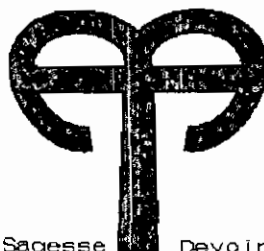


REPUBLIQUE DU SENEGAL

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP

ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES

DEPARTEMENT DE GENIE ELECTROMECHANIQUE



Com. 0666

# PROJET DE FIN D'ETUDES

en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur de Conception

INTRODUCTION DES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS

SUR LES LOCOMOTIVES DIESEL-ELECTRIQUES A L'O.T.P. :

INCIDENCES ECONOMIQUES ET TECHNIQUES

AUTEUR : Kangni B. KINVI

DIRECTEURS: Adama D. DIARRA, Ing, MSc.A.

E.H. Ousmane NDAO (S.N.C.S)

DATE: JUILLET 92

Il y a près de cinquante ans, Pierre DAC écrivait dans L'OS A MOELLE la petite annonce suivante: "Femme de ménage fatiguée cherche maison accueillante pour regarder le ménage se faire par l'opération du Saint-Esprit". Ce qui était une utopie à l'époque est devenu une réalité aujourd'hui avec l'abondance des automatismes électroménagers et des robots.

Que restera - t - il de l'homme le jour où, chez lui, un robot lavera la vaisselle et saura la ranger sans la casser tandis qu'un aspirateur se déplacera tout seul dans les pièces pour faire le ménage?

# Remerciements

A la fin de cette étude qui a abouti à la rédaction de ce mémoire je voudrais remercier toutes les personnes qui m'ont apporté soutiens technique, logistique et moral.

A l'O.T.P., en me confiant l'étude de ce projet, la S.E.M, par ma personne a voulu faire confiance à toute une institution.

A la S.N.C.S., pour le constant soutien technique dont nous avons bénéficié.

A mon professeur et directeur de projet Adama D. DIARRA, nous avons beaucoup admiré vos qualités didactiques d'enseignant averti, votre amabilité et votre simplicité nous ont permis de surmonter nombre de difficultés.

A mon directeur externe E.H. Ousmane NDAO, Chef de la D.P.M.M/S.N.C.S., votre ouverture d'esprit et votre expérience nous ont aidé à cerner efficacement le fonctionnement des locomotives.

A Monsieur Sossavi AFANOU, Adjoint- Chef de la S.E.E (S.E.M/O.T.P.), nous saluons votre esprit d'initiatives et vous remercions pour les précieux renseignements que vous nous avez fournis.

Au personnel de la D.P.M.M (S.N.C.S) pour son aimable collaboration.

A Madame Dicko DIARRA,

A Monsieur Berto Serge MEVO-GUEZO, votre contribution à l'élaboration de ce document a été salutaire.

# Dédicace

## A l'ETERNEL

Tu m'as montré les chemins de la vie, Tu es mon espérance

## A mes Parents

Mon Dieu, donne-moi de comprendre mes parents et de leur rendre amour pour amour.

Ils m'ont donné la vie, conserve-leur la santé.

Ils m'ont donné la nourriture, accorde-leur le pain quotidien.

Ils m'ont donné le vêtement, que leur âme soit toujours revêtue de grâce.

Accorde-leur sur la terre, le bonheur que l'on trouve à te servir et t'aimer.

J. HAINAUT

## A Antoine et Léonie JOHNSON

Auprès de vous j'ai trouvé l'affection et la joie de vivre; puisse le Seigneur nous aider à donner davantage à vos enfants.

## A Christophe-Georges, Sébastien, Jean-Baptiste et Sophie COMPAORE

Merci pour tout.

## A mes frères et soeurs

Voici le prix de cette longue séparation.

A tous mes amis, à Basile, Béatrice B., Béatrice H., César, Clarence, Claude, François, Stella, et William,  
"l'Homme propose et Dieu dispose"

# AVANT - PROPOS

Dans un monde industriel en pleine évolution où la compétitivité est l'objectif essentiel, l'automatisation est une nécessité.

Autrefois réservés aux applications spécialisées exigeant des volumes de traitement importants, les automates programmables sont maintenant opérationnels dans nombre de domaines, de l'aéronautique jusqu'à l'électroménager. De par la simplicité de leur mise en oeuvre et de leur implantation, ils occupent une place importante dans les technologies utilisées en automatisation.

Pour construire un bâtiment, un barrage, une centrale nucléaire, il faut des connaissances, des techniques particulières, des matériaux très divers, mais surtout d'habiles spécialistes sachant utiliser et agencer ces techniques et ces matériaux. Il en va de même pour automatiser de manière efficace et efficiente.

En effet la pertinence d'une automatisation dépend de sa capacité à s'intégrer dans:

- un **environnement technique**, elle doit tenir compte des contraintes d'ordre technique;

- un **contexte économique**, les étapes improductives de la vie d'un système automatisé, par exemple la maintenance, doivent être raccourcies, rendues plus rationnelles et moins coûteuses; son exploitation, souple et flexible; pour contribuer à une réduction des coûts globaux de production;

- un **contexte humain**, elle doit faciliter la tâche de l'exploitant.

Une automatisation réussie ne peut donc être jugée à la simple évaluation des moyens techniques mis en oeuvre.

Il faut nécessairement prendre en compte les différents aspects sous-tendus par les objectifs en amont, afin de réaliser une triple intégration économique, technique et humain.

C'est pourquoi, à travers l'INTRODUCTION DES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS SUR LES LOCOMOTIVES DIESEL-ELECTRIQUES A L'OFFICE TOGOLAIS DES PHOSPHATES, un accent particulier sera mis sur les incidences techniques et économiques ,après une analyse du processus industriel en question.

# SOMMAIRE

L'INTRODUCTION DES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS SUR LES LOCOMOTIVES DIESEL-ELECTRIQUES A L'OFFICE TOGOLAIS DES PHOSPHATES est née du souci de trouver une solution efficace et économique pour remplacer les relais d'automatismes, de réduire les intervention set les coûts globaux de maintenance et de là augmenter la productivité tout en facilitant un diagnostic efficace et rapide en cas de pannes.

Le présent rapport est la synthèse des études théoriques et pratiques réalisées à la Société Nationale des Chemins de fer du Sénégal(S.N.C.S) et au laboratoire d'Automatique de l'Ecole Polytechnique de Thiès (E.P.T), pour le compte de l'Office Togolais des Phosphates (O.T.P). Il est divisé en 3 parties:

- La première, expose les généralités (définitions, et notions de base..), la problématique, la méthodologie et quelques notions fondamentales sur les automates programmables industriels.

- La deuxième traite de l'automatisation de la locomotive suivant la méthodologie présentée dans la première partie.

- La troisième présente les incidences économiques et techniques.

# TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS .....	I
DEDICACE .....	II
AVANT PROPOS .....	III
SOMMAIRE .....	IV
<b><u>PREMIERE PARTIE GENERALITES</u></b>	
<b>CHAPITRE 1 INTRODUCTION</b>	
1.1 Présentation de l'entreprise .....	2
1.2 Description de la chaîne de production .....	3
1.3 Définitions et notion de base .....	4
1.4 Problématique .....	9
1.5 Méthodologie .....	11
<b>CHAPITRE 2 LES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS</b>	
2.1 Historique .....	19
2.2 Définition .....	21
2.3 Fonctions .....	21
2.4 Architecture des automates programmables ....	22
2.5 Périphériques d'automates programmables ....	30
2.6 Protections et fiabilité .....	32
2.7 Principe de fonctionnement .....	34
2.8 Modularités .....	35
2.9 Puissance des automates programmables .....	36
2.10 Langages de programmation .....	36
2.11 Classification des automates programmables ..	44
2.12 Critères de choix des automates programmables	46
<b><u>DEUXIEME PARTIE ETUDE TECHNIQUE</u></b>	
<b>CHAPITRE 1 AVANT-PROJET</b>	
1.1 Le processus industriel .....	50
<b>CHAPITRE 2 CAHIER DES CHARGES FONCTIONNELLES</b>	
2.1 Description de la partie commande .....	54
<b>CHAPITRE 3 PRE-ETUDE DE LA PARTIE COMMANDE</b>	
3.1 La fonction 'détection' .....	64
3.2 Les commandes de puissance .....	65
<b>CHAPITRE 4 ETUDE DE LA PARTIE COMMANDE</b>	
4.1 L'étude 'matériel' .....	66
4.2 L'étude 'logiciel' .....	73
4.3 Elaboration des schémas et des plans .....	81
4.4 Document de réalisation .....	81
4.5 Réalisation .....	82

## TROISIEME PARTIE INCIDENCES ECONOMIQUES ET TECHNIQUES

<b>CHAPITRE 1</b>	<b>INCIDENCES ECONOMIQUES</b>	
	1.1 Les méthodes utilisées .....	87
	1.2 Les données de base .....	89
<b>CHAPITRE 2</b>	<b>INCIDENCES TECHNIQUES</b>	
	2.1 Avantages et inconvénients des automates programmables .....	91
<b>CONCLUSION</b>	.....	93

### ANNEXES

**A.1 SCHEMAS ELECTRIQUES**

**A.2 ELEMENTS DE PL7.2 V3, LANGAGES GRAFCET ET LADDER**

**A.3 RECUEIL DE TABLEAUX**

**A.4 LISTING DES PROGRAMMES**

**A.5 DOCUMENT DE REALISATION**

**LISTES DES FIGURES**

**LISTES DES TABLEAUX**

**BIBLIOGRAPHIE**



## LISTE DES FIGURES

---

**Fig.4.1** Alimentation de l'API via l'onduleur

**Fig.4.2** Alimentation d'un capteur par API

**Fig.4.3** Alimentation d'un contacteur par API

**Fig.4.4** Alimentation d'une électrovanne par API

**Fig.4.6** Analyse de tâches logicielles par grafcet

**Fig.5.3** Organisation de la mémoire

**Fig.5.6** Les différentes techniques d'isolation galvanique

**Fig.5.8** Exemple de commande à relais

**Fig.5.8** Le programme de la commande en langage "LADDER"

**Fig.5.11** Eléments de grafcet

## LISTE DES TABLEAUX

---

**Tab.0** Recensements des entrées/sorties Tout Ou Rien "T.O.R.

**Tab.1** Descriptions techniques et coût prévisionnel

**Tab.2** Les automates programmables industriels

**Tab.3** Choix final

**Tab.4** Spécifications techniques

**Tab.5** Devis estimatif

**Tab.7** Détermination du facteur  $f_3$

**Tab.8** Détermination du facteur  $f_4$

1ère Partie

---

GENERALITES

## CHAPITRE 1

### INTRODUCTION

---

#### 1.1 Présentation de l'entreprise

L'Office Togolais des Phosphates (O.T.P) a été créé le 4 FEVRIER 1980<sup>1</sup> et assure la production et la commercialisation des phosphates du TOGO. C'est une société nationale jouant un rôle de premier plan dans le tissu industriel.

Il est dirigé par un directeur général secondé par deux adjoints et a une structure organisationnelle pyramidale composée de cinq départements, possède une représentation à l'étranger (FRANCE). Il dispose d'un centre minier d'extraction et d'un centre de traitement et conditionnement. La production moyenne actuelle est de 2,8 millions de tonnes (1990). Cependant la capacité des installations peut assurer une production annuelle de 3,6 millions de tonnes.

L'Office Togolais des Phosphates emploie environ 2837 salariés et contribue au P.I.B à plus 70%.

---

<sup>1</sup>Le 4 FEVRIER 1974, la C.T.M.B, compagnie exploitant jusque là les phosphates togolais devient une société nationale; celle ci prendra la dénomination "O.T.P." six années plus tard.

## **1.2 Description de la chaîne de production**

Le gisement exploité couvre une superficie de 90 Km<sup>2</sup> (35Km x 2,5Km) et a une puissance de 4 à 6m.

L'extraction du minerai se fait sur deux carrières à ciel ouvert à HAHOTOE et KPOGAME au rythme de 1200 tonnes par heure et par carrière au moyen d'engins électriques: rouepelle, remblayeurs, sauterelle, pelle mécanique ... etc assurant selon leur fonction les découvertures ou l'extraction même. Le minerai est transporté à l'estacade d'embarquement par des convoyeurs à bande entraînées par de puissants moteurs électriques de 150, 160, 170 Kilowatts. Puis il est acheminé par rames de 36 wagons tractées par des locomotives (DIESEL-ELECTRIQUE) de 1200 CV sur le centre industriel de KPEME où il est déchargé sur 2 tables en béton situé de part et d'autres d'une estacade. D'où il est repris par deux machines à soc et dirigé soit vers la réserve de minerai brut (prévu pour assurer l'alimentation des chaînes de traitement en cas de panne en amont de l'estacade), soit dans les 5 chaînes de traitement. Le phosphate est barboté à l'eau de mer, débourbé, criblé, débarrassé de sa gangue argileuse, essoré, rincé à l'eau douce puis essoré de nouveau, séché dans des fours rotatifs de 15000 thermies produites par combustion de fuel lourd et démagnétisé si nécessaire par passage dans des séparateurs magnétiques à haute intensité. Le produit traité, prêt à l'exportation est stocké sous deux hangars d'où il sera acheminé au wharf.

### **1.3 DEFINITIONS ET NOTIONS DE BASE**

Un **automatisme** est un ensemble productif qui, une fois mis en mouvement fonctionne de lui même sous le contrôle d'un programme unique à chaque instant.

L'**Automatique** est l'étude des automatismes, la réunions des compétences de celui qui met en oeuvre des connaissances en électronique, en informatique, en mécanique, en physique... au service du client qu'il sert en vue d'automatiser un ensemble de tâches.

Suivant la nature des produits finis l'automatique change de nom:

**Bureautique**, lorsqu'il s'agit de tâche de bureau;

**Télématique**, lorsqu'il s'agit de transmission de l'information;

**Robotique**, pour les opérations de fabrications complexes;

L'**automatisation** est la commande et le contrôle d'un processus par un système qui le conduit vers un objectif en dépit des perturbations qu'il subit.

Un **processus industriel** est un ensemble d'équipement qui permet, à partir d'énergie et de produits bruts ou semi-finis de fabriquer des produits finis ou des objets directement utilisables. C'est aussi la partie opérative.

Un système automatisé est composé de deux parties:

- la partie opérative (PO) ou le processus industriel dont les actionneurs agissent sur le processus.

- la partie commande ou PC ou le système de commande et de contrôle, coordonne les actions de la partie opérative.

La **partie opérative** est l'ensemble des dispositifs permettant d'apporter la valeur ajoutée. Elle met en oeuvre un ensemble de processus physique qui assurent la transformation des produits. Ces processus nécessitent obligatoirement un apport d'énergie. Elle opère sur la matière d'oeuvre et le produit, et comporte généralement:

- \* les outillages (moule-outil de coupe... etc),
- \* les actionneurs assurant la mise en mouvement des outillages, par exemple un moteur électrique pour assurer l'avance d'un outil de coupe.

La **partie commande** d'un système d'automates programmables (SAP) est destinée à traiter l'information afin de répondre aux fonctionnalités suivantes:

- \* Coordonner les actions de la PO,
- \* Surveiller le fonctionnement de la PO,
- \* Gérer les communications avec d'autres parties de commandes,
- \* Assurer les traitements liés à la gestion.

Pour y répondre, elle intègre trois principaux dialogues:

- \* le dialogue avec machine: commande des actionneurs via les pré-actionneurs (un vérin via un distributeur),
- \* le dialogue homme-machine: réglage, dépannage,
- \* le dialogue avec d'autres machines; coordination des mouvements des divers moteurs de rotation, translation d'une machine-outil.

Une **isolation galvanique** est une technique permettant de d'effectuer le découplage des signaux électriques.

Un **optocoupleur** est un circuit intégré composé d'une diode électroluminescente et d'un photo-transistor. C'est le composant de base utilisé pour l'isolement galvanique (dit de type optoélectronique) dans les automates programmables.

Le **choix technique** est le processus qui permet de passer de l'énoncé des objectifs à l'énoncé des procédés permettant d'y répondre.

Le **choix technologique** est le processus qui permet, à partir des procédés retenus, d'énoncer les moyens à mettre en oeuvre pour y répondre: constituants, équipements...etc

La **sûreté** de fonctionnement d'un dispositif représente son aptitude à éviter l'apparition des défaillances et à minimiser leurs effets lorsqu'elles se sont produites.



Un système est dit de **sécurité totale** si l'apparition de défaillance ne conduit jamais à une situation dangereuse.

Un défaut interne à un système de commande sera dit de type:

- **passif**, s'il provoque l'ouverture du circuit de sortie; il est dangereux si la commande normale est une alarme.

- **actif**, s'il provoque la fermeture; il est dangereux s'il maintient une commande non désirée.

#### **logique combinatoire:**

A chaque combinaison de variables d'entrée correspond un seul état d'une variable de sortie  $S = abc (e+d)$ .

#### **logique séquentielle:**

L'état de sortie dépend aussi des événements précédents. Elle introduit la notion de mémorisation (correspond ou en logique à relais au de maintien).

**Signal de service:** Un signal de contrôle émis et reçu par le processeur en vue de vérifier l'état des voies, des modules, etc.

**Variable E.I.S.** : Variable d'entrée, variable intermédiaire, variable de sorties.

**R.A.M.** : Random Acces Memory, mémoire d'accès direct, volatile.

**R.O.M.** : Read Only Memory: Mémoire permanente non volatile accessible seulement en mode lecture.

**E.P.R.O.M.** : Erasable Programmable Memory: Mémoire permanente programmable non volatile accessible en mode lecture/écriture.

**R.I.S.C.** : Reduced Instruction Set Computer, microprocesseur à jeu d'instructions réduit.

**D.E.L.** : Diode Électroluminescente, ou **L.E.D.**( Logical Emitive Diode).

**T.T.L.** : Transistor Logique.

#### **1.4 PROBLEMATIQUE**

L'Afrique, à la veille des indépendances avait une situation économique dominée par le secteur primaire. Son paysage industriel était dominé par des industries d'extraction de matières premières.

Aujourd'hui, cet héritage colonial n'est pas sans poser des problèmes d'ordre économique, technique et technologique.

En effet, face à la baisse sans cesse croissante du cours des matières premières et à une concurrence agressive, les industries africaines se doivent d'être compétitives pour survivre. Elles doivent produire à bas prix pour favoriser un gain de productivité. Ceci implique de faibles coûts de production, une optimisation: utilisation efficace et efficiente des ressources.

Cette observation vaut également pour l'Office Togolais des Phosphates, société nationale chargée de la production et de la commercialisation des phosphates du TOGO. Le minerai extrait des carrières de KPOGAME ET HAHOTOE est acheminé à l'usine de traitement (lavage, séchage, ..., conditionnement) par voie ferrée. Chaque convoi comprenant 36 wagons auto-déchargeurs tractés par une locomotive diesel-électrique de type BB, de 1200 CV, évacue 900t de minerais bruts.

Important et indispensable maillon de la chaîne de production , ces locomotives malgré leur âge avancé joue un rôle de premier plan, même si le site de traitement dispose, d'installations de stockage de minerai brut de grande capacité, "réserve aval". Aussi des indicateurs économiques démontrent-ils que le remplacement de ces équipements vue leurs âge seraient une opération démesurée et financièrement non rentable. Cependant l'entreprise doit faire face à deux problèmes majeurs:

- 1°) le coût onéreux de la maintenance de ces locomotives accentué par leur âge avancé;

- 2°) le risque d'être confrontée à une pénurie de pièces détachées, si celles ci venaient à disparaître sur le marché.

Dans ce contexte, une rénovation s'avère indispensable et se révèle comme l'une des solutions les mieux adaptées à court, à moyen, et à long terme. L'introduction des automates programmables industriels sur les locomotives comme moyen substitution des relais d'automatisme est un solution économique et fiable qui s'inscrit dans le vaste programme de modernisation initié à l'O.T.P.

S'il est vrai que l'automatisation dans un tel cas, en réduisant les coûts de maintenance et d'autres coûts intangibles, et en augmentant ainsi la productivité, est une solution efficace et rentable; il n'en demeure pas moins vrai que l'introduction de cette technologie sur des équipements de génération antérieure pose de véritables problèmes techniques.

En outre, entre les différents types d'automates programmables proposés par les constructeurs, faire un choix satisfaisant au critère technico-économique n'est pas assuré.

La présente étude, compte tenu des ces considérations se révèlent d'une grande importance au moment où les automates programmables, avec leur percée remarquable et leur succès sans cesse croissant dans tous les domaines de l'industrie sont devenus une réalité incontournable.

### **1.5 METHODOLOGIE**

Les étapes de déroulement d'un projet d'automatisation répondent généralement à une séquence qui va permettre d'analyser les différents aspects du problème. Cette succession repose sur les rubriques suivantes: préparer, définir, choisir, réaliser, intégrer, exploiter et maintenir (voir fig. IV.1).

Les point-clés de l'élaboration sont l'avant-projet la pré-étude, l'étude et l'intégration.

#### **1.5.1 L'AVANT-PROJET**

Il part de la définition des objectifs de production et d'automatisation; induite par une réflexion productive préalable.

La définition des objectifs précisent la nature des produits ou des systèmes à automatiser, les opérations à effectuer sur ces derniers, les procédés à mettre en oeuvre, le degré ou niveau d'automatisation préalable, la flexibilité et les évolutions envisagées, et une estimation sommaire des investissements et des gains.

L'avant-projet définit une structure pour la partie opérative, les fonctions à réaliser et les contraintes à respecter. Il aboutit à l'élaboration du cahier des charges fonctionnelles du système.

### **1.5.2 LE CAHIER DE CHARGE**

Le cahier des charges fonctionnelles est un élément d'expression fondamental, les besoins du client y sont clairement définis. La clarté de sa description doit permettre une définition non-ambiguë du matériel de ses performances, ses fonctions, une prise en compte des limites techniques et des contraintes opérationnelles... En général, le cahier de charge d'une automatisation comporte 3 niveaux hiérarchiques:

**Niveau 1:** il permet au concepteur de comprendre et de prévoir toute les réactions de l'automatisme devant toutes les situations possibles sans préjuger des solutions techniques qui sont mises en oeuvre.

Exemple: en cas de survitesse Diesel, couper l'alimentation en gasoil .

**Niveau 2:** il correspond à la description des spécifications techniques et opérationnelles; il précise les modes d'échange d'informations et d'énergie entre l'automatisme et le processus. Exemple: en cas de survitesse, la coupure de l'alimentation en gaz est assurée par la fermeture d'un électrovanne par excitation de sa bobine.

**Niveau 3:** la documentation concernant le mode de fonctionnement le câblage, la maintenance....etc.

Les autres considérations sont des clauses juridiques, les conditions commerciales...etc.

### **1.5.3 LA PRE-ETUDE**

Elle se divise en deux parties: la pré-étude de la P.O. et de la P.C.

#### 1.5.3.1 La pré-étude de la partie opérative

Dans cette partie seront étudiés les différents modes de transfert d'énergie/commande à la partie opérative. Elle se base sur les spécificités du cahier de charge pour déterminer les capteurs, les pré-actionneurs et les actionneurs à utiliser par le processus.

#### 1.5.3.2 La pré-étude de la partie commande

Les fonctions à réaliser et les contraintes externes définies lors de l'avant projet sont analysées ici, afin d'envisager les solutions techniques possibles.

La pré-étude de la partie commande englobe l'analyse fonctionnelle et le choix technique et aboutit à l'évaluation du coût prévisionnel de la P.C. Une étude de faisabilité s'en suit.

L'analyse fonctionnelle est une étude consistant à recenser, ordonner, hiérarchiser et traiter les fonctions d'automatismes à réaliser.

Celles-ci sont examinées séparément au vue de leurs contraintes, pour la recherche de solutions techniques. Il s'agit des:

- fonctions de commande T.O.R séquentielle ou combinatoire: détection, commande de puissance traitement de l'information;

- fonctions spécifiques de commande positionnement: variation de vitesse, régulation, couplage...etc;

- formes de dialogues homme-machines;

- formes de communication entre constituants du système.

L'analyse des arrêts de fonctionnement dûs aux pannes est intégrée dans la fonction "disponibilité et sécurité".

La répartition de l'intelligence est un élément déterminant pour le choix technique. En effet, suivant les données du problème (tâche unique ou répétitif) les approches techniques diffèrent. Pour satisfaire la fonction voulue, l'intelligence peut:

- Résider dans un programme spécifique élaboré spécialement pour l'application, cas de l'O.T.P.



- Résider dans les programmes extraits d'une banque de logiciels et soigneusement agencés.

- Résider dans les modules spécialisés dialoguant avec le processeur de l'automate (module intelligent de mesure et régulation par exemple).

- Intégrer dans les capteurs ou dans les pré-actionneurs (pesage automatique, la balance numérique n'envoie que des signaux au processeur); elle évalue elle même le poids et satisfait la position voulue).

#### **1.5.4 ETUDE DE LA PARTIE OPERATIVE ET DE LA PARTIE COMMANDE**

Elle englobe une partie 'matériel' et une partie 'logiciel'; l'élaboration des schémas de puissance et de mise en énergie issus de la pré-étude et l'établissement des schémas de commande.

L'ensemble des constituants définit l'étude de leur connectique aboutit à la partie 'logiciel'.

Les différentes fonctions ayant été recensés, le choix des capteurs et pré-actionneurs s'en suivi l'analyse des fonctions se conclut par la configuration de l'automate programmable module, taille et gestion de mémoire. Les critères déterminants du choix de l'automate ont été développés au paragraphe 1.12.

Une analyse organique permet alors la définition détaillée de la réalisation en tenant compte des spécifications de l'API: langages, variables internes, symboles, syntaxe, les fonctions de calculs, de communication... etc.

La révision des schémas électriques et l'adaptation de l'analyse avant programmation, la nomenclature des entrées sorties termine cette étape.

#### **1.5.5 REALISATION ('MATERIEL' ET 'LOGICIEL')**

##### 1.5.5.1 Réalisation 'matériel'

L'implantation et le câblage des constituants de la P.C. se font en atelier.

##### 1.5.5.2 Réalisation 'logiciel'

Elle se fait en bureau d'étude en deux étapes:

- l'écriture du programme et la traduction en langage spécifique compréhensible par l'automate programmable,
- la saisie du programme sur terminal, et son transfert dans la mémoire de l'automate programmable.

**N.B:** Un ensemble "terminal - automate" bien choisi permet un gain de temps considérable lors de cette étape.

#### 1.5.6 INTEGRATION DE LA P.C. DANS LA P.O.

Il s'agit du regroupement de la P.O. et P.C. pour former le système automatisé. Il s'accompagne de la mise au point de la création du dossier d'exploitation document nécessaire aux opérateurs, aux dépanneurs, à ne pas confondre avec le document de réalisation.

#### 1.5.7 EXPLOITATION

Elle intègre:

- l'exploitation en production normale,
- la surveillance de l'installation,
- la maintenance de l'installation,
- et l'évolution.

#### 1.5.8 REMARQUES:

1°) Au niveau des phases de pré-étude, étude et réalisation, les facteurs de réussite dépendent des choix technologiques des outils méthodologiques utilisés.

2°) La conduite et la réalisation de système d'automatisme à base d'automate programmable implique une démarche rigoureuse en vue d'atteindre les objectifs fixés.

3°) La méthodologie ainsi présentée cadre avec les données du problème de l'introduction à l'O.T.P. qui cependant possèdent des spécificités non négligeables. La prise en compte de celles-ci est indispensable dans la réalisation des objectifs.

En effet, il s'agit ici de remplacer totalement un automatisme à relais par un automatisme à base d'automate programmable, et non de concevoir l'automatisme de la locomotive diesel-électrique. Ce remplacement signifie:

- une substitution fonctionnelle et opérationnelle intégrale de l'existant,

- la suppression des commandes électromécaniques,

- l'introduction éventuelle des nouvelles fonctions (par exemple: télécommande radio, et la création d'un journal de marche).

4°) La présente étude sera concentrée sur la partie commande.

Ces considérations conduisent à un constat: certaines étapes du déroulement du projet ont déjà été réalisées, il s'agit essentiellement de la partie opérative (pré-étude - choix des actionneurs - étude et réalisation).

La présente étude se définissant dans le contexte précis de locomotives diesel de l'O.T.P. sera articulée autour de la partie commande, celle qui est généralement la plus affectée lors d'une automatisation de procédés.

Elle sera constituée de la pré-étude de la PC, du choix des technologies de commande, de l'étude de PC de sa réalisation (sauf l'implantation). En plus des directives concernant l'intégration de la P.C. dans la P.O., la mise au point et l'exploitation seront données.

## CHAPITRE 2

### LES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS

---

#### 2.1 HISTORIQUE

Les premiers automates programmables ou "Programmable Controller PC" ont été introduits aux U.S.A. en 1969 pour les besoins de l'industrie automobile américaine en plein essor. Le but recherché était de remplacer les armoires à relais, utilisées dans la commande des chaînes de fabrication par des équipements moins onéreux, aussi bien du point de vue du coût d'acquisition que du coût de la maintenance, et flexibles c'est-à-dire faciles à modifier, à utiliser et à entretenir. Les pionniers, à l'époque, étaient ALLEN - BRADLEY, MODICON ET DIGITAL EQUIPEMENTS qui construisirent les 3 premiers prototypes en 1969. T.I. TEXAS INSTRUMENTS regagne le groupe en 1970. En France, il faut attendre 1973 avec le PB6 de MERLIN - GERIN qui instaure la dénomination sans doute un peu malheureuse d'automate programmable.

Depuis, les automates programmables se sont répandus dans tous les secteurs de l'industrie: aéronautique, automobile, monétique, chemin de fer, électro-ménager, manutention... etc. Certains sont nés pour être des micro-automates, d'autres viennent compléter une famille nombreuse, déjà bien connue dans le milieu des gros automatismes industriels.

Ils représentent aujourd'hui plus de la moitié du marché des équipements utilisés en automatisation avec un taux de croissance de 50 % par an, devançant ainsi de loin la technique à relais et l'électronique câblée.

Ce succès des automates programmables est dû en partie à leur faible coût, leur facilité de mise en oeuvre (ne nécessite pas un personnel spécialisé) d'une part, et au progrès de l'industrie micro-électronique. En effet, cette dernière, par la mise au point de micro-processeurs de plus en plus puissants a favorisé la production d'une grande diversité d'automates programmables. Il en existe plus 200 modèles fabriqués par 45 manufacturiers.

Les automates programmables bâtis autour des micro-processeurs INTEL 8086, INTEL 8088, MOTOROLA 6809... et surtout du I80386 existent aujourd'hui. Ceux qui utiliseront le microprocesseur à architecture R.I.S.C. sont en fabrication.

Parmi les plus gros constructeurs<sup>1</sup>, on peut citer: ALLEN BRADLEY, TELEMECANIQUE et SIEMENS.

---

<sup>1</sup>Source: TECHNIQUES DE L'INGENIEUR R7 430

## **2.2 DEFINITION**

D'après la norme DIN 19237, un automate programmable est "un appareil électronique programmable par un utilisateur automatique (non informaticien) et destiné à piloter en environnement industriel et en temps réel des machines ou processus logiques séquentiels ou combinatoires." On les appelle aussi "Programmable Logic Controller P.L.C." ou "Programmable Controller PC".

Ce sont des ordinateurs spécialisés pour les applications industrielles. Ils ont des caractéristiques très particulières qui justifient un traitement distinct des équipements classiques.

On appelle Automate Programmable Industriel ou API un automate programmable à usage industriel. De nos jours les termes "automate programmable" et "automate programmable industriel" désignent le même appareil par abus de langage.

## **2.3 FONCTIONS**

Les API sont conçus pour traiter par programmes des problèmes de logique combinatoire ou séquentielle afin de remplacer la commande en logique câblée à base de relais ou de circuits logiques et pour fonctionner en milieu industriel, avec des interfaces d'entrées et de sorties respectivement adaptées aux capteurs et aux pré-actionneurs et actionneurs les plus courants.

Au préalable, ils étaient destinés à piloter des machines ou procédés équipés uniquement de capteurs T.O.R. et d'actionneurs bistables c'est-à-dire possédant 2 états stables.

Avec l'avènement de processeurs plus rapides, la plupart des API disposent d'interfaces d'acquisition de données et d'autres fonctions spéciales.

#### **2.4 ARCHITECTURE DES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS**

L'architecture des API est semblable à celle des systèmes à microprocesseurs. Les API sont constitués de blocs fonctionnels:

- une alimentation "Power Supply",
- une unité centrale de traitement U.C.T. ou "Central Processing Unit, CPU" ou encore le processeur,
- une mémoire,
- des interfaces d'entrées et de sorties, le tout articulé autour d'un canal de communication, le bus interne (voir fig 2.2 ). Les API évolués, possèdent en plus des modules intelligents, tels que les chaînes de mesure pour l'acquisition et le traitement de données, les modules de pesée... etc.

Suivant le mode d'intégration de ces différents blocs fonctionnels, on distingue l'architecture compacte et l'architecture modulaire. Dans cette dernière, la plus courante, chaque bloc est réalisé physiquement par un module.



Cette organisation offre une grande souplesse et une variété de configuration à l'utilisateur, ainsi qu'un diagnostic et une maintenance facile.

Les différents modules des API se montent dans un caisson contenant le "fond du panier" (bus + connecteurs). Chaque module dispose d'un bornier de raccordement équipé de "D.E.L." et de conducteurs optiques pour la visualisation de l'état logique de chaque voie; exemple de bornier: TSX BLK1: bornier à 24 voies indépendantes pour les automates TELEMECANIQUE série TSX 27, 47, 67... etc).

Il existe 2 modes de raccordement vers l'extérieur:

- les liaisons fil à fil,
- les liaisons séries ou parallèles.

#### **2.4.1 LE MODULE D'ALIMENTATION**

La plupart des API supportent:

- une alimentation eau,
- une alimentation à courant alternatif monophasé 110/220 volts, 50/60 Hz,
- ou et une alimentation à courant continu 24/48 volts.

Dans le premier cas, le bloc d'alimentation est composé d'un transformateur de tension, d'un pont redresseur, d'un filtre R.C. et d'un stabilisateur de tension continue.

Dans le second cas, il s'agit essentiellement de dispositif de stabilisation de la tension.

Lors du choix de l'automate, il s'agit de fixer une configuration réalisant un compromis entre les contraintes techniques et les aspects économiques. Sur le plan technique, il paraît souhaitable de travailler avec un automate répondant aux caractéristiques imposées par le système à piloter.

Ceci implique, d'une part, la prise en compte du nombre d'entrées/sorties nécessaires, de leurs caractéristiques (types d'entrées: analogiques ou T.O.R. ; modes de groupement: indépendants ou groupés; types de sorties: analogiques ou T.O.R. ; nature sortie relais - transistors - triacs - etc.) la capacité de supporter les modules intelligents si nécessaires (modules de mesure, de pesage...); et d'autre part, des capacités logicielles offertes.

Sur le plan économique, les prix croissent en fonction du nombre et du type des entrées/sorties et des modules intelligents.

Il est à noter que dans certains cas, l'alimentation en énergie électrique de l'automate peut nécessiter l'utilisation de convertisseur statique, un onduleur par exemple, et induit des coûts supplémentaires.

#### **2.4.2 L'UNITE CENTRALE DE TRAITEMENT OU LE PROCESSEUR**

Elle assure 3 principales fonctions:

- Le traitement numérique (c'est-à-dire la gestion des tâches systèmes et l'exécution des instructions);
- Le traitement booléen (calcul sur les variables E.I.S.);

- Le pré-traitement (échanges avec le terminal, les périphériques et la gestion des signaux de service).

Elle possède une R.A.M. interne de sauvegarde pouvant recevoir la totalité de l'application et disposant d'une autonomie d'alimentation 5 semaines (en réalité, une petite batterie d'alimentation est intégrée à la R.A.M.) et des fois un horodateur. Suivant le type de microprocesseur, l'U.C.T. traite des instructions sur des mots de 8, 16 et 32 bits.

Dans le cas des API de la série 40 et supérieure (60/80) de TELEMECANIQUE, ces 3 fonctions principales sont assurées par 3 micro-processeurs différents. Dans le cas particulier du TSX 107, le pré-traitement est géré par un microprocesseur à 16 bits I80C52, le traitement numérique par un microprocesseur de 32 bits I80386DX cadencé à 25 Mhz et le traitement booléen par TELEMECANIQUE.

Ce processeur dispose d'un logiciel interne à structure multitâche ayant:

- Une tâche d'interruption..... : 1 ms;
- Une tâche rapide..... : 5 ms;
- Une tâche maître..... :20 ms;

et des tâches auxiliaires. Lorsque l'application (ou le programme) fait appel à des calculs complexes, par exemple: le traitement des données acquis grâce à une chaîne de mesure, nécessite des résultats très précis, 12 chiffres significatifs ou plus, il est recommandé d'utiliser un co-processeur en plus. Certains automates peuvent disposer de ce module spécialisé.

### 2.4.3 LA MEMOIRE

Comme il a été souligné au paragraphe n°2.2, l'API est conçu pour fonctionner de façon autonome. Il est donc connecté de façon permanente au système qu'il commande par l'intermédiaire des interfaces d'entrées/sorties. Le programme pilote, modifié très rarement doit résider dans une zone, c'est la mémoire. Elle est du type ROM pour les modèles les plus simples.

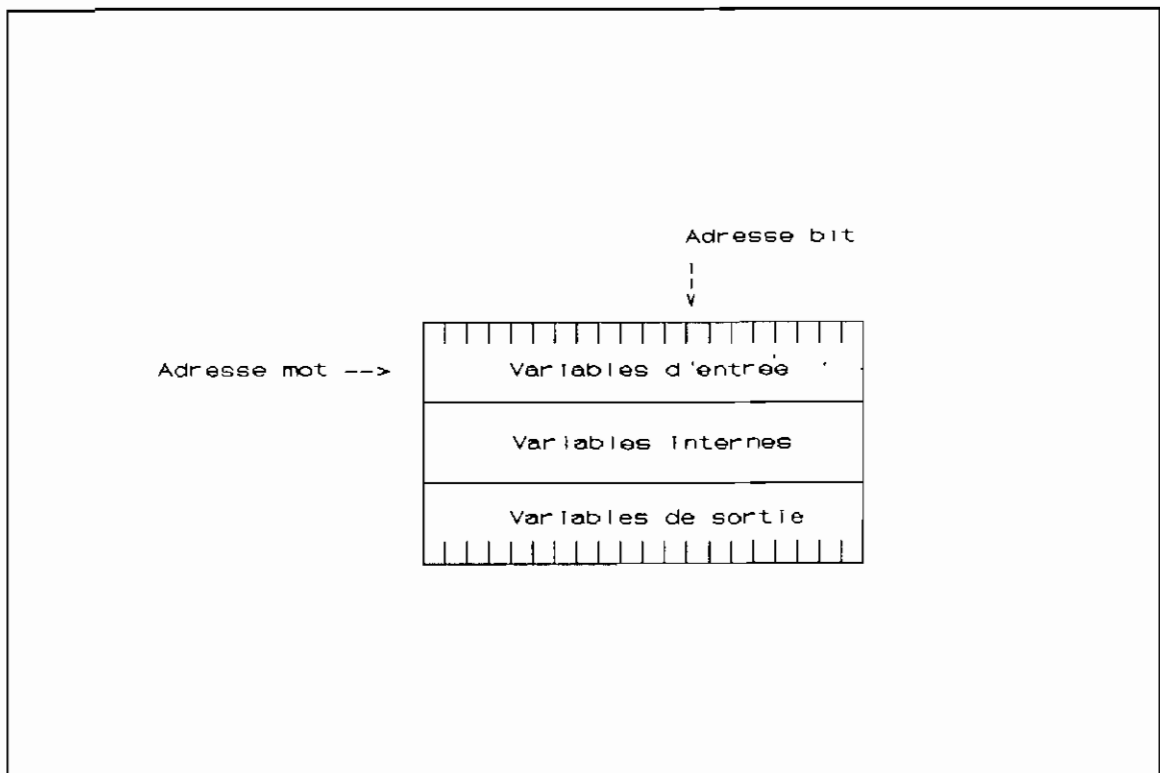


fig.5.3 Organisation de la mémoire

Mais la mémoire ROM rend très coûteuses les modifications de programmes. On leur préfère des mémoires EPROM, reprogrammables à partir d'une console autonome. Sur les automates programmables évolués, on emploie des mémoires volatiles RAM à faible consommation.

Elles ont une alimentation par batterie en tampon, et peuvent être reprogrammées en connectant la console à l'API

En général, les API possèdent 2 mémoires:

- La mémoire de données (fig.2.3): elle comprend la zone image des entrées (bits et mots), la zone des variables internes (bits et mots), la zone des compteurs et temporiseurs, la zone image des sorties (bits et mots) etc.

Elle est toujours, en principe une RAM et est le plus souvent protégé contre les coupures de courant par une batterie en tampon.

- La mémoire de programme où est stockée l'application chargée de gérer le procédé; elle est du type ROM, EPROM ou EEPROM le plus souvent.

Lorsque la mémoire de programme est une RAM, les 2 mémoires (données et programme) sont confondues en général (exemple de l'automate APRIL 2000).

#### **2.4.4 LES INTERFACES D'ENTREES/SORTIES**

Les interfaces d'entrées/sorties relient l'automate au monde extérieur. Elles se présentent sous forme de cartes électroniques ou de modules enfichables et peuvent être du type analogique ou

T.O.R. Les API peuvent recevoir jusqu'à 30000 entrées/sorties.

##### 2.4.3.1 Les interfaces d'entrées

Elles permettent à l'U.C.T. d'effectuer une lecture de l'état logique des capteurs qui lui (interfaces) sont associés.

Chaque entrée est associée à une voie qui convertit le signal électrique envoyé par le capteur en signal binaire pour élaborer un bit d'entrée. Le cheminement du signal est le suivant:

- Adaptation et protection;
- Filtrage (pour éviter les parasites et les rebondissements de contact, mise en forme);
- Isolement électrique de l'extérieur par découplage optique à base d'opto-coupleur pour assurer la fiabilité du signal sécurité du matériel (voir schéma n°2.4).

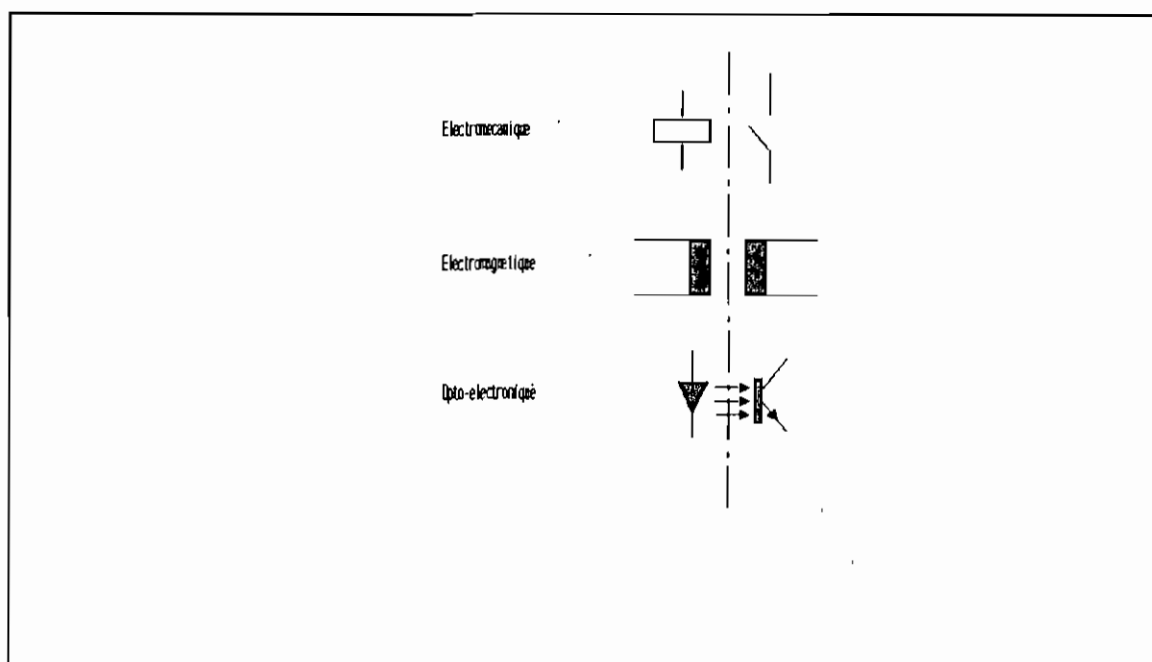


fig.5.6 Les différentes techniques d'isolation galvanique

L'ensemble des bits forment un mot d'entrée transmis périodiquement à la mémoire de données lors de l'opération d'adressage. Cette dernière opération est assurée grâce à un décodeur d'adresse .

La figure fig.2.5 présente le schéma d'un décodeur  $2^3$  qui permet d'adresser "8 cases mémoires" à partir de 3 lignes du bus d'adresses.

#### 2.4.3.2 Les interfaces de sorties

Les interfaces de sorties réalisent:

- la mémorisation des ordres donnés par le processeur ;
- la commande des pré-actionneurs au travers des circuits de découplage et d'amplification.

Périodiquement, le processeur adresse ces modules et provoque l'activation des voies concernées.

L'élément de commutation du module est soit électronique (sorties transistors ou triacs), soit électromécanique (contacts de relais internes) Les différentes techniques employées pour la séparation ou l'isolement galvanique sont données par la figure 2.4. Les figures 2.5 et 2.6. montrent respectivement la séparation galvanique dans un module d'entrées et dans un module de sorties.

#### 2.4.3.3 Les modules intelligents

Les modules ou coupleurs intelligents sont des unités de traitement pré-programmés conçues pour assurer un traitement réparti de l'application. Ils se composent de:

- Une interface bus utilisant les modes standards de communication entre le processeur de l'automatè et le coupleur:

- \* l'interface T.O.R.;
- \* l'interface registre;

\* l'interface de message.

- Une mémoire partagée dans laquelle sont stockées les données accessibles au coupleur et au processeur de l'automate.

- Une unité de traitement comprenant un processeur et les logiciels d'exploitation.

- Les entrées/sorties spécifiques du coupleur.

Les coupleurs intelligents par l'emploi d'un processeur et de fonctions pré-programmées permettent la simplification du programme utilisateur.

Par exemple: Les coupleurs T.S.X. - A.E.M., chaîne de mesure industrielle, associés à des capteurs ou transmetteurs, permettent de réaliser des fonctions de surveillance, de mesure et de régulation des processus continus.

## **2.5 LES PERIPHERIQUES D'AUTOMATES PROGRAMMABLES**

Tels que défini au paragraphe, l'automate programmable est conçu pour commander un système industriel sans aucun périphérique.

Cependant, le développement et le déchargement de programme nécessitent différents périphériques qui assurent également des fonctions auxiliaires de test et de supervision. Ils sont en général assez coûteux, ce qui amène à les rendre portables ou au moins transportables, de façon à en partager l'utilisation entre plusieurs automates.



Le périphérique le plus important est la console<sup>1</sup> de programmation composée au minimum d'un clavier et d'un dispositif d'affichage. Elle peut être reliée à une mémoire de sauvegarde telle qu'une disquette ou une cassette magnétique et à une imprimante.

La console assure les fonctions suivantes:

- Ecriture du programme directement dans la mémoire de l'automate;
- Analyse syntaxique;
- Mise au point, des applications... etc.

Les consoles servent également pour le test ou le dialogue en ligne de l'automate, le positionnement des compteurs et des temporisateurs... etc., et donnent accès aux valeurs courantes et aux paramètres.

Elles se comportent comme un terminal vis-à-vis de l'ensemble processeur/mémoires. Certaines d'entre elles disposent d'alimentation autonome et permettent le développement de l'application en mode de fonctionnement terminal autonome. L'application une fois complètement saisie peut être transférée, déchargée dans la mémoire de l'automate.

Un ordinateur, muni d'un dispositif spécial (modem + clé) et d'un logiciel approprié, remplit la fonction de console (ceci n'est pas proposé par tous les constructeurs).

---

<sup>1</sup>Voir Annexe A.7

Dans certains cas, la console de programmation est intégrée à l'automate, ils forment un bloc compact indissociable (ex. : automate APRIL 2000).

Enfin, la plupart des automates programmables comportent des entrées/sorties pour transmission, série RS 232 ou RS 422, qui peuvent être employées pour insérer l'automate dans un système industriel plus complexe (réseau d'automates) ou pour assurer la télémaintenance.

## **2.6 PROTECTIONS ET FIABILITE**

Les API sont des équipements protégés contre les environnements industriels les plus agressifs:

- Contre les chocs et les vibrations qui soumettent les contacts, les soudures et les composants aux accélérations, la température et l'humidité, les vapeurs et poussières qui provoquent la corrosion des contacts et des micro-circuits. Les différentes protections suivantes sont mises en oeuvre: vernissage des circuits imprimés, installations de filtres éliminant gaz contaminants et poussières, étanchéité totale, ventilation forcée.

- Contre les parasites électriques industriels, les API. disposent de filtres, d'isolement galvanique et de boîtiers à cage de Faraday. Cette dernière protection est très importante car assurant la fiabilité des échanges d'informations entre l'API et le processus.

En effet, les parasites électriques industriels peuvent atteindre un niveau de 100  $\mu\text{J}$ . Or, l'énergie de transition des transistors TTL (composants de base des API.) alimentés à 5 V consommant 2 mA et commutant en 10 ns, est de  $10^{-4}$   $\mu\text{J}$ .

Quel que soit le constructeur de dispositifs électroniques et malgré les efforts entrepris par celui-ci, le taux de défaillance n'est jamais nul. Il faut donc s'attendre à ce qu'un automate, pendant sa durée d'exploitation, ait des défaillances. Pour les commandes de processus à haut risque, il y a lieu de prévoir, lors de l'étude de l'automatisme, les dispositions nécessaires pour pallier ces défaillances et en limiter les conséquences, notamment vis-à-vis de la sécurité.

Cependant, les automatismes à base d'API sont plus sécuritaires que ceux à base de relais.

En outre, le fonctionnement d'ensemble des API est, en général, vérifié par un chien de garde. Celui-ci a une durée de temporisation légèrement supérieure à celle du cycle. Un blocage de l'automate provoqué par une panne matérielle ou logicielle est alors facilement détecté.

L'utilisation d'instruction de saut-amont dans un programme entraîne la perte de cette sécurité, sauf si la temporisation du chien de garde est réglée à une valeur très élevée. Enfin, les automates sont souvent équipés d'un second chien de garde qui, sur la durée d'exécution de chaque exécution, n'est pas accessible à l'utilisateur.

## 2.7 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

La plupart des API actuels utilisent la motion de déroulement cyclique sous le contrôle d'un compteur ordinal incrémenté par un horloge. En plus, les API haut de gamme, très proches des calculateurs industriels ordinateurs disposent d'une programmation autorisant des méthodes plus puissantes, plus complexes.

Au début de chaque cycle, l'automate scrute systématiquement les entrées binaires pour transférer leur état dans une zone dédiée de la mémoire de données. Cette mémoire est segmentée en 3 secteurs qui contiennent respectivement les variables d'entrée, les variables de sortie et les variables internes utilisées aux cours du traitement (fig. 1).

A la fin de la phase de lecture, le secteur des variables d'entrée de la mémoire de données contient l'image de l'état des entrées binaires, et l'automate commence une phase de traitement essentiellement réduite à des opérations booléennes sur les variables d'entrée et sur les variables internes utilisées pour les calculs intermédiaires. Ce traitement se traduit par la modification de certaines variables de sortie et leur remise à jour dans la zone correspondante de la mémoire de données.

A la fin du traitement, la zone des variables de sortie contient l'image de l'état des sorties qui doivent être imposées aux différentes sorties binaires.

D'une façon analogique à l'opération d'entrée, l'automate entreprend un balayage systématique de la zone de variables de sortie pour transmettre leur état aux sorties correspondantes.

Les sorties binaires restent ensuite verrouillées jusqu'au cycle suivant dans l'état qui leur a été imposé.

Cette organisation du traitement à l'intérieur de l'API simplifie largement la programmation d'application puisque toutes les opérations d'entrée/sortie sont implicites. De plus, du fait que le traitement cyclique porte sur une image du procédé commandé figée pendant toute la durée du cycle, garantit le synchronisme des entrées/sorties.

Les risques d'aléas de fonctionnement sont minimisés. Le temps de réaction des API. dépend de la longueur du cycle. Cette dernière dépend du nombre d'entrées/sorties et du nombre d'instructions de traitement.

Il est de l'ordre de 5 à 50 ms pour des API qui comportent quelques centaines à quelques milliers d'entrées/sorties et dont le programme comporte quelques centaines à quelques milliers d'instructions.

## **2.8 MODULARITES**

Certains micro-automates ont une configuration fixée: ce sont les compacts (les micro automates APRIL 15N par exemple).

Mais la plupart du temps, l'utilisateur a, à un degré plus ou moins important la possibilité d'adapter ses entrées/sorties en fonction de ses besoins.

D'autres prennent la forme d'un meuble de rangement ou les tiroirs sont des modules composés d'une alimentation, d'un processeur, des interfaces d'entrées/sorties: c'est la présentation modulaire. Le châssis peut être modulaire lui aussi.

## **2.9 LA PUISSANCE DE L'AUTOMATE PROGRAMMABLE**

Comparer les performances de l'unité centrale des automates n'est pas facile. D'une part il n'existe pas de logiciel étalon comme on en connaît en informatique (WHESTONE, DHRISTONE). D'autre part, les constructeurs ne décrivent pas tous de la même façon leur unité centrale. Cependant il y a un paramètre sur lequel tout le monde s'entend: c'est le temps d'exécution des instructions contenus dans 1020 mots de mémoire.

## **2.10 LANGAGES DE PROGRAMMATION**

Les automates programmables sont polyglottes en général. La plupart des automates sont construits pour être programmés en langage à contacts ou LADDER. Mais des langages évolués tels que le Grafcet et d'autres, le PCL et le PL7-3 proches des langages classiques comme le PASCAL sont proposés sur les modèles récents. Quant aux langages booléens, il se retrouve sur les tous premiers modèles.

## **2.10.1 LES LANGAGES A RELAIS, LADDER-DIAGRAM**

### 2.10.1.1 Définition

Les langages à relais ou LADDER sont les plus courants sur les automates programmables. Aucune normalisation relative à ces langages n'existe, cependant la plupart possède des similitudes.

Les symboles sont essentiellement des contacts, des bobines d'affectation et des blocs-fonctions (temporisateur, compteur, etc.).

La programmation en langage à relais est basée sur un symbolisme très proche de celui employé pour les schémas de câblage ou schémas de commande.

### 2.10.1.2 Règle d'exécution du programme

Le programme est une succession de lignes contenant des contacts normalement ouverts ou normalement fermés, et terminés par une ou plusieurs affectations. Elles peuvent être regroupées en réseaux de 4, 6 ou 8 lignes suivant le développeur du langage. Dans le cas PL7-2 22, par exemple, chaque réseau possède au maximum 4 lignes.

Le programme est exécuté ligne par ligne de haut en bas et chaque ligne ou réseau se lit de la gauche vers la droite. La scrutation ainsi définie se fait en un cycle automate. Les identificateurs de variables sont souvent constitués par une première lettre ou un premier chiffre relatif au type de variable (entrée, sortie ou interne) et qui est suivi par l'adresse de la variable.

Sur les automates TSX, ces lettres sont:

- I (Input) pour les variables d'entrées,
- B (Internal Bit) pour les variables internes,
- O (Output) pour les variables de sorties.

Elles sont suivies dans les cas des entrées/sorties T.O.R. de deux nombres séparés par une virgule: le premier désignant l'emplacement du module dans le bac, le second désignant le rang de la variable sur le module; et d'un nombre identifiant le bit associé à la variable dans le cas des variables internes.

Ainsi I0,03 désigne la variable associée à la quatrième voie du module d'entrée situé à l'emplacement n°0 du bac, B30, la variable interne numéro 30, O4,5: la variable associée à la sixième voie du module de sortie situé à l'emplacement n°5 du bac.

#### 2.10.1.3 Exemple de programme

Soit à réaliser la commande représentée à la figure fig.2.8 ci-dessous:

Cette commande se traduit telle que représentée à la page suivant en langage à contacts ou langage LADDER.

Les contacts C1, C2, C3 expriment la condition sous laquelle la bobine B1 est excitée. (C1 + C3). C2 est la condition. B1 est une affectation.



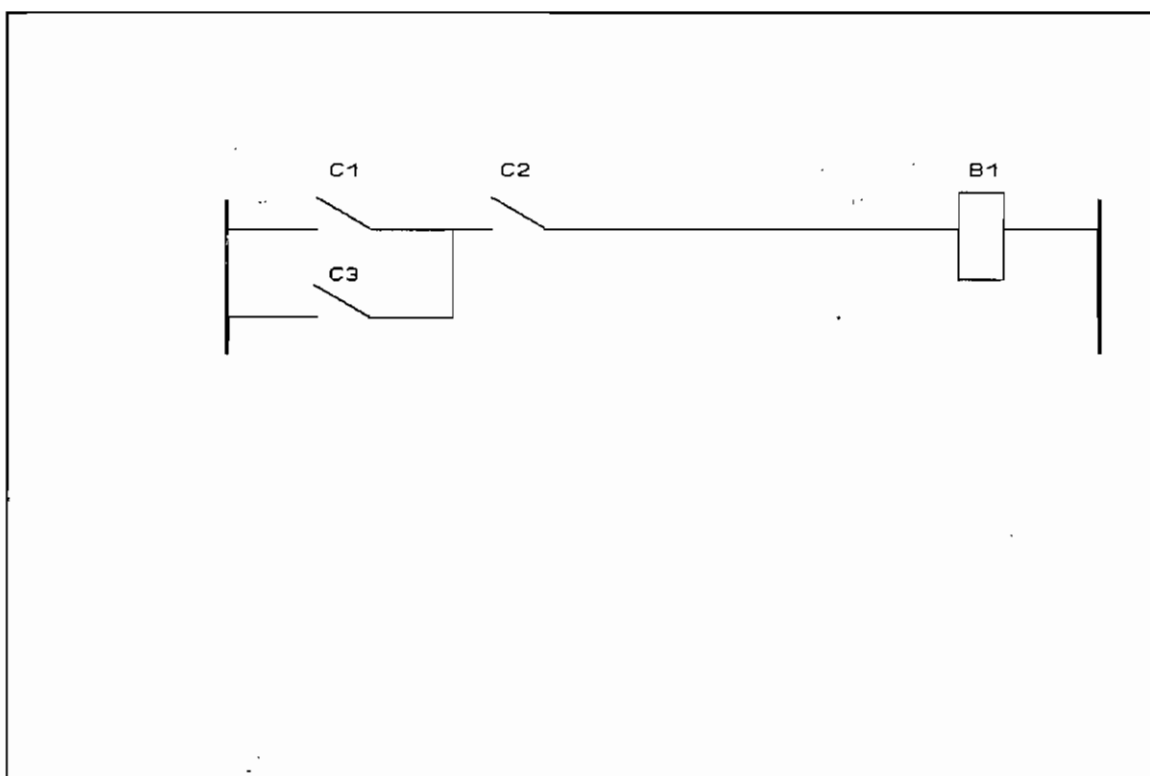


fig.5.8 Exemple de commande à relais

## 2.10.2 LE GRAFCET

### 2.10.2.1 Définition

Le Grafcet, Graphe Fonctionnel de Connexion Etapes Transitions (Norme CEI 848) est un puissant outil graphique pour la description des applications de commande d'automatismes séquentiels.

C'est un langage qui permet de définir sans ambiguïté les aspects fonctionnels, technologiques voire opérationnels d'une commande séquentielle.

Il a été développé de 1975 à 1977 par le groupe Système Logiques de l'AFCEET (Association Française pour la Cybernétique Economique et Technique). Le grafcet est aujourd'hui une norme utilisée à la fois par les hommes de

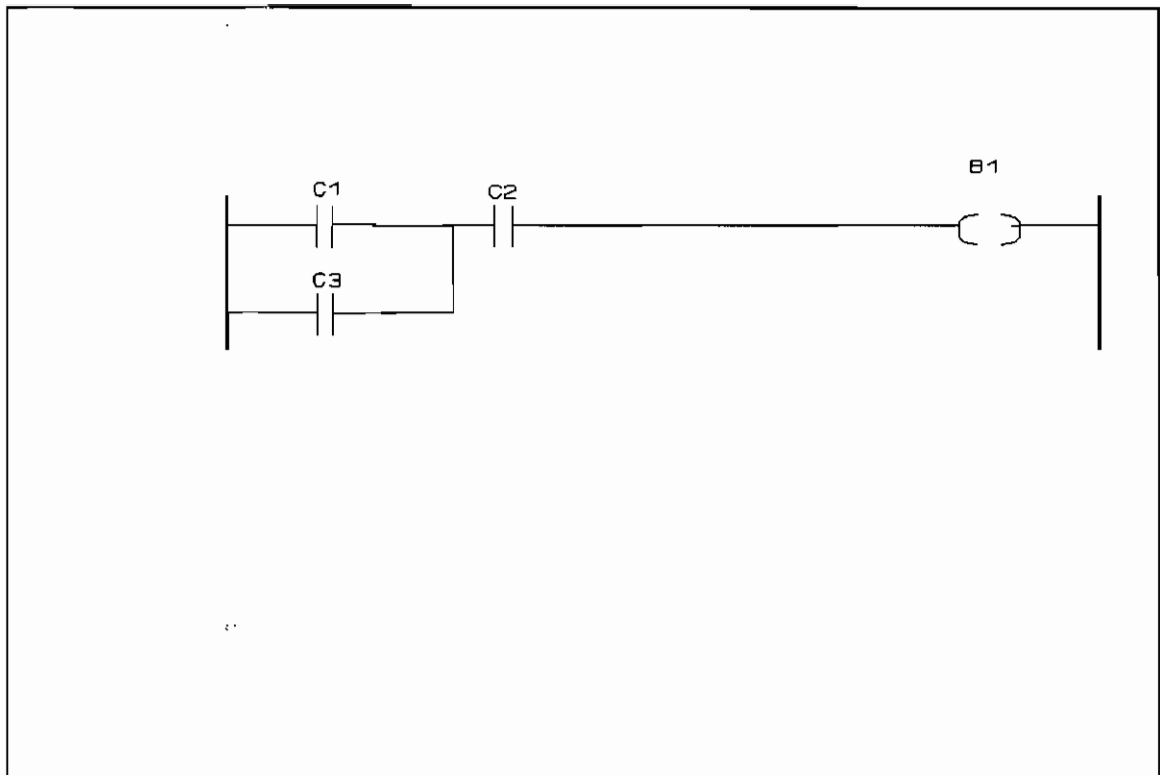


fig.5.8 Le programme de la commande en langage LADDER

procédés et les constructeurs d'automates ou de commandes numériques qui se présentent à leur catalogue des logiciels d'édition et de simulation. Sous l'impulsion des équipes universitaires et des industriels concepteurs d'automatismes, cet outil de description est devenu un outil de simulation et un outil de commande des procédés séquentiels. De par sa flexibilité syntaxique, il est l'outil de prédilection des automaticiens.

#### 2.10.2.2 Eléments du Grafcet(2oir fig.2.1)

Le grafcet se compose:

- d'étapes auxquelles sont associées des actions (avance d'un vérin);

- de transitions auxquelles sont associées des réceptivités (contact à fermer);

- de liaisons orientées reliant les étapes.

Une réceptivité est une condition permettant l'évolution du grafcet d'une étape à une autre. C'est l'expression logique associée à une transition.

Une étape permet de décrire l'état du processus à un instant donné.

### 2.10.2.3 Règle de syntaxe du Grafcet

Un grafcet est une succession Etape-Transition-Etape. Les étapes du grafcet sont numérotées.

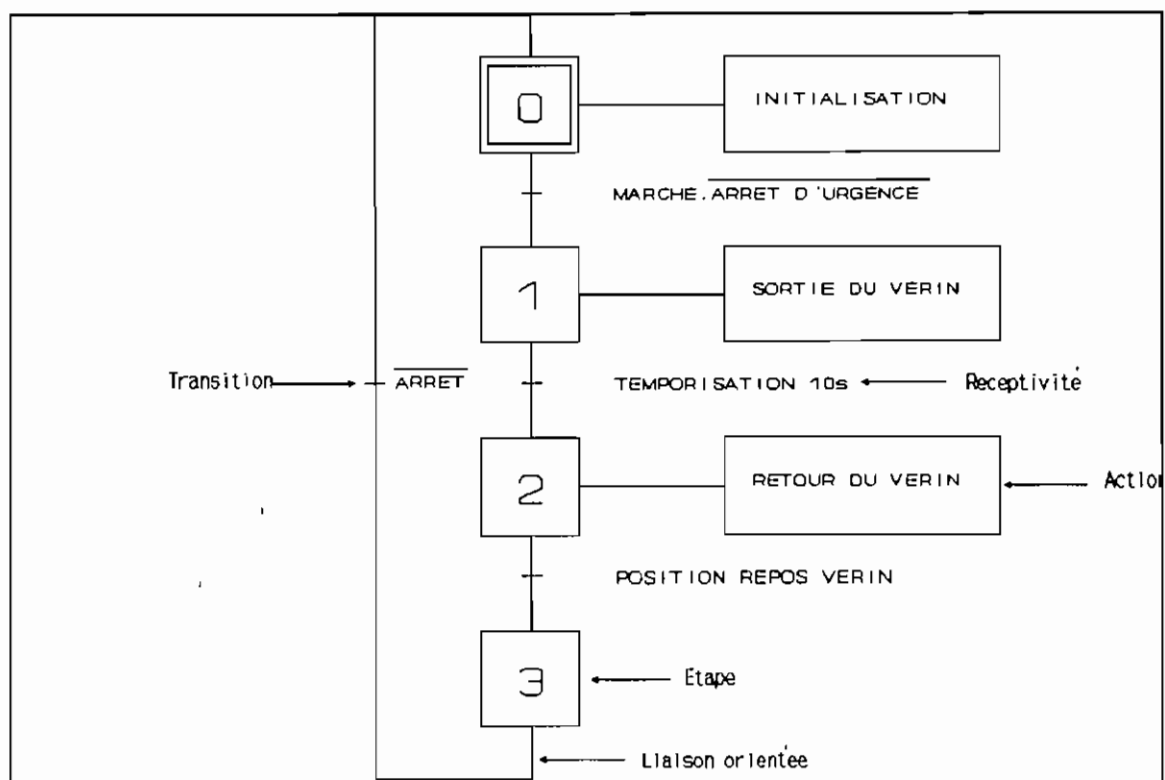


fig.5.11 Éléments de Grafcet

#### 2.10.2.4 Règles d'évolution du Grafcet

L'évolution d'un grafcet suit 5 règles fondamentales:

- 1°) Situation initiale

La situation initiale (ou état initial) est caractérisée par les étapes initiales qui sont par définition actives au début de l'opération (de la fonction). Il doit y avoir au moins une étape initiale.

- 2°) Franchissement d'une transition

Une transition est soit validée ou non. Elle est dite validée quand toutes les étapes immédiatement précédentes (étapes amont ou d'entrée) sont actives. Sinon elle est dite non validée.

Une transition est franchie lorsqu'elle est validée et lorsque la condition de transition ou réceptivité est vraie.

- 3°) Evolution des étapes actives

Le franchissement d'une transition entraîne simultanément l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes (étapes aval ou de sortie) et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes (étapes amont ou d'entrée).

- 4°) Franchissements simultanés de transitions (définition AFCET 1977 et CEI 848)

Deux transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies. Cette règle n'a pas été retenue par la norme internationale.

-5°) Activation et désactivation simultanées d'une étape  
Une étape simultanément activée et désactivée reste active (la priorité est donnée à l'activation).

#### 2.10.2.5 Extensions du grafcet

Pour pallier la complexité de certains problèmes d'automatismes et mettre à la disposition de l'utilisateur un ensemble d'outils plus efficaces et performants, des extensions ont été introduites dans le grafcet, ce sont:

- les notions de Grafcet maître et de Grafcet esclave;
- la mise en situation d'un Grafcet esclave;
- la désactivation d'un grafcet esclave;
- le figeage dans une situation, etc.

En dehors de la programmation par blocs fonctions, la programmation orientée objet a fait son entrée dans le monde de l'automatisme grâce au développement de logiciel spécialisé tel que K-SYS développé par la société GEOIDE en collaboration avec la société ELF-AQUITAINE.

Cette méthode de programmation offre des gros avantages techniques et économiques que l'on peut résumer en deux mots: méthodologie et gains de temps.

## **2.11 CLASSIFICATION DES AUTOMATES PROGRAMMABLES**

Les critères de classification des automates programmables varient d'un auteur à un autre et d'un constructeur à un autre. Cependant on peut retenir les trois critères suivants: le nombre d'entrées/sorties, la structure, et la taille des processus ou système à piloter.

### **2.11.1 Suivant le nombre d'entrées/sorties**

Suivant le nombre maximum d'entrées/sorties, les automates programmables sont souvent classés en 3 différentes catégories suivant le nombre maximum d'entrées/sorties qu'ils mettent en oeuvre.

#### **2.11.1.1 Les automates de bas de gamme**

Ils possèdent entre 20 à 100 entrées-sorties, un processeur de 4 à 8 bits sont adaptés à la commande d'automatismes simples. Leur coût très bas les rend compétitifs pour le remplacement des dispositifs à relais, exemple l'automate programmable MERLIN-GERIN PB15.

#### **2.11.1.2 Les automates de milieu de gamme**

Plus élaborés que les précédents, ils possèdent entre 100 à 500 entrées/sorties et sont construits autour de microprocesseurs de 8 à 16 bits. Ils sont en général prévus pour être programmés avec plusieurs langages différents, exemple: l'automate programmable TELEMECANIQUE TSX 27.

### 2.11.1.3 Les automates de haut de gamme

Ils comportent en principe quelques centaines à quelques milliers d'entrées/sorties, sont construits autour de microprocesseurs rapides de 16 à 32 bits permettant plusieurs mode d'adressage différent, par exemple, un mode direct et un mode indexé. Ils ont un jeu d'instructions beaucoup plus étendu que celui des automates simples et comprenant des instructions arithmétiques, de saut, de sous-programme ou de relais-maître. Ils se rapprochent plus des micro-ordinateurs peuvent aussi être programmés en langage de haut niveau proche des langages classiques tels que le PASCAL, le MODULA, etc. Ils disposent d'une gamme très complète d'interfaces de processus couvrant la plupart des besoins en ce qui concerne l'automatisation: les compteurs, les temporisateurs, les régulateurs PID, les convertisseurs analogique/digitaux.

Enfin, ils possèdent des dispositifs d'interruption, exemple: TELEMECANIQUE TSX 107.

### **2.11.2 Suivant la structure**

Suivant la structure, on distingue:

- les automates compacts,
- les automates modulaires.

### **2.11.3 Suivant la taille de l'application et le type du microprocesseur et de l'application**

Suivant la taille et le type de microprocesseur et de l'application, on distingue: les micro-automates (TELEMECANIQUE TSX 17) et les automates.

## **2.12 LES CRITERES DU CHOIX D'UN AUTOMATE PROGRAMMABLE**

### **2.12.1 Rôle joué dans le processus**

Ici, il faut distinguer 2 cas essentiels:

- ou bien il s'agit de décharger un plus gros automate d'une partie annexe de l'automatisme global,
- ou bien il s'agit d'une application autonome.

Il est à noter que cette autonomie n'exclut pas la communication avec d'autres systèmes.

### **2.12.2 Les entrées/sorties**

Au niveau des entrées/sorties, le critère important est la modularité. Plus l'automate est modulaire, plus il est facile de le faire coller au plus près des besoins de l'application ou éventuellement faire évoluer sa configuration avec l'application. Le nombre d'entrées/sorties détermine les limites d'un automate programmable. Le choix de l'automate doit être fait en y tenant compte. On devra prévoir un nombre d'entrées/sorties supérieur à celui exigé par l'application pour tenir compte de l'évolution de l'application et d'éventuelles pannes. En plus, il ne faut pas perdre de vue la répartition d'entrées/sorties.

Exemple: Soit une application demandant 15 entrées et 4 sorties, soit moins de 20 entrées/sorties. Une configuration de 20 entrées-sorties dont 12 entrées et 8 sorties ne convient pas. Il en est de même pour une configuration de 16 entrées et 4 sorties. Il faut donc choisir une configuration de 24 entrées/sorties, dont 16 entrées et 8 sorties par exemple.



Enfin, lors du choix, il faut voir si le constructeur a à son catalogue les types d'entrées/sorties correspondant au besoin (TOR continu ou alternatif, analogique, bas, haut niveau, etc.).

#### **2.12.3 La puissance de l'automate programmable**

(voir classification).

#### **2.12.4 La capacité mémoire de l'automate programmable**

La capacité mémoire de l'U.C.T. de l'automate programmable est un critère d'évaluation de la complexité des applications réalisables.

#### **2.12.5 Le prix**

Le prix des automates varie en fonction du nombre d'entrées/sorties, du type processeur et du constructeur.

#### **2.12.6 Les langages de programmation supportés**

**En résumé,** le choix d'un automate dépend rapport prix nombre d'entrées/sorties et des autres caractéristiques sus-mentionnées. Sur le marché, les constructeurs sont nombreux et présentent des solutions techniques différentes.

**EN CONCLUSION UN AUTOMATE PROGRAMMABLE EST UN ORDINATEUR,MAIS:**

- Il s'utilise en un langage proche de l'automaticien avec une organisation préétablie de logiciels; il se programme plus facilement et plus vite.

- Il est robuste c'est-à-dire qu'il résiste mieux:

- \* aux chocs (mécaniques, électriques...),
- \* aux parasites,
- \* aux agents atmosphériques agressifs (eau bouillante, vapeur chimique).

- Il résiste mieux à l'ambiance industrielle.

- Il dispose déjà de:

- \* interfaces d'entrées/sorties d'informations adaptées aux normes industrielles de communication,

- \* contacts secs ou solides;

- \* tension industrielle 24/.48 2CC ou 110/220 2CA,

- \* convertisseurs analogique-digital / digital-analogique,

- \* plaque de régulation décentralisée (contrôle de position ou de vitesse, régulateur P.I.D).

- Il se connecte facilement aux procédés.

- Il est mieux adapté au contrôle qu'un ordinateur classique.

2ème Partie

---

ETUDE  
TECHNIQUE

AVANT-PROJET

---

**1.1 LE PROCESSUS INDUSTRIEL**

Le processus industriel à piloter par Automate Programmable Industriel (API) est une locomotive diesel-électrique de type BB. Il comporte:

- Un groupe diesel de 1200 C2, doté d'une génératrice à courant continu,
- Quatre moteurs à courant continu,
- Deux régulateurs de tensions couplés au groupe.

La génératrice comprend trois enroulements d'excitation (séparée, shunt, et série soustractif) pour obtenir une caractéristique en charge adaptée à l'alimentation des moteurs.

Les principales fonctions de l'automatisme sont:

- 1°) Le démarrage et la surveillance du groupe diesel (lancement, survitesse, arrêt-diesel, signalisation).
- 2°) Le contrôle de la traction (contrôle du sens de marche, shuntage, le sablage, commande de vitesse, etc.).
- 3°) La surveillance des manoeuvres du mécanicien-conducteur de la locomotive (avertisseur homme-mort, temporisation de veille automatique, freinage d'urgence, etc.).

### 1.1.1 Analyse de la partie opérative P.O. (folio 1/10 A.5)

La puissance nécessaire à la traction de la locomotive est produite par la génératrice principale (G.P.). Au démarrage du groupe diesel, celle ci fonctionne en moteur alimenté à partir d'une batterie d'accumulateurs; assurant une rotation à faible vitesse du rotor. Ce mouvement de rotation permet la diminution de l'inertie de l'ensemble des organes mécaniques couplés sur l'arbre du moteur diesel ainsi que la montée des pistons vers le P.M.H de manière à assurer la compression nécessaire à l'allumage. Les deux contacts C165 du contacteur de lancement diesel sont fermés en ce moment.

Une fois l'allumage effectué, la statodyne de commande (S.T.C.) petite génératrice synchrone auto-régulée par le régulateur (REG-STC) au départ alimenté par la batterie d'accumulateurs débite une tension alternative triphasée redressée par un pont redresseur à diodes. La tension redressée sert à l'alimentation du régulateur (REG-STE) de la statodyne d'excitation (S.T.E.) et la charge de la batterie.

La statodyne S.T.E. délivre à son tour une tension alternative redressée par un pont triphasé à diodes. Cette tension alimente la bobine d'excitation séparée de la génératrice principale.

La S.T.E. et le REG-STE jouent un rôle important dans le processus car influençant directement la tension aux bornes de la G.P. La G.P. étant excitée peut alors délivrer une tension (continue à ses bornes).

Quatre contacteurs de ligne L1, ..., L4 assurent le branchement des moteurs de traction aux bornes de la G.P.

Un appareillage électrique composé de fusibles, de sectionneurs et de disjoncteurs assurent la protection des équipements.

### **1.1.2 Analyse de la partie commande P.C.**

Elle est le cerveau du processus, le commande et le surveille. Elle émet des ordres vers la partie opérative et en reçoit des informations en retour pour coordonner ses actions. C'est sur elle que l'automatisation du processus reposera en partie. On y retrouve:

- des capteurs d'informations - ils mesurent toutes les grandeurs nécessaires à la commande et à la surveillance du bon fonctionnement du système automatisé - ce sont essentiellement des contacts électriques, des électrovalves, des boutons-poussoirs, des détecteurs de vitesse (tachymètre) des pressostats, des thermostats ... etc;

- des pré-actionneurs - ce sont des contacteurs, des relais d'automatisme (temporisateur, monostable ... etc) et des électrovannes;

- des actionneurs - ils réalisent les interventions et les actions physiques que la partie commande impose au processus - ce sont des vérins hydrauliques, pneumatiques, les moteurs de traction, des voyants ... etc.

Elle est divisée en blocs-fonctions assurant les fonctions suivantes: le lancement, la survitesse diesel, l'arrêt diesel, la protection et la signalisation, le contrôle du sens de marche, le branchement des moteurs de traction, l'excitation, la purge frein, la commande de vitesse, l'antipatinage surtension, l'échauffement diesel, le shuntage, le sablage, la régulation du compresseur, la surveillance des manoeuvres du mécanicien-conducteur.

## CHAPITRE 2

### CAHIER DES CHARGES FONCTIONNELLES

---

Un cahier de charge spécifique n'a pas été fourni pour l'élaboration de ce projet; cependant, il a été demandé une automatisation sur la base du schéma de commande existant<sup>1</sup>. En outre, l'ensemble automate programmable et application demandée doit remplir fonctionnellement toutes les tâches, gérer au minimum toutes les commandes de l'automatisme à relais qu'il est censé remplacer.

A partir du schéma de commande et avec l'aide du personnel de la S.N.C.S, des explications ont été fournies sur les spécifications fonctionnelles de la partie commande.

Les exigences du projet sont: une automatisation complète de la partie commande de la locomotive, choix de l'automate, développement du programme pilote, évaluation des incidences techniques et économiques.

#### **2.1 DESCRIPTION DE LA PARTIE COMMANDE**

##### **2.1.1 Mise sous tension**

- \* SMD à zéro.
- \* MPJ et MPT à zéro.

---

<sup>1</sup>Voir Annexe A.1



\* Fermeture de H2BA (tous les disjoncteurs étant enclenchés), on constate:

- Ligne 5-1: le voltmètre 2BA indique la tension de la batterie d'alimentation.

- Ligne 5-3: la lampe de signalisation arrêt diesel s'allume par le contact n°4 du relais Q2EA.

- Ligne 11-2: Le relais QPSH excité par le pressostat d'huile PSH.

- Ligne 1- 2: Le relais Q4DA excité par le contact b2 fermé.

- Ligne 5-2: Le relais Q2G1 excité par le contact du détecteur de survitesse QS2 et le contact n°1b du relais Q2G2, puis s'automaintient par son contact n°1a.

- Ligne 6-2: Le relais Q2G2 excité par le contact n°5 du relais Q2G1, puis s'automaintient par son contact n°1a.

- Ligne 6-2 bis: l'électrovanne 2G excitée par les contacts des relais Q2G1 et Q2G2.

- Ligne 12-2: Le relais QOG excité par les contacts des relais QOHT et QD2 (n°1), puis s'automaintient par son contact n°1.

- Ligne 9-3: la lampe LSPSH s'allume par les contacts n°2 du relais QPSH.

- Ligne 4-3: le relais QTELL excité par le contact du tachymètre TEL1 pour des vitesses allant de 0 à 5 km/h.

- Ligne 6-4 : le relais QTS excité par le contact du thermostat TSE température eau normale.

- Ligne 7-7: le relais QHM1 excité par le contact du relais QTEL1.

- Ligne 2-8 : le relais QAM excité par les contacts n°2b de QLD et n°2 de Q2EA.

### **2.1.2 Lancement**

\* MPJ sur LD2 A2 ou AR (MPJ1 fermé).

\* MPT à zéro.

\* Entraînement: Lorsqu'on appuie sur les boutons poussoirs BPLC ou BPLD, sous les conditions précédentes, on constate :

- Ligne 2-2: le relais QLD excité par les contacts MPJ1, BPLC fermé et BPLD ou BPLC, Q40 (n°1) et Q2EA (n°1b).

- Ligne 2-4: le contacteur C165 excité par les contacts QLD (n°1a) et Q2EA (n°1b) fermés (la borne négative de la génératrice principale GP est reliée à celle de la BA par la fermeture du contact de C165).

- Ligne 2-3: le contacteur C166 excité par les contacts MPJ1 BPLC fermé et BPLD ou BPLC, Q40A (n°1), C165 et Q2EA (n°1b), puis automaintien de QLD, C165 et C166 par le contact de C166. C165 et C166 fermés assurent l'automaintien de C165. La borne positive de la GP est reliée à celle de BA et la GP tourne en moteur série : c'est l'entraînement.

\* Allumage:

- Ligne 2-6: la 2G excitée dès la mise sous tension permet l'arrivée du gas-oil à la pompe d'injection.

- Ligne 2-8: la 2EA excitée par les contacts QLD (n°2b) BPA2, la crémaillère de la pompe d'injection est débloquée et les injecteurs débitent: c'est l'allumage.

\* Maintien

- Ligne 2-9: les pressions d'eau et d'huile s'établissent normalement. Le relais Q2EA excité par les contacts QAM (n°1), QLD, Q2G1 et BPA1 est automaintenu par son contact Q2EA.

- Ligne 2-10: QPSH est désexcité par PSH ouvert.

- Ligne 3-9: la lampe LSPSH s'éteint, on peut lâcher le bouton poussoir de lancement. Le groupe diesel tourne au ralenti: c'est le maintien.

### **2.1.3 Contrôle du sens de marche: inversion sur AR**

\* MPJ sur AR (les contacts MPJ5 et 6 se ferment).

\* MPT sur PR (les contacts MPT2 et MPT3 se ferment). On constate:

- Ligne 4-5: le relais QJ20 excité par les contacts MPJ5 et 6 fermés.

- Ligne 4-6: le relais QTF excité par les contacts MPT2, MPT3, QTEL1 et Q40A.

- Ligne 4-4: l'électrovanne QJ20AR excitée par les contacts MPT3, MPT4 et QTF, l'inverseur bascule sur la position AR, puis s'automaintient par son contact J20AR (même si QTF est désexcité).

#### **2.1.4 Commande des contacteurs de ligne inversion sur AR**

- Ligne 4-7: le relais QT excité par les contacts MPT2, MPT3, QOG ou CE22 et QJ20.

- Lignes 4-8...10: les contacteurs de lignes excités par les contacts QT et ZMT (sur normal) fermés et assurent le branchement des moteurs de tractions.

- Ligne 4-11: le contacteur est excité par les contacts Q40A, QT, QOG, puis s'automaintient par son contact n°2.

#### **2.1.5 Commande des excitations**

- Ligne 1-6: le contacts CE22 se ferme pour brancher l'enroulement d'excitation séparée H-HH.

- Ligne 5-1: le relais QCE est excité par les contacts MPTC, QHM3 et Q40A, puis s'automaintient par son contact n°1.

- Ligne 5-5: le relais QPR est excité par les contacts MPT8, Q48, QRE à 1.

- Ligne 5-2: le contacteur CE21 est excité par les contacts MPT6, QCE, CE22, BQF, b3 et Q2EA.

- Ligne 1-3: le contact CE21 se ferme pour permettre l'excitation de la statodyne d'excitation STE par le régulateur REG-STE. La STE excitée débite dans l'enroulement d'excitation séparée de la GP. Cette dernière débite du courant vers les moteurs de tractions MT1, MT2... MT4.

- Ligne 5-3: le contacteur CE31 est excité par fermeture du contact 3 et CE21.

- Ligne 1-7: l'enroulement d'excitation shunt D-DD de la GP est alimenté par la GP à travers les contacts CE31. Toutes les excitations sont dès lors établies.

#### **2.1.6 Commande de vitesse**

La commande des vitesses du moteur diesel (MD) est obtenue par l'intermédiaire d'un servomoteur électropneumatique.

La commande électropneumatique du MD est essentiellement composée d'un réservoir d'air comprimé. L'admission est assurée par 2 électrovannes 2ESM1 et 2ESM2.

La pression maximale de commande étant réglée par un détendeur, celle-ci est variable par le pilotage des électrovalves et agit sur un actuator qui la transforme en déplacement grâce à un vérin. Le déplacement du vérin agit sur la commande de vitesse du régulateur, ce dernier en fonction de la charge agira sur les crémaillères des pompes d'injection.

#### **Fonctionnement**

\* MPT sur zéro

- Lignes 5-6 et 5-7: les électrovannes 2ESM1 et 2ESM2 sont désexcitées.

\* MPT sur '+' ou PR

- Lignes 5-6 et 5-7: les électrovannes 2ESM1 et 2ESM2 sont excitées par les contacts A1, A2, QRE, QPR. En absence de patinage et de surtension Q43 est fermé, CE21 et QPR également.

L'air des réservoirs passe à travers le détenteur, se propage sous le ballon d'accélération de l'actuateur, le régime du diesel augmente.

#### Stabilisation de la vitesse

- Ligne 5-10: le relais QI2 est excité par les contacts MP10, Q43, Q48 ou QRE ou QI1, puis s'automaintient par son contact 3. La VESM2 est désexcitée: arrêt de l'admission d'air.

La VESM1 est maintenue excitée, la pression d'air dans le ballon se stabilise et le moteur diesel tourne à vitesse constante car l'ouverture des injecteurs ne varie plus.

#### Diminution de la vitesse: MPT sur '-' ou RE

- ligne 5-8: le relais QRE excité par les contacts MPT9, Q48, b7 et QPR. La VESM2 est désexcitée: pas de diminution d'air sous la membrane de l'actuator. La VESM1 désexcitée permet la mise à l'atmosphère du ballon et de l'actuator. L'ouverture des injecteurs se réduit et il s'en suit une diminution de la vitesse.

### **2.1.7 Sécurité**

#### Masse circuit haute tension

Lorsqu'un défaut d'isolement a lieu entre le pôle positif des circuits principaux et la carcasse de la locomotive, le relais QOHT est excité à travers RQOHT. On constate:

- Ligne 3-4: DJSQOHT alimenté QOHT, sort pour signaler le défaut.

- Ligne 12-4: le relais QOG désexcité par l'ouverture de du contact QOHT (l'auto-maintien est désactivé).

- Ligne 5-1: CE22, désexcité par l'ouverture de QOG.

- Ligne 4-7: QT désexcité par QOG et CE22 pour préparer l'ouverture des contacteurs de ligne. Pour reprendre la traction, il suffit de ramener le Mpt à zéro en vue de désexciter le QD2

### Surtension GP

Lorsqu'une surtension de la GP survient, on constate:

- Ligne 1-8: Le relais Q 22 excité.

- Ligne 6-8: Le relais Q 43 excité par le contact du Q 22 et la sonnerie sonpat alimentée par le même contact.

- Ligne 5-2: Le relais Q48 désexcité par le contact n°1 du relais Q43.

- Ligne 5-5: Le relais QPR désexcité par le contact n°1 du relais Q48.

- Ligne 5-6: Les électrovannes 2ESM1 et 2ESM2 du servomoteur Diesel désexcitées par le contact n°1a du relais QPR, donc arrêt de la progression automatique.

### Survitesse diesel

En cas de survitesse Diesel, les masselottes du QS2 s'écartent et le contact QS2 s'ouvre. On constate:

- Ligne 2-5: Le relais Q2G1 désexcité par l'ouverture du contact de survitesse QS2.

- Ligne 2-6: L'électrovanne VG désexcitée par l'ouverture du contact n°2 du relais Q2G1 permettant le blocage de l'arrivée du gas-oil aux pompes d'injection, le moteur Diesel s'arrête.

- Ligne 2-8: L'électrovanne 2EA désexcitée par l'ouverture du contact Q2G1.

- Ligne 3-6: La lampe de survitesse moteur Diesel LS02G allumée par le contact Q2G1 fermé.

#### Forte température eau de refroidissement

En cas de forte température Eau, on constate:

- Ligne 6-4: Le relais QTS désexcité par l'ouverture du contact du thermostat TSE.

- Ligne 6-5: La lampe LSQTS allumée par la fermeture du contact n°3 du relais QTS.

- Ligne 5-3: Le relais Q48 désexcité par l'ouverture du contact QTS.

- Ligne 5-5: l'électrovanne VESM1 désexcité par l'ouverture du contact n°1 du relais Q48. Il s'en suit l'arrêt de la progression et de la régression automatique.

#### Détection du patinage

Le patinage est caractérisé par la détection d'une différence de courant de 150 ampères entre les moteurs de traction MT1 et MT2. Lorsqu'il intervient, les relais de protection Q51 ou Q52 suivant la roue en question se déclenchent entraînant la fermeture de leur contact. On constate:



- Ligne 6-1: Le relais QPAT1 excité par la fermeture des contacts Q51 ou Q52 si le commutateur ZMT est en position NORMAL.

- Ligne 6-2: Le relais Q43 excité par la fermeture du contact n°1 du relais QPAT1; on a les mêmes effets que lors de la surtension de la génératrice principale. La sonnerie SONPAT est alimentée.

- Ligne 6-3: Le relais QPAT2 excité par la fermeture du contact n°2 du relais QPAT1.

- Ligne 6-9: Après la temporisation, le contact 6.3 bascule entraînant l'excitation de l'électrovanne VESAAR (sablage arrière).

- Ligne 1-2: Le contact 6.3 du relais QPAT2 se ferme. Il s'en suit une diminution du courant d'excitation, la statodyne d'excitation provoquant une diminution de l'excitation de la GP et donc une réduction de la puissance.

## CHAPITRE 3

### PRE-ETUDE DE LA PARTIE COMMANDE (Annexe A.3 tableau tab.1)

---

Comme il a été souligné dans la méthodologie, cette analyse a conduit à la mise au point du schéma de commande. Il sera essentiellement question d'en rappeler les grandes lignes.

A l'instar des automatismes simples, les fonctions d'automatisme de la locomotive diesel-électrique en question sont en partie du type T.O.R. Elles peuvent être regroupées en 3 catégories:

- la détection;
- la commande de puissance;
- le traitement de l'information.

Les autres fonctions sont celles qui assurent le dialogue hommes-machines.

#### 3.1 LA FONCTIONS 'DETECTION'

Elle concerne les détecteurs de vitesse, de température et de pression:

- Survitesse Diesel: un (1) détecteur électromécanique QS2 à masselottes avec un (1) contact normalement fermé associé au relais Q2G1.

- Pressostats: deux (2) pressostats associés aux relais QSPE et QSPH. Un (1) pressostat monostable associé à l'électrovanne VECP.

- Masse Haute Tension: un (1) relais thermique avec un (1) contact auxilliaire assurant la transmission du signal de détection.

- Thermostat de sécurité eau: il est associé au disjoncteur DJSTS et au relais QTS.

- Tachymètre TEL1: détection de vitesse nulle associé au relais QTEL1. TEL2: détection de vitesse pour la commande de shuntage associé au relais QSHO.

### **3.2 LA COMMANDE DE PUISSANCE**

Elle concerne les contacteurs et les électrovannes alimenté en 72 VCC:

- Contacteurs: de lancement C165 et C166.
- Contacteurs de lignes L1, L2, L3, L4.
- Contacteurs d'excitation C21, C22, C31.

## CHAPITRE 4

### ETUDE DE LA PARTIE COMMANDE

---

Partant du descriptif technique et du coût prévisionnel élaborés lors de la pré-étude, l'analyse ou l'étude de la partie commande aboutit à la confection du dossier de réalisation.

Le dossier de réalisation comprend:

- une étude 'matériel';
- une étude 'logiciel'.

#### **4.1 L'ETUDE 'MATERIEL'**

Elle concerne l'élaboration des schémas de puissance, d'alimentation et de commande de tous les constituants.

##### **4.1.1 Le schéma de puissance**

Comme il a été exposé, l'introduction d'API sur un procédé ne modifie pas profondément le schéma de puissance. La seule modification concerne l'alimentation de l'automate. Elle est assurée par un onduleur branché aux bornes d'une prise de 72 ou 24 volts. La figure fig.2.11 décrit cette alimentation.

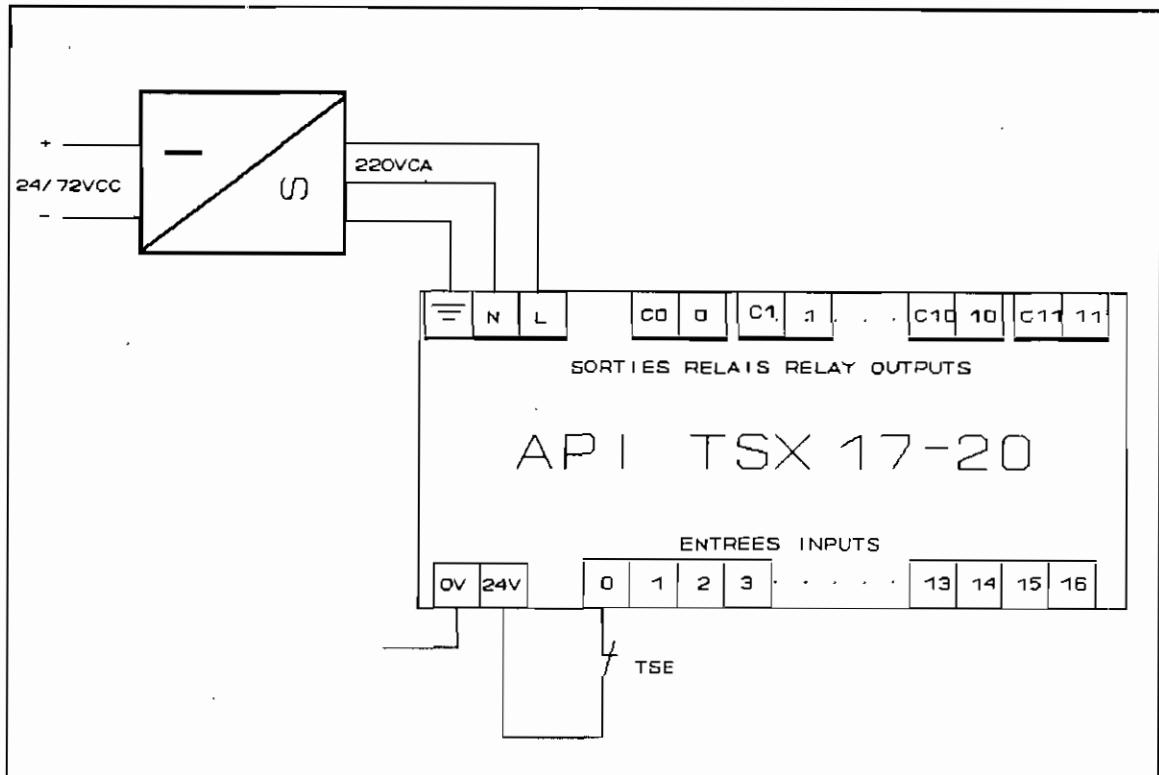


fig.4.1 Alimentation de l'API via l'onduleur

#### 4.1.2 Les schémas de commande

Les schémas de commande ont été modifiés. On remarque la disparition des relais d'automatisme (intermédiaire, temporiseur, etc.). Autrement dit, les éléments des nouveaux schémas sont les capteurs, les entrées/sorties de l'API, les contacteurs, les électrovannes et les voyants. Bien entendu, les traitements logiques combinatoires et séquentiels, auparavant effectués par l'agencement de relais et autres composants d'automatisme sont désormais assurés par l'ensemble 'automate/programme-pilote.

#### 4.1.3 Alimentation des capteurs

Les capteurs sont alimentés sous une tension continue de 24 volts à partir de la prise prévue à cet effet sur l'API (voir schéma de commandes et la fig.4.1).

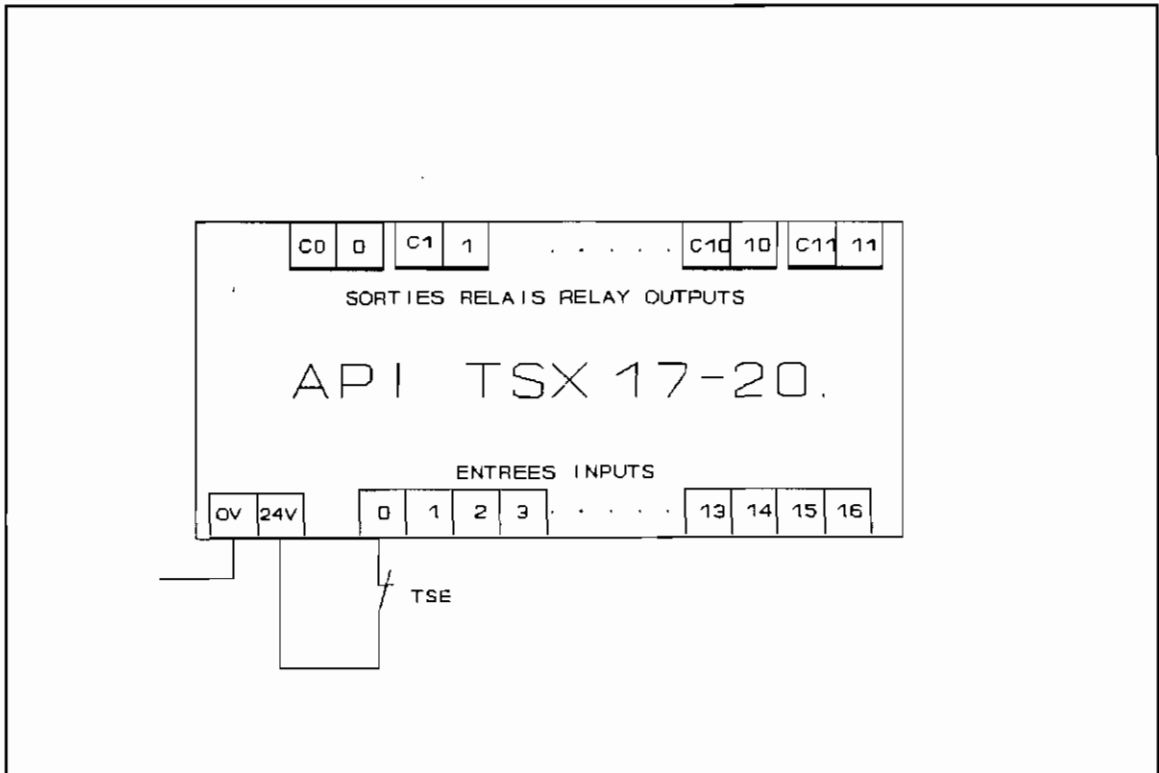


fig.4.2 Alimentation d'un capteur par API

#### 4.1.4 Alimentation des contacteurs et électrovannes

Ces composants sont toujours alimentés en tension continue de 72 V suivant la technique exposée aux figures fig.4.3 et fig.4.4

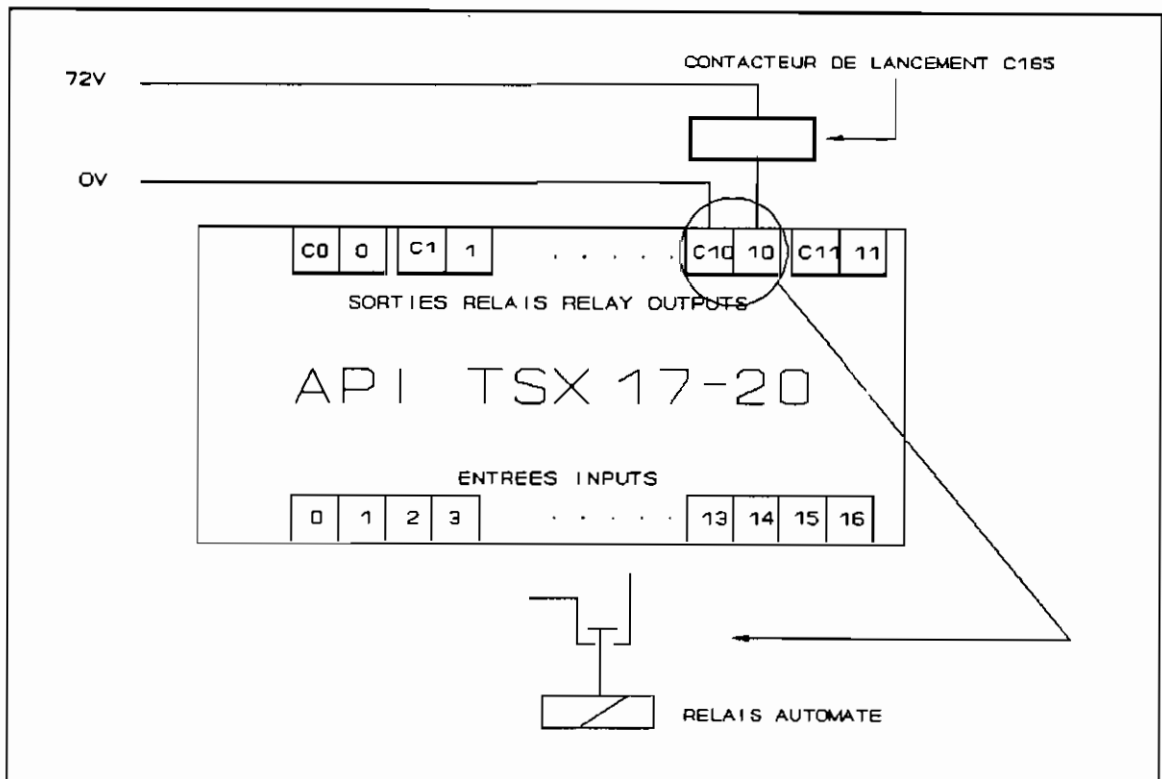


fig.4.3 Alimentation d'un contacteur par l'API

#### 4.1.5 Alimentation des voyants de signalisation

Les considérations du paragraphe précédent demeurent valables, voir fig.4.5

#### 4.1.6 Choix de la configuration de l'automate programmable

La configuration de l'automate programmable issue du tableau tab.1 est la suivante:

- Programmation Grafcet ou LADDER.
- Nombres d'entrées 52 TOR.
- Nombres de sorties 34 TOR.
- Un (1) terminal d'exploitation fixe à intégrer au pupitre.

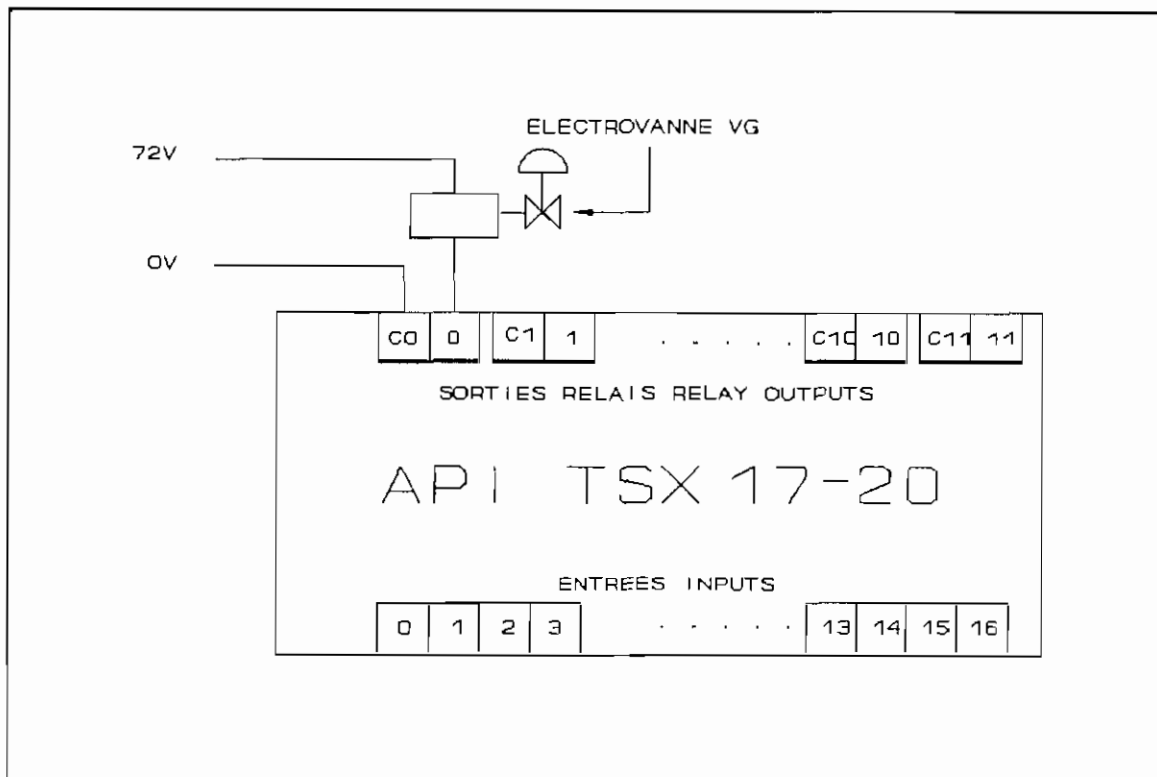


fig.4.4 Alimentation d'une électrovanne par l'API

Le tableau tab.2<sup>1</sup> dont les données sont extraites du journal MESURE est un panorama des automates programmables capables de couvrir les applications de faible complexité tel que le cas étudié. L'analyse sommaire de ce tableau, en tenant compte des critères de choix spécifiés auparavant (paragraphe 5.12 première partie), permet de sélectionner les micro-automates FESTO FP C202, Télémécanique TSX.

A ce stade du processus du choix, une analyse plus approfondie des caractéristiques techniques s'impose.

<sup>1</sup>Voir Annexe A.3



Ainsi en consultant les catalogues des deux constructeurs<sup>1</sup>, force est de remarquer qu'à part le temps de traitement l'automate TSX17 présente plus d'atouts et du point de vue rapport prix/nombre d'E/S et prix temps de traitement convient le mieux.

L'automate TSX 17 a une autre particularité: l'allocation dynamique des variables des besoins. De plus, étant donné que l'application ne présente pas réellement de restriction au niveau du temps d'exécution, ce critère n'est plus déterminant.

En outre, les personnes ressources consultées lors du choix ont recommandé unanimement l'API TELEMECANIQUE. Leur raisonnement est essentiellement axé sur des points relevant surtout de la praticabilité:

- disponibilité du matériel et d'un service après vente sur place.

- choix d'une machine fabriquée par un constructeur ayant fait des preuves.

Enfin, avec la présence d'automates de la même famille sur les sites de l'O.T.P. on pourrait envisager la création d'un réseau d'automates géré à partir d'un TSX 87 par exemple.

---

<sup>1</sup>Voir Annexe A.3 tableau tab.3

#### 4.1.7 Analyse détaillée de la configuration finale

Les caractéristiques des pré-actionneurs existant imposent une restriction: l'utilisation obligatoire de sortie-relais. En effet, les contacteurs et les électrovannes du processus sont alimentés sous 72 V.

Or, sur les trois (3) types de sorties possibles, à savoir, transistor, triac et relais, les sorties transistors et triacs sont de 24 VCC et débitent au maximum un courant de 0,35A pour le premier et 1A pour le second. Les sorties relais quant à elles ne présentent pas de restriction.

L'utilisation d'une configuration d'automate à sortie relais nécessite en général une alimentation à courant alternatif. Sur le TSX 17, deux modes alimentation courant alternatif existent: soit du 110 V, soit du 220 V. Cependant, sur la locomotive, la seule tension disponible et continue est de 72 V. La résolution du problème, ainsi posée, passe par l'utilisation d'un convertisseur statique, un onduleur.

#### CHOIX DE L'ONDULEUR

Il est basé sur la puissance totale nécessaire à l'alimentation de l'API y compris les blocs d'extension. Sachant que:

- un (1) bloc de base TSX 172 3428F consomme 42 VA,
- un (1) bloc d'extension TSX DMF 342A consomme 31 VA, on détermine la charge totale de l'onduleur  $S = 104$  VA. Pour être plus sécuritaire on prévoit une surcharge de 15%. D'où on a:  $S = 120$  VA.

Cependant les modèles d'onduleurs proposés par les fabricants ont une puissance minimale de 250 VA, raison pour laquelle on choisira un onduleur de 250 VA. Pour une telle puissance, le prix de l'onduleur varie entre 200 et 300000 francs HT. Ce qui implique une révision à la hausse du coût prévisionnel de 300000francs.

Les entrées quant à elles requièrent une alimentation de 24 volts courant continu et ne présentent pas de problème puisque l'automate en dispose. La configuration finale ainsi obtenue est présentée au tableau tab.4.

A partir des données du tableau, on établit le devis estimatif de la configuration et le coût prévisionnel calculé à partir du prix d'achat des constituants et d'une estimation des temps d'études et réalisations (voir tableau tab.5<sup>1</sup>). En considérant que la réalisation et la mise au point peuvent être effectuées par le personnel, le coût prévisionnel se réduit aux achats uniquement.

#### **4.2 L'ETUDE 'LOGICIEL'**

Le micro-automate TSX 17-20 dans sa présente configuration peut supporter le PL7.2 23 grâce au micro-logiciel PL7-2 pour TSX 17-20. Les éléments descriptifs de ce langage sont à l'annexe A2. Mais, il est indispensable de souligner que le PL7-2 23 offre 2 principaux modes de programmation: le langage à contact et le langage Grafset.

---

<sup>1</sup>Voir Annexe A.3

Conformément aux directives de l'O.T.P., l'application sera écrite en langage à contact. En plus, les grandes lignes de la programmation de la même application en langage Grafcet seront présentées.

#### **4.2.1 Règles générales de programmation**

##### 4.2.1.1 Règle de sécurité

- 1°) Tout contact associé à un dispositif servant à initier une action doit être de type N.O. normalement ouvert; inversement, tout contact associé à un dispositif servant à arrêter un processeur doit être de type N.F. normalement fermé. Si cette règle n'est pas vérifiée, un bris dans les câbles reliant les dispositifs d'entrée à l'API pourrait entraîner le démarrage d'actions indues ou l'impossibilité d'arrêter l'action en cours.

- 2°) Les capteurs concernant les sécurités directes ne doivent pas être traités par l'automate (à la limite seront traités en redondance par l'automate). Ils doivent agir directement sur les pré-actionneurs.

##### 4.2.1.2 Gestion de la reprise secteur

Conditionner une reprise sur secteur à une opération manuelle, un redémarrage automatique pouvant être dangereux (utilisation des bits système SY0, SY1 et SY09).

#### 4.2.1.3 Programmation des sorties

Chaque sortie ou bit interne ne doit être piloté qu'une seule fois dans le programme, sinon, seule la dernière valeur scrutée est prise en compte lors de la mise à jour des sorties.

#### 4.2.1.4 Gestion des sauts de programme

Utiliser les bobines "jump" avec grande prudence et seulement dans les cas extrêmes

#### 4.2.1.5 Gestion des modules intelligents

La gestion de ces modules ne doit pas se faire dans la tâche rapide.

### **4.2.2 Description du programme**

Le programme est écrit en langage à contacts PL7-2.V3  
Les 2 premiers réseaux suivants correspondent aux diverses commandes du processus. Ils sont établis dans le même ordre que sur le schéma de puissance:

- Gestion des sécurité et reprise sur secteur:réseau no:1
- Lancement: réseaux no: 2 ... 3.
- Survitesse Diesel: réseau no: 4 ... 5.
- Arrêt diesel: réseau no: 6 ... 7.
- Relais de protection et de signalisation: réseau no: 8.
- Compteur horaire, gyrophare: réseau no: 9.
- Signalisation: réseaux no: 10 ... 11.
- Contrôle du sens de marche: réseaux no: 12 ... 15.
- Contacteurs de ligne: réseaux no: 16 ... 17.
- Excitation: réseaux no: 18 ... 19.

- Commande de vitesse diesel: réseaux no: 20 ... 21.
- Antipatinage, surtension: réseaux no: 22 ... 25.
- Echauffement diesel: réseau no: 26.
- Shuntage: réseaux no: 27 ... 29.
- Sablage: réseau no: 30.
- Régulation du compresseur: réseau no: 30.
- Avertisseur homme mort: réseau no: 31.
- Temporisation de veille automatique: réseaux no: 32..33.
- Sonnerie veille automatique: réseau no: 34.
- Freinage d'urgence: réseau no: 35.

#### **4.2.3 Nomenclatures des entrées/sorties**

Les capteurs et leurs bits d'entrée associés, les pré-actionneurs et leurs bits de sortie associés, ainsi que les bits internes sont recensés dans le tableau, tab.2.5 . . .

#### **Commentaires**

Le tableau présente la nomenclature des entrées/sorties selon 3 différentes configurations d'automates. Il s'agit d'un TSX 47, un TSX 17-20 3428F et d'un TSX 17-20 4002F. La configuration n°1 a été employée pour la simulation de l'application LOCO 47 sur l'automate 'VAUCANSON', un TSX 47. La configuration n°2 est celle recommandée par l'étude, l'application correspondante est LOCO 171.

La configuration n°3 est celle adaptée à une solution avec des sorties transistors, ceci suppose un remplacement des pré-actionneurs actuels par d'autres fonctionnant sous 24 VCC et consommant au plus 0,35 A. Dans ce cas, l'onduleur n'est pas nécessaire.

On pourra aisément, au besoin, développer une application spécifique à cette configuration; il suffira pour ce faire de renommer certaines variables grâce à la commande 'Recherche et Remplacement'.

Une nomenclature des entrées et des sorties, ainsi que leurs câblages est également présentée dans les documents de réalisations.

#### **4.2.3 Simulation sur l'API 'VAUCANSON'**

##### 4.2.3.1 Matériel

Le matériel utilisé pour la simulation comprend:

- un micro-ordinateur PS2 assurant la fonction de terminal,
- un API TSX 47-20,
- 3 borniers simulateurs TSX MNC 16, à 16 entrées T.O.R.

##### 4.2.3.2 Configuration<sup>1</sup>

Les caractéristiques de l'automate sont spécifiées sur le formulaire de configuration.

La nomenclature des entrées/sorties est présentée au tableau tab.0 Le listing de l'application est présenté à l'annexe A4.

---

<sup>1</sup>Voir Annexe A6

#### 4.2.3.3 Mode opératoire

\* Initialisation des entrées-sorties.

\* Automate en mode RUN sans mise au point. Le déroulement est alors suivi ligne par ligne et réseau par réseau. On procède alors au test de toutes les commandes de l'automatisme.

#### 4.2.3.4 Résultats

Toutes les commandes sont opérationnelles; ceci est visualisé grâce aux voyants situés sur les borniers des modules de sorties.

#### 4.2.3.5 Observations

\* Cette simulation a été réalisée sans la partie opératoire.

\* L'application simulée LOCO 47 n'est exécutable que par un API TSX 47; l'application Loco 171 qui en dérive est quant à elle exécutable par un automate TSX 17-20.

### **4.2.4 Analyse de tâches logicielles**

Cette analyse est effectuée à partir des Grafjets n°1 et n°2 (voir fig.5.6).

#### 4.2.4.1 Le Grafjet n°1

C'est un grafjet esclave, il gère toutes les opérations effectuées par l'automatisme en temps normal: l'initialisation, la mise sous tension, l'entraînement, l'allumage, le maintien, le contrôle de sens de marche, la commande des contacteurs de ligne, la commande des excitations, la commande de vitesse.



L'initialisation, étape 0 permet une mise à 0 du système. Lorsque la condition fermeture du couteau, non arrêt d'urgence ARU et reprise est vraie, on passe à l'étape no: 1 la mise sous tension.

A l'étape n°2, les capteurs et leur bit associé acquièrent leur état initial. La transition lancement peut alors être validée par un bouton poussoir de lancement.

A l'étape n°3, le Diesel entraîné par la génératrice principale, fonctionnant en moteur, tourne à basse vitesse.

Dès que les pompes d'injection commencent à débiter, on passe à l'étape n°4: l'allumage du moteur Diesel. L'ouverture du contact du pressostat d'huile atteste l'allumage. L'étape n°5 est alors activée. Le moteur Diesel tourne à bas régime: c'est le maintien. On peut alors lâcher le bouton de lancement, pour activer l'étape n°6.

Après l'étape n°6, un aiguillage en divergeant permet d'activer l'une des étapes 6, 7, 8, 9 suivant la position des manipulateurs Mpj et Mpt:

- l'étape n°6 est activée s'il y a une demande de changement de sens.

- l'étape n°7, pour brancher les moteurs de tractions.

- l'étape n°8, pour la commande des excitations.

- l'étape n°9, pour la commande de vitesse (régression ou progression).

Dès que les actions sont effectuées, on retourne à l'étape n°6 par rebouclage puisque l'étape n° 10 est située entre 2 transitions.

Remarque: Aucune action n'est associée aux étapes n°6 et n°10. Cependant, elles sont indispensables pour respecter les règles d'écriture du Grafcet sous le PL7-2 V3.

#### 4.2.4.2 Le Grafcet n°2

Le Grafcet G2 est un grafcet maître et commande en ce sens le grafcet G1. Il possède 2 étapes:

- l'étape n°11 est l'initialisation.
- l'étape n°12 qui force le grafcet G1 à l'étape 0.

Le forçage se fait par l'action F/G1: (0) et signifie: désactiver toutes les étapes du grafcet G1, sauf l'étape 0. Ceci intervient lorsque la condition C1 est vraie. La condition C1 permet d'effectuer l'ensemble des vérifications du fonctionnement du processus: le contrôle de la surtension GP, de la survitesse Diesel, de la température eau, du patinage, de la masse HT et des pressions d'eau et d'huile. Elle gère également les arrêts d'urgence. Lorsque l'un de ces contrôles est positif, l'étape n°1 est active; toutes les excitations sont alors coupées et la vanne 2G fermée.

La reprise du cycle est manuelle et se fait par un bouton de reprise. Si le défaut n'a pas été corrigé, la situation précédente est maintenue.

Le front montant associé à la condition de reprise permet d'éviter le rebouclage anormal du grafcet G2 au cas où le défaut ne serait pas corrigé avant la validation du bouton-poussoir de reprise.

#### **4.3 ELABORATION DES SCHEMAS ET PLANS**

Elle concerne surtout:

- les schémas de commande. Les nouveaux schémas ont été exécutés à l'AUTOCAD<sup>1</sup> à partir de documents fournis par l'O.T.P. Ces schémas montrent la nouvelle disposition des capteurs et pré-actionneurs et présence de l'API. Les lignes de commande des pré-actionneurs prenant en compte les sécurités de niveau restent inchangées.

- Les schémas de raccordement des capteurs aux modules d'entrée de l'automate programmable fig.4.2,

- Le schéma d'alimentation de l'API via l'onduleur fig.4.1

#### **4.4 DOCUMENT DE REALISATION**

Il comporte:

- Une feuille récapitulative des différents folios du dossier.

- Les spécifications de câblage et repérage.

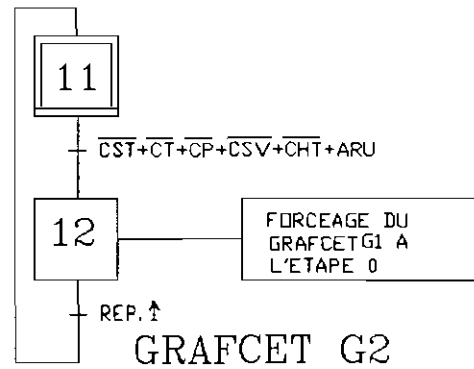
- La nomenclature des constituants, composants et fournitures.

- Les légendes fonctionnelles.

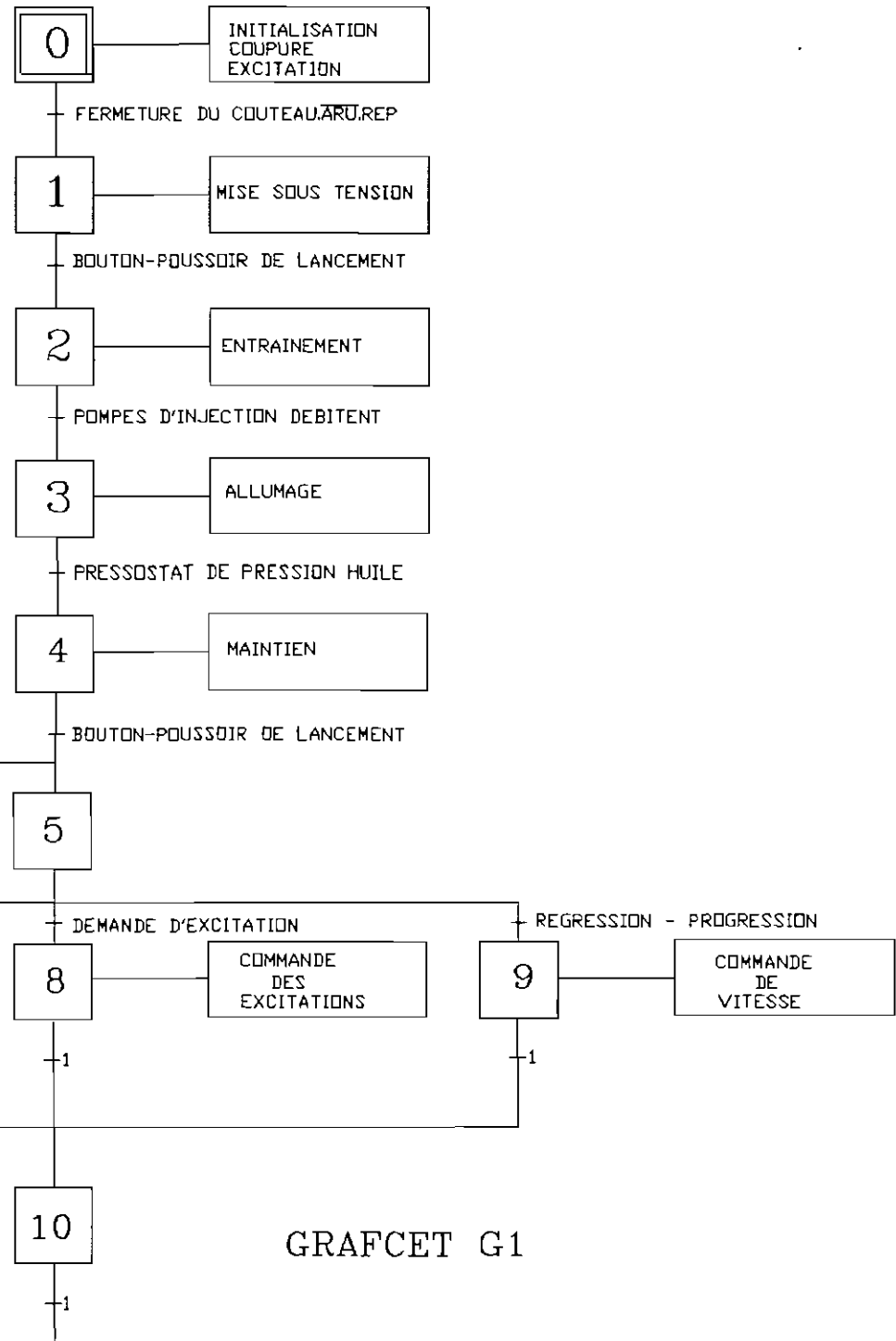
---

<sup>1</sup>Logiciel de dessin assisté par ordinateur construit par AUTODESK INC.

Fig.4.5 Analyse des tâches logicielles par grafcet



LEGENDE  
 ARU: Arrêt d'urgence  
 CHT: Contrôle de masse HT  
 CP : Contrôle de pression eau et huile  
 CPA: Contrôle du patinage  
 CST: Contrôle de surtension GP  
 CSV: Contrôle de survitesse  
 CT : Contrôle de température eau  
 REP: Reprise commande manuelle



89

- Les schémas électriques.
- Les documents d'analyse logicielle Grafcet.
- La configuration de l'API.
- Les programmes d'applications.
- Les directives de réalisation.

#### **4.5 REALISATION**

A l'issue de cette étude technique, appuyée par une simulation, les directives suivantes sont suggérées:

- Une opération fondamentale à effectuer avant la mise en oeuvre est de lire attentivement le guide d'utilisation de l'API.

- En ce qui concerne les capteurs et pré-actionneurs, le câblage suivra la procédure suivante:

- 1°) Câbler les capteurs, mettre l'API en marche, vérifier le bon fonctionnement des capteurs en observant les états des voies associées grâce aux voyants,

- 2°) Lancer l'application et vérifier que les sorties répondent correctement suivant le traitement en jouant sur le capteurs et en visualisant l'état des sorties,

- 3°) Câbler les pré-actionneurs,

- 4°) Relancer l'application en gardant l'alimentation du circuit de puissance coupée et vérifier le comportement des pré-actionneurs,

- 5°) Lancer l'application avec le circuit de puissance alimenté.

- 6°) Il est recommandé de séparer les conducteurs de signaux bas niveaux (capteur), les signaux de commande (alimentation de sortie API), et les signaux de puissance (câble moteur).

3ème Partie

---

INCIDENCES  
TECHNIQUES

&

ECONOMIQUES

## CHAPITRE 1

### INCIDENCES ECONOMIQUES

---

" Remplacer un actif avant qu'il ne soit complètement usé semble contredire le concept d'économie si cher à plusieurs."

Le remplacement d'un équipement par un autre requiert une analyse économique. Comme le succès de toute organisation manufacturière ou industrielle est fonction de son profit, le remplacement d'une pièce, d'une partie d'un équipement ou d'un équipement est justifié si un avantage économique en résulte.

Ainsi, l'introduction des automates programmables industriels sur les locomotives diesel-électriques, comme moyens de remplacement des relais de commande requiert une analyse économique en vue de cerner les avantages et les implications. Celle-ci est très importante dans la mesure où l'on sait que la décision d'investir peut avoir des incidences sur la vie d'une entreprise aussi bien sur le plan économique, technique que social.



## **1.1 LES METHODES UTILISEES**

Il existe plusieurs méthodes d'analyses économiques parmi celles-ci: la méthode du délai de récupération ou du retour d'investissement au délai de recouvrement ou encore du PAYBACK et la méthode du coût annuel équivalent sont les outils les plus appropriés, compte-tenu de la nature du projet: il s'agit d'un projet de remplacement.

### **1.1.1 Le Payback au délai de recouvrement**

#### **1.1.1.1 Définition**

Le payback est la durée requise pour récupérer l'argent investi dans un projet.

#### **1.1.1.2 Calcul**

- Si l'investissement doit produire des recettes ou entrées de fonds constantes d'une année à une autre à la période de recouvrement est donnée par l'expression:

Payback = Déboursé requis par l'investissement / Encaissement annuel net.

- Si les entrées de fonds ou les épargnes ne sont pas constantes d'une année à une autre, alors on détermine la période de recouvrement en ajoutant aux montants encaissés durant l'année, les montants précédemment encaissés jusqu'à ce que la somme soit égale à l'investissement original.

Pour les projets d'automatisation un payback de 3 à 4 ans est acceptable et recommandé.

## 1.1.2 Le coût annuel équivalent

### 1.1.2.1 Définition

Le coût annuel équivalent est le montant annuel qui provient de la conversion d'un déboursé d'investissement et de sa valeur résiduelle en une annuité qui répartit ces montants d'argent sur toute la durée du projet et de l'addition à celle-ci des coûts annuels d'exploitation.

### 1.1.2.2 Principe de fonctionnement de la méthode

On choisit un taux d'intérêt approprié (le taux de rendement minimum acceptable).

On retrouve à partir du tableau tab.7<sup>1</sup> ou on calcule le facteur  $f_3$  qui aide à déterminer l'annuité découlant d'un montant actuel (ANMA), et on multiplie le facteur  $f_3$  par les déboursés d'investissement:

$$f_3 = i(1+i)^n / ((1+i)^n - 1)$$

$i$ : taux minimum d'intérêt,

$n$ : nombre d'années.

On retrouve à partir du tableau tab.4<sup>1</sup> ou on calcule le facteur  $f_4$  qui détermine l'annuité accumulant d'un montant futur et on multiplie le facteur  $f_4$  obtenu par la valeur résiduelle des investissements (ANVR),

$$f_4 = i / ((1+i)^n - 1)$$

On établit les coûts d'exploitation (CE).

---

<sup>1</sup>Voir annexe A.3

On ajoute l'annuité découlant du déboursé d'investissement aux coûts annuels d'exploitation et on soustrait du montant obtenu l'annuité équivalente à la valeur résiduelle de l'investissement. On obtient ainsi le coût annuel équivalent CAE:

$$\underline{\underline{CAE = ANMA + CE - ANVR}}$$

## **1.2 LES DONNEES DE BASE**

### **1.2.1 La solution proposée**

- Coût global prévisionnel CGP

D'après le devis estimatif (tableau tab.5<sup>1</sup>), le coût global prévisionnel CGP est de 2.298.000 FCFA.

- Coût annuel d'exploitation

Seul le salaire du personnel d'entretien entre dans la composition. On suppose que l'automate peut nécessiter au maximum une heure d'entretien par an effectué par un agent de maîtrise et un agent d'exécution.

- Salaire horaire (taux externe de l'O.T.P.)

Agent de maîtrise: 4500 FCFA/h

Agent d'exécution : 2500 FCFA/h

### **1.2.2 La solution existante "relais de commande"**

D'après les données fournies par l'O.T.P. sur la base de la courbe de baignoire, l'âge des locomotives est de 15 ans, le taux moyen de bon fonctionnement de l'appareillage électrique est de 70 %. Le taux moyen de panne est de 30 %.

La locomotive possède au total 54 relais d'automatisme et contacteurs dont 5 de sécurité de premier niveau. Il s'agit des relais QPAT1, Q43, QTS, Q2G1.

La mise en oeuvre de l'API doit permettre de mettre hors d'usage 25 relais d'automatisme.

En supposant que les 54 relais ont une équiprobabilité  $P_{eq}$  de tomber en panne, les 25 relais auront une probabilité  $P_{25}$ :

$$P_{25} = (1/54) * 25 * P_{eq}.$$

Hypothèse n°1: les 54 relais ont une équiprobabilité  $P_{eq}$  de tomber en panne.

Hypothèse n°2: 50% des pannes observées sur la locomotive sont d'origine électrique.

Hypothèse n°3: 80% des pannes électriques sont dues au relais.

Sur la base de ces 3 hypothèses, on peut déduire:  
P la probabilité totale d'avoir des pannes de type électrique dues au relais:  $P = 30% * 50% * 80% * (1/54) * 25.$

## CHAPITRE 2

### INCIDENCES TECHNIQUES

---

#### 2.1 AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE LA MISE EN OEUVRE DES AUTOMATES PROGRAMMABLES

L'API est flexible. Comme il est programmable, la modification de sa tâche est facile. Par contre, avec les systèmes de commandes à relais, toute modification implique l'ajout ou le retrait de relais et la modification des raccordements. Cette opération comporte un risque élevé d'erreurs de branchement.

La flexibilité de l'API est telle que lorsqu'un procédé n'est plus requis, on peut le démonter et le remonter ailleurs pour commander un autre procédé complètement différent. Ceci serait impossible avec une armoire de commande à relais.

L'API est beaucoup moins encombrant que l'armoire de commande à relais qu'il remplace. Par exemple, une unité centrale de traitement d'environ 0,1 m<sup>3</sup> remplace des centaines de relais de commande et tout le câblage qui relie leurs contacts.

De plus, l'API consomme beaucoup moins d'énergie et son fonctionnement est silencieux.

L'API est beaucoup plus fiable que l'armoire de commande à relais. L'absence de pièces mobiles à l'intérieur de l'API en est un facteur important expliquant cette fiabilité.

Les relais de l'armoire de commande comportent plusieurs pièces en mouvement qui finissent par s'user. Les contacts des relais peuvent s'oxyder ou se souder, provoquant ainsi des commandes erronées.

De plus, la fermeture et l'ouverture des contacts des relais, bien que rapides, nécessitent un certain temps. Il n'est pas sûr que ce temps de réponse soit le même d'un relais à un autre, surtout lorsque ces derniers sont usés. Dans certaines applications où la séquence de fermeture des contacts est importante pour la bonne marche du procédé, ceci peut causer des erreurs de séquence, des aléas de fonctionnement difficiles à diagnostiquer. Etant donné son mode de fonctionnement, l'API élimine ce problème.

Toute armoire de commande à relais est assemblée à la main. Des centaines, et même des milliers de fils doivent être branchés entre les contacts et les bobines de relais, ce qui implique un très grand risque d'erreur. Ces erreurs sont difficilement identifiables et repérables.

Lorsqu'on met en oeuvre un API, il suffit essentiellement de dessiner le diagramme en échelle, tel que conçu. Là encore, s'il se glisse une erreur, la console de programmation dispose de fonctions utilitaires permettant de la retracer et de la corriger rapidement et aisément.

Finalement, le coût d'achat et d'installation d'un API est inférieur à celui d'une armoire de commande, dès que l'API remplace une trentaine de relais de commande.

Cette économie croît rapidement avec l'ampleur du système. Du point de vue entretien, l'API ne nécessite presque pas d'entretien compte tenu de sa constitution. Son coût de maintenance est infiniment petit.

Parmi les inconvénients de l'utilisation des API, on peut noter que leur mode de fonctionner entraîne parfois des problèmes du type aléas de séquence. Ainsi, l'ordre dans lequel on écrira le programme influence le comportement de la commande.

La diversité des constructeurs fait qu'une fonction n'a pas nécessairement le même effet d'une marque à une autre. Cet inconvénient né de l'absence de standards communs oblige l'automaticien à consulter le manuel de programmation afin de s'assurer de l'opération des fonctions. Ces différences, si légères soient-elles, impliquent parfois de petites modifications dans le circuit de commande programmé.

## CONCLUSION

---

Dans les entreprises, les objectifs fondamentaux sont: maximiser les profits, augmenter le chiffre d'affaire, protéger la santé et la sécurité des employés, améliorer la productivité, remplir des responsabilités sociales.

L'automatisation des systèmes de production est l'un des moyens souvent mis en oeuvre pour y parvenir.

A travers cette étude de l'introduction des automates programmables sur les locomotives diesel-électriques à l'Office Togolais des phosphates, la méthodologie de l'automatisation de processus industriels par API a été présentée puis appliquée sur l'important maillon de la chaîne de production que sont les locomotives diesel-électriques.

Elle a conduit au choix de la configuration optimale de l'API. L'analyse technico-économique qui s'en suivie a montré que cette introduction des automates programmables industriels présente des incidences économiques et techniques très positives et s'insère dans un environnement humain favorable.

Elle permet de réduire considérablement les arrêts de fonctionnement dus aux défaillances des relais d'automatisme (représentant plus de 60% des pannes électriques observées sur les locomotives), par l'utilisation d'un équipement doté d'une technologie plus fiable et plus sécuritaire: un automate programmable industriel.



Elle permet de réduire voire d'éviter les arrêts de production et surtout les temps improductifs impartis pour les interventions techniques de dépannage, de maintenance, etc., par la suppression des relais d'automatisme.

Elle permet de réduire les coûts de maintenance de ces équipements devenus absolument désuets, par la réduction des interventions techniques.

Elle permet de faciliter la tâche aux agents d'entretien par la mise en oeuvre d'un équipement nécessitant très peu d'entretien car protégé contre les environnements industriels les plus sévères.

Elle permet de réduire globalement les ressources, les intrants de production liés à l'exploitation des équipements.

Elle permet de réaliser des économies d'échelle par sa généralisation à la totalité des locomotives et à d'autres composantes de la chaîne de production.

Elle permet de réduire les coûts de production et d'augmenter la productivité tout en préservant le bien-être des hommes et des équipements compte tenu des points sus-énumérés.

L'installation des automates programmables industriels en lieu et place des systèmes traditionnels d'automatisme à relais, source d'économie remarquable et d'avantages techniques tangibles et intangibles, est une solution d'avenir très prometteuse dans des milieux industriels tel que celui de l'O.T.P., ou de la S.N.C.S.

La pertinence des résultats de cette étude (et surtout de la simulation sur un automate TSX 47/20), la réussite de l'introduction de cette technologie nouvelle sur d'autres systèmes de productions similaires (cas de la Société Sénégalaise de Phosphates de Taïba (S.P.T.), de la Manufacture des Tabacs de l'Ouest Africain M.T.O.A., la Centrale Electrique Automatique du Cap des Biches SENELEC et d'autres) nous incitent à recommander son implantation à l'Office Togolais des Phosphates, à la Société Nationale des Chemins de fer du Sénégal, ou toute société de chemins de fer utilisant des locomotives diesel-électriques de type BB./.

# ANNEXES

---

## **ANNEXES**

---

A.1 Schémas électriques

A.2 Eléments de PL7.2 V3 langages grafcet et Ladder

A.3 Recueil de tableaux

A.4 Listing des programmes

A.5 Documents de réalisation

# A1 RECEUIL DE SCHEMAS ELECTRIQUES

O.T.P. OFFICE TOGOLAIS DES PHOSPHATES

LOCOMOTIVE DIESEL ELECTRIQUE TYPE BB

Schéma des Circuits Principaux et Auxiliaires

BB 5-6-7-8-9

Echelle: \_\_\_\_\_ Matière: \_\_\_\_\_ Nombre: \_\_\_\_\_ Usinage Général: \_\_\_\_\_

Modifications


A 26-10-88 MESSAH-ATS0

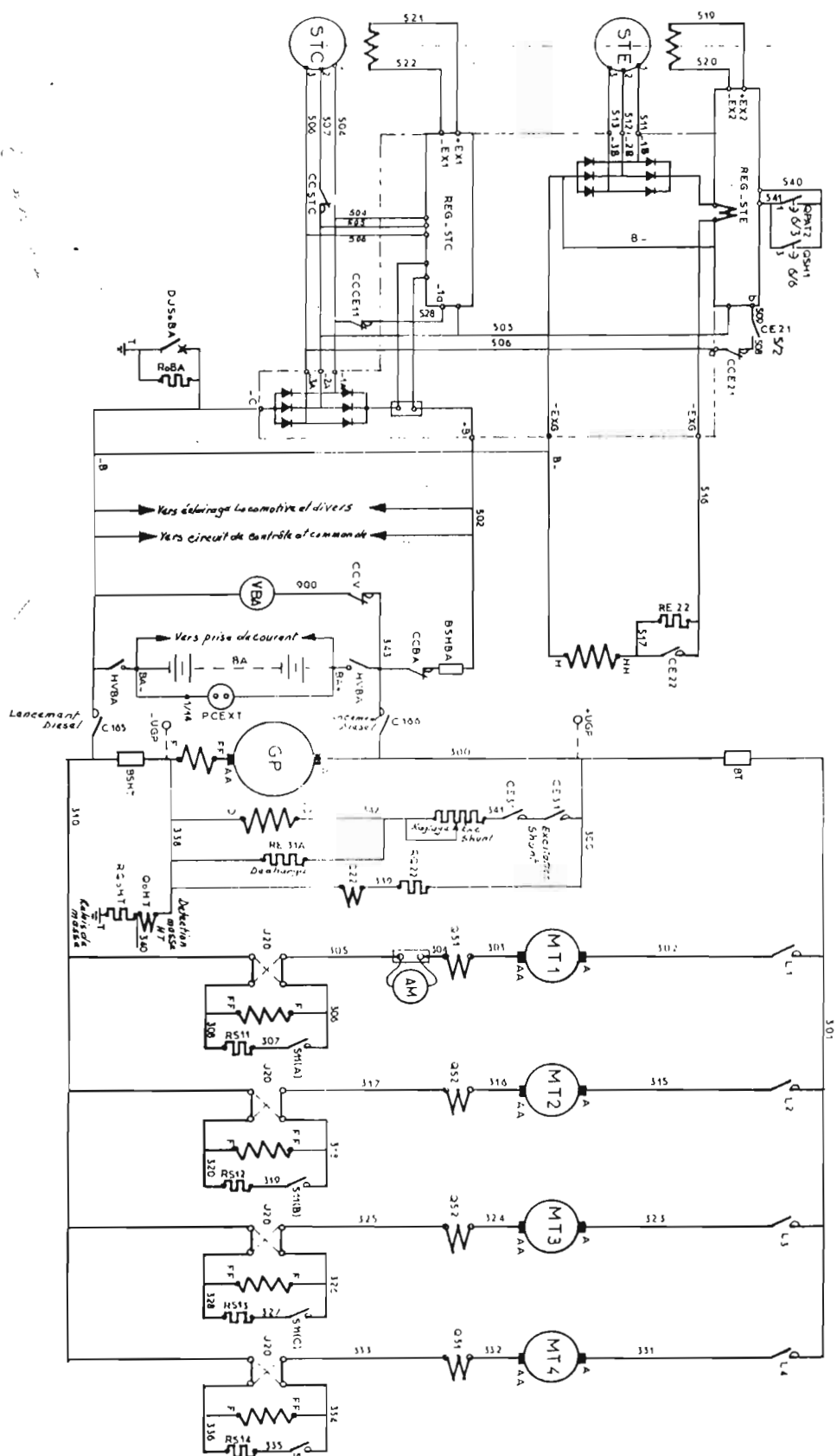
CHANGE PAGE DE GARDE

DESSINE PAR: YADOR-KLU VERIFIE PAR: GBEDENOU VISA INGENIEUR VISA CHEF SCE

Date: 05 - 07 - 1982



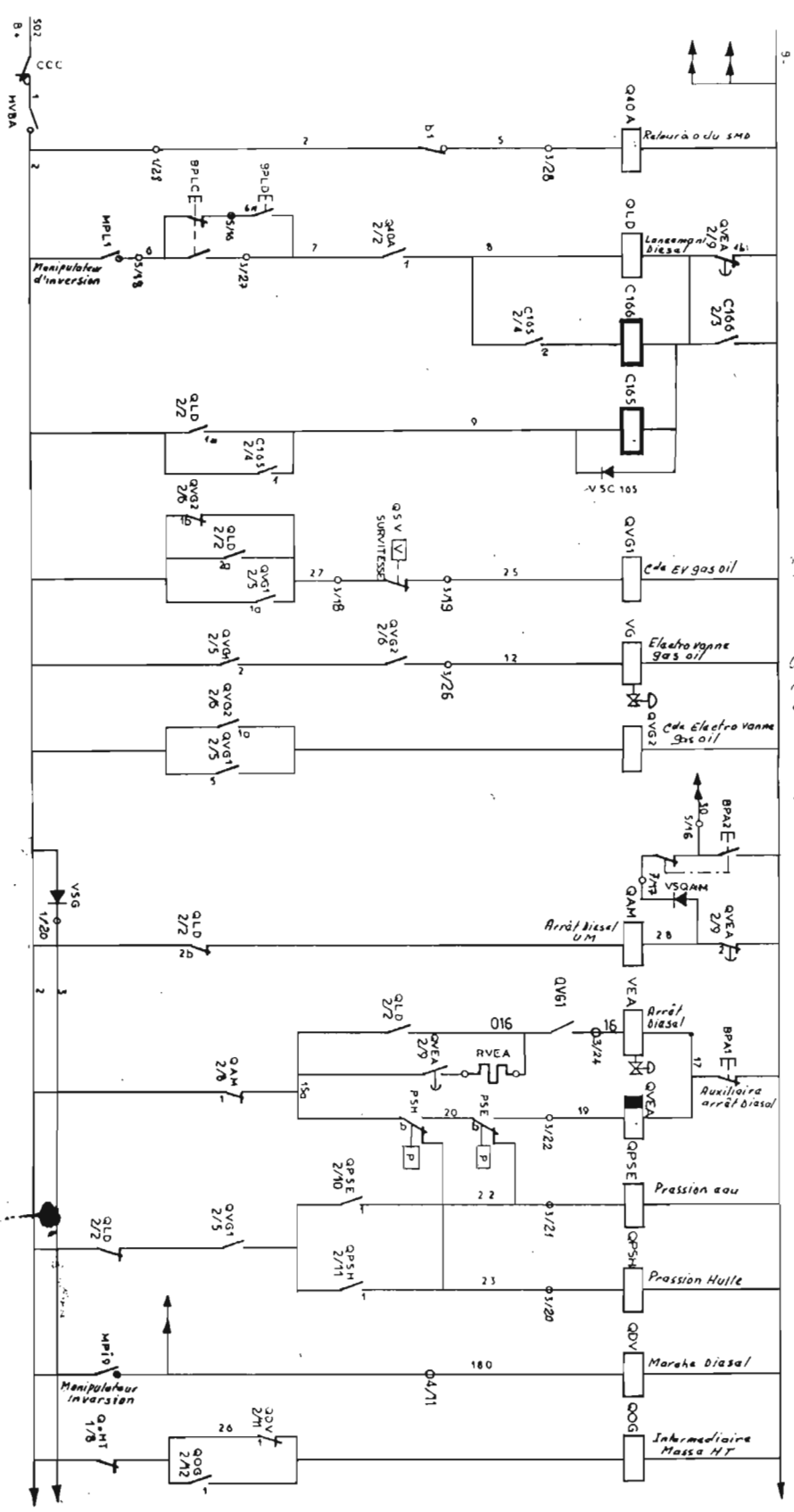
PLAN N° 3727bis



2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12

3											
2											
1	5-7-82										
Rev.	Date	Modification	YADOR	BRÉDENU	Rev.	Date	Modification			Dessiné	Véri
Plan n° 3727 bis			LOCOMOTIVE DIESEL-ELECTRIQUE - TYPE BB						O.T.P		
Folio 1/10			Schéma des Circuits Principaux et Auxiliaires								

LANCEMENT · DIESEL · ARRÊT DIESEL · RELAIS DE PROTECTION SIGNALISATION



	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
	-2	-4	-5	-3	-3	-5	-5	-5	-5	-5	-8	-8	-8	-2	-8	-12	-7	-7
	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
	4.6	4.5	4.5	4.6	4.7	4.5	4.6	4.7	4.8	4.8	4.6	4.7	4.7	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
	4.7	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L

*Arrêt Diesel UM par V6 et V7*

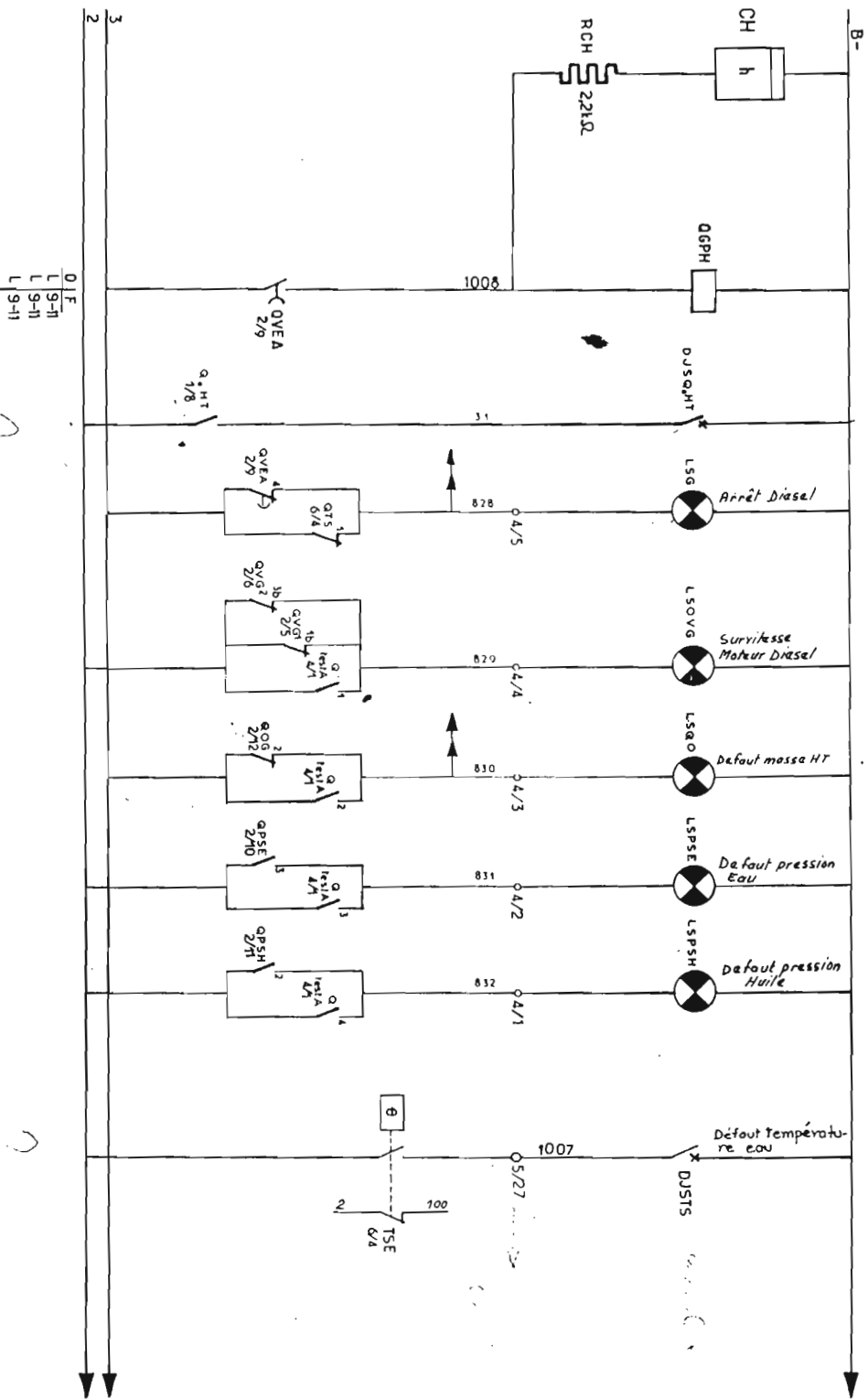
3																			
2																			
1																			
	3-7-82																		
Rev.	Date	Modification																	
	3727 bis																		
	2/10																		



COMPTEUR  
HORAIRE

GYROPHARE

SIGNALISATION



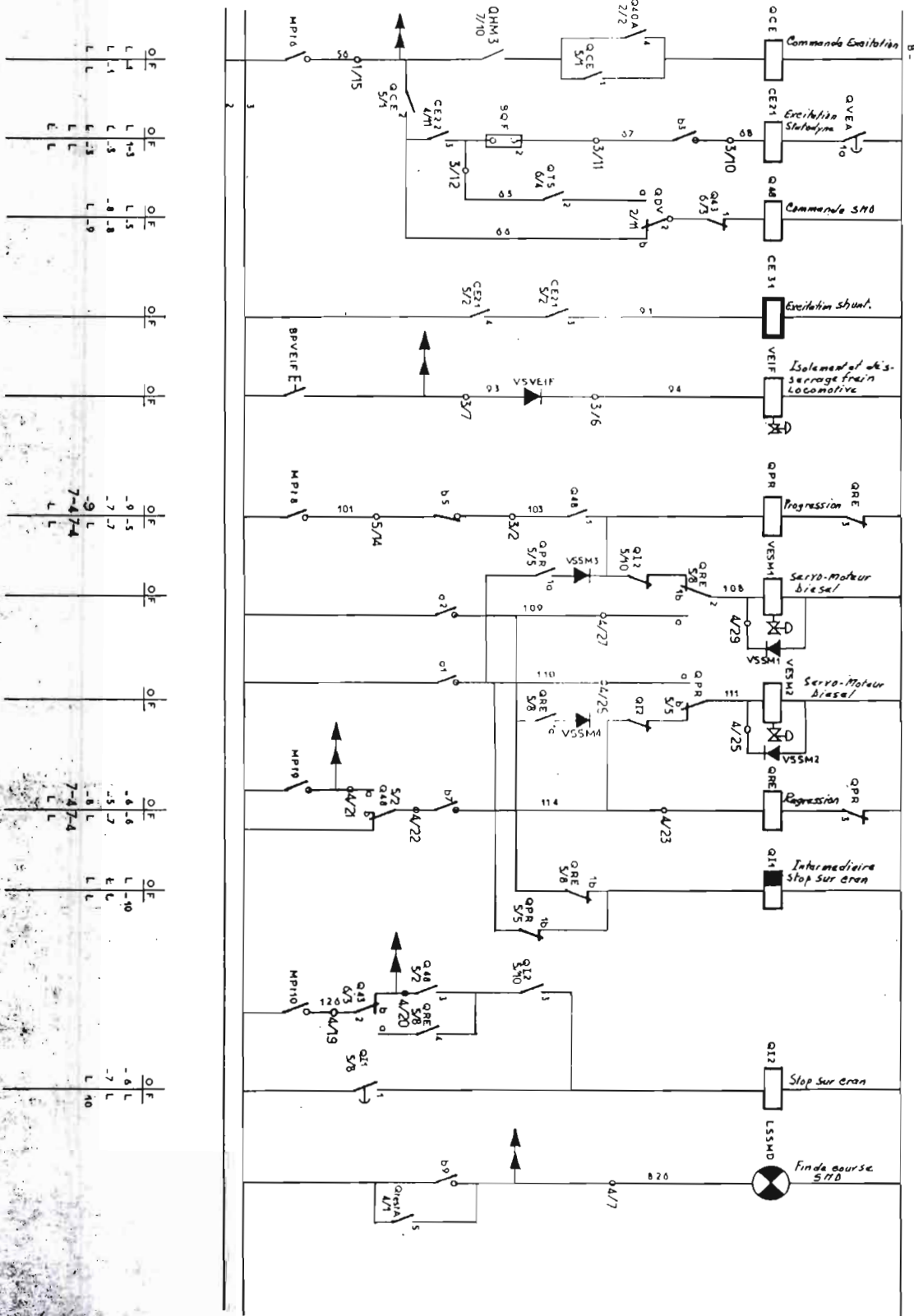
2-01-02-16	ajouter le circuit gyrophare et le compteur horaire + le DJSIS	Messiah	GBEDEROU	6				
5-7-82		YADOR	GBEDEROU	5				
év. Date	Modification	Dessiné	Vérifié	Rev	Date	Modification	Dessiné	Vérifié
Plan n°	3727 bis	LOCOMOTIVE DIESEL ELECTRIQUE - TYPE BB				O.T.P		
Folio	3/10	Schéma des Circuits de Contrôle et de Commande						



EXCITATION

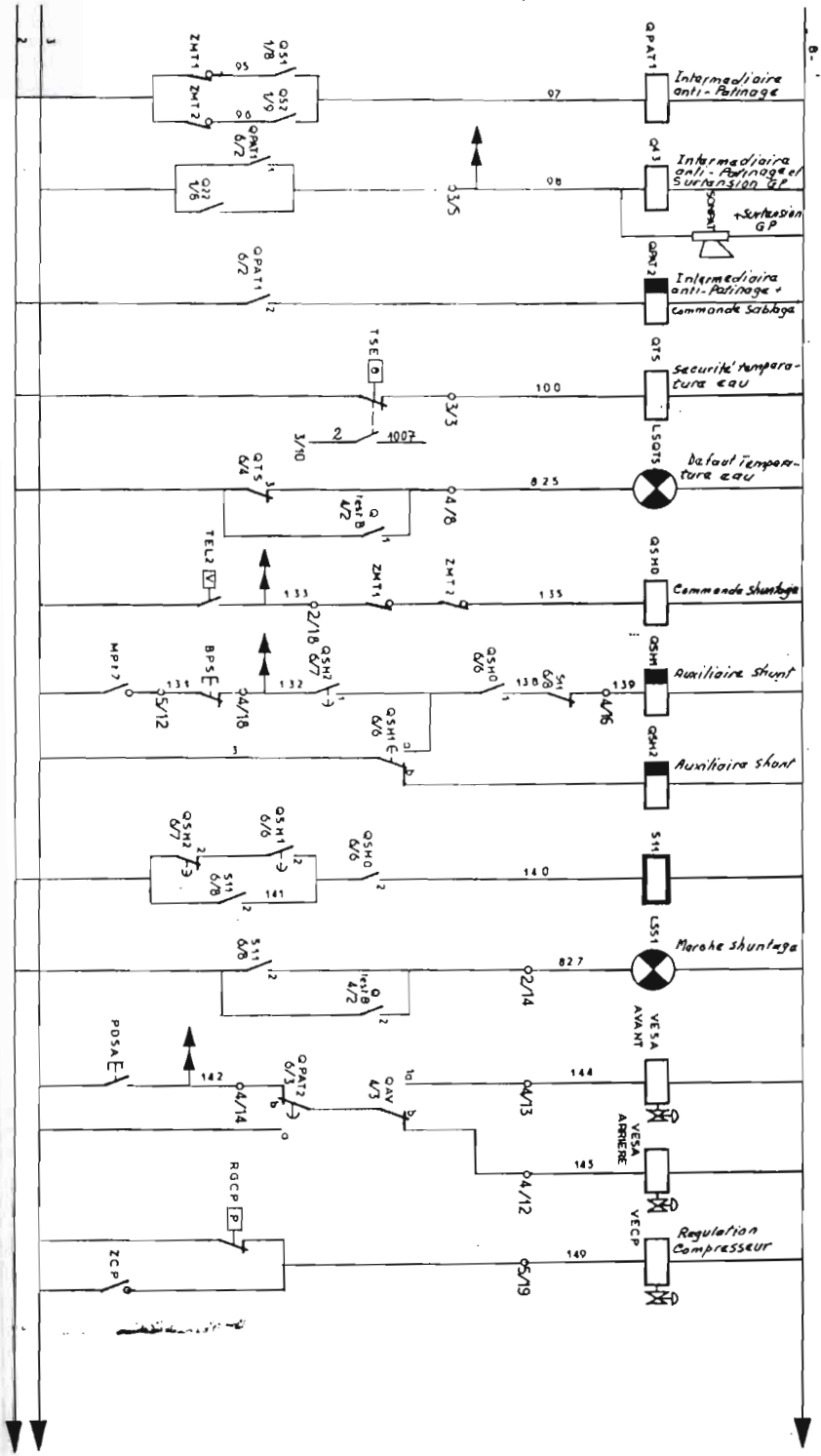
PURGE FREIN  
LOCO

COMMANDE  
VITESSE  
DIESEL



2-18-02-80	Suppression de QAHM3 et remplacement par un contact QAHM5	MESSIAH	PARADROU	6			
1-15-7-81		YADOR K	GRODENNY	4			
REV. Date	Modification	Dessiné	Véritifié	Rév.	Date	Modification	Dessiné Véritifié
Plan n°: 3727 bis	LOCOMOTIVE DIESEL ELECTRIQUE - TYPE BB Schéma des Circuits de Contrôle et de Commande						O.T.P
Folio: 5/10							

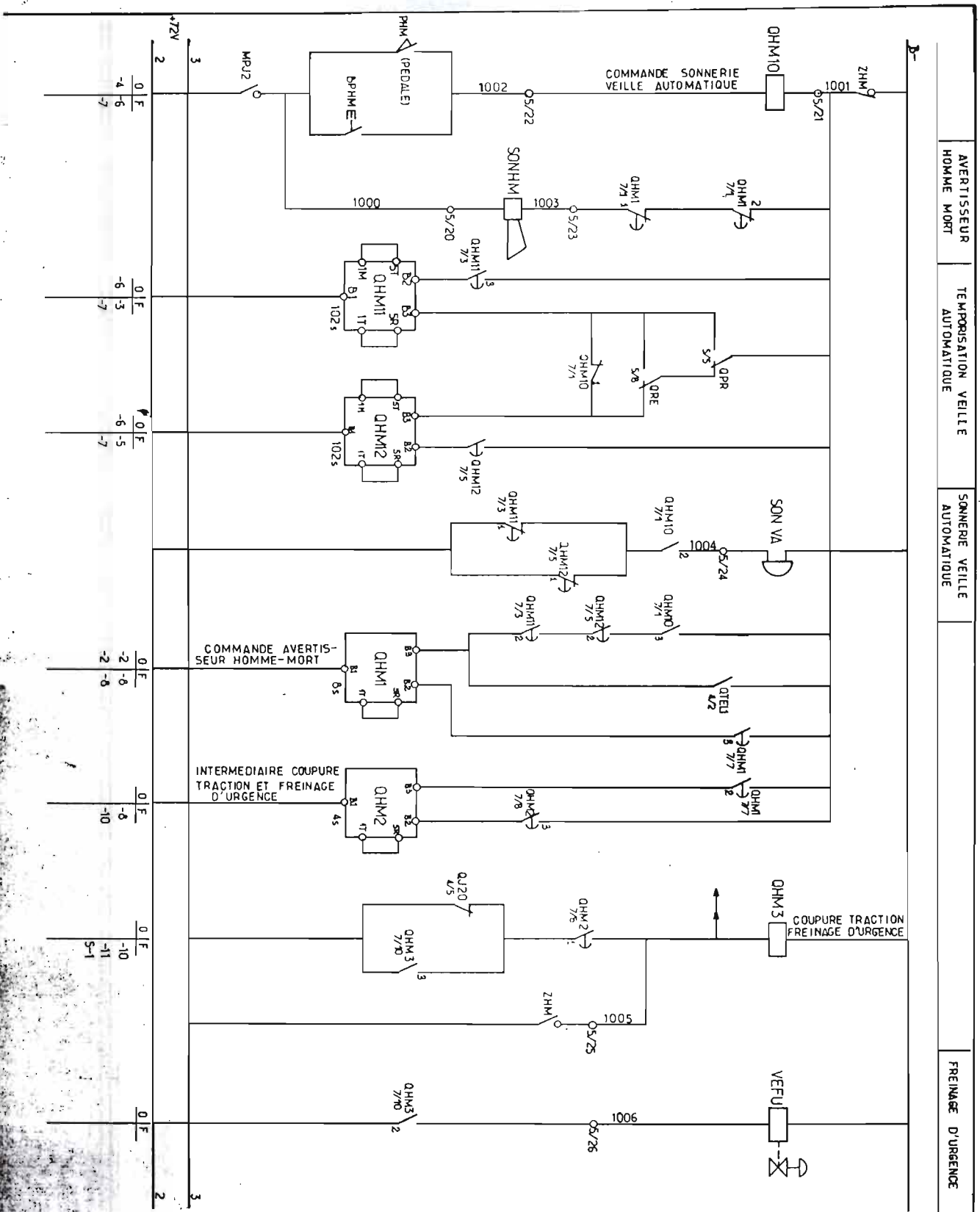
ANTI-PATINAGE SURTENSION    ECHAUFFEMENT DIESEL    SHUNTAGE    SABLAGE    REGULATION DU COMPRESSEUR



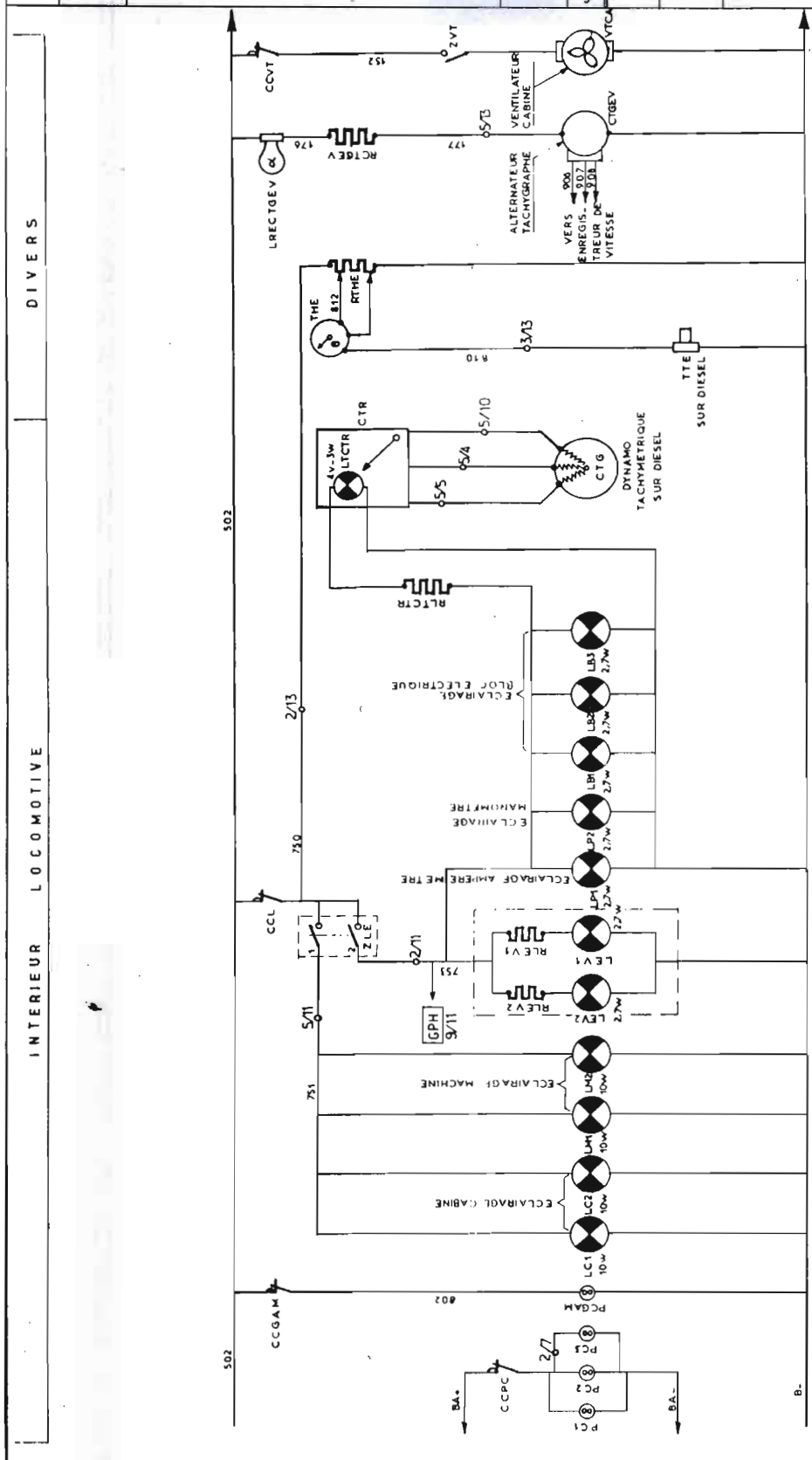
QF	QF	QF	QF	QF	QF	QF	QF	QF	QF
L-2	5-2	L-1+2	3-8	L-6	7-7	L-6	-6-8		
L-3	5-9	L-9	L-3+2	L-8	L-8	-8-8			
L	L	L	L	L	L	L	L		

de sablage

3-7-8	Date	Modification	YADOR K. GILBERT	Dessiné	VÉRIFIÉ	Rev	6	5	4	Date	Modification	Dessiné	VÉRIFIÉ
lan n° 3727 bis		LOCOMOTIVE DIESEL ELECTRIQUE		TYPE BB		O.T.P							
olio -6/10		Schéma des Circuits de Contrôle et de Commande											

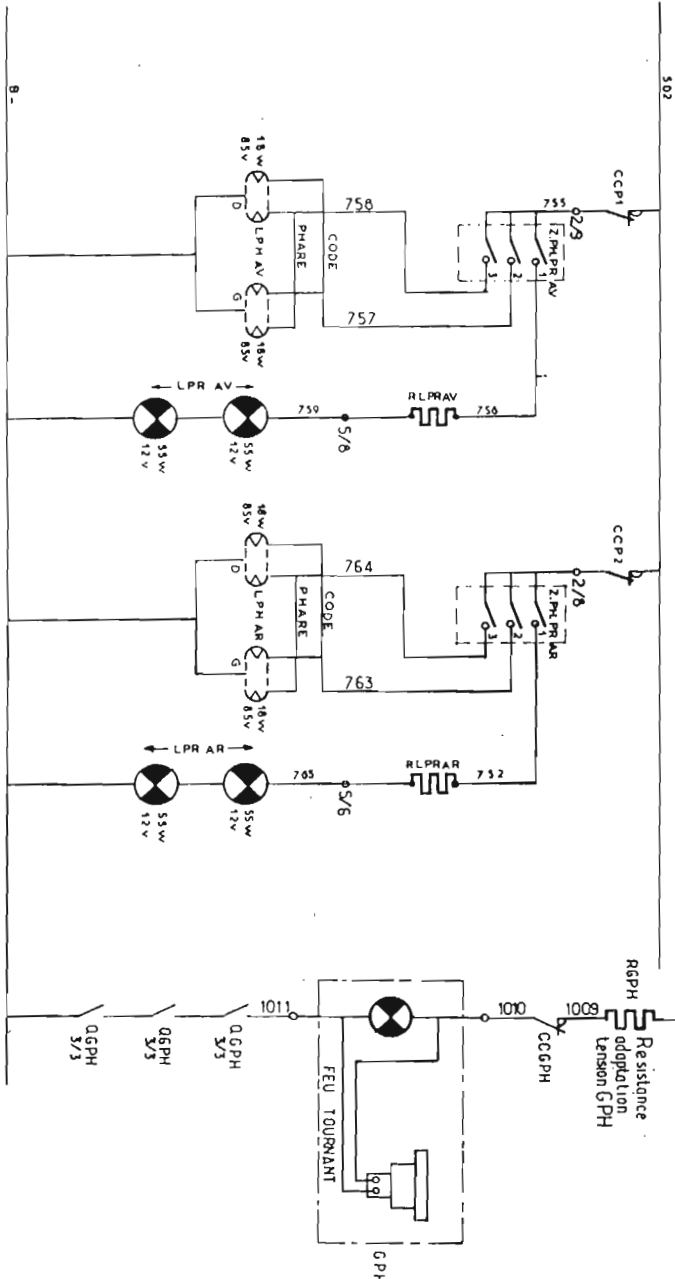


3											
2											
1	18-02-16	Mise à Jour suivant Plan ALSTHOM-ATLANTIQUE	Merrak A. SAGRENOU								
rév.	Date	Modification	Dessiné	Véifié	Rev.	Date	Modification	Dessiné	Véifié		
Plan n° 3727 bis			LOCOMOTIVE DIESEL ELECTRIQUE — TYPE B B						O.T.P		
Folio 7/10			Homme mort avec Veille automatique								



ZLE

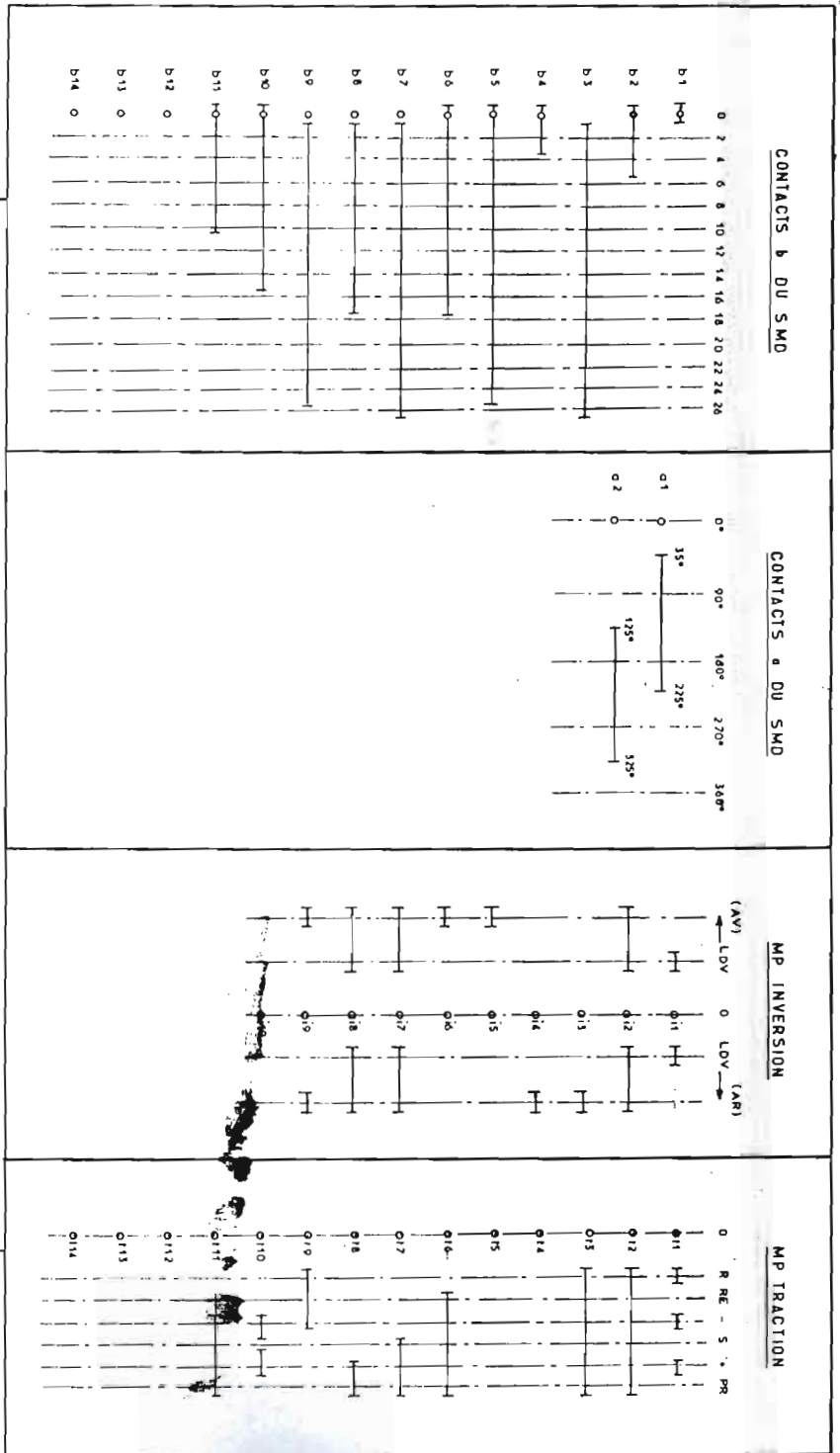
	→	→	→	→
1	→	→	→	→
2	→	→	→	→



ZPH PR AV et AR

1	↖	↗	↘	↙
2	+	+	+	+
3	+	+	+	+

15-02-86	Installation de feu tournant	Hessal	GREDEM	6			
9-7-82		YADOR	BEDENDON	5			
v. Date	Modification	Dessiné	Vérifié	4	Date	Modification	Dessiné Vérifié
Plan n° 3727 bis		LOCOMOTIVE DIESEL ELECTRIQUE TYPE B.B.			O.T.P		
folio 9/10		Schéma des Circuits Eclairage Loco et Divers					



COMBINAISON ZMT

AFFECTATION	N° BORNES	NORMAL	MT4 ou MT3 isolé	MT2 + MT3 ou MT1 + MT4 isolé	MT1 ou MT2 isolé
COMMANDE CONTACTEUR DE LIGNE	1 - 3	1	1	0	0
COMMANDE CONTACTEUR DE LIGNE	1 - 2	1	0	0	1
COMMANDE OPAT ANTIPATINAGE	6 - 7	1	0	0	0
COMMANDE GSINO SHUNTAGE	8 - 9	0	0	0	0

3										
2										
1	6-7-82									
év.	Date	Modification	YADOR K. GOBENDOU	Dessiné	Véifié	Rev	Date	Modification	Dessiné	Véifié
Plan n°	3727 bis		POSITION DES CONTACTS:				O.T.P			
Folio	10/10		a du SMD, b du SMD, MPI, MPI, ZMT							



A2 ELEMENTS DE PL7.2 V3  
LANGAGES GRAFCET ET "LADDER"

## Éléments graphiques du langage Grafcet

Blocs fonctions		Désignation	Nb. maxi	Graphe	Fonction	
		Temporisateur Ti: T0 à T15	16		E entrée validation de présélection C entrée validation écoulement du temps Ti,D bit de sortie temporisation écoulée Ti,R bit de sortie temporisation en cours Ti,P mot valeur de présélection Ti,V mot valeur courante	
		Monostable Mi: M0 à M7	8		S entrée commande Mi,R bit de sortie monostable en cours: run Mi,P mot valeur de présélection Mi,V mot valeur courante	
		Compteur Décompteur 4 décades Ci: C0 à C15	16		R entrée validation de remise à zéro P entrée validation de présélection U entrée commande de comptage (Up) D entrée commande de décomptage (Down) Ci,E sortie compteur vide (Empty) Ci,D sortie valeur de présélection atteinte Ci,F sortie compteur plein (Full) Ci,P mot valeur de présélection Ci,V mot valeur courante	
		Programmeur 16 pas 16 bits Di: D0 à D7	8		R entrée validation remise au pas zéro U entrée commande d'avance d'un pas (Up) Di,F bit de sortie si dernier pas atteint Di,S mot pas actif du programmeur: 0 à 15 Di,V durée d'activité du pas actif Di,Wj mot définissant l'activité du pas j	
		Registre Ri: R0 à R3	4		R entrée commande de remise à zéro I entrée commande de chargement registre O entrée pour transfert du mot de sortie Ri,F bit de sortie registre plein (Full) Ri,E bit de sortie registre vide (Empty)	
<b>Bloc fonction</b>	TSX 27	Texte: TXTi	8		S entrée commande lancement du message R entrée validation d'arrêt du message TXTi,D bit de sortie transfert terminé TXTi,E bit de sortie erreur de transfert	
<b>communication</b>	TSX 47	TXT0 à TXT7				
		Chaque bloc texte permet d'émettre ou de recevoir des messages de 30 caractères codés en ASCII à partir de la prise terminal de l'automate.				
TSX 27 V3 TSX 47 10 TSX 47 20		Texte: TXTi TXT0 à TXT7	8		S entrée commande lancement du message R entrée validation d'arrêt du message O entrée validation émission I entrée validation réception TXTi,D bit de sortie transfert terminé TXTi,E bit de sortie erreur de transfert	

Chaque bloc texte permet d'émettre ou de recevoir des messages à partir de la prise terminal de l'automate, d'un automate (via le réseau TELWAY 7) ou d'un coupleur numérique (TSX 47 20).

Les blocs fonctions ne peuvent en aucun cas être saisis dans les réceptivités mais peuvent y être testés.

## Éléments graphiques du langage Grafcet

### Éléments graphiques de test

Désignation	Symbolisation	Fonction
Connexions Horizontale	—	Permet de programmer des éléments en série (contacts, blocs fonctions)
Verticale		Permet de programmer des éléments en parallèle (contacts, blocs fonctions, bobines).
Contacts à fermeture		Contact passant quand le signal qui le pilote est à l'état 1.
à ouverture		Contact passant quand le signal qui le pilote est à l'état 0.

### Éléments graphiques d'action

Désignation	Symbolisation	Fonction
Bobines Directe	( )	Bobine à l'état 1 quand la ligne de commande est passante.
Inverse	( / )	Bobine à l'état 0 quand la ligne de commande est passante.
D'enclenchement et de déclenchement		Bobines représentant l'état d'un bit (sortie ou variable interne).
	(S)	La commande de la bobine d'enclenchement (SET) met ce bit à l'état 1. Il ne peut repasser à l'état 0 que sur commande de la bobine de déclenchement (RESET) ayant la même étiquette.
	(R)	La commande de la bobine de déclenchement (RESET) met ce bit à l'état 0. Il ne peut repasser à l'état 1 que sur commande de la bobine d'enclenchement (SET) ayant la même étiquette.
Saut de programme	(J)	La commande de la "bobine" de saut de programme (JUMP) provoque l'interruption immédiate de l'exécution du réseau en cours et une poursuite du programme au réseau désigné par l'étiquette. La partie de programme comprise entre la "bobine Jump" et le réseau désigné n'est pas exécutée.
Sauvegardées en cas de coupure de courant	( ) ( / ) (S) (R)	Dès le retour secteur les bobines sauvegardées retrouvent l'état (0 ou 1) qu'elles avaient avant la coupure. Les bobines non sauvegardées sont maintenues à l'état 0 pendant le premier cycle de reprise.
Passage d'une étape à une autre	( # )	Bobine symbolisant le passage d'une étape à une autre. Cette bobine apparaît automatiquement lors de la saisie d'une réceptivité.

NOTA: les éléments graphiques d'action ne peuvent en aucun cas être saisis dans les réseaux de contacts associés aux transitions (réceptivités). Les bobines ( ) , ( / ) , (J) ne peuvent pas être saisis dans une action associée à une étape.

# Formulaire d'implantation

A.P.I. "Vaucanson"

	M	0	1	2	3	4	5	6	7
TSX SUP 40	TSX 47 P190	TSX MNC16	TSX MNC16	TSX MNC16	TSX AS100	TSX DST 8-35	TSX DST 8-35	TSX DST 16-35	TSX DST 8-35
<input type="checkbox"/> RACK									
<input type="checkbox"/> STATION									
		TSX BLK 1	TSX BLK 1	TSX BLK 1	TSX BLK 4	TSX BLK 1	TSX BLK 1	TSX BLK 1	TSX BLK 1
	M	0	1	2	3	4	5	6	7

TSX C3A JOB

	M	0	1	2	3	4	5	6	7
TSX RAC 50	TSX RAC 50	TSX RAC 50	TSX	TSX	TSX	TSX	TSX	TSX	TSX
<input type="checkbox"/> RACK									
<input type="checkbox"/> STATION									
		TSX BLK	TSX BLK	TSX BLK	TSX BLK	TSX BLK	TSX BLK	TSX BLK	TSX BLK
	M	0	1	2	3	4	5	6	7

	Mise à jour	Par	Date	Étude	Dessin	Date	Telemecanique
	A						Folio
	R						
C							

# A3 RECEUIL DE TABLEAUX

# RECENSEMENT DES E/S T.O.R

<u>1 Entrées (52)</u>		TSX17-20	TSX17-20	TSX47-20
<u>1.1 Boutons-poussoirs (11)</u>		4012F	3428F	
BPA1	=====>	I0,0	I0,0	I0,0
BPA2	=====>	I0,1	I0,1	I0,1
BPHME	=====>	I0,2	I0,2	I0,2
BPLC	=====>	I0,3	I0,3	I0,3
BPLD	=====>	I0,4	I0,4	I0,4
BPS	=====>	I0,5	I0,5	I0,5
BPTTEST	=====>	I0,6	I0,6	I0,6
BPVEIF	=====>	I0,7	I0,7	I0,7
BQF	=====>	I0,8	I0,8	I0,8
PHM	=====>	I0,9	I0,9	I0,9
PDSA	=====>	I0,10	I0,10	I0,A
<u>1.2 Contacts (21)</u>				
a1	=====>	I0,11	I0,11	I0,B
a2	=====>	I0,12	I0,12	I0,C
b1	=====>	I0,13	I0,13	I0,D
b3	=====>	I0,14	I0,14	I0,E
b5	=====>	I0,15	I0,15	I0,F
b7	=====>	I0,16	I0,16	I1,0
b9	=====>	I0,17	I0,17	I1,1
Mpj1	=====>	I0,18	I0,18	I1,2
Mpj2	=====>	I0,19	I0,19	I1,3
Mpj3	=====>	I0,20	I0,20	I1,4
Mpj4	=====>	I0,21	I0,21	I1,5
Mpj5	=====>	I0,22	I1,0	I1,6
Mpj6	=====>	I0,23	I1,1	I1,7
Mpj9	=====>	I1,0	I1,2	I1,8
Mpt2	=====>	I1,1	I1,3	I1,9
Mpt3	=====>	I1,2	I1,4	I1,A
Mpt6	=====>	I1,3	I1,5	I1,B
Mpt7	=====>	I1,4	I1,6	I1,C
Mpt8	=====>	I1,5	I1,7	I1,D
Mpt9	=====>	I1,6	I1,8	I1,E
Mpt10	=====>	I1,7	I1,9	I1,F

# RECENSEMENT DES E/S T.O.R (SUITE)

<u>1 Entrées (52)</u>		TSX17-20 4012F	TSX17-20 3428F	TSX47-20
<b>1.3 Commutateurs (9)</b>				
ZCP	=====>	I1,8	I1,10	I2,0
ZHM1	=====>	I1,9	I1,11	I2,1
ZHM2	=====>	I1,10	I1,12	I2,2
ZMT11	=====>	I1,11	I1,13	I2,3
ZMT12	=====>	I1,12	I1,14	I2,4
ZMT13	=====>	I1,13	I1,15	I2,5
ZM21	=====>	I1,14	I1,16	I2,6
ZMT22	=====>	I1,15	I1,17	I2,7
ZMT23	=====>	I1,16	I1,18	I2,8
<b>1.4 Détecteurs tachymétriques (3)</b>				
QSV	=====>	I1,17	I1,19	I2,9
TEL1	=====>	I1,18	I1,20	I2,A
TEL2	=====>	I1,19	I1,21	I2,B
<b>1.5 Disjoncteurs (à intégrer après explication)</b>				
<b>1.6 Pressostats (3)</b>				
PSE	=====>	I1,20	I2,0	I2,C
PSH	=====>	I1,21	I2,1	I2,D
RGCP	=====>	I1,22	I2,2	I2,E
<b>1.7 Thermostat</b>				
TSE	=====>	I1,23	I2,3	I2,F
<b>1.8 Autres entrées</b>				
Q51	=====>	I2,0	I2,4	I3,0
Q52	=====>	I2,1	I2,5	I3,1
Q22	=====>	I2,2	I2,6	I3,2
QOHT	=====>	I2,3	I2,7	I3,3

**RECENSEMENT DES E/S T.O.R (SUITE)****2 Bits internes (37)**

Q40A	===== >	B0
Q43	===== >	B1
Q48	===== >	B2
QAM	===== >	B3
QAV	===== >	B4
QCE	===== >	B5
QDV	===== >	B6
QHM1	===== >	B7
QHM2	===== >	B8
QHM3	===== >	B9
QHM10	===== >	B10
QHM11	===== >	B11
QHM12	===== >	B12
QI1	===== >	B13
QI2	===== >	B14
QJ20	===== >	B15
QLD	===== >	B16
QOG	===== >	B17
QPAT1	===== >	B18
QPR	===== >	B19
QPSE	===== >	B20
QPSH	===== >	B21
QRE	===== >	B22
QT	===== >	B23
QTEL1	===== >	B24
QTESTA	===== >	B25
QTESTB	===== >	B26
QTF	===== >	B27
QTS	===== >	B28
QVEA	===== >	B29
QVG1	===== >	B30
QVG2	===== >	B31
QSHO	===== >	B32
QSH2	===== >	B33

**Autres bits internes**

QPAT2/T	===== >	B35
QSH1	===== >	B36
QSH2/T	===== >	B37



## RECENSEMENT DES E/S T.O.R (FIN)

<u>2 Sorties (34)</u> <u>(Pre-actionneurs)</u>		TSX17-20 4012F	TSX17-20 3428F	TSX47-20
C165	===== >	O0,0	O0,0	O4,0
C166	===== >	O0,1	O0,1	O4,1
CE21	===== >	O0,2	O0,2	O4,2
CE22	===== >	O0,3	O0,3	O4,3
CE31	===== >	O0,4	O0,4	O4,4
J20 AR	===== >	O0,5	O0,5	O4,5
J20 AV	===== >	O0,6	O0,6	O4,6
LSG	===== >	O0,7	O0,7	O4,7
LSPSE	===== >	O0,8	O0,8	O5,0
LSPSH	===== >	O0,9	O0,9	O5,1
LSQO	===== >	O0,10	O0,10	O5,2
LSQTS	===== >	O0,11	O0,11	O5,3
LSSMD	===== >	O0,12	O1,0	O5,4
LSS1	===== >	O0,13	O1,1	O5,5
LSVOG	===== >	O0,14	O1,2	O5,6
L1	===== >	O0,15	O1,3	O5,7
L2	===== >	O1,0	O1,4	O6,0
L3	===== >	O1,1	O1,5	O6,1
L4	===== >	O1,2	O1,6	O6,2
QGPH	===== >	O1,3	O1,7	O6,3
QSH1	===== >	O1,4	O1,8	O6,4
VEA	===== >	O1,5	O1,9	O6,5
VECP	===== >	O1,6	O1,10	O6,6
VEFU	===== >	O1,7	O1,11	O6,7
VG	===== >	O1,8	O2,0	O6,8
VEIF	===== >	O1,9	O2,1	O6,9
VESA AV	===== >	O1,10	O2,2	O6,A
VESA AR	===== >	O1,11	O2,3	O6,B
VESM1	===== >	O1,12	O2,4	O6,C
VESM2	===== >	O1,13	O2,5	O6,D
 <u>Autres sorties</u>				
QPAT2	===== >	O1,14	O2,6	O6,E
S11	===== >	O1,15	O2,7	O6,F
SONHM	===== >	O2,0	O2,8	O7,0
SONVA	===== >	O2,1	O2,9	O7,1

Annexe A.3 tableau tab.1

## DESCRIPTIONS TECHNIQUES &amp; COUT PREVISIONNEL

FONCTIONS	CAPTEURS	PRE-ACTIONNEURS ET ALIMENTATIONS	AUTOMATE PROGRAMMABLE INTERFACES INTELLIGENTS
LANCEMENT	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 2 boutons-poussoirs pour commade manuelle</li> <li>* 1 contact manipulateur-inverseur à commande manuelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 2 contacteurs de lancement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 4 entrées "Tout Ou Rien" 24VCC</li> <li>* 2 sorties "Tout Ou Rien" relais</li> </ul>
SURVITESSE	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 1 détecteur de survitesse diesel à masselottes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 1 électrovanne à gas-oil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 1 entrée "Tout Ou Rien" 24VCC</li> <li>* 1 sortie "Tout Ou Rien" relais</li> </ul>
ARRET-DIESEL	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 2 boutons-poussoirs pour commade manuelle</li> <li>* 2 pressostats de contrôle des pressions eau et huile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 1 électrovanne d'arrêt du moteur diesel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 4 entrées "Tout Ou Rien" 24VCC</li> <li>* 1 sortie "Tout Ou Rien" relais</li> </ul>
RELAIS DE PROTECTION ET SIGNALISATION	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 1 bouton-poussoir d'essai lampes</li> <li>* 1 contact manipulateur-inverseur à commande manuelle</li> <li>* 1 contact auxilliaire (relais de détection de masse H.T)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 5 voyants "lumitext"</li> <li>* 1 contacteur (compteur horaire et gyrophare)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 3 entrées "Tout Ou Rien" 24VCC</li> <li>* 6 sorties "Tout Ou Rien" relais</li> </ul>
CONTROLE DU SENS DE MARCHE	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 1 détecteur tachymétrique de vitesse nulle</li> <li>* 4 contacts manipulateur-inverseur à commande manuelle</li> <li>* 2 contacts manipulateur de traction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 2 électrovannes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 7 entrées "Tout Ou Rien" 24VCC</li> <li>* 2 sorties "Tout Ou Rien" relais</li> </ul>

## DESCRIPTIONS TECHNIQUES &amp; COUT PREVISIONNEL (SUITE)

FONCTIONS	CAPTEURS	PRE-ACTIONNEURS ET ALIMENTATIONS	AUTOMATE PROGRAMMABLE INTERFACES INTELLIGENTS
CONTACTEURS DE LIGNE	* 2 commutateurs de sélection des moteurs de traction à 4 positions dont 1 neutre	* 2 contacteurs de ligne	* 6 entrées "Tout Ou Rien" 24VCC * 4 sorties "Tout Ou Rien" relais
EXCITATION	* 1 contact manipulateur de traction * 1 contact SMD * 1 commutateur	* 2 contacteurs	* 3 entrées "Tout Ou Rien" 24VCC * 3 sorties "Tout Ou Rien" relais
PURGE FREIN	* 1 bouton-poussoir de purge	* 1 électrovanne de purge	* 1 entrée "Tout Ou Rien" 24VCC * 1 sortie "Tout Ou Rien" relais
COMMANDE DE VITESSE	* 3 contacts manipulateur de traction * 5 contacts SMD	* 2 électrovannes (progression- regression) * 1 voyant "lumitext"	* 8 entrées "Tout Ou Rien" 24VCC * 3 sorties "Tout Ou Rien" relais
ANTIPATINAGE SURTENSION	* 2 commutateurs * 3 contacts auxilliaires (disjoncteurs)	* 1 sonnerie	* 5 entrées "Tout Ou Rien" 24VCC * 1 sortie "Tout Ou Rien" relais
ECHAUFFEMENT DIESEL	* 1 thermostat	* 1 voyant "lumitext"	* 1 entrée "Tout Ou Rien" 24VCC * 1 sortie "Tout Ou Rien" relais

Annexe A.3 tableau tab.1

## DESCRIPTIONS TECHNIQUES &amp; COUT PREVISIONNEL (FIN)

FONCTIONS	CAPTEURS	PRE-ACTIONNEURS ET ALIMENTATIONS	AUTOMATE PROGRAMMABLE INTERFACES INTELLIGENTS
SHUNTAGE	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 1 détecteur tachymétrique de vitesse nulle</li> <li>* 1 bouton-poussoir</li> <li>* 1 contact manipulateur de traction</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 1 contacteur</li> <li>* 1 voyant "lumitext"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 3 entrées "Tout Ou Rien" 24VCC</li> <li>* 2 sorties "Tout Ou Rien" relais</li> </ul>
SABLAGE	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 1 pédale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 2 électrovannes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 1 entrée "Tout Ou Rien" 24VCC</li> <li>* 2 sorties "Tout Ou Rien" relais</li> </ul>
REGULATION DU COMPRESSEUR	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 1 commutateur</li> <li>* 1 pressostat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 1 électrovanne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 2 entrées "Tout Ou Rien" 24VCC</li> <li>* 1 sortie "Tout Ou Rien" relais</li> </ul>
SURVEILLANCE DE CONDUITE	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 1 pédale</li> <li>* 1 bouton-poussoir</li> <li>* 1 contact manipulateur- inverseur à commande manuelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 1 électrovanne</li> <li>* 2 sonneries</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 3 entrées "Tout Ou Rien" 24VCC</li> <li>* 4 sorties "Tout Ou Rien" relais</li> </ul>
TOTAL			<ul style="list-style-type: none"> <li>* 52 entrées "Tout Ou Rien" 24VCC</li> <li>* 34 sorties "Tout Ou Rien" relais</li> </ul>

Annexe A.3 tableau tab.2

## Les automates programmables industriels

Source: "MESURES" No: 29, OCTOBRE 1990

FABRICANT	ABB PETERCEM	ABB PETERCEM	AEG-MODICON	AEG-MODICON	ALLEN-BRADLEY	ALLEN-BRADLEY
IMPORTATEUR						
REFERENCE DU MODELE	CS20	CS31/PC2B	A120	884-120/130/145	SLC500 (FHS)	SLC500 (MHS)
E/S Tout-ou-rien (maxi)	12	500				256
Temps d'execution	8	128				120
CHASSIS DE BASE	3 ms/K	3 ms/K	1,3 ms/K	5 ms/K	6 ms/K	6 ms/K
LxHxP (version minimum)						
Nombre de modules	120x85x60 mm (compact)	120 x 85 x 60 mm	225 x 150 x 120 mm	225 x 150 x 120 mm	165x140x145 mm (compact)	235 x 140 xz 145 mm
CHASSIS D'EXTENSION			5	5	20/40 E/S	4 a 13 (4 versions)
CAPACTES MEMOIRES		30 modules depotes	3	3	1	2
Programme						
Donnees	8 Ko (EEPROM/EPROM)	8 Ko (EEPROM/EPROM)	12 Ko (RAM)	1,5/4/8 Ko (RAM)	4 Ko (RAM/EEPROM/EPROM)	4 Ko (RAM/EEPROM/EPROM)
Bits internes	64 x 18 bits	64 x 16 bits	1600	2 k		
PROGRAMMATION	32 x 16 bits	32 x 16 bits	1600	2 k		
Langage evolues						
Console	Grafcet Moniteur portable/PC	Grafcet Moniteur portable / PC	Grafcet, STEP 5 PC	Grafcet PC	Moniteur portable /PC	Moniteur poortable / PC
COMMUNICATIONS	RS232	RS232 Modbus	RS485 Regulation PID Commande d'axe	Modbus Regulation PID Commande d'axe	RS 485 Commande d'axe	RS 485 Regulation Commande d'axe
CARTES DE FONCTIONS	Comptage a 10 Khz	Comptage a 10 Khz	Basic Comptage	Basic Comptage analogique	Basic Comptage a 50 khz	Comptage a 50 khz
PRIX (128 E/S TOR)		10 000 F	8 000 F	6000/8000/10 000 F		14 786 F
SERVICE LECTEURS	2472	2473	2474	2475	2476	2477

## Annexe A.3 tableau tab.2 (suite)

## Les automates programmables industriels

Source: "MESURES" No: 29, OCTOBRE 1990

FABRICANT	ALLEN-BRADLEY	APRIL	BURKERT	CEGELEC	DECA	DECA
IMPORTATEUR						
REFERENCE DU MODELE	SLC500 (MHS)	A2000	S4000	C50	ML32	ML32E
E/S Tout-Ou-Rien	256	256	256	80	32	120
E/S analogiques (maxi)	120	46	40	40		
Temps d'exécution	6 ms/K		3 ms/K	8 ms/K	6 ms/K	6 ms/K
CHASSIS DE BASE						
LxHxP (version minimum)	235 x 140 xz 145 mm	307 x 271 x 215 mm	Monobloc	181 x 146 x 122 mm	305 x 110 x 95 mm	Rack 19 pouces
Nombres de modules	4 à 13 (4 versions)	4/8 (deux versions)	33 E/S	3 A 10 (4 versions)		5
CHASSIS D'EXTENSION	2		7			
CAPACITES MEMOIRES						
Programme	4 Ko (RAM/EEPROM/EPROM)	64 K (RAM/EPROM)	4 k (RAM/EEPROM)	4 ou 12 K (EEPROM)	40 Ko (INOVRAM)	40 Ko (INOVRAM)
Données		18 K		0.384 K A 16 K		
Bits internes						
PROGRAMMATION						
Langages évolués		Grafcet	Grafcet	Grafcet	Grafcet	Grafcet
Console	Moniteur portable / PC	PC	Moniteur portable / PC	Moniteur portable /PC	PC	PC
COMMUNICATIONS						
		J.BUS		Modbus N10	Modbus	Modbus
	RS 485		RS 232			
	Regulation		RS 485	RS 232 RS 485 RS 422		
	Commande d'axe	Comptage d'axe	Regulation PID	Basic		
CARTES DE FONCTIONS						
	Comptage à 50 kHz	Comptage à 500 kHz	Comptage à 10 kHz	Comptage à 25 kHz		
PRIX (128 E/S TOR)	14 786 F	16 000 F	4 600 F	6 500 F	11 800 F	15 418 F
SERVICE LECTEURS	2477	2476	2479	2480	2481	2482

Annexe A.3 tableau tab.2 (suite)

## Les automates programmables industriels

Source: \*MESURES\* No: 29, OCTOBRE 1990

	EBERLE	EBERLE	FESTO	FESTO	GE-FANUC
FABRICANT	EBERLE	EBERLE	FESTO	FESTO	GE-FANUC
IMPORTATEUR					
REFERENCE DU MODELE	PLS5095	PLS508	FPC202	FPC404	311-5(311-10)
E/S Tout-ou Rien (maxi)	38	208	128	258	80 (180)
E/S Analogiques (maxi)		104		64	20 (40)
Temps d'execution	20 ms/K	20 ms/K	3 ms/K	3 ms/K	18 ms/K
CHASSIS DE BASE					
LxHxP (version minimum)	40 x 128 x 168 mm	200 x 170 x 132 mm	Monobloc	120 x 120 x 200 mm	265(443)x 142x130 mm
Nombre de modules		8			5 (10)
CHASSIS D'EXTENSION		1	3		
CAPACITES MEMOIRES					
Programme	0.6 K (RAM/EEPROM)	4 K (RAM/EPROM/EEPROM)	28 K (RAM/EPROM)	32 K	8 Ko (RAM/EPROM/EEPROM)
Donnees		128 mots	2 K	7,5 K	512 mots
Bits internes	88 bits	512 bits	2 K	8 K	1 K
PROGRAMMATION					
Langages evolues		Grafcet	Grafcet	Grafcet Basic	
Console	Moniteur portable / PC	Moniteur portable / PC	Moniteur portable /PC	PC	Moniteur portable /PC
COMMUNICATIONS		TTY, V 24	RS 232 C	RS 232 C, Centronics	RS232/422/485
		Bitbus (RS485)	LAC	IEEE 488, LAC	Modbus
				PID, Basic	
		Commande d'axe		Commande d'axe	
		Comptage A 200 kHz	10 000 F	Comptage A 100 kHz	Basic
CARTES DE FONCTIONS			2485	9 800 F	Comptage A 100 kHz
PRIX (128 E/S TOR)	2 800 F	11 500 F		2486	8 500 F (10 500 F)
SERVICE LECTEURS	2483	2484			2487

## Annexe A.3 tableau tab.2 (suite)

## Les automates programmables industriels

Source: "MESURES" No: 29, OCTOBRE 1990

FABRICANT	GE-FANUC	IDEC IZUMI	IDEC IZUMI	KLOCKNER-MODELLER	KLOCKNER-MODELLER	MITSUBISHI
IMPORTATEUR		CHAUVIN ARNOUX	CHAUVIN ARNOUX			REXROTH PNEUMATIC
REFERENCE DU MODELE	331-10	FA2-Junior	Micro 1	SUCOS	PS316	F1-12/80
E/S Tout-Ou-Rien	512	258	28	128	2046	18/72
E/S analogiques (maxi)	160	32	0	20	128	14/48
Temps d'exécution	0,4 ms/K	6 ms/K	6 ms/K	5 ms/K	0,5 ms/K	12 ms/K
CHASSIS DE BASE						
LxHxPx (version minimum)	443 x 142 x 130 mm	180 x 200 x 57 mm	140x80x74 mm (compact)	215x105x134 mm (compact)	275 x 132 x 205 mm	185x90x90/350x140x100
Nombre de modules	9	2	1		18	Compacts (5 versions)
CHASSIS D'EXTENSION	4	16	1	4	7	
CAPACITES MEMOIRES						
Programme	16 K (RAM/EPROM/EEPROM)	4 K (RAM/EPROM/EEPROM)	1,2 K (EEPROM)	1 K inst.(RAM/EEPROM)	32 K (RAM/EPROM)	1 K (RAM/EPROM/EEPROM)
Données	2 K			36 mots	4 K	
Bits internes	1 K		180 bits	576	2000	
PROGRAMMATION						
Langage évolués		Grafcet	Grafcet			Grafcet
Console	Moniteur portable /PC	Moniteur portable / PC	Moniteur portable/ PC	Moniteur portable / PC	Moniteur portable / PC	Moniteur portable /PC
	RS232/422/485	RS 232	RS 232	RS 485	RS 485/RS 232/Modbus	
COMMUNICATIONS	Modbus	RS 485	RS 485		Profibus	RS 232
	Basic			Regulation PID	Regulation PID	Commande d'axe
CARTES DE FONCTIONS	Comptage 100 kHz	Comptage		Comptage A 10 kHz	Commande d'axe	Comptage A 2 kHz
PRIX (128 E/S TOR)	11 800		4 000 F	10 000 F	12 000 F	
SERVICE LECTEURS	2488	2489	2490	2491	2492	2493



## Annexe A.3 tableau tab.2 (suite)

## Les automates programmables industriels

Source: "MESURES" No: 29, OCTOBRE 1990

FABRICANT	MITSUBISHI	NATIONAL MATSUSHITA	OMRON	OMRON	OPTO 22
IMPORTATEUR	REXROTH PNEUMATIC	ELCONTROL/SOS RELAIS			TEKELEC AIRTRONIC
REFERENCE DU MODELE	F2-20/60	M1T/M2T	C20/28/40-H	C200H	MSTIC
E/S Tout-ou Rien (maxi)	24/72	192/60	180	480	4096
E/S Analogiques (maxi)	18/48	1	20	40	4096
Temps d'execution	7 ms/K	2,5 ms/205x44x88 mm	0,75 ms/K	0,75 ms/K	10 ms/K
CHASSIS DE BASE					
LxHxP (version minimum)	250x90x90/350x140x110	193x68x44/205x44x88 mm	250/300 x 130 x 60 mm	260 x 130 x 117 mm	255 x 100 x 120 mm
Nombre de modules	compacts (3 modeles)	4	20/28/40 E/S	3 A 10 (4 versions)	7
CHASSIS D'EXTENSION		4		6	36
CAPACITES MEMOIRES					
Programme	1/2K(RAM/EPROM/EEPROM)	2,5K (RAM/EPROM/EEPROM)	2,7K (EPROM/RAM/EEPROM)	6K (RAM/EPROM/EEPROM)	4 Moctets (RAM)
Donnees		300 octets	2 K	2 Kmots	
Bits internes		250 bits			
PROGRAMMATION					
Langages evolues	Grafcet		Grafcet	Grafcet	Cyrano
Console	Moniteur portable/PC ?	Moniteur portable /PC RS 232,RS 422	Moniteur portable /PC	Moniteur portable /PC RS 485	Moniteur portable /PC RS485, Arcnet Modbus, LAC
COMMUNICATIONS					
			Commande d'axe	Commande d'axe	
	Commande d'axe	Basic	Basic	Basic	Regulation PID
CARTES DE FONCTIONS	Comptage A 2 kHz	Comptage A 8 kHz	Comptage	Comptage A 50 kHz	Comptage 25 kHz
PRIX (126 E/S TOR)		5 000 F/8 300 F	18 000 F	20 000 F	9 500 F
SERVICE LECTEURS	2494	2495	2496	2497	2498

## Annexe A.3 tableau tab.2 (suite)

## Les automates programmables industriels

Source: "MESURES" No: 29, OCTOBRE 1990

FABRICANT IMPORTATEUR	SAIA	SAIA	SCHLEICHER LENOIR AUTOMATISMES	SIEMENS	SIEMENS	TELEMECANIQUE
REFERENCE DU MODELE	PCAO	PCD4	PO2	S5-100 U (CPU 102)	S5-100 U (CPU 103)	TSX17-10
E/S Tout-Ou-Rien	64	512	256	256	256	120
E/S analogiques (maxi)	0	64	128	18	32	8
Temps d'exécution	70 ms/K	5 ms/K	2.5 ms/K	7 ms/K	1.8 ms/K	5 ms/K
CHASSIS DE BASE						
LxHxP (version minimum)	315x223x81 mm (compact)	318x188x140 mm	95x210x55 mm	91.5x182x127 mm	91.5x182x127 mm	200x110x112 mm
Nombres de modules		18	16	31	31	2
CHASSIS D'EXTENSION		5				
CAPACITES MEMOIRES						
Programme	8 Ko (RAM/EPROM)	64 Ko (RAM/EPROM)	2 K (EPROM)	4 K (RAM/EPROM/EEPROM)	20 Ko (RAM/EPROM/EEPROM)	4K (RAM, EPROM, EEPROM)
Données	4 Ko	16 Ko	8 K	4 K	20 Ko	8 K
Bits Internes	0,5 Kbits	8 Kbits	1,5 K	1 K	2 K bits	8 K
PROGRAMMATION			Grafcet	Grafcet	Grafcet	Grafcet
Langages évolués						
Console	Moniteur portable / PC	Moniteur portable / PC	Moniteur portable / PC	Moniteur portable / PC	Moniteur portable / PC	Moniteur portable / PC
COMMUNICATIONS	TTY	TTY-RS232-RS422 LAC	RS232	RS232 Boucle de courant Régulation PID	RS232 Boucle de courant Régulation PID	
CARTES DE FONCTIONS		Commande d'axe Comptage à 186 kHz	Commande d'axe Comptage à 100 kHz	Comptage 25 kHz (24 V) 500 kHz (5 V)	Comptage 25 kHz (24 V) 500 kHz (5 V)	
PRIX (128 E/S TOR)	5487 F	11 780 F	14 394 F	13 872 F	18 177 F	9800 F
SERVICE LECTEURS	2488	2500	2501	2502	2503	2504

Annexe A.3 tableau tab.3 (Choix final)

Les automates programmables industriels

	FESTO	TELEMECANIQUE
FABRICANT	FESTO	TELEMECANIQUE
IMPORTATEUR		
REFERENCE DU MODELE	FPC404	TSX17-10
E/S Tout-Ou-Rien	256	120
E/S analogiques (maxi)	64	8
Temps d'exécution	3 ms/K	5 ms/K
CHASSIS DE BASE		
LxHxP (version minimum)	120 x 120 x 200 mm	200x110x112 mm
Nombres de modules		2
CHASSIS D'EXTENSION		
CAPACITES MEMOIRES		
Programme	32 k	4K (RAM, EPROM, EEPROM)
Données	7,5 K	8 K
Bits Internes	8 K	8 K
PROGRAMMATION		Grafcet
Langages évolués	Grafcet Basic	
Console	PC	Moniteur portable / PC
COMMUNICATIONS	RS 232 C, Centronics IEEE 488, LAC PID, Basic Commande d'axe	
CARTES DE FONCTIONS	Comptage A 100 kHz	
PRIX (128 E/S TOR)	9 600 F 2486	9800 F 2504
SERVICE LECTEURS		

# SPECIFICATIONS TECHNIQUES

Désignation: TSX 17-20 3428F

Constructeur: TELEMECANIQUE

<b>FONCTIONS</b>	Applications logiques combinatoire et séquentielle
<b>ALIMENTATION</b>	Type 220/240 VCA, 50 Hz
<b>ENTREES/SORTIES T.O.R</b>	Entrées 24 VCC Sorties Relais
<b>FONCTIONS SPECIALES</b>	Type <ul style="list-style-type: none"> <li>* Horodateur intégré</li> <li>* Temporisateur analogique</li> <li>* Comptage à 2kHz</li> <li>* Entrées événementielles</li> </ul>
<b>COMMUNICATION</b>	Type <ul style="list-style-type: none"> <li>* Série asynchrone (RS 232)</li> <li>* Bus UNI-TELWAY</li> </ul>
<b>TAILLE MEMOIRE</b>	160 E/S T.O.R
<b>BLOCS</b>	* Configuration maximale
<b>MODULES</b>	1 base + 2 extensions
<b>COUPLEURS</b>	* 2 coupleurs série asynchrone
<b>CARACTERISTIQUES</b>	
<b>MEMOIRE PROCESSEUR</b>	24 Ko RAM interne
<b>MEMOIRE CATROUCHE</b>	24 Ko EPROM/EEPROM
<b>LOGICIEL</b>	LOGICIEL PL7.2 V3 (MICRO-CARTOUCHE TSX P17 20F) <ul style="list-style-type: none"> <li>* Structure bitâche</li> <li>* 2 langages: à contacts, Grafcet graphique</li> <li>* 2 blocs fonctions standards</li> <li>* Programmation sybolique, modification en RUN</li> </ul>

## DEVIS ESTMATIF

DESIGNATIONS	QUANTITE	PRIX UNITAIRE (H.T)	PRIX TOTAL (H.T)	TAXE GLOBALE 60%	PRIX TOTAL (T.T.C)
Automate de base TSX 172 3428F	1	432005	432005	259203	691208
Cartouche micro-logiciel TSX P17 20F	1	112635	112635	67581	180216
Extension d'entrées / sorties T.O.R TSX DMF 342A	2	207350	414700	248820	663520
Câble de raccordement TSX CCB 003	2	20425	40850	24510	65360
Adaptateur de fin ligne TSX 117 ACC 10 (pour le dernier bloc)	1	7480	7400	4488	11888
Terminal de poche	1	102000	120000	61200	181200
Onduleur EPSILON 250W	1	315000	315000	189000	504000
Montant total T.T.C Deux million deux cent quatre vingt dix sept mille trois cent quatre vingt douze francs CFA					<b><u>2297392</u></b>

### Annexe A.3 Tableau tab.7 Détermination du facteur $f_3$

Série des "n" paiements qui découleront d'une somme investie maintenant (A.N/V.A)<sup>n</sup>

Période:	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%
1	1.0100	1.0200	1.0300	1.0400	1.0500	1.0600	1.0700	1.0800	1.0900	1.1000	1.1100	1.1200
2	0.5075	0.5150	0.5226	0.5302	0.5378	0.5454	0.5531	0.5608	0.5685	0.5762	0.5839	0.5917
3	0.3400	0.3468	0.3535	0.3603	0.3672	0.3741	0.3811	0.3880	0.3951	0.4021	0.4092	0.4163
4	0.2563	0.2626	0.2690	0.2755	0.2820	0.2886	0.2952	0.3019	0.3087	0.3155	0.3223	0.3292
5	0.2060	0.2122	0.2184	0.2246	0.2310	0.2374	0.2439	0.2505	0.2571	0.2638	0.2706	0.2774
6	0.1725	0.1785	0.1846	0.1908	0.1970	0.2034	0.2098	0.2163	0.2229	0.2296	0.2364	0.2432
7	0.1486	0.1545	0.1605	0.1666	0.1728	0.1791	0.1856	0.1921	0.1987	0.2054	0.2122	0.2191
8	0.1307	0.1365	0.1425	0.1485	0.1547	0.1610	0.1675	0.1740	0.1807	0.1874	0.1943	0.2013
9	0.1167	0.1225	0.1284	0.1345	0.1407	0.1470	0.1535	0.1601	0.1668	0.1736	0.1806	0.1877
10	0.1056	0.1113	0.1172	0.1233	0.1295	0.1359	0.1424	0.1490	0.1558	0.1627	0.1698	0.1770
11	0.0965	0.1022	0.1081	0.1141	0.1204	0.1268	0.1334	0.1401	0.1469	0.1540	0.1611	0.1684
12	0.0888	0.0946	0.1005	0.1066	0.1128	0.1193	0.1259	0.1327	0.1397	0.1468	0.1540	0.1614
13	0.0824	0.0881	0.0940	0.1001	0.1065	0.1130	0.1197	0.1265	0.1336	0.1408	0.1482	0.1557
14	0.0769	0.0826	0.0885	0.0947	0.1010	0.1076	0.1143	0.1213	0.1284	0.1357	0.1432	0.1509
15	0.0721	0.0778	0.0838	0.0899	0.0963	0.1030	0.1098	0.1168	0.1241	0.1315	0.1391	0.1468
16	0.0679	0.0737	0.0796	0.0858	0.0923	0.0990	0.1059	0.1130	0.1203	0.1278	0.1355	0.1434
17	0.0643	0.0700	0.0760	0.0822	0.0887	0.0954	0.1024	0.1096	0.1170	0.1247	0.1325	0.1405
18	0.0610	0.0667	0.0727	0.0790	0.0855	0.0924	0.0994	0.1067	0.1142	0.1219	0.1298	0.1379
19	0.0581	0.0638	0.0698	0.0761	0.0827	0.0896	0.0968	0.1041	0.1117	0.1195	0.1276	0.1358
20	0.0554	0.0612	0.0672	0.0736	0.0802	0.0872	0.0944	0.1019	0.1095	0.1175	0.1256	0.1339
21	0.0530	0.0588	0.0649	0.0713	0.0780	0.0850	0.0923	0.0998	0.1076	0.1156	0.1238	0.1322
22	0.0509	0.0566	0.0627	0.0692	0.0760	0.0830	0.0904	0.0980	0.1059	0.1140	0.1223	0.1308
23	0.0489	0.0547	0.0608	0.0673	0.0741	0.0813	0.0887	0.0964	0.1044	0.1126	0.1210	0.1296
24	0.0471	0.0529	0.0590	0.0656	0.0725	0.0797	0.0872	0.0950	0.1030	0.1113	0.1198	0.1285
25	0.0454	0.0512	0.0574	0.0640	0.0710	0.0782	0.0858	0.0937	0.1018	0.1102	0.1187	0.1275
26	0.0439	0.0497	0.0559	0.0626	0.0696	0.0769	0.0846	0.0925	0.1007	0.1092	0.1178	0.1267
27	0.0424	0.0483	0.0546	0.0612	0.0683	0.0757	0.0834	0.0914	0.0997	0.1083	0.1170	0.1259
28	0.0411	0.0470	0.0533	0.0600	0.0671	0.0746	0.0824	0.0905	0.0989	0.1075	0.1163	0.1252
29	0.0399	0.0458	0.0521	0.0589	0.0660	0.0736	0.0814	0.0896	0.0981	0.1067	0.1156	0.1247
30	0.0387	0.0446	0.0510	0.0578	0.0651	0.0726	0.0806	0.0888	0.0973	0.1061	0.1150	0.1241
31	0.0377	0.0436	0.0500	0.0569	0.0641	0.0718	0.0798	0.0881	0.0967	0.1055	0.1145	0.1237
32	0.0367	0.0426	0.0490	0.0559	0.0633	0.0710	0.0791	0.0875	0.0961	0.1050	0.1140	0.1233
33	0.0357	0.0417	0.0482	0.0551	0.0625	0.0703	0.0784	0.0869	0.0956	0.1045	0.1136	0.1229
34	0.0348	0.0408	0.0473	0.0543	0.0618	0.0696	0.0778	0.0863	0.0951	0.1041	0.1133	0.1226
35	0.0340	0.0400	0.0465	0.0536	0.0611	0.0690	0.0772	0.0858	0.0946	0.1037	0.1129	0.1223
36	0.0332	0.0392	0.0458	0.0529	0.0604	0.0684	0.0767	0.0853	0.0942	0.1033	0.1126	0.1221
37	0.0325	0.0385	0.0451	0.0522	0.0598	0.0679	0.0762	0.0849	0.0939	0.1030	0.1124	0.1218
38	0.0318	0.0378	0.0445	0.0516	0.0593	0.0674	0.0758	0.0845	0.0935	0.1027	0.1121	0.1216
39	0.0311	0.0372	0.0438	0.0511	0.0588	0.0669	0.0754	0.0842	0.0932	0.1025	0.1119	0.1215
40	0.0305	0.0366	0.0433	0.0505	0.0583	0.0665	0.0750	0.0839	0.0930	0.1023	0.1117	0.1213
41	0.0299	0.0360	0.0427	0.0500	0.0578	0.0661	0.0747	0.0836	0.0927	0.1020	0.1115	0.1212
42	0.0293	0.0354	0.0422	0.0495	0.0574	0.0657	0.0743	0.0833	0.0925	0.1019	0.1114	0.1210
43	0.0287	0.0349	0.0417	0.0491	0.0570	0.0653	0.0740	0.0830	0.0923	0.1017	0.1113	0.1209
44	0.0282	0.0344	0.0412	0.0487	0.0566	0.0650	0.0738	0.0828	0.0921	0.1015	0.1111	0.1208
45	0.0277	0.0339	0.0408	0.0483	0.0563	0.0647	0.0735	0.0826	0.0919	0.1014	0.1110	0.1207
46	0.0272	0.0335	0.0404	0.0479	0.0559	0.0644	0.0733	0.0824	0.0917	0.1013	0.1109	0.1207
47	0.0268	0.0330	0.0400	0.0475	0.0556	0.0641	0.0730	0.0822	0.0916	0.1011	0.1108	0.1206
48	0.0263	0.0326	0.0396	0.0472	0.0553	0.0639	0.0728	0.0820	0.0915	0.1010	0.1107	0.1205
49	0.0259	0.0322	0.0392	0.0469	0.0550	0.0637	0.0726	0.0819	0.0913	0.1009	0.1107	0.1205
50	0.0255	0.0318	0.0389	0.0466	0.0548	0.0634	0.0725	0.0817	0.0912	0.1009	0.1106	0.1204

**Annexe A.3 Tableau tab.7 Détermination du facteur  $f_3$  (suite)**  
**Série des "n" paiements qui découleront d'une somme investie maintenant (A.N/V.A)<sup>n</sup>**

Périodes	13%	14%	15%	16%	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%
1	1.1300	1.1400	1.1500	1.1600	1.1700	1.1800	1.1900	1.2000	1.2100	1.2200	1.2300
2	0.5995	0.6073	0.6151	0.6230	0.6308	0.6387	0.6466	0.6545	0.6625	0.6705	0.6784
3	0.4235	0.4307	0.4380	0.4453	0.4526	0.4599	0.4673	0.4747	0.4822	0.4897	0.4972
4	0.3362	0.3432	0.3503	0.3574	0.3645	0.3717	0.3790	0.3863	0.3936	0.4010	0.4085
5	0.2843	0.2913	0.2983	0.3054	0.3126	0.3198	0.3271	0.3344	0.3418	0.3492	0.3567
6	0.2502	0.2572	0.2642	0.2714	0.2786	0.2859	0.2933	0.3007	0.3082	0.3158	0.3234
7	0.2261	0.2332	0.2404	0.2476	0.2549	0.2624	0.2699	0.2774	0.2851	0.2928	0.3006
8	0.2084	0.2156	0.2229	0.2302	0.2377	0.2452	0.2529	0.2606	0.2684	0.2763	0.2843
9	0.1949	0.2022	0.2096	0.2171	0.2247	0.2324	0.2402	0.2481	0.2561	0.2641	0.2722
10	0.1843	0.1917	0.1993	0.2069	0.2147	0.2225	0.2305	0.2385	0.2467	0.2549	0.2632
11	0.1758	0.1834	0.1911	0.1989	0.2068	0.2148	0.2229	0.2311	0.2394	0.2478	0.2563
12	0.1690	0.1767	0.1845	0.1924	0.2005	0.2086	0.2169	0.2253	0.2337	0.2423	0.2509
13	0.1634	0.1712	0.1791	0.1872	0.1954	0.2037	0.2121	0.2206	0.2292	0.2379	0.2467
14	0.1587	0.1666	0.1747	0.1829	0.1912	0.1997	0.2082	0.2169	0.2256	0.2345	0.2434
15	0.1547	0.1628	0.1710	0.1794	0.1878	0.1964	0.2051	0.2139	0.2228	0.2317	0.2408
16	0.1514	0.1596	0.1679	0.1764	0.1850	0.1937	0.2025	0.2114	0.2204	0.2295	0.2387
17	0.1486	0.1569	0.1654	0.1740	0.1827	0.1915	0.2004	0.2094	0.2186	0.2278	0.2370
18	0.1462	0.1546	0.1632	0.1719	0.1807	0.1896	0.1987	0.2078	0.2170	0.2263	0.2357
19	0.1441	0.1527	0.1613	0.1701	0.1791	0.1881	0.1972	0.2065	0.2158	0.2251	0.2346
20	0.1424	0.1510	0.1598	0.1687	0.1777	0.1868	0.1960	0.2054	0.2147	0.2242	0.2337
21	0.1408	0.1495	0.1584	0.1674	0.1765	0.1857	0.1951	0.2044	0.2139	0.2234	0.2330
22	0.1395	0.1483	0.1573	0.1664	0.1756	0.1848	0.1942	0.2037	0.2132	0.2228	0.2324
23	0.1383	0.1472	0.1563	0.1654	0.1747	0.1841	0.1935	0.2031	0.2127	0.2223	0.2320
24	0.1373	0.1463	0.1554	0.1647	0.1740	0.1835	0.1930	0.2025	0.2122	0.2219	0.2316
25	0.1364	0.1455	0.1547	0.1640	0.1734	0.1829	0.1925	0.2021	0.2118	0.2215	0.2313
26	0.1357	0.1448	0.1541	0.1634	0.1729	0.1825	0.1921	0.2018	0.2115	0.2213	0.2311
27	0.1350	0.1442	0.1535	0.1630	0.1725	0.1821	0.1917	0.2015	0.2112	0.2210	0.2309
28	0.1344	0.1437	0.1531	0.1625	0.1721	0.1818	0.1915	0.2012	0.2110	0.2208	0.2307
29	0.1339	0.1432	0.1527	0.1622	0.1718	0.1815	0.1912	0.2010	0.2108	0.2207	0.2306
30	0.1334	0.1428	0.1523	0.1619	0.1715	0.1813	0.1910	0.2008	0.2107	0.2206	0.2305
31	0.1330	0.1425	0.1520	0.1616	0.1713	0.1811	0.1909	0.2007	0.2106	0.2205	0.2304
32	0.1327	0.1421	0.1517	0.1614	0.1711	0.1809	0.1907	0.2006	0.2105	0.2204	0.2303
33	0.1323	0.1419	0.1515	0.1612	0.1710	0.1808	0.1906	0.2005	0.2104	0.2203	0.2302
34	0.1321	0.1416	0.1513	0.1610	0.1708	0.1806	0.1905	0.2004	0.2103	0.2203	0.2302
35	0.1318	0.1414	0.1511	0.1609	0.1707	0.1806	0.1904	0.2003	0.2103	0.2202	0.2302
36	0.1316	0.1413	0.1510	0.1608	0.1706	0.1805	0.1904	0.2003	0.2102	0.2202	0.2301
37	0.1314	0.1411	0.1509	0.1607	0.1705	0.1804	0.1903	0.2002	0.2102	0.2201	0.2301
38	0.1313	0.1410	0.1507	0.1606	0.1704	0.1803	0.1903	0.2002	0.2102	0.2201	0.2301
39	0.1311	0.1409	0.1506	0.1605	0.1704	0.1803	0.1902	0.2002	0.2101	0.2201	0.2301
40	0.1310	0.1407	0.1506	0.1604	0.1703	0.1802	0.1902	0.2001	0.2101	0.2201	0.2301
41	0.1309	0.1407	0.1505	0.1604	0.1703	0.1802	0.1902	0.2001	0.2101	0.2201	0.2300
42	0.1308	0.1406	0.1504	0.1603	0.1702	0.1802	0.1901	0.2001	0.2101	0.2201	0.2300
43	0.1307	0.1405	0.1504	0.1603	0.1702	0.1801	0.1901	0.2001	0.2101	0.2200	0.2300
44	0.1306	0.1404	0.1503	0.1602	0.1702	0.1801	0.1901	0.2001	0.2100	0.2200	0.2300
45	0.1305	0.1404	0.1503	0.1602	0.1701	0.1801	0.1901	0.2001	0.2100	0.2200	0.2300
46	0.1305	0.1403	0.1502	0.1602	0.1701	0.1801	0.1901	0.2000	0.2100	0.2200	0.2300
47	0.1304	0.1403	0.1502	0.1601	0.1701	0.1801	0.1901	0.2000	0.2100	0.2200	0.2300
48	0.1304	0.1403	0.1502	0.1601	0.1701	0.1801	0.1900	0.2000	0.2100	0.2200	0.2300
49	0.1303	0.1402	0.1502	0.1601	0.1701	0.1801	0.1900	0.2000	0.2100	0.2200	0.2300
50	0.1303	0.1402	0.1501	0.1601	0.1701	0.1800	0.1900	0.2000	0.2100	0.2200	0.2300

### Annexe A.3 Tableau tab.7 Détermination du facteur $f_3$ (fin)

Série des "n" paiements qui découleront d'une somme investie maintenant (A.N/V.A)<sup>n</sup>

Période:	24%	25%	26%	27%	28%	29%	30%	35%	40%	45%	50%
1	1.2400	1.2500	1.2600	1.2700	1.2800	1.2900	1.3000	1.3500	1.4000	1.4500	1.5000
2	0.6864	0.6944	0.7025	0.7105	0.7186	0.7267	0.7348	0.7755	0.8167	0.8582	0.9000
3	0.5047	0.5123	0.5199	0.5275	0.5352	0.5429	0.5506	0.5897	0.6294	0.6697	0.7105
4	0.4159	0.4234	0.4310	0.4386	0.4462	0.4539	0.4616	0.5008	0.5408	0.5816	0.6231
5	0.3642	0.3718	0.3795	0.3872	0.3949	0.4027	0.4106	0.4505	0.4914	0.5332	0.5758
6	0.3311	0.3388	0.3466	0.3545	0.3624	0.3704	0.3784	0.4193	0.4613	0.5043	0.5481
7	0.3084	0.3163	0.3243	0.3324	0.3405	0.3486	0.3569	0.3988	0.4419	0.4861	0.5311
8	0.2923	0.3004	0.3086	0.3168	0.3251	0.3335	0.3419	0.3849	0.4291	0.4743	0.5203
9	0.2805	0.2888	0.2971	0.3056	0.3140	0.3226	0.3312	0.3752	0.4203	0.4665	0.5134
10	0.2716	0.2801	0.2886	0.2972	0.3059	0.3147	0.3235	0.3683	0.4143	0.4612	0.5088
11	0.2649	0.2735	0.2822	0.2910	0.2998	0.3088	0.3177	0.3634	0.4101	0.4577	0.5058
12	0.2596	0.2684	0.2773	0.2863	0.2953	0.3043	0.3135	0.3598	0.4072	0.4553	0.5039
13	0.2556	0.2645	0.2736	0.2826	0.2918	0.3010	0.3102	0.3572	0.4051	0.4536	0.5026
14	0.2524	0.2615	0.2706	0.2799	0.2891	0.2984	0.3078	0.3553	0.4036	0.4525	0.5017
15	0.2499	0.2591	0.2684	0.2777	0.2871	0.2965	0.3060	0.3539	0.4026	0.4517	0.5011
16	0.2479	0.2572	0.2666	0.2760	0.2855	0.2950	0.3046	0.3529	0.4018	0.4512	0.5008
17	0.2464	0.2558	0.2652	0.2747	0.2843	0.2939	0.3035	0.3521	0.4013	0.4508	0.5005
18	0.2451	0.2546	0.2641	0.2737	0.2833	0.2930	0.3027	0.3516	0.4009	0.4506	0.5003
19	0.2441	0.2537	0.2633	0.2729	0.2826	0.2923	0.3021	0.3512	0.4007	0.4504	0.5002
20	0.2433	0.2529	0.2626	0.2723	0.2820	0.2918	0.3016	0.3509	0.4005	0.4503	0.5002
21	0.2426	0.2523	0.2620	0.2718	0.2816	0.2914	0.3012	0.3506	0.4003	0.4502	0.5001
22	0.2421	0.2519	0.2616	0.2714	0.2812	0.2911	0.3009	0.3505	0.4002	0.4501	0.5001
23	0.2417	0.2515	0.2613	0.2711	0.2810	0.2908	0.3007	0.3504	0.4002	0.4501	0.5000
24	0.2414	0.2512	0.2610	0.2709	0.2808	0.2906	0.3006	0.3503	0.4001	0.4501	0.5000
25	0.2411	0.2509	0.2608	0.2707	0.2806	0.2905	0.3004	0.3502	0.4001	0.4500	0.5000
26	0.2409	0.2508	0.2606	0.2705	0.2805	0.2904	0.3003	0.3501	0.4001	0.4500	0.5000
27	0.2407	0.2506	0.2605	0.2704	0.2804	0.2903	0.3003	0.3501	0.4000	0.4500	0.5000
28	0.2406	0.2505	0.2604	0.2703	0.2803	0.2902	0.3002	0.3501	0.4000	0.4500	0.5000
29	0.2405	0.2504	0.2603	0.2703	0.2802	0.2902	0.3001	0.3501	0.4000	0.4500	0.5000
30	0.2404	0.2503	0.2603	0.2702	0.2802	0.2901	0.3001	0.3500	0.4000	0.4500	0.5000
31	0.2403	0.2502	0.2602	0.2702	0.2801	0.2901	0.3001	0.3500	0.4000	0.4500	0.5000
32	0.2402	0.2502	0.2602	0.2701	0.2801	0.2901	0.3001	0.3500	0.4000	0.4500	0.5000
33	0.2402	0.2502	0.2601	0.2701	0.2801	0.2901	0.3001	0.3500	0.4000	0.4500	0.5000
34	0.2402	0.2501	0.2601	0.2701	0.2801	0.2901	0.3000	0.3500	0.4000	0.4500	0.5000
35	0.2401	0.2501	0.2601	0.2701	0.2800	0.2900	0.3000	0.3500	0.4000	0.4500	0.5000
36	0.2401	0.2501	0.2601	0.2700	0.2800	0.2900	0.3000	0.3500	0.4000	0.4500	0.5000
37	0.2401	0.2501	0.2601	0.2700	0.2800	0.2900	0.3000	0.3500	0.4000	0.4500	0.5000
38	0.2401	0.2501	0.2600	0.2700	0.2800	0.2900	0.3000	0.3500	0.4000	0.4500	0.5000
39	0.2401	0.2500	0.2600	0.2700	0.2800	0.2900	0.3000	0.3500	0.4000	0.4500	0.5000
40	0.2400	0.2500	0.2600	0.2700	0.2800	0.2900	0.3000	0.3500	0.4000	0.4500	0.5000
41	0.2400	0.2500	0.2600	0.2700	0.2800	0.2900	0.3000	0.3500	0.4000	0.4500	0.5000
42	0.2400	0.2500	0.2600	0.2700	0.2800	0.2900	0.3000	0.3500	0.4000	0.4500	0.5000
43	0.2400	0.2500	0.2600	0.2700	0.2800	0.2900	0.3000	0.3500	0.4000	0.4500	0.5000
44	0.2400	0.2500	0.2600	0.2700	0.2800	0.2900	0.3000	0.3500	0.4000	0.4500	0.5000
45	0.2400	0.2500	0.2600	0.2700	0.2800	0.2900	0.3000	0.3500	0.4000	0.4500	0.5000
46	0.2400	0.2500	0.2600	0.2700	0.2800	0.2900	0.3000	0.3500	0.4000	0.4500	0.5000
47	0.2400	0.2500	0.2600	0.2700	0.2800	0.2900	0.3000	0.3500	0.4000	0.4500	0.5000
48	0.2400	0.2500	0.2600	0.2700	0.2800	0.2900	0.3000	0.3500	0.4000	0.4500	0.5000
49	0.2400	0.2500	0.2600	0.2700	0.2800	0.2900	0.3000	0.3500	0.4000	0.4500	0.5000
50	0.2400	0.2500	0.2600	0.2700	0.2800	0.2900	0.3000	0.3500	0.4000	0.4500	0.5000



### Annexe A.3 Tableau tab.8 Détermination du facteur $f_4$

Série des "n" paiements qui accumuleront telle somme donnée à la fin de "n" années

Période:	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%
1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2	0.4975	0.4950	0.4926	0.4902	0.4878	0.4854	0.4831	0.4808	0.4785	0.4762	0.4739	0.4717
3	0.3300	0.3268	0.3235	0.3203	0.3172	0.3141	0.3111	0.3080	0.3051	0.3021	0.2992	0.2963
4	0.2463	0.2426	0.2390	0.2355	0.2320	0.2286	0.2252	0.2219	0.2187	0.2155	0.2123	0.2092
5	0.1960	0.1922	0.1884	0.1846	0.1810	0.1774	0.1739	0.1705	0.1671	0.1638	0.1606	0.1574
6	0.1625	0.1585	0.1546	0.1508	0.1470	0.1434	0.1398	0.1363	0.1329	0.1296	0.1264	0.1232
7	0.1386	0.1345	0.1305	0.1266	0.1228	0.1191	0.1156	0.1121	0.1087	0.1054	0.1022	0.0991
8	0.1207	0.1165	0.1125	0.1085	0.1047	0.1010	0.0975	0.0940	0.0907	0.0874	0.0843	0.0813
9	0.1067	0.1025	0.0984	0.0945	0.0907	0.0870	0.0835	0.0801	0.0768	0.0736	0.0706	0.0677
10	0.0956	0.0913	0.0872	0.0833	0.0795	0.0759	0.0724	0.0690	0.0658	0.0627	0.0598	0.0570
11	0.0865	0.0822	0.0781	0.0741	0.0704	0.0668	0.0634	0.0601	0.0569	0.0540	0.0511	0.0484
12	0.0788	0.0746	0.0705	0.0666	0.0628	0.0593	0.0559	0.0527	0.0497	0.0468	0.0440	0.0414
13	0.0724	0.0681	0.0640	0.0601	0.0565	0.0530	0.0497	0.0465	0.0436	0.0408	0.0382	0.0357
14	0.0669	0.0626	0.0585	0.0547	0.0510	0.0476	0.0443	0.0413	0.0384	0.0357	0.0332	0.0309
15	0.0621	0.0578	0.0538	0.0499	0.0463	0.0430	0.0398	0.0368	0.0341	0.0315	0.0291	0.0268
16	0.0579	0.0537	0.0496	0.0458	0.0423	0.0390	0.0359	0.0330	0.0303	0.0278	0.0255	0.0234
17	0.0543	0.0500	0.0460	0.0422	0.0387	0.0354	0.0324	0.0296	0.0270	0.0247	0.0225	0.0205
18	0.0510	0.0467	0.0427	0.0390	0.0355	0.0324	0.0294	0.0267	0.0242	0.0219	0.0198	0.0179
19	0.0481	0.0438	0.0398	0.0361	0.0327	0.0296	0.0268	0.0241	0.0217	0.0195	0.0176	0.0158
20	0.0454	0.0412	0.0372	0.0336	0.0302	0.0272	0.0244	0.0219	0.0195	0.0175	0.0156	0.0139
21	0.0430	0.0388	0.0349	0.0313	0.0280	0.0250	0.0223	0.0198	0.0176	0.0156	0.0138	0.0122
22	0.0409	0.0366	0.0327	0.0292	0.0260	0.0230	0.0204	0.0180	0.0159	0.0140	0.0123	0.0108
23	0.0389	0.0347	0.0308	0.0273	0.0241	0.0213	0.0187	0.0164	0.0144	0.0126	0.0110	0.0096
24	0.0371	0.0329	0.0290	0.0256	0.0225	0.0197	0.0172	0.0150	0.0130	0.0113	0.0098	0.0085
25	0.0354	0.0312	0.0274	0.0240	0.0210	0.0182	0.0158	0.0137	0.0118	0.0102	0.0087	0.0075
26	0.0339	0.0297	0.0259	0.0226	0.0196	0.0169	0.0146	0.0125	0.0107	0.0092	0.0078	0.0067
27	0.0324	0.0283	0.0246	0.0212	0.0183	0.0157	0.0134	0.0114	0.0097	0.0083	0.0070	0.0059
28	0.0311	0.0270	0.0233	0.0200	0.0171	0.0146	0.0124	0.0105	0.0089	0.0075	0.0063	0.0052
29	0.0299	0.0258	0.0221	0.0189	0.0160	0.0136	0.0114	0.0096	0.0081	0.0067	0.0056	0.0047
30	0.0287	0.0246	0.0210	0.0178	0.0151	0.0126	0.0106	0.0088	0.0073	0.0061	0.0050	0.0041
31	0.0277	0.0236	0.0200	0.0169	0.0141	0.0118	0.0098	0.0081	0.0067	0.0055	0.0045	0.0037
32	0.0267	0.0226	0.0190	0.0159	0.0133	0.0110	0.0091	0.0075	0.0061	0.0050	0.0040	0.0033
33	0.0257	0.0217	0.0182	0.0151	0.0125	0.0103	0.0084	0.0069	0.0056	0.0045	0.0036	0.0029
34	0.0248	0.0208	0.0173	0.0143	0.0118	0.0096	0.0078	0.0063	0.0051	0.0041	0.0033	0.0026
35	0.0240	0.0200	0.0165	0.0136	0.0111	0.0090	0.0072	0.0058	0.0046	0.0037	0.0029	0.0023
36	0.0232	0.0192	0.0158	0.0129	0.0104	0.0084	0.0067	0.0053	0.0042	0.0033	0.0026	0.0021
37	0.0225	0.0185	0.0151	0.0122	0.0098	0.0079	0.0062	0.0049	0.0039	0.0030	0.0024	0.0018
38	0.0218	0.0178	0.0145	0.0116	0.0093	0.0074	0.0058	0.0045	0.0035	0.0027	0.0021	0.0016
39	0.0211	0.0172	0.0138	0.0111	0.0088	0.0069	0.0054	0.0042	0.0032	0.0025	0.0019	0.0015
40	0.0205	0.0166	0.0133	0.0105	0.0083	0.0065	0.0050	0.0039	0.0030	0.0023	0.0017	0.0013
41	0.0199	0.0160	0.0127	0.0100	0.0078	0.0061	0.0047	0.0036	0.0027	0.0020	0.0015	0.0012
42	0.0193	0.0154	0.0122	0.0095	0.0074	0.0057	0.0043	0.0033	0.0025	0.0019	0.0014	0.0010
43	0.0187	0.0149	0.0117	0.0091	0.0070	0.0053	0.0040	0.0030	0.0023	0.0017	0.0013	0.0009
44	0.0182	0.0144	0.0112	0.0087	0.0066	0.0050	0.0038	0.0028	0.0021	0.0015	0.0011	0.0008
45	0.0177	0.0139	0.0108	0.0083	0.0063	0.0047	0.0035	0.0026	0.0019	0.0014	0.0010	0.0007
46	0.0172	0.0135	0.0104	0.0079	0.0059	0.0044	0.0033	0.0024	0.0017	0.0013	0.0009	0.0007
47	0.0168	0.0130	0.0100	0.0075	0.0056	0.0041	0.0030	0.0022	0.0016	0.0011	0.0008	0.0006
48	0.0163	0.0126	0.0096	0.0072	0.0053	0.0039	0.0028	0.0020	0.0015	0.0010	0.0007	0.0005
49	0.0159	0.0122	0.0092	0.0069	0.0050	0.0037	0.0026	0.0019	0.0013	0.0009	0.0007	0.0005
50	0.0155	0.0118	0.0089	0.0066	0.0048	0.0034	0.0025	0.0017	0.0012	0.0009	0.0006	0.0004





## A4 LISTING DES PROGRAMMES

77777777777777777777777777777777  
77777777777777777777777777777777  
77

TTTTTTTTTTTT	SSSSSSSSSS	77	XX	X
TT	SS	777	XX	X
TT	SS	777	XX	X
TT	SSSSSSSSSS		XX	
TT		7SS	X	XX
TT		77SS	X	XX
TT	SSSSSSSSSS		X	XX
		77777		
		77777		
		77777		
		77777		

Titre : INTRODUCTION DES API SUR LES LOCO DIESEL-ELEC A L'O.T.P.

	-----societe-----	---departement--	--responsable---
Concepteur :	E.P.T.	GENIE E.M	Kangni B. KINVI
Utilisateur :	O.T.P.	S.E.M/S.E.E	Sossavi AFANOU
Maintenance :	"	"	" "

+REV.+	---DATE---	-----REVISION-----	---CONCEPTEUR---	---REALISATION---











	B17	B15	B23
			( )
	00,3		B34
			( )
B23	B0		
	/		

```

+-----application-----+rev+---date---+page+
| LDC017 /..... | PROG: MAST | | 29/7 /92 | 7- 4|
+---Telemecanique-/-TSX-----+-----+-----+ 20+

```

```

** LABEL 16 CONT.DE LIGNE
   B23 B23 I1,13 01,3
|-----|-----|-----|-----|
| | | | |
| B34 | | I1,15 | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | I1,14 01,6
|-----|-----|-----|-----|
| | | | |
| | | | I1,15 |
|-----|-----|-----|-----|

```

```

** LABEL 17 CONT.DE LIGNE
   B23 B23 I1,16 01,4
|-----|-----|-----|-----|
| | | | |
| B34 | | I1,18 | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | I1,17 01,5
|-----|-----|-----|-----|
| | | | |
| | | | I1,18 |
|-----|-----|-----|-----|

```

```

** LABEL 18 EXCITATIONS
   B0 B23 B17 00,3
|-----|-----|-----|-----|
| | | | |

```



```

| IO,12 | B22 | B14 | B19 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| I1,8 | B2 | IO,16 | | B19 | B22 |
|-----|-----|-----|-----|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|

```

```

+-----application-----+-----rev-----+-----date-----+-----page-----+
| LOCO17 /..... | PROG: MAST | | 29/7 /92 | 7- 6 |
+---Telemecanique---/TSX-----+-----+-----+----- 22-+

```

```

** LABEL 22 ANTIPAT/SURTENS
IO,11 B19 B13
|-----|-----|-----|-----|
| | | | |
| IO,12 B22 |
|-----|-----|-----|-----|
| IO,17 | D1,0 |
|-----|-----|-----|-----|
| B25 |
|-----|-----|-----|-----|

```

```

** LABEL 23 STOP SUR CRAN
I1,9 B1 B2 B14 B14
|-----|-----|-----|-----|
| | | | |
| | | | |
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| B13 | | | | |
| | | | |
| | | | |
|-----|-----|-----|-----|

```

```

| T,P: 15 |
| MODIF: Y |
|         |
+-----+

```

```

** LABEL      24          ANTIPAT & SURT          02,6
  11,13      12,4
|---|/|---+---| |---+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 11,14 |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---|/|---+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 11,16      12,5 |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---|/|---+---| |---+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 11,17 |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---|/|---+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```

```

+-----application-----+-----rev-----+-----date-----+-----page-----+
| LOCO17 /..... | PROG: MAST | | 29/7 /92 | 7- 71
+---Telemecanique-/-TSX---+-----+-----+-----+-----+

```

```

** LABEL      25          ANTIPAT & SUR          B1
  02,6
|---| |---+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 11,12 |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---| |---+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 02,6 |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---| |---+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
+-----+

```

```

** LABEL      26          ECHAFT.DIESEL          B28
  12,3
|---|/|-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```



```

** LABEL      29          SHUNTAGE
   B37      01,8      B32                                02,7
|---|/|-----| |---+---| |-----|-----|-----|-----|-----|
|
| 02,7
|---| |-----+
|
| 02,7                                01,1
|---| |-----+---| |-----|-----|-----|-----|-----|
|
| B25
|---| |-----+

```

```

** LABEL      30          SABL.& REG.COMP
   11,10     B35          B4                                02,2
|---| |-----|/|---+---| |-----|-----|-----|-----|-----|
|
|          B35          | B4                                02,3
|-----| |-----+---|/|-----|-----|-----|-----|-----|
|
| 11,10                                01,10
|---| |-----+---| |-----|-----|-----|-----|-----|
|
| 12,2
|---|/|-----+

```

```

+-----application-----+-----rev-----+-----date-----+-----page-----+
| LOCD17 /..... | PROG: MAST | | 29/7 /92 | 7- 91
+---Telemecanique-/-TSX-+-----+-----+-----+----- 25---+

```

```

** LABEL      31          AVER.HM&FR.URG.
   10,19     10,9                                B10
|---| |-----+---| |-----|-----|-----|-----|-----|
|
|          10,2
|-----| |-----+
|
|
|
|

```

B9

01,11

```

** LABEL 32          TEMPO.V.AUTO
   B11                E+---T5---+D                               E11
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B19                | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B19    B22          | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | B22    B10        | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

```

```

** LABEL 33          TEMPO.V.AUTO
   B12                E+---T6---+D                               B12
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B19    B10          | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B19    B22          | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | B22    B10        | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

```

```

+-----application-----+-----rev-----+-----date-----+-----page-----+
| LOCO17 /..... | PROG: MAST | | 29/7 /92 | 7- 10 |
+-----Telemecanique-/TSX-----+-----+-----+-----+-----+

```

```

** LABEL 34          COM.AVER.H.MORT
   B11    B10
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

```



B12	B10	B11	B12	E+---T7---+D	B7
/ /					( )
	B24			ITB: 1s	
				CI	IR
				IT,P: 8	
	B7			MODIF: Y	

\*\* LABEL 35 INT.COUP.TRACT.

B7	E+---TB---+D	B8
/ /		( )
	ITB: 1s	
B8	CI	IR
		B15
		B8
	IT,P: 4	
	MODIF: Y	
		B9
		/ /
		I1,11

END OF PROGRAM





777777777777777777777777777777  
777777777777777777777777777777  
77

TTTTTTTTTTTT	SSSSSSSSSS	77	XX	X
TT	SS	777	XX	X
TT	SS	777	XX	X
TT	SSSSSSSSSS		XX	
TT		7SS	X	XX
TT		77SS	X	XX
TT	SSSSSSSSSS		X	XX
		77777		
		777777		
		7777777		
		7777777		

Titre :

-----societe-----	---departement--	--responsable---
-------------------	------------------	------------------

Concepteur :  
 Utilisateur :  
 Maintenance :

+REV.+	DATE	REVISION	CONCEPTEUR	REALISATION

```

** LABEL 40 INITIALISATION SY0
SY1 -----(S)-|
| | |

```

```

** LABEL 1 PROGRAMME BO
.0,D -----( )-|
| | |
| | |
| .0,6 B25 (
| | |-----|
| | |
| | |
| .0,7 .6,9 (
| | |-----|
| | |

```

```

** LABEL 2 LANCEMENT BO B29 B16
.1,2 .0,3 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | .0,3 .0,4 | | .4,1 | .4,0 | .4,1 |
| | | +---|/|-----| |---+ +---| |---+ | |-----|
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| B16 | B29 | | | | | .4,0 |
| | | | | | | | | | | | |-----|
| | | | | | | | | | | | |
| .4,0 | | .4,1 | | | | | | |
| | | +---| |---+ | | | | | | |

```

```

** LABEL 3 SURVITESSE B30 B31 B29
B16 .2,9 -----( )-|
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| B30 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| B31 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| B29 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |-----|
| | | | | | | | | | | |

```



```

** LABEL 7          RELAIS DE PROT.
   B3      .2,D                      B21
|---|/|-----|/|-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|                                     |                                     |
|                                     |                                     |
|   B16      B30      B21      |                                     |
|---|/|-----| |-----| |-----+-----+-----+-----+-----+
|                                     |                                     |
|                                     |                                     |
|   B3      .2,D      .2,C                      B20
|---|/|-----| |-----|/|-----+-----+-----+-----+-----+
|                                     |                                     |
|                                     |                                     |
|   B16      B30      B20      |                                     |
|---|/|-----| |-----| |-----+-----+-----+-----+-----+

```

```

** LABEL 8          SIGNALISATION
                                     B28                      .4,7
|-----+-----|/|-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|                                     |                                     | | | |
|                                     |                                     |
|   B25      |   B29      |                                     |
|---| |---+      +---|/|---+                                     |
|                                     |                                     |
|                                     |                                     |
|   B30      |                                     |
|---|/|-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|                                     |                                     |
|                                     |                                     |
|   B31      |                                     |
|---|/|-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```

```

** LABEL 9          SIGNALISATION
   B17                      .5,2
|---|/|-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|                                     |                                     | |
|                                     |                                     |
|   B25      |                                     |
|---| |---+                                     |
|                                     |                                     |
|                                     |                                     |
|   B20      |                                     |
|---| |---+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|                                     |                                     |
|                                     |                                     |
|   B25      |                                     |
|---| |---+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```





		B17		B15			B23	
		.4,3					B34	
B23		B0						

```

-----application-----+-----rev-----+-----date-----+-----page-----+
| LOCO472/KIN47          | PROG: MAST          |          | 29/7 /92 | 7- 4 |
+---Telemecanique-/-TSX-----+-----+-----+-----+-----+

```

** LABEL	15	CONT.DE LIGNE		
B23	B23	.2,3		.5,7
B34		.2,5		
		.2,4		.6,2
		.2,5		

** LABEL	16	CONT.DE LIGNE		
B23	B23	.2,6		.6,0
B34		.2,8		
		.2,7		.6,1
		.2,8		

** LABEL	17	EXCITATIONS		
B0	B23	B17		.4,3

```

.4,3 |
|---| |---+
|
|
| .1,B      B9      B0                                B5 |
|---| |---| |---+-----| |---+-----| |---+-----| |---+-----|
|
|
|      B5 |
|
| +---| |---+

```

```

+-----application-----+-----rev-----+-----date-----+-----page-----+
| LOC0472/KIN47           | PROG: MAST       | 29/7 /92 | 7- 5|
+---Telemecanique-/-TSX--+-----+-----+-----+-----+

```

```

** LABEL 18          EXCITATIONS
.1,B      B5      .4,3      .0,B      .0,E      B29                                .4,2
|---| |---| |---+-----| |---+-----| |---+-----| |---+-----|
|
|
|      B28      B6      B1                                B2 |
|      +---| |---+-----| |---+-----| |---+-----| |---+-----|
|
|
|      B6      |
|      +---| |---+
|
|
| .4,2 |
|---| |---+-----| |---+-----| |---+-----| |---+-----|

```

```

** LABEL 19          COM. VITESSE
.1,D      .0,F      B2      B22                                B19
|---| |---| |---+-----| |---+-----| |---+-----| |---+-----|
|
|
| .0,B      B19      B14      B2                                .6,C |
|---| |---| |---+-----| |---+-----| |---+-----| |---+-----|
|
|
| .0,C      B22 |
|---| |---+-----| |---+-----| |---+-----| |---+-----|

```

```

** LABEL 20          COM. VITESSE
.0,B      B19                                .6,D
|---| |---+-----| |---+-----| |---+-----| |---+-----|

```









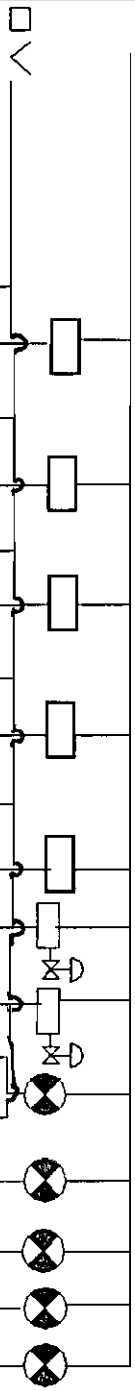






A5 DOCUMENT DE REALISATION

72V



110/220V

●  $\frac{1}{2}$  ● N ● L ● C0 ● 0 ● C1 ● 1 ● C2 ● 2 ● C3 ● 3 ● C4 ● 4 ● 5 ● 6 ● 7 ● C5 ● 8 ● 9 ● 10 ● 11 ● 24 ● 25

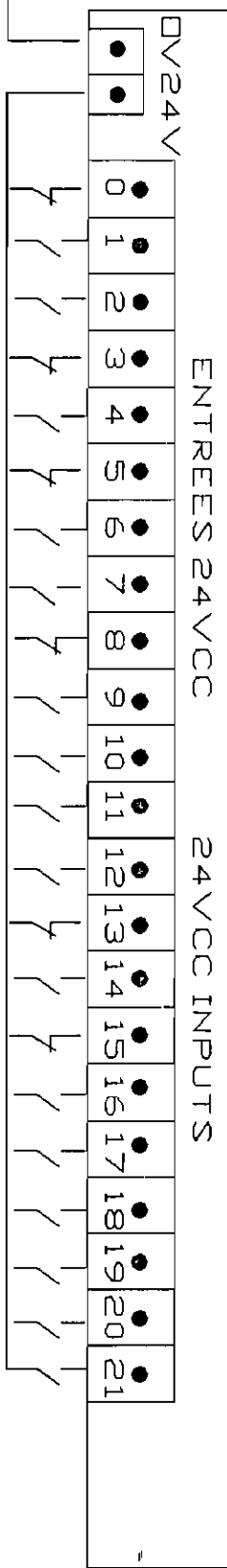
SORTIES RELAIS RELAY OUTPUTS

INPUTS

TELEMECANIQUE

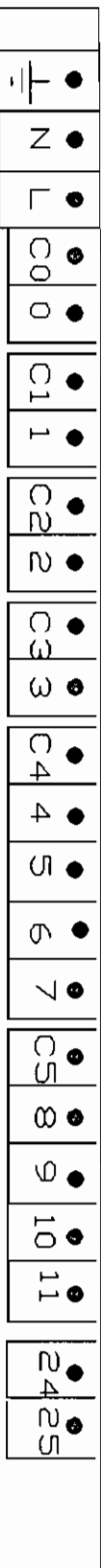
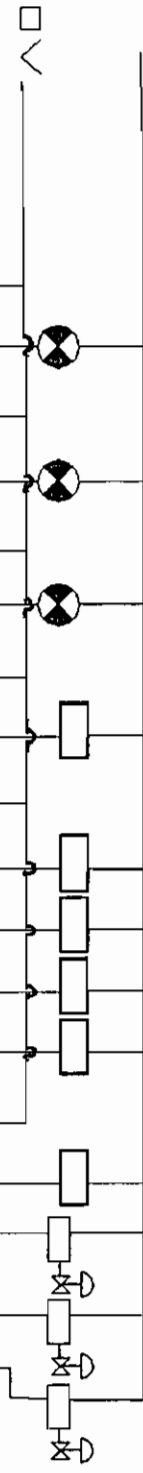
TSX 17

BLOC 0



REV	DATE	MODIFICATION	DESSINE	VERIFIE	REV.	DATE	MODIFICATION	DESSINE	VERIFIE
1			K.KINVI	ISABATIN	4				
PLAN No:			LOCOMOTIVE DIESEL-ELECTRIQUE BB				SOCIETE: O.T.P		
FOLIO 1/3			SCHEMA DE CABLAGE DES ENTREES - SORTIES				BUREAU: E.P.T		

72V



110/220V

SORTIES RELAIS

RELAY OUTPUTS

INPUTS

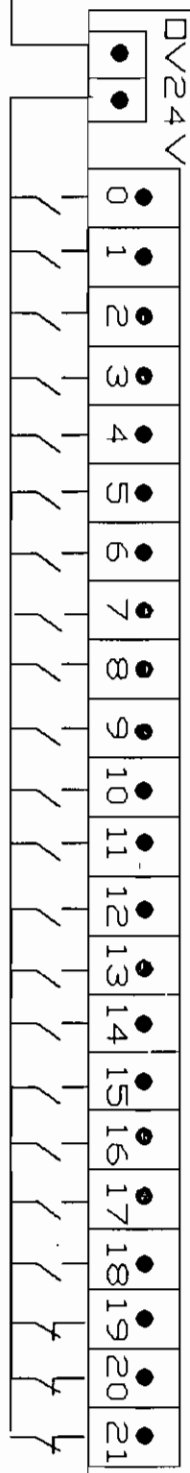
TELEMECANIQUE

TSX 17

BLOC1

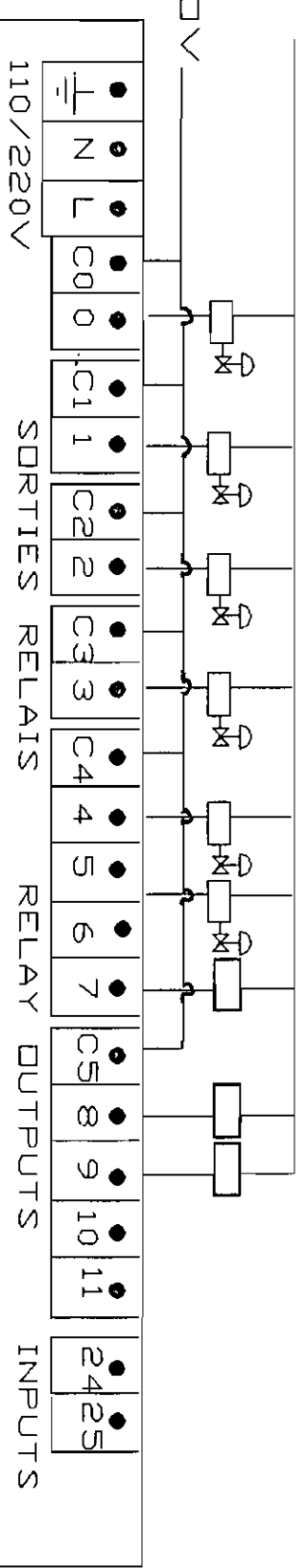
ENTREES 24VCC

24VCC INPUTS



3						6					
2						5					
1						4					
REV	DATE	MODIFICATION			REV.	DATE	MODIFICATION			DESSEIN	VERIFIE
PLAN No:				LOCOMOTIVE DIESEL-ELECTRIQUE BB				SOCIETE: O.T.P			
FOLIO 2/3				SCHEMA DE CABLAGE DES ENTREES - SORTIES				BUREAU: E.P.T			

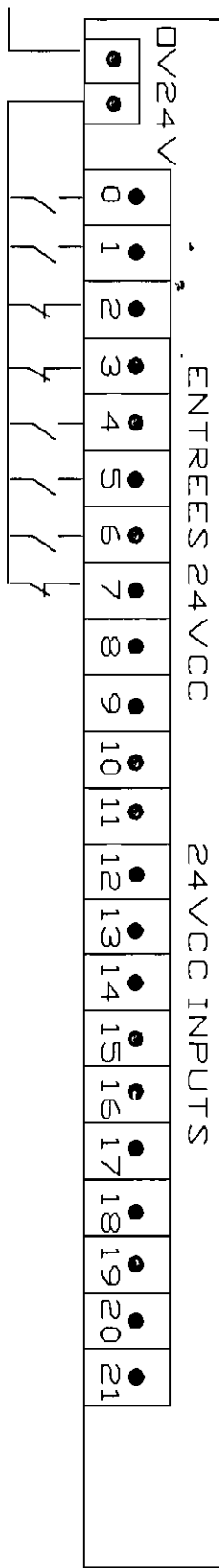
72V



TELEMECANIQUE

TSX 17

BLOC2



3					6						
2					5						
1					4						
REV	DATE	MODIFICATION	DESSINE	VERIFIE	REV.	DATE	MODIFICATION	DESSINE	VERIFIE		
PLAN No:			LOCOMOTIVE DIESEL-ELECTRIQUE BB				SOCIETE: O.T.P				
FOLIO 3/3			SCHEMA DE CABLAGE DES ENTREES - SORTIES				BUREAU: E.P.T				

# BIBLIOGRAPHIE

## BIBLIOGRAPHIE

---

BOUTEILLE, Daniel, Noël, CHANTREUIL, S., COLLOT, R., FRACHET, J-P.,  
LEGRAS, H., MERLAUD, C., SELOSSE, J., SFAR, A. Les automatismes  
programmables, Toulouse, 2<sup>e</sup> ed., Cepadues-editions, 1988, 286 p.

AF CET. Concevoir les automatismes séquentiels: la solution grafcet,  
Tunis, Gammarth, 1990, 522 p.

COQUELET, Pierre, DELSOIR, Robert. Automate, ordinateur et  
régulation, Poitiers, Editests, 1986, 255 p.

JACQUES, Alain, LAFONT, J-C, VABRE, J-P. Logique programmée et  
grafcet: des séquenceurs aux microcontrôleurs, Poitiers, Ellipses,  
1987, 269 p.

DEROME, René. Economique de l'ingénieur, Montréal, Presses de  
l'école polytechnique, 1986, 325 p.

NUSSBAUMER, Henri. Informatique industrielle: automate  
programmable, capteurs, commande numérique, Lausanne, Presses  
polytechniques romandes, Vol 4, 1984, 540 p.

SELOSSE, Jacques. "Automatisation et automates programmables industriels", Revue d'automatique et de productique appliqués, Tourcoing, Vol.1 no:4, 1988, P51-55.

DIOUF, Sémou. Etude de l'automatisation d'une chaîne de peinture de peinture, Dakar, ENSUT, 1983, 56 p.

SNCS. Etude des autorails de 140 maquinista: document de conduite, Thiès, 1980, 12 p.