

*République Algérienne Démocratique et Populaire*

***Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la  
Recherche Scientifique***

***Université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou***



**Faculté de Génie Electrique et d'Informatique  
Département d'Automatique**

***Mémoire de fin d'études***

***En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Automatique***

***Thème***

**ETUDE ET AUTOMATISATION D'UN  
STÉRILISATEUR À VAPEUR D'EAU**

***Suivi par :***

***\*Mr. A.BENMESBAH***

***Présenté par :***

***\* Mlle N.HAMADI***

***\* Mr. H.NAAK***

***Dirigé par***

***\*Mme O.HEDJEM***

***Promotion 2012***

***Ce travail a été préparé à la SOCOTHYD ISSERS***

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à témoigner notre reconnaissance et à exprimer nos remerciements, les meilleurs, à notre promotrice : **Mme O. HEDJEM** ainsi que **Mr CHARIF** pour ses orientations et conseils, Ainsi qu'à l'ensemble des enseignants du département Automatique

Nos remerciements vont à messieurs les membres de jury d'avoir accepté de bien vouloir juger notre travail

Nous remercions la direction de la SOCOTHYD :

- **Mme N.BENABIDI** Directrice Générale Adjoint
- **Mr .A .ACHAIBOU** Président Directeur Générale
- **Mr . S. KHELKHAL** Directeur des Ressources Humaines

Pour nous avoir donné l'occasion d'effectuer ce projet dans de bonnes conditions

Nous remercions vivement l'ensemble du personnel du service de climatisation pour leur disponibilité, surtout **Mr. M.TITUCHE** et **Mr. R. AMRANI** cadres en maintenance ainsi que **Mr. A. BENMESBAH** le pharmacien de l'entreprise et **Mr. A.LAADJAL** sous directeur maintenance, qui nous ont suivis durant ce travail.

Enfin, nous remercions également tous ceux qui nous ont aidé et soutenu de près ou de loin, en particulier **Mr A .HAMADI** par son orientation, renseignements et informations diverses et surtout la mise à notre disposition de son ouvrage, ainsi que toutes les facilités qu'ils nous a prodigué pour accéder à l'information et la réussite.

## *DEDICACES*

*Je dédie ce modeste travail à*

- ❖ *Mes grand-mères et à la mémoire de mes défunts grands pères*
- ❖ *Mes très chers parents pour tous leurs sacrifices et leurs aides*
- ❖ *Mes deux frères Sofiane et Med Lamine.*
- ❖ *Tous mes proches et Famille*
- ❖ *Toutes mes amies ( Nissa, Karima, .....etc.)*
- ❖ *Tous mes amis (Med ISSAD, Yazid Ghazi en particulier Aghiles NAZEF ....etc.)*

*Nardjes HAMADI*

*Je dédie ce modeste travail à :*

- ❖ *A la mémoires de mes grands parents*
- ❖ *Mes très chers parents pour tous leurs sacrifices et leurs aides*
- ❖ *Mes frères et sœurs*
- ❖ *Toute ma famille*
- ❖ *Tous mes amis (es)*

*Hakim NAAK*

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	<b>01</b>
------------------------------	-----------

## **CHAPITRE I : Généralités et Définitions**

1) Conductivité de l'eau	02
2) Débit de fuite	02
3) Dispositif médical	02
4) Dureté de l'eau (TH)	02
5) Eau adoucie	02
6) Eau osmosée	03
7) indicateur de passage	03
8) Infections nosocomiales	03
9) Libération paramétrique	03
10) Logiciels de production	03
11) Logiciels de supervision	03
12) Matériorvigilance	03
13) Pré désinfection	04
14) Salles blanches	04
15) Stérilisation	04
16) Thermo désinfection	04
17) Traçabilité	04
18) Traçabilité ascendante	04
19) Traçabilité descendante	05

## **CHAPITRE II : STERILISATION**

<b>I.</b>	Définition	06
<b>II.</b>	Cycle de Stérilisation	06
	a) .Phase de prétraitement	06
	b) .Phase de stérilisation	07
	c) .Phase de séchage	07
<b>III.</b>	Contrôles de validation	07
	1. Contrôles avant la stérilisation	07
	2. Contrôles pendant la stérilisation	09
	3. Contrôles après stérilisation	09
<b>IV.</b>	Le Stérilisateur	10



a) .Caractéristiques techniques.....	12
b) . Liste des principaux éléments .....	12
1. Autoclave (chambre de stérilisation).....	12
i. La double enveloppe .....	13
ii. La chambre de stérilisation.....	13
iii. Les portes .....	14
2. pompe à vide .....	14
3. Réseau pneumatique.....	16
4. Réseau vapeur d'eau.....	16
5. Réseau eau .....	16
6. Commande électrique.....	17
7. Pupitre opérateur.....	17
8. Imprimante EPSON LX 300+ .....	20
9. Enregistreur graphique (température et pression).....	20
10. Commandes informatisées par Automate programmable (automate TSX 37-21) .....	20
11. Chariot de stérilisation.....	20
12. Filtre à air .....	20
c) Les capteurs utilisés .....	21
• Sonde PT 100.....	21
• Capteur de pression 0+4 bar absolue .....	22
d) Les alarmes existantes.....	23
V. Conclusion.....	27

### **CHAPITRE III : Automate programmable TSX 37-21(Télémécanique)**

1. Introduction .....	28
2. Description du matériel.....	28
3. Constitution de l'automate installé .....	29
4. Emplacement des modules et de l'Unité Centrale.....	30
a. La CPU. (Central Processing Unit).....	30
b. Points de contrôle de l'état de marche de l'Unité Centrale....	31
c. Contrôle en boucle de l'Unité Centrale. (Cycle complet).....	32
5. Caractéristiques, références et localisation des matériels installés. (Télémécanique) .....	33
• Le Bloc Unités Centrale.....	33
• Le bloc de visualisation.....	37
• Carte mémoire TSX MRP P 12.....	40
• Prise terminal TER.....	41

•	Prise de dialogue opérateur – AUX .....	42
•	Module entrées/sorties TSX DMZ 28 DR.....	43
•	Module sorties TSX DSZ 08 R5.....	43
•	Module entrées analogiques différentielles 16 Bits TSX AEZ 414.....	44
6.	Logiciel de programmation PL7 PRO.....	45
I.	La gamme d'automate programmable.....	45
II.	Matériel nécessaire.....	46
III.	Utilisation du logiciel PL7 PRO.....	50
A.	Présentation générale .....	50
1.	Présentation de la barre d'outils du PL7 PRO.....	51
2.	Création d'une nouvelle application.....	52
3.	Description du navigateur d'application.....	54
4.	Description de l'éditeur de configuration.....	56
5.	Description de l'éditeur de programmation.....	57
6.	Description de l'éditeur de variables.....	59
7.	Description de l'éditeur de table d'animation.....	61
8.	Description de l'éditeur de références croisées.....	62
9.	Description de l'éditeur dossier.....	63
10.	Description de l'éditeur d'aide.....	63
B.	Adressage des bits d'entrées sorties Tor.....	64
C.	Création d'application.....	65
1.	Chargement d'une application.....	65
2.	Transfert de l'application.....	65
3.	Connexion et mise en fonctionnement.....	66
4.	Mise au point.....	66
7.	Conclusion.....	79

## **CHAPITRE IV : Généralités sur le Grafcet**

1.	Domaine d'application du GRAFCET.....	80
2.	Définition du GRAFCET.....	81
3.	Structure graphique du GRAFCET et interprétation associée.....	81
a.	L'étape.....	81
b.	La transition.....	82
c.	Règles de construction.....	82
d.	Notations des entrées /sorties.....	84
e.	Les temporisations.....	84
f.	Les actions.....	85
g.	Les réceptivités.....	86
h.	Les Macro-étapes.....	86
4.	Règles d'évolution du Grafcet.....	89
5.	Implémentation du Grafcet.....	92
6.	Algorithme Sans Recherche de Stabilité.....	93
7.	Algorithme Avec Recherche de Stabilité .....	94

8. Conclusion.....	96
--------------------	----

## **CHAPITRE V : Grafcet et Réseaux de contact de la station**

1. Grafcet de la station.....	98
2. Réseaux de contact.....	101

<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>114</b>
----------------------------------	------------

## INTRODUCTION GENERALE

Pour assurer la qualité de leurs prestations, les établissements de santé ont recours pour certains actes à l'utilisation de produits stériles.

Les produits sont, dans la majorité des cas, des dispositifs ou des objets (linge, instruments....) réutilisables. Pour stériliser ces produits, il est nécessaire de mettre en œuvre des techniques apportant une garantie de sécurité pour le patient, plus particulièrement au regard de tous les risques infectieux (bactériens, fongiques, viraux...) mais aussi les agents transmissibles non conventionnels (prions....).

Parmi les techniques de stérilisation applicables dans ces établissements de santé, le procédé de stérilisation par la chaleur humide est le procédé de référence en raison de son efficacité, de sa facilité de mise en œuvre, de son faible coût de revient, et de son adaptation à de nombreux produits et matériaux et notamment aux charges à protection perméable. La mise en œuvre de ce procédé nécessite l'acquisition et l'utilisation d'appareils particuliers tels que les stérilisateur à la vapeur d'eau pour charges à protections perméable.

Notre travail porte sur l'étude et la programmation d'un stérilisateur à vapeur d'eau TBM commandé par un automate programmable TSX Micro 37-21 télémécanique (SCHNEIDER group) , ce dernier est une propriété de SOCOTHYD (ISSERS). Elle a pour mission de fabriquer des compresses stériles. Ce produit à utilisation pharmaceutique et chirurgicales est sensible aux conditions thermo-hydriques.

Pour assurer un résultat maximum en qualité quatre éléments sont importants :

- **La qualité de la vapeur**, qui doit être saturée et homogène ;
- **La température**, qui doit être régulée au plus proche du barème ;
- **La pression** suivant la loi de Regnault ;

- **La qualité de l'eau**, la présence de substances en suspension risque d'entraîner une altération de la charge à stériliser de même que la présence de chlore dans l'eau peut endommager l'inox de manière irréversible.

## **CHAPITRE I : Généralités et Définitions**

**Avant de commencer à exposer le travail effectué dans ce mémoire il est nécessaire de passer par quelques définitions.**

### **1) Stérilisation**

Mise en œuvre d'un ensemble de méthodes et de moyens visant à éliminer tous les micro-organismes vivants portés par des milieux inertes contaminés. Le résultat de l'ensemble de ces étapes est l'état stérile qui se définit comme étant l'état dans lequel se trouve un objet et pour lequel on ne peut pas statistiquement mettre en évidence la présence de micro-organismes capables de se reproduire ou d'être revivifiés.

### **2) Conductivité de l'eau**

Mesure physico-chimique de la capacité de l'eau à transmettre le courant électrique. Cette mesure est le signe de la présence d'ions dans l'eau. La conductivité se mesure en Siemens/mètre(S/m). On parle parfois de résistivité qui est l'inverse de la conductivité.

### **3) Débit de fuite**

Mesure faite lors de l'essai d'étanchéité au vide. L'augmentation de pression dans la chambre du stérilisateur pendant les phases de vide ne doit pas être supérieure à 1,3 mBar/min (0,13 kPa/min) ce qui empêchera la pénétration de la vapeur d'eau dans la charge à stériliser et ne constituera pas un risque potentiel de recontamination de la charge stérilisée pendant le séchage.

### **4) Dispositif médical**

Tout instrument, appareil, équipement, matière ou autre article utilisé seul ou en association, y compris le logiciel nécessaire pour le bon fonctionnement de celui-ci, destiné par le fabricant à être utilisé chez l'homme à des fins :

- de diagnostic, de prévention, de contrôle, de traitement ou d'atténuation d'une maladie ;
- de diagnostic, de contrôle et traitement, d'atténuation ou de compensation d'une blessure ou d'un handicap ;

- d'étude ou de remplacement ou modification de l'anatomie ou d'un processus physiologique;
- de maîtrise de la conception et dont l'action principale voulue dans ou sur le corps humain n'est pas obtenue par des moyens pharmacologiques ou immunologiques ni par métabolisme, mais dont la fonction peut être assistée par de tels moyens.

### **5) Dureté de l'eau (TH)**

Somme des concentrations (exprimées en milliéquivalents) en ions calcium et magnésium.

### **6) Eau adoucie**

Eau traitée par résine échangeuse de cations divalents (calcium et magnésium). Elle ne contient donc plus de calcium et de magnésium, mais ceux-ci sont remplacés par du sodium. La conductivité d'une eau adoucie est donc peu ou pas modifiée par rapport à l'eau brute.

### **7) Eau osmosée :**

Eau traitée par osmose inverse, c'est-à-dire par rétention sur une membrane semi-perméable de la majorité des composés présents dans l'eau (particules, colloïdes, ions, contaminants organiques y compris endotoxines bactériennes et microorganismes). Une eau osmosée est obtenue à partir d'une eau adoucie afin de préserver au maximum la membrane semi-perméable. Sa particularité est sa conductivité beaucoup plus faible que celle de l'eau qui l'alimente et sa faible contamination bactérienne.

### **8) Indicateur de passage**

Indicateur de procédé utilisé afin de démontrer que l'article considéré a été exposé au procédé de stérilisation. Il permet ainsi de faire la distinction entre articles traités et non traités. Selon la norme ISO 15882, il s'agit des indicateurs de classe 1.

### **9) Infections nosocomiales**

Infections contractées dans les établissements de santé.  
Intégrateurs , Indicateurs, émulateurs conçus pour réagir à tous les paramètres critiques d'une gamme de cycles. Les valeurs limites de la réponse chimique de ces indicateurs à des paramètres critiques sont précisément définies et restrictives. Ainsi, ils permettent de

démontrer avec un haut degré de fiabilité que les paramètres critiques du cycle ont été atteints. Selon la norme ISO 15882, il s'agit des indicateurs de classe 6.

### **10) Libération paramétrique**

Déclaration du caractère stérile d'un produit sur la base des données du traitement physique et non sur la base d'essais pratiqués sur des échantillons ou sur les résultats fournis par des indicateurs biologiques.

### **11) Logiciels de production**

Logiciels permettant de tracer toutes les étapes du processus de stérilisation de la pré désinfection à l'utilisation chez un patient, en passant par les étapes de lavage, de conditionnement et de stérilisation. Ils permettent de connaître l'histoire d'un dispositif concernant ses utilisations et des traitements successifs.

### **12) Logiciels de supervision**

Logiciels permettant de contrôler les paramètres physiques du lavage, du conditionnement, de la stérilisation et de l'environnement.

### **13) Matéiovigilance**

Action de signaler sans délai tout incident ou risque d'incident mettant en cause un dispositif médical ayant entraîné ou susceptible d'entraîner la mort ou la dégradation grave de l'état de santé d'un patient, d'un utilisateur ou d'un tiers. Cette déclaration doit être faite par toute personne ayant eu connaissance de l'incident : fournisseur, utilisateur ou tiers.

### **14) Pré désinfection**

Premier traitement à effectuer sur les objets et matériels souillés par des matières organiques dans le but de diminuer la population de micro-organismes et de faciliter le nettoyage ultérieur. Elle a également pour but de protéger le personnel lors de la manipulation des instruments et d'éviter la contamination de l'environnement. Le produit utilisé ne doit pas être lui-même fixateur de protéines.



**15) Salles blanches**

Les salles blanches sont des pièces ou des séries de pièces où la concentration particulaire est maîtrisée afin de minimiser l'introduction, la génération, la rétention des particules à l'intérieur. Les paramètres physiques tels que la température, l'humidité relative et la pression sont également maintenus à un niveau précis, suivant la classe souhaitée. Les salles blanches constituent des enceintes fermées particulièrement étanches et sont souvent entourées par d'autres locaux, donc sans façades ni fenêtres.

Différents termes peuvent être utilisés pour désigner les salles blanches :

- Salle propre,
- Salle ou zone à contamination maîtrisée,
- Salle ou zone à empoussièrement contrôlée,
- Salle microbiologiquement maîtrisée (industries agroalimentaire essentiellement).

**16) Thermo désinfection**

Désinfection réalisée par action de la chaleur sèche ou humide.

**17) Traçabilité**

Aptitude à retrouver l'historique, l'utilisation ou la localisation d'une entité au moyen d'identifications enregistrées.

**18) Traçabilité ascendante**

Historique d'un dispositif médical au moment de sa stérilisation. Elle permet de remonter le processus pour identifier la cause d'un problème et les responsabilités associées.

**19) Traçabilité descendante**

Historique d'un dispositif médical après sa stérilisation. Elle permet de retracer son utilisation après sa stérilisation.

Conclusion

## **CHAPITRE II : STÉRILISATION DE COMPRESSES CHIRURGICALES**

### **I. Définition :**

La stérilisation signifie la destruction totale de tous les micro-organismes présents dans la charge à stériliser tels que les spores, les bactéries, les virus. La destruction complète des spores se fait en les humidifiant et en les chauffant à 134°C

### **II. Cycle de Stérilisation**

#### **a) .Phase de prétraitement :**

L'humidité joue un rôle essentiel dans le processus de destruction des micro-organismes. C'est pourquoi, il est important que la vapeur d'eau vienne en contact de ceux-ci. La moindre poche d'air résiduelle dans la charge constitue un obstacle à l'action stérilisante et de plus s'oppose à l'homogénéité de la température.

Cette phase consiste en un certain nombre de vides et d'injections de vapeur d'eau suivant une séquence bien définie. Son but est de substituer entièrement l'air contenu dans la chambre et au cœur de la charge par de la vapeur d'eau, et de créer ainsi les conditions d'humidité et de température favorables à la phase de stérilisation proprement dite.

Il s'agit aussi de remplacer tout l'air de la chambre de stérilisation, y compris l'air contenu dans la charge par de la vapeur. Lorsqu'il reste des poches d'air à proximité des spores (cellules bactériennes au repos redoutées en stérilisation et en milieu hospitalier de manière générale), celles-ci s'entourent d'une gangue d'air isolante et peuvent résister à la chaleur. Seul remède, le pouvoir mouillant de la vapeur qui détruit, en principe, toute forme de vie.

Cette phase s'effectue en deux étapes :

- **Vide préalable**

Cette action consiste à extraire une quantité considérable d'air par un vide très poussé pendant dix minutes de l'ordre de 50mbar absolue.

- **Injections et vides sur injection**

Cette étape constituée par une succession d'injections de vapeur et de mises sous vide, elle permet d'augmenter l'efficacité du palier de stérilisation en retirant le reste de l'air contenu dans la chambre de stérilisation et dans la charge à stériliser.

**b) .Phase de stérilisation :**

La phase de stérilisation permet de tendre vers la destruction totale des micro-organismes dans une atmosphère de vapeur saturée, à un niveau de température définie (134°C). Le comptage du temps de stérilisation commence lorsque la température mesurée par le capteur de température chambre atteint la valeur consigne fixée (température du plateau de stérilisation). Le temps de stérilisation est le temps durant lequel la température de stérilisation est maintenue en tous points de la charge pendant 10 minutes. Les températures et pressions ne peuvent osciller que dans des fourchettes extrêmement étroites.

**c) .Phase de séchage**

La dernière phase du cycle de stérilisation est l'opération de séchage. Elle consiste, par un vide poussé prolongé, à évacuer au maximum la vapeur d'eau présente dans la chambre et dans la charge par une revaporisation de l'humidité contenue. Cette opération est délicate car la réussite de la stérilisation dépend de l'humidité résiduelle de la charge. Elle est, entre autre, dépendante du conditionnement préalable de cette dernière (présence de plastique, fond plat susceptible de garder l'eau emprisonnée, ...) et du maintien de la chambre sous vide.

Il faut ensuite sortir la charge, la laisser refroidir dans une zone de quarantaine. Récupérer les indicateurs et réaliser les contrôles après stérilisation.

### **III. CONTROLES ET VALIDATION :**

#### **1. Contrôles avant la stérilisation :**

Vérifier le fonctionnement correct de l'appareil, l'alimentation en eau. Si l'appareil est muni de cette option, un test d'étanchéité à vide peut être réalisé avant le test de Bowie-Dick. Il témoigne de l'étanchéité de l'appareil (absence de fuite).

##### **→Test de vide :**

Le test de vide permet d'évaluer l'étanchéité du stérilisateur vapeur

Pour un stérilisateur conforme à la norme NF EN 285, il possède un cycle préprogrammé qui comporte 3 phases:

- descente en vide voisin de 70 mbar
- analyse de la variation du vide maintenu sur 10 minutes
- remontée à la pression atmosphérique

Ce test à son intérêt pour évaluer l'étanchéité, notamment :

- en début de journée, avant un test Bowie-Dick
- après un test Bowie-Dick défectueux, pour valider l'hypothèse de fuite
- après une intervention sur la chambre, en lien avec l'étanchéité, par exemple changement de joint de porte, de vanne de purge

##### **→ Test Bowie-Dick**

C'est un essai à faire en début de journée, avant utilisation du stérilisateur et au moins une fois par 24h. Ce test permet de vérifier la pénétration rapide et complète de la vapeur dans une charge poreuse et l'élimination de l'air (donc indirectement le fonctionnement du circuit de vide). Pour cela, on utilise de préférence des paquets tests Bowie-Dick prêts à l'emploi ou un dispositif électronique. Le paquet test est placé seul dans la cuve de l'appareil préalablement chauffé. Le cycle test qui comporte un prétraitement et un plateau à 134°C / 5 min est alors démarré.

### Interprétation des résultats du test Bowie-Dick :

- **POSITIF** ⇒ La feuille passe au bleu de façon uniforme.  
 ⇒ Effectuer ensuite un test à plein avec un indicateur biologique.
- **NÉGATIF** ⇒ La feuille présente une zone claire au centre du motif;  
 ⇒ S'il y a un changement de couleur non uniforme.  
 ⇒ Mettre le stérilisateur hors service,  
 ⇒ Aviser le supérieur immédiat,  
 ⇒ Aviser le pharmacien directeur technique de l'entreprise.



Figure1 : Test Bowie-Dick avant utilisation

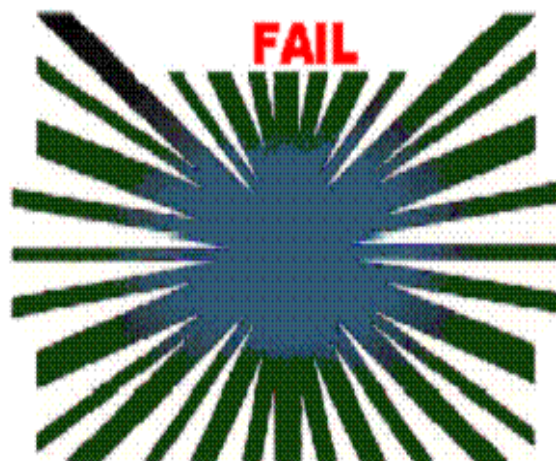


Figure2 : Test Bowie-Dick non conforme

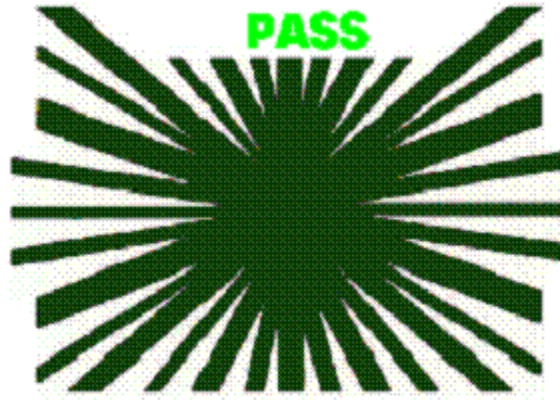


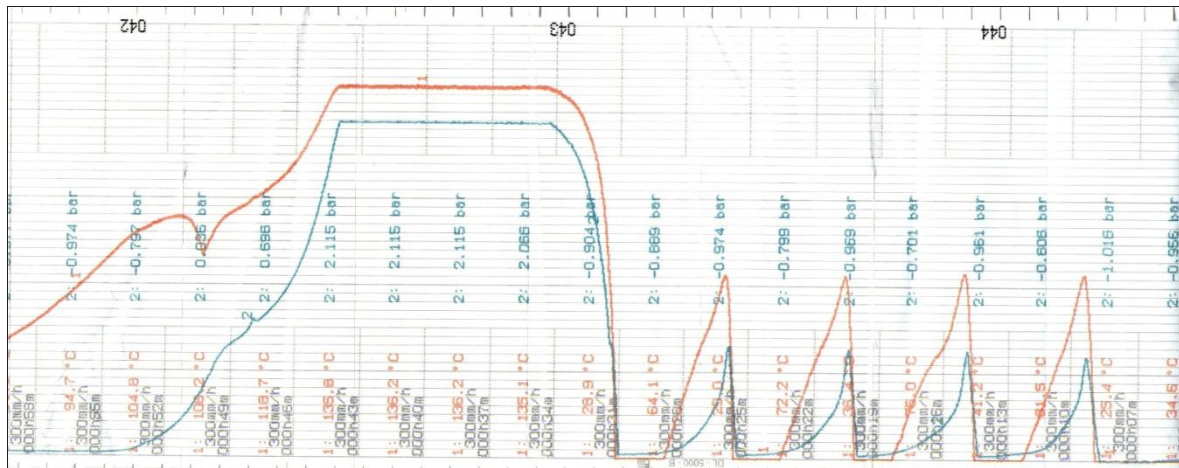
Figure3 : Test Bowie-Dick conforme

## 2. Contrôles pendant la stérilisation :

Vérification des manomètres, des thermomètres, du déroulement conforme des phases du cycle (absence d'alarmes). Un appareil en fonctionnement ne doit jamais être laissé sans surveillance.

## 3. Contrôles après stérilisation :

- Virage des indicateurs de passage : le changement de couleur permet d'identifier les objets passés dans l'autoclave mais ne constitue pas une garantie de l'état stérile.
- Lecture du diagramme d'enregistrement pression/température/temps => élément essentiel de la validation en routine du cycle de stérilisation.



**Figure4 Diagramme du cycle de stérilisation**

Il permet de vérifier le déroulement conforme du cycle et l'obtention de la valeur stérilisatrice, par comparaison avec l'enregistrement de référence obtenu lors de la qualification opérationnelle du stérilisateur avec une charge type de même nature. Pour la partie « plateau », il faut vérifier que la température spécifiée a été atteinte pendant le temps voulu (par exemple, minimum 134°C pendant 10 min) et que la pression obtenue correspond à la pression attendue indiquant ainsi que la vapeur était bien de la vapeur saturée.

- Virage des indicateurs multiparamétriques.
- Intégrité des emballages : non déchirés, non tachés, non éclatés.
- Siccité de la charge : absence d'humidité ou de gouttes d'eau sur les emballages

Si l'ensemble des contrôles est conforme, le cycle est validé et la charge peut alors être étiquetée puis libérée par la personne habilitée. Le document de libération de charge est complété et signé.

La stérilisation est un procédé spécial et d'autant plus spécial dans un milieu hospitalier ; nous disposons pour réaliser cette activité d'un stérilisateur à vapeur d'eau réglementaires et normatifs.

#### IV.) Le Stérilisateur :

Le stérilisateur fourni par TBM (technique bio médical) est destiné à stériliser des dispositifs médicaux par de la vapeur d'eau et doit répondre à des exigences normatives : EN



285 et EN 554 et du Décret exécutif n° 90-246 du 18 août 1990 portant réglementation des appareils à pression de vapeur :

- **NORME EN 554** : en cours de révision, pour réintégrer NF EN ISO 149 37.
- **NORME NF EN ISO 14 937** : Relative à l'enregistrement des activités de validation, de surveillance, et de contrôles de routine.
- **NORME EN 285** : Sondes étalonnées indépendantes du système de régulation

La technologie de cet équipement est très complexe car il est soumis à des contraintes thermiques et mécaniques importantes (vides poussés suivis de mise en pression). De plus, la qualité de la vapeur et du vide doit être maintenue dans une fourchette très étroite; ce qui signifie que l'autoclave doit être doté d'une régulation précise.



**Figure5 :Stérilisateur TBM**

**a)Caractéristiques techniques du Stérilisateur :**

**Encombrement :** Longueur : 2700mm

Largeur : 1040mm

Hauteur : 1610 mm

**Pression d'air :** 4 Bars.

**Pression de vapeur :** 2,7 Bars.

**Volume :** 3350 litres coté cuve.

416 litres coté double enveloppe.

**Timbre :** 3 Bars coté cuve et double enveloppe.

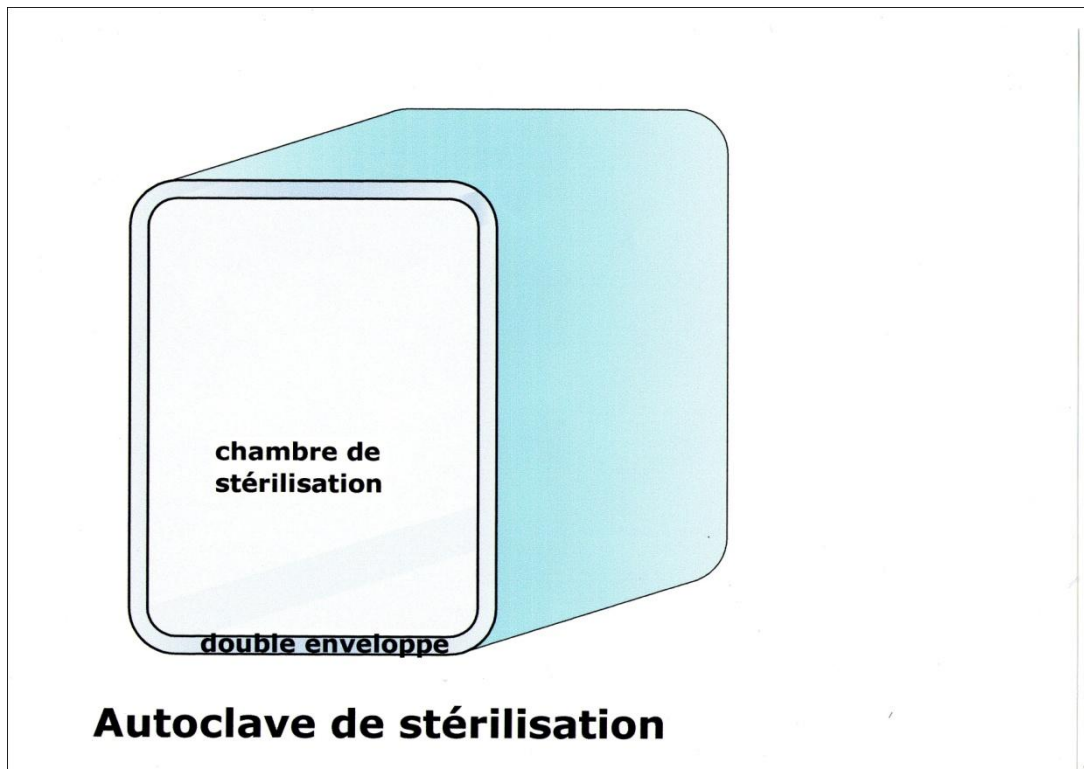
**Pression de calcul :** Vide / 3 bars coté cuve et double enveloppe.

**Pression d'épreuve :** 6 Bars coté cuve et double enveloppe.

**Couleur :** Inox.

**Tension d'alimentation :** 3 x 400 V / 50 Hz.

**b) Liste des principaux éléments du Stérilisateur :****1. Autoclave (chambre de stérilisation) :**



**Figure6 : Autoclave de stérilisation**

L'Autoclave de stérilisation est de forme extérieure parallélépipédique et construite, en règle générale, en acier inoxydable type 316 Ti. Dans la plupart des cas, la paroi extérieure est isolée avec de la laine minérale afin de réduire les risques de brûlures et les déperditions thermiques vers l'ambiance de la zone technique. Il se compose de :

- \*Une double enveloppe
- \* Une chambre de stérilisation
- \* Les portes (coté non stérile et coté stérile)

#### **i. La double enveloppe :**

Elle a pour but:

- réchauffer la chambre de stérilisation par conduction de la chaleur au travers de la paroi de séparation.
- Revaporiser la vapeur condensé.

## **ii. La chambre de stérilisation :**

Comme son nom l'indique, la chambre de stérilisation est destinée à recevoir les charges à stériliser alternativement:

- Elle reçoit la vapeur de la double enveloppe ou en direct du générateur et, par conséquent elle monte en température et en pression.
- On y fait le vide.

Il en résulte des contraintes thermiques et mécaniques importantes qui imposent à la structure de la chambre d'être robuste.

Les "set" de stérilisation sont normalisés selon différents modules standards. On Parle de :

- **STE (600x300x300)**
- **ISO (600x400x200)**
- **SPRI (585x395x195)**

Sur base de ces modules, on peut qualifier la capacité utile de la chambre de stérilisation, par exemple, 8 STE, 9 ISO, 9 SPRI pour un volume interne de chambre de l'ordre de 580 litres.

Le fond de cuve est aménagé pour recevoir les condensats qui ultérieurement seront évacués par la pompe à vide.

## **iii. Les portes :**

Dans la plupart des services de Stérilisations Centrales, les autoclaves sont dotés de deux portes automatiques à ouverture horizontale ou verticale (un côté zone "propre", l'autre côté zone stérile). Ces portes, construites en acier inoxydable type 316 Ti, doivent être :

- étanches,
- thermiquement isolées pour limiter les brûlures par contact des parois et les déperditions,
- robustes pour résister à la pression exercée par la vapeur et au vide produit par la pompe à vide.

Mise à part la porte en temps que telle, le joint de porte est la pièce maîtresse du bloc de porte; c'est lui qui conditionne l'étanchéité et, par conséquent, la réussite de l'épreuve de stérilisation.

Pour isoler thermiquement les portes de la zone d'ambiance, on utilise souvent de la laine minérale.

## **2. pompe à vide :**

C'est un outil permettant de faire le vide, c'est-à-dire d'extraire l'air ou tout autre gaz contenu dans une enceinte close, afin d'en diminuer la pression.

N°	Désignation	Composants et Références
1	Eléments constitutifs	*moteur électrique réf : AM112MAA4 U 230/380 P4kw V: 1430/min  *pompe type : MEX 150/6B N° série : 031110/06



Figure7 : Pompe à vide

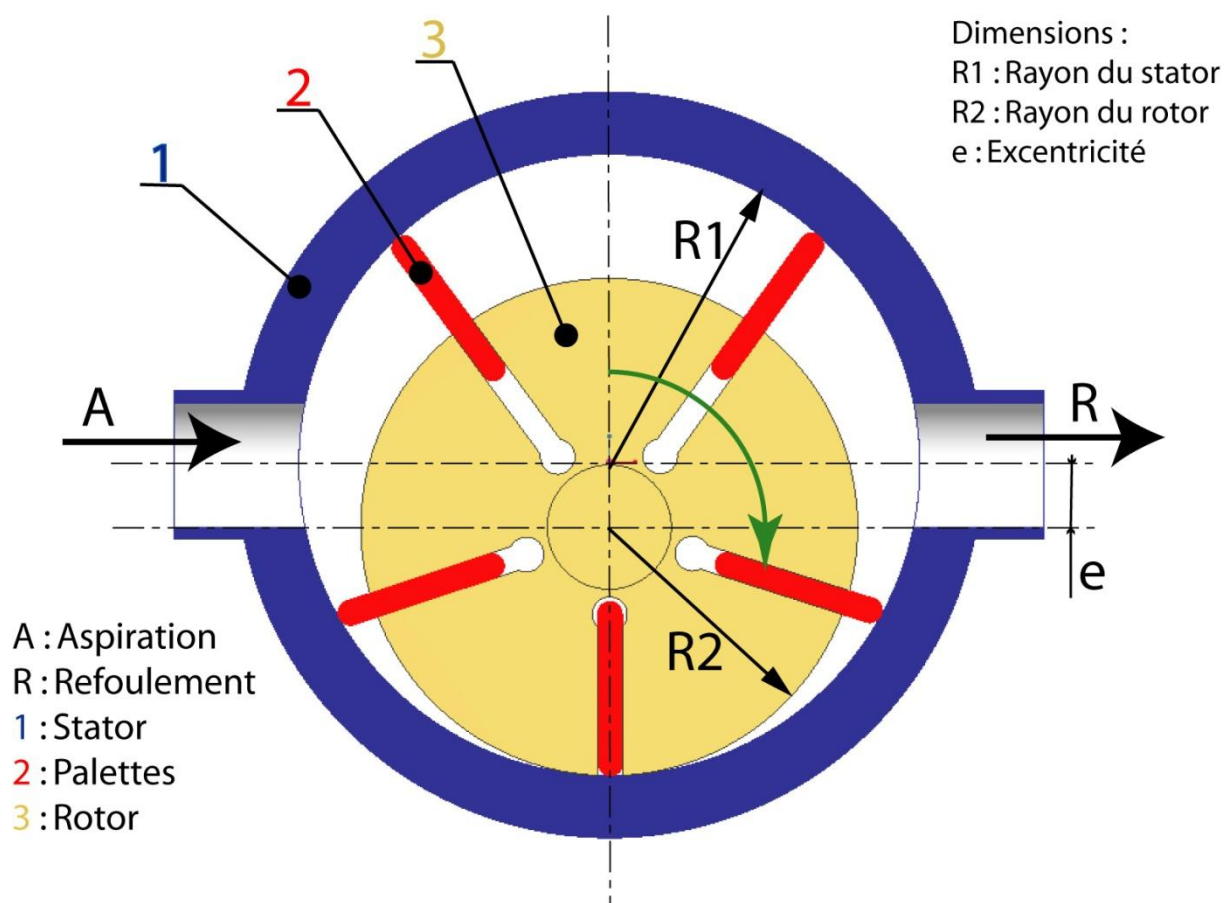


Figure 8 : Dessin en coupe d'une pompe à vide



### 3. Réseau pneumatique :

N°	Désignation	Composants
1	Eléments constitutifs	*Détendeur régulateur (vannes pneumatiques) *Manomètre 0à16bar d'air (vannes pneumatiques) *Détendeur régulateur (vérins pneumatiques) *Manometre0à10 bar d'air *Electrovanne ouverture porte NS *Electrovanne fermeture porte NS *Electrovanne ouverture porte S *Electrovanne fermeture porte S *Electrovanne pilote vide *Electrovanne pilote vapeur *Electrovanne purge directe *Electrovanne purge par purgeur *Electrovanne air filtré *Electrovanne vapeur double paroi *Electrovanne petit vide *Pressostat d'air

### 4. Réseau vapeur d'eau: Assure l'alimentation de l'autoclave de stérilisation ainsi que la double enveloppe en vapeur d'eau :

N°	Désignation	Composants
1	Eléments constitutifs	*Détendeur régulateur de vapeur Ø 50mm réglé à 2.7bar *Vanne à principale d'alimentation vapeur Ø 50mm en fonte *Séparateur d'eau en inox ØE 33.4mm *Vanne rapide de purge (séparateur)



		*Vanne rapide en inox (chambre) Ø E 33.4mm *Vanne rapide en inox (double enveloppe) Ø E 33.4mm
--	--	---

**5. Réseau eau :** est destiné à refroidir la pompe à vide et la bache de condensat

N°	Désignation	Références
1	Eléments constitutifs	*filtre à eau Ø 20mm *électrovanne d'eau A.C.L type 301 24volts Ø 20mm refroidissement pompe à vide *électrovanne d'eau A.C.L type 301 24volts Ø 20mm refroidissement bache de condensât  *bache à eau pour refroidissement : -pompe à vide -condensât de vapeur d'eau *sonde PT100 cuve *manomètre 0à10 bar *vanne rapide d'eau Ø 20mm

## 6. Commande électrique

N°	Désignation	Références
----	-------------	------------

	Eléments constitutifs	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Contacteur pour pompe à vide 24v</li> <li>*Disjoncteur 3A MER 20743</li> <li>*Disjoncteur 4P 4D 63A</li> <li>*Corps contact ouvert</li> <li>*Disjoncteur 16A</li> <li>*Transformateur</li> <li>*Disjoncteur magneto thermique pompe 4-6,3A</li> <li>*Contact auxiliaire</li> <li>*Disjoncteur 1A de chauffe</li> <li>*Disjoncteur magnéto thermique porte 4-6,3A</li> <li>*Déclencheur à émission MS</li> <li>*Sectionneur BACCO</li> <li>*Contact auxiliaire pour sectionneur BACCO</li> </ul>
--	-----------------------	---

## 7. Pupitre opérateur :

Permet, tout en s'affranchissant des moyens de communication entre l'opérateur et l'automate, de déclencher :

- l'affichage de messages,
- l'affichages des alarmes,
- les saisies de valeurs modifiables de paramétrage du processus des différents cycles.

Les fonctions Dialogue Opérateur sont ainsi intégrées à l'application automate.



Figure9 : Pupitre opérateur VT 420



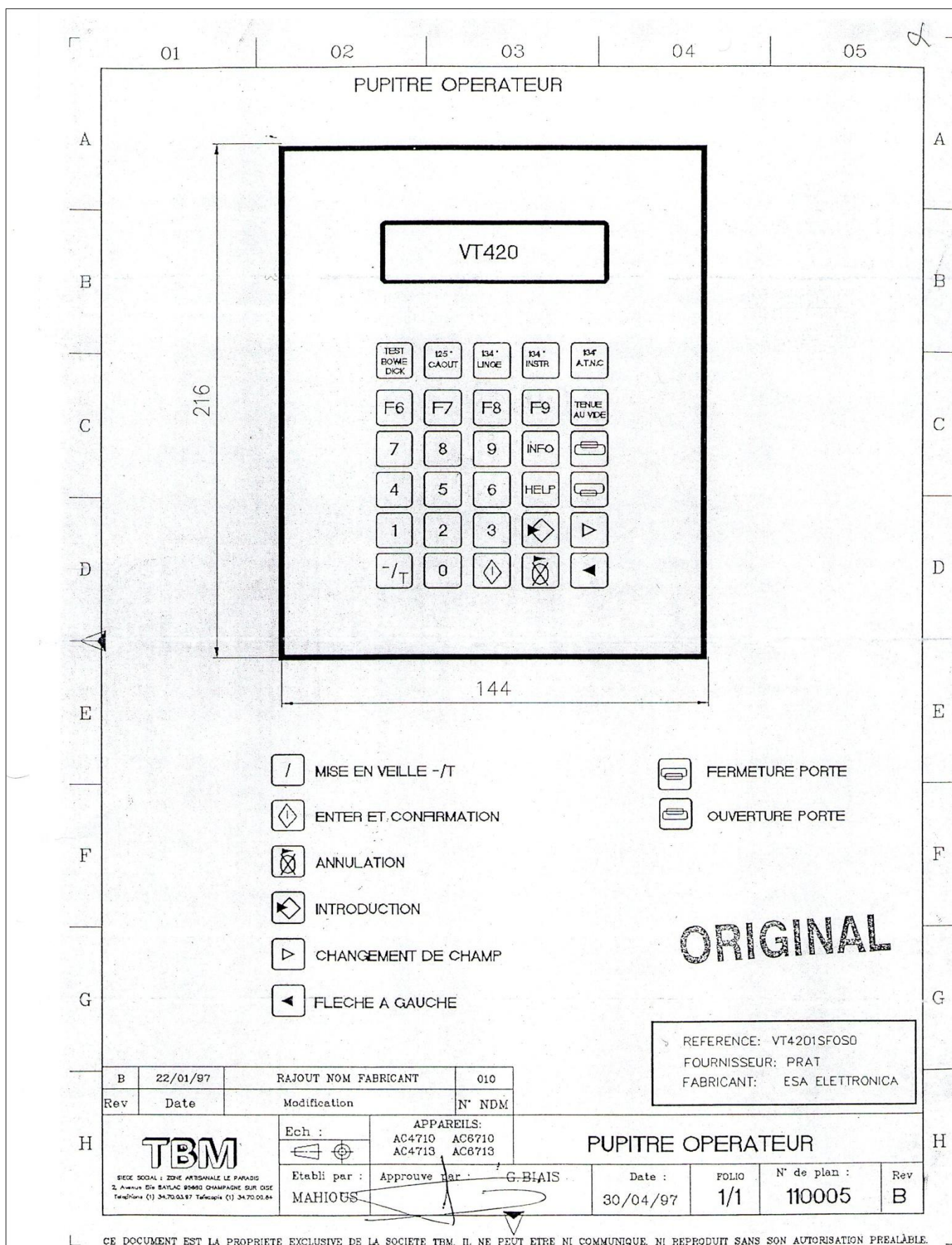


Figure10 : Dessin d'un Pupitre opérateur

N°	Désignation	Composants
	Eléments constitutifs	Ecran clavier touches de fonction

**8. Imprimante EPSON LX 300+ :** Assure l'impression des paramètres des différents cycles :

- test de tenue de vide,
- test BOWI-DICK ;
- stérilisation

N°	Désignation	Composants
01	Eléments constitutifs	Câble de connexion Cartouche en ruban Imprimante Support papier

**9. Enregistreur graphique (température et pression) :** Assure l'enregistrement des paramètres

N°	Désignation	Composants
	Eléments constitutifs	Cartouche tête à jet d'encre Graphique accordéon

**10. Commandes informatisées par Automate programmable (automate TSX 37 21) :**

Assure l'assistance automatique du processus de stérilisation (chapitre III)

### 11. Chariot de stérilisation : Assure le chargement et le déchargement de la gaze

N°	Désignation	Composants
	Eléments constitutifs	Carcasse en inox Roues en inox

### 12. Filtre à air

Le filtre à air ne doit pas être auto-stérilisable.

L'air respirable utilisé après stérilisation, pour remise à la pression atmosphérique, doit être filtré pour empêcher la recontamination microbienne de la charge qui a été stérilisée.

Le filtre à air doit retenir les particules de diamètre supérieur ou égal à 0,3mm avec une efficacité de 99,9%.

L'admission d'air filtré termine le cycle de stérilisation et permet de ramener la pression du récipient à la pression atmosphérique 0, pour effectuer l'ouverture de porte.

Il est nécessaire qu'un stérilisateur soit muni d'un système de déconnexion et d'un clapet anti-retour sur la canalisation d'évacuation des eaux pour deux raisons :

- abaissement de la température de rejet du fluide;
- élimination du risque de remontée de la flore bactérienne, ainsi que la remontée du fluide.

#### c) Les capteurs utilisés :

Un capteur est un dispositif qui transforme l'état d'une grandeur physique observée en une grandeur utilisable, exemple : une tension électrique, une hauteur de mercure, une intensité, la déviation d'une aiguille.... . Nous faisons souvent (à tort) la confusion entre *capteur* et transducteur : le capteur est au minimum constitué d'un transducteur.

Le capteur se distingue de l'instrument de mesure par le fait qu'il ne s'agit que d'une simple interface entre un processus physique et une information manipulable. Par opposition, l'instrument de mesure est un appareil autonome se suffisant à lui-même. Il dispose donc d'un affichage ou d'un système de stockage des données. Ce qui n'est pas forcément le cas du capteur.

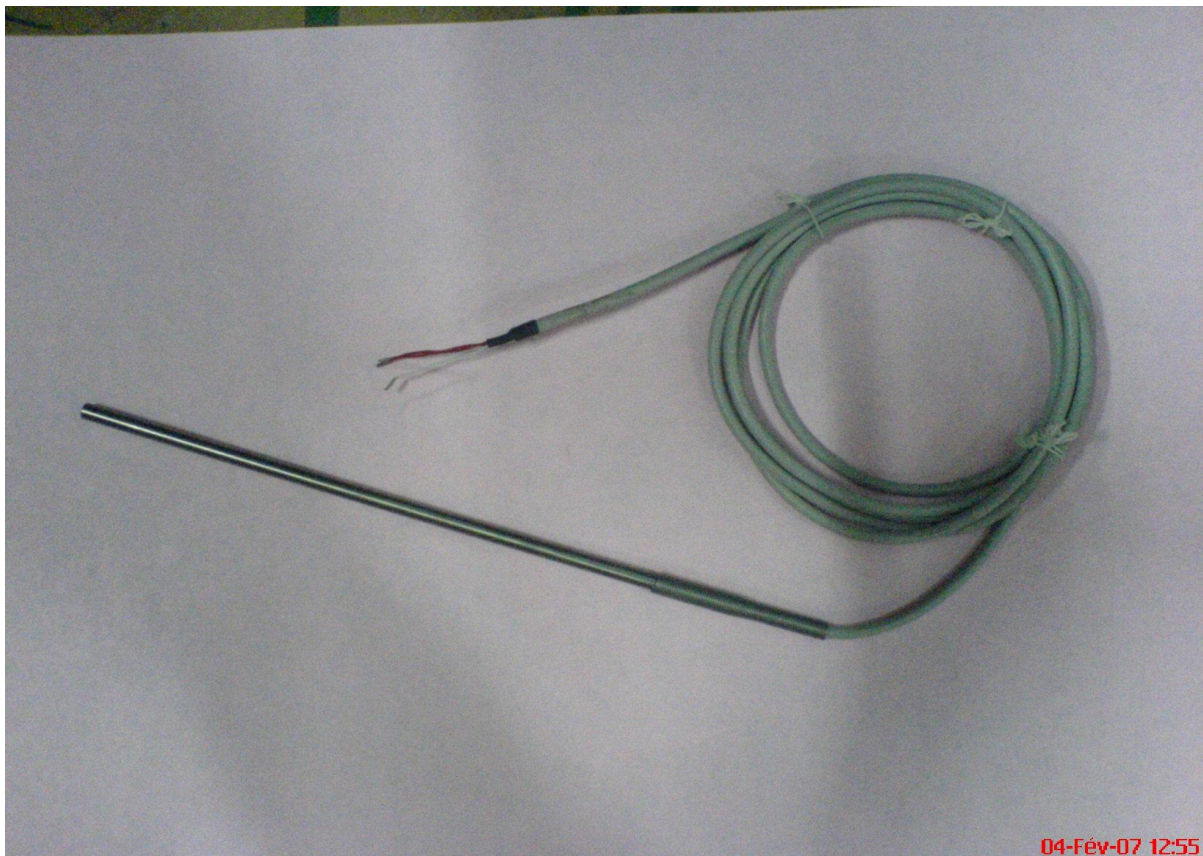


Les capteurs sont les éléments de base des systèmes d'acquisition de données. Leur mise en œuvre est du domaine de l'instrumentation.

Un des principaux capteurs qu'on utilise dans le stérilisateur est :

- **Sonde PT 100 :**

La sonde PT100 permet de mesurer le changement de résistivité d'un filament de platine enroulé autour d'une tige de verre. Il y en a de plusieurs grosseurs et plusieurs formes en fonction de l'utilisation. En général, les sondes PT100 ont une valeur de résistivité de 100 ohms pour 0°C. La variation de résistivité est environ de 0.5 ohms/°C, avec une précision de +/- 0.3°C. De même il est à noter, qu'une sonde PT100 n'est plus représentative de la température au-dessus de 100°C.



**Figure11 : Sonde pt 100**

- **Capteur de pression 0+4 bar absolue :**

Une sonde de pression est un dispositif destiné à convertir les variations de pression en variations de tension électrique.

Lorsque la sonde est reliée à un système numérique, les variations analogiques sont d'abord converties en signaux numériques binaires par un convertisseur analogique-numérique avant d'être transmises à l'ordinateur de contrôle et de gestion.

L'unité de pression fournie par la sonde peut être exprimée en différentes unités, telle que bar, pascal, etc.

Une pression absolue utilise le vide comme point de départ de l'échelle. Il est impossible d'avoir une pression négative puisque le vide est la plus basse pression possible.

Un manomètre calibré avec le zéro absolu indiquera une valeur de 101325 Pa au niveau de la mer à cause de la pression atmosphérique.

Afin d'éviter l'addition répétitive de 101325 Pa, les instruments de mesures ont pour origine ("zéro") la pression atmosphérique. Ils indiquent donc la pression relative et non la pression absolue.



Figure12 :Capteur de pression 0+4 bar absolue



**d) Les alarmes existantes:**

Les alarmes sont activées pour :

- Coupure de courant inférieure à 20 secondes
- Manque air comprimé, appareil coincé sous vide
- Protection moteur porte stérile disjonctée
- Protection moteur porte non stérile disjonctée
- Pompe de remplissage hors service ou désamorcée
- Manque d'alimentation d'eau

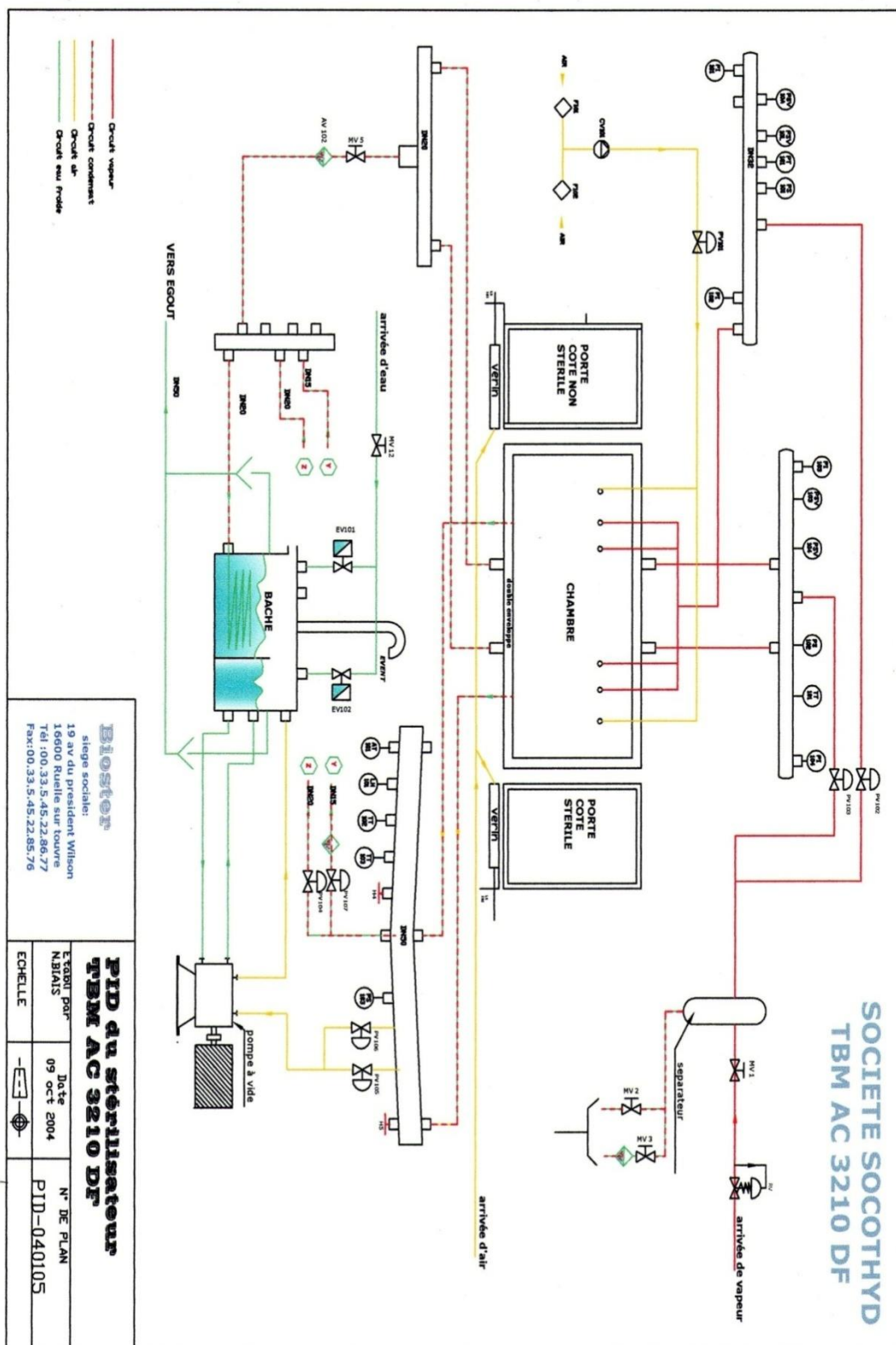
Ces différentes alarmes provoquent le déclenchement d'un bip sonore, l'allumage d'un voyant rouge « défaut » coté stérile et l'allumage d'une diode clignotante rouge sur la touche « INFO » du panneau coté non stérile.

La manœuvre de la touche « INFO » interrompt le bip sonore et provoque l'affichage de l'alarme.

Si plusieurs alarmes sont présentes simultanément, la manœuvre d'une des touches de portes permet de les faire défiler à l'afficheur ( le numéro de l'alarme et le nombre d'alarmes présentes sont affichés sur la première ligne du texte). Une seconde manœuvre de la touche « INFO » ramène à l'affichage normal du déroulement du cycle, toutefois, la diode rouge continuera à clignoter jusqu'à disparition de la totalité des alarmes en cours.

Le rappel du texte d'alarmes par la touche « INFO » est possible tant que l'alarme est présente.

- Les alarmes disparaissent :
  - 1) Lors de l'acquiescement au moyen de la touche « ENTER ». Exemple : une coupure de courant inférieure à 20 secondes se signalera par un bip et clignotant, sera affichée à l'écran par l'opérateur au moyen de la touche « INFO », et pourra ensuite être acquittée au moyen de la touche « ENTER »
  - 2) Lors de l'annulation de défaut. Exemple : le ré enclenchement d'un relais thermique disjoncté annule l'alarme correspondante.



**Figure 13 : PID du stérilisateur à vapeur d'eau**

**ANNEXE**

FCV	= Flow Control Valve
FI	= Flow Indicator
H	= Hand (manœuvre manuelle)
LCV	= Level Control Valve
LI	= Level Indicator
LIS	= Level Indicator
LT	= Level Transmetor
PC	= Pressure Control
PCV	=Pressure Control Valve
PI	= Pressure Indicator
PIC	= Pressure Indicator & Control
PT	= Temperature Transmetor
TC	= Temperature Control
TCV	= Temperature Control Valve
TI	= Temperature Indicator
TIC	= Temperature Indicator & Control
TT	=Temperature Transmetor
ZSH	= Position Security High
ZSL	= Position Security Low
MV	=(Manipulated Output Value)
PV	=Process Variable (mesure)
LSH	=Level Switch High
LSL	=Level Switch Low
PSH	=Pressure Switch High
PSL	=Pressure Switch Low
PSV	=Pressure Safety Valve (soupape)

**V. Conclusion :**

Pour assurer la mise en marche du stérilisateur on a eu besoin d'intégrer un automate programmable TSX micro 37-21 Télémécanique (SCHNEIDER Group) qui assurera le parfait fonctionnement du stérilisateur, ce dernier est conçu pour accomplir le processus physique de la stérilisation avec toutes ses étapes recommandées par les techniques biomédicales.

Ainsi pour avoir une meilleure stérilisation cela nécessitera une complémentarité entre trois différents domaines, c'est-à-dire qu'au début la biologie doit décrire le processus de ses étapes ensuite, la technologie va concevoir un appareil qui assurera la stérilisation et enfin l'automatisation de cet appareil pour le commander.

## **Chapitre III : Automate programmable**

### **TSX 37-21**

#### **(Télémécanique)**

#### **Schneider Group.**

### **Machine : stérilisateur à vapeur d'eau**

#### T B M (technique biomédical).

#### **1. Introduction :**

On nomme Automate Programmable Industriel, API (en anglais Programmable Logic Controller, PLC) un type particulier d'ordinateur, robuste et réactif, ayant des entrées et des sorties physiques, utilisé pour automatiser des processus comme la commande des machines sur une ligne de montage dans une usine, ou le pilotage de systèmes de manutention automatique. Là où les systèmes automatisés plus anciens employaient des centaines ou des milliers de relais et de cames, un simple automate suffit. On nomme automaticiens les programmeurs de ces Automates Programmables Industriels.

#### **2. Description du matériel :**

L'automate programmable (API) de type TSX Micro 37-21 01 de Télémécanique (Schneider group) et le logiciel d'application PL/7 Pro installés sur l'autoclave AC 47130 sont destinés à assister ce dernier pour le processus automatique de stérilisation.

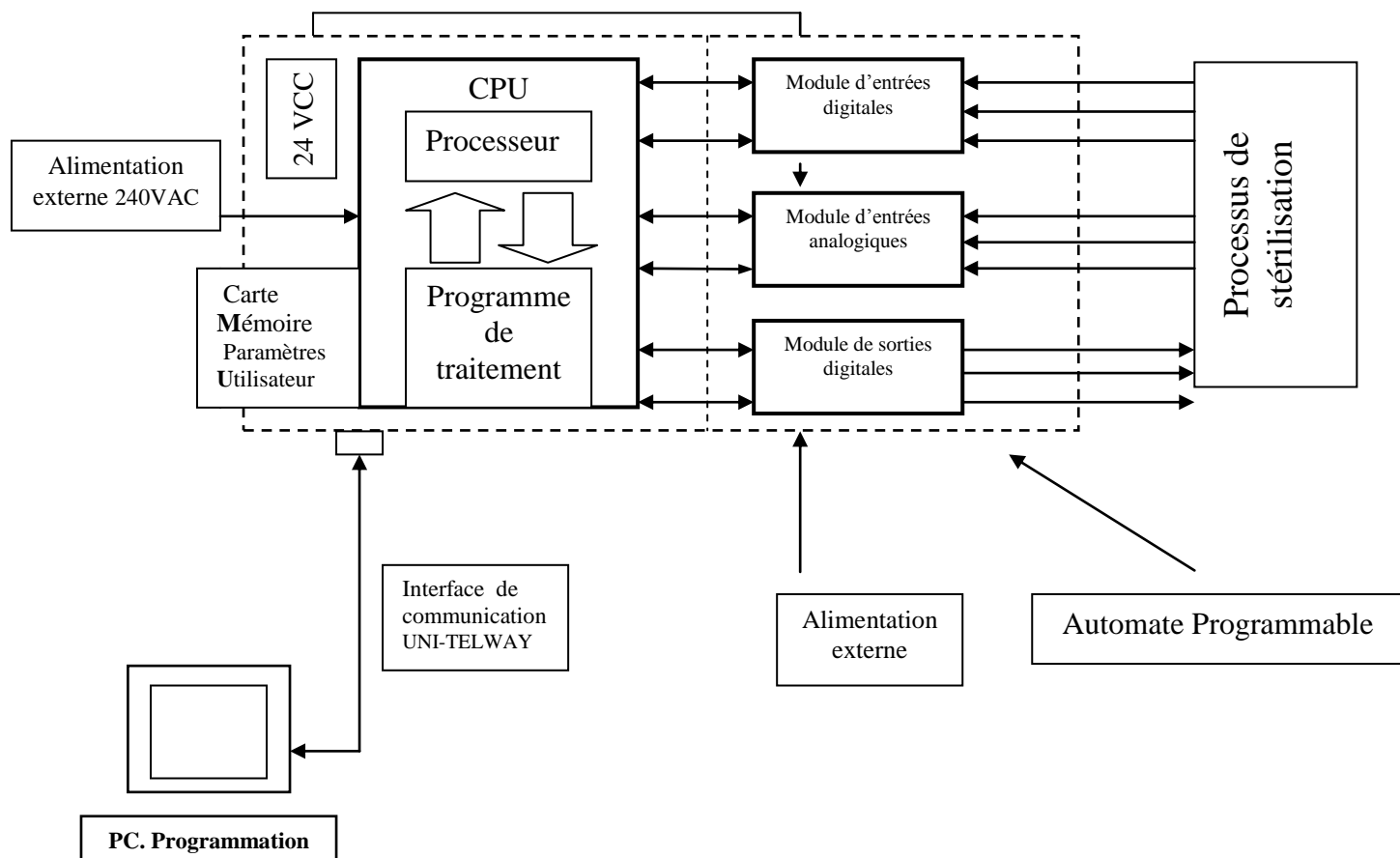
L'automate TSX 37-21 se compose d'un bac qui intègre l'alimentation 240 VCA, le processeur, la mémoire associée pour la sauvegarde du programme en cas de coupure de l'alimentation secteur et

3 emplacements pour les modules. Deux emplacements au format PCMCIA, permettent de recevoir respectivement une carte d'extension mémoire et un coupleur de communication

**N° de fabrication :** 99468A/B

**Code machine :** 05010033

Station TSX 37-21 et son environnement.



**Figure14 : station tsx 37-21**

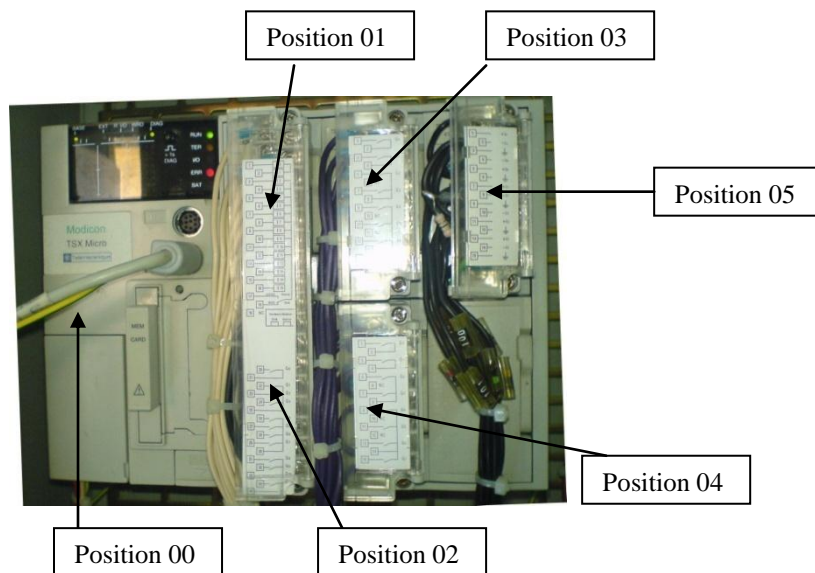
### 3. Constitution de l'automate installé :

- Un bloc Unité Centrale TSX 3721 (processeur) et son alimentation intégrée. (position 00)
- Un module entrées/sorties TSX DMZ 28 DR, (16 entrées position 01) (12 sorties position 02).
- Deux modules sorties TSX DSZ 08 R5 (positions 03 et 04).
- Un module entrées analogiques différentielles 16 Bits TSX AEZ 414 (position 05).
- Un emplacement vide pour recevoir un autre module (position 06)

Désignation du matériel	Références
Bloc Unité Centrale et alimentation	TSX 37-21 01
Module entrées/sorties 16 E / 12 S	TSX DMZ 28 DR
Module sorties	TSX DSZ 08 RS
Module sorties	TSX DSZ 08 RS
Module entrées analogiques diff. 16 Bits	TSX AEZ 414
Un emplacement vide pour module	.....

**Automate TSX 37-21 Télémécanique installé sur le stérilisateur à vapeur d'eau 99468A/B**

### 4. Emplacement des modules et de l'Unité Centrale.



**Figure 14 : emplacement des modules de la CPU**

#### a. La CPU. (Central Processing Unit)

A base de microprocesseur, elle réalise les fonctions logiques, arithmétiques, et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation...).

Processeur : 37 21

Version du processeur 3.0 (65)

Rack 0 Position 0

Adresse réseau SY. Nombre de bits forcés : 0.

Configuration logicielle de l'application : TSX 37 21 V2.0

	Type	Nombre	Registres	Mots
<b>Timers</b>	TM	0	%R0	16
<b>Timer série 7</b>	T	64	%R1	16
<b>Monostable</b>	MN	8	%R2	16
<b>Compteur</b>	C	32	%R3	16
<b>Registre</b>	R	4	-	-

Taille des zones de variables globales.

Booléennes : 256. Numériques : 512. Constantes : 128.

#### a. Points de contrôle de l'état de marche de l'Unité Centrale.

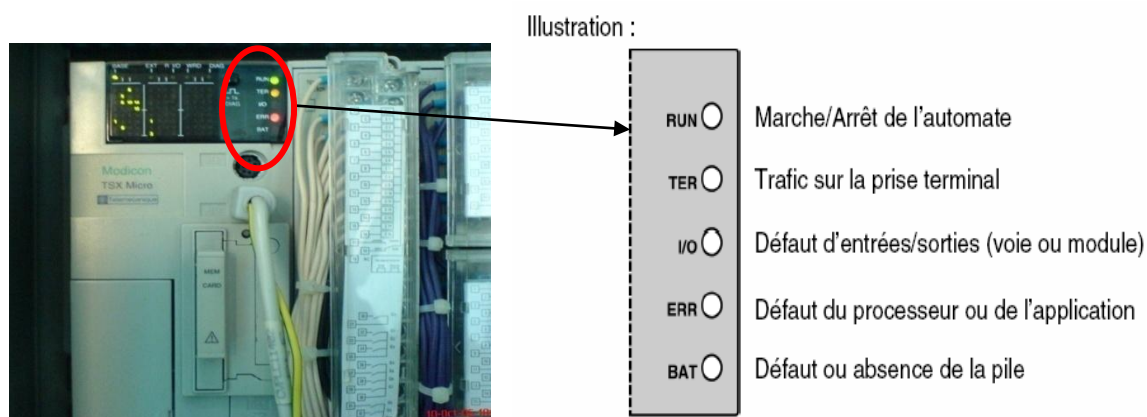


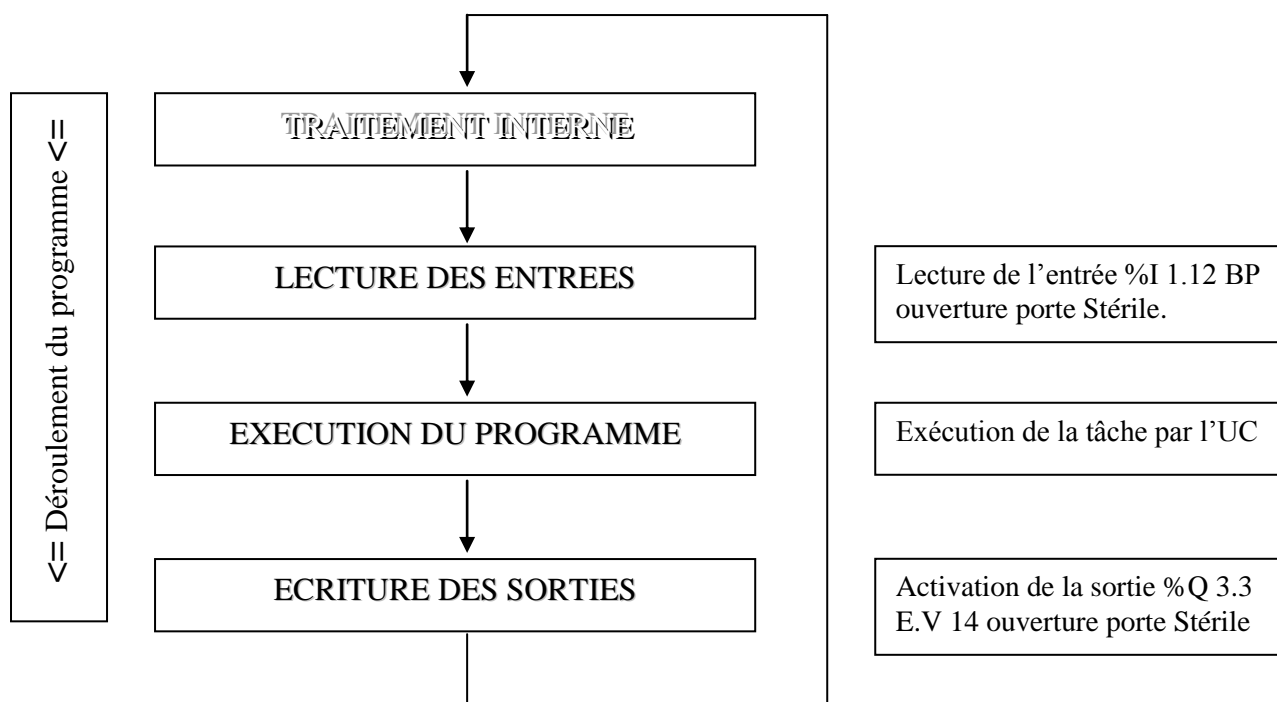
Figure16 : Points de contrôle de l'état de marche de l'Unité Centrale.

Etat des LEDs	Signification	Etat de la CPU
<b>Led RUN allumée en vert</b>	Automate en état de marche	La CPU traite normalement le programme d'application



<b>Led TER</b> <b>Clignotement jaune</b>	Echange de données sur la prise TERMINAL	Communication correcte avec la périphérie
<b>Led I/O éteinte</b>	Aucun défaut d'entrées/sorties	La CPU ne détecte aucun défaut d'entrées / sorties
<b>Led ERR éteinte</b>	Pas de défaut du processeur ni de l'application	Fonctionnement correct du processeur et de l'application
<b>Led BAT éteinte</b>	Ni absence de pile ni défaut	Fonction et charge correcte de la pile de sauvegarde de la mémoire RAM interne

### b. Contrôle en boucle de l'Unité Centrale. (Cycle complet)



L'Unité Centrale doit assurer en permanence un cycle opératoire qui comporte 3 types de tâches :

- ✓ L'acquisition de la valeur des entrées (Lecture).
- ✓ Le traitement des données.

- ✓ L'affectation de la valeur des sorties (Ecriture)

### Tableau des repères :

Description en fonction des repères.

Repère	Description
1	Bac à 3 emplacements, intégrant l'alimentation, le processeur et sa mémoire de base
2	Trou de fixation de l'automate
3	Bloc de visualisation centralisée
4	Prise terminal TER
5	Prise de dialogue opérateur AUX
6	Emplacement pour carte d'extension mémoire. En absence de carte, cet emplacement est équipé d'un cache qu'il est obligatoire de maintenir en place, son extraction provoque : <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'arrêt de l'automate</li> <li>- l'inactivation de la prise terminale TER</li> </ul>
7	Trappe d'accès aux bornes d'alimentation
8	Etiquette à renseigner pour le changement de pile
9	Bornes d'alimentation
10	Emplacement pour un coupleur de communication
11	Trappe d'accès à la pile optionnelle et au commutateur de protection en écriture du système d'exploitation
12	Connecteur de raccordement du mini bac d'extension, protégé de base par un cache amovible
13	Dispositif pour montage sur profilé DIN

### 5. Caractéristiques, références et localisation des matériels installés. (Télémécanique) :

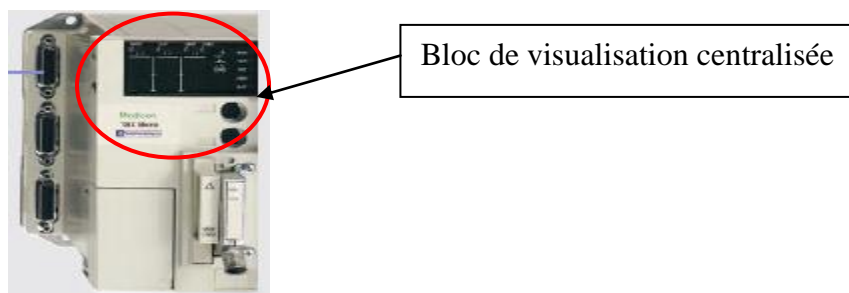


Figure17 : Bloc Unité centrale et alimentation intégrée : TSX 3721. (Position 00)

- Le bloc Unité centrale:

Désignation du matériel en place	Référence
----------------------------------	-----------

Processeur central et alimentation	TSX 37-21 01
Pile de sauvegarde mémoire interne	TSX PLP 01
Bloc de visualisation centralisée	.....
Prise terminale – TER	.....
Prise de dialogue opérateur - AUX	.....
Carte mémoire (RAM externe)	TSX MRP P128K
Pile de sauvegarde mémoire externe	TSX BAT M01
Emplacement coupleur communication	.....
Bornes d'alimentation de l'automate	.....

⇒ **Module des entrées digitales: TSX DMZ 28 DR**

- Affectation de l'adressage des entrées digitales de chaque capteur et détecteur. Selon le câblage de l'entreprise

Ce contrôle dynamique de l'adressage des entrées consiste à activer une à une les différentes entrées et de vérifier leur état de marche sur le bloc de visualisation de l'Unité Centrale.

<b>Adressage / entrées</b>	<b>Désignation du composant concerné</b>
%I 1.0	Relais thermique pompe à vide
%I 1.1	Entrée libre
%I 1.2	Entrée libre
%I 1.3	Pressostat joint
%I 1.4	Entrée non utilisée
%I 1.5	Pressostat t cuve 2.5 Bar. Sécurité
%I 1.6	Fin de course porte Non Stérile fermée
%I 1.7	Fin de course porte Non Stérile ouverte
%I 1.8	Fin de course porte Stérile fermée
%I 1.9	Fin de course porte Stérile ouverte
%I 1.10	Capteur de pression vapeur
%I 1.11	Entrée non utilisée
%I 1.12	Bouton poussoir ouverture porte Stérile
%I 1.13	Bouton poussoir fermeture porte Stérile
%I 1.14	Pressostat Double Paroi – sécurité porte
%I 1.15	Si double face

### ⇒ Module sorties digitales (1)

Affectation de l'adressage des sorties des différents actionneurs selon le câblage utilisé par l'entreprise

Adressage sorties	Désignation
%Q 2.0	EV1 gonflage joint + relais enregistreur
%Q 2.1	EV dégonflage joint
%Q 2.2	EV pilote vide
%Q 2.3	EV pilote vapeur
%Q 2.4	EV5 purge directe
%Q 2.5	EV6 purge par purgeur
%Q 2.6	EV air filtré
%Q 2.7	EV vapeur
%Q 2.8	Débit d'eau – Pompe à vide
%Q 2.9	Débit d'eau de bêche
%Q 2.10	EV vapeur double paroi
%Q 2.11	EV petit vide
%Q 3.0	EV11 fermeture porte (non stérile)
%Q 3.1	EV12 ouverture porte (non stérile)
%Q 3.2	EV13 fermeture porte (stérile)
%Q 3.3	EV14 ouverture porte (stérile)
%Q 3.4	Relais pompe à vide
%Q 3.5	Cycle en cours
%Q 3.6	Fin de cycle
%Q 3.7	Défaut (lampe de signalisation)

### ⇒ Module sorties digitales (2)

Affectation de l'adressage des sorties des différents actionneurs. (Selon le câblage utilisé par l'entreprise)

Adressage /	Affectation :
-------------	---------------

<b>sorties</b>	
%Q 4.0	Voyant porte NS ouverte (côté NS)+Voyant porte NS ouverte (côté ST)
%Q 4.1	Voyant porte NS fermée (côté NS)+Voyant porte NS fermée (côté ST)
%Q 4.2	Voyant porte ST ouverte (côté NS)+Voyant porte ST ouverte (côté ST)
%Q 4.3	Voyant porte ST fermée (côté NS)+Voyant porte ST fermée (côté ST)
%Q 4.4	Sortie libre
%Q 4.5	Sortie libre
%Q 4.6	Sortie libre
%Q 4.7	Contacteur pompe injection

**Après avoir procédé à nos propres modifications pour le câblage de la station nous sommes arrivé à :**

<b>Adressage / entrées</b>	Désignation du composant concerné
%I 1.0	Bouton poussoir (1) fermeture portes stériles
%I 1.1	Bouton poussoir (2) ouverture portes stériles
%I 1.2	Fin de course (1) fermeture porte stériles
%I 1.3	Fin de course (2) fermeture portes non stériles
%I 1.4	Début de course (1) ouverture portes stériles
%I 1.5	Début de course (2) ouverture portes non stériles
%I 1.6	Bouton poussoir tenue au vide
%I 1.7	Bouton poussoir linge
%I 1.8	Bouton poussoir test Bowie-Dick
%I 1.9	Capteur de pression vapeur
%I 1.10	Capteur e temperature
%I 1.11	Purgeur
%I 1.12	Capteur de pression double paroi
%I 1.13	Capteur de température double paroi
%I 1.14	BM bouton poussoir chauffage

%I 1.15	Entrée non utilisée
---------	---------------------

Affectation de l'adressage des sorties des différents actionneurs après avoir effectué notre propre câblage :

Adressage sorties	Désignation
%Q 2.0	EV1 fermeture portes stériles
%Q 2.1	EV2 fermeture portes non stériles
%Q 2.2	EV 3 ouverture portes stériles
%Q 2.3	EV 4 ouverture portes non stériles
%Q 2.4	EV5 pilote vide
%Q 2.5	EV6 gonflage joints
%Q 2.6	EV 7 injection vapeur
%Q 2.7	EV 8 purge vapeur
%Q 2.8	EV9 air filtré
%Q 2.9	Dégonflage joint
%Q 2.10	Relais pompe a vide
%Q 2.11	Sortie libre
%Q 3.0	Voyant portes stériles
%Q 3.1	Voyant porte non stériles
%Q 3.2	Voyant cycle en cours
%Q 3.3	Enregistreur
%Q 3.4	Chauffage allumé
%Q 3.5	Chauffage éteint

- **Bloc de visualisation :**

Il centralise l'ensemble des services nécessaires à la mise en œuvre, à l'exploitation, au diagnostic et à la maintenance de l'automate, de tous ses modules positionnés dans le bac de base ou dans le mini bac d'extension.

**Illustration**

Bloc visualisation sur Micro :

Bouton poussoir

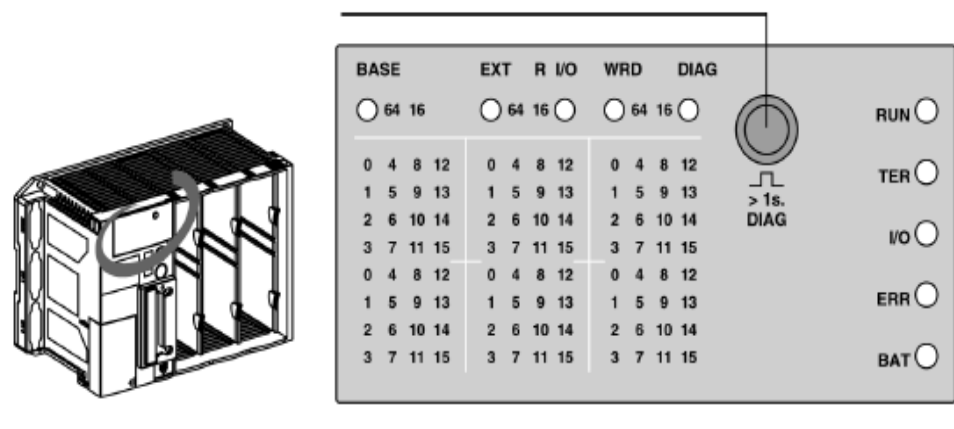


Figure 18 :bloc de visualisation sur Micro

**Le bloc de visualisation propose les services suivants :**

- Visualisation de l'état de l'automate.
- Visualisation de l'état des entrées/sorties.
- Test du câblage des entrées/sorties TOR (Tout Ou Rien), en l'absence de programme d'application.
- Diagnostic des entrées/sorties et des modules.
- Visualisation de données internes au programme (bits, mots, bits d'entrées/sorties).

**Description.**

Le bloc de visualisation propose

- Sur la droite, 5 voyants d'état qui renseignent sur le fonctionnement de l'automate. (RUN, TER, I/O, ERR, BAT).

Illustration :

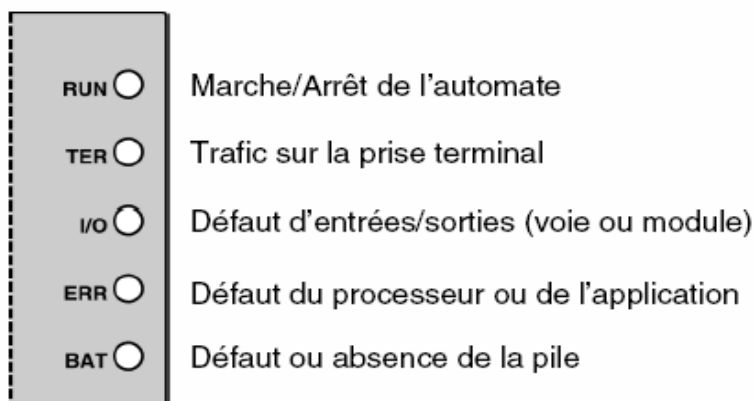


Figure 19 : voyants d'état du fonctionnement de l'automate

- En partie supérieure, 5 voyants d'état qui renseignent sur le mode de visualisation en cours :

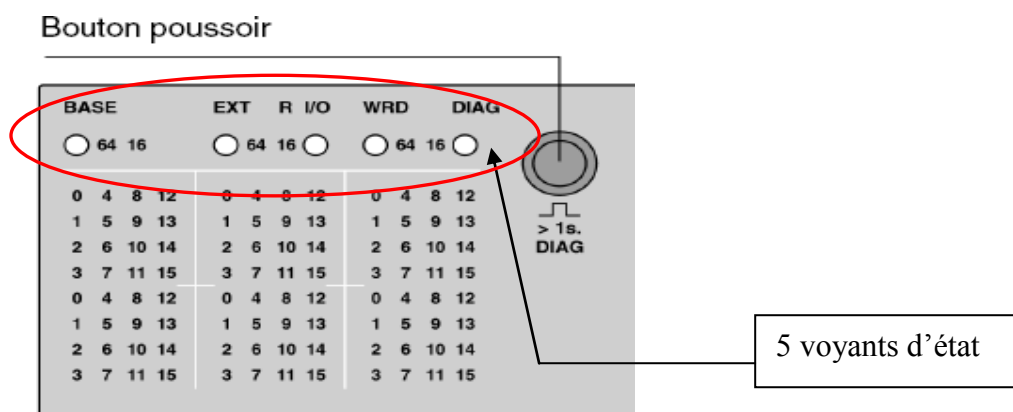


Figure 20 : voyants d'état du mode de visualisation

• Voyant <b>BASE</b> : mode visualisation des entrées/sorties de la base
• Voyant <b>EXT</b> : mode visualisation des entrées/sorties du mini bac d'extension.
• Voyant <b>R I/O</b> : mode visualisation des entrées / sorties sur bus AS-i
• Voyant <b>WRD</b> : mode visualisation des objets du langage.
• Voyant <b>DIAG</b> : mode diagnostic.

- 3 blocs de 32 voyants qui renseignent sur les modules contenus dans l'automate ou dans son extension : état des entrées / sorties TOR, voies ou modules en défaut.
- Un bouton poussoir qui permet de visualiser la suite des informations et / ou de changer le mode de visualisation (mode visualisation des entrées / sorties ou diagnostic.) En mode WRD ce bouton poussoir permet de choisir la table des objets affichés.
- **Carte mémoire TSX MRP P 12:**



Carte mémoire externe programmable par l'utilisateur, son rôle est de servir de mémoire de sauvegarde des paramètres utilisés par l'application en cas de coupure de l'alimentation. Elle contient toutes les valeurs de paramétrage du processus de stérilisation, son contenu est sauvegardé par une pile de longue durée intégrée à la carte mémoire.

carte PCMCIA et TSX 37 :

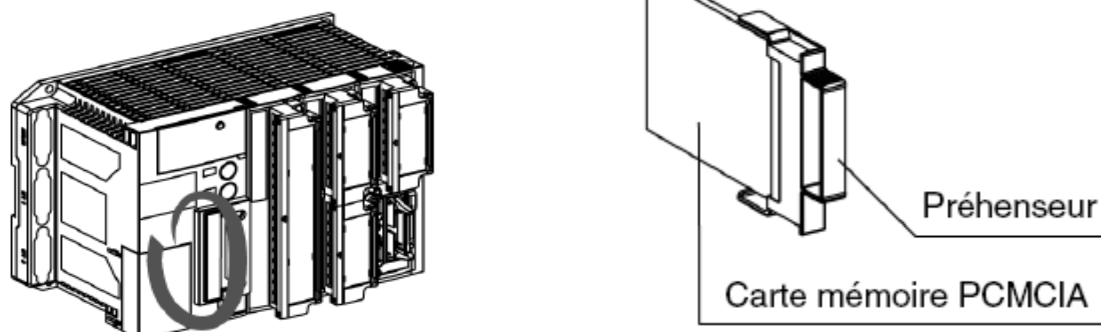


Figure 21 : Schéma descriptif de la carte PCMCIA

L'espace mémoire interne de l'automate TSX 37-21 se compose de deux espaces distincts.

- Une mémoire RAM interne d'une capacité de 20 Kmots qui sert au programme application. De plus, la mémoire application peut être étendue par une **Carte mémoire PCMCIA** de 32 K mots.

La mémoire interne est sauvegardée par une batterie de 3,6 V dont l'autonomie est de 2 ans

- **Prise terminal TER:**

Configurée en UNI-TELWAY (Protocole de communication PL 7) la prise terminal permet le raccordement d'un terminal de programmation.

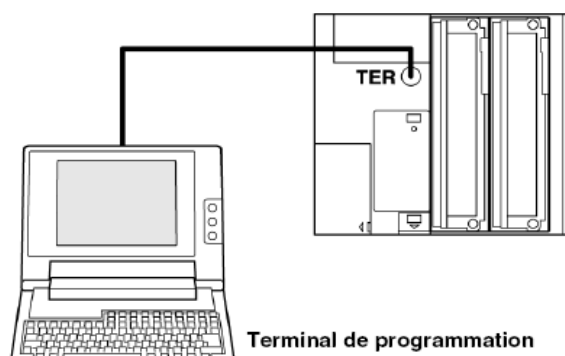


Figure22 : terminal de programmation

- **Prise de dialogue opérateur – AUX :**

La prise AUX sert de connexion au pupitre opérateur pour communiquer avec l'automate, l'équipement utilise le protocole de communication UNI-TE.

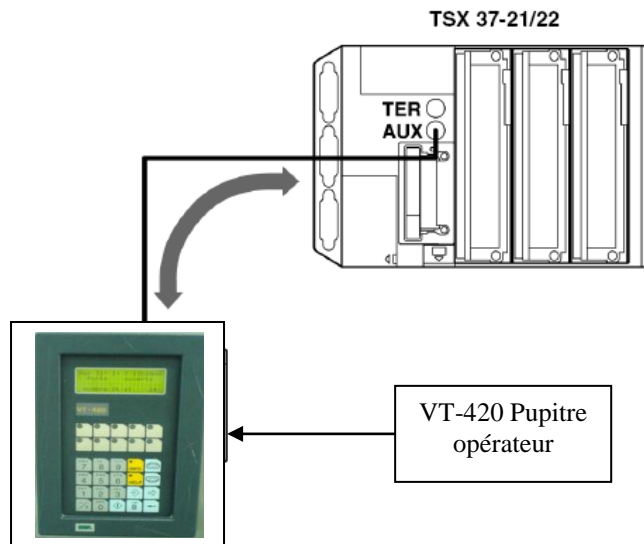


Figure 23 : prise AUX

- **Module entrées/sorties TSX DMZ 28 DR** (16 entrées : position 01).  
(12 sorties : position 02).

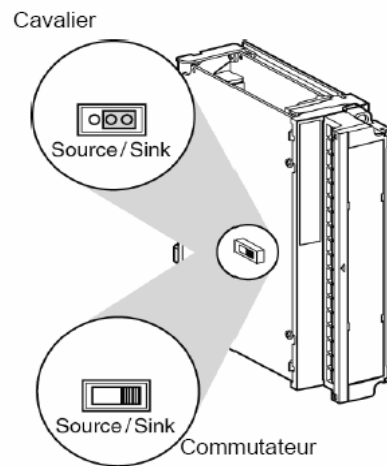
#### Caractéristiques du module :

Le module TSX DMZ 28 DR comporte 28 entrées / sorties réparties comme suit :

- 16 entrées 24 Vcc, logique positive type 1, ou logique négative.
- 12 sorties à relais

#### Les entrées peuvent être.

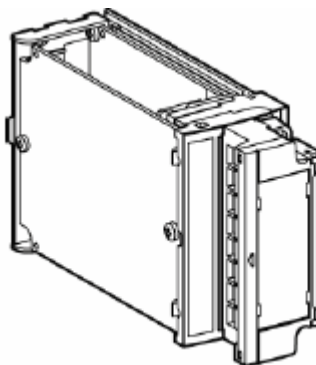
- Soit à logique positive (position sink), dans ce cas, le commun des capteurs est relié au + de l'alimentation.
- Soit à logique négative (source), dans ce cas, le commun des capteurs est relié au – de l'alimentation.

**Illustration****Figure 24 : Module TSX DMZ28 DR**

Le choix s'effectue par :

- Positionnement d'un commutateur ou d'un cavalier situé sur le module pour l'adaptation physique. Par défaut, la configuration matérielle est sink (Logique positive)
- Configuration logicielle pour adapter les signaux au sens logique.
- Le module installé sur la station TSX 37-21 du stérilisateur à vapeur d'eau est configuré en position sink (Logique positive).

- **Module sorties TSX DSZ 08 R5** (Positions 03 et 04).

**Figure 25 : Module sorties TSX DSZ 08 RZ****Caractéristiques du module :**

Le module TSX DSZ 08 R5 comporte 8 sorties relais.

- Courant consommé sur 24 V : 5 mA + 10 mA par sortie à 1.
- Puissance dissipée dans le module : 1,5 W.
- Température de fonctionnement : 0 à +60°C
- Tension limite d'emploi (Continu/alternatif) : 10...34 Vcc/19...264Vca.
- Courant maximum : 5A.
- Temps de réponse (Enclenchement/déclenchement) : 10ms.
- Type de contact : à fermeture.

**Deux modules sortis de même référence sont installés sur la base de la station TSX 37-21.**

- **Module entrées analogiques différentielles 16 Bits TSX AEZ 414 (position 05):**

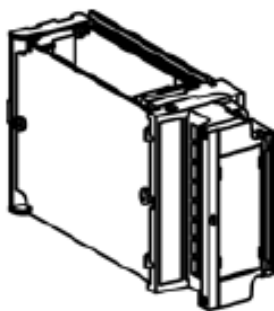
Le module TSX AEZ 414 est une chaîne d'acquisition multi gamme, à quatre entrées différentielles. Elle permet de réaliser l'acquisition d'un signal analogique provenant d'un capteur et sa conversion numérique (CAN) indispensable pour assurer un traitement par l'unité centrale.

**Caractéristiques du module :**

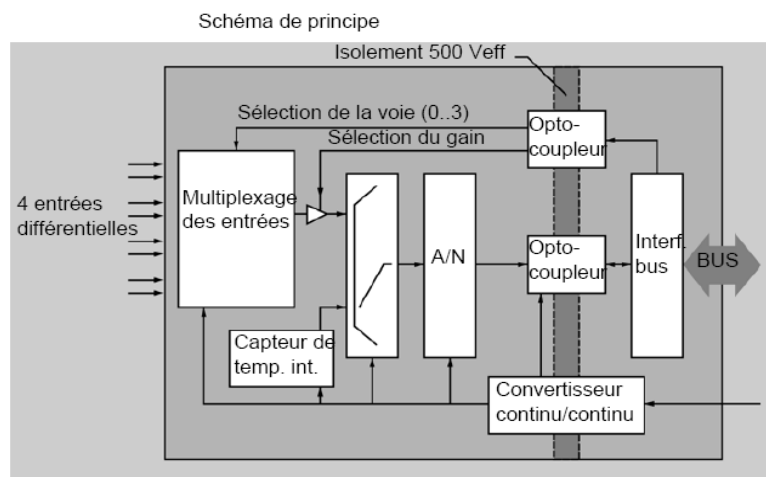
Le module TSX AEZ 414 offre pour chacune de ses entrées et suivant le choix fait en configuration, la gamme :

- Thermocouples B, E, J, K, L, N, R, S, T ou U.
- Thermo sondes Pt100 ou Ni1000 en 2 ou 4 fils.
- ) Haut niveau +/- 10V, 0-10V, 0-5V (0-20 mA avec un shunt externe) ou 1-5V (4-20 mA avec un shunt externe)

**Module TSX AEZ 414.**



**Figure 26 : module TSX AEZ 414**



**Figure 27 : Schéma de principe module TSX AEZ 414**

Le module AEZ 414 utilisé par la station TSX 37-21 du stérilisateur est configuré pour la gamme : Thermo sondes Pt100 en 2 fils pour la température et Haut niveau (4-20 mA avec un shunt externe) pour la pression.

### **6) Vérification visuelle de disposition des éléments, pour déterminer la conformité de l'installation.**

Désignation	Réalisation
Bloc unité centrale	Emplacement position 00
Module entrées/sorties	Emplacement position 01 et 02
Module 08 sorties (1)	Emplacement position 03
Module 08 sorties (2)	Emplacement position 04
Module 04 entrées analogiques	Emplacement position 05
Alimentation 230 VAC	Alimentation protégée

Filtre d'alimentation 230 VCA-16A de l'Automate	Filtrage de tension d'alimentation en 230 V CA
Montage /fixation de l'automate	Position horizontale
RAM interne sauvegardée	Espace respecté/accès trappe pile
Aération du système	Espacements respectés
Câbles d'alimentation et des signaux de capteurs	L'acheminement et la répartition

Disposition de l'Automate à l'intérieur de l'armoire de commande (Plan des espacements respecté).

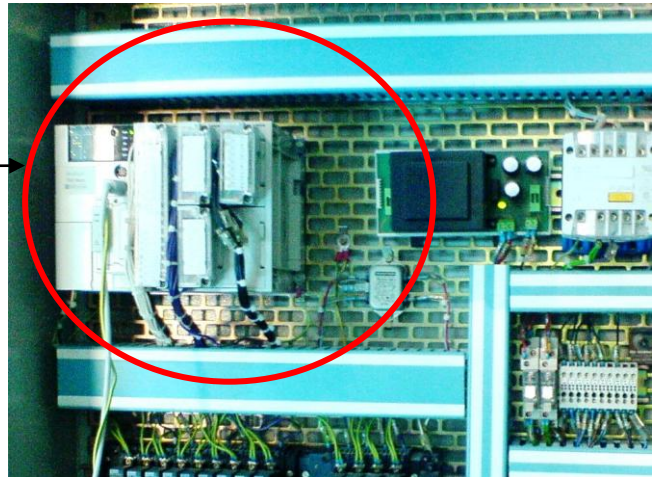


Figure 28: Photo- Automate TSX 37-21 Micro.

## 6. Logiciel de programmation PL7 PRO

Le logiciel de base – PL 7 PRO -

Le langage de programmation PL 7 PRO de Télémécanique (Schneider Group) s'exécute sous le système d'exploitation MS Windows, il est également utilisé pour la communication entre le PC de programmation et l'Automate TSX 37-21. La liaison s'effectue grâce à un câble de communication Sous le protocole UNI-TELWAY de Télémécanique.

### I. La gamme d'automate programmable :

Les automates télémécaniques couvrent une large étendue d'applications industriels.

Parmi les plus connus, on trouve :

- le TSX nano pour de petites applications simples (possibilités de mise en réseau)
- le TSX micro
- le TSX premium
- le TSX quantum

Le choix de la technologie est en général imposée par la complexité de l'installation, comme on peut le voir sur le petit synoptique ci-contre le TSX quantum peut atteindre plus de 5000 entrées sorties alors que le TSX nano en comporte seulement quelque dizaines.

**Remarque** : le TSX nano est amené à disparaître au profit d'un automate encore plus petit et plus performant, le TWIDO.

Bien évidemment tous ces automates nécessitent un logiciel pour leur programmation. Le TSX nano est un cas particulier, il se programme avec un logiciel PL707, dont les commandes sont relativement proches de celles que nous allons étudier.

Actuellement, on trouve trois logiciel permettant la programmation des TSX micros et premium ; En l'occurrence :

- le logiciel TSX micro uniquement dédié à la programmation des TSX micros
- le logiciel PL7 Junior pour la programmation des TSX micros et premium
- le logiciel PL7 PRO également pour la programmation des TSX micros et premium

Le logiciel PL7-Pro inclut de nombreuses fonctionnalités supplémentaires par rapport au logiciel PL7 Junior, en particulier la possibilité de créer des écrans graphique d'animation (supervision), des fonctions de diagnostics et la possibilité de créer des blocs fonctions personnalisé (DFB). Le logiciel PL7 Pro reste maintenant la seule passerelle de programmation pour les TSX Premium puisque PL7 Junior n'est plus commercialisé.

## II. Matériel nécessaire :

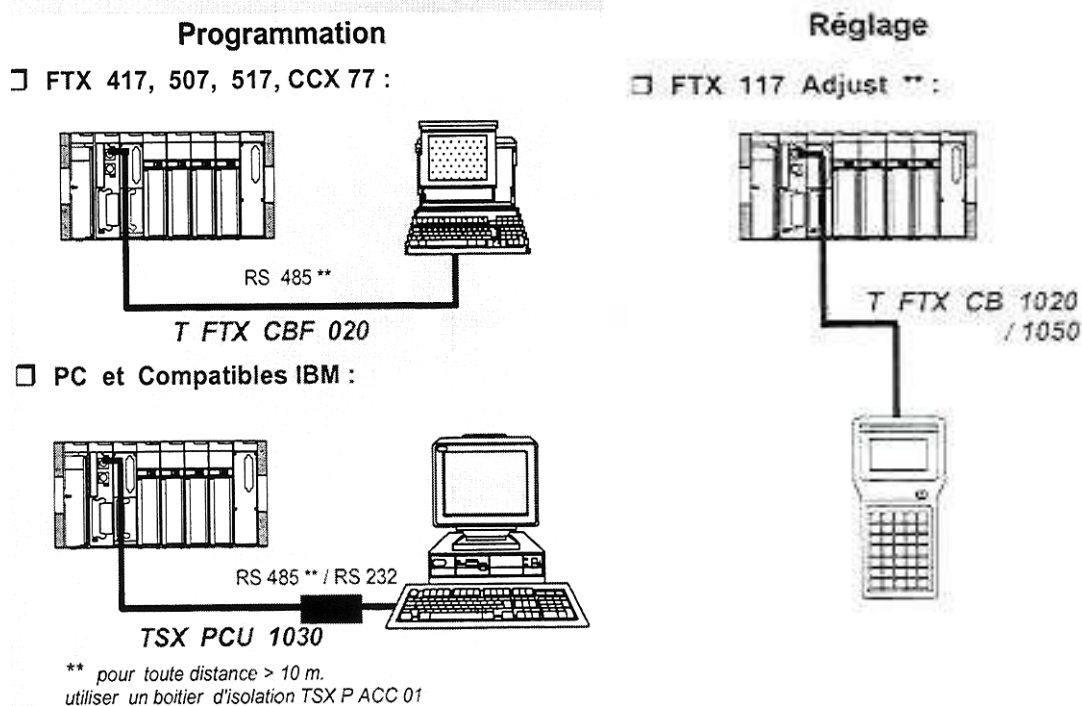
Pour pouvoir effectuer la programmation, on peut trouver deux moyens :

- à l'aide d'un ordinateur relié à l'automate par un câble
- à l'aide d'une console de programmation FTX 117 spécifique vendu par Télémécanique, permet uniquement la modification de paramètres

Pour l'utilisation avec un PC une configuration minimale est recommandée par Télémécanique:

<b>Processeur</b>	Pentium 266 (133 mini)	
<b>Systèmes</b>	Windows 95/98	Windows NT4.0/Windows 2000/ Windows XP
<b>RAM</b>	48 Mo	64 Mo
<b>Lecteurs</b>	Disque dur 50 Mo pour le logiciel 25 Mo pour les répertoires temporaires CD-Rom (disquette)	
<b>Ports</b>	Ports série COM disponible pour connexion à l'automate (COM1 à COM4) Ports parallèle pour imprimante (LPT1 à LPT4)	
<b>Moniteur</b>	VGA ou supérieur (SVGA avec gestion de la couleur sur 24 bits recommandé)	

Le raccordement entre le PC et l'automate s'effectue avec un câble de liaison TSX PCU 1030 à la prise terminal (TER) de l'automate.



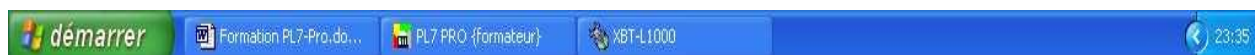
Le fait de cliquer sur la barre de titre tout en maintenant le bouton gauche de la souris enfoncé tout en déplaçant son pointeur produit également le déplacement de la fenêtre. La fenêtre suit le déplacement de la souris.



Il est également possible de redimensionner une fenêtre manuellement à la taille que l'on désire, à condition que celle-ci ne soit pas en plein écran.

- **Positionner le pointeur de la souris sur l'un des côtés de la fenêtre, il prend alors la forme d'une flèche pleine à double tête**
- **Cliquer en laissant le bouton gauche de la souris enfoncé et la faire glisser jusqu'à la taille désirée.**

Lorsque plusieurs logiciels sont actifs en même temps et qu'un seul est présent à l'écran. C'est le cas de l'exemple ci-dessous où trois logiciels sont actifs simultanément. Dès qu'un logiciel est ouvert il apparaît dans la barre des tâches. Admettons que l'on travaille avec le logiciel XBT- L1000 et que l'on veut utiliser PL7-Pro, comme celui-ci est **déjà ouvert un simple clic gauche de la souris sur l'icône PL7-Pro de la barre de tâche permet de basculer de logiciel.**



Tous les logiciels utilisent maintenant des barres de menus, elles se situent sous la barre de titre. A chaque menu correspond une liste déroulante de commandes :

- les commandes **en grisé** sont **indisponibles**
- les commandes **en noir** sont **disponibles**
- **les commandes suivies de points (...) précisent que des informations complémentaires seront demandées**, par exemple la commande **enregistrer sous** demandera le lieu et le nom du fichier de sauvegarde.



Figure29 : barre de menu du logiciel pl7 pro

## Utilisation du logiciel pl7 pro

### A. Présentation générale :

Le logiciel PL7-Pro utilise toute la fonctionnalité standard de Windows :

**Souris ou clavier menus déroulants navigateur barres d'outils avec palettes et icônes aide en ligne et informations bulle**

L'écran PL7 présenté ci-dessous fournit un exemple des nombreux outils disponibles :

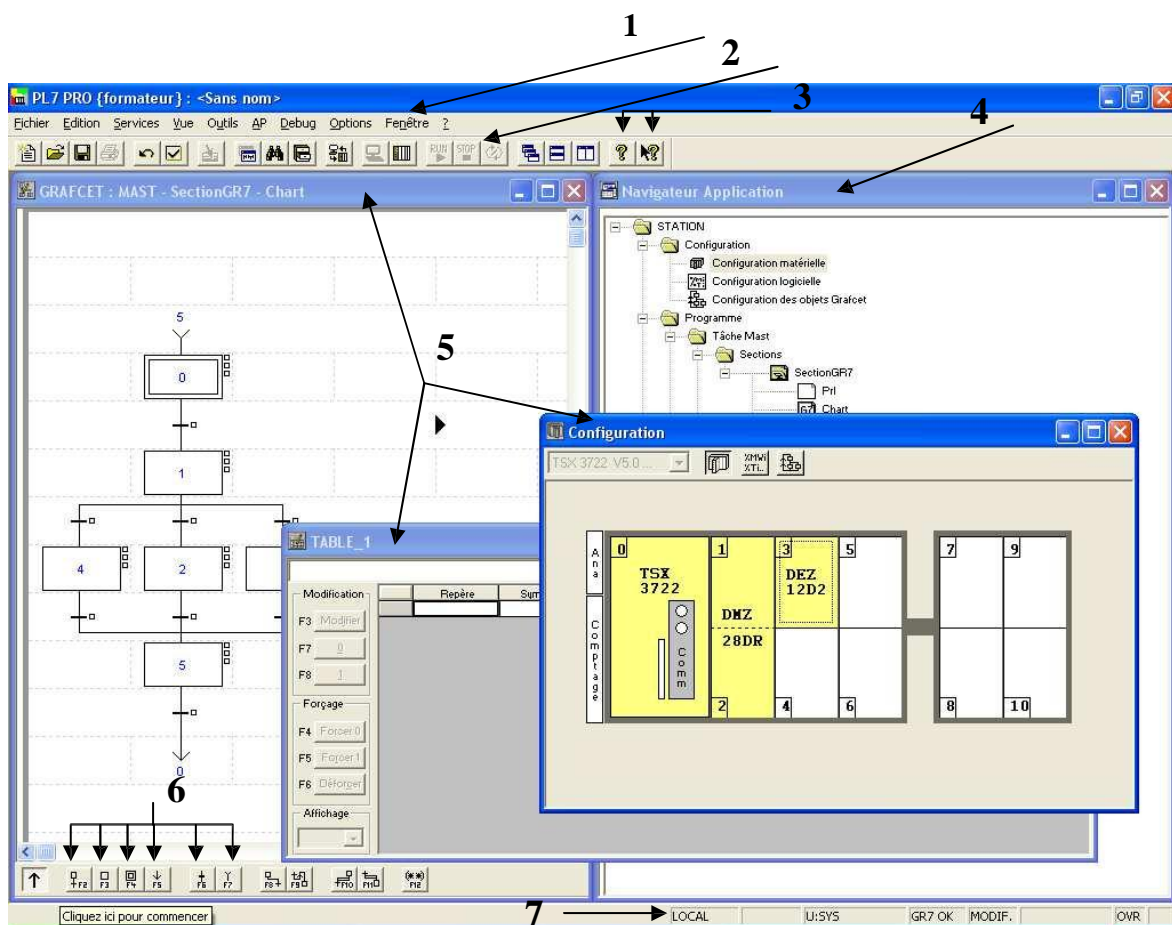


Figure30 : écran pl7 pro

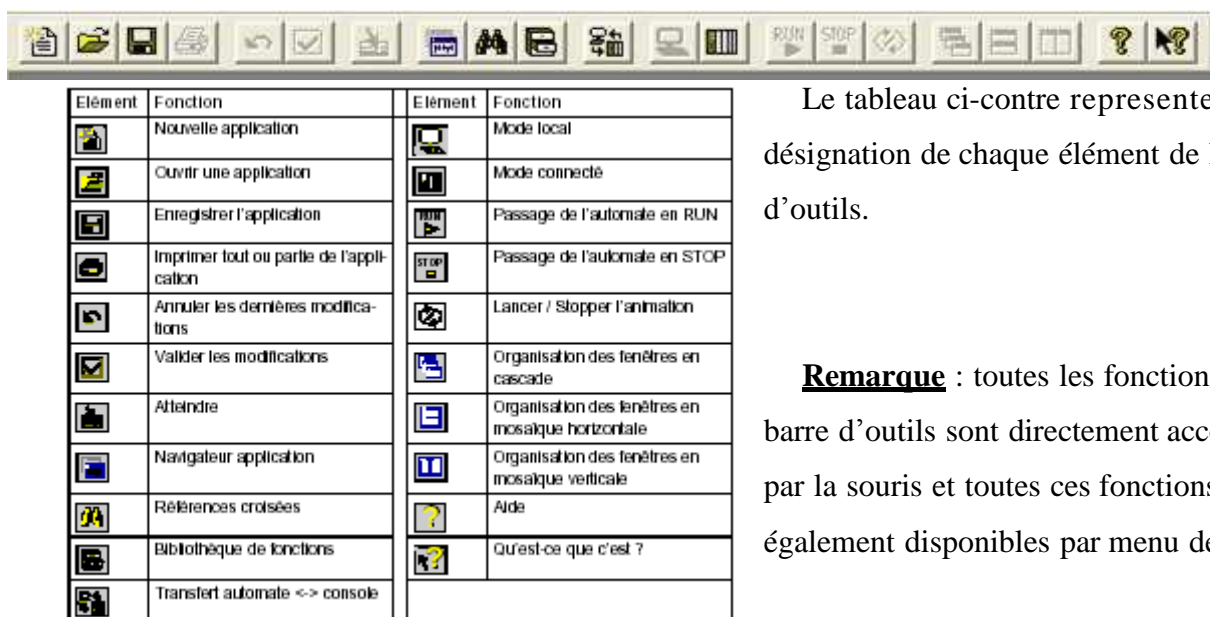
Repères	Eléments	Fonctions
1	Barre de menus	Permet l'accès à toutes les fonctions du logiciel,
2	Barre d'outils	Offre un accès rapide par la souris à toutes les fonctions de base,
3	Aide	Fournit des informations sur le logiciel, Permet d'accéder directement aux différents éditeurs,
4	Navigateurs	Permet d'accéder directement aux différents éditeurs
5	Editeurs	Permet la création, la mise au point et l'exploitation d'applications,
6	Palette graphiques	Permet d'accéder directement aux outils de l'éditeur courant,
7	Barre d'état	Présente un ensemble d'informations liées au logiciel

Lancer le logiciel PL7-Pro soit depuis le poste de travail **par un double clic gauche de souris ou par le bouton démarrer-programme-modicon Télémécanique-PL7-Pro de la barre des tâches**, après le chargement du logiciel

## 1. Présentation de la barre d'outils de PL7-PR0

### 1. Présentation de la barre d'outils de PL7-PR0

La barre d'outils assure un accès rapide aux fonctions de base du logiciel, à l'aide de la souris. L'accès aux différentes fonctions est dynamique et varie suivant le contexte. La barre d'outils se présente ainsi :



Le tableau ci-contre représente la désignation de chaque élément de la barre d'outils.

**Remarque** : toutes les fonctions de la barre d'outils sont directement accessibles par la souris et toutes ces fonctions sont également disponibles par menu déroulants.

Figure31 : barre d'outil du logiciel pl7-Pro

La barre d'état de PL7-Pro est utile elle se situe tout en bas de l'écran et permet de donner quelques informations

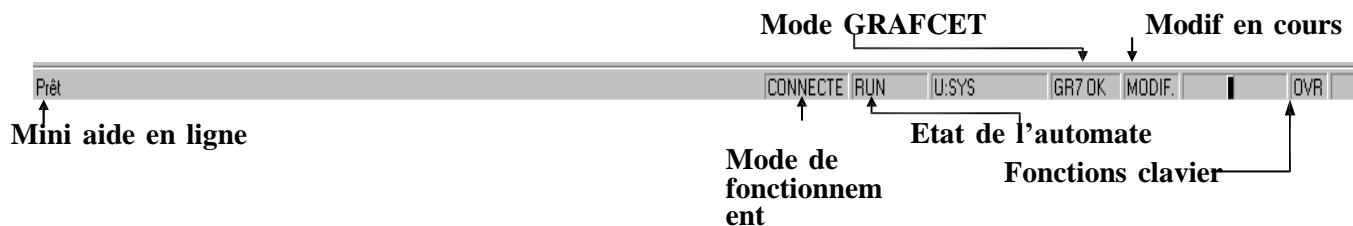


Figure 32 : barre d'état du logiciel PL7-Pro

Suite à l'apparition de la fenêtre PL7-Pro précédente, deux cas peuvent se présenter :

- soit on décide de créer une nouvelle application donc un nouveau programme
- soit on décide de modifier ou de visualiser le contenu du programme de l'automate, dans ce cas précis, **il suffit de cliquer sur le menu déroulant AP et de demander la connexion à l'automate**, le programme de l'automate est alors transféré vers l'ordinateur. Par contre il faut bien s'assurer que le PC et l'automate sont reliés par le cordon de liaison

## 2. Création d'une nouvelle application

Pour créer une nouvelle application il faut sélectionner avec la souris le menu déroulant fichier et cliquer sur nouveau (cf. ci-contre), l'option ouvrir permet de charger un programme enregistré sur le disque dur de l'ordinateur. L'option quitter permet de sortir du logiciel

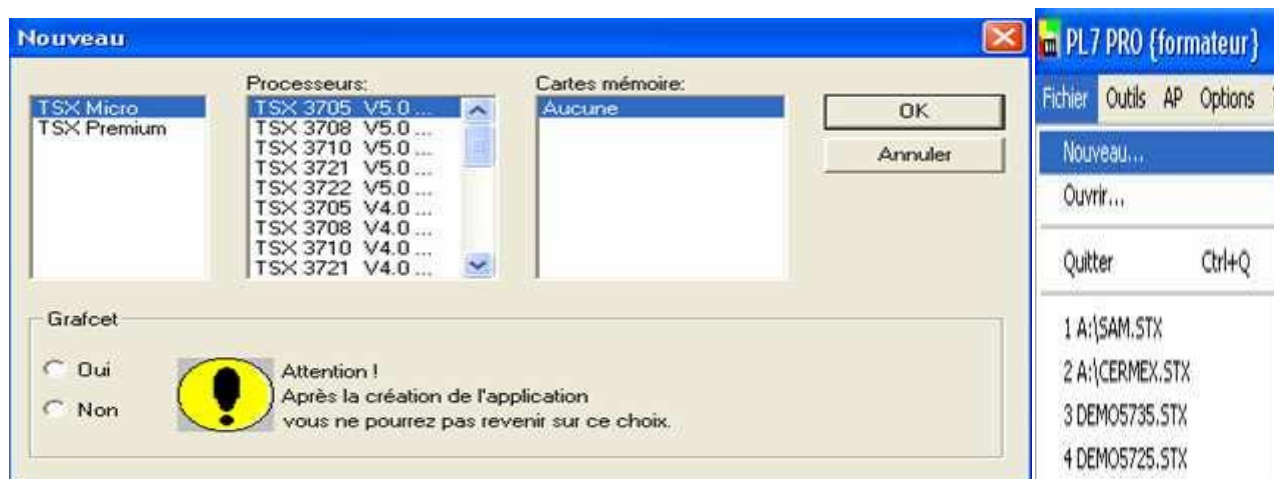


Figure 33 : création d'une nouvelle application

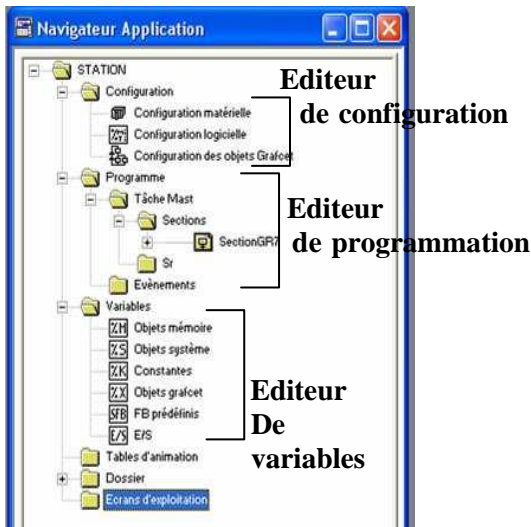
Le fait de sélectionner « nouveau » permet l'apparition de cette fenêtre où l'on sélectionne le type d'automate que l'on utilise et si l'application contient du GRAFCET. En cas de doute sur les références et la version de l'automate, il faut vérifier sur la plaque de l'automate les références et sa version.

**Attention le choix de la version est très important, par exemple un TSX micro 3710 version 3**

**pourrais ne pas fonctionner si l'on déclare un TSX micro 3710 version 5.0**

### 3. Description du navigateur d'application

Le navigateur application permet de présenter sous forme arborescente, le contenu d'une application PL7. C'est à partir de cet éditeur que l'on aura accès aux différents éditeurs tels que celui de programmation, de variables. C'est à partir du navigateur que l'on se déplace dans l'application



**figure34 : écran d'exploitation**

La représentation structurée présente le contenu d'une application sous une forme arborescente. Elle permet de se déplacer à l'intérieur d'une application et offre un accès direct :

- à la configuration (matérielle, logicielle et des objets GRAFCET),
- aux programmes,
- aux données,
- aux tables d'animation,
- à certaines parties du dossier (informations générales, page de garde),
- aux écrans d'exploitation (supervision)

**Remarque** : par défaut, le navigateur application propose un déploiement partiel de son arborescence.

- . Un + devant un répertoire indique un déploiement possible de celui-ci,
- . Un - devant un répertoire indique un reploiement possible de celui-ci.

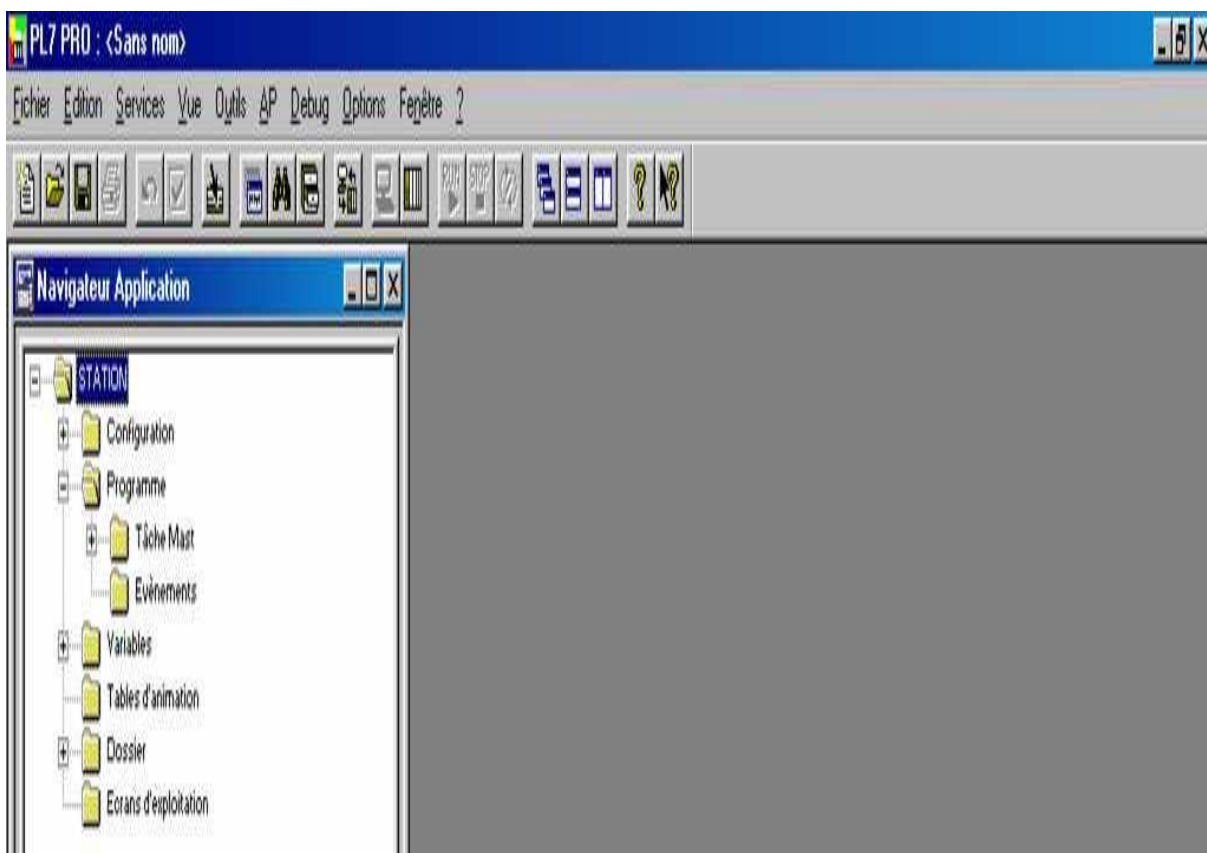
Pour déployer ou reployer un répertoire, cliquez sur + ou – avec la souris, ou utilisez les flèches

gauche ou droite du clavier

Le fait de sélectionner « nouveau » permet l'apparition de cette fenêtre où l'on sélectionne le type d'automate que l'on utilise et si l'application contient du GRAFCET. En cas de doute sur les références et la version de l'automate, il faut vérifier sur la plaque de l'automate les références et sa version.

**Attention le choix de la version est très important, par exemple un TSX micro 3710 version 3 pourrait ne pas fonctionner si l'on déclare un TSX micro 3710 version 5.0**

**On aboutit à l'écran suivant qui est le navigateur d'applications**



**Figure35 : navigateur d'applications**

**Remarque** : à l'aide du navigateur d'exploitation on peut ouvrir plusieurs fenêtre éditeur en même temps ce qui peut provoquer une superposition des fenêtres, pour ensuite avoir une bonne vision des différents éléments ouverts on peut demander l'affichage en mosaïque horizontale ou verticale à l'aide des icône de la barre d'outils cf.

Sur cet exemple on a ouvert depuis le navigateur d'exploitation l'éditeur de configuration matérielle, l'éditeur de variables et l'éditeur de tables d'animations, on a ensuite demandé un affichage en mosaïque verticale, ce qui permet une visualisation de l'ensemble des éléments ouverts

L'étape suivant la création d'une application est la configuration logicielle et matérielle, au même titre que dans PL7-2 on configurait la mémoire de l'automate.

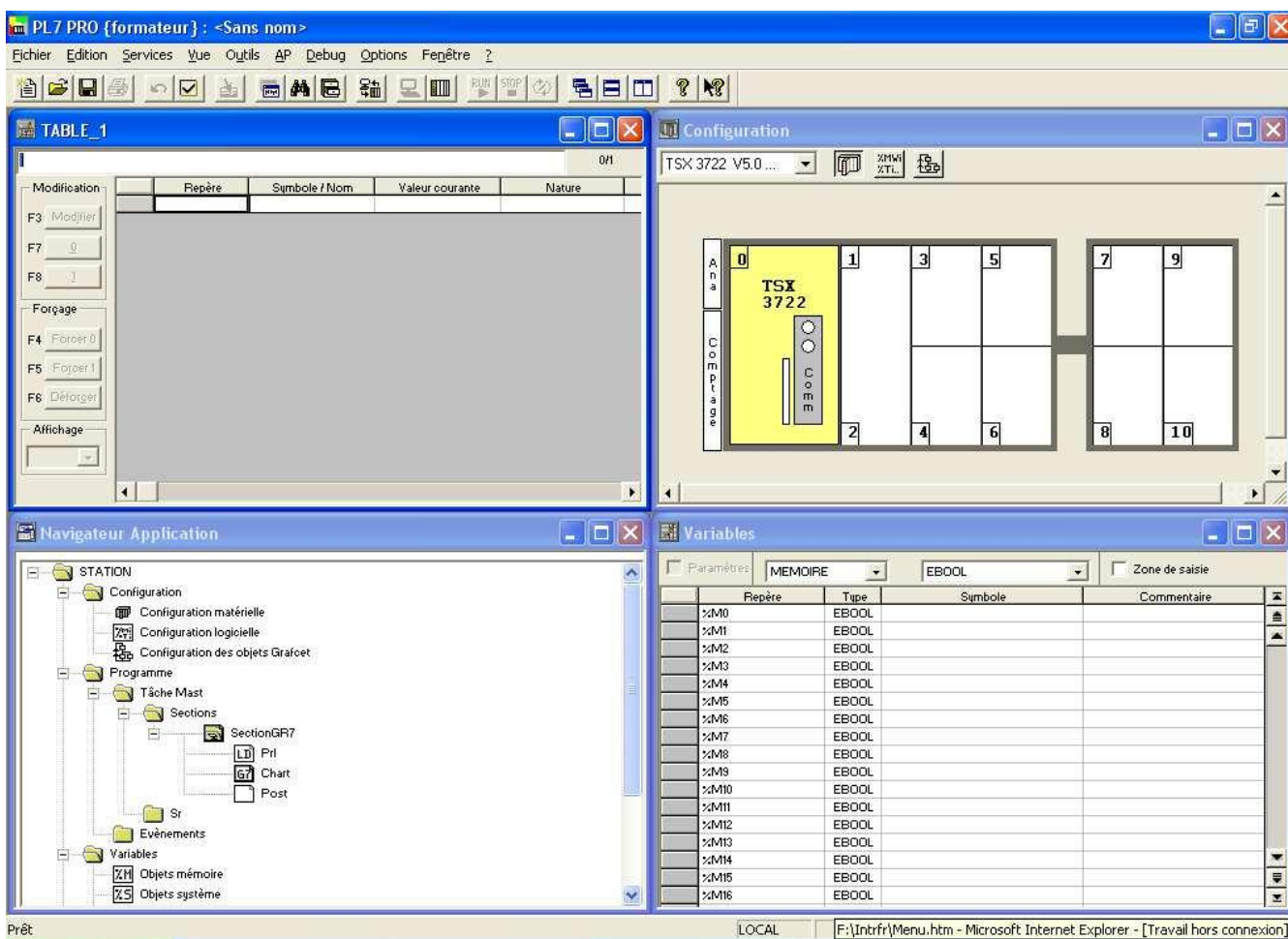


Figure36 : configuration matérielle et logicielle



#### 4. Description de l'éditeur de configuration

L'éditeur de configuration de PL7 assure pour chaque application les fonctions suivantes :

- la configuration matérielle,
- la configuration logicielle,
- la configuration des objets GRAFCET.

L'éditeur de configuration assure également, en mode connecté, des fonctions de mise au point de réglage et de diagnostic.

Dès qu'une application est créée, il faut lancer l'éditeur de configuration :

- soit depuis le navigateur en effectuant un double clic sur le type de configuration désirée (matérielle, logicielle, GRAFCET)
- soit en sélectionnant le menu déroulant outil configuration

Ci-dessous les 3 fenêtres de configuration possibles

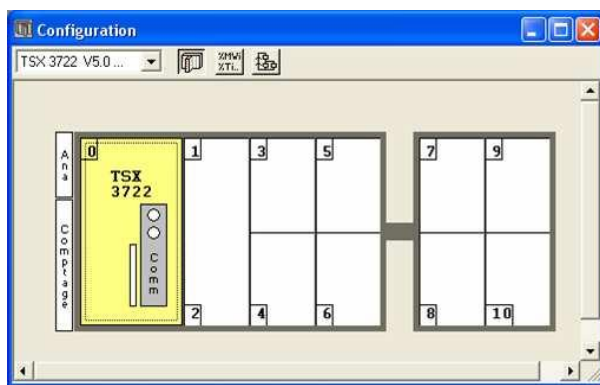


Figure37 :Configuration matérielle

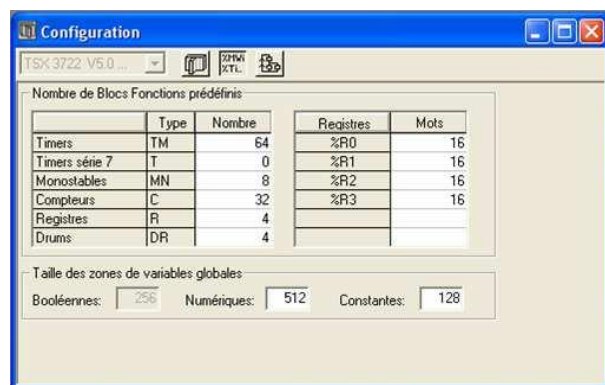


Figure38 :Configuration logicielle

#### Configuration matérielle

L'éditeur de configuration permet de manière intuitive et graphique de déclarer et Configurer les différents éléments constitutifs de l'automate.

#### Configuration logicielle

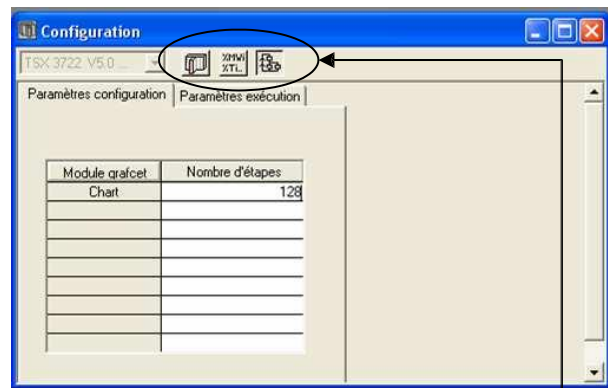
L'éditeur de configuration assure le paramétrage logiciel de l'application en renseignant :

- le nombre de blocs de fonctions,
- le nombre de registres,
- la taille des zones de variables globales.



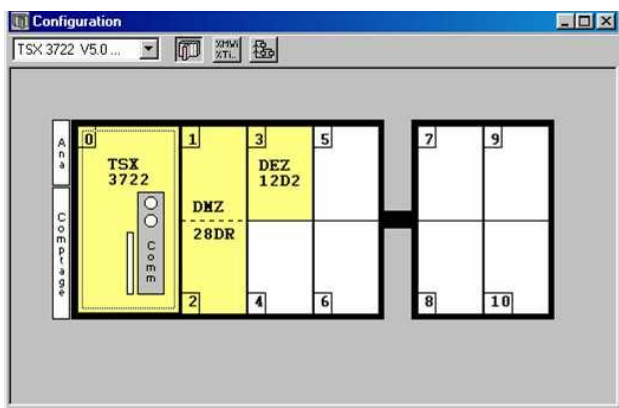
### Configuration des objets GRAFCET

L'éditeur de configuration permet de définir les objets GRAFCET (étapes, macro-étapes,...) et les paramètres d'exécution (nombre d'étapes et de transitions actives).



**Configuration objets GRAFCET**

Icône permettant  
de passer d'un  
configuration à  
une autre  
directement



**Figure 39 : éditeur de configuration**

Ci contre l'éditeur de configuration matérielle qui décrit un automate TSX3722 V5.0 avec une carte d'entrée sortie TSX DMZ28DR sur les emplacements un et deux et une carte d'entrée TSXDEZ12D2 sur l'emplacement trois.

### 5. Description de l'éditeur de programmation

Les éditeurs de programme permettent la programmation de l'automate :

Quatre éditeurs programme sont proposés

- éditeur langage à contacts (LD),
- éditeur langage liste d'instructions (IL),
- éditeur langage littéral structuré (ST),
- éditeur langage GRAFCET (G7)

On accède à ces différents éditeurs depuis le navigateur d'application en double cliquant sur l'onglet programme. Les modes de programmation que nous utiliserons le plus souvent sont l'éditeur de langage ladder et l'éditeur de langage GRAFCET. Les éditeurs de langage liste instruction et littéral structuré sont plus du domaine de l'automaticien.

Pour créer un programme il suffit de double cliquer sur l'onglet programme et d'effectuer un clic droit de souris sur **l'onglet tâche mast**, cliquer alors sur **créer**, une boîte de dialogue apparaît.

On peut alors sélectionner le langage de programmation que l'on veut, on peut également placer un commentaire.

Remarque : si lors de la création de l'application, on a sélectionné une application contenant du GRAFCET, les éditeurs de programmes sont déjà prêts dans le navigateur d'application, il ne reste plus qu'à sélectionner le langage de programmation pour l'éditeur POST et CHART

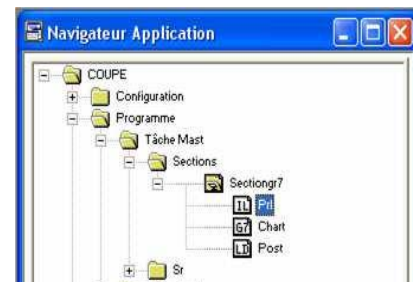


figure40 : éditeur POST et CHART

## 6. Description de l'éditeur de variables

L'éditeur de variables permet de :

- . symboliser les différents objets de l'application (bits, mots, blocs fonctions, métiers, modules...)
- . paramétrer les blocs fonction prédéfinis (temporisateurs, compteurs, ...)
- . saisir les valeurs des constantes et choisir la base d'affichage (décimal, binaire, hexadécimal, flottant, message),

Ci-dessous une illustration de l'éditeur de variables

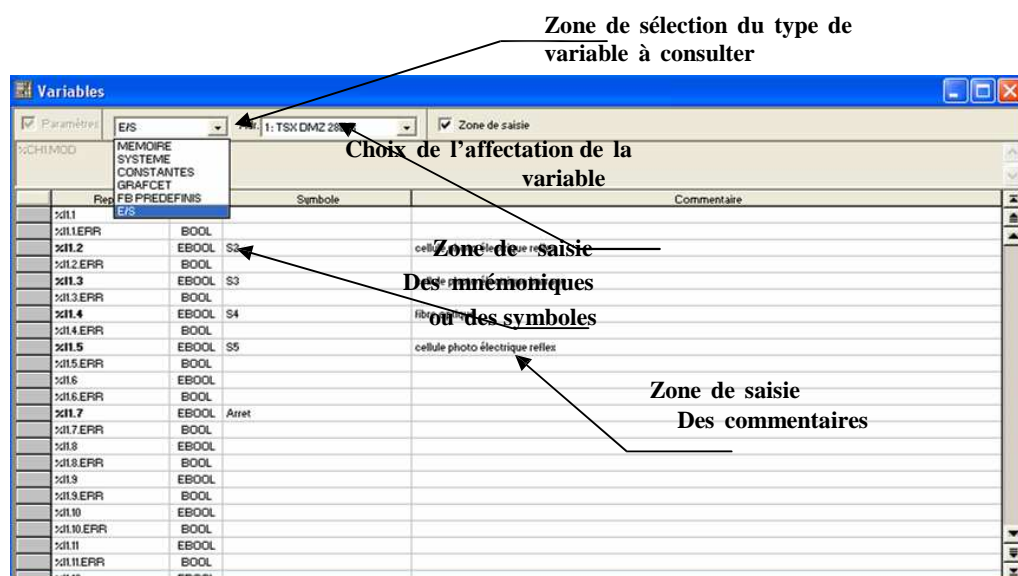


Figure 41 : éditeur de variables

Outre la possibilité de pouvoir régler les paramètres des différents blocs fonctions, comme les temporisateurs, les compteurs, il est également intéressant de pouvoir se servir de cet éditeur pour simplifier la lecture du programme, en effet en face de chaque variable, on peut placer si on le désire un commentaire sur sa fonction, sur l'exemple précédent sans avoir la machine ni le programme, on sait que sur l'entrée 2 du bloc 1 de l'automate est raccordée une cellule photo électrique de type réflex.

Outre cette possibilité, il est également possible, en face de chaque variable de lui associer un **mnémonique** ou un **symbole**. Si l'on choisit un mnémonique pour une variable ensuite la programmation s'en trouve simplifié puisqu'il suffit lors de la programmation de rappeler le symbole de la variable. **Par exemple sur l'exemple à la variable %I1.2 est associé le mnémonique S2, par conséquent lors de la programmation on pourra lorsque l'on affectera cette variable soit saisir %I1.2 ou directement S2.**

Ci-dessous une fenêtre de l'éditeur de variable permettant la configuration des temporisations, l'activation de l'onglet paramètre permet d'avoir accès aux réglages des blocs fonctions, ici sur la temporisation, on peut sélectionner la base de temps et la présélection par un simple clic de souris sur la case sélectionnée

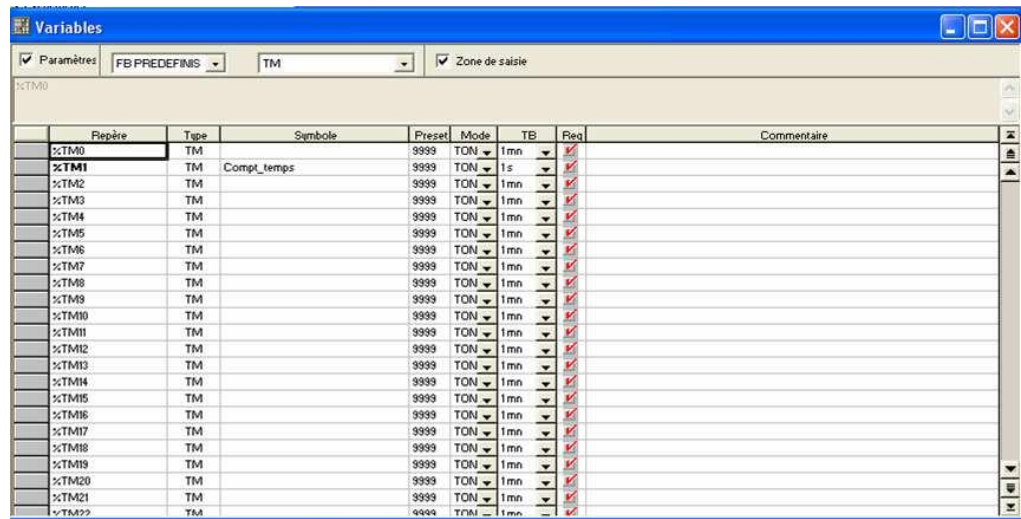
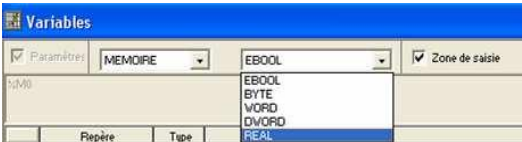


Figure42 : configuration de temporisation

Suivant le choix de variables on peut affecter plusieurs choix à celle-ci

**EBOOL** : la variable peut prendre deux états soit 0 ou 1, c'est le cas des entrées ou sorties TOR, on parle alors de bit.



**BYTE** : c'est un regroupement de 8 chiffres binaires (10101011 par exemple), on l'appelle aussi un octet

**WORD** : c'est le regroupement de 16 chiffres binaires, il peut contenir des informations variant entre - 32728 et 32728 en décimal, on ne peut sélectionner de nombre à virgule

**DWORD** : permet le regroupement de 32 chiffres binaires, ne peut contenir que des nombres entiers entre - 2147483648 et +2147483647

**REAL** : permet le stockage de nombre à virgule

L'accès à l'éditeur de variables s'effectue depuis le navigateur d'application en déployant le répertoire variable, effectué ensuite un double clic sur le type de variable désirée.

7. Description de l'éditeur de table d'animation

L'éditeur de tables d'animation permet de créer des tables contenant des listes de variables à surveiller ou à modifier. **Il ne présente un intérêt qu'en mode connecté et est une aide au diagnostic.**

L'éditeur de tables d'animation se présente ainsi :

Si l'on est en mode local (déconnecté, on ne pourra lire la valeur ou l'état des variables, l'écran ci-dessous apparaît donc.

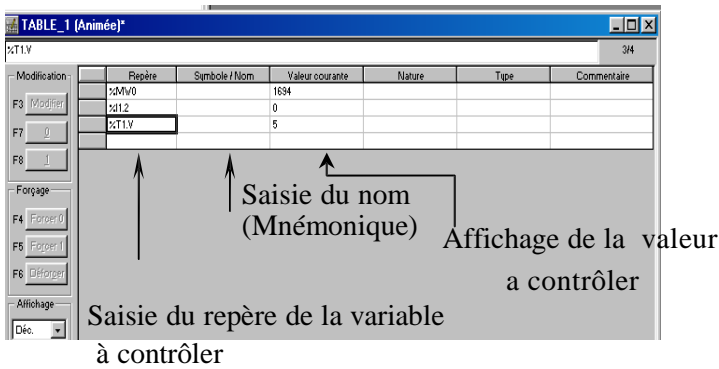
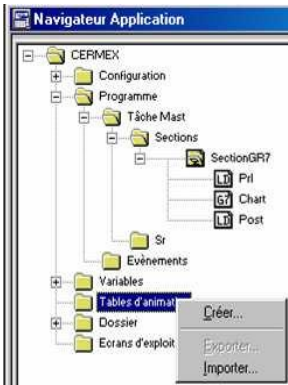


Figure43 : écran de lecture des variables

Il est possible dans une application de créer plusieurs tables d'animation différente et de les sauvegarder, pour pouvoir les réutiliser lors d'un diagnostic.

**Remarque :** les entrées ou les sorties sont le plus souvent des bits TOR, par conséquent ils ne peuvent prendre que deux valeurs, soit 0 soit 1. Sur l'exemple ci dessus la variable %MW0 contient la valeur 1694, on peut modifier l'affichage et demander l'affichage en hexadécimal à l'aide de la fenêtre affichage, le résultat serait alors 69<sup>E</sup>

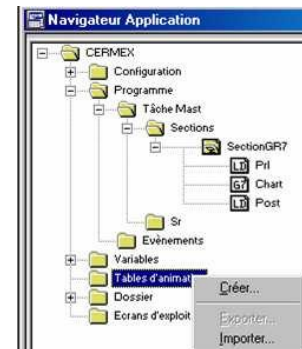


Il est possible dans une application de créer plusieurs tables d'animation différente et de les sauvegarder, pour pouvoir les réutiliser lors d'un diagnostic.

**Remarque :** les entrées ou les sorties sont le plus souvent des bits TOR, par conséquent ils ne peuvent prendre que deux valeurs, soit 0 soit 1. Sur l'exemple ci dessus la variable %MW0 contient la valeur 1694, on peut modifier l'affichage et demander l'affichage en hexadécimal à l'aide de la fenêtre affichage, le résultat serait alors 69<sup>E</sup>

### Accès à l'éditeur de variables

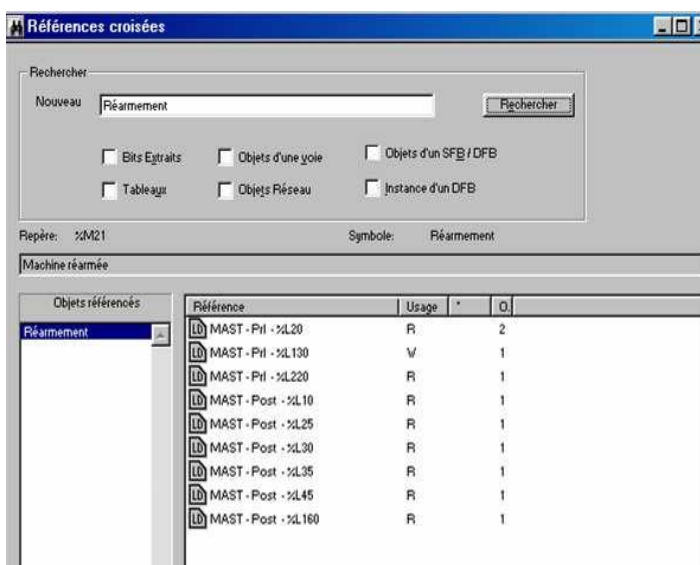
A partir du navigateur d'application table d'animation effectuez un clic droit sur le **répertoire Tables d'animation** puis un clic gauche sur **Créer** (voir ci-contre), l'écran précédent apparaît.



## 8. Description de l'éditeur de références croisées

L'éditeur de références croisées permet de retrouver une variable quelque soit l'endroit où elle se trouve dans le programme

### Accès à l'éditeur de références croisées



Depuis un éditeur de programmation, accédez au module programme sur lequel porte la création des références croisées le rung (label) et la variable à l'intérieur, sélectionner le menu déroulant service initialiser les références croisées, l'écran suivant apparaît :

Figure44 : l'éditeur de références croisées

Dans le cadre nouveau taper le nom ou le repère de la variable et cliquer sur rechercher, le système affiche ensuite dans la fenêtre référence l'endroit où se trouve la variable sélectionnée. Sur l'exemple ci contre la variable réarmement se trouve à 9 endroits différents dans le programme. Un double clic sur une ligne amène directement dans le programme à l'endroit spécifié dans les références croisées. Par exemple un double clic sur la ligne 1 nous amène au label 29 du préliminaire.

## 9. Description de l'éditeur dossier

L'éditeur de documentation permet de constituer, de visualiser et d'imprimer le dossier de l'application. Il s'articule autour du navigateur de documentation qui montre sous forme arborescente la constitution du dossier.

Il génère automatiquement :

- . **Le sommaire,**
- . **Le dossier d'application : configurations matérielle / logicielle, et programme,**
- . **La liste des variables, triées par repère ou par symbole,**
- . **Les références croisées, triées par repère ou symbole.**

Depuis le navigateur d'application double cliquer sur l'icône dossier la fenêtre ci-contre apparaît :



## 10. Description de l'éditeur d'aide

PL7-Pro est pourvu d'une aide en ligne, qui permet de trouver des réponses, on peut y avoir accès directement depuis le clavier par la touche F1.

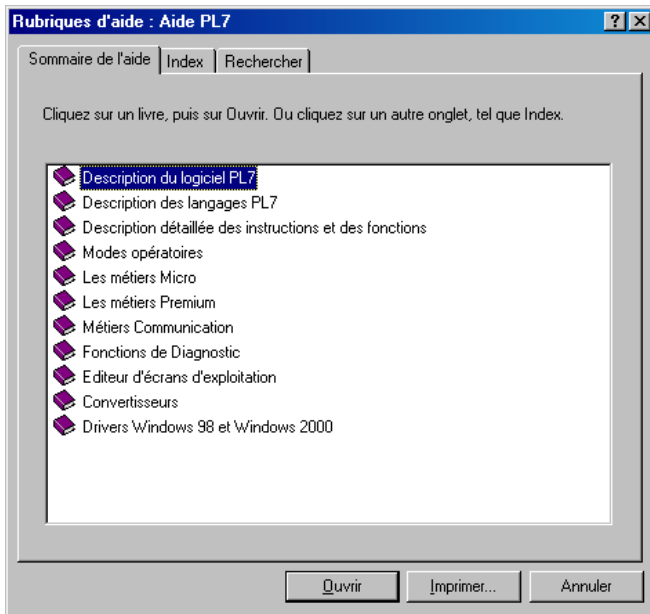


figure45 : navigateur rubrique d'aide

Le navigateur **Rubriques d'aide** permet de rechercher l'information désirée suivant trois principes :

- depuis le **Sommaire**, qui affiche une vue d'ensemble des différents chapitres du système d'aide.

- en utilisant l'**Index**, qui affiche une liste alphabétique de mots clés.

- en utilisant le mode **Rechercher**, qui affiche dans l'ordre alphabétique l'ensemble mots utilisés dans l'aide en ligne

L'élaboration d'une application comporte 2 phases de développement contenant chacune deux étapes :

- . Une phase en mode local,
- . une phase en mode connecté

#### . Mode local

Le mode local (pas de connexion avec l'automate) permet de créer / modifier une application sur le terminal. Cette application réside dans le répertoire de travail sur le disque dur.

#### . Mode connecté

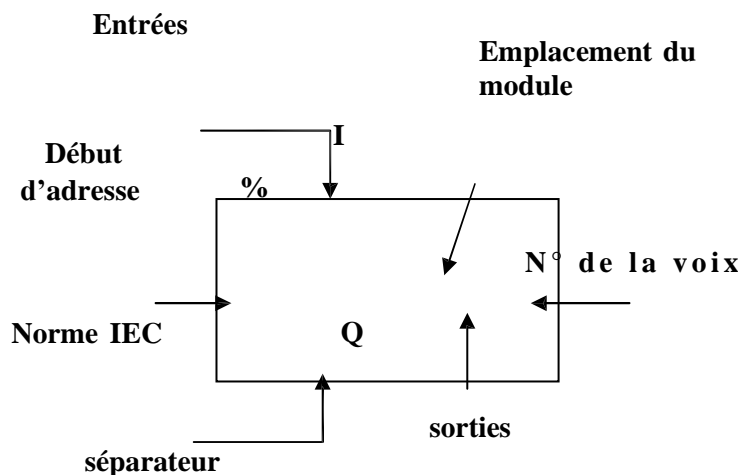
Le mode connecté (connexion avec l'automate) permet de modifier une application dans l'automate. Il est possible de réaliser les fonctions suivantes :

- . Création / modification du programme LD, IL ou ST,
- . modification de la période des tâches,
- . modification des paramètres des blocs fonction prédéfinis (sauf la taille des registres),
- . modification des données et paramètres des modules,
- . import, export d'une application, automate en Stop,
- . ajout de blocs fonction prédéfinis,
- . mise au point, réglage,
- . modification de la structure du GRAFCET en mode STOP.



**Remarque** : Lors d'une modification en mode connecté, l'application est mise à jour dans l'automate (sauvegarde automatique) et dans le répertoire de travail sur le disque **dur** (sauvegarde manuelle) par l'intermédiaire de l'icône enregistré de la barre d'outils.

## B. Adressage des bits d'entrées sorties TOR



### Exemple :

**%I1.2** : entrée TOR 2 du module 1

**%Q3.8** : sortie TOR 8 du module 3

## C. Création d'application

### 1. Chargement d'une application

A partir de l'écran de base de PL7-Pro :

- Sélectionner le menu déroulant Fichier puis ouvrir
- Recherche sur le disque dur de l'ordinateur l'emplacement des fichier .STX, cliquer sur ouvrir.

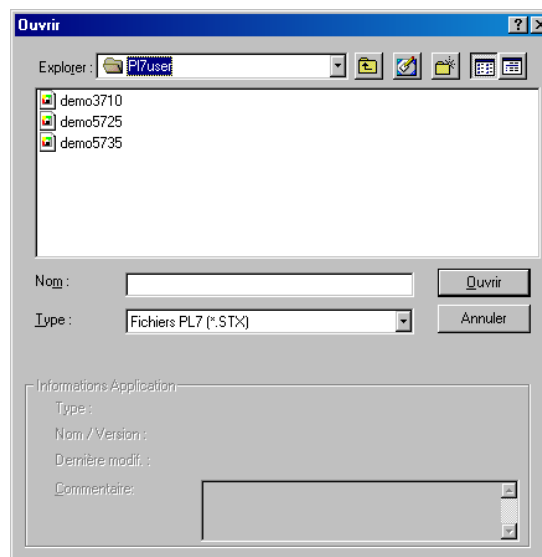


Figure46 : chargement d'application

**Remarque** : par défaut les fichiers de sauvegarde de PL7-Pro sont stockés dans le répertoire PL7USERn (c:/PL7USER/). Sur le cas évoqué ci-dessus, on ouvre une application stockée sur le disque dur de l'ordinateur, il est par contre possible de transférer directement une application stockée en mémoire automate vers l'ordinateur

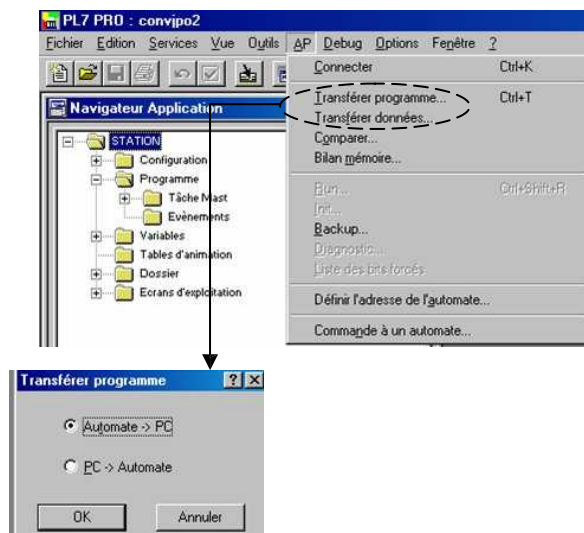
## 2. Transfert de l'application

Le transfert programme permet d'échanger l'intégralité de l'application. Deux sens de transfert sont possibles :

- **du terminal (PC) vers l'automate (AP),**
- **de l'automate vers le terminal.**

Pour cela sélectionner le menu déroulant AP de la barre d'outil ( cf. ci-contre) :

- choisir transférer programme et le sens, soit du PC vers l'automate ou de l'automate vers le PC.
- confirmer le passage de l'automate stop pour recevoir les données.



**Remarque** : si l'on choisit le transfert automate PC, on transfère le contenu de l'application contenu en mémoire automate vers l'ordinateur, si l'on veut effectuer une modification de programme en ligne, c'est cette option que l'on choisira.

On peut également transférer des données ce qui permet d'échanger les variables, symboles et commentaires de l'application.

Deux sens de transfert sont possibles :

- du fichier situé sur le terminal (PC) vers l'automate (AP),
- de l'automate vers le fichier situé sur le terminal.

### 3. Connexion et mise en fonctionnement

Suite au transfert d'une application, l'automate est en stop, il faut donc par conséquent le mettre en fonctionnement (mode RUN) :

- Pour envoyer des ordres à l'automate **il faut établir la connexion**, pour cela choisir connecter dans le menu **AP**, le message connecté apparaît dans la barre d'état.
- Effectuer la commande **INIT** qui permet une initialisation de l'application, si l'application contient du GRAFCET, les étapes initiales sont activées.
- Cliquer ensuite sur **Run** du menu AP

Remarque : Toutes ces commandes sont directement accessibles depuis la barre d'outils

### 4. Mise au point

Après le transfert, il est possible que l'application ne fonctionne pas comme on l'attendait, il faut par conséquent effectuer une mise au point de l'application, pour cela, on dispose de plusieurs outils.

Le logiciels PL7-Pro offre un ensemble d'outils complet pour la mise au point des applications :

**Une barre de mise au point programme qui permet par exemple :**

- la pose de points d'arrêt,
- l'exécution en pas à pas du programme,
- la surveillance de l'application.

**Un écran de mise au point UC qui offre :**

- des informations sur l'état de l'application,
- un accès au diagnostic programme et modules métiers,
- un accès à la mise à jour et à la visualisation de l'horodateur

Essais dynamiques de réponse pour les organes de sécurité.

		<b>Résultats des actions et des leds</b>
<b>Organe de sécurité</b>	<b>Signification</b>	<b>Allumée</b>
Bouton arrêt d'urgence côté stérile	Bouton arrêt avec condamnation	non
Bouton ??? sur pupitre opérateur côté non stérile	Interruption du cycle en cours	non
Porte stérile ouverte	Porte stérile mal fermée	Démarrage du cycle impossible
Porte non stérile ouverte	Porte non stérile restée ouverte	Démarrage du cycle impossible
Joint d'étanchéité des deux portes	Non gonflage du joint	Impossibilité de lancer le cycle
Joint d'étanchéité des deux portes	Dégonflage du joint en cours de cycle	Annulation du cycle en cours

**Conclusion :**

L'automate TSX 37-21 reçoit les informations (entrées) du système à travers les modules d'entrée, suite à quoi elles seront transférées dans la l'unité centrale CPU pour des traitements qui correspondent à l'exécution du programme contenu par la mémoire qui est destinée pour le fonctionnement d'un automatisme donné.

Ainsi, après la lecture et le traitement, la CPU générera des commandes (sorties) à travers les modules de sortie pour influencer sur les pré-actionneurs et les actionneurs du processus



## Chapitre IV : Généralités sur le Grafcet

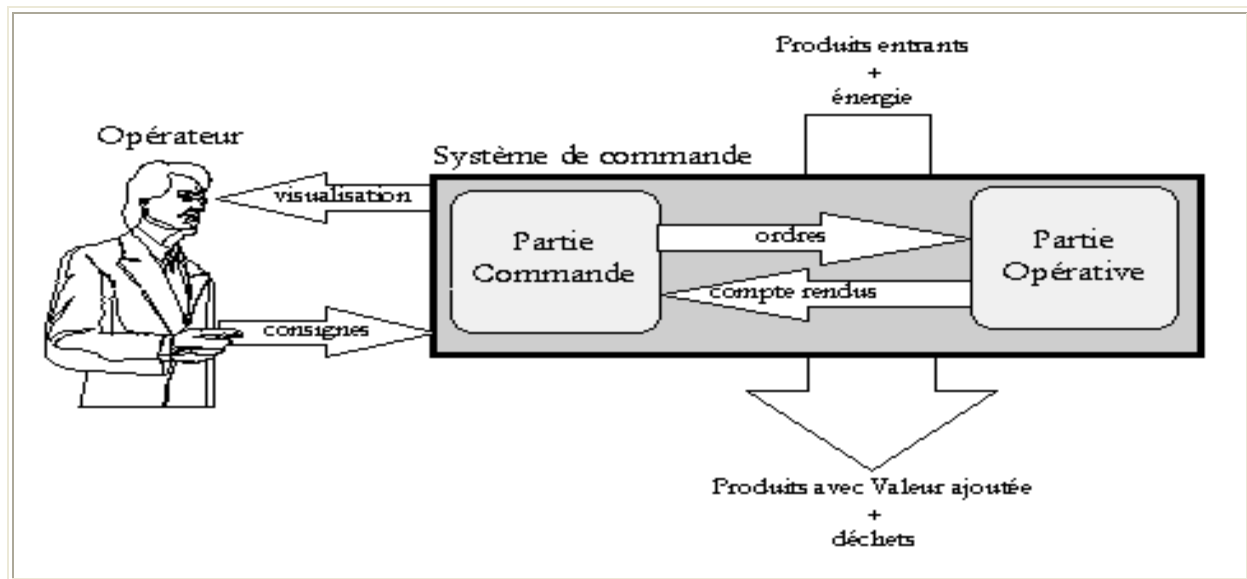
### 1. Domaine d'application du GRAFCET

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition), également appelé Diagramme Fonctionnel en Séquence ou Sequential Function Chart, permet "...l'établissement des descriptions de la fonction et du comportement des systèmes de commandes en établissant une représentation graphique indépendante de la réalisation technologique..." (CEI 848).

La figure 1 montre la structure d'un système de commande (ou système automatisé de production) ainsi que ses relations avec l'opérateur et avec les produits, objets de la production. Le système de commande se décompose en une partie opérative (PO) et une partie commande (PC). La partie opérative est composée du processus physique que l'on souhaite piloter (elle comprend notamment les actionneurs, pré-actionneurs et capteurs). La partie commande est constituée de l'automatisme qui élabore les ordres destinés au processus et les sorties externes (visualisation) à partir des comptes rendus de la partie opérative, des entrées externes (consignes) et de l'état du système.

Plus pragmatiquement, le GRAFCET est destiné à représenter des systèmes à événements discrets dans lesquels les informations sont de type booléennes (tout ou rien) ou peuvent s'y ramener (exemple de la comparaison d'une température avec un seuil). Le GRAFCET est utilisé généralement pour spécifier et concevoir le comportement souhaité de la partie commande d'un système de commande mais il peut également être utilisé pour spécifier le comportement attendu de la partie opérative ou bien de tout le système de commande.

Destiné à être un moyen de communication entre l'automaticien et son client, le GRAFCET est un outil utilisé pour la rédaction du cahier des charges d'un automatisme. Cependant un des points forts du GRAFCET est la facilité de passer du modèle à l'implantation technologique et cela grâce à la possibilité de raffinement qu'il offre. Le GRAFCET passe alors du langage de spécification au langage d'implémentation utilisé pour la réalisation de l'automatisme. On parle ainsi de grafcets de spécification et de grafcets de réalisation.



**Figure 47 Système de commande**

## 2. Définition du GRAFCET

Lorsque le mot GRAFCET (en lettre capitales) est utilisé, il fait référence à l'outil de modélisation. Lorsque le mot grafcet est écrit en minuscule, il fait alors référence à un modèle obtenu à l'aide des règles du GRAFCET.

Le GRAFCET permet de construire des modèles ayant une structure graphique (représentation statique) à laquelle on associe une interprétation (Elle correspond à l'aspect fonctionnel du grafcet). De plus, ce modèle possède un comportement dicté par des règles d'évolution (représentation dynamique), complétées pour l'implémentation par des algorithmes d'application de ces règles.

Cette présentation ne prétend pas être une présentation complète du GRAFCET. Par exemple le concept de forçage n'y est pas défini. Le lecteur pourra se référer aux documents de référence afin de compléter les définitions qui suivent.

## 3. Structure graphique du GRAFCET et interprétation associée

Une structure de grafcet est un graphe cyclique composé alternativement de transitions et d'étapes, reliées entre elles par des liaisons orientées (ou arc orientés).

### a. L'étape

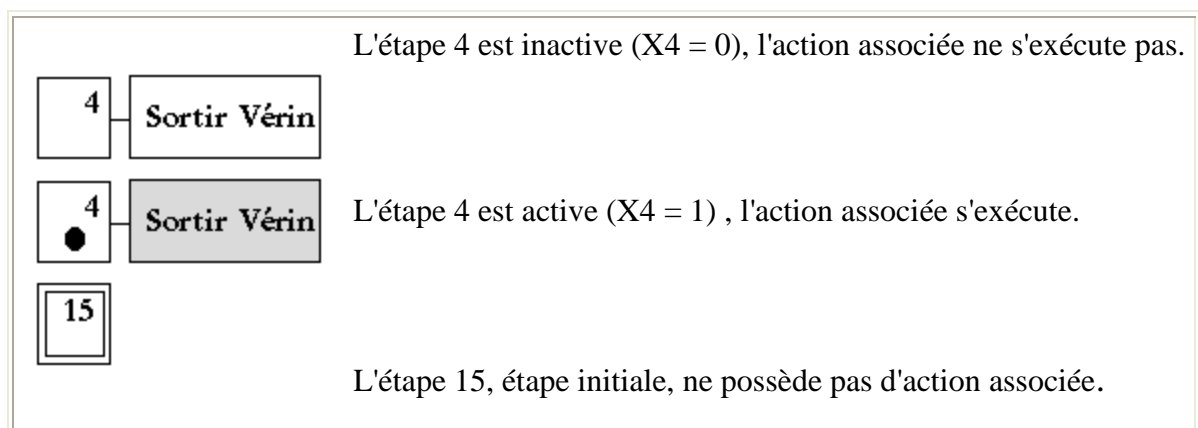


L'étape symbolise un état ou une partie de l'état du système. Elle caractérise un comportement invariant (dans le sens de reproductible) du système considéré.

On symbolise l'étape (figure 2) par un rectangle (en général un carré), identifié par un repère (en général un nombre). L'étape possède deux états distincts : active (en général se représente par un jeton dans l'étape) et inactive. Une variable d'étape est associée à chaque étape (en général repéré par  $X^*$ , ou  $*$  est l'identificateur de l'étape). Cette variable (booléenne) a pour valeur le 1 logique lorsque l'étape associée est active, et pour valeur le 0 logique lorsque celle-ci est inactive. L'ensemble des étapes actives d'un grafcet constitue la situation de ce grafcet à l'instant considéré.

Une étape peut être initiale, et est alors active au début du processus de commande (les étapes non initiales sont alors inactives). On repère une étape initiale grâce à un doublement du symbole d'étape. L'ensemble de ces étapes caractérise le comportement initial de la partie commande.

On peut associer une interprétation à une étape grâce à une action. C'est un ordre vers la partie opérative du système. Lorsqu'une étape est active alors l'action associée est exécutée, lorsque l'étape est inactive l'action associée ne s'exécute pas.




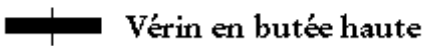
**Figure 48 L'étape**

### **b. la transition**

La transition permet de décrire l'évolution possible de l'état actif d'une étape à une autre. C'est elle qui va permettre, lors de son franchissement, l'évolution du système : elle représente une possibilité de changement d'état du système.

On symbolise la transition ([figure 3](#)) par un tiret horizontal.

On peut associer une interprétation à la transition grâce à une réceptivité (ou condition de transition). C'est une information provenant de la partie opérative et/ou de l'état du système et qui détermine si l'évolution correspondante à la transition est possible ou non. Si la réceptivité n'est pas précisée, alors cela signifie qu'elle est toujours vraie (équivalent à " $= 1$ " au sens logique).

	Pas de réceptivité : la réceptivité associée est toujours vraie.
	La réceptivité associée est vraie lorsque le vérin est en butée haute

**Figure 49 La transition**

### c. Règles de construction

- On relie étapes et transitions, qui doivent strictement alterner, grâce à des arcs orientés ([figure 50](#)). Par convention, étapes et transitions sont placées suivant un axe vertical. Les arcs orientés sont de simples traits verticaux lorsque la liaison est orientée de haut en bas, et sont munis d'une flèche vers le haut lorsque la liaison est orientée vers le haut.
- Si plusieurs étapes doivent être reliées vers une même transition, alors on regroupe les arcs issues de ces étapes à l'aide d'une double barre horizontale appelée convergence "en et" (ou synchronisation) ([figure 51](#)).
- Si plusieurs étapes doivent être issues d'une même transition, alors on regroupe les arcs allant vers ces étapes à l'aide d'une double barre horizontale appelée divergence "en et" (ou également synchronisation) ([figure 52](#)).
- Lorsque plusieurs transitions sont reliées à une même étape dans le sens "vers étape" (respectivement dans le sens "d'étape"), on regroupe les arcs par un simple trait horizontal et l'on parle de convergence "en ou" ([figure 53](#)) (respectivement divergence "en ou", [figure 54](#)).

On parle d'étape avale (respectivement d'étape amont) à une transition lorsque cette étape est avant (respectivement après) la transition au sens de la liaison orientée. De même on parlera de transition amont et de transition avale à une étape.

La figure 9 montre un exemple simple de grafcet construit en respectant ces différentes règles.

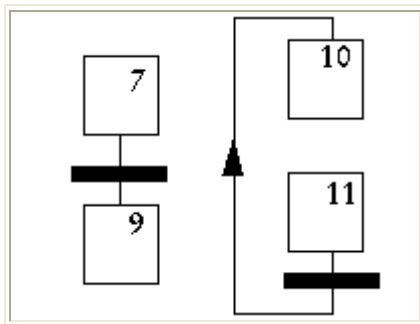


figure 50 Les arcs orientés

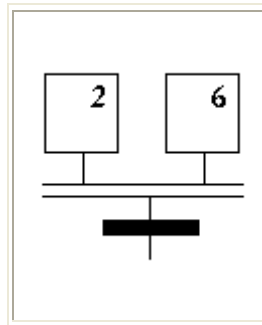


figure 51 Convergence "en et"

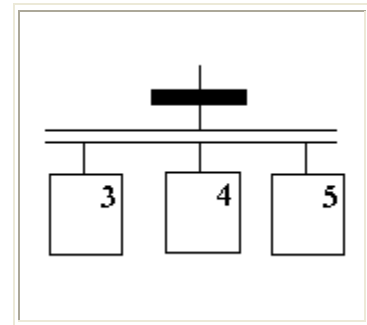


figure 52 Divergence "en et"

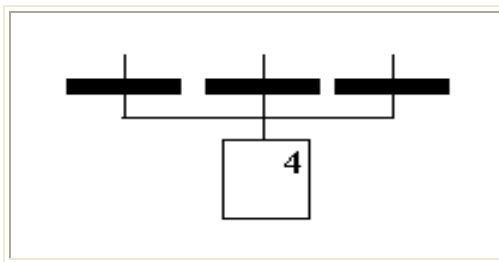


figure 53 Convergence "en ou"

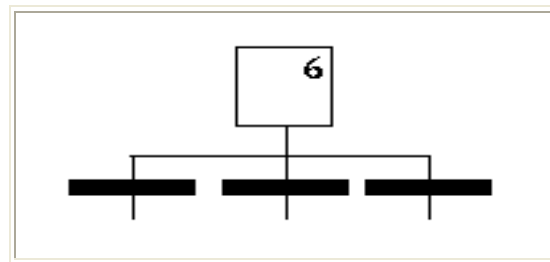


Figure54 divergence "en ou"

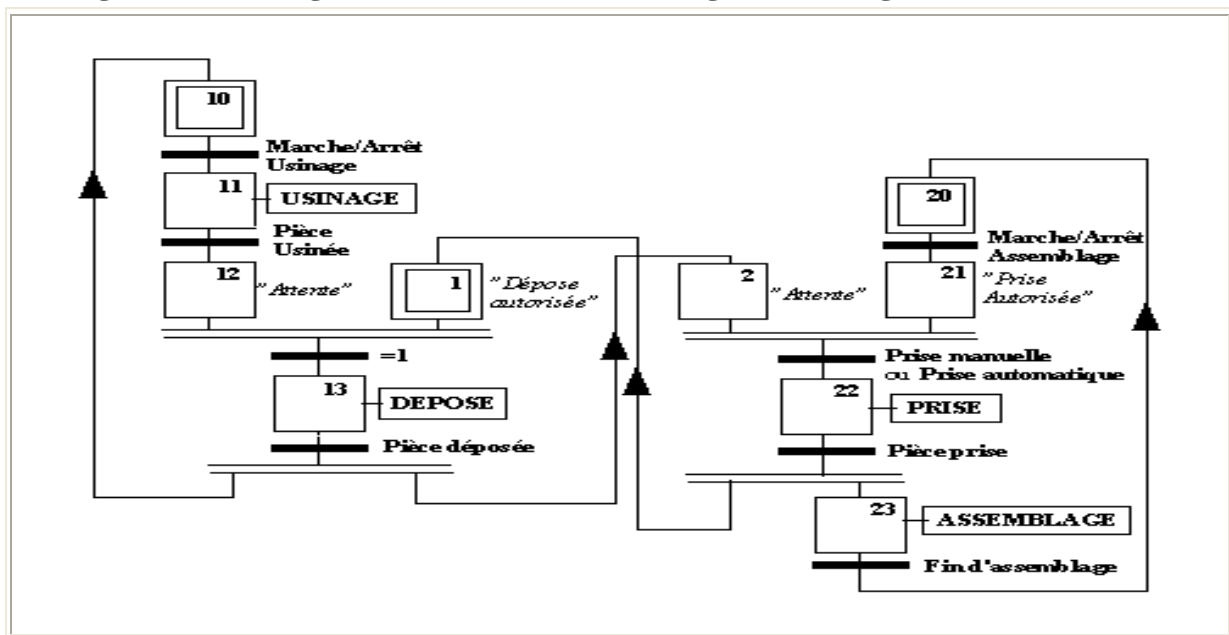


Figure 55 Exemple de grafcet

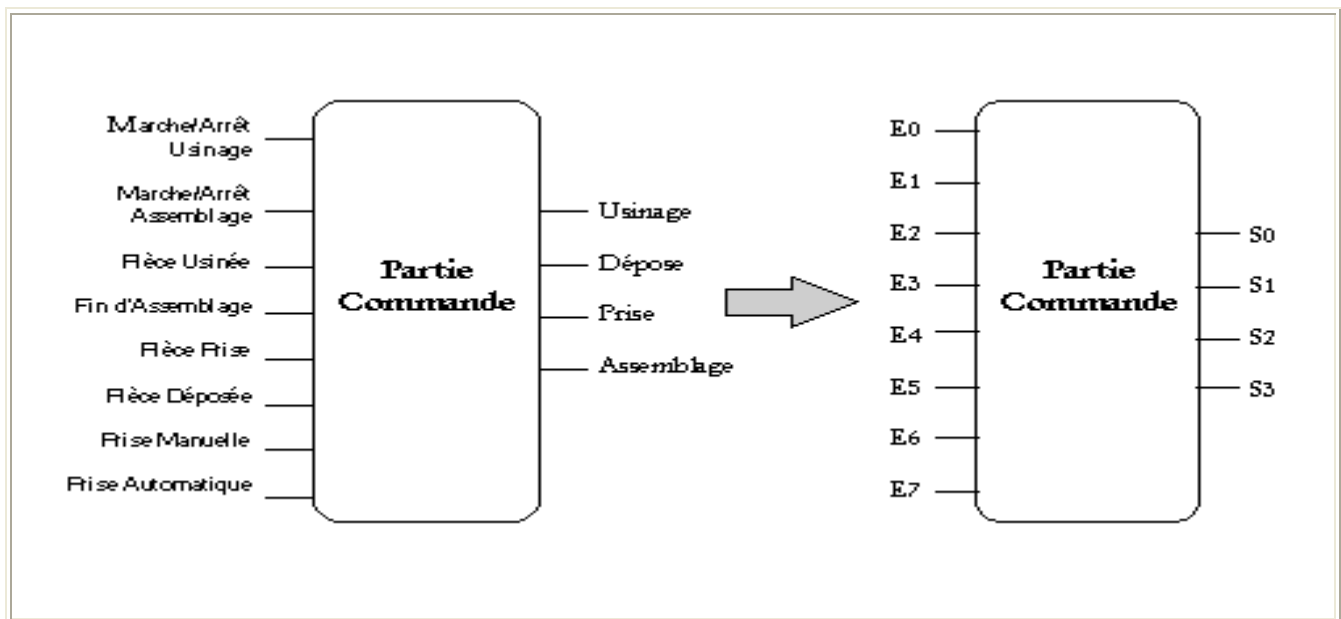
(Les mots en italique figurent à titre indicatif : ils donnent une indication sur l'utilité de l'étape correspondante)

#### d. Notation des entrées/sorties

Lors de l'établissement du grafcet de spécification, l'utilisation de noms explicites pour les entrées du système modélisé (en général la partie commande d'un système de contrôle, les actions sont donc les comptes-rendus de la partie opérative ainsi que les consignes venant de l'opérateur) ainsi que pour les sorties (les actions ou ordres émis vers la partie opérative mais aussi les visualisations vers l'opérateur). Lors du passage au grafcet de réalisation, on utilise plutôt des noms logiques pour les entrées/sorties du système.

Par convention, les entrées seront rangées dans un vecteur (le vecteur d'entrée) et nommées  $E_i$  où  $i$  est le rang de l'entrée considérée dans le vecteur d'entrée. De même les sorties seront rangées dans un vecteur (le vecteur de sortie) et nommées  $S_i$  où  $i$  est le rang de la sortie considéré dans le vecteur de sortie.

Par la suite on utilisera ces notations  $E_i$  et  $S_i$  afin de désigner les entrées et les sorties de la partie commande pour des commodités d'écriture. La [figure 56](#) montre un exemple de nommage symbolique des entrées/sorties pour le grafcet de la [figure 55](#)



**Figure 56 Nommage symbolique des entrées/sorties**

#### e. Les temporisations

Les temporisations sont des variables booléennes qui permettent une prise en compte du temps. Pour écrire ces temporisations, on fait appel à un opérateur normalisé "t1/En/t2" (CEI/IEC 617-12, paragraphe 4.4.1, [figure 57](#)). Cet opérateur sert de base à la notation utilisée en GRAFCET.

Les temporisations utilisées en GRAFCET font référence aux variables d'étapes et donc s'écrivent sous la forme " $t1/Xn/t2$ " (alors  $t1$  désigne le retard apporté au changement de l'état inactif à l'état actif de l'étape  $n$ , et  $t2$  désigne le retard apporté au changement de l'état actif à l'état inactif de l'étape  $n$ ).

Il est important de noter que:

- L'étape  $n$  doit être active pendant un temps supérieur ou égal à  $t1$  pour que " $t1/Xn/t2$ " puisse passer à l'état vrai.
- si  $t1 = 0$ , on note " $Xn/t2$ ", si  $t2 = 0$  on note " $t1/Xn$ ".
- Il faut préciser l'unité de temps à laquelle on fait référence.

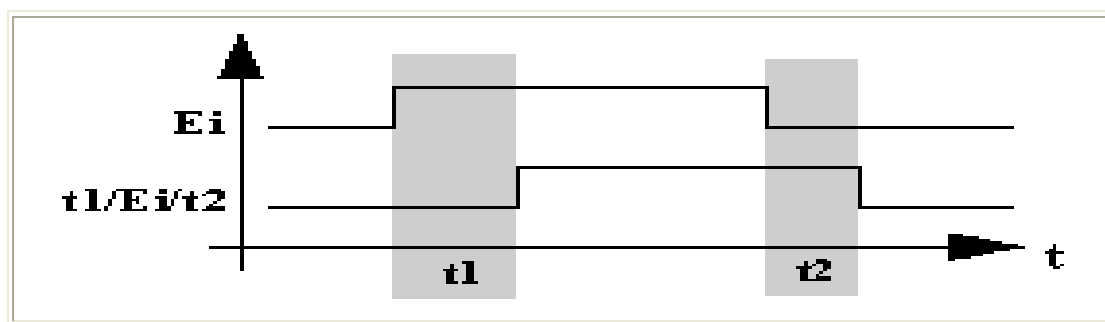


Figure 57 Opérateur à retard " $t1/En/t2$ "

#### f. Les actions

On a vu qu'une action pouvait être associée à une étape. Les actions servent à émettre des ordres vers la partie opérative. Une action est une sortie du système logique que nous modélisons, elle correspond donc à une composante  $S_m$  du vecteur de sortie. Ces actions peuvent être de trois types :

- Les actions continues,
- Les actions conditionnelles, qui peuvent être classées en :
  - action conditionnelle simple,
  - action conditionnelle retardée,
  - action conditionnelle limitée dans le temps.
- Une action mémorisée.

#### Les actions continues

La sortie  $S$  correspondante est émise à vrai tant que l'étape associée est active. Lorsque l'étape devient inactive la sortie est émise à faux (figure 58).

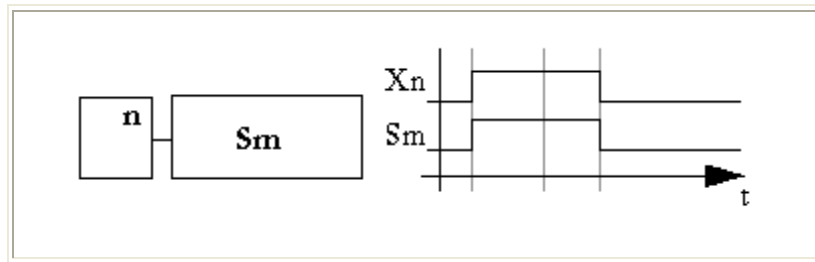
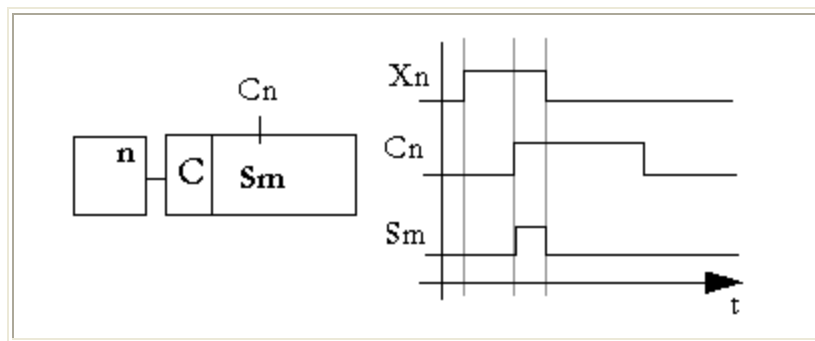


Figure 58 Action continue

\*Les actions conditionnelles

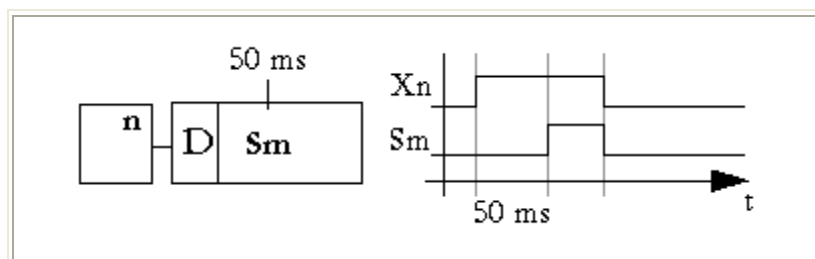
Une action conditionnelle n'est exécutée que si l'étape n associée est active et si la condition associée est vraie. Cette condition notée  $C_n$  est une expression booléenne portant sur l'ensemble des entrées, des variables d'étapes et exprimée à l'aide des opérateurs logiques et, ou, non. On fait apparaître dans le cadre de l'action attaché à l'étape, le caractère conditionnel qui peut être de trois types :

- Type C (Condition) : Une action conditionnelle simple est l'exécution de l'action est soumis à une condition (représentation normalisée à la [figure 59](#)).



• figure 59 Action conditionnelle simple

- Type D (Delay) : Une action conditionnelle retardée sur l'étape n est une action conditionnelle où la condition  $C_n$  s'écrit : " $t1/Xn/d$ " avec d, délai associé au retard (représentation normalisée à la [figure 60](#)).



• figure 60 Action Retardée

- Type L (Limited) : Une action conditionnelle limitée dans le temps sur l'étape n est une action conditionnelle où la condition  $C_n$  s'écrit  $\text{non}(L/X_n)$  avec L, durée associée à la limitation temporelle (représentation normalisée à la [figure 15](#)).

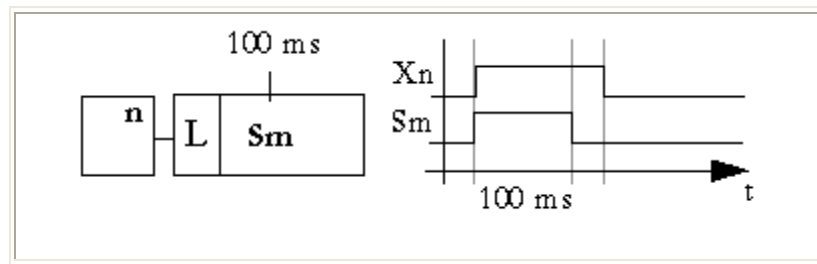


Figure 62 Action Limitée

**Remarque :** Toutes ces actions conditionnelles peuvent se regrouper sous la forme des actions où la condition  $C_n$  s'écrit comme une expression booléenne portant sur l'ensemble des entrées, des variables d'étapes et exprimée à l'aide des opérateurs et, ou, non ainsi que l'opérateur à retard "t1/Xn/t2".

**\*Les actions mémorisées**

Une étape à action mémorisée permet de mettre la sortie correspondante dans un état spécifié lors de son activation. Sa désactivation ne remet pas la sortie associée à son état d'origine : le passage dans un autre état de cette sortie devra être décrit explicitement par une autre étape.

Ainsi la mémorisation à l'état vrai d'une sortie se symbolise par la lettre S (set) et la mémorisation à l'état faux par la lettre R (reset) dans le cadre de l'action attachée à l'étape [figure 61](#)).

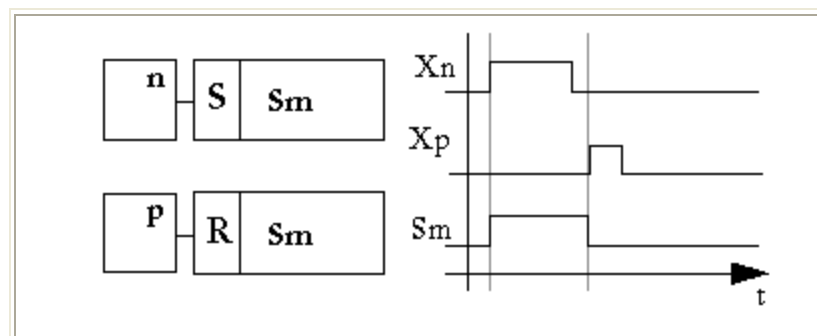


Figure 61 Actions mémorisées

**\*Combinaison d'actions conditionnelle**

Il est possible de combiner plusieurs types d'action conditionnelle. On fait alors apparaître dans le cadre indiquant la nature de l'action, les différentes lettres caractérisant l'action, dans ce cas l'ordre de lecture (de gauche à droite) de ces lettres a une importance: ainsi DSL signifie que la sortie sera d'abord retardée puis mémorisée et enfin limitée à la durée spécifiée.

Cependant on peut remarquer qu'une action conditionnelle quelconque peut s'écrire sous la forme d'une sortie précédée ou non d'un signe de mémorisation, accompagnée d'une expression booléenne exprimant la condition et intégrant les concepts de retard et de limitation grâce à l'opérateur de temporisation.

Remarque : Le signe de mémorisation peut se décrire par une notation fléchée. Ainsi S2 signifie "mémoriser la sortie 2 à l'état vrai",  $\square$  S3 signifie "mémoriser la sortie 3 à l'état faux". Aucun risque de confusion n'est possible avec la notation fléchée pour les fronts montants et descendants utilisés dans les réceptivités puisque cette notation porte sur les sorties et non sur les entrées).

#### \*Action d'étapes simultanément actives

Lorsqu'une même action est appelée par plusieurs étapes actives simultanément, alors la valeur de la sortie associée est la disjonction (ou logique) des différentes valeurs données par les différentes étapes. En particulier si cette sortie est émise à vrai par une seule étape alors sa valeur sera vraie.

### g. Les réceptivités

Une réceptivité est associée à chaque transition (l'absence de réceptivité est en fait la réceptivité toujours vrai). C'est une condition qui détermine la possibilité ou non d'évolution du système par cette transition.

Une réceptivité s'exprime comme étant une expression booléenne écrite à l'aide des variables d'entrées  $E_i$ , des variables d'étapes  $X_i$ , des opérateurs logiques et, ou, non ainsi que de l'opérateur à retard " $t1/Xn/t2$ ", auquel on peut rajouter les opérateurs front montant et front descendant (notés respectivement  $\uparrow$  et  $\downarrow$ ). Ces opérateurs permettent d'introduire le concept d'événement (figure 17). Ils expriment le changement d'état d'une variable booléenne.

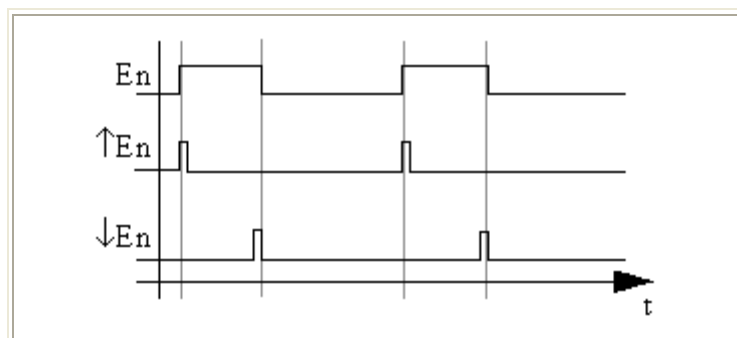


figure 63 Opérateurs Fronts montants et descendants



## h. Les Macro-étapes

Le concept de macro-étape permet des descriptions par raffinement successifs. Ainsi plusieurs niveaux de représentation peuvent être mis en oeuvre. Le premier niveau exprimant globalement la fonction à remplir sans se soucier de tous les détails superflus qui seront décrits dans les niveaux suivants, correspondant à une analyse plus fine. Finalement le dernier niveau pourra être celui correspondant à l'implémentation de la partie commande dont on spécifie le comportement.

### \*Définition

Une macro-étape est l'unique représentation d'un ensemble unique d'étapes et de transitions nommé macro-expansion. L'expansion de la macro-étape commence par une seule étape d'entrée et se termine par une seule étape de sortie.

On représente une macro-étape à l'aide de double barre dans le symbole d'étape. On repère une macro-étape à l'aide d'un identificateur commençant par la lettre M.

Lors de l'interprétation d'un grafcet, on remplace les macro-étapes par leur macro-expansion afin de pouvoir appliquer les règles d'évolution (paragraphe suivant) du GRAFCET. Une macro-étape sera dit "active" si au moins une étape de l'expansion est active.

Il n'y a pas d'action associée à une macro-étape cependant on peut faire figurer un commentaire donnant une indication de la fonction réalisée par la macro-étape.

L'exemple de la [figure 18](#) illustre l'emploi d'une macro étape utilisée pour détailler l'action d'usinage du grafcet de la [figure 9](#). Dans cet exemple, les entrées/sorties sont différentes de celles de la

[figure 9](#), ce qui suppose que l'on a défini d'autres entrées/sorties (plus détaillées) pour ce système. Ainsi la sortie "usinage" a disparue et les sorties "rotation broche" et "avance vérin" sont apparues. De même l'entrée "fin d'usinage" a disparue, l'entrée "Vérin en butée" est apparue.

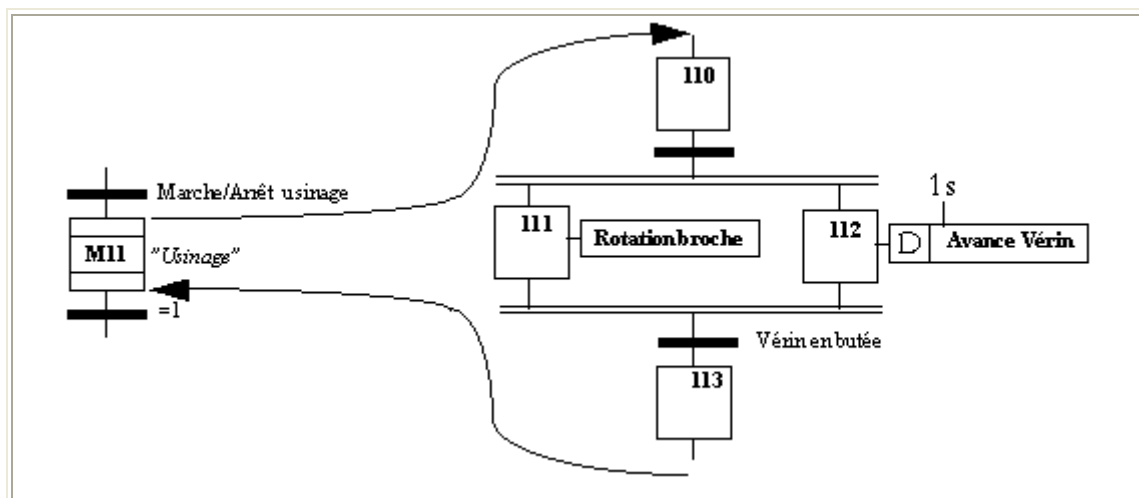


Figure 64 Une macro-étape et sa macro-expansion

## 4. Règles d'évolution du GRAFCET

Un grafcet possède un comportement dynamique dirigé par cinq règles, elles précisent les causes et les effets du franchissement des transitions.

### Règle N°1 : Situation initiale

La situation initiale d'un grafcet caractérise le comportement initial de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative, de l'opérateur et/ou des éléments extérieurs. Elle correspond aux étapes actives au début du fonctionnement : ces étapes sont les étapes initiales (figure 19).

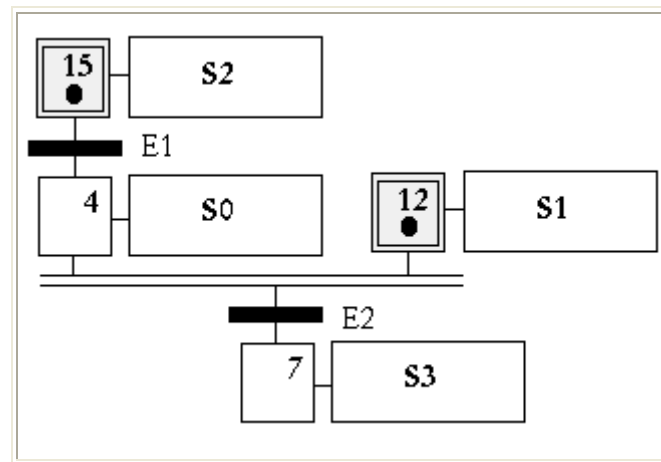


Figure 65 Situation initiale

### Règle 2 : Franchissement d'une transition

Une transition est dite validée lorsque toutes les étapes amont (immédiatement précédentes reliées à cette transition) sont actives.

Le FRANCHISSEMENT d'une transition se produit :

- lorsque la transition est validée.
- **ET** que la réceptivité associée à cette transition est vraie

L'exemple de la figure 66 montre une transition non validée car l'étape 4 n'est pas active.

L'exemple de la figure 67 montre une transition validée mais non-franchissable avant t1, elle devient franchissable à t1 car E2 devient vraie.

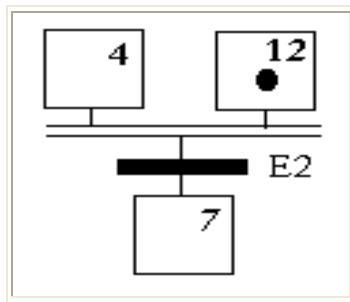


figure 66 Transition non validée

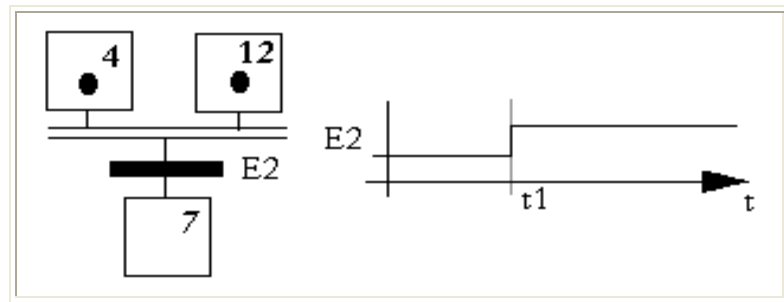


figure 67 Transition validée non-franchissable puis franchissable

### Règle 3 : Evolution des étapes actives

Le franchissement d'une transition entraîne simultanément l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes ( figure 68).

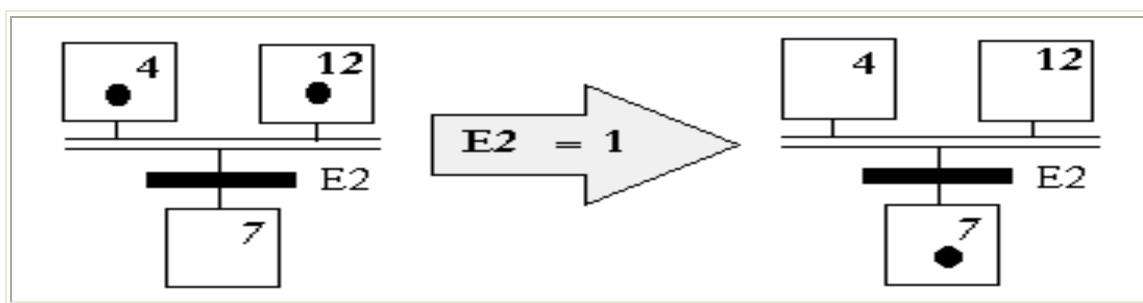


Figure 68 Franchissement d'une transition

### Règle 4 : Evolution simultanée

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies ( figure 23).

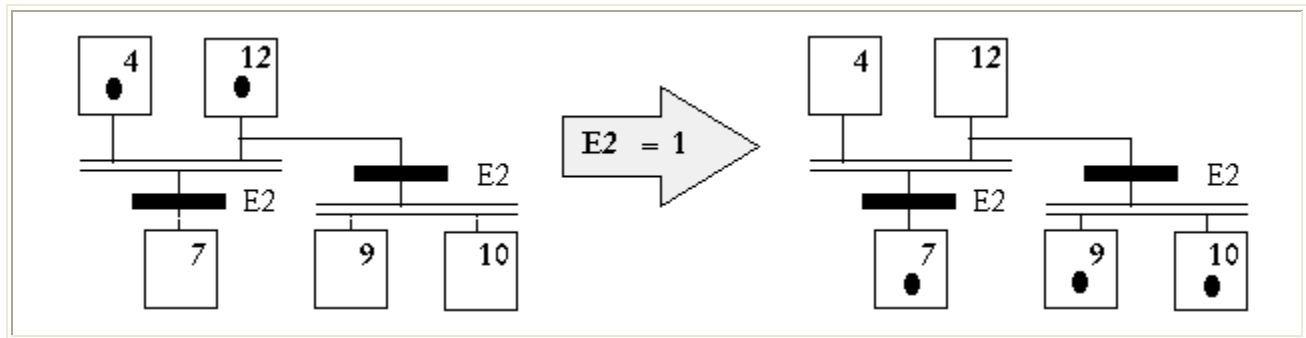


Figure 69 Franchissements simultanés

**Règle 5 : Activation et désactivation simultanée d'une étape**

Si au cours du fonctionnement la même étape est simultanément activée et désactivée elle reste active (figure 69). On évite ainsi des commandes transitoires (néfastes au procédé) non désirées.

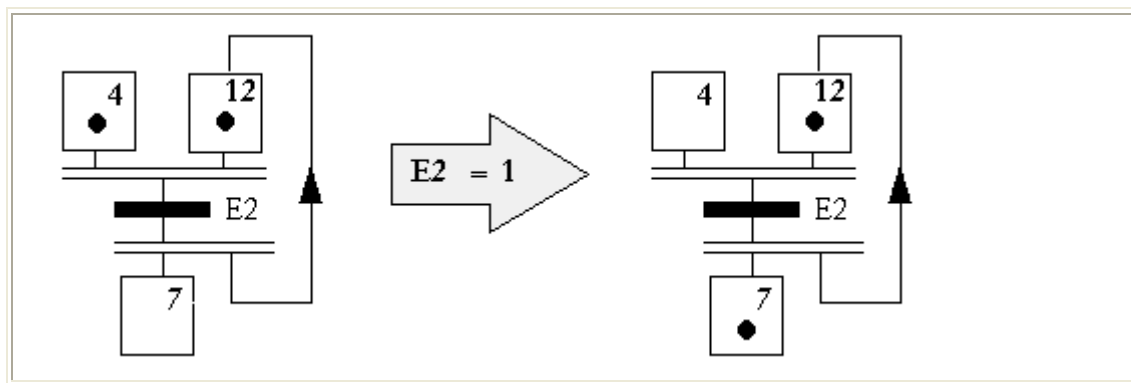


Figure 70 Activation et désactivation simultanées d'étape (étape 12)

**Remarques**

Il est important de noter que

- la durée d'un franchissement de transition est très petite (aussi petite que l'on veut) mais non nulle. Ainsi si deux transitions successives (séparée par une étape) ont pour réceptivité le même front d'une variable, alors il faudra deux fronts de cette variable pour franchir les deux transitions (figure 25). Ce temps est en relation directe avec la durée d'un front.
- Le GRAFCET fait l'hypothèse d'un monde asynchrone : deux événements non corrélés ne peuvent survenir simultanément. Soit formellement, l'expression logique  $E_i$  et  $E_j$  est toujours évaluée à faux.

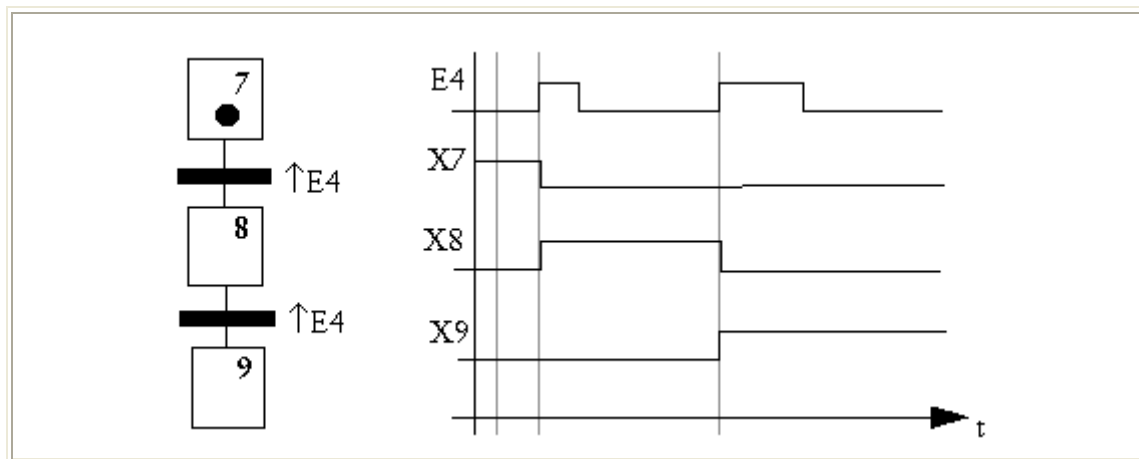


figure 71 Règle de franchissement d'une transition

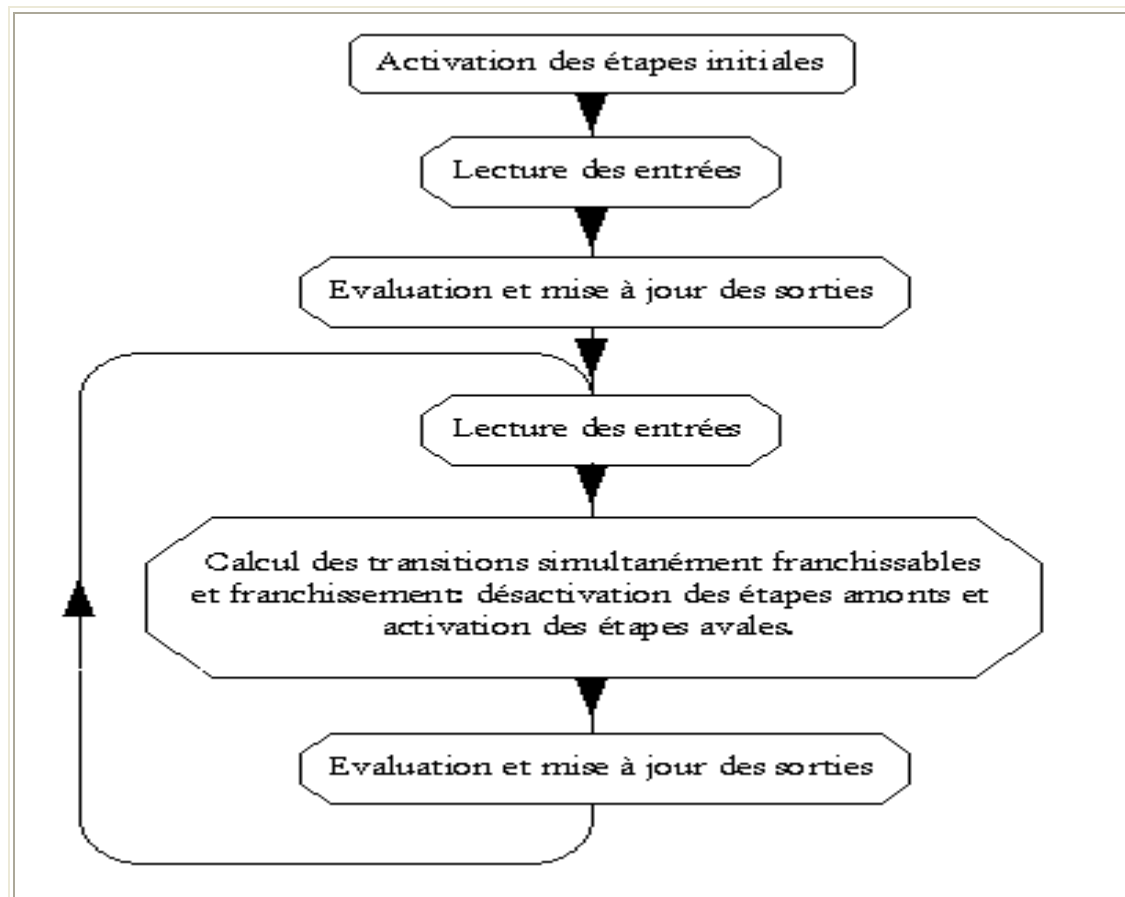
## 5. Implémentation du GRAFCET

Lors du passage à l'implémentation d'un grafcet, deux algorithmes d'évolution sont employés pour appliquer les règles d'évolution. Ces algorithmes diffèrent par la notion de stabilité de la situation atteinte.

**Stabilité** : Pour une valeur du vecteur d'entrée du système isolé conduisant à une situation donnée, cette situation atteinte sera dite stable si après franchissement de toutes les transitions franchissables, une nouvelle situation ne peut être obtenue que sur occurrence d'un événement externe (changement de valeur d'une des entrées  $E_i$ ).

## 6. Algorithme Sans Recherche de Stabilité

Cet algorithme (Algorithme Sans Recherche de Stabilité ou SRS, figure 26) peut aboutir à un comportement non déterministe (les mêmes causes peuvent produire des effets différents) (et donc à une interprétation erronée) d'un grafcet. En effet cet algorithme permet l'évaluation des entrées lors d'une évolution d'un grafcet. Ainsi si la machine cible est relativement lente (par rapport au processus physique), un changement de valeur du vecteur des entrées peut avoir lieu lors du calcul d'une évolution d'un grafcet (passage d'un état stable à un autre état stable) et sera pris en compte lors du calcul en cours.



**Figure 72 Algorithme Sans Recherche de Stabilité**

Ainsi dans l'exemple de la figure 72 , suivant le temps de calcul d'une évolution du grafcet, l'algorithme SRS donne un marquage différent. Seul le cas ou ce temps de calcul est inférieur à la période d'activation de a est correcte, c'est à dire qu'il correspond à une interprétation correcte du GRAFCET.

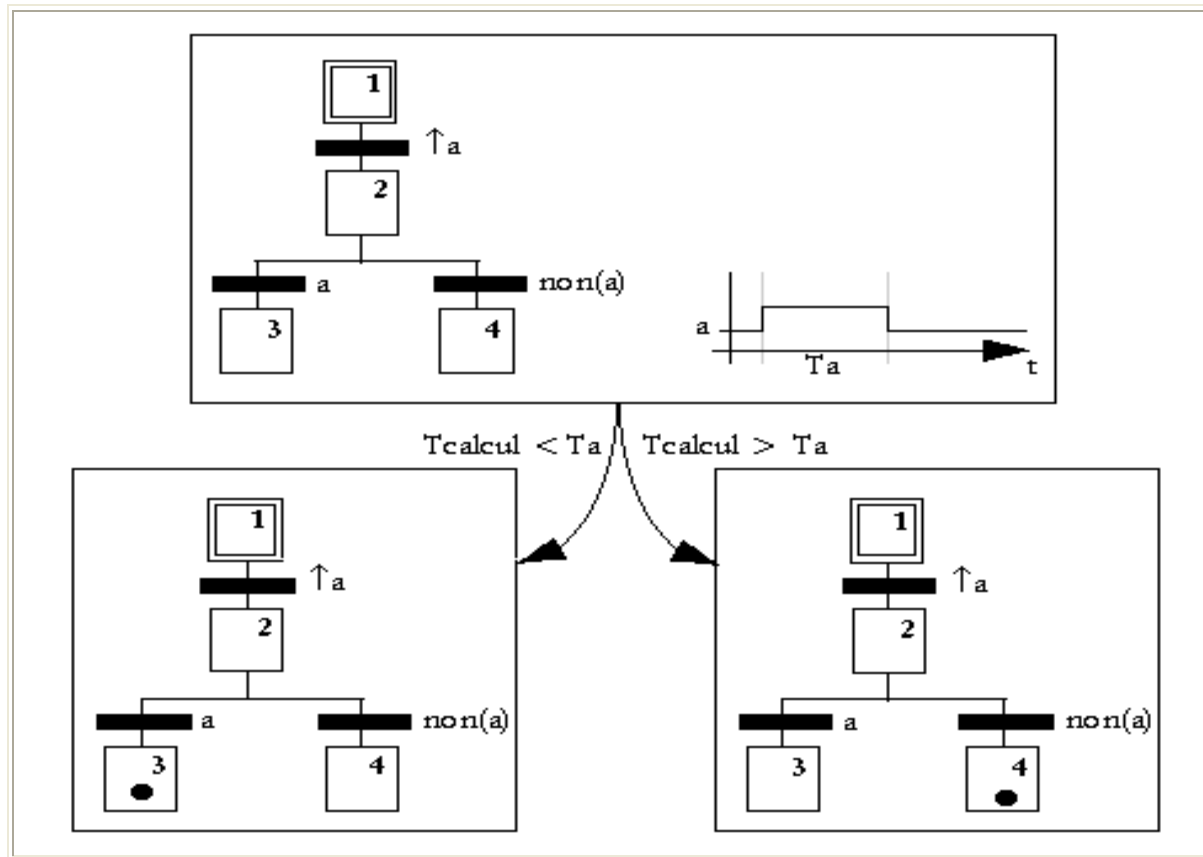
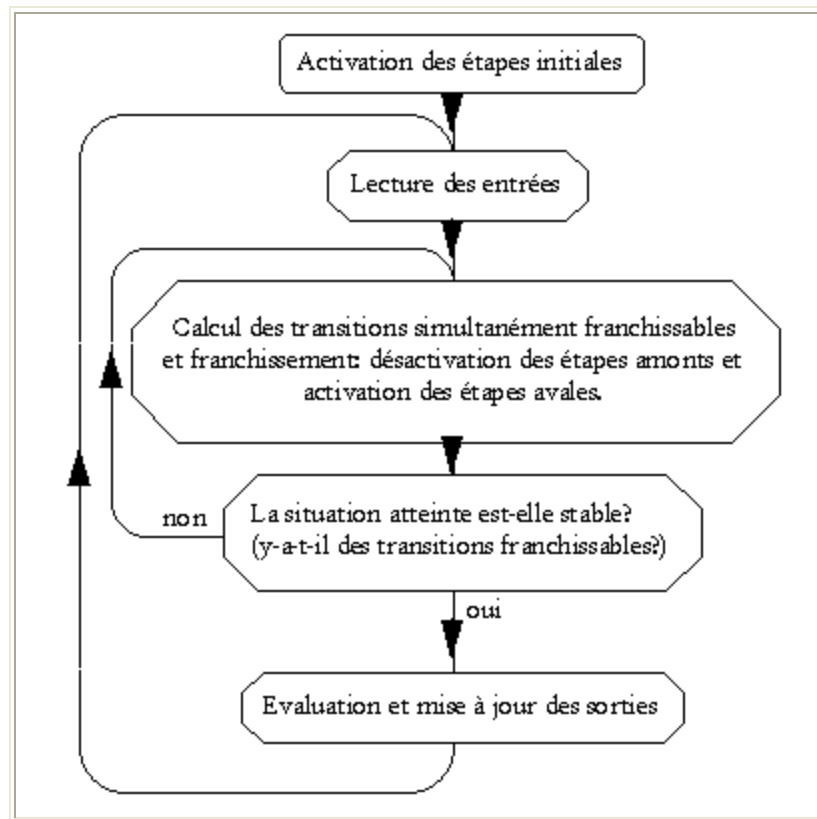


Figure 72 Non déterminisme de l'algorithme SRS

## 7. Algorithme Avec Recherche de Stabilité

Le second Algorithme, appelé Algorithme Avec Recherche de Stabilité (ARS, figure 28) assure à un grafcet un comportement déterministe, car il ne considère une nouvelle valeur du vecteur des entrées que lorsqu'il a atteint une situation dite stable. Ainsi l'application de l'algorithme ARS dans le cas de la figure 27 donnera toujours pour marquage final correcte (étape 3 active) et ce quelque soit le temps nécessaire au calcul d'une évolution.



**Figure 73 Algorithme Avec Recherche de Stabilité**

Cependant:

- Si l'on n'a pas de mécanisme de stockage des événements, alors des événements peuvent être perdus (si le calcul n'est pas assez rapide). Il faut noter que ceci est vrai aussi pour l'algorithme SRS. Il faut donc prévoir un mécanisme de stockage des événements lors de l'implémentation.
- Cet algorithme peut conduire à des blocages (deadlock) du système s'il ne peut atteindre une situation stable. On est alors dans une situation instable où le système ne prend plus en compte les nouvelles valeurs des entrées. Un mécanisme de détection des situations instables doit alors être intégré dans l'algorithme d'évolution, cependant cette détection peut s'avérer délicate car coûteuse en temps machine et en espace mémoire.

Il est important de remarquer que lorsque cet algorithme est utilisé alors :

- Les sorties ne sont émises que lors de l'atteinte d'un état stable. En particulier toute sortie appartenant à une étape qui est activée puis désactivée lors d'une même évolution ne sera pas émise.



- Les opérateurs de temporisations ne perçoivent que les changements d'états des étapes lors des situations stables. Ainsi une temporisation portant sur une étape qui se trouve désactivée puis réactivée lors d'une même évolution ne perçoit pas le changement d'état de cette étape.

## **8. Conclusion :**

Le Grafcet est un outil simple mais extrêmement puissant qui permet les représentations fonctionnelles, opérationnelles et technologiques de la plupart des automatismes industriels. Un outil normalisé largement adopté par les industries. Dans notre travail nous nous sommes de cet outil pour réécrire le cahier des charges et modéliser l'automatisme c'est ce qui nous à faciliter la reprogrammation du stérilisateur sans faire recours aux automaticiens de schneider.

## **CHAPITRE V : Grafcet et Réseaux de contact de la station**

Après étude du processus de stérilisation nous avons réalisé un programme grafcet pour l'exécution Des différentes taches d'exploitations du stérilisateur

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce travail a été réalisé au sein de la SOCOTHYD.

En premier lieu, on a pris connaissance de fonctionnement manuel de la station de stérilisation, et après connaissance de son fonctionnement on a proposé une reprogrammation de la station en vue de l'absence d'automaticien sur le lieu, désirons optimiser les dépenses et facilité les tâches du travail.

On a décrit d'une manière générale les Automates Programmables Industriels, en spécifiant notre Automate TSX 37-21 Télémécanique (Schneider group) avec son logiciel de programmation PL7- Pro.

L'outil GRAFCET nous a permis d'élaboré une modélisation pour facilité la programmation. En donnant quelques exemples de procédure qu'on a suivi pour réaliser notre travail.

Malgré le fait que la stérilisation à vapeur d'eau soit très sollicitée, il est évident néanmoins qu'elle présente également quelques inconvénients qui sont :

- La limitation aux objets thermostants et hydorrésistants
- Utilisation d'un appareil sous pression
- Nécessité d'une maintenance rigoureuse
- Consommation d'eau
- Utilisation couteuse

Ainsi, une installation programmée à l'aide d'un automate exige un personnel qualifié qui se charge du fonctionnement correct de l'appareil

# BIBLIOGRAPHIE

[1] : Documentation de la **SOCOTHYD**

[2] : « Du Grafcet aux Réseaux de Pétri » Deuxième édition revue et augmentée.

**RENE DAVID, HASSANE ALLA.**

[3] : **J.M Bleux, J.L Fanchon** « Automatismes Industriels »

[4] : **Bernard SCHNEIDER et Alain Beuret** « automatisation industrielles »

[5] : **D.Blin\_ J. Danic, R. LeGareec , F. Trolez ,J.C Séité** « Automatique et Informatique Industrielles »

**Edition CASTEILLA 1995**

[6] : « Automatique et Informatique industriels » Edition DUNOD 1995

[7] : Documentation Technique de **SCHNEIDER, PL7 PRO CD ROM**

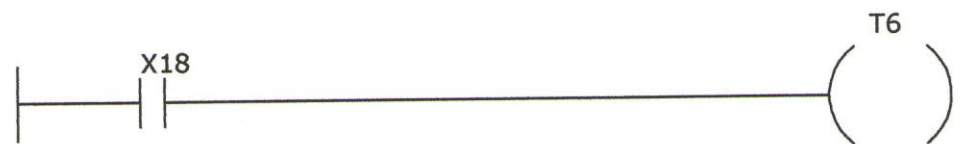
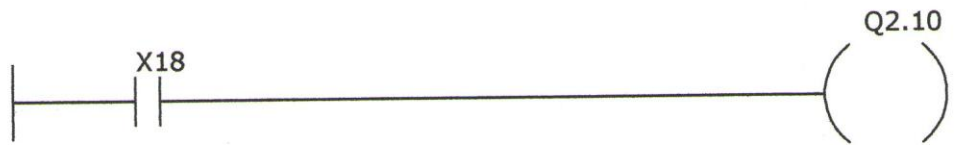
[8] : **Help PL7 PRO / Version 4.4**

[9] : <http://www.electronique.first.homeunix.org/cours/index.php>

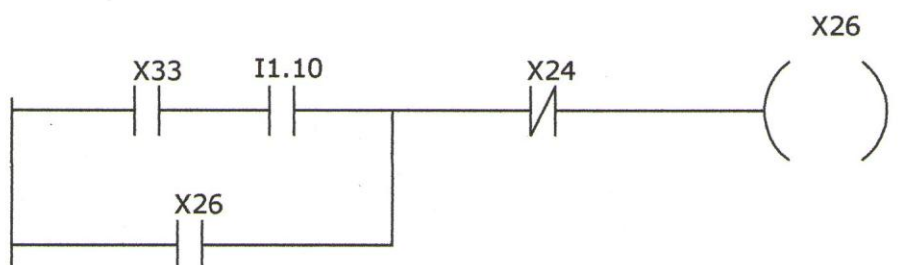
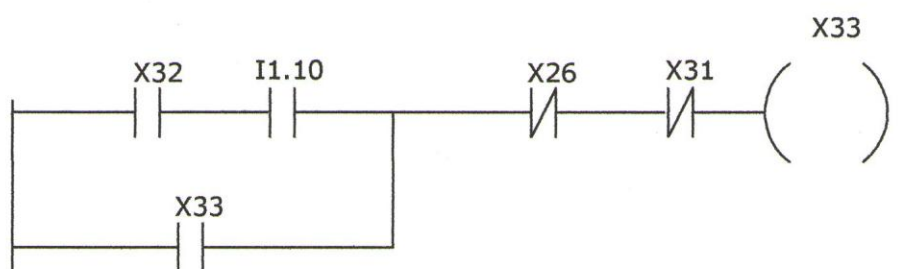
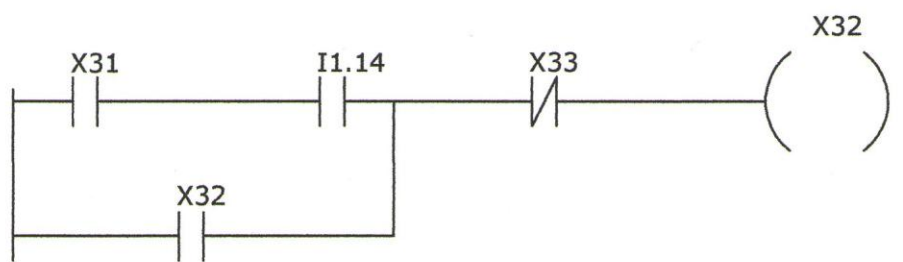
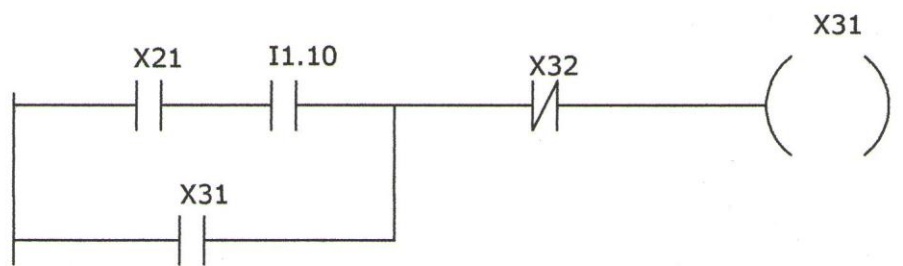
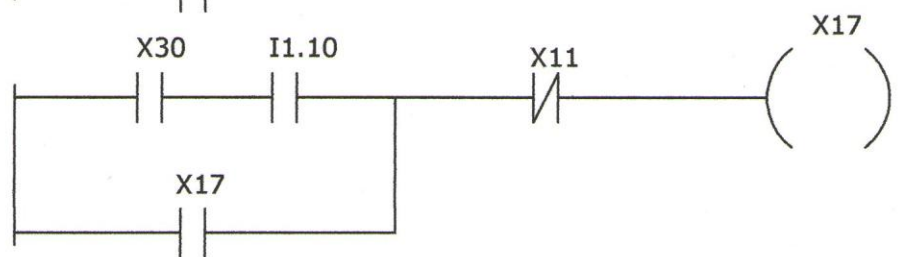
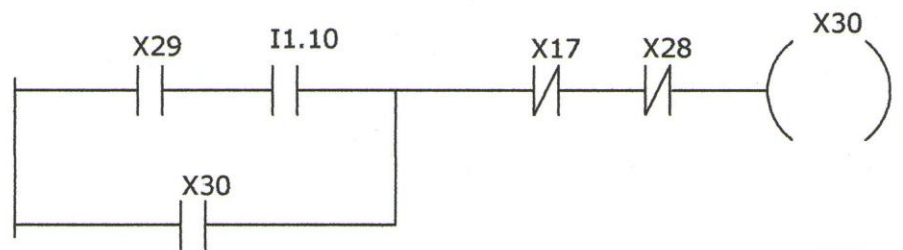
## **ANNEXE :**

- FPST= Fermeture portes stériles
- FPNS=Fermeture portes non stériles
- GJ=Gonflage joints
- VPST=Voyant portes stériles
- VPNS=Voyant portes non stériles
- ENR=Enregistreur
- Pompe= pompe de vide
- V cycle= Voyant cycle
- Pilote vide= cycle du vide
- In vap=Injection vapeur
- Purg vap=Purge vapeur
- Air f=Air filtré
- DGJ= dégonflage joints
- OPST=Ouverture portes stériles
- OPNS=Ouvertures portes non stériles
- BP1=bouton poussoir1
- BP2=bouton poussoir 2
- Pj=purgeur
- FC1= Fin de course 1
- FC2=Fin de course 2
- Bp(TV)= Bouton poussoir tenue de vide
- Bp (Lg)=Bouton poussoir linge
- CP1,CP2,CP3=Capteurs de pression
- CT1,CT2,CT3,CT4,CT5 ,CT6,CT7,CT8=Capteurs de température
- Chauffage allumé=chauffage du stérilisateur allumé
- Chauffage éteint=chauffage du stérilisateur éteint
- DC1=Début de course1
- DC2= Début de course 2

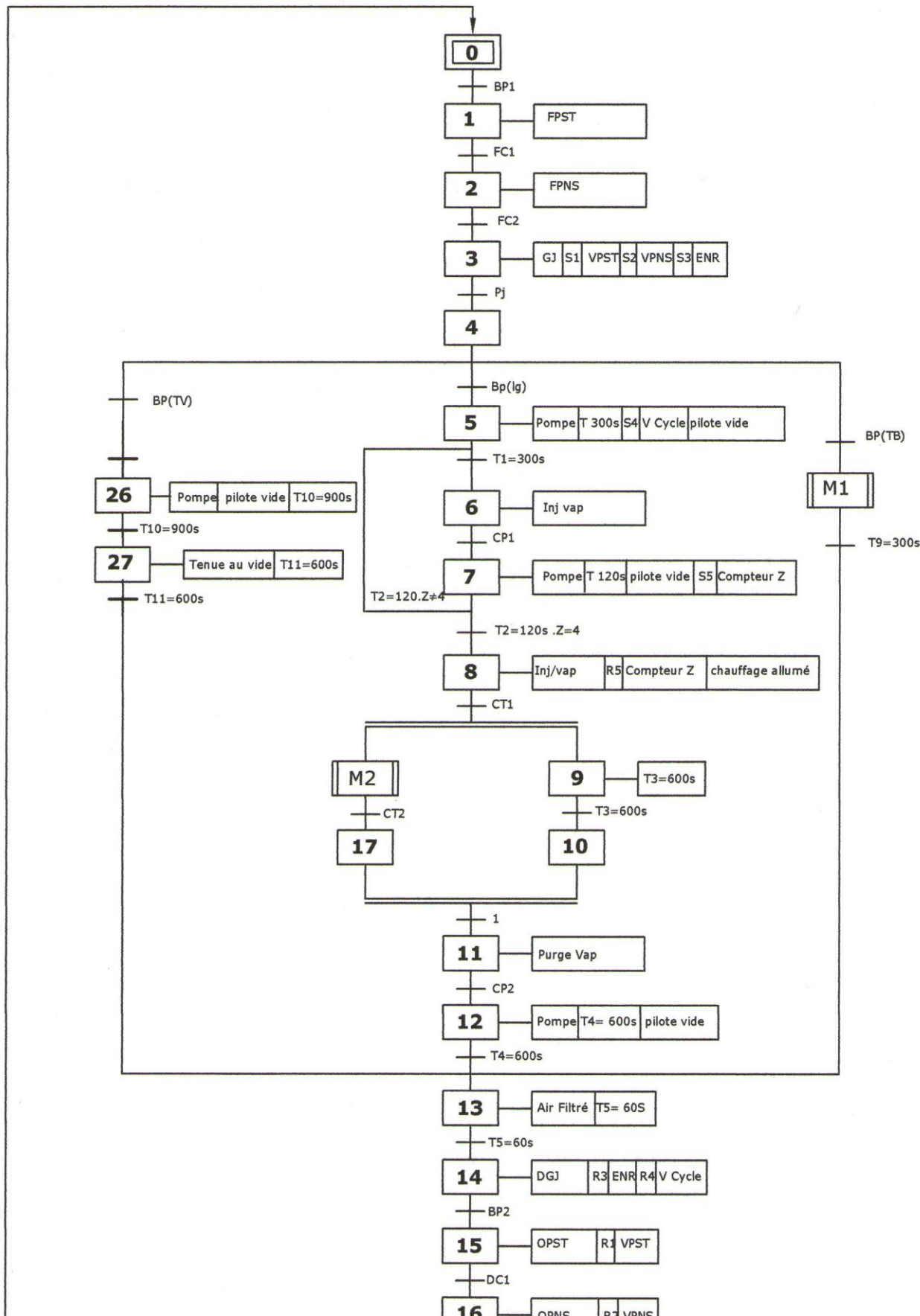
# *ANNEXE*



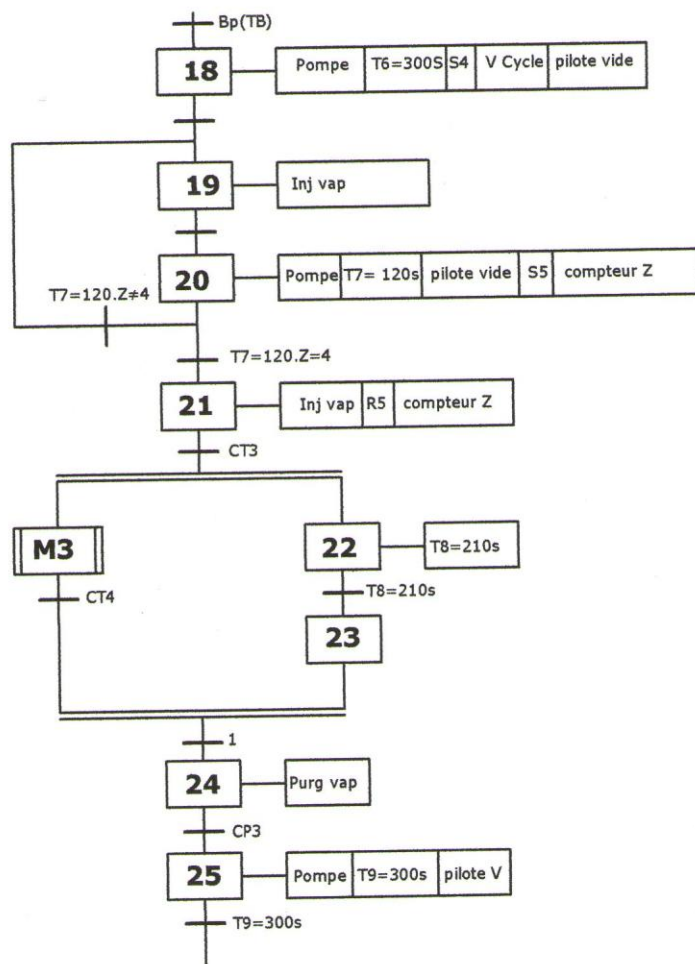




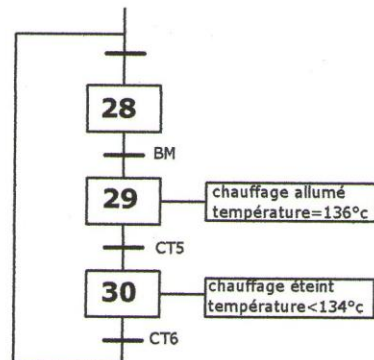
# GRAFCET



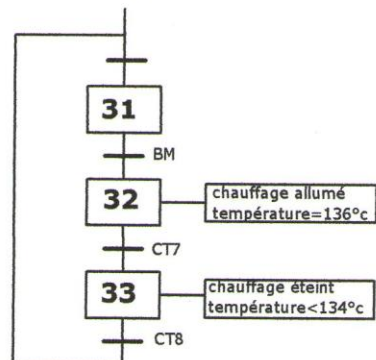
## Macro étape M1

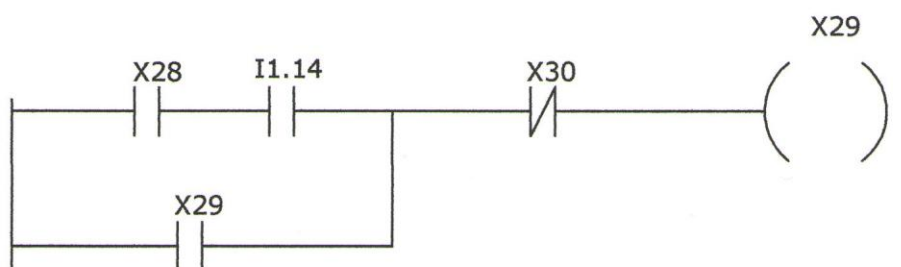
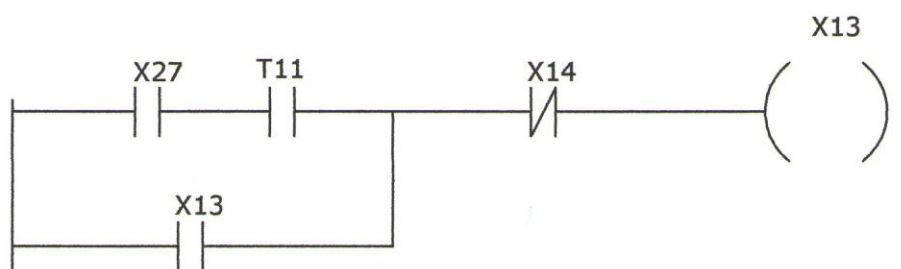
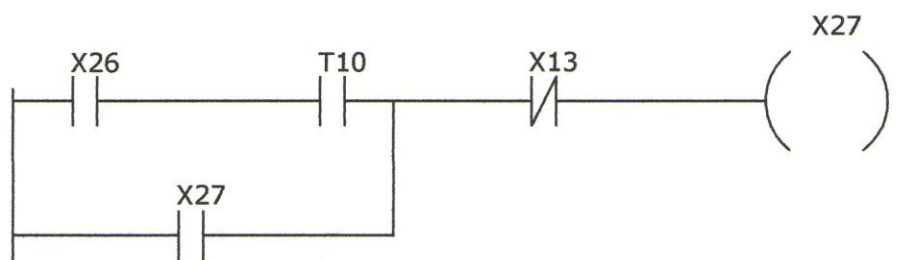
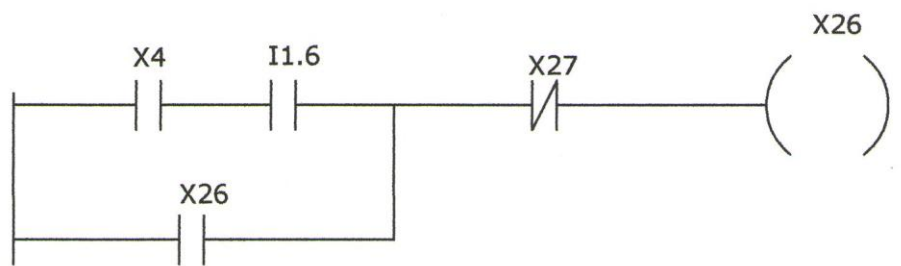
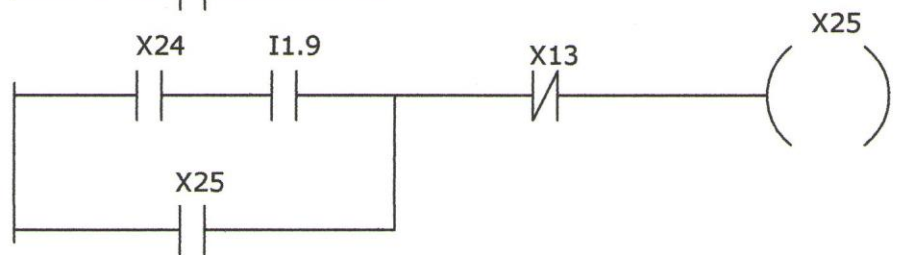
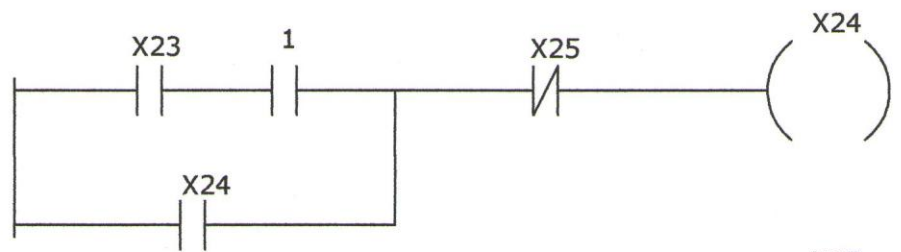


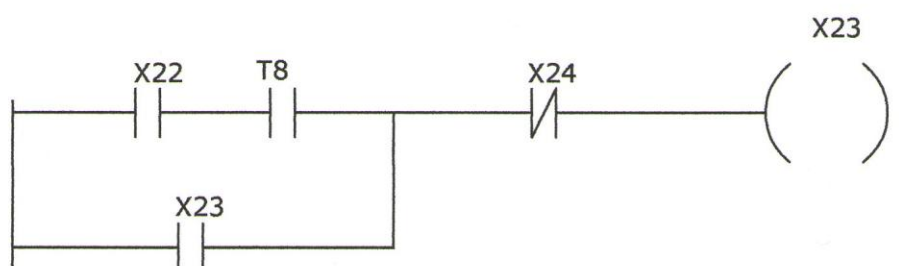
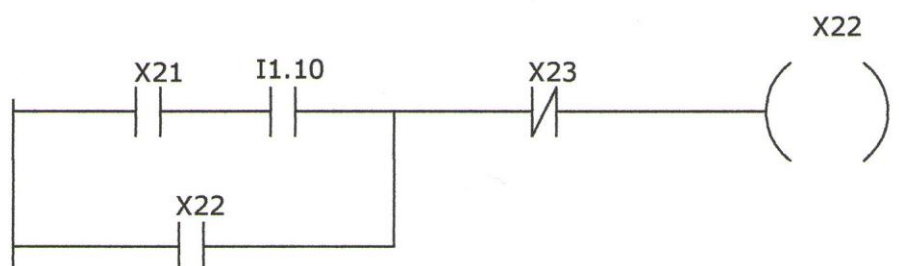
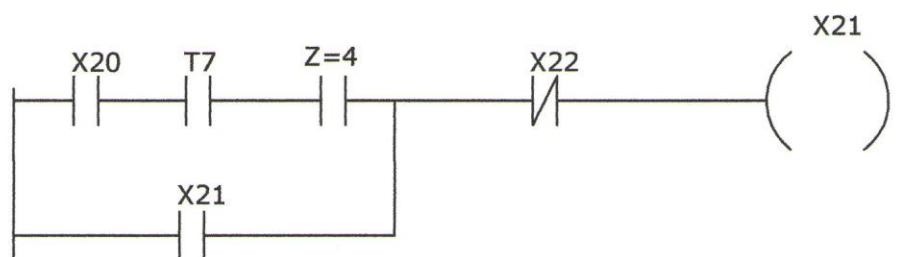
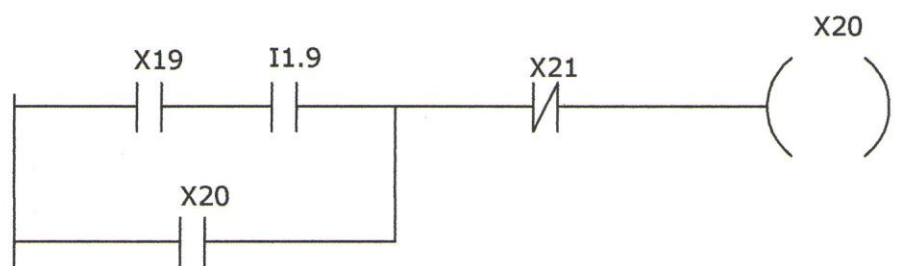
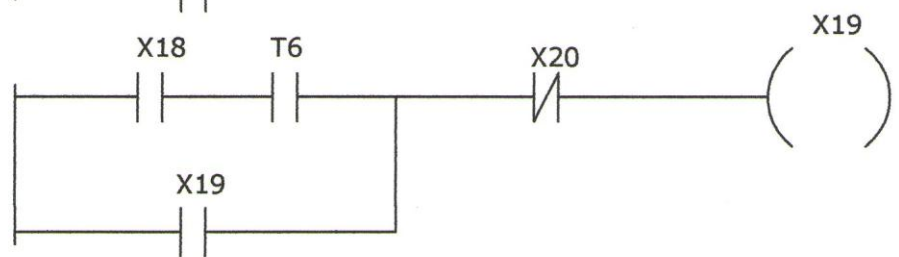
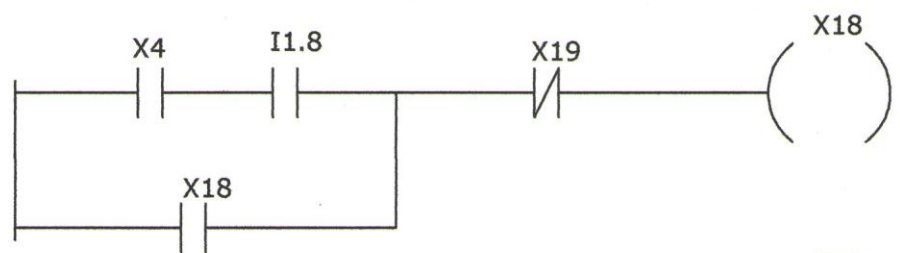
## Macro étape M2

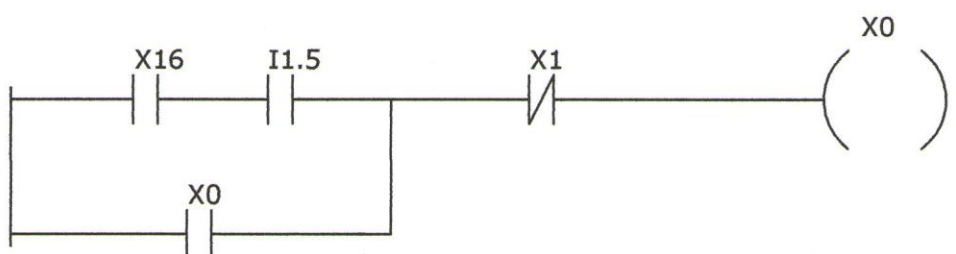
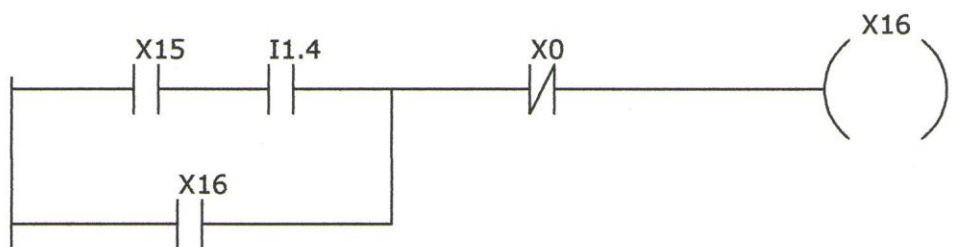
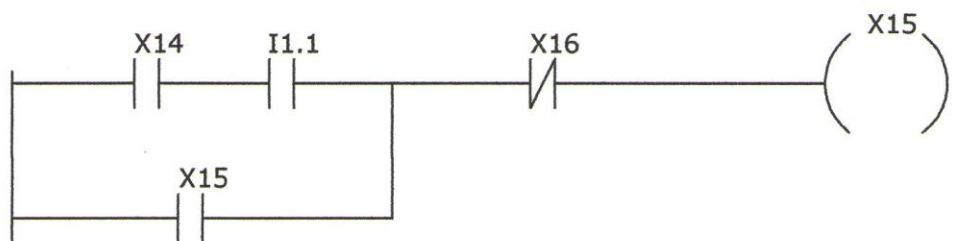
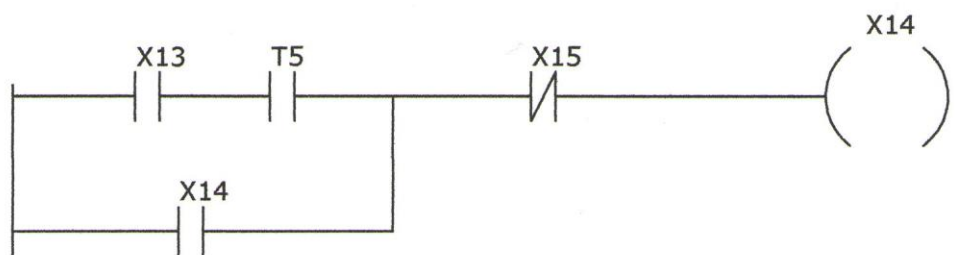
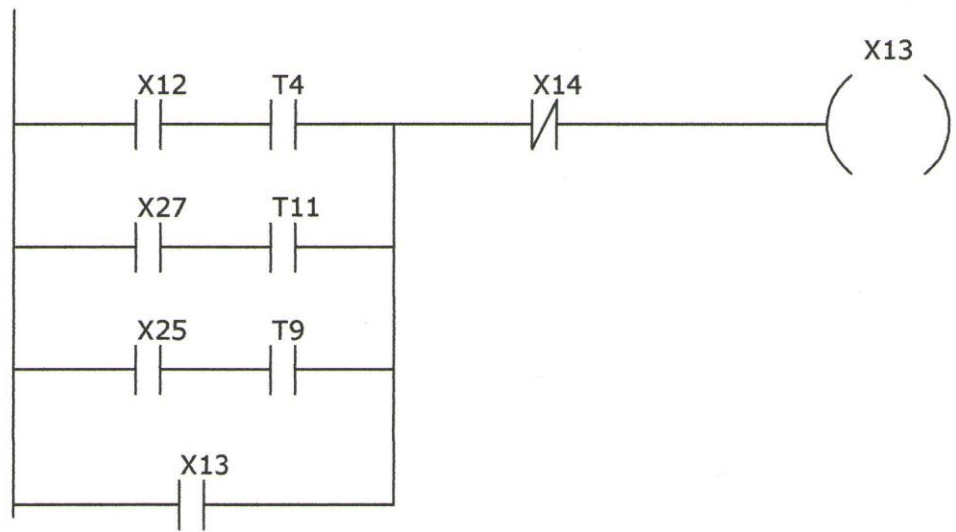


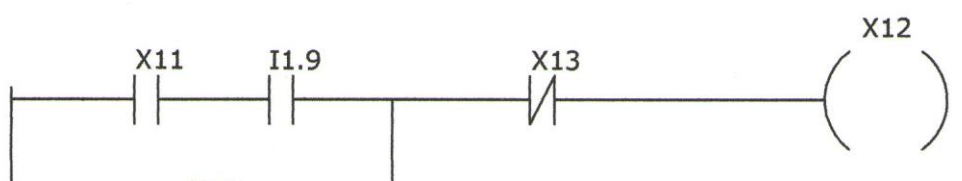
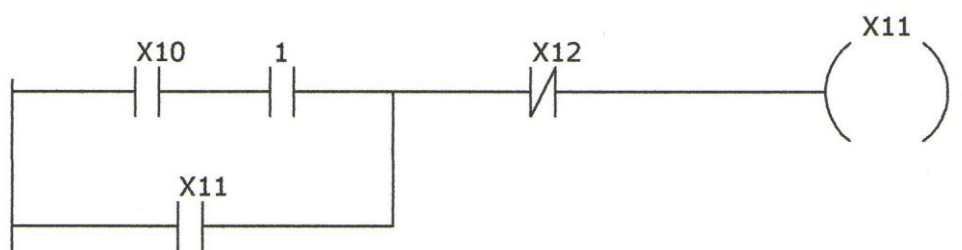
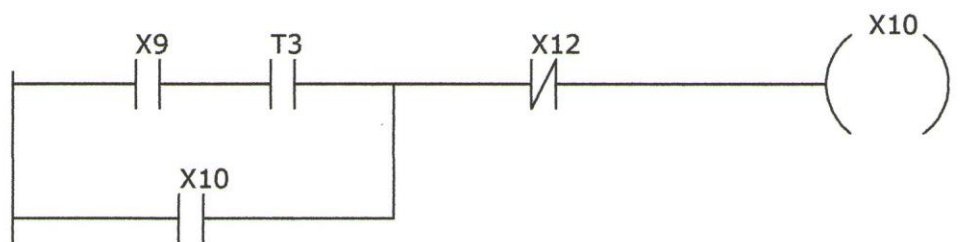
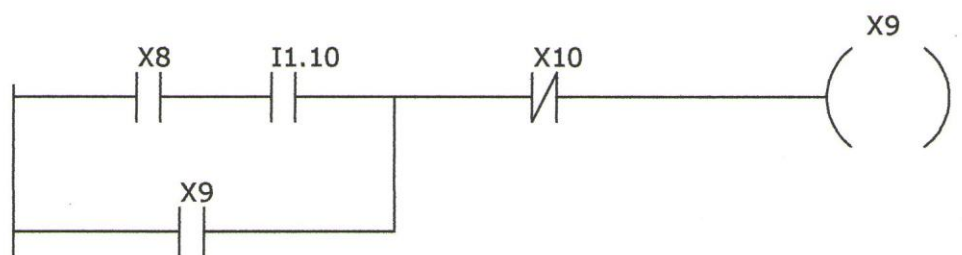
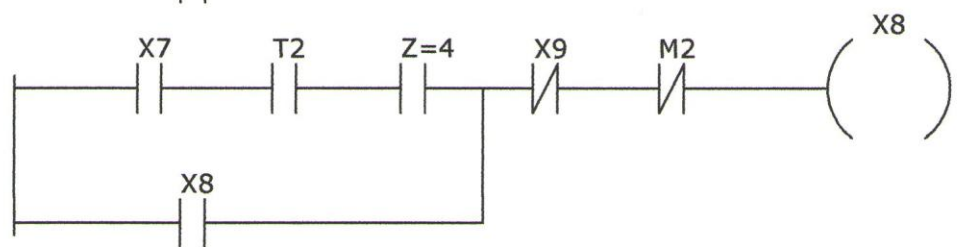
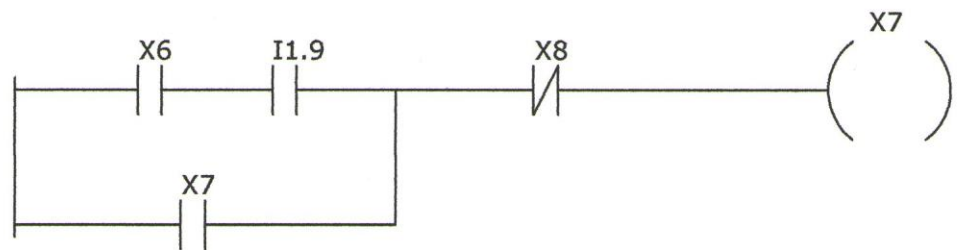
## Macro étape M3



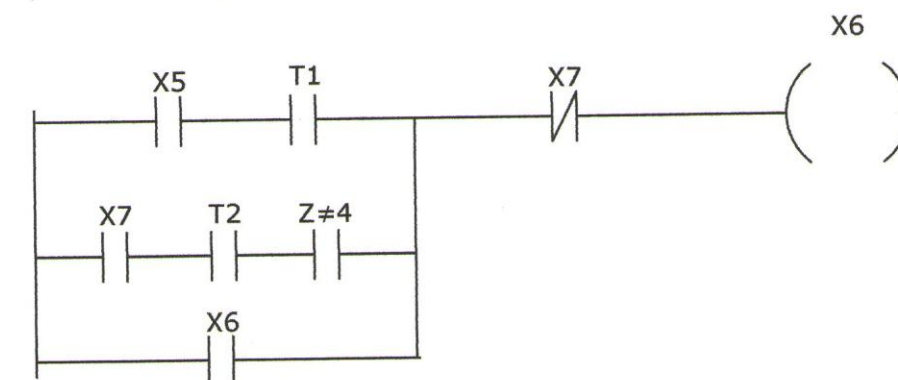
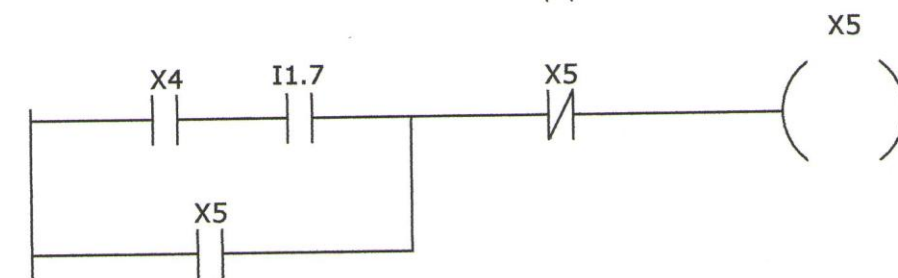
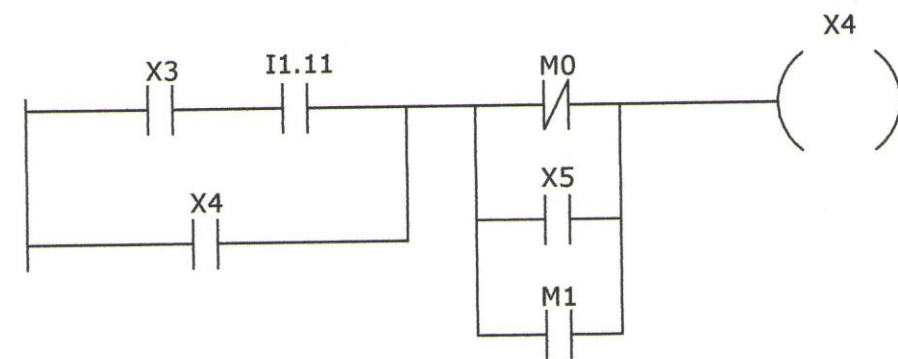
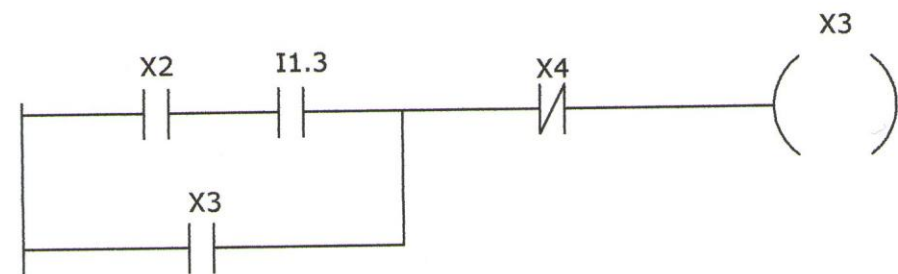
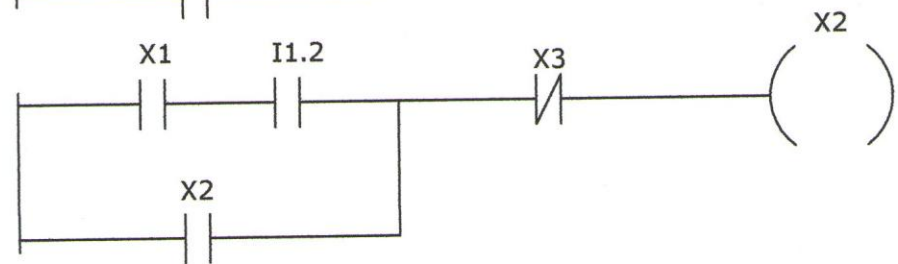
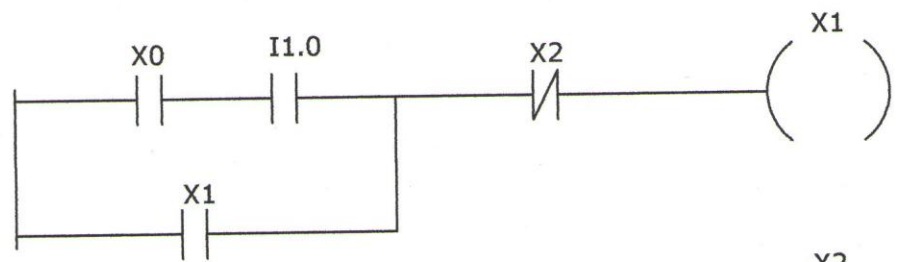


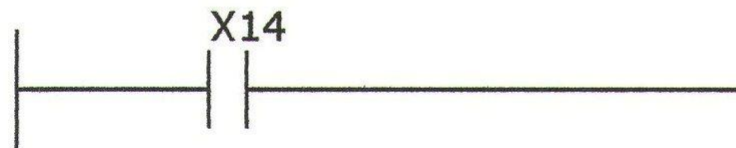
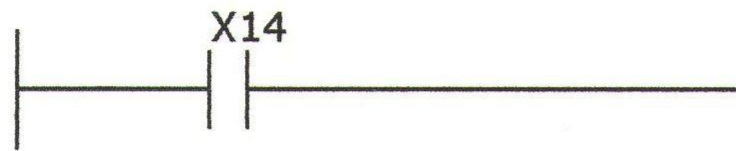


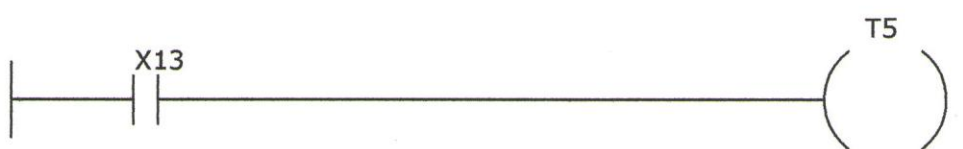
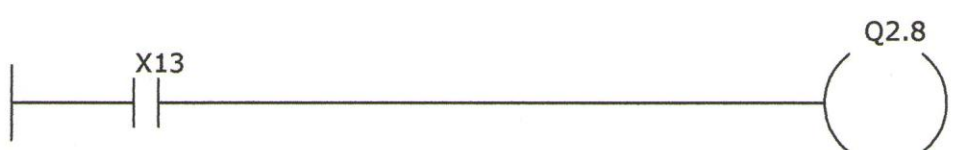
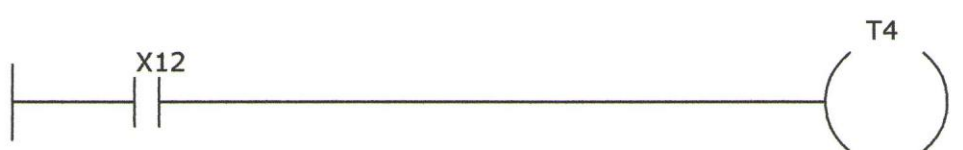
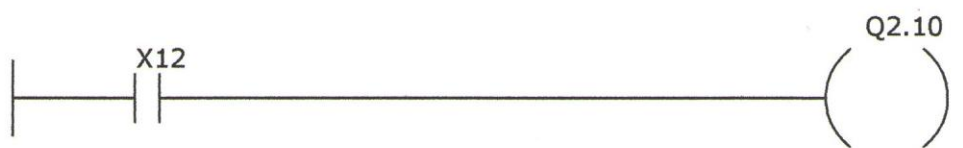
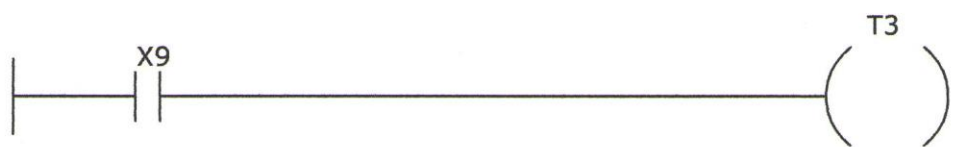


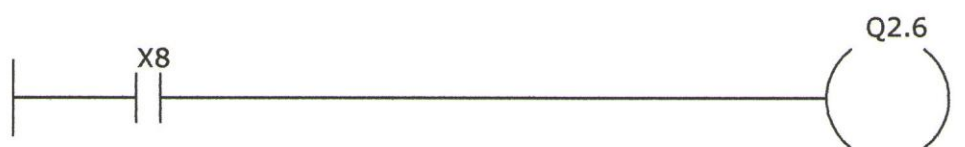
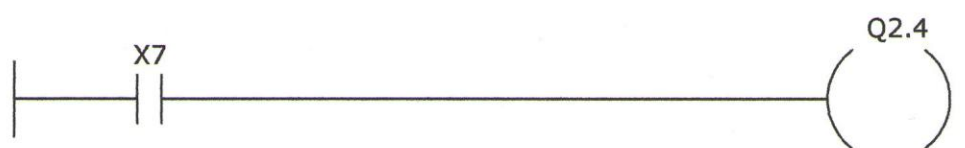
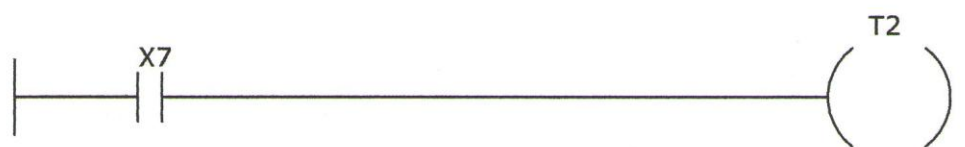
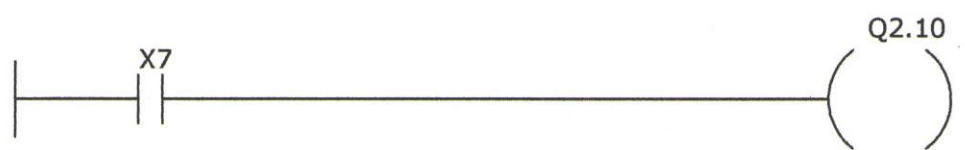
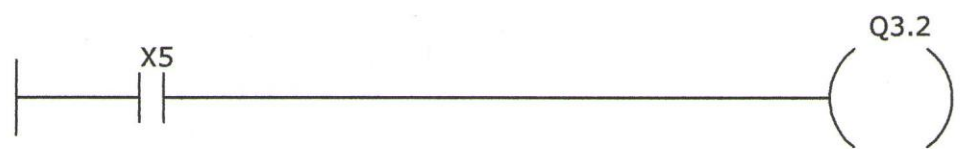


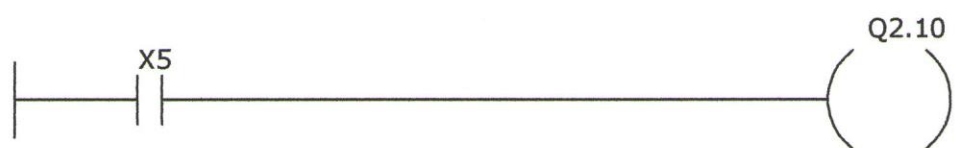
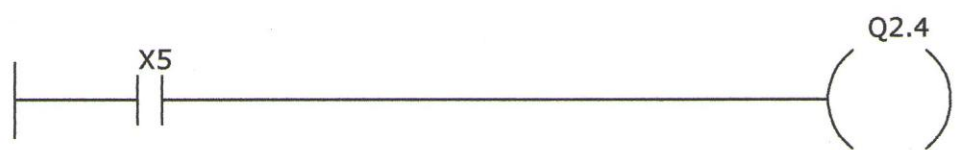
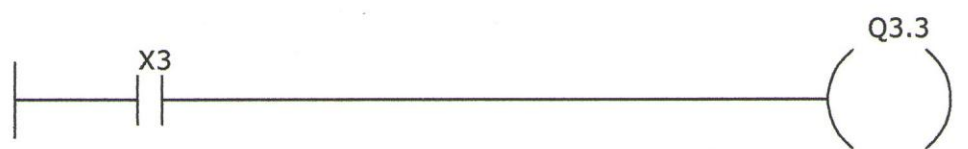
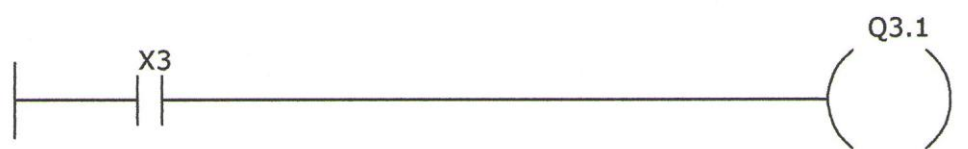
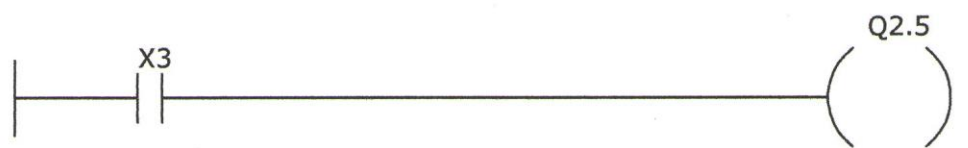
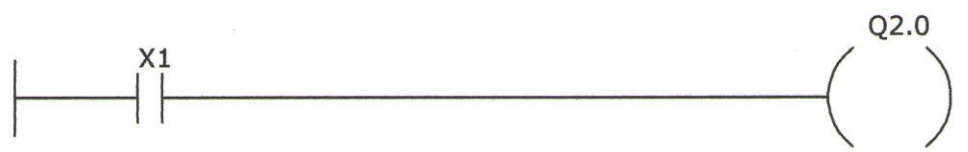












01

02

03

04

## PUPITRE OPERATEUR

A

B

C

D

E

F

G

H

216

VT420



144

/ MISE EN VEILLE -/T

ENTER ET CONFIRMATION

ANNULATION

INTRODUCTION

CHANGEMENT DE CHAMP

FLECHE A GAUCHE

FERMETURE

OUVERTURE

ORIGINAL

REFERENCE: VT420

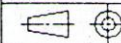
FOURNISSEUR: P

FABRICANT: ES

B	22/01/97	RAJOUT NOM FABRICANT	010
Rev	Date	Modification	N° NDM

TBM

Ech :

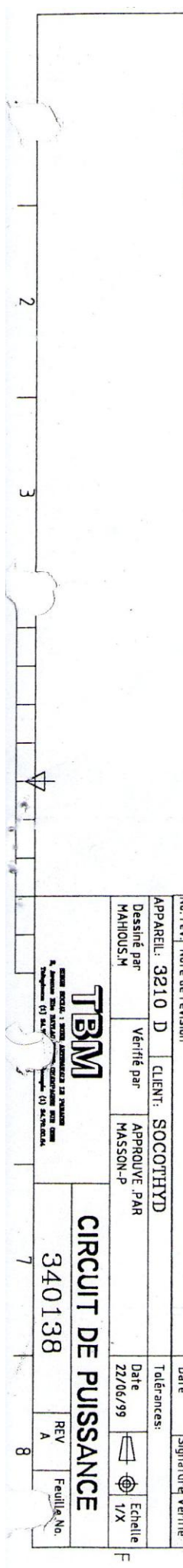


APPAREILS:

AC4710 AC6710  
AC4713 AC6713

PUPITRE OPERATEUR









CABLE N°16

N° FIL	REPERE	BORNE
1	11	1
2	11	2
3	65	17
4	64	16
5	46	39
6	66	18
7	45	38
8	30	8
9	48	25



CABLE N°17

N° FIL	REPERE	BORNE
1	13	3
2	12	4
3	107	47
4	108	48
5	109	49
6	110	50
7	69	21
8	70	22
9	67	19
10	68	20
11	30	8
		

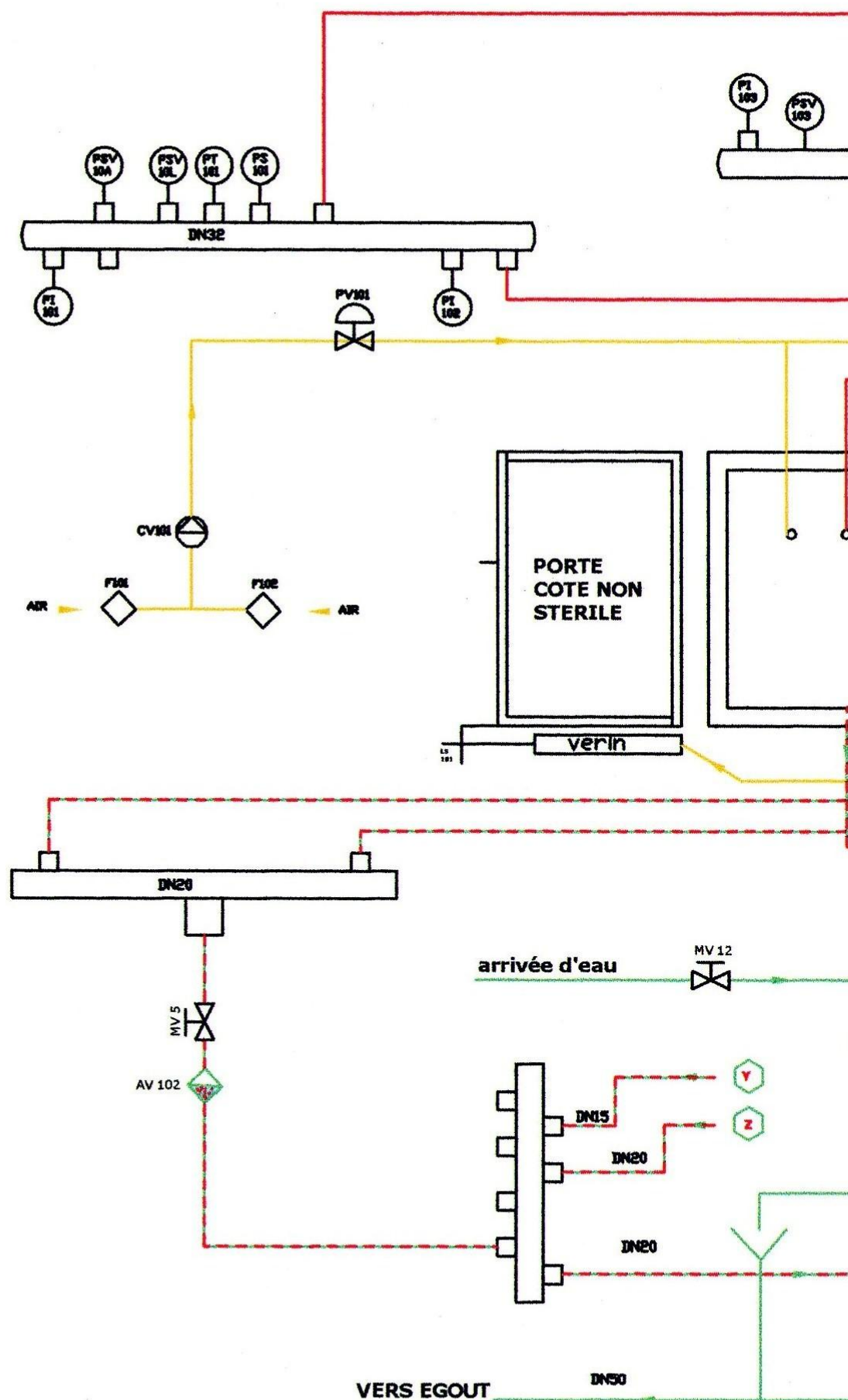
CABLE N°16

N° FIL	REPERE	BORNE
1	32	5
2	31	4
3	69	21
4	70	22
5	67	19
6	68	20
7	30	8
		

SOCOTHYD

APPAREIL: AC 3210		CLIENT: SOCOTHYD		Tolérances:	
Dessiné par MAHIOUS M	Vérifié par	APPROUVE PAR P-MASSON	Date 22/06/99		Echelle 1/X
			SCHEMA DE CABLAGE		
340 40 bis			REV A	Feuille N°	
7			8		





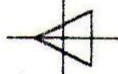
1

2

A

B











C

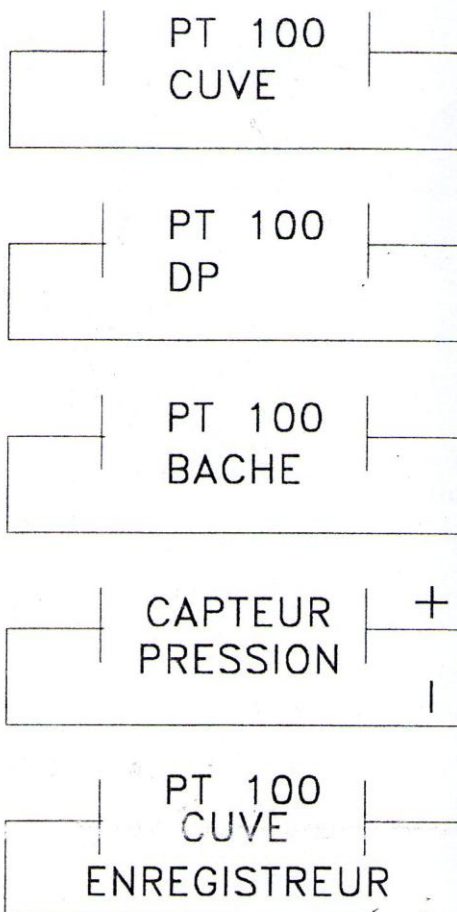



D

N° CABLE	DESIGNA
1	FIN DE COURSE PORTE
2	FIN DE COURSE PORTE
3	CAPTEUR DE PRESSION
4	FLOTTEUR
5	PRESSOSTAT 40 mbar
6	DEBIT D'EAU BACHE (so
7	DEBIT D'EAU BACHE PO
8	PRESSOSTAT 2.5 BAR
9	PRESSOSTAT 2.5 BAR
10	SONDE PT 100 DOUBLE
11	SONDE PT 100 CUVE
12	SONDE PT 100 ENREGIS
13	FIN DE COURSE PORTE
14	

100 101 102 103 104 105 107 108 109 110











41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
									
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50



APPAREIL: AC 3210		CLIENT: SOCOTHYD		Tolérances:	
Dessiné par MAHIOUS M	Vérifié par	APPROUVE PAR P-MASSON	Date 22/06/99		Echelle 1/X
<b>TBM</b> <small>BOURNEOISE TRAVAILLE EN ASSOCIATION LA PRESSION Société de Travaux de Maintenance Industrielle Téléphone (01) 84 70 00 00 - (01) 84 70 00 01</small>			<b>BORNIER AUTOCLAVE AC DOUBLE FACE</b> 340140		
			REV A	Feuille No. 5/5	


2 3 4 5 6 7 8



31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
									

- B25 | PRESSOSTAT CUVE  
SECURITE 2.5 bar
- B26 | CONTACT VERIN  
PTE NS FERMEE
- B26 | CONTACT VERIN  
PTE NS OUVERTE
- B27 | CONTACT VERIN  
PTE S FERMEE
- B27 | CONTACT VERIN  
PTE S OUVERTE
- B28 | CELLULE PORTE  
NON STERILE
- B28 | CELLULE  
PORTE STERILE
- B29 | BP OUVERTURE  
PORTE STERILE
- B29 | BP FERMETURE  
PORTE STERILE
- B29 | PRESSOSTAT  
DE SECURITE DP

VERS FOLIO 5/5

APPAREIL: AC 3210		CLIENT: SOCOTHYD		Tolérances:	
Dessiné par MAHIOUS M	Vérifié par	Approuvé par P-MASSON	Date 22/06/99		Echelle 1/X
<b>TBM</b> <small>BOENIER AUTOCCLAVE AC DOUBLE FACE</small> <small>BOENIER AUTOCCLAVE AC DOUBLE FACE</small> <small>Boenier Autoclave AC Double Face</small> <small>Boenier Autoclave AC Double Face</small>			340140		
			REV A	Feuille No.	





E

F

G

H

1	2	3	4	5	6	7	8

ARRET  
D'URGENCE

ENREGISTREUR

220 V

TERMINAL

24 VCC

PH

N



+

-

**TBM**  
BUREAU SOCIAL : BOITE 1000000000 LA PALME  
4, AVENUE DES NATIONS  
Téléphone (0) 64.70.00.00

Rev	
Date	

Modification	
N°	

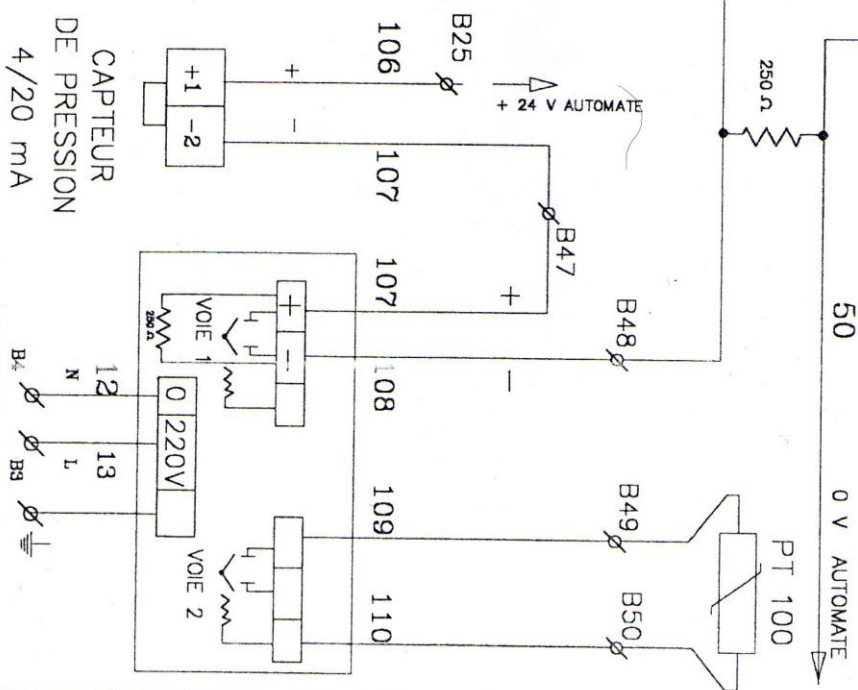
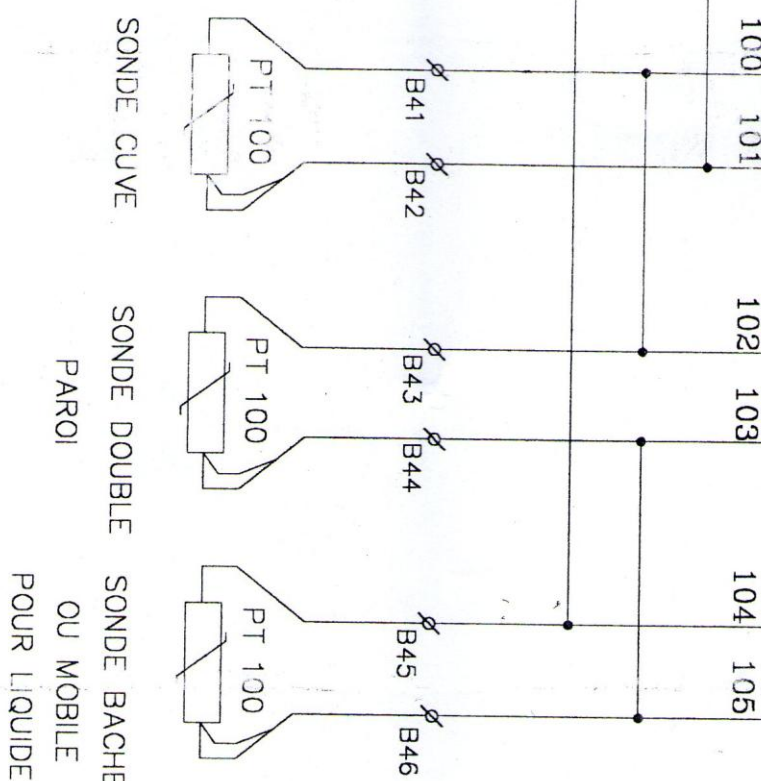
ECH:	
	
	
ETABLI PAR MAHIOUS	
APPRO	

**BORNIER AUTO**

CE DOCUMENT EST LA PROPRIETE EXCLUSIVE DE LA SOCIETE



+1 s	-1 s		-1 0	+1 0		+1 1	-1 1		-1 2	+1 2		+1 3	-1 3	
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15



ENREGISTREUR

## SCHEMA ELECTRIQUE

**TBM**

BOITE CENTRALE : SCHEMA ELECTRIQUE DE L'APPAREIL  
N° d'Appareil : 340138  
N° de Plan : 340138  
N° de Série : 340138

ETABLI PAR :	DATE :	N° DE PLAN :	REV :
MAHIOUS	22/06/99	340138	A
ECHELLE :		FOUIL :	6/6

SOCOTHYD

VOYANT PORTE NS  
OUVERTE (COTE NS)

VOYANT PORTE NS  
OUVERTE (COTE ST)

VOYANT PORTE NS  
FERMEE (COTE NS)

VOYANT PORTE NS  
FERMEE (COTE ST)

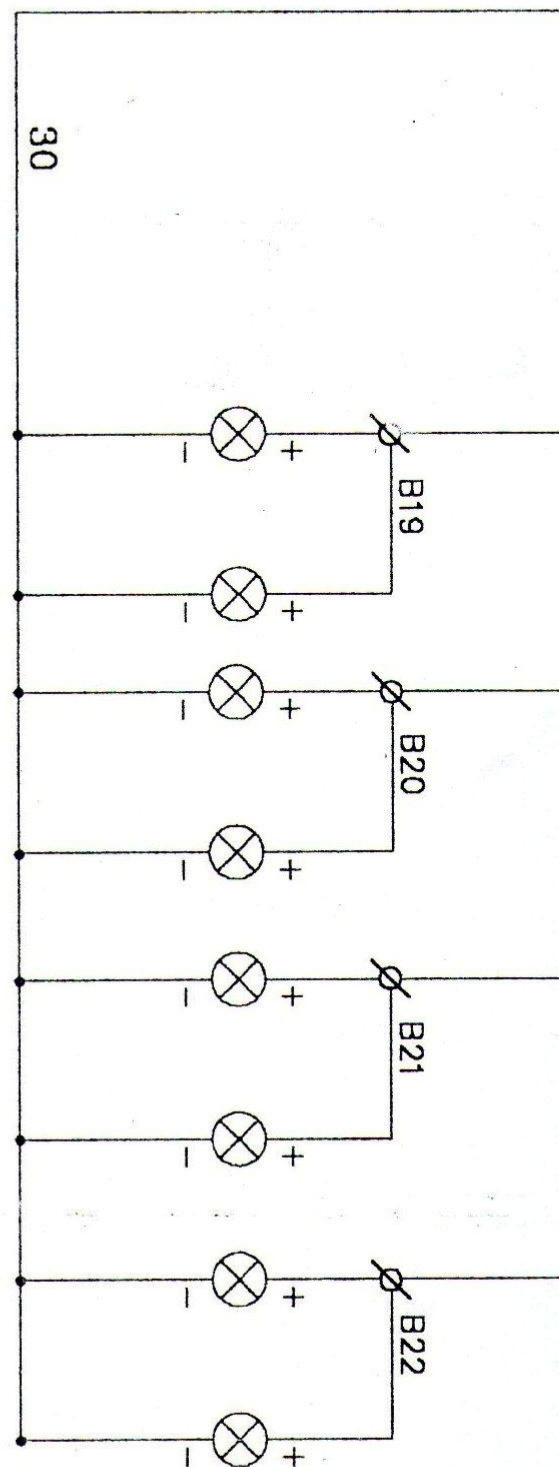
VOYANT PORTE ST  
OUVERTE (COTE NS)

VOYANT PORTE ST  
OUVERTE (COTE ST)

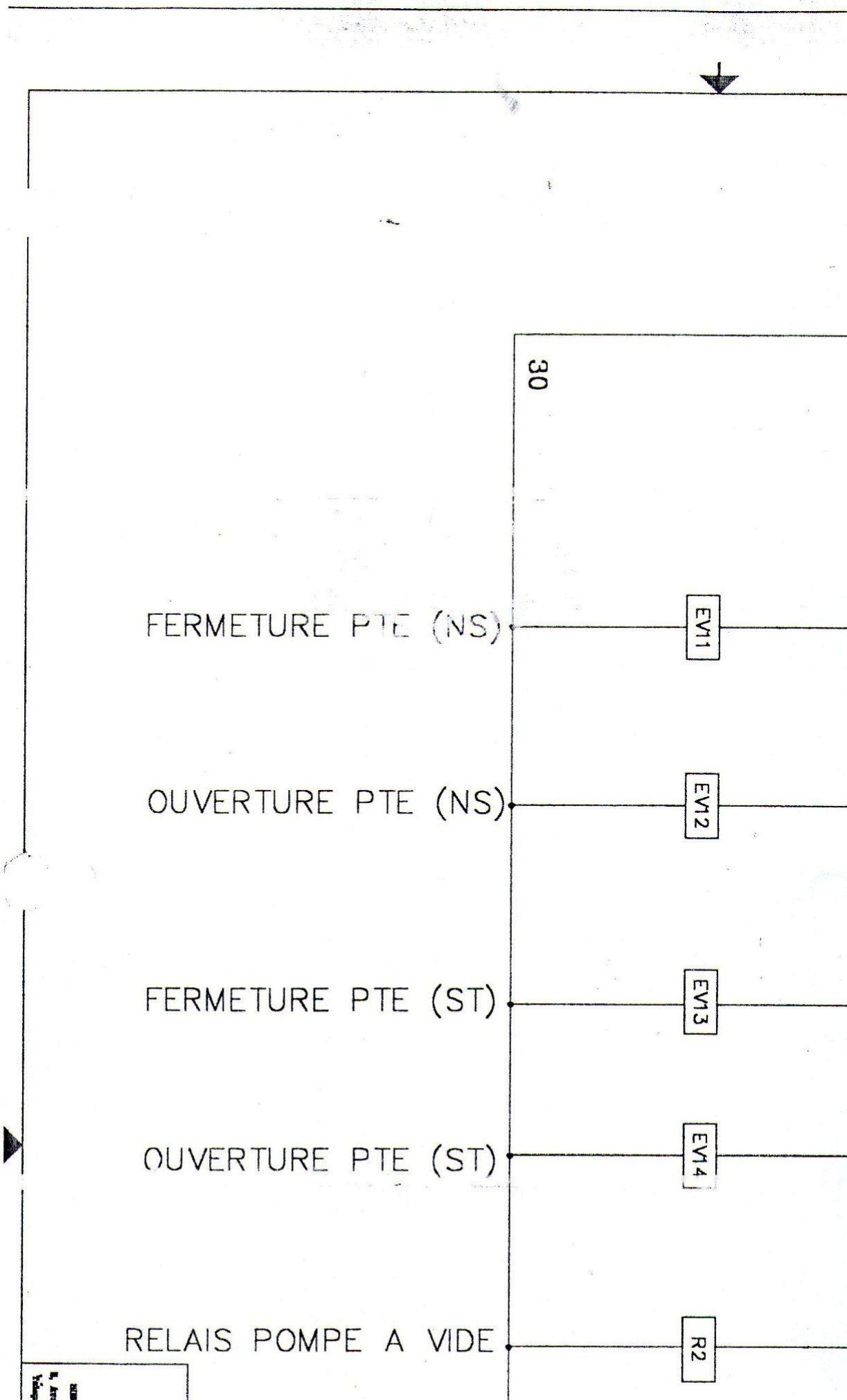
VOYANT PORTE ST  
FERMEE (COTE NS)

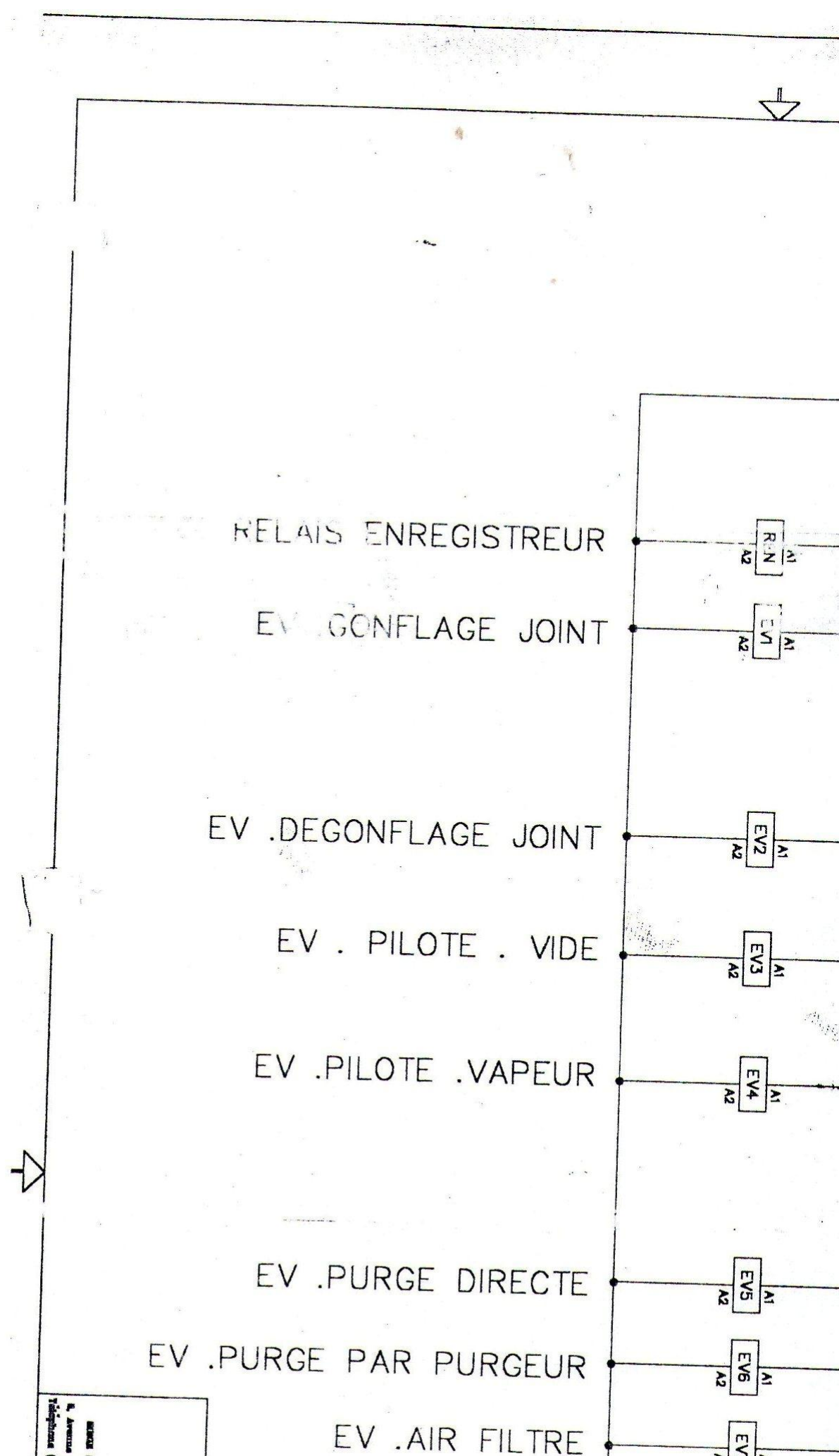
VOYANT PORTE ST  
FERMEE (COTE ST)

30

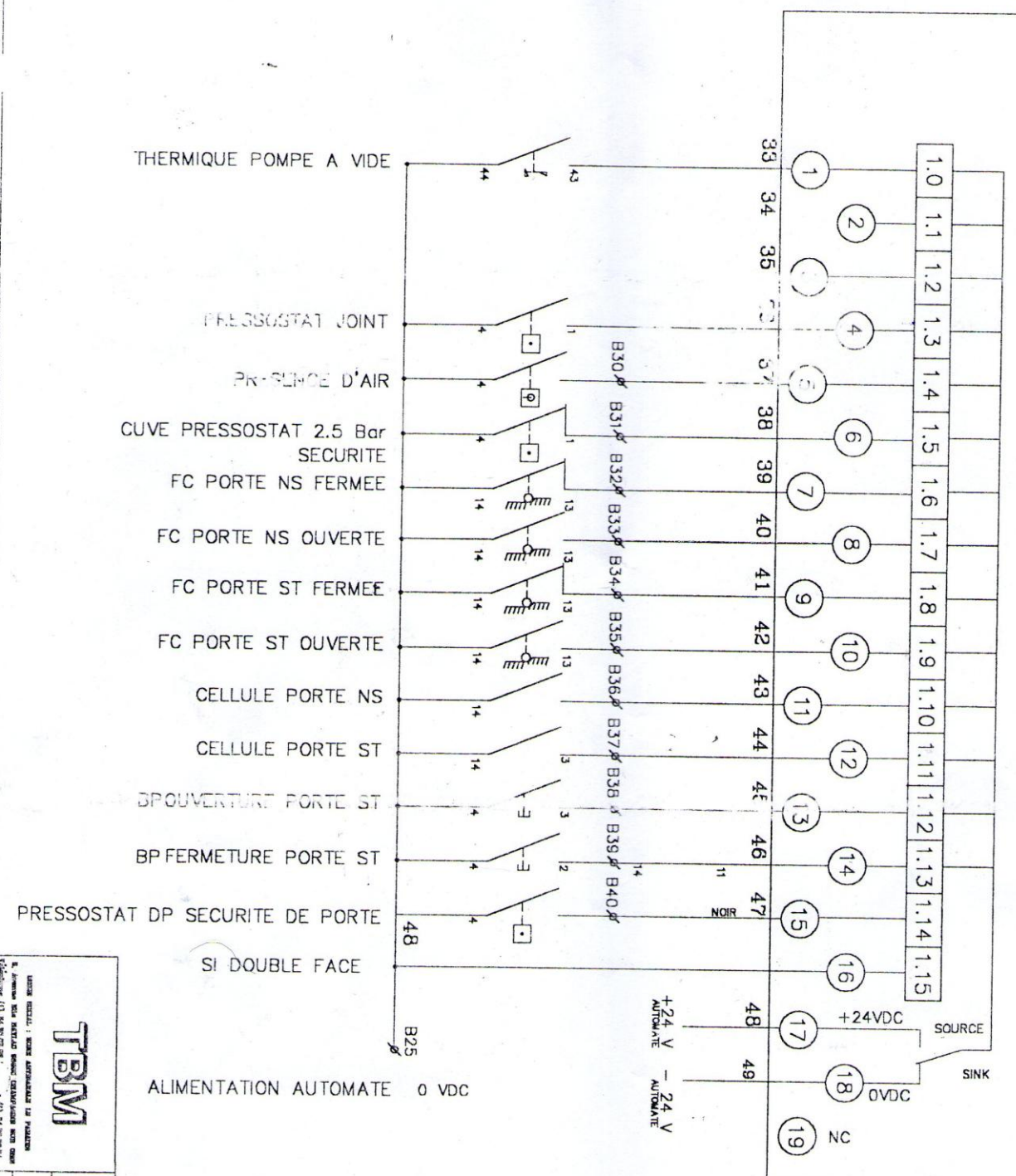








REDACTED  
N. Avenue  
Téléphone



NOTA:  
ST: STERILE  
NS: NON STERILE  
FC: FIN DE COURSE

<p><b>TBM</b></p> <p>UNION DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS</p> <p>10, Avenue des Entreprises de Travaux Publics</p> <p>91000 Evry-Courcouronnes</p> <p>Tél: 01 69 10 10 10</p> <p>Fax: 01 69 10 10 11</p>		<p><b>SCHÉMA ÉLECTRIQUE</b></p>	
ÉLABORÉ PAR:	DATE:	N° DE PLAN:	REV:
MAHOUIS	22 06/99	340138	A
ÉCHELLE:	PROJ:	2/8	

TORÉ/16E  
AENT/8

