

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

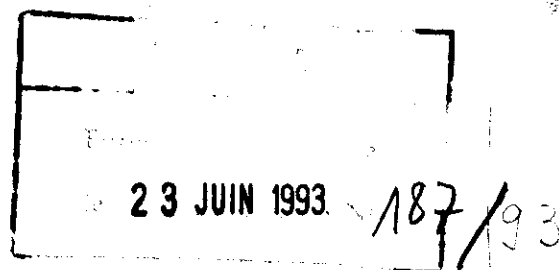
PRESENTE PAR :

BIMBAKILA BIVOUA Jacques

ANNEE 1992-1993

CONTRIBUTION A LA REHABILITATION
DE LA STRUCTURE DE PILOTAGE
D'UNE UNITE DE RECUPERATION DE CO₂
PAR UN AUTOMATE PROGRAMMABLE
INDUSTRIEL

Mention :



Encadrement

D. ROMAIN

Toute entreprise humaine est nulle si elle est fondée sur du sable. Bâissez sur la pierre angulaire et vous verrez. N'a-t-il pas dit qu'il est le chemin, la vie et la vérité.

A lui seul soit la gloire pour les siècles et les siècles.

A M E N !

DEDICACE

A ceux d'hier,

C'est feu tonton Paul NGOUAMBA NTOUMI, Ingénieur "Piston". J'ai encore en mémoire cette belle journée de Juillet 1983 que nous avons passé ensemble. Je découvris ce qu'était un ingénieur et sus dès lors ce qui me restait à faire.

A Pépé BIANGOYE, Pépé Anatole, Ma SOUNGUI et grande maman LOUTAYA. Je ne serais pas médecin, hélas DIEU a décidé autrement.

A ceux d'aujourd'hui

A tante Thérèse et famille, la famille DIATHA pour vos prières et votre amour.

Ils s'appellent Jacqueline, Clarisse, Huguette, Jules, Ya Line et Franck ceux vers qui mes pensées vibrent en priorité. J'avais tant voulu vous avoir à mes côtés. Dommage, vous apprécierez !

Maman chérie, tu n'es pas venue comme prévu. C'est suffisant pour ton enfant de raviver les vieux démons que la case A8 a connu. C'aurait pu être une vraie fête.

Oh père, des "pourquoi-comment" en passant au microscope, vous mijotiez quelque chose hier. Pourquoi m'avoir présenté en classe de seconde les classes préparatoires, l'histoire de tonton Paul. Souvenez-vous c'était à table. A l'époque, on dinait souvent en plein air. Ca été long n'est-ce pas, il y a eu PARIS, BRAZZA et aujourd'hui OUAGA.

Vous Papa et maman, les dédicaces aussi ont respecté la séparation mais pour moi vous restez unis à jamais avec devant vous votre produit.

Enfin, à tous les membres de mes familles paternelles et maternelles à travers l'oncle Albert et l'oncle Antoine, voyez en ce mémoire une fierté.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce mémoire, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à toutes les personnes physiques et morales qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Mes remerciements s'adressent à :

- . M. SIEFFERT, Chef d'entretien, pour son accueil
- . M. TAMINI Siméon, adjoint chef service entretien, pour m'avoir guidé et aidé à percer la station de récupération
- . M. ROMAIN Daniel, maître de mémoire, pour son rôle si évident
- . M. DJIAKO Thomas, Professeur de l'E.I.E.R. pour m'avoir motivé dans cette voie qu'est l'automatisme
- . M. COULIBALY Yezouma, Professeur de l'E.I.E.R, pour son soutien
- . Mme OUEDRAOGO Christine, pour son soutien bureautique

A tout le personnel de la BRAKINA et tous les enseignants de l'E.I.E.R.

Enfin à tous les potes de la MELEE, tous mes amis, copains et copines.

S O M M A I R E

	Page
DEDICACE	
REMERCIEMENTS	
SOMMAIRE.....	1
GLOSSAIRE.....	2
SIGLE.....	3
RESUME.....	4
TITRE I : Présentation générale du sujet.....	5
TITRE II : Contexte général des systèmes de production.....	8
II.1 Approche globale des systèmes de production....	9
II.2. L'automatisation, une nécessité pour les systèmes de production.....	10
II.3. Objectifs généraux de l'automatisation.....	10
TITRE III : Prérequis au projet de réhabilitation de la station de récupération de CO₂ (STAREC)....	12
III.1. Connaissances générales du système de production.....	13
III.1.1. Fiche de présentation de la BRAKINA-OUAGADOUGOU.....	13
III.1.2. Présentation du process de fabrication de la bière et des boissons gazeuses à la BRAKINA - OUAGADOUGOU.....	14
III.2. Mise en relief d'une unité technique de la BRAKINA-OUAGADOUGOU : La station de récupé- ration de CO ₂ (STAREC).....	14
III.3. La structure actuelle du système automati- que de la station de récupération de CO ₂ (STAREC).....	15
III.3.1. Généralités sur l'installation....	15
A) Les équipements de base et leurs raccordements.....	15
B) Le couplage de la station à la chaîne de production.....	17

III.3.2. La technologie de commande et les les motivations de sa réhabili- tation.....	18
TITRE IV. : Les éléments de contribution à la réhabi- litation de la station de récupération de CO₂ (STAREC).....	19
IV.1. Etude de la structure du système automatique actuel.....	20
IV.1.1. Présentation générale du système...	20
IV.1.2. Fonction et contraintes.....	24
IV.1.3. Descriptif de la partie opérative..	26
IV.1.3.1. Schémas.....	26
IV.1.3.2. Caractéristiques des capteurs et des actionneurs.....	33
IV.1.4. Analyse fonctionnelle et choix techniques.....	34
IV.1.4.1. Préalable.....	34
IV.1.4.2. Principe de fonctionnement....	35
IV.1.4.3. Situation fonctionnelle.....	36
A) Description littérale.....	36
B) Observations et suggestions.....	42
IV.2. La structure proposée du système automatique.	44
IV.2.1. Les modes de marche des différents modules de fonctionnement.....	44
IV.2.1.1. Le module de régulation du CO ₂	44
IV.2.1.2. Le module de lavage.....	44
IV.2.1.3. Le module de compression.....	46
IV.2.1.4. Le module de réfrigération complémentaire.....	48
IV.2.1.5. Le module de traitement.....	48
IV.2.1.6. Le module de stockage.....	50
IV.2.1.7. Remarques.....	50
IV.2.2. La sûreté de fonctionnement.....	50
IV.2.2.1. Définition des procédures de sécurité.....	51
A) Sécurité de fonctionnement.....	51
B) Sécurité défaillance automate.....	53
C) Arrêts sur défauts.....	53
D) Signalisations opérateurs.....	55

E) Conditions de reprise.....	55
F) Comportement sur coupure d'énergie électrique.....	55
G) Comportement sur coupur d'énergie pneumatique.....	55
IV.2.2.2. Disponibilité.....	55
IV.2.2.3. Description graphique du dispositif de sureté.....	56
IV.2.3. Les modes de conduite et le dia- logue homme-machine.....	57
IV.2.3.1. Liste des organes de dialogue.	
IV.2.3.2. Définition du pupitre de commande.....	57
IV.2.3.3. Description graphique des différents modes de conduite.	
A) Le Grafcet de conduite.....	59
B) Le GEMMA.....	59
IV.2.4. La pré-études "logiciels".....	60
IV.2.4.1. Justification du mode de représentation graphique.....	60
IV.2.4.2. Description graphique du comportement du module de lavage en marche normale ou automatique.....	60
IV.2.4.3 Répartition des entrées/sorties	64
IV.2.5. Le descriptif technique.....	68
IV.2.5.1. Les fonctions de commande.....	73
IV.2.5.2. Les fonctions spécifiques.....	73
IV.2.5.3. Les fonctions de protection...	73
IV.2.5.4. Tableau récapitulatif des constituants retenus.....	74
IV.2.5.5. Configuration de l'automate programmable.....	76
IV.3. Comparaison de deux modes de technologie envi- sagés de la partie commande.....	77
IV.3.1. Critères de comparaison.....	77
IV.3.1.1. Critères fonctionnels.....	78
IV.3.1.2. Critères technologiques.....	78
IV.3.1.3. Critères opérationnels.....	
IV.3.1.4. Critères de coûts prévisionnels.	79

IV.3.1.5. Critères sociaux.....	81
IV.3.2. Procédures de choix.....	82
IV.3.2.1. Par organigramme.....	82
IV.3.2.2. Par technoguide.....	84
IV.3.2.3. Par tableau d'évaluation.....	85
IV.3.3. Commentaires.....	85
CONCLUSION.....	87
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

GLOSSAIRE

- Automatisme : Dispositif que l'on substitue à un opérateur humain pour assurer le fonctionnement d'une machine ou d'une installation.
- Automate Programmable : Produit de technologie électronique dont le fonctionnement est défini par un programme.
- Capteur : Dispositif sensible aux variations d'une grandeur physique et fournissant un signal utile
- Actionneur : Dispositif assurant la manoeuvre d'un organe mobile
- Logigramme : Représentation graphique des relations logiques

SIGLE

A	: Arrêt
AD	: Acquit défaut
API	: Automate Programmable Industriel
AU	: Arrêt Urgence
BRAKINA	: Brasserie du BURKINA
CO ₂	: Gaz Carbonique
COMP.	: Compression
DD	: Défaut Débit
DE	: Défaut Electrique
DEP	: Défaut Energie Pneumatique
DP1	: Défaut Pression 1er Etage
DP2	: Défaut Pression 2ème Etage
DPH	: Défaut Pression Huile
DR1	: Défaut Resistance 301
DR2	: Défaut Résistance 302
DT1	: Défaut Température 1er Etage
DT2	: Défaut Température 2ème Etage
EIER	: Ecole Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Equipement Rural
EL	: Essai Lampes
GEMMA	: Guide d'Etude des Modes de Marche et Arrêts
Grafcet	: Graphe Fonctionnel de Commande Etapes-Transitions
LAV	: Lavage
M.	: Marche
NI	: Niveau Intermédiaire
NB.	: Niveau Bas

NH : Niveau Haut
PNE : Permutation Non Effectuée
PAE : Permutation à faire dans une heure
PB : Pression basse stockage
PH : Pression haute stockage
PC : Partie Commande
PO : Partie Opérative
REF : Refrigération
REC : Récupération
RES1. : Résistance 301
RES2. : Résistance 302
STO : Stockage.

RESUME

Pour des raisons de compétitivité et surtout sécuritaires, la BRAKINA a amorcé un projet de réhabilitation de la STAREC qui s'échelonne dans le temps à travers plusieurs phases.

S'agissant de la première phase, la BRAKINA l'a confiée à l'E.I.E.R. en vertu des rapports qu'ils entretiennent.

Cette première phase qui constitue les prémices à la programmation, a commencé par faire ressortir les motivations de la réhabilitation après avoir pris connaissance de l'adéquation AUTOMATISATION-UNITE DE PRODUCTION.

A l'issue de cette mise en condition, le travail a véritablement démarré.

Primo, nous avons commencé par diagnostiquer le fonctionnement de l'installation actuel. Cela a permis de faire ressortir certains éléments du cahier des charges et de faire des observations qui par la suite serviront de "back-ground" à la solution fonctionnelle proposée. Ces observations portaient en substance sur les pertes en eau.

Secundo, nous avons élaboré la nouvelle situation fonctionnelle avec tous ses environnants (sûreté de fonctionnement, mode de conduite et mode de marche) afin de compléter le cahier des charges. Une ébauche du traitement programmé a été entamé notamment sur la question de l'optimalisation de la gestion de l'eau.

Tertio, nous avons choisi le matériel répondant aux exigences de la nouvelle situation et confectionné un tableau récapitulatif des constituants retenus.

Pour clore cette étude, une comparaison entre les deux (2) technologies a été faite. Il ressort de cette comparaison qu'une réhabilitation est justifiée mais pas forcément par une technologie programmé qui plus est en AFRIQUE généralement et au BURKINA FASO en particulier car :

- Cette technologie est excessivement chère
- A plus grande actuelle, elle peut engendrer des crises sociales dues au chômage.

TITRE I - PRESENTATION GENERALE DU SUJET

Tout homme a naturellement tendance à rechercher les moyens qui facilitent l'exécution des tâches contraignantes.

Cette tendance s'applique notamment aux activités transformatrices de matières premières. En effet, tout mécanisme de transformation requiert généralement de la force, beaucoup d'opérations répétitives, de l'endurance, de la surveillance, de la minutie... Indubitablement, se cache la notion d'automatisme derrière l'acte de transformation dans une unité de production.

Cette notion a évolué dans le temps. De l'arbre à came au IXe siècle, on en est aujourd'hui aux automates programmables, organe de traitement de l'information agissant selon les mêmes principes que le cerveau humain. C'est d'ailleurs cette analogie homme-machine qui guide la recherche au point de vouloir demain annuler complètement le rôle de l'homme dans le fonctionnement d'une machine ou de toute une installation. Ne parle-t-on pas de robot ?

A la BRAKINA, société productrice de bière et de boissons gazeuses, on n'est pas en marge de l'évolution des automatismes. Le macro-économie de cette société est telle qu'elle doit rester compétitive. Plus que jamais, elle se doit de viser l'optimisation de tous ses secteurs. Cela va des aspects de coût (main d'oeuvre, matières et énergie), d'innovation (esthétique et performances), de qualité (fiabilité et performances), de disponibilité (réseaux de vente, stocks et service après-vente) qu'à l'amélioration des conditions de travail. Convaincue de l'incidence de l'automatisation sur la performance de leurs produits finaux, la BRAKINA s'est lancée dans la réhabilitation de ces différentes unités techniques. Après l'installation d'un A.P.I. à l'unité "chaudière", elle s'est tournée vers la STAREC.

Pour ce faire, elle a organisé un stage pratique de fin de formation pour élèves-ingénieurs qui porte sur la question de la STAREC. L'E.I.E.R. a été retenu car de plus en plus, elle souhaiterait introduire les techniques industrielles de base dans son planning de formation. Il est vrai que les API sont difficilement imaginables en milieu rural mais il en demeure moins vrai que les mécanismes d'automatisation y sont absents. De plus, l'ingénieur E.I.E.R. est avant tout un concepteur qui plus est en zone rurale où ce genre de problème à des degrés moindres peut apparaître.

C'est pour pouvoir quantifier les possibilités d'adaptation aux différentes techniques de l'ingénieur dont l'automatisme qu'il a été proposé initialement un mémoire intitulé "automatisation d'une unité de production de CO₂".

Une pré-étude du sujet a permis de changer de thème car il a été constaté que la STAREC était déjà automatisée, et ce par logique câblée. Cette installation nécessitait juste une

réhabilitation. A l'issue de ce constat, il a été suggéré le titre suivant : "Contribution à la réhabilitation de la structure de pilotage d'une unité de récupération de CO2 par un automate programmable industriel".

L'étude de ce problème touchera les points suivants :

- La connaissance du fonctionnement d'un système automatique et de son environnement ;
- Les motivations justifiant une réhabilitation ;
- Les critères d'une bonne réhabilitation.

La prise en compte de tous ces trois (3) éléments permettra d'élaborer les outils de base pour le traitement programmé d'un API.

Pour mener à bien ce travail, nous nous sommes fixés les objectifs ci-dessous :

- Elaborer un cahier des charges ayant un descriptif technique
- Préparer les phases de pré-programmation ;
- Appréhender les diverses technologies de commande en les comparant.

Ces objectifs s'arrêtent au cadre de la contribution. Ils ne constituent qu'une partie de la conduite du projet d'automatisation. A cet effet, il est vivement recommandé de l'achever notamment en élaborant les documents de réalisation et le dossier d'exploitation, en réalisant la partie commande et la mise au point machine-processus.

TITRE II - CONTEXTE GENERAL DES SYSTEMES DE PRODUCTION

II.1. Approche globale des systèmes de production

Un système de production a pour but d'apporter une valeur ajoutée.

Partant de matériaux, de pièces de sous ensembles..., il élabore des produits de valeurs supérieures et qui peuvent être :

- soit des produits finis, directement commercialisés ;
 - soit des produits intermédiaires servant à la réalisation des produits finis.
- (L'illustration ci-dessous schématise un système de production).

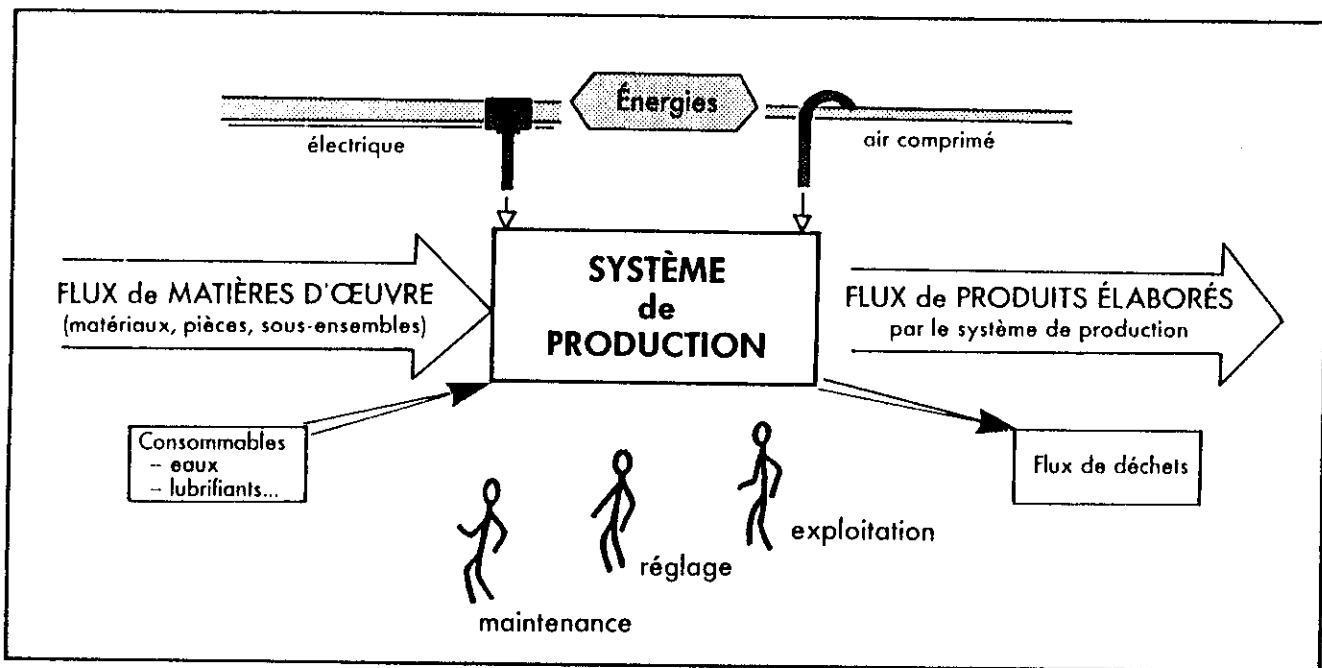


FIG 1

II.2. L'automatisation, une nécessité pour les systèmes de production

Le contexte d'évolution de tout système de production est le monde industriel où il sied l'économie dite de marché.

Avec la notion de marché intervient la compétitivité du produit final. Or, la compétitivité provient essentiellement des résultats obtenus sur les facteurs suivants : le coût, la qualité, l'innovation et la disponibilité.

Une amélioration de ces facteurs est envisageable avec l'automatisation des équipements de production. Il suffit qu'elle suive la courbe d'évolution des technologies.

Il est à souligner que cette évolution est largement motivée par les nouvelles exigences des automatismes que sont :

- la flexibilité ;
- l'évolutivité ;
- la qualité des produits ;
- la coordination des machines ;
- les tâches de gestion ;
- le procédé à automatiser ;
- la sûreté du système ;
- la clareté dans les divers dialogues.

Ces exigences donnent lieu à une automatisation de complexité croissante qu'il s'agit de maîtriser en fonction des besoins du marché. Ce dernier aspect est crucial car il est important de vérifier que le produit sur lequel s'applique l'automatisation soit optimisé au mieux et réponde toujours aux besoins du marché.

II.3. Objectifs généraux de l'automatisation

Les objectifs généraux poursuivis par une automatisation sont assez variés. On peut noter sans que cette liste soit limitative :

- la recherche d'une meilleure qualité du produit, en limitant le facteur humain et en multipliant les contrôles automatisés...
- un contrôle amélioré de la production grâce aux différents périphériques utilisables avec les automates (écran, imprimante, enregistreur,...) ;
- la recherche de coûts plus bas de production par réduction des déchets donc par économie de matières premières, par économie d'énergie, par réduction de contraintes sur l'outil de production (usure mécanique réduite), par réduction des rébut,...

- une utilisation plus simple par l'exploitant et une aide à la maintenance. L'automate diminue le nombre des opérations à effectuer aussi bien durant les phases de production, que de maintenance ou de dépannage ;
- la suppression de travaux dangereux ou pénibles et l'amélioration des conditions de travail (moins de risques d'accidents) ;
- la réalisation d'opérations impossibles à contrôler manuellement ou intellectuellement.

D. Romain, avril 1990 : "l'automale programme dans les automatismes", Fascicule de cours.

TITRE III - PREREQUIS AU PROJET D'AUTOMATISATION

III.1. Connaissances générales du système de production

III.1.1. Fiche de présentation de la BRAKINA-OUAGADOUGOU

- . Date de création : Ex SOBBRA créée en 1974 et devenu BRAKINA le 15 Septembre 1992
- . Siège : Zone Industrielle de KOSSODO
- . Statut juridique : Société Anonyme
- . Activités rémunératrices : Production de bière, boissons gazeuses, CO₂ et glace
- . Effectifs : 400
- . Notes financières
 - Capital social : 1 milliard de FCFA
 - Chiffre d'affaire : 8,5 milliards de FCFA
 - Principal actionnaire : le groupe CASTEL avec 90 % des actions.
- . Notes techniques
 - Production de bière : 360.000 hl/an
 - Production de boissons gazeuses : 65.000 hl/an
 - Production de glace : 13.000 t/an
 - Production de CO₂ : 617.000 kg/an.
- . Types de bières commercialisées :
 - Boissons ordinaire : BRAKINA, SOBBRA
 - Boissons spéciales ou fortes : Flag, Guinness
- . Type de boissons gazeuses commercialisées :
 - Boissons sous licence (BSL) : Coca-cola, Spirit, Fanta, tonic
 - BGI (boisson de l'ex-société BGI) : Bulvit, Spark (Orange, citron, banane), Youki orange.
- . Matières premières pour la bière : Malt, maïs, houblon, eau, levure
- . Matières premières pour les sodas : eau, sucre, extrait de base, benzoate de soude, acide citrique, colorants, arôme.
- . Principaux rebuts : Drêches, eau de rinçage, levure, poussière de maïs et malf.
- . Pollution : Société conforme aux normes.
- . Divers : - Présence d'une station de traitement et recyclage d'eau, d'une station de production d'air comprimé

- Energies utilisées (électrique, air comprimé, vapeur)

III.1.2. Présentation du processus de fabrication de la bière et des boissons gazeuses à la BRAKINA-OUAGADOUGOU

A) Le processus de fabrication de la bière

Il comporte dix (10) grandes phases dont la chronologie est la suivante :

- 1) Maltage
- 2) Concassage
- 3) Brassage
- 4) Filtration et lavage
- 5) Cuisson
- 6) Refroidissement
- 7) Fermentation
- 8) Filtration
- 9) Soutirage
- 10) Conditionnement.

Les phases 8) et 9) attireront notre attention car le CO₂ y est utilisé (8-9) et généré (9).

B) Le processus de fabrication des boissons gazeuses.

Il comporte neuf (9) grandes dont la chronologie est la suivante :

- 1) Brassage
- 2) Cuisson
- 3) Ajout d'adjuvant de filtration et charbon actif
- 4) Filtration
- 5) Dissolution
- 6) Agitation
- 7) Brassage
- 8) Soutirage
- 9) Conditionnement.

Les phase 7) et 8) utilisent le CO₂.

III.2. Mise en relief d'une unité technique de la BRAKINA-OUAGADOUGOU : la station de récupération de CO₂ (STAREC)

Une loi fréquemment appliquée dans les processus industriels est celle de LAVOISIER : "Rien ne se perd, tout se crée".

La STAREC est un exemple type de la matérialisation de cette loi. Elle assure la récupération du CO₂ obtenu lors de la phase de fermentation, le traite pour :

- l'approvisionnement de la siroperie où le CO₂ traité servira à sursaturer l'eau traitée nécessaire à la fabrication des sodas. Ce rôle organoleptique se retrouve aussi au niveau de la fermentation du moût. Vers la fin de la fermentation, on empêche le CO₂ de se dégager pour lui permettre de se dissoudre dans la pré-bière. A la filtration de la pré-bière, l'éventualité de cette opération de dissolution est prévue.

N.B. : Le CO₂ est préféré à l'air pour ce rôle.

- Le soutirage des boissons gazeuses et de la bière car il évite les pertes inutiles du produit dues au moussage de ceux-ci lors du remplissage des bouteilles.

Parmi les rôles non moins négligeables de la STAREC, il y a aussi le remplissage des bouteilles de CO₂ du poste de secours mais surtout la fourniture du CO₂ à l'extérieur pour les extincteurs notamment. Cela rapporte à la BRAKINA des rentrées monétaires.

Il apparait de manière évidente que le CO₂ produit est loin d'être un déchet et ce grâce à la STAREC.

III.3. La structure actuelle du système automatique de la station de récupération de CO₂ (STAREC).

III.3.1. Généralités sur l'installation

A) Equipements de base et leurs raccordements

Les équipements de base de la STAREC sont les suivants :

- Un moteur pour laveur
- Un gazomètre
- Un compresseur avec refroidissement
- Un poste de réfrigération
- Un poste de traitement (absorbants, désodorisateurs, filtre)
- Un ballon de stockage.

La description détaillée est abordée dans le descriptif de la partie opérative IV.1.3. p26.). Les raccordements sont représentés sur la figure 2.

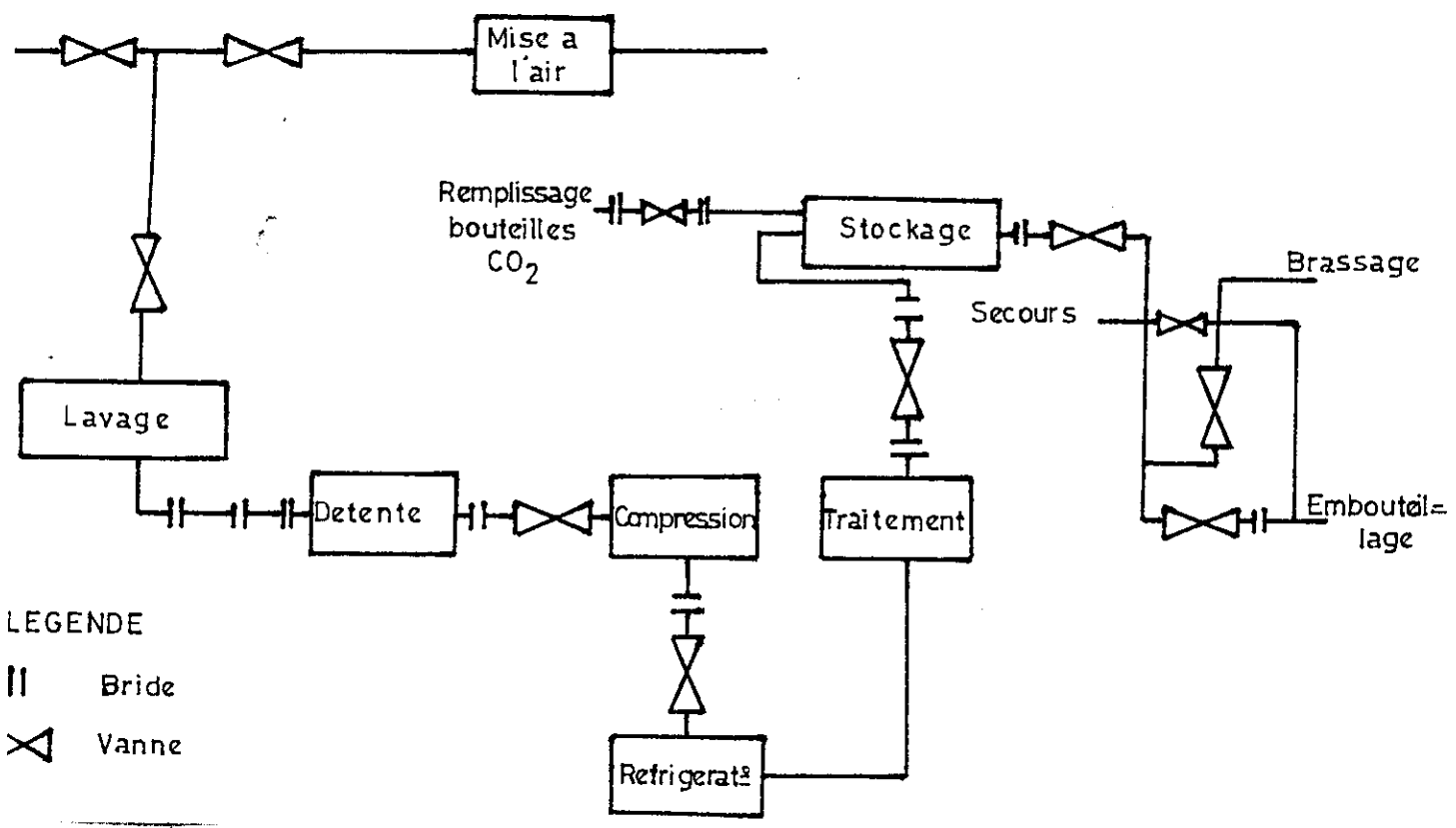


Figure 2. : Raccordement des équipements de la STAREC

B) Couplage de la station de récupération à la chaîne.

Trois conduites assurent le couplage de la STAREC à la chaîne de fabrication de bière :

- la première provient du collecteur du CO_2 situé dans la chambre froide ;

- la seconde se dirige vers le poste de remplissage des bouteilles de CO_2 ;

- la troisième va vers le poste de brassage du sirop fini, la filtration de la bière et l'embouteillage.

La figure 3 indique le couplage de la STAREC à la chaîne.

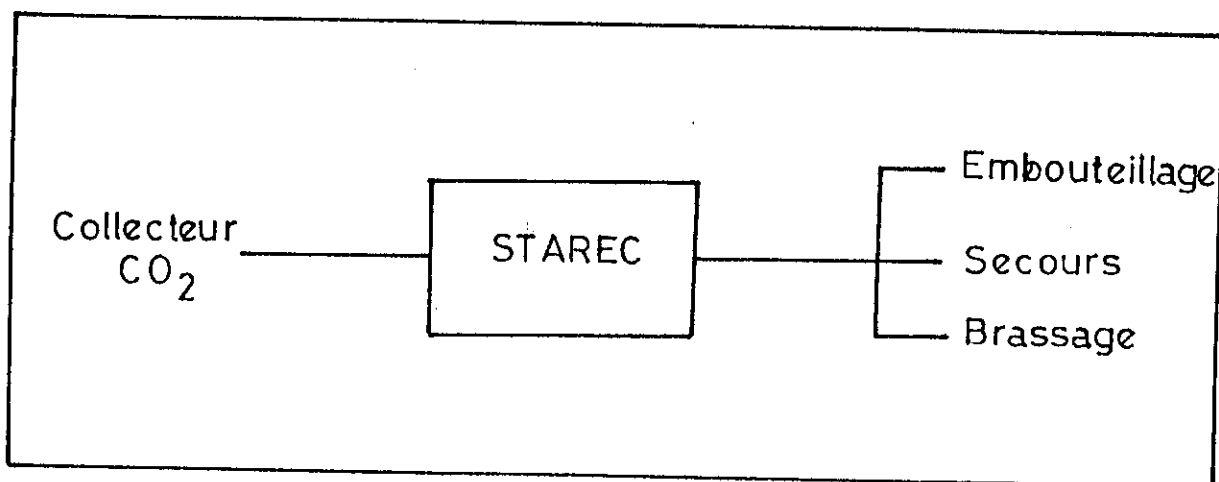


Figure 3 : Couplage de la STAREC à la chaîne

III.3.2. La technologie de commande et les motivations de sa réhabilitation

A) La technologie de commande

La technologie de commande actuelle est réalisée par des automatismes cablés à base de relais électromagnétiques.

B) Les motivations por la réhabilitation de la technologie de commande.

Les motivations de la réhabilitation de la technologie de commande ont deux (2) origines :

- Une origine réelle mise en exergue à l'issue des entretiens avec les agents s'occupant de la STAREC. Cette origine est basée sur le vieillissement de l'armoire électrique notamment la filerie. Il s'en suit beaucoup de défections dans les différents modes de dialogue avec la PO et l'homme : il y a une présence permanente d'éventuels dangers. Il y a aussi, la non-actualisation des schémas électriques lors des dépannages. Cela à la longue rend difficile l'exploitation de ces schémas.

- Une origine virtuelle qui associe l'évolution des systèmes de production avec l'automatisation. Cette association a été prouvée au II.2. p.1Q..

TITRE IV. : LES ELEMENTS DE CONTRIBUTION A LA REHABILITATION DE LA STAREC

IV.1. Etude de la structure du système automatique actuel

IV.1.1. Présentation générale du système

A) - Produit à obtenir

Il s'agit d'obtenir du gaz carbonique traité selon les normes de qualité alimentaire et ce à partir du gaz carbonique impur provenant de la fermentation.

B) - Description sommaire de l'installation

B.1. : le schéma logique général

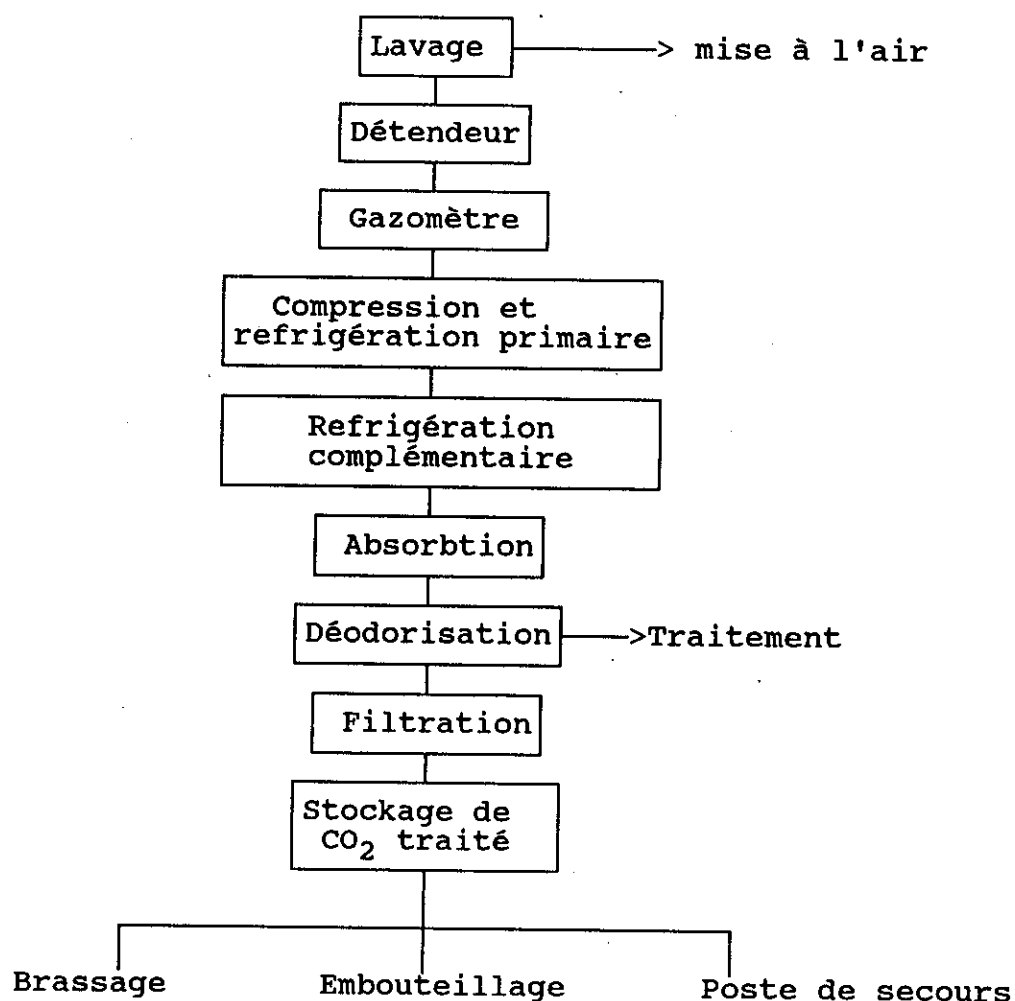


Figure 4 : schéma logique général

B.2. - Les opérations à effectuer

La récupération du CO₂ s'effectue selon les opérations suivantes :

0. **La commande de récupération** : Avant d'accéder au lavage, le CO₂ est récupéré par des conduites situées au dessus des TOD. Ces conduites aboutissent vers un collecteur avant d'acheminer à proprement dit le CO₂ vers la station de traitement.
1. **Le lavage** : Il permet une élimination primaire des impuretés (levure, mousse de bière...) contenues dans le CO₂. Ce pré-traitement du CO₂ s'effectue par circulation à contre-courant d'un ruissellement d'eau dans un empilage de selles Intalox (III).
2. **La détente** : Elle effectue la chute de pression de CO₂ afin que celle-ci ne soit pas trop grande dans la gazomètre.
3. **Le stockage de CO₂ lavé ou gazomètre** : Il assure une régulation stable de la pression d'aspiration du compresseur et donc optimise son fonctionnement.
4. **La compression et le refroidissement primaire** : Le CO₂ lavé subit une compression à 2 étages jusqu'à une plage de pression de 17 à 19 atm. Il est aussi simultanément refroidit grâce à des échangeurs multitubulaires à eau.
5. **La réfrigération complémentaire** : Elle achève le processus de refroidissement du CO₂ lavé avant le traitement afin d'avoir une meilleure efficacité de ce dernier. Cette réfrigération est encore faite à l'eau qui elle même est refroidit par l'eau glycolée ; le tout s'effectuant dans des échangeurs.
6. **Le traitement** : A ce stade, le CO₂ après avoir traversé le produit déshydratant de bas en haut, sort sec de l'absorbeur. Les impuretés et les odeurs éventuelles du CO₂ séché sont ensuite retenues par passage au travers du filtre à charbon actif du désodoriseur. Le traitement se termine par la filtration afin de bloquer la poussière de charbon.
7. **Le stockage** : Le CO₂ traité est stocké en vu de son utilisation ultérieure.

C) Production :

- * Mode de production normale actuelle : semi-automatique
- * fonctionnement continu assuré par 3 équipes travaillant en 3 x 8. Ces équipes hormis la station de CO₂, assurent aussi le fonctionnement d'autres installations.

- Equipes du jour : 2 personnes
 - Equipe de nuit : 1 personne
- * Cadence :
- Débit de gaz aspiré et traité : 75 kg/h
 - Débit de gaz régénéré : 4,5 kg/h
 - Débit de CO₂ effectivement récupéré : 70,5 kg/h

D) Exploitation :

- Durée de fonctionnement : 24 h/jour
- Edition d'un journal dit cahier de relevés et de surveillance comme à plusieurs installations dont celle de CO₂.
- Arrêt fréquent pour l'appoint d'huile du moto-compresseur
- Arrêt tous les 6 mois et/ou annuel en général pour l'entretien.

E) Sûreté :

E1. - Analyse de risques

Les risques de dommage sur les personnes et les biens ont pour principales causes :

- fuite de CO₂ car il est véhiculé à grande pression ;
- conduite cassée sous le poids d'eau surgelée
- les problèmes de surpression ;
- défaut de protection des parties électriques
- brûlure du silicagel.

E2. - Sécurité :

- Arrêt d'urgence
- Aucune perte et/ou fuite n'est admissible
- En marche normale, tout défaut provoque l'arrêt des actionneurs qui le subissent
- Respect des réglémentations électriques (arrêt d'urgence)
- Interdiction de stockage si pression haute dans le ballon de stockage

E3. - Disponibilité :

- Il n'ya pas de période bien déterminée pour l'arrêt de la production
- Outre les arrêts de production dus aux défaillances des matériels, le manque d'eau notamment celui dû à la vidange du décanteur, les problèmes de condensation du CO₂ et de sa qualité déficiente sont les principales causes d'indisponibilité

E4. - Maintenabilité :

Assez souple et variable dans le temps grâce à la présence d'éléments favorisant le diagnostic et la visualisation de la défaillance d'un élément fonctionnel.

E5. - Qualité du CO2 :

Doit présenter une teneur de 99,98 %.

F) Environnement :

Chaud et sec.

G) Flexibilité et évolutivité :

- Amélioration de la qualité du CO2 grâce à l'apport d'un casse-mousse et d'un lavage au permanganate en plus de celui à eau.
- Projet de stockage de CO₂ liquéfié
- Mise en place d'un extracteur
- Projet de stérilisation du laveur à la vapeur de chlore.

IV.1.2. Fonctions et contraintes

Fonction	Contraintes
Lavage	<ul style="list-style-type: none"> . Selles non bouchés (III) . Niveau d'eau minimum : Environ 300 mm au dessous du niveau . Débit maxi : 75 kg/h . Débit eau : 4 m³/h
Compression	<ul style="list-style-type: none"> . Pression de refoulement : 1er étage 4,2 atm 2e étage 17 à 19 atm . Précision de réglage : différentiel réglé au minimum . température de refoulement : 1er étage 140°C 2e étage 140°C . Précision de réglage : différentiel réglé au minimum . Vitesse de rotation compresseur 535 tr/mn . Vitesse de rotation moteur 1.500 tr/mn . Pression huile moteur 0,15 kg/cm² . Précision : différentiel réglé au minimum - Température CO² 40°C Démarrage à vide - température eau refroidie primaire 13°C - température sortie
Refrigeration Complémentaire	<ul style="list-style-type: none"> . Débit eau glycolée 1,35 m³/h . Pression max. 3 bars * température d'entrée : 6°C * température de sortie : 3°C * Précision : différentiel réglé au minimum . Débit eau 0,15 m³/h . Pression max. 3 bars * température d'entrée 30°C * température eau refroidie à l'eau 8°C glycolée . température de sortie 13°C * Précision : différentiel réglé au minimum . température CO² 13°C
Traitement	<ul style="list-style-type: none"> . Cycle de régénération 6h . * température des résistances de régénération 240°C * Précision réglage ± 40°C . Débit de CO₂ de régénération 4,5 kg/h . température de sortie de CO² 30°C

	<ul style="list-style-type: none"> . Puissance des résistances 2,34 kw
Stockage	<ul style="list-style-type: none"> . Capacité 26,8 m³ . Pression de CO₂ de sécurité basse 17 kg/cm² eff . Précision 1 kg/cm² . - Pression de CO₂ de contrôle 7 kg/cm² . - Précision : différentiel réglé au minimum . - Pression de CO₂ de sécurité haute 19 kg/cm² eff

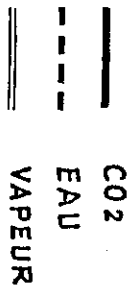
Tableau 1 : Fonctions et contraintes

IV.1.3. Description de la partie opérative

IV.1.3.1. Schémas

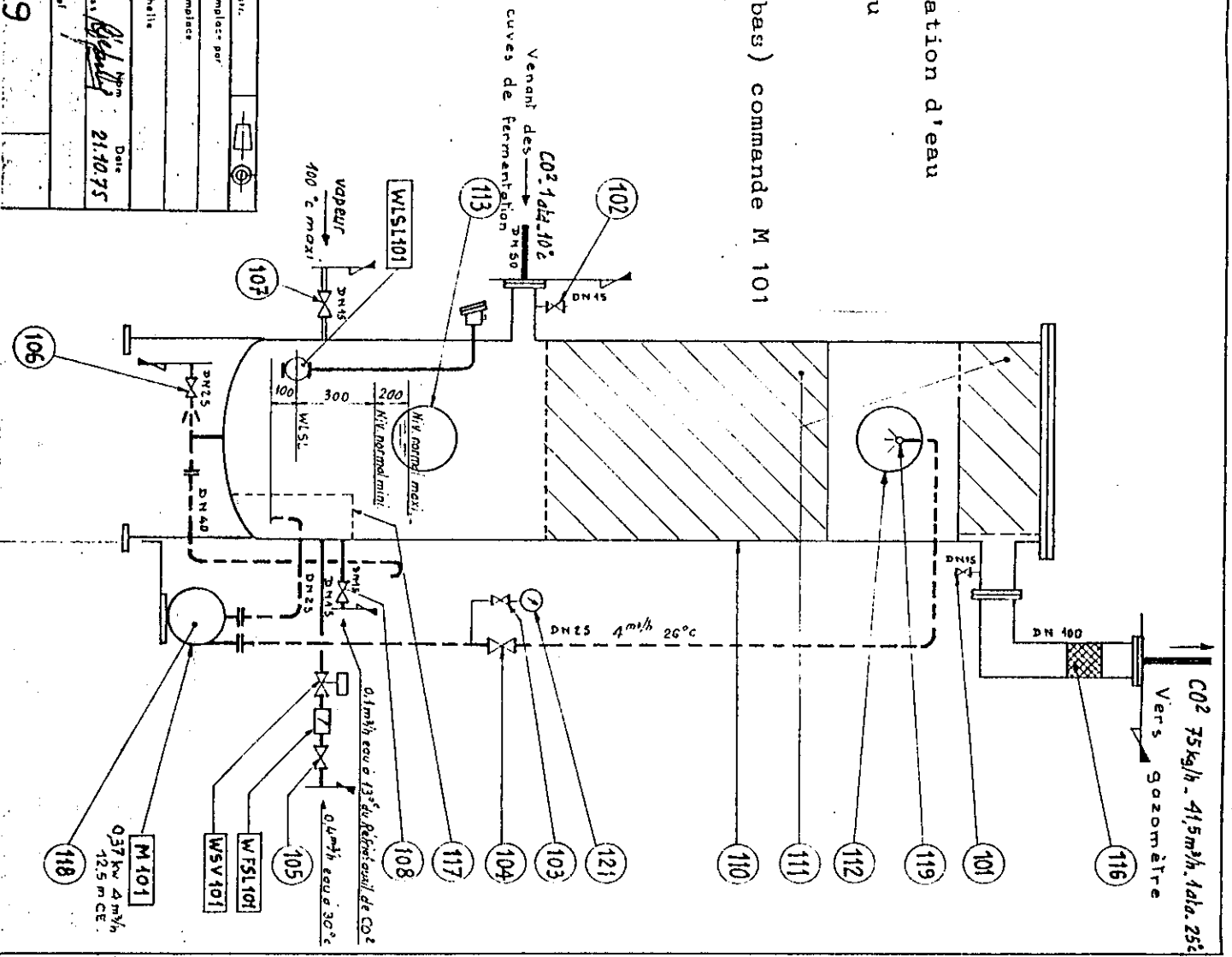
Pour tous les détails technologiques, la BRAKINA ne dispose plus de la nomenclature. On se bornera surtout aux éléments qui forment la PO.

SCHEMA PO n°21

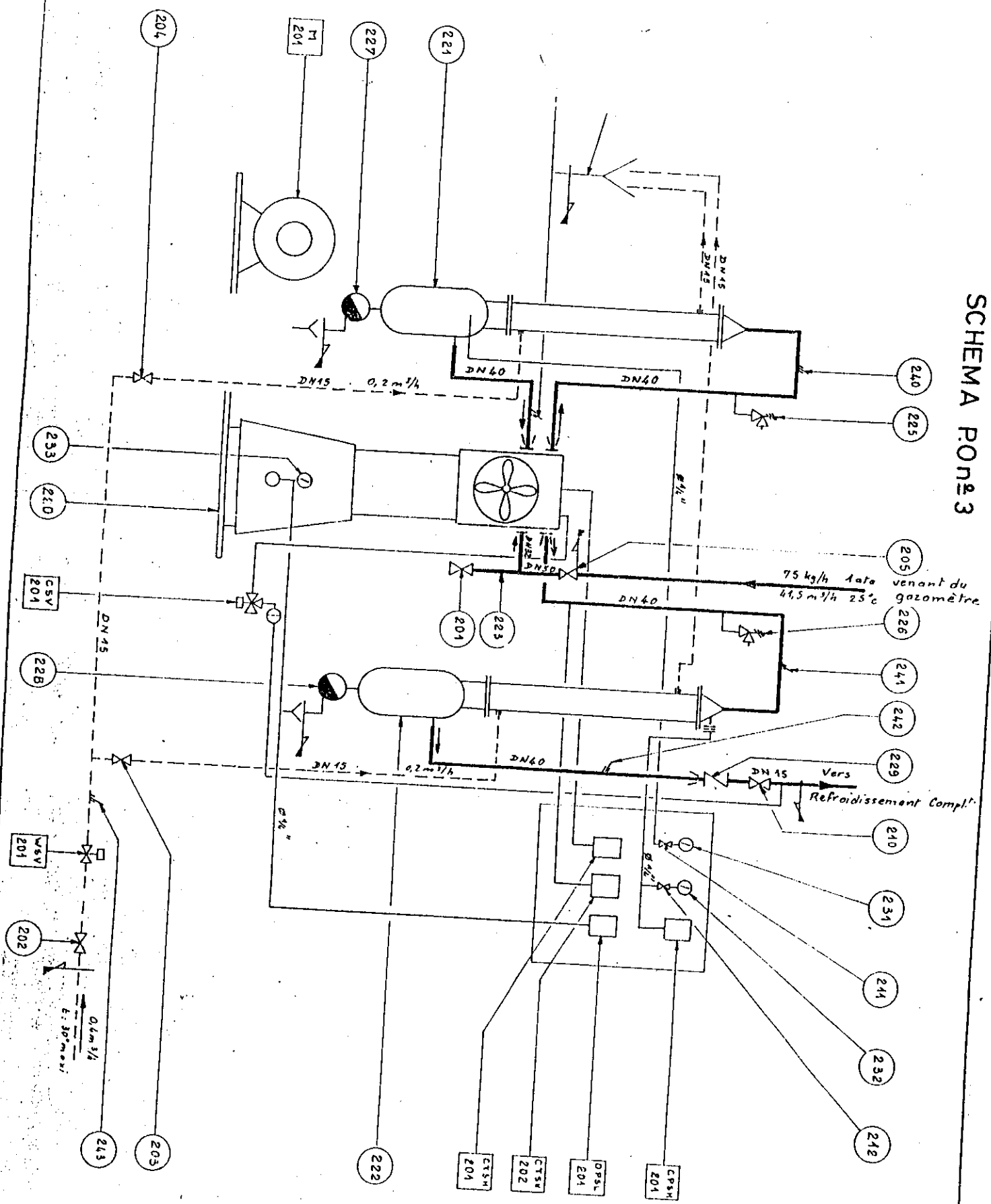


- M 101 Moteur de la pompe de circulation d'eau
- WSV 101 Electro-vanne d'arrivée d'eau
- WFSL 101 Débitmètre d'arrivée d'eau
- WISL 101 Nivostat d'eau (pour niveau bas) commande M 101

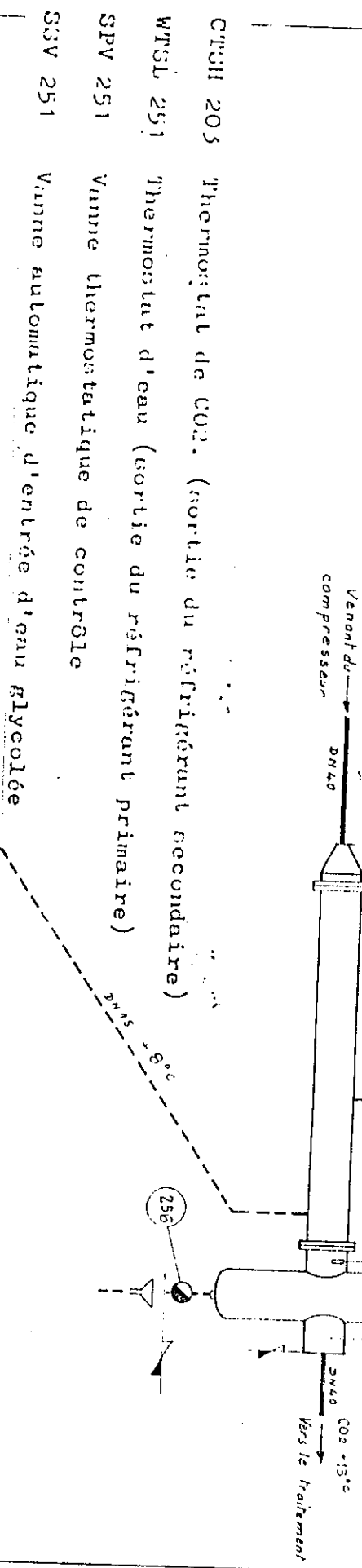
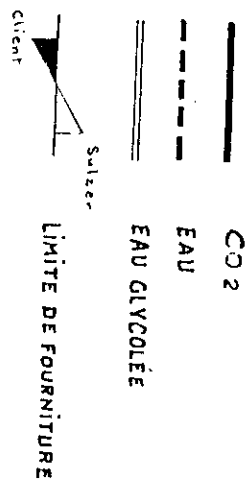
Modifications				Groupe de Constr.			
Nom	Date	Nom	Date	Remplacé par	Date	Remplacé par	Date
①	stochet	20-11-75	○				
○			○				
SOVBR				LAVEUR DE CO2			
OUAGADOUGOU				Date: 21-10-75			
CCM SULZER 23441				3 - 137 602 049			



SCHEMA P.023



SCHEMA PO n°4



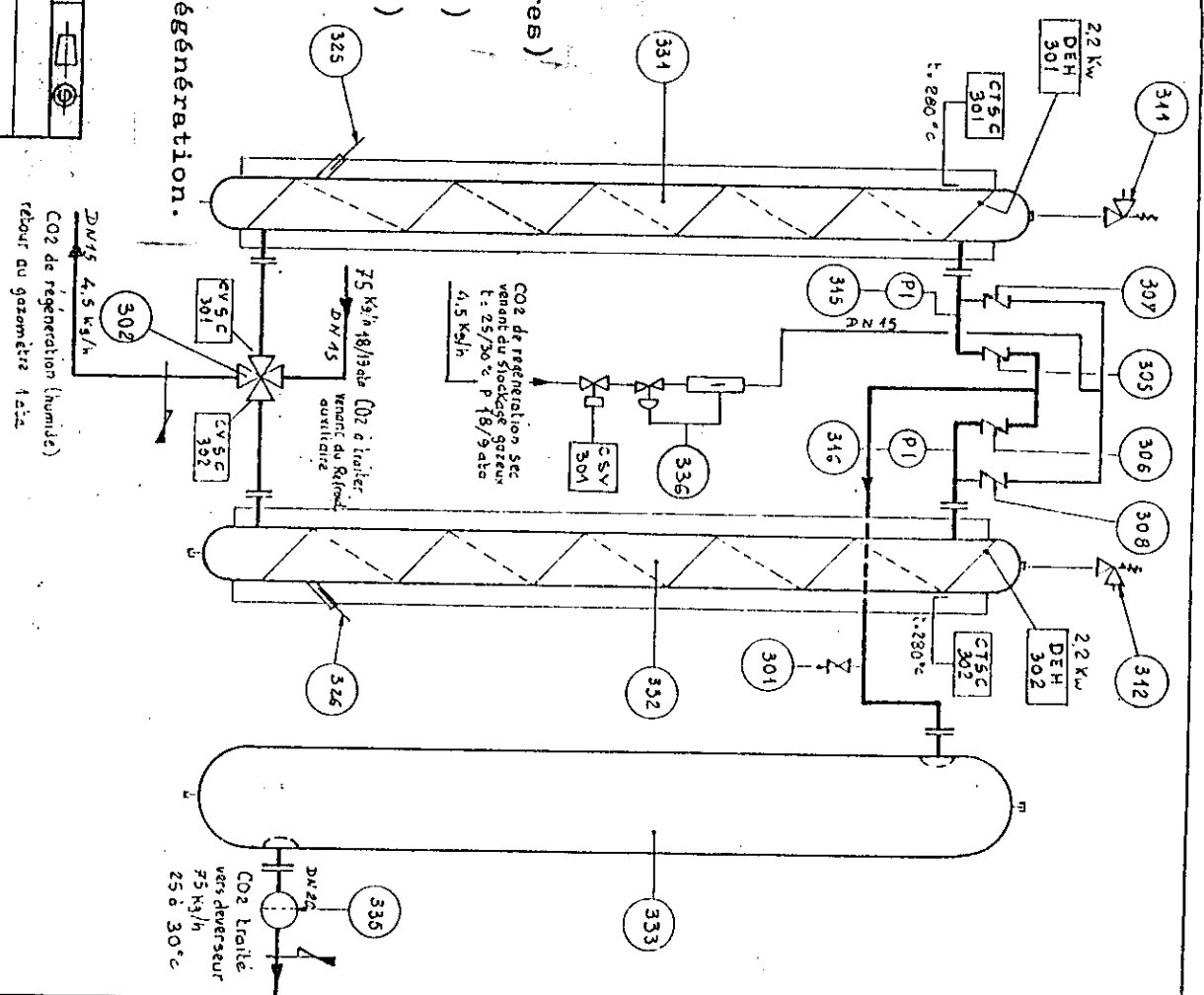
- CTSH 203 Thermostat de CO2. (sortie du réfrigérant secondaire)
- WTSL 251 Thermostat d'eau (sortie du réfrigérant primaire)
- SPV 251 Vanne thermostatique de contrôle
- SSV 251 Vanne automatique d'entrée d'eau glycolée

Modifications				Dessiné par		Remplacé par	
A	Nom	Date	Objet	Nom	Date	Nom	Date
○	biocret	20.11.75					
SOVOBRA				Réfrigérant complémentaire de CO2			
OUAGADOUGOU							
CCM SULZER				23441		3 - 137 602 052	

SCHEMA PO n° 5

Gas CO2
 Client
 Sulzer Limite de fourniture

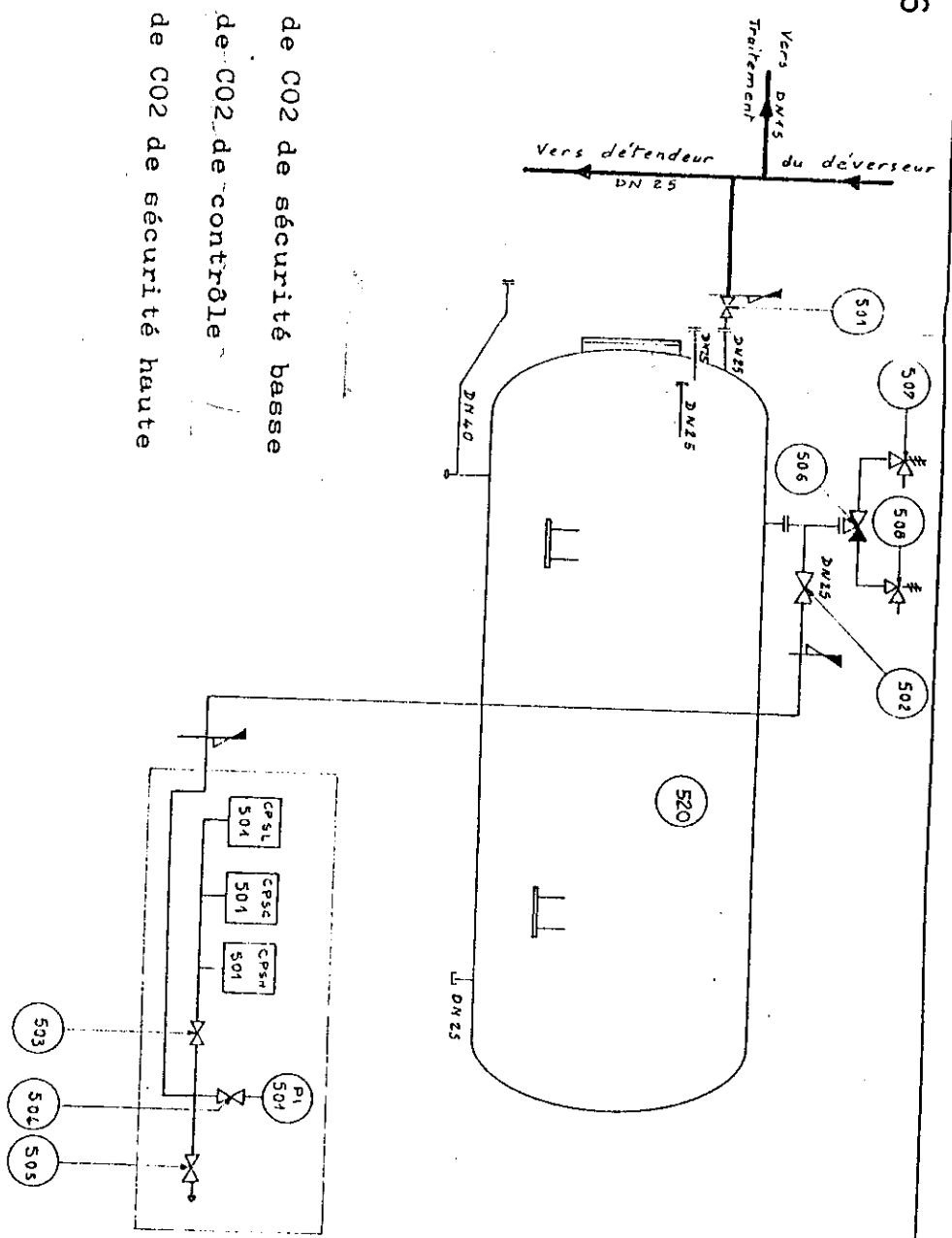
- une minuterie à armement manuel (réglée sur 2 heures)
- DEH 301 Ruban électrique chauffant du sécheur (331)
- DEH 302 " " " " (332)
- CTSC 301 Thermostat de commande de DEH 301
- CTSC 302 " " " DEH 302
- 336 Régulateur/Indicateur de débit de CO2 de régénération.



Modifications				Groupe de Constr.	
A	Nom	Date	Nom	Date	Remplacé par
○	BAISSET	21/11/75			Remplacé
SOVOBRA					
Traitement du CO2					
Ouagadougou					
				Date: 02/10/75	
PPM CII 7FB 23441 2 137 607 053					

SCHEMA PO n°6

Client **Sulzer**
 Gaz **CO2**
 Limite de fourniture



CPSL 501 Pressostat de CO2 de sécurité basse
 CPSC 501 Pressostat de CO2 de contrôle
 CPSH 501 Pressostat de CO2 de sécurité haute

Modifications				Groupe de Constr.	
N°	Nom	Date	Nom	Date	Remplacé par
1	Sulzer	26/11/75			

SOVOBRA
 Ouega douguen

ES444

STOCKAGE

Nom	Date
Dess. par Sulzer	21.10.75
Chif.	

CCM SULZER

3.137 602 055

IV.1.3.2. Caractéristiques des actionneurs et des capteurs

Fonctions assurées	Actionneurs	Capteurs
Lavage	<ul style="list-style-type: none"> * Moteur M 101 (380 V.50 H₃) - Puissance, 0,37kw - Débit 4 m³/h - HMT 12,5 MCE * 1 électrovanne WSV 101 	<ul style="list-style-type: none"> * 1 NIVOSTAT WLSL 101 * 1 Debistat WFSL 101
Compression	<ul style="list-style-type: none"> * Moteur M 201 - Puissance 15 kw - Vitesse de rotation 1500 tr/mn - tension d'alimentation 380 V 50Hz (circuit puissance) 24 V 50 Hz (circuit commande) * 1 vanne solénoïde 	<ul style="list-style-type: none"> * 3 pressostats (CPSH 201, OPSL 201, CPSH 202) * 1 thermostat CTSH 202
Gazomètre		<ul style="list-style-type: none"> 1 fin de course NB 1 fin de course NI 1 fin de course NH
Refrigération complémentaire	<ul style="list-style-type: none"> * 2 électrovannes (WSV 251, SSV 251) tension alimentation 220 V. 50Hz 	<ul style="list-style-type: none"> 2 thermostats (CTSH 203, WTSL 251)
Traitement	<ul style="list-style-type: none"> * 2 résistances de régénérations (DEH 301 et 302) . Puissance 2,2 Kw . 380 V 50 Hz (circuit puissance) 24 V 50 Hz (circuit commande) * 1 électrovanne CVS 301 	<ul style="list-style-type: none"> * 2 thermo-regulateurs CTSC 301 et 302 * 2 fin de course CVSC 301 et 302
Stockage	<ul style="list-style-type: none"> 3 pressostats (CPSL 501, CPSC 501, CPSH 501) 	

Tableau 2 : Caractéristiques des capteurs et des actionneurs

IV.1.4. Analyse fonctionnelle et choix techniques

IV.1.4.1. Préalable

- La production de CO₂ provient de la fermentation de la bière
- On rappelle que la fermentation est un phénomène continu et variable dans le temps. Aussi, il y aura toujours production de CO₂ et ce à des quantités variables.

A.1. Conséquences

1) - La station de récupération (STAREC) est continuellement en marche sauf s'il y a un défaut susceptible de bloquer toute l'installation. Dans ce cas, le CO₂ se voit expédier dans l'atmosphère.

2) - Sur la sécurité
A cause des problème de surpressions dues à la production de CO₂, on note la présence de vannes manuelles de mise à l'air du CO₂ au niveau de chaque TOD ainsi qu'une électrovanne de mise à l'air sur la conduite d'amenée du CO₂ au laveur.

2.1. Les vannes manuelles de mise à l'air du CO₂ au niveau des TOD. Elles sont maniées par les brasseurs quand ils constatent qu'il y a une surproduction de CO₂ et/ou quand il y a un défaut bloquant toute la STAREC.

2.2. L'électrovanne de mise à l'air du CO₂

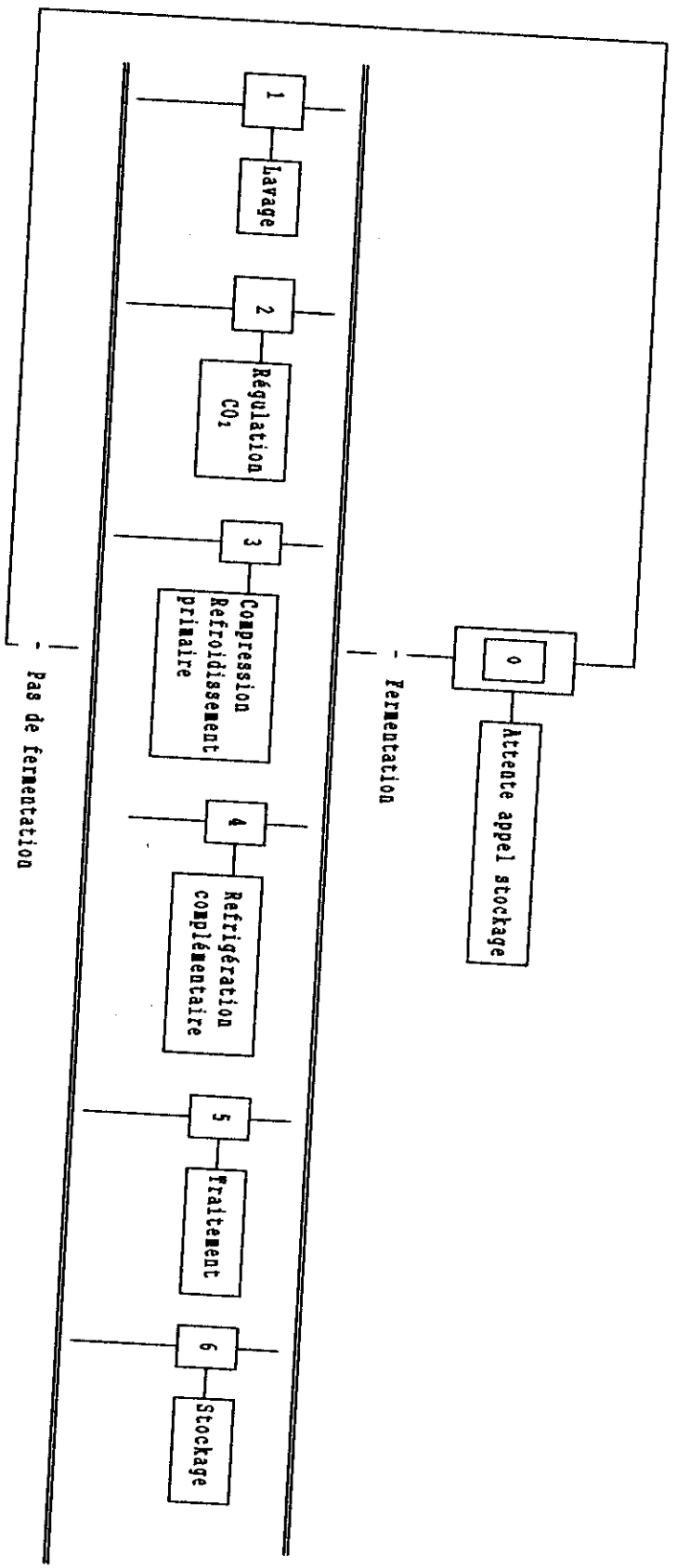
Elle est ouverte quand on a simultanément le gazomètre plein et soit un défaut au niveau des installations situées en aval du gazomètre, soit le ballon de stockage est à haute pression c'est-à-dire on n'a pas d'appel de stockage.

A.2. Remarque

Il serait tentant de mettre des électrovannes à la place des vannes manuelles. Celles-ci s'ouvriraient en cas de surproduction. Néanmoins, une banale anomalie de fonctionnement entraînerait des dommages trop importants pour peu qu'elle soit non décelable, non signalée et/ou négligée. Aussi, une surveillance humaine s'avère plus fiable qu'une surveillance électromécanique.

IV.1.4.2. Principe de fonctionnement

Il est symbolisé par le Grafcet de la figure 5.



IV.1.4.3. Situation fonctionnelle

A) Description littérale

a) Ordre de marche général

La marche de toute l'installation est fonction de la fermeture du sectionneur général. Celui-ci permet :

- d'une part de contrôler les caractéristiques électriques (tension, intensité et isolement). C'est la condition nécessaire pour la bonne marche de la station de récupération ;
- d'autre part grâce à l'alimentation du circuit de télécommande :
 - i) d'apprêter la chaîne de sécurité (cf. IV.2.2.1) de la pompe de lavage
 - ii) d'apprêter la chaîne de sécurité (cf. IV.2.2.1.) du moto-compresseur
 - iii) d'enclencher la minuterie pour :
 - * la mise en route et le contrôle de la permutation des résistances des absorbeurs (DEH 301 et DEH 302)
 - * l'ouverture de l'électrovanne CSV 301 d'injection de CO₂ de régénération sec.
 - iv) d'apprêter le circuit électrique des résistances des absorbeurs en fermant certains contacts qui s'y trouvent
 - v) de démarrer le module de régulation du CO₂ au niveau du gazomètre.

b) La mise en route générale

Elle est effectuée par :

- le bouton-poussoir "Acquit-défaut". Celui-ci met en relief les défauts prévus au démarrage des modules de lavage, de compression de réfrigération et/ou de stockage. Ces modules s'arrêtent de fonctionner dès la manifestation d'un de ces défaut. L'armement par le bouton-poussoir "Acquit-défaut" constitue la condition initiale de mise en route.

- L'actionnement du commutateur de récupération : C'est la condition effective de mise en route.

c) Fonctionnement

c.1. - Le module de lavage (cf. Schéma PO N° 1)

c.1.1.- Mise en marche du moteur M 101 de la pompe de lavage

A partir de la condition initiale de mise en route du module de régulation et de la mise sous tension, le moteur de la pompe de lavage démarrera si simultanément sa chaîne de sécurité (cf. IV.2.2.1. point c page...) n'est pas rompue et si on a un manque de pression haute dans le ballon de stockage. La marche pompe est signalée par un voyant.

c.1.2. - Le circuit d'eau

Avec le laveur qui contient initialement de l'eau, la marche de la pompe devrait favoriser une circulation fermée (M 101 - conduite - 104 - conduite - 119-111-M101) (cf. schéma PO N° 1) de l'eau. Or, l'eau se trouve bloquer momentanément au niveau des selles III. Cela provoque l'apparition d'un défaut grâce au nivostat 101 à savoir l'atteinte du niveau bas dans le laveur. Pour le pallier, une admission d'eau par l'électrovanne WSV 101 est prévue dès la marche de la moto-pompe. L'excès d'eau dû à l'appoint est évacué par un trop plein TP.

c.1.3. Le circuit de CO₂.

Venant des cuves de fermentation, il traverse les selles III, le démisteur 116 puis subit une détente. Il sera ensuite soit stocké si le gazomètre est vide soit directement compressé si le gazomètre est plein.

c.2. Le module de compression (cf. schéma PO N° 3)

c.2.1. Mise en marche du moteur M 201 et de l'électrovanne CSV 201 du démarrage à vide

Pour que le moteur M 201 fonctionne et que CSV 201 se ferme les conditions suivantes doivent toutes être remplies :

- a) fonctionnement du module de lavage
- b) Le gazomètre ayant atteint son niveau haut
- c) Mise en marche du module de traitement (c'est-à-dire qu'un des deux (2) absorbeurs soit en marche et ce dans le respect de fonctionnement qu'impose la permutation)
- d) Appel de stockage dû à un manque de pression haute dans le ballon de stockage et la condition "d'anti-court cycle" du programmeur

- e) l'eau servant au refroidissement complémentaire du CO₂ ne doit pas présenter une température trop basse
- f) La chaîne de sécurité (cf. c) du IV.2.2.1. du moto-compresseur doit-être sans rupture. Lorsque le moto-compresseur est en marche, un voyant indique son fonctionnement.

c.2.2. Le circuit d'eau

Le CO₂ subissant une compression à 2 étages voit sa température s'élever. Pour optimiser son utilisation, il y a lieu de le refroidir. Ainsi au niveau du compresseur, le CO₂ subira une réfrigération primaire. Pour ce faire, on utilisera l'eau venant du circuit du module de réfrigération complémentaire.

Cette eau aura alors le cheminement suivant (cf aussi schéma P.O. N° 3).

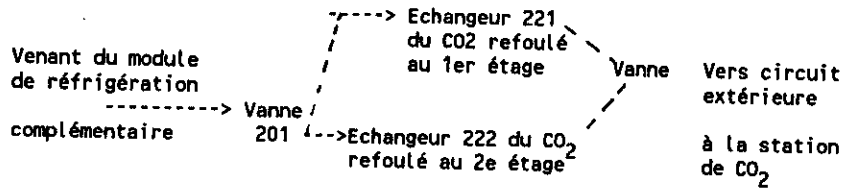


Figure 6 : Circuit eau

c.2.3. Le circuit du CO₂

Il suit le parcours ci-dessous (cf. aussi schéma PO N° 3).

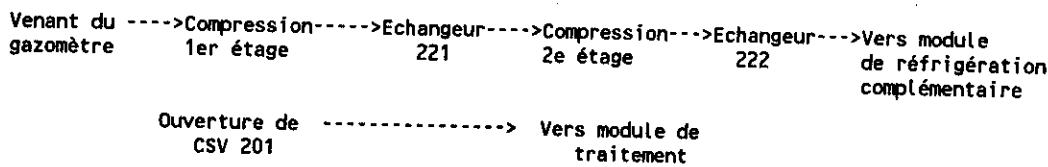


Figure 7 : Circuit CO₂

c.3. Le module de réfrigération complémentaire (cf. schéma PO. N° 4)

Ce module, achève la phase de refroidissement du CO₂ avant son traitement.

c.3.1. Le circuit d'eau

Il constitue la particularité de ce module. En effet, l'eau traverse deux (2) échangeurs (257 et 258).

Au niveau de l'échangeur 257, l'eau est refroidit par l'eau glycolée. Son admission dans cet échangeur, est faite par l'électrovanne WSV 251 qui elle-même est assujettie aux conditions d'ouverture ci-dessous.

- Les points a), b), c) et d) du module de compression sont vérifiées

- et/ou la température de l'eau dans l'échangeur 257 est trop basse (cette condition est dictée par le thermostat WTSL 251).

c.3.2. Le circuit d'eau glycolée

L'eau glycolée est utilisée comme le réfrigérant de l'eau. Elle est admise dans l'échangeur 257 par l'électrovanne SSV 251 qui est commandée par les points a), b), c), d) et c) du module de compression.

Si la température de l'eau est trop basse, c'est signe d'un refroidissement excessif. Les conduites d'eau glycolée et d'eau peuvent alors être amenées à se casser sous l'action du gel. Voilà pourquoi on vérifie la température de l'eau par le thermostat WTSL 251 et on régule l'arrivée d'eau glycolée par la vanne thermostatique SPV 251.

Le fonctionnement de l'électrovanne SSV 251 est signalé par un voyant.

c.3.3. Le circuit de CO₂

Il provient de l'échangeur 222 du module de compression, subit un échange thermique dans l'échangeur 258 et va au module de traitement.

En sortie de l'échangeur 258, il y a un test de température effectué par le thermostat CTSH 203. Les réponses de ce test sont liées à la chaîne de sécurité du moto-compresseur (IV.2.2.1. c).

c.4. Module de traitement (cf. schéma PO N° 5)

Ce module se compose de 3 sous modules :

- la dessiccation qui comprend l'absorption et la régénération ;
- la désodorisation
- la filtration.

c.4.1. Mise en service des résistances chauffantes (DEH 301 et 302)

Elles fonctionnent exclusivement lors de la régénération. Leur marche est conditionnée par :

- L'enclenchement de la minuterie à réarmement automatique placée dans le coffret au niveau du poste de traitement. Cette minuterie fixe à deux (2) heures le temps de chauffe des résistances.

- Le respect des consignes de température imposé par les thermo-régulateurs CTSC 301 et 302 qui sont mis sous tension.

- La sélection manuelle de la résistance de régénération grâce au robinet à 4 voies relié aux fins de course (CVSC 301 et 302) :

- L'enclenchement manuelle du combineur à cane.

A propos de la sélection, elle s'effectue toutes les six (6) heures. Conséquemment, un appareil en phase de régénération passera après six (6) heures en phase d'absorption et vice-versa pour l'autre appareil.

Cette alternance des phénomènes est motivée par le fait que :

- l'appareil en phase d'absorption après avoir déshydraté au bout des six (6) heures le CO₂ humide provenant du module de réfrigération complémentaire, voit son produit déshydratant (le silicagel) saturé.

- Etant saturé, le silicagel perd son pouvoir de déshydratation. On procède donc pendant les six (6) heures suivantes à sa régénération. La régénération de l'absorbant saturé comprend deux (2) phases.

i) le séchage :

Il est effectué par les résistances électriques qui sont placées à la périphérie des absorbeurs. Le maintien de la température (240 °C) de ces résistances, pendant les deux (2) heures de chauffe, est assuré par les thermo-régulateur (CTSC 301 et 302).

ii) Le refroidissement :

Cette phase succède le séchage. Le produit chauffé est refroidit progressivement, durant les quatre (4) heures restantes, par du CO₂ sec prelevé sur le circuit principal ou le circuit de CO₂ traité.

c.4.2. Le circuit de CO₂ traité

Il vient du module de réfrigération complémentaire, traverse de bas en haut l'absorbeur en phase d'absorption, se désodorise dans l'appareil 333 et est filtré par l'élément 335.

c.4.3 Le circuit du CO₂ sec

Dès la mise sous tension de la minuterie du coffret du module de traitement, l'électrovanne CSV 301, qui assure la jonction entre le CO₂ sec stocké dans le ballon et les absorbeurs, s'ouvre. Ce CO₂ lors de la phase de séchage commence par balayer le produit chauffé. C'est pour favoriser l'entraînement vers l'extérieur de l'eau désorbée et le retour vers le détenteur du CO₂ piégé lors de l'absorption. Après le balayage, il effectuera le refroidissement du silicagel et participera toujours au retour du CO₂.

c.5. Le module de stockage (cf. schéma PO N° 6)

Un manque de haute pression dans le ballon de stockage fait appel à une commande de stockage. Cet appel est visualisé par un voyant.

Il existe un voyant défaut pression basse (PB) pour le poste de remplissage des bouteilles. Celles-ci ne peuvent être remplies sous PB.

Sur la pression haute, il est assez rare qu'elle soit attendue car la demande à l'aval est fréquemment effective. Si la demande est faible et qu'il y a beaucoup de récupération (le jeudi, vendredi, samedi et dimanche), on effectue le remplissage des bouteilles ; l'excès est mis à l'air.

c.6. Le module de régulation du CO₂ (cf. schéma PO N° 2)

Cette régulation est traduite par des interrupteurs fin de course qui obéissent aux différents états de niveau de CO₂ dans le gazomètre.

Quand le gazomètre est au niveau bas et qu'il se remplit de CO₂, il y a simultanément :

- l'enclenchement de la minuterie crouzet qui gère le temps de fonctionnement de la moto-pompe M101. En effet, après avoir favorisé le démarrage du moteur grâce à un contact temporisé, il y a ouverture de celui-ci après 90 minutes. Ce temps est jugé suffisant pour que le gazomètre atteigne le niveau haut afin qu'il assure la marche de la pompe grâce à un cablage de maintien. Sinon, la pompe s'arrête et redémarre après le rearmement automatique de la minuterie.

- Pas de compression
- Pas d'arrivée d'eau (sauf si la température est basse) et d'eau glycolée
- Non enclenchement du programmeur de commande d'appel de stockage

Arrivé au niveau haut et jusqu'à l'atteinte à nouveau du niveau bas, la contraposée des points ci-dessus est vérifiée.

D) Chronologie des étapes

Au démarrage, l'ordre d'exécution des étapes est le suivant :

- 1) Fermeture de l'interrupteur général
- 2) Armement au moyen du boulon-poussoir "Acquit-défaut"
- 3) Ordre de marche par le commutateur de récupération
- 4) Sélection du sécheur par le robinet 4 voies
- 5) Actionnement du combinateur à came pour le contrôle de la permutation.

Pendant le fonctionnement, seuls les points 4) et 5) restent effectués.

B). OBSERVATIONS ET SUGGESTIONS

- * L'installation actuelle présente des voyants d'isolements défectueux
- * Le mode de marche rencontré est semi-automatique à cause de la condition initiale et du module de traitement. A ce mode, il y a lieu d'ajouter les modes manuelles et automatiques.
- * Au niveau de la commande de récupération, celle-ci doit être actionnée dans les 90 minutes qui suivent l'enclenchement de la minuterie connecté au module de lavage. En effet, si l'on actionne cette commande après les 90 minutes sans que le gazomètre ne soit au niveau haut (NH) (cas par exemple d'un arrêt alors le gazomètre est en situation transitoire), la pompe ne démarrera pas.

Pour le mode automatique prévu, il ne devra pas subir cette contrainte en l'intégrant. Cet aspect restera en mode manuelle.

- * La chaîne de sécurité (IV.2.2.1 c) de la moto-pompe est conçue de sorte qu'au démarrage, le laveur doit contenir de l'eau qui ne soit pas au niveau bas. Cela impose une vérification qu'on peut oublier après une vidange notamment.

Conséquemment, la nouvelle situation fonctionnelle devra d'abord favoriser l'arrivée d'eau, le contrôle de son débit et de son niveau puis seulement la marche du moteur selon les mêmes conditions qu'en C.1.1. et une chaîne de sécurité légèrement modifiée.

- * Le moteur M101 évolue en phase avec l'électrovanne WSV 101. Cela occasionne beaucoup de perte d'eau à travers le trop plein, seul moyen de limitation de niveau haut.

Des nivostats intermédiaires (WSLI 102) et haut (WLSL 103) sont ajoutés au module de lavage afin d'optimiser la gestion de l'eau.

- * Pour le module de traitement, seuls les voyants marche des résistances de régénération placés sur le coffret traitement et le voyant de permutation non effectuée de l'armoire de commande existent. Or, une permutation non effectuée ne caractérise pas les défauts des résistances. Il faut donc ajouter des voyants défauts pour chaque résistance.

Il y a aussi le fait qu'un oubli du robinet 4 voies dans sa position médiane (ce qui signifie que ni les conduites, ni les résistances chauffantes ne sont opérationnelles) nuirait au bon fonctionnement de la station. En effet, le compresseur serait défaillant alors que le lavage continuerait à tourner. Cela entraînerait l'éclatement du gazomètre.

De plus, dès qu'on effectue la permutation il s'en suit le chauffage. Cela s'avère inutile au démarrage car il n'y a pas eu phase d'absorption pour régénérer. Il y a donc perte d'énergie électrique mais facilité de conception de cablage et ce d'autant plus que ça n'affecte pas le silicagel.

Ce module qui commande la compression n'est conditionné par aucun autre. Il faudra l'assujettir au module de stockage.

- * S'agissant du programmateur du module de stockage, il change de position toutes les 15 minutes dès qu'il est lancé. Son cablage est tel que si au bout des 15 minutes,

le ballon de stockage n'est pas en haute pression, le voyant d'appel de stockage s'éteindra pour se rallumer 15 minutes plus tard alors qu'il y a toujours un déficit de pression. Aussi, la marche du voyant d'appel de stockage doit être conditionnée simplement par le manque de pression haute.

Nonobstant, le programmeur limite le temps de compression à 15 minutes si évidemment la pression n'est pas haute dans le ballon de stockage.

* Il y a absence de contrôle de l'énergie pneumatique. On prévoit alors un pressostat à seuil.

* Pour clore cette rubrique, on soulignera le manque de thermostat 1er étage au niveau du compresseur et à titre facultatif le manque de voyant lié, à la section brassage pour signaler la présence de CO₂.

IV.2. La structure proposée de la partie commande

IV.2.1. Les modes de marche des différents modules de fonctionnement

IV.2.1.1 Le module de régulation du CO₂

A) Mode de marche

Il est lié à ceux des modules de lavage et de compression.

B) Description du fonctionnement

Il est identique à celui décrit au c.6. du IV.1.4.3. page... Les rôles de la minuterie Crouzet (pour le moteur M 101) et du programmeur de commande d'appel de stockage sont assurés cette fois-ci par l'A.P.I. Il est à noter que le programmeur ne conditionne plus l'appel de stockage comme dans la situation actuelle. Cet aspect a été jugé non fonctionnel (cf. démonstration au III.3.2. page...).

IV.2.1.2. Le module de lavage

A) Mode de marche : Automatique, manuelle et semi-automatique

B) Marche automatique

B.1. Conditions de démarrage du moteur M 101 et d'ouverture de l'électrovane WSV 101

- 1) Présence CO₂
- 2) Appel de stockage

- 3) Ordre de marche général (cf a du IV.1.4.3. A) page.36.) plus mise sous tension API et actionneurs.
- 4) Conditions initiales (cf b du IV.1.4.3. A) page.36. et chaîne de sécurité c. IV.2.2.1)
- 5) Commutateur sur auto
- 6) Commutateur récupération sur marche
- 7) Lancement temporisation de trois (3) minutes pour le contrôle du débit.

B.2. Conditions d'arrêt

- 1) Arrêt d'urgence
- 2) Rupture chaîne de sécurité (c. IV.2.2.1.) pour le moteur M 101
- 3) Niveau haut pour l'électrovanne WSV 101
- 4) Défaut énergie pneumatique, électrique et/ou automate
- 5) Commutateur de récupération sur arrêt
- 6) Défaillance quelconque de l'un des autres modules.

B.3. Description littérale

- 1) Quand les conditions de démarrage de ce mode de marche sont réunies, les voyants marche pompe lavage, appel stockage, présence (CO₂, tensions (primaire et secondaire) et isolement clignotent.
- 2) Si le niveau d'eau, détecté par WLSL 103 dans le laveur est haut alors :
 - le moteur M 101 démarre et ne s'arrêtera que sur les conditions d'arrêt. Son fonctionnement occasionne la descente du niveau de l'eau.
 - A l'atteinte du niveau intermédiaire détecté par WLSL 102, il y a ouverture de l'électrovanne WSV 101 puis le lancement d'une temporisation de 3 mn.

- A l'issue de ces trois (3) minutes, il y a contrôle du débit

- Après la détection d'un débit correct par le capteur WESL 101, l'électrovanne WSV 101 se fermera dès l'atteinte du niveau haut de l'eau. Le niveau de l'eau sera de nouveau amené à baisser jusqu'au niveau intermédiaire car le moteur tourne toujours. L'électrovanne s'ouvrira et ainsi de suite.

Sinon, cela signifie que le niveau d'eau dans le laveur n'est pas haut alors l'électrovanne WSV 101 s'ouvre et la temporisation est enclenchée. Après cela, le fonctionnement suit celui décrit précédemment.

Remarque : pour ce module, l'admission d'eau est maintenant une condition supplémentaire de mise en marche du moteur M 101. La gestion du circuit d'eau est assurée par 3 capteurs de niveaux (WLSL 101 pour le niveau bas, WLSL 102 pour le niveau intermédiaire et WLSL 103 pour le niveau haut).

Le système est réglé pour que l'électrovanne WSV 101 fonctionne seulement entre le niveau intermédiaire et le niveau haut ; le niveau bas s'avérant être une sécurité.

C) Marche semi-automatique

Elle est identique à celle de B) avec pour seule différence le commutateur mis sur semi-auto.

D) Marche manuelle

On a : - le commutateur sur manuelle
- le commutateur de récupération sur marche
- le commutateur pompe lavage sur marche.

Pour la description du fonctionnement, elle est identique à celle de B.3. avec pour conditions d'arrêt :

- toutes celles du B.2 sauf celles dues aux défauts dans le fonctionnement des modules de compression - réfrigération de traitement car il y a autonomie dans le fonctionnement

- le commutateur pompe lavage sur arrêt.

IV.2.1.3. Le module de compression

A) Mode de marche : les trois (3)

B) Marche automatique

B.1. Conditions de marche du compresseur M 201 et de fermeture de l'électrovanne CSV 201

- 1) Marche normale du module de lavage (cf B du IV.2.1.1. page.44.)
- 2) Le niveau dans le gazomètre n'est pas bas
- 3) Permutation des absorbeurs effectués
- 4) La température de l'eau de réfrigération complémentaire du CO₂ n'est pas trop basse.
- 5) Chaîne de sécurité (IV.2.2.1.c) non rompue
- 6) Lancement d'une temporisation d'une minute pour la fermeture de l'électrovanne de démarrage à vide CSV 201, le contrôle de l'huile et le contrôle de la température du CO₂ à la sortie de la réfrigération complémentaire.

B.2. Conditions d'arrêt total

- 1) Défaillance quelconque de l'un des autres modules
- 2) Rupture de la chaîne de sécurité (cf. IV.2.2.1. c. page.54)
- 3) Gazomètre au niveau bas

B.3. Description littérale

- 1) Le voyant marche compresseur clignote dès que les conditions de marche (cf B.1 du IV.2.1.3. page.47.)
- 2) Tant qu'il y a récupération et que le gazomètre n'est pas au niveau bas, le compresseur marche (aspiration du CO₂ du gazomètre)
Si récupération de CO₂ > CO₂ aspiré alors le compresseur fonctionne.

sinon : - le niveau dans le gazomètre sera bas après un certain temps et il y aura arrêt du compresseur

- Remplissage à nouveau du gazomètre

- Gazomètre au niveau haut
- Redémarrage du moteur et reprise du test i)

C) Marche semi-automatique

Elle est identique à celle de B) du IV.2.1.3. avec pour seule différence le commutateur mis sur semi-auto.

D) Marche manuelle

- On a :
- le commutateur sur manuelle
 - le commutateur compresseur sur marche
 - le commutateur de récupération sur marche.

Pour la description du fonctionnement, elle est identique à celle du B.3 de IV.2.1.3. avec pour condition d'arrêt :

- Toutes celles du B.2. de IV.2.1.3. sauf celles dûes aux défauts dans le fonctionnements des modules de lavage et de traitement car il y a autonomie dans le fonctionnement.
- Le commutateur compression sur arrêt.

IV.2.1.4. Le module de réfrigération complémentaire

A) Mode de marche : lié à la marche du module de compression

B) Marche automatique

Elle est telle que décrit en C.3.1. et C.3.2. du IV.1.4.3. page.39 avec pour conditions d'arrêt celles dûes aux défauts de fonctionnement des différents modules.

C) Marche semi-auto et manuelle

Le commutateur est déplacé suivant le mode de marche voulu. Pour le fonctionnement, il est sans changement avec une condition supplémentaire d'arrêt due au commutateur de réfrigération en mode de marche manuelle.

IV.2.1.5. Le module de traitement

A) Mode de marche : automatique, manuelle et semi-automatique

B) Marche automatique

B.1. Conditions de marche des résistances DEH 301 et 302, d'ouverture de l'électrovanne CSV 301 et des thermorégulateurs CTSC 301 et 302.

Ces conditions sont les mêmes qu'en C.4.1. du IV.1.4.3. page... avec la permutation des absorbeurs faite sous le contrôle de l'A.P.I. qui commande un vérin bistable en remplacement du robinet à 4 voies. Ce vérin reste lié aux fins de cours CVSC 301 et 302. Pour le rôle de la minuterie et du combinateur à came, il est assuré par l'A.P.I. A ces conditions sera ajoutée celle d'appel de stockage comme suggéré au B du IV.1.4.3. page 42.

B.2. Conditions d'arrêt total des résistances DEH 301 et 302

Ce module s'arrête sur un arrêt quelconque dû à un défaut dans le fonctionnement des autres modules.

B.3. Description littérale

- 1) Clignotage alterné des voyants des absorbeurs 1 et 2 suite à la marche des résistances DEH 301 et 302 qui est commandée par la permutation.
- 2) Après deux (2) heures, il y a coupure de la résistance sélectionnée
- 3) Après six (6) heures, les résistances commutent grâce à l'A.P.I. et on aborde à nouveau le point 1.

C) Marche semi-automatique

Dans ce mode de marche, le commutateur est dans la position semi-auto et la permutation des résistances s'effectue manuellement. On rappelle que c'est ce dernier qui génère le caractère semi-automatique du système. Ce mode de marche a été prévu pour des raisons de disponibilité.

D) Marche manuelle

Elle suit le même principe que les marches manuelles des autres modules pour le positionnement des commutateurs ainsi que les conditions d'arrêt.

IV.2.1.6. Le module de stockage

A) Mode de marche

Il fonctionne selon n'importe quel mode car il conditionne tous les modules pour les raisons évoquées en III.3.2. page...)

B) Description littérale

L'appel de stockage s'effectue quand la pression n'est pas haute. Il est matérialisé par un voyant. Dès que la pression haute détectée par CPSH 501 est atteinte alors toute l'installation s'arrête et ce selon le mode de marche.

IV.2.1.7. Remarques

A) Liaison entre les module en marche auto et semi-auto

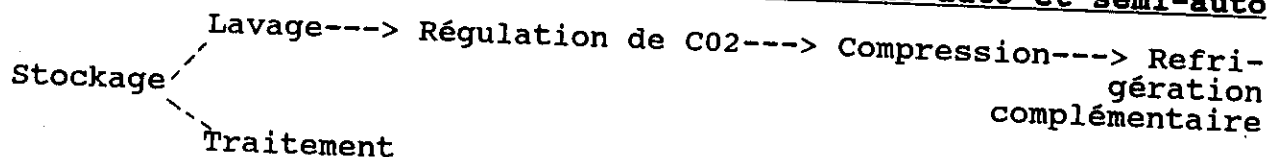


Figure 8 : liaison des modules.

La flèche indique le conditionnement dans la marche du module pointé par le module précédent celle-ci.

B) Rôle du mode de marche manuelle

Ce mode porte essentiellement sur la marche du moteur M 101 du laveur, du compresseur M 201 et des résistances DEH 301 et 302. La marche des autres actionneurs est implicite.

Ce mode a surtout été prévu pour les tâches de maintenance.

IV.2.2. Sûreté de fonctionnement

Dans la mesure où l'installation présente a déjà été éprouvé, l'analyse de la sûreté portera en majeure partie sur les défaillances émanant des défauts physiques. Les fautes humaines (erreurs de conception, erreurs d'installation et erreurs de maintenance) se resumeront aux erreurs de maintenance. Elles feront l'objet des consignes d'exploitation, tout comme les procédures d'exploitation supprimant les risques et les procédures de diagnostic de reprise.

IV.2.2.1. Définition des procédures de sécurité

A. Sécurité de fonctionnement

Elle est mise en évidence par les chaînes fonctionnelles de sécurité suite aux principaux risques énoncés au IV.1.1. E₁ (p.) qui occasionnent des dommages sur les biens et les personnes.

A.1. Chaîne fonctionnelle du CO₂

* Produits : CO₂

- Contrainte : pureté de 99,98 %
- Mise en évidence du risque : Risque de souillure
- Solution adaptée au risque : formation du personnel
- Limitation des défaillances : Respect des consignes de mise en oeuvre
- Surveillance et action : Surveillance humaine et mise à l'air

* Procédé : Circulation continue à travers divers unités d'élaboration

- Mise en évidence du risque: Risque de suite à travers les conduites
- Solution adaptée au risque : Procédure de maintenance et/ou sécurité directe (arrêt d'urgence)
- Limitation des défaillances : choix des conduites.

* Processus : Ballon de stockage

- Contrainte : Capacité limitée
- Mise en évidence du risque : Risque de surpression
- Solution adaptée au risque : Sécurité positive (Pressostats)

* Partie opérative : Détecteurs de haute pression

- Mise en évidence du risque : Risque de défaillance
- Solution adaptée au risque : Sécurité directe (arrêt d'urgence)

- Limitation des défaillances : Choix des pressostats
- Surveillance et action : Test de changement d'état.

A.2. Chaîne Fonctionnelle du silicagel

- Mise en évidence du risque : risque de brûlure par les résistances
- Solution adaptée au risque : thermostats

*** Partie opérative : Protection par tôle métallique**
 Détection par thermostat
 Action de coupure électrique des résistances.

- Mise en évidence du risque : Risque de défaillance des thermostats
- Solution adaptée au risque : Sécurité positive (Coupure des résistances)
- Limitation des défaillances : choix du métal protecteur et des thermostats
- Surveillance et action : Commande d'arrêt par temps enveloppe

*** Partie commande : Commande des résistances**

- Mise en évidence du risque : Marche simultannée
- Solution adaptée au risque : Prévention intrinsèque (verrouillage électro-mécanique en logique câblée)
- Limitation des défaillances : Respect des consignes de mise en oeuvre.

A.3. Chaîne fonctionnelle de la réfrigération complémentaire

*** Procédé : Echange thermique entre eau glycolée et eau**

- Contrainte : Consigne de température
- Mise en évidence du risque : Risque de sur-refroidissement (Cassure des conduites)
- Solution adaptée au risque : Sécurité positive (régulation température)

*** Processus : Admission des fluides dans un échangeur**

- Mise en évidence du risque : Risque de défaillance de l'échangeur

- Solution adaptée au risque : Sécurité directe (arrêt de sécurité)
 - Limitation des défaillances : Choix de l'échangeur
 - solution adaptée au risque : Sécurité directe (arrêt de sécurité)
 - Limitation des défaillances : Choix de l'échangeur.
- * Partie opérative : Vanne thermostatique et thermostat**
- Mise en évidence du risque : Risque de défaillance
 - Solution adaptée au risque : Sécurité positive
 - Limitation défaillance : Choix des détecteurs et régulateur
- * Partie commande : commande électrovanne eau glycolée**
- Mise en évidence du risque : Risque de défaillance de l'électrovanne
 - Solution adaptée au risque : Sécurité positive
 - Limitation défaillance : Choix de l'électrovanne
 - Surveillance et action : Par changement d'état de l'électrovanne.

B) Sécurité défaillance automate

Il est prévu :

- une coupure (arrêt de sécurité) de l'alimentation des sorties de l'automate programmable sur tout défaut interne détecté par le "chien de garde".
- une marche dégradée assurant une sécurité directe par logique cablée et une commande manuel d'intervention.

C) Arrêt sur défauts

Les défauts occasionnants des arrêts sont les suivants :

*** Pour le module de lavage :**

- Défaut thermique
- Eau au niveau bas
- Défaut de débit

- Défaut d'énergie pneumatique au niveau de l'électrovanne de mise à l'air du CO₂

Ces 4 défauts constituent la chaîne de Sécurité du Moteur M 101.

*** Pour le module de compression**

- Défaut thermique
- Pression de refoulement 1er étage élevée
- Pression de refoulement 2e étage élevée
- Pression huile faible
- Température de refoulement 1er étage élevée
- Température de refoulement 2e étage élevée

Ces 6 défauts constituent la chaîne de sécurité du moteur M 201.

*** Pour le module de traitement**

- Commutation non effectuée
- Commutation à effectuer dans 1'heure
- Défaut résistance DEH 301 et DEH 302
- Défaut d'énergie pneumatique pour le verin bistable

*** Pour le module de réfrigération complémentaire**

- Température eau réfrigérée trop basse
- Température après réfrigération complémentaire trop élevée

*** Pour le module de stockage**

- Pression trop haute.

Remarque : l'indication pression trop basse n'entraînera pas d'arrêt mais constituera une indication quant à l'utilisation du poste du remplissage des bouteilles de secours (ces bouteilles ne pouvant pas se remplir à basse pression).

D) Signalisations opérateur

Tous les défauts présentés en c) au IV.2.2.1 sont signalés par un voyant de couleur rouge et un avertisseur sonore. A ces voyants, il faut ajouter les voyants verts marche de la pompe de lavage, du compresseur, du module de réfrigération complémentaire, d'appel de stockage, des résistances chauffantes, des contrôles d'isolement et de la présence de tensions (24 V et 380 V).

E) Condition de reprise

Toute reprise après arrêts n'est autorisée qu'en marche manuelle à la suite de laquelle peut s'effectuer un retour en fonctionnement automatique si évidemment toutes les conditions de mise en route sont réunies.

F) Comportement sur coupure d'énergie électrique

Sur coupure d'énergie électrique, il y a figeage et sauvegarde des états de la partie commande grâce à la mémoire de l'automate. Cela permet une reprise depuis la situation d'arrêt.

Toute coupure devra être accompagnée d'une surveillance accrue à la section brassage à cause des questions de surpression.

G) Comportement sur coupure d'énergie pneumatique

Cet aspect concerne l'électrovanne de mise à l'air et le verin bistable de commutation des absorbeurs.

La détection de la chute de pression par un capteur à seuil est signalée et arrête les modules de lavage et traitement.

IV.2.2.2. Disponibilité

(page.22.) Aux causes d'indisponibilités citées en IV.I.I. E₃ on ajoutera :

- les selles intalox (111) du laveur bouchées
- l'eau du laveur surchargée
- le silicagel usagé
- le charbon actif de désodorisation usagé
- le filtre bouché.

IV.2.2.3. Description graphique du dispositif de sûreté

Elle est faite par le Grafcet de sûreté ci-dessous.

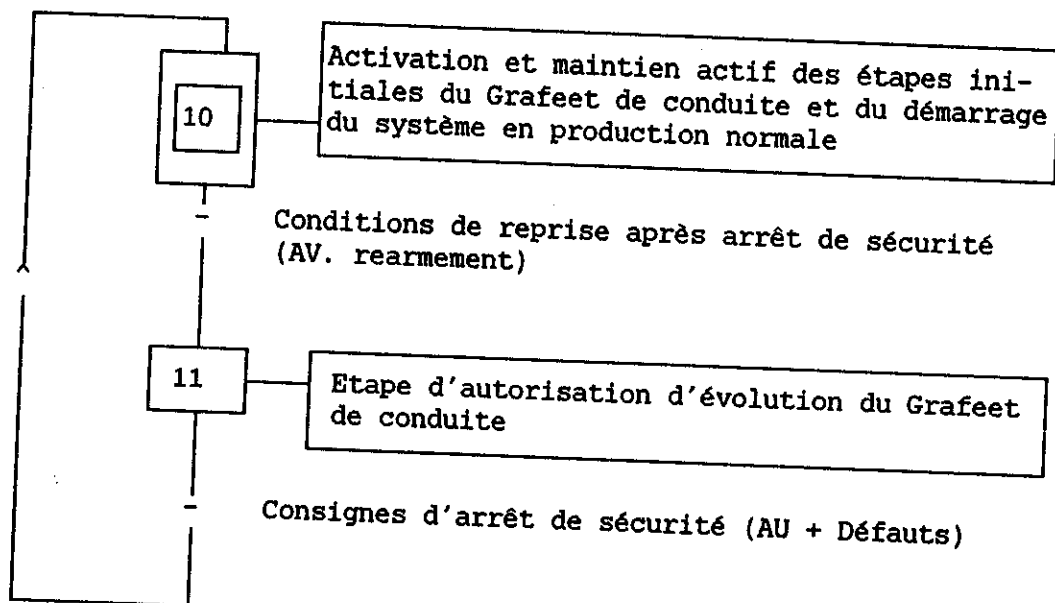


Figure 9 : Grafcet de sûreté

AU : arrêt d'urgence

IV.2.3. Les modes de conduite et le dialogue homme-machine

IV.2.3.1. Liste des organes de dialogue

Les constituants du dialogue homme-machine retenus sont :

- vingt-huit (28) voyants dont douze (12) indiquant le fonctionnement normal et le restant symbolisant les défauts
- un avertisseur sonore
- deux (2) cadrans de mesure
- sept (7) commutateurs dont les commandes manuelles des différents modules sont valides soit par la consigne manuelle soit par la consigne semi-automatique
- un commutateur c1
- un coup de poing
- un bouton c1
- trois (3) boutons-poussoirs
- deux (2) boutons.

IV.2.3.2. Définition du pupitre de commande

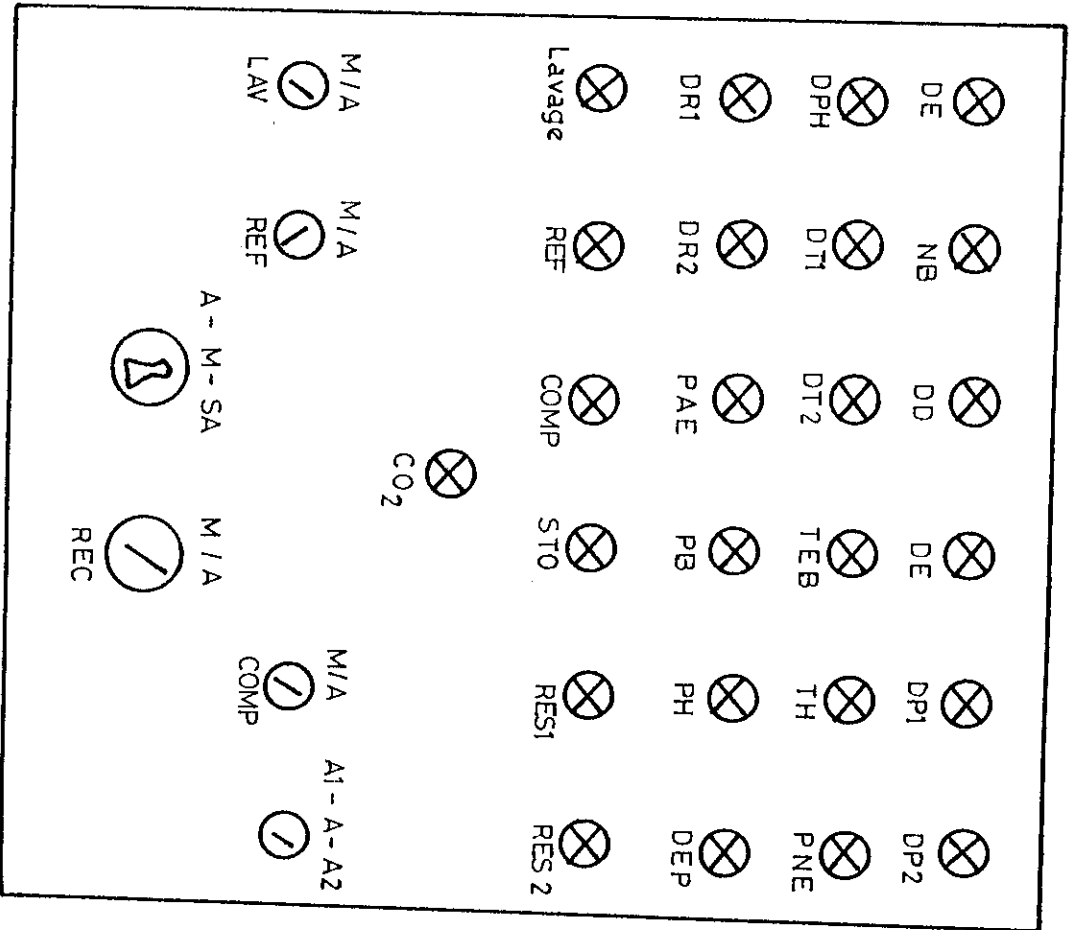
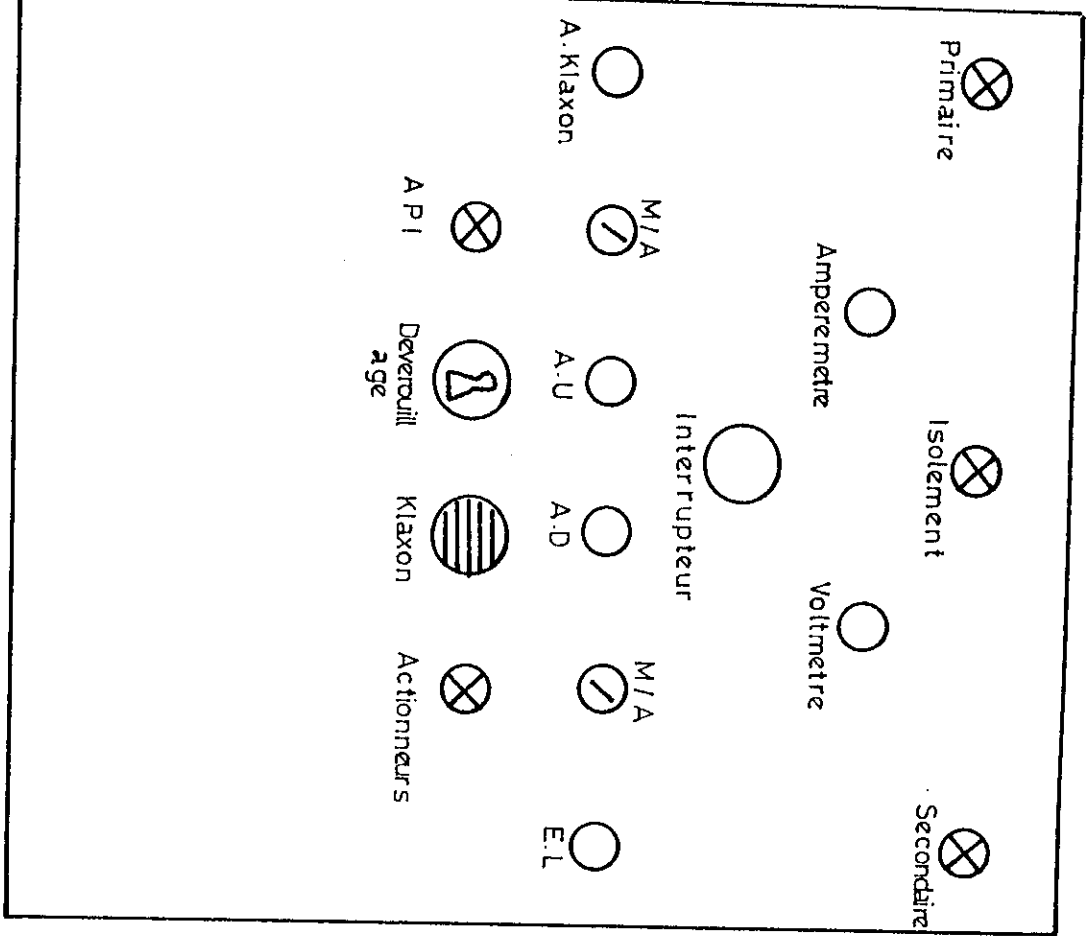


FIG 10 PUPITRE DE COMMANDE

IV.2.3.3. Description graphique des différents modes de conduite

A) Le Grafcet de conduite.

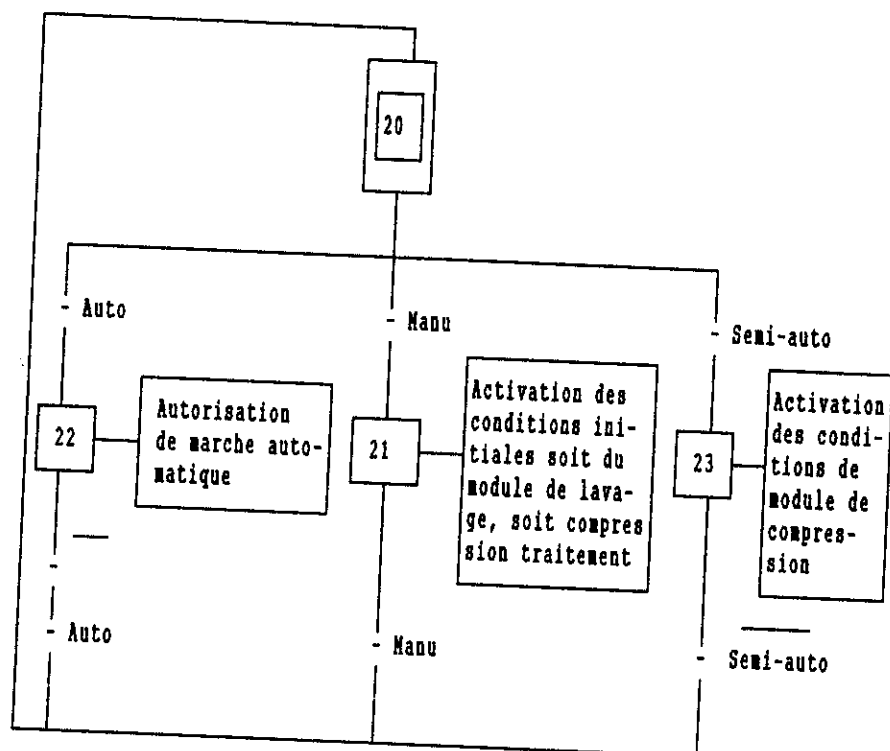


Figure 11 : Grafcet de conduite

LEGENDE
 P.O. = Partie Opérative
 P.C. = Partie Commande

Références de l'équipement

ÉDITION AVRIL 1981

F PROCÉDURES DE FONCTIONNEMENT

A PROCÉDURES D'ARRÊT de la Partie Opérative (PO)

A6 < Mise P.O. dans état initial >
 Par commande séparée des modules

A1 < Arrêt dans état initial >
 Attente récupération

auto-marche

F4 < Marches de veille ->
 Édition dans le dossier de commande séparée de chaque module

A7 < Mise P.O. dans état déterminé >

A9 < Arrêt obtenu >

F2 < Marches de production >

F1 < Marches de culture >

A5 < Préparation pour remise en route après distillances >
 Vérification choix mode reprise remise en énergie P.O. réinitialisation P.C.

A2 < Arrêt demandé en fin de cycle >

A3 < Arrêt demandé dans état déterminé >

F3 < Production normale >

Fonctionnement normal

A8 < Diagnostic et/ou testement de distillances >

A4 < Production tout de suite >

F6 < Marches de test >

A10 < Arrêt d'urgence >
 Arrêt "figeage" de tous les actionneurs (coupure énergie sur PO), mise à l'air et appel opérateur

D PROCÉDURES en DEFAILLANCE de la Partie Opérative (PO)

E PROCÉDURES DE FONCTIONNEMENT

P.C. HORS ÉNERGIE

coupure énergie A.P.I.

Arrêt de tous les actionneurs

Mise en énergie sur P.C.

Mise en énergie de P.C.

Depuis auto

arrêts

IV.2.4. Les pré-études "logiciels"

Il est proposé de ressortir les outils qui permettent de décrire le comportement du système afin d'amorcer le traitement programmé.

IV.2.4.1. Justification du mode de représentation graphique

Le système étant en majeure partie composé d'automatisme "Tout ou Rien" (TOR), il apparaît judicieux d'avoir recours aux équations booléennes.

L'ambiguïté avec ces équations est qu'elles intègrent assez mal les fonctions séquentielles car elles requièrent un concept (la notion de mémoire) n'intervenant pas dans la structure mathématique de l'Algèbre de Boole. Aussi, il y a lieu d'avoir des outils plus performants d'où les différentes descriptions graphiques des comportements des automatismes notamment le Grafcet.

Si le fonctionnement séquentiel de tout processus de production se décrit aisément par un Grafcet, il sera préférable de choisir les logigrammes pour les chaînes ouvertes. C'est le cas de la STAREC où il n'y a pas de cycle d'auto-contrôle dans l'ensemble. Le principe de Feed-back est absent ; le stockage de CO₂ est une information dont l'acquisition ne génère pas un retour aux conditions d'ordre de marche général.

De plus, les logigrammes traduisent bien les équations booléennes.

IV.2.4.2. Description graphique du comportement du module de lavage en marche automatique ou normale

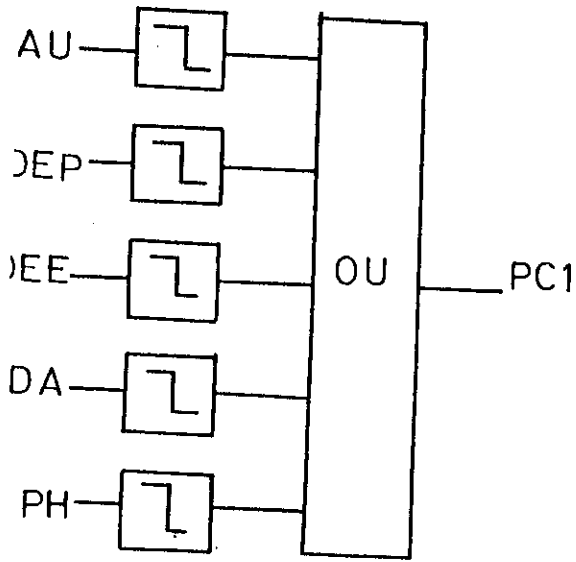
1. Tableau des actionneurs

Actions	Actionneurs	Commande
Rotation pompe à eau	M 101	KM1
Ouverture électrovanne à eau	WSV 101	WSV+

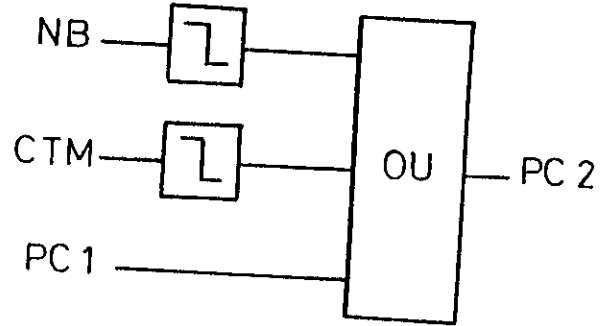
2. Tableau des capteurs

Informations	Capteurs
Récupération	REC
Pression haute stockage	PH (CPSH 501)
Niveau bas atteint	NB (WLSL 101)
Niveau haut atteint	NH (WLSL 102)
Niveau intermédiaire atteint	NI (WLSL 103)
Débit eau correcte	DEC (WFSL 101)
Contrôle thermique moteur M101 bon	CTM (E85H 101)
Défaut énergie pneumatique	DEP
Défaut énergie électrique	DEE
Défaut automate	DA (Watch-dog)

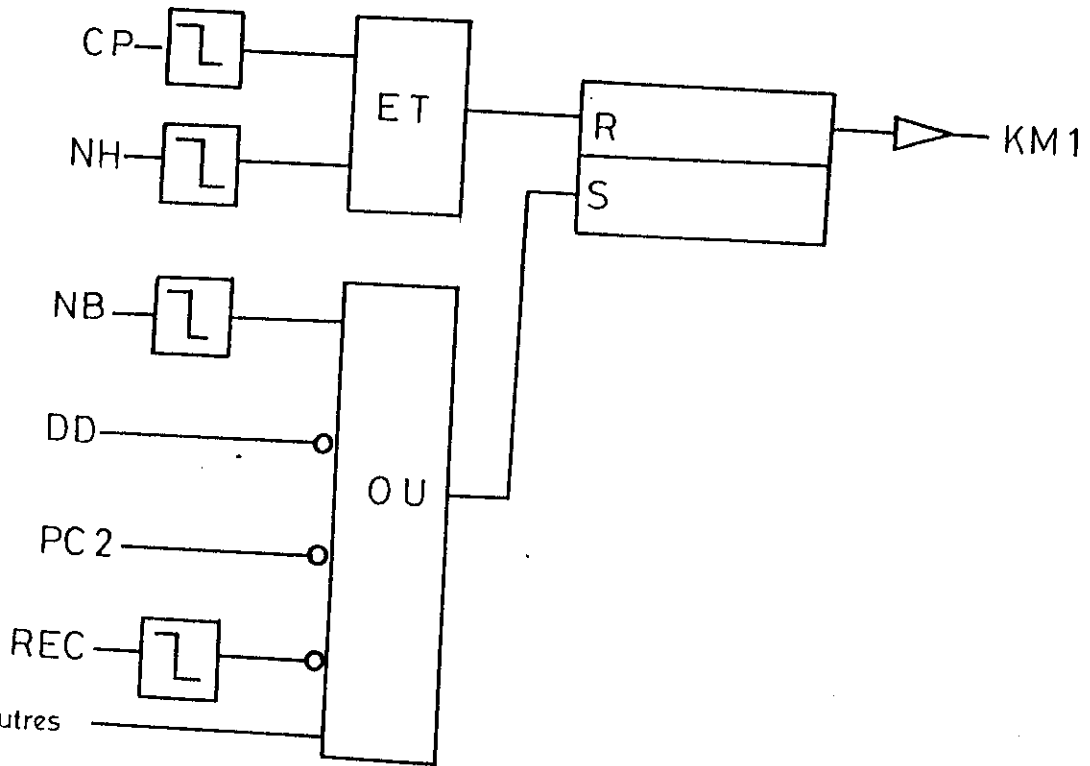
3. Logigrammes



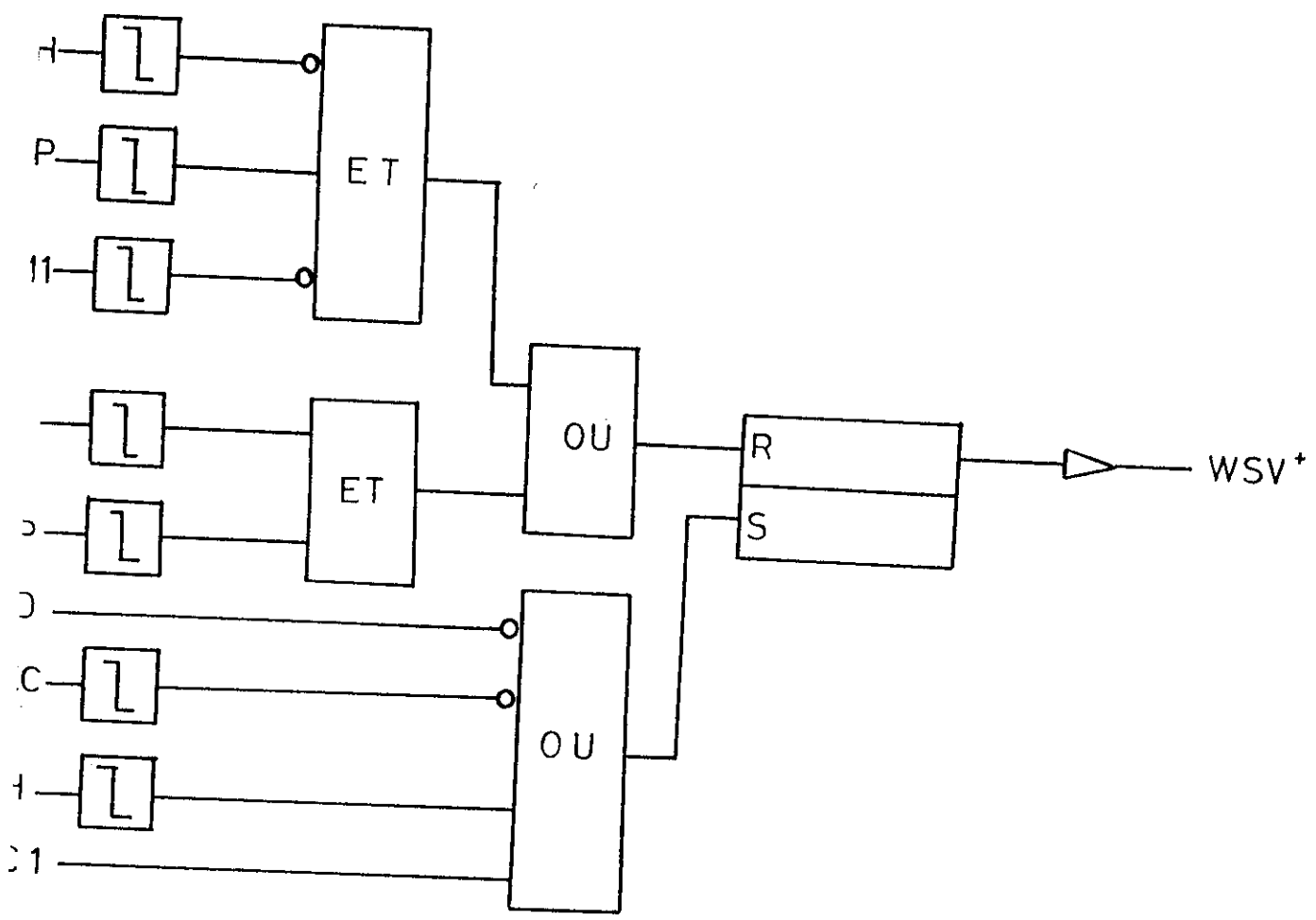
PERTE CONDITIONS 1 (PC 1)



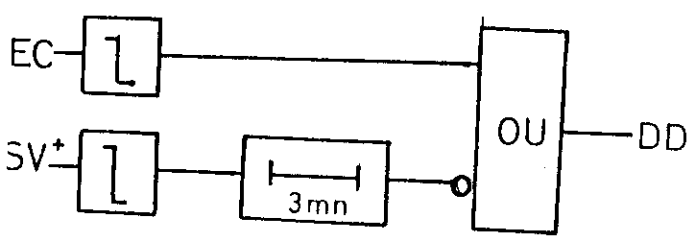
PERTE CONDITIONS 2 (PC 2)



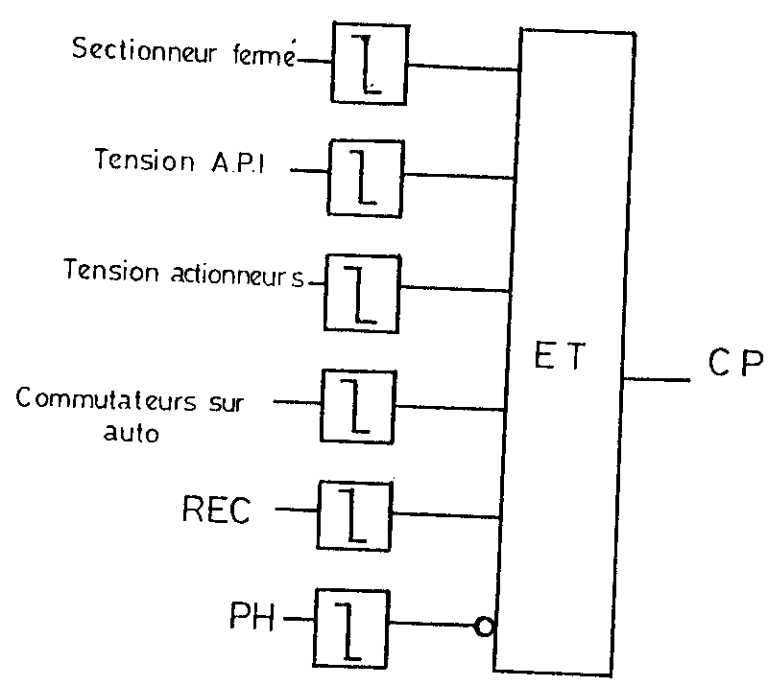
FONCTIONNEMENT MOTEUR M101



FONCTIONNEMENT ELECTROVANNE WSV 101



DEFAULT DEBIT (DD)



CONDITIONS PERMANENTES (CP)

4. Remarque

Seule le fonctionnement du module de lavage a été traduit en logigramme, car une conception nouvelle, de marche a été proposée (cf. B du IV.1.4.3). Pour les autres modules, leur marche est analogue à celle décrite par le schéma électrique de la partie commande actuelle avec pour seules différences :

- l'ajout du conditionnement du module de traitement par celui de stockage
- la prise en compte des inter-liaisons des modules pour l'arrêt de toute l'installation suite à un défaut de l'un d'entre-eux.

Vu que le transfert d'un schéma à contact au logigramme est immédiat s'il a été jugé inutile de le faire. Cela est laissé aux tâches de programmation, tâches qui ne sont pas l'objet de nos propos.

S'agissant du schéma électrique, ce document est disponible au service maintenance de la BRAKINA.

IV.2.4.3. Répartition des entrées/sorties

A) Liste des entrées

* Conditions générales de marche

Commentaire	Mnémorique	Entrée
Bouton poussoir arrêt klaxon	Bpak	1
Bouton poussoir essai lampe	Bpel	1
Bouton poussoir acquittement défaut	Bpad	1
Coup de poing arrêt d'urgence	Cpau	1
Bouton à clé de réarmement	Ccr	1
Commutateur de récupération marche/ arrêt	REC	1
Commutateur à clé auto-manuelle- semi-auto	Cams	2
Défaut énergie pneumatique	DEP	1
Défaut énergie électrique	DEE	1

Total entrées 1 : 10

* Module de lavage

Commentaire	Mnemonic	Entrées
Commutateur marché/arrêt	Clma	1
Niveau bas atteint	NB	1
Niveau haut atteint	NH	1
Niveau intermédiaire atteint	NI	1

Débit eau correcteDEC	1		
Contrôle thermique moteur		CTM	1

Total entrée 2 : 6

*** Module de compression**

Commentaire	Mnemonic	Entrées
Commutateur marche/arrêt	Ccma	1
Niveau haut gazomètre	NHG	1
Niveau bas gazomètre	NBG	1
Pression haute huile	PHA	1
Contrôle thermique compresseur	CTC	1
Température refoulement 1e étage	TR1	1
Température refoulement 2e étage	TR2	1
Pression refoulement 1e étage	PR1	1
Pression refoulement 2e étage	PR2	1

Total entrée 3 : 10

*** Module de réfrigération complémentaire**

Commentaire	Mnemonic	Entrées
Commutateur marche/arrêt	Crma	1
Température sortie eau	TSE	1

Total entrée 4 : 2

*** Module de traitement**

Commentaire	Mnemonic	Entrées
Commutateur Absorbeur 301- Arrêt-Absorbeur 302	Caaa	1
Fin de course Absorbeur 301	Fca 301	1
Fin de course Absorbeur 302	Fca 302	1
Contrôle température de DEH 301	RT 301	1
Contrôle température du DEH 302	RT 302	1

Total entrée 5 : 5

*** Module de stockage**

Commentaire	Mnemonic	Entrées
Pression intermédiaire de stockage	PI	1

Pression haute stockage	PH	1
Pression basse stockage	PB	1

Total entrée 6 : 3

B) Liste des sorties

* Les conditions générales

Commentaire	Mnemonique	Sortie
Défaut automate	Wadg	1
Klaxon	Klax	1
Voyant présence CO ₂	Vpc	1
Marche électrovanne à air	Meaa	1

Total sortie 1 : 4

* Le module de lavage

Commentaire	Mnemonique	Sortie
Marche électrovanne WSV 101	Me 101	1
Marche pompe eau M 101	Mpe 101	1
Voyant défaut niveau bas eau	Vdnb	1
Voyant défaut débit	Vdb	1

Total sortie 2 : 4

* Le module de compression

Commentaire	Mnemonique	Sortie
Marche électrovanne CSV 201	Me 201	1
Marche compresseur M 201	Mc 201	1
Voyant défaut pression refoulement 1er étage	Vdpe 1	1
Voyant défaut pression refoulement 2e étage	Vdpe 2	1
Voyant défaut pression huile	Vdph	1
Voyant défaut température refoulement par étage	Vdte 1	1

" " " 2e étage Vdte 2 1

Total sortie 3 : 7

* Le module de réfrigération complémentaire

Commentaire	Mnemonic	Sortie
Marche électrovanne eau WSV 251	Me 251	1
Marche électrovanne eau glycolée SSV 251	Me 5 251	1
Marche défaut température eau	Vdte	1
Marche défaut température CO ₂ après réfrigération	Vdter	1

Total sortie 4 : 4

* Le module de traitement

Commentaire	Mnemonic	Sortie
Marche résistance 301	Mr 301	1
Marche résistance 302	Mr 302	1
Marche défaut résistances 301	Vd 302	1
" " " 301	Vd 301	1
" " permutation	Vdp	1
" indiquant permutation à effectuer	Vipe	1
Verin double effet	Vde	2

Total sortie 5 : 8

* le module de stockage

Commentaire	Mnemonic	Sortie
Voyant appel stockage	Vas	1
" défaut pression stockage basse	Vdpsb	1
" " " " haute	Vdpsh	1

Total sortie 6 : 3

C) Total des entrées/sorties

Nombre d'entrées $\sum_{i=1}^6$ entrée i = 36

Nombre de sortie = $\sum_{i=1}^6$ sortie i = 30

D) Remarques

La répartition faite ou IV.2.4.3. est exclusive à la pré-étude "logiciel". Elle sera affinée dans la phase de programmation, phase qui ne fait pas l'objet de l'étude. On précise néanmoins qu'elle concernera :

- les variables de service (bit et mots internes)
- les données partagées (pile de défaut,...) et utilisées par plusieurs modules
- les blocs-fonctions
- les tâches auxquelles vont correspondre des noms de modules, de sous-programmes, etc...

IV.2.5. Le descriptif technique

Il est établi dans le cadre d'une installation existante. Cela entrainera la présence de références datant de 1975, année d'élaboration des documents de réalisations.

La vérification de ces références n'a pas été faite. Il est vivement recommandé de s'adresser auprès de la BRAKINA pour la suite de ce projet de réhabilitation notamment au moment de la phase de réalisation, afin de faire les commandes adéquates de matériel.

A) Capteurs d'informations d'automatisme à sorties binaires.

Les caractéristiques de ces capteurs sont résumées dans le tableau ci-dessous .

Grandeurs physiques à capter	Niveau de fluide	Pression	Température	Débit
Caractéristiques				
Type de détection	mécanique par flotteur	par déformation de membrane	par déformation de capillaire	mécanique
Nature informative des signaux transmis	Logique binaire			
Etage de sortie	Electrique			
Type de commutation	Electromécanique			
Type de raccordement	Directe par liaison "fil à fil"			

Des schémas de la liaison A.P.I. - capteurs, du circuit de branchement et de la répartition de l'intelligence sont proposés.

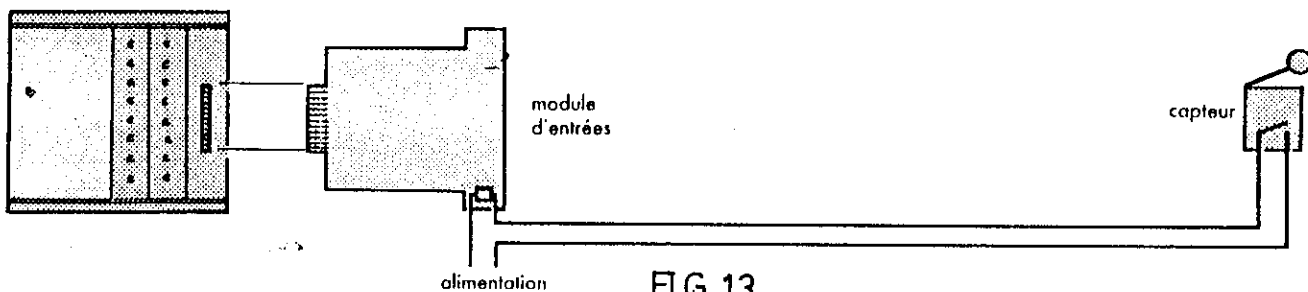


FIG 13

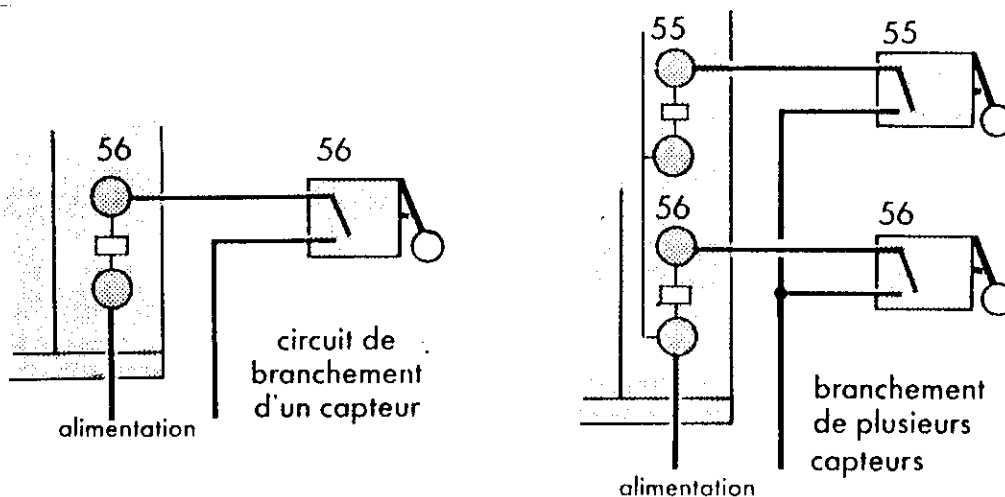
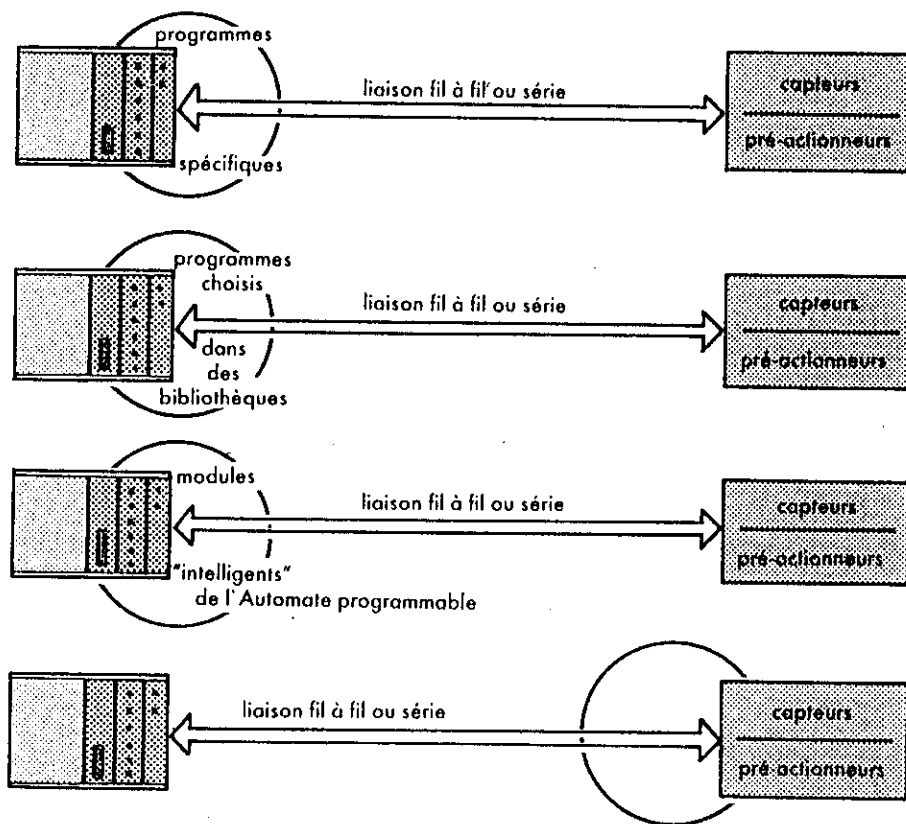


FIG 14

Un élément du choix technique : répartition de l'intelligence et de l'interfaçage



B) Capteurs d'informations manuelles

Le tableau n° en donne les caractéristiques.

Caractéristiques	Gannes	Boutons-poussoirs	Coup de poing	Bouton tournant	Commutateur	Bouton basculant	Levier
Capteurs à commande de type		Pression		Rotation		basculant	levier
Nature informative des signaux transmis	Logique binaire						
Etage de sortie	Electrique						
Type de raccordement	Directe par liaison "fil à fil"						

Circuit de branchement

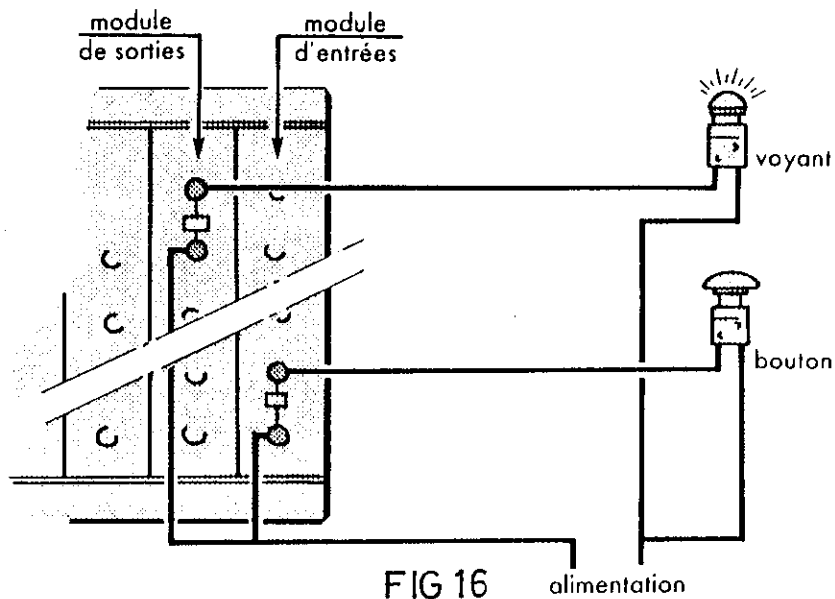


FIG 16 alimentation

C) Commande de puissance

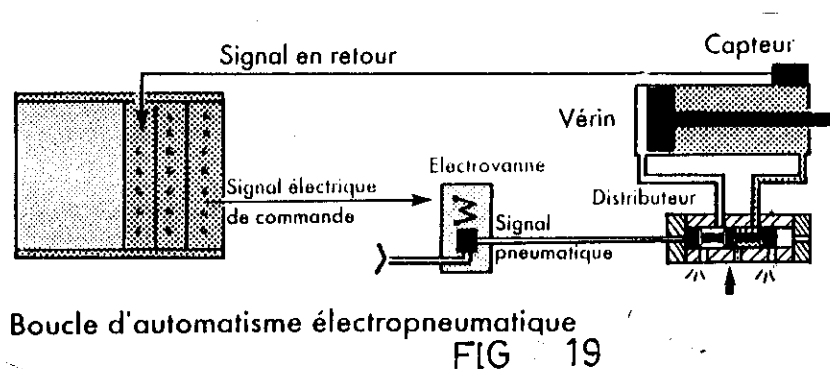
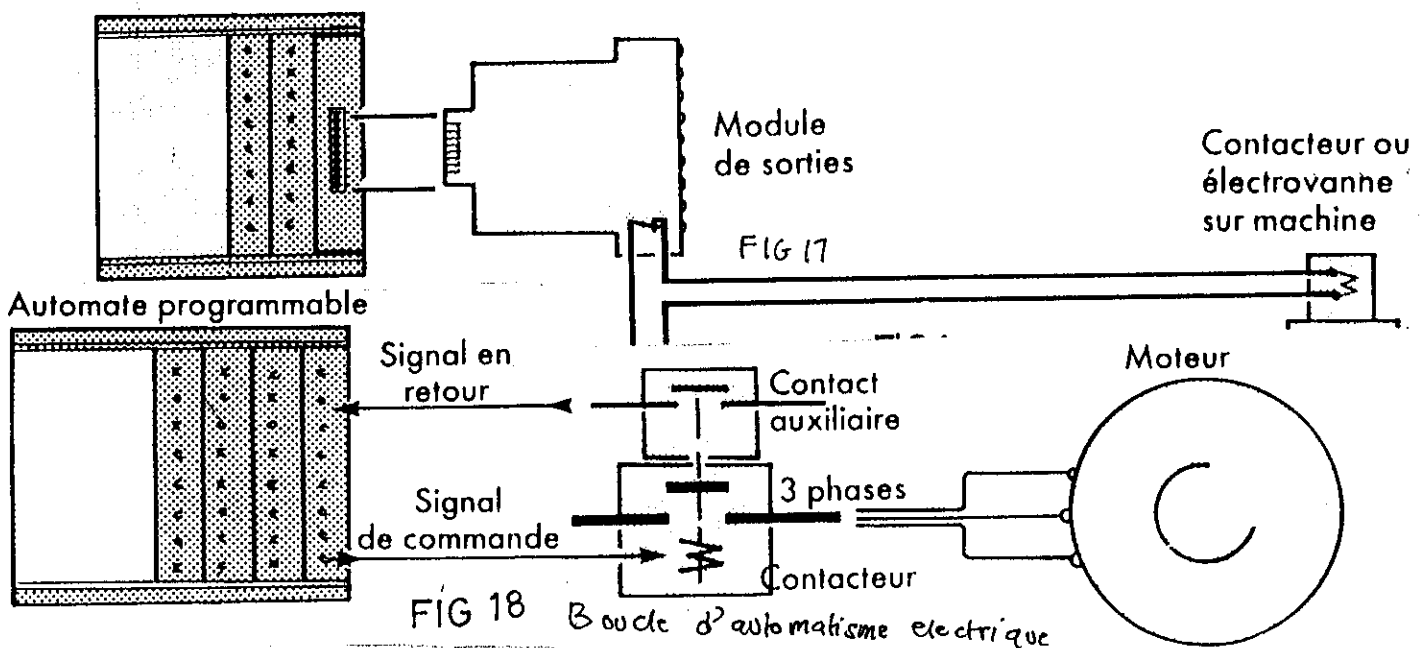
Il s'agit de définir les pré-actionneurs. On distingue :

- Quatre (4) contacteurs
- Un distributeur bistable pour vérin à double effet. Ce distributeur a été proposé. De ce fait, ces caractéristiques restent inconnues.

Pour les actionneurs, on a :

- pour le moteur M 101, LC1 DO 93
- pour le compresseur M 201, LC1 D 403
- pour les résistances DEH 301 et 302, 2 x LC1 D 163.

Les figures ci-dessous présentent leur environnement



D) Traitement de l'information

Il est assuré par un A.P.I. du type TSX 17 dont quelques caractéristiques sont présentés au IV.2.5.5. page.

IV.2.5.2. Les fonctions spécifiques

Il n'en existe qu'une ; c'est celle de la mise en température des résistances DEH 301 et 302.

IV.2.5.3. Les fonctions de protection

Les actionneurs, les cables d'alimentation et le personnel sont protégées par des constituants assurant les fonctions suivantes :

- Fonction de sectionnement, remplie par un interrupteur 3 x 80 A, par deux sectionneurs (SF 20 pour le laveur et SF 50 pour le compresseur).

- Fonction de protection contre les courts circuits, assurée par des fusibles (3 x 2 AgF pour le voltmètre, 3 x aH2A pour le moteur M 101, 3 x aM32A pour le moteur M201, 3 x aM6A pour le transformateur, 4 x gF 16 16 A pour les 2 résistances DEH 301 et 302, 2 x gF 10A pour les électrovannes, 2 x aM2A et 2 x gF 16 pour le circuit de télécommande).

- Fonction de protection contre les surcharges, assurée par les relais thermiques LR1 D09306 pour le Moteur M101 et LR1 D4035 pour le moteur M201.

IV.2.5.4. Tableau récapitulatif des constituants retenus

Fonctions assurées		Capteurs	Boutons	Pré-actionneurs	Actionneurs	Signalisations	Module A.P.I.
Comande "TOR" des électrovannes et moteurs	L	2 Nivostats		1 contacteur	1 Moteur M 101 2 électrovannes (mises à eau et air)		2 entrées "TOR" 24VCA 3 sorties "TOR" 24VCA
	G	3 Nivostats					
	C			1 contacteur	1 électrovanne 1 Moteur M 201		2 sorties "TOR" 24VCA
	RC				2 électrovannes		2 sorties "TOR" 24VCA
	F	2 fin de course		1 distributeur	1 verin double effet		2 entrées "TOR" 24VCA 2 sorties "TOR" 24VCA
S							
Mise en température		2 sondes thermiques		2 contacteurs	2 résistances DEH 301 et 302		2 sorties "TOR" 24VCA 2 entrées "TOR" 24VCA
Dialogue d'exploitation	PG		1 com 3 positions 2 com 2 positions 3 BP 1 coup de poing 1 bouton à clé 2 boutons basculants			1 avertisseur 6 voyants 1 ampèremètre 1 voltmètre	2 sorties "TOR" 24VCA 11 entrées "TOR" 24VCA
	L		1 com 2 positions			5 voyants	2 sorties "TOR" 24VCA 1 entrée "TOR" 24VCA
	C				7 voyants	5 sorties "TOR" 24VCA 1 entrée "TOR" 24VCA
	RC				3 voyants	2 sorties "TOR" 24VCA 1 entrée "TOR" 24VCA
	T				6 voyants	4 sorties "TOR" 24VCA 1 entrée "TOR" 24VCA

Sûreté de fonctionnement	S				3 voyants	3 sorties
	L	1 débitat 1 nivostat				
C	2 thermostat 3 Pressostats					
RC	2 thermostat					
S	3 Pressostats					

Tableau n° 4 : Les constituants retenus

Légende : L = Lavage

G = Gazomètre

C = Compression

RC = Refrigération - Complémentaire

F = Traitement

S = Stockage

PG = Fonction Générale

IV.2.5.5. Configuration de l'automate programmable

Nombre E/S : 36/30

Type automate de base - 1 TSX 172 3428 F à 22 E isolées
et 12 S isolées
- 1 micro-logiciel PL7-2 TSX P
1720 FB

Extension d'E/S : - 1 bloc d'extension TSX DMF 342 A à
22 E isolées et 12 S isolées

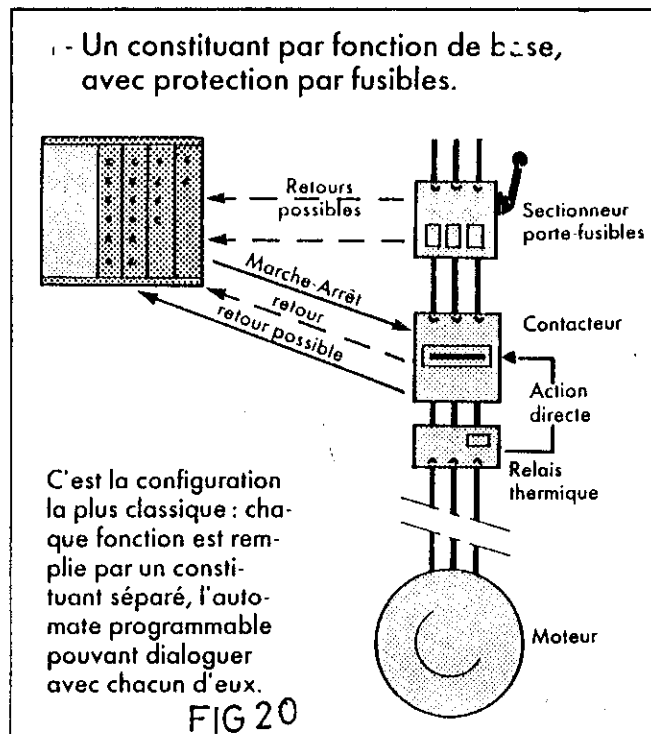
- 2 Modules d'extension TSX DSF 635
à 65 relais

Éléments de sauvegarde : - 1 EE PROM TSXMC70E324 24 K
Octets
- 1 pile lithium TSX 17ACC1

Accessoires : - 1 câble TSX CBB 003
- 1 adaptateur fin de ligne TSX 17 ACC 10

Langage de programmation : PL 7-2

Fonctions spécifiques : temporisateur, minuteur.



IV.3. Comparaison des deux modes de technologie envisagées pour la partie commande

La comparaison ci-après est effectuée entre la technologie actuelle (technologie cablée à base de relais électromagnétiques) et la technologie envisagée (technologie programmée sur A.P.I.).

En dépit de ces technologies, on rappelle qu'il en existe d'autres ; ce sont :

- les solutions cablées modulaires ou non à base de :

- i) technologie électronique
- ii) technologie pneumatique

- les solutions programmées sur :

- i) Mini ou micro ordinateur
- ii) Mini système universel ou spécifique.

IV.3.1. Critères de comparaison

Il est proposé pour chaque critère, un tableau dans lequel se trouve des chiffres. Ces chiffres représentent l'appréciation de la technologie vis à vis des paramètres de comparaison. Il est convenu d'attribuer :

- la note 2 quand la technologie convient bien
- la note 1,5 quand la technologie convient assez bien
- la note 1 quand la technologie convient passablement
- la note 0 quand la technologie ne convient pas.

IV.3.1.1. Critères fonctionnelles

Paramètres	Technologie cablée des relais (TCR)	API
Présence d'informations logiques simples	2	2
Présence de moins de 190 entrées et sorties	2	2
Présence de moins de 50 étapes dans le fonctionnement	2	2
P.C. avec temporisation et fonctionnements simples	1,5	2
Capteurs et actionneurs en majorité électriques	2	2
Total	9,5	10

IV.3.1.2. Critères technologiques

Paramètres	TCR	API
Adaptation de la PC à la PO actuelle	2	2
Adaptation de la PC à l'exploitant	2	1,5
Adaptation de la PC à l'environnement	2	1,5
Total	6	5

IV.3.1.3. Critères opérationnels

Paramètres	TCR	API
Distance entre capteurs, actionneurs et PC < 30 m	2	2
Adaptation de la PC vis à vis de l'évolution de la PO	1	2
Comptabilité au mode de marché	1,5	2
Optimalisation de la maintenance de la PO	1,5	2
Total	6	8

IV.3.1.4. Critères de coûts prévisionnels

L'aspect coût est abordé à titre indicatif. Ce caractère est d'autant plus estimatif que les valeurs avancées sont approchées :

- soit parce que leur calcul n'intègre pas tous les paramètres ;
- soit parce qu'il y a beaucoup d'hypothèses simplificatrices ;
- soit parce que les prix ne sont pas actualisés ;
- soit parce que l'expérience courante sert de références.

A) Coût matériel gérant juste l'intelligence

* en logique programmée.

Désignation	Référence	Unité	Quantité	P. Unit. (FCFA)	P. Total (P.CFA)	Observations
Automate de base	TSX 1723428F	u	1	466.100,00		Prix télémechanique
Bloc extension	TSX DNF342 A	u	1	33.460,00		'
Module extension	TSX DSP 635	u	2	90.920,00	181.840,00	'
EEPROM	TSX MC70E324	u	1	162.200,00		
Pile lithium	TSX 17ACC1	u	1	10.100,00		
Cable	TSX CBB003	u	1	14.910,00		
Adaptateur fin	TSX 17 ACCID	u	1	8.060,00		
Contacteur auxiliaires		u	5	10.000	50.000,00	Prix lienard-Soval
Total					1.227.810,00	
Imprévu (15%)					18.417,50	
Coût matériel					1.411.981,50	

Les prix télémechaniques sont obtenus à partir des prix du marché français suivies d'une majoration de 50% due aux frais de douanes.

* Logique cablée

38 contacteurs auxiliaires à 10.000,00 CFA soit 380.000,00 FCFA. Avec 15 % d'imprévus on obtient 380.000,00 + 57 000,00 = 437.000,00 FCFA d'achats de matériel.

* Remarque

- Seuls les éléments traitant l'intelligence ont été évalués car ils subissent la réhabilitation. Pour le reste des éléments de l'armoire électronique ils sont tout aussi bien utilisable en programmée qu'en cablée ; ils ne constituent donc pas une différence. D'ailleurs, ce

matériel est en majeure partie présent dans les réserves de la BRAKINA ; c'est le cas par exemple de la console de programmation.

B) Coût des études (CET)

	TCR	A P I
CET (FCFA)	-	400.000,00

La TCR ne fait pas l'objet d'une étude car les schémas sont disponibles à la BRAKINA.

C) Tableau de notes

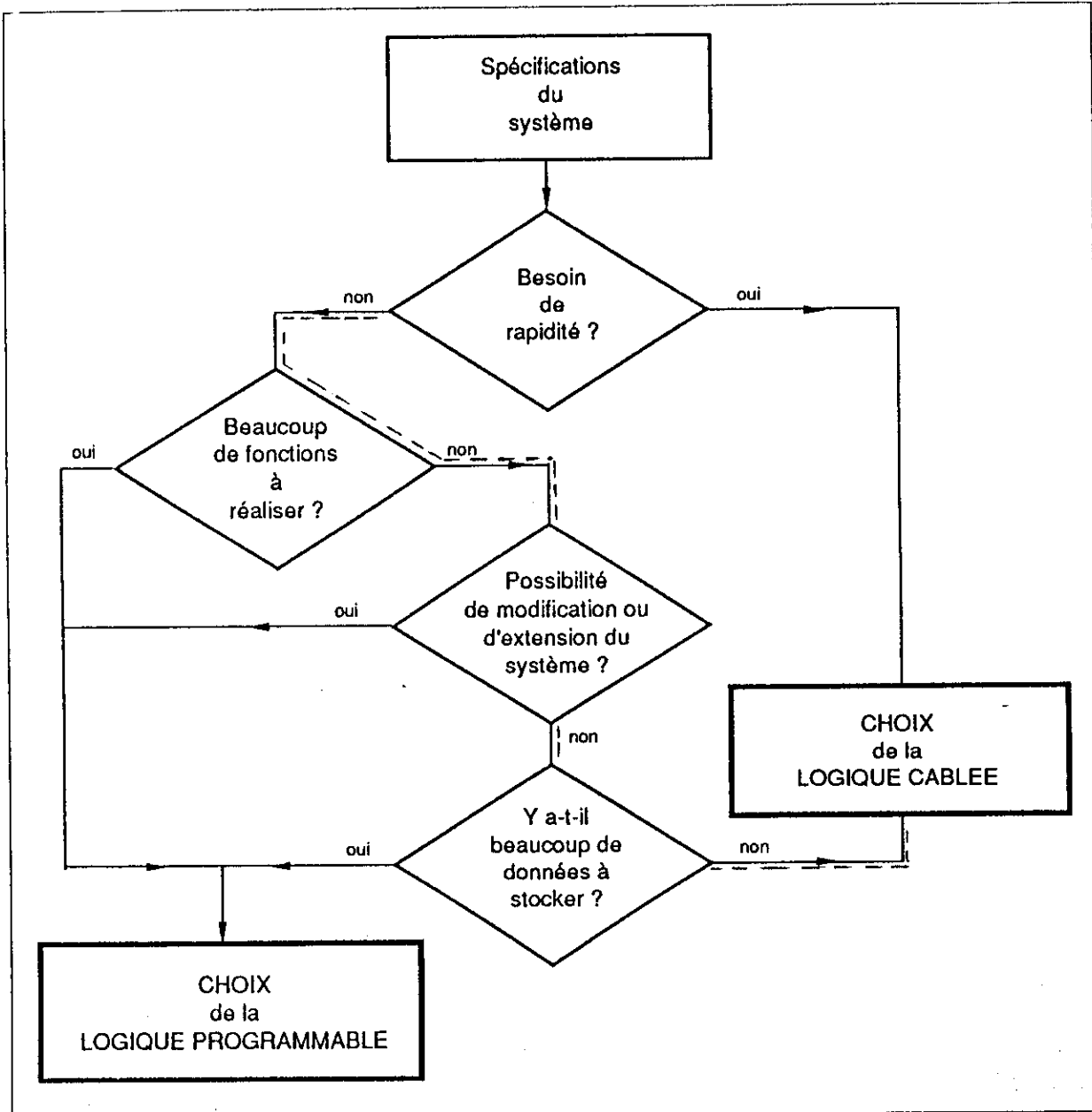
Coût	TCR	API
C M	2	1
CET	2	0
Total	4	1

IV.3.1.5. Critères sociaux

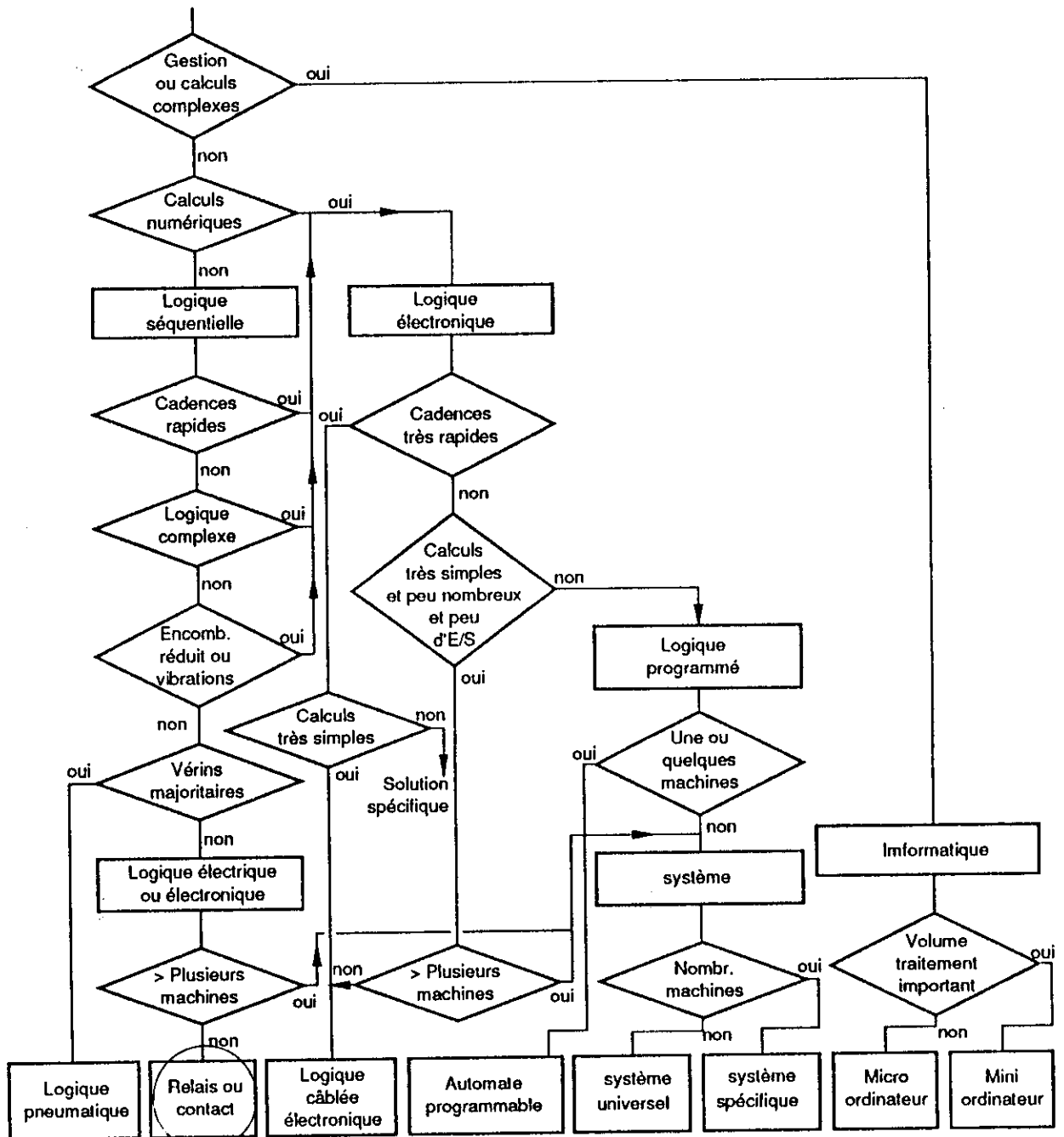
Paramètres	TCR	API
Formation	1,5	1
Réactions des cadres techniques	1	2
Réactions des cadres financiers	2	1
Réactions des ouvriers	1,5	2
Total	6	6

IV.3.2. Procédures de choix

IV.3.2.1. Par organigramme

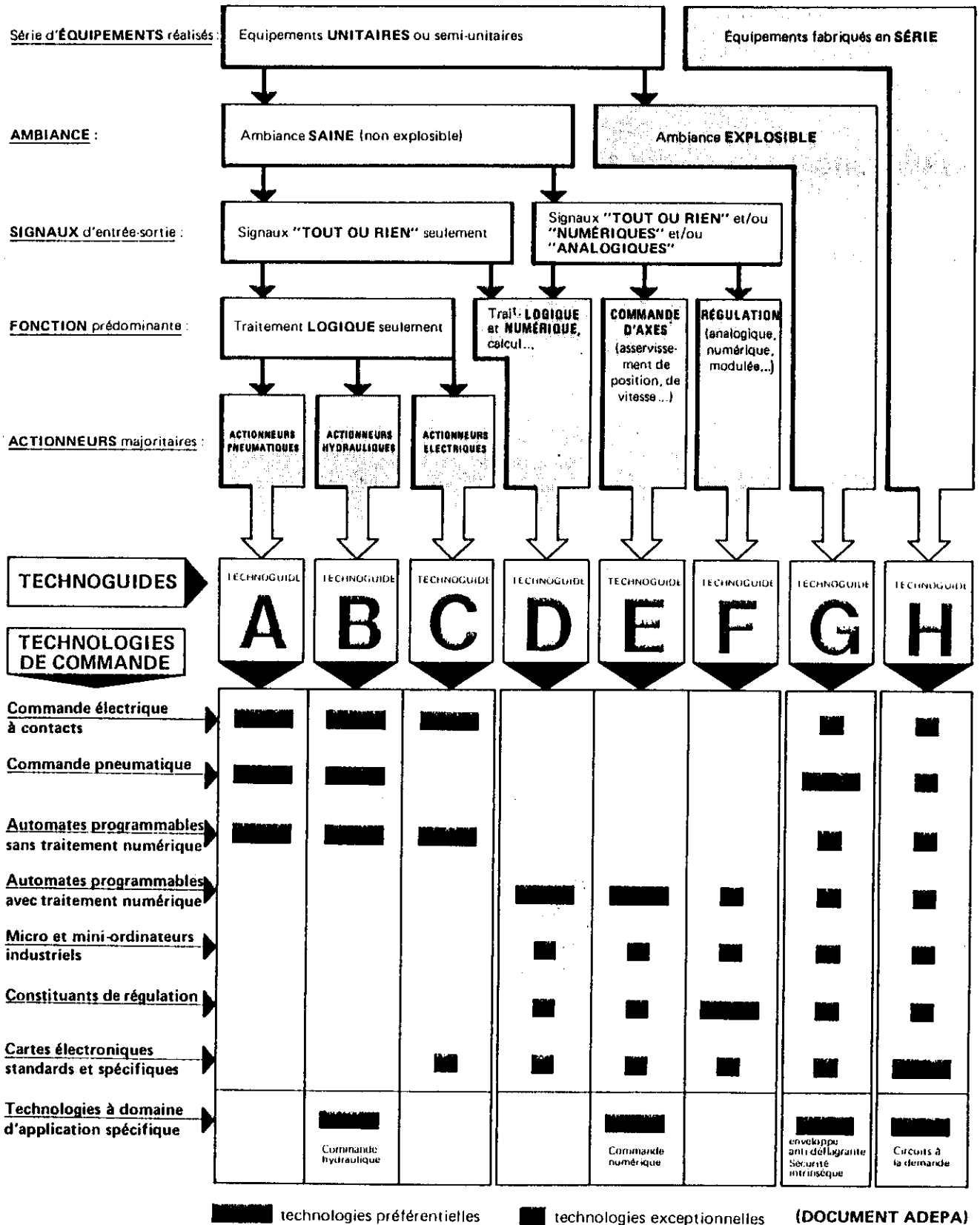


Organigramme simplifié de décision en vue d'un choix technologique



IV.3.2.2. Par technoguide

4. Méthodologie de choix d'une technologie pour la partie commande



IV. 3.2.3. Tableau d'évaluation

Critères	TCR	API
Critères fonctionnels	9,5	10
Critères technologiques	6	5
Critères opérationnels	6	8
Critères sociaux	6	6
Critères économiques	4	1
Total	31,5	30

IV.3.3. Commentaires

Il ressort de cette comparaison que pour le pilotage de la STAREC, ces deux (2) technologies sont à peu près équivalentes.

Toutefois, la TCR conviendrait mieux. Cette convenance est due au gain qu'occasionne le coût des études et du matériel. Le peaufinement de la comparaison des coûts est recommandé avec la poursuite du projet car au stade actuel, il est difficile d'évaluer :

- tous les composants de l'investissement (Frais financiers, Mise au point)
- les gains directs (économie de main d'oeuvre, matière, énergie, suppression des rebuts...) sur les boissons
- les coûts d'exploitation.

Ces éléments ne peuvent être sus qu'une fois la réhabilitation effectuée. Avec ces éléments, il est aisé d'établir de vrais barèmes économiques de comparaison tels que la pay back period, l'indice de profitabilité, la valeur actuelle nette et le taux de rendement interne.

Nonobstant l'approche très estimative de la comparaison des coûts, il y a lieu de s'interroger sur l'équivalence de ces deux (2) technologies.

On constate que l'écart économique au niveau des notes est comblé par l'écart technique, les facteurs humains ((critères sociaux) étant neutres. Cette équilibre, technique-économique est vérifiée au niveau des critères sociaux entre les cadres techniques et financiers.

Une rupture de cette équilibre passera par la réduction de l'écart économique ce qui sera à la longue si toute la BRAKINA se retrouve gérer par réseaux informatiques. Les gains seront optimaux. Avec cette nouvelle donne, il faudra tenir compte du caractère social vu la présence d'un chômage à l'horizon.

CONCLUSION

Le fonctionnement de la STAREC est lié à la conception de l'intelligence qui la gère. Cette intelligence est localisée dans la PC.

L'analyse fonctionnelle de la PC actuelle a révélé que le système jumelé les marches manuelles et automatiques. Ce mode de marche occasionne essentiellement des pertes énergétiques en eau. D'un point de vue algorithme de programmation, certains artifices, tels que le rôle du programmeur d'appel de stockage, ont été jugés lourds.

Qu'il s'agisse de la sûreté de fonctionnement, du mode de conduite et/ou de l'étude des différents modes de marche, ces aspects ont fait l'objet d'une analyse complète et détaillée au point de conclure que : la logique programmée proposée améliore nettement les paramètres énergétiques, sécuritaires et fonctionnels. L'intelligence y est plus rationnelle.

En dépit de l'avantage technique qu'elle confère, la technologie programmée est chère. Ce facteur limitant a été confirmé par le choix de l'A.P.I. retenu.

Références bibliographiques

- 1) Technologie d'électricité 2
R. PUSTELNIK - B. DE RIQUEHEM DUNOD
- 2) "Le GRAFCET"
ADEPA Avril 1979
- 3) Schémathèque Electrotechnique
Manuel technique TELEMÉCANIQUE
- 4) Automatisation appliquée
J.C. BASSY - D. HERAT - Collection A. Capliez
- 5) Les automatismes programmables 2e ed.
CEPADUES-EDITIONS
- 6) L'automate programmable dans les automatismes
D. ROMAIN - Avril 1990 Fascicule de cours
- 7) Les automatismes programmables
D. ROMAIN - Juin 1990 - Fascicule de cours.

A N N E X E S

Historique.

Vers la fin du IX siècle, on s'est préoccupé de capter et d'utiliser une énergie naturelle, l'eau, en utilisant un moyen connu des Romains, mais négligé par eux du fait qu'ils disposaient de nombreux esclaves : LE MOULIN A EAU.

Dès lors, la prolifération de ces moulins à eau a permis la MECANISATION de certaines tâches particulièrement pénibles physiquement, lesquelles exigeaient de très grands moyens en hommes et en animaux.

Cette mécanisation primitive se substitua donc à la FORCE HUMAINE ou animale pour :

- Ecraser le grain
- Tamiser la farine
- Fouler le drap
- Tanner les peaux
- Souffler les feux des forges et des brasseries
- Marteler et laminier les métaux

La mécanisation de la plupart de ces fonctions nécessitait déjà l'utilisation d'un dispositif mécanique connu lui aussi depuis longtemps : L'ARBRE A CAME. C'était le premier PROGRAMMATEUR.

On peut estimer qu'au VIII siècle, 20 000 moulins à eau fonctionnaient sur le territoire de la France actuelle, chacune de ces machines assurant en moyenne la tâche d'une quarantaine d'hommes.

Il fallut attendre le XVIII siècle pour qu'une autre source d'énergie soit domestiquée : LA VAPEUR et que l'on franchisse un nouveau grand pas avec le MACHINISME

Il ne s'agissait plus seulement de remplacer la force humaine ou animale dans l'élaboration de "matières premières", mais d'aider l'homme à fabriquer en beaucoup plus grandes quantités et avec une qualité beaucoup plus constante des "produits finis" nécessitant un grand nombre d'opérations répétitives (ex : le tissage)

La machine se substituait aux mains de l'homme et plus seulement à ses bras.

La plupart des manufactures devinrent des usines. Mais la "MACHINE" n'en resta pas moins constamment sous la conduite et la surveillance directes de l'Homme, ce qui devenait pour lui très contraignant.

Au XIX siècle sortit enfin des laboratoires une énergie facile à produire, à transporter, à doser, à mettre en oeuvre: L'ELECTRICITE qui autorisa notamment les TELETRANSMISSIONS, les TELECOMMANDES permettant peu à peu à l'homme de "prendre ses distances" par rapport aux machines.

Evolution Générale de l'AUTOMATISATION

Depuis 30 ans, l'automatisation a subi une évolution profonde, à la fois dans ses méthodes et dans sa technologie.

1/ Méthodes :

- Jusque vers 1955, on concevait la solution des problèmes d'automatisation à l'aide du bon sens, de l'expérience des schémas électriques, de quelques tâtonnements ; la réalisation utilisait le matériel électromagnétique existant.

- De 1955 à 1978, la conception a évolué profondément et s'est efforcée de devenir rigoureuse : on a alors utilisé l'algèbre de BOOLE, le raisonnement par fonctions logiques, les diagrammes de PETRI...

- Depuis le début des années 80, devant la complexité des automatismes à réaliser, des méthodes de plus en plus perfectionnées ont fait leur apparition : GRAFCET, ORGANIGRAMME, DIAGRAMME en échelle et plus récemment GEMMA.

2/ Technologie :

a) Pendant la période 1955-1980, dans le domaine de l'électromagnétique, on utilisait des contacteurs et des relais de plus en plus perfectionnés, à performances élevées, à grande fidélité, à prix modéré.

Dans le domaine de l'électronique, des boîtiers renfermant les composants réalisaient toutes les fonctions logiques nouvelles ; les schémas étaient réalisés par liaisons de ces boîtiers au moyen de connections électriques rapportées et soudées, plus tard par circuits imprimés ; plus tard encore, la construction des circuits intégrés ont permis d'obtenir le même résultat sous un volume très faible et un prix réduit.

Dans ces trois types de réalisations, les connections électriques étaient établies de façon IMMuable ; toute modification d'emploi nécessitait un RECABLAGE, pas toujours possible ; c'était la logique cablée, très valable pour des installations définitives et peu complexes, très gênante pour celles à évolution fréquente.

b) A la fin des années 70 et au début des années 80 est apparue une nouvelle génération d'ordinateurs de petites tailles s'adaptant au pilotage de machines industrielles complexes. Ils réalisaient ce qu'un programme leur commandait de faire: c'était la LOGIQUE PROGRAMMABLE. Ces petits ordinateurs en évoluant vers une plus grande facilité d'utilisation et une plus grande capacité de traitement sont devenus des AUTOMATES PROGRAMMABLES

Actuellement, grâce aux méthodes d'études (GRAFCET, GEMMA...) de plus en plus perfectionnées auxquelles ils sont adaptés, ils permettent une réalisation rapide de la partie commande des systèmes automatisés

Durant de nombreuses années, c'est le schéma à contacts qui a été utilisé pour réaliser un automatisme industriel.

Ces schémas étaient le plus souvent établis par des moyens empiriques (méthode heuristique).

La complexité croissante des automatismes et l'apparition des machines programmables ont amené d'autres méthodes d'analyse et de représentation. Une démarche similaire avait déjà été faite dans le domaine de la philosophie.

La nécessité de rendre l'expression d'une pensée plus rigoureuse avait conduit l'Anglais George BOOLE (1815 - 1864) à élaborer une théorie mathématique. Celle-ci date donc de plus d'un siècle. C'est en effet en 1847 que "l'analyse mathématique de la logique" a été publiée.

Les fondements en furent inspirés par le fait que, d'une part, les propositions sont vraies ou fausses et que, d'autre part, l'algèbre est une science exacte.

D'où cette conception d'algèbre binaire dont les fonctions auront une valeur 0 ou 1 selon que le fait considéré est erroné ou exact.

Théoreme Fondamental

Soit un ensemble A muni de deux (2) lois de composition internes telles que :

$$\forall a \in A \quad a + a = a \in A$$

$$\forall a \in A \quad a \times a = a \in A$$

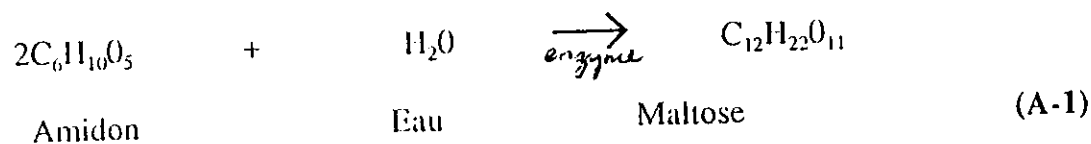
et soit un corps commutatif K pour lequel on définit une loi de composition externe telle que $\forall a \in A, \forall x \in K$

On montre que l'ensemble $(A, +, \times, .)$ a une structure de K - algèbre

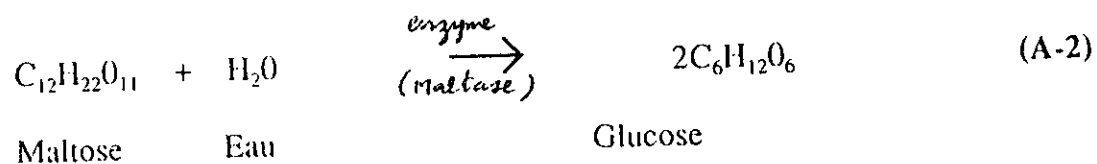
C'est de là que provient l'appellation d'Algèbre de Boole.

- Processus chimiques conduisant à la bière

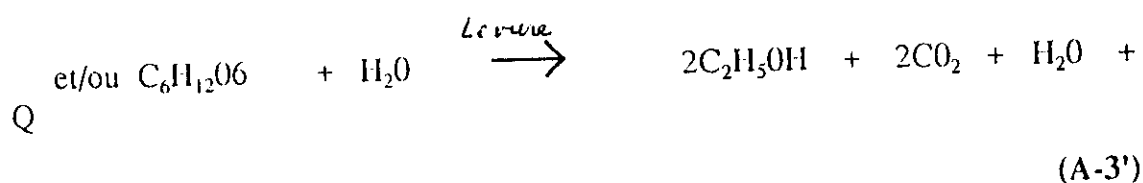
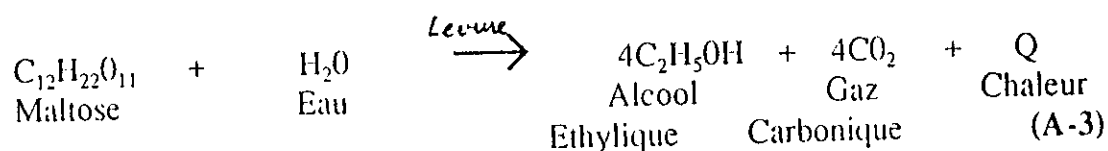
A 70 °C au cours du brassage, la diastase contenu dans l'amidon présent dans le malt et le maïs, est convertie en maltose par action enzymatique suivant l'équation.



Une partie du maltose est ensuite décomposée par un autre enzyme (maltase) en glucose suivant l'équation.



La fermentation est une réaction chimique convertissant le maltose et/ou le glucose en alcool éthylique et en anhydride carbonique suivant les équations



La chaleur dégagée dans la réaction est de 156 kcal par kg de maltose (ou glucose) converti.