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

1ère Partie : ETUDE DU PROCEDE DE TRAITEMENT

La fourniture en eau d'une commune est réalisée à partir d'eau souterraine.
Cette eau subit un traitement avant distribution.
Les analyses des eaux brutes et traitées sont en annexe 2 document 1.
La filière de traitement est présentée en annexe 1.

1 - ETUDE DE L'EAU BRUTE : (3 points)

1.1 *Proposer une explication à la présence des ions nitrate dans cette eau.*

1.2 *En utilisant le diagramme potentiel/pH (annexe 3) expliquer pourquoi les formes de fer et de manganèse rencontrées dans cette eau souterraine sont* Fe^{2+} *et* Mn^{2+}.

2 - ETAPE DE L'ELIMINATION DU FER ET DU MANGANESE : (13 points)

2.1 *Donner les formes chimiques mises en jeu lors des réactions d'élimination du fer et du manganèse en précisant les étapes.*

2.2 *Justifier l'étape d'aération dans la filière de traitement.*

2.3 *Justifier la mise en service de l'injection de permanganate de potassium.*

2.4 *Calculer, en utilisant le document 2 de l'annexe 2, la masse de permanganate de potassium nécessaire pour éliminer 1 mg de manganèse.*

2.5 *Dans le cas où la masse de permanganate de potassium nécessaire pour éliminer 1mg de manganèse est de 2mg, calculer le débit de la pompe doseuse de permanganate de potassium.*

3 - ETAPE DE FILTRATION : (12 points)

Le graphe présenté dans le document 3 (annexe 2) présente les variations de pertes de charge en fonction de l'épaisseur de la masse filtrante et du temps de filtration.

3.1 *Expliquer et interpréter ces courbes.*

3.2 *Calculer la surface du filtre puis l'intervalle de temps entre deux lavages successifs pour ce filtre par rapport aux capacités de rétention en fer* $(Fe(OH)_3)$ *et manganèse* (MnO_2)

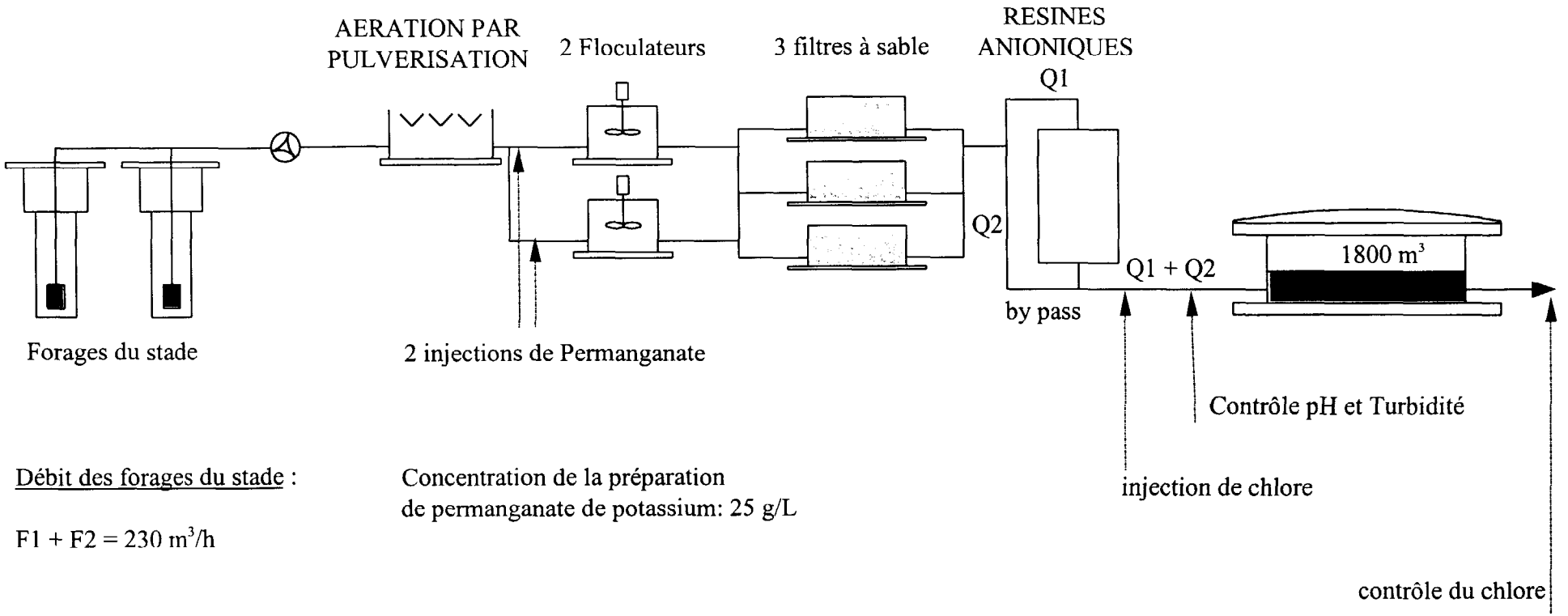
4 - DENITRATATION : (12 points)

4.1 *Justifier l'emplacement de cette étape dans la filière.*

4.2 *Calculer, en °F, le TAC de l'eau à la sortie des résines en considérant que ces résines fixent avec la même affinité les ions nitrate, hydrogénocarbonate.*
Donnée : Rendement d'élimination des nitrates = 95%.

4.3 *Calculer Q1 et Q2 (voir annexe 1) justifiant la concentration en nitrate de l'eau traitée.*

ANNEXE 1



Débit des forages du stade :

F1 + F2 = 230 m³/h

Concentration de la préparation de permanganate de potassium: 25 g/L

FILIERE DE TRAITEMENT

ANNEXE 2

Document 1 : Analyses des eaux brutes et traitées

Paramètres	Eau brute	Eau traitée
Température (°C)	15,8	16
pH	6,5	6,2
E_H (V)	+ 0,15	+ 0,75
TAC ($mg.L^{-1}$)	207,4	à déterminer
Fer ($mg.L^{-1}$)	5	0
Manganèse ($mg.L^{-1}$)	0,8	0
Nitrates ($mg.L^{-1}$)	75	5
O_2 dissous ($mg.L^{-1}$)	0,2	7,3

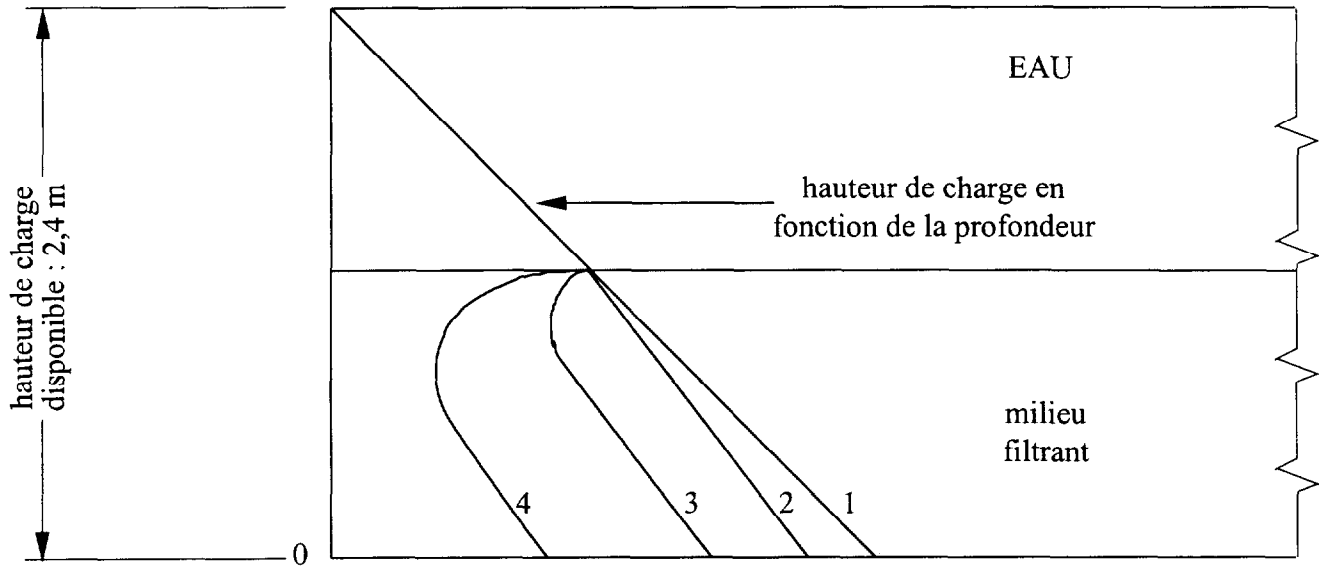
Document 2 : Réactions chimiques mises en jeu lors de l'introduction de permanganate de potassium

$M_{Fe} = 56$ g. mol^{-1}
$M_{Mn} = 55$ g. mol^{-1}
$M_K = 39$ g. mol^{-1}

Réaction entre le fer et le dioxygène :
$4\ Fe^{2+} + O_2 + 10\ H_2O \rightarrow 4\ Fe(OH)_3 + 8\ H^+$

Réaction entre le manganèse et le permanganate de potassium
$3\ Mn^{2+} + 2\ KMnO_4 + 2\ H_2O \rightarrow 5\ MnO_2 + 4\ H^+ + 2\ K^+$

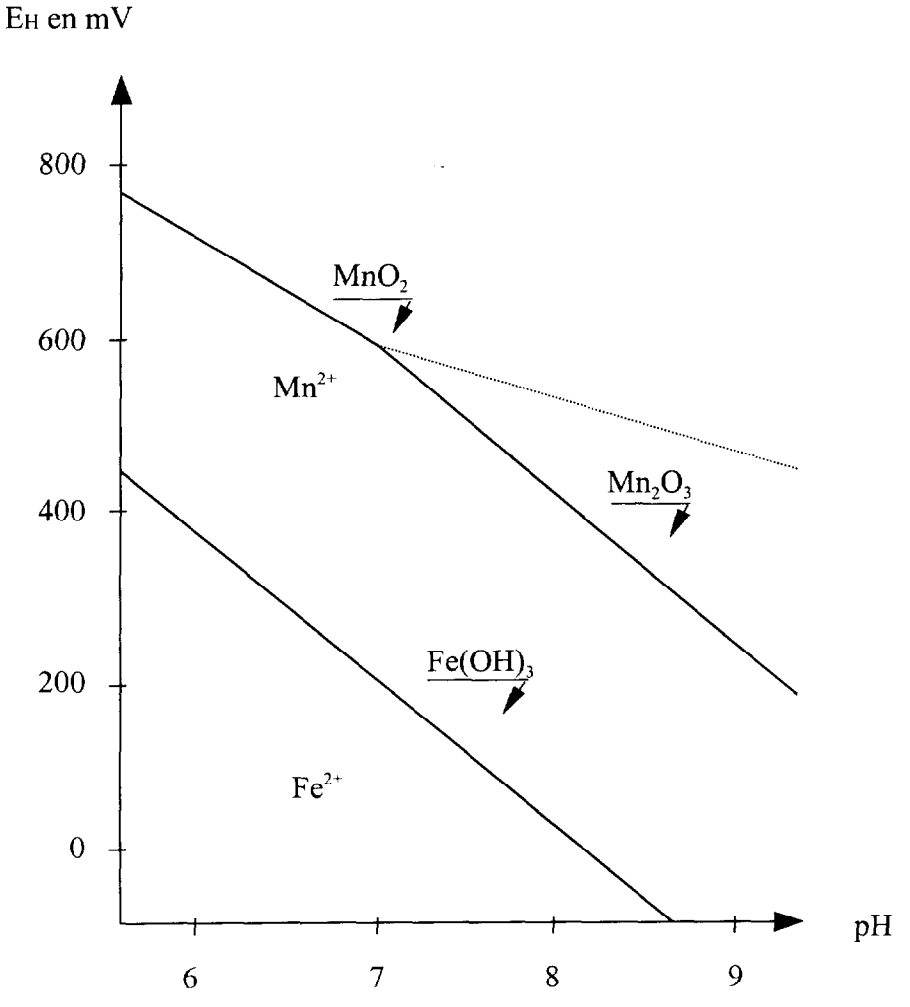
Document 3 : Variation des pertes de charge en fonction de l'épaisseur et du temps de filtration



1. débit nul
2. à la mise en route
3. après 2 heures
4. après 10 heures

Vitesse de filtration = 3 $m.h^{-1}$
Capacité de rétention en fer = 0,5 kg $Fe(OH)_3/m^2$
Capacité de rétention en manganèse = 0,25 kg MnO_2/m^2

ANNEXE 3



DIAGRAMMES POTENTIEL/pH COMPARES DU FER ET DU MANGANESE

2ème Partie : AUTOMATISME - ELECTROTECHNIQUE - REGULATION

1 – AUTOMATISME (8 points)

Les deux pompes des forages sont asservies aux niveaux du réservoir de 1800 m^3 (voir annexes 1 et 4).
Le débit de sortie du réservoir est toujours inférieur au débit d'une pompe.
Ce réservoir dispose actuellement de 3 poires de niveaux (NB, NTB et NH) correspondant au niveau Bas, au niveau très Bas et niveau Haut (voir Annexe 4).
Les 2 forages sont équipés de 2 capteurs et de 1 pompe chacun :

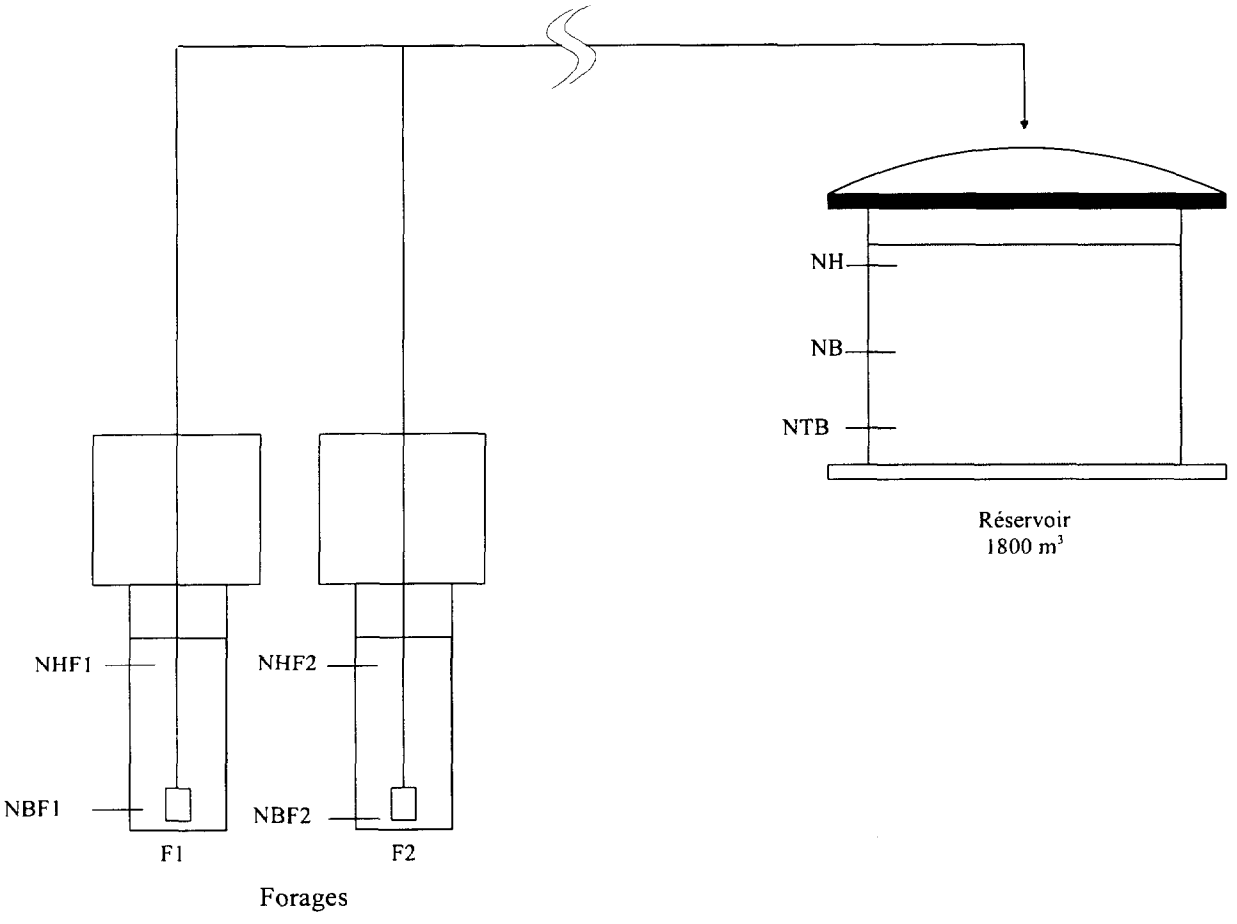
- forage 1 : NBF1 (niveau bas forage 1) et NHF1 (niveau haut forage 1) ; pompe P1.
- forage 2 : NBF2 (niveau bas forage 2) et NHF2 (niveau haut forage 2) ; pompe P2.

Description du fonctionnement : voir GRAFCET Annexe 5.

Le fonctionnement automatique de l'ensemble est lié au niveau de l'eau dans le réservoir.
Le remplissage du réservoir s'effectue de la façon suivante :

- niveau de l'eau supérieur à NH : pas de pompe en service,
- niveau de l'eau entre NH et NB : pompe P1 ou P2 par permutation,
- niveau de l'eau inférieur à NB : pompes P1 et P2 en service.

ANNEXE 4



En ce qui concerne les forages F1 et F2, si le niveau descend en dessous de NBF1 ou NBF2 : arrêt total de la pompe correspondante, voir GRAFCET de défaut Annexe 5.

On désire remplacer les poires de niveaux NB et NH par un capteur analogique à ultrasons.

Ce capteur sera fixé en haut du réservoir. C'est un capteur 4-20 mA.

Par étalonnage : - le niveau haut NH correspondant à 8 mA.
- le niveau bas NB correspond à 16 mA.

On associera à ce capteur le mot W0 variant de 0 à 255. (répondre sur le document réponse n°1 (DR 1).)

1. Calculer les valeurs du mot correspondant à NH et NB (8 mA et 16 mA).

2. Donner les tests de comparaison à effectuer sur le mot W0 pour obtenir les informations :

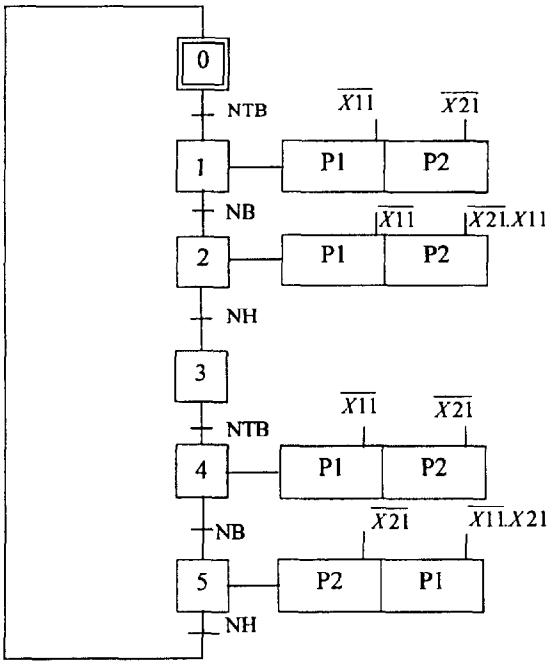
NH ; NB

3. Donner l'équation logique de fonctionnement de la pompe P1 en fonction des grafcets puis la simplifier.

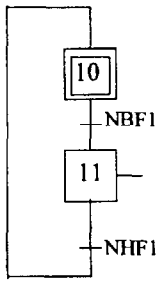
4. Dessiner sous forme de schéma à contacts l'équation de fonctionnement de la pompe P1.

ANNEXE 5

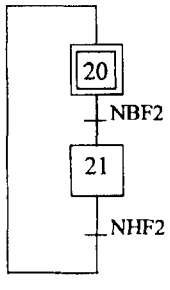
GRAFCET de fonctionnement des pompes



GRAFCET de défaut par manque d'eau



FORAGE 1



FORAGE 2

DR 1

DOCUMENT-REPONSE - AUTOMATISME

Document à joindre à la copie

Question 1 : valeurs du mot W0

pour NH :
pour NB :

Question 2 : correspondance des transitions avec W0

NH : **NB :**

Question 3 : équation de P1

Question 4 :

2 – ELECTROTECHNIQUE (8 points)

La pompe P1 est entraînée par un moteur asynchrone triphasé M1.
- Moteur asynchrone triphasé tétrapolaire d'une puissance de 1,5 kW.
- Réseau 230 V / 400 V.

On dispose pour l'alimentation du moteur d'un sectionneur porte fusible, d'un contacteur et d'un relais thermique.

Ce matériel devenant obsolète, on désire le remplacer par du matériel plus performant afin de faire un démarrage progressif du moteur et de la variation de vitesse (voir schéma annexe 6).

On utilise un disjoncteur magnéto-thermique, un contacteur, un variateur de vitesse (sous coffret étanche), et un moteur asynchrone.
Le nouveau moteur a la même puissance utile que l'ancien mais adapté à la variation de vitesse (moteur de type LS). Sa vitesse de fonctionnement est de 1070 tr/mn.
La pompe n'est pas remplacée.

(répondre sur le document réponse n°2 (DR 2).)

1. Citer les différents principes de variations de vitesse pour un moteur asynchrone ?

2. Donner la référence du disjoncteur magnéto-thermique et du contacteur à installer à partir de l'annexe 7.

3. En prenant en compte le principe de fonctionnement d'un variateur de vitesse, le sens de rotation du moteur est-il changé si on inverse l'ordre des phases du réseau ?
Justifier votre réponse.

4. Dans la nouvelle installation, le relais de protection thermique du moteur a été supprimé. Pourquoi ?

5. Donner l'allure de la courbe de déclenchement d'un disjoncteur magnéto-thermique et indiquer à quoi correspondent ses différentes parties.

NE RIEN

Examen ou concours : ..... Série : .....
Spécialité/option : .....
Repère de l'épreuve : .....
Épreuve//sous-épreuve : .....
(Précisez, s'il y a lieu, le sujet choisi)

Si votre composition comporte plusieurs feuilles, numérotez-les et placez les intercalaires dans le bon sens.

DR2

DOCUMENT-REPONSE -ELECTROTECHNIQUE

(à joindre à la copie)

Question 1 : Différents types de variation de vitesse :

Différents types :

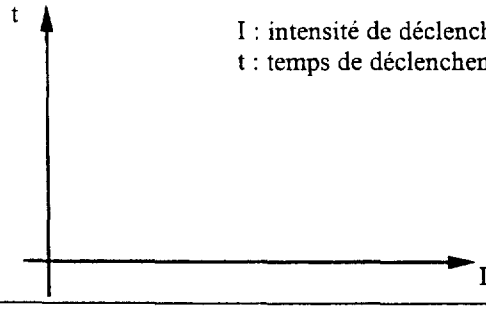
Question 2 : Choix du matériel :

Disjoncteur : choix	
	référence
Contacteur : choix	
	référence

Question 3 : Influence de l'ordre des phases du réseau d'alimentation du variateur :

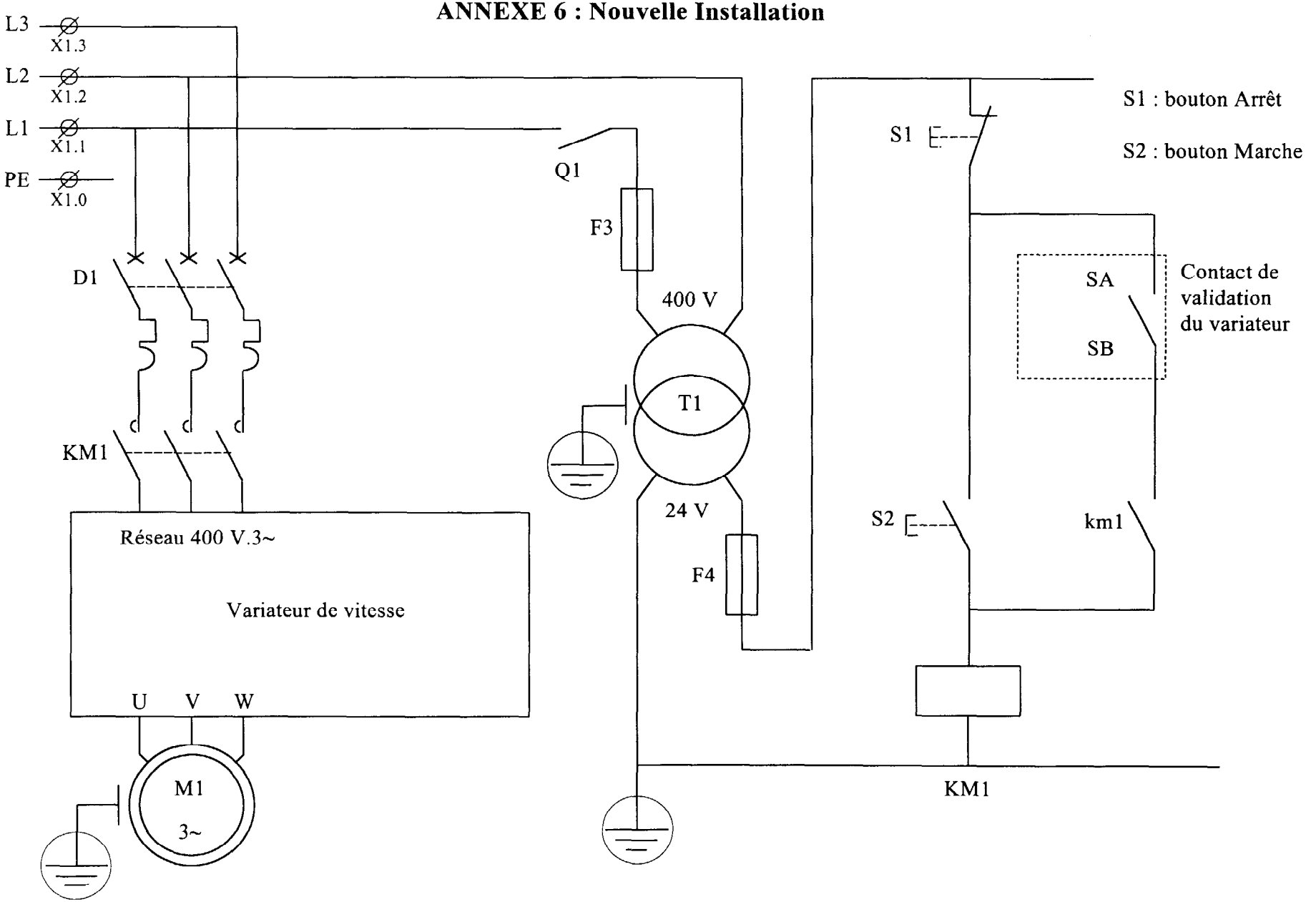
Question 4 : Suppression du relais thermique :

Question 5 : Courbe de déclenchement du disjoncteur :



I : intensité de déclenchement
t : temps de déclenchement

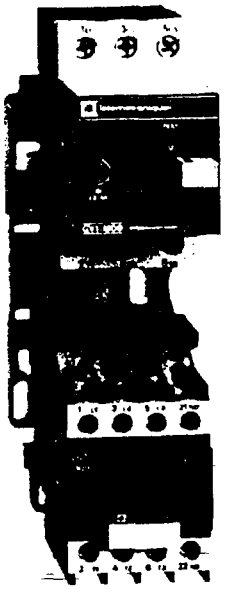
ANNEXE 6 : Nouvelle Installation



1

Disjoncteurs-moteurs GV1-M•• (0,1 à 25 A)

Le pouvoir de coupure de l'association est égal au pouvoir de coupure du GV1 (effectuer un contrôle du fonctionnement après coupure de Icc).



Puissances normalisées des moteurs triphasés 50/60 Hz en catégorie AC-3						Calibre du disjoncteur-moteur	Référence	
220 V 230 V kW	380 V 400 V kW	415 V kW	440 V kW	500 V kW	660 V 690 V kW	A	Disjoncteur-moteur magnéto-thermique	Contacteur
–	–	–	–	–	–	0,1...0,16	GV1-M01	LC1-D09••••
–	–	–	–	–	–	0,16...0,25	GV1-M02	LC1-D09••••
–	–	–	–	–	–	0,25...0,40	GV1-M03	LC1-D09••••
–	–	–	–	–	0,37	0,40...0,63	GV1-M04	LC1-D09••••
–	–	–	0,37	0,37	0,55	0,63...1	GV1-M05	LC1-D09••••
–	0,37	–	0,55	0,75	1,1	1...1,6	GV1-M06	LC1-D09••••
0,37	0,75	1,1	1,1	1,1	1,5	1,6...2,5	GV1-M07	LC1-D09••••
0,75	1,5	1,5	1,5	2,2	3	2,5...4	GV1-M08	LC1-D09••••
1,1	2,2	2,2	3	3,7	4	4...6	GV1-M10	LC1-D09••••
2,2	4	4	4	5,5	5,5	6...10	GV1-M14	LC1-D09••••
–	–	–	–	–	7,5	6...10	GV1-M14	LC1-D12••••
3	5,5	5,5	5,5	7,5	–	10...16	GV1-M20	LC1-D12••••
4	7,5	7,5	7,5	10	10	10...16	GV1-M20	LC1-D18••••
–	–	–	–	–	11	10...16	GV1-M20	LC1-D25••••
–	–	9	9	–	–	16...20	GV1-M21	LC1-D18••••
5,5	10	–	–	11	15	16...20	GV1-M21	LC1-D25••••
5,5	11	11	11	15	–	20...25	GV1-M22	LC1-D25••••
–	–	–	–	–	18,5	20...25	GV1-M22	LC1-D32••••

Contacteurs tripolaires

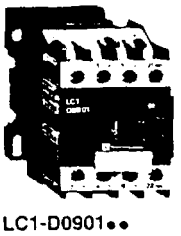
Choix :
pages 1/164 à 1/195
Caractéristiques :
pages 1/198 à 1/205
Encombrements :
pages 1/244 à 1/247
Schémas :
pages 1/248 et 1/249

pour commande de moteurs (de 9 à 95 A en AC-3)
pour commande de circuits de distribution (de 25 à 125 A en AC-1)

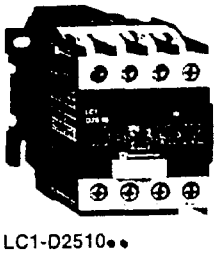
Circuit de commande : courant alternatif

~

1



LC1-D0901••



LC1-D2510••

Puissances normalisées des moteurs triphasés 50/60 Hz en catégorie AC-3						Courant assigné d'emploi		Contacts auxiliaires instantanés		Référence de base à compléter par le repère de la tension (2)	Fixation, raccordement (1)	Tensions usuelles	Masse
220V 230V kW	380V 400V kW	415V kW	440V kW	500V kW	660V 690V kW	en AC-3 440V jusqu'à A	en AC-1 θ < 40°C jusqu'à A						kg
2,2	4	4	4	5,5	5,5	9	25	–	–	● LC1-D0900•• (3)	B7 E7 F7 M7 Q7		0,320
								1	–	LC1-D0910•• (4)	B7 E7 F7 M7 Q7		0,320
								–	1	LC1-D0901•• (4)	B7 E7 F7 M7 Q7		0,320
3	5,5	5,5	5,5	7,5	7,5	12	25	–	–	● LC1-D1200•• (3)	B7 E7 F7 M7 Q7		0,320
								1	–	LC1-D1210•• (4)	B7 E7 F7 M7 Q7		0,320
								–	1	LC1-D1201••	B7 E7 F7 M7 Q7		0,320
4	7,5	9	9	10	10	18	32	–	–	● LC1-D1800•• (3)	B7 E7 F7 M7 Q7		0,320
								1	–	LC1-D1810•• (4)	B7 E7 F7 M7 Q7		0,350
								–	1	LC1-D1801•• (4)	B7 E7 F7 M7 Q7		0,350
5,5	11	11	11	15	15	25	40	–	–	LC1-D2500•• (3)	B7 E7 F7 M7 Q7		0,320
								1	–	LC1-D2510•• (4)	B7 E7 F7 M7 Q7		0,505
								–	1	LC1-D2501••	B7 E7 F7 M7 Q7		0,505
7,5	15	15	15	18,5	18,5	32	50	–	–	● LC1-D3200•• (3)	B7 E7 F7 M7 Q7		0,320
								1	–	LC1-D3210••	B7 E7 F7 M7 Q7		0,525
								–	1	LC1-D3201••	B7 E7 F7 M7 Q7		0,525
11	18,5	22	22	22	30	40	60	1	1	LC1-D4011••	B5 E5 F5 M5 Q5		1,150
15	22	25	30	30	33	50	80	1	1	LC1-D5011••	B5 E5 F5 M5 Q5		1,150

(2) Tensions du circuit de commande existantes (délai variable, consulter notre agence régionale).

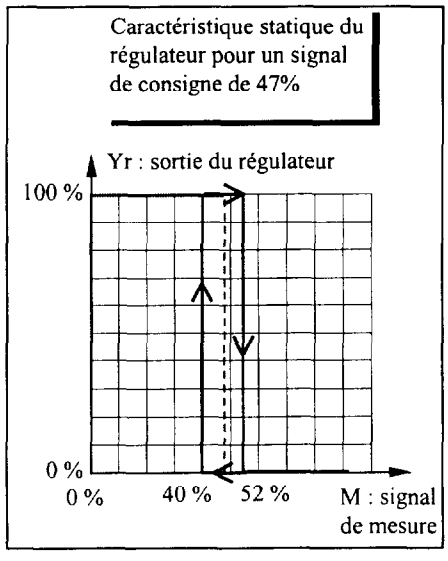
Volts	24	42	48	110	220/230	230	240	380/400	400	415	440	500	660
50 Hz	B5	D5	E5	F5	M5	P5	U5	Q5	V5	N5	R5	S5	Y5
60 Hz	B6	D6	E6	F6	M6	–	U6	Q6	–	–	R6	–	–
50/60 Hz	B7	D7	E7	F7	M7	P7	U7	Q7	V7	N7	R7	–	–

3 – REGULATION (9 points)

On se propose d'étudier une régulation de niveau sur le réservoir de stockage de l'eau extraite des forages.
Ce réservoir est maintenant alimenté par une seule motopompe électrique. L'ensemble, constitué par un capteur transmetteur de niveau, un régulateur et la motopompe, régule le niveau de ce réservoir.

1 - Régulation en tout ou rien :

Le moteur électrique de la motopompe est commandé en tout ou rien.
Le document réponse DR3 représente la mesure du niveau en fonction du temps.
La figure ci-dessous représente la caractéristique statique du régulateur.



Représenter sur le document réponse DR3 le signal de commande Yr(t) en concordance avec le signal de mesure M(t).

2 - Régulation PI :

2 - 1 Réglage par la méthode des oscillations T.O.R.

Le système de régulation est modifié, le moteur d'entraînement de la pompe est équipé d'un variateur de vitesse. L'enregistrement du document réponse DR3 est utilisé pour trouver les réglages de la nouvelle boucle de régulation grâce à la méthode des oscillations donnée en annexe 9.

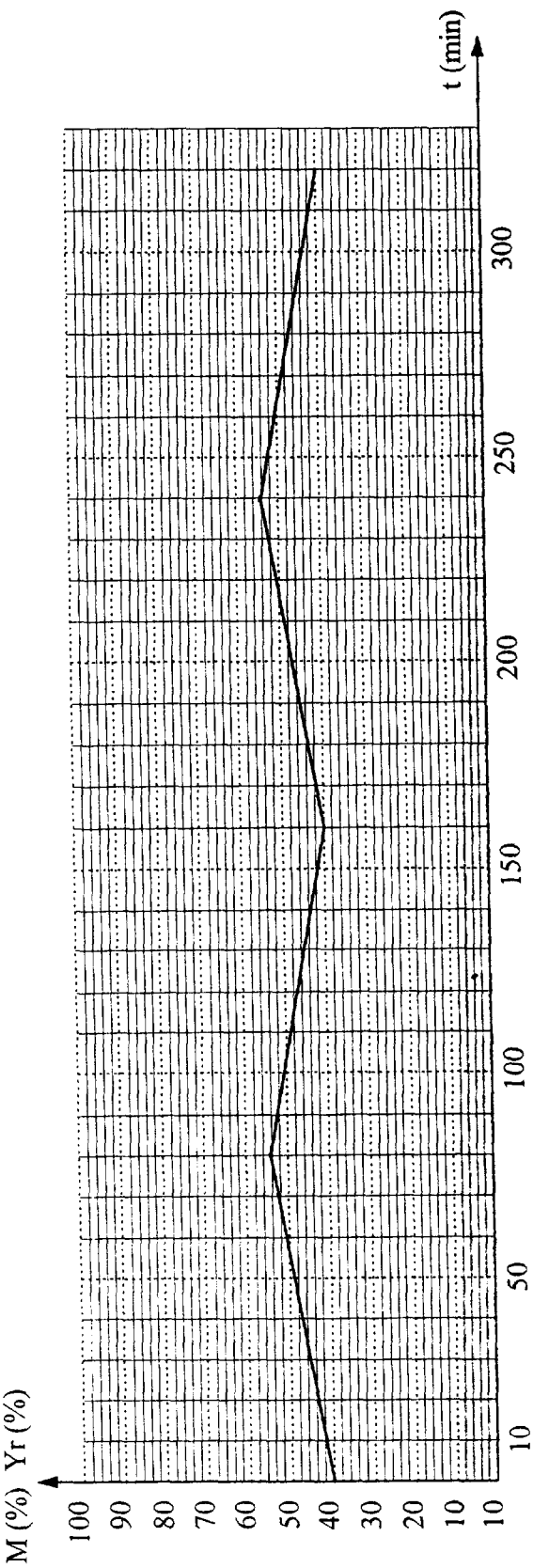
A l'aide de la documentation voir (annexe 9), rechercher les réglages du régulateur PI par la méthode des oscillations T.O.R..

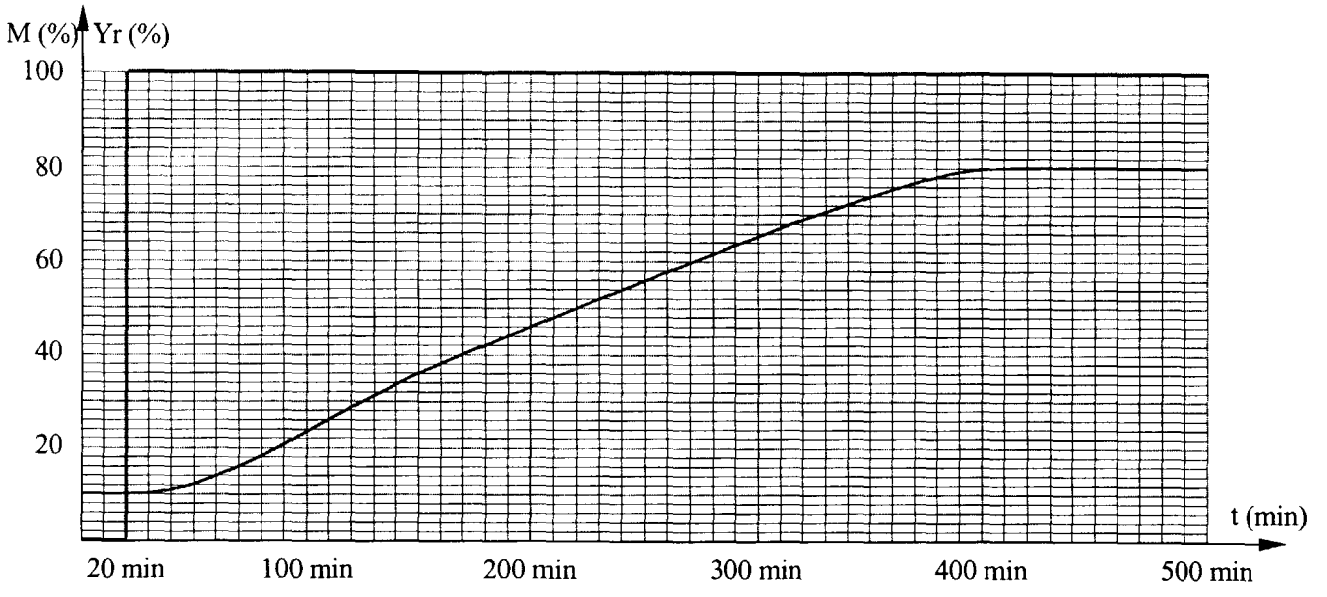
2 - 2 Réglage par la méthode de Broïda Dindeleux.

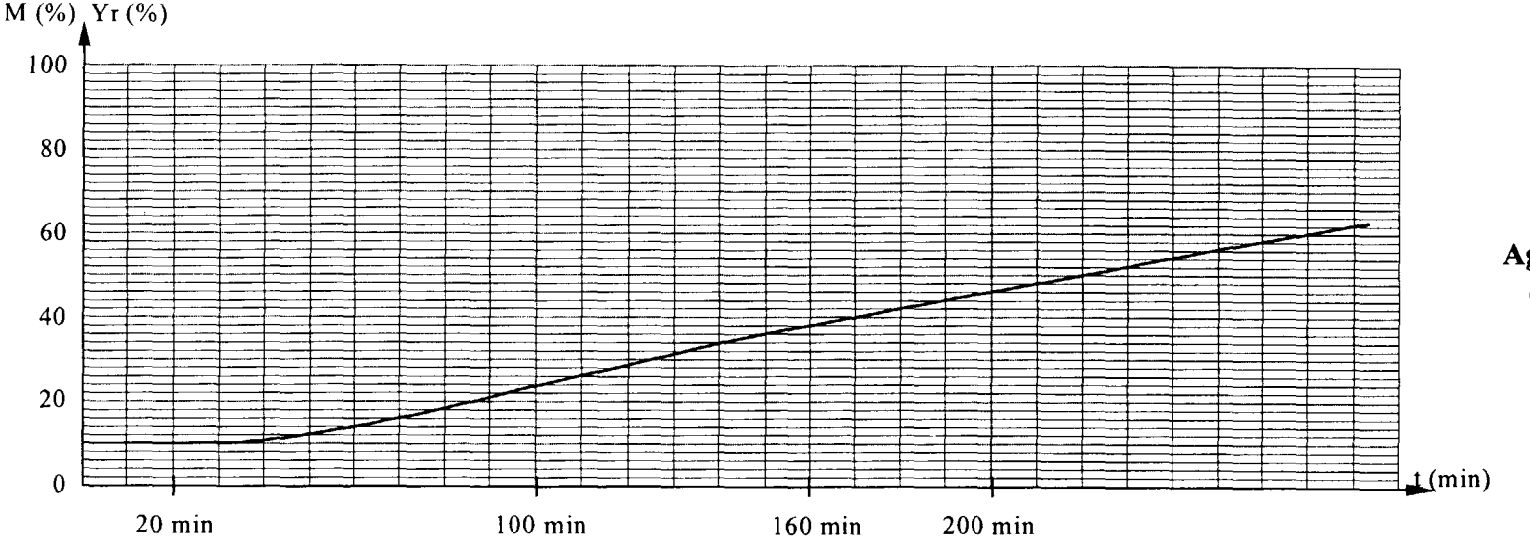
Les documents situés en annexes 8 et 9 donnent la réponse indicielle du procédé lors de la mise en route de la pompe.

Identifier le procédé par la méthode de Broïda.

DR3
DOCUMENT REPONSE -REGULATION
Régulation tout ou rien







ANNEXE 8

Agrandissement de la courbe ci-dessus : [M% = f(t)]

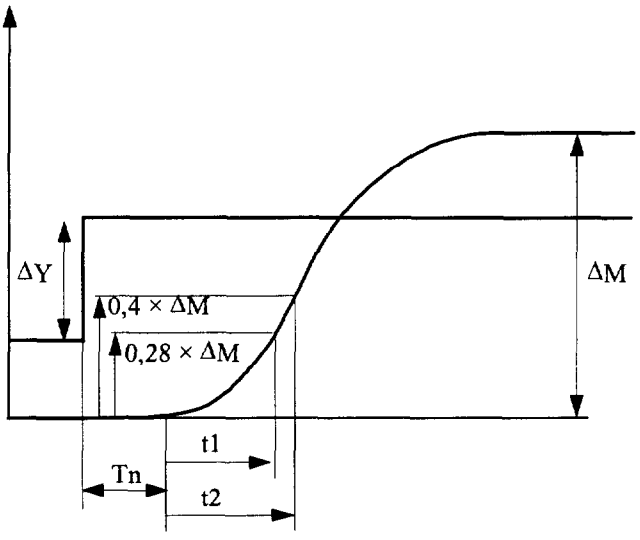
Annexe 9 :

Réglage par la méthode de Broïda Dindeleux

L'identification vise à déterminer :

Le gain statique du procédé Gs,
La constante de temps τ,
Le temps mort du procédé Tm.

Tn est le **temps mort naturel** du système, l'identification est menée à partir du décollement de la réponse M.



Gain statique : $Gs = \frac{\Delta M}{\Delta Y}$

t1 : temps mis pour atteindre 28% de la valeur finale.
t2 : temps mis pour atteindre 40% de la valeur finale.

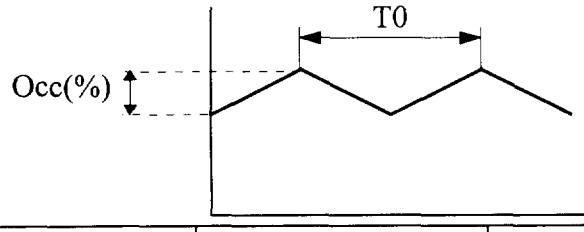
Constante de temps : $\tau = 5{,}5(t2 - t1)$
Temps mort d'identification : $Ti = 2{,}8t1 - 1{,}8\ t2$
Temps mort du procédé : $Tm = Tn + Ti$

Remarque : L'identification est satisfaisante si $\frac{Ti}{\tau} \prec 0{,}25$

Réglages de Broïda :

Paramètres	P	PI	PID
Xp (%)	$100\ Gs\frac{Tm}{\tau}$	$120\ Gs\frac{Tm}{\tau}$	$80\ Gs\frac{Tm}{\tau}$
Ti		3 Tm	2 Tm
Td			0,4 Tm

REGLAGE : METHODE DES OSCILLATIONS T.O.R.



Paramètres	P	PI	PID
Xp (%)	Occ	1,2 Occ	0,8 OCC
Ti		0,75 T0	0,5 T0
Td			0,1 T0

3ème Partie : HYDRAULIQUE

(15 points)

A la sortie des pompes, les eaux sont refoulées dans deux canaux de section rectangulaire de 1 m de large et de pente moyenne égale à 0,007% à l'extrémité desquels sont installées des grilles inclinées de 70° par rapport à l'horizontale. Les grilles sont constituées de barreaux rectangulaires de 10 mm de large régulièrement espacés de 10 mm. Chacune des grilles est automatiquement nettoyée quand la différence de niveau entre l'amont et l'aval est de 30 cm.

1 - On étudie les canaux amenant l'eau aux grilles.
Quand la hauteur d'eau moyenne dans les canaux en amont et en aval de la grille est de 0,5 m et que les grilles sont propres, calculer :

1.1 *le rayon hydraulique dans les canaux.*

1.2 *la vitesse moyenne de l'eau dans les canaux.*

1.3 *le débit de l'eau arrivant à la station.*

2 - Etude de la grille. Comparaison des coefficients de perte de charge des grilles propre et sale.

2.1 *Calculer le coefficient de perte de charge d'une grille propre.*

2.2 Lorsque la grille est sale, le nettoyage automatique se met en marche. On admet que le débit et la hauteur d'eau en aval de la grille restent les mêmes qu'à la question 1.

- *Quelle est alors la vitesse moyenne de l'eau en amont de la grille ?*
- *Quelle est la perte de charge de la grille ?*
- *Calculer le coefficient de perte de charge de la grille.*

Données :

Valeur de g = 9,81 m/s

Relation de CHEZY : $v = C\sqrt{R_h i}$

R_h : rayon hydraulique

i : pente du canal

Relation de BAZIN : $C = \dfrac{87}{1 + \dfrac{\gamma}{\sqrt{R_h}}}$

γ : coefficient de rugosité = 0,1

Perte de charge à travers une grille à barreaux rectangulaires :

$$J = k\frac{v^2}{2g} \quad \text{avec } k = 2{,}34\left(\frac{e}{b}\right)^{\frac{4}{3}} \sin\theta$$

e : largeur des barreaux

b : espace libre entre les barreaux

θ : inclinaison de la grille par rapport à l'horizontale

v : vitesse moyenne de l'eau en amont de la grille

k : coefficient de perte de charge

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.

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.