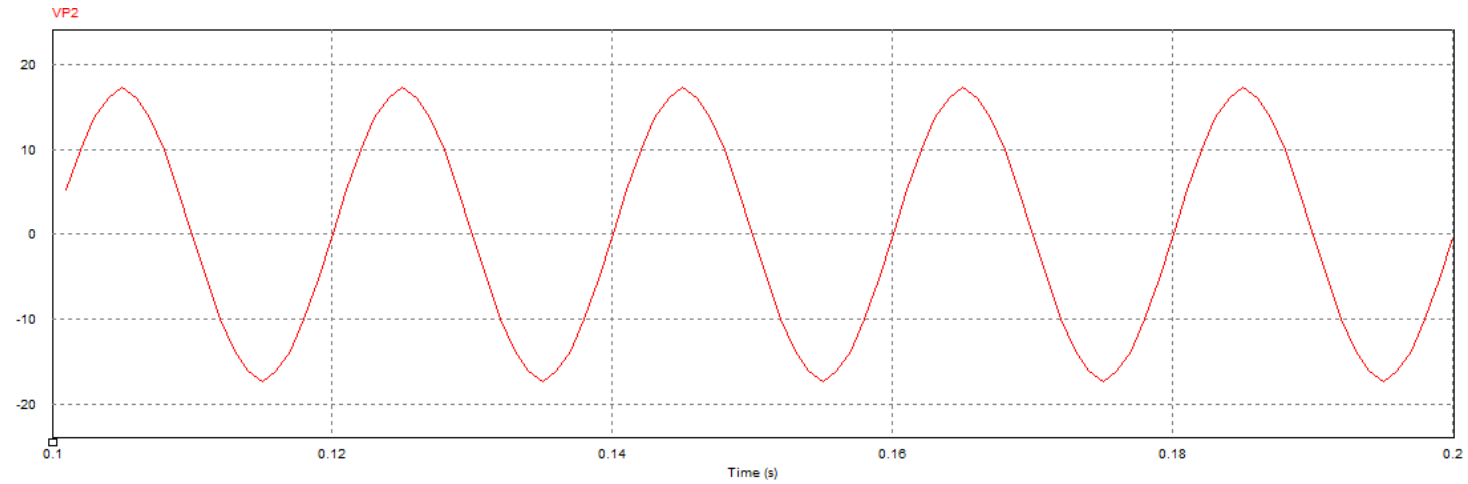


Résultats de la simulation :

Evolution de VP_1 en fonction du temps :

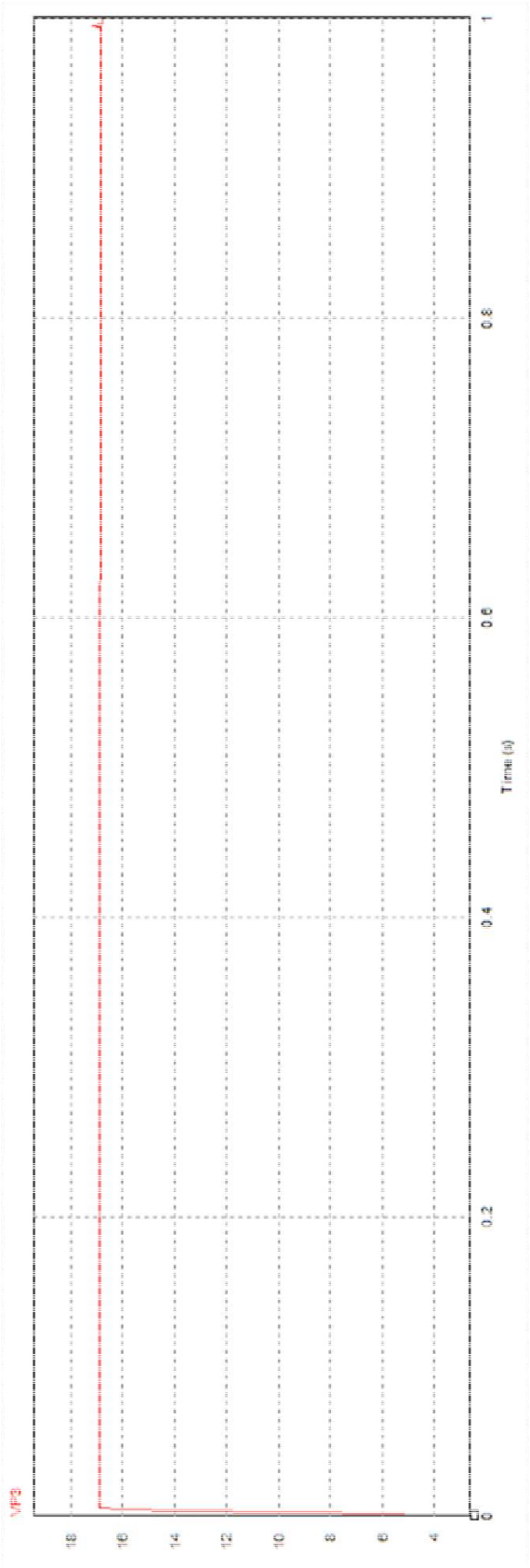


Evolution de VP_2 en fonction du temps

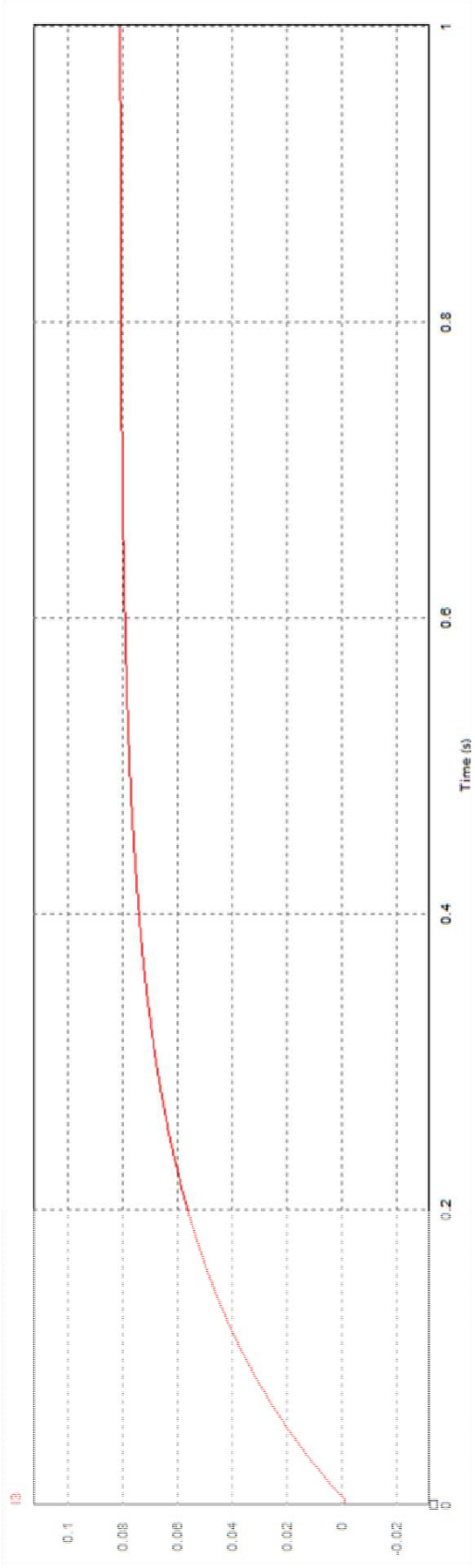


DTS7 : Simulation du modulateur AC/AC et du modulateur AC/DC

Evolution de VP_3 en fonction du temps

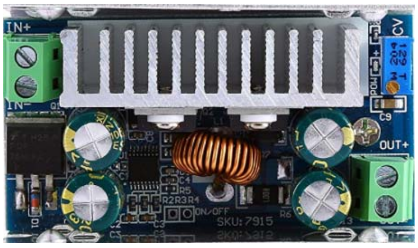


Evolution de I_3 en fonction du temps



DTS8 : Caractéristiques des modulateurs de l'alimentation de secours

- **Modulateur n°1 : Module d'alimentation Yosoo**



Caractéristiques techniques :
Nom : Module d'alimentation synchronisé réglable 200 W.
Dimensions du boîtier en aluminium : 70 x 38 x 31 mm.
Tension d'entrée : 8-55 V en continu.
Tension de sortie : 1-36 V en continu.
Courant de sortie : valeur max. 15 A..
Température : -10 à + 85 °C.
Efficacité de conversion : jusqu'à 94 %.
Protection contre surtension : oui (le courant de sortie dépasse les tests actuels (15A)).
Protection de polarités inversées (ne brûle pas si les polarités sont inversées).

- **Modulateur n°2 : module d'alimentation LM2596HV**



Caractéristiques techniques :
Matériau : métal.
Couleur : comme sur les photos.
Dimensions : 50 x 25 x 14 mm.
Plage de tension d'entrée : 5 V-60 V (maximum dans 55 V continu).
Plage de tension de sortie : 1,25 V-26 V (réglable continu).
Courant de sortie maximum : 3 A.
Courant de fonctionnement continu : 1,5 A (puissance totale à l'intérieur 20 W).

DTS9 : La batterie de l'alimentation de secours

Caractéristiques techniques :

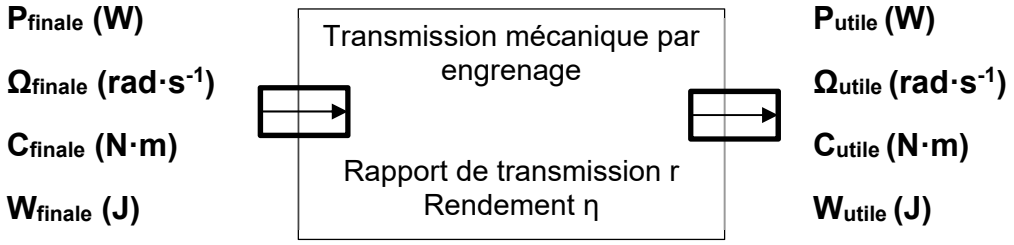
- **12 V**
- **110 A·h**



Prix : 177 €

DTS10 : Formulaire

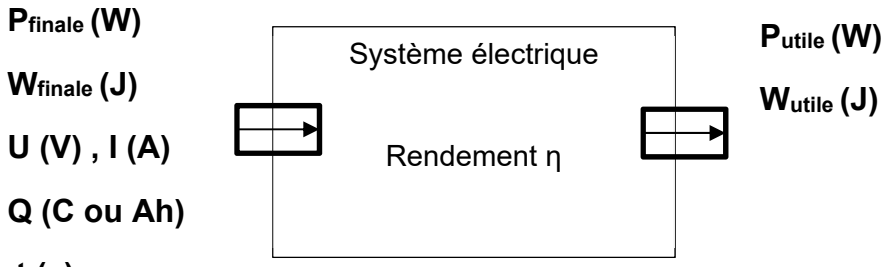
1. Transmission mécanique par engrenage



$P_{finale} = C_{finale} \cdot \Omega_{finale}$ $P_{utile} = C_{utile} \cdot \Omega_{utile}$

$$r = \frac{vitesse\ de\ sortie}{vitesse\ entrée}$$

2. Énergie électrique à tension continue



Puissance : $P_{finale} = U.I$

Quantité de charge : $Q = I.t$

Énergie : $W_{finale} = P_{finale} \cdot t$ et $W_{utile} = P_{utile} \cdot t$

$W_{finale} = Q \cdot U$

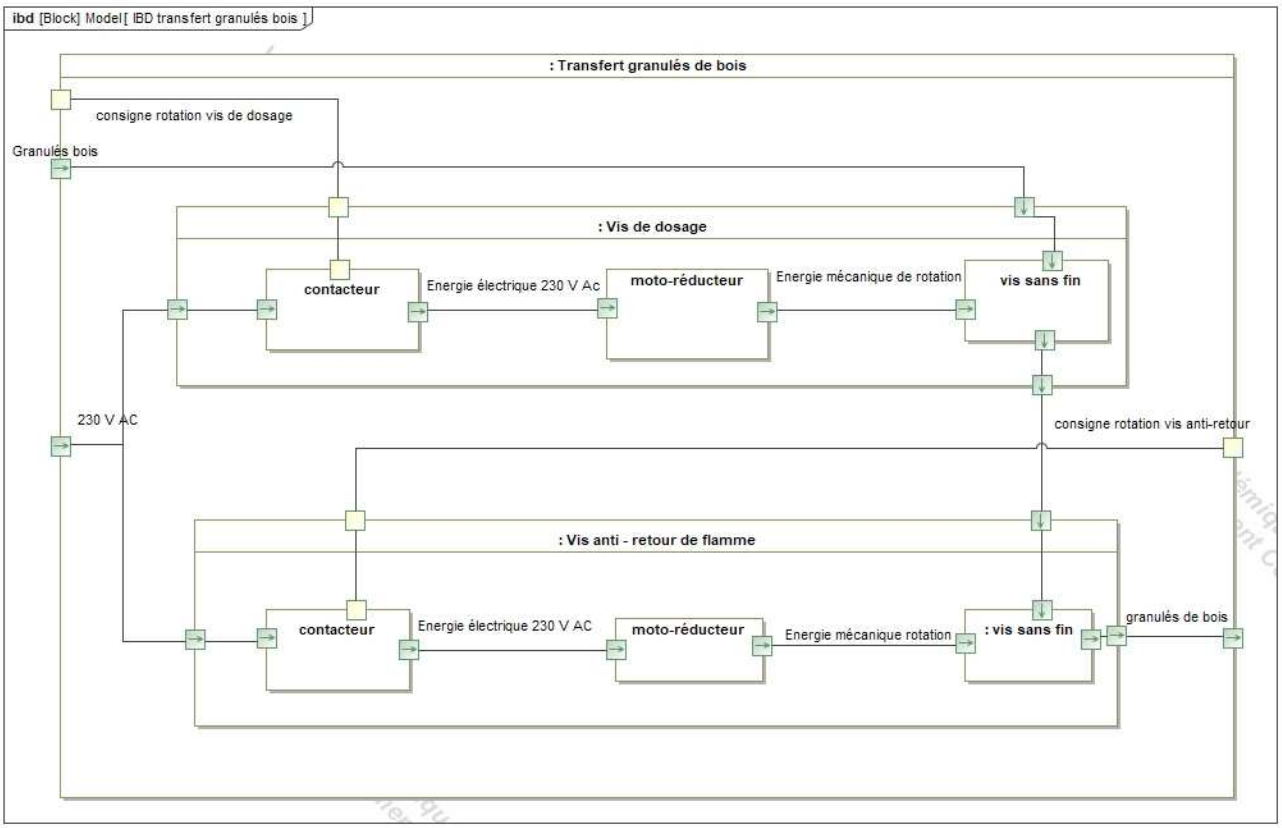
1 Wh = 3 600 J

Rendement : $\eta = \frac{puissance\ utile}{puissance\ finale}$

$$\eta = \frac{Énergie\ utile}{Énergie\ finale}$$

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	
Chaine de puissance de la « vis de dosage »	40 W	6 minutes par jour	
Chaine de puissance de la « vis de sécurité »	40 W	6 minutes par jour	
Chaine de puissance de la « vis de décendrage »	40 W	3 minutes par jour	
Ventilateur d'extraction des fumées	32 W	En continu	
Platine régulation électronique (chaine d'information)	11 W	En continu	
		Energie journalière totale (W_{jour}) :	

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

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

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

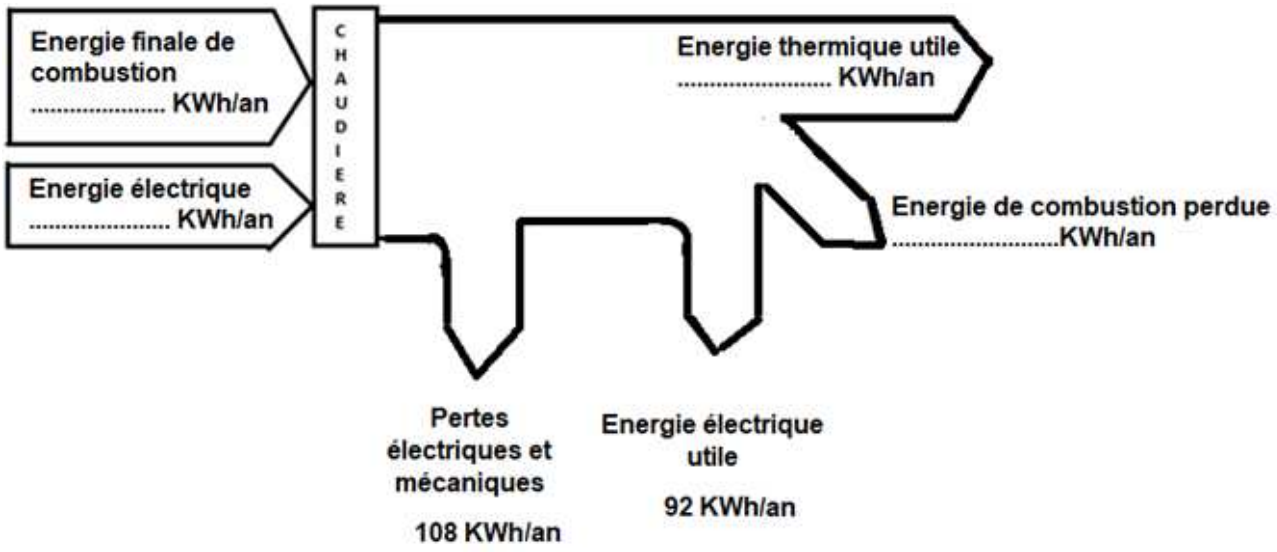
DRS3 : Bilan énergétique du chauffage d'une maison

Question B.4

	Énergie en KWh/an
Énergie finale par la combustion des granulés :	
Énergie thermique utile pour chauffer la maison :	
Énergie de combustion perdue :	

DRS4 : Diagramme de Sankey

Question B.5



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

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

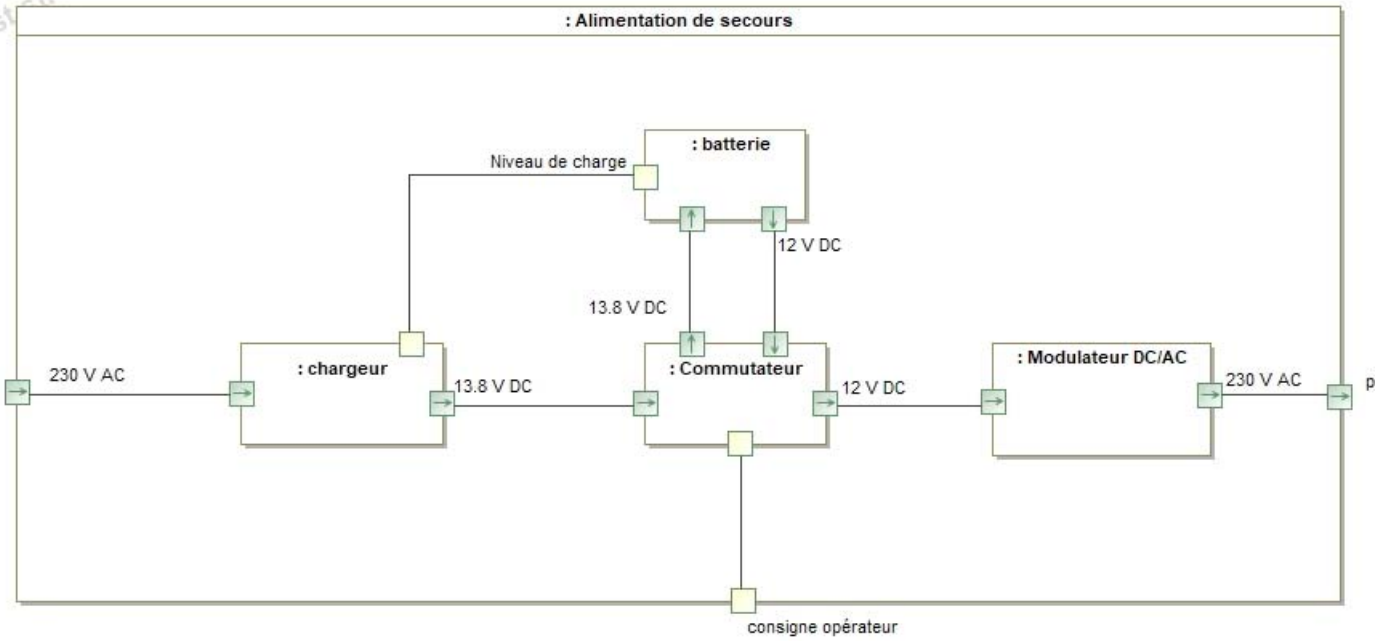
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

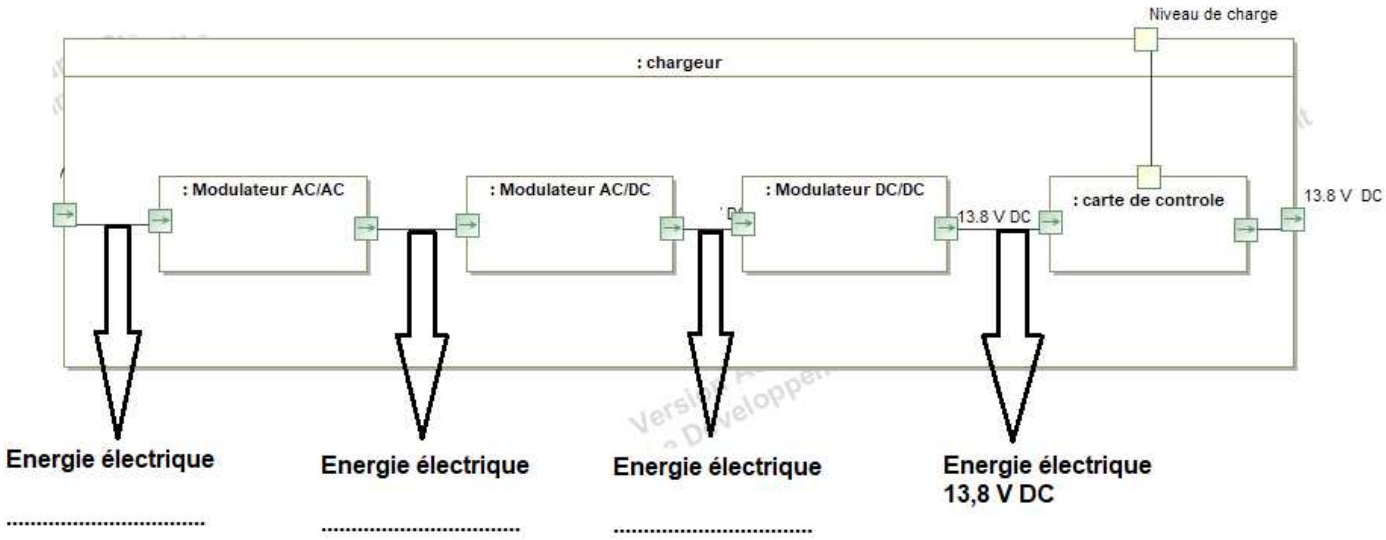
DRS5 : Diagramme IBD de l'alimentation de secours

Question C.1 ou D.1



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

Question C.4



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

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

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

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.