

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable

ENSEIGNEMENTS TECHNOLOGIQUES TRANSVERSAUX

Session 2016

Coefficient 8 – Durée 4 heures

Aucun document autorisé – Calculatrice autorisée

Centrale biomasse

Constitution du sujet :

- **Dossier Sujet :**
 - **PARTIE 1 (3 heures)**..... Pages 2 à 6
 - **PARTIE 2 (1 heure)**..... Page 7
- **Document Technique** Page 8
- **Documents Réponse** Pages 9 à 10

Corrigé

Travail demandé

PARTIE 1

Problématique 1 :

Question 1.1 | A l'aide de l'article du DT1, **citer** les arguments qui présentent les
DT1 chaufferies au bois comme respectueuses de l'environnement (par opposition aux hydrocarbures liquides et gazeux).

Les chaufferies... (voir DT1 surligné en jaune)

- ...permettent de lutter contre l'effet de serre,
- ...encouragent l'exploitation raisonnée des forêts,
- ...permettent le renouvellement et l'entretien des peuplements en massif ou linéaires,
- ...favorisent la préservation des milieux naturels sans contrarier la biodiversité,
- ...rejetent très peu de monoxyde de carbone, d'oxyde d'azote, de composés organiques volatils ou de poussières,
- ...luttent contre le réchauffement du climat, évitent les marées noires et empêchent les pollutions urbaines,

Question 1.2 | **Indiquer** quelles sont les étapes du cycle de vie du bois utilisé comme combustible sont à l'origine de l'excès de CO₂ rejeté.
Dans ce cas, pour limiter l'empreinte carbone, **déduire** l'intérêt de faire en sorte que la biomasse soit une énergie locale.

Le **transport** ou **distribution** (circulation de camions et tracteurs agricoles, manutention du mélange de combustibles par le chargeur), la **fabrication** ou **production** ou débit des plaquettes forestières (broyeurs) et l'incinération des résidus de bois.

Pour **limiter les distances** d'acheminement du bois.

Question 1.3 | **Calculer** combien représente, en moyenne, la réduction de 57 000 tonnes
DT1 de CO₂ (par rapport au charbon) en nombre de véhicules parcourant 15 000 km/an. Voir l'exemple de calcul fourni par l'A.D.E.M.E. sur le DT1

Quantité de CO₂ pour un véhicule parcourant 15 000 km :

$$127\text{g/km} \times 15\,000\text{ km} = 1,905\text{t de CO}_2$$

Nombre de véhicules concernés par l'économie de CO₂ :

$$57\,000 / 1,905 = 29\,921\text{ véhicules soit } \mathbf{30\,000\text{ environ}}$$

Question 1.4 | A l'aide du document DT1, **donner** les deux principaux composants
DT1 pollueurs dans les fumées issues de la combustion du bois. **Indiquer** pourquoi cette centrale biomasse préserve davantage la qualité de l'air qu'une multitude de chauffages individuels.

Les deux principaux pollueurs sont les **particules fines** et les **oxydes d'azote**,
Cette centrale biomasse préserve davantage la qualité de l'air car elle traite les fumées, entre autre les particules et les NO_x, ce qui n'est pas le cas des chauffages individuels

Question 1.5 | À l'aide des documents DT1 et DT2, **compléter** les 5 cases du schéma bloc sur le document réponse DR1 en précisant :
 DT2 et DR1

- le flux d'entrée et 2 constituants du système (3 cases à remplir) ;
- le type de pertes (thermiques ou mécaniques) au niveau de la chaudière et de l'alternateur (2 cases à remplir).

Voir DR1

Question 1.6 | **Calculer** la puissance absorbée (ou puissance enfournée) de la chaudière bois sachant que :
 ➤ le Pouvoir Calorifique Inférieur (P.C.I.) du mélange bois-plaquettes est égal à **2,36 kWh·kg⁻¹** ;
 ➤ le débit du mélange bois-plaquettes de la chaudière bois est de **21,72 t·h⁻¹**.

$P_{\text{absorbée}} = \text{débit du mélange} \times \text{PCI} = 2,36 \times 21\,720 = \mathbf{51\,259,2\,kW}$

Question 1.7 | À l'aide du document DT2, **calculer** le rendement global du système de cogénération biomasse (zone grisée) sachant que :
 DT2

- le rendement de la chaudière bois est égal à **87,78%** ;
- le rendement global du système de cogénération est égal à

$$\eta_{\text{COGENERATION BIOMASSE}} = \eta_{\text{Chaudière bois}} - \frac{\text{Pertes thermiques GTA}}{\text{Puissance absorbée chaudière}} - \frac{\text{Puissance des auxiliaires}}{\text{Puissance absorbée chaudière}}$$

$\eta_{\text{COGENERATION BIOMASSE}} = 0,8778 - \frac{553 + 74,2}{51300} - \frac{1085}{51300} = 0,844$ **soit 84,4%**

Question 1.8 | **Compléter** le document DR1 en calculant, dans le cas de production d'électricité et de chaleur par filières séparées, les puissances de départ (au niveau du combustible)
 DR1

Voir DR1

D'après le document DR1, on constate que pour une même production finale d'électricité et de chaleur, l'énergie de départ est plus importante.

Question 1.9 | En vous servant de vos réponses précédentes, **rédigé** une conclusion argumentée (5 lignes) sur le respect ou non de la problématique 1.

Il s'agit ici de dire que ce type de centrale est :

- Respectueuse de l'environnement : énergie locale, captage des particules fines et des oxydes d'azote...
- Performante énergétiquement : rendement et on constate que pour une même production finale d'électricité et de chaleur, l'énergie de départ est moins importante (DR1)

Problématique 2 :

Question 1.10 | A l'aide de la chaîne cinématique ci-dessous, **calculer** la fréquence de rotation du tambour.

$$N_{\text{tambour}} = N_{\text{moteur}} / 30 = 1470/30 = 49 \text{ tr.min}^{-1}$$

Question 1.11 | **Calculer** la vitesse linéaire de la bande V_{bande}

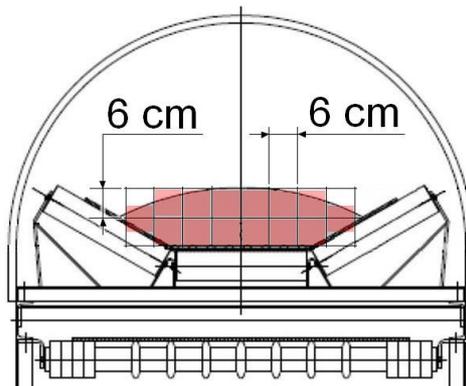
$$V = \omega \times R$$

(ω en rad.s^{-1})

$$V_{\text{bande}} = \pi \times N_{\text{tambour}} / 30 \times 0,2 = 1 \text{ m/s}$$

Question 1.12 | **Estimer** approximativement la surface grisée représentant la section de plaquettes acheminée à la chaudière par le convoyeur à bande n°3. **Exprimer** le résultat en m^2

On peut estimer que la surface de plaquettes correspond à 12, 13 ou 14 carrés de $0,0036\text{m}^2$ chacun soit une surface comprise entre $0,0432\text{m}^2$ et $0,0504\text{m}^2$



Question 1.13 | A l'aide de vos deux résultats précédents, **calculer** le débit de plaquettes acheminées à la chaudière par le convoyeur à bande n°3.

$$Q_{\text{plaquette}} = V_{\text{bande}} \times S_{\text{plaquette}} = 1 \times 0,043 = 0,043 \text{ m}^3.\text{s}^{-1} = 155 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$$

$$Q_{\text{plaquette}} = V_{\text{bande}} \times S_{\text{plaquette}} = 1 \times 0,050 = 0,050 \text{ m}^3.\text{s}^{-1} = 181 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$$

Question 1.14 | Conclure quant à la garantie d'approvisionnement en bois de la chaudière sachant que le chargeur est équipé d'un godet de 9m^3 ayant une cadence d'un godet toutes les 5 minutes et que la consommation de la chaudière est de $90\text{m}^3.\text{h}^{-1}$ ($0,025\text{m}^3.\text{s}^{-1}$).

Choix effectué par l'U.E.M. : godet de 9m^3 .

La cadence de 1 godet toutes les 5 min étant fixée arbitrairement, cela permettra l'alimentation de la chaudière.

Quant au débit calculé du tapis, il dépasse largement les besoins de la chaudière ($90 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$).

Problématique 3 :

Question 1.15 | En vous aidant du résultat de la simulation du modèle du détecteur de
DT5 | flammes ainsi que du schéma logique sur le document technique DT5, **analyser** ces courbes et **justifier** quel est le spectre (1 ou 2) où il y a présence d'un feu carboné.

Spectre 1 : Les 3 filtres IR ne sont pas à l'état haut donc l'alarme n'est pas générée. Le spectre 1 n'est pas un feu carboné. C'est un spectre de rayonnement infrarouge perturbant.

Spectre 2 : Les 3 filtres IR sont à l'état haut donc l'alarme est générée. Le spectre 2 est un feu carboné car il possède un maximum (filtre 2) et deux minimums (filtre 1 et 3).

Question 1.16 | **Calculer** l'adresse en décimal du capteur de flamme qui a signalé une
DT6 | alarme et **conclure** que cette valeur est conforme à la plage d'adresses préconisées par le constructeur

Les commutateurs sur « On » sont 1, 3, 4, 6 et 7. La valeur de l'adresse est (1 + 4 + 8 + 32 + 64 = 109). Cette valeur correspond bien à la plage préconisée par le constructeur (de 5 à 250).

Question 1.17 | A partir du diagramme des exigences sur le document technique DT7
DT7 | **préciser** le type de caméra IP qui doit satisfaire l'exigence concernant la surveillance du stockage biomasse.

Le type de caméra IP permettant de satisfaire l'exigence « Surveiller le stockage biomasse » est une caméra de type dôme (DT7).

Question 1.18 | **Indiquer** le rôle du convertisseur de média.
DT8, DT9 et DR2

Les convertisseurs de média permettent la liaison entre le réseau filaire à paires torsadées (10/100Base-T) provenant des caméras de vidéosurveillance vers le réseau à fibre optique (1000Base-SX) destiné à la salle de conduite de la centrale biomasse (DT6 folio 2/3 et 3/3).

Question 1.19 | **Identifier** à partir de la trame capturée et du document technique DT7,
DT8, DT9 et DR2 | l'adresse IP (en décimal) de la caméra à l'origine de cette trame.

Vérifier que le paramétrage IP de la caméra émettrice de la trame et du poste de supervision permet de communiquer.

Entourer sur le DR3, la cellule (numérotées de 1 à 3) où a été détecté le départ de feu

Selon la structure d'une trame Ethernet (DT9), l'adresse IP source (correspondante à la caméra qui a envoyé la trame) débute au 35^{ème} octet depuis le début de la trame. Or dans la mesure où les 8 octets de synchronisation ne sont pas représentés, l'adresse IP source débute au 27^{ème} octet de la trame capturée, soit C8.C8.28.0a en hexadécimal soit 200.200.40.10 en décimal.

D'après la structure du réseau de vidéosurveillance (DT8) l'adresse IP du poste de supervision est 200.200.40.1 avec un masque standard 255.255.255.0 (notation CIDR /24). L'adresse réseau est donc 200.200.40.0. L'adresse réseau de la caméra est 200.200.40.10, son adresse réseau est 200.200.40.0 en appliquant le masque de réseau précédant. Les deux dispositifs (caméra et poste de supervision) possèdent la même adresse réseau, ils peuvent donc communiquer.

Cellule 3 à entourer

Question 1.20 | **Calculer** le débit du flux vidéo en Mbit.s⁻¹ nécessaire à la caméra pour
DT8 | transmettre un tel format vidéo.

Justifier la raison pour laquelle ce débit n'est pas supportable par la liaison filaire en sortie de caméra.

Le poids informatique d'une image est $640 \times 480 \times 24 = 7\,372\,800$ bits

Pour un flux vidéo de 30 images par seconde le débit est : $7\,372\,800 \times 30 = 221\,184\,000$ bps soit 221 Mbps

La liaison en sortie caméra sur paires torsadées sous protocole Ethernet 10/100Base-T a un débit maximum de 100 Mbps (DT8). Le débit précédemment calculé ne peut donc pas transiter sur un tel support.

Question 1.21 | **Déduire** le taux de compression utilisé par le format H.264 lorsque la caméra fournit son débit maximum.

Débit maximum caméra : 6 Mbps (avec compression H.264)
Débit brut : 221 Mbps (sans compression) } $221 \div 6 = 36,83$

Le taux de compression est d'environ 37.

Question 1.22 | Au regard de l'étude que vous venez de mener, **rédigé** une conclusion argumentée (5 lignes) sur le cheminement des informations depuis le départ d'un feu carboné jusqu'à la salle de conduite de la centrale.

L'étude précédente démontre que pour tout départ de feu carboné :

- détection du feu carboné par le détecteur de flamme infrarouge ;
- transmission de l'information d'alarme vers le poste de supervision de la salle de conduite ;
- localisation du départ de feu par identification du capteur (adresse décimale 109) ;
- visualisation de la zone par l'opérateur de supervision par l'intermédiaire de la caméra associée à son zoom.
- confirmation d'un départ de feu à partir des images transmises vers le poste de supervision par communication entre la caméra IP (@IP 200.200.40.10) et le poste de supervision (@IP 200.200.40.1)
- déclenchement de l'arrosage du site.

PARTIE 2

Problématique unique :

Question 2.1 DT7 | **Justifier** le choix d'une structure lourde en béton armé pour la table GTA et de boîtes à ressorts, en vous appuyant sur le DT7 (résonance).

Turbine et alternateur étant en rotation, ils induisent des vibrations à la structure qui les porte. Pour éviter d'entrer en résonance, on peut :

- décaler les modes propres du système par ajout de masse ou de raideur afin de diminuer ou d'augmenter la valeur de la fréquence propre de la structure. \Rightarrow d'où l'intérêt d'une structure massive en béton armé
- utiliser un absorbeur de vibration dynamique ou étouffeur de vibration \Rightarrow c'est le cas des boîtes à ressort

Question 2.2 DR3 | **Tracer, hachurer et coter**, sur la vue en plan du DR3, les zones de dalle reprises par les poteaux P1 (tracé en bleu) et P2 (tracé en vert).
La zone reprise par le poteau P3 est donnée

Voir DR3

Question 2.3 DT8 et DR3 | A partir des charges surfaciques données ci-dessus, **justifier** par un calcul, la valeur des charges linéiques uniformément réparties utilisées pour faire la simulation (voir graphique DT8 : « chargement de la structure » et DR3)
En vous aidant du diagramme des efforts tranchants, **donner** la valeur des actions verticales d'appuis sur les poteaux P1, P2 et P3.

Entre P1 et P2 (ou N1 et N2) : la charge est de $48,6 \times 2,25 = 109,35 \text{ kN.m}^{-1}$

Entre P2 et P3 (ou N2 et N3), la charge est de $77,3 \times 2,25 = 173,9 \text{ kN.m}^{-1}$

En P1, on a 247,2 kN ; en P3, on a 283,5 kN, et en P2, on a $408,9 + 499 = 907,9 \text{ kN}$

Question 2.4 DT8 | **Déterminer** le poids propre du poteau P2, sachant que le poids volumique du béton armé est de 25 kN/m^3 .

Poids propre de P2 = $25 \times 0,7 \times 0,7 \times (4,30 + 0,30) = 56,35 \text{ kN}$

Question 2.5 DT11 | **Donner** les valeurs non pondérées des efforts V_{fond} , et H_{fond} à l'encastrement du poteau dans la fondation.

Montrer que le moment d'encastrement du poteau dans la fondation a pour module : $M_{\text{fond}} = 625,6 \text{ kN.m}$

$V_{\text{fond}} = V_{P2} + \text{poids propre de P2} = 910 + 56,4 = 966,4 \text{ kN}$

$H_{\text{fond}} = H_{P2} = 136 \text{ kN}$

$M_{\text{fond}} = 136 \times 4,6 = 625,6 \text{ kNm}$

Question 2.6 | **Montrer** qu'une semelle de surface $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ est suffisante pour reprendre les charges verticales.

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

$N/S = 1\,130\,000 \text{ N} / 3 \times 3 \text{ m}^2 = 0,126 \text{ MPa} \leq 0,15 \text{ MPa}$

Question 2.7 DT8 | **Choisir** parmi les 2 solutions proposées, la semelle qui répond au critère de portance.

Semelle de $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$: la contrainte maximale est supérieure à $0,15 \text{ MPa}$: ne convient pas.

Par contre, pour une semelle de $4 \text{ m} \times 4 \text{ m}$, on a $\sigma_{\text{max}} \leq 0,15 \text{ MPa}$: OK

Question 2.8 | En vous servant de vos réponses précédentes, **rédigé** une conclusion argumentée (5 lignes) résumant les conséquences de la présence de vibrations sur la structure porteuse du GTA.

Le fait que le GTA génère des vibrations a des conséquences sur sa structure :

- table imposante, pour augmenter la masse et la raideur de la structure,
- présence de boîtes à ressort pour amortir les vibrations,
- surdimensionnement des semelles afin de tenir compte des efforts horizontaux dus aux vibrations.

Le bois au cœur du développement durable

La communauté internationale a pris conscience du changement climatique provoqué par la consommation massive d'énergies fossiles.

Les forêts sont un atout majeur dans la lutte contre l'effet de serre, en tant que :

- Puits de carbone, puisqu'elles fixent le gaz carbonique d'origine humaine ou naturelle (décomposition de la biomasse),
- Sources de matériaux, pour la construction et l'ameublement, qui accumulent du carbone pendant de nombreuses années,
- Productrices d'une énergie renouvelable, dont la combustion émet du CO₂ en quantité équivalente à ce que la plante a précédemment (ou va ultérieurement) absorber ; le bois énergie économise ainsi des énergies fossiles qui participeraient à l'accroissement de la concentration du gaz carbonique dans l'atmosphère.

Ce bénéfice pour l'environnement, pris au sens des équilibres biogéochimiques, n'est pas le seul. L'exploitation raisonnée des forêts, y compris pour l'énergie, contribue au renouvellement et à l'entretien des peuplements en massif ou linéaires, ce qui favorise la préservation des milieux naturels (protection contre le vent et l'érosion des sols, dépollution des eaux chargées de nitrates...), sans contrarier la biodiversité.

On ne dira également jamais assez que le bois est un combustible propre (sans chlore ni soufre), dont la combustion (lorsqu'elle est effectuée dans des équipements modernes et efficaces) rejette très peu de monoxyde de carbone, d'oxyde d'azote, de composés organiques volatils ou de poussières. Face aux hydrocarbures liquides ou gazeux, si séduisants par leur simplicité d'utilisation, la biomasse forestière a donc des atouts environnementaux à faire valoir. En rappelant à ceux qui ont tendance à l'ignorer, que les commodités des premiers ont un prix qu'il faut (ou faudra) payer : du réchauffement du climat aux marées noires en passant par les pollutions urbaines.

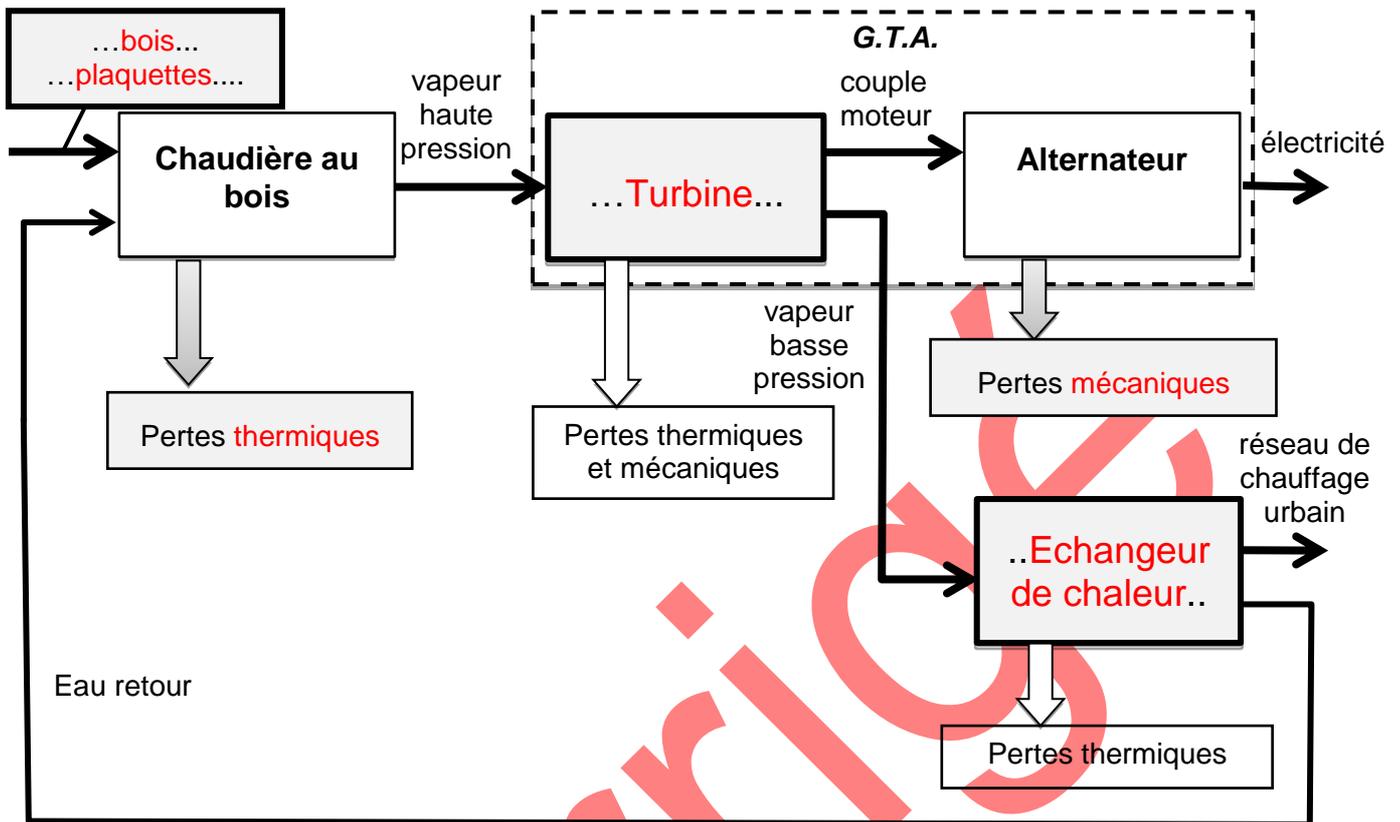
Source : Extrait du Cahier du Bois Energie rédigé par Biomasse Normandie

L'ADEME pointe le feu de bois parmi les gros pourvoyeurs de polluants

Le feu de bois compte parmi les gros pourvoyeurs de polluants, en particulier de particules fines, l'un des principaux facteurs récurrents de pollution de l'air avec les oxydes d'azote. C'est pourquoi les chaufferies biomasse de forte puissance sont systématiquement équipées de traitements de fumées performants, ce qui n'est pas le cas des chaudières et foyers individuels.

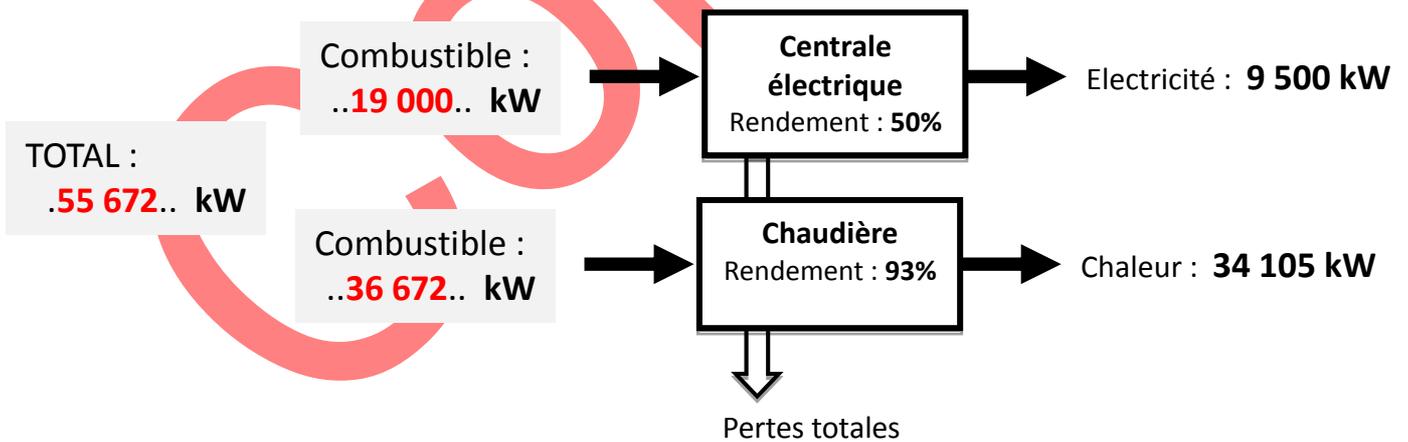
DR1 – Questions 1.5 : compléter le schéma bloc ci-dessous

Schéma de la cogénération à partir de biomasse

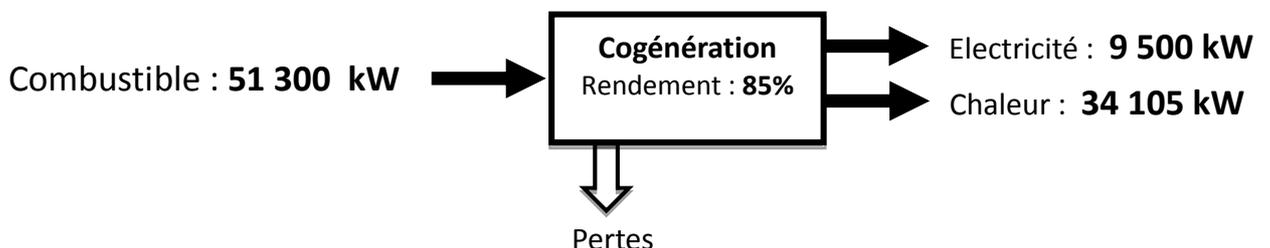


Question 1.8 : comparatif des systèmes de production d'électricité et de chaleur

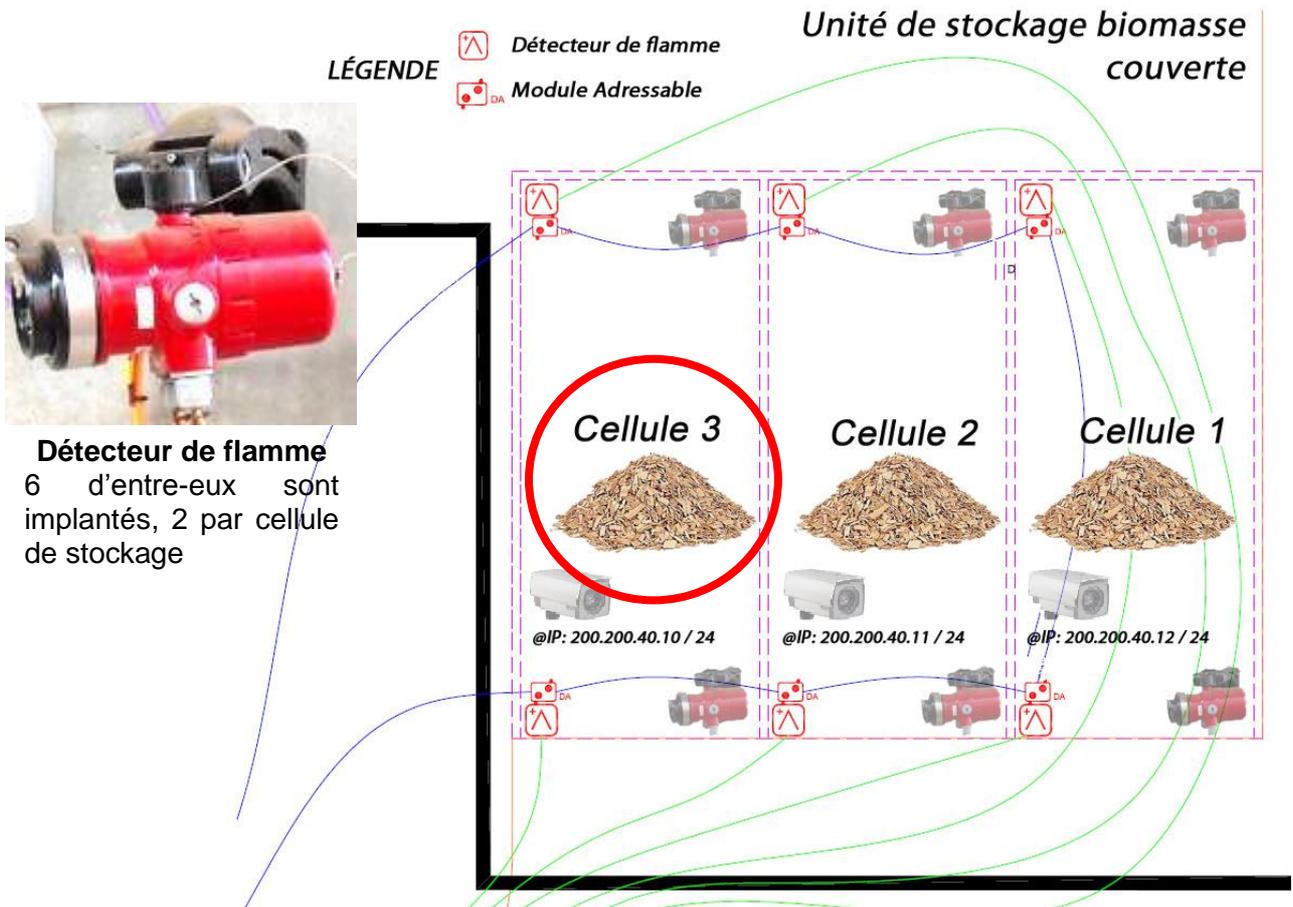
Filières séparées :



Systeme en cogénération :



DR2 - Question 1.19 : adresse du détecteur de flamme qui a signalé un départ de feu



Questions 2.2 : Tracer, hachurer et coter les zones de dalle reprises par P1 et P2

VUE EN PLAN DE LA DALLE SUPPORTANT LE TURBO-ALTERNATEUR :

