Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2025

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

SYSTÈMES D'INFORMATION ET NUMÉRIQUE

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 collège » est autorisé.

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

Ce sujet comporte 35 pages numérotées de 1/35 à 35/35.

Constitution du sujet :

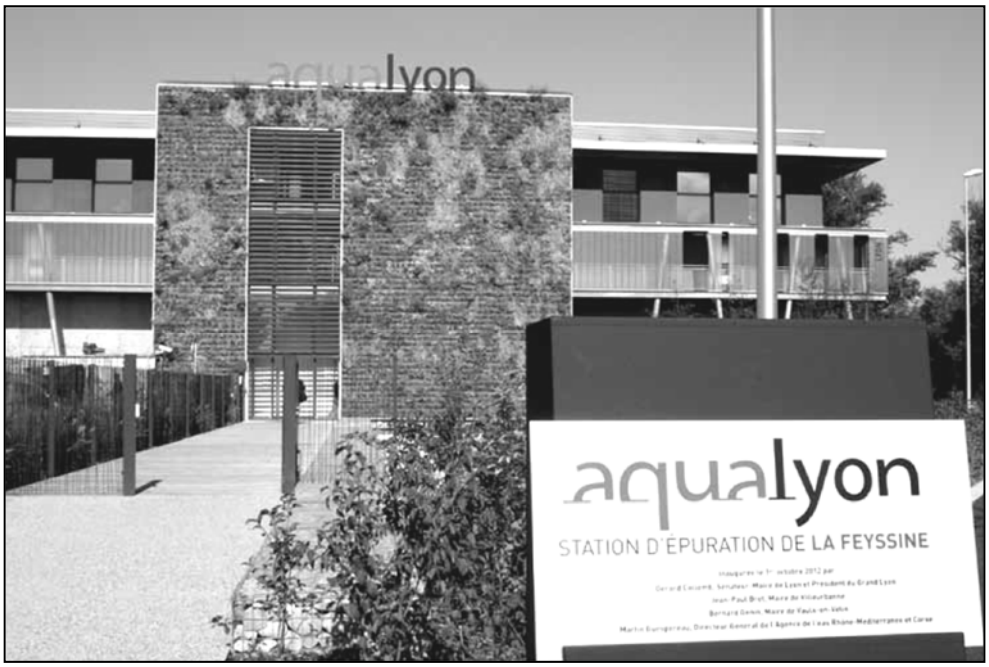
Partie commune (durée indicative 2h30)	12 points
Partie spécifique (durée indicative 1h30)	8 points

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.

PARTIE commune (2,5h) ..... 12 points

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

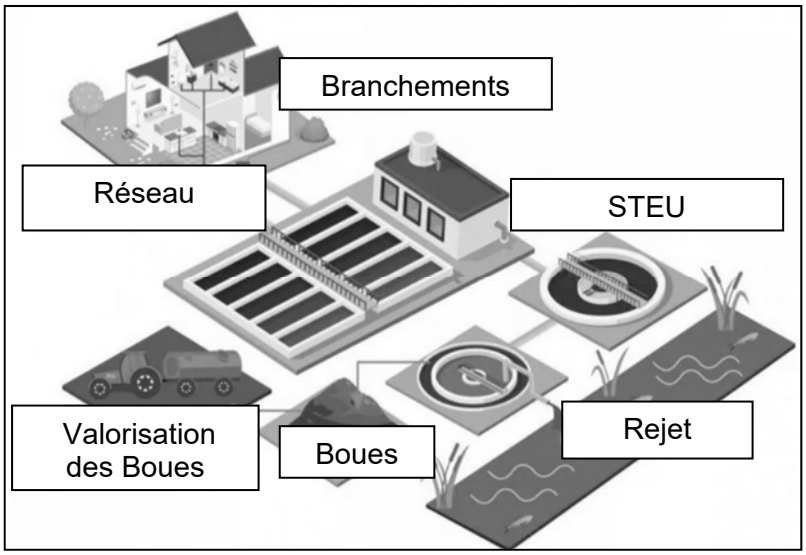


- Présentation de l'étude et questionnement ..... pages 3 à 9
- Documents techniques DT1 à DT8 ..... pages 10 à 15
- Documents réponses DR1 à DR3 ..... pages 16 à 18

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
DT5

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

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
DR2

Calculer les émissions de CO_2 dues à la consommation d'énergie électrique en $kg_{eq.CO2} \cdot an^{-1}$.

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 $kW \cdot h \cdot an^{-1}$. La production d'un kW·h de biogaz équivaut à une absorption de 0,2 $kg_{eq.CO2}$.

Question 2.3
DR2

Calculer l'impact négatif de CO_2 dues à cette production de biogaz en $kg_{eq.CO2} \cdot an^{-1}$ pour une STEU de type 2.

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

Question 2.4
DR2

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

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

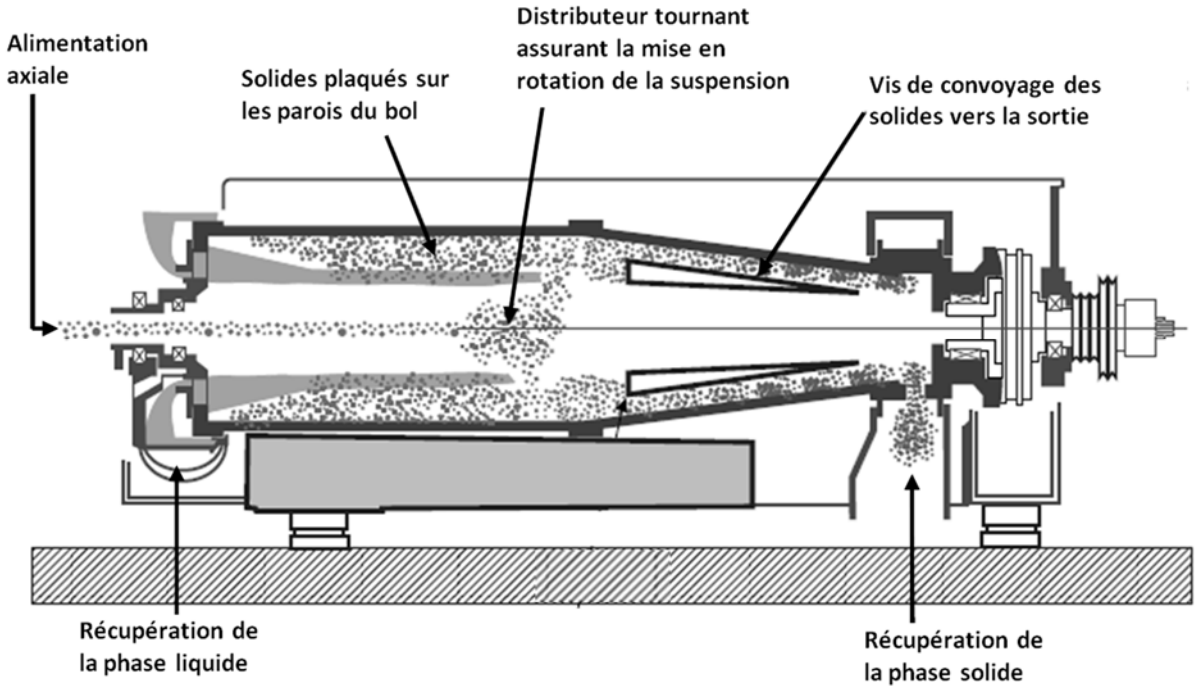
Question 3.3 — **Conclure** quant à la capacité de l'installation à garantir la sécurité des personnes.

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 $tr \cdot min^{-1}$) et raclées 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 $tr \cdot min^{-1}$, **calculer** Ω_{bol} la vitesse angulaire du bol en $rad \cdot s^{-1}$.

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

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

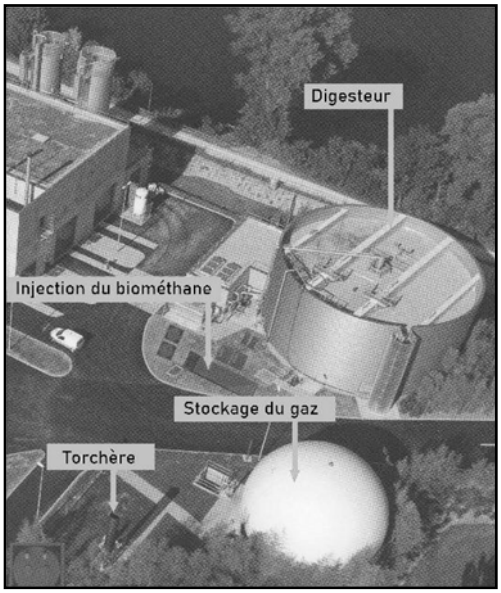
DT7

En considérant que la force centrifuge appliquée à l'eau est : F_{ce} = 30 200 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 $m \cdot s^{-2}$.



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 brulé 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 bruleur. 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 kg. La masse volumique de l'inox 316 est de 8 000 $kg \cdot m^{-3}$.

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

DT8

Calculer la surface de la dalle en béton.

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

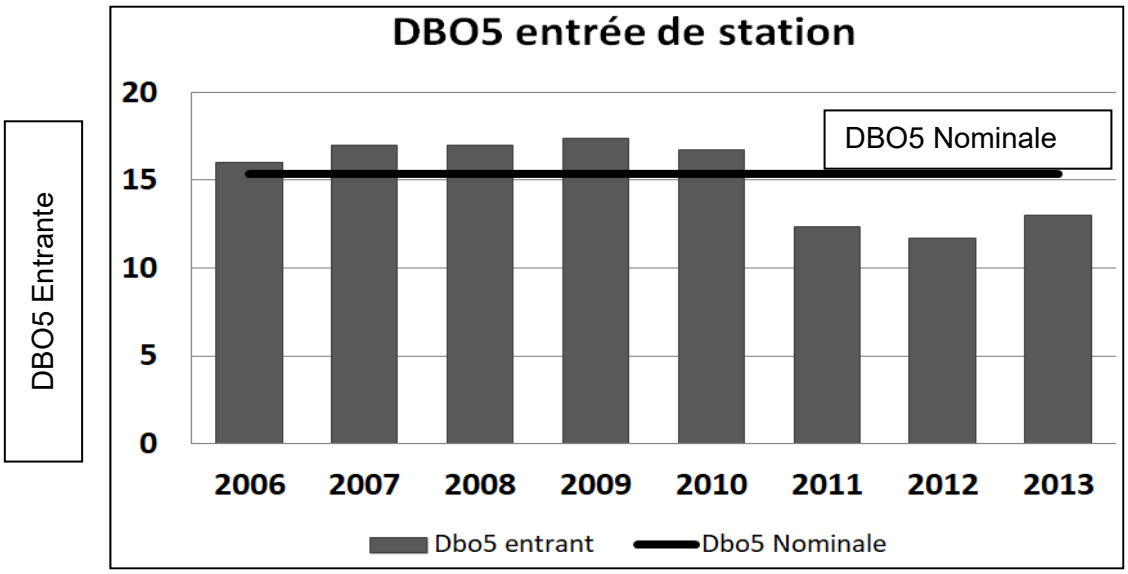
Conclure sur la capacité du sol à supporter l'implantation de ce système.

Question 5.4

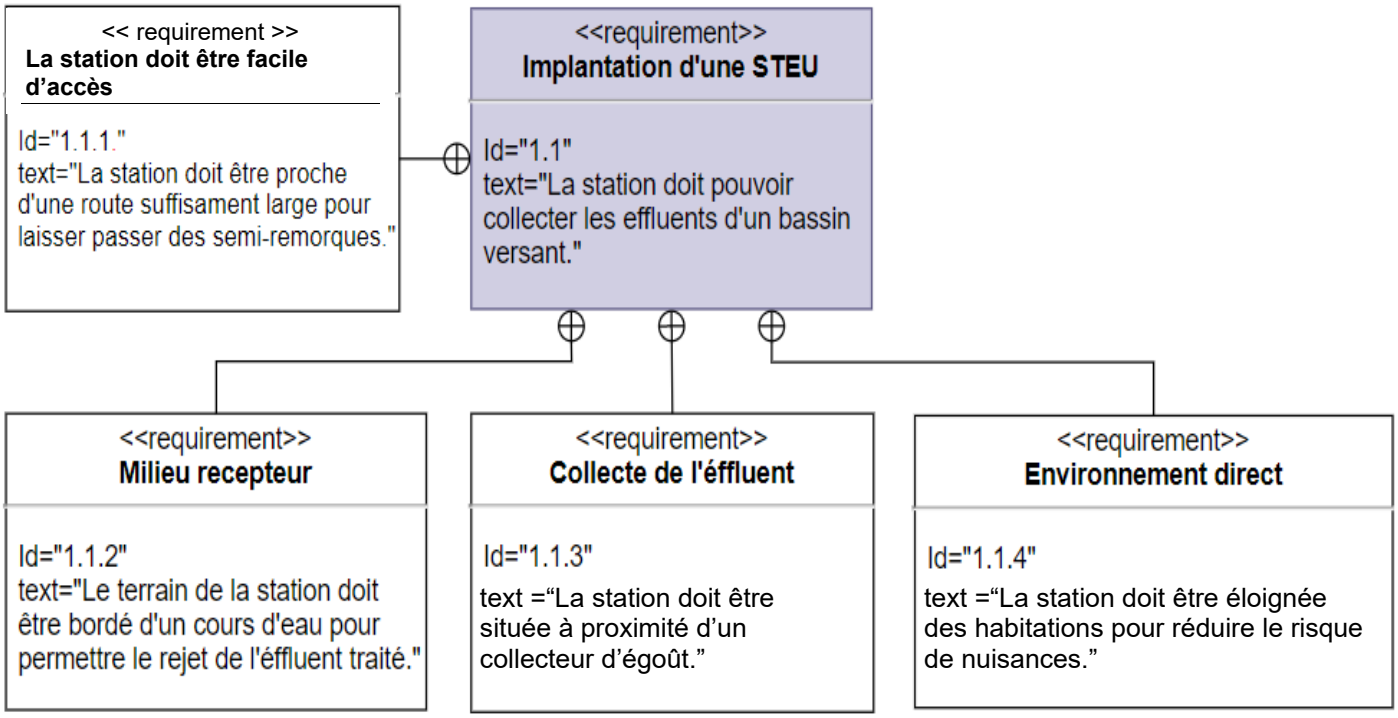
Conclure sur l'intérêt et la possibilité d'installer une torchère sur ce site.

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

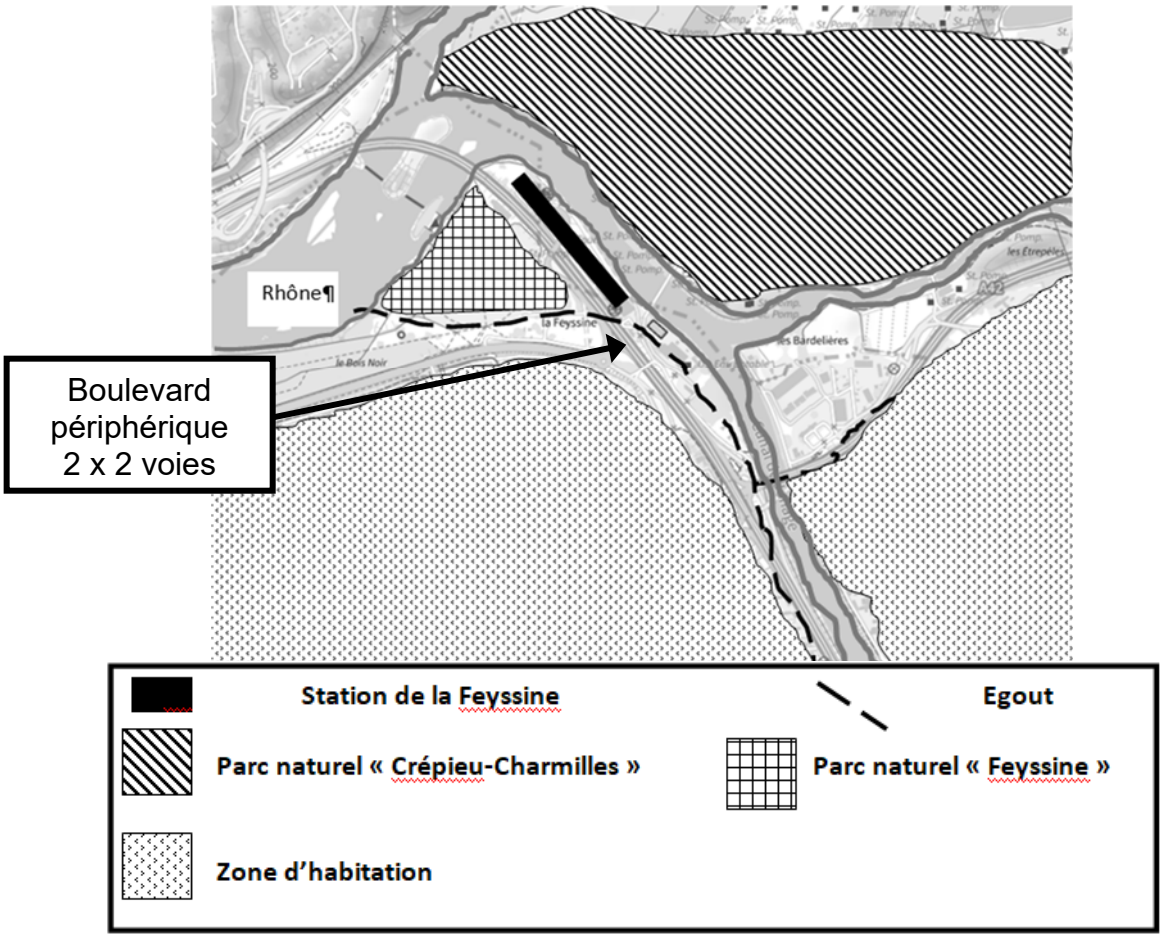
La DBO5 est un indicateur de quantification de la pollution. Une STEU est dimensionnée pour une quantité maximale de pollution appelée charge nominale. Si cette charge est dépassée la station ne peut plus traiter les effluents.



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



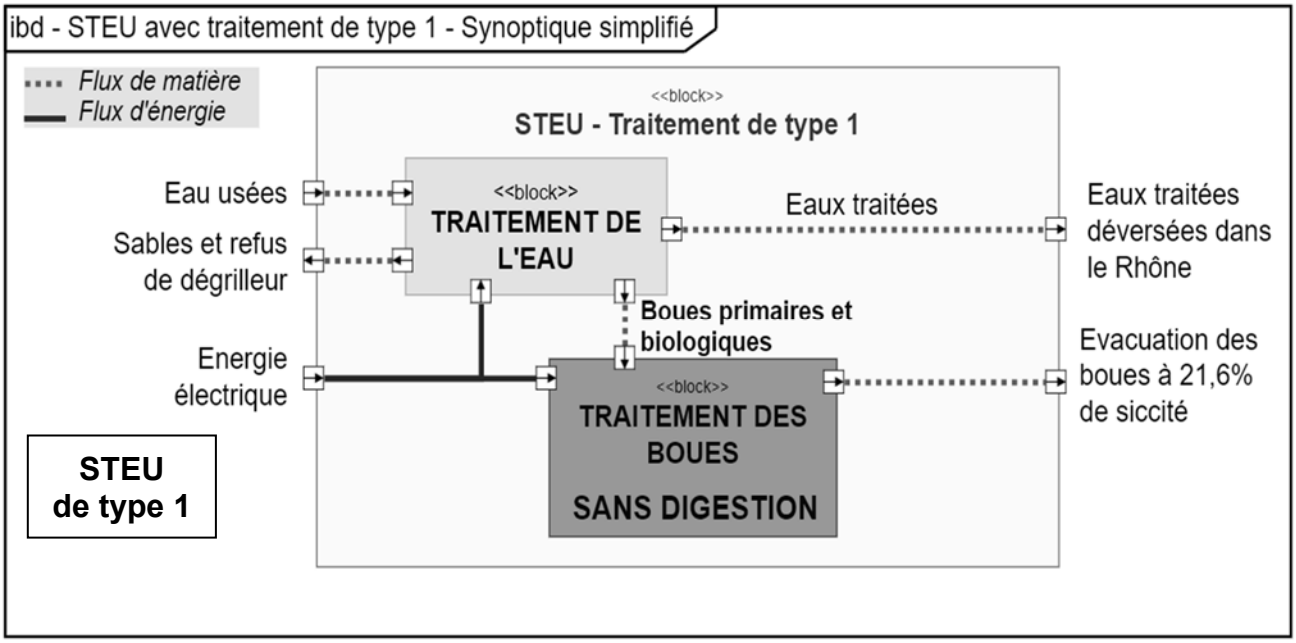
DT3 : plan de situation de la STEU de la Feyssine

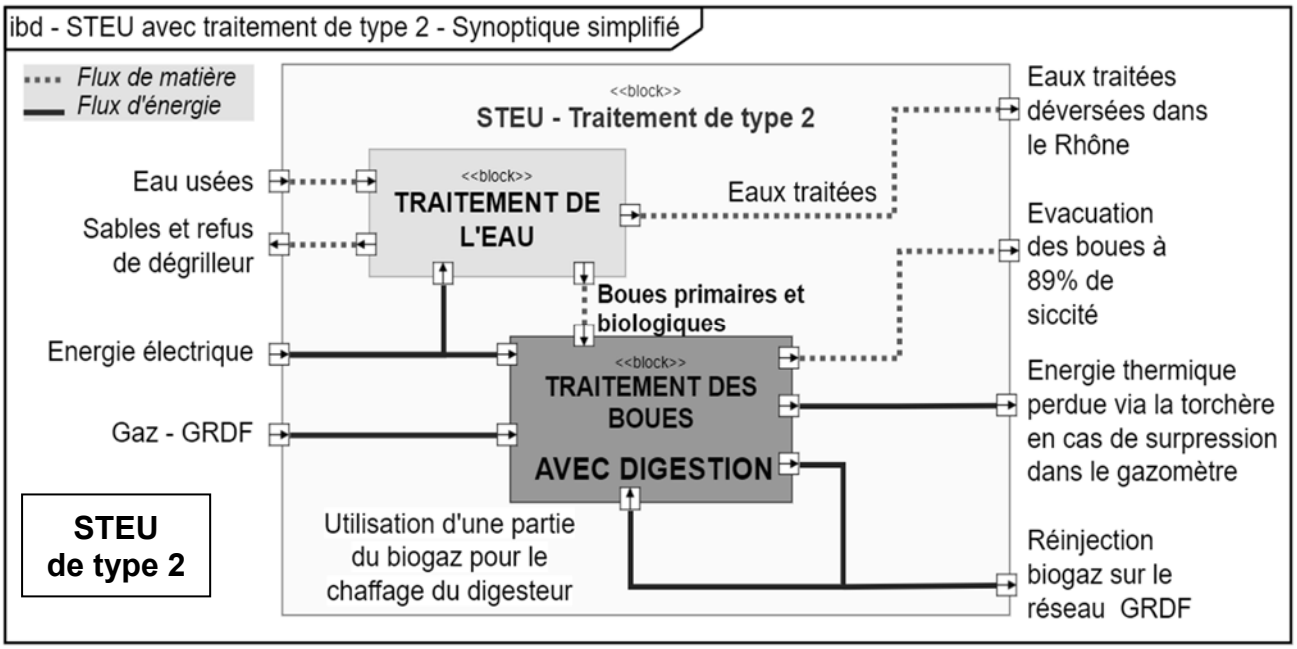


DT4 : données de dimensionnement des STEU en fonction du type de traitement et de la capacité

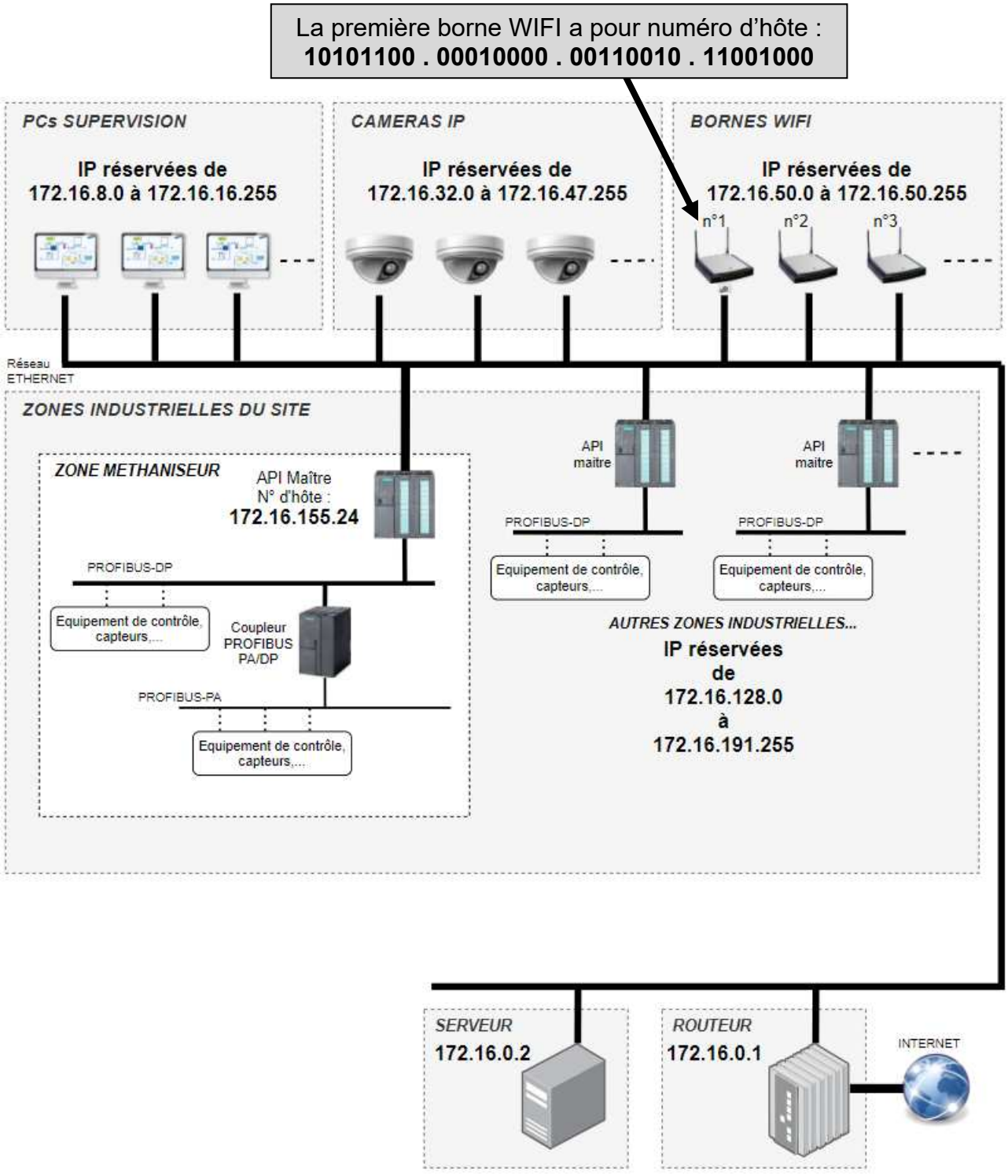
Données	*Types de traitement→* / *Unités*	Filtre plantée de Roseaux	Boue Activée aération prolongée	Biofiltre
Surface par équivalent habitant	$m^2 \cdot EqHab^{-1}$	**10**	**1,06**	**0,25**
Énergie consommée en fonction de la pollution traitée	$kW \cdot h \cdot kg_{DBO5\ éliminée}^{-1}$	**0,5**	**3,2**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

DT5 : synoptiques simplifiés STEU avec et sans digestion des boues





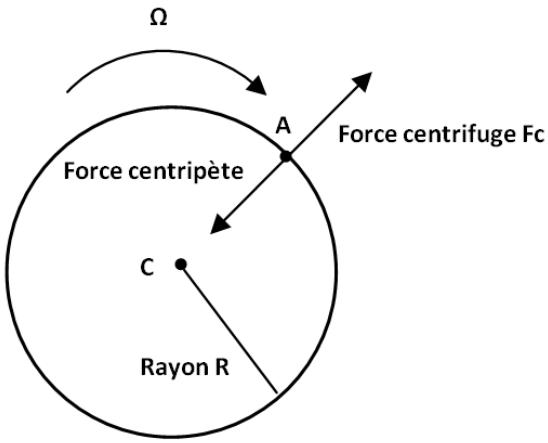
DT6 : schéma du réseau de la station



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.

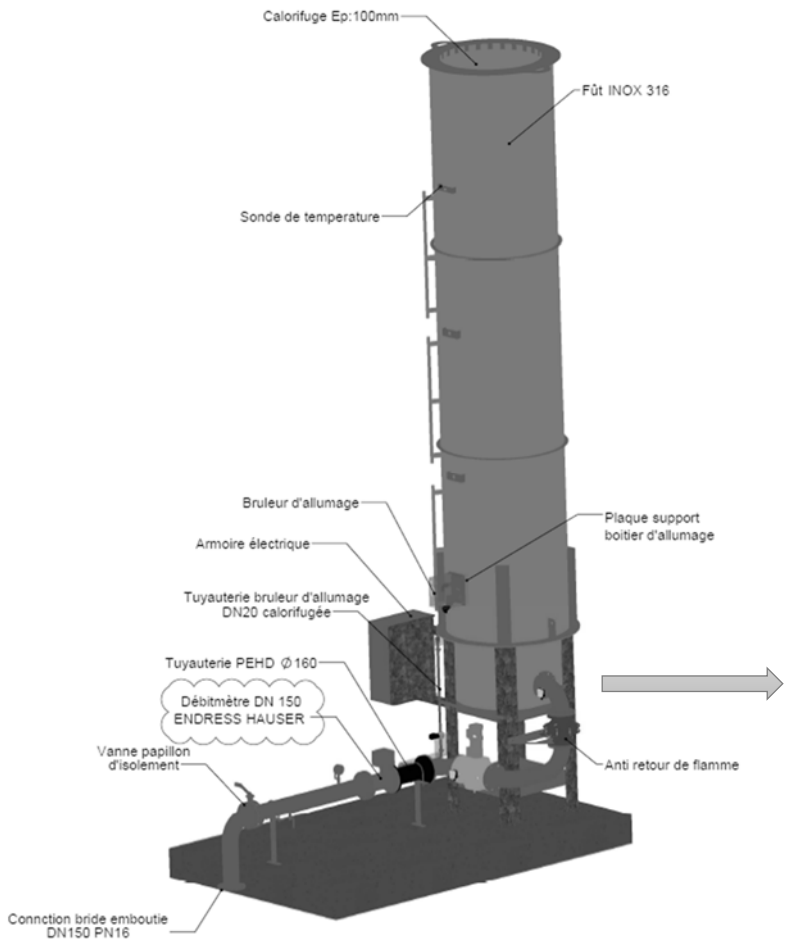


Formule de calcul de la force centrifuge appliquée aux boues en Newton :

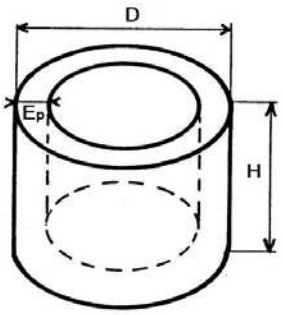
$$F_{cb} = \rho_{boues} \times V_{bol} \times R_{bol} \times \Omega^2$$

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**

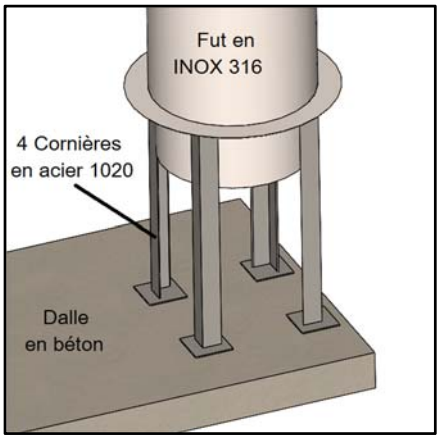
DT8 : implantation de la torchère



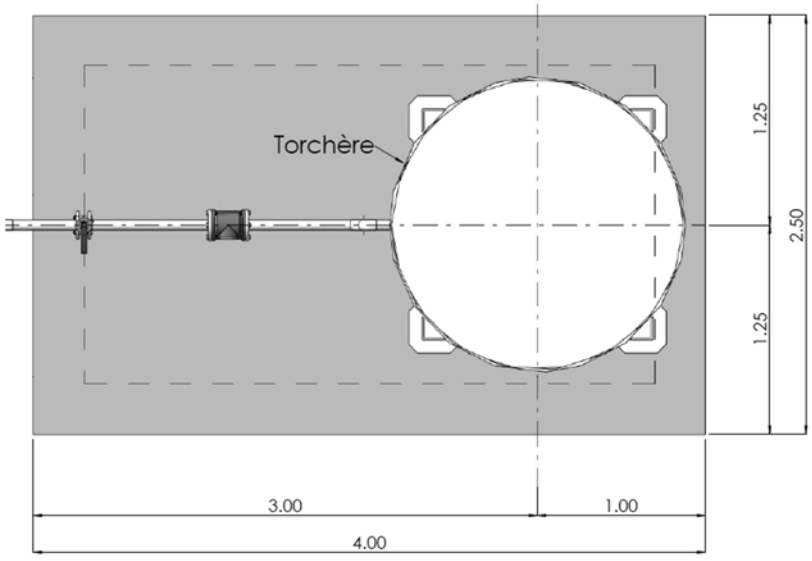
Fût simplifié



Diamètre extérieur : $D = 1500\ mm$
Epaisseur : $E_p = 10\ mm$
Hauteur : $H = 7\ m$



<u>Implantation de la torchère sur la dalle en béton :</u>



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	kgDBO_5 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	m²	_____	**318 000**	**75 000**
Énergie consommée	kW·h	**8 550**	_____	**76 950**
Cout investissement	M€	**540**	**68,4**	_____

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

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

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

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		$kg_{eq.CO2} \cdot an^{-1}$ *Question 2.2 :* _____		$kg_{eq.CO2} \cdot an^{-1}$ **760 000**
(2)	Consom-mation de Gaz Naturel	**NON**	$kg_{eq.CO2} \cdot an^{-1}$ **0**	$kW \cdot h \cdot an^{-1}$ **2 900 000**	$kg_{eq.CO2} \cdot an^{-1}$ **1 284 700**
(3)	Transport des boues	Nombre d'allers-retours **2 665**	$kg_{eq.CO2} \cdot an^{-1}$ **89 005**	Nombre d'allers-retours **91** Distance aller-retour **200**	$kg_{eq.CO2} \cdot an^{-1}$ **9 767**
(4)	Production de Gaz naturel	**NON**	$kg_{eq.CO2} \cdot an^{-1}$ **0**	$kW \cdot h \cdot an^{-1}$ **5 296 000**	$kg_{eq.CO2} \cdot an^{-1}$ *Question 2.3 :* - _____
(5)	Fin de vie des boues	Épandage agricole	En $kg_{eq.CO2}$ **575 600**	Valorisation comme combustible	En $kg_{eq.CO2}$ **-106 000**
	TOTAL $kg_{eq.CO2} \cdot an^{-1}$: *(1)+(2)+(3)+(4)+(5)*		*Question 2.4 :* _____		*Question 2.4 :* _____

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

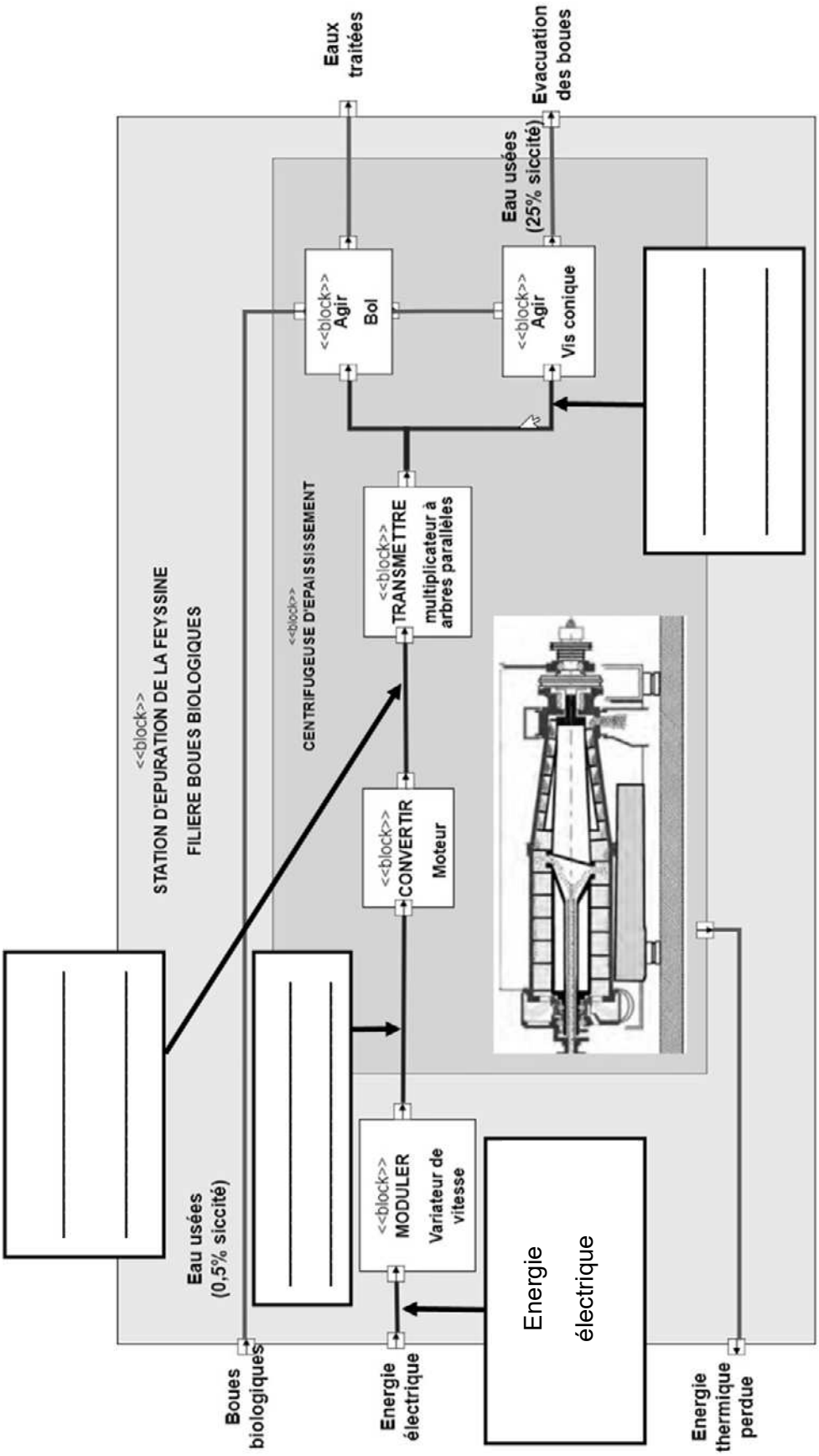
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DR3 : chaine de puissance de la centrifugeuse d'épaississement



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 : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

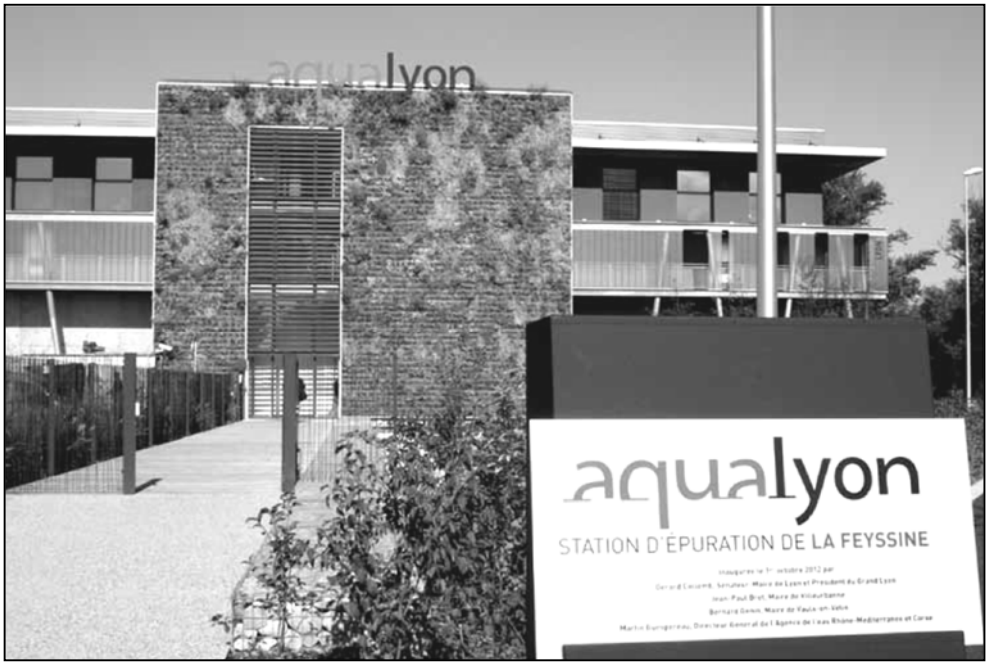
1.2

PARTIE enseignement spécifique (1,5h) ..... 8 points

Vous prendrez une nouvelle copie pour traiter cette partie.

SYSTÈMES D'INFORMATION ET NUMÉRIQUE

Station de Traitement des Eaux Usées de la Feyssine



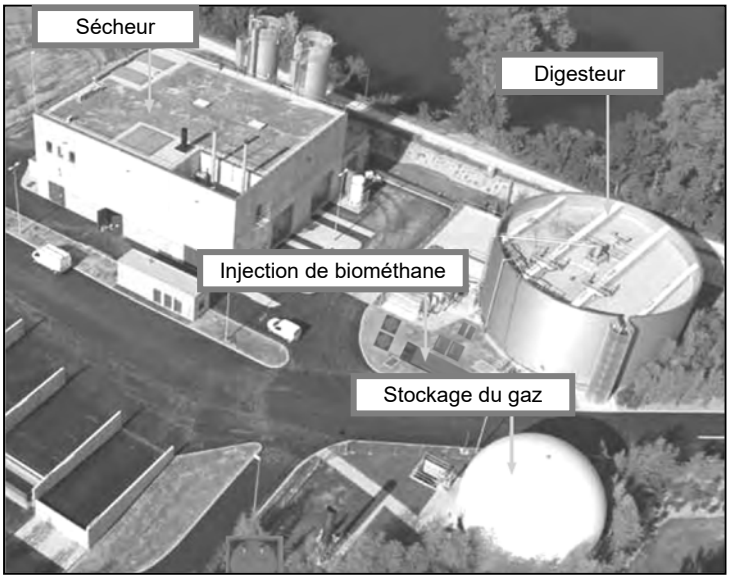
- Présentation de l'étude et questionnement ..... pages 19 à 24
- Documents techniques DTS1 à DTS9 ..... pages 25 à 30
- Documents réponses DRS1 à DRS7 ..... pages 31 à 35

Mise en situation

La production de biogaz est le critère le plus représentatif et le plus simple de la qualité de la digestion des boues. Elle dépend principalement de trois facteurs :

- la température ;
- le temps de séjour ;
- le degré de stabilisation de la MO (Matière Organique) admise en digestion.

L'influence de la température est déterminante sur le bon fonctionnement du digesteur : rapidité de démarrage, stabilité de la fermentation, production de gaz.



Travail demandé

Partie A : comment maitriser la température au sein du digesteur pour garantir son bon fonctionnement ?

La température au sein du digesteur est relevée à l'aide d'un capteur composé (voir le document-technique DTS1) :

- d'une sonde PT100 ;
- d'un transmetteur permettant de communiquer l'information aux systèmes de supervision ;
- d'un afficheur permettant de visualiser sur place la température mesurée.

Question A.1

DTS1, DTS2

DRS1

Sur le document-réponse DRS1 :

- **Compléter** les noms manquants des 3 blocs fonctionnels de la chaine d'information de l'ensemble du système de mesure de la température du digesteur ;
- En vous aidant des exemples ci-dessous, **indiquer** la nature des informations demandées (flux F1 à F4, étiquettes grisées à l'extérieur du diagramme ibd du capteur de température digesteur).

  Exemples : Grandeur physique / Courant analogique /
  Information numérique / Signal logique /
  Tension analogique

Question A.2

DTS2, DRS2

Compléter le tableau du document-réponse DRS2 en précisant les valeurs minimales et maximales (flux F1 à F4 dans le tableau).

Le document-technique DTS3 présente les mesures de la tension en entrée et en sortie des composants de la chaîne de conditionnement du signal.

Question A.3

DTS3

DRS3

Sur le document-réponse DRS3, **compléter** le tableau en identifiant les numéros des relevés en entrée et en sortie du bloc d'amplification.

Préciser dans la zone grisée du tableau la nature du filtre utilisé (filtre passe bas, passe haut ou passe bande).

Le transmetteur est équipé d'un convertisseur analogique-numérique permettant de générer une valeur numérique image de la température mesurée qui sera ensuite traitée et transmise via le module de communication PROFIBUS®-PA.

Question A.4

DTS2

Calculer la valeur du quantum q du convertisseur analogique-numérique exprimée en mV.

Pour la suite de l'étude, la valeur du quantum du CAN est q = 0,16 mV.

Question A.5

DTS2

Calculer la valeur de la résolution de la chaîne d'acquisition R en °C.

Question A.6

DTS4

Conclure sur la qualité de la mesure de la température au sein du digesteur au regard du diagramme d'exigences. **Justifier** votre réponse.

Partie B : comment garantir la transmission des informations et la sécurité du site ?

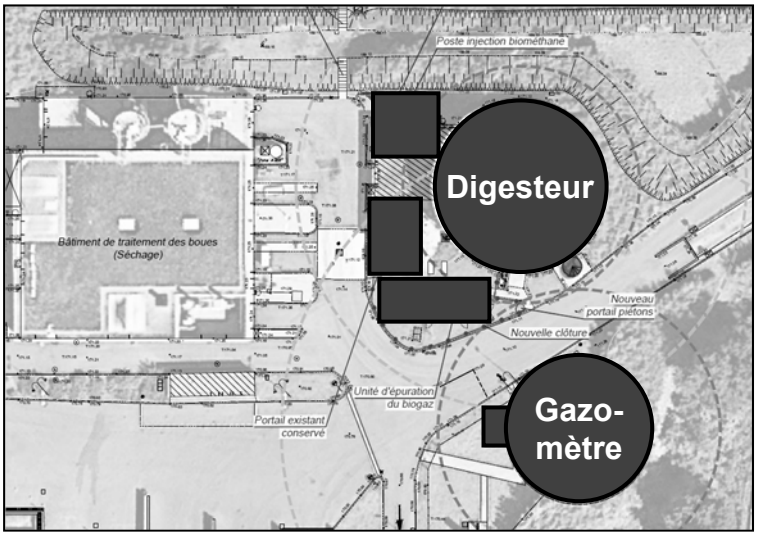
L'installation de la valorisation des boues possède des zones à risque étant donné la production, la circulation et le stockage de méthane, gaz extrêmement inflammable à l'air et explosif. L'instrumentation du digesteur et de l'ensemble des zones à risques nécessite un choix de technologie adapté permettant de limiter au maximum les risques.

Le choix du bus de terrain pour équiper l'ensemble de la station s'est porté sur un modèle PROFIBUS qui se décline en deux catégories : DP (Decentralized Peripherals) et PA (Automatisation de Process).

Le bus de terrain PROFIBUS-PA est compatible avec un emploi en **AT**mosphère **EX**plosible (dites « ATEX ») zones 0 et 1 (voir tableau ci-contre).

Signification	Gaz/vapeurs	Poussière
Danger certain	**Zone 0**	**Zone 20**
Danger probable	**Zone 1**	**Zone 21**
Danger peu probable	**Zone2**	**Zone 22**

Implantation des zones 0 ATEX (en gris foncé ci-dessous):



Au sein des zones à risque de l'unité de traitement des boues, on estime que le bus de terrain doit pouvoir couvrir une distance minimale de 200 m.

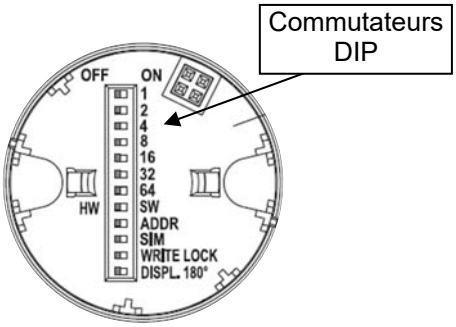
Question B.1

DTS4, DTS5

Relever la vitesse de transmission minimale requise pour la transmission des relevés de température.

Justifier le choix du protocole PROFIBUS®-PA comme bus de terrain pour les zones à risque ATEX zone 0 de l'unité de traitement des boues de la station.

L'adresse des différents constituants (capteurs, automates, coupleurs, etc.) est fixe et peut être définie à l'aide des commutateurs DIP situés à l'arrière de l'afficheur :



L'adresse hardware, **codée sur 7 bits (de 0 à 127),** est configurée via les commutateurs DIP 1 (1) - 7 (64). Le commutateur DIP « SW-HW » doit être réglé sur « HW » et le commutateur DIP « "ADDR ACTIVE » sur « ON ».

Le capteur de température doit être configuré à l'adresse 89.

Question B.2

DRS4

Convertir l'adresse du capteur de température en binaire.

Compléter le document-réponse DRS4 en indiquant les positions des différents commutateurs DIP pour paramétrer correctement ce capteur.

Question B.3
DTS6

Calculer la durée d'un bit en µs sur le bus de terrain PROFIBUS®.
Préciser le nombre de bits nécessaires au transfert d'un octet.
En déduire la durée de transmission d'une trame contenant 14 octets.

Le document-réponse DRS5 donne la trame incomplète de la réponse du capteur de température (adresse 0x59 (=59_{16})) suite à la requête du composant maître (Master-DP, 0x2F) lui demandant la mesure de la température dans le digesteur.

Question B.4

DTS6, DTS7

DRS5

Compléter le document-réponse DRS5 de manière à définir l'adresse source (octet SA) de la trame.

Question B.5

DTS8

DRS5

À l'aide de la table ASCII partielle donnée, **décoder** la valeur de la température renvoyée par le capteur codée dans les 8 octets de données (PDU) de la trame réponse du document-réponse DRS5.

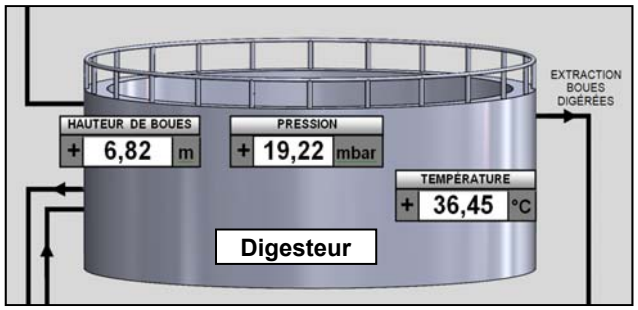
Question B.6

Conclure sur la pertinence du choix de technologie réalisé pour la transmission des informations du digesteur.

Partie C : comment le traitement des informations délivrées par les capteurs permet d'optimiser la surveillance ?

Le système de supervision du site (voir figure ci-contre) surveille en permanence les paramètres au sein du digesteur en relevant toutes les 10 secondes :

- la température (qui doit rester comprise entre 35°C à 37°C pour garantir le bon fonctionnement du digesteur) ;
- la hauteur de boues (en m) ;
- la pression (en mbar).



Des scripts Python utilisent ces données pour gérer l'IHM (Interface Homme-Machine) de supervision et pour réaliser des traitements statistiques sur les performances de la station.

Le script Python nommé « script_alarm » dont le fonctionnement est détaillé sur le document-technique DTS9 s'exécute toutes les minutes et permet de :

- lire les relevés de température depuis la table « digesteur » ;
- surveiller la température actuelle T au sein du digesteur ;
- calculer la valeur absolue de la variation de la température sur 5 minutes delta_Tc5m et la comparer à la valeur limite prédéfinie delta_Tc5m_max ;
- calculer la valeur absolue de la variation de la température sur 1 heure delta_Tc1h et la comparer à la valeur limite prédéfinie delta_Tc1h_max ;
- renseigner la table « alarmes_digesteur » qui répertorie les états logiques des différentes alarmes.

Question C.1 | **Compléter** le tableau du document-réponse DRS6 en précisant le ou les numéros des messages du diagramme de séquence correspondant aux lignes de code Python demandées.

DTS9

DRS6

Question C.2 | **Compléter** la procédure « check_alarm() » du script permettant de définir l'état (0 ou 1) de « alarm_Tinf ».

DTS9

DRS7

Le site de la Feyssine est équipé dans son intégralité de 320 capteurs. Les relevés de ces capteurs sont stockés dans différentes tables de la base de données toutes les 5 minutes. Pour chaque capteur, la taille moyenne d'un relevé est de 10 octets.
Le serveur qui contient la base de données conserve les données pendant 30 jours avant de la transférer sur le serveur d'un data center externe pour archivage.

Question C.3 | **Calculer** la taille de stockage nécessaire sur le serveur de la station en Mo.

Question C.4 | **Conclure** sur la capacité de l'installation à garantir la surveillance du site.

DTS1 : ensemble capteur + transmetteur

La mesure de température au sein du digesteur est réalisée par l'ensemble constitué d'une sonde PT100 (thermo-résistance aussi appelée RTD) et d'un module de transmission permettant d'adapter le signal issu de la sonde, de le numériser et de le transmettre via le BUS de terrain de la station (protocole PROFIBUS® PA).

OMNIGRAD M TR10 – Thermo-résistance modulaire (PT100)



iTEMP TMT84 Transmetteur de température pour tête de sonde + afficheur



☞ **Corps d'épreuve : sonde PT100**

- Gamme de mesure: -50 à 400°C avec PT100 TF ;
- Temps de réponse rapide avec extrémité rétreinte/conique ($t_{90\%}$ = 21s) ;
- Types de protection pour une utilisation en zones explosibles ATEX Zone 0 : sécurité intrinsèque (Ex ia) / antiétincelle (Ex nA).

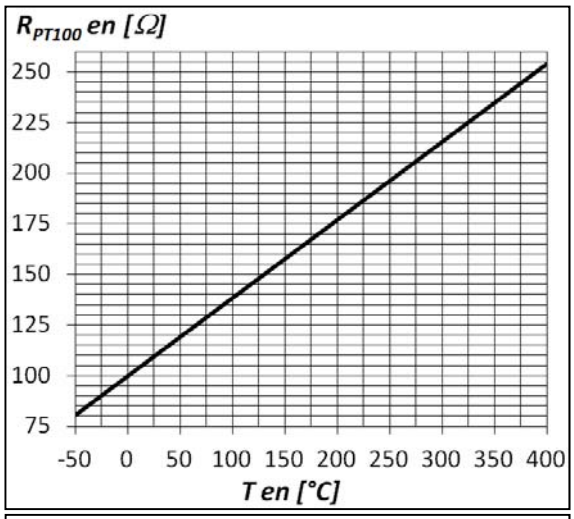
☞ **Conditionnement du signal issu de la sonde par le transmetteur TMT84**

Le conditionnement du signal comporte, dans le désordre, la conversion de la variation de la résistance de la sonde en tension image à l'aide d'un pont de Wheastone, le filtrage, l'amplification et la conversion en signal numérique.

DTS2 : caractéristiques des composants

☞ **Sonde PT100**

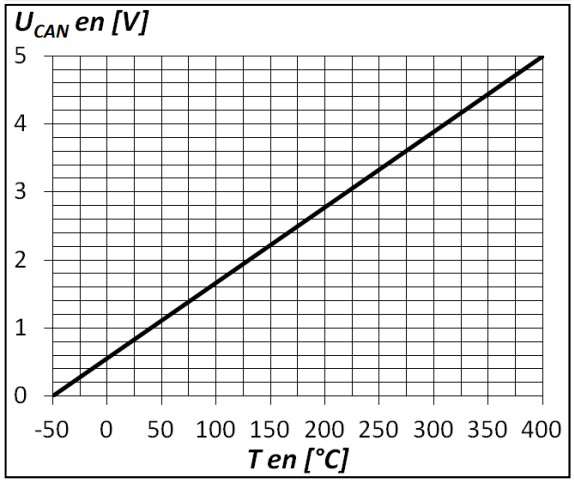
La sonde PT100 est une résistance variable dont la valeur dépend de la température ambiante selon la caractéristique ci-contre :



L'étendue de mesure de la sonde utilisée est : EM_{PT100} : de -50 à 400 °C

☞ **Conditionnement du signal**

La chaîne de conditionnement du signal permet de convertir et d'adapter l'information issue de la sonde en tension image calibrée pour l'entrée du convertisseur analogique - numérique (0 à 5 V) suivant la caractéristique ci-contre :



☞ **Convertisseur Analogique-Numérique**

Étendue de mesure du CAN : **EM_{CAN}**	De 0 à 5 V
Résolution du CAN : **N**	15 bits

Le quantum q en V correspond à la valeur minimum de la tension en entrée du CAN qui incrémentera la valeur numérique en sortie :

$$q = \frac{EM_{CAN}}{2^N - 1}$$

☞ **Résolution de l'ensemble de la chaîne d'acquisition**

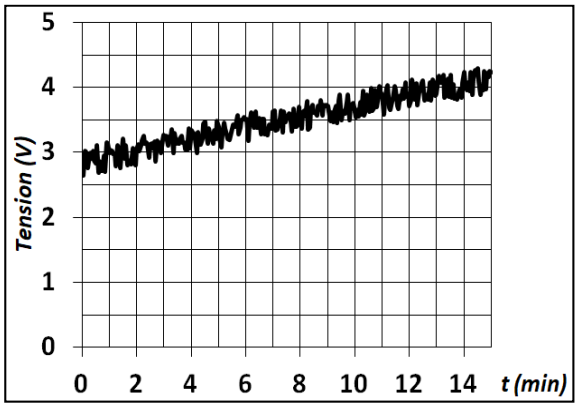
La résolution correspond à la plus petite variation de grandeur mesurable par le capteur. On pourra définir la résolution depuis la sonde jusqu'en sortie du CAN en °C par la relation suivante :

$$R = q \times \frac{EM_{PT100}}{EM_{CAN}}$$

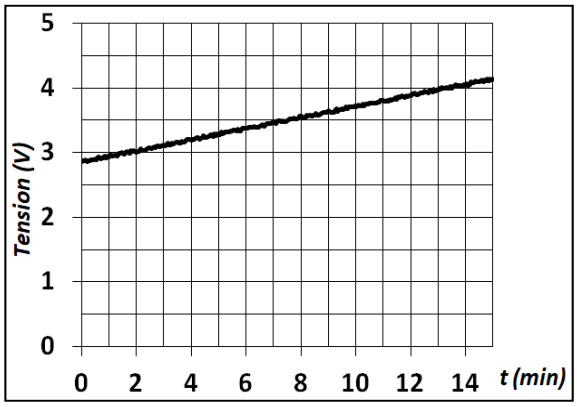
q en V

DTS3 : mesures sur la chaîne de conditionnement

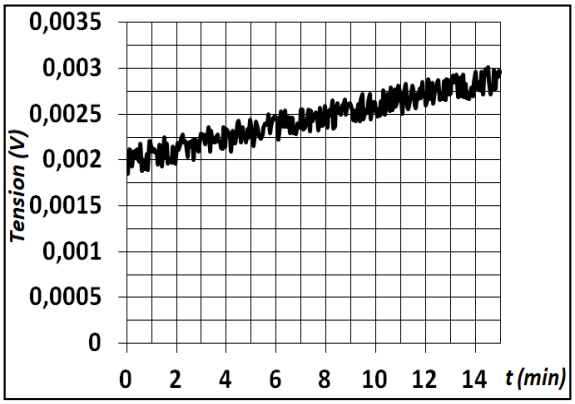
Relevé n°1 :



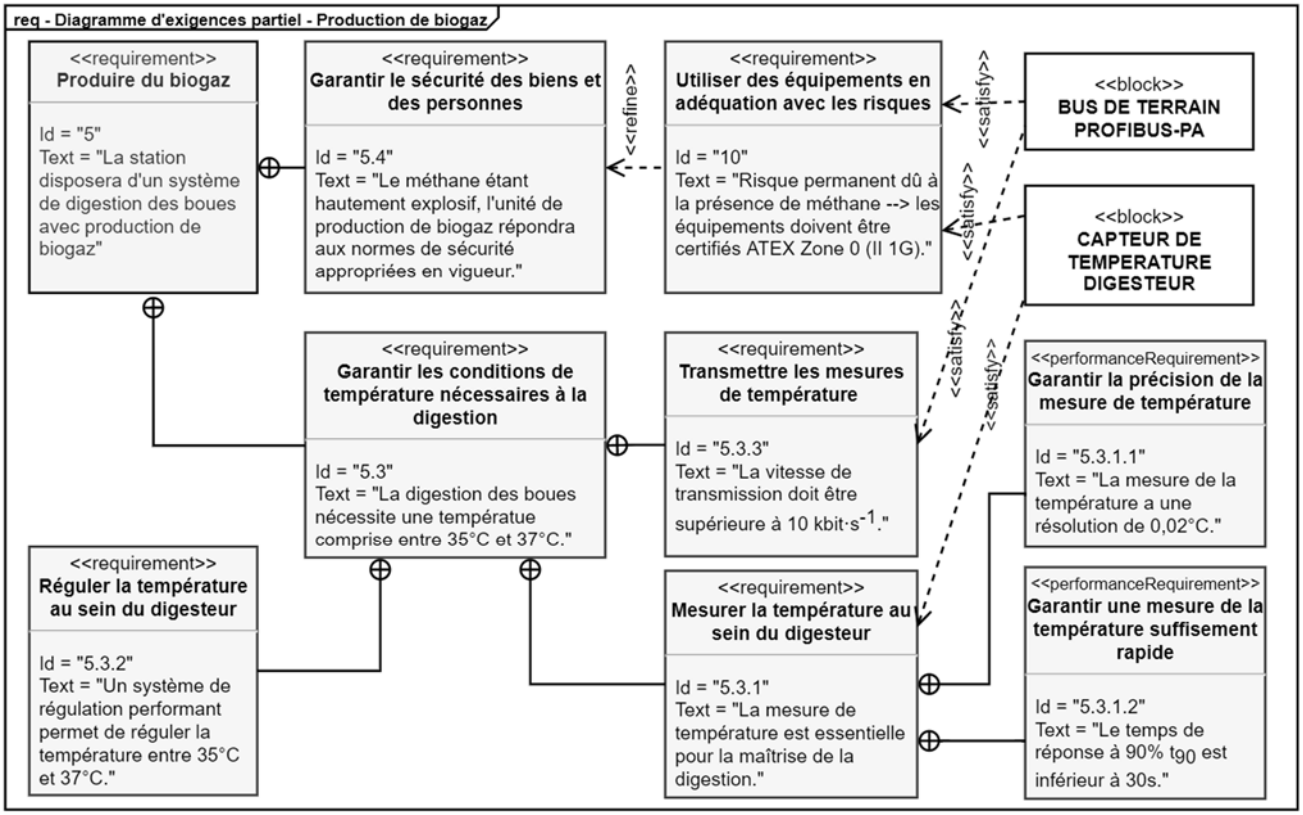
Relevé n°2 :



Relevé n°3 :



DTS4 : diagramme d'exigences partiel



DTS5 : comparatif protocoles industriels

	Ethernet	HART	MODBUS	PROFIBUS-DP	PROFIBUS-PA
Longueur maximale	100 m	3000 m	300 m	1900 m	1900 m
Vitesse de transmission	100 Mbit·s^{-1}	3600 bit·s^{-1}	19,2 kbit·s^{-1}	12 Mbit·s^{-1}	31,2 kbit·s^{-1}
Zone ATEX (atmosphère explosive)	Zone 1 ATEX II 2 G	Zone 0 (ATEX II 1G)	Zone 2 ATEX II 3 G	Zone 1 ATEX II 2 G	Zone 0 ATEX II 1G
Utilisation courante	Ethernet est le protocole standard pour la transmission de données sur les réseaux et sur Internet.	Protocole de communication bidirectionnelle qui établit la communication entre les instruments de terrain et les systèmes de contrôle. Il comprend deux voies de communication simultanée : analogique et numérique.	C'est un protocole de communication non-propriétaire utilisé pour des réseaux d'automates programmables. Ce protocole basé sur une structure hiérarchisée entre un client unique et plusieurs serveurs est dans le domaine public et sa spécification est publique.	Utilisé pour connecter des équipements actifs et des détecteurs à un contrôleur central dans des applications de production industrielle.	Utilisé pour des équipements de mesure et de surveillance ; il est particulièrement conçu pour les zones à risques (d'explosion notamment).

DTS6 : PROFIBUS – transmission et codage

Transmission du signal :

La vitesse de transmission est de 31,25 kbit·s^{-1}.

Codage du signal :

La transmission d'un octet est de type Little Endian (LSB en premier).

Par conséquent, le codage d'un octet comporte :

- 1 bit de start à 0 ;
- 8 bits de données ;
- 1 bit de parité paire ;
- 1 bit de stop à 1.

Start	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	Bit de parité	Stop
« 0 »	LSB							MSB	Paire	« 1 »

DTS7 : PROFIBUS®-PA - protocole

Datagramme d'une trame PROFIBUS® de longueur fixe :

Taille en octets

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SD 0x42	**DA**	**SA**	**FC**	**PDU**								**FCS**	**ED 0x16**

Octets	Nom	
SD	Start Delimiter (octet de début de trame)	Permet de détecter le début de la trame Valeur en hexadécimal : 0x42
DA	Destination Adress	Permet de définir l'adresse du destinataire de la trame
SA	Source Adress	Permet de définir l'adresse de l'expéditeur de la trame
FC	Function Code	Permet de définir la fonction de la trame (requête, réponse, horloge,…)
PDU	Protocol Data Unit	Données transmises codées sur 8 octets
FCS	Frame Check Sequence	Checksum : il est calculé en divisant par 255 la somme des octets DA + SA + TC + PDU (octets 2 à 12)
ED	End Delimiter (octet de fin de trame)	Permet de détecter la fin de la trame Valeur en hexadécimal : 0x16

DTS8 : table ASCII (extrait)

DEC : décimal / ***HEX*** : hexadécimal / ***Char*** : caractère

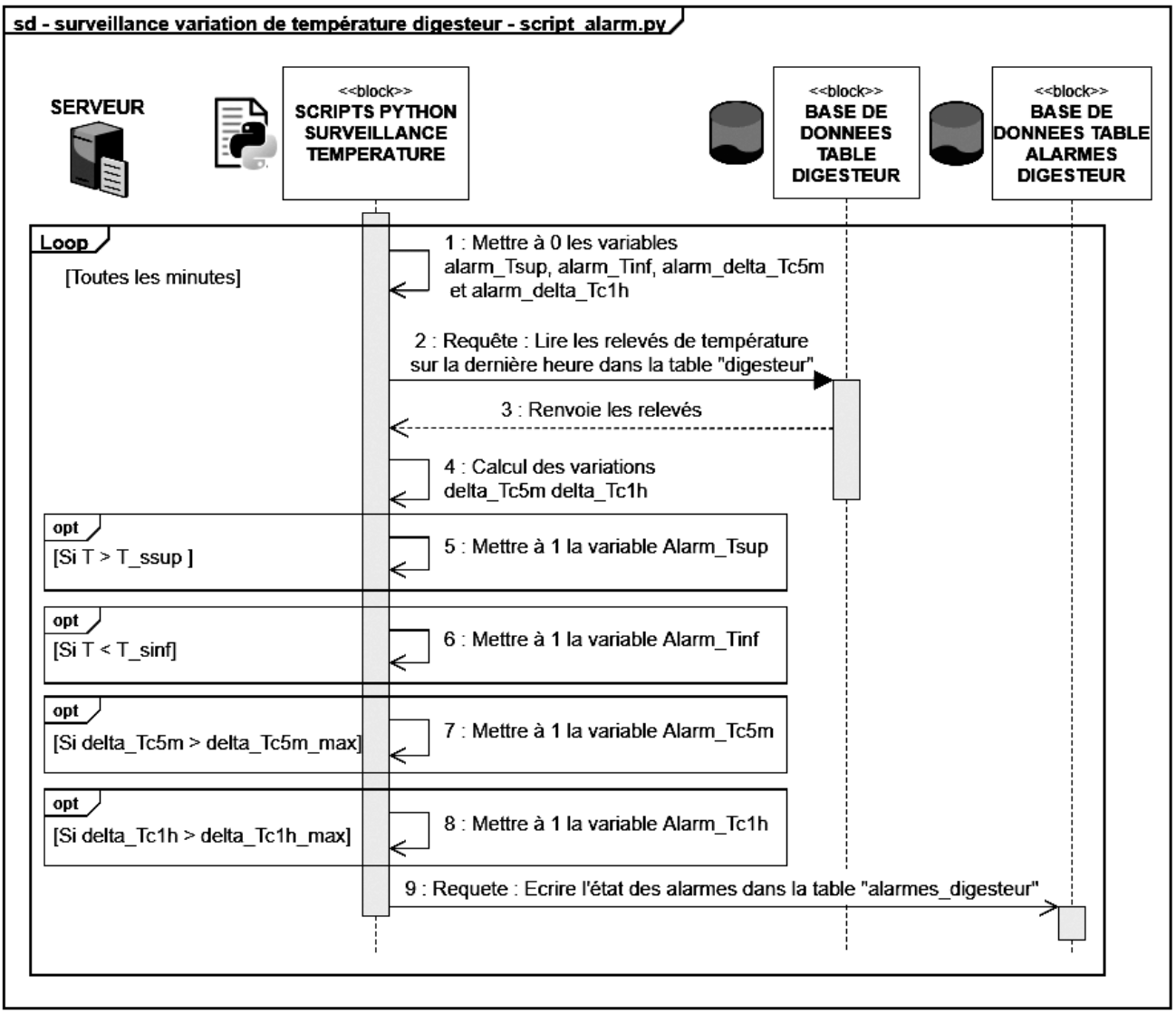
DEC	HEX	Char	DEC	HEX	Char	DEC	HEX	Char	DEC	HEX	Char	DEC	HEX	Char	DEC	HEX	Char
32	20		51	33	3	70	46	F	89	59	Y	108	6C	l	170	AA	ª
33	21	!	52	34	4	71	47	G	90	5A	Z	109	6D	m	171	AB	«
34	22	"	53	35	5	72	48	H	91	5B	[	110	6E	n	172	AC	¬
35	23	#	54	36	6	73	49	I	92	5C	\	111	6F	o	173	AD	-
36	24	$	55	37	7	74	4A	J	93	5D	]	112	70	p	174	AE	®
37	25	%	56	38	8	75	4B	K	94	5E	^	113	71	q	175	AF	¯
38	26	&	57	39	9	76	4C	L	95	5F	_	114	72	r	176	B0	°
39	27	'	58	3A	:	77	4D	M	96	60	`	115	73	s	177	B1	±
40	28	(	59	3B	;	78	4E	N	97	61	a	116	74	t	178	B2	²
41	29	)	60	3C	<	79	4F	O	98	62	b	117	75	u	179	B3	³
42	2A	*	61	3D	=	80	50	P	99	63	c	118	76	v	180	B4	´
43	2B	+	62	3E	>	81	51	Q	100	64	d	119	77	w	181	B5	µ
44	2C	,	63	3F	?	82	52	R	101	65	e	120	78	x	182	B6	¶
45	2D	-	64	40	@	83	53	S	102	66	f	121	79	y	183	B7	·
46	2E	.	65	41	A	84	54	T	103	67	g	122	7A	z	184	B8	¸
47	2F	/	66	42	B	85	55	U	104	68	h	123	7B	{	185	B9	¹
48	30	0	67	43	C	86	56	V	105	69	i	124	7C	|	186	BA	º
49	31	1	68	44	D	87	57	W	106	6A	j	125	7D	}	187	BB	»
50	32	2	69	45	E	88	58	X	107	6B	k	126	7E	~	188	BC	¼

DTS9 : surveillance de la température digesteur

Définition des variables :

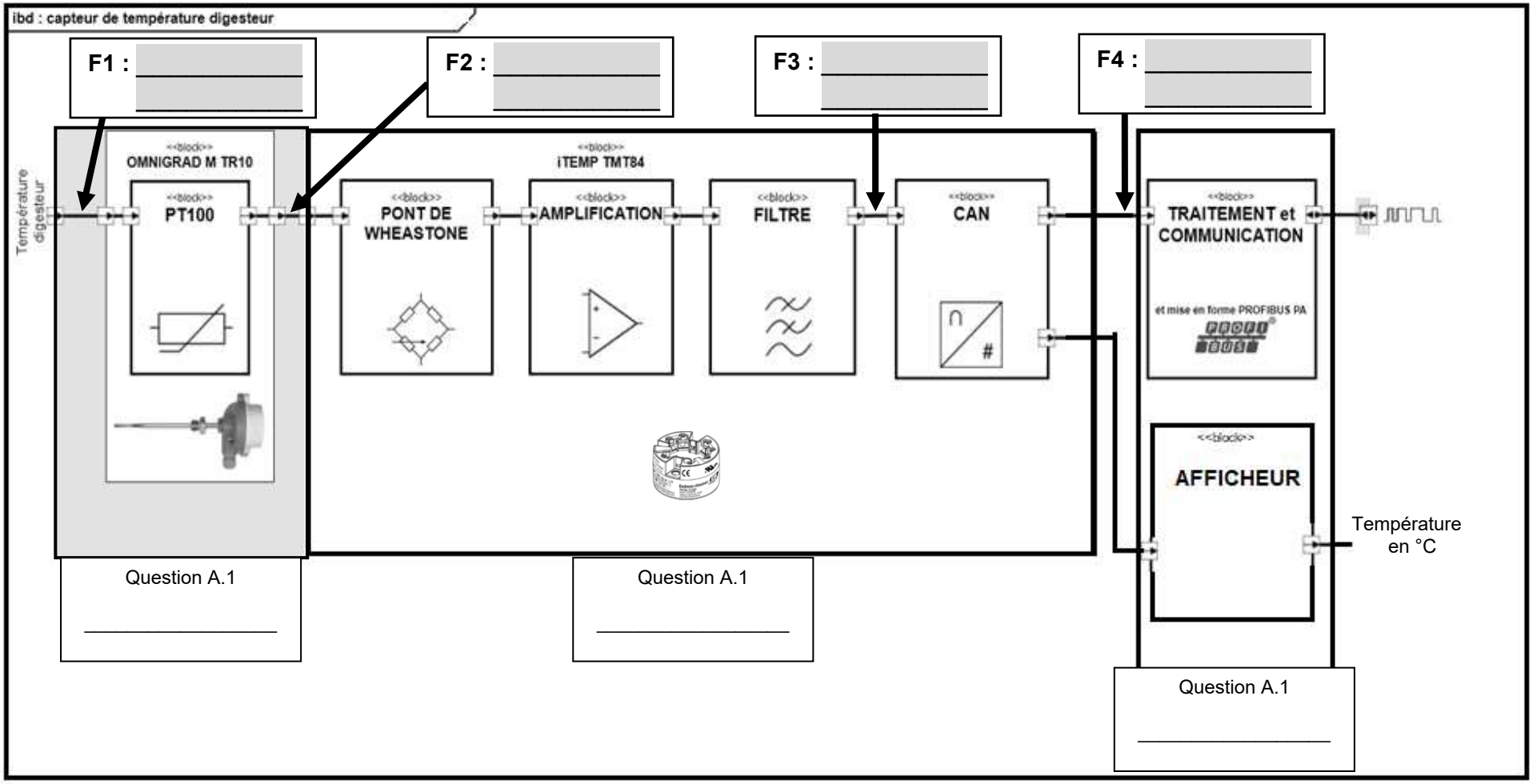
- **T** : température actuelle (dernière valeur enregistrée dans la table « digesteur » de la base de données) ;
- **T_ssup** : seuil supérieur de température = 36,9°C ;
- **T_sinf** : seuil inférieur de température = 35,1°C ;
- **delta_Tc5m** : variation de la température sur 5 minutes qui devra rester inférieure à *delta_Tc5m_max=0,2°C* ;
- **delta_Tc1h** : variation de la température sur 1 heure qui devra rester inférieure à *delta_Tc1h_max=0,8°C.*

Diagramme de séquence du script :



.

DRS1 : chaine d'information pour la mesure de la température au sein du digesteur



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

DRS2 : valeurs des différents flux

Repère du flux d'information sur l'ibd ci-dessus	Valeurs mini et maxi		unité
	mini	maxi	
F1			**Degrés [°C]**
F2			**Ohms [Ω]**
F3			**Volts [V]**
F4			**Sans unité**

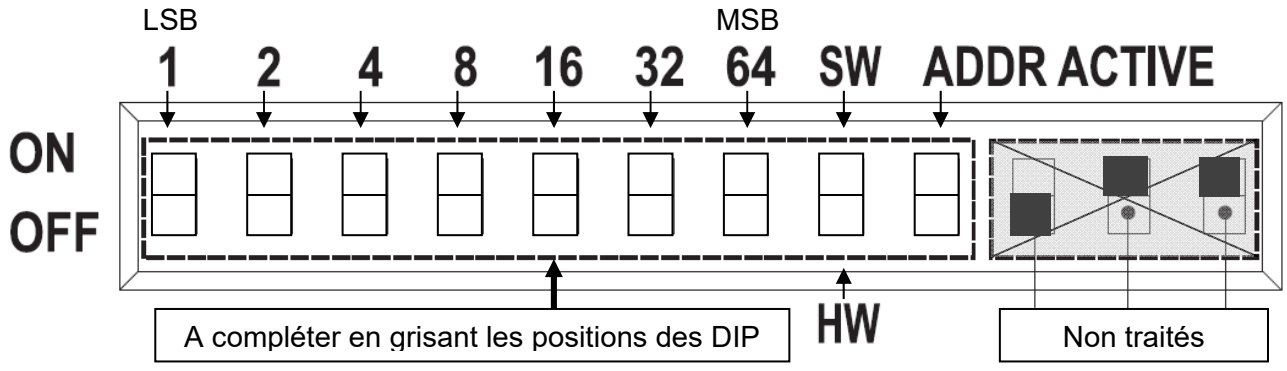
DRS3 : numéros des relevés correspondants au bloc d'amplification

Composant de la chaîne de conditionnement du signal	Flux en entrée et en sortie du composant	Numéro du relevé correspondant (voir DTS2)
Amplification	Entrée :	Relevé n°_____
	Sortie :	Relevé n°_____
Filtre	Entrée :	Relevé n°**1**
Nature du filtre : _____	Sortie :	Relevé n°**2**

DRS4 : positionnement des commutateurs

Griser les commutateurs suivant la règle ci-dessous :

= ON (1) **= OFF (0)**



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

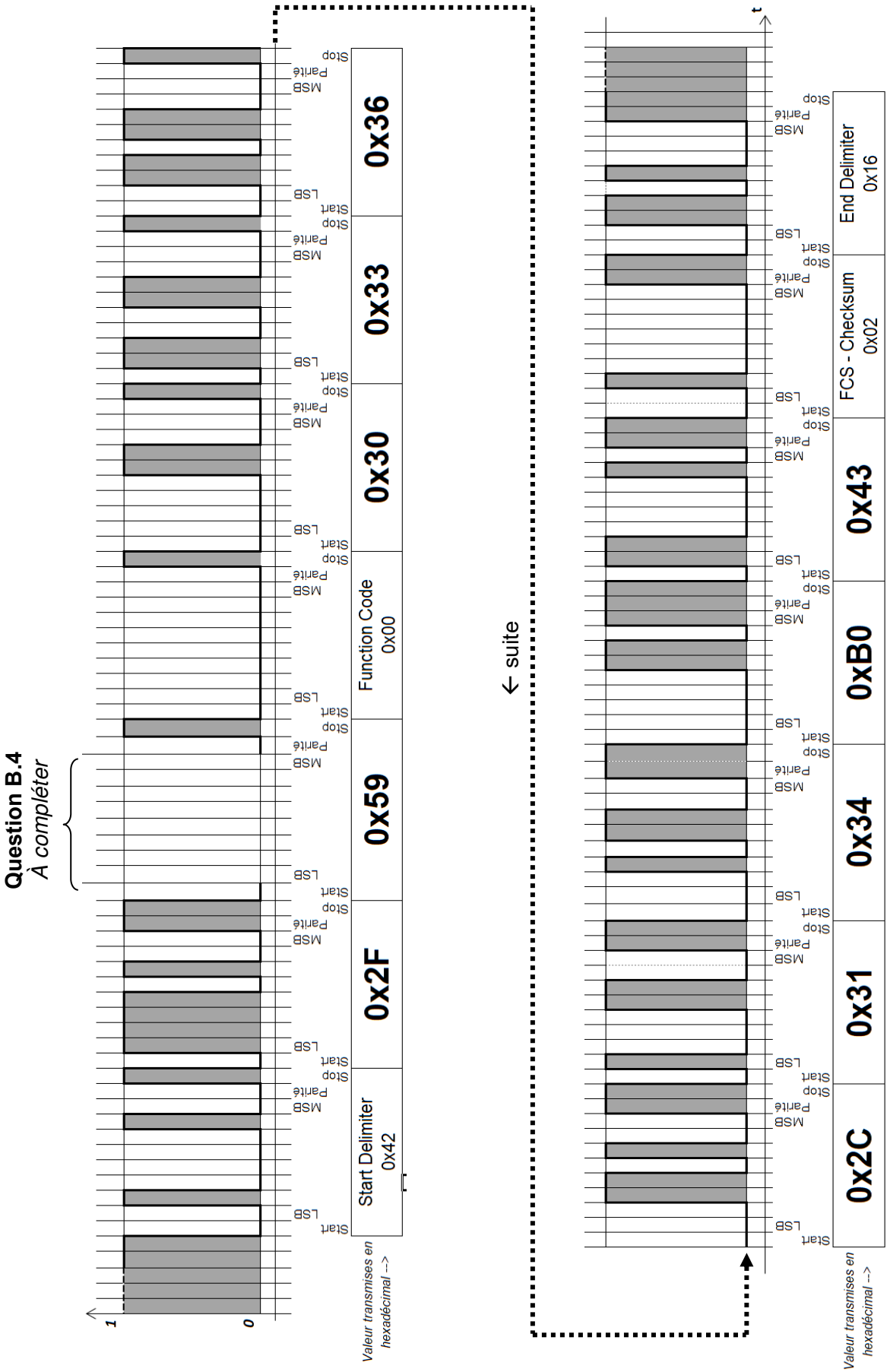
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DRS5 : trame de réponse du capteur de température



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

DRS6 : script de surveillance de la température du digesteur

script_alarm.py *:* surveillance de la température au sein du digesteur.

```
import sys
import mysql.connector
import math
import datetime
import time

#initialisation des listes
table = []              #liste des relevés de température actuelle, 5 minutes avant et 1h avant
T = 0                   #initialisation variable température actuelle
delta_Tc5m = 0          #initialisation variation absolue de température cumulée sur 5 minutes
delta_Tc1h = 0          #initialisation variation absloue de température cumulée sur 1 heure
alarmes = [0,0,0,0]     #liste des niveaux (0 ou 1) des alarmes :
                        #   alarm_Tsup,alarm_Tinf,alarm_delta_Ti,alarm_delta_Tc

#définition des seuils d'alarme
T_ssup = 36.9           #seuil haut de température digesteur
T_sinf = 35.1           #seuil bas de température digesteur
delta_Tc5m_max = 0.2    #seuil haut de variation cumulée sur 5 minutes
delta_Tc1h_max = 0.8    #seuil haut de variation cumulée sur 1 heure

def read_data_digesteur():

def check_alarms():

def write_data_alarmes_digesteur():

def main(): #programme principal

    read_data_digesteur()           #lecture de la table "digesteur" + calculs de T, delta_Tc5m et delta_Tc1h
    check_alarms()                  #calcul des alarmes et mise à jour de la liste "alarmes"
    write_data_alarmes_digesteur()  #écriture des alarmes dans la table "alarmes_digesteur"

if __name__ == '__main__':
    sys.exit(main())
```

Lignes de code Python	N° message(s) du diagramme SD correspondant :
`Alarmes = [0,0,0,0]`	1
`read_data_digesteur()`	
`check_alarms()`	
`write_data_alarmes_digesteur()`	

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

DRS7 : procédure « check_alarms() »

AIDE

Syntaxe	Fonction
alarmes	Liste de 4 éléments séparés par des virgules : *Format :* [valeur1, valeur2, valeur3, valeur4]
alarmes[2]	Permet de lire ou d'affecter une valeur à l'élément de la liste alarme placé à l'indice 2 (~position en commençant par 0) : *Indices :* [0, 1, 2, 3]

```
76  def check_alarms():
77
78      #alarmes = [0,0,0,0] --> liste des niveaux (0 ou 1) des alarmes :
79      #        = [alarm_Tsup,alarm_Tinf,alarm_delta_Tc5m,alarm_delta_Tc1h]
80
81      if T > T_ssup:
82          alarmes[0] = 1
83      else:
84          alarmes[0] = 0
85
86      if T < T_sinf:
87          _____________________________________
88          _____________________________________
89          _____________________________________
90
91      if abs(delta_Tc5m) > delta_Tc5m_max:
92          alarmes[2] = 1
93      else:
94          alarmes[2] = 0
95
96      if abs(delta_Tc1h) > delta_Tc1h_max:
97          alarmes[3] = 1
98      else:
99          alarmes[3] = 0
```

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

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

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.