

Brevet de Technicien Supérieur

**CONTRÔLE INDUSTRIEL
et
RÉGULATION AUTOMATIQUE**

U42 – Automatismes et logique

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

Aucun document autorisé. Calculatrices interdites.

Tout autre matériel est interdit.

Avant de composer, assurez-vous que l'exemplaire qui vous a été remis est bien complet. Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11.

ATTENTION :

Les DOCUMENTS RÉPONSES (pages 8/11 - 9/11) et (pages 10/11 - 11/11) sont fournis en double exemplaire, un exemplaire étant à remettre avec la copie ; l'autre servant de brouillon éventuel.

Toutes les parties sont indépendantes et peuvent être traitées séparément.

	Pages	Barème
<u>Sommaire</u>	2	
Description du procédé	3	
<u>Première partie</u> : Gestion de la stabilisation	3	7 points
<u>Deuxième partie</u> : Élaboration de la consigne de débit d'air	4	6 points
<u>Troisième partie</u> : Calcul du pointeur	4	4 points
<u>Quatrième partie</u> : Mesure du potentiel Redox	5	3 points
Annexe 1 :	6	
Annexe 2 :	6	
Annexe 3 :	7	
Document réponse N°1	8 et 9	
Document réponse N°2	10 et 11	

Station d'épuration biologique d'une petite collectivité

Le traitement des eaux usées consiste en une succession d'opérations mécaniques (dégrillage, dessablage, dégraissage, décantation) et biologiques (élimination de l'azote ammoniacal, des composés carbonés, etc. à l'aide de bactéries). Un schéma de principe de ce traitement est donné en **ANNEXE 1, page 6/11**.

Ici l'élimination de l'azote et du carbone est réalisée en trois phases :

- Anoxie : L'oxygène dissout est quasiment absent et les nitrates sont présents → Des bactéries transforment les nitrates en Azote et en eau, en consommant du carbone (dénitrification).
- Aérobie : L'oxygène dissout est présent, il est apporté par aération continue → D'autres bactéries transforment l'azote ammoniacal en nitrates (nitrification).
- Stabilisation : Aération discontinue pour alterner les phases de nitrification et de dénitrification (évite les fermentations anaérobies lorsque l'oxygène dissout vient à disparaître) → élimination totale des ions nitrates.

L'automatisation des différentes phases est réalisée à l'aide d'un Automate Programmable Industriel, à partir de mesures effectuées par des transmetteurs de débit d'air, de potentiel Redox (électrodes de Platine) et d'oxygène dissout (électrodes de Clark), vers des actionneurs de types vannes TOR et de régulation (systèmes d'aération par insufflation de fines bulles).

PREMIÈRE PARTIE : GESTION DE LA STABILISATION

Description de la stabilisation :

Cette stabilisation est réalisée par une aération intermittente : alternance d'aération (nitrification) et de repos (dénitrification). Ceci tant que le sélecteur est sur automatique (**auto**).

Nitrification :

La vanne d'insufflation d'air (**V_AIR**) s'ouvre.

La nitrification est suffisante si elle dure au moins 15 minutes et si la mesure de potentiel Redox (**pR**) dépasse le **seuil haut** (correspondant à 150 mV). Par contre, si elle dure plus de **60 minutes**, elle s'arrête et une alarme de « montée **trop lente** » est enclenchée (cette alarme doit être acquittée par l'opérateur avant de poursuivre le cycle pour passer à l'autre phase).

Dénitrification :

La vanne (**V_AIR**) se ferme.

La dénitrification est suffisante si la mesure de potentiel Redox (**pR**) passe sous le **seuil bas** (correspondant à -50 mV) ou si elle dure plus de **4 heures**. Elle doit durer au moins 15 minutes, si la mesure de potentiel Redox descend sous le **seuil bas** en moins de **15 minutes** alors une alarme « descente **trop rapide** » est enclenchée (cette alarme doit être acquittée par l'opérateur avant de poursuivre le cycle pour passer à l'autre phase).

1. *Établissez le grafcet gérant la stabilisation en tenant compte de la description et du tableau de variables utiles en **ANNEXE 2, page 6/11**.*

DEUXIÈME PARTIE : ÉLABORATION DE LA CONSIGNE DE DÉBIT D'AIR

La consigne de débit d'air est élaborée à partir d'une mesure **mQ_air** et d'un **delta_air** calculé par un module de logique non étudié ici à partir de la mesure d'oxygène dissout. Le principe de l'élaboration est le suivant :

Toutes les minutes :

- si la mesure d'oxygène dissout **oxy** est inférieure au seuil bas **Oxy_min**, alors la consigne **cQ_air** est égale à la mesure **mQ_air** plus le **delta_air** (la consigne ne devra pas être supérieure à 90%).
- si la mesure d'oxygène dissout **oxy** est supérieure au seuil haut **Oxy_max**, alors la consigne est égale à la mesure **mQ_air** moins le **delta_air** (la consigne ne devra pas être inférieure à 20%). Si la mesure d'oxygène est comprise entre les deux seuils, la consigne est inchangée.

2. Complétez l'organigramme de calcul de la consigne de débit d'air et du bornage de celle-ci entre 20 et 90 %, en tenant compte de la description et du tableau de variables utiles en ANNEXE 2, page 6/11. (Document réponse 1, pages 8/11 et 9/11)

TROISIÈME PARTIE : CALCUL DU POINTEUR

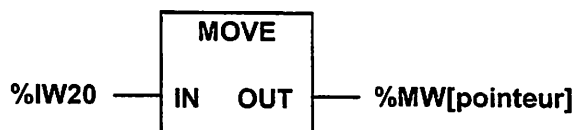
Nous devons calculer la moyenne (rangée à l'adresse %MW430) des 5 dernières mesures de débit rangées dans 5 mots (de 16 bits) contigus de la mémoire de l'automate (%MW420 à %MW428, les mots de 16 bits étant numérotés de 2 en 2).

Pour ce faire, à chaque fois que l'on rangera une mesure dans un de ces 5 mots, on positionnera un index (%MW10) sur sa valeur suivante. L'index évoluera ainsi de la valeur 0 à la valeur 4 pour repasser ensuite à la valeur 0, etc. La relation entre l'index et l'adresse mémoire correspondante est donnée dans le tableau ci-dessous :

index i (%MW10)	adresse (%MW..)	pointeur P (%MW4)
0	420	3 360
1	422	
2	424	3 392
3		3 408
4	428	3 424

Pour établir la relation entre l'index et l'adresse correspondante, on utilise l'adressage indirect qui permet d'écrire une seule instruction quelle que soit la valeur de l'index.

L'instruction de transfert MOVE s'écrira par exemple :



Où le **pointeur** est un mot (ici %MW4), écrit entre crochets []. Ce pointeur contient lui-même l'adresse considérée décalée de 3 bits à gauche (soit multipliée par 8 en décimal). Dans l'exemple ci-dessus, si %MW4 contient **3 392**, la mesure %IW20 sera rangée à l'adresse %MW**424**.

3. Sur le document réponse 2, pages 10/11 et 11/11 :

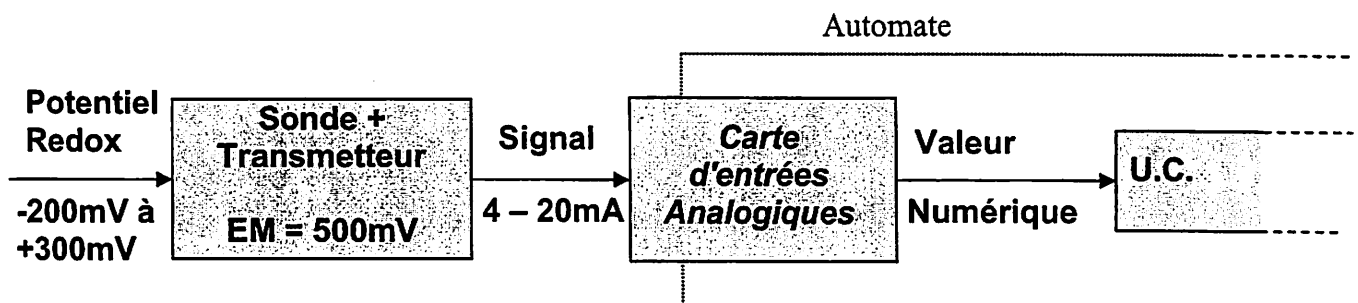
3.1 Compléter le tableau avec les valeurs manquantes.

3.2 Établissez l'équation reliant la valeur du pointeur P à l'index i correspondant, $P = f(i)$.

3.3 À l'aide des fonctions logiques décrites en ANNEXE 3 page 7/11, proposez un logigramme permettant de générer le pointeur à partir de l'index.

QUATRIÈME PARTIE : MESURE DU POTENTIEL REDOX

Schéma fonctionnel :



La notice technique de l'ensemble sonde-transmetteur annonce une mesure à 1,5mV près, soit 0,3% de l'E.M.

Extrait du catalogue :

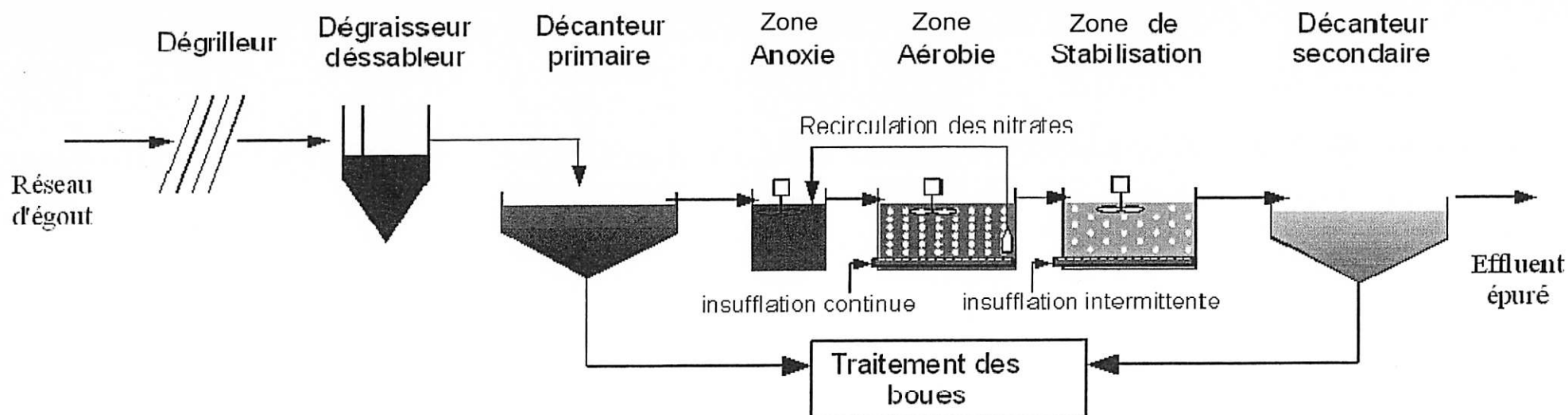
Caractéristiques des modules d'entrées analogiques				
Type de modules d'entrées	A	B	C	D
Nombre de voies	2	4	8	4
Gamme d'entrées	0-20 mA ou 4-20 mA, configurable			
Conversion analogique/numérique	8 bits	10 bits	12 bits	16 bits
Période d'acquisition Cycle normal (ms)	27	51	30	1
Échelle de prix	1	2	3	4

La résolution d'un module est le plus petit écart entre deux valeurs numériques contiguës, exprimé en % de l'Etendue de Mesure du module.

4. Choisissez dans le tableau ci-dessus un module d'entrées analogiques permettant de récupérer l'information avec une résolution plus petite que l'erreur maxi de la sonde et au moindre coût.
Argumentez votre choix par le calcul.

(Rappel : les valeurs numériques d'un module d'entrée sur 8 bits vont de 0 à 255.
 $2^8 = 256$, $2^{10} = 1\ 024$, $2^{12} = 4\ 096$, $2^{16} = 65\ 536$)

Annexe 1 : Schéma de principe du traitement



Annexe 2 : Tableau des variables

Entrées	Type	Commentaire
auto	Sélecteur 2 positions stables	à 1 si sélecteur sur auto
acq	Bouton poussoir d'acquiescement	
pR	Signal issu de la sonde Redox	valeur numérique sur 10 bits
oxy	Signal issu de la sonde d'oxygène dissout	valeur numérique sur 10 bits
Sorties		
V_AIR	Vanne d'insufflation d'air	Type monostable NF
AL_M	Alarme montée trop lente	Voyant
AL_D	Alarme descente trop rapide	Voyant
Seuils et signaux		
PR_max	Seuil haut de potentiel Redox	correspond à 150 mV
PR_min	Seuil bas de potentiel Redox	correspond à -50 mV
Oxy_max	Seuil haut d'oxygène dissout	
Oxy_min	Seuil bas d'oxygène dissout	
cQ_air	Consigne de débit d'air	Ne peut évoluer qu'entre 20 % et 90 %
delta_air	correction de consigne de débit d'air	calculé par un module de logique non étudié ici
mQ_air	moyenne des 5 dernières mesures de débit d'air	

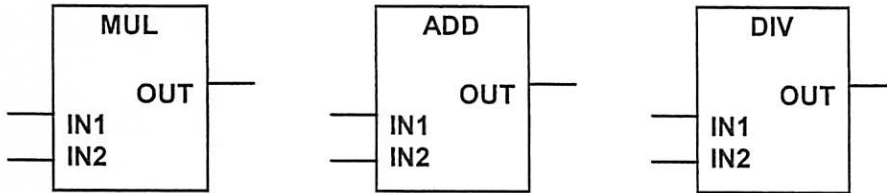
Annexe 3 : Symboles de fonctions logiques sur mots

Opérations arithmétiques : MULTIPLICATION, ADDITION, DIVISION

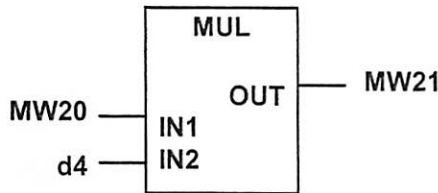
IN1, IN2 et *OUT* : Format mot (16 bits).

OUT correspond au résultat de l'opération logique spécifiée exécutée entre les mots présents sur les entrées *IN1* et *IN2*.

Une valeur immédiate peut être écrite en *décimal en plaçant devant "d"*.



Exemple :



MW20	0000 0010 1100 1111
d4	0000 0000 0000 0100
MW21	0000 1011 0011 1100

Opérations de décalage : SHR et SHL.

IN, N et *OUT* : Format mot.

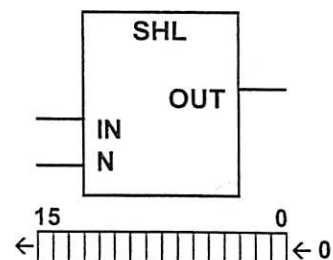
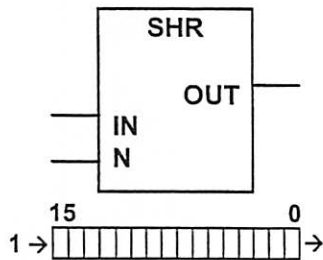
OUT correspond au mot présent sur l'entrée *IN* mais avec un décalage logique de *N* bits.

Décalage logique à *droite* de *N* bits.

Les bits libérés sont remplacés par des 1.

Décalage logique à *gauche* de *N* bits.

Les bits libérés sont remplacés par des 0.

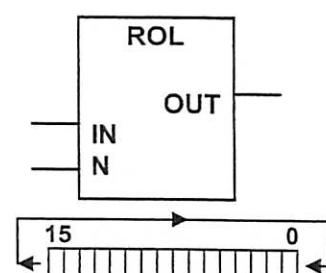
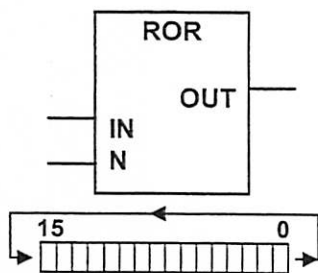


Opérations de décalage circulaire : ROR et ROL.

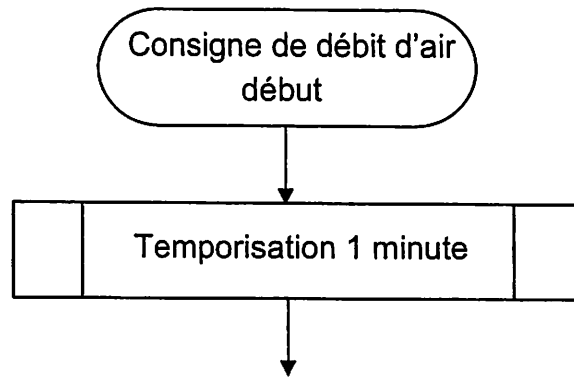
OUT correspond au mot présent sur l'entrée *IN* mais avec un décalage circulaire de *N* bits.

Décalage circulaire à *droite* de *N* bits.

Décalage circulaire à *gauche* de *N* bits.



DOCUMENT RÉPONSE N°1



CAE4AL S

EXEMPLAIRE POUVANT SERVIR DE BROUILLON

DOCUMENT RÉPONSE N°2

3.1 - Tableau des valeurs du pointeur :

index i (%MW10)	adresse (%MW..)	pointeur (%MD4)
0	420	3360
1	422	
2	424	3392
3		3408
4	428	3424

3.2 - Équation pointeur = f(index) :

3.3 - Logigramme de calcul du pointeur :