

Brevet de Technicien Supérieur  
**MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

Session 2006

**EPREUVE E5**  
**Automatique et Génie électrique**

**Analyse et conception des solutions possibles  
d'automatisation d'un moyen de production  
(sous-épreuve 5-1)**

Durée: 3heures

Coefficient: 2,5

*Aucun document n'est autorisé*

Ce sujet comporte 4 dossiers:

- Présentation du système.
- Questionnaire.
- Documents réponses.
- Dossier technique.

**Matériel autorisé :** Calculatrice de poche alpha-numérique ou à écran graphique à fonctionnement autonome sans imprimante (Circulaire 99-186 du 16-11-99)

Brevet de Technicien Supérieur  
**MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

Session 2006

**Analyse et conception des solutions possibles  
d'automatisation d'un moyen de production  
(sous-épreuve 5-1)**

# **Présentation**

**Ce dossier contient les documents :**

**PR1 à PR4**

# 1) Activité de l'entreprise

PR1

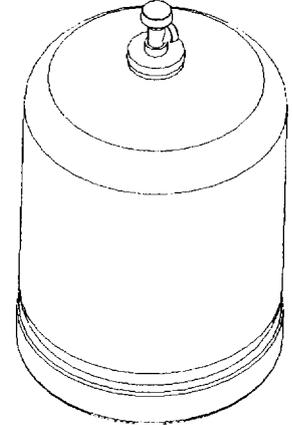
L'activité de l'entreprise SIRAGA est articulée autour de deux pôles :

- Production d'équipements aéroportuaires sur les sites de Parthenay (79) et Chauvigny (86).
- Production d'équipements GPL (Gaz de Pétrole Liquéfié) sur le site de Buzançais (36)

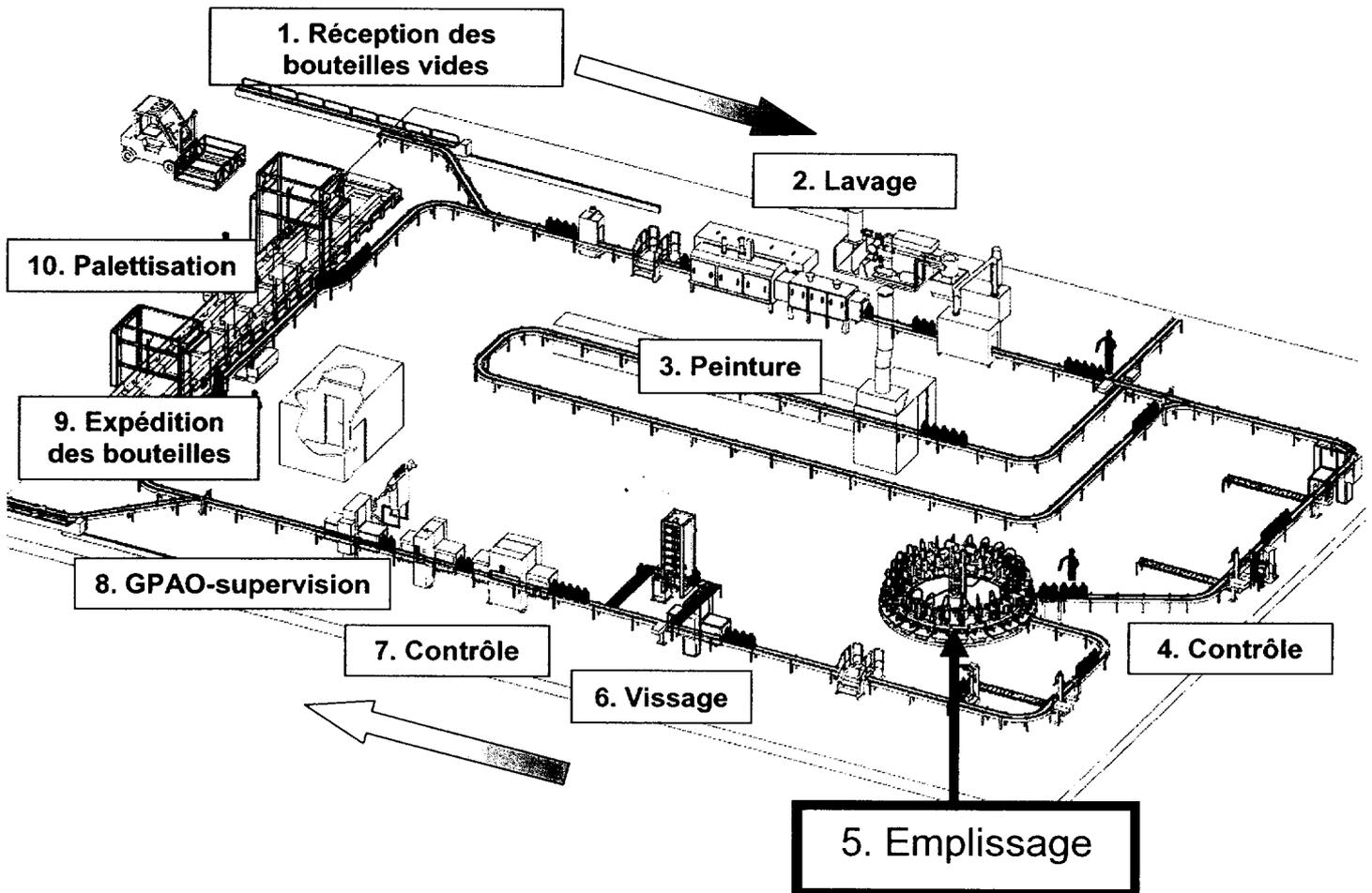
Ce dernier pôle étant lui-même composé de deux activités :

- Conception, production et installation d'une large gamme de machines pour la maintenance des bouteilles de gaz.
- Conception, production et installation d'une large gamme de matériel pour l'emplissage des bouteilles de gaz (butane, propane) et le contrôle du processus. Les lignes d'emplissage évoluent avec des capacités qui varient de **20 à 2000 bouteilles par heure**. Différentes technologies sont disponibles : pneumatique/mécanique ou électronique utilisant un automate ULIS développé par l'entreprise.

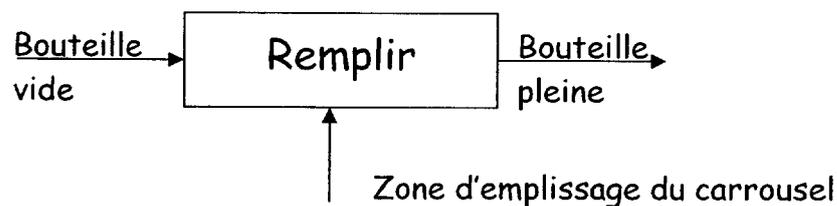
L'image ci-dessous donne l'exemple d'une ligne d'emplissage.



## Exemple d'une usine d'emplissage de bouteille de gaz.

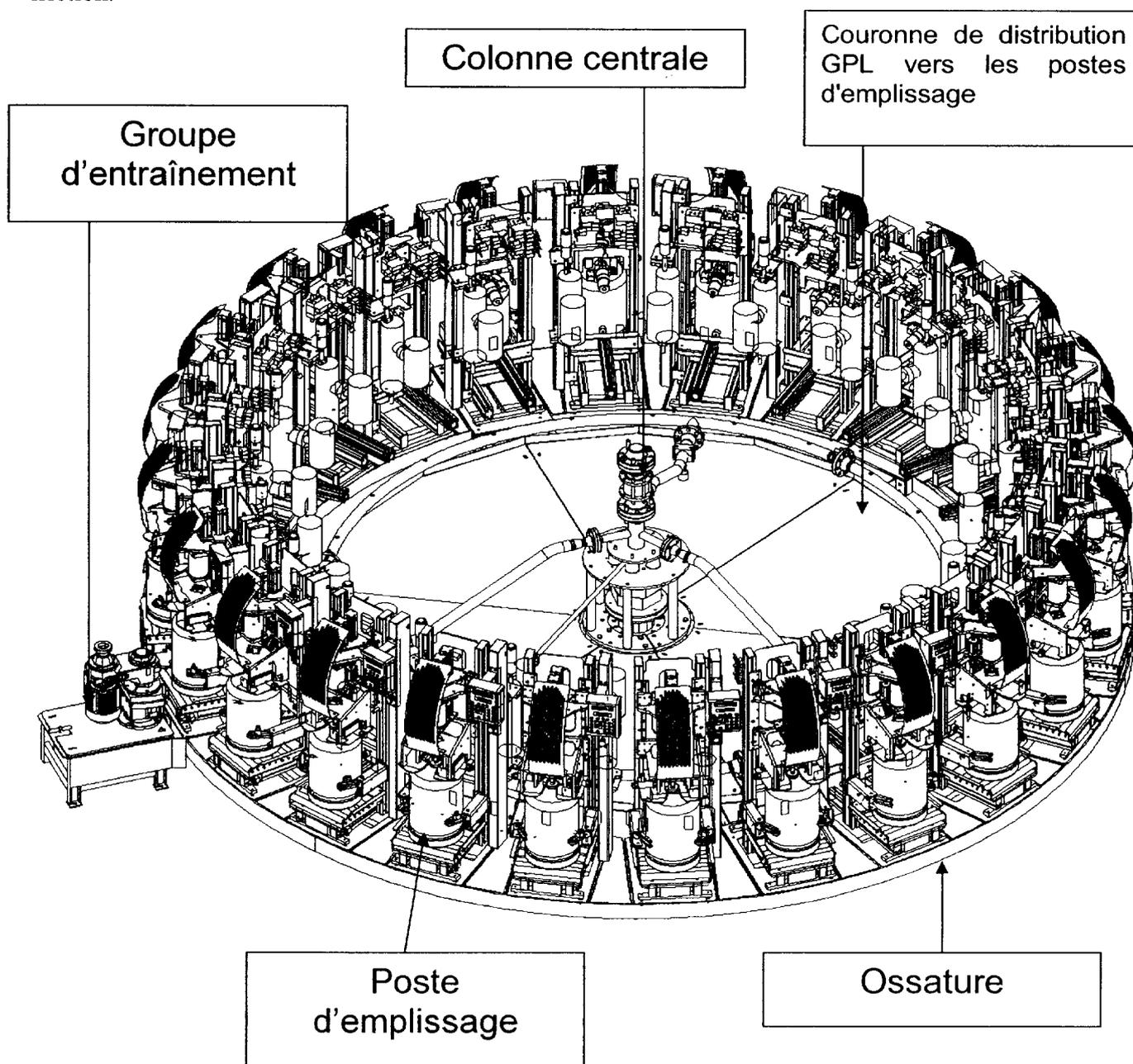


Pour la suite de notre sujet, nous nous intéresserons à la **zone d'emplissage** de bouteilles de gaz butane destinées à un client français par utilisation d'un carrousel électronique.



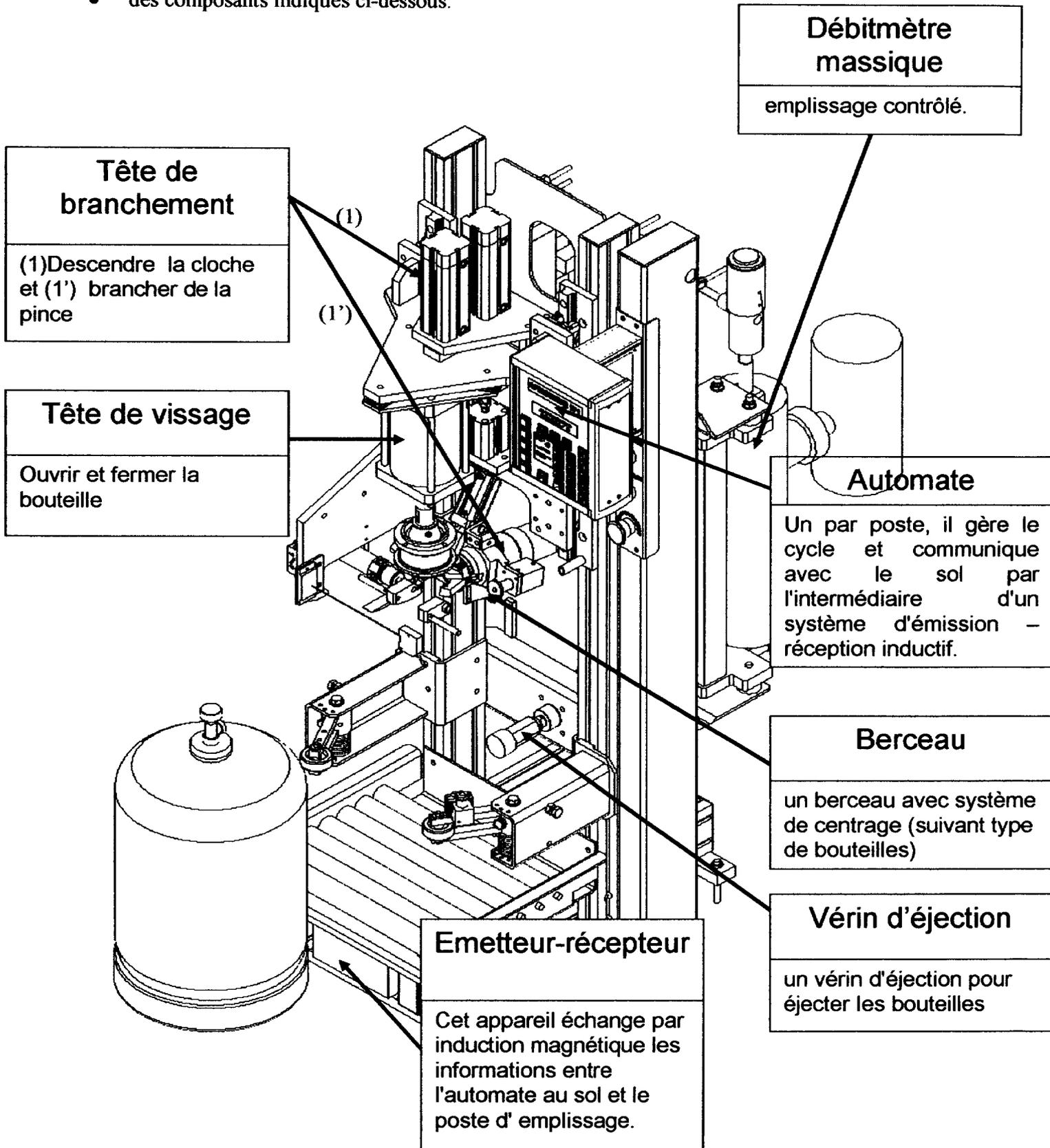
## 3) Constitution d'un carrousel d'emplissage électronique

Un carrousel d'emplissage électronique SIRAGA est composé de postes d'emplissage électroniques disposés sur une structure mécano-soudée qui permet l'implantation de 10 à 36 postes (suivant version). L'ensemble est entraîné en rotation par un ensemble moteur-variateur-réducteur avec une roue de friction.



Chaque poste se compose de :

- un ensemble de composants électro-pneumatiques de puissance
- une vanne pneumatique de coupure GPL avec système double débit. Ce dispositif permet d'effectuer un emplissage à deux vitesses assurant ainsi une grande précision.
- des composants indiqués ci-dessous.



## Autres dispositifs

### **-un tabulateur**

Disposé en amont, ce dernier permet à un opérateur de saisir l'indication de poids inscrite sur les bouteilles. Le clavier, personnalisable peut posséder une touche par poids prédéfini. Les informations saisies sont communiquées aux postes d'emplissage par induction magnétique.

### **-un dispositif d'introduction**

Disposé de manière tangentielle ou perpendiculaire au carrousel, ce dispositif à fonctionnement pneumatique assure l'introduction des bouteilles sur les postes d'emplissage.

### **-une ou plusieurs bascules de contrôle (suivant cadence)**

En entrée du carrousel qui permet, par comparaison avec le poids tabulé, de quantifier la masse de gaz manquante dans la bouteille.

### **-une ou plusieurs bascules de contrôle (suivant cadence)**

En sortie du carrousel qui permet la vérification et la correction de la qualité de remplissage.

### **-un ordinateur de contrôle (GPAO)**

Il est relié par fibre optique au réseau sol. Il reçoit les informations des différents postes d'emplissage et du tabulateur puis calcule et affiche en temps réel les données de production:

- Le nombre de bouteilles remplies.
- Le poids de gaz restant dans les bouteilles avant remplissage.
- Le total de gaz conditionné.
- Le nombre de bouteilles éjectées.
- La précision de remplissage du carrousel (sous forme d'histogramme).
- Pour chaque poste, sa précision de remplissage.
- Une traçabilité journalière de l'ensemble des bouteilles remplies.

Ces informations sont donc transmises à l'ordinateur de contrôle placé hors zone dangereuse mais celui ci n'a pas d'incidence sur le fonctionnement de l'ensemble Emplissage et Contrôle de poids.

Brevet de Technicien Supérieur  
**MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

Session 2006

**Analyse et conception des solutions possibles  
d'automatisation d'un moyen de production  
(sous-épreuve 5-1)**

**Questionnaire**

**Ce dossier contient les documents :**

**Q1 à Q5**

Questions	Barème sur 50	Questions	Barème sur 50
Q1.1	4	Q3.2	4
Q1.2	2	Q4.1	4
Q2.1	3	Q4.2	5
Q2.2	3	Q5.1	7
Q2.3	8	Q5.2	6
Q3.1	4		

# 1- Etude du fonctionnement d'une bascule du carrousel d'emplissage

Q1

## Hypothèses de départ

le poste d'emplissage est en cours de cycle, les étapes suivantes sont actives X0, X20, X215, X100 et X300

l'opérateur actionne le coup-de-poing « arrêt d'urgence » et après vérification, il le déverrouille.

Q1.1	Barème : 4 points / 50
Documents du dossier technique à consulter: <b>DT1 - DT2 - DT3 - DT4</b>	Répondre sur <b>DR1</b>
Compléter le tableau (action sur l'arrêt d'urgence, puis déverrouillage) en précisant pour chaque grafcet : <ul style="list-style-type: none"><li>✓ la ou les étapes actives</li><li>✓ les actions effectuées</li><li>✓ les évènements permettant d'évoluer</li></ul>	

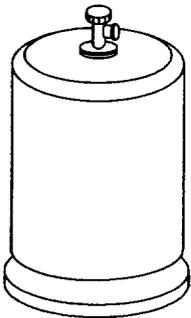
Sur chaque poste d'emplissage est mis en place un capteur de détection de fuite entre la pince et la bouteille à remplir.

Ce capteur de fuite doit avoir le même effet sur le fonctionnement du cycle d'emplissage d'une bouteille que le bouton « Arrêt d'urgence ».

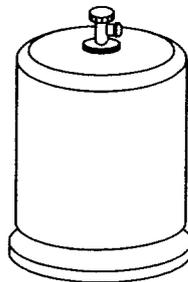
Q1.2	Barème : 2 points / 50
Documents du dossier technique à consulter: <b>DT1 - DT2 - DT3 - DT4</b>	Répondre sur <b>DR1</b>
Modifier le grafcet "ARRET", pour prendre en compte le capteur de fuite (%I0.7)	

## 2- Amélioration de la flexibilité de la ligne d'emplissage

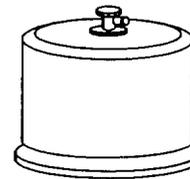
Le service maintenance de l'entreprise est sollicité pour envisager l'emplissage de bouteilles de formats différents



Grand modèle  
15kg maxi



moyen modèle  
12kg maxi



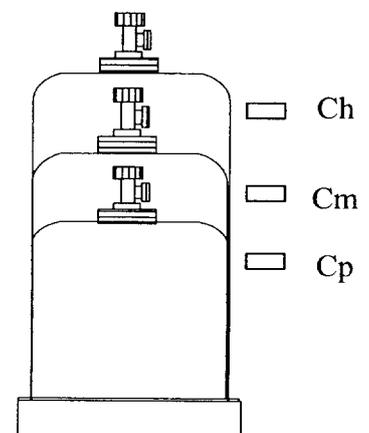
petit modèle  
8kg maxi

Ceci va entraîner un certain nombre de modifications:

### § - Sur la partie opérative avec la mise en place.

de 3 capteurs photo-électriques de proximité: Ch, Cm et Cp, permettant la détection du format de la bouteille, respectivement aux adresses %I 1.9, %I 1.10 et %I 1.11

de la mise en place de 2 vérins double effet à courses inégales montés en tandem pour positionner la tête de branchement en fonction du format. Ils sont commandés par des distributeurs 5/2 monostables aux adresses %Q4.7 et %Q4.8 et des capteurs de fin de course aux adresses %I1.12 et %I1.13



Q2.1 Barème : 3 points / 50

Répondre sur **DR2**

Compléter le schéma des vérins montés en tandem pour les formats grande et petite bouteille

**Amélioration de la sûreté de fonctionnement**

La perte de l'énergie pneumatique, suite à un dysfonctionnement ou à un arrêt de l'alimentation, ne doit pas provoquer la **descente** de la tête de branchement. Pour cela on doit mettre en place des bloqueurs sur les vérins montés en tandem.

Q2.2 Barème : 3 points / 50

Répondre sur **DR2**

Compléter le schéma pneumatique partiel pour assurer l'immobilisation de la tête de branchement en cas de perte de l'énergie.

**§ - Sur le cycle de fonctionnement :**

En modifiant le grafcet "CONNECT" pour positionner la tête de branchement en fonction du format.

Le tableau ci-dessous indique les différentes situations et affectations :

Format	Entrées format		Sorties Distributeurs		Entrées	
	Capteur	Adressage	Intitulé	Adressage	Intitulé	Adressage
Grande bouteille	Ch	I1.9	Sortir vérin petite course	Q4.8	Vérin petite course sorti	I1.12
Moyenne	Cm	I1.10	Sortir vérin grande course	Q4.7	Vérin grande course sorti	I1.13
Petite bouteille	Cp	I1.11	Sortir vérin petite et grande course	Q4.7 et Q4.8	Vérin petite course et vérin grande course sortis	I1.12 et I1.13

Q2.3 Barème : 8 points / 50

Répondre sur **DR3**

Compléter le grafcet « CONNECT » partiel prenant en compte des différents formats de bouteilles en fonction des capteurs Cp, Cm et Ch et des intitulés, en tenant compte des conditions suivantes:

- ✓ Positionnement de la tête de branchement en début de cycle
- ✓ Maintien de la position de la cloche pendant l'emplissage de la bouteille
- ✓ Retour en position haute en fin de cycle

### 3 - Etude des défaillances des capteurs, amélioration de la maintenabilité :

Q3

Les informations erronées peuvent être la conséquence de la défaillance des capteurs Cp, Cm et Ch.

Le comportement de l'automatisme en présence d'une défaillance de détecteur de format de bouteille n'est pas jugé satisfaisant.

Afin d'affiner le diagnostic sur les défaillances des détecteurs Cp, Cm et Ch, on décide de prendre en compte les informations introduites en amont par l'opérateur au poste de tabulation, et principalement le poids brut de la bouteille à traiter.

- ⊕ le poids brut petite bouteille → pbp
- ⊕ le poids brut moyenne bouteille → pbm
- ⊕ le poids brut grande bouteille → pbg

Q3.1	Barème : 4 points / 50
Répondre sur <b>DR4</b>	
<i>L'hypothèse prise est qu'un seul capteur peut être défaillant à la fois, on étudie le cas de Ch.</i> Compléter le tableau mettant en évidence les situations possibles : <ul style="list-style-type: none"><li>✓ fonctionnement normal</li><li>✓ le capteur <b>Ch</b> est défectueux</li><li>✓ la situation est notée "impossible", plusieurs capteurs devraient être défaillants en même temps.</li></ul>	

Q3.2	Barème : 4 points / 50
Répondre sur <b>DR4</b>	
Pour le capteur Ch représenter, sous la forme d'un logigramme, l'équation permettant de mettre en évidence le défaut de ce capteur. Donner l'équation " <b>Défaut Ch</b> ".	

### 4- Surveillance du bon fonctionnement de l'emplissage d'un poste d'emplissage

#### 4-1 Surveillance du temps de cycle.

La durée du cycle d'emplissage (transmission, branchement et emplissage) ne doit pas excéder un temps limite correspondant au 2/3 de tour du carrousel quelque soit le type de bouteille.

On effectue une surveillance du temps du cycle qui, dans le cas d'un dépassement, provoquera l'arrêt du cycle et le signallement par une balise lumineuse.

L'opérateur relancera le fonctionnement par un bouton poussoir "acquit".

Le format de la bouteille est mémorisé par l'intermédiaire de trois bits:

- ⊕ b1 pour une grande bouteille
- ⊕ b2 pour une bouteille moyenne
- ⊕ b3 pour une petite bouteille

Les temps limites d'emplissage des différents formats ont été définis comme suit:

- ⊕ t1 pour une grande bouteille
- ⊕ t2 pour une bouteille moyenne
- ⊕ t3 pour une petite bouteille

Q4.1	Barème : 4 points / 50
Répondre sur <b>DR5</b>	
Compléter le grafctet de surveillance du temps de cycle de la bascule pour tous les modèles de bouteilles	

## 4-2 Gestion des défaillances.

Q4

Au poste de contrôle, en aval du carrousel, un certain nombre de bouteilles ont un poids non conforme, ce qui indique un défaut d'emplissage. Afin de définir si le défaut est du à la tête de connexion du poste d'emplissage, on propose, par l'intermédiaire du capteur de détection de fuites, de compter les défaillances successives.

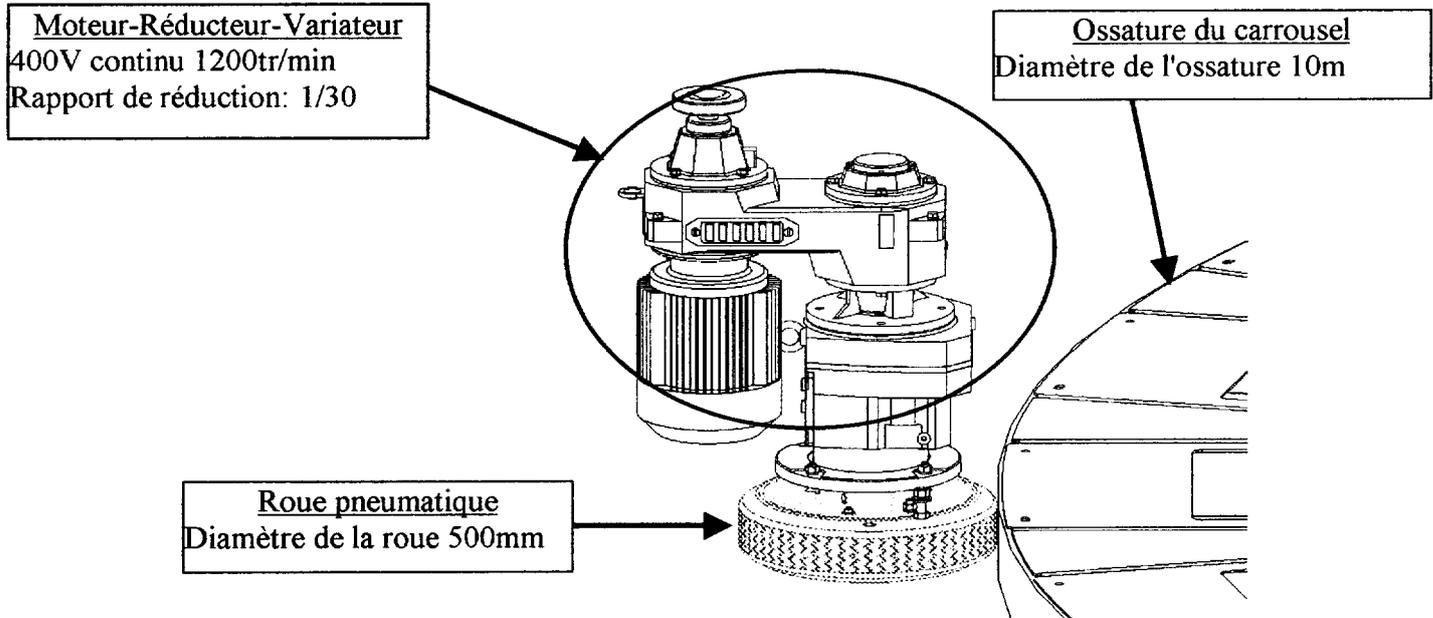
**Le nombre de défaillances consécutives a partir duquel l'intervention est décidée a été fixé à 3.**

Q4.2	Barème : 5 points / 50
Documents du dossier technique à consulter: <b>DT1 - DT2</b>	Répondre sur <b>DR5</b>
Compléter le grafcet de comptage de 3 fuites <b>consécutives au poste d'emplissage</b> en fonction du capteur détection fuite (%I17) et des grafcet "SYNCHRO".	

## 5- détermination des paramètres nécessaires à la gestion des informations par l'automate

### 5-1 paramètres destinés à la maintenance.

Un moto réducteur variateur entraîne en rotation l'ossature du carrousel par friction d'une roue pneumatique (document technique **DT5**)



La consigne de vitesse est transmise au variateur par l'intermédiaire d'une sortie analogique de l'automate. Cette consigne analogique (0-10V) est envoyé au variateur afin d'adapter la fréquence de rotation du carrousel en fonction du format de bouteille traité. Elle est fonction d'un mot de 16 bits W101 qui varie de 0 à 1000.

Quelque soit le type de bouteille, l'emplissage doit toujours s'effectuer sur les 2/3 de tour du carrousel.

**Le temps d'emplissage de la bouteille est proportionnel à son poids.**

Q5.1	Barème : 7 points / 50
Répondre sur <b>DR6 et feuille de copie</b>	
Q5.1.1. Compléter le tableau correspondant aux différents modèles de bouteilles et justifier les calculs.	
Q5.1.2. A partir des abaques, définir les différentes valeurs de la consigne numérique W101 qui permettront d'adapter la fréquence de rotation en fonction du modèle de bouteille.	

**5-2 gestion des pièces de rechange..**

La transmission des données entre le poste en amont (poste de tabulation) et la bascule sur le carrousel s'effectue par l'intermédiaire d'émetteur/récepteur inductif (document technique **DT 6**).

Le service maintenance souhaite déterminer le capteur le mieux adapté à cette utilisation dans le catalogue de son fournisseur habituel.

Les données à transmettre: poids de tare de la bouteille, poids initial de la bouteille, etc... , sont contenues dans un programme de 8 Octets

La vitesse de transmission s'effectue à une vitesse de 2 bits/ms

On estime que la vitesse de défilement est de 1m/s.

Q5.2	Barème : 6 points / 50
------	------------------------

Documents du dossier technique à consulter: <b>DT6</b>	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
--	--------------------------------------

Donner les critères de choix du capteur pour l'application.

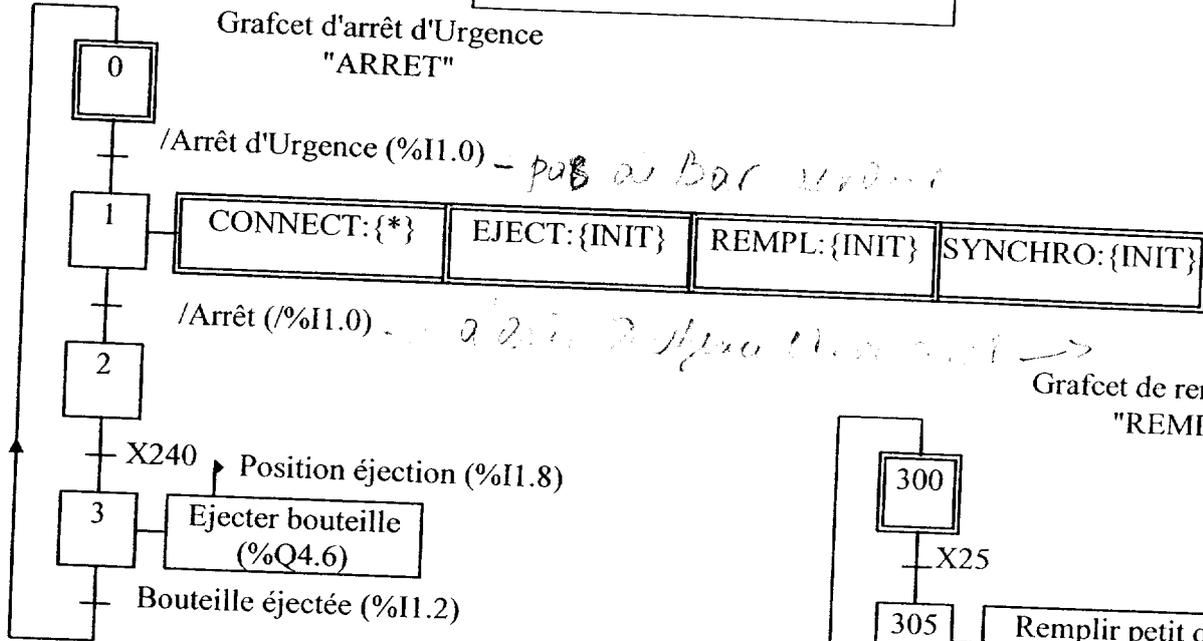
Donner la référence du capteur le mieux adapté..

**Analyse et conception des solutions possibles  
d'automatisation d'un moyen de production  
(sous-épreuve 5-1)**

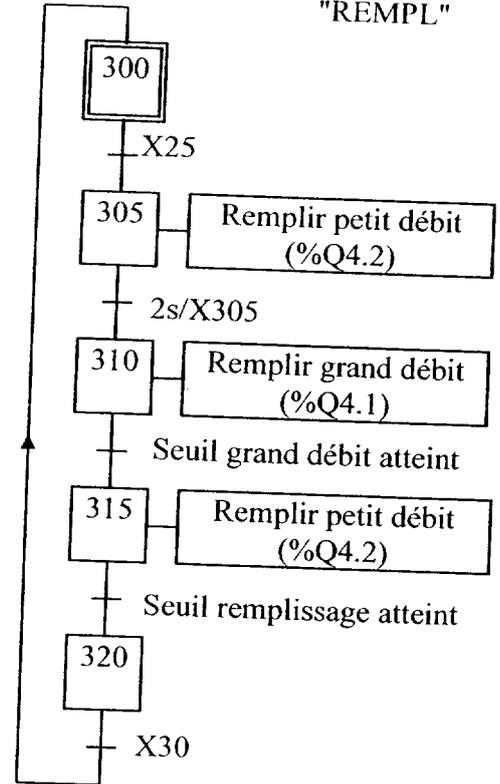
# **Dossier technique**

**Ce dossier contient les documents :**

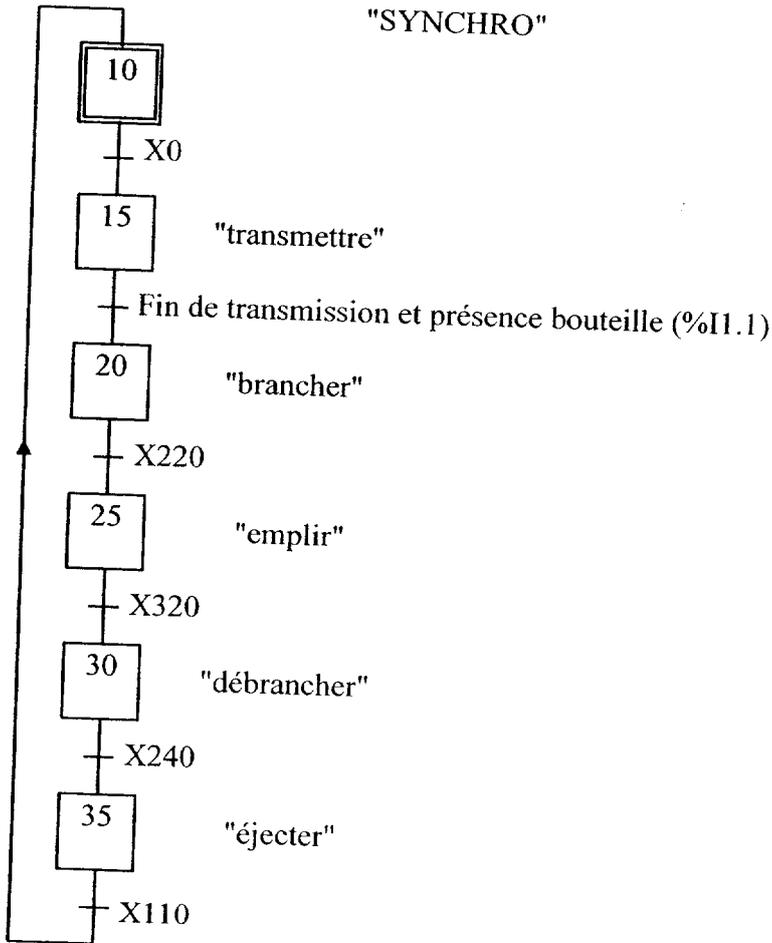
**DT1 à DT6**



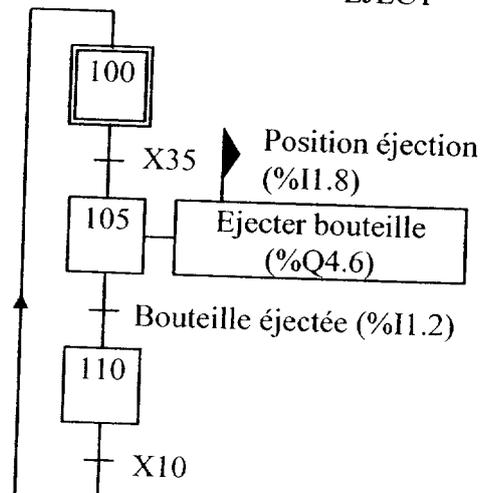
Grafcet de remplissage "REMP"

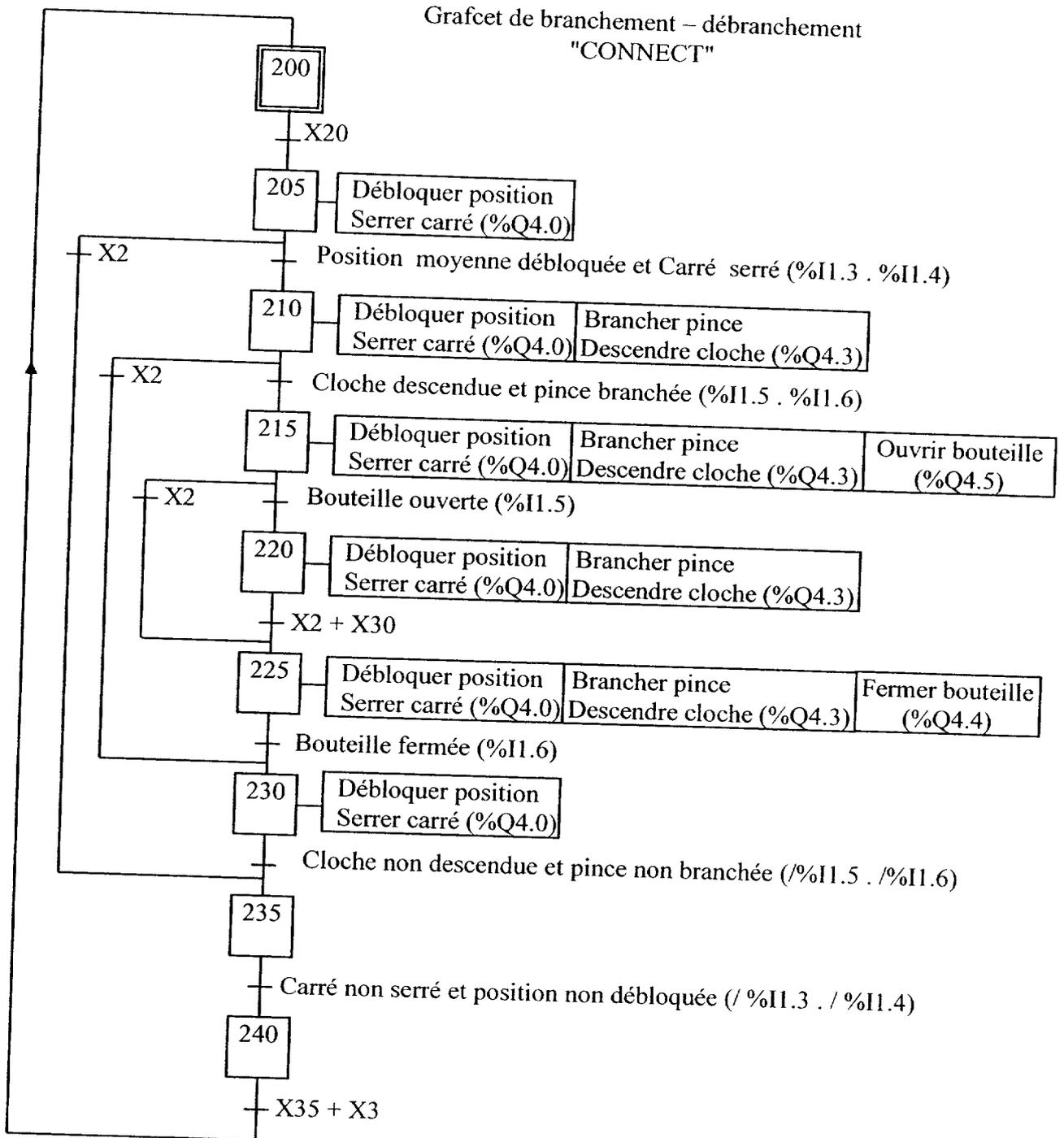


Grafcet de coordination des tâches "SYNCHRO"



Grafcet d'éjection "EJECT"



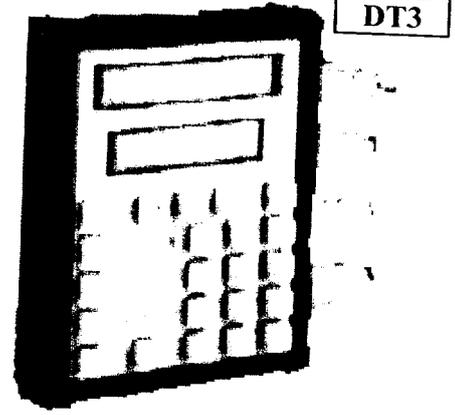


## Automate ULIS

ULIS est un contrôleur industriel à sécurité intrinsèque, conçu spécialement pour faciliter la gestion individuelle des machines et la supervision des centres emplisseurs

C'est à la fois

- ✓ Un indicateur de mesure de poids
- ✓ Un contrôleur de machine
- ✓ Un terminal clavier/écran
- ✓ Un système de supervision connecté en réseau
- ✓ Un calculateur



Ce contrôleur industriel est composé

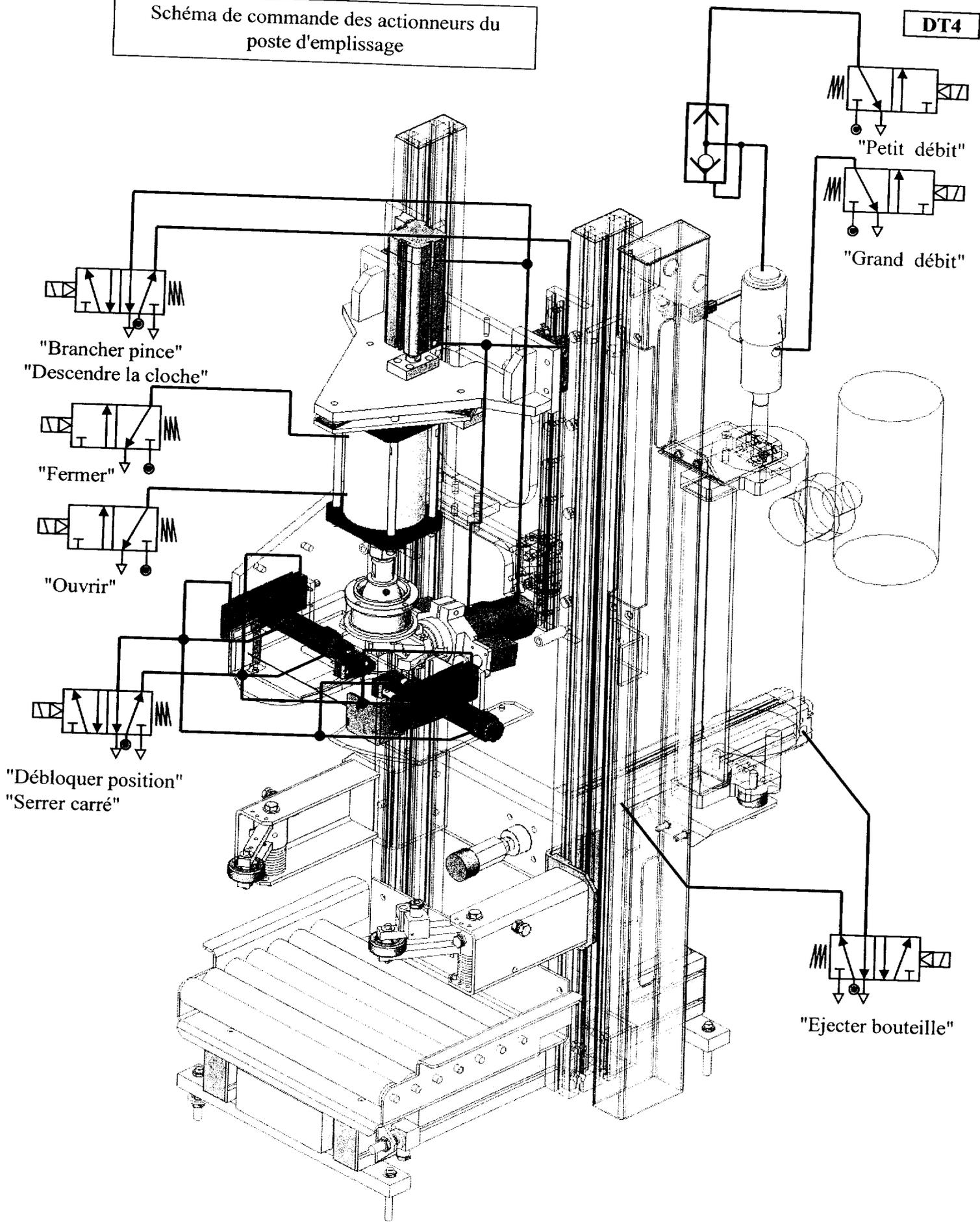
- ✓ D'une carte principale qui intègre toute l'intelligence du système (module 0)
- ✓ D'une carte d'entrées TOR avec une fréquence d'acquisition de 300 Hz (module 1)
- ✓ D'une carte d'entrées TOR avec une fréquence d'acquisition de 500 Hz (module 2)
- ✓ D'une carte analogique composée de 2 entrées analogiques et de 2 sorties analogiques (module 3)
- ✓ D'une carte de sorties (module 4)

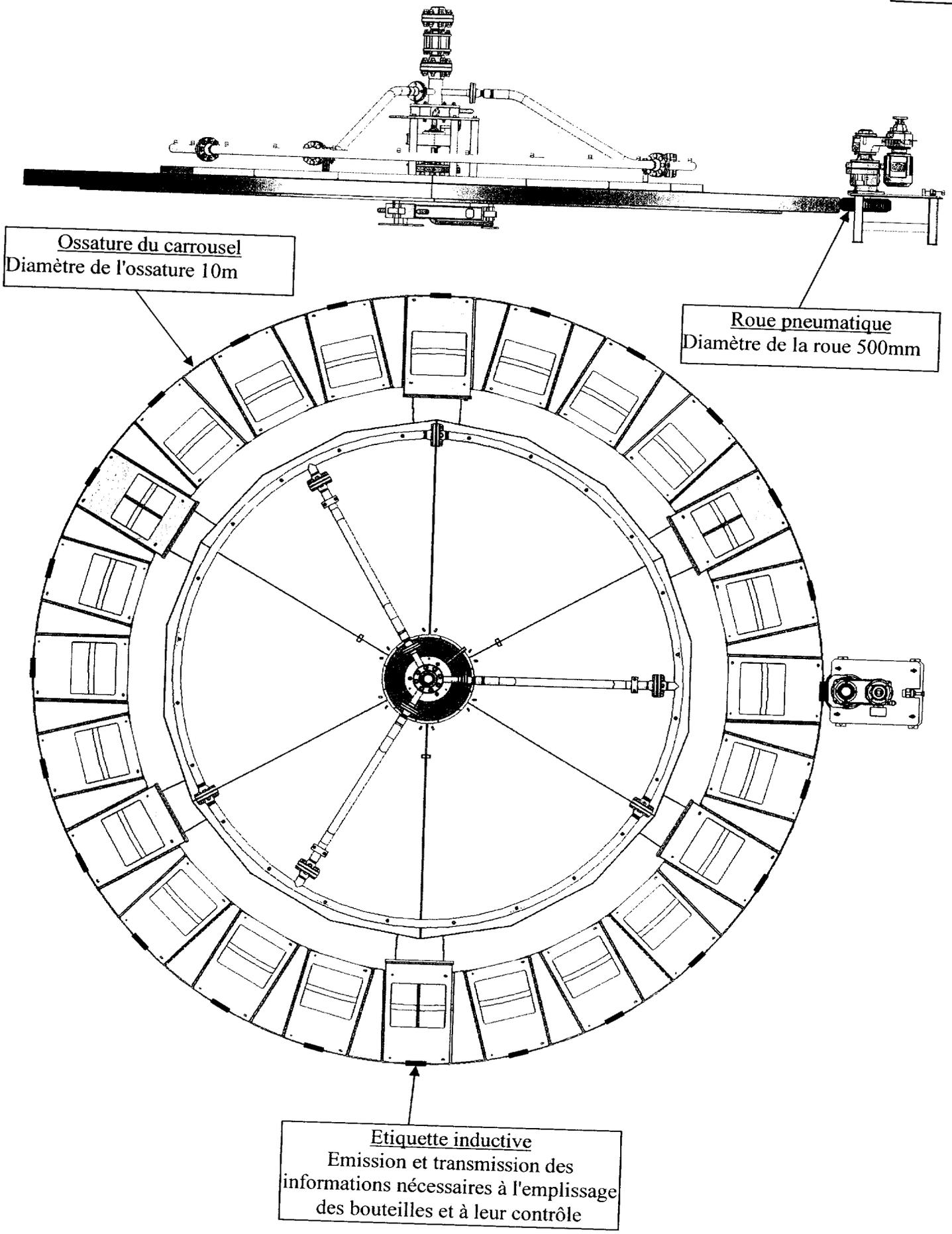
Il peut être connecté en réseau à d'autres contrôleurs ULIS et à d'autres terminaux tels que des PC. ULIS a été conçu pour être programmé à distance.

### Affectation des entrées/sorties de la bascule d'emplissage

	MODULE	%I1.0	Arrêt
		%I1.1	Présence bouteille
		%I1.2	Bouteille éjectée
		%I1.3	Carré serré
		%I1.4	Position débloquée
		%I1.5	Cloche descendue
		%I1.6	Pince branchée
		%I1.7	Fuites
		%I1.8	Position éjection
		%I1.9	Présence grande bouteille
		%I1.10	
		%I1.11	
		%I1.12	
		%I1.13	
		%I1.14	
%I1.15			
MODULE	MODULE	%I2.0	
		%I2.1	
		%I2.2	
MODULE	MODULE	%I2.3	
		%IW3.4	
		%IW3.5	
MODULE	MODULE	%QW3.6	
		%QW3.7	
		%Q4.0	Débloquer position   Serrer carré
MODULE	MODULE	%Q4.1	Remplir grand débit
		%Q4.2	Remplir petit débit
		%Q4.3	Brancher pince   Descendre cloche
		%Q4.4	Fermer bouteille
		%Q4.5	Ouvrir bouteille
		%Q4.6	Ejecter bouteille
		%Q4.7	
		%Q4.8	

Schéma de commande des actionneurs du poste d'emplissage





**Présentation du système RFID :**

- Sécurité totale des données
- Lecture et écriture des données à distance
- lecture et/ou écriture des étiquettes fixes ou des étiquettes à la volée
- Nombre illimité d'opérations de lecture et d'écriture
- interface parallèle ou série pour plus de flexibilité dans le choix de la commande
- insensibilité aux interférences: il lira et écrira à l'intérieur de champs électromagnétiques intenses sans risques d'endommager les données
- haute résistance aux conditions industrielles tels que la température, l'eau, les détergents, la peinture, les copeaux de métal, ...



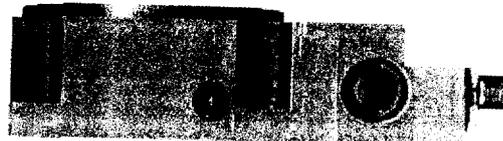
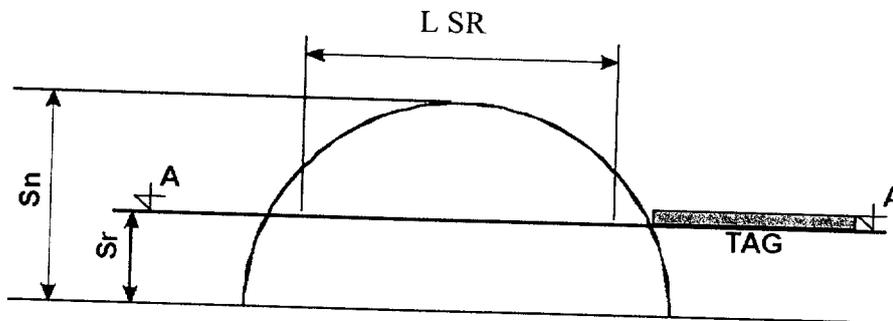
**Mode opératoire du système RFID :**

Les étiquettes sont passives, ce qui signifie qu'aucune source d'énergie n'est nécessaire à l'échange des données, autre que l'énergie fournie par les champs magnétiques. En utilisant le principe de la transmission par induction, les données peuvent être échangées sans contact, dès lors que l'étiquette entre dans le champ magnétique généré par un émetteur-récepteur. Comme les communications ne dépendent que de la proximité des deux appareils, la direction dans laquelle on approche n'a aucune importance pour l'émetteur-récepteur.

**Conditions de fonctionnement :**

Pour lire ou écrire à la volée les variables suivantes doivent être connues :

- ✓ La vitesse de défilement de l'étiquette **V**
- ✓ La distance **Sr** entre l'étiquette et l'émetteur-récepteur
- ✓ La longueur **L SR** de la zone d'émission réception dynamique qui détermine le temps de la présence de l'étiquette dans la fenêtre
- ✓ La vitesse de lecture ou d'écriture par bit **Ts**
- ✓ Le nombre de bits à écrire ou à lire (mémoire)



Référence	V (m/s)	Sr (mm)	L SR(cm)	Mémoire Maxi Nbrs octets
RFID 035024	<0,3	<50	12	24
RFID 065012	0,2<V<0,6	<50	12	12
RFID 155012	0,4<V<1,5	<50	12	12
RFID 103008	1<V	<30	15	8

Brevet de Technicien Supérieur  
**MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

Session 2006

**Analyse et conception des solutions possibles  
d'automatisation d'un moyen de production  
(sous-épreuve 5-1)**

**Documents réponses**

**Ce dossier contient les documents :**

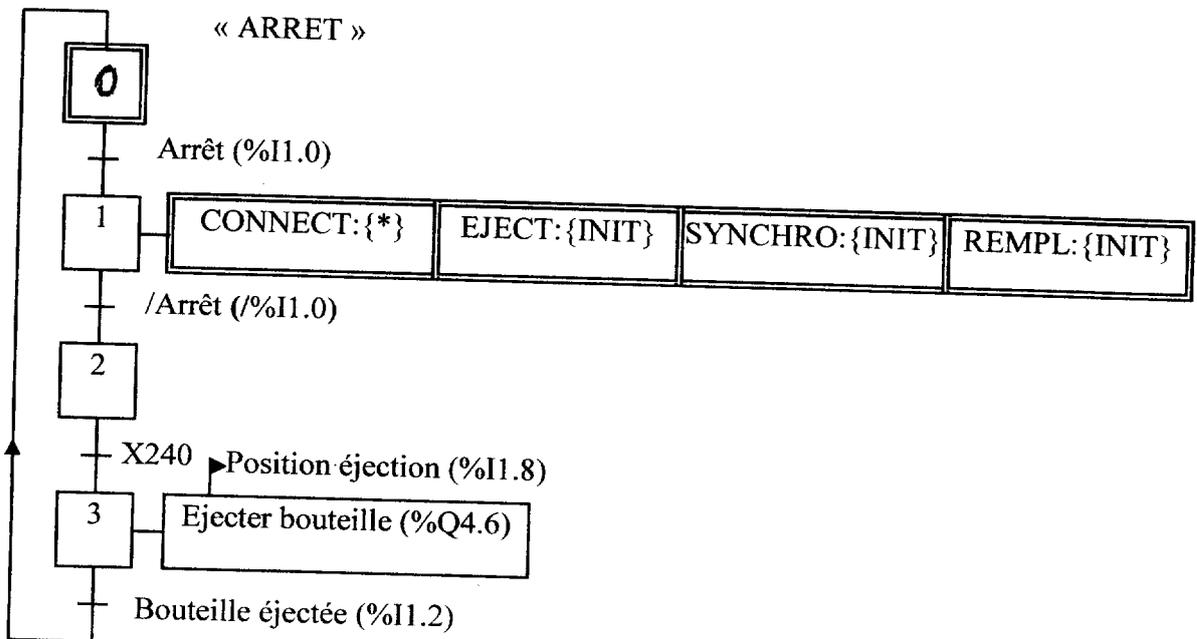
**DR1 à DR6**

Question 1.1: Exploitation des grafquets du sujet dans le cas d'un appui sur "Arrêt d'urgence" (%I1.0), puis du déverrouillage (/%I1.0) de celui-ci.

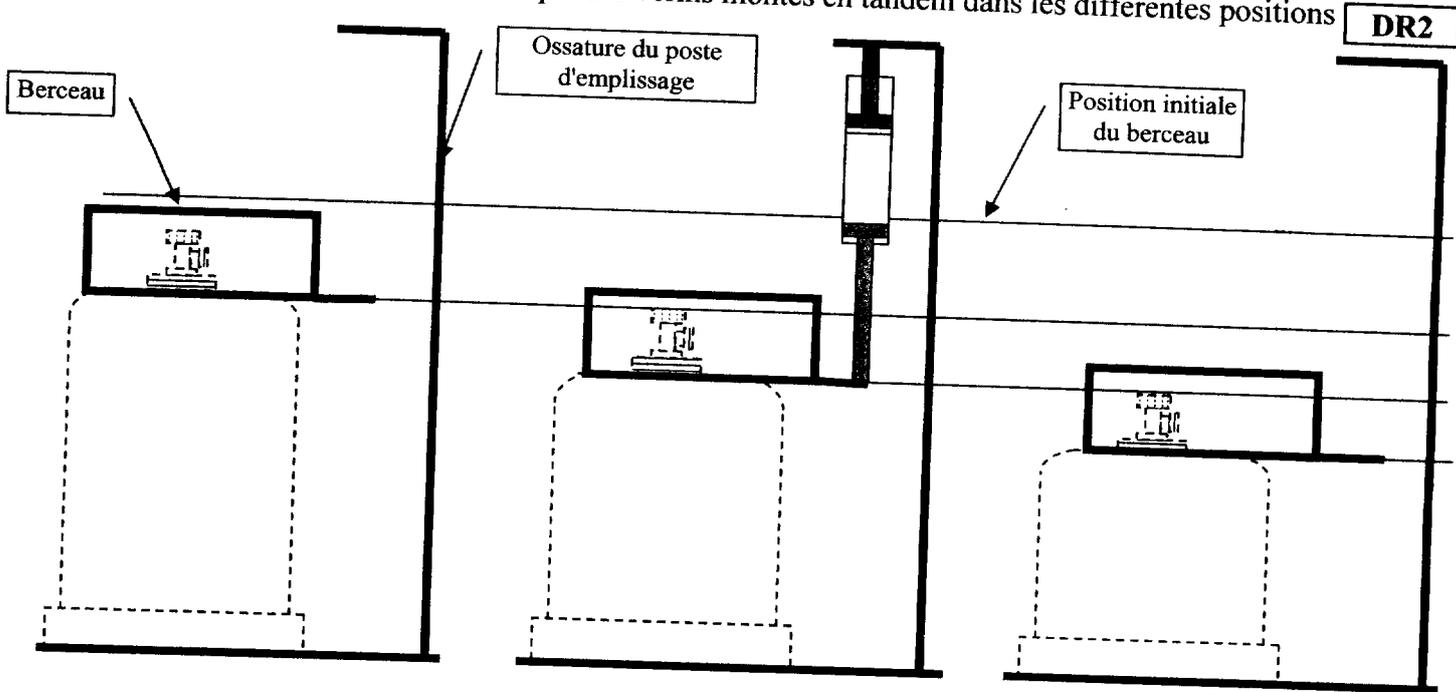
**DR1**

Grafcet « Arret »	Grafcet « Synchro »	Grafcet « Connect »	Grafcet « Eject »	Grafcet « Rempli »	Actions	Evènements
X0	X20	X215	X100	X300	%Q4.0 %Q4.3 %Q4.5	%I1.0
X1	X10	X215	X100	X300	%Q4.0 %Q4.3 %Q4.5	/%I1.0
X0	X10	X200	X100	X300		

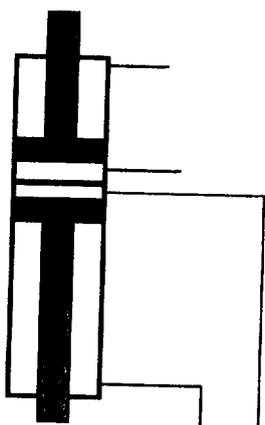
Question 1.2: Implantation du capteur de détection de fuites dans le grafcet d'arrêt



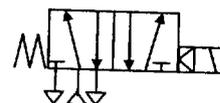
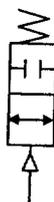
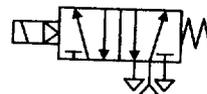
Question 2.1: Représentation schématique des vérins montés en tandem dans les différentes positions



Question 2.2: Représentation partielle du schéma pneumatique des vérins montés en tandem



Q4.8

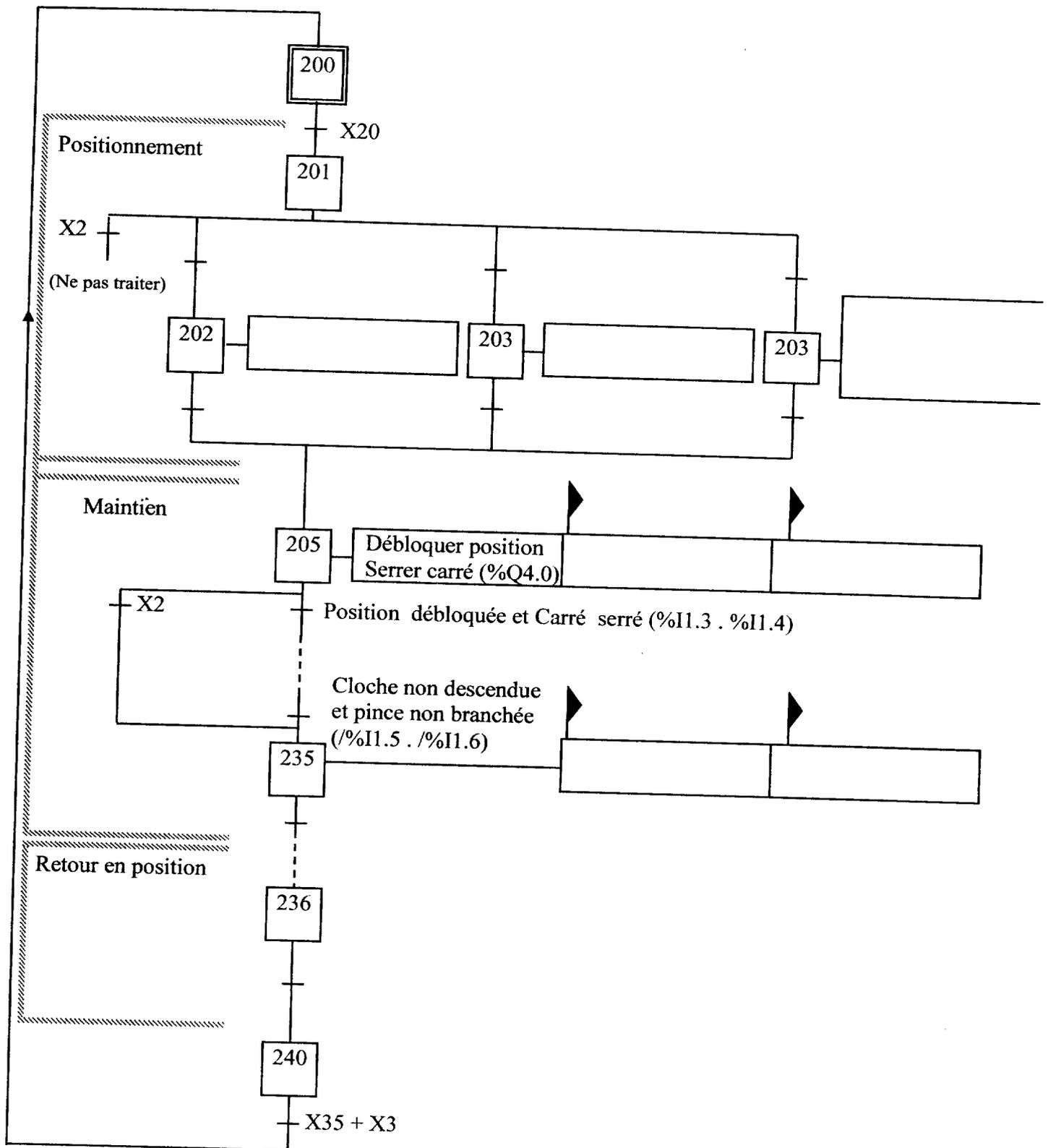


Q4.7

Question 2.3: Modification du grafcet « CONNECT » pour la prise en compte des différents formats de bouteille

DR3

« CONNECT »

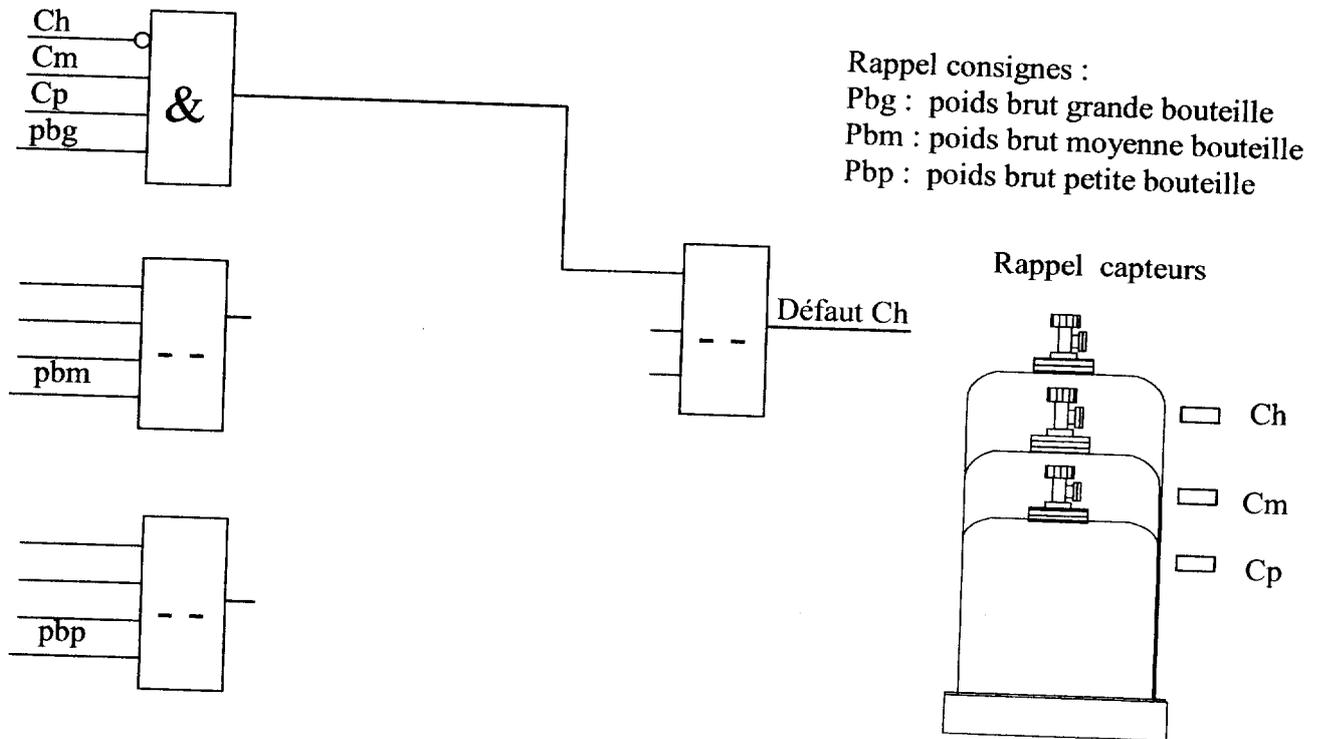


Question 3.1: Compléter le tableau :

- "impossible" : la combinaison entraîne la défaillance de deux capteurs à la fois
- "Ch défaillant" : le capteur est défaillant
- "fonctionnement normal" : la combinaison est conforme au fonctionnement

$C_p$	$C_m$	$C_h$	Etat : dans le cas d'une grande bouteille $P_{bg} = 1$	Etat : dans le cas d'une bouteille moyenne $P_{bm} = 1$	Etat : dans le cas d'une petite bouteille $P_{bp} = 1$
0	0	0	Pas de bouteille	Pas de bouteille	Pas de bouteille
0	0	1	Impossible		
0	1	0	Impossible		
0	1	1	Impossible		
1	0	0	Impossible		
1	0	1	Impossible		
1	1	0	Ch défectueux		
1	1	1	fonctionnement normal		

Question 3.2: Compléter le logigramme de l'équation du défaut du capteur Ch (seul)

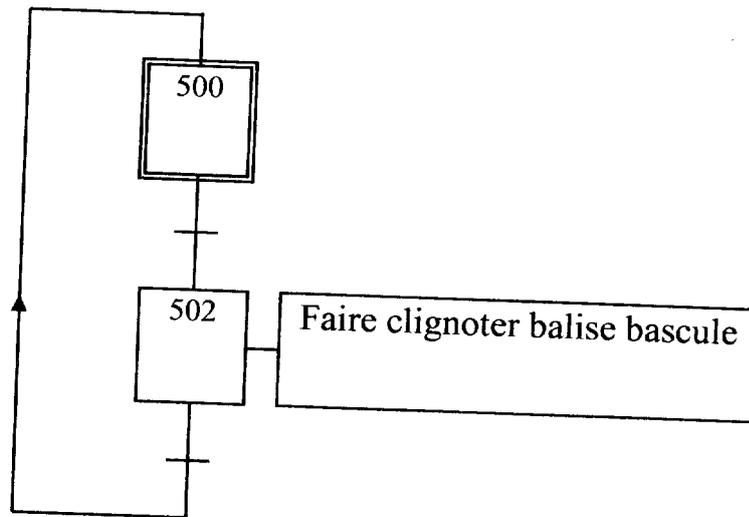


Donner l'équation du défaut :

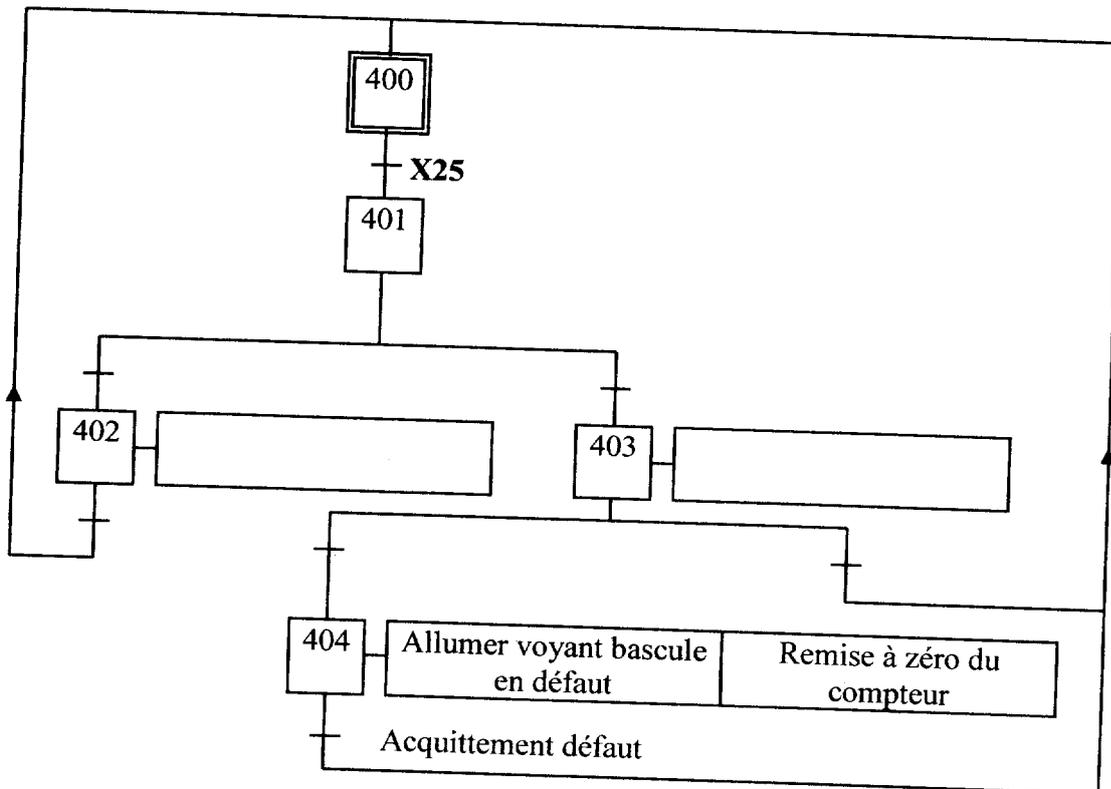
"Défaut Ch" =

Question4.1: Grafcet de surveillance du déroulement du cycle

DR5



Question4.2: Grafcet de comptage de 3 fuites consécutives



Question 5.1.1: Détermination de la fréquence de rotation du moteur dans les trois cas

DR6

	Fréquence de rotation du carrousel	Temps de remplissage sur les 2/3 de tour	Vitesse du carrousel	Fréquence de rotation du moteur
Bouteille de 15 kg	1 tr/min	40 s	31,42 m/min	600 tr/min
Bouteille de 12 kg				
Bouteille de 8 kg				

Question 5.1.2: Détermination des différentes valeurs de W101

