

BTS C.I.R.A.

INSTRUMENTATION ET RÉGULATION

Durée : 4 heures

Coefficient : 5

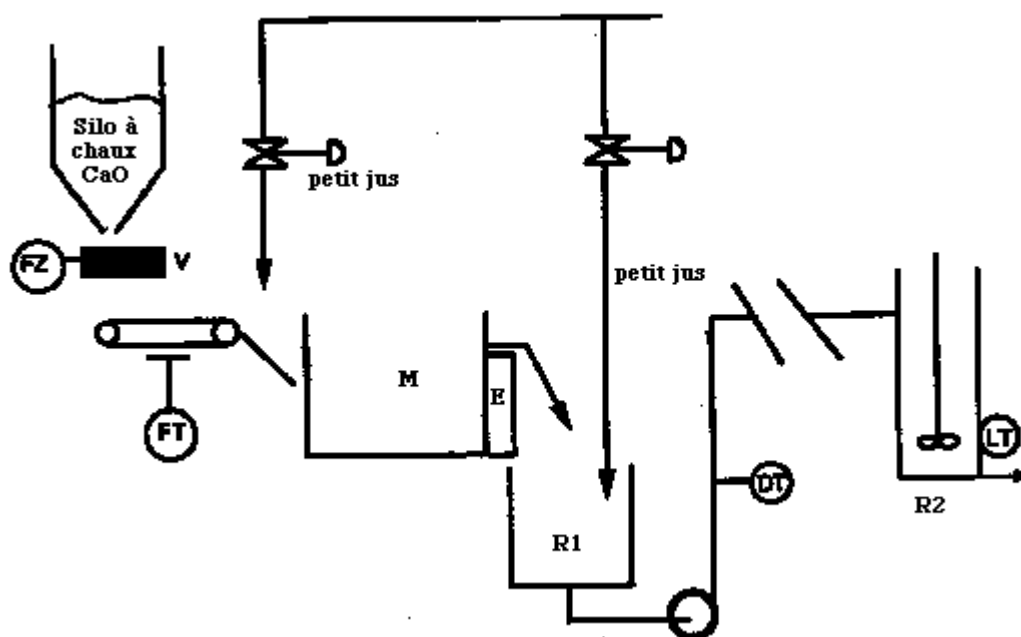
Le sujet comporte 9 pages dont 2 sont à rendre avec la copie.

Les calculatrices sont autorisées.

ÉTUDE ET COMPRÉHENSION DU PROCÉDÉ

- Le procédé étudié élabore un lait de chaux obtenu par mélange de chaux vive (produit pondéreux) et d'une solution aqueuse de sucre (appelée petit jus) ; cette unité fait partie d'un processus de fabrication de sucre à partir de betteraves.

Schéma du procédé :



- La chaux vive (CaO sous forme de poudre solide), extraite du silo par le vibreur V, est mélangée dans le malaxeur M, avec le petit jus.

- En sortie du malaxeur, un épurateur E permet la séparation des matières solides non dissoutes du lait de chaux.

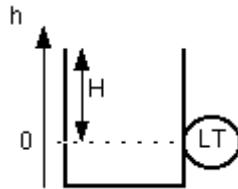
- Le bac R_1 sert, par addition de petit jus, à affiner la masse volumique de ce lait de chaux.

- Le bac de stockage R_2 , alimente la fabrication.

1) MESURES

Mesure de niveau

Le niveau de lait de chaux dans le bac R2 est mesuré par un transmetteur à membrane affleurante. La masse volumique ρ de la solution varie, et sa valeur maximale est ρ_M . Le niveau h à mesurer évolue de 0 à H .



Question 1

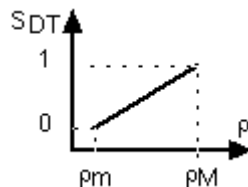
Écrire l'équation de la sortie du transmetteur de niveau notée S_{LT} , en fonction de ρ , ρ_M , h et H (cette sortie s'exprime dans l'échelle de 0 à 1).

Prise en compte de la masse volumique :

Les fluctuations probables de la masse volumique ρ de ρ_m (valeur minimale de ρ) à ρ_M entraînent une erreur sur la connaissance du niveau. On décide de corriger cette mesure.

Un densimètre DT, situé après la pompe de transfert, permet de mesurer la masse volumique du lait de chaux.

Le réglage de cet appareil correspond au graphique ci-dessous :



Question 2

Donner l'expression de S_{DT} en fonction de ρ , ρ_m , ρ_M .

Question 3

En utilisant les résultats des questions 1 et 2, exprimer h/H indépendamment de ρ .

L'opération précédente est réalisée par chaînage d'opérateurs dans un SNCC (système numérique de contrôle commande).

Question 4

Compléter le schéma de configuration de l'annexe 1 en précisant la valeur des paramètres (précisés page précédente).

Compensation de l'influence de la masse volumique

L'image de celle-ci est normalement connue par le biais du densimètre disposé en ligne, mais compte tenu de la particularité de l'entreprise (travail intensif pendant une période courte), on désire s'affranchir des aléas possibles d'un dysfonctionnement.

Pour cela, on envisage la solution suivante : un autre transmetteur de niveau, identique au premier, situé h_0 au-dessus de celui-ci est installé. Les deux transmetteurs sont réglés avec les mêmes étendues de mesure. En utilisant le même niveau de référence et en supposant que la cote h est supérieure à h_0 .

Cet instrument délivre alors le signal :

$$S_{LT1} = \frac{\rho g (h - h_0)}{\rho_0 g H}$$

Question 5

Préciser les valeurs des paramètres des opérateurs du schéma de configuration présenté en annexe 2.

2) LA RÉGULATION DE NIVEAU DE R2

Le niveau dans le bac R_2 est ajusté en modulant ie débit Q_{alim} de petit jus admis au malaxeur M. Le petit jus est utilisé en différents points de la fabrication et les vannes de réglages sont non linéaires.

On adapte donc une régulation en cascade sur grandeur réglante, le débit Q_{alim} étant mesuré par un débitmètre électromagnétique.

Question 6

Justifier cette stratégie en cascade et, en négligeant la correction de densité, compléter le plan de tuyauterie et d'instrumentation présenté en annexe 3.

Étude de la boucle interne

Pour la boucle interne (asservissement du débit), le régulateur utilise un algorithme PI.

Question 7

Rappeler les fonctions de transfert des correcteurs PI (structure parallèle, structure série ou mixte), puis détailler les essais permettant d'identifier la structure du correcteur.

- Le régulateur esclave, régulateur de débit, est placé en mode manuel. L'opérateur réalise alors un échelon de commande Y_R . Les évolutions temporelles de la commande et de la mesure en provenance du débitmètre sont enregistrées en annexe 4.

Question 8

Préciser les paramètres de la fonction de transfert, le modèle choisi étant un premier ordre sans retard, de gain K_1 et de constante de temps T_1 .

Question 9

Préciser le sens d'action du régulateur, votre réponse sera justifiée.

Le régulateur PI est de structure mixte. On décide de déterminer les paramètres du correcteur par la méthode du modèle de référence. On désire que la fonction de transfert en chaîne fermée $F(p)$ soit identique à celle d'un 1^{er} ordre de constante $T/2$, T étant la constante de temps en boucle ouverte.

Question 10

Déterminer les paramètres puis leur valeur numérique.

- La caractéristique statique du système est non linéaire.

Question 11

Proposer une solution permanent d'obtenir le comportement prévu de la boucle de débit (voir question 10) et cela pour tout point de fonctionnement.

3) RÉGULATION DE PROPORTION

Le débit massique de chaux est mesuré sur le tapis d'alimentation du malaxeur M.

Cette information sert de mesure à un régulateur pilotant un dispositif électronique de commande  de l'extracteur vibrant V.

La consigna de ce régulateur est proportionnelle au débit Q_{alim} de petit jus.

Question 12

Compléter alors le plan de l'annexe 3.

4) AJUSTEMENT FIN DE LA DENSITÉ

La proportion réalisée précédemment ne reflète pas entièrement la réalité. En effet, le débit massique mesuré sur la bande transporteuse correspond à la somme d'une quantité de chaux et d'impuretés. On corrige donc la densité en ajustant le débit d'appoint Q_{app} de petit jus dans le réservoir R_1 .

Question 13

Compléter le plan "T.I" de l'annexe 3 par une stratégie en boucle simple permettant de régler la densité.

5) RÉGULATION DE NIVEAU DE R2 (suite)

Identification

La boucle interne de débit est considérée comme réglée de manière «optimale».

On désire identifier le système "vu" par le régulateur de niveau (maître). Pour cela, on applique, sur la consigne externe $W_e(t)$ de la boucle de débit, un échelon puis on enregistre l'évolution du signal mesure $h_e(t) = h(t)/H$. Les enregistrements correspondants à cet essai sont fournis à l'annexe 5.

Question 14

Rappeler la forme générale d'une fonction de transfert $H(p)$ de type «modèle de STREJC sans temps mort».

Question 15

Déterminer le gain statique K_z de $H(p)=H_e(p)/W_e(p)$ puis à l'aide du nomogramme de l'annexe 6, évaluer la constante de temps T et l'ordre n (éventuellement fractionnaire) du modèle de STREJC de cette fonction de transfert.

L'annexe 5 et l'annexe 6 seront rendues avec les copies.

Question 16

Indiquer comment se ramener à un ordre n entier.

Étude d'un correcteur

Question 17

Pour $n=3$, déterminer l'amplification A d'un correcteur proportionnel permettant d'obtenir une marge de phase $\Phi_M = 45^\circ$.

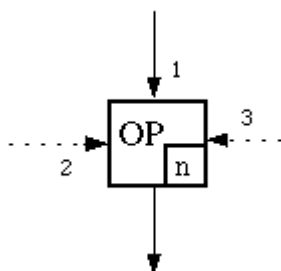
Annexe

Annexe 0

Liste partielle des opérateurs de la bibliothèque du SNCC

Les entrées analogiques du SNCC sont notées E_n où n représente le numéro d'entrée.

Un opérateur est symbolisé comme suit :



où OP est un des symboles du tableau ci-dessous.

n représente le numéro de l'opérateur OP .

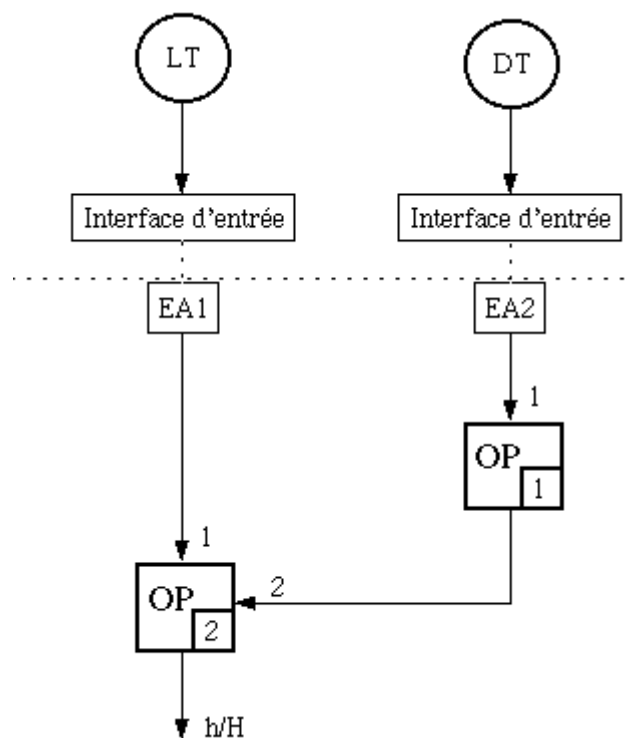
L'entrée de l'opérateur est notée E ; s'il y en a plusieurs, elles sont notées $E_1, E_2, \dots$

D'autre part, la sortie est notée S .

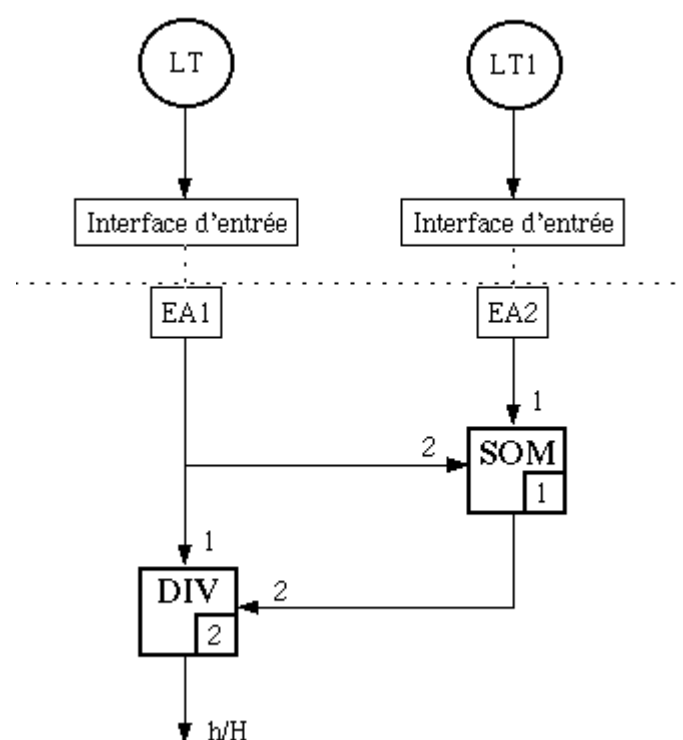
Le résultat S de l'opérateur dépend de paramètres qui lui sont propres et qu'il faut définir.

Intitulé	Symbole	Opération	Paramètre(s) à entrer
MULtiplicateur	MUL	$S = KE_1E_2$	K
DIViseur	DIV	$S = KE_1/E_2$	K
SOMmateur	SOM	$S = K_1E_1 + K_2E_2 + K_3E_3$	K_1, K_2, K_3, D
FilTre 1er ordre	FT1	$S(p)/E(p) = K/(1+Tp)$	K, T
RETard	RET	$S(t) = E(t-t_0)$	t_0
émetteur de CONsigne	CON	liaison avec le clavier du SNCC	

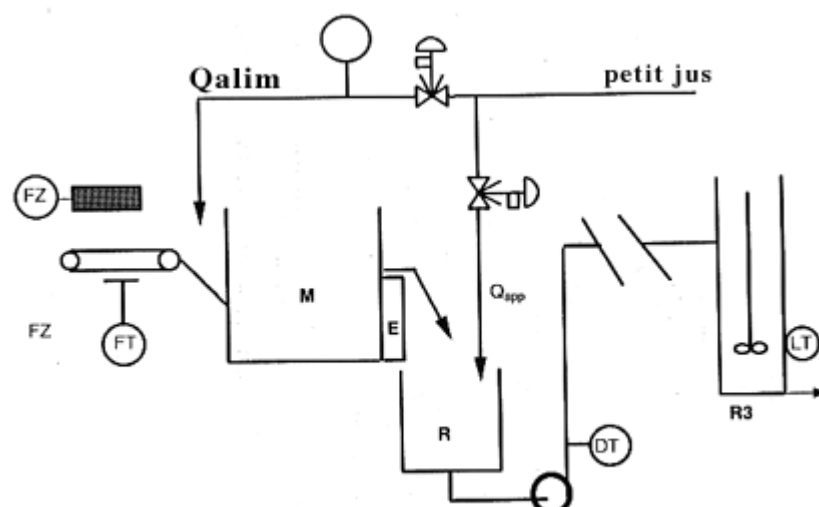
Annexe 1



Annexe 2

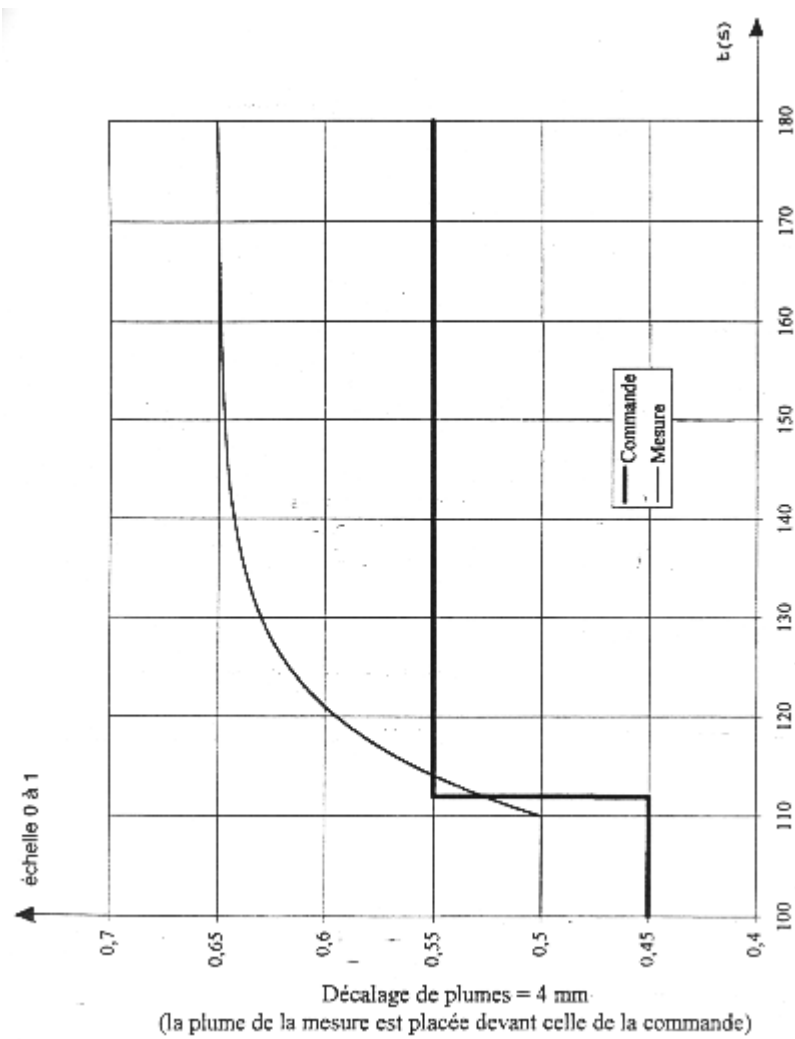


Annexe 4

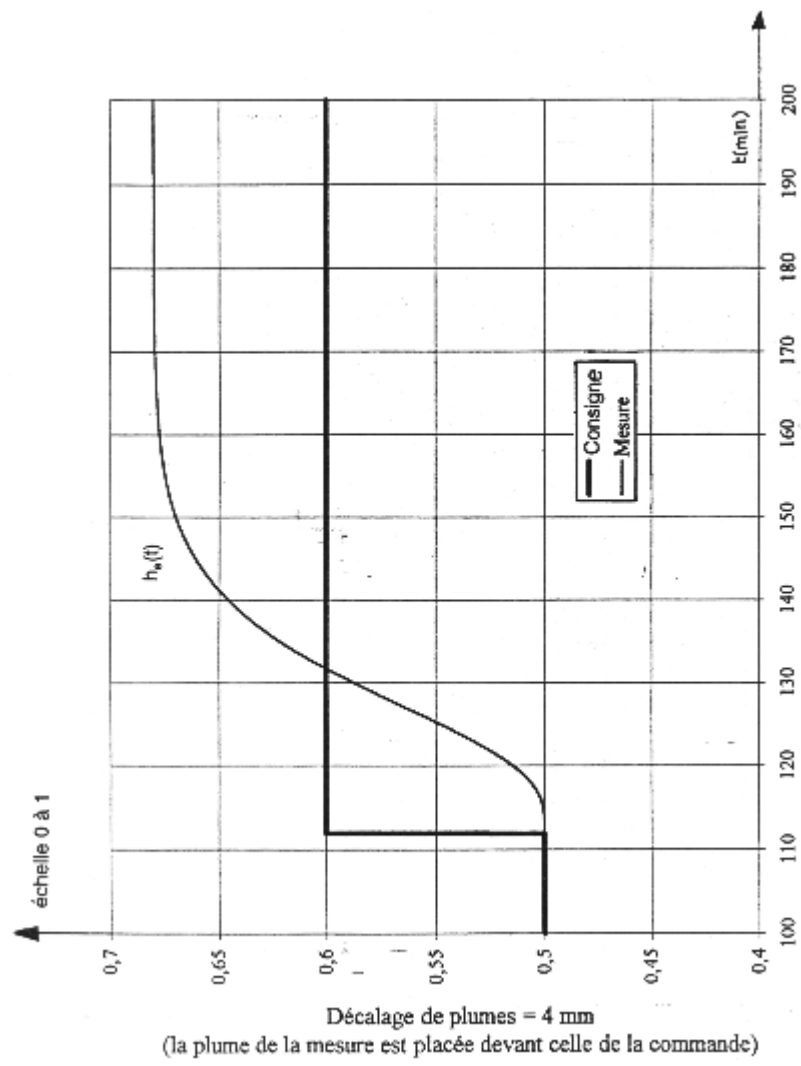


Les 2 vannes FMA indiquées sur ce plan sont également FME (ou Normalement Fermée NF).
Cette indication concerne le lien entre l'ouverture de la vanne et le signal de commande Yr.

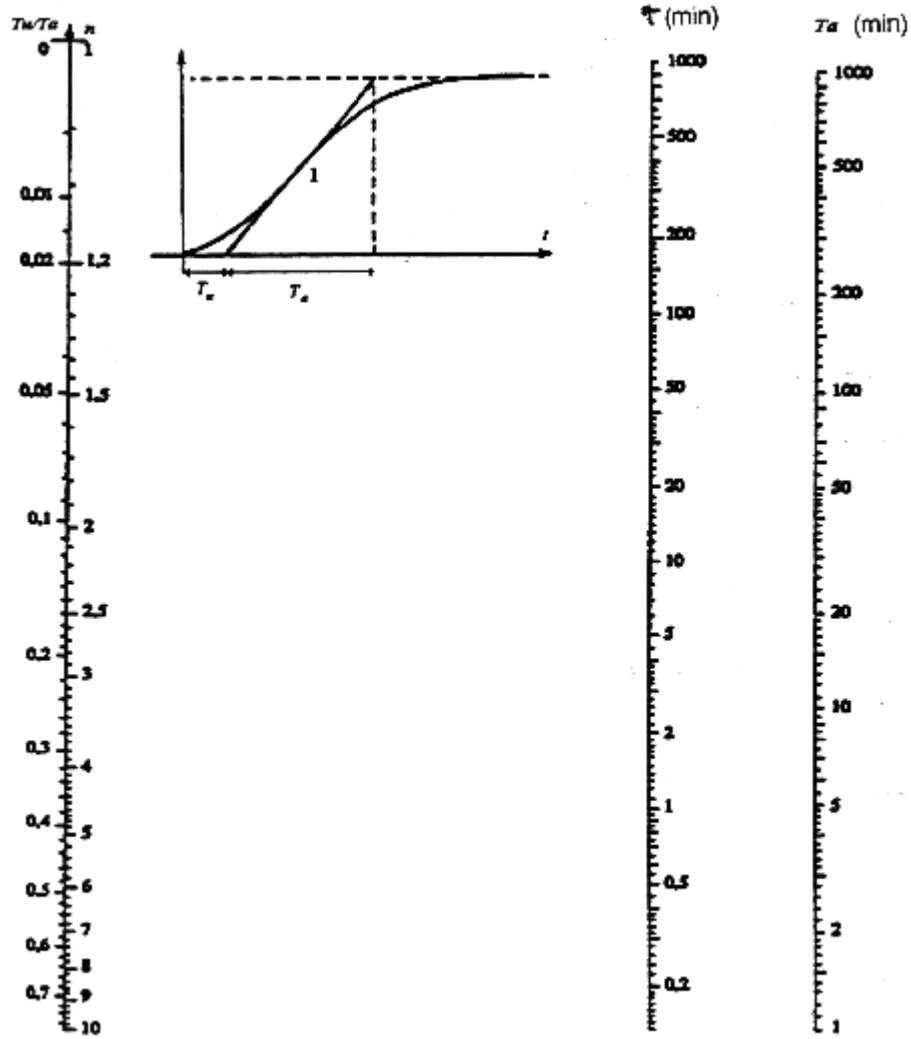
Annexe 5



Annexe 6



Annexe 6



Nomogramme de STREJC