BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2023

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT 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 32 pages numérotées de 1/32 à 32/32.

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)

Le centre de tri multiflux

- **Présentation de l'étude et questionnement..... pages 3 à 8**
- **Documents techniques..... pages 9 à 14**
- **Documents réponses ..... pages 15 à 18**

Mise en situation

Le Sydeme (Syndicat mixte de transport et de traitement des Déchets Ménagers de Moselle-Est) assure les compétences de collecte, de transport et de traitement des déchets ménagers et assimilés sur son territoire.

Le Sydeme développe des filières adaptées à chaque type de déchets. En effet, sa politique s'inscrit dans un contexte de préservation de l'environnement, de maîtrise des coûts et de développement des énergies renouvelables.

Le Sydeme met en œuvre un schéma global de gestion des déchets ; sa vocation première est la valorisation optimale des déchets. Cela demande un effort de tri de la part des ménages. Les sacs orange contiennent les déchets recyclables, les sacs verts les biodéchets et les bleus les déchets résiduels.

Le Sydeme a mis en place sur le site de Morsbach (57) un centre de tri multiflux ainsi qu'un centre de méthanisation appelé Méthavalor qui permet, entre autres, de chauffer une serre pédagogique.

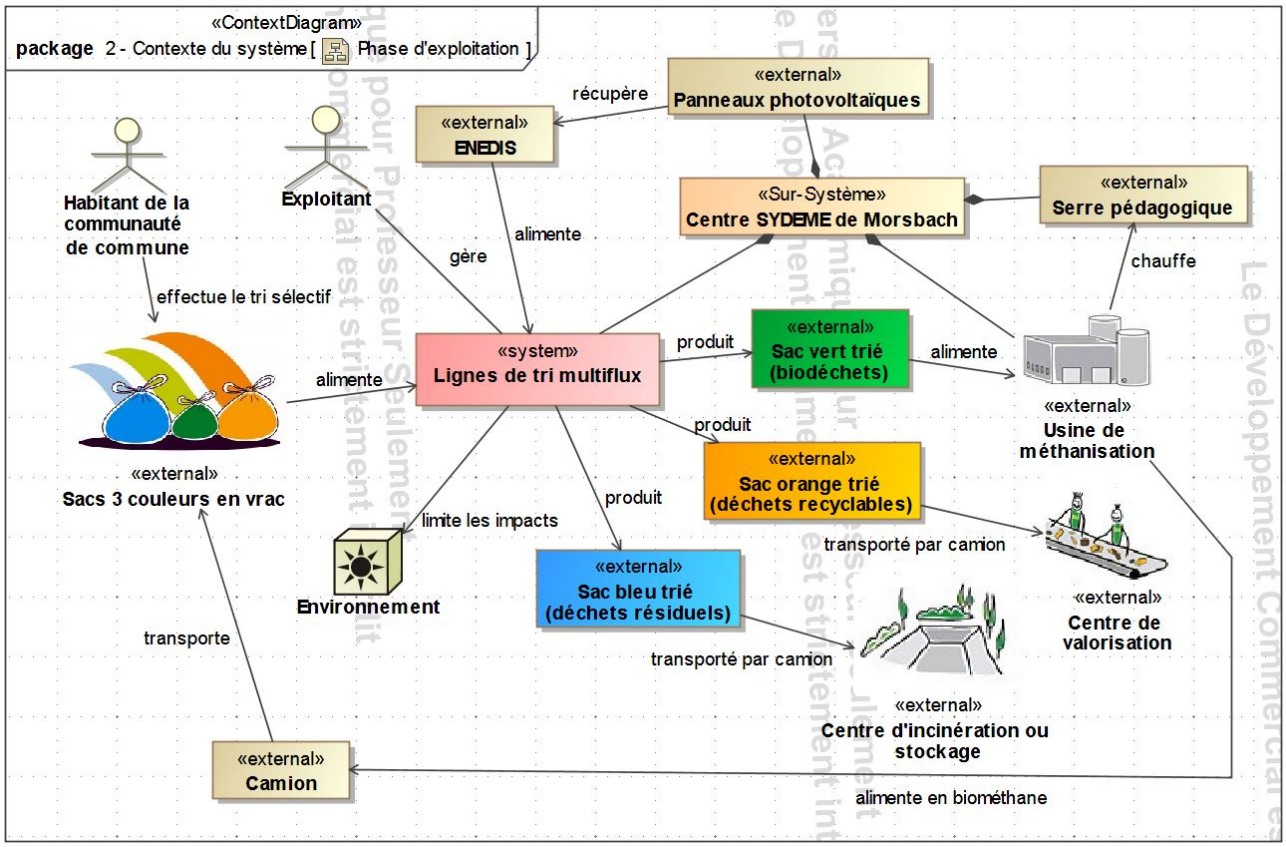


Figure 1 : diagramme de contexte du système

Le centre de tri multiflux a pour fonction de séparer par couleur (document technique DT1) l'ensemble des sacs collectés afin de les diriger vers les différents lieux de traitement.

Travail demandé

Partie 1 : la collecte multiflux simultanée présente-t-elle un intérêt environnemental ?

L'objectif est de comparer l'impact sur l'environnement de la phase de transport des déchets avec celui d'une collecte classique.

En situation de phase de transport, le centre de tri multiflux de Morsbach reçoit les camions de collecte dans lesquels les sacs orange (déchets recyclables), les sacs verts (biodéchets) et les sacs bleus (déchets résiduels) sont mélangés. Dans chaque commune, les 3 types de sacs sont collectés simultanément une fois par semaine.
Lors d'une collecte « classique », chaque type de déchets fait l'objet d'une collecte séparée une ou deux fois par semaine.

Question 1.1 DT2 DR1	À l'aide du document technique DT2, **calculer,** sur le document réponse DR1, la masse totale de déchets collectés sur le site de tri multiflux de Morsbach en une année et la répartition des quantités de déchets collectés par type.
Question 1.2 Page 3 (figure 1)	**Identifier** le carburant utilisé pour le transport à l'aide du diagramme de contexte du système de la page 3.

Les différents paramètres du cycle de vie ont été enregistrés dans un logiciel afin de comparer l'impact sur l'environnement de la collecte multiflux simultanée à celui d'une collecte classique sur 50 ans.

Question 1.3 DT3 DR1	À l'aide du document technique DT3, **relever** la « consommation d'énergie non renouvelable » en équivalent jour d'un européen moyen, pour chaque phase de chaque type de collecte. **Renseigner** le tableau du document réponse DR1.
Question 1.4	**Conclure** sur le bien-fondé de la collecte multiflux simultanée au regard de son impact sur l'environnement.

Partie 2 : l'exigence de cadence du centre de tri multiflux est-elle vérifiée ?

L'objectif est de vérifier la capacité du centre de tri multiflux de livrer un minimum de 18 camions semi-remorques par jour de déchets recyclables (sacs orange) pour être rentable économiquement.

La remorque du camion qui réceptionne les sacs orange présente un volume de 90 m^3 soit 1384 sacs par benne.

Question 2.1

Le volume maximal d'un sac peut être considéré comme celui d'une sphère de diamètre de 50 cm. **Calculer** le volume d'un sac en m^3, sachant que le volume *V* d'une sphère de rayon *R* est :

$$V = \frac{4 \cdot \pi \cdot R^3}{3}$$

Question 2.2

Les sacs sont déformables et partiellement remplis. En majorant le nombre théorique de sacs de 25 %, **définir** le nombre de sacs réellement contenus dans une remorque.

Le nombre de sacs par remorque est fixé à 1 800. Pour que les cinq lignes fonctionnant en parallèle (document technique DT1) puissent traiter ce nombre de sacs, le débit minimum de sacs orange doit être de 1 sac toutes les 5 secondes pour une ligne.

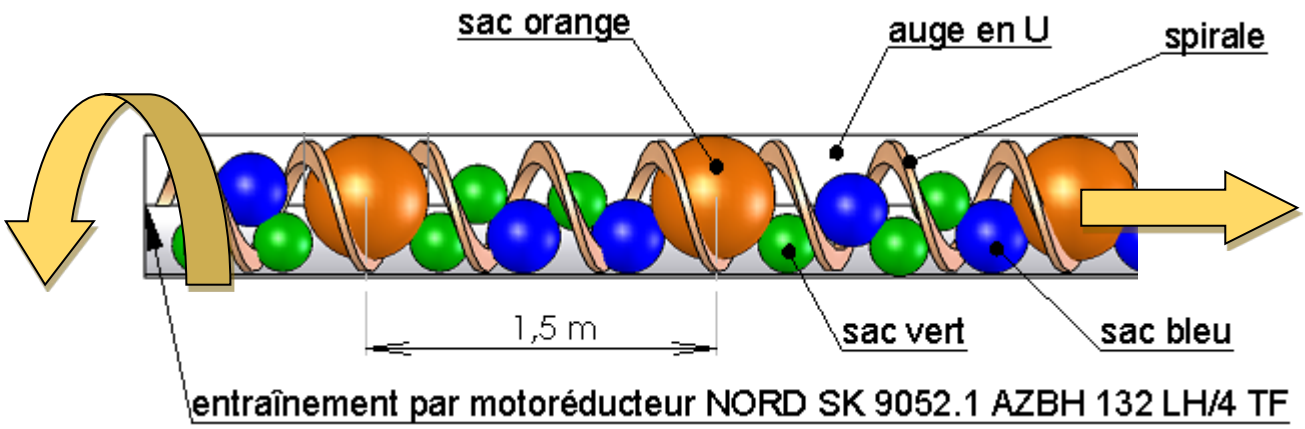


Figure 2 : croquis d'un convoyeur à vis d'Archimède de type U 600

Question 2.3

Page 5 (figure 2)

À partir de la figure 2, **déterminer** la vitesse d'avance en $m \cdot s^{-1}$ des sacs imposée pour respecter le débit d'un sac toutes les cinq secondes.

Question 2.4

DT5

À l'aide du document technique DT5, **vérifier** la conformité en vitesse du motoréducteur qui entraine la vis d'Archimède.

Partie 3 : la communication avec les chaînes de tri est-elle vérifiée ?

L'objectif de cette partie est de vérifier que la technologie de communication mise en œuvre au centre de tri multiflux permet de réaliser sans erreur l'aiguillage d'un sac en fonction de sa couleur. La reconnaissance de la couleur d'un sac sur une chaîne de tri déclenche l'ouverture d'une trappe. Le sac chute sur un convoyeur qui l'évacue vers un bac de réception et de stockage correspondant à sa couleur (document technique DT1). Les chaînes de tri sont pilotées par un poste de contrôle sous la surveillance d'un technicien (document technique DT6).

<u>Étude de la technologie de communication</u>

La communication entre le poste de contrôle et les chaînes de tri s'effectue par une liaison matérielle du type RS 485 via le protocole Modbus.

Il s'agit de vérifier la commande des trappes en fonction du contenu des messages de communication.

En début de journée, le démarrage du tri des sacs est précédé d'une phase d'initialisation. Le technicien envoie un message à destination des cinq chaînes de tri (broadcast) demandant la fermeture de toutes les trappes (même si celles-ci sont déjà fermées). Le tri pourra ensuite commencer avec l'arrivée des sacs.

Question 3.1 DT1, DT6	À partir des documents techniques, **justifier** la demande de fermeture de toutes les trappes dans la phase d'initialisation.

Question 3.2 DT6 DR2	À l'aide du document technique DT6, **compléter** sur le document réponse DR2 le champ « adresse » de la trame permettant d'envoyer un message de fermeture des trappes à toutes les chaînes de tri en hexadécimal.

Lors de la surveillance des opérations de tri sur le moniteur de contrôle, le technicien intercepte un message de reconnaissance d'un sac orange sur une chaîne de tri. Le message codé est donné dans le document réponse DR2.

Question 3.3 DT6 DR2	À partir du document technique DT6 et du message à décoder du document réponse, **compléter** le tableau du DR2.

Étude de la fiabilité de la communication : décodage d'une trame Modbus

Il s'agit de vérifier la fiabilité de la communication. Le protocole Modbus fonctionne en mode Remote Terminal Unit (RTU) ou unité terminale à distance. Cela signifie que chaque octet transmis est encapsulé selon le format ci-dessous :

Avec contrôle de parité

Start	Bit 0	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7	Parité	Stop

Figure 4 : détail d'une trame Modbus transmettant un octet en mode RTU

En mode RTU, le format de transmission est configuré de la façon suivante : 1 bit de start, 1 octet de données, 1 bit de parité paire, 1 bit de stop. La vitesse de transmission de la communication est configurée à 9600 bauds (1 baud = 1 bit·s^{-1}).

Question 3.4
DR3

Le chronogramme de transmission en mode RTU est représenté sur le document réponse DR3. **Déterminer**, sur la copie, le nombre total de bits nécessaires à la transmission d'un octet.

Repérer, sur le document réponse DR3**,** les bits de donnée en les entourant.

Question 3.5
DR3

Relever, sur le document réponse DR3, la durée d'émission d'un bit.

Calculer la vitesse de transmission de l'information en bit·s^{-1}.

Cette valeur est-elle conforme avec celle configurée ? **Justifier** la réponse sur la copie.

Question 3.6

En déduire le temps mis pour transmettre un octet dans une trame Modbus.

Il s'agit enfin de vérifier qu'aucun sac d'une autre couleur ne tombera dans le bac de réception des sacs orange. Le chronogramme du DR3 correspond au message émis à l'arrivée d'un sac bleu dans la chaîne de tri n°3.

Rôle du bit de parité : le bit de parité est un moyen de s'assurer de la bonne communication entre l'émetteur du message et le récepteur.
En parité paire, l'émetteur positionne ce bit à 0 ou à 1 afin que le nombre total de bits à 1 (message + parité) soit pair lors de l'envoi.
À la réception du message, le système contrôle si le nombre de bits reçu est pair. Si c'est le cas, le message est correct et il n'y a pas d'erreur de transmission sinon il y a erreur de transmission et rejet du message.

Question 3.7
DR3

Afin que la transmission soit conforme (parité paire), sur le document réponse DR3, **compléter** le chronogramme et **définir** la valeur du bit de parité.

Justifier la réponse sur la copie.

Question 3.8 DR3	Sur le document réponse DR3, **définir** la valeur binaire de l'octet à transmettre et **convertir** la valeur en hexadécimal.

Question 3.9 DT6	**Comparer** le résultat obtenu à la question précédente avec les ordres de fermeture/ouverture du document technique DT6. **Conclure** sur la fiabilité de la communication d'un octet en mode RTU.

Partie 4 : les intérêts économiques et environnementaux des panneaux photovoltaïques sont-ils justifiés ?

L'objectif de cette partie est d'optimiser la surface disponible sur la toiture du centre de tri multiflux.
Celle-ci est équipée de panneaux photovoltaïques ; l'énergie produite est ensuite revendue à ENEDIS. Dans la chaîne de puissance, on s'intéresse à l'étude des flux d'énergie.

Question 4.1 DT7 DR4	À l'aide du document technique DT7, sur le document réponse DR4, **compléter** la chaîne de puissance simplifiée de l'installation photovoltaïque et **justifier** la présence d'un compteur d'énergie. **Déterminer** le rendement global de cette chaîne de puissance.

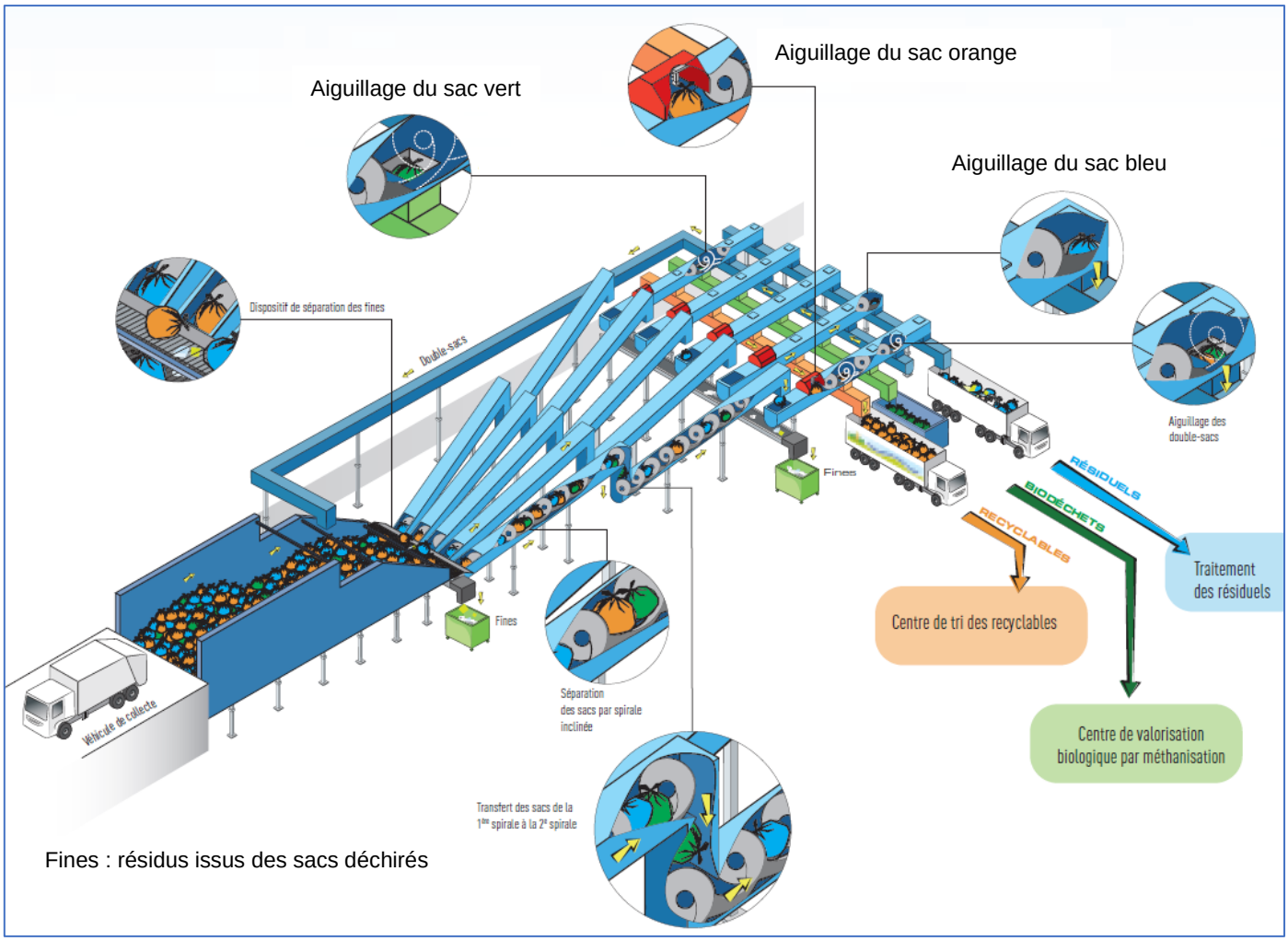
Une simulation de la production d'énergie électrique a été réalisée sur le site PVWatts. Cette énergie est revendue ensuite à ENEDIS au tarif de 0,19 € / kWh. L'investissement de base pour réaliser l'installation est de 150 000 euros.

Question 4.2 DT8	À partir du document technique DT8, **relever** l'énergie produite par an et revendue à ENEDIS et **déterminer** le gain annuel engendré par la revente de cette énergie. **En déduire** le temps de retour sur investissement en années.

Question 4.3	**Calculer** l'économie de CO_2 faite en un an grâce aux modules photovoltaïques, sachant qu'en France, la production d'un kWh d'énergie électrique dégage en moyenne 80 g de CO_2.

Question 4.4	À l'aide des réponses aux questions précédentes, **conclure** sur l'intérêt de cette installation photovoltaïque d'un point de vue économique et d'un point de vue environnemental.

DT1 – Principe de fonctionnement du centre de tri multiflux



Fines : résidus issus des sacs déchirés

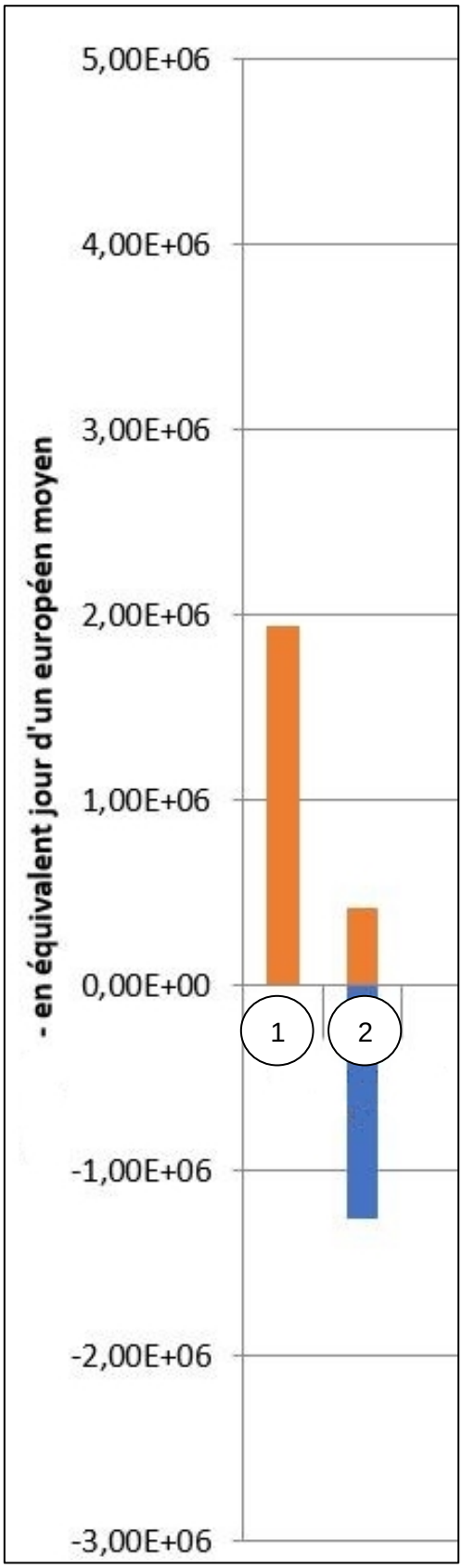
Les sacs sont déversés par les véhicules de collecte dans une fosse munie d'un système permettant de les faire avancer vers les 5 lignes de tri. Celles-ci sont pourvues de convoyeurs à vis d'Archimède pour déplacer les sacs. Un système de reconnaissance optique permet d'aiguiller les différents sacs en fonction de leurs couleurs. Les éventuels double-sacs sont réinjectés dans la fosse.

DT2 – Flux de déchets sur le centre de tri multiflux

La collecte des déchets ménagers du territoire couvert par le site de tri multiflux de Morsbach est organisée 5 jours par semaine sur toute l'année (52 semaines). Le Sydeme collecte en moyenne 760 tonnes de déchets par jour. La répartition en masse des différents types de déchets est la suivante :

- 26 % sous forme de déchets verts (sacs verts – méthanisation) ;
- 34 % sous forme de déchets recyclables (sacs orange – recyclage) ;
- 40 % sous forme de déchets résiduels (sacs bleus – incinération).

DT3 – Simulation Bilan Produit & Impact par phases de vie



BILAN PRODUIT

1 Collecte classique – une collecte hebdomadaire par type de déchets – carburant non renouvelable

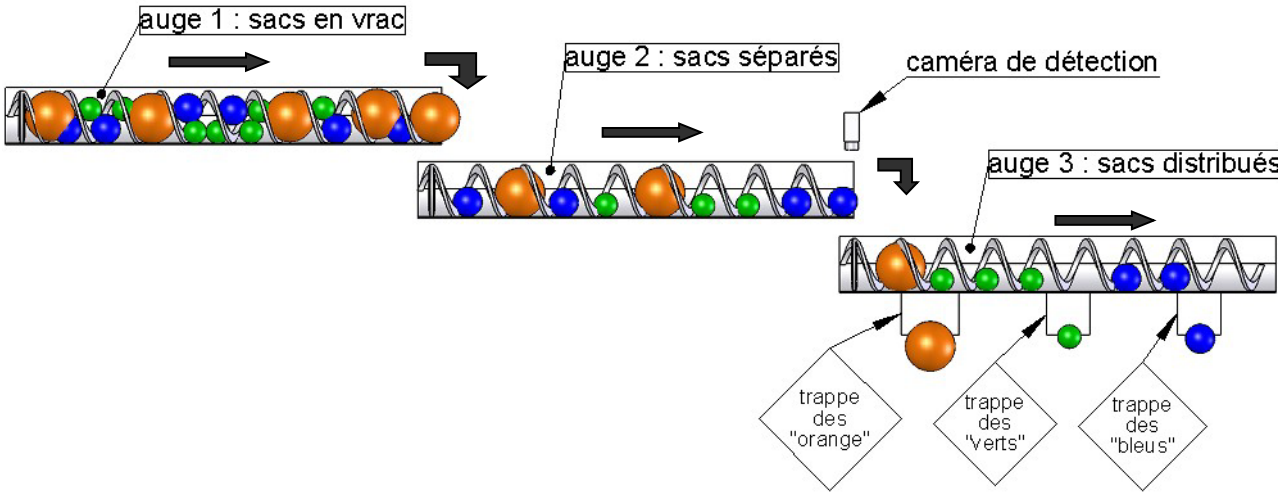
2 Collecte multiflux simultanée – une collecte hebdomadaire des trois sacs simultanément – carburant renouvelable

Phase de Transport

Phase de Production

Consommation en énergie NR (énergie Non Renouvelable).

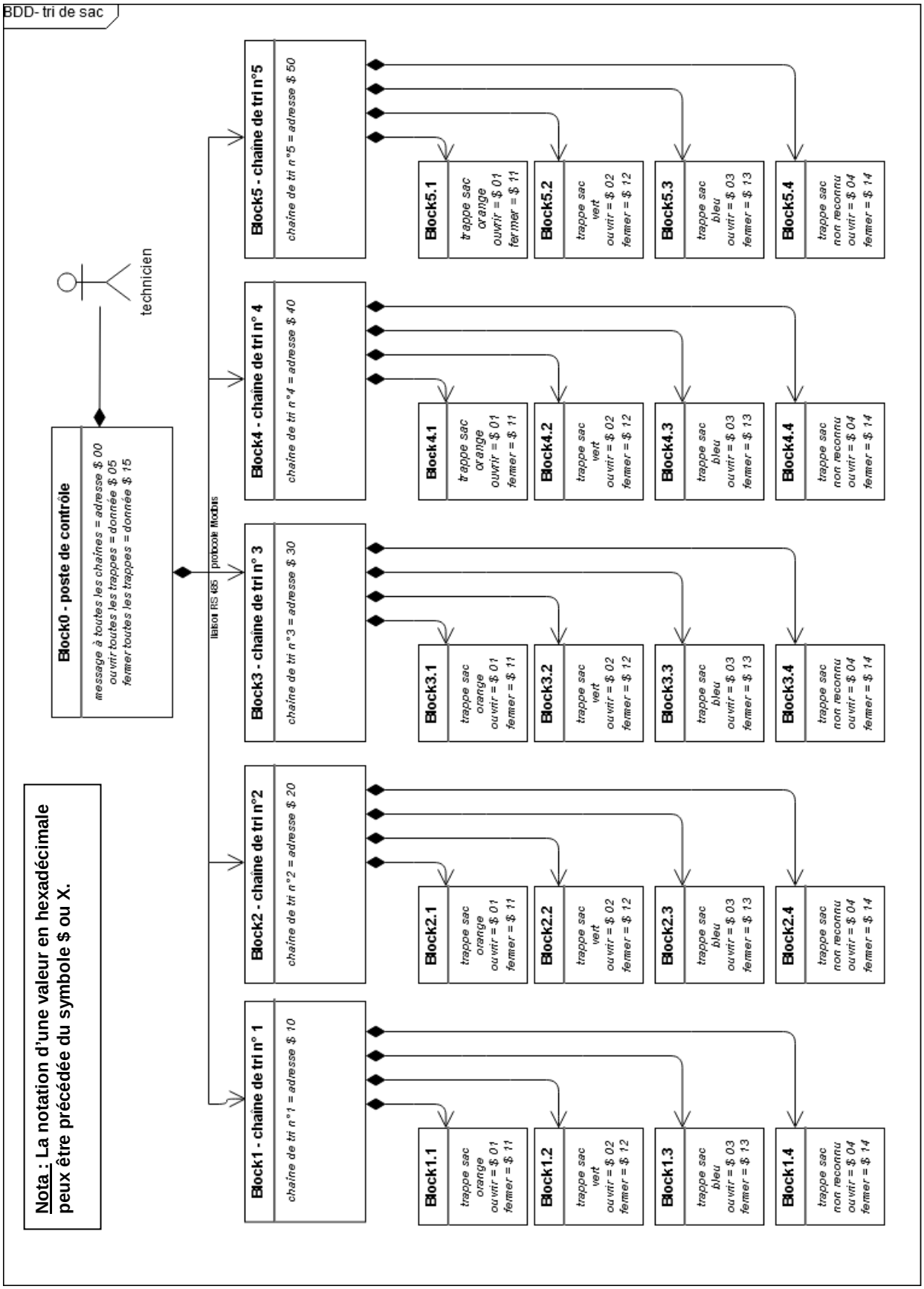
DT4 – Croquis d'une ligne de transfert et de tri des sacs



DT5 – Caractéristiques des motoréducteurs

			Vitesse de déplacement produite par l'ensemble [motoréducteur-vis d'Archimède]
Modèle 1 : NORD SK 9052.1 AZBH 132 LH/4 TF	Puissance : 9,2 kW Vitesse moteur : 1450 $tr \cdot min^{-1}$ Vitesse de sortie : 37 $tr \cdot min^{-1}$ Couple de sortie : 2407 N·m	Pas de la vis d'Archimède : 510 mm	0,3145 $m \cdot s^{-1}$
Modèle 2 : NORD SK 9052.1 AZBH 132 SP/4 TF	Puissance : 5,5 kW Vitesse moteur : 1465 $tr \cdot min^{-1}$ Vitesse de sortie : 27 $tr \cdot min^{-1}$ Couple de sortie : 1956 N·m	Pas de la vis d'Archimède : 510 mm	0,2295 $m \cdot s^{-1}$

DT6 – Diagramme de définition de blocs des chaînes de tri



LES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES DU SITE

Dans le cadre de sa démarche de développement durable, le Sydeme a installé des panneaux photovoltaïques sur le toit du centre de tri multiflux de Morsbach.

Grâce à cet équipement, nous développons aujourd'hui une nouvelle source d'énergies renouvelables qui permettra, selon nos estimations, d'autoproduire 15 % de ce que nous consommons pour le tri optique des sacs multiflux.

Aussi, cette initiative permet de diminuer la production de Co_2, notamment responsable de la pollution de l'air et du réchauffement climatique.

COMMENT FONCTIONNENT LES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES ?

Ces panneaux captent les rayons du soleil grâce à des cellules photovoltaïques et les convertissent en électricité.

L'électricité produite est en courant continu, elle est transformée en courant alternatif à 50 Hz et 400 V identique à l'électricité du réseau par le biais d'un onduleur.

La puissance d'une installation solaire photovoltaïque se mesure en Watts crête (Wc) ou kiloWatts crête (kWc).

La « puissance crête » est la puissance émise par un panneau ou par un système photovoltaïque, mesurée dans les meilleures conditions d'ensoleillement, c'est-à-dire à midi, en plein soleil.

Caractéristiques des panneaux

- ► Orientation des panneaux : **sud**
- ► Surface occupée : **420 m²**
- ► Puissance totale : **49.68 kWc** (kiloWatts crête)
- ► Nombre de panneaux : **216**

Données techniques sur les types de modules photovoltaïques

Module Type

The module type describes the photovoltaic modules in the array. If you do not have information about the modules in the system, use the default Standard module type. Otherwise, you can use the nominal module efficiency, cell material, and temperature coefficient from the module data sheet to choose the module type.

Module Type Options

Type	Approximate Efficiency	Module Cover	Temperature Coefficient of Power
Standard (crystalline Silicon)	15%	Glass	-0.47 %/°C
Premium (crystalline Silicon)	19%	Anti-reflective	-0.35 %/°C
Thin film	10%	Glass	-0.20 %/°C

PVWatts® uses a basic set of equations to represent the module's physical properties and performance. The module type determines how PVWatts® calculates the angle-of-incidence correction factor as sunlight passes through the module cover to the photovoltaic cell, and the cell's operating temperature. (See the Technical Reference for details).

DT8 – Résultats de la simulation sur le site PVWatts

Latitude : 49 ° 10 ' 7 " Nord
Longitude : 6 ° 51 ' 8 " Est
Puissance nominale du système PV : 49, 68 kW_c
Inclinaison des modules : 30 °
Orientation (azimut) des modules : 185 ° (0 ° pour le Nord, 90 ° pour l'Est, …)

SYSTEM INFO

Modify the inputs below to run the simulation.

DC System Size (kW):	49.68
Module Type:	Standard
Array Type:	Fixed (open rack)
System Losses (%):	14
Tilt (deg):	30
Azimuth (deg):	185

RESULTS

Print Results

Month	Solar Radiation (kWh / m^2 / day)	AC Energy (kWh)	Energy Value ($)
January	1.12	1 454	N/A
February	1.91	2 282	N/A
March	3.33	4 288	N/A
April	4.18	5 106	N/A
May	4.64	5 653	N/A
June	5.44	6 368	N/A
July	5.79	6 839	N/A
August	5.29	6 285	N/A
September	3.69	4 390	N/A
October	2.17	2 747	N/A
November	1.48	1 859	N/A
December	1.00	1 304	N/A
Annual	3.34	48 575	0

DR1 – Impact sur l'environnement

Question 1.1 :

Désignation	Détail des calculs	Taux	Résultats
Masse totale de déchets collectés par an sur le site de tri		**100 %**	
Masse de déchets verts collectés par an sur le site de tri		**26 %**	**51376 tonnes/an**
Masse de déchets recyclables collectés par an sur le site de tri			
Masse de déchets résiduels collectés par an sur le site de tri			

Question 1.3 :

Consommation d'énergie non renouvelable en équivalent jour d'un européen moyen	**Phase de transport**	**Phase de production**	**Total sur le cycle de vie**
Collecte classique			
Collecte multiflux		**$-1{,}25 \cdot 10^{6}$**	

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

DR2 – Trame Modbus

Question 3.2 : trame Modbus – message à toutes les chaînes de tri

	adresse à compléter	fonction	donnée	contrôle	
start	$.....	$10	$15	XX	end

Question 3.3 *:* trame Modbus – message à décoder

	adresse	fonction	donnée	contrôle	
start	$ 30	$06	$ 01	XX	end

Tableau à compléter :

N° de chaîne de tri concerné	
Trappe associée	
Sens de manœuvre de la trappe	
Objectif de tri est atteint ou pas	☐*Oui* ☐*Non*

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.)

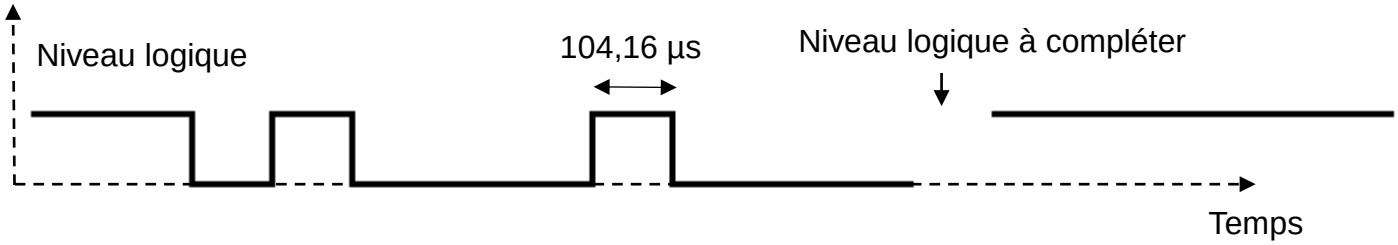
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DR3 – Trame Modbus

Question 3.4, question 3.5 et question 3.7 :



1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0		1	1	1	1	1
bus au repos		start	octet à transmettre (donnée)								parité	stop	bus au repos			

Question 3.8 :

Tableau à compléter :

	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
Valeur binaire								
Valeur hexadécimale								

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.)

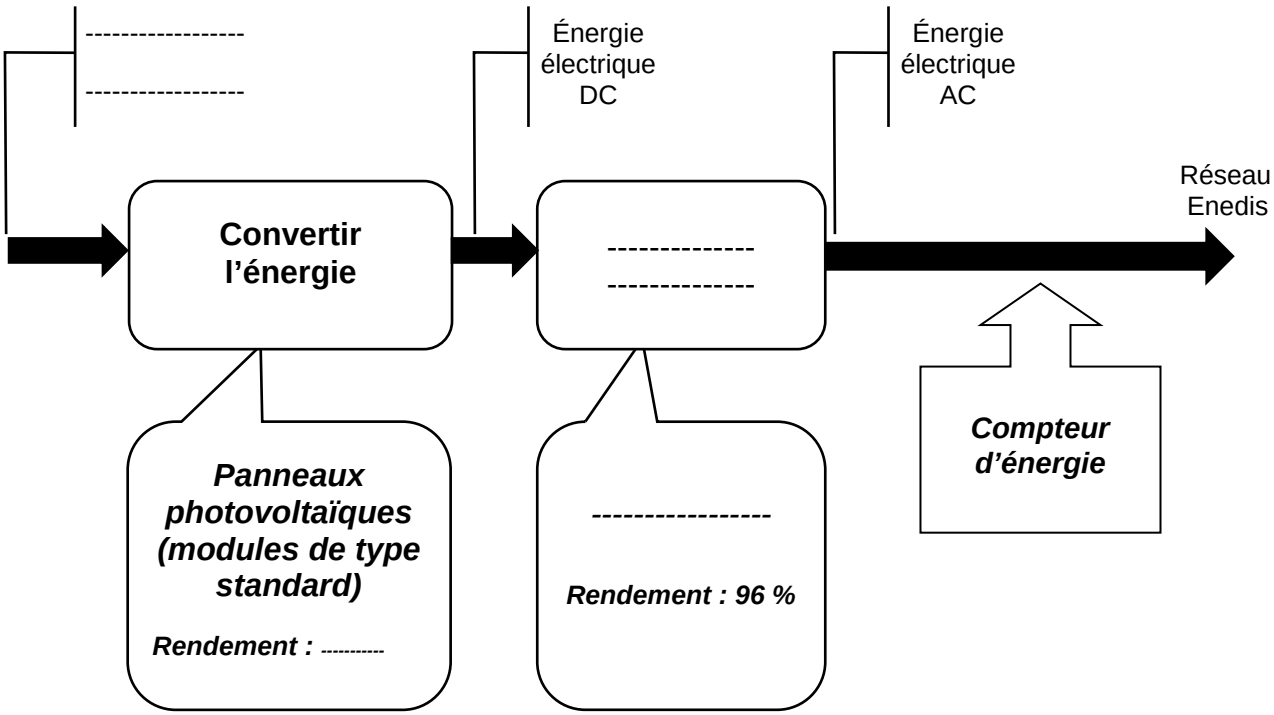
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

DR4 – Installation photovoltaïque

Question 4.1 :



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

Serre pédagogique

- **Présentation de l'étude et questionnement ..... pages 20 à 22**
- **Documents techniques ..... pages 23 à 28**
- **Documents réponses ..... pages 29 à 32**

Mise en situation

Méthavalor produit par l'intermédiaire de la cogénération des quantités de chaleur très importantes en continu. Cette production de chaleur doit être rapidement dissipée et utilisée afin de ne pas être perdue. Afin de récupérer cette énergie, une serre pédagogique de 200 m^2 a été construite sur le site. L'électricité produite est totalement revendue au distributeur d'électricité.

Le Centre Transfrontalier d'Education à L'Environnement regroupe différents espaces d'exposition, de projection et d'animation. Un parcours extérieur sur le site de Méthavalor permet de découvrir la pesée des camions, leur arrivée au centre de tri multiflux et la station-service biométhane. Le jardin et la serre pédagogique sont l'aboutissement d'un parcours où les écoliers peuvent observer des semis et des bacs de plantation de fleurs, herbacées, légumes qui s'épanouissent grâce au compost produit à Méthavalor. Ils pourront manipuler le compost et rempoter un plant d'aromate qu'ils emporteront et cultiveront en famille.

Pour définition, une serre est traditionnellement un volume de verre (ou plastique) qui permet la mise en place d'un climat propice à la production agricole (plantes, …).

Travail demandé

Partie A : l'intérêt environnemental de la solution de cogénération et de l'échangeur de chaleur est-il vérifié ?

Il s'agit de vérifier l'autonomie en chauffage de la serre pédagogique par récupération de chaleur directement sur le site sans autre apport d'énergie payante. Cette installation se doit de compléter l'offre de récupération d'énergie du site complet.

Question A.1 DTS1, DTS3	À l'aide des documents techniques, **identifier** le principal flux d'énergie obtenu directement sur le site qui contribue au développement des plantes cultivées dans la serre. **Justifier** l'intérêt de proposer une serre pédagogique de type « tropicale » en Lorraine.
Question A.2 DTS3 DRS1	À l'aide du document technique DTS3, **compléter** la chaîne de puissance du document réponse DRS1 en précisant : ▪ le type de combustible à l'entrée du moteur thermique, la désignation de la puissance en sortie du moteur thermique et la désignation de la puissance en sortie de l'alternateur ; ▪ la désignation des pertes au niveau du groupe de cogénération.
Question A.3 DRS1	À l'aide des informations du document réponse DRS1, **calculer** les pertes du groupe de cogénération et son rendement.

Au lieu d'utiliser un groupe de cogénération pour produire à la fois de la chaleur et de l'électricité, il aurait été possible d'utiliser une chaudière pour produire de la chaleur et de se raccorder au réseau électrique pour prélever de l'électricité.

Question A.4 DRS2	Dans le cas de production d'électricité et de chaleur par filières séparées, **compléter** le document réponse DRS2 en termes de puissances de départ au niveau du combustible. **Conclure** quant aux performances énergétiques du groupe de cogénération et à son impact environnemental.

Pour compenser les déperditions thermiques de la serre pédagogique, l'exploitant propose de fournir de la chaleur grâce aux moteurs des groupes de cogénération et à un échangeur de chaleur.

Question A.5 DTS3	À l'aide du document technique DTS3, **identifier** l'élément qui permet de récupérer de la chaleur d'un fluide chaud pour la transférer à un fluide froid.

Question A.6 DTS4	À partir du document technique DTS4**, déterminer** la puissance utile en sortie de l'échangeur de chaleur principal. **En déduire** la puissance récupérable au niveau de l'émetteur de chaleur.

Question A.7 DTS2 DRS3	À l'aide du document technique DTS2 pour relever les déperditions thermiques théoriques de la serre dans le cas du matériau le plus défavorable**, compléter** le tableau du document réponse DRS3. **Conclure** sur la capacité ou non de chauffer la serre pédagogique uniquement par l'échangeur de chaleur.

Partie B : la stabilité de la régulation de température de la serre pédagogique est-elle vérifiée ?

Il s'agit de vérifier l'influence des paramètres extérieurs à la serre pédagogique avec des conditions d'ambiance tropicale (document technique DTS1) sur la température intérieure et de vérifier la nécessité d'un dispositif pour maintenir une température ambiante constante et stable (28 °C) et une hygrométrie relative très importante. Une simulation a été réalisée en amont sur un modèle thermique de la serre, en refroidissement naturel en l'absence de chauffage.

Question B.1 DRS4	Sur le document réponse DRS4, **tracer** la droite représentant la température souhaitée à l'intérieur de la serre pédagogique. **Commenter** les écarts entre les valeurs des deux courbes de température et **relever** l'écart maximal entre la température intérieure de la serre et la température souhaitée.

Pour maintenir la température et l'hygrométrie ambiantes constantes, le choix s'est porté sur le transmetteur d'ambiance DTTH (sources REGINCONTROLS). Les mesures transmises par le DTTH peuvent être utilisées pour contrôler la ventilation et le chauffage avec une grande précision. Le fait de pouvoir augmenter le débit d'air soufflé uniquement lorsque cela est nécessaire permet aussi de minimiser les coûts énergétiques.

Les conditions hygrométriques de la serre pédagogique nécessitent que tout appareil électrique soit protégé contre les jets d'eau provenant de toutes les directions.

Question B.2 DTS5, DTS6	À partir des documents techniques, **justifier** l'adaptation du transmetteur choisi aux locaux chauds et humides.

La température de consigne de la serre est 28 °C toute l'année. En hiver la température intérieure ne doit pas baisser en-dessous de 27 °C. En été, elle ne doit pas dépasser les 29 °C.

Question B.3 DRS5	Sur le document réponse DRS5, **compléter** les schémas-blocs de régulation de température de la serre tropicale avec la température de consigne et **indiquer** si l'écart est supérieur ou inférieur à la valeur indiquée.

Deux scénarios de régulation tout ou rien avec hystérésis ont été modélisés (document technique DTS7).

Question B.4 DTS7 DRS6	Sur le document réponse DRS6, **entourer** le bloc qui correspond à une hystérésis. **Analyser** les deux résultats de simulation du document technique DTS7 et **argumenter** le choix de réglage qui répond au cahier des charges et qui est le plus adapté au développement durable.
Question B.5	**Conclure** sur l'intérêt environnemental et économique de cette solution technique complémentaire.

DTS1 - Tableau comparatif des différentes serres de Méthavalor

	Climat	Besoin en chauffage	Renouvellement de l'air	Taux d'humidité	Apports de compost
Serre biologique	Tempéré	Minime	Oui	Normal	Utilisation d'engrais organiques uniquement (engrais et pesticides interdits)
Serre bioclimatique	Tempéré (protection contre le gel)	Aucun chauffage	Oui	Normal	Oui
Serre tropicale	Chaud et humide (Tp : 18 à 28 °C)	Chauffage important	Débit important	Important, 98 %	Oui

DTS2 - Déperditions thermiques

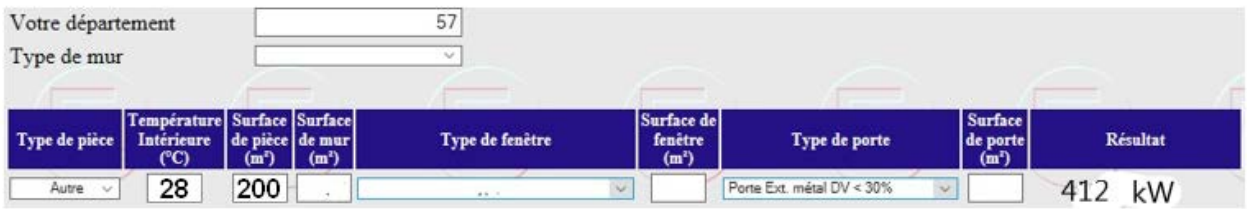
Les matériaux de construction d'une serre peuvent-être :

- du verre trempé double vitrage (3 à 4 mm) ;
- du polycarbonate (8 à 16 mm).

On a choisi de calculer les déperditions thermiques totales de la serre pédagogique avec un logiciel de simulation. Plusieurs versions ont été testées :

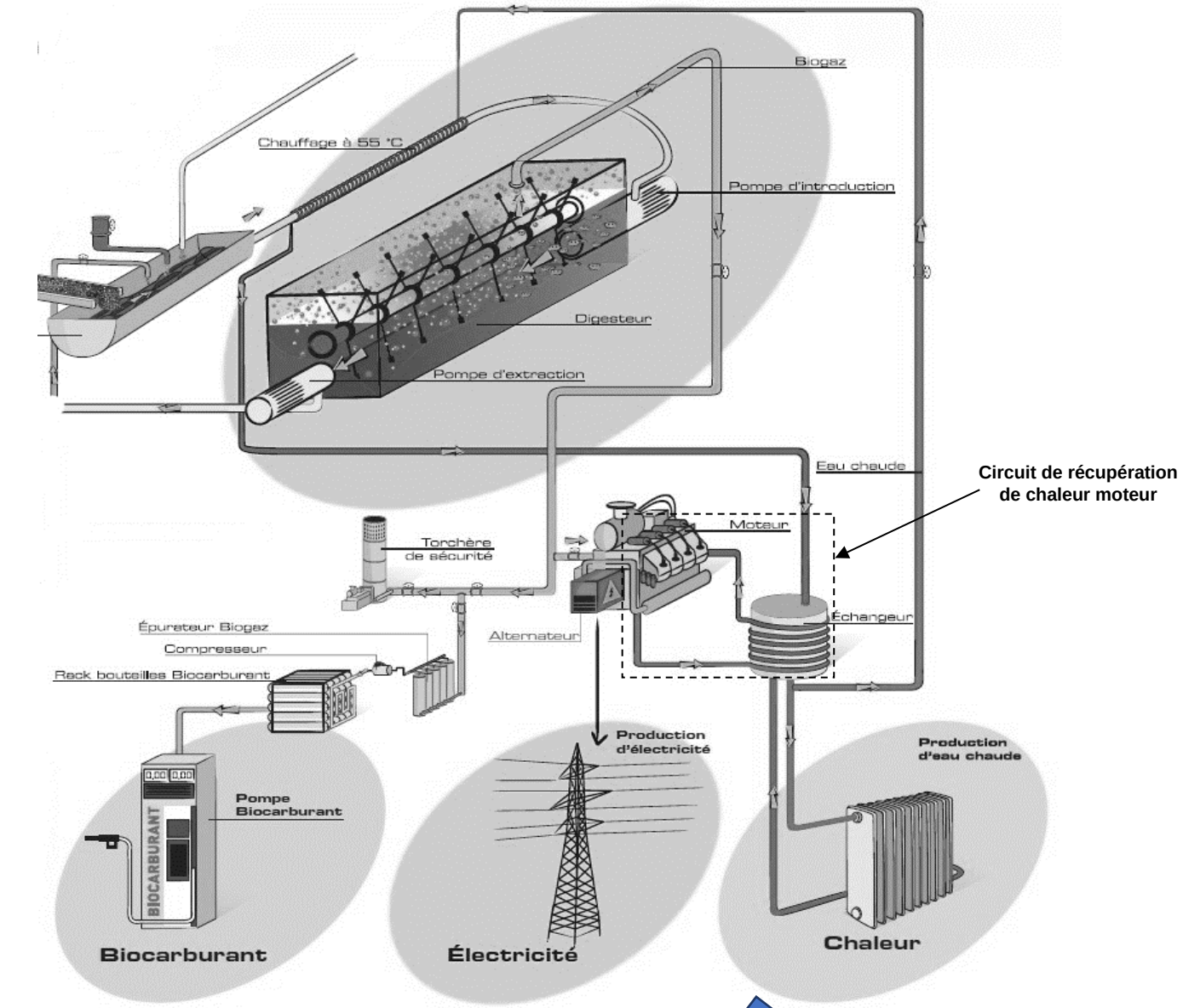
Verre double vitrage

3_Polycarbonate

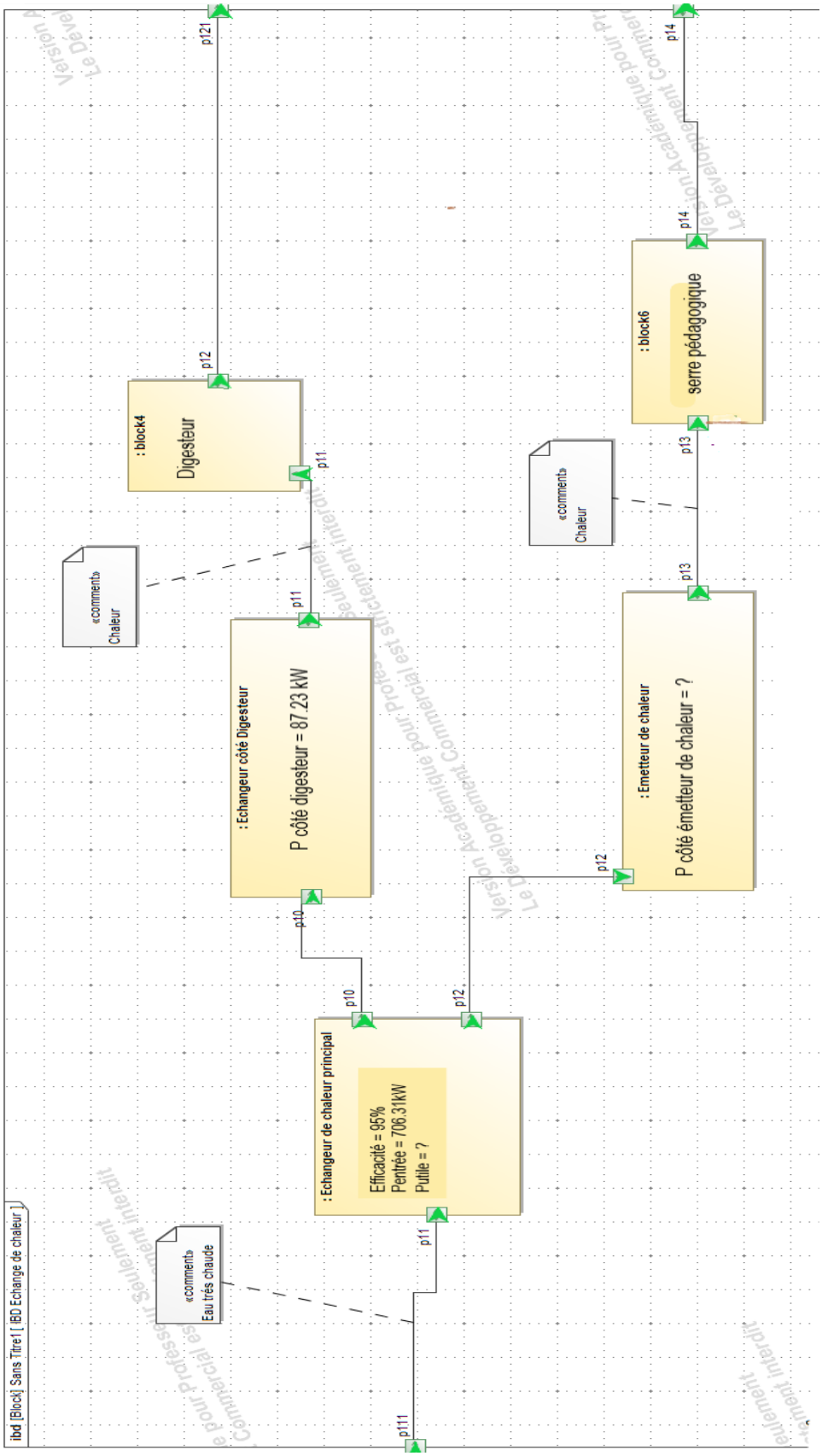


DTS3 - Unité de méthanisation

Sur ce même site, le centre de valorisation biologique par méthanisation Méthavalor réceptionne les bio déchets des sacs verts issus de la collecte multi flux qui alimente le digesteur. Le biogaz extrait est acheminé directement vers le groupe de cogénération qui produit de l'électricité et de la chaleur.



DTS4 - Diagramme de blocs internes de l'échangeur de chaleur



Caractéristiques techniques

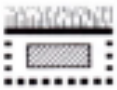
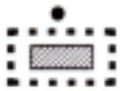
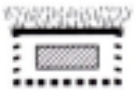
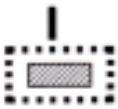
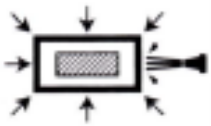
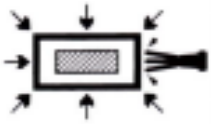
Tension d'alimentation	24 V ~ (20…28 V ~ 50…60 Hz, 2 VA) / 15…35 V DC
Puissance absorbée	< 1,5 W
Impédance, 0...10 V	Min. 10 kΩ
Indice de protection	IP65 (boîtier)
Humidité ambiante	0…90 % HR, sans condensation
Température ambiante	-40…+60 °C (DTTH) / 0…+50 °C (DTTHC)
Température de stockage	-40…+80 °C
Surtension maximale	+10 V (par rapport au GND)
Montage	En gaine
Vitesse maxi en gaine	20 m/s
Longueur d'insertion	37…195 mm
Type de fluide	Air, Gaz incombustibles non agressifs
Plage de mesure, température	-40…+60 °C
Signal de sortie, température	0…10 V (0 V = -40 °C, 10 V = 60 °C)
Précision, température	±0,2 K à 0…60 °C
Plage de mesure, humidité	0…100 % HR
Signal de sortie, humidité	0…10 V (0 V = 0 % HR, 10 V = 100 % HR)
Précision, humidité	±2 % HR à 25 °C, 10...90 % HR
Plage de mesure CO_2	0…2000 ppm
Signal de sortie CO_2	0…10 V (0 V = 0 ppm, 10 V = 2000 ppm)
Précision, CO_2	±(50 ppm + 3 % de la valeur mesurée) à 25 °C
Influence de la température, CO_2	2,5 ppm/K à 0…50 °C
Presse-étoupe	2 x M16
Raccordement	Borniers à vis max. 1,5 mm²(AWG 16)
Durée de préchauffage	4 min
Diamètre sonde	12 mm
Dimensions, externes (L x H x P)	104 x 211/212,5 x 79 mm
Poids (emballage inclus)	0.23 kg (DTTH) / 0.25 kg (DTTHC)

Tableau I Temps de réponse

Article	Temps de réponse, température	Temps de réponse, humidité	Temps de réponse, CO_2
DTTH	< 50 s[1]	< 50 s [1]	-
DTTHC	< 50 s [1]	< 50 s [1]	< 100 s [1]

1. Pour une vitesse d'air de 3 m/s

DTS6 - Indices de protection

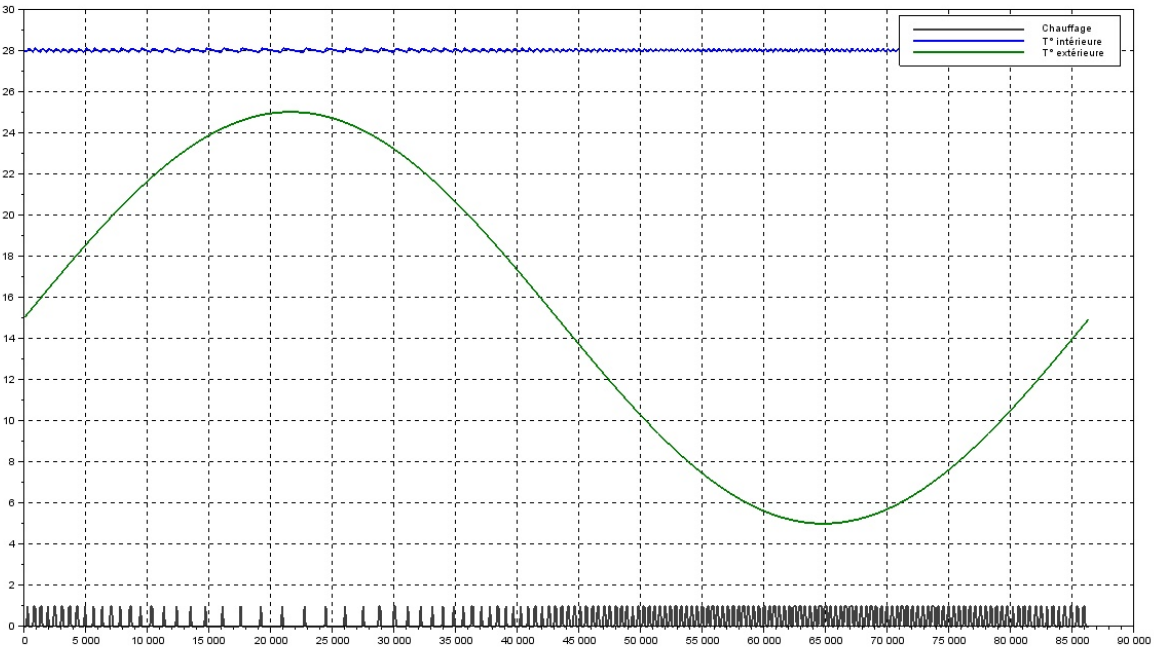
INDICES DE PROTECTION IP					
1er chiffre **protection contre les corps solides**			2e chiffre **protection contre les liquides**		
IP	**Tests**	**Définition**	**IP**	**Tests**	**Définition**
0		Non protégé.	0		Non protégé.
1 *A		Protégé contre les corps solides étrangers de diamètre supérieur à 50 mm.	1		Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau.
2 *B		Protégé contre les corps solides étrangers de diamètre supérieur ou égal à 12,5 mm.	2		Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau avec une enveloppe inclinée de 15° maxi.
3 *C		Protégé contre les corps solides étrangers de diamètre supérieur ou égal à 2,5 mm.	3		Protégé contre l'eau de pluie fine jusqu'à 60° de la verticale.
4 *D		Protégé contre les corps solides étrangers de diamètre supérieur ou égal à 1 mm.	4		Protégé contre les projections d'eau provenant de toutes les directions.
5		Protégé contre les poussières (éviter les dépôts nuisibles au bon fonctionnement du matériel ou à la sécurité).	5		Protégé contre les jets d'eau provenant de toutes les directions.
6		Étanche à la poussière. Pas de pénétration de la poussière.	6		Protégé contre les jets d'eau provenant de toutes les directions (ex : paquets de mer).
*** Lettres additionnelles :** – **A** : Contact involontaire avec le dos de la main. – **B** : Contact avec le doigt de la main. – **C** : Contact avec un outil Ø 2, 5 long. 100 mm. – **D** : Contact avec un outil Ø 1 long. 100 mm.			7		Protégé contre les effets d'une immersion temporaire dans l'eau (pression normale).
			8		Protégé contre les effets d'une immersion prolongée dans l'eau (éventuellement sous pression).

DTS7 – Scénarios de variation de température intérieure de la serre

Scénario n°1 : Réglage des seuils hauts et bas à ± 0,1 °C

Ti

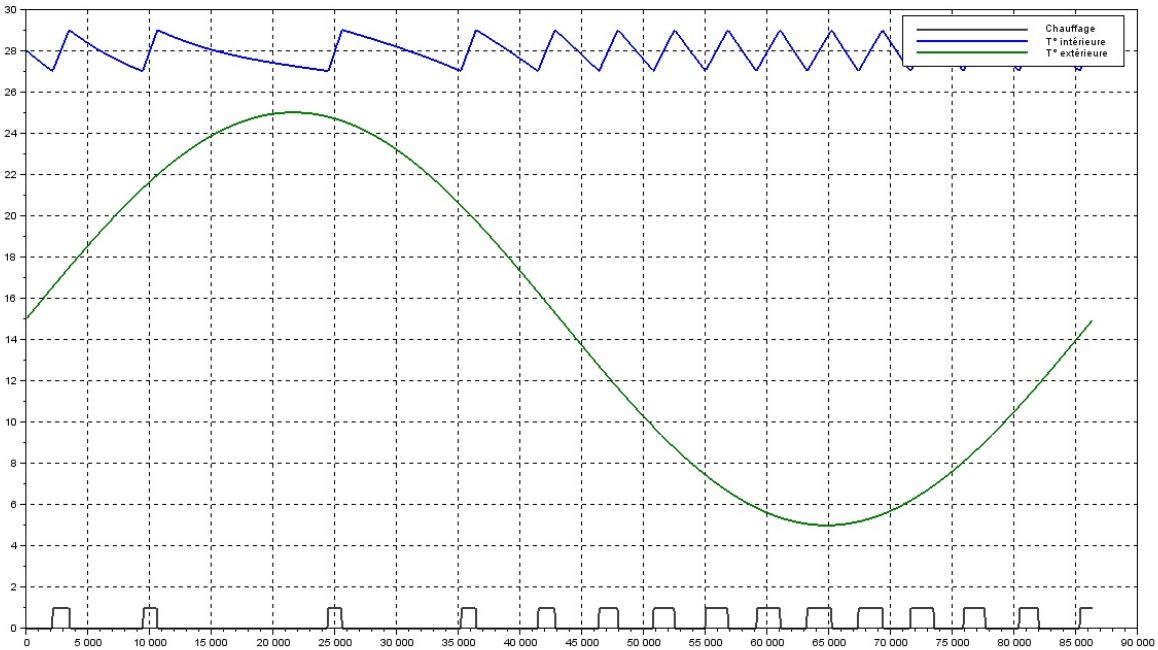
Chauffage



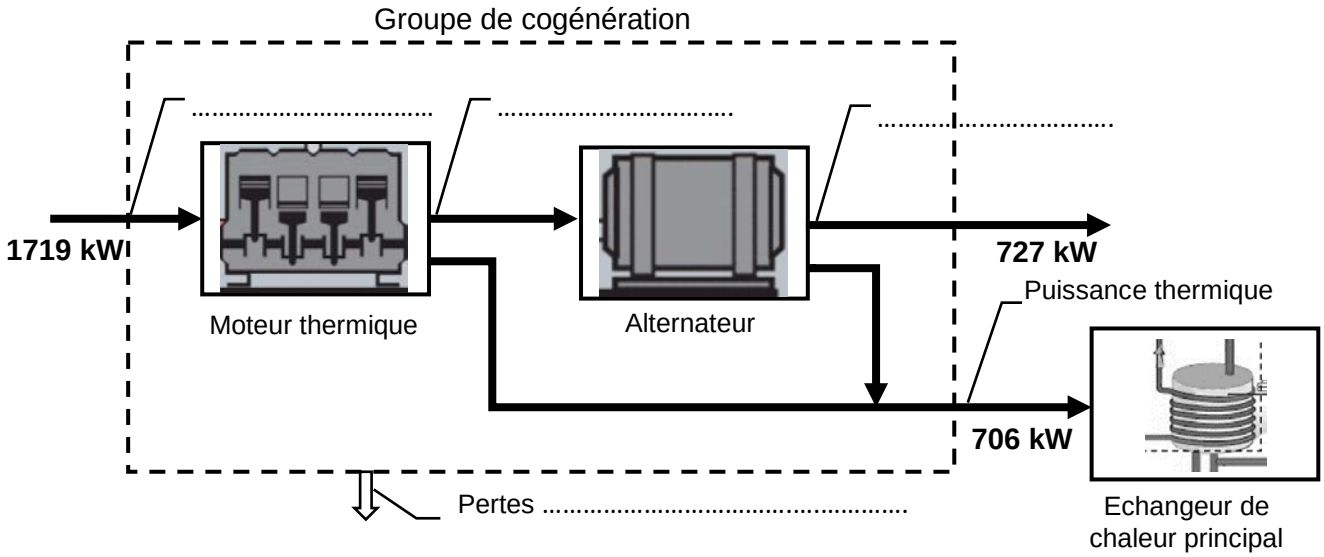
Scénario n°2 : Réglage des seuils hauts et bas à ± 1 °C

Ti

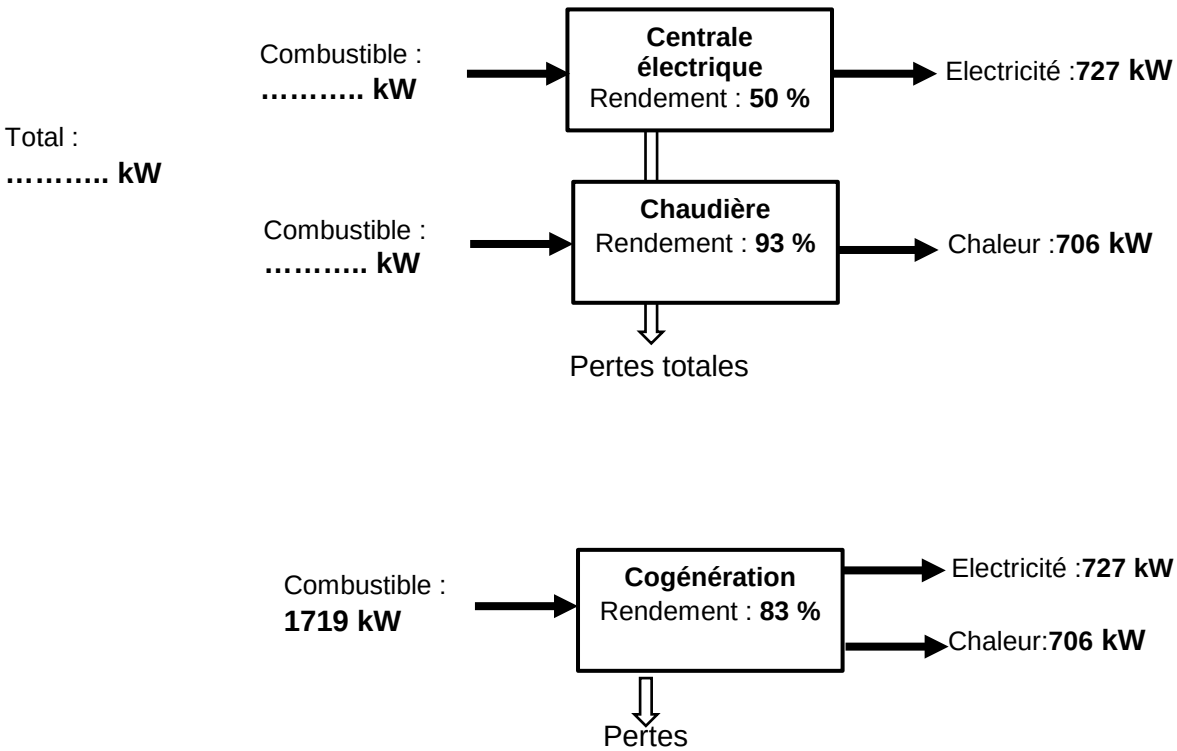
Chauffage



DRS1 – Chaîne de puissance du groupe de cogénération



DRS2 – Comparatif en puissances des systèmes de production d'électricité et de chaleur



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 : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

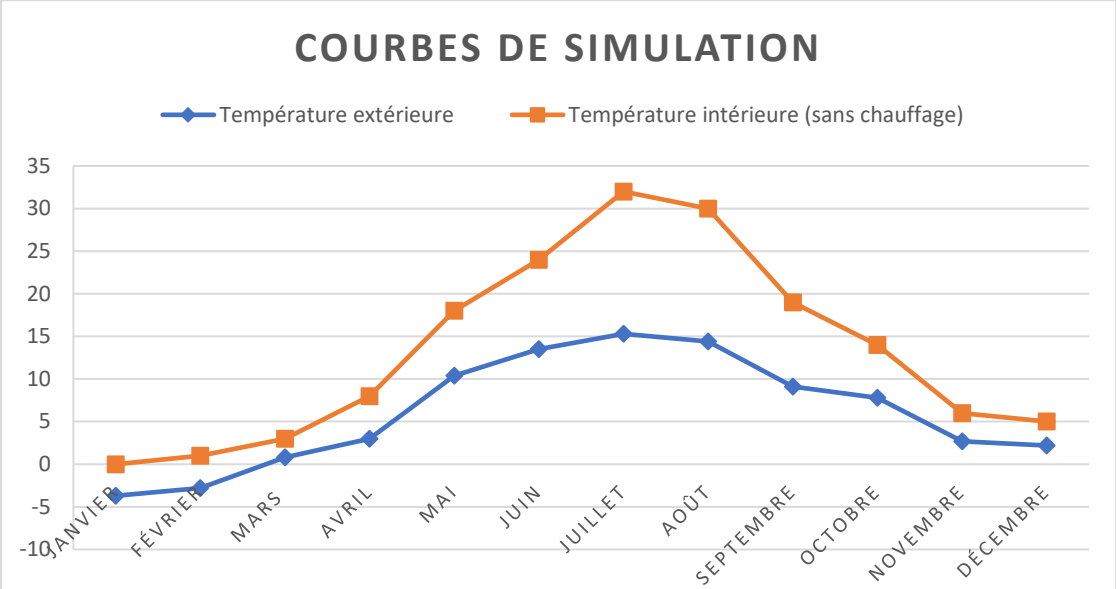
1.2

DRS3 – Puissance thermique

Puissance thermique nécessaire pour le chauffage de la serre en (kW)	
Puissance thermique disponible au niveau de l'émetteur de chaleur en (kW)	

DRS4 – Simulation de température

Les courbes représentent l'évolution des températures relevées sur une année à Morsbach.



Température extérieure en (°C)	-3,7	-2,8	0,8	3	10,4	13,5	15,3	14,4	9,1	7,8	2,7	2,2
Température intérieure sans chauffage en (°C)	0	1	3	8	18	24	32	30	19	14	6	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.)

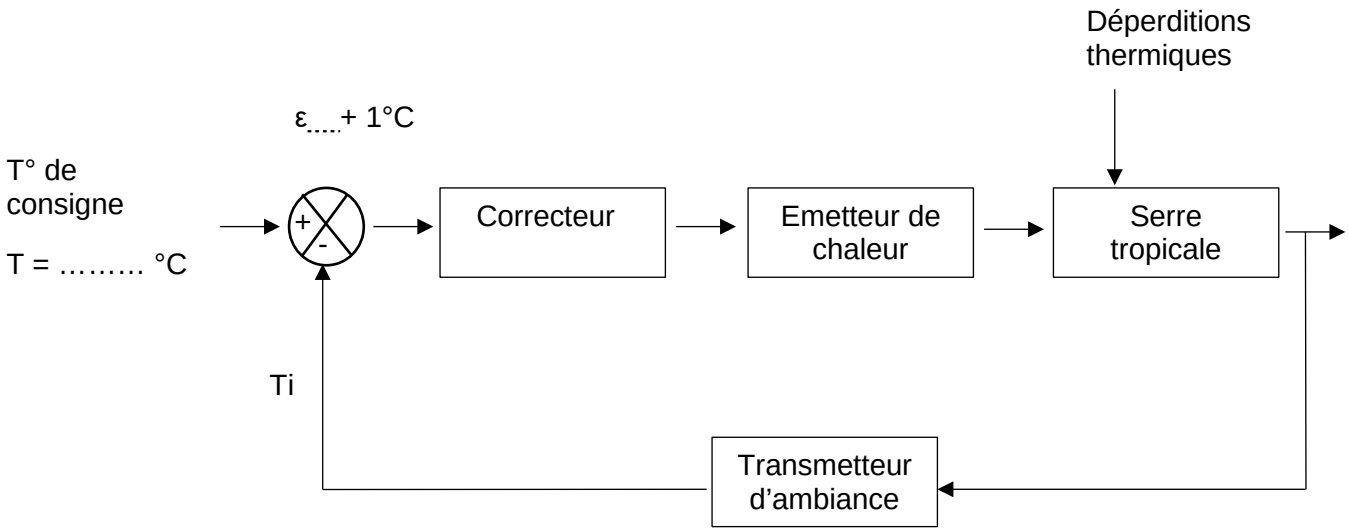
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

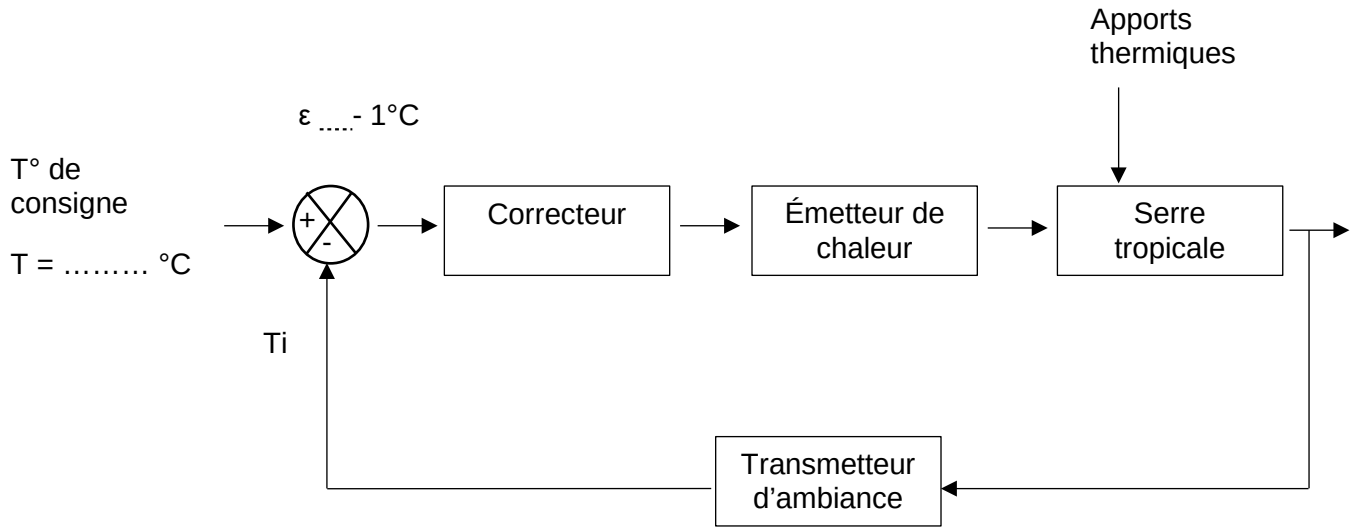
1.2

DRS5 – Schémas-blocs de régulation de la température de la serre

En hiver



En été



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

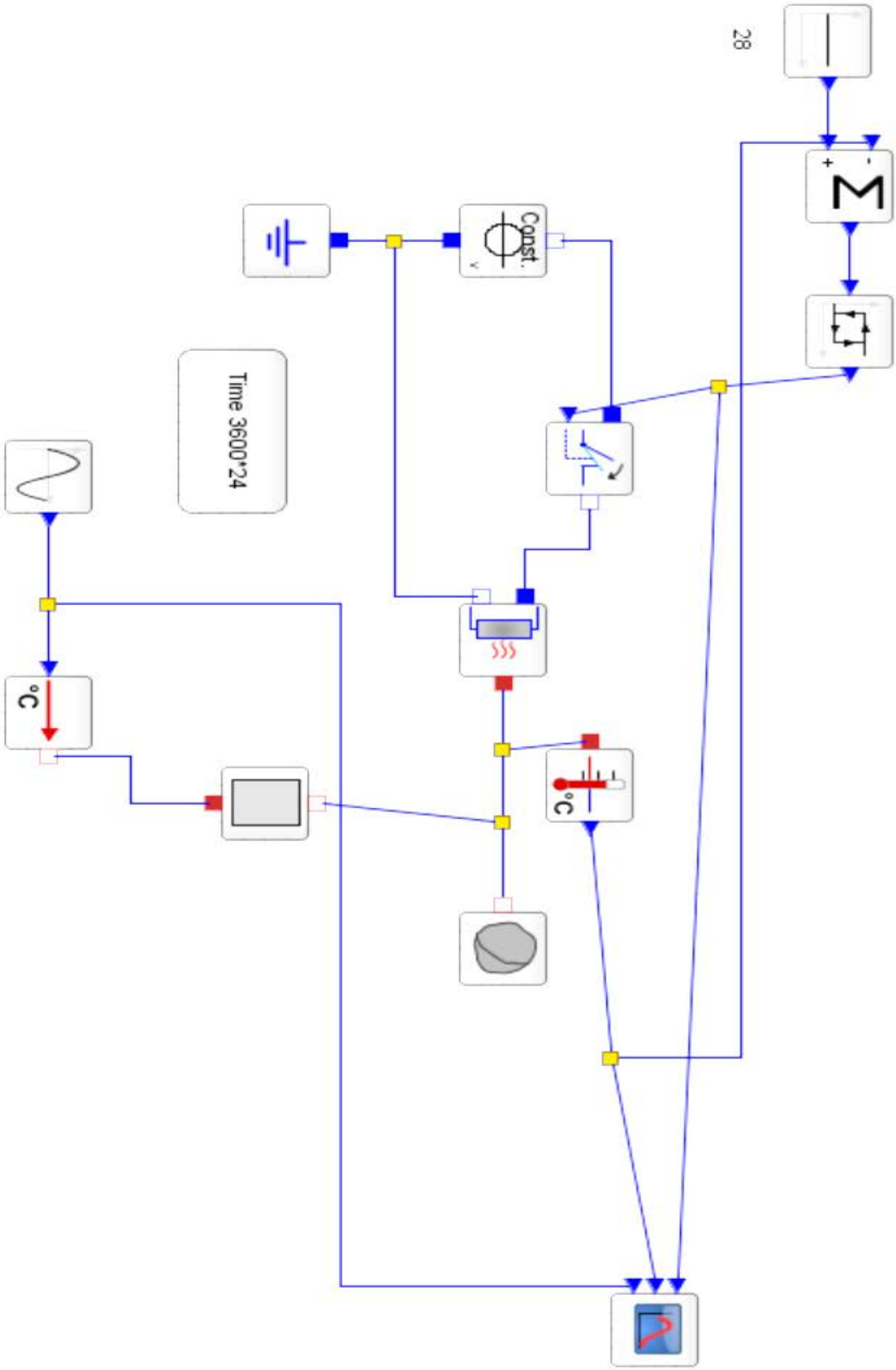
N° d'inscription :

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

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2


28
Const.
Time 3600*24
°C
°C

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