

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

CHAINE DE FABRICATION D'UN SIROP

L'épreuve EP1 comporte trois parties distinctes :

⇒ Partie EP1-1 : Instrumentation et Boucles de régulation
120 Points

⇒ Partie EP1-2 : technologies appliquées, électrotechnique
48 Points

⇒ Partie EP1-3 : Automatismes
72 Points

CORRIGE

GROUPEMENT « EST »	SESSION 2003	CORRIGE	TIRAGES
Examen : B.E.P. Maintenance des Equipements de Commande des Systèmes Industriels	Code(s) examen(s) :		
Epreuve : EP1 – Epreuve de Technologie	Durée : 5 h	Coef. : 6	Page : 1/23

2°) Compréhension du Procédé

Cette première partie vous permettra de vérifier si la compréhension du processus de pasteurisation est acquise.

2.1. Donnez les quatre opérations qui permettent d'obtenir une bonne pasteurisation !!!

- ☞ Préchauffage
- ☞ Chauffage
- ☞ Chambrage
- ☞ Refroidissement

2.2. Définissez précisément le rôle de la pasteurisation d'un produit.

- ☞ Supprimer les bactéries qui pourraient se développer dans le produit de consommation.

2.3. A l'aide du schéma « TI » de la question 1°), donnez la signification de chacun des instruments désignés ci dessous :

	Nom de l'instrument	Implantation
⇒ FIC 100	Régulateur de débit de la boucle N° 100	En salle de contrôle
⇒ TE 101	Capteur de température de la boucle N° 101	Sur le site
⇒ TT 400	Transmetteur de température de la boucle N° 400	Sur le site
⇒ TCV 200	Vanne automatique de régulation de débit de la boucle N° 200	Sur le site

2.4. Quelle est le type de la pompe « P 100 » représentée symboliquement sur le schéma “TI”?

☞

C'est une pompe volumétrique.

2.5. Quelles sont les avantages de ce type de pompe ?

☞

Elle maintient un volume constant

2.6. L'échangeur N° 4 ne sert pas à obtenir la pasteurisation du produit mais a une autre fonction sur le procédé.

Expliquez ci dessous le rôle de cet échangeur.

☞

Cet échangeur permet de refroidir à 18 °C le sirop qui n'a pas pu être pasteurisé entièrement car pas assez chaud. Ce produit ne peut pas être admis au chambrage, il est donc évacué par la vanne 3 voies TCV 201. Le produit une fois refroidi pourra ensuite être réutilisé et amené en cuve de stockage.

2.7. L'échangeur N°1 a un rôle important dans le cycle de pasteurisation car il effectue à lui seul deux fonctions. Citez précisément ci dessous ces deux fonctions.

☞

Il contribue au préchauffage du sirop à pasteuriser

☞

Et il contribue également au premier refroidissement du sirop qui est pasteurisé.

3°) Mesure et régulation de niveau

- 3.1. Le Capteur-transmetteur de niveau « LT 100 » représenté sur le schéma « TI » de la page « 5 » est de technologie « ultrasonique ».
Expliquez ci dessous le principe de fonctionnement d'un tel capteur.



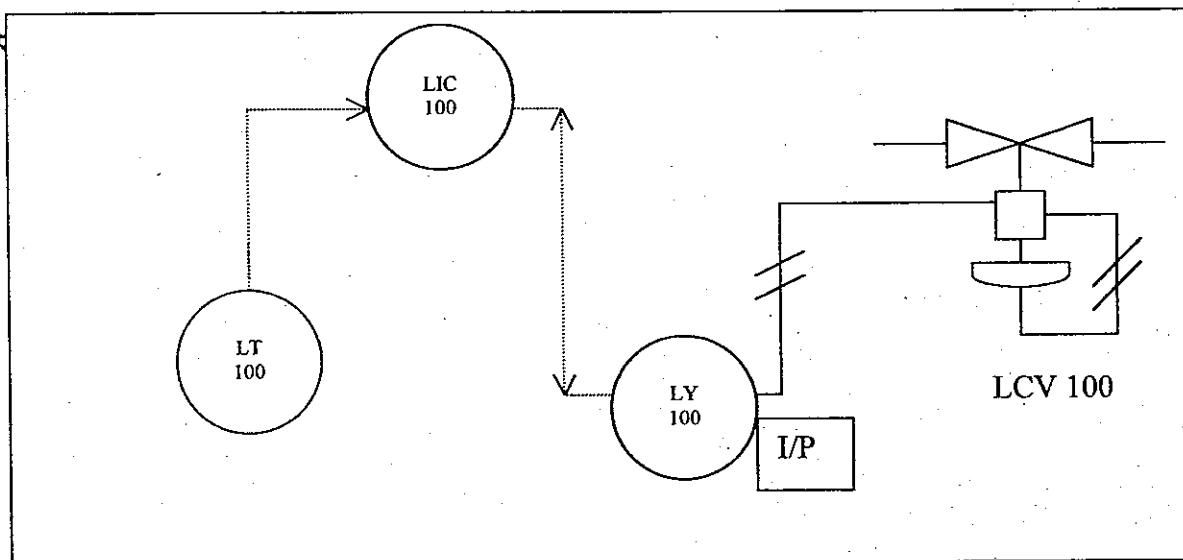
Le transmetteur envoie des « ultrasons » qui vont se réfléchir sur le liquide (la cible) et revenir ensuite vers le capteur. Ce dernier mesure la vitesse de réflexion des ondes qui est proportionnelle à la hauteur du liquide. Il facilite ensuite électroniquement de donner un signal électrique proportionnel au niveau.

- 3.2. Pour ce type de capteur que signifie la notion de « bande morte » ?



C'est un espace dans lequel le transmetteur ne peut pas faire de mesure de niveau et il commence généralement à la base du transmetteur ;

- 3.3. Nous souhaitons effectuer une régulation de niveau dans la cuve de stockage et ainsi établir une boucle de régulation simple à l'aide de la vanne « LCV 100 ».
Complétez le schéma ci dessous afin d'établir cette boucle de régulation simple en utilisant les symboles normalisés pour l'ensemble des instruments (Supprimez tous les traits pointillés qui n'ont pas lieu d'être).



3.4. Dans cette boucle de régulation simple, désignez ci dessous :

☞

La grandeur réglée : la hauteur de produit dans la cuve de stickage

☞

La grandeur réglante : le débit du sirop de fruit non pateurisé

☞

La grandeur perturbatrice : le débit de sirop envoyé vers la pasteurisation par la pompe P 100 ;

3.5. La cuve de stockage utilisée a une hauteur 5 mètres. Vous devez installer un capteur à ultrasons dont la documentation est jointe en page « 9 ». Nous vous demandons de vérifier à l'aide de cette documentation les points suivants :

☞

Ce type de capteur est il également transmetteur ? Pourquoi ?
- oui car il interprète le signal du capteur et le transmet à l'afficheur en lui donnant une valeur correspondant à la grandeur mesurée .

☞

Quelle est la valeur de la **bande morte** sur ce type de capteur ?
- Elle est de 30 cm à partir de la base du transmetteur

☞

Ce type de capteur peut il être **utilisé en cuve fermée** ? Pourquoi ?
- Oui car il n'y a pas besoin de contact avec le fluide pour mesurer un niveau.

☞

Quelles sont les **possibilités d'affichage sur ce capteur** ?
- en cm, m, pouce, pied, m³, gallon, imp

☞

Sachant que nous souhaitons un **connecteur DIN 43650**, quelle sera la référence de commande du capteur ?
- 430 822 M

3.6. Sachant que le niveau de sirop dans la cuve de stockage va varier entre 0 (0%) et 4.5 (100%) mètres, complétez le tableau suivant en considérant que vous venez d'étalonner le capteur à ultrasons.

Hauteur de sirop en mètres OU en %	0 %	18 %	2,2 mètres	2.334 m	2.981 m	75 %	4.5 m
Courant de sortie capteur en mA	4 mA	6.88 mA	11.82 mA	12,3 mA	14,6 mA	16 mA	20 mA

3.7. Sur le schéma « TI » de la page « 5 » il existe une sécurité supplémentaire en cas de débordement assuré par le capteur LH 100. Il s'agit d'un détecteur de niveau à lames vibrantes symétriques.

a) Quel est le principe de fonctionnement de ce type de capteur ?

Deux lames symétriques vibrent à une certaine fréquence. Lorsque le liquide rentre en contact il y a commutation électronique et signal envoyé par le capteur pour donner une information sur le niveau.

b) En vous aidant de la documentation jointe en page « 12 », donnez des arguments qui expliquent le choix de ce type de capteur :

- sans entretien
- ne nécessite ni by-pass, ni chambre de mesure
- commute dans tous les liquides indépendamment de la densité, de la température, de la viscosité
- état du niveau connu d'un simple coup d'œil (visualisation par l'aïde)

3.8. La vanne LCV 100 est équipée d'un positionneur et assure une régulation du niveau dans la cuve de stockage. Cette vanne sera t'elle de type :

SIGNAL OUVRE

ou

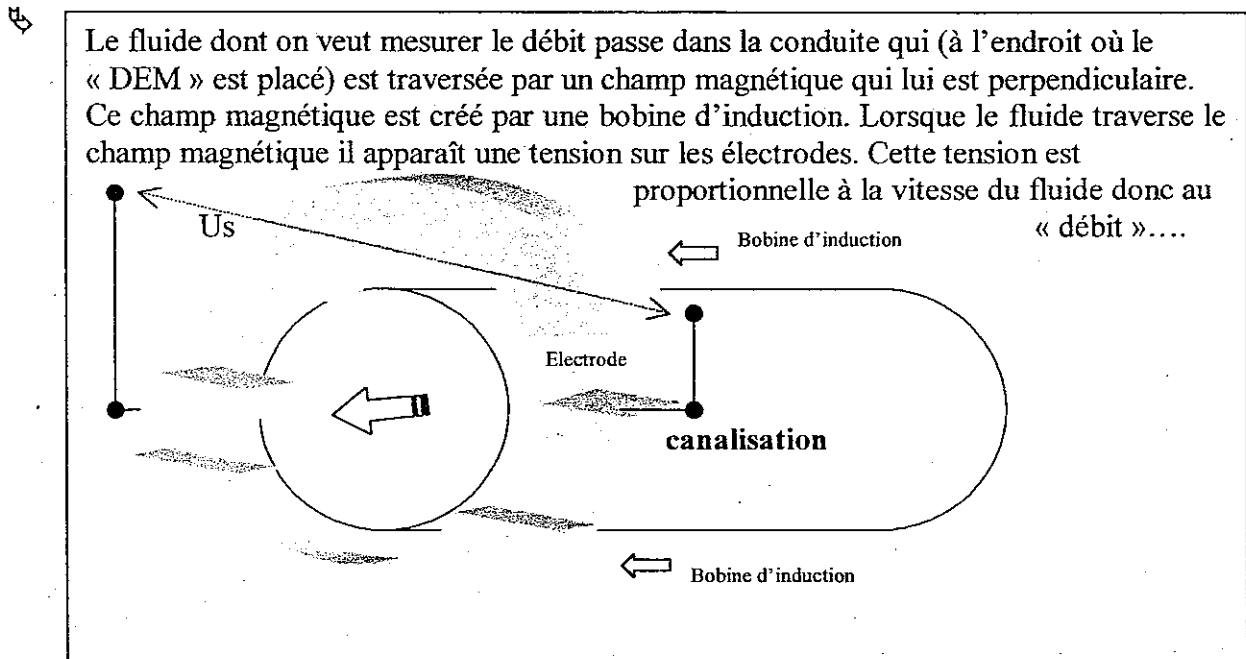
SIGNAL FERME

Justifiez votre réponse :

Par sécurité en cas de coupure d'air La vanne doit se fermer pour éviter tout débordement dans la cuve de stockage.

4°) Mesure et régulation de débit

4.1. Le transmetteur « FT 100 » est un Débitmètre Electromagnétique. Expliquez ci dessous son principe de fonctionnement. Complétez également le schéma ci dessous en plaçant le « D.E.M. » sous une forme simplifié sur la canalisation.



4.2. Citez quatre autres instruments qui permettraient de mesurer également le débit du sirop dans la canalisation.

L'organe déprimogène (diaphragme, tuyère ou venturi)

Le débitmètre à ailette

Le débitmètre à flotteur

Le débitmètre à effet vortex (il existe aussi l'ultrason ...)

4.3. Quels sont les avantages du « D.E.M. » sur les quatre autres cités précédemment.

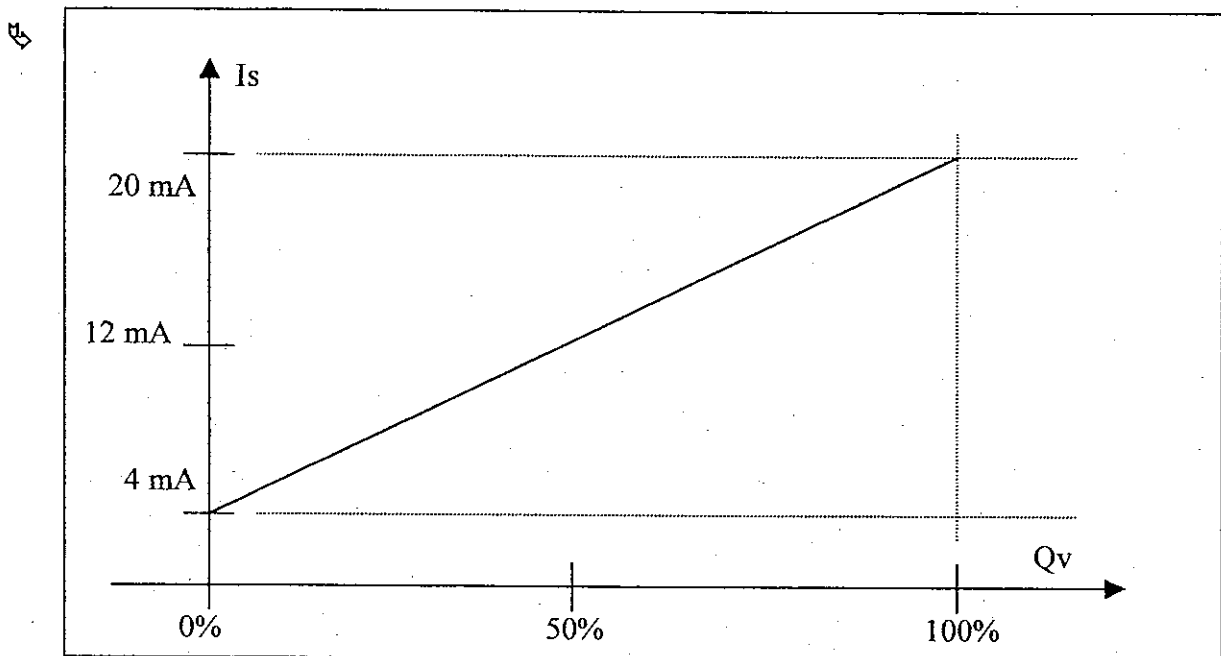
- a un signal de sortie linéaire (contrairement aux organes déprimogènes)
- permet une utilisation avec des fluides avec des particules en suspension sans risquer de boucher la canalisation.
- Précision intéressante

Donnez ici un inconvénient : prix très élevé !!!

4.4. En étudiant le schéma « TI » de la page « 5 », dans la régulation de débit impliquant les instruments « FT 100 » et « FIC 100 », dites ci dessous sur quelle grandeur va agir le régulateur « FIC 100 » et quel sera l'appareil piloté par ce dernier ?

↳ Le régulateur « FIC 100 » va agir sur le pilotage de la vitesse de rotation de la pompe volumétrique P 100. C'est ainsi que le débit va varier dans la canalisation.

4.5. Tracez ci dessous la caractéristique $I_s = f(Q_v)$, I_s étant le signal de sortie du « D.E.M. » et Q_v le débit volumique du sirop dans la canalisation.



4.6. Sachant que le débit maximum dans la canalisation sera « 200 l/h » et que la vitesse du sirop sera de « 0,5 m/s », calculez le diamètre que devra avoir la canalisation .

↳ $Q = S * v$ avec :

- Q débit volumique en m^3 / s
- S section de la canalisation en m^2
- v vitesse en m / s

$S = \pi * D^2 / 4$
 $Q = 0.000055555 m^3 / s$ et $v = 0.5 m / s$

$D = 11.98 mm$ donc sensiblement égal à $12 mm$

4.7. Sachant que le sirop pasteurisé a une densité de « 1,15 », calculez le débit massique de celui ci en tenant compte des informations de la question « 4.6. ».

$Q_m = \rho * Q_v$ et $\rho = 1150 \text{ Kg / m}^3$
 Donc :
 - $Q_v = 200 \text{ l/h} = 0.2 \text{ m}^3 / \text{h} = 0.00005555 \text{ m}^3 / \text{s}$
 - $Q_m = 0.063888 \text{ Kg / s}$

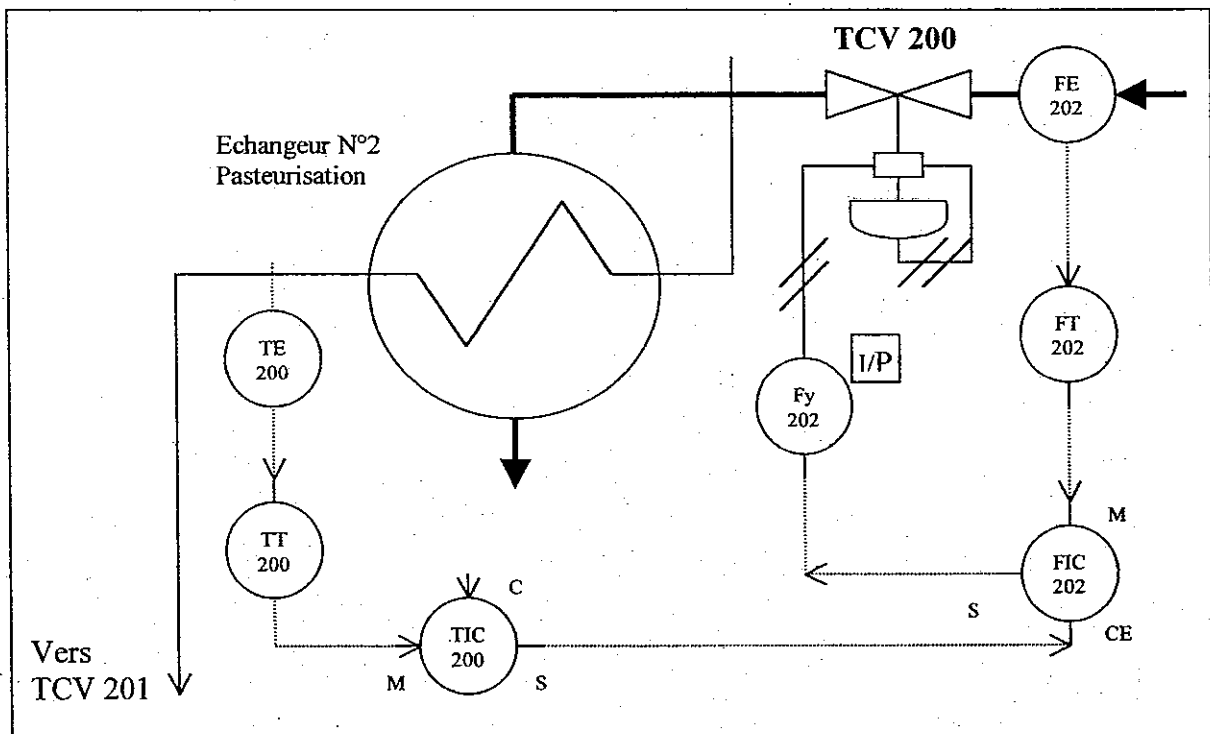
4.8. Nous souhaitons améliorer la régulation de température pour la pasteurisation en sortie de l'échangeur N° 2. En effet, la valeur réglante étant le « débit vapeur » ce dernier n'est pas régulier car il existe des variations de pression qui peuvent avoir une incidence sur la qualité de la pasteurisation (mauvaise montée en température).

Pour perfectionner cette régulation vous devez installer une régulation « cascade » sur la grandeur réglante qui est le « débit vapeur ». Il faudra donc installer une mesure et une régulation de débit sur l'arrivée vapeur.

a) Quel est l'avantage d'une régulation cascade par rapport à une régulation simple ?

Elle apportera une plus grande précision à la régulation et une plus grande rapidité de correction puisqu'elle anticipera les perturbations pouvant intervenir sur la grandeur réglante ou une grandeur intermédiaire.

b) Compléter le « Plan de Circulation des Fluides » ci dessous en faisant apparaître la « boucle cascade ». (Ne pas relier la vanne TCV 201 pour alléger le schéma)



5°) Mesure et régulation de température

5.1. Les sondes de température « TE 101 », « TE 100 », « TE 300 » et « TE 400 » sont de type « PT 100 ». Que signifie le sigle « PT 100 » ?

↳

« PT » signifie que le matériau utilisé est du platine et « 100 » signifie que qu'à 0 °C la résistance de la sonde a une valeur de 100 Ω

5.2. Expliquez brièvement mais clairement le principe physique utilisé par une telle sonde de température. (donnez également la relation mathématique qui en découle)

↳

La résistance de la sonde va varier proportionnellement à variation de température

5.3. Sachant que la température en sortie de l'échangeur N° 1 est de « 45 °C », calculez la valeur de la résistance de la sonde « TE 100 ». (coefficient de température du platine = 0,00385)

↳

$$R \text{ à } 45 \text{ °C} = 100 * (1 + 0.00385 * 45) = 117.325 \Omega$$

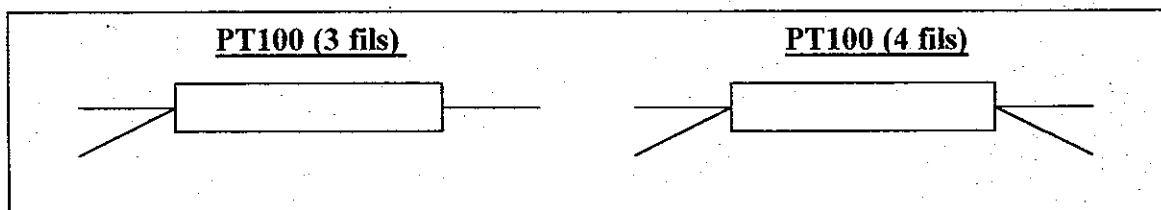
5.4. Même question pour la température (voir valeur sur le schéma TI en page N° 5) en sortie de l'échangeur N° 3.

↳

$$T = 18 \text{ °C}$$
$$R \text{ à } 18 \text{ °C} = 100 * (1 + 0.00385 * 18) = 106.93 \Omega$$

5.5. La plupart des sondes sont vendues en « 3 » ou « 4 » fils. Représentez ci dessous le placement de ces fils sur la sonde dans les 2 cas en complétant chacun des schémas.

↳



5.6. La sonde « TE 400 » est placée en sortie d'échangeur et est relié à un transmetteur que nous décidons de placer en salle de contrôle. Cette liaison entre le capteur et le transmetteur s'effectue avec « trois » fils.

Expliquez ci dessous les avantages de ce montage « 3 fils » par rapport à un simple montage 2 fils.

Evite les erreurs qui pourraient être dues à une longueur de fils importante entre capteur et transmetteur ou à une variation importante de la température ambiante

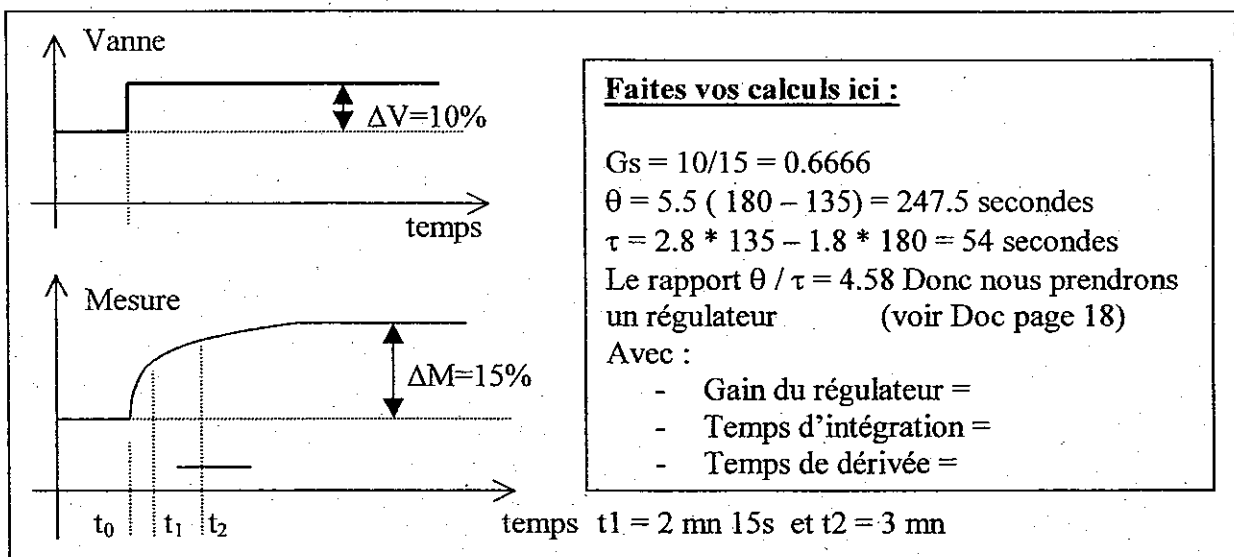
5.7. Sur la boucle de régulation de température de l'échangeur N° 4 nous souhaitons afficher les actions de réglage du régulateur « TIC 400 » de type PID Série. Pour ceci nous devons d'abord procéder à une identification du processus en « boucle ouverte ».

a) Quelle est le rôle de l'identification d'un processus ?

Son rôle est en quelque sorte de donner la « carte d'identité du processus étudié. Elle permet de trouver trois paramètres :

- le temps mort (τ)
- le gain statique (G_s)
- la constante de temps du processus (θ)

c) Cette identification étant faite par un technicien du service maintenance, les résultats sont donnés ci dessous. En vous aidant du document en page « 18 » sur la méthode de « BROÏDA » calculez les paramètres du processus G_s (gain statique), θ (constante de temps), τ (temps morts) puis après avoir choisi le type de correcteur (P, PI ou PID) calculez les actions de réglages de celui ci .



6°) Etude de la vanne « TCV 201 »

6.1. Quel est ce type de vanne ?

C'est une vanne « 3 voies »

6.2. Le régulateur « TIC 200 » pilote également une autre vanne .

Laquelle ?

La vanne TCV 200

Expliquez ci dessous le rôle de chacune des deux vannes dans ce procédé.

- la vanne TCV 201 permet au procédé de renvoyer le produit qui n'est pas assez chaud en sortie de pasteurisation directement dans la cuve de stockage de départ après avoir été refroidi. En effet ce produit pas assez chaud ne peut pas rentrer en chambrage.

- dans le même temps lorsque le régulateur TIC 200 envoie un signal à la vanne TCV 201 pour évacuer, le même signal est envoyé à la vanne TCV 200 pour augmenter l'arrivée vapeur donc la chauffe jusqu'à ce que la température soit correcte.

6.3. Qu'appelle t'on coefficient de débit pour une vanne de régulation ?

C'est le volume d'eau à 15°C que traverse une vanne sous une perte de charge de 1 PSI pendant une minute.

Sachant que le débit dans la canalisation est de 200 l/h, que la ΔP est constante à 2 bar, que la masse volumique (ρ) est de 1050 Kg/m³ calculez ci dessous le coefficient de débit de la vanne (c_v). :

$$\Rightarrow Q = 0.86 * c_v * \frac{\sqrt{\Delta P}}{\sqrt{d}}$$

Q en m³/h ; ΔP en bar ; d (densité).

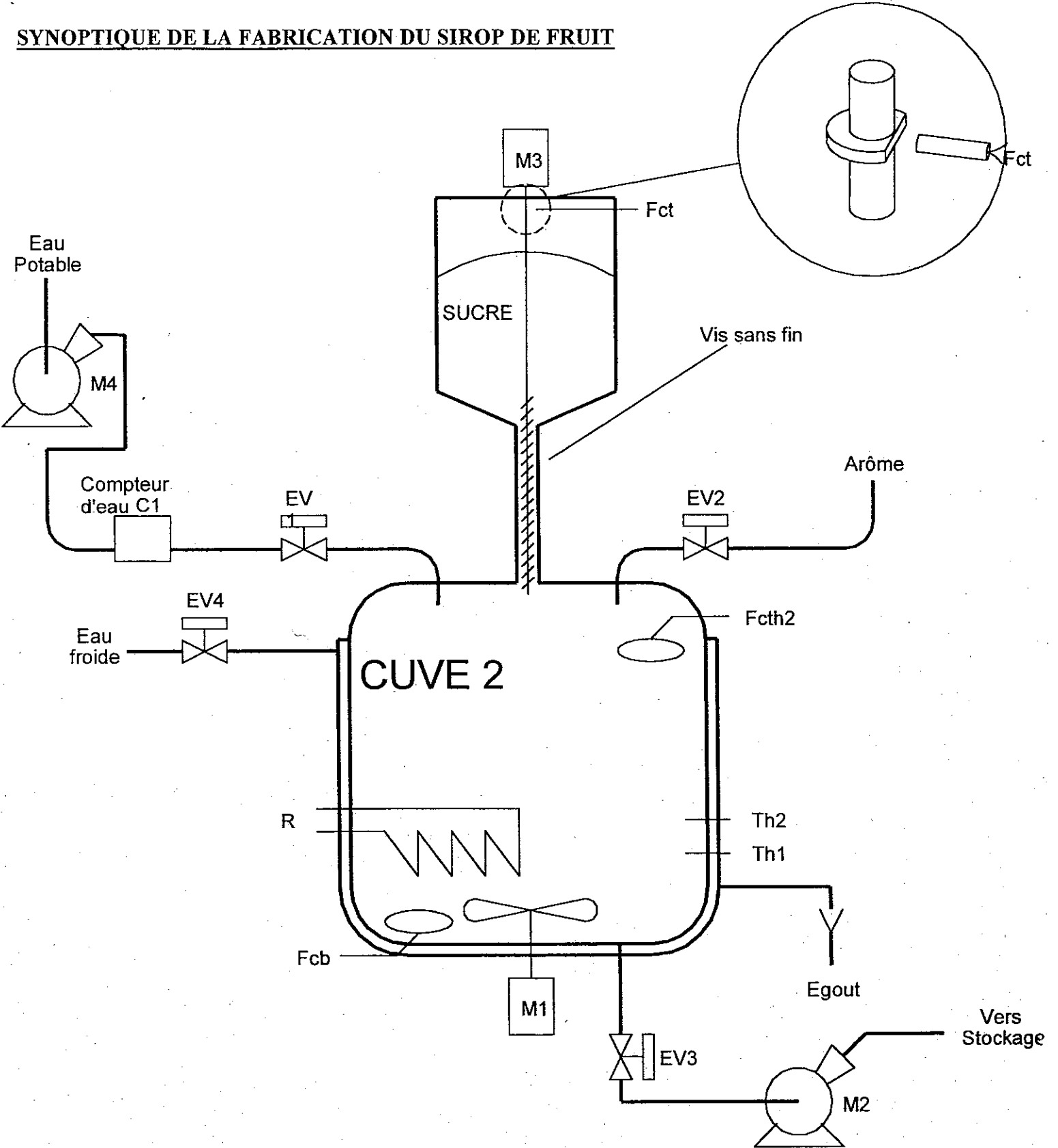
$$Q = 0,2 \text{ m}^3/\text{h} \quad d = 1,05 \quad \Delta P = 2 \text{ b}$$

$$c_v = Q * \sqrt{d} / \sqrt{\Delta P} = 0.2 * 1.0246 / 1.414$$

$$c_v = 0.14$$

Epreuve EP1.2 : TECHNOLOGIE APPLIQUEE, ELECTROTECHNIQUE

SYNOPTIQUE DE LA FABRICATION DU SIROP DE FRUIT



1°) Description de l'installation

Les moteurs M1 M2 M3 sont commandés par un automate TSX17. L'arrivée d'eau potable est réalisée par une pompe, entraînée par un moteur M4. La tension du réseau est $3 \times 400 \text{ V} + \text{N} + \text{T}$. Un transformateur permet l'alimentation de la partie commande.

Cahier des charges :

- Un bouton tournant S0 permet d'allumer une lampe H0 dans l'armoire électrique.
- Un voyant H1 signale la présence de tension.
- Un arrêt d'urgence AU permet de mettre hors tension l'installation.
- Un bouton poussoir S1 permet l'arrêt du moteur M4.
- Un bouton poussoir S2 permet la mise en marche du moteur M4.
- Un voyant H2 signale l'alimentation du moteur M4.
- En cas de défaut thermique sur un des 4 moteurs, un voyant H3 s'allume.

1°) Etude des schémas de puissance et de commande de l'installation:

1.1. Complétez le schéma de puissance. Sur ce moteur, les protections électriques sont assurées par un disjoncteur magnétothermique. (Folio 1 page 17)
Le démarrage du moteur M4 est direct. /6 points

1.2. D'après le cahier des charges établi ci-dessus, complétez les 5 parties encadrées (1,2,3,4,5) sur le schéma de commande. (Folio 2 page 18) /10 points

1.3. Complétez les renvois de contact des contacteurs (partie encadrée 6), sur le schéma de commande. (Folio 2 page 18) /2 points

1.4. Donnez le rôle du transformateur T1 400V / 24V, et justifiez l'emploi du 24V dans le circuit de commande. (Folio 1 page 17)

Le transformateur permet d'abaisser la tension 400 Vac en 24Vac pour alimenter le circuit de commande.

La tension 24Vac est nécessaire dans le circuit de commande pour des raisons de sécurité.

/4 points

1.5. Quelles protections électriques assurent un disjoncteur magnétothermique ?

- protection contre les surcharges
- protection contre les courts-circuits

/4 points

Quelle est la fonction réalisée par l'ensemble S2 – KM4 (13-14)? (Folio 2 page 25)

Cet ensemble réalise la fonction auto alimentation, mémoire, auto-maintien.

/3 points

2°) Etude du moteur d'agitation M1:

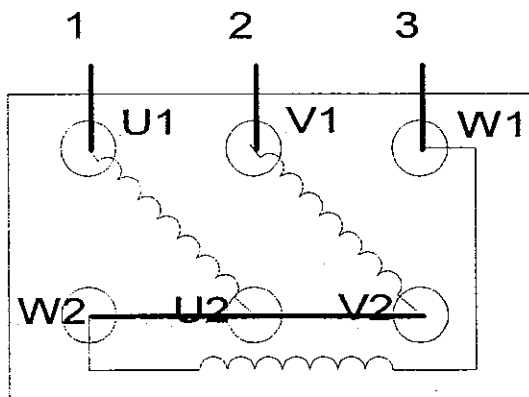
Le moteur M1 est un moteur asynchrone triphasé. Sa plaque signalétique indique les valeurs suivantes : $U = 230 / 400 \text{ V}$; $I = 11,5 / 6,6 \text{ A}$; $P = 3 \text{ KW}$.

2.1. Identifiez et donnez le rôle de l'appareil Q1 . (Folio 1 page 17)

Q1 est un sectionneur porte fusible, de part sa fonction d'interrupteur il permet d'isoler l'installation du secteur triphasé, les fusibles protègent le moteur contre les courts-circuits.

/4 points

2.2. Représentez sur la plaque à bornes ci-dessous, les enroulements du stator et les barrettes permettant le couplage du moteur. Indiquer le couplage utilisé. /7 points



Couplage utilisé : Etoile

2.3. Sachant la valeur du facteur de puissance : $\cos \varphi = 0.7$, on vous demande de calculer :

- La puissance absorbée par le moteur

$$P_A = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$P_A = 400 \cdot 6,6 \cdot 0,7$$

$$P_A = 3200 \text{ W}$$

/4 points

- Le rendement du moteur

$$\eta = P_U / P_A$$

$$\eta = 3000 / 3200$$

$$\eta = 0.937$$

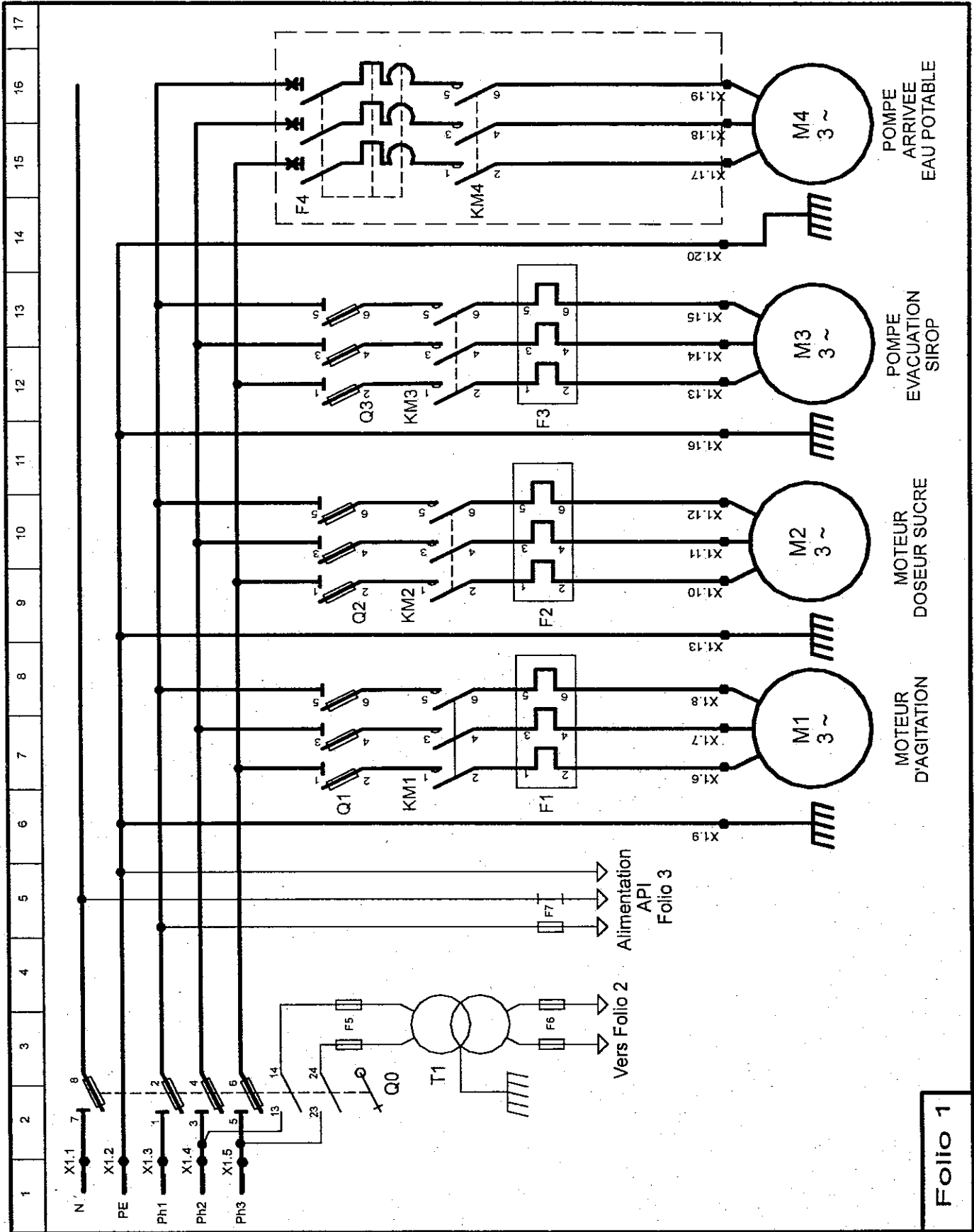
$$\eta = 93,7 \%$$

/4 points

FORMULAIRE :

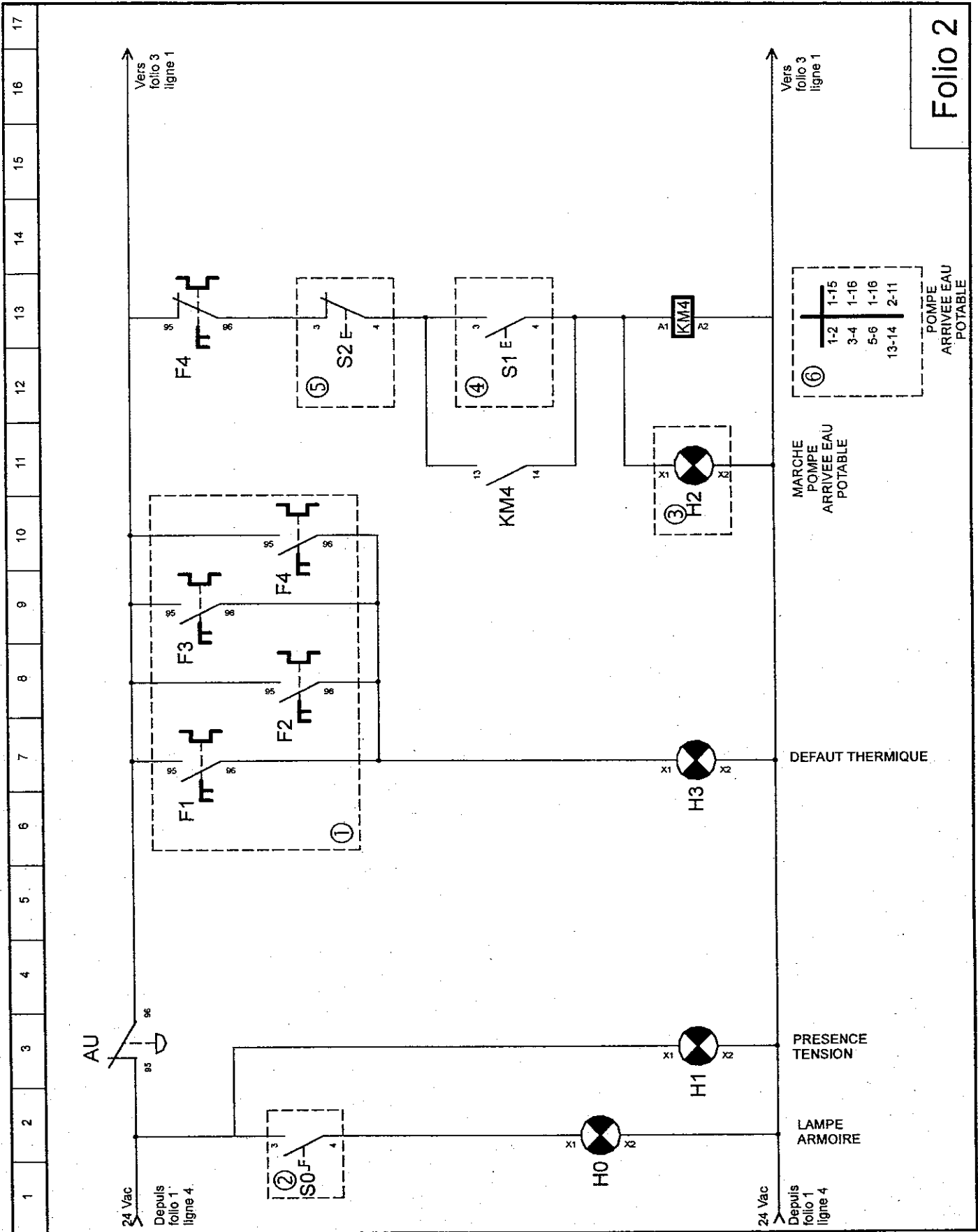
Puissance en continu : $P = U \times I$
 Puissance en monophasé : $P = U \times I \times \cos \varphi$
 Puissance en triphasé : $P = U \times I \times \sqrt{3} \times \cos \varphi$
 Puissance mécanique : $P = T \times \Omega$
 Rendement : $\eta = P_u / P_a$
 Loi d'ohm : $U = R \times I$; $U = Z \times I$

Schéma de puissance :

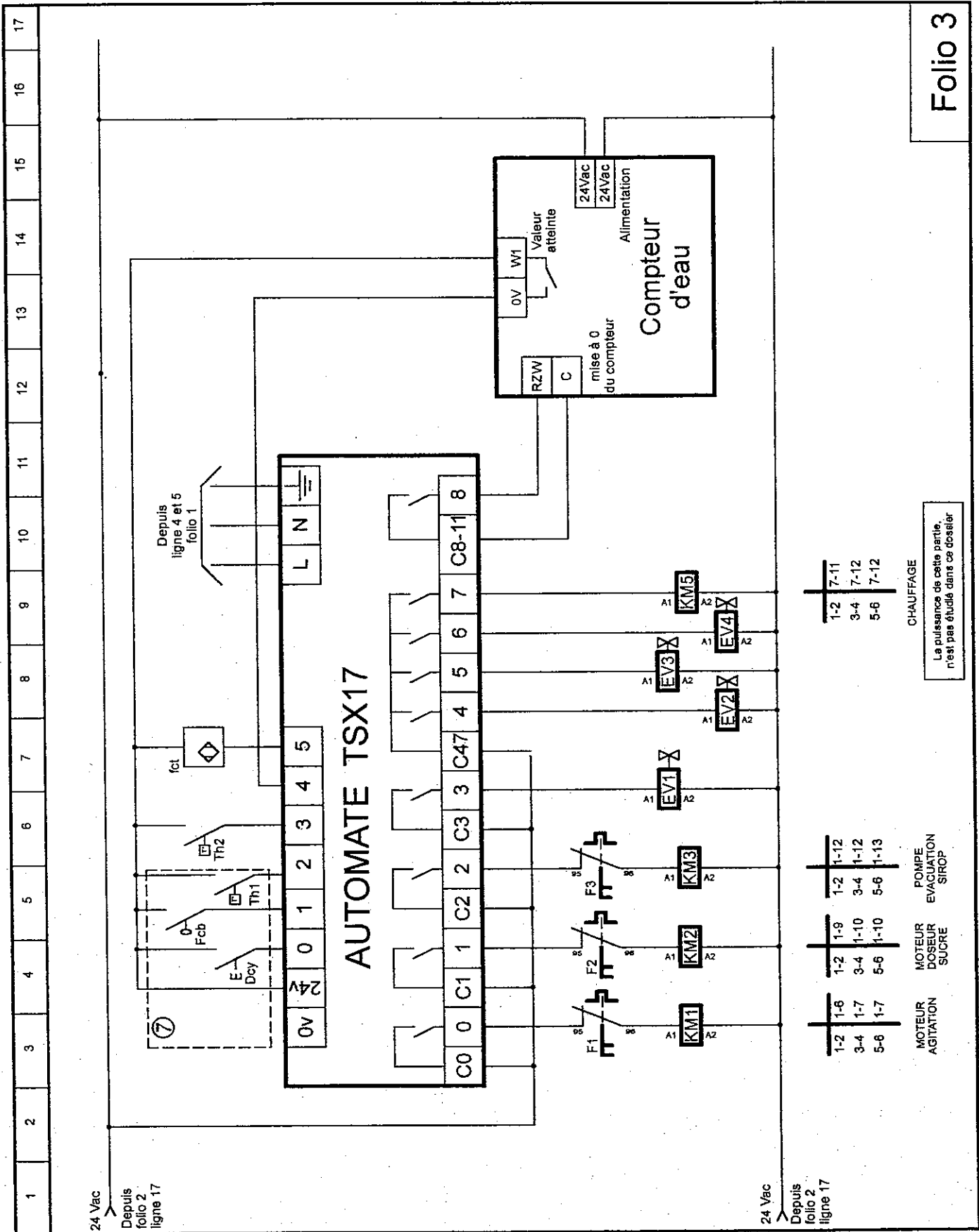


Folio 1

1^{er} schéma de commande :



Folio 2



Epreuve EP1.3 : AUTOMATISME

Préambule : *Votre étude portera sur l'automatisation de la fabrication du sirop de fruit non pasteurisé. Nous utiliserons le même schéma descriptif de fonctionnement que l'épreuve EP1.2. (ce schéma se trouve à la page N°20)*

1°) Affectations et rôle des capteurs, des actionneurs (Entrées/Sorties), des compteurs et des temporisations

	<u>Affectation</u>	Repère Schéma	Rôle de l'appareillage	
<u>Entrées</u>	<u>I0,0</u>	<u>Dcy</u>	Bouton poussoir NO départ cycle	
	<u>I0,1</u>	<u>Fcb</u>	Niveau bas cuve 2 (est à 1 lorsque la cuve est vide)	
	<u>I0,2</u>	<u>Th1</u>	Température haut (est à 1 lorsque la température est supérieur à 60°C)	
	<u>I0,3</u>	<u>Th2</u>	Température basse (est à 1 lorsque la température est inférieur à 25°C)	
	<u>I0,4</u>	<u>W1</u>	Compteur d'eau est à l'état 1 lorsque plus de 1500 litres sont passés (peut être remis à zéro par C10)	
	<u>I0,5</u>	<u>Fct</u>	Capteur permettant le comptage des tours sur le dosage sucre (est à 1 lorsque le doseur est en position initial)	
<u>Sorties</u>	<u>O0,0</u>	<u>M1</u>	Moteur d'agitation	
	<u>O0,1</u>	<u>M2</u>	Pompe d'évacuation du sirop de fruit non pasteurisé vers cuve de stockage	
	<u>O0,2</u>	<u>M3</u>	Moteur du doseur de sucre	
	<u>O0,3</u>	<u>EV1</u>	Electrovanne d'arrivée d'eau potable	
	<u>O0,4</u>	<u>EV2</u>	Electrovanne d'arrivée d'arôme de fruit	
	<u>O0,5</u>	<u>EV3</u>	Electrovanne d'évacuation du sirop de fruit non pasteurisé vers la cuve de stockage	
	<u>O0,6</u>	<u>EV4</u>	Electrovanne d'arrivée d'eau de refroidissement	
	<u>O0,7</u>	<u>R</u>	Résistance de chauffage sur la cuve 2	
	<u>O0,8</u>	<u>RZW</u>	Remise à zéro du compteur d'eau	
<u>Temporisation</u>	<u>T01</u>	<u>T1</u>	Temporisation de 1mn	Interne à l'automate
	<u>T02</u>	<u>T2</u>	Temporisation de 30mn	
<u>Compteur</u>	<u>C</u>	<u>C</u>	Compte les tours sur le dosage sucre	

2°) Description du cycle de fonctionnement

➤ **IMPORTANT** : La description ci dessous vous permettra de répondre correctement aux questions qui suivront. Il est donc important que vous lisiez cette description avec beaucoup d'attention...

☞ Au démarrage, le compteur d'eau est remis zéro

☞ Si l'opérateur appuie sur le bouton poussoir de « départ-cycle », et que la cuve est vide, le cycle commence.

☞ Trois actions vont alors se dérouler simultanément :

- La cuve se remplit d'eau potable jusqu'à ce que le volume de 1500 litres soit atteint.
(le capteur W1=1)

Attention : la pompe M4 ne passe pas par l'automate elle est mise en route manuellement et fonctionnera pendant toute la durée du cycle.

- L'arôme de fruit se déverse dans la cuve pendant « 1mn ».

- Le moteur M3 couplé au doseur entraîne ce dernier en rotation sur trois tours et le sucre tombe alors dans la cuve.

☞ Lorsque ces trois opérations sont effectuées, l'agitation et le chauffage commence jusqu'à ce que la température atteigne 60°C. Puis, L'agitation se poursuit et le chauffage également sans que la température du produit ne dépasse « 60° C ». Ceci pendant « 30 mn ».

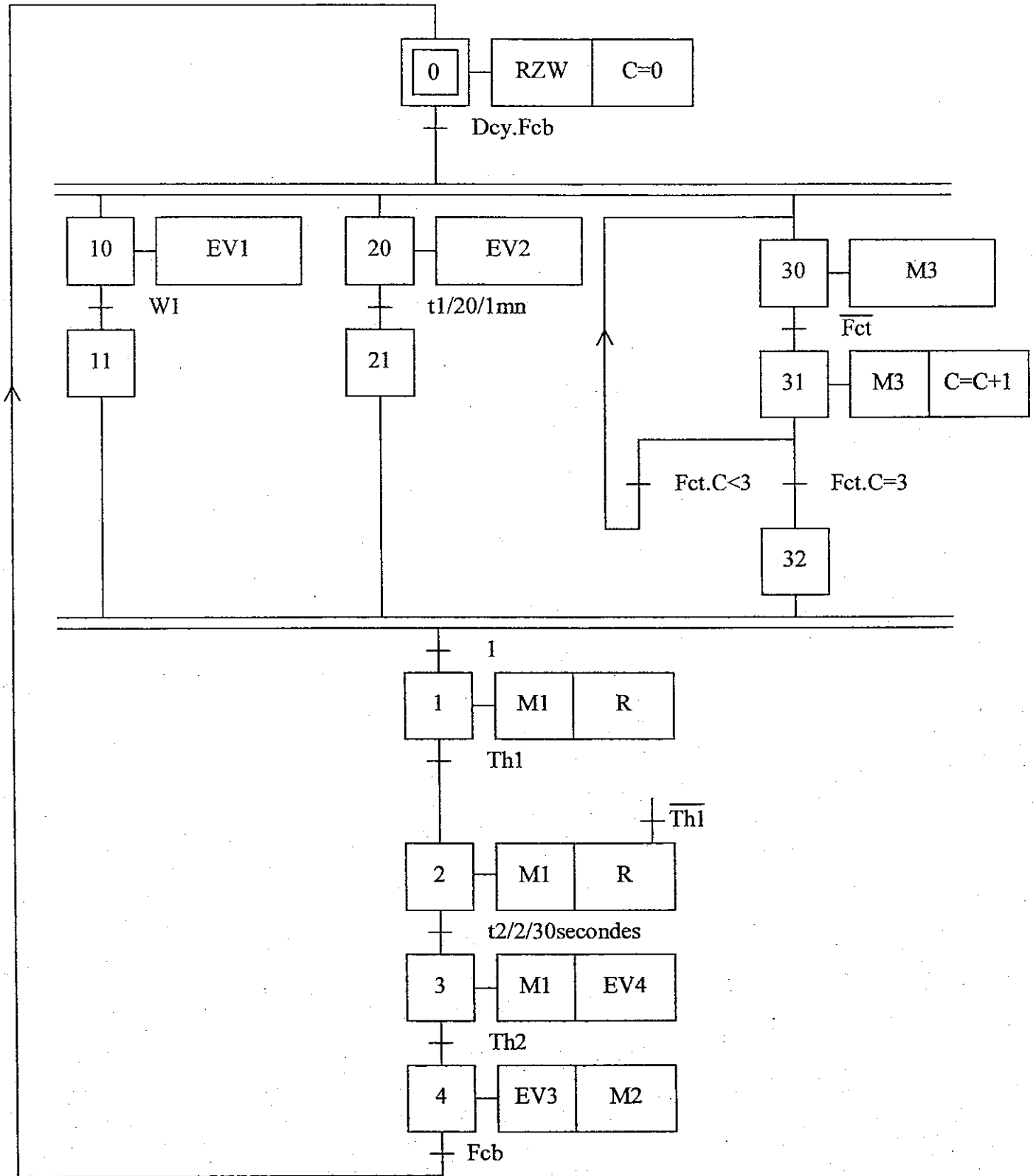
☞ Au terme de ces « 30mn », l'agitateur poursuit sa rotation et le produit est refroidi grâce à une circulation d'eau froide dans la cuve à double enveloppe.

☞ Lorsque la température du produit est inférieure à 25°C, l'électrovanne EV3 et la pompe d'évacuation sont activées et le sirop de fruit non pasteurisé est évacué vers une cuve de stockage en attendant d'être pasteurisé.

☞ La cuve étant vide, un nouveau cycle peut commencer.

3°) Complétez le schéma de commande de la page 26 en insérant dans le cadre N°7 les entrées de l'automate suivantes : Dcy, Fcb, et Th1. (les autres ayant déjà été câblées) [/ 12 points]

IMPORTANT : Après avoir bien étudié les chapitres 1 et 2 nous vous demandons de compléter le GRAFCET de spécifications technologiques ci dessous.



IMPORTANT : Après avoir complété le GRAFCET de la question précédente nous vous demandons de compléter le GRAFCET du point de vue « automate programmable.

