

LA FABRICATION DU SUCRE

BEP MAINTENANCE DES EQUIPEMENTS DE COMMANDE DES SYSTEMES INDUSTRIELS

L'épreuve EP de technologie est composée de 3 parties distinctes :

Partie EP1-1 : ETUDE DE BOUCLES DE REGULATION

Durée conseillée : 3 heures 60 points

Partie EP1-2 : TECHNOLOGIE APPLIQUEES

Durée conseillée : 1 heure 24 points

Partie EP1-3 : AUTOMATIQUE

Durée conseillée : 1 heure 36 points

Le dossier remis au candidat comprend 22 folios

Partie EP1-1 : folios 2/22 à 13/22

Partie EP1-2 : folios 14/22 à 16/22

Partie EP1-3 : folios 17/22 à 19/22

La totalité du dossier doit être remis aux surveillants à la fin de l'épreuve.

Les résultats numériques devront tous être justifiés et donnés avec deux chiffres significatifs après la virgule.

Académies Groupement "Est"	Session 2004	SUJET		TIRAGES
B.E.P. Maintenance des Equipements de Commande des Systèmes Industriels		code examen :		
Épreuve : EP1 – Épreuve de technologie		Durée : 5 h 00	Coef. : 6 page : 1/22	

EP1.1 ETUDE DE BOUCLES DE REGULATION

DOCUMENTS RESSOURCES

PRODUCTION

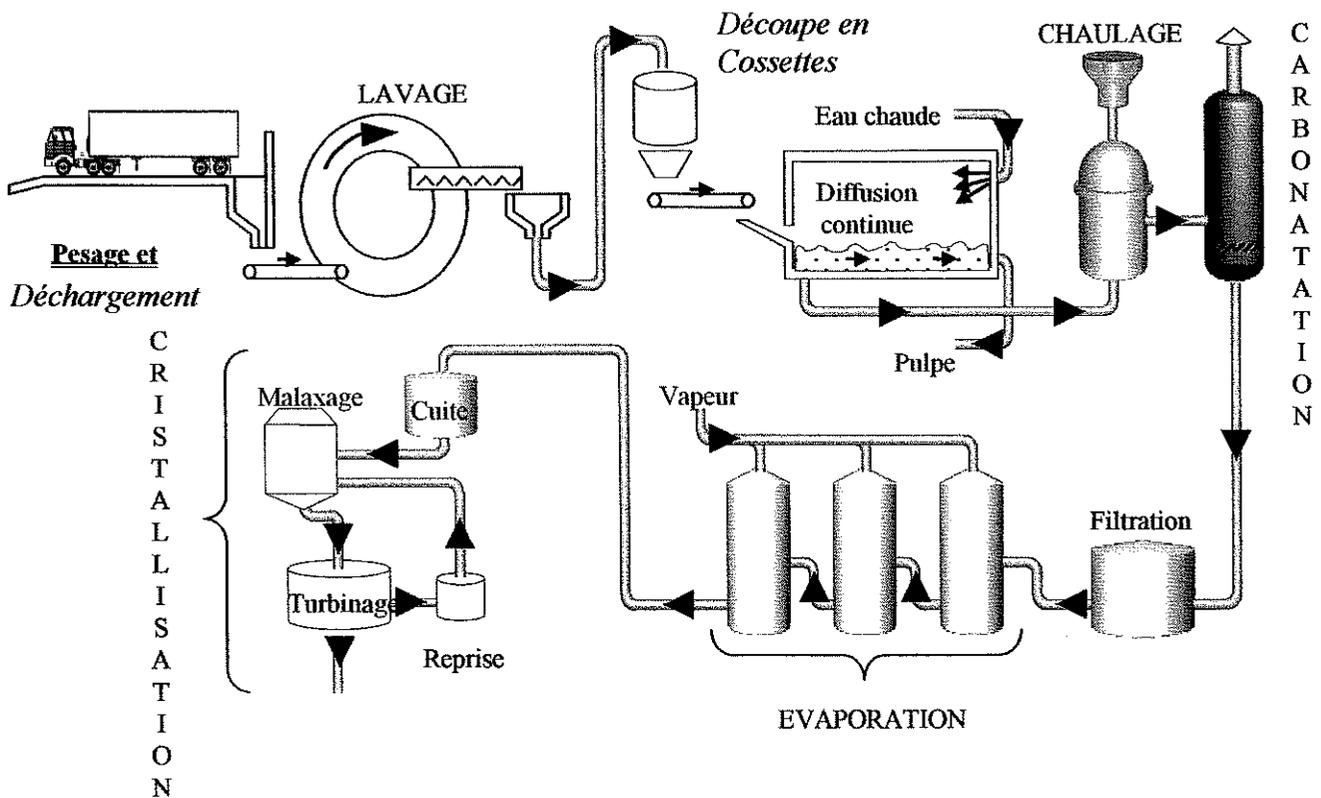
Le sucre ou saccharose est produit naturellement par les plantes en transformant le gaz carbonique absorbé par les feuilles et l'eau du sol pompé par les racines.

La betterave sucrière et la canne à sucre sont les 2 principales sources d'approvisionnement mondial en sucre.

En France, ce sont près de 500 000 ha plantés en betteraves pour une production de 4 millions de tonnes de sucre.

Pendant la période des récoltes, une usine traite 28 000 tonnes de betteraves par jour, qui correspond à 1 camion toutes les 15 secondes.

LA TRANSFORMATION : PLAN GENERAL

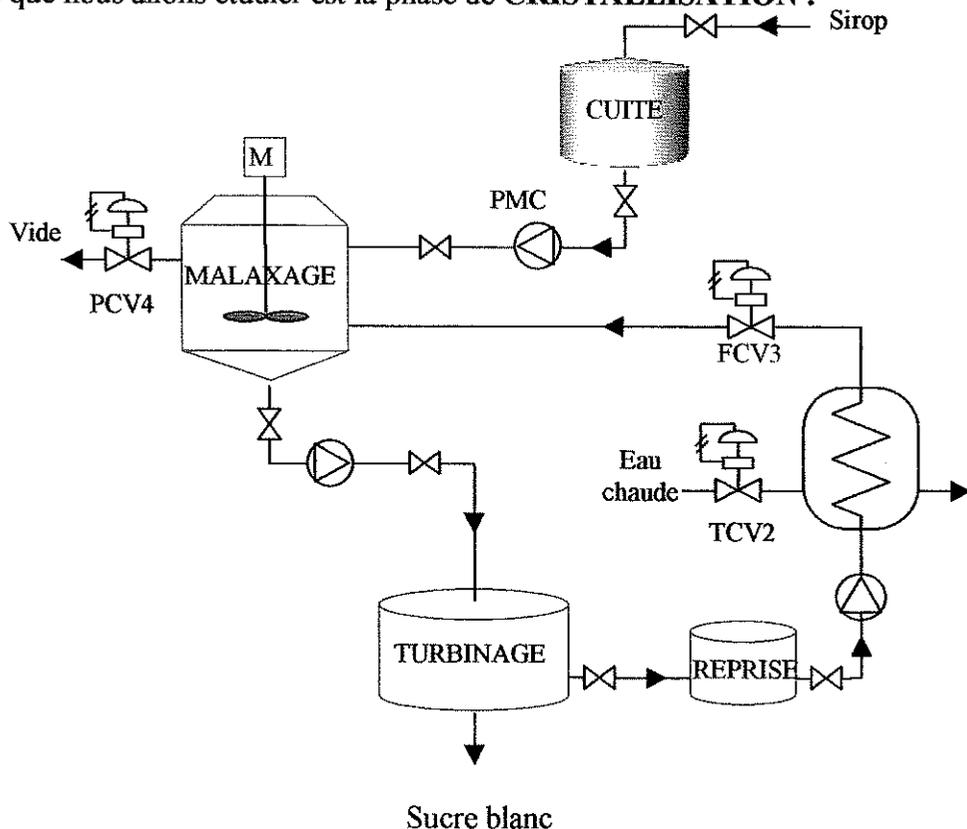


DOCUMENTS RESSOURCES

La transformation et la fabrication du sucre se font en plusieurs étapes :

- **L'approvisionnement, pesage et déchargement** des betteraves.
- Le **lavage** pour enlever terre et pierres.
- La découpe en fines lamelles appelées **cossettes**.
- La **diffusion** qui permet d'extraire le sucre des cossettes, pour former un jus sucré.
- **L'épuration** est réalisée en ajoutant de la chaux (**chaulage**) et du gaz carbonique (**carbonatation**) pour fixer et déposer les impuretés.
- La **filtration** permet d'obtenir un jus limpide, brillant, de couleur jaune paille.
- **L'évaporation**, avec la vapeur, élimine une partie de l'eau contenue dans le jus sucré pour former un sirop.
- La **CRISTALLISATION** concentre le sirop en 2 étapes : La **cuite** est une chaudière qui réduit l'eau par forte évaporation, et le **malaxage** qui est une opération de brassage du concentré sous vide pour évacuer le peu d'eau restant.
- Le **turbinage** : Le sirop sucré est envoyé dans une turbine et, sous l'action de la force centrifuge, le sucre blanc se sépare du sirop impur. Le sirop impur est envoyé dans le bac de reprise, puis dans le malaxage. Le sucre blanc est séché, stocké et conditionné pour l'expédition.

Le thème que nous allons étudier est la phase de **CRISTALLISATION**.



EP1.1 ETUDE DE BOUCLES DE REGULATION

DOCUMENTS RESSOURCES

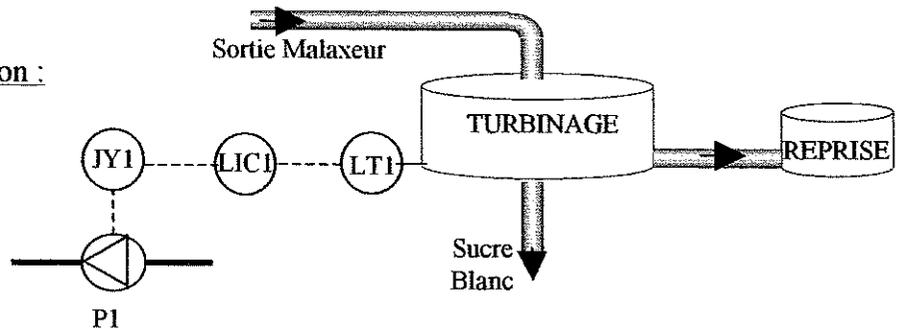
1) REGULATION DE NIVEAU « TURBINAGE »

Descriptif de la boucle:

Le jus concentré qui sort du malaxeur alimente la cuve dite de turbinage et fait varier le niveau dans celui-ci. La régulation comporte :

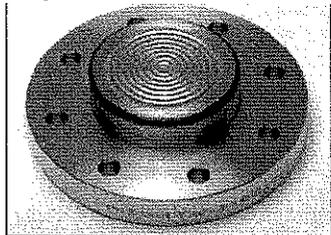
- un transmetteur LT1 modèle 3001 de ROSEMOUNT (doc. ci-dessous)
Niveau : **0 à 120 cm** Sortie analogique 4 – 20 mA Densité du produit : $d = 1,5$.
- Un régulateur indicateur LIC1.
- Un variateur de puissance JY1.
- Une pompe P1

Schéma de la boucle de régulation :

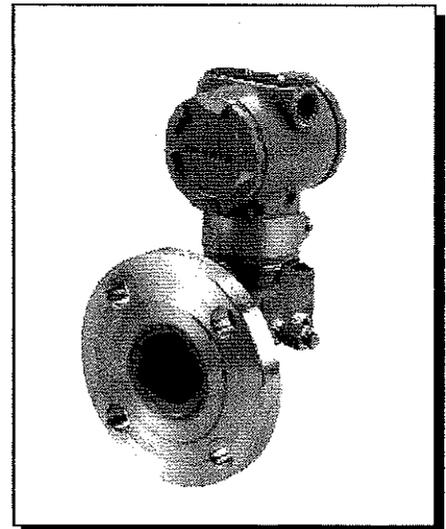


Documentation technique : Extrait du catalogue ROSEMOUNT

Séparateur à membrane



Modèle 3001 Famille des transmetteurs de pression hydrostatique



Gamme et limites du capteur

TABLEAU 1. Gammes de pression du transmetteur Modèle 3001.

Gamme	Gamme et limites du capteur		Echelle minimale / maximale ¹⁾
	Inférieure (LRL)	Supérieure (URL)	
2	0 kPa (0 psig)	62 kPa (9 psig)	62 kPa (9 psig)
2,5 ⁽²⁾	0 kPa (0 psig)	124 kPa (18 psig)	124 kPa (18 psig)
3	0 kPa (0 psig)	207 kPa (30 psig)	207 kPa (30 psig)
4	0 kPa (0 psig)	1 034 kPa (150 psig)	1 034 kPa (150 psig)

EP1 - 1 : ETUDE DE BOUCLES DE REGULATION

DOCUMENTS REPOSES.

1) REGULATION DE NIVEAU "TURBINAGE"

1.1) Le niveau dans la cuve de turbinage est de 67 cm.
Quelle est la valeur du signal de sortie de LT en pourcentage ? **/2**

.....
.....
.....

1.2) Choix du transmetteur.
D'après le tableau 1 du dossier ressource page 4/22, déterminer la gamme de pression du transmetteur LT en justifiant par le calcul. **/2**

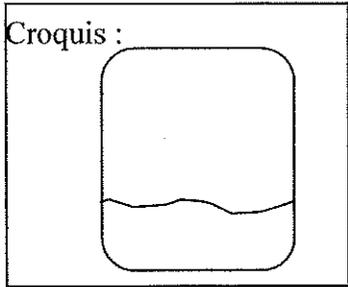
Calcul.....
.....
.....
Gamme:.....

1.3) Citer trois autres techniques de mesure de niveau. **/2**

.....
.....
.....

1.4) Expliquer le principe de fonctionnement d'une mesure de niveau par ultra-son. **/2**
Aidez-vous du croquis.

.....
.....
.....
.....
.....



1.5) Le transmetteur est équipé d'un séparateur à membrane de grand Ø, montage sur bride. **/2**
Pourquoi utilise t'on un séparateur?

.....
.....
.....

EP1.1 ETUDE DE BOUCLES DE REGULATION

DOCUMENTS RESSOURCES

2) REGULATION DE TEMPERATURE « RETOUR MALAXEUR »

Descriptif de la boucle:

Le jus impur, après avoir été stocké plus ou moins longtemps dans le bac de reprise a vu sa température baisser. La régulation de température compense cette perte pour assurer 80 °C constant dans le retour malaxeur.

- La régulation comporte :
- Un transmetteur FT2.
 - Un opérateur (sommateur) FY2.
 - Un régulateur indicateur TIC2.
 - Un transmetteur TT2.
 - Une vanne électro-pneumatique TCV2.

Schéma de la boucle de régulation :

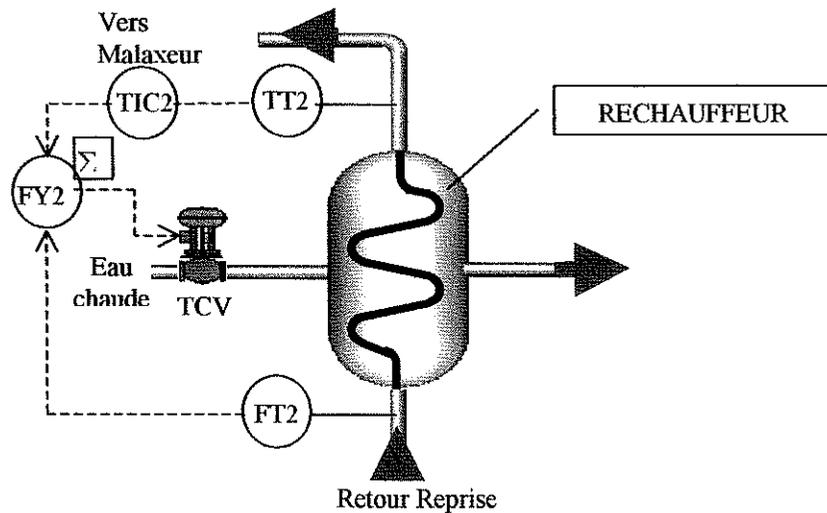


Table de constructeur pour thermocouple TCJ :

		Fer/Cuivre-Nickel Type J									
		(CONSTANTAN) E/mV									
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
- 200	- 7,890	- 8,096	- 5,426	- 5,801	- 6,159	- 6,499	- 6,821	- 7,122	- 7,402	- 7,659	
- 100	- 4,632	- 5,036	- 0,995	- 1,481	- 1,960	- 2,431	- 2,892	- 3,344	- 3,785	- 4,215	
- 0	0,000	- 0,501	1,019	1,536	2,058	2,585	3,115	3,649	4,186	4,725	
+ 0	0,000	0,507	1,019	1,536	2,058	2,585	3,115	3,649	4,186	4,725	
100	5,268	5,812	6,359	6,907	7,457	8,008	8,560	9,113	9,667	10,222	
200	10,777	11,332	11,887	12,442	12,998	13,553	14,108	14,663	15,217	15,771	
300	16,325	16,879	17,432	17,984	18,537	19,089	19,640	20,192	20,743	21,295	
400	21,846	22,397	22,949	23,501	24,054	24,607	25,161	25,716	26,272	26,829	
500	27,388	27,949	28,511	29,075	29,642	30,210	30,782	31,356	31,931	32,513	
600	33,095	33,683	34,273	34,867	35,464	36,066	36,671	37,280	37,891	38,510	
700	39,130	39,754	40,382	41,013	41,647	42,283	42,922	43,563	44,207	44,852	
800	45,498	46,144	46,790	47,434	48,076	48,716	49,354	49,989	50,621	51,249	
900	51,875	52,496	53,115	53,729	54,341	54,948	55,553	56,155	56,753	57,349	
1000	57,942	58,533	59,121	59,708	60,293	60,876	61,459	62,039	62,613	63,199	
1100	63,777	64,355	64,933	65,510	66,087	66,664	67,240	67,815	68,390	68,964	
1200	69,536										

EP1.1 ETUDE DE BOUCLES DE REGULATION

DOCUMENTS REPOSES.

2) REGULATION DE TEMPERATURE RETOUR MALAXEUR

2.1.a) Quel est le type de la régulation de température ? (cocher votre choix par une croix X) /1

Type de boucle	choix
simple	<input type="checkbox"/>
cascade	<input type="checkbox"/>
tendance	<input type="checkbox"/>

2.1.b) Quel est l'avantage de cette boucle ? /2

.....

.....

.....

2.2) Compléter le tableau ci-dessous, en rayant les mentions en italique inutiles, pour déterminer le sens d'action du régulateur TIC2 avec une vanne TCV2 de sens de sécurité OMA. /4

Si la température augmente (Mesure ↗)	La vanne TCV2 doit <i>s'ouvrir</i>	La vanne TCV2 doit <i>Se fermer</i>	Le signal de commande doit <i>Augmenter</i> (Sortie ↗)	Le signal de commande doit <i>Diminuer</i> (Sortie ↘)	Donc TIC2 est <i>Direct</i>	Donc TIC2 est <i>Inverse</i>
--	---------------------------------------	--	--	---	--------------------------------	---------------------------------

2.3.a) Bp= 50% que vaut le gain G ? /1

.....

.....

.....

2.3.b) n= 0,5 rép/min que vaut le temps d'intégrale Ti ? /1

.....

.....

.....

EPI.1 ETUDE DE BOUCLES DE REGULATION

DOCUMENTS REPONSES.

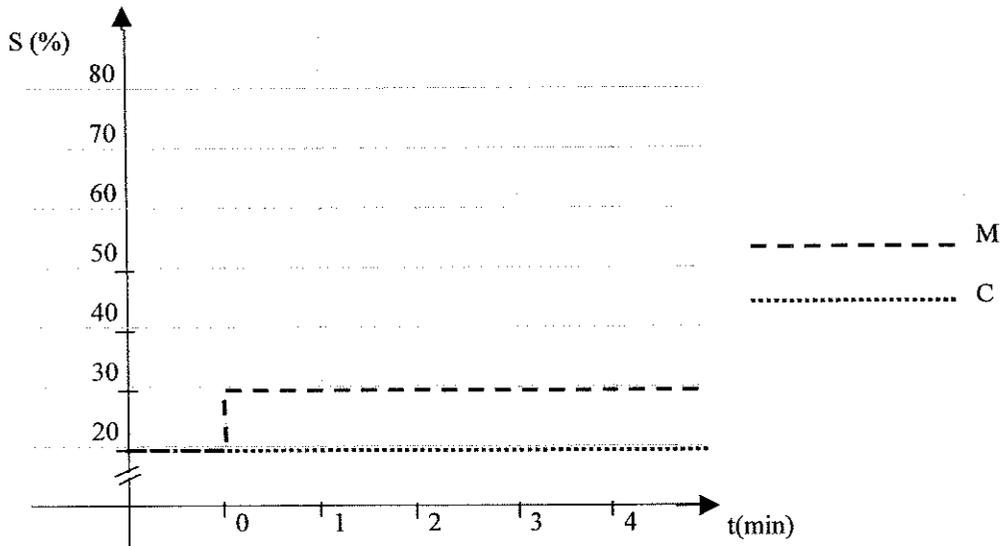
2.3.c) On a testé le régulateur avec les actions suivantes : $G = 2$ et $Ti = 2$ mn/rép

Représenter le signal de sortie du régulateur TIC2, en boucle ouverte, pour un échelon de consigne de 10 % sachant qu'au départ $M=C$ et que $So = 20\%$.

Formule de réponse d'un régulateur PI série :

/6

$$S = G(M - C) + \frac{G}{Ti} \int_0^t (M - C) dt + So$$



2.4.a) La sonde utilisée est une Pt 100.
Que signifie le terme Pt 100 ?

/1

.....

2.4.b) Sachant que : $R_t = R_o (1 + at)$ et que l'échelle de température est de 40°C à 90°C ,
calculer les valeurs de la résistance de la sonde pour simuler 0 et 100% lors de l'étalonnage
du convertisseur ($a = 0,00385$).

/2

.....

2.5.a) On envisage le remplacement de la Pt 100 par un thermocouple de type J.
Expliquer le phénomène physique utilisé par le thermocouple.

/2

.....

EP1.1 ETUDE DE BOUCLES DE REGULATION

DOCUMENTS REPONSES.

2.5.b) Le thermocouple sera raccordé à un convertisseur délivrant un signal 4 à 20mA. **/3**
Sachant que l'atelier où on effectue l'étalonnage est à une température de 20°C,
quelle f.e.m (force électromotrice) faut-il simuler pour étalonner le convertisseur ?
(voir table dans le dossier ressource page 6/22) (Rappel : échelle 40°C à 90 °C)

f.e.m à 0% :

.....
.....
.....

f.e.m à 100%:

.....
.....
.....

2.5.c) Quelle intensité délivrera le convertisseur lorsque la température mesurée par le **/1**
thermocouple sera de 50°C ?
Détaillez votre calcul.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

EP1.1 ETUDE DE BOUCLES DE REGULATION

DOCUMENTS RESSOURCES

3) REGULATION DE DEBIT DE « REPRISE »

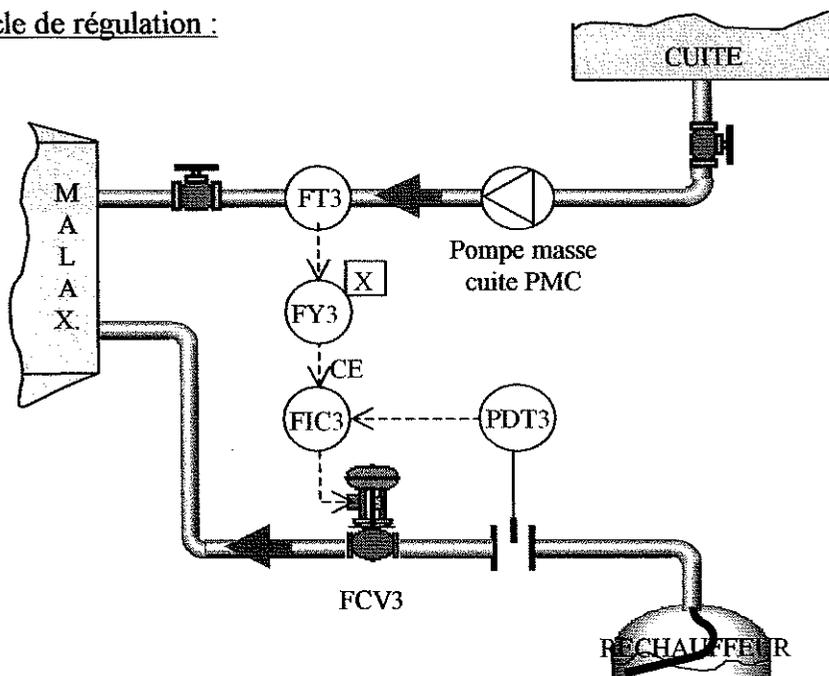
Descriptif de la boucle:

Après réchauffage, le sirop impur (reprise) est envoyé dans le malaxeur où il sera mélangé avec la masse cuite selon les proportions suivantes : 75% de masse cuite pour 25 % de reprise.

La régulation comporte :

- Un transmetteur électromagnétique FT3 qui mesure le débit de masse cuite.
- Un diaphragme et son transmetteur de pression différentielle PDT3 qui mesure le débit de reprise. Le diaphragme a été réalisé pour un débit de **70 m³/h** maxi et une ΔP de **153 mbar** maxi.
- Un régulateur FIC3 programmable.
- Une vanne électro-pneumatique FCV3.
- Un opérateur multiplicateur FY3.

Schéma de la boucle de régulation :



Nota : En cas de problèmes, le malaxeur ne doit plus être alimenté en fluide.

EP1.1 ETUDE DE BOUCLES DE REGULATION

DOCUMENTS REPONSES.

3) REGULATION DU DEBIT DE REPRISE

3.1) Compléter le tableau ci-dessous, le débit de reprise Q variant de 0 à 70 m³/h. /4
(Rappel : $Q = K \sqrt{\Delta P}$)

% de débit Q	Q (m ³ /h)	ΔP (mbar)	Courant de sortie de PDT3 (mA)
0			
25			
50			
75			
100			

3.2) Quel est le type de régulation composée de PDT3 ; FIC3 ; FT3 ; FCV3 ? /1

.....
.....
.....
.....

3.3) Le régulateur FIC3, sur sa boucle de mesure doit être équipé de: /2
Un sommateur, un soustracteur, un extracteur de racine carrée, un multiplicateur ou un diviseur ? Justifier votre réponse.

.....
.....
.....
.....
.....

3.4) Si le débit de masse cuite est de 35 m³/h, calculer et indiquer le débit de reprise. /2

.....
.....
.....
.....
.....

3.5) Quel doit être le sens d'action de FCV3 ? Justifier votre réponse. /1

.....
.....
.....
.....
.....

DOCUMENTS RESSOURCES

4) REGULATION DE PRESSION « MALAXEUR »

Descriptif de la boucle:

Cette régulation a pour but de réguler le vide (de 0 à -720 mmHg) dans le malaxeur. Elle permet un gain important d'énergie.

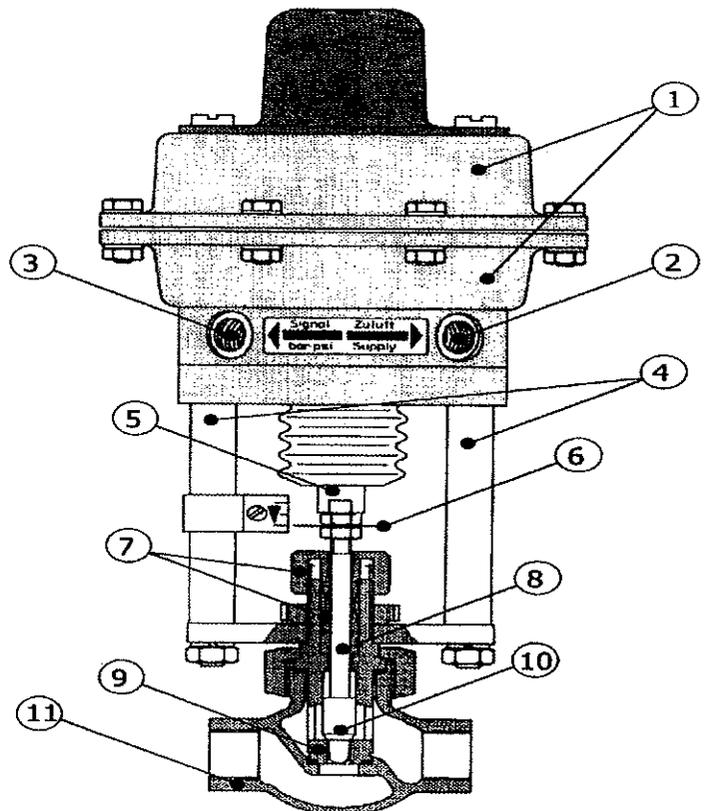
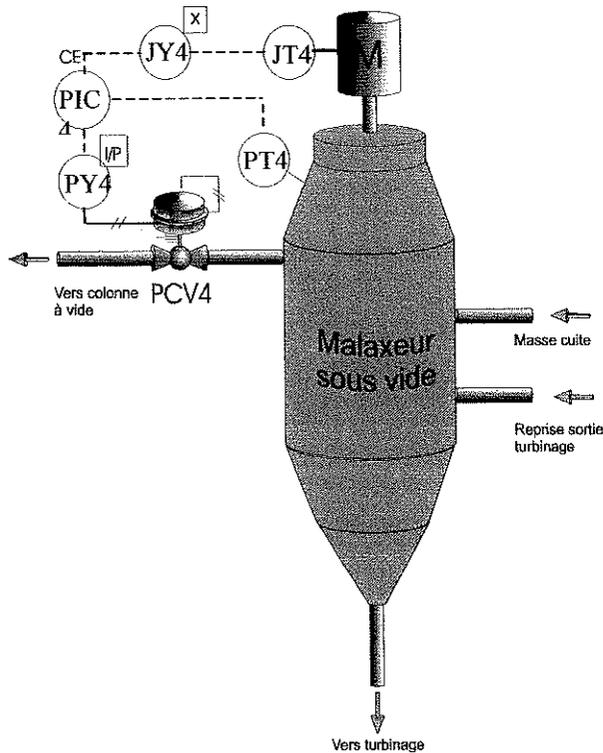
La régulation du vide est réalisée par une boucle de rapport : Plus la quantité de matière à l'intérieur du malaxeur est importante, plus le moteur de l'agitateur doit augmenter sa puissance pour mélanger. La consigne de PIC4 est fixée par la mesure de cette puissance, multipliée par un coefficient k (relais de rapport) : c'est la consigne externe de PIC4.

Si la puissance de l'agitateur augmente, alors on augmente le vide dans le malaxeur.

- La régulation comporte :
- Un transmetteur PT4 : entrée 0 à -720 mmHg ; sortie 4-20 mA.
 - Un régulateur PIC4 : INVERSE ; entrée et sortie 4-20 mA.
 - Un relais de calcul PY4 : entrée 4-20 mA. Sortie 0,2-1bar.
 - Une vanne PCV4 : FMA entrée 0,2-1bar ; course 10 mm.

Schéma de la boucle de régulation :

doc. technique : Vanne PCV4



EP1.1 ETUDE DE BOUCLES DE REGULATION

DOCUMENTS REPONSES.

4) REGULATION DE PRESSION MALAXEUR

4.1) En considérant que la valeur de la consigne externe est égale à -551 mmHg, compléter le tableau suivant:

/4

Valeur de la consigne externe				
mmHg	mbar	mbar abs	mmCE	%
-551				

4.2) Donner la désignation exacte des instruments symbolisés par JT4 et JY4.

/3

JT4:
JY4:

4.3) Le coefficient "k" du relais de rapport est réglé à 0,8. Si la mesure de la puissance affiche 95,66%, déterminer la valeur en % de la consigne externe.

/2

.....
.....
.....

4.4) Dans le document ressource (Page 12/22), la documentation technique de la vanne PCV4 est incomplète. Dans le tableau ci-dessous, donner à chaque numéro sa désignation.

/4

NUMERO REPERE	DESIGNATION
1	Servomoteur
2	Entrée alimentation d'air du positionneur
3	Entrée pneumatique de commande
4	Arcades
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	

4.5) La vanne de réglage PCV4 est munie d'un positionneur pneumatique intégré au servomoteur. Indiquer au moins deux avantages du positionneur de vanne:

/3

.....
.....
.....

EP1 - 2 : SCIENCES APPLIQUEES

DOCUMENTS RESSOURCES

La régulation de température de l'échangeur situé sur le malaxeur sous vide est de type T.O.R (Tout Ou Rien)

La sonde de température est de type Pt 100.

- Si la mesure est inférieure à la consigne, le régulateur ferme un contact qui alimente la bobine d'un relais 24 Volts continu.
- Si la mesure est supérieure à la consigne, le contact reste en position repos.

Le chauffage s'effectue grâce à une résistance électrique chauffante alimentée en 230Volts alternatif . .

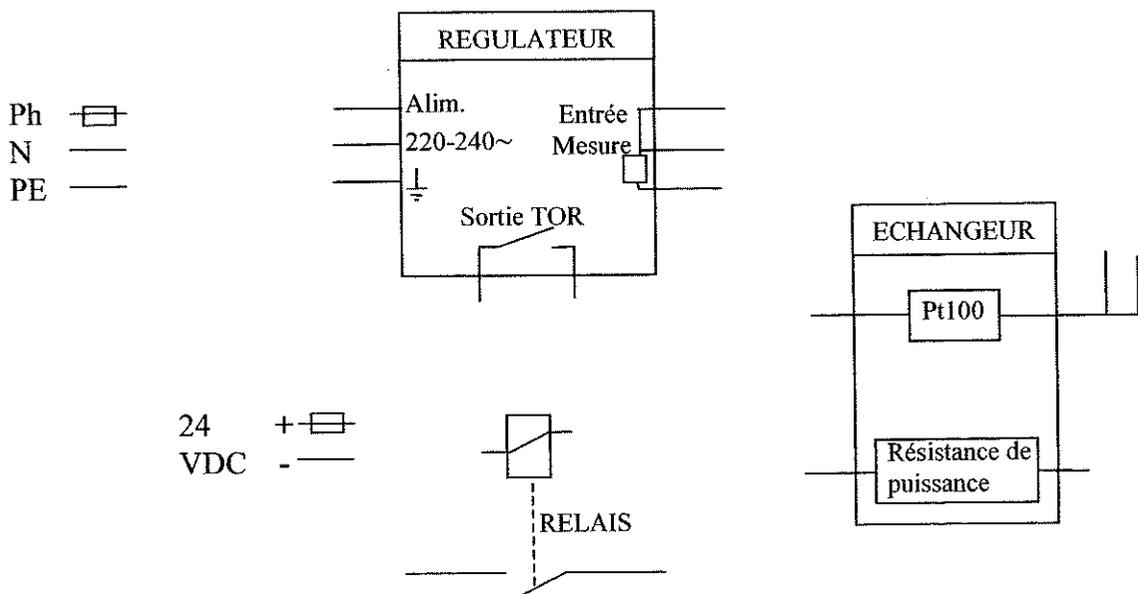
DOCUMENTS REponses.

1) Compléter le schéma électrique.

1.1) Représenter en vert la partie mesure. /2

1.2) Représenter en bleu la partie commande. /2

1.3) Représenter en noir la partie puissance et l'alimentation du régulateur. /2



2) Sachant que la résistance électrique chauffante est de 10 ohms :

2.1) Calculer l'intensité I qui traverse cette résistance.

.....
.....
.....
.....
.....

/2

2.2) Calculer la puissance de cette résistance.

.....
.....
.....
.....
.....

/2

2.3) La résistance électrique chauffante de 10 ohms étant défectueuse, proposer une solution pour la remplacer sachant que vous disposez de résistances de valeur 20 ohms et que le fonctionnement doit rester identique.

Justifier votre réponse : a) schéma b) calculs

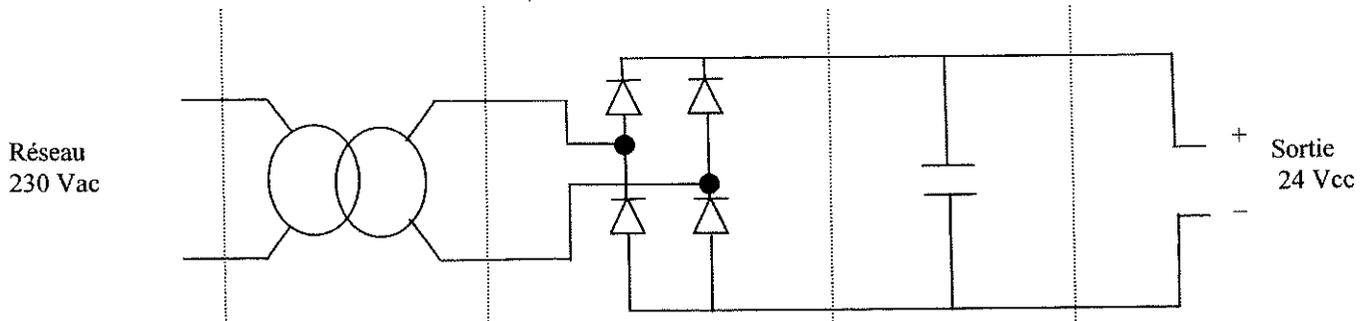
/4

a) schéma

b) calculs.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3) Donner le nom et la fonction de chacune des parties du schéma ci-dessous :

/4



Nom des constituants	
Fonction	

4) La sonde Pt 100 étant connectée à un pont de Wheatstone selon le montage 3 fils, expliquer le principe de fonctionnement du pont et compléter le schéma ci-dessous.

/4

Principe :

.....

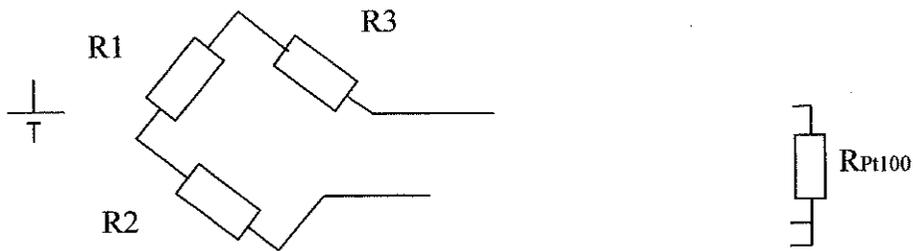
.....

.....

.....

.....

Schéma :



5) A quelle condition le pont sera-t-il équilibré ? (Donner l'équation)

/2

.....

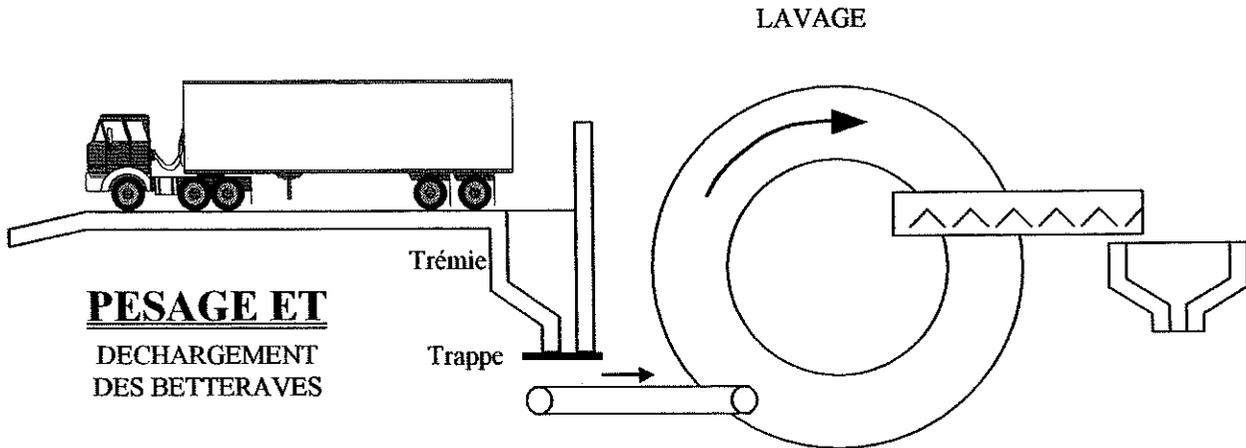
.....

.....

.....

EP1-3 : AUTOMATIQUE

DOCUMENTS RESSOURCES



La livraison des betteraves s'effectue par camions (voir schéma ci-dessus)
Les opérations pesage des camions, vidage de la trémie sont gérées par un automate.

Description du cycle :

Au départ la trémie est vide et un camion doit être présent pour démarrer le cycle. Cette détection est effectuée par un capteur de position.

Cela entraîne la pesée du camion rempli de betteraves.

Au bout de 3 minutes, la pesée étant terminée, un voyant s'allume autorisant le vidage du camion. Le camion est vidé par une manipulation effectuée par le chauffeur et n'est pas prise en compte par l'automate.

Lorsque le camion est vide, le chauffeur appuie sur un bouton poussoir qui déclenche la pesée du camion vide (tare du camion).

Deux cas peuvent se présenter :

Cas N°1 : Le poids des betteraves dans la trémie est atteint. Un feu vert s'allume et la trappe en fond de trémie, actionnée par un vérin, s'ouvre pendant 5 minutes . En fin de temporisation, la trémie se referme autorisant le démarrage d'un nouveau cycle.

Cas N°2 : Le poids des betteraves dans la trémie est non atteint. Un message s'affiche demandant le déchargement d'un autre camion.

Remarque : le pesage ne peut reprendre que lorsqu'un autre camion est présent.

EP1-3 : AUTOMATIQUE

DOCUMENTS RESSOURCES

Micro-automates TSX 17

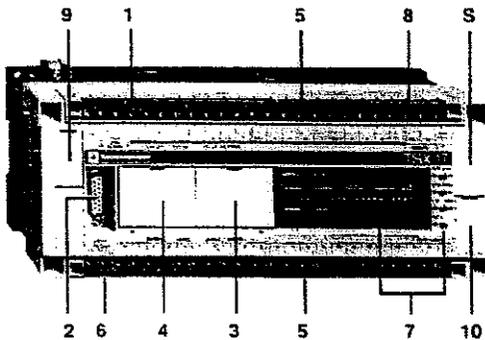
E/S TOR PL7-2						
Nombre maximum	122	122	136	136	140	160
E/S TOR						
Nombre de base (1)	20	20	34	34	20	40
Extensions PL7-1						
Nombre maximum	2	2	2	2	2	2
Extensions PL7-2 (2)	3	3	3	3	3	3
dont modules intelligents	3	3	3	3	3	3
Alimentation	~110/240 V	~110/240 V	~110/240 V	~110/240 V	≐ 24 V	≐ 24 V
Entrées isolées	≐ 24 V	~ 110 V	≐ 24 V	~ 110 V	≐ 24 V	≐ 24 V
Sorties	Relais	Relais	Relais	Relais	Transistors 0,35 A	Transistors 0,35 A
Taille mémoire maxi	24 Ko	24 Ko				
Bus FIPIO/ Réseau FIPWAY(3)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Liaison UNI-TELWAY(3)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Micro-automates	TSX 172	TSX 172				
TSX 17-20	2028 F	2044 F	3428 F	3444 F	2012 F	4012 F

(1) Non inclus 2 entrées événementielles et 1 compteur rapide.

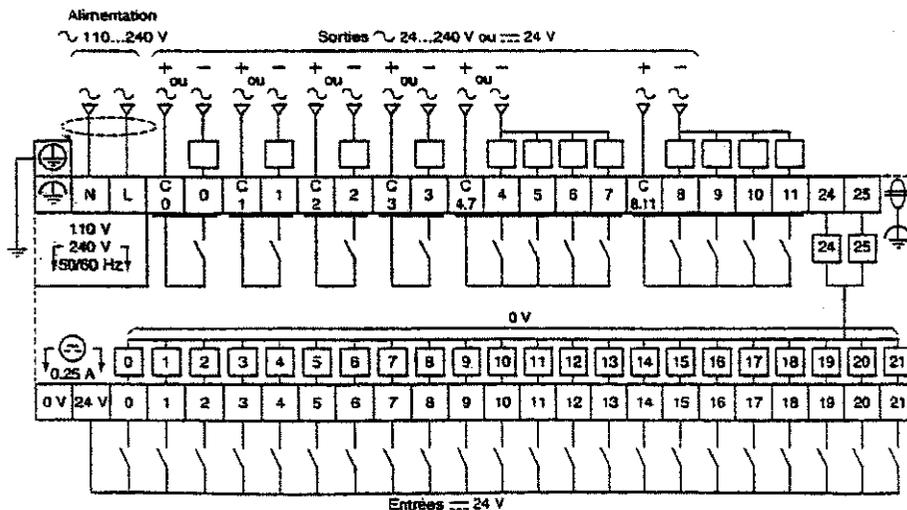
(2) Modules intelligents inclus, hors adaptateur esclave bus UNI-TELWAY ou coupleur FIPIO/FIPWAY.

(3) Uniquement avec langage PL7-2.

La face avant comprend :



- 1 Une alimentation ~110/240 V - 50/60 Hz ou ≐ 24 V,
- 2 Une prise RS 485 pour raccordement au terminal de programmation, au bus multipoint UNI-TELWAY ou à un périphérique de dialogue,
- 3 Un emplacement pour cartouche mémoire EEPROM ou EPROM,
- 4 Un emplacement pour cartouche micro-logicielle PL7-2,
- 5 20, 34 ou 40 entrées/sorties "Tout ou Rien" avec raccordement sur borniers à vis déconnectables (entrées ≐ 24 V ou ~ 110 V isolées, sorties relais ou transistors 0,35 A protégées),
- 6 Une alimentation capteurs ≐ 24 V (avec automates de base ~110/240 V - 50/60 Hz),
- 7 Un ensemble de visualisation de l'état automate et des entrées/sorties,
- 8 Deux entrées événementielles ≐ 24 V,
- 9 Un compteur rapide 2 kHz, ~ 5/24 V.
- 10 Un connecteur pour une autre extension au bus d'entrées/sorties.



EP1-3 : AUTOMATIQUE

DOCUMENTS RESSOURCES

Liste des capteurs et récepteurs :

S1 : Trémie fermée.

S3 : Trémie vide.

S4 : Trémie poids atteint .

S5 : Trémie poids non atteint.

S6 : Camion présent.

S7 : Bouton poussoir chauffeur « camion vide »

KM1 : Ouverture trémie.

KM2 : Fermeture trémie.

KM3 : Pesage camion.

KA1 : Affichage message « demande camion »

H1 : Feu vert.

H2 : Voyant vidage autorisé.

T1 : 5min.

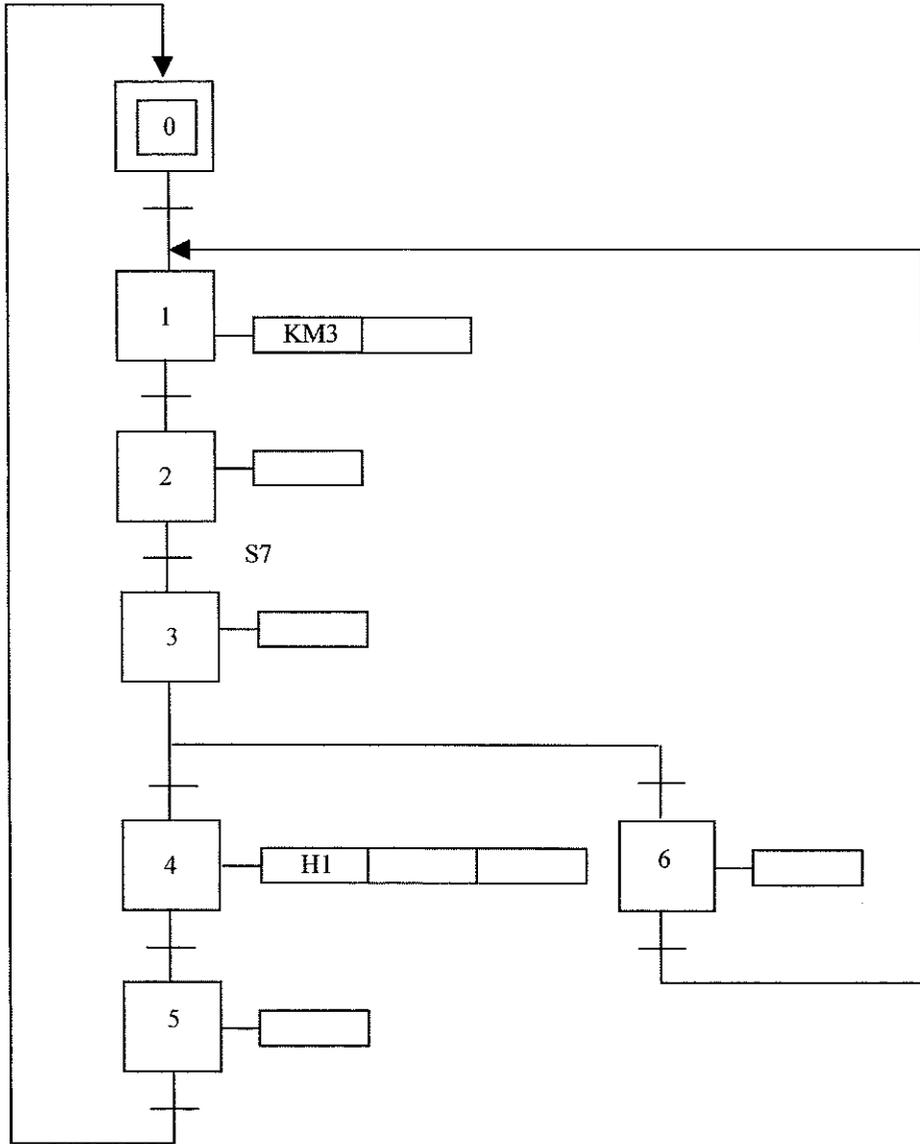
T2 : 3min.

EP1-3 : AUTOMATIQUE

DOCUMENTS REPONSES.

1) D'après la description du cycle et la liste des capteurs et récepteurs (pages 17/22 et 19/22), réaliser le grafcet point de vue partie commande du cycle de fonctionnement.

/14



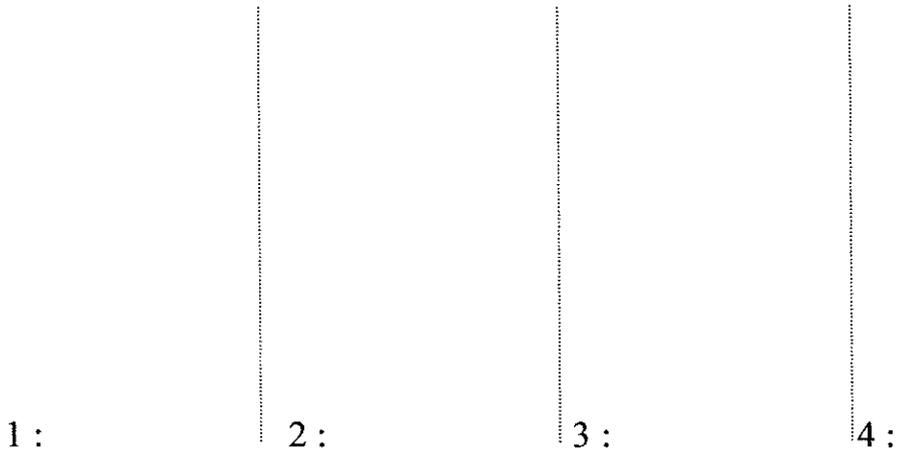
EP1-3 : AUTOMATIQUE

DOCUMENTS REPONSES.

2) Représenter le schéma d'un système de traitement et de conditionnement de l'air et énoncer le rôle de ses 4 éléments.

/10

Schéma :



Rôle des éléments :

1 :

.....

.....

.....

2 :

.....

.....

.....

3 :

.....

.....

.....

4 :

.....

.....

EP1-3 : AUTOMATIQUE

DOCUMENTS REPONSES.

3) L'automate utilisé est un Télémécanique TSX17 (voir document ressource page 18/22).

Placer sur le schéma ci-dessous

a) le bouton poussoir chauffeur « camion vide » S7 sur l'entrée 7 de l'automate.

(Le bouton poussoir S7 est un BP à fermeture).

/4

b) la commande du contacteur d'ouverture de trémie KM1 sur la sortie 1 de l'automate.

/4

c) l'alimentation de l'automate Télémécanique TSX17.

/4

Remarque : les autres entrées et sorties de l'automate ne sont pas représentées

