

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE
Sciences et Technologies de l'Industrie et du
Développement Durable

ENSEIGNEMENTS TECHNOLOGIQUES TRANSVERSAUX

Session 2019

Coefficient 8 – Durée 4 heures

Valorisation énergétique par méthanisation

Corrigé

PARTIE 1 – Unité de méthanisation

INTERET DE LA VALORISATION ÉNERGÉTIQUE SUR LE SITE D'ÉTEIGNIÈRES

Question 1.1

Filières de traitement des déchets ménagers : tri, recyclage, incinération, stockage, compostage.

La filière qui nous concerne est le stockage avec valorisation énergétique.

Question 1.2

Environnemental : réduction de l'émission de gaz à effet de serre, énergie renouvelable.

Social : création d'emplois directs et indirects

Economique : chiffre d'affaires dû à la vente d'énergie, réduction du coût pour les particuliers

Question 1.3

L'énergie électrique produite est vendue à Enedis (réseau public).

L'énergie thermique est utilisée pour les besoins internes (évapo-concentrateur et bassin de traitement des lixiviats) ainsi que pour chauffer les serres.

L'énergie électrique produite permet d'alimenter : $8250 / 3,2 \approx 2578$ foyers

DIMENSIONNEMENT DU COMPRESSEUR

Question 1.4

Pour une pression différentielle de 0,150 bar (valeur relativement faible) et un débit de $800 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (valeur relativement importante), le compresseur centrifuge (encore appelé turbocompresseur) est le plus adapté.

Voir DR3

Question 1.5

D'après le DT4, la puissance absorbée par le compresseur à ce point de fonctionnement est de 11,1 kW.

Question 1.6

Voir DR1

Question 1.7

Voir DR1

ETUDE DE LA TOUR DE DESULFURATION

Charges permanentes et d'exploitation

Question 1.8

Charges de 151 kN réparties sur les 12 fixations donc $151 / 12 = 12,6$ kN

Force verticale et orientée vers le bas en raison de la gravité.

Charges dues aux vents

Question 1.9

41,9 m/s soit $41,9 \times 3600 / 1000 = 150,8$ km/h donc probabilité extrêmement faible (cette vitesse est atteinte uniquement lors de rafales pendant les grandes tempêtes en France, près des côtes)

Question 1.10

$$2,5 \text{ kN/m} \times 15 \text{ m} = 37,5 \text{ kN}$$

Question 1.11

La valeur du moment de la force du vent est : $37,5 \text{ kN} \times 7,5 \text{ m} = 281,25 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Question 1.12

Du côté où souffle le vent, il y a tendance à l'arrachement les forces sont vers le haut.
De l'autre côté la tour appuie sur le radier à cause du vent, les forces sont vers le bas.

Question 1.13

L'élément le plus sollicité subit une force de 25,8 kN

$$\text{Force due au vent} + \text{force due à la précontrainte} - \text{force due à la pesanteur} = 25,8 + 30 \text{ kN} - 12,6 \text{ kN} = 43,2 \text{ kN}$$

L'élément de fixation est sollicité en traction

Question 1.14

Contrainte maximale subit par l'élément : 326,4 MPa

$$\text{Coefficient de sécurité} : 640 / 326,4 = 1,96$$

Le coefficient de sécurité est juste inférieur à celui préconisé, il faudrait donc augmenter le diamètre des éléments ou la qualité d'acier.

Résistance du sol

Question 1.15

Pression max relevée : $39,3 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$.

$0,2 \text{ MPa} = 200 \text{ kPa} = 200 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2} > 39,3 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$ donc le sol résistera largement.

On aurait pu augmenter la surface de la dalle pour diminuer la pression sur le sol.

ETUDE DE LA VALORISATION ENERGETIQUE DU BIOGAZ PAR LA COGENERATION

Question 1.16

Produire simultanément de l'énergie électrique et thermique en utilisant l'énergie contenue dans le biogaz issu de la méthanisation des déchets organiques.

Document DR2

Question 1.17

Document DR3

Question 1.18

Document DR3

Question 1.19

Pour une même consommation de gaz donc même puissance libérée par le combustible, la puissance récupérée est plus grande sur la cogénération (production d'énergie électrique avec récupération de chaleur), donc le rendement global est considérablement augmenté par rapport à un système de production électrique sans récupération de chaleur (cas d'un groupe électrogène).

Cogénération rendement global = 76,3 % (993/1300) contre 41,3 % (537 /1300).sur un système de production d'électricité sans récupération de chaleur.

Question 1.20

Gaz naturel : $1300 \text{ kWh} \times 0,206 \text{ kgCO}_2 / \text{kWh} = 268 \text{ kg de CO}_2 \text{ par heure}$

Biogaz : $1300 \text{ kWh} \times 0,270 \text{ kgCO}_2 / \text{kWh} = 351 \text{ kg de CO}_2 \text{ par heure}$

Le biogaz rejette plus de CO₂ que le gaz naturel.

Le réchauffement global du méthane est 25 fois plus important que le CO₂, donc si l'on n'utilise pas l'énergie contenue dans le biogaz, le méthane sera rejeté dans l'atmosphère et aura un impact 25 fois plus impactant pour l'environnement, de plus il faudra brûler du gaz fossile pour produire l'énergie dont on a besoin.

ANALYSE DES FLUX D'ÉNERGIE SUR LE RESEAU DE CHALEUR POUR DIFFÉRENTES CONFIGURATIONS

Question 1.21

Document DR4

Question 1.22

Lors du fonctionnement stabilisé avant l'arrêt du moteur 1 la puissance totale des générateurs est de 927 kW. La puissance totale des récepteurs est de 877 kW. Suite à l'arrêt du moteur 1, la puissance du seul générateur en service est maintenue à 387 kW. La puissance totale des récepteurs est descendue à 440 kW. La consommation est diminuée pour répondre à la baisse de la production.

La baisse de la puissance de chaque récepteur est obtenue par la diminution de son débit.

Cette situation ne peut être que temporaire, car l'énergie accumulée dans la bouteille diminue et les récepteurs sont alimentés avec une puissance moindre. L'inertie thermique des récepteurs leur permet de supporter temporairement cette baisse de puissance.

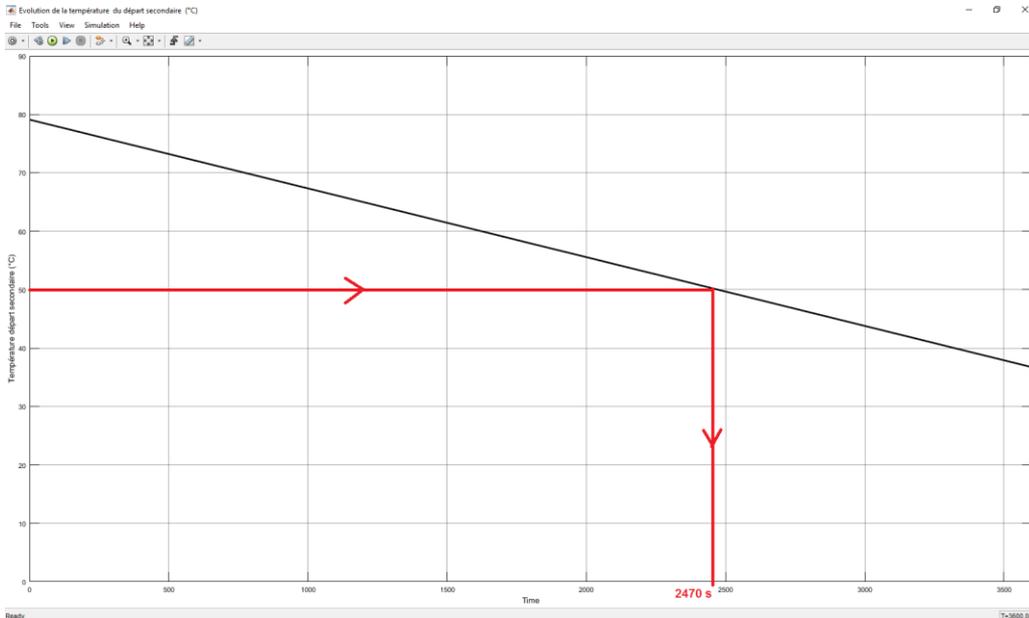
Question 1.23

Le volume de la bouteille est un paramètre interne à la bouteille de découplage.

Les valeurs des paramètres externes au modèle comportemental sont :

- puissance totale fournie par les générateurs thermiques, 387 kW,
- puissance totale absorbée par les récepteurs thermiques, 440 kW.

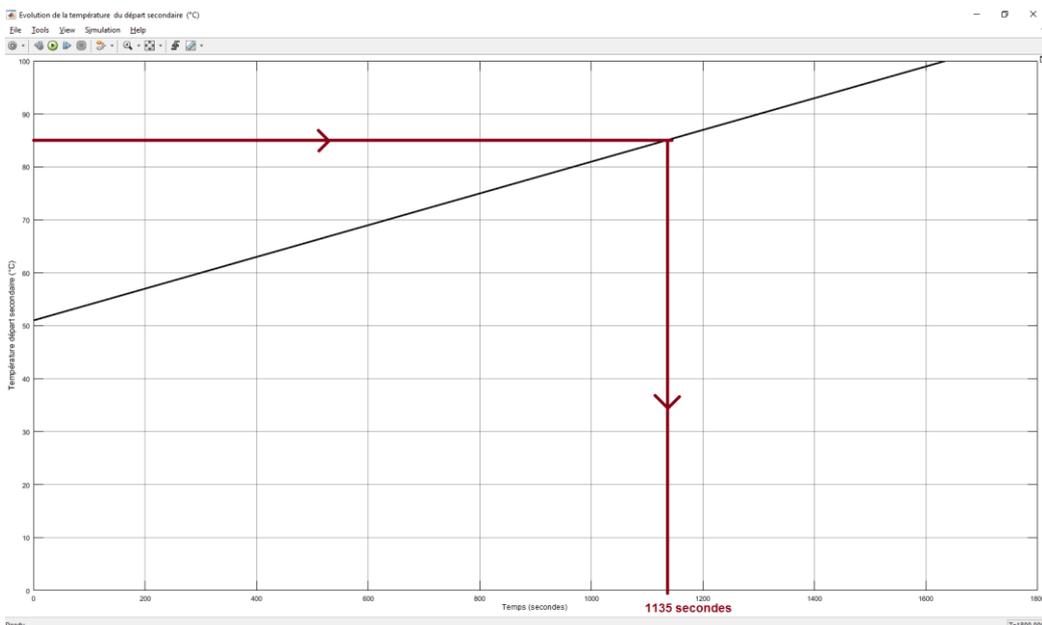
Document DT11 (tracé non-demandé)



Le temps limite avant démarrage de la chaudière Biochaude est de 2470 s, soit 41 min.

Question 1.24

Document DT12 (tracé non-demandé)



La température de 85°C sur le réseau de chaleur secondaire est atteinte au bout de 1135 s, soit 19 min après le démarrage de la Biochaude.

Le technicien en charge de l'exploitation peut ensuite augmenter la puissance des récepteurs, dans la limite de l'équilibre entre la puissance totale disponible et celle mise en œuvre par les récepteurs. Autre possibilité : le technicien peut diminuer la puissance de la Biochaude.

Question 1.25

La valorisation du biogaz par les moteurs thermiques est toujours privilégiée afin de bénéficier du rendement de la cogénération. Le débit d'alimentation des moteurs étant variable, les énergies produites le sont également. La conduite de l'installation nécessite d'adapter les consommations des récepteurs en fonction de l'énergie thermique disponible. Les récepteurs à forte inertie thermique et la présence d'une bouteille de découplage entre les générateurs et les

récepteurs permettent au technicien en charge de l'exploitation d'intervenir dans des délais compatibles avec un pilotage optimisé.

PARTIE 2 - Gestion climatique des serres

Question 2.1 Voir sur DR4

Question 2.2 Voir sur DR5

$$\Delta S = \theta_i - \theta_f = 77,9 \text{ °C} - 1,7 \text{ °C} = 76,2 \text{ °C}$$

$$\theta_{5\%} = (\Delta S \times 0,05) + \theta_f = (76,2 \times 0,05) + 1,7 = 3,8 + 1,7 \text{ °C} = 5,5 \text{ °C}$$

Le temps de réponse est d'environ 24 secondes

Cette durée n'est pas pénalisante au regard des inerties de l'ensemble du système, le choix de ce matériel permet une réponse relativement rapide et donc ne pénalise pas le maintien de la température dans la serre.

Question 2.3

Température ambiante de la zone 1 : octets 2 et 3 soit $1914_{(16)} = 6420_{(10)}$

$$T_{\text{température_mesurée}} (\text{°C}) = 0,01 \times 6420 - 50 = 14,2\text{°C}$$

Question 2.5

Pour éviter de pulser de l'air froid dans la serre, la mise en fonctionnement de la ventilation des aérothermes s'effectue uniquement quand la température de l'eau est supérieure à 60°C.

Le déclenchement (marche/arrêt) des aérothermes s'effectue sur deux seuils différents pour éviter des arrêts et des mises en fonctionnement trop fréquents.

Question 2.6

Pour stocker un message : $8000 \text{ échantillons} \times 1 \text{ octet} \times 10 \text{ secondes} = 80000 \text{ octets}$

Pour stocker 4 messages : $4 \times 80000 = 320000 \text{ octets} = 312,5 \text{ ko}$

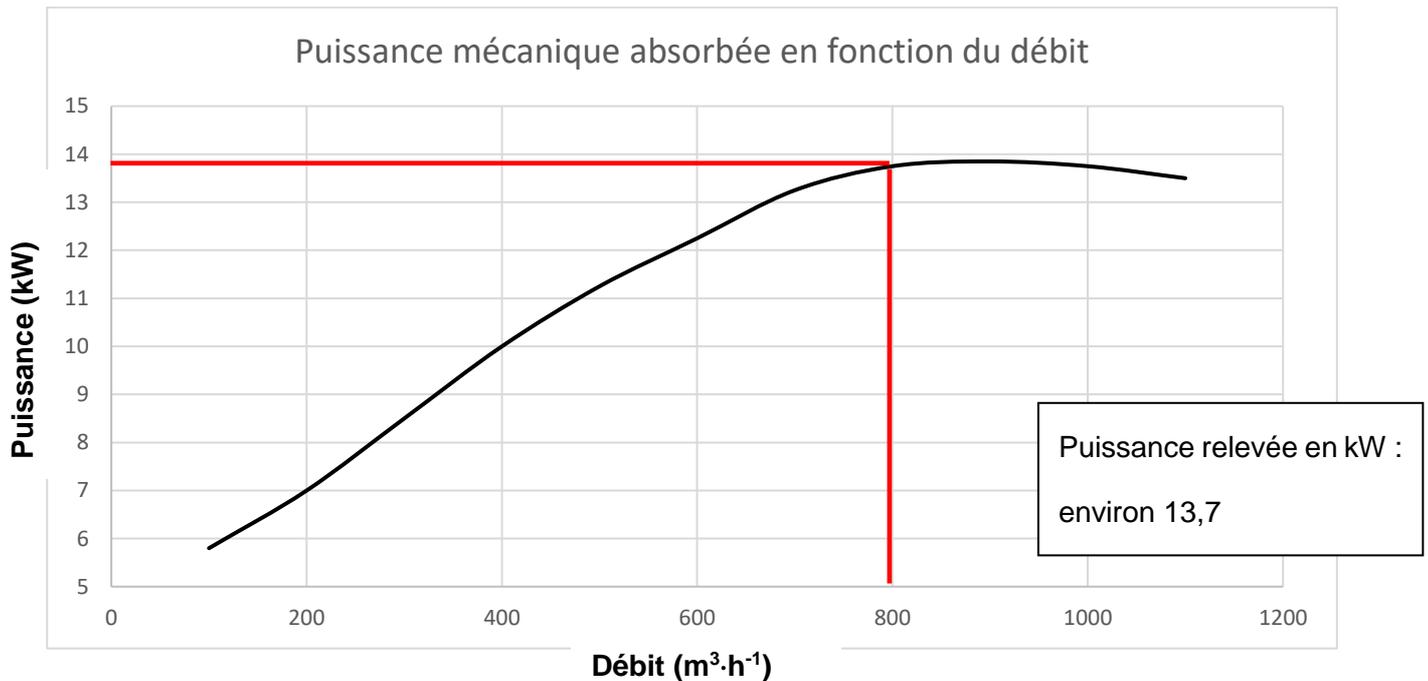
La capacité mémoire est suffisante pour stocker les 4 messages de 10 secondes chacun.

Question 2.7

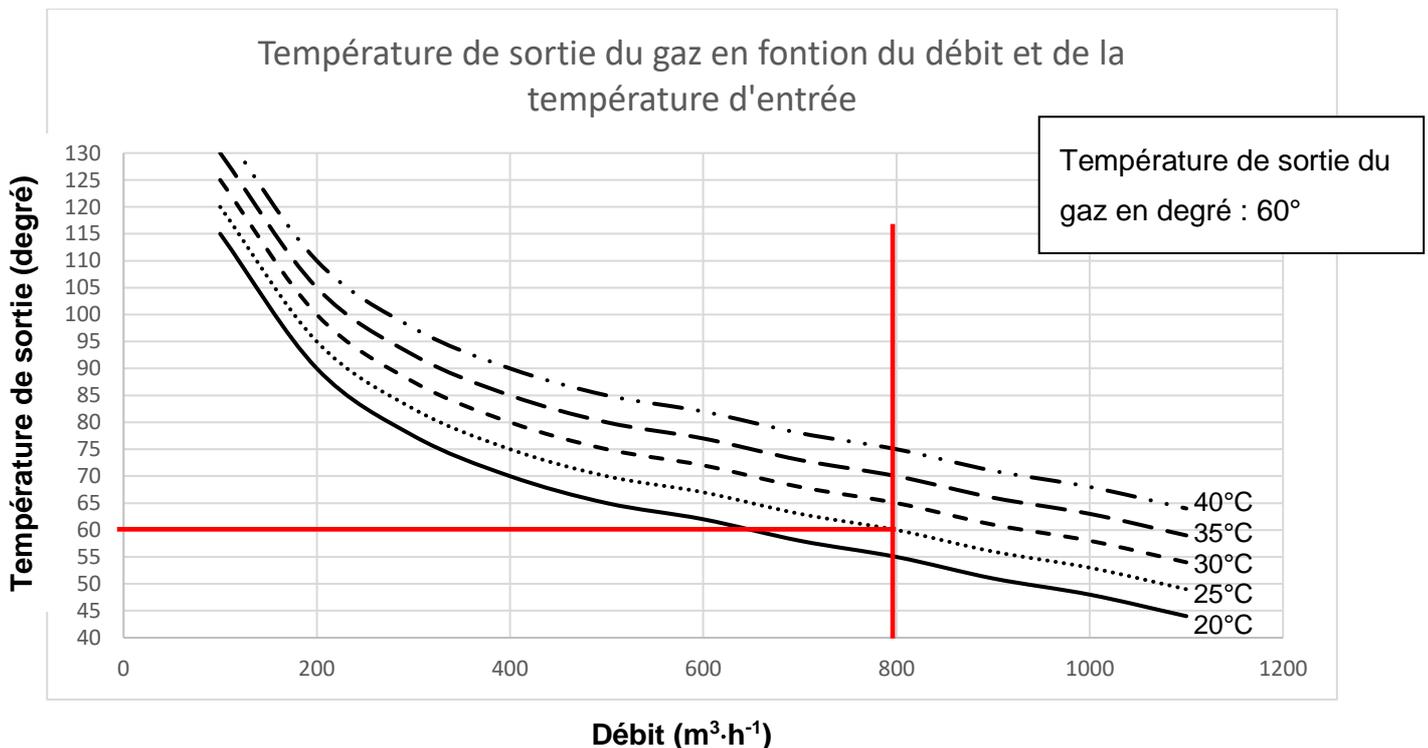
Une chaîne d'acquisition permet de mesurer la température ambiante dans chacune des deux zones de culture. Les informations sont transmises sous forme numérique à l'automate afin de déclencher le fonctionnement des aérothermes. En cas de dysfonctionnement du système de chauffage, une alerte peut être envoyée au responsable de l'association. Par contre, on s'aperçoit sur le relevé de température, que celle-ci descend en dessous des 14°C minimum imposé dans les exigences, il faut donc revoir les seuils de déclenchement pour rester au-dessus de ces 14°C minimum.

DR1 – Document réponse 1

Question 1.6 et 1.7



Comparaison des deux valeurs : $13,7 - 11,1 = 2,6 \text{ kW}$

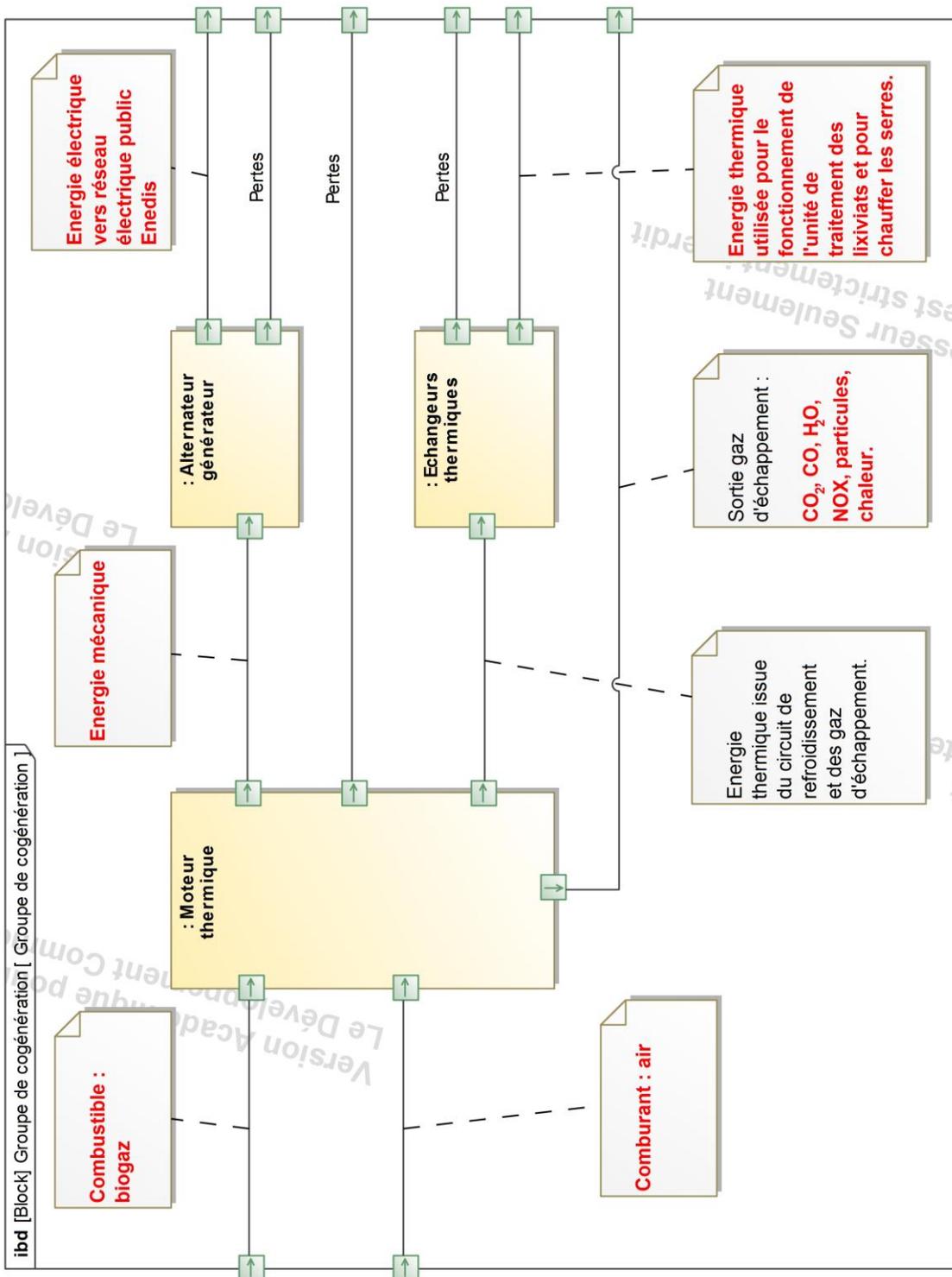


Comparaison des deux températures : $60 - 25 = 35^\circ$

Cette différence de température n'a pas été paramétrée dans le logiciel de dimensionnement

Le biogaz à l'état vapeur est compressible, sa masse volumique dépend de la température et de la pression. Des frottements interviennent lors de l'écoulement du gaz. Ainsi, les hypothèses ne sont pas toutes vérifiées, ce qui justifie l'écart de puissance entre le résultat à partir du modèle numérique exploité et le comportement réel.

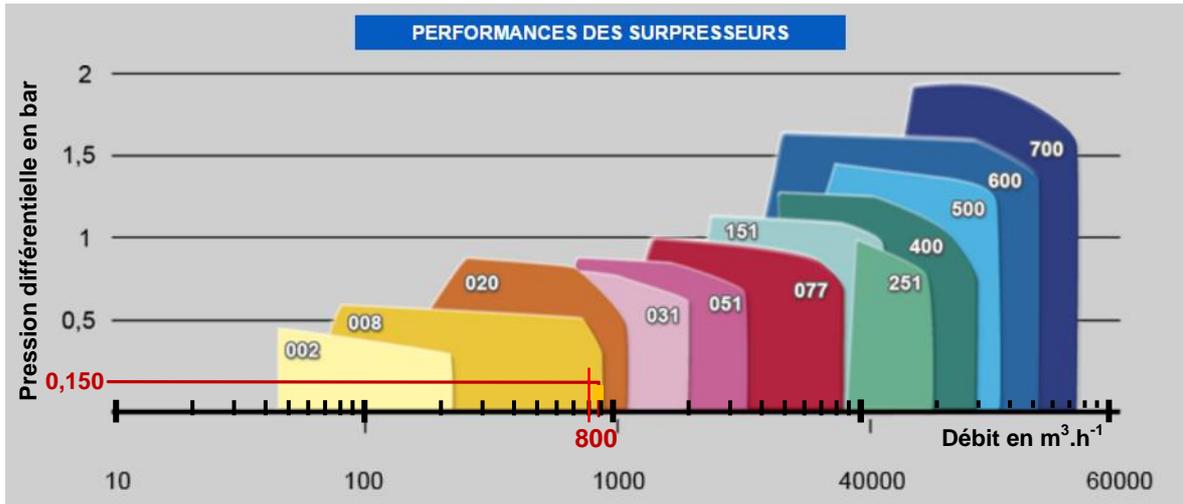
Question 1.16



DR3 – Document réponse 3

Question 1.4

Choix d'une ou de référence(s) pour le groupe de surpression



Référence(s) du ou des groupe(s) de surpression : la référence 020 est la plus adaptée. Les références 008 et 031 voire 051 peuvent également convenir, mais avec des débits limites pour ce point de fonctionnement.

Question 1.17

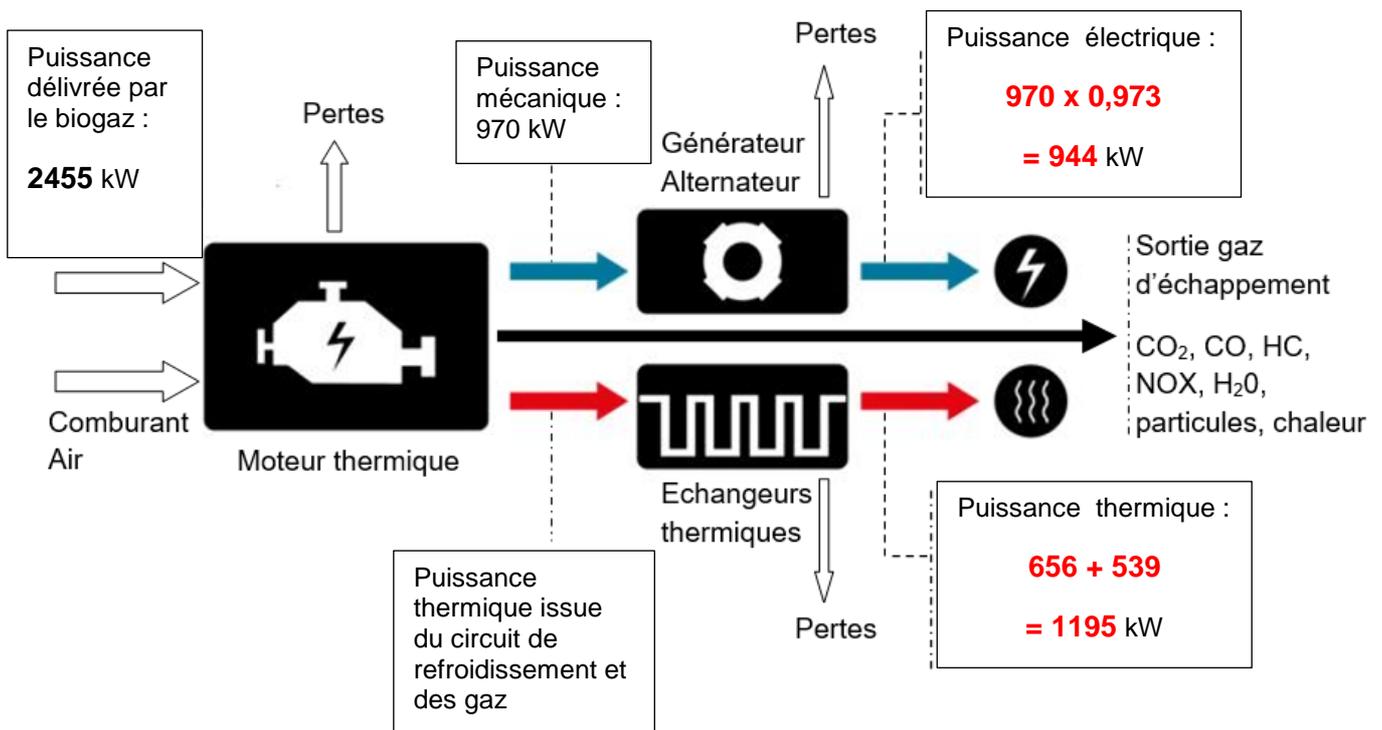
Pouvoir calorifique du biogaz : $6,5 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-3}$

Volume de biogaz consommé en 1 heure par le module de cogénération n°1 : $377,5 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$

Puissance délivrée par le combustible en kW : $6,5 * 377,5 = 2454 \text{ kW}$

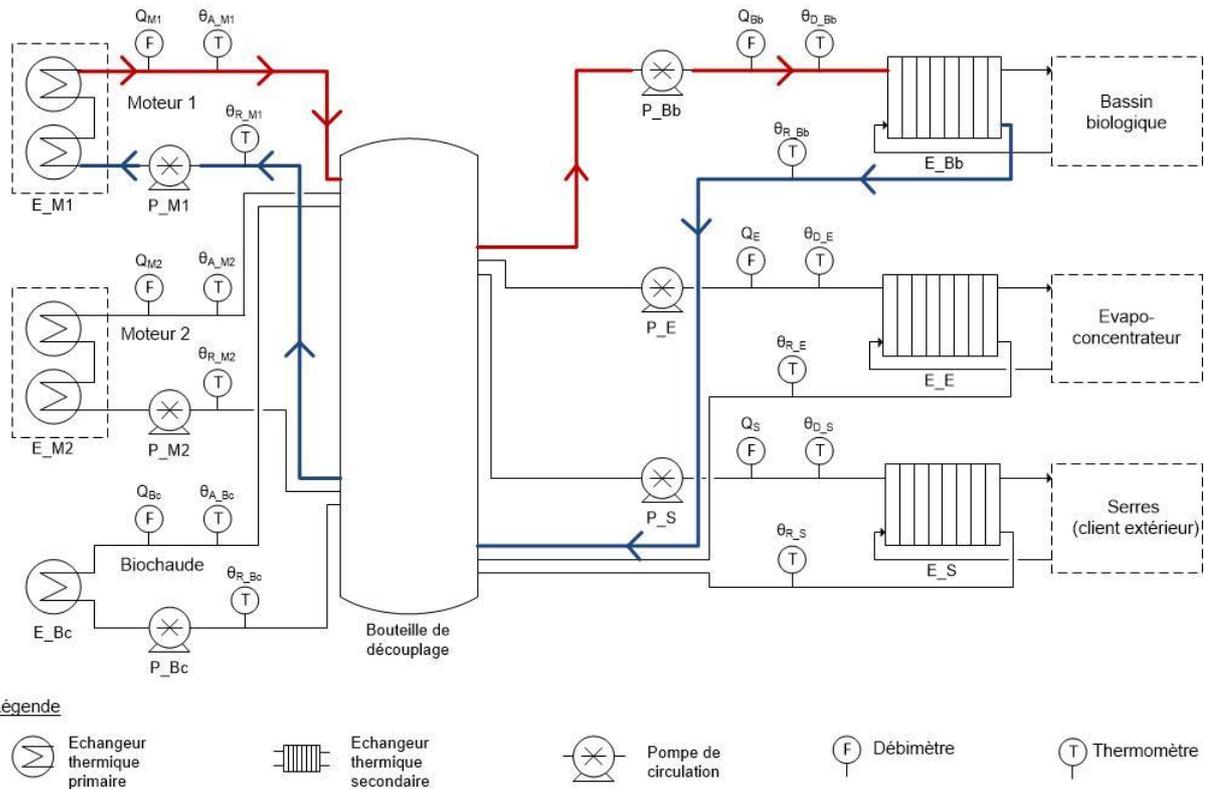
Chaîne de puissance de la cogénération N°1

Question 1.18



Rendement global du module de cogénération n°1 : $(944 + 1195) / 2455 = 0,87$ soit un rendement de 87 %

Question 1.21 : schéma hydraulique simplifié du réseau d'eau chaude



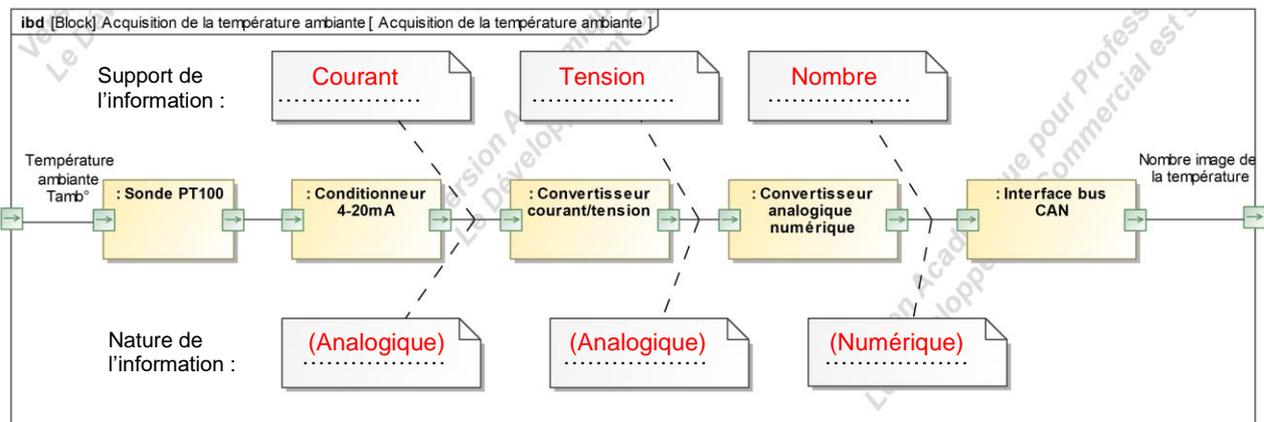
Observation

Le schéma hydraulique du réseau d'eau chaude est volontairement simplifié pour améliorer sa lisibilité. Les vannes d'arrêt et les clapets anti-retour ne sont donc pas mentionnés.

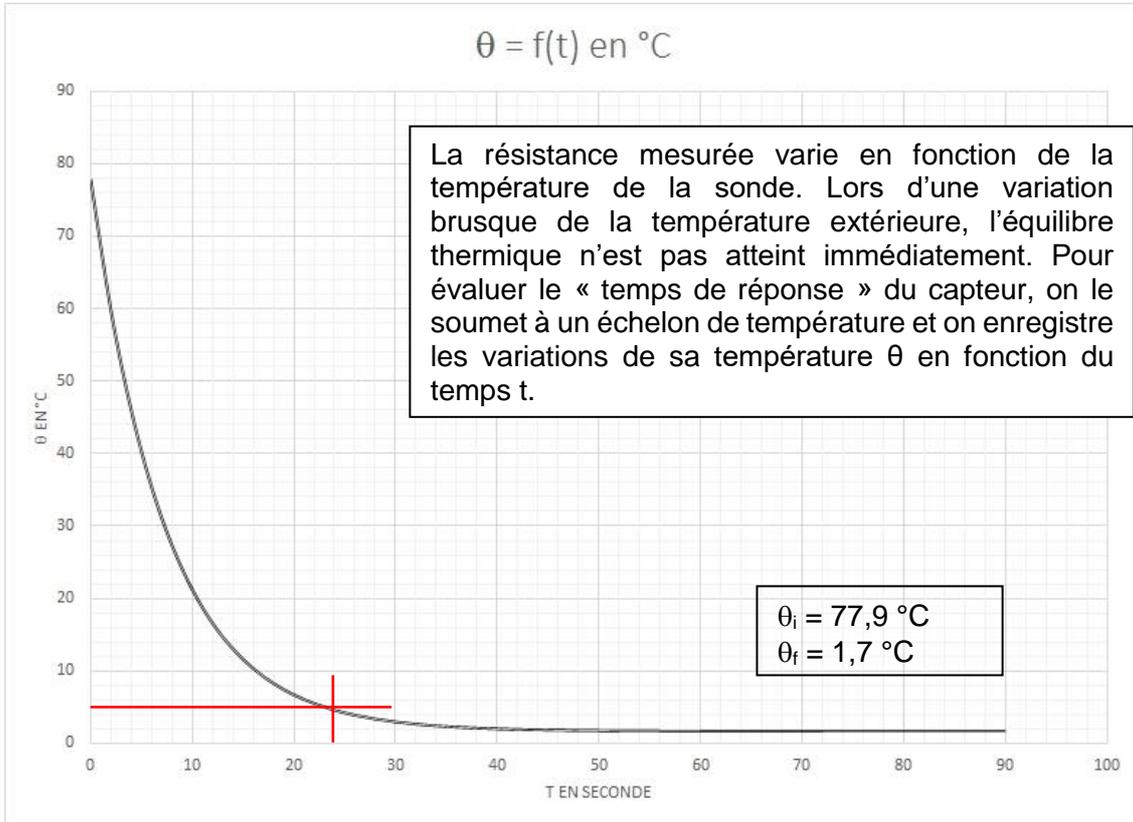
Principe d'identification des repères utilisés

Repère	Désignation
Q_{M1}	Débit d'eau groupe de cogénération n°1
θ_{A_M1}	Température d'eau d'alimentation de la bouteille à partir du groupe de cogénération n°1
θ_{R_M1}	Température d'eau de retour de la bouteille à partir du groupe de cogénération n°1
Q_{Bb}	Débit d'eau d'alimentation de l'échangeur du bassin biologique
θ_{D_Bb}	Température d'eau de départ vers l'échangeur du bassin biologique
θ_{R_Bb}	Température d'eau de retour de l'échangeur du bassin biologique

Question 2.1



Question 2.2



Question 2.4

