

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2025

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION

Épreuve du mercredi 10 septembre 2025

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 collègue » est autorisé.

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

Ce sujet comporte 30 pages numérotées de 1/30 à 30/30.

Constitution du sujet :

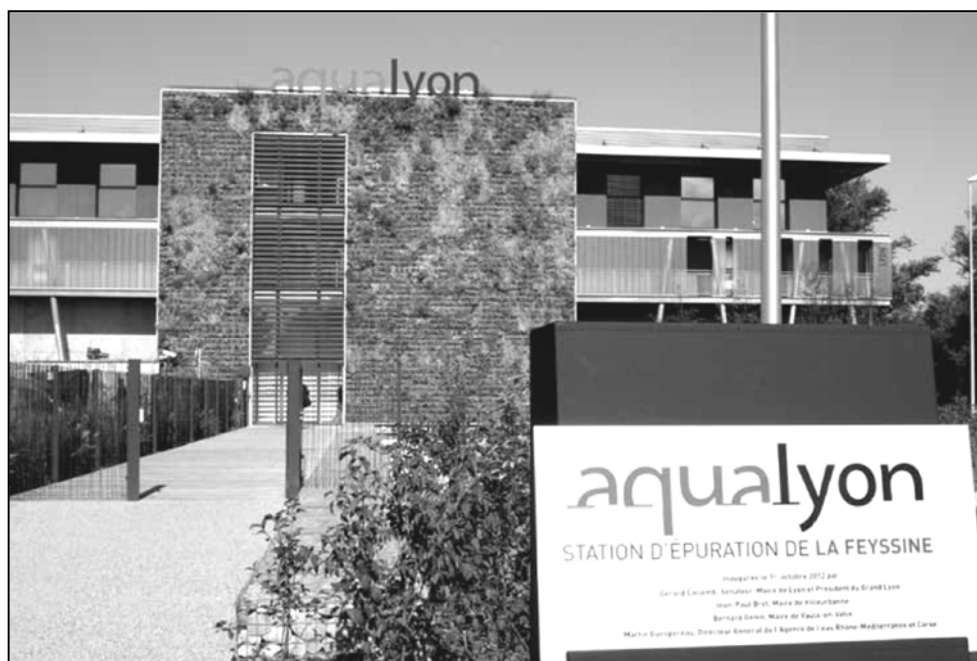
Partie commune (durée indicative 2h30)	12 points
Partie spécifique (durée indicative 1h30)	8 points

**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, mêmes vierges, sont à rendre obligatoirement avec la copie.

**Analyse des performances de la station de traitement des eaux usées
de la Feyssine avec unité de méthanisation**

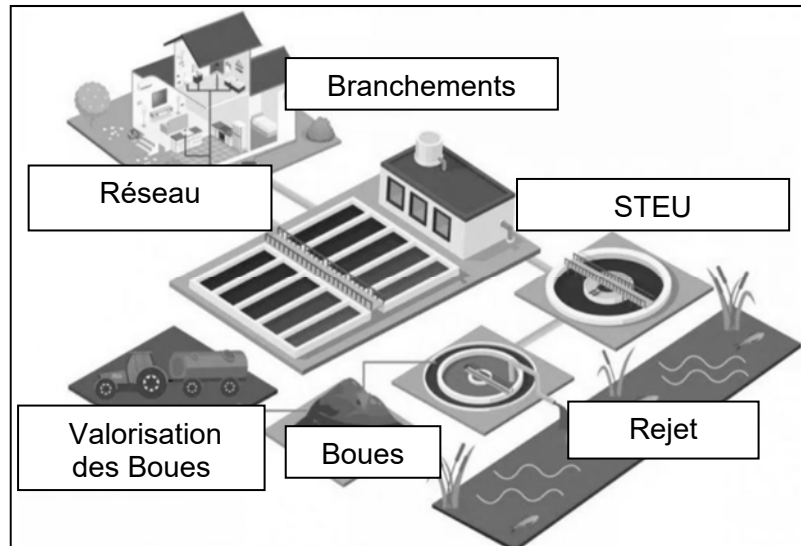


- o Présentation de l'étude et questionnaire..... pages 3 à 9
- o Documents techniques DT1 à DT8 pages 10 à 15
- o Documents réponses DR1 à DR3..... pages 16 à 18

Mise en situation

Un système d'assainissement collecte les eaux usées chez les particuliers en limite de propriété. Il achemine les effluents (eaux usées) vers la Station de Traitement des Eaux Usées (STEU) qui les traite avant de les rejeter dans le milieu naturel.

Cycle de l'assainissement →



Le Grand LYON gère, sur les 59 communes de la métropole, l'ensemble du cycle de l'eau urbaine et plus particulièrement le traitement des eaux usées.

En 2011 la STEU AQUALYON « Feyssine » a été mise en service dans la périphérie de Lyon. Cette STEU a pour objectif de délester celle de Saint-Fons afin de garantir la conformité vis-à-vis de la directive européenne sur les « Eaux Résiduaires Urbaines » (ERU).

Les STEU, par leur process, créent un déchet ultime appelé « boue ». Cette dernière a un impact majeur sur l'environnement par son traitement. La STEU de la Feyssine, dans un souci d'éco-performance, réduit la quantité de boues à l'aide d'une unité de méthanisation. Cette unité permet de valoriser le déchet en énergie et donc de réduire l'impact environnemental de l'usine.

Dans cette partie commune, l'étude porte sur les performances de l'unité de méthanisation.

Travail demandé

Partie 1 : comment la station de la Feyssine permet de répondre aux besoins de la métropole ?

Pour permettre le développement d'un territoire et être conforme, il faut que le système de traitement des eaux ne soit pas saturé.

La population du Grand Lyon est passée de 1 070 000 habitants en 2011 à 1 170 000 habitants en 2021.

Question 1.1 | **Donner** l'état de saturation de la station de Saint-Fons avant 2011.
DT1 | **Expliquer** pourquoi il était nécessaire de mettre en service une nouvelle STEU.

Question 1.2 | **Justifier** que les caractéristiques du terrain du site de la Feyssine permettent de répondre aux exigences d'implantation d'une STEU.
DT2, DT3

La STEU de la Feyssine a une capacité de 300 000 Équivalent Habitant. Elle élimine 17 100 kg de DBO5.

Question 1.3 | **Calculer** les éléments manquants sur le document-réponse DR1.
DT4, DR1

La STEU de la Feyssine est implantée sur un terrain de 400 000 m².

Question 1.4 | **Déterminer** le type de traitement le plus adapté pour ce type de terrain en justifiant votre réponse.
DR1

Partie 2 : comment la digestion des boues permet d'améliorer les performances d'une STEU dans une démarche de développement durable ?

La gestion des boues d'une STEU peut se faire de deux manières différentes :

- traitement des boues d'une STEU de type 1 : **sans digestion** des boues, les boues passent simplement en centrifugeuses pour évacuer un maximum d'eau ;
- traitement des boues d'une STEU de type 2 : **avec digestion** des boues (cas de la STEU de la Feyssine). La digestion est un processus naturel de décomposition de la matière organique permettant de diminuer les nuisances olfactives tout en produisant une énergie valorisable : le biogaz. Ce dernier, une fois filtré, peut être revendu et réinjecté sur le réseau GRDF.

La siccité de la boue correspond au pourcentage de matière sèche (MS) dans la boue, par opposition au taux d'humidité qui représente le pourcentage d'eau dans la boue.

À l'issue de la digestion, les boues sont séchées pour atteindre une siccité de 89% en moyenne (contre 21,6% à l'issue d'un traitement sans digestion). Elles possèdent alors un pouvoir calorifique important et peuvent être utilisées comme combustible pour remplacer une partie de la consommation d'énergie fossile.

Le document-technique DT5 présente les diagrammes de blocs internes (ibd) des synoptiques simplifiés des deux types de STEU, faisant apparaître les flux de matières et d'énergies.

Question 2.1 | **Lister** les différents flux d'énergies entrants et sortants pour les deux types de STEU.

DT5

L'énergie consommée par une STEU de type 1 en une année est de 6 160 000 kW·h, sachant qu'un kW·h d'énergie électrique consommée émet 0,1 kg_{eq.CO2}.

Question 2.2 | **Calculer** les émissions de CO₂ dues à la consommation d'énergie électrique en kg_{eq.CO2}·an⁻¹.

DR2

Compléter la deuxième case de la ligne (1) « Énergie électrique consommée » dans le tableau du document-réponse DR2.

La quantité de biogaz réinjectée sur le réseau GRDF pour l'année 2022 s'élève à 5 296 000 kW·h·an⁻¹. La production d'un kW·h de biogaz équivaut à une absorption de 0,2 kg_{eq.CO2}.

Question 2.3 | **Calculer** l'impact négatif de CO₂ dues à cette production de biogaz en kg_{eq.CO2}·an⁻¹ pour une STEU de type 2.

DR2

Compléter la ligne (4) « Production de Gaz naturel » dans le tableau du document-réponse DR2.

Question 2.4 | Sur le document-réponse DR2, **calculer** les impacts totaux en kg_{eq.CO2} pour les deux types de STEU.

DR2

Conclure sur l'intérêt de la digestion des boues au sein d'une STEU comme celle de la Feyssine d'un point de vue développement durable.

Partie 3 : comment la maîtrise de l'information permet de garantir la sécurité des personnes ?

Un des enjeux majeurs pour ce site industriel porte sur la sécurité des personnels intervenants sur la station.

Hormis les risques classiques que l'on peut trouver au sein d'une installation industrielle, les risques d'intoxication dus à la présence de gaz nocifs sont à surveiller de près.

Dans le but de renforcer la sécurité, les personnels sont équipés de détecteurs multi-gaz connectés au réseau Ethernet du site de la station qui permet une surveillance des personnels en temps réel.



Pour cela, 150 points d'accès WiFi sont installés de manière à couvrir l'ensemble des installations. L'administrateur réseau du site a fourni les informations suivantes :

- l'adresse du réseau est 172.16.0.0 ;
- le masque de sous-réseau est 255.255.0.0.

Question 3.1 | **Calculer** le nombre d'hôtes maximal que peut contenir ce réseau.

DT6

Le numéro d'hôte attribué à la première borne WiFi (n°1) est donné en binaire sur le document-technique DT6. **Convertir** ce numéro en décimal pour obtenir son adresse IP.

Question 3.2 | **Proposer** une adresse IP pour la borne WiFi (n°2) compatible avec le réseau Ethernet de la station et la plage d'adresses IP réservées aux bornes WiFi. **Justifier** votre réponse.

DT6

Question 3.3 | **Conclure** quant à la capacité de l'installation à garantir la sécurité des personnes.

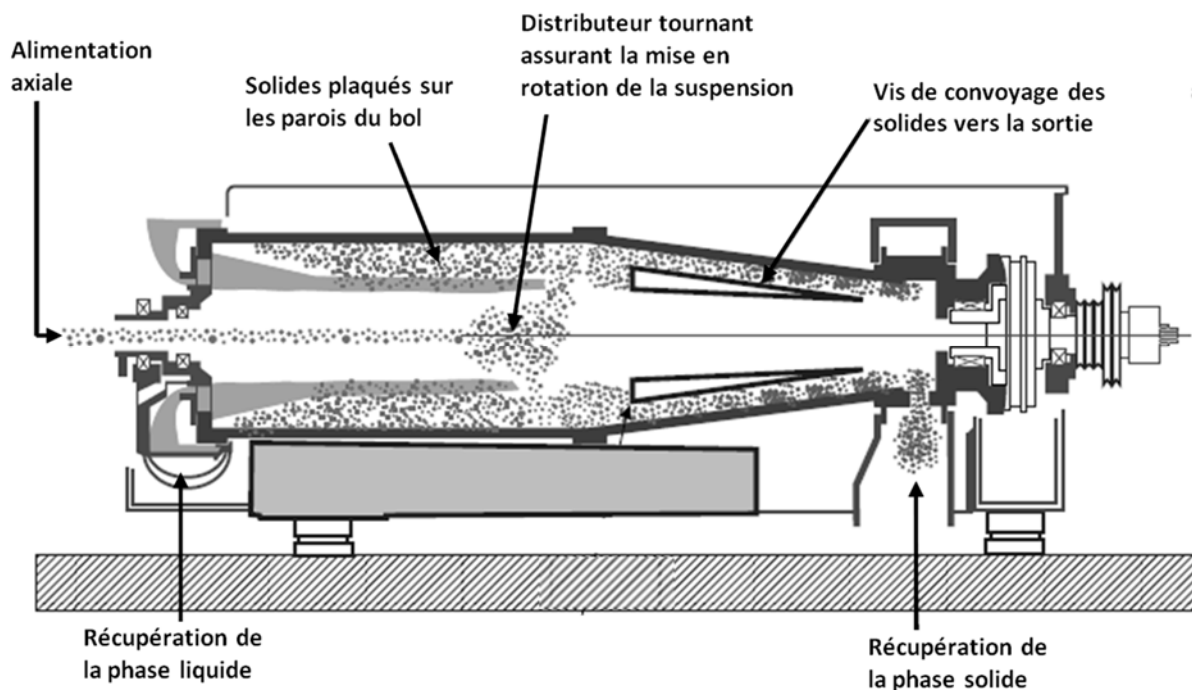
Partie 4 : comment justifier l'utilisation d'un séparateur de boues biologiques ?

Afin de pouvoir valoriser les boues biologiques, il est nécessaire de réduire la teneur en eau c'est-à-dire d'augmenter le taux de siccité. Les boues sont épaissies par centrifugation.

Le mélange est introduit à l'intérieur de la machine par une alimentation axiale (voir descriptif ci-après) qui débouche dans un distributeur tournant.

Sous l'action de la force centrifuge, les boues injectées sont plaquées contre la paroi du bol en rotation ($2\,600\text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$) et racless par la vis de convoyage conique vers l'extrémité de la centrifugeuse pour être compactée puis évacuée.

Les eaux sont éjectées à l'autre extrémité de la centrifugeuse. La vis tourne plus vite que le bol grâce à un multiplicateur à arbre parallèle.



Question 4.1 | Sur le document-réponse DR3, **inscrire** la nature des flux d'énergie circulant dans le système (énergie électrique, énergie mécanique).

DR3

Question 4.2 | La fréquence de rotation est de $2\,600\text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$, **calculer** Ω_{bol} la vitesse angulaire du bol en $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$.

Pour la suite du sujet, la vitesse angulaire du bol Ω_{bol} est de $300\text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$.

Question 4.3 | **Calculer** F_{cb} la force centrifuge appliquée aux boues biologiques en kN.

DT7

En considérant que la force centrifuge appliquée à l'eau est : $F_{ce} = 30\,200\text{ kN}$.

Question 4.4 | **Comparer** les forces F_{cb} et F_{ce} la force centrifuge appliquée aux boues et à l'eau puis **conclure** sur le dispositif de séparation par centrifugation.

Partie 5 : peut-on valider l'implantation d'une torchère ?

Dans toute cette étude, $g = 9,81\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Une des étapes du traitement de l'eau consiste à séparer l'eau et les boues (déchets solides). Ces boues sont valorisées par traitement dans un digesteur.

La digestion anaérobie (sans oxygène) des boues est faite par des bactéries qui consomment la pollution tout en créant un biogaz qui contient 60 à 65% de méthane. Celui-ci est ensuite extrait pour être réinjecté dans le réseau de la ville.

Une zone de stockage temporaire du méthane avant réinjection dans le réseau permet de compenser les fluctuations de production de gaz (zone tampon). En cas de surproduction, le méthane doit être évacué ce qui peut être fait de deux manières possibles :

- **solution 1** : le méthane est rejeté directement dans l'air ;
- **solution 2** : le méthane est brûlé dans une torchère.



Une dalle en béton existe déjà dans la zone prévue pour l'implantation de la torchère. Il faut vérifier que le sol et cette dalle sont capables d'accueillir cette installation.

La torchère est composée d'un fût à l'intérieur duquel est installé le brûleur. Elle repose sur quatre cornières qui sont vissées sur la dalle en béton. Des équipements supplémentaires sont fixés sur la torchère et permettent de l'alimenter en gaz et de piloter son fonctionnement.

Pour simplifier les calculs, le fût sera considéré comme un cylindre creux.

Question 5.1 | **Calculer** le volume de matière du fût de la torchère.

DT8

La masse des équipements fixés sur la torchère est estimée à $1\,250\text{ kg}$. La masse volumique de l'inox 316 est de $8\,000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Question 5.2 | **Calculer** la masse du fût de la torchère.

DT8

Calculer le poids P_c que devra supporter chaque cornière.

Un calcul a permis de déterminer que le poids de la dalle équipée (dalle en béton + torchère + autres équipements) est de 200 000 N.

La contrainte admissible (résistance à la compression) du sol a été mesurée à cet endroit et vaut 0,1 MPa.

Question 5.3 | **Calculer** la surface de la dalle en béton.

DT8

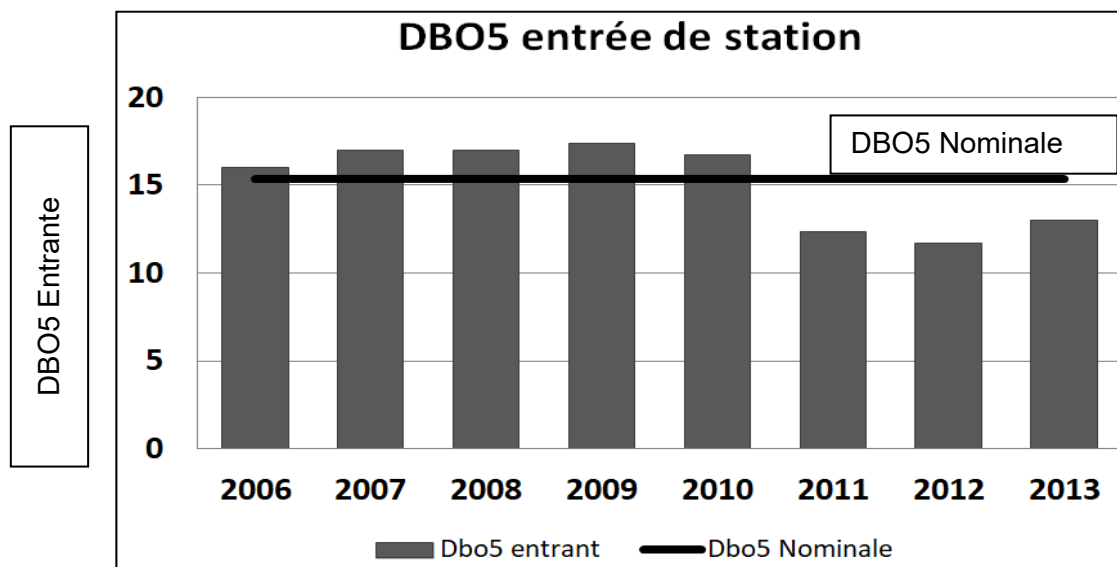
Calculer la valeur de la contrainte de compression σ_{sol} que subit le sol sous la dalle équipée.

Conclure sur la capacité du sol à supporter l'implantation de ce système.

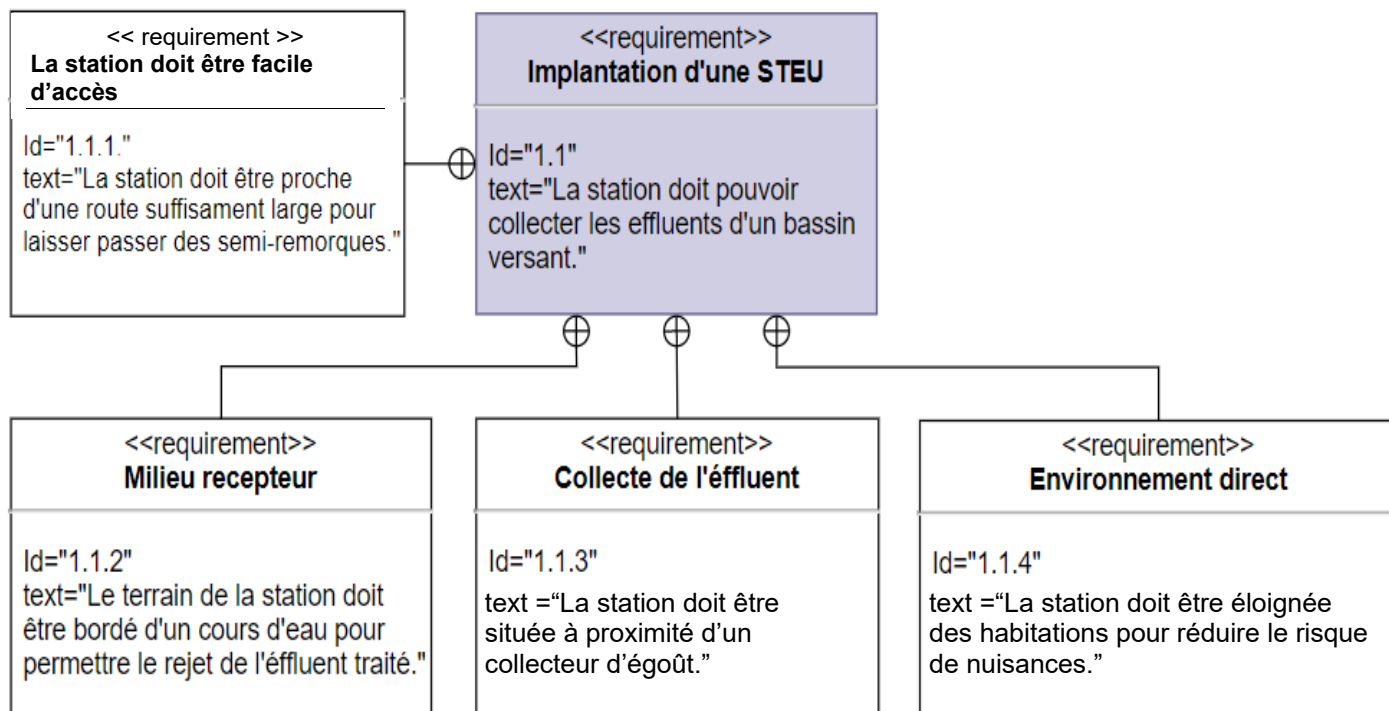
Question 5.4 | **Conclure** sur l'intérêt et la possibilité d'installer une torchère sur ce site.

DT1 : évolution de la charge entrante de la STEU de Saint Fons en DBO5

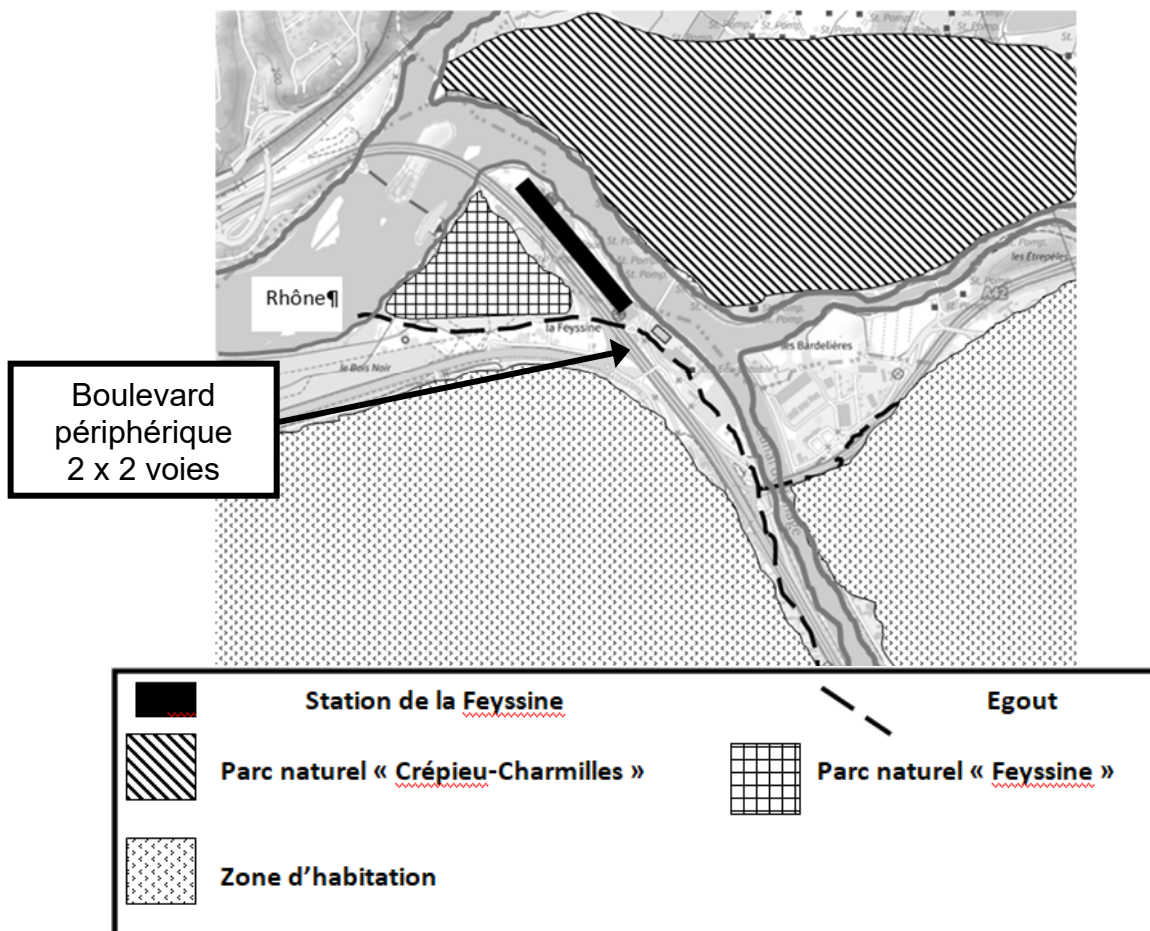
La DBO5 est un indicateur de quantification de la pollution. Une STEU est dimensionnée pour une quantité maximale de pollution appelée charge nominale. Si cette charge est dépassée la station ne peut plus traiter les effluents.



DT2 : diagramme d'exigences partiel de la STEU de la Feyssine



DT3 : plan de situation de la STEU de la Feyssine

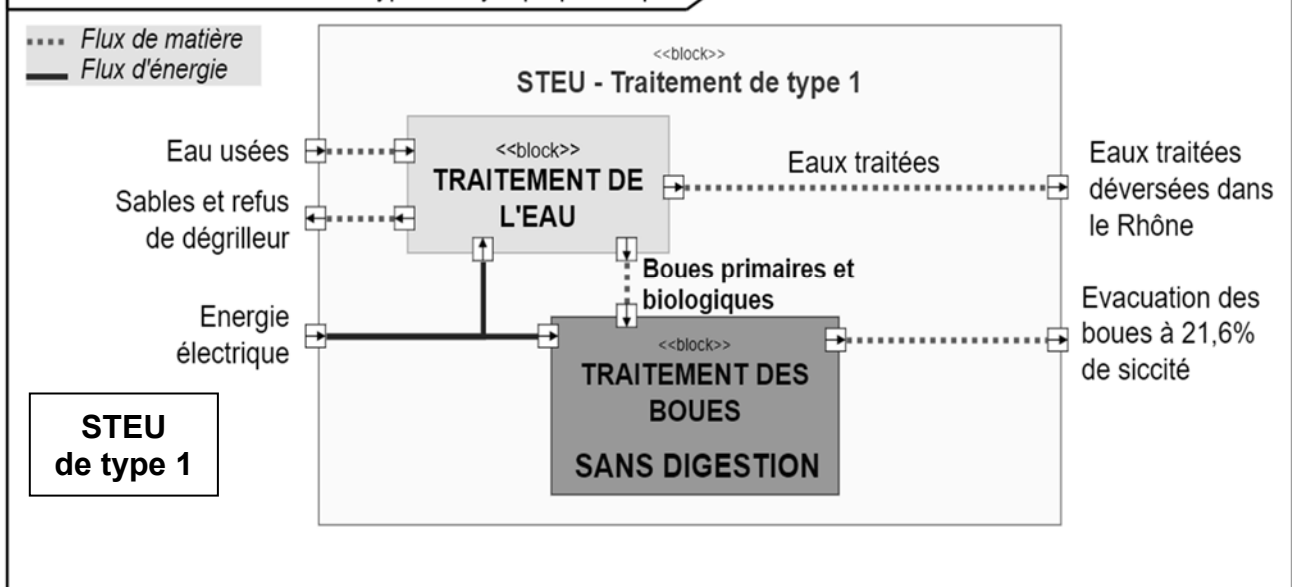


DT4 : données de dimensionnement des STEU en fonction du type de traitement et de la capacité

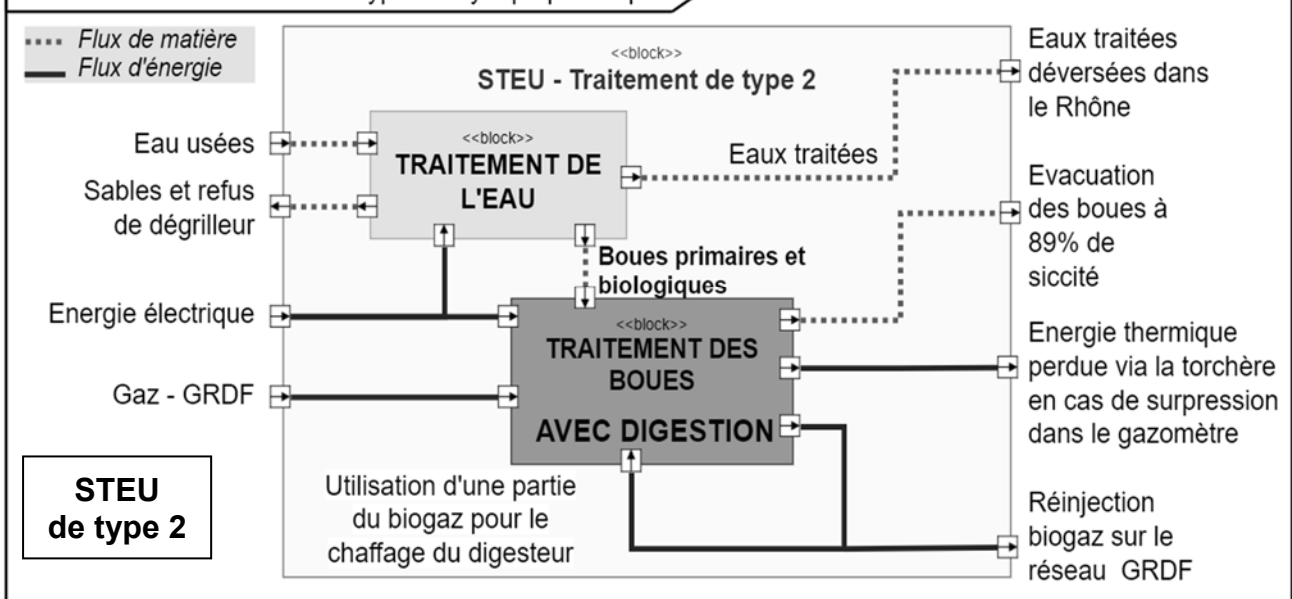
Données	Unités	Types de traitement →		
		Filtre plantée de Roseaux	Boue Activée aération prolongée	Biofiltre
Surface par équivalent habitant	m ² ·EqHab ⁻¹	10	1,06	0,25
Énergie consommée en fonction de la pollution traitée	kW·h·kg _{DBO5} éliminée ⁻¹	0,5	3,2	4,5
Cout investissement de la STEU	€·EqHab ⁻¹	1 800	228	2 142

DT5 : synoptiques simplifiés STEU avec et sans digestion des boues

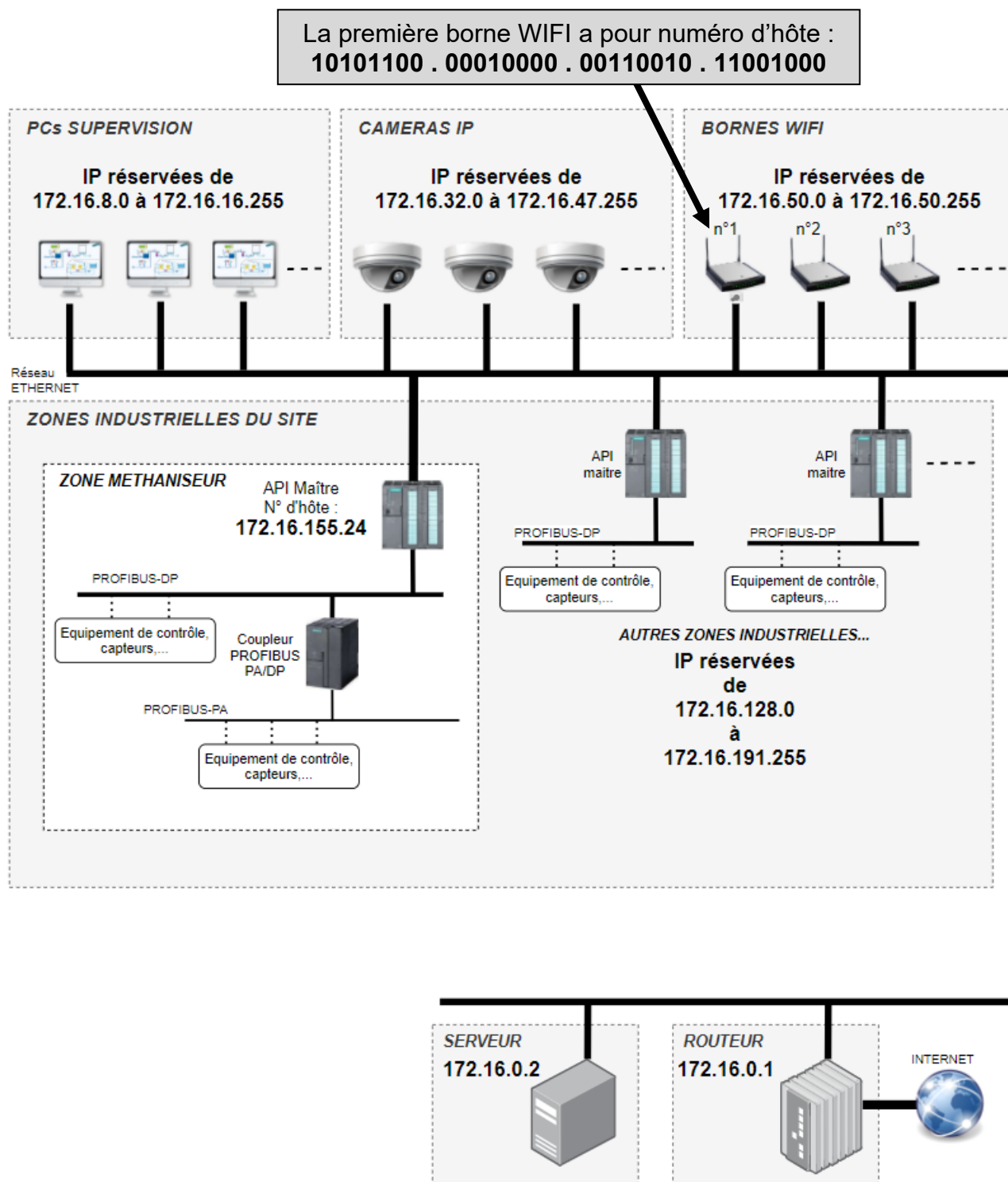
ibd - STEU avec traitement de type 1 - Synoptique simplifié



ibd - STEU avec traitement de type 2 - Synoptique simplifié



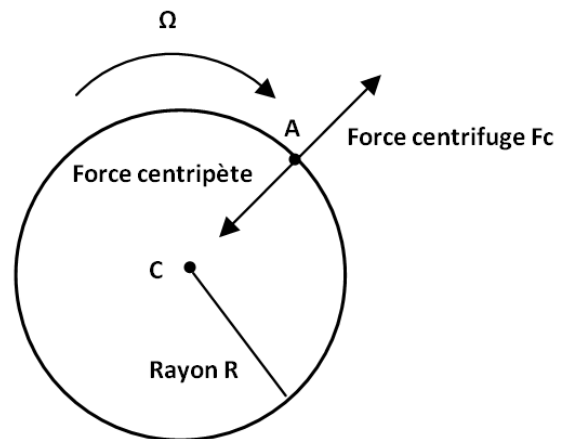
DT6 : schéma du réseau de la station



DT7 : fiche de calcul de la force centrifuge

Définition de la force centrifuge :

La force centrifuge se manifeste lorsqu'un corps est en mouvement circulaire. Elle tend à éloigner le corps du centre de courbure de sa trajectoire.

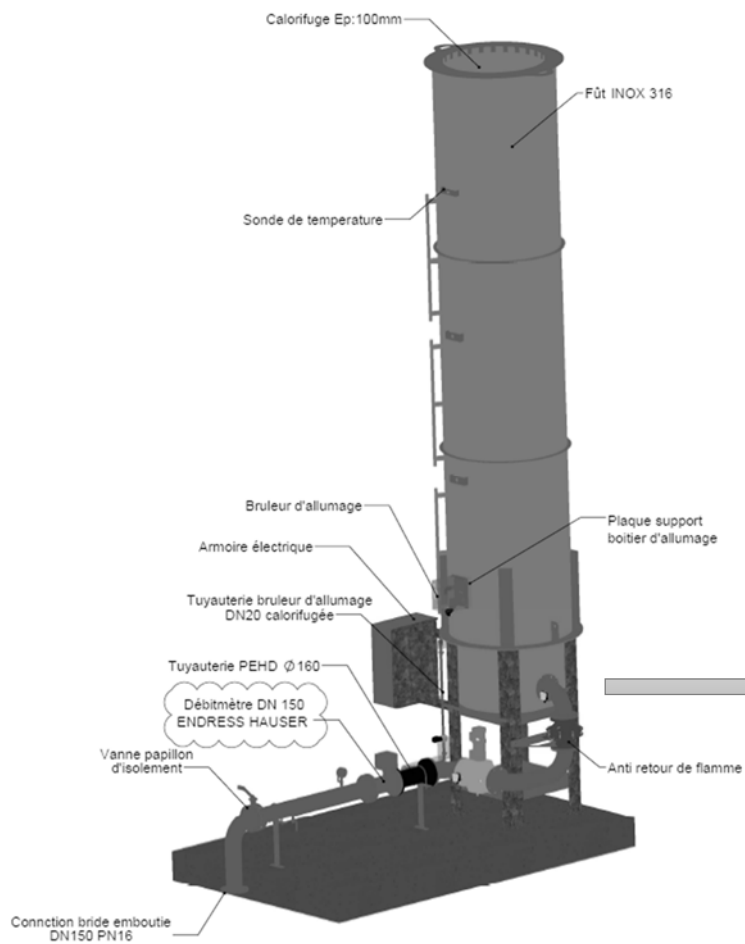


Formule de calcul de la force centrifuge appliquée aux boues en Newton :

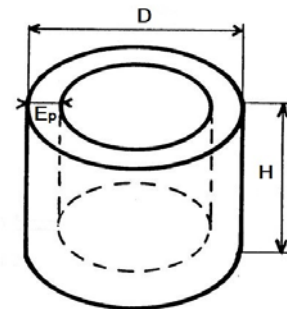
$$F_{cb} = \rho_{boues} \times V_{bol} \times R_{bol} \times \Omega^2$$

ρ_{boues}	Masse volumique des boues	1 200 kg·m ⁻³
V_{bol}	Volume du bol	1 m ³
R_{bol}	Rayon du bol	0,335 m

DT8 : implantation de la torchère



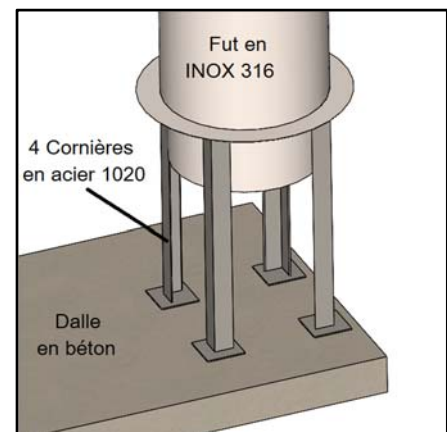
Fût simplifié



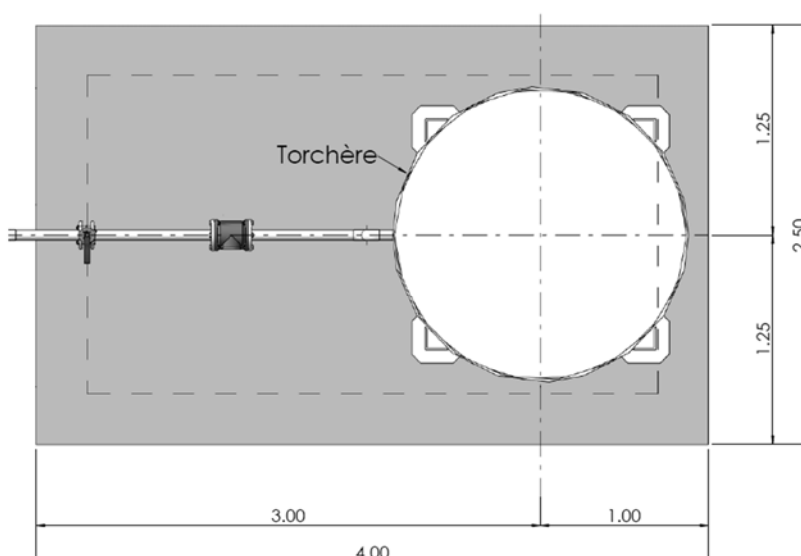
Diamètre extérieur : $D = 1500 \text{ mm}$

Epaisseur : $E_p = 10 \text{ mm}$

Hauteur : $H = 7 \text{ m}$



Implantation de la torchère sur la dalle en béton :



DR1 : comparaison des différents types de traitement des eaux usées

Capacité de la station de la Feyssine

300 000

Équivalent Habitant (EqHab)

Capacité d'élimination de la pollution

17 100

kgDBO₅ éliminé

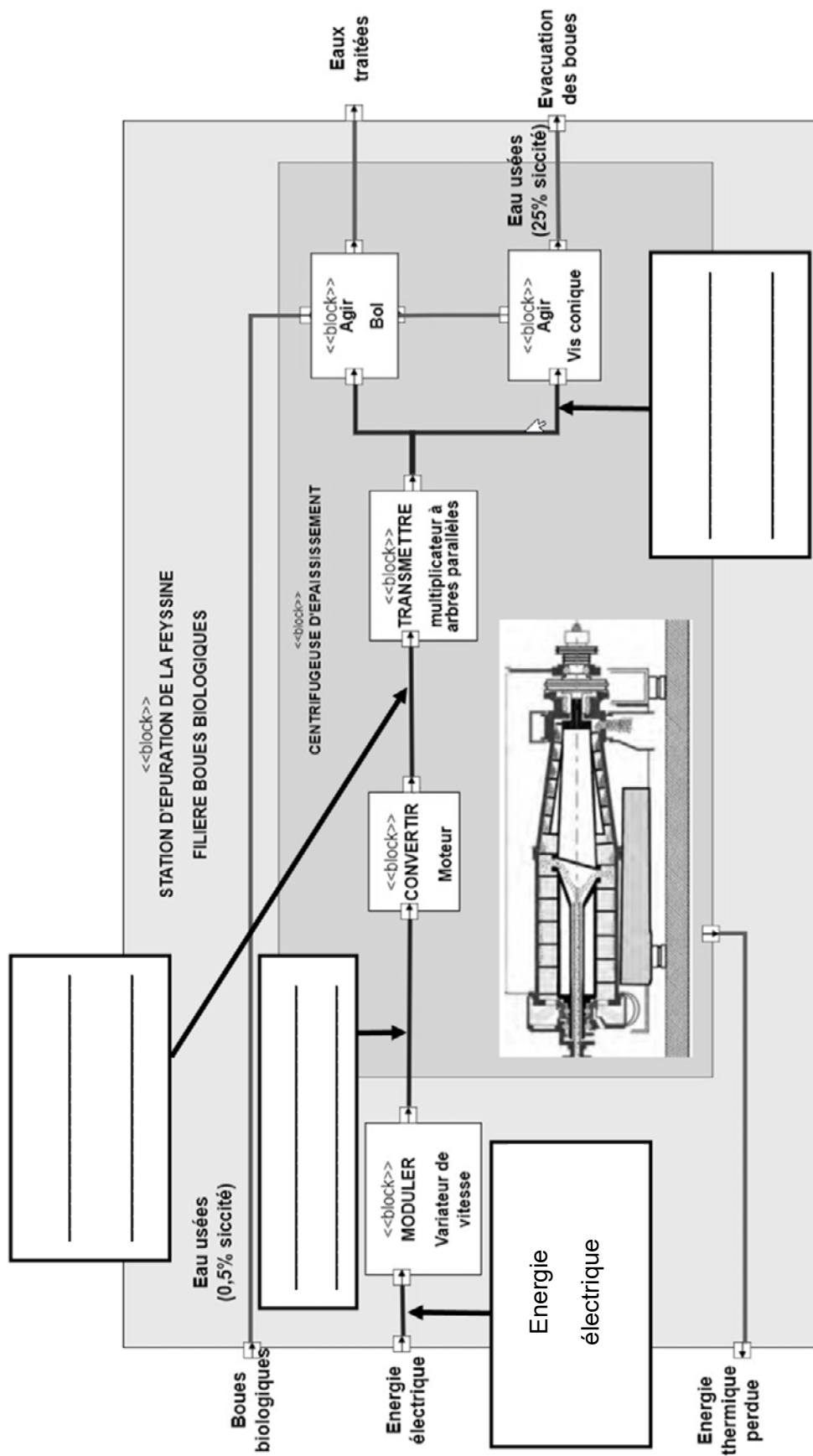
Calcul estimatif en fonction du type de traitement de la surface, de la consommation d'énergie et du coût de la STEU de la Feyssine

		Types de traitement		
Donnée	unité	Filtre plantée de Roseaux	Boue Activée aération prolongée	Biofiltre
Surface	m ²	_____	318 000	75 000
Énergie consommée	kW·h	8 550	_____	76 950
Coût investissement	M€	540	68,4	_____

DR2 : comparaison des STEU avec et sans digestion des boues

		TYPE N°1 sans digestion des boues		TYPE N°2 avec digestion des boues	
(1)	Énergie électrique consommée		kg _{eq.CO2} ·an ⁻¹		kg _{eq.CO2} ·an ⁻¹
			Question 2.2 :		
					760 000
(2)	Consom- mation de Gaz Naturel	NON	kg _{eq.CO2} ·an ⁻¹	kW·h·an ⁻¹	kg _{eq.CO2} ·an ⁻¹
			0	2 900 000	1 284 700
(3)	Transport des boues	Nombre d'allers- retours 2 665	kg _{eq.CO2} ·an ⁻¹	Nombre d'allers- retours	kg _{eq.CO2} ·an ⁻¹
			89 005	91	9 767
				Distance aller- retour	
				200	
(4)	Production de Gaz naturel	NON	kg _{eq.CO2} ·an ⁻¹	kW·h·an ⁻¹	kg _{eq.CO2} ·an ⁻¹
			0	5 296 000	Question 2.3 : - _____
(5)	Fin de vie des boues	Épandage agricole	En kg _{eq.CO2}	Valorisation comme combustible	En kg _{eq.CO2}
			575 600		-106 000
TOTAL kg_{eq.CO2}·an⁻¹ : (1)+(2)+(3)+(4)+(5)			Question 2.4 : _____		Question 2.4 : _____

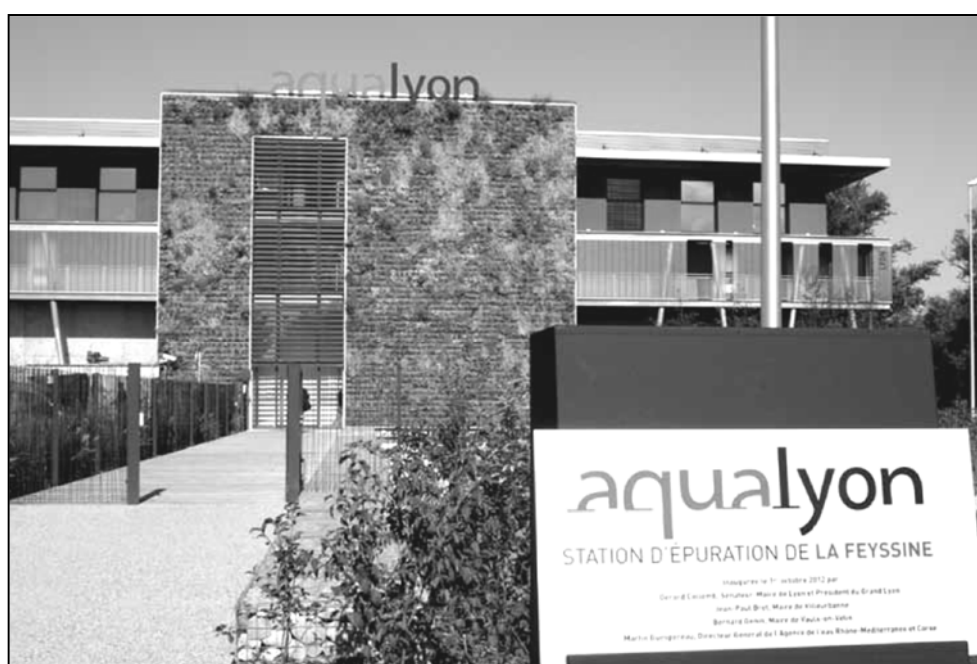
DR3 : chaine de puissance de la centrifugeuse d'épaississement



Vous prendrez une nouvelle copie pour traiter cette partie.

ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION

Station de Traitement des Eaux Usées de la Feyssine



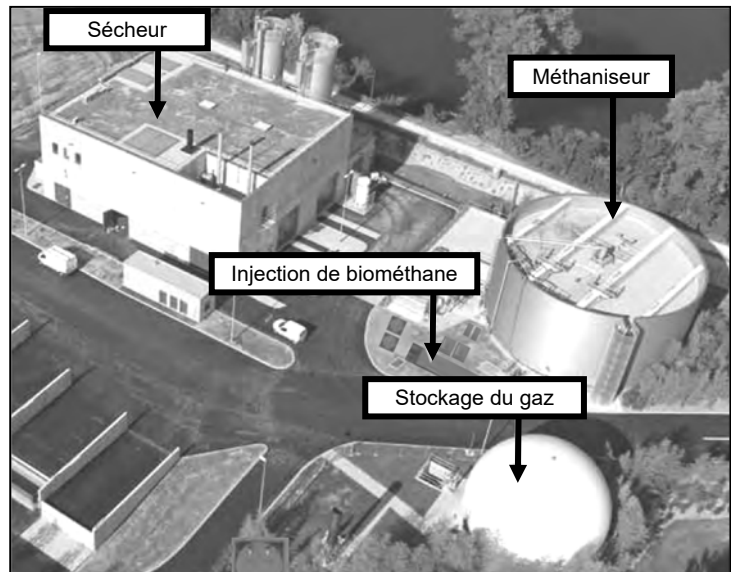
- o Présentation de l'étude et questionnaire..... pages 19 à 23
- o Documents techniques DTS1 à DTS6 pages 24 à 29
- o Document réponses DRS1 page 30

Mise en situation

Les Stations de Traitement des Eaux Usées (STEU) dépolluent les eaux usées avant de les rejeter dans le milieu naturel.

Cette dépollution entraîne la production de boues qui sont responsables d'une grande partie de l'empreinte environnementale.

La STEU « Feyssine » la réduit en amenuisant sa production de boues de 40%, à l'aide d'un système de méthanisation (biogaz).



Travail demandé

Partie A : comment réduire les nuisances issues du local compresseur biogaz pour le voisinage ?

La méthanisation nécessite un brassage continu des boues. Ce brassage est assuré par des compresseurs qui compriment le biogaz avant de l'injecter dans les boues à l'aide de cannes d'injections. Ces compresseurs produisent une pression acoustique de $L_w = 95\text{dB}$. Le volume du méthaniseur impose à la STEU « Feyssine » les règles des Installations Classées Protection de l'Environnement (ICPE).

Question A.1 | **Relever** le niveau sonore maximal $L_{p_{\max}}$ en dB, ressenti en dehors des locaux, imposé par la réglementation ICPE.

DTS2

Relever ci-dessus le niveau de pression acoustique L_w produit par les compresseurs.

Question A.2 | **Relever** l'épaisseur en mètre des murs en béton armé du local compresseur biogaz.

DTS1

Calculer la masse surfacique ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) de ces murs sachant que la masse volumique du béton armé est $2\,500\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Pour la suite, prendre une masse surfacique de $400\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

Question A.3 | **Déterminer** l'affaiblissement acoustique des murs R_w en dB du local.

DTS3

Calculer le son L_p en dB perçu en dehors du local.

Question A.4

Conclure sur le respect du niveau sonore maximal $L_{p_{max}}$.

DTS3

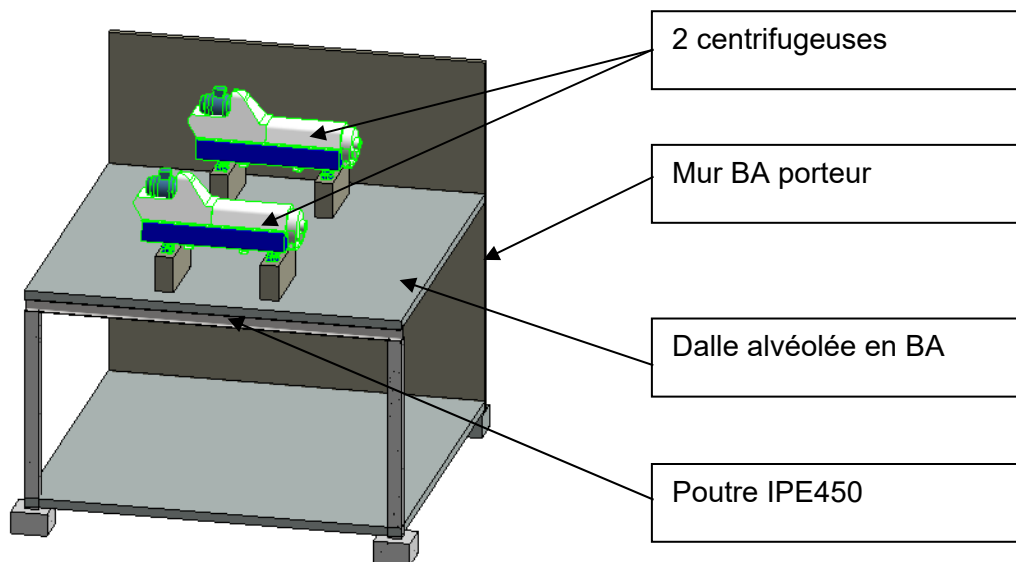
En cas de non-respect, **proposer** une solution d'amélioration possible.

Partie B : comment valider l'intégrité structurale du local de déshydratation ?

Pour assurer le fonctionnement optimal de la méthanisation, il est nécessaire d'alimenter le méthaniseur avec des boues de siccité proche de 25%. La siccité est la concentration en matière sèche des boues. Pour cela, il faut déshydrater les boues avec des centrifugeuses mécaniques D6L au nombre de deux. Ces machines sont implantées dans un local de « Déshydratation ». Ce dernier est situé au premier étage du bâtiment sécheur jouxtant le méthaniseur.



La structure supportant ces centrifugeuses est représentée par le modèle 3D simplifié ci-contre. Elle est constituée d'une dalle en béton armé alvéolée de 16 cm d'épaisseur, reposant sur 1 mur porteur en béton armé et une poutre métallique IPE450.



La masse d'une centrifugeuse est de 11 tonnes.

L'accélération de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Question B.1 | **Tracer** la surface d'influence S_i de la dalle sur la poutre IPE450, sur le DRS1.

DRS1

Calculer la surface S_i en m^2 .

La masse volumique du béton armé alvéolé est de $1\,500\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Question B.2 | **Calculer** le poids en daN de S_i .

En déduire la charge linéique permanente g en $\text{daN}\cdot\text{m}^{-1}$ apportée par S_i sur la poutre IPE450.

Question B.3 | **Compléter** le schéma statique de la poutre IPE450 en représentant les appuis et les charges appliquées sans valeurs, sur le document-réponse DRS1.

DRS1

Le moment de flexion et la flèche de la poutre ont été calculés à l'ELU (État Limite Ultime) et à l'ELS (État Limite de Service) à l'aide d'un modeleur.

Question B.4 | **Relever** le moment fléchissant maximal $M_{\max}$ dans la poutre.

DTS4
DTS5

Calculer le moment statique $W_{el,z}$ en mm^3 pour l'IPE450.

Calculer le moment fléchissant admissible M_f dans la poutre IPE450.

Comparer les deux valeurs de moments et **expliquer** si la poutre est correctement dimensionnée vis-à-vis de la contrainte.

Question B.5 | **Relever** la flèche maximale dans la poutre en mm.

DTS4
DTS5

Calculer la flèche admissible f pour la poutre IPE 450.

Comparer les deux valeurs de flèches et **expliquer** si la poutre est correctement dimensionnée vis-à-vis de la flèche.

Question B.6 | **Conclure** sur le choix d'une poutre IPE450.

Partie C : comment réduire la consommation d'énergie du méthaniseur ?

Pour maintenir une méthanisation optimale il est nécessaire que la température des boues dans le méthaniseur soit maintenue à 37°C. Pour cela, les parois en contact avec l'air extérieur sont isolées thermiquement.

L'étude se limite aux parois latérales.

Question C.1
DTS6

Donner les valeurs des résistances thermiques de surface R_{si} et R_{se} à prendre en compte.

Calculer R_t , la résistance thermique totale de la paroi.

En déduire U , la conductance thermique de la paroi.

Pour la suite, prendre :

- température extérieure $T_{int} = 37^\circ\text{C}$
- température extérieure $T_{ext} = -10^\circ\text{C}$
- $R_t = 3,15 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
- surface du méthaniseur en contact avec l'air extérieur, $S = 574 \text{ m}^2$

Question C.2
DTS6

Calculer le flux de chaleur Φ en W à travers la paroi.

Les boues entrant dans le méthaniseur apportent 5 787 W.

Question C.3
DTS6

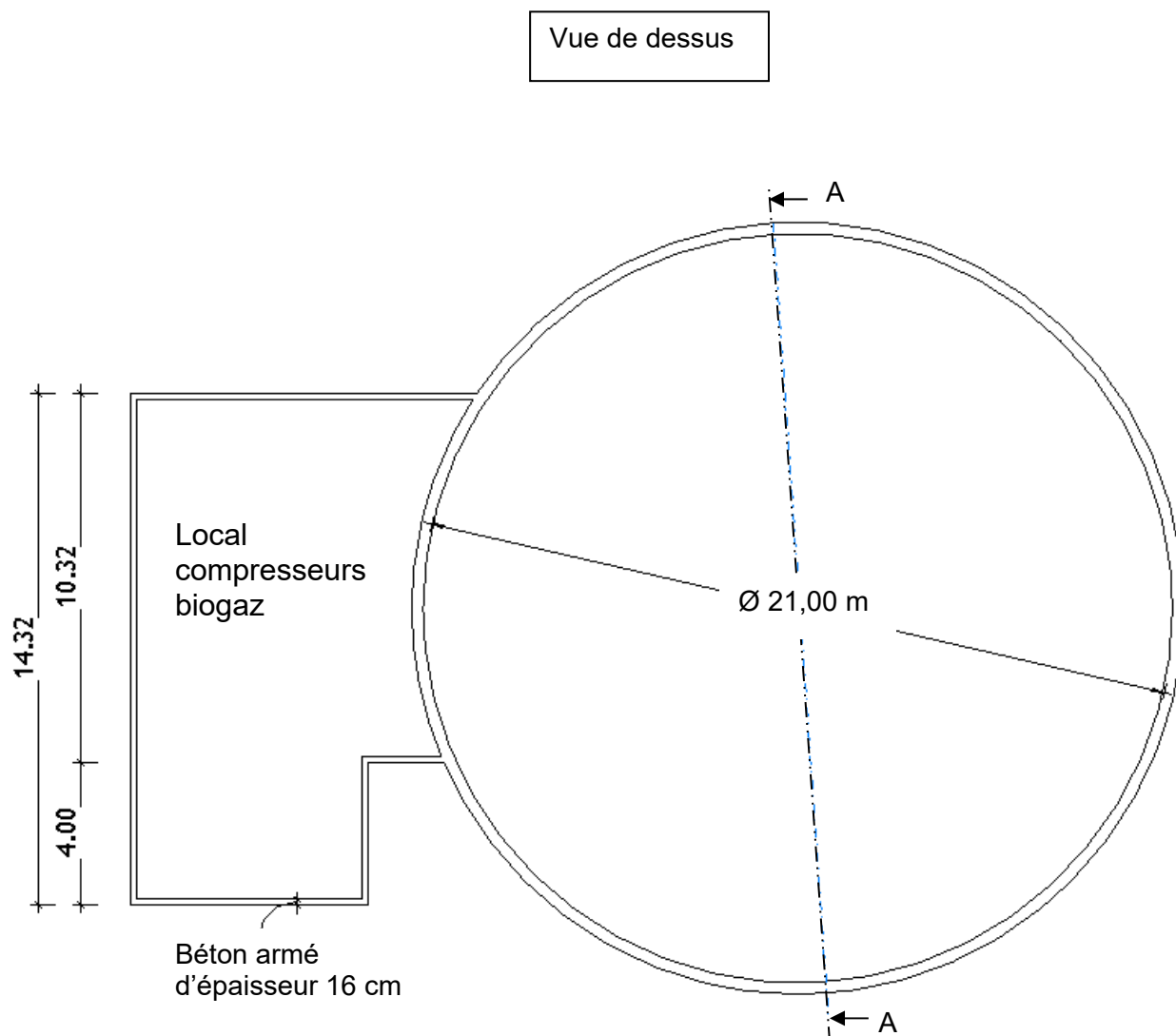
Calculer la différence entre le flux de chaleur entrant et le flux de chaleur sortant dans le méthaniseur.

Question C.4

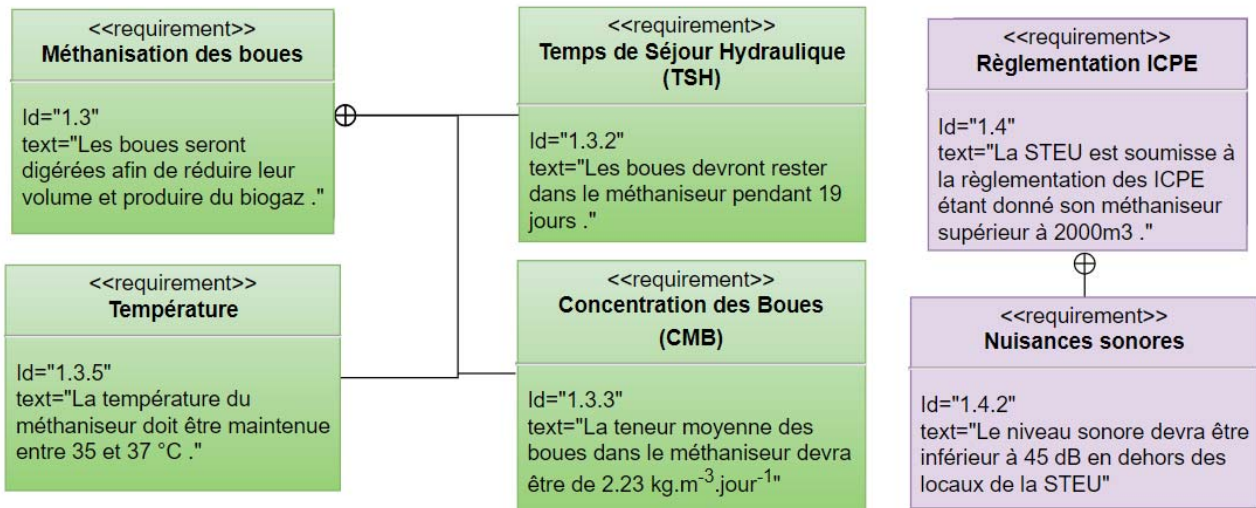
Conclure sur le maintien de la température dans le méthaniseur.

Faire une proposition pour maintenir une température de 37°C dans le méthaniseur.

DTS1 : plan du méthaniseur et de ses annexes

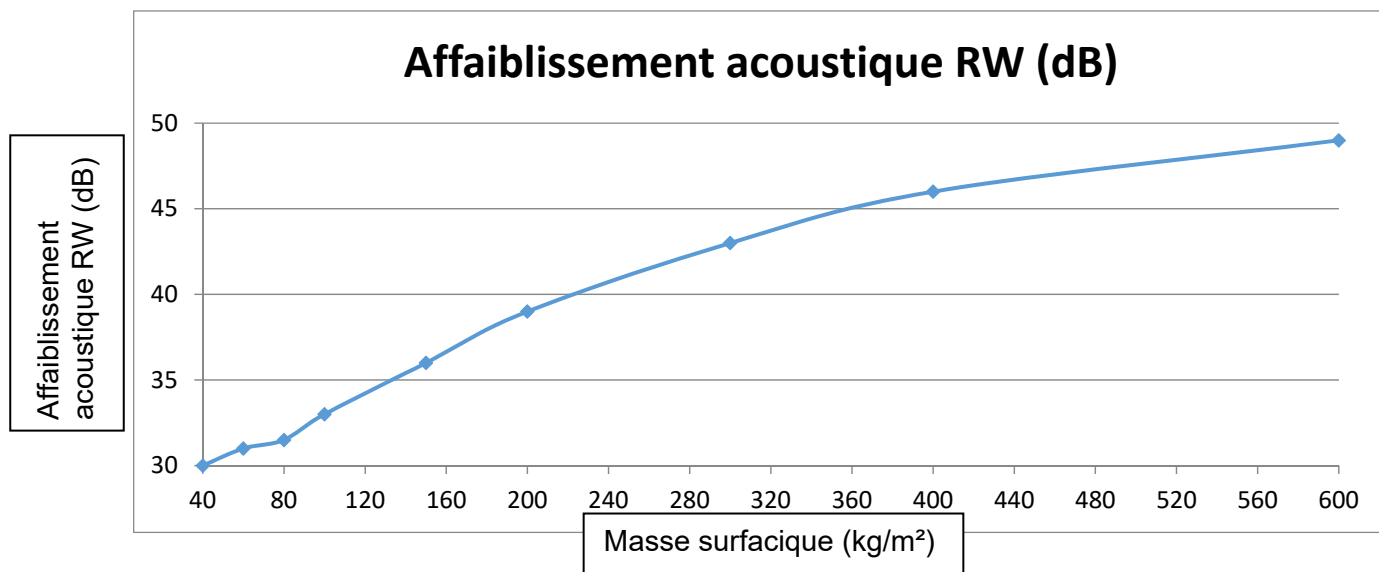


DTS2 : diagramme partiel des exigences du méthaniseur



DTS3 : caractéristiques acoustiques du béton armé

Affaiblissement acoustique en fonction de la masse surfacique



Formule de transmission acoustique

$$L_p = L_w - R_w$$

Lp niveau sonore perçu (dB)

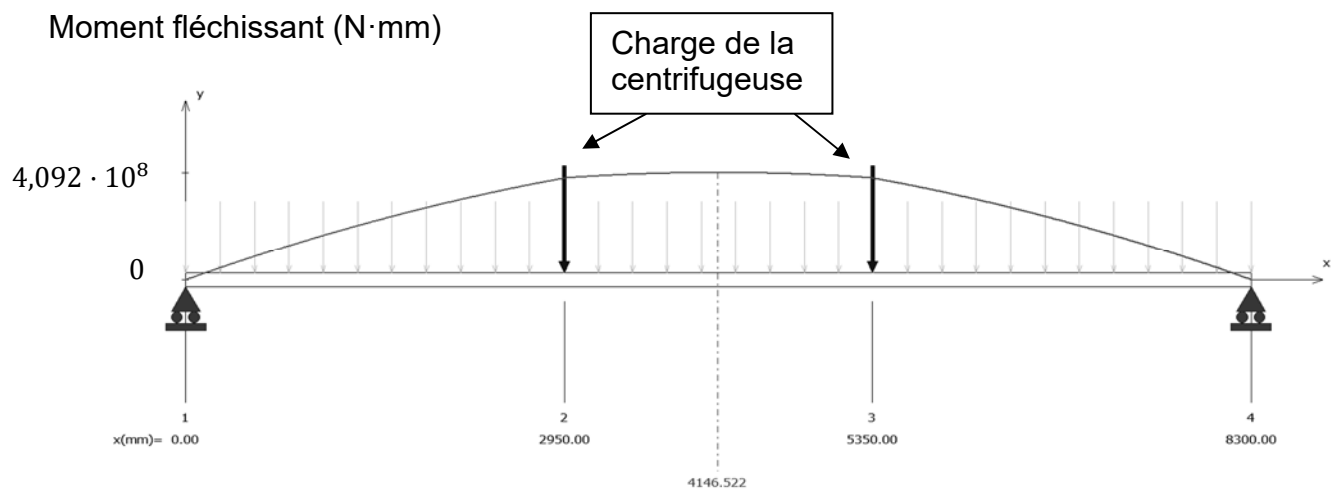
Lw niveau sonore émis (dB)

Rw affaiblissement acoustique (dB)

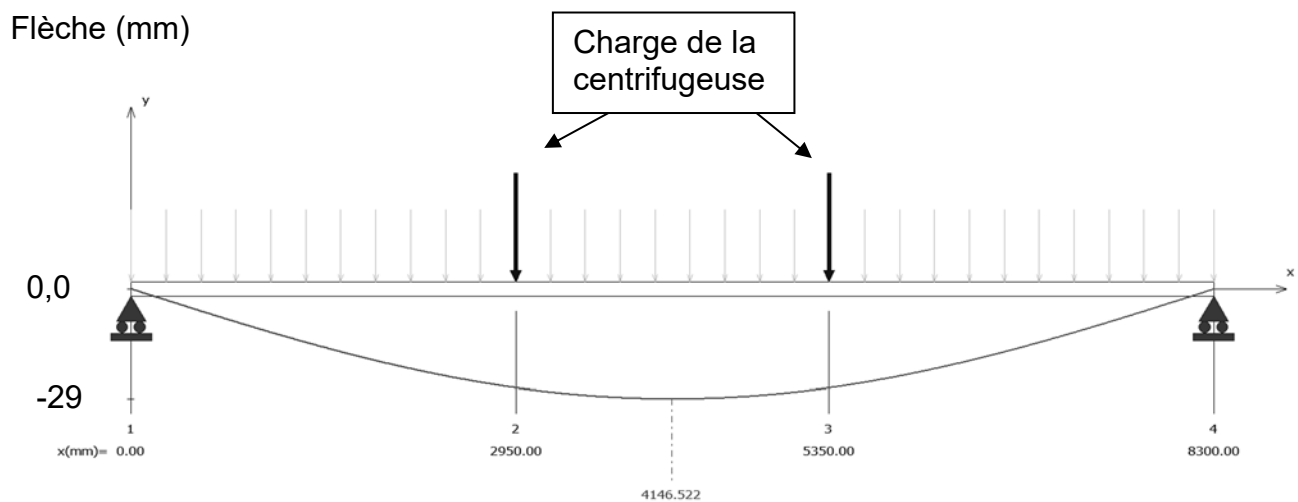
Affaiblissement acoustique des murs				
Type de mur	Mur Nu		Mur Isolé	
	Epaisseur (mm)	Rw	Doublage laine minérale (mm)	Rw
			Doublage collés	
Parpaing plein + enduit	150+15	46	10+40	54
	150+15	43	10+80	55
Béton	160	45	10+100	54
Brique creuse	200	34	10+80	55
Parpaing creux	200	39	10+40	53
	200	39	13+80	58
Carreau de plâtre	70	20	10+50	41
	70	20	10+80	43

DTS4 : caractéristiques des charges

Moment de flexion de la poutre IPE450 à l'ELU



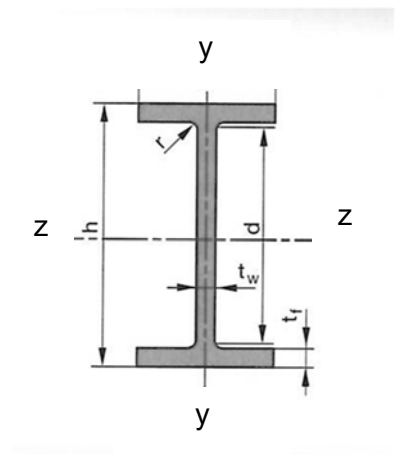
Flèche de la poutre IPE450 à l'ELS



DTS5 : caractéristiques des poutres IPE

extrait des caractéristiques de poutres IPE

Désignation	Aire	Iz		Wel.z
IPE	cm ²	cm ⁴	mm ⁴	cm ³
400	84,46	23 128,37	231 283 700	1 156,42
450	98,82	33 742,94	337 429 400	1 499,69



Grandeurs		Unités	Valeurs
Module de Young	E	Mpa	250 000
Masse volumique	ρ	kg·m ⁻³	8 000
Limite élastique	Re	Mpa	250

Moment fléchissant admissible dans une poutre :

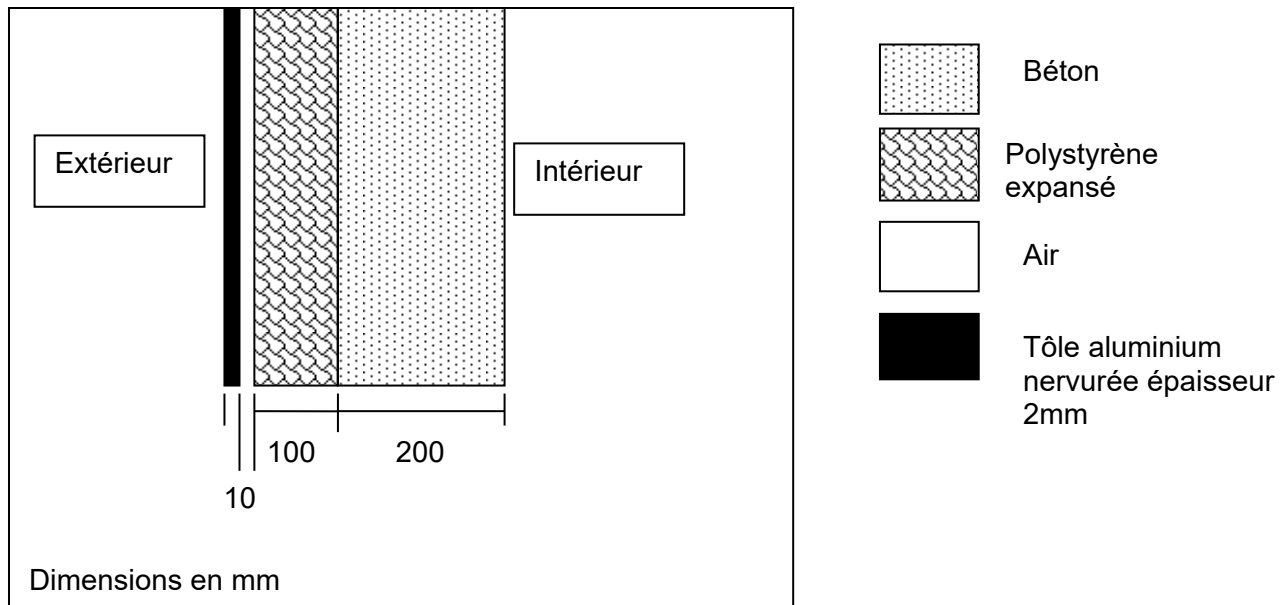
$M_f = -R_e \times Wel.z$	R_e	Limite élastique (MPa)
	M_f	Moment fléchissant (N·mm)
	Wel.z	Moment statique (mm ³)

Flèche admissible dans une poutre :

$f = \frac{L}{250}$	f	Flèche maximale (mm)
	L	Portée de la poutre (mm)

DTS6 : caractéristiques thermiques des parois

Paroi du méthaniseur :



Caractéristiques des matériaux :

Matériaux	Masse Volumique	λ
	$\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$	$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Béton	24	1,75
Laine de roche	0,19	0,047
Polystyrène expansé	0,1	0,043
Acier	78	50
Aluminium	27	230
Air		0,024

Résistances thermiques de surface Rsi et Rse :

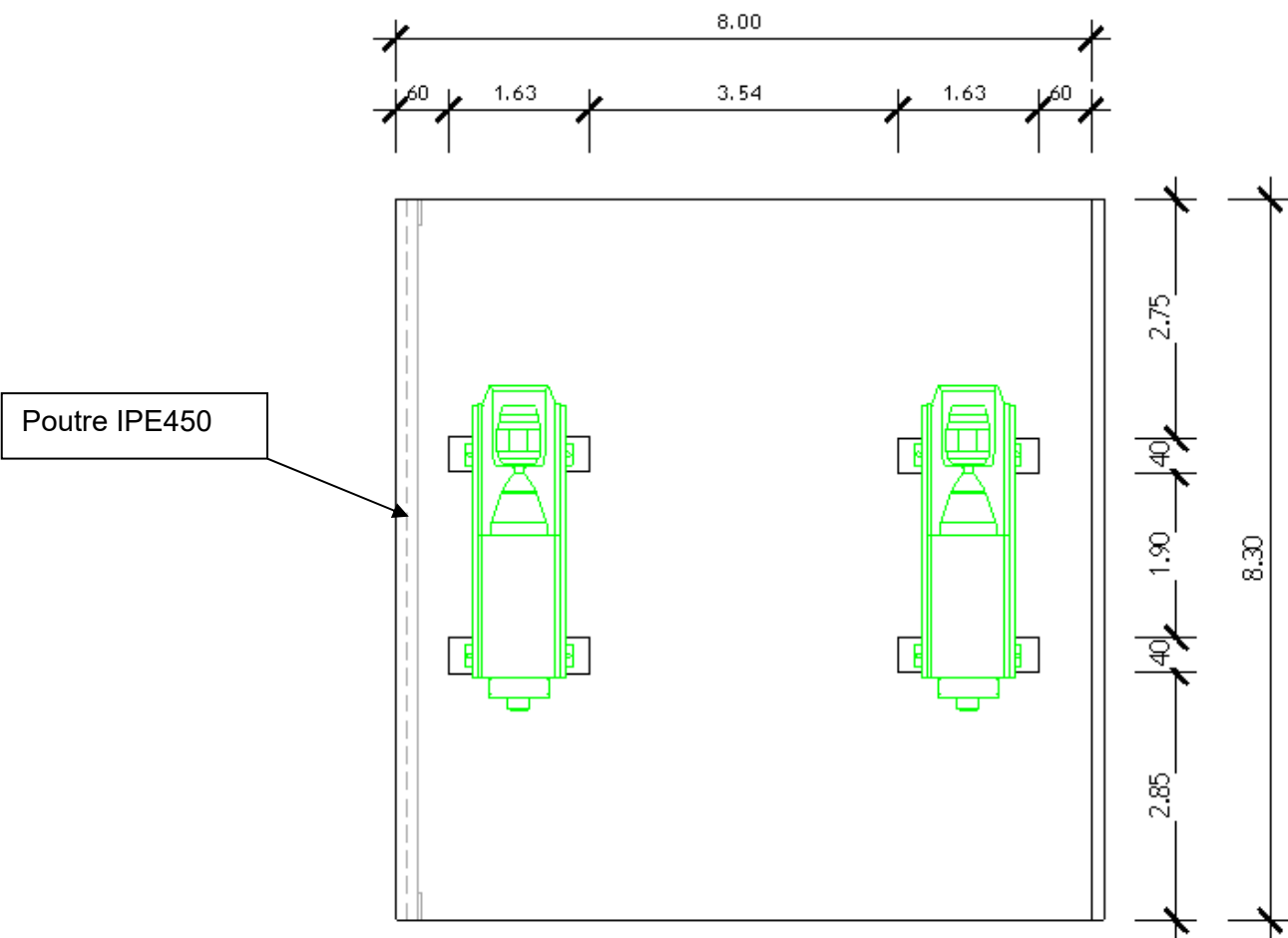
	Sens Flux	Rsi	Rse	Rsi + Rse
	Horizontal	0,13	0,04	0,17
	Ascendant	0,1	0,04	0,14
	Descendant	0,17	0,04	0,21

Rappels de calculs thermiques :

$$R = \frac{e}{\lambda} (\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}) ; R_t = \sum R (\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}) ; U = \frac{1}{R_t} ; \Phi = U \cdot S \cdot \Delta T (\text{W})$$

DRS1 : surface influence

Question B1 :



Surface influence = m²

Question B3 :



Poutre IPE450