

B . T . S . DES METIERS DE L'EAU
SESSION 2003
EPREUVE PROFESSIONNELLE DE SYNTHESE
ETUDE DE CAS

Durée : 4 heures

Coefficient : 4

**L'usage de la calculatrice est autorisé conformément
aux dispositions de la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999
L'usage des documents personnels est interdit**

• **INSTRUCTIONS DESTINEES AUX CANDIDATS :**

- Le sujet comprend trois parties :

1ère partie : **ETUDE DU PROCEDE DE TRAITEMENT**
(annexes 1, 2, 3, 4, 5, 6 + document-réponse 1)

Durée conseillée : 2 heures

2ème partie : **AUTOMATISME**
REGULATION
ELECTROTECHNIQUE (annexes 7 et 8)

Durée conseillée : 1h 15 min.

3ème partie : **HYDRAULIQUE (annexes 9 + document-réponse 2)**

Durée conseillée : 45 min.

- Chaque partie sera rédigée sur une copie différente.

A la fin de l'épreuve :

- **Pour les parties 1 et 3, les documents-réponses sont à joindre avec la copie.**

BTS METIERS DE L'EAU		SESSION 2003
CODE : MTE6EDC	Durée : 4 H	COEFF. : 4
EPREUVE : ETUDE DE CAS		Page 1 / 16

B. T. S. DES METIERS DE L'EAU

SESSION 2003

EPREUVE PROFESSIONNELLE DE SYNTHESE

ETUDE DE CAS

Durée : 4 heures

Coefficient : 4

**L'usage de la calculatrice est autorisé conformément
aux dispositions de la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999
L'usage des documents personnels est interdit**

**PRODUCTION D'EAU AU COURS D'UNE OPERATION MILITAIRE dans une ville dont
les principales infrastructures ont été détruites par les bombardements**

Lors d'opérations militaires, les services techniques de l'armée du pays A produisent deux types d'eaux :

- de l'eau de consommation, qui doit présenter toutes les caractéristiques d'une eau potable,*
- de l'eau à usage sanitaire (toilettes, douche, . . .).*

L'étude portera sur les différentes actions mises en place par l'armée du pays A lors d'une opération dans la ville B:

- pour produire de l'eau grâce à des stations de traitement mobiles, hélicoptables, à partir d'eau superficielle,*
- pour faciliter le redémarrage des installations de distribution locales.*

1^{ère} PARTIE : GENIE DES PROCÉDES DE TRAITEMENT DES EAUX (40 points).

1. PRODUCTION D' EAUX GRISES OU EAUX A USAGE SANITAIRE

Les caractéristiques de l'eau brute disponible sont présentées en annexe 1. Seuls figurent les paramètres qui ont pu être analysés avec les méthodes de terrain.

1.1 Dans un contexte de crise, citer d'autres paramètres qu'il aurait été intéressant de mesurer afin de s'assurer de la potabilisation de l'eau brute.

Le schéma de principe de l'unité de production d'eau sanitaire est présenté en annexe 2. L'eau traitée est stockée dans un réservoir avant distribution dans les blocs sanitaires.

BTS METIERS DE L'EAU		SESSION 2003
CODE : MTE6EDC	Durée : 4 H	COEFF. : 4
EPREUVE : ETUDE DE CAS		Page 2 / 16

1.2 Citer les paramètres de l'eau brute (mesurés avec les méthodes de terrain ou non) qui pourront être améliorés par ces traitements. Expliquer.

La capacité de l'installation est de $5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$.

Le coagulant est du sulfate d'aluminium commercial ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) à $666 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Avant utilisation dans la filière, ce réactif est dilué au dixième.

1.3 Citer le nom de l'essai de traitement à mettre en œuvre pour déterminer le taux de sulfate d'aluminium optimal.

1.4 Expliquer les conditions de l'essai de traitement permettant de déterminer le taux de traitement optimum.

Le meilleur résultat est obtenu pour un taux de traitement de 60 ppm ou $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

1.5 Calculer le débit de la pompe doseuse de sulfate d'aluminium.

1.6 Déterminer la baisse d'alcalinité théorique du TAC, en degré français, au cours de la coagulation, d'après les données de l'annexe 3 :

Données : $M_{\text{Ca}} = 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M_{\text{O}} = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M_{\text{H}} = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M_{\text{Cl}} = 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$,
 $M_{\text{Al}} = 27 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M_{\text{S}} = 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

1.7 Calculer le TAC théorique de l'eau coagulée.

La valeur obtenue impose l'injection d'un réactif basique pour l'optimisation de l'étape de coagulation-floculation.

1.8 Justifier l'emploi de ce réactif.

Le décanteur lamellaire est constitué de 30 plaques de $900 \text{ mm} \times 700 \text{ mm}$, inclinées de 60° par rapport à l'horizontale.

1.9 Calculer la vitesse ascensionnelle de l'eau dans le décanteur, et commenter la valeur obtenue.

Une désinfection de l'eau est effectuée avec un composé chloré.

*Le C^*t à respecter est de $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}$. Le taux de traitement en désinfectant appliqué est de $0,5 \text{ mg Cl}_2 \cdot \text{L}^{-1}$.*

1.10 Calculer le temps de séjour minimum de l'eau dans le réservoir, assurant une désinfection efficace.

1.11 A l'aide de l'annexe 4 et en complétant le document-réponse 1, mettre à l'équilibre calcocarbonique l'eau traitée, en utilisant la chaux éteinte $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

BTS MÉTIERS DE L'EAU		SESSION 2003
CODE : MTE6EDC	Durée : 4 H	COEFF. : 4
EPREUVE : ETUDE DE CAS		Page 3 / 16

2. PRODUCTION D'EAU DESTINEE A LA CONSOMMATION HUMAINE

Deux procédés existent : la distillation-recondensation et l'osmose inverse. C'est le deuxième procédé qui a été retenu par l'armée du pays A.

Le schéma de principe de l'unité de potabilisation est présenté en annexe 5.

2.1 Expliquer l'intérêt des traitements de reminéralisation et de désinfection en aval des modules d'osmose inverse.

2.2 Proposer une solution permettant d'augmenter la durée d'utilisation de la membrane d'osmose inverse

Il s'agit pour le technicien chargé de la production d'eau potable de déterminer les conditions de fonctionnement optimales des modules d'osmose inverse.

Les besoins en eau potable sont de 5 m³ par jour.

2.3 Citer puis définir les paramètres permettant de caractériser les performances d'un procédé de filtration membranaire .

2.4 Le rendement en eau étant de 70 %, calculer le débit d'eau brute prélevée dans le cours d'eau.

L'unité de potabilisation comporte 5 modules d'osmose inverse en parallèle. Les courbes caractéristiques d'un module figurent en annexe 6.

2.5 Déterminer la pression de service minimale permettant d'assurer la fourniture en eau potable de la troupe.

2.6 Déterminer le taux de recirculation maximum permettant d'abattre la conductivité de l'eau brute de 98 %.

Après plusieurs heures de marche, un technicien contrôle le fonctionnement des modules. Le taux de recirculation est alors de 75 %.

2.7 Comparer cette valeur au taux de recirculation calculé précédemment. Conclure.

BTS METIERS DE L'EAU		SESSION 2003
CODE : MTE6EDC	Durée : 4 H	COEFF. : 4
EPREUVE : ETUDE DE CAS		Page 4 / 16

2^{ème} PARTIE : ELECTROTECHNIQUE – AUTOMATISME – REGULATION (25 points).

L'usine de dépollution comporte un module de prétraitement. L'étude concerne le fonctionnement du racleur de surface sur le décanteur lamellaire.

Fonctionnement du racleur :

On dispose de 4 capteurs de position :

- h : racleur en haut,
- g : racleur à gauche,
- b : racleur en bas,
- d : racleur à droite.

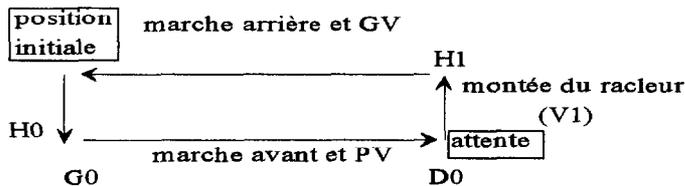
On dispose de 2 actionneurs :

- un vérin double effet,
- un moteur asynchrone triphasé,

commandés par les pré-actionneurs suivants :

- DB+ : montée vérin,
- DB- : descente vérin,
- KM1 : petite vitesse,
- KM2 : grande vitesse,
- KM3 : marche avant,
- KM4 : marche arrière.

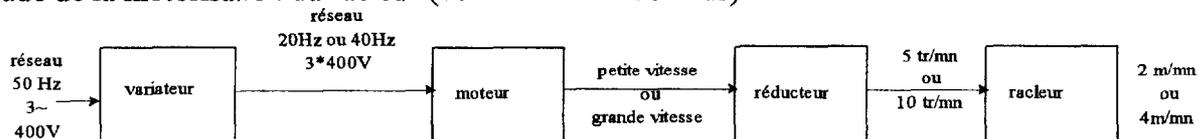
Un commutateur marche/arrêt. (MA : marche, MA : arrêt) détermine si le cycle recommence ou pas.



Le racleur démarre son cycle en descendant en position basse et racle la surface du décanteur à petite vitesse et en marche avant. Au bout du bassin, le racleur reste en position basse pendant 20 s, puis remonte en position haute, avant de revenir à sa position initiale en marche arrière et à grande vitesse.

1. ELECTROTECHNIQUE

Etude de la motorisation du racleur (voir schéma ci-dessous).



Le moteur est associé à un réducteur. La vitesse en sortie du réducteur est de $5 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ (petite vitesse) et de $10 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ (grande vitesse). Le variateur alimentera le moteur en petite vitesse à une fréquence de 20 Hz et en grande vitesse à une fréquence de 40 Hz.

1.1 Déterminer la petite vitesse et la grande vitesse en sortie du moteur sachant que celui-ci est un moteur asynchrone triphasé 4 pôles (on négligera le glissement).

1.2 Donner le rapport de transformation du réducteur.

BTS METIERS DE L'EAU		SESSION 2003
CODE : MTE6EDC	Durée : 4 H	COEFF. : 4
EPREUVE : ETUDE DE CAS		Page 5 / 16

1.3 Le moteur utilisé est le suivant : LS160MP (voir annexe 7). Sachant que le couple résistant en sortie du réducteur est de 6 kNm, justifier ce choix en calculant la puissance utile du moteur nécessaire. Le rendement du réducteur est de 0,8. Vérifier que le couple fourni par le moteur est suffisant, donner sa valeur.

1.4 Calculer la puissance nominale absorbée par le moteur.

1.5 Choisir le variateur à associer au moteur (voir annexe 7).

A partir du schéma du variateur (voir annexe 8), donner les bornes de raccordement pour :

- marche avant (KM3), marche arrière (KM4)
- sortie analogique (4-20mA) de l'automate pour la gestion des 2 vitesses.

2. AUTOMATISME

2.1 Déterminer le grafcet point de vue opérative du fonctionnement du racleur, sachant que la position initiale du racleur est en haut, à gauche.

2.2 Les deux vitesses de rotation (petite et grande vitesse) sont gérées par une sortie analogique de l'automate. Celle-ci commande le variateur en 4 – 20 mA.

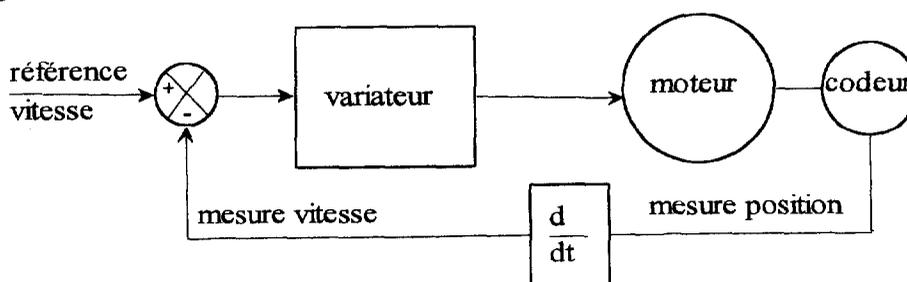
Le 4 mA correspond à l'arrêt du moteur, et le 20 mA à une fréquence de sortie du variateur de 50Hz.

2.2.1 Donner les correspondances en mA pour la petite et la grande vitesse (20 Hz et 40Hz).

2.2.2 L'automate gère cette sortie avec un mot appelé W0 (mot binaire va de 0 à 255 pour 0 à 50 Hz). Donner la correspondance de ce mot avec la petite et la grande vitesse.

3. REGULATION

3.1 La régulation de la vitesse se fait comme suit :



3.1.1 Donner les grandeurs réglantes, réglées et perturbatrices.

3.1.2 Donner la nature des liaisons représentées sur le schéma fonctionnel ci-dessus (électrique, pneumatique, mécanique, hydraulique) :

- comparateur → variateur
- variateur → moteur
- moteur → codeur

Quantifier ces liaisons.

BTS METIERS DE L'EAU		SESSION 2003
CODE : MTE6EDC	Durée : 4 H	COEFF. : 4
EPREUVE : ETUDE DE CAS		Page 6 / 16

3^{ème} PARTIE : HYDRAULIQUE (15 points).

On souhaite remettre en fonctionnement le système de pompage d'eau potable dont le schéma est représenté ci-dessous : le débit à assurer doit être de l'ordre de $1200 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$.

- altitude de la surface libre de la bache d'eau traitée :
233 m

- altitude de la surface libre du réservoir : 337 m

- volume du réservoir : 1950 m^3 .

- 4 électropompes (fonctionnement : 3 parmi 4)

Caractéristiques d'une pompe :

- voir document (document réponse 2)

- Conduite de refoulement :

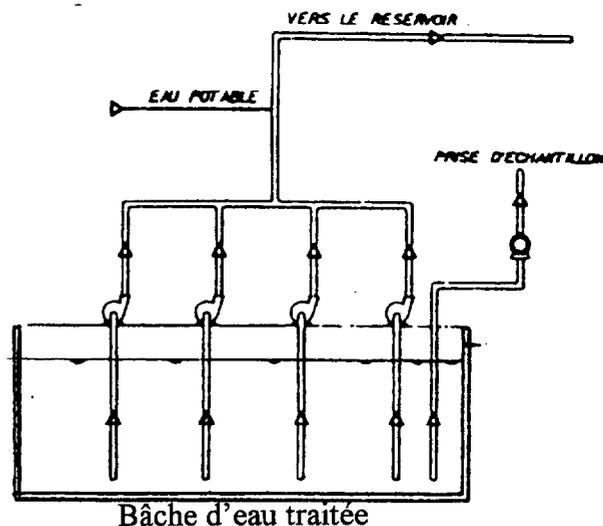
longueur : 645 m

diamètre : 450 mm

rugosité : 1 mm

les pertes de charge singulières sont équivalentes à
55 m de conduite

On prendra $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$, $\rho = 1000 \text{ kgm}^{-3}$ et la
viscosité cinématique $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$.



QUESTIONS

Les questions 1. et 2. sont indépendantes.

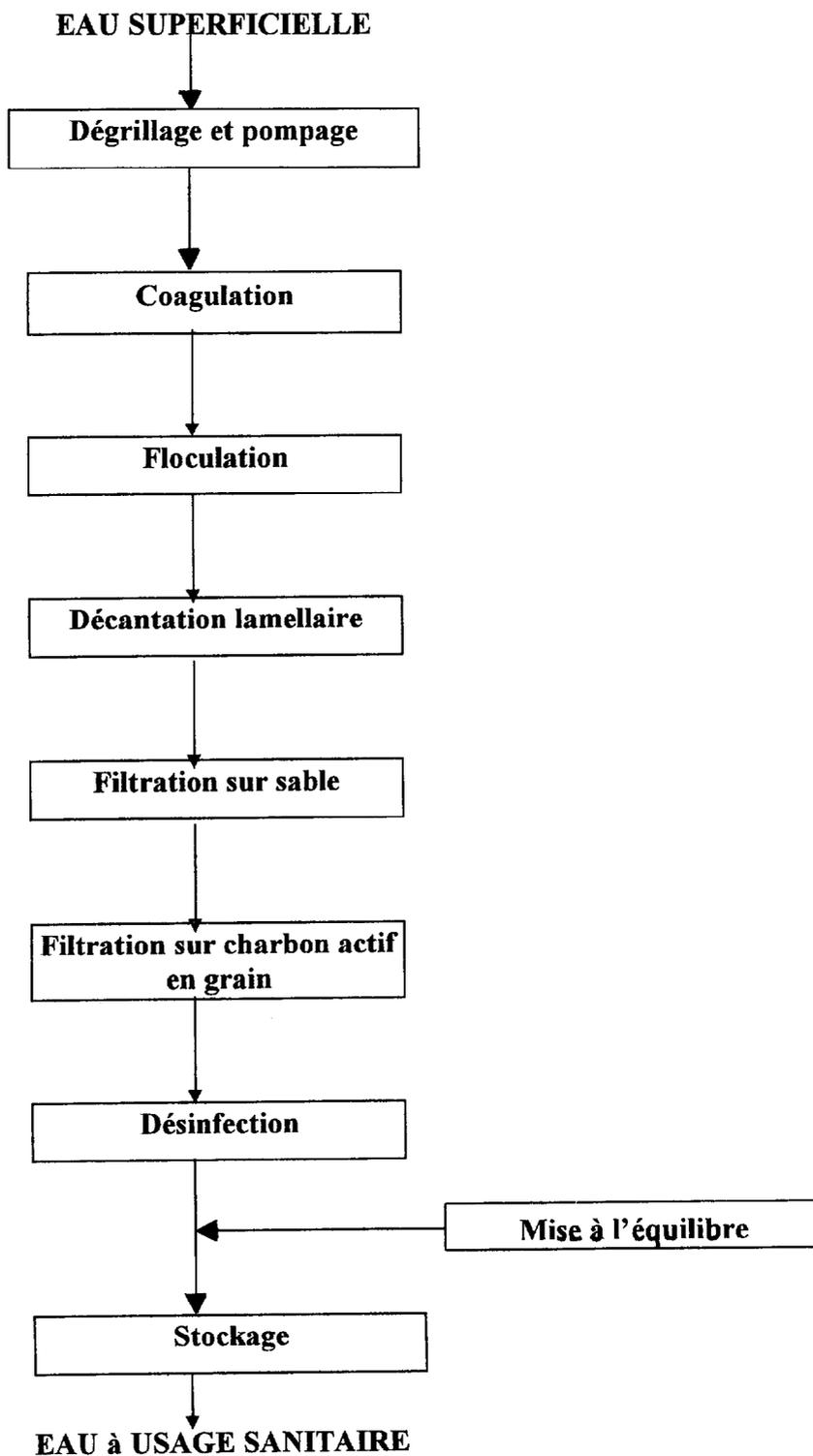
1. Calculer la vitesse dans la conduite de refoulement pour un débit de $1200 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$.
2. Calculer dans ces conditions les pertes de charge totales dans la conduite.
3. Donner l'expression de la perte de charge totale ΔH en fonction du débit Q de la conduite de refoulement.
4. Tracer, sur le document réponse 2, la courbe caractéristique de la conduite de refoulement de l'installation.
5. A l'aide du graphique précédent, déterminer le point de fonctionnement de l'installation.

BTS METIERS DE L'EAU		SESSION 2003
CODE : MTE6EDC	Durée : 4 H	COEFF. : 4
EPREUVE : ETUDE DE CAS		Page 7 / 16

ANNEXE 1 : CARACTERISTIQUES DE L'EAU BRUTE ET NORMES DE POTABILITE

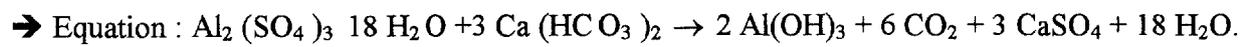
Paramètre	Unité	Valeur mesurée	CMA dans les eaux destinées à la consommation humaine (décret 89-3)
Turbidité	NTU	25	2
TAC	°F	5	-
TH total	°F	10	-
Magnésium	°F	-	21
Chlorures	Mg ^L ⁻¹	15	200
Nitrates	Mg ^L ⁻¹	7	50
pH		6,6	6,5-9
Température	°C	12	< 25
Conductivité	µScm ⁻¹	403	-
Ammonium	Mg ^L ⁻¹	0,2	0,5
Fer	Mg ^L ⁻¹	0,05	0,2
<i>E. coli</i>	UFC/100 mL	10 000	-
Coliformes thermotolérants	UFC/100 mL	-	0

**ANNEXE 2 : SCHEMA DE PRINCIPE DE L'INSTALLATION
DE PRODUCTION D'EAU SANITAIRE.**



BTS METIERS DE L'EAU		SESSION 2003
CODE : MTE6EDC	Durée : 4 H	COEFF. : 4
EPREUVE : ETUDE DE CAS		Page 9/ 16

ANNEXE 3 : Coagulation – floculation

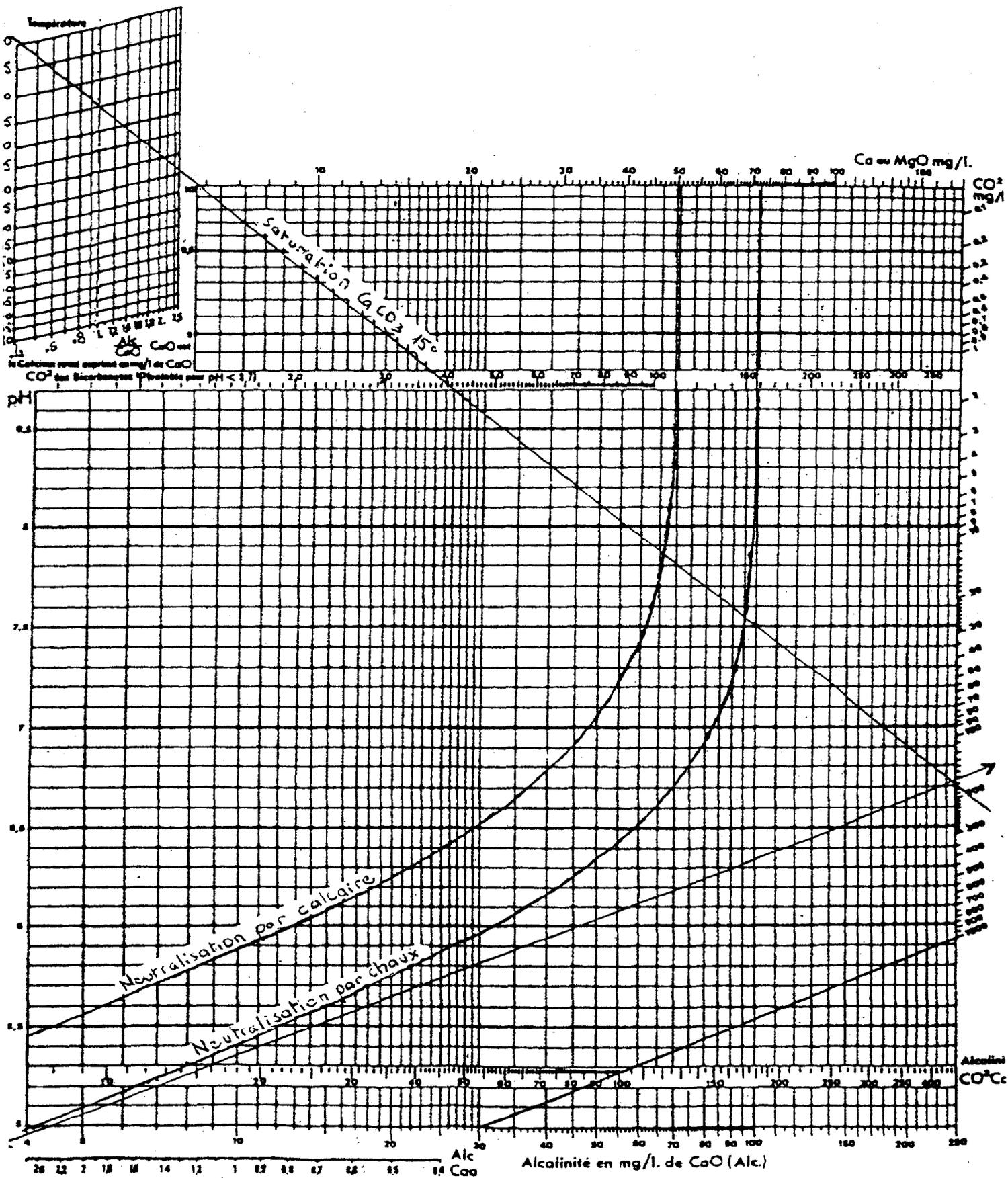


→ pH optimum floculation : pH = 6.6

BTS METIERS DE L'EAU		SESSION 2003
CODE : MTE6EDC	Durée : 4 H	COEFF. : 4
EPREUVE : ETUDE DE CAS		Page 10/ 16

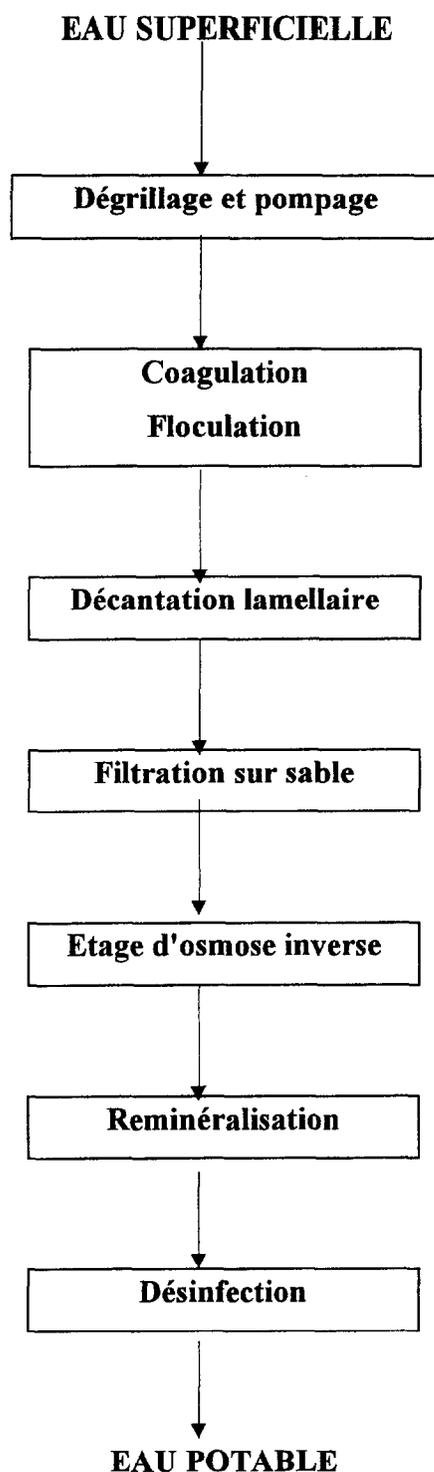
ANNEXE 4

Diagramme de Hallopeau et Dubin



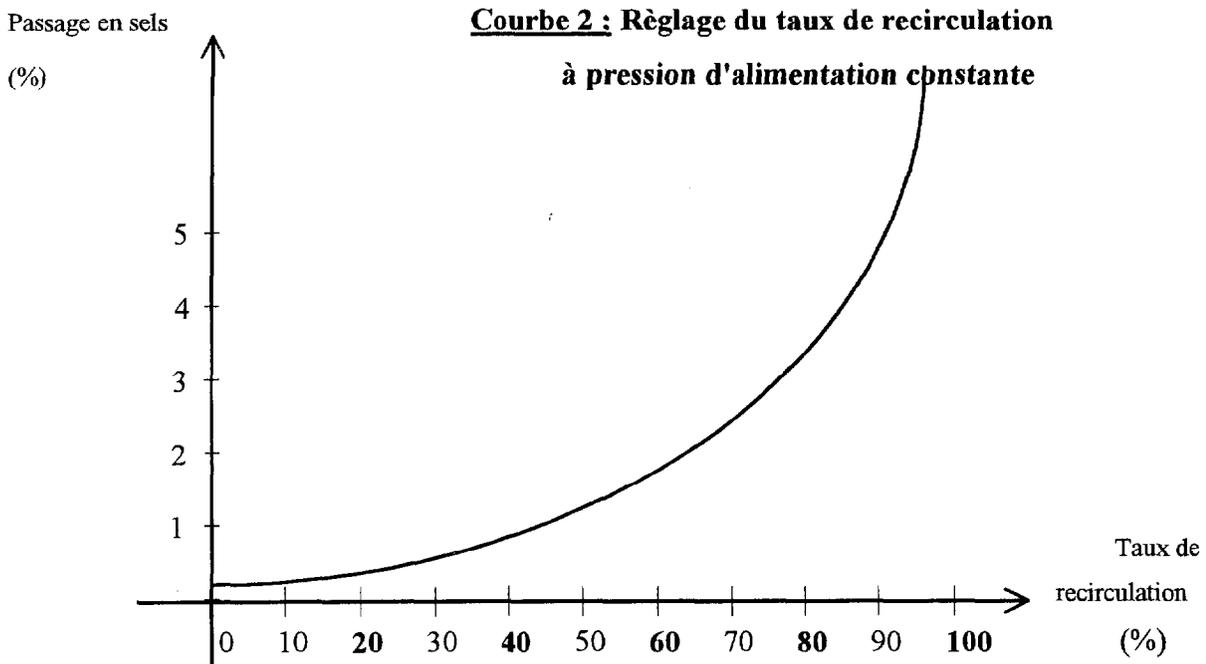
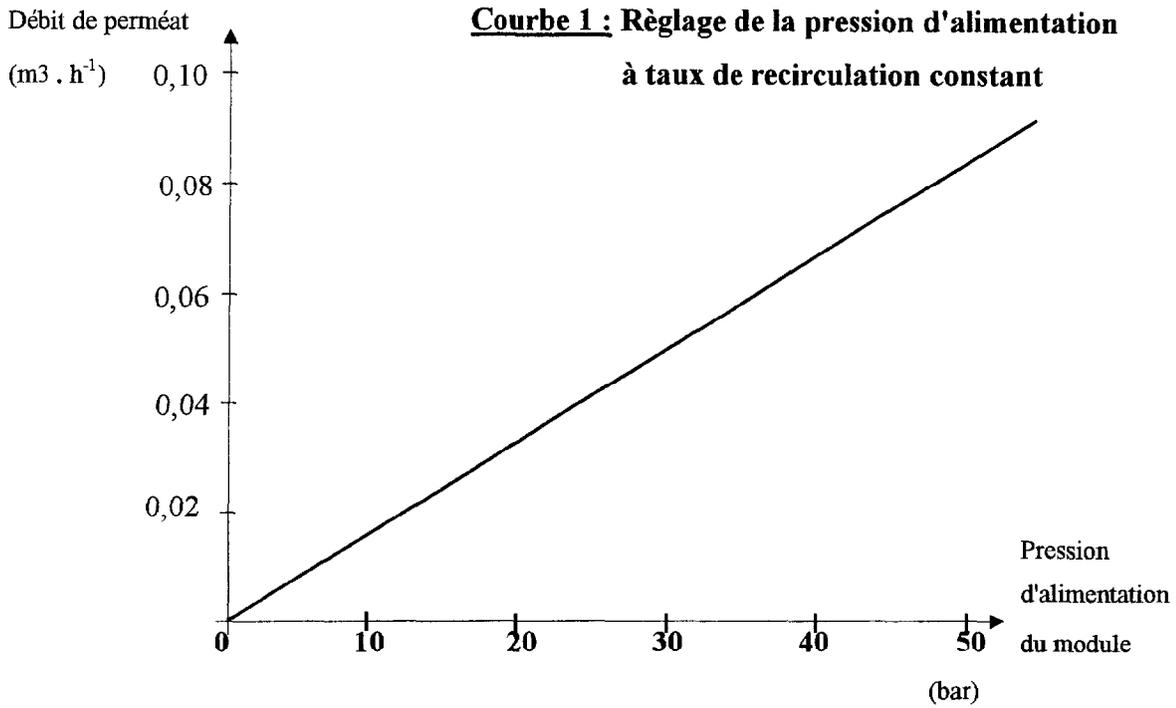
BTS METIERS DE L'EAU		SESSION 2003
CODE : MTE6EDC	Durée : 4 H	COEFF. : 4
EPREUVE : ETUDE DE CAS		Page 11/ 16

**ANNEXE 5 : SCHEMA DE PRINCIPE DE
L'INSTALLATION DE POTABILISATION PAR OSMOSE INVERSE**



BTS METIERS DE L'EAU		SESSION 2003
CODE : MTE6EDC	Durée : 4 H	COEFF. : 4
EPREUVE : ETUDE DE CAS		Page 12/ 16

**ANNEXE 6 : COURBES CARACTERISTIQUES
D'UN MODULE D'OSMOSE INVERSE**



BTS METIERS DE L'EAU		SESSION 2003	
CODE : MTE6EDC	Durée : 4 H	COEFF. : 4	
EPREUVE : ETUDE DE CAS		Page 13/ 16	

Moteurs asynchrones triphasés fermés LS

Extrait de la sélection LEROY SOMER

4 pôles 1500 tr / min⁻¹ - IP 55 - 50 Hz - Classe F - ΔT 80 K - 230 V Δ / 400 V Y - S1

Type	Puissance nominale à 50 Hz	Vitesse nominale	Couple nominal	Intensité Nominale	Facteur de puissance	Rendement	Courant de démarrage/ Courant nominal	Masse
	P _N kW	N _N Min ⁻¹	C _N N.m	I _N (400V) A	Cos φ	η %	I _D / I _N	IM B3 kg
LS 100 L	3	1425	20,1	7,2	0,78	77	5,2	20,8
LS 112 M	4	1425	26,8	9,1	0,79	80	5,7	24,4
LS 132 S	5,5	1430	36,7	11,9	0,82	82	6,4	38,7
LS 132 M	7,5	1450	49,4	15,2	0,84	85	7,7	54,7
LS 132 L	9	1450	59,3	17,8	0,85	86	7,1	59,9
LS 160 MP	11	1455	72,2	21,1	0,85	88,5	7,7	70
LS 160 LR	15	1450	98,8	29,1	0,84	88,8	7,5	78
LS 180 MT	18,5	1450	121,9	35,4	0,84	89,7	7,4	100
LS 180 LR	22	1450	145	42,1	0,84	89,7	7,4	110
LS 200 LT	30	1460	196,3	55	0,87	90,5	6,6	170
LS 225 ST	37	1470	240,5	67,9	0,85	92,5	6,5	205

**Variateurs de vitesse pour moteurs asynchrones
Altivar 66 Contrôle Vectoriel de Flux avec capteur**

Applications à couple constant et moteurs de 0,75 à 30 kW ou 1 à 40 HP

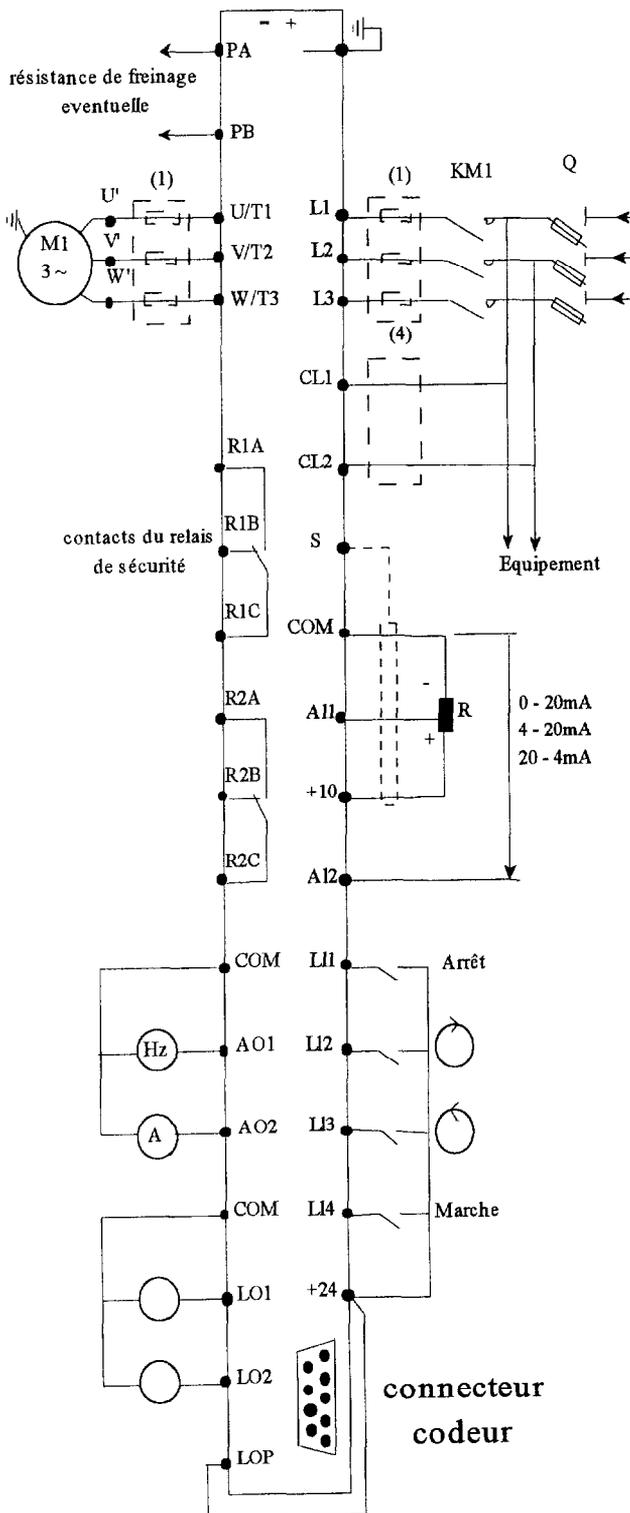
Tension d'alimentation triphasée : 400 V ± 15 % et 460 V ± 15 %, 50/60 Hz ± 5 %

Fréquence de découpage 4 kHz - Gamme de fréquence : 0,1 à 200 Hz

Moteur		Réseau		Courant		Altivar 66		Référence
Puissance indiquée sur plaque		Courant de ligne (1)		transitoire maximal		Courant nominal variateur		
400V	460V			variateur (60 s)		(Inv)		
kW	HP	A	A	A	A	A	A	
3	-	12	-	11	-	7,8	-	ATV-66FU54N4
4	5	15	13	14	11	11	8	ATV-66FU72N4
5,5	7,5	20	18	18	17	13	11	ATV-66FU90N4
7,5	10	26	24	24	21	18	14	ATV-66FD12N4
11	15	35	34	33	32	24	21	ATV-66FD16N4
15	20	45	44	45	41	33	27	ATV-66FD23N4
22	30	60	59	66	60	48	40	ATV-66FD33N4
30	40	78	75	90	78	66	52	ATV-66FD46N4
37	50	94	92	108	98	79	65	ATV-66FD54N4

BTS METIERS DE L'EAU		SESSION 2003
CODE : MTE6EDC	Durée : 4 H	COEFF. : 4
EPREUVE : ETUDE DE CAS		Page 14/ 16

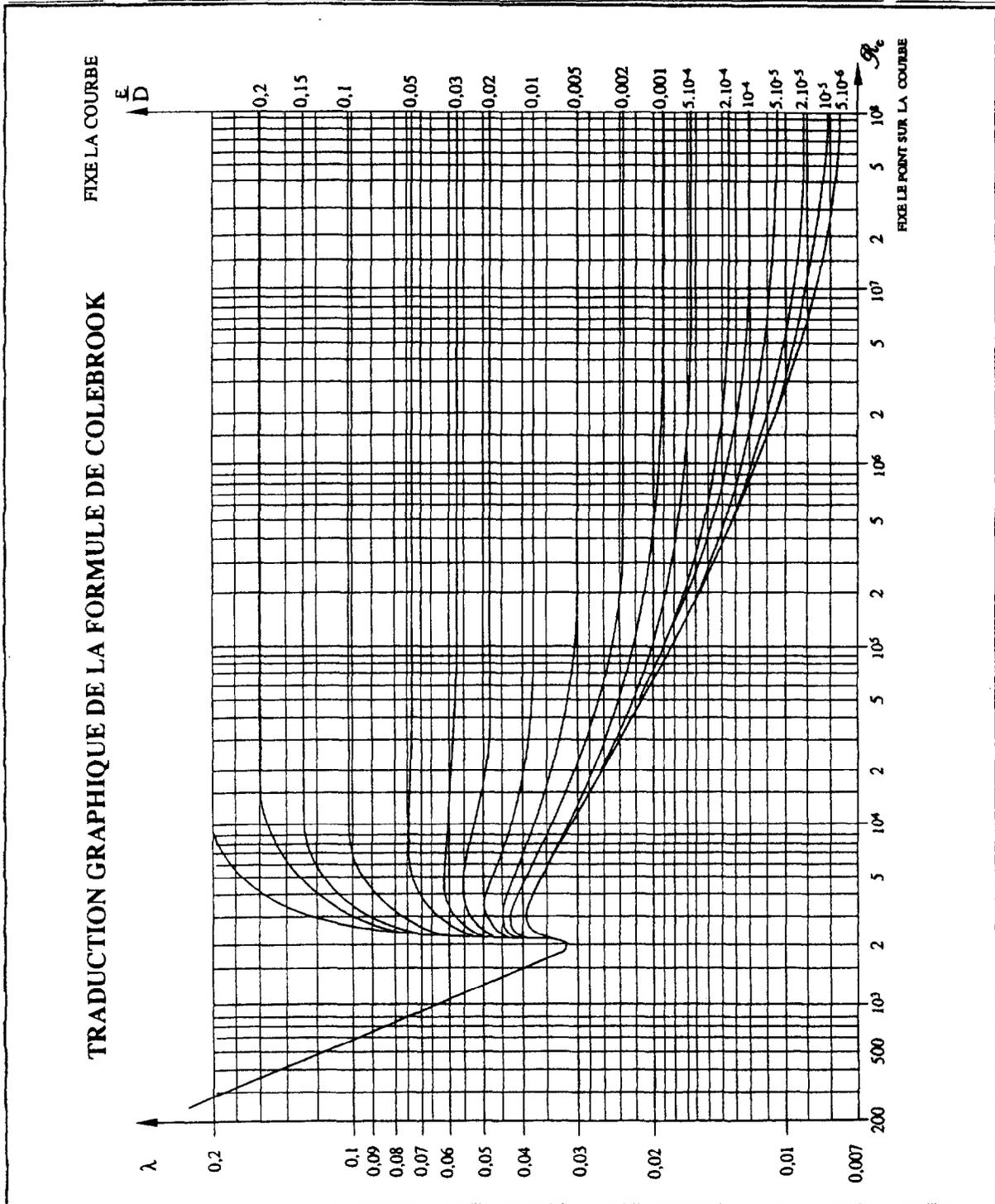
3. Schéma de câblage du variateur : 2 sens de marche



Gamme de fréquence de sortie Hz 0,1...200
Gamme de vitesse 1...1000
Surcouple transitoire 170 % du couple nominal (valeur typique à ± 10 %)
Courant transitoire maximal 200 % du courant nominal moteur pendant 0,2 s au démarrage
 150 % du courant nominal moteur pendant 60 s
Alimentation tension V 400 ± 15 % et 460 ± 15 %
 fréquence Hz 50 ± 5 % ou 60 ± 5 %
Tension de sortie Tension maximale égale à la tension du réseau d'alimentation
Sources internes disponibles
 3 sorties 0 V (commun des sources)
 1 sortie + 10 V pour le potentiomètre de consigne (1...10 kW), débit maximal 10 mA
 1 sortie + 24 V pour les entrées de commande, débit maximal 200 mA
Entrées analogiques AI :
 1 entrée analogique en tension AI1 : 0-10 V, impédance 30 kΩ
 1 entrée analogique en courant AI2 : 4-20 mA, impédance 30 kΩ
 1 entrée analogique en tension AI3 : ± 10 V
 1 entrée analogique en courant non configurée AI4
Entrées logiques LI
 7 entrées logiques d'impédance 3,5 kΩ : LI1, LI2, LI3, LI4, LI9, LI10, LI11
 Alimentation + 24 V (mini 11 V, maxi 30 V), Etat 0 si < 5 V, état 1 si ≥ 11 V
 Préréglage usine : LI1 = déverrouillage, LI2 = marche avant, LI3 = marche arrière, LI4 = pas à pas (JOG)
 LI3, LI4, LI9, LI10 et LI11 sont réaffectables.
Sorties analogiques AO
 3 sorties analogiques 0-20 mA, réaffectables en 4-20 mA
 Préréglage usine : AO1 = fréquence de sortie, AO2 = courant de sortie, AO3 = mesure couple moteur.
 AO1, AO2 et AO3 sont réaffectables.
Sorties logiques
 - 4 sorties logiques LO1 à LO4 compatibles automates programmables industriels (à collecteur ouvert) :
 + 24 V (maxi 32 V), maxi 20 mA avec source interne ou 200 mA avec source externe
 Préréglage usine : LO1 = vitesse atteinte, LO2 = limitation de courant atteinte. LO1 à LO4 sont réaffectables.
 - 2 sorties logiques à relais R1 et R2
 1 contact "OF" protégé contre les surtensions
 Pouvoir de commutation minimal : 10 mA pour 24V
 Préréglage usine : R1 = défaut variateur, R2 = non affecté. Seule la sortie logique R2 est réaffectable

BTS METIERS DE L'EAU		SESSION 2003
CODE : MTE6EDC	Durée : 4 H	COEFF. : 4
EPREUVE : ETUDE DE CAS		Page 15/ 16

Hydraulique annexe 9

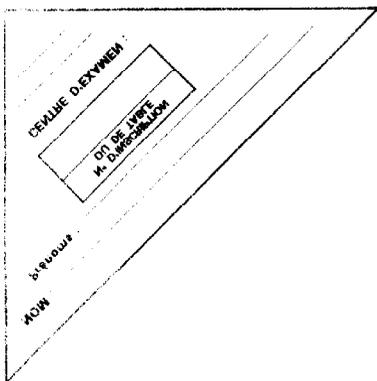


Rappel de formules en unités du système international :

Puissance hydraulique : $P_h = \Delta \cdot g \cdot Q \cdot H_{mt}$ Energie : $W = P \cdot t$ Nombre de Reynolds $Re = v \cdot d / \nu$

Pertes de charge régulières : $\Delta H = \lambda \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{L}{d}$ (Formule de Darcy)

BTS METIERS DE L'EAU		SESSION 2003
CODE : MTE6EDC	Durée : 4 H	COEFF. : 4
EPREUVE : ETUDE DE CAS		Page 16/ 16



DOCUMENT REPONSE 1

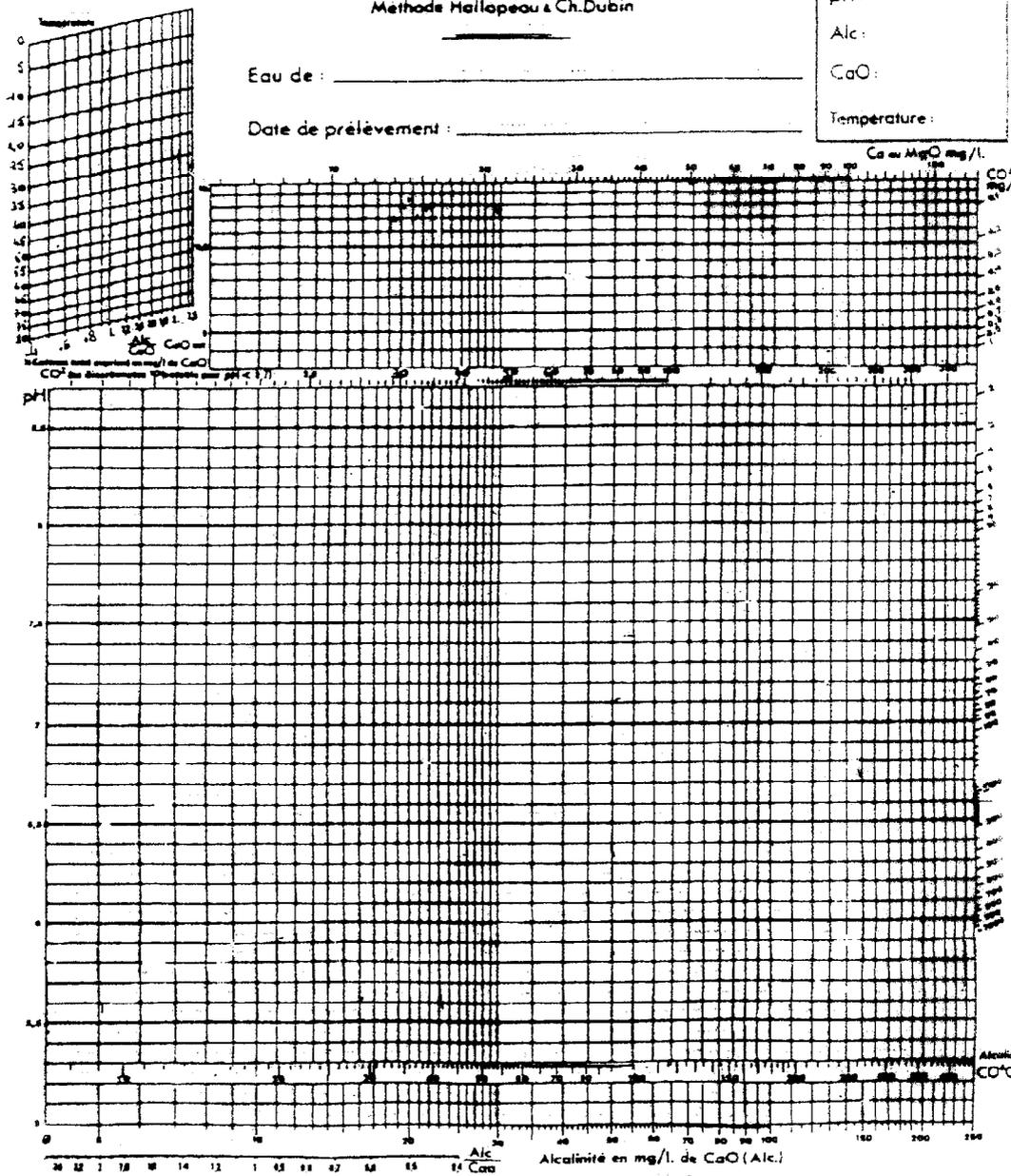
GRAPHIQUE CARBONIQUE

Methode Mallopoeu & Ch.Dubin

pH: _____
 Alc: _____
 CaO: _____
 Temperature: _____

Eau de: _____

Date de prélèvement: _____



BTS METIERS DE L'EAU		SESSION 2003
CODE : MTE6EDC	Durée : 4 H	COEFF. : 4
EPREUVE : ETUDE DE CAS		Page 1/2

