

Brevet de Technicien Supérieur
MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2001

EPREUVE E5
Automatique et Génie électrique

**Analyse et conception des solutions possibles
d'automatisation d'un moyen de production
(Sous-épreuve E 5-1)**

Durée : 3 heures

Coefficient : 2,5

Aucun document n'est autorisé

Ce sujet comporte 4 dossiers :

- Présentation du système.
- Questionnaire.
- Documents réponses.
- Dossier technique.

Matériel autorisé : Calculatrice de poche alpha-numérique ou à écran graphique à fonctionnement autonome sans imprimante (Circulaire 99-186 du 16-11-99)

Brevet de Technicien Supérieur

MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2001

**Analyse et conception des solutions possibles
d'automatisation d'un moyen de production
(Sous-épreuve E 5-1)**

Présentation

Contenu du dossier :

Documents PR 1 à 3

STATION D'EPURATION

MISE EN SITUATION

Il s'agit de la station d'épuration d'une commune du haut Doubs qui a été mise en service en 1974. Un projet de rénovation, amélioration et mise en conformité est en cours.

PROCESSUS

On peut distinguer deux filières dans ce processus. La "filière eau" qui est le trajet suivi par les eaux à traiter et la "filière boues" qui est celui suivi par les matières extraites de l'eau.

Pour la "filière eau" (voir **PR 2**) :

- **relevage** (les eaux usées parvenant par gravité, il est nécessaire d'effectuer un pompage pour remonter celles-ci à la surface du sol, le relevage est de 5 m ici),
- **dessablage** (rétention des sables, puisqu'ils ne sont pas dégradables),
- **activation à aération** (brassage vigoureux des eaux afin de les oxygéner et activer ainsi la dégradation des matières organiques par des bactéries aérobies),
- **clarification** (séparation de l'eau et des boues par décantation),
- **évacuation des eaux traitées** (l'eau en surface est "propre", elle est alors dirigée vers un cours d'eau).

Pour la "filière boues" (voir **PR 3**) :

- **recirculation** (les boues accumulées au fond du clarificateur sont périodiquement aspirées et refoulées dans le chenal d'activation pour parfaire leur dégradation),
- **extraction** (les boues suffisamment traitées sont dirigées vers un silo concentrateur),
- **décantation** (élimination de l'eau contenue dans les boues extraites),
- **évacuation des boues** (extraction des boues pour épandage).

FONCTIONNEMENT ACTUEL

La commande actuelle est en technologie électromécanique. La solution nouvelle fera appel à un API.

relevage : fonctionnement TOR (Tout Ou Rien), niveaux haut et bas détectés par des interrupteurs à flotteur.

activation : fonctionnement TOR, 1 h de marche suivie de 2 h d'arrêt.

recirculation : fonctionnement TOR, 5 min de marche suivies de 10 min d'arrêt.

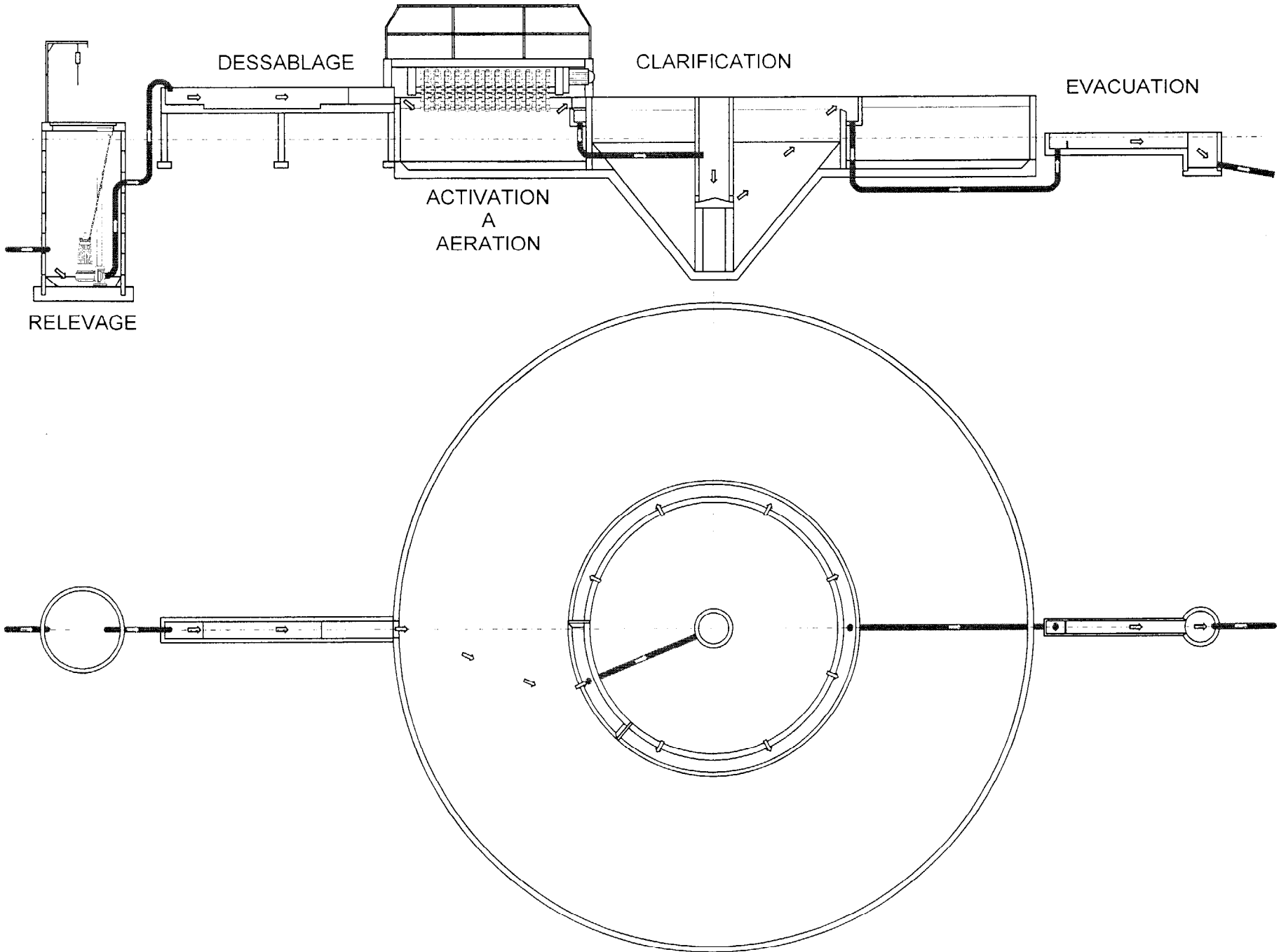
extraction : commande manuelle.

OBJET DE L'ETUDE

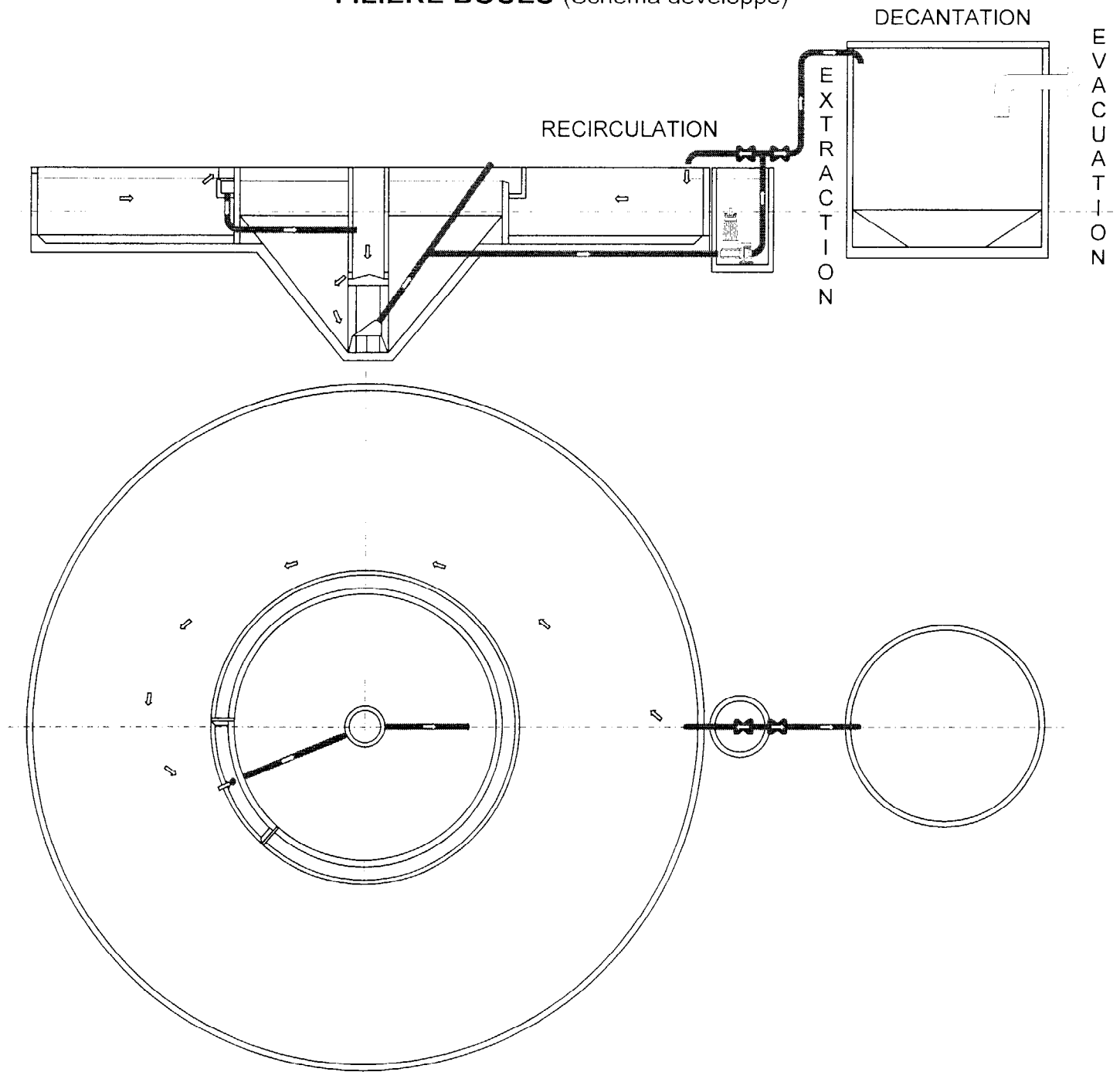
L'étude portera sur les points suivants :

- ajout d'une pompe de relevage et amélioration de la sûreté de fonctionnement,
- prise en compte d'un fonctionnement en EJP,
- mise hors gel de l'installation,
- surveillance de l'installation et aide au diagnostic.

FILIERE EAU (Schéma développé)



FILIERE BOUES (Schéma développé)



Brevet de Technicien Supérieur

MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Session 2001

**Analyse et conception des solutions possibles
d'automatisation d'un moyen de production
(Sous-épreuve E 5-1)**

Durée : 3 heures

Coefficient : 2,5

Questionnaire

Composition du dossier :

- Pages Q 1. à 5

Barème sur 50 points :

Questions	Barème sur 50	Questions	Barème sur 50
Question 1-1	5	Question 3-1	3
Question 1-2	4	Question 3-2	4
Question 1-3	6	Question 3-3	5
Question 1-4	4	Question 4-1	5
Question 1-5	2	Question 4-2	8
Question 2-1	4		

1. AMELIORATION DU POSTE DE RELEVAGE

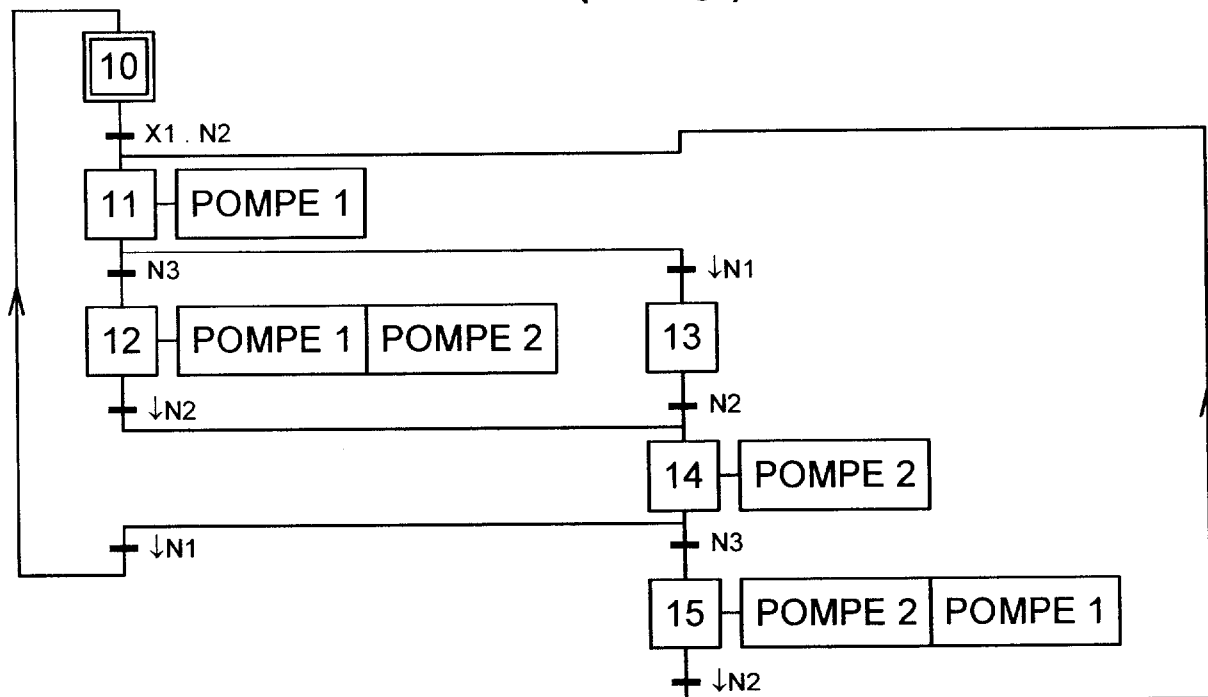
Actuellement le poste de relevage ne comporte qu'une seule pompe. Afin d'augmenter la capacité de pompage et par la même occasion la disponibilité du poste, on ajoute une deuxième pompe et on met en place trois détecteurs de niveau (voir document DT1 figure 1).

Le fonctionnement envisagé est le suivant :

- mise en fonctionnement des pompes en fonction du niveau,
- permutation de l'ordre d'enclenchement des pompes pour éviter l'inactivité prolongée d'une pompe,
- utilisation d'un seul démarreur pour les deux pompes, ce qui interdit un démarrage simultané de celles-ci.

Le GRAFCET de commande retenu est le suivant :

GRL (Relevage)



On note N_i l'information délivrée par le capteur associé à la détection du niveau i :

$N_i = 1$ si le niveau du liquide est supérieur ou égal au niveau i

$N_i = 0$ si le niveau du liquide est inférieur au niveau i

QUESTION 1-1 :

Etudier le GRAFCET proposé et compléter le chronogramme du document DR 1.

L'utilisation des deux pompes simultanément sert à absorber des pointes de débit. En dehors de ces pointes, cette architecture permet la tolérance de la défaillance d'une pompe.

En revanche les défaillances des détecteurs de niveau ne sont pas tolérées. On a d'ailleurs étudié les conséquences de la défaillance d'un seul des détecteurs à la fois sur le fonctionnement du poste de relevage (document DT 3), en adoptant la convention suivante :

- le défaut ($N_i = 1$) signifie que N_i reste toujours à la valeur "1",
- le défaut ($N_i = 0$) signifie que N_i reste toujours à la valeur "0".

On constate entre autres sur ce document, la possibilité d'une demande de démarrage simultané des deux pompes, ce qui n'est pas acceptable puisqu'il n'y a qu'un seul démarreur.

QUESTION 1-2 :

a) Compléter le GRAFCET du document DR 1 pour éviter tout démarrage simultané.

La station d'épuration fonctionne sans présence humaine. Le comportement de l'automatisme en présence d'une défaillance de détecteur de niveau (document DT3) n'est, de ce fait, pas jugé satisfaisant. On s'oriente donc vers une solution permettant la tolérance de la défaillance d'un seul détecteur de niveau à la fois.

Pour cela, on ajoute 2 détecteurs supplémentaires (voir document DT1 figure 2) et on fabrique trois nouvelles informations Niv1, Niv2 et Niv3 qui seront les images respectives des niveaux un, deux et trois, et qui seront exploitées par le GRAFCET de relevage (GRL) en lieu et place, respectivement, de N1, N2 et N3.

L'information Nivi, image du niveau i , sera déterminée à l'aide des informations $N(i-1)$, N_i et $N(i+1)$ issues des détecteurs, de la manière suivante :

- On recherche d'abord les discordances des combinaisons logiques $N(i-1)$, N_i et $N(i+1)$.
- Ensuite, dans le cas où il y a discordance, on détermine le(s) défaut(s) le(s) plus probable(s) responsable(s) de la discordance, en prenant en compte le fait qu'il y a au plus une défaillance.
- Enfin, on détermine la valeur à attribuer à Nivi en fonction des éventuels défauts.

QUESTION 1-3 :

a) Compléter les tableaux du document DR 2 pour détecter les discordances.

b) Compléter les tableaux du document DR 2 pour déterminer les défauts les plus probables.

c) Compléter les tableaux du document DR 2 pour déterminer les valeurs à attribuer aux Nivi.

Le premier défaut qui est détecté doit être mémorisé, d'une part pour permettre sa tolérance et d'autre part pour permettre de déclencher une alarme afin qu'une réparation soit effectuée au plus tôt.

QUESTION 1-4 :

a) D'après les résultats précédents, en vous aidant de l'exemple, donner les conditions permettant de mémoriser le défaut $N_2=1$ concernant N2 (répondre sur DR3).

b) D'après les résultats précédents compléter l'équation permettant de déterminer Niv2 (répondre sur DR3).

QUESTION 1-5 :

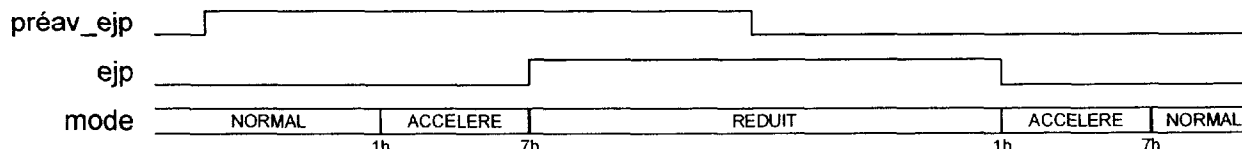
Quelles sont les défaillances qui ne peuvent pas être détectées avec la solution choisie pour tolérer un défaut ? Répondre sur le document DR3.

2. ETUDE DU FONCTIONNEMENT EN "EJP"

Une étude de la consommation annuelle d'énergie électrique a montré que l'utilisation du tarif EJP permettait de réaliser de substantielles économies.

Le fonctionnement envisagé est le suivant :

- un signal fourni par EDF la veille du jour de pointe (noté **preav_ejp**) permet d'activer un cycle d'activation/recirculation "accéléré" par anticipation,
- le jour de pointe, de 7h à 1h, le signal EDF (noté **ejp**) permet d'activer un cycle d'activation/recirculation "réduit",
- le jour suivant de 1h à 7h activation du cycle d'activation/recirculation "accéléré" afin de rétablir l'équilibre et éventuellement anticiper un autre jour de pointe,
- enfin reprise du fonctionnement normal s'il n'y a pas d'autre jour de pointe.



Le cycle "réduit" est défini de la façon suivante :

- **activation** : marche pendant 30 min, arrêt pendant 2 h 30,
- **recirculation** : marche pendant 2 min, arrêt pendant 15 min.

Le cycle "accéléré" est défini de la façon suivante :

- **activation** : marche pendant 30 min, arrêt pendant 30 min,
- **recirculation** : marche pendant 5 min, arrêt pendant 5 min.

QUESTION 2-1 :

Le GRAFCET de gestion des différents modes (normal, accéléré et réduit) GEJP est fourni (voir DT2). Compléter sur le document DR4, le GRAFCET des tâches d'activation (GA) en vous aidant du grafcet de recirculation (GR) fourni (voir doc DR3) pour prendre en compte les cycles "réduit" et "accéléré".

3. MISE HORS GEL DE L'INSTALLATION

Le risque de gel concerne l'activateur. Celui-ci est commandé à l'aide d'un variateur. Le principe de mise hors gel est le suivant : dès que le risque de gel apparaît (descente de la température de l'eau au voisinage de l'activateur en deçà d'un certain seuil) l'activateur est maintenu en rotation à vitesse réduite hors phase d'activation.

Afin de pouvoir régler aisément la valeur du seuil de mise hors gel et permettre de faire varier la valeur de la vitesse réduite en fonction de l'abaissement de la température, on utilise :

- une entrée analogique, pour la mesure de température,
- une sortie analogique, pour élaborer la consigne de vitesse du variateur.

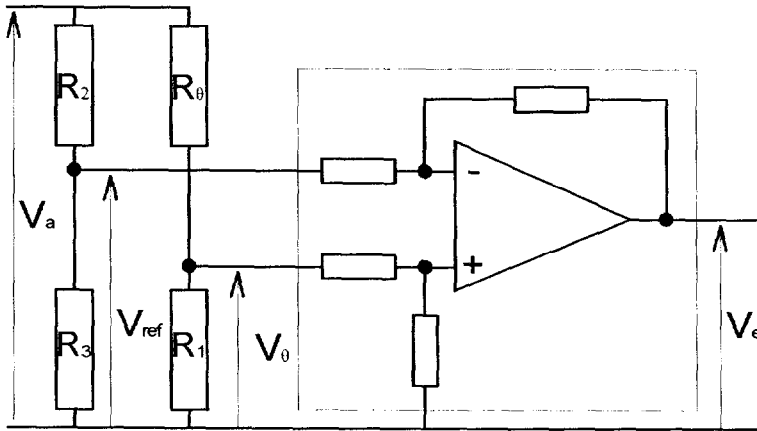
La sonde de température de type KTY 10-6 a une caractéristique linéaire. Deux relevés ont été effectués pour déterminer cette caractéristique :

Température : θ (°C)	Résistance : $R_{\theta}(\Omega)$
-18	1430
20	1930

QUESTION 3-1 :

Exprimer la caractéristique $R_{\theta}(\Omega)$ de la sonde sur le document DR4 sous forme d'une fonction $R_{\theta}(\Omega) = a\theta + b$

Le circuit ci dessous permet la conversion de la valeur de résistance $R_0(\Omega)$ donnée par la sonde en signal de tension (V_e) nécessaire à la carte d'entrée analogique :



- V_a : tension d'alimentation de 10 V
- V_e : $10 \cdot (V_\theta - V_{ref})$
- R_0 : résistance de la sonde
- R_1 : 2000 Ω
- R_2 : 2000 Ω
- R_3 : 2000 Ω

$$V_e = 10 \cdot \left(\frac{R_1}{R_1 + R_0} - \frac{R_3}{R_3 + R_2} \right) \cdot V_a$$

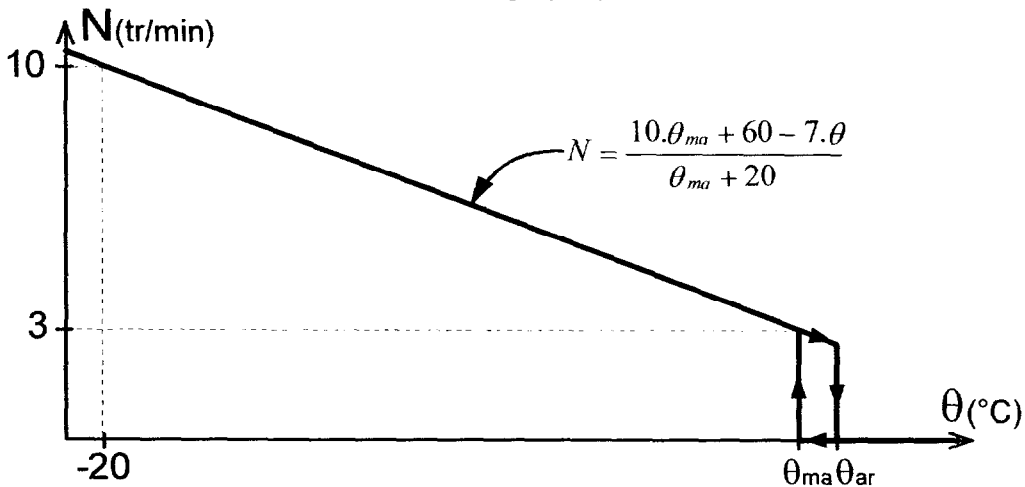
QUESTION 3-2 :

D'après les caractéristiques de l'entrée analogique 0-10V (voir document **DT4**)

- a) calculer les valeurs extrêmes d'entrée V_e sur la plage $[-18^\circ\text{C} ; 20^\circ\text{C}]$
- b) quelle est la résolution moyenne de la mesure de température (répondre sur **DR4**)

Pour éviter une instabilité au voisinage du seuil de mise en rotation de l'activateur, on introduit de l'hystérésis dans la loi de commande.

La loi de commande retenue est définie par le graphique suivant :



θ_{ma} : valeur de température correspondant à la mise en marche de l'activateur.

θ_{ar} : valeur de température correspondant à l'arrêt de l'activateur.

On donne les précisions suivantes :

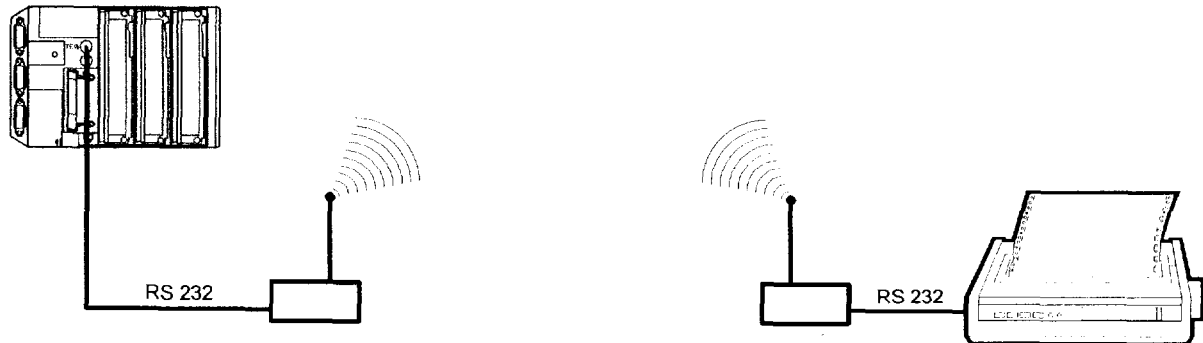
- la sortie analogique 0 - 10V utilisée, est l'image du mot %QW0.10 ($V_{vitesse}$) sur l'intervalle $[0 ; 10\ 000]$,
- la consigne de vitesse du variateur est donnée par cette sortie analogique ; à la plage 0 - 10V correspond une plage de fréquence de rotation de l'activateur de 0 - 100 tr/min.

QUESTION 3-3 :

Compléter sur le **DR5** la description en LADDER (voir **DT5**) de la commande de l'activateur en fonction de la température (élaboration de la consigne de vitesse et du bit interne Marche_var).

4. SURVEILLANCE ET AIDE AU DIAGNOSTIC

La station est située à l'écart de la commune, elle fait l'objet d'une visite systématique une fois par semaine afin de réaliser les opérations nécessaires d'entretien de l'installation et de contrôle de la qualité de l'eau traitée. De ce fait il est envisagé de mettre en place une surveillance de l'automatisme afin de détecter des éventuels dysfonctionnements et de les signaler sous forme de numéros de défauts horodatés sur une imprimante distante via une liaison radio. Ces numéros seront affichés en local sur afficheurs 7 segments.



4.1 surveillance de la rotation de l'activateur

Le contrôle de la rotation de l'activateur est effectué à l'aide d'un capteur inductif qui détecte le mouvement des ailettes d'un des disques de brassage.

- un disque de brassage possède 30 ailettes,
- la fréquence de rotation de l'activateur est comprise entre 3 tr/min (hors gel) et 100 tr/min (fonctionnement normal),
- le capteur inductif est raccordé à une entrée automate configurée en entrée de comptage. Le compteur associé est mis à jour de manière transparente pour l'utilisateur.

Le principe de détection retenu est le suivant :

Périodiquement on compare la valeur actuelle du compteur avec sa valeur enregistrée à la période précédente. Si les valeurs sont différentes, on conclut à la rotation de l'activateur et on positionne le bit **Rot_act** à "1", sinon on le positionne à "0".

QUESTION 4-1 :

*Déterminer la périodicité du traitement quand la fréquence de rotation est la plus faible, puis à l'aide de **DT5**, choisir une base de temps et décrire sous forme de pseudo-code le traitement correspondant sur **DR5**.*

4.2 aide au diagnostic

On décide de mettre en place une aide au diagnostic afin que les informations émises ou affichées soient précises et synthétiques. Pour cela on a défini pour chaque fonction un nombre limité de défauts (les plus probables) pouvant être déduits des informations disponibles. On s'est limité ici à l'activateur.

QUESTION 4-2 :

*A partir de l'étude du document **DT6**, compléter sur le **DR6**, sous forme de logigramme, les conditions permettant de déterminer les défauts à signaler en fonction des informations dont dispose l'automate.*