BTS METIERS DE L'EAU

ETUDE DE CAS – U. 61

Session 2004

Durée : 4 heures
Coefficient : 4

Matériel autorisé :

Calculatrice conformément à la circulaire N°99-186 du 16/11/1999.
L' usage des documents personnels est interdit.

INSTRUCTIONS DESTINEE AU CANDIDATS :

- Le sujet comprend trois parties :

1ère partie : **ETUDE DU PILOTE (annexes 1, 2, 3 et 4)**
durée conseillée : 2 heures

2ème partie : **AUTOMATISME (annexe 5 et document réponse automatisme 1)**
REGULATION (document réponse régulation 1)
ELECTROTECHNIQUE (annexe 6 et document réponse électrotechnique 1)
durée conseillée : 1 heure 15 minutes

3ème partie : **HYDRAULIQUE (document réponses hydraulique 1)**
durée conseillée : 45 minutes

- Chaque partie sera rédigée sur une copie différente.

Documents à rendre avec la copie :

Pour les parties 2 et 3.....page 15 à 18

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 18 pages, numérotées de 1/18 à 18/18

ETUDE D'UN PILOTE DE TRAITEMENT DE LISIER DE CANARD

1ère PARTIE : ETUDE D'UN PILOTE. (40 points)

Une exploitation agricole comprend un élevage de canards. Suite à des contrôles effectués par la Police de l'Eau, l'exploitant doit prévoir un système d'épuration pour le lisier. Pour tester le procédé choisi, un bureau d'étude a construit une unité pilote afin de définir les conditions optimales d'épuration. Cette épuration consiste à éliminer la pollution carbonée et azotée présente dans le lisier. Le synoptique du pilote de traitement est présenté en annexe 1, ses caractéristiques en annexe 2 et les analyses en annexe 3.

1. Analyse du fonctionnement du pilote

1.1. Commenter les résultats des analyses reportées dans le tableau n°1 de l'annexe 3.

1.2. Justifier le choix d'une épuration biologique.

1.3. A partir des données du tableau n°1, annexe 3, et des indications de l'annexe 2, calculer les concentrations des paramètres chimiques de l'effluent qui alimente le bassin d'aération, puis calculer les rendements épuratoires des paramètres DCO, DBO_5, NK et NGL, à partir des tableaux n°1 et n°2 de l'annexe 3 (les calculs détaillés des rendements d'élimination de DCO et NGL sont exigés).

1.4. Justifier l'absence de recirculation des boues.

1.5. Calculer la charge massique du pilote. Conclure.

1.6. Calculer l'âge des boues. Conclure.

1.7. Comparer et expliquer les différences entre les analyses reportées dans les tableaux n°2 et n°3 de l'annexe 3.

2. Etude de l'oxygénation

Les besoins journaliers en oxygène du bassin d'aération peuvent être évalués théoriquement par la formule suivante :

$$O_2 = (a'. Le) + (b'. Sv) + (4{,}3 . N_N) - (2{,}85 . c'. N_{DN})$$

Données :
O_2 s'exprime en kg O_2 . j^{-1}
$a' = 0{,}65$ kg O_2 . kg^{-1} DBO_5.
Le s'exprime en kg DBO_5 à éliminer . j^{-1}.
$b' = 0{,}07$ kg O_2 . kg^{-1} MVS j^{-1}.
Sv s'exprime en kg MVS.
N_N s'exprime en kg N . j^{-1}.
N_{DN} s'exprime en kg N . j^{-1}.
$c' = 70\%$.

On considère que l'azote ammonifiable représente 95 % de l'azote organique et que l'azote assimilé représente 5% de la DBO_5 à éliminer.

2.1. A partir de la formule, expliquer chacun des termes entre parenthèse et justifier les signes + et -.

2.2. Calculer les besoins en oxygène journaliers théoriques du pilote.

2.3. Calculer la masse d'oxygène journalière réellement apportée par le système d'aération. Comparer à la valeur trouvée en 2.2.

Trois enregistrements des variations de la concentration en oxygène, dans le bassin d'aération, en fonction du temps sont donnés en Annexe 4.

2.4. Calculer pour chaque enregistrement la vitesse de disparition d'O_2 en mg . L^{-1} . min^{-1}.

2.5. En déduire la chronologie des enregistrements et justifier la réponse.

3. Etude microbiologique

Des analyses bactériologiques ont été effectuées en sortie de bassin d'aération et sur l'eau filtrée. Les analyses sont données en annexe 3, tableau n°4.

3.1. Expliquer l'intérêt de dénombrer les salmonelles dans cette filière de traitement.

3.2. Calculer l'abattement en salmonelles à l'issue de la filtration.

La Police de l'Eau recommande un abattement minimum de 99,9 %.

3.3. Commenter le résultat obtenu à la question 3.2.

3.4. Faire une proposition pour satisfaire la recommandation de la Police de l'Eau.

2ème PARTIE AUTOMATISME - REGULATION – ELECTROTECHNIQUE. (25 points)

Durée conseillée : 1 H 15 min.

Les trois parties sont indépendantes.

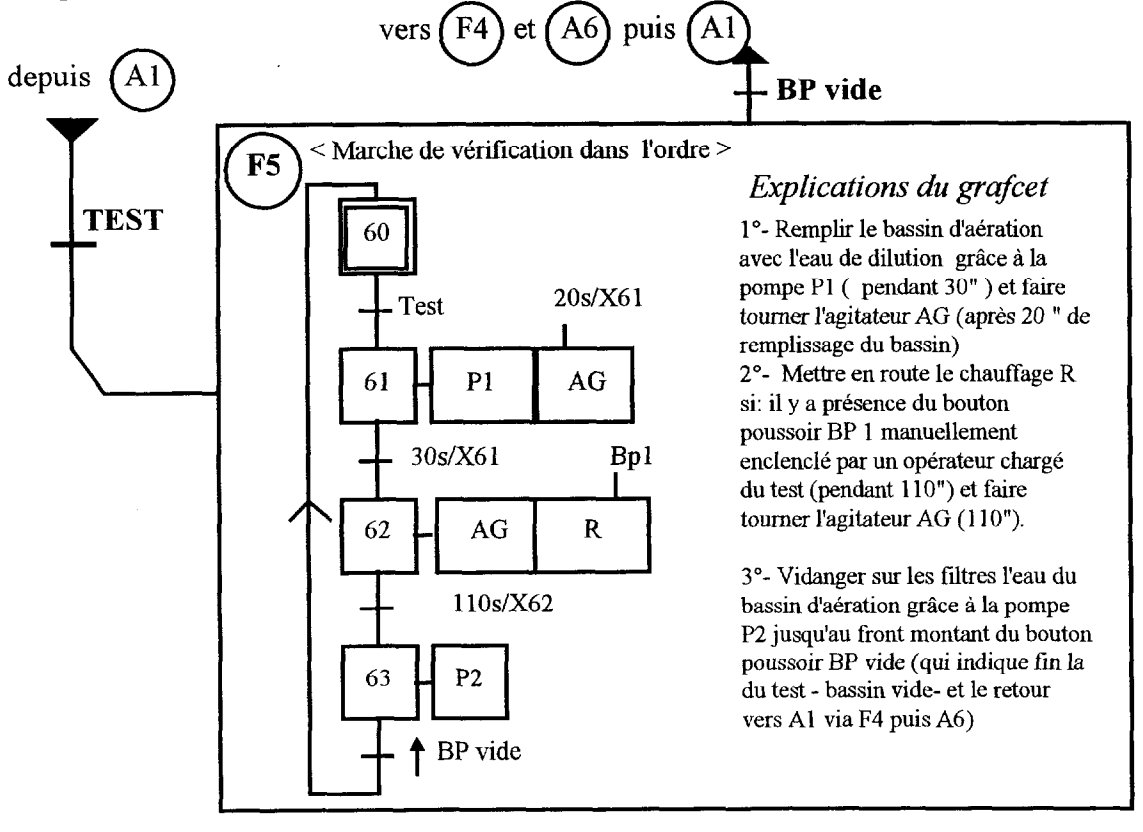
1. Automatisme

Généralement la conduite d'un système automatisé se réalise par l'emploi d'un document appelé GMMA (guide des modes de marches et arrêts). Un GEMMA (guide **d'étude** des modes de marches et arrêts) se complète lors de mise au point et de tests du système. Le GEMMA contient des boucles opérationnelles qui, traduites en langage GRAFCET donnent 2 graphes distincts: le graphe de conduite et le graphe de sûreté. L'étude portera sur l'analyse de ces 2 graphes au travers du GEMMA qui se trouve sur l'annexe 5 conformément au système de traitement du lisier de canard dans l'annexe 1 intitulée synoptique de l'unité pilote (voir partie GDP).

Question 1-1 : A l'aide du GEMMA (annexe 5), compléter sur le **document réponse** AUTOMATISME1 le GRAFCET de conduite seul, en écrivant les réceptivités manquantes.

Question 1-2 : A l'aide du GEMMA (annexe 5), écrire littéralement le comportement du système lors de l'apparition d'un arrêt d'urgence. Répondre sur le **document réponse** (AUTOMATISME 1).

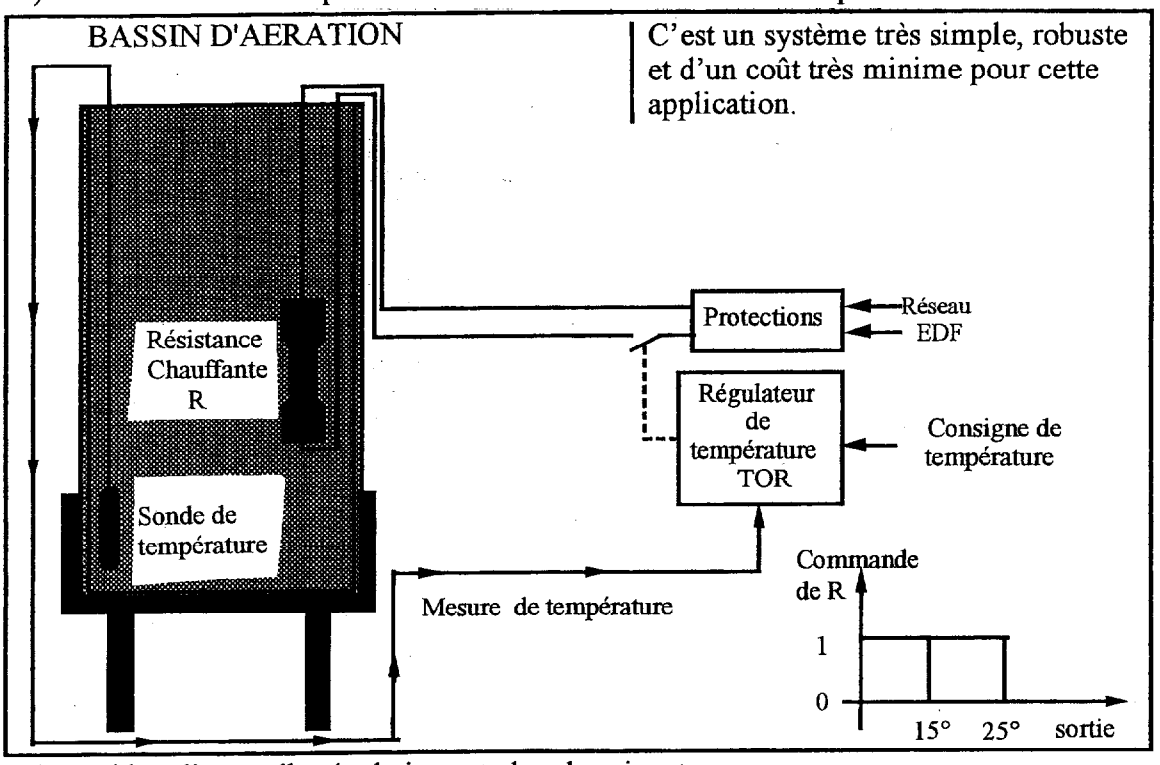
Question 1-3 : La lecture du GEMMA (annexe 5) fait apparaître dans le rectangle d'état **F5** un comportement attendu de la PO. Reproduit ci-dessous, le rectangle d'état F5 contient un grafcet. Réaliser, conformément à ce grafcet, le chronogramme de déroulement de ce cycle. Indiquer la durée en seconde du cycle sur le **document réponse** AUTOMATISME 1.



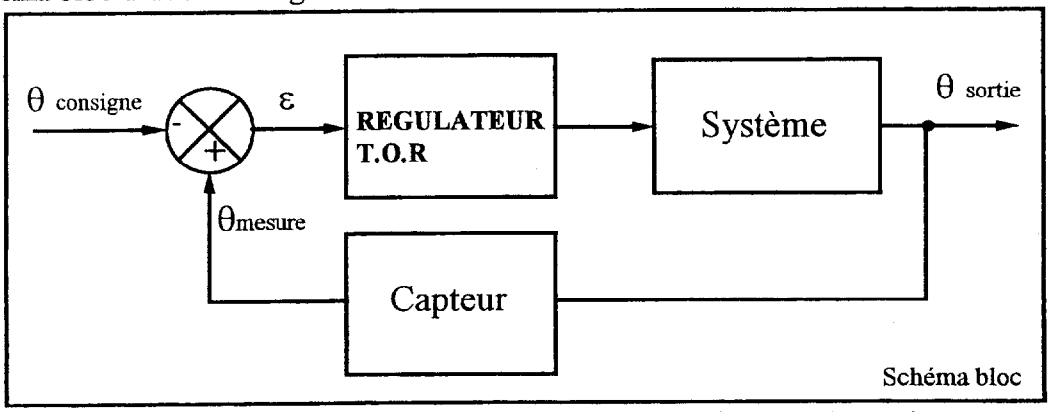
2. Régulation

L'étude conduite pour le traitement du lisier de canard impose de maintenir le lisier dans le bassin d'aération (voir ci-dessous) à une température quasi-constante. La régulation de température ne sera pas mise en œuvre pour le système réel. En effet, contrairement au prototype étudié ici, dans le cas du traitement industriel, le bassin d'aération sera enterré, le sol jouant alors le rôle de régulateur thermique. Dans le cadre de notre expérimentation et mise au point du mode de traitement, nous mettons en place une régulation «tout ou rien». Ce mode de régulation est en général utilisée pour ce type d'installation.

Selon le signe de l'écart ε (ε = mesure - consigne), on a pour sortie de commande deux valeurs : 1 ou 0. Les deux niveaux d'un « tout ou rien » commandent la commutation de la puissance maximale (tout) ou nulle (rien). Pendant la phase maximale (tout) un courant électrique traverse une résistance chauffante qui chauffe le lisier, et, pendant la phase nulle (rien) l'absence de courant permet à l'air ambiant de modifier la température de l'ensemble.



Le schéma bloc d'une telle régulation est alors le suivant.



Répondre aux questions posées sur le **document réponse** REGULATION 1, à remettre avec la copie.

3. Electrotechnique

L'installation de traitement de lisier comporte un agitateur permettant un meilleur contact entre la biomasse épuratrice, l'oxygène, le lisier et évitant la décantation des boues.
L'hélice est accouplée à un moteur asynchrone triphasé à rotor à cage, par l'intermédiaire d'un réducteur de rapport $r = \frac{\Omega h}{\Omega m} = \frac{1}{17}$ (rapport de la vitesse de l'hélice divisée par la vitesse du moteur).
Le réseau est triphasé 3 x 400 V – 50 Hz.
L'installation est réalisée en extérieur, la tension de sécurité $UL = 25V$.

Les caractéristiques du moteur asynchrone triphasé sont les suivantes :

200 W – 230/400 V – 1460 tr/min – rendement $\eta = 65\ \%$ - $\cos\varphi = 0{,}60$ - Service S1.

Répondre aux questions sur le document réponse électrotechnique 1.

1. Déterminer la vitesse de rotation de l'hélice en $tr.min^{-1}$.
2. Déterminer le couplage du moteur en justifiant votre réponse.
3. Calculer le courant nominal du moteur et choisir à l'aide de l'annexe 6 le dispositif permettant de protéger le moteur contre les surcharges et les courts- circuits.

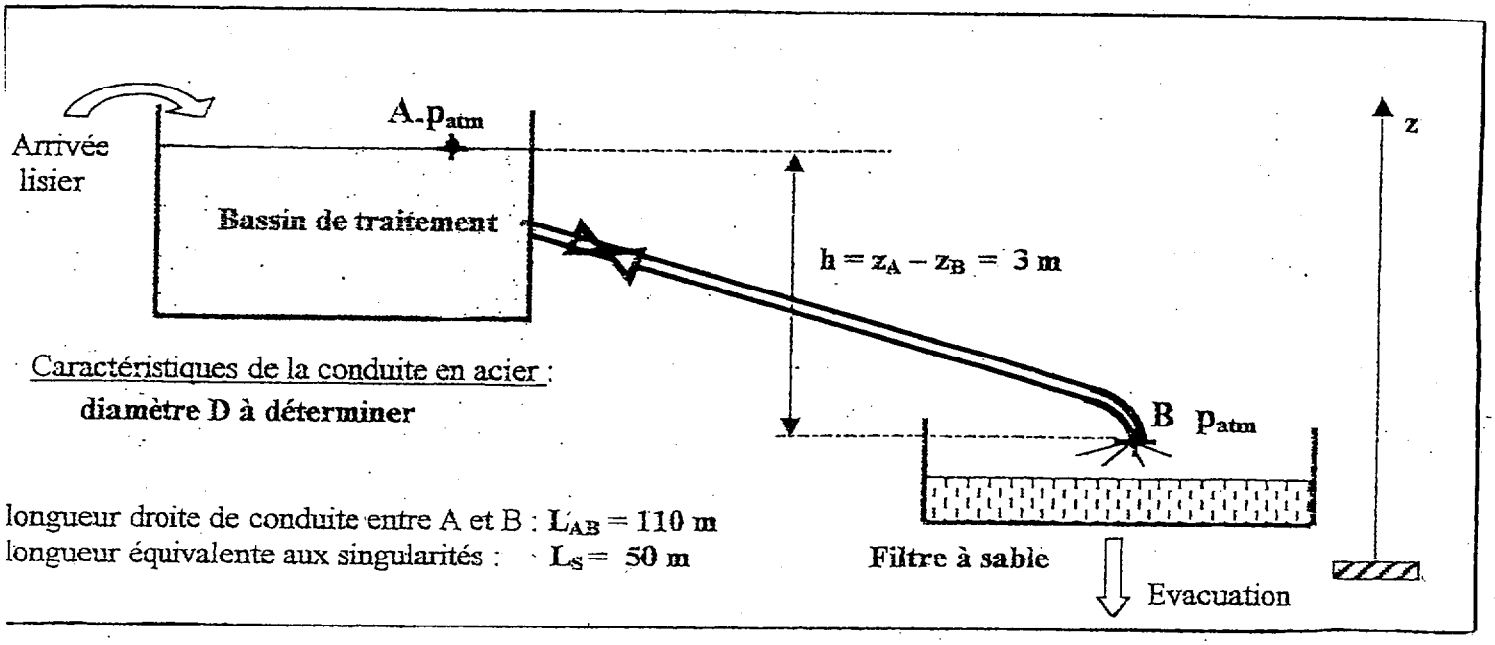
Un défaut d'isolement apparaît entre la phase 3 et la carcasse métallique du moteur d'entraînement de l'agitateur. Il s'agit d'un défaut franc ($Rd = 0\Omega$). Le schéma équivalent de cette partie de l'installation est représenté sur le document annexe. La résistance de la prise de terre du neutre $Rt_m = 8\Omega$, la résistance de la prise de terre $Rt_n = 30\Omega$.

4. Identifier le régime de neutre ou Schéma de Liaison à la Terre de l'installation.
5. Représenter un schéma équivalent de la boucle de défaut.
6. Calculer le courant de défaut, en déduire la tension de défaut Ud et préciser si cette tension est dangereuse.
7. Préciser, dans ce cas, si la protection des personnes est assurée. Dans la négative, proposer une solution permettant d'assurer la protection du personnel au niveau de l'ensemble de l'installation.

3ème PARTIE : HYDRAULIQUE (15 points) (durée conseillée : 45 min.)

Objectif de l'étude:

Avant l'arrivée du lisier à traiter dans le bassin de traitement, on désire évacuer un débit minimum de 32 m^3 . h^{-1}de boues biologiques. L'étude porte sur la conduite gravitaire d'amenée des boues du bassin de traitement au filtre à sable.



Données :

- Bassin de traitement :
  - ✸considéré à niveau constant (Z_A = Cte).
  - ✸surface libre à la pression atmosphérique.
- Conduite gravitaire :
  - ✸sortie B à la pression atmosphérique.
  - ✸sortie B situé à 3 m (h = 3m) en dessous de la surface libre du réservoir .
  - ✸on néglige l'énergie cinétique dans la conduite.
  - ✸les pertes de charges singulières dans la conduite sont considérées équivalentes à une longueur de 50 m de conduite.
  - ✸diamètres possibles en mm : 20,32,40,50,80,100,125,200,250,300.

-

formule de DARCY : $\Delta H = \frac{\lambda L}{2gD} V^2$ ou $\Delta H = \frac{8 \lambda L}{g \pi^2 D^5} Q^2$

Le débit minimum souhaité est : $Q_{min} = 25\ m^3/h$.

1. Détermination des pertes de charges :

1-1 Montrer que la valeur de la perte de charge totale de la conduite gravitaire est égale à la différence de hauteur h si on néglige l'énergie cinétique en sortie de conduite.

1-2 Donner la valeur de ΔH en mCE.

2. Choix du diamètre :

2-1 A l'aide de la formule de DARCY, calculer la valeur minimum du diamètre D de la conduite.

2-2 Choisir la valeur du diamètre parmi les diamètres possibles.

3. Vérification des hypothèses :

3-1 Calculer la valeur de la vitesse V dans la conduite choisie.

3-2 Vérifier que l'énergie cinétique en sortie de conduite est bien négligeable.

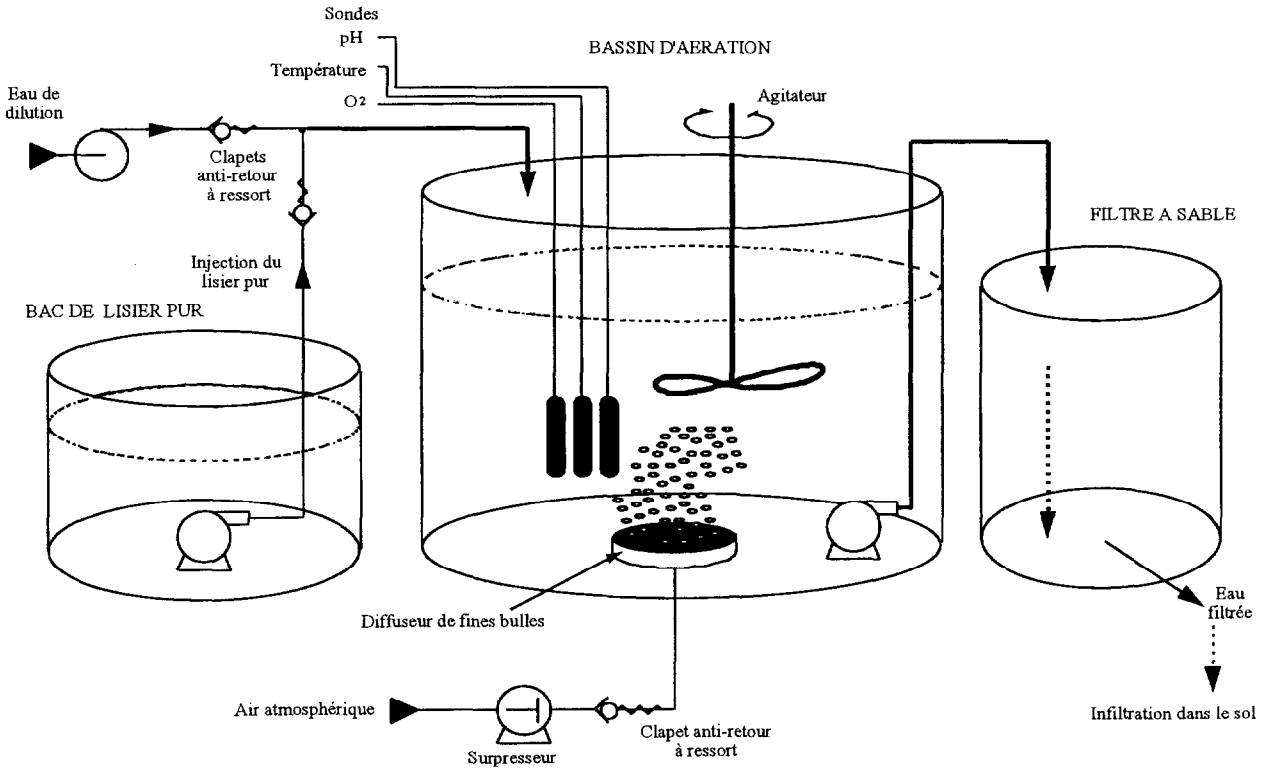
4. Prise en compte du vieillissement de l'installation :

On choisit une conduite en acier de 125 mm de diamètre.

Sans calculer la valeur de λ, en utilisant l'abaque du **document réponse HYDRAULIQUE 1**, déterminer la valeur du débit et de la vitesse dans la conduite.

ANNEXE 1

SYNOPTIQUE DE L'UNITE PILOTE



ANNEXE 2

CARACTERISTIQUES DES OUVRAGES DE L'UNITE PILOTE

- Alimentation du bassin d'aération : en une fois, on injecte $3L \cdot j^{-1}$ d'eau de dilution et $1L \cdot j^{-1}$ de lisier pur.

- Bassin d'aération :
  - Volume = 100L.
  - [MS] = $10g \cdot L^{-1}$.
  - [MVS] = $8g \cdot L^{-1}$.
  - Sonde pH.
  - Sonde O_2 permettant la mise en marche du surpresseur (seuil bas d'O_2 : $0,2mg \cdot L^{-1}$, seuil haut : $2,5mg \cdot L^{-1}$).
  - Sonde de température.

- Extraction : on extrait $4L \cdot j^{-1}$ de liqueur mixte du bassin d'aération vers le filtre à sable.

- Surpresseur :
  - Débit 1 $Nm^3 \cdot h^{-1}$ d'air.
  - Temps de fonctionnement moyen journalier : 4 heures.
  - Coefficient global de transfert est de 0,3.
  - Rendement d'oxygénation de 30%.
  - L'air contient 20% d'oxygène.

- Masse molaire O = $16g \cdot mol^{-1}$.
- Volume molaire = 22,4 L (CNPT)

ANNEXE 3

Tableau N°1 : Analyses du lisier pur de canard

DCO $gO_2 . L^{-1}$	DBO_5 $gO_2 . L^{-1}$	MES $g . L^{-1}$	NK $g . L^{-1}$	$N\text{-}NO_3^-$ $mg . L^{-1}$	$N\text{-}NO_2^-$ $mg . L^{-1}$	$N\text{-}NH_4^+$ $g . L^{-1}$	Pt $g . L^{-1}$	pH
24	20	89	11,3	20	0	5,1	2	7,6

Tableau N°2 : Analyses du surnageant de centrifugation d'un prélèvement effectué dans le bassin d'aération le 27 avril 2002

Le pH du bassin est de 7,3, la température de 18°C.

DCO $mg\ O_2 . L^{-1}$	DBO_5 $mg\ O_2 . L^{-1}$	NK $mg . L^{-1}$	$N\text{-}NO_3^-$ $mg . L^{-1}$	$N\text{-}NO_2^-$ $mg . L^{-1}$	$N\text{-}NH_4^+$ $mg . L^{-1}$
25	10	21	1,09	0,1	0,1

Tableau N°3 : Analyses du surnageant de centrifugation d'un prélèvement effectué dans le bassin d'aération le 17 février 2002

Le pH du bassin est de 6,9, la température de 10°C.

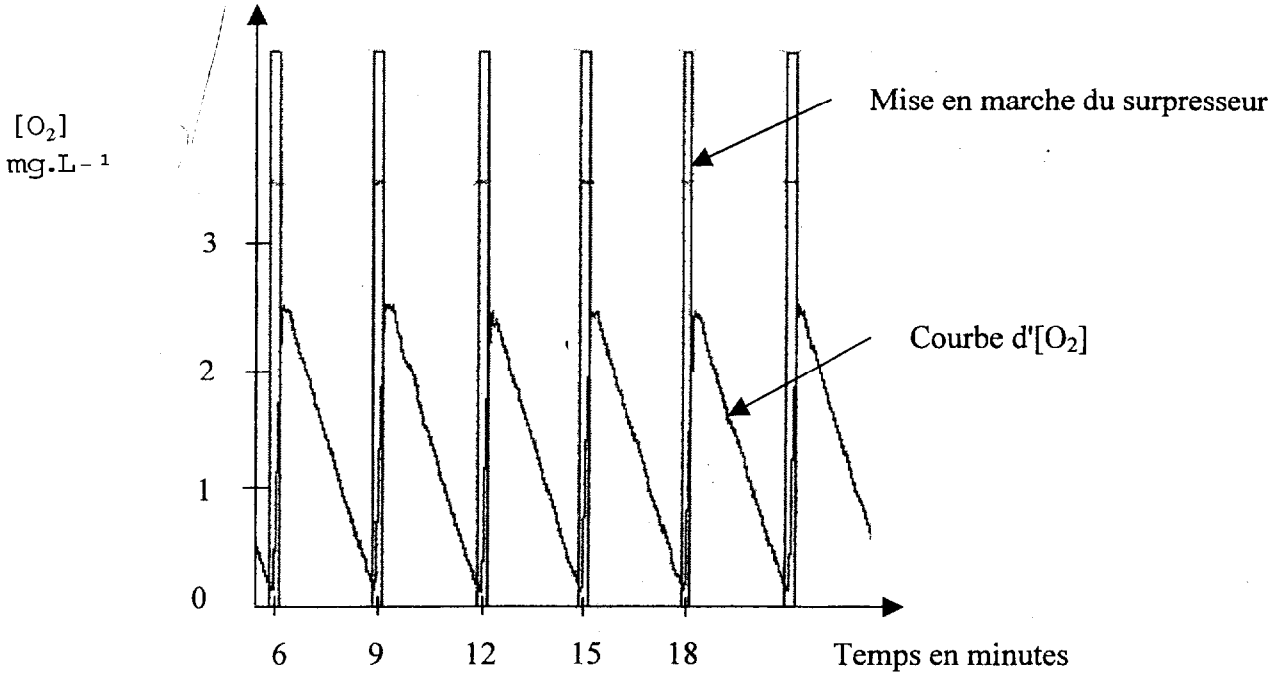
DCO $mg\ O_2 . L^{-1}$	DBO_5 $mg\ O_2 . L^{-1}$	NK $mg . L^{-1}$	$N\text{-}NO_3^-$ $mg . L^{-1}$	$N\text{-}NO_2^-$ $mg . L^{-1}$	$N\text{-}NH_4^+$ $mg . L^{-1}$
32	12	109	1,91	0,1	45

Tableau N°4 : Analyses microbiologiques

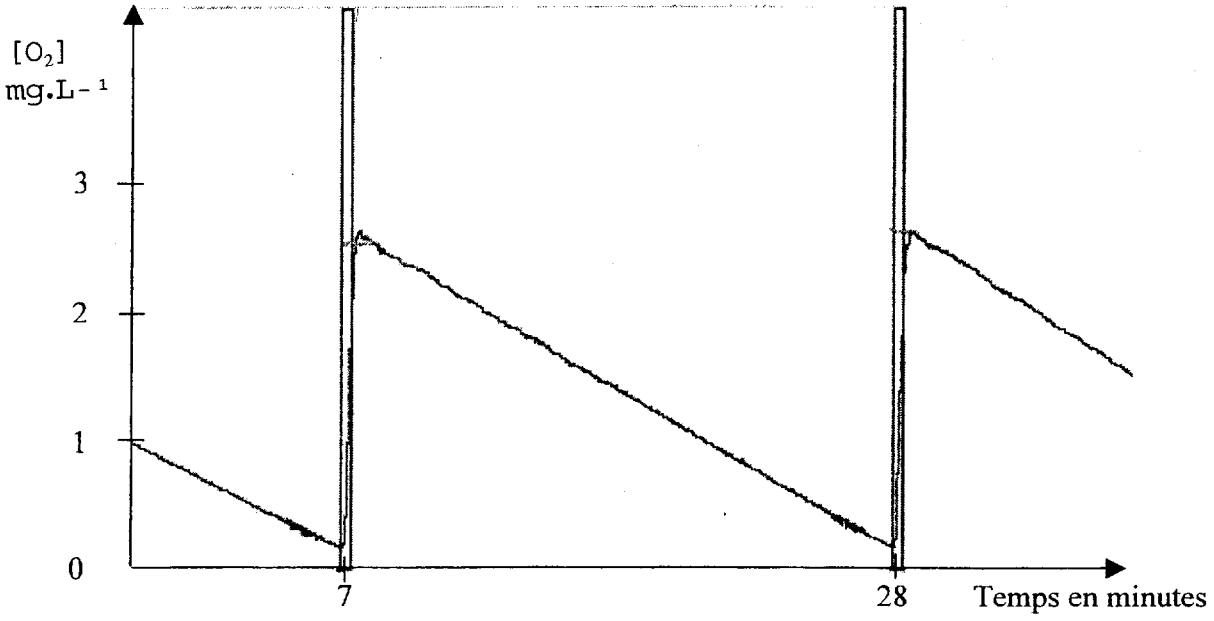
	Sortie bassin d'aération	Sortie filtre à sable
Dénombrement des salmonelles $UFC . mL^{-1}$	15 000	135

ANNEXE 4

Enregistrement N°1

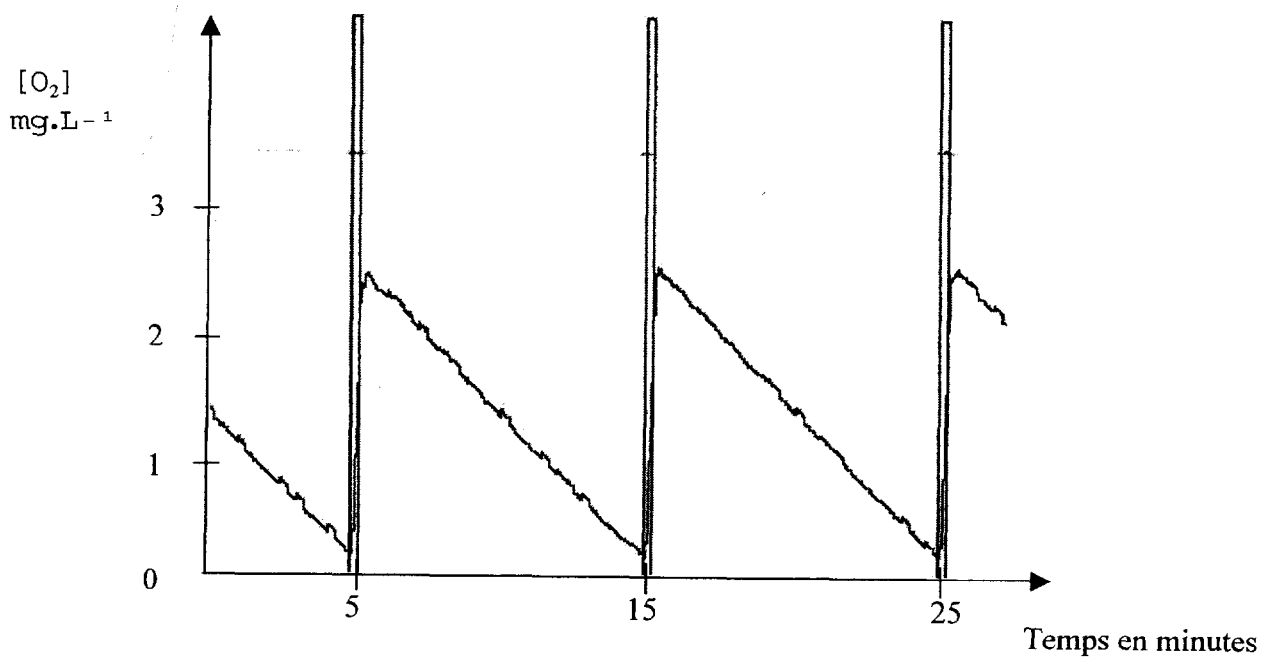


Enregistrement N°2



ANNEXE 4 (SUITE)

Enregistrement N°3



ANNEXE 5

Les différents Bp * du pupitre de commande

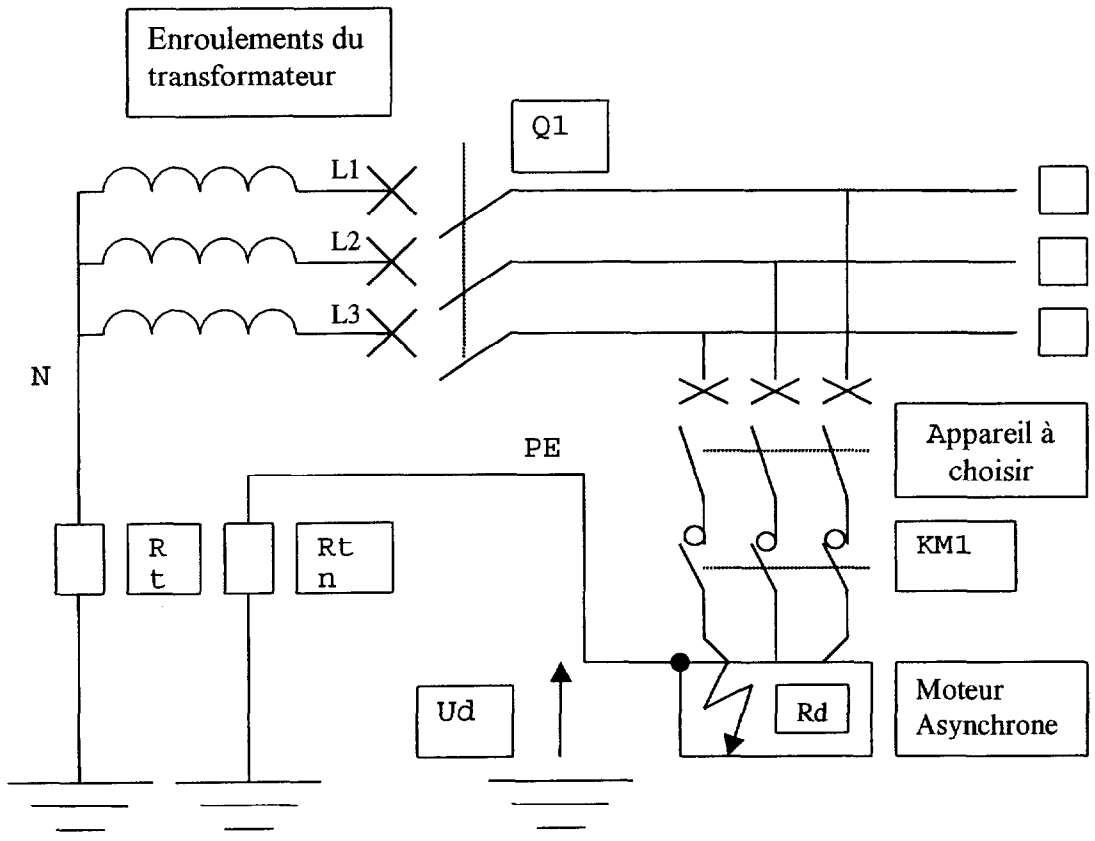
AU = Bp d'arrêt d'urgence
CI= Conditions Initiales
B Rempli= Bp Bassin rempli
CLOT = Bp clôture du traitement
BVIDE= Bp bassin vide
AD = Bp Arrêt demandé
INIT = Bp Initialisation
Astop= Bp Actionneur arrêté
FIN= Bp fin de cycle
Test= Bp de test

* Bp : lire bouton poussoir

BTS METIERS DE L'EAU		Session 2004
Etude de Cas – U. 61		MTE6EDC
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	Page : 13/18

ANNEXE 6
ELECTROTECHNIQUE

Schéma électrique simplifié de l'installation de traitement de lisier

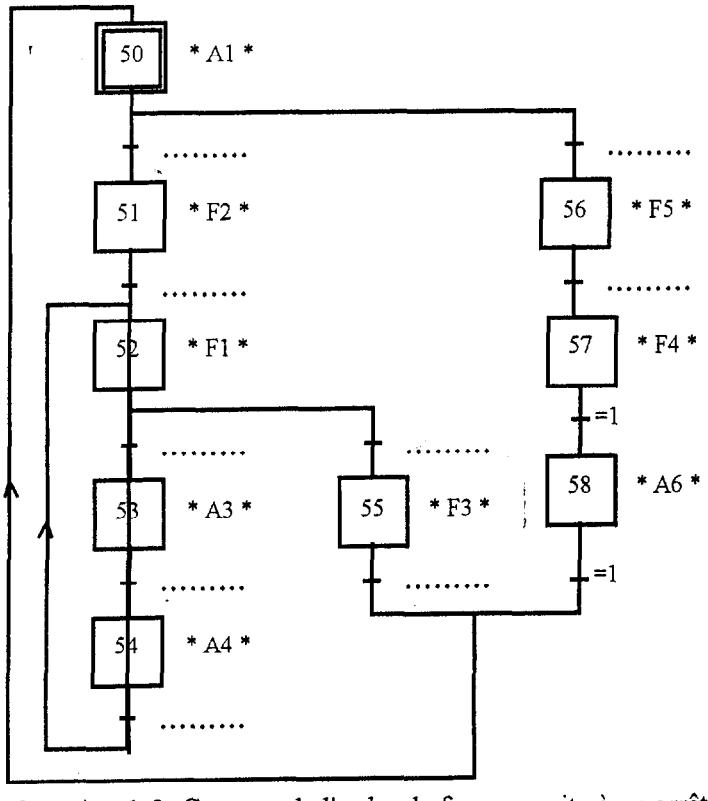


Disjoncteurs magnéto-thermiques GV2 - M (extrait catalogue SCHNEIDER)

Puissances kW		Plage de réglage des déclencheurs thermiques (A)	Référence
230 V	400 V	A	
0,06	0,09	0,25 à 0,40	GV2 – M03
0,09	0,25	0,63 à 1	GV2 – M05
0,18	0,37	1 à 1,6	GV2 – M06
0,37	0,75	1,6 à 2,5	GV2 – M07
0,55	1,1	2,5 à 4	GV2 – M08
1,1	2,2	4 à 6,3	GV2 – M10

DOCUMENT REPONSE AUTOMATISME 1

Grafcet de conduite Question 1-1

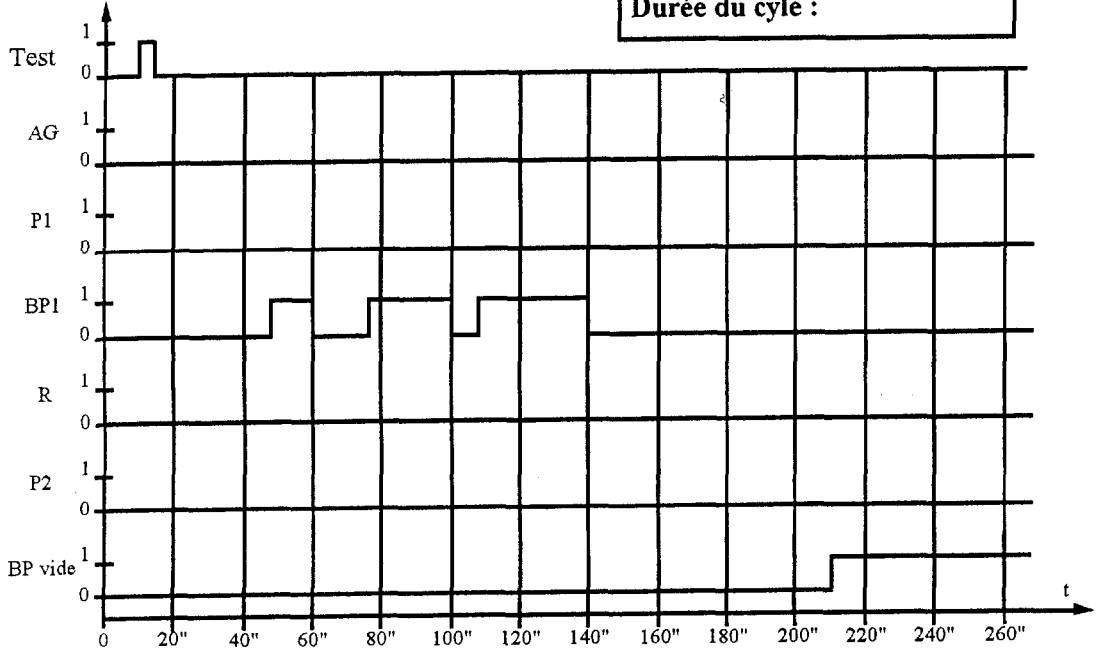


Question 1-2: Contenu de l'ordre de forçage suite à un arrêt d'urgence.

-
-
-
-

Question 1-3: Chronogramme à complèter.

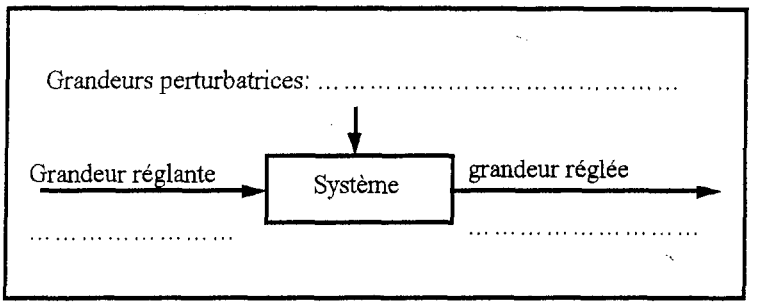
Durée du cyle :



DOCUMENT REPONSE REGULATION 1

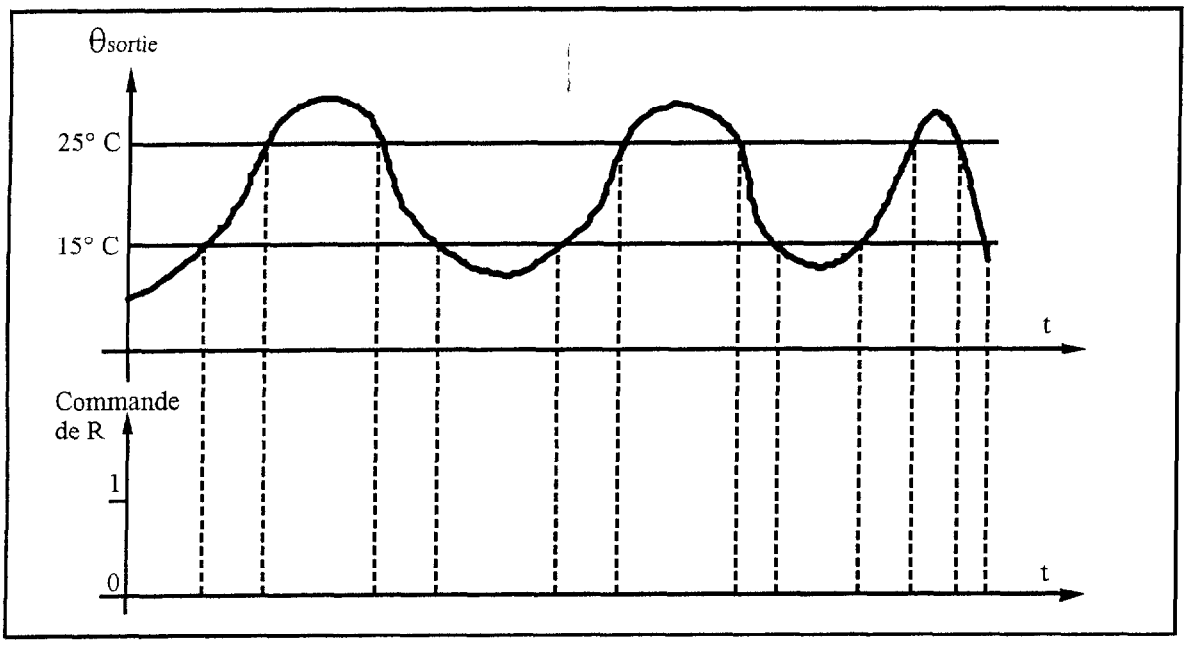
Question 2-1

Compléter les grandeurs physiques sur le schéma ci-contre



Question 2-2

Afin de garantir l'activité des bactéries, la température du lisier ne doit pas descendre sous les 10°C et la limite maximale est de 30°C. D'où le choix des 2 seuils à 15 et 25°C. Compléter le chronogramme de la sortie du régulateur commandant la résistance de chauffage R.
(voir la caractéristique de transfert page 5).



Question 2-3 : Le capteur de température délivre au régulateur un courant de 4-20 mA pour une plage d'utilisation de -25°C à +50°C.

• Indiquer la valeur du courant pour une température de +15°C Réponse I(15°C) = ...

.....

.....

.....

• Indiquer la valeur de la température pour Icapteur = 15,73 mA. Réponse θ° C = ...

.....

.....

.....

Question 2-4 : Précisez et justifier le sens d'action du régulateur

.....

.....

.....

NE RIEN ÉCRIRE

Examen ou concours : ..... Série* : .....

Spécialité/Option : .....

Repère de l'épreuve : .....

Épreuve/sous-épreuve : .....
(Préciser, suivi s'il y a lieu, le sujet choisi)

Numérotez chaque page (dans le cadre en bas de la page) et placez les feuilles intercalaires dans le bon sens.

DOCUMENT REPONSE ELECTROTECHNIQUE 1

1. Vitesse de rotation de l'hélice :

2. Couplage du moteur :

3. Courant nominal du moteur et choix de l'appareil de protection :

4. Régime de neutre ou Schéma de Liaison à la Terre :

5. Schéma équivalent :

6. Calcul du courant de défaut et de la tension de défaut :

7. Protection des personnes :

NE RIEN ÉCRIRE

Examen ou concours : ..... Série* : .....

Spécialité/Option : .....

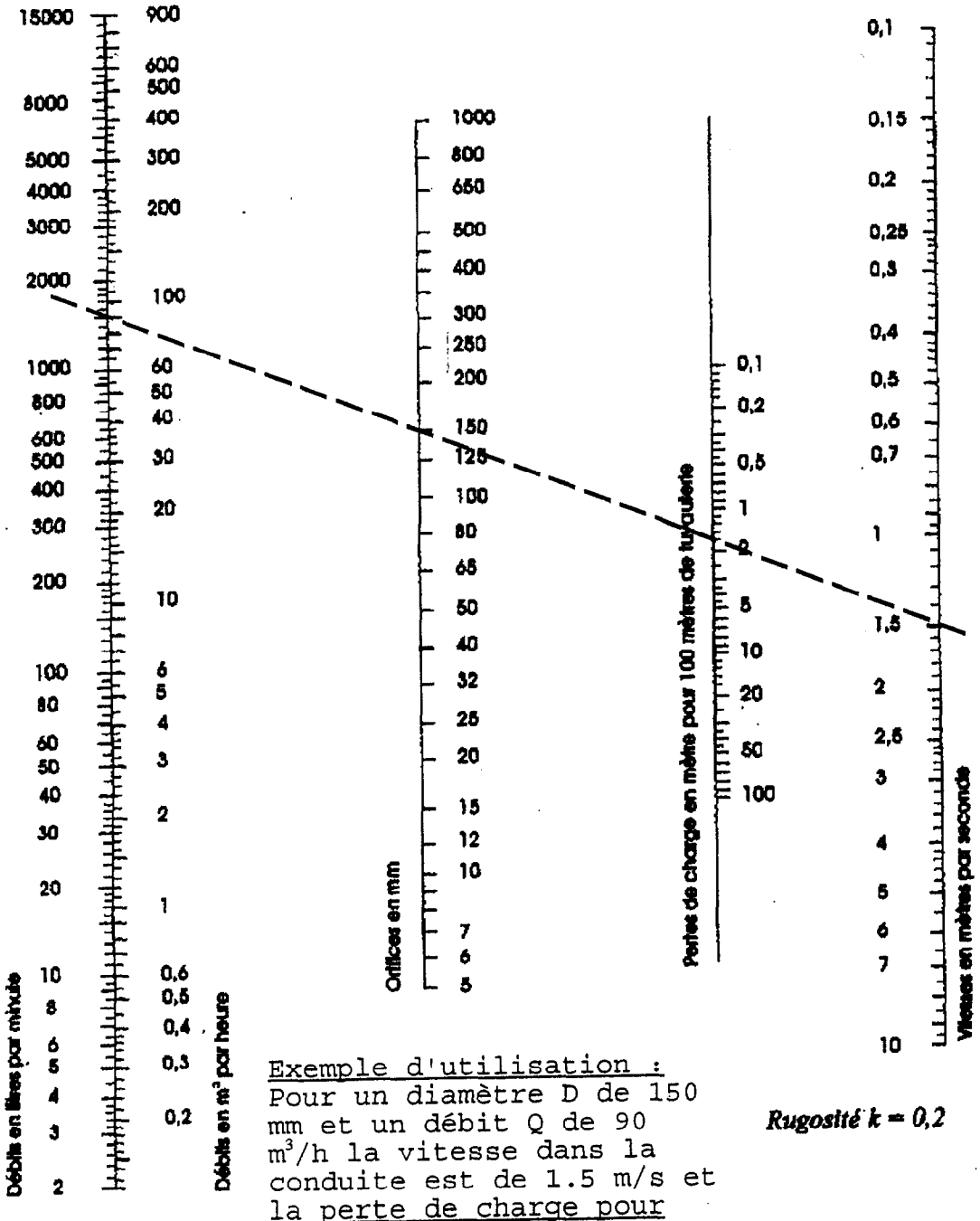
Repère de l'épreuve : .....

Épreuve/sous-épreuve : .....
(Préciser, suivi s'il y a lieu, le sujet choisi)

Numérotez chaque page (dans le cadre en bas de la page) et placez les feuilles intercalaires dans le bon sens.

DOCUMENT REPONSE HYDRAULIQUE 1 : DOCUMENT A COMPLETER ET A RENDRE

PERTES DE CHARGE REGULIERES DES CONDUITES NEUVES EN ACIER ET FONTE.



Exemple d'utilisation :
Pour un diamètre D de 150 mm et un débit Q de 90 m^3/h la vitesse dans la conduite est de 1.5 m/s et la perte de charge pour 100m de conduite est de 1.8 mCE .