



DEDICACE

Je dédie ce mémoire :
A la mémoire de ma fille Toussida Karène Yasmine décédée
le 23 janvier 2000 ; Que son âme repose en paix !
A mon fils Herge Yacine Hélaquim dont la venue au monde le
22 février 2001 a constitué pour moi une source de motivation
dans l'accomplissement de cette œuvre



632.01



REMERCIEMENTS

La réalisation de ce mémoire de fin d'études n'aurait pas été possible sans la contribution de plusieurs personnes à qui j'exprime ici ma profonde gratitude
Mes remerciements s'adressent tout particulièrement à :
Monsieur le Directeur Général de la BRAKINA pour avoir accordé ce stage dans son entreprise
Monsieur BOURGEGEIS, Directeur Technique pour avoir été l'instigateur de ce stage et d'en avoir assuré la tutelle technique
Aux différents chefs de services techniques pour leur franche collaboration et leur constante disponibilité
Messieurs COULIBALY Yézouma et OUEDRAOGO Ousséni qui m'ont assuré l'encadrement technique et les orientations nécessaires pour la réalisation de ce travail
A tout le personnel de la BRAKINA et tous les enseignants de l'EIER
Enfin mes remerciements vont à mon épouse, à mes parents et amis qui m'ont apporté tout le soutien moral nécessaire durant les trois années de formation

SOMMAIRE

	page
DEDICACE	
REMERCIEMENTS	2
SOMMAIRE	3
LISTE DES FIGURES	4
LISTE DES TABLEAUX	6
LISTE DES ABREVIATIONS	7
RESUME	8
INTRODUCTION	9
CHAPITRE I GENERALITES	10
I. Présentation de la BRAKINA	11
II. Connaissance du process	11
II.1 Procédé physique de fabrication de la bière	12
II.2 Procédé chimique conduisant à la bière	12
II.3 Rôle du froid dans le processus de fabrication de la bière	12
CHAPITRE II AUTOMATISATION DE LA MARCHE DES GROUPES FRIGORIFIQUES	13
I. Présentation des installations frigorifiques	
II. Système de régulation actuelle de la marche des compresseurs	13
III. Les besoins frigorifiques	15
III.1 La fermentation	15
III.2 Le refroidissement du moût	15
III.3 La filtration	16
III.4 La siroperie	17
III.5 La production de boissons gazeuses	17
III.6 Le conditionnement de la bière	17
III.7 Le refroidissement des locaux	17
III.8 Récapitulatif	17
IV. Mise en évidence de la nécessité de la régulation	17
V. Les objectifs de la régulation automatique	18
I. Etude du procédé	19
I.1 Le GRAFCET	21
I.2 Technologie de commande	21
I.3 Fonctionnement prévisionnel des compresseurs	21
I.3.1 Fonctionnement séquentiel	23
I.3.2 Fonctionnement électrique	24
I.3.2.1 Marche en automatique	26
I.3.2.2 Marche en manuel	26
I.3.2.3 Gestion de la sécurité des compresseurs	26
I.3.2.4 Entretien, maintenance et usure des compresseurs	27
I.4 Avantages et inconvénients du système	27
I.5 Appareillage	27
I.5.1 Les équipements électriques nécessaires	28
I.5.2 Choix de l'enveloppe de protection et de la climatisation	28

CHAPITRE III. REGULATION AUTOMATIQUE DES TANKS DE FERMENTATION	
I. Description d'un tank de fermentation	30
II. Conduite de la fermentation	30
III. Régulation actuelle des TOD	32
IV. Nécessité de la régulation automatique des TOD	33
V. Les objectifs de la régulation automatique	33
VI Généralités sur la régulation	34
VI.1 Boucle de commande	34
VI.2 Etude fonctionnelle d'un système asservi	34
VI.3 Les régulateurs de température	34
VI.3.1 Définition	35
VI.3.2 Les différents types de régulateurs	35
VII. Etude du système	36
VII.1 Description du déroulement de la fermentation	37
VII.2 Choix du mode de régulation	37
VII.3 Choix technologique	38
VII.3.1 Choix du régulateur	39
VII.3.2 Choix de la vanne de régulation	39
VII.4 Principe de fonctionnement du régulateur	39
VII.5 Les équipements nécessaires	40
VII.6 Installation des équipements	41
VII.7 Choix de l'enveloppe de protection	41
RECOMMANDATIONS	42
CONCLUSION	42
BIBLIOGRAPHIE	43
LISTE DES ANNEXES	44
	45

LISTE DES FIGURES

- Fig1 :schéma des installations frigorifiques
- Fig 2 :puissance frigorifique dépensée dans La chaîne de production
- Fig 3 :variation de la puissance frigorifique appelée au cours d'une demi-journée
- Fig 4 :fluctuation de la température d'eau glycolée au cours d'une demi-journée
- Fig 5 :GRAFCET pour la régulation automatique de la marche des compresseurs
- Fig 6 :circuit de commande des compresseurs
- Fig 7 :arbre de fonctionnement des compresseurs
- Fig 8 :schéma du circuit d'eau glycolée au niveau d'un tank
- Fig 9 :diagramme théorique de fermentation
- Fig 10 :superposition diagramme théorique et courbe réelle de fermentation
- Fig 11 :principe d'une boucle de commande
- Fig 12 :principe d'un système asservi
- Fig 13 :GRAFCET descriptif du déroulement de la fermentation
- Fig 14 :boucle de commande et enchaînement des actions et signaux pour la régulation des TOD
- Fig 15 : schéma de câblage du régulateur
- Fig 16 : GRAFCET pour la régulation de la température de fermentation
- Fig 17 : schéma d'un tank avec vanne de régulation automatique

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°1 : puissance frigorifique dépensée dans les TOD

Tableau N°2 : puissance frigorifique dépensée dans les différents postes

Tableau N°3 : liste des constituants électriques

Tableau N°4 : encombrement des constituants électriques et leur dissipation

Tableau N°5 : liste du matériel pour la régulation des TOD

LISTE DES ABREVIATIONS

BRAKINA :Brasserie du Burkina

TOD : Tank Out Door

TBF : Tank de Bière Filtrée

GRAFCET :Graphe de Commande Etape Transition

PID : Proportionnelle Intégrale Dérivée

RESUME

L'étude d'automatisation de la marche des groupes frigorifiques et de régulation des tanks de fermentation à l'usine de la BRAKINA Ouaga avait pour objectif d'une part de proposer un système qui permette l'enclenchement automatique des compresseurs en fonction de l'importance de la demande en froid au niveau des différents postes d'utilisation

D'autre part il s'agissait de trouver un système de régulation approprié pour contrôler la température de fermentation pour qu'elle suive l'allure du diagramme théorique pendant tout le déroulement de l'opération

Au terme de notre étude, nous avons mis au point un système semi-automatique aussi bien pour l'automatisation de la marche des groupes frigorifiques que pour la régulation des tanks de fermentation

Pour l'automatisation de la marche des groupes frigorifiques la technique de commande à contacts électriques sera utilisée pour commander la marche des compresseurs avec comme avantage principal d'être économique et simple à réaliser

En outre, le caractère semi-automatique du système permet non seulement la mise en marche automatique des compresseurs, mais aussi la mise en marche manuelle au cas où le premier serait défaillant, afin d'assurer la continuité de la fourniture en froid pour la poursuite des activités de l'usine

Au niveau de la régulation des tanks de fermentation, nous avons estimé que la Régulation à action Proportionnelle Intégrale Dérivée (PID) est la solution la plus appropriée pour assurer un contrôle rigoureux de la température lors de la fermentation

En effet ce mode de régulation qui combine trois types d'action présente de remarquables avantages de stabilité et de rapidité de réaction lors de la montée en température et des perturbations externes

Il s'agit ici également d'une régulation semi-automatique qui nécessite l'intervention d'un opérateur pour changer les consignes de température ; mais sa tâche est fortement allégée par rapport à la régulation manuelle qui exigeait une présence humaine permanente. Mieux le système offre la possibilité d'être connecté à un ordinateur à partir duquel tous les régulateurs pourront être pilotés

Notre étude a révélé aussi la nécessité d'entreprendre d'autres actions pour accompagner le processus d'automatisation en vue d'améliorer globalement le fonctionnement des installations frigorifiques à l'usine de la BRAKINA Ouaga

Mots clés : BRAKINA, Automatisation, Enclenchement, Régulation, Compresseurs, Tanks, Fermentation, Action Proportionnelle Intégrale Dérivée, installations frigorifiques

INTRODUCTION

L'importance du rôle joué par le froid artificiel dans les industries agroalimentaires n'est plus à démontrer

En effet, par son action régulatrice le froid permet de contrôler la température de production, de conditionnement et de conservation des produits alimentaires

Dans le cas particulier des brasseries, le froid intervient à différents stades dans la chaîne de production et constitue un allier important dans la conduite et la réussite des opérations

La fermentation qui est l'avant-dernière étape dans le processus de fabrication de la bière est déterminante dans la qualité finale du produit ; mais sa réussite est conditionnée par la maîtrise de la température pendant tout le déroulement de l'opération

On ne peut trouver mieux que le froid pour assurer cette fonction délicate

En outre l'importance des besoins en froid sollicités au niveau des différents postes d'utilisation et le rôle primordial qu'il joue dans le processus exige que sa production et sa gestion soient rationalisées afin de répondre efficacement à la demande tout en minimisant les coûts y afférents

C'est dans la perspective de mettre en œuvre un système automatique qui réponde à cette exigence que la BRAKINA a proposé le thème du présent mémoire qui s'intitule "**Automatisation de la marche des groupes frigorifiques et régulation des tanks de fermentation**"

La présente étude se propose d'une part de concevoir un automatisme qui permette d'enclencher les groupes en fonction de la demande en froid exprimée par les utilisateurs D'autre part au niveau des tanks de fermentation, il s'agira de proposer un système de régulation automatique pour contrôler la température de fermentation afin qu'elle se déroule dans les bonnes conditions

CHAPITRE I

GENERALITES

I. Présentation de la BRAKINA

La société des brasseries du Burkina, BRAKINA, est une société anonyme de droit burkinabé au capital de 2 530 020 000 F.CFA.

Son siège social se trouve à Ouagadougou.

Les différentes activités de la BRAKINA sont :

- La fabrication et l'embouteillage de la bière
- L'embouteillage des boissons gazeuses
- Le conditionnement de l'eau minérale
- La fabrication et le conditionnement de la glace

Le patrimoine de l'entreprise comprend entre autres :

- ◆ Deux usines de brassage et d'embouteillage, installées à Ouagadougou et à Bobo-Dioulasso
- ◆ Un titre foncier représentant une superficie de terrain de 63521m² dont l'occupation actuelle des sols est seulement de 21%

Le capital de la BRAKINA est reparti en 253 002 actions de valeur nominale de 10000F.CFA ; les différents actionnaires et leurs participations dans le capital sont :

- Sociétés étrangères : 90.15%
- Privés burkinabé : 9.61%
- Privés étrangers : 0.2%
- Sociétés du Burkina Faso : 0.04%

Les principaux produits de la BRAKINA sont :

Bières :

- Brakina en 65cl
- SO.B.BRA en 33cl et 65cl
- Flag en 33cl et 65cl
- Guinness 28.5cl et 65cl
- Castel en 33cl et 65cl

Boissons gazeuses :

- Tonic en 30cl et 65cl
- Sprite en 30cl
- Bullvit
- Fanta cocktail en 30cl et 50cl
- Coca cola 30cl et 50cl
- Fanta orange 30cl et 50cl
- Fanta citron 30cl et 50cl

Eau minérale de marque << LAFI >> (produite à BOBO-Dioulasso) en 0.50 l et 1.5 l

Glace : en pain de glace de 25kg

L'organisation administrative de la BRAKINA comprend quatre principales directions :

- La direction générale
- La direction technique
- La direction administrative et financière
- La direction commerciale

La production de la BRAKINA est essentiellement commercialisée au Burkina Faso

II. Connaissance du process

II.1 Procédé physique de fabrication de la bière

Il comprend cinq grandes étapes qui sont :

- Le maltage

Il consiste à la transformation des grains d'orge en malt par germination contrôlée ; le malt, les grains nus (maïs) et le houblon constituent l'essentiel de la matière première de la bière

- Le brassage

C'est la phase d'extraction et de transformation de l'extrait du malt et des grains nus pour donner après filtration un jus sucré appelé moût et stocké dans des cuves appelées wirpool

Le brassage comprend plusieurs étapes qui sont : le concassage, le brassage proprement dit, la filtration et l'ébullition.

- La fermentation

Après refroidissement du moût, il est envoyé dans la salle de levurerie où il reçoit l'inoculum (levure) qui le transforme progressivement en bière.

Le processus de fermentation se déroule dans des tanks où la température doit être régulée convenablement

- La filtration

Après la fermentation, la bière brute subit un refroidissement avant d'être filtrée pour retenir les résidus en suspension de manière à la stabiliser et à la rendre claire ; elle est ensuite stockée dans des Tanks de Bière Filtrée (TBF)

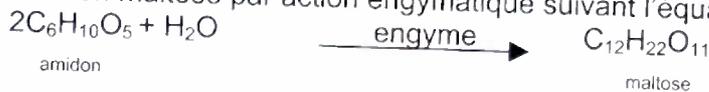
- Le conditionnement

C'est la mise en bouteille de la bière en vue de la commercialisation ; la salle de conditionnement comporte les équipements suivants :

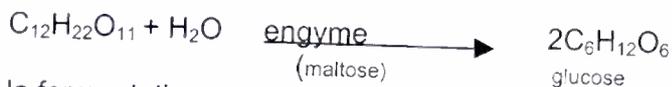
- La décaisseuse
- La laveuse de bouteilles
- La soutireuse
- Le pasteurisateur (pour la bière)
- L'encaisseuse
- L'intermixte (pour les boissons gazeuses)
- Le poste de mirage

II.2 Le procédé chimique conduisant à la bière

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



Une partie du maltose est ensuite décomposée par un autre enzyme (maltase) en glucose :



la fermentation est une réaction chimique convertissant le maltose et/ou le glucose en alcool éthylique carbonique :



La chaleur dégagée dans la réaction est de 156kcal/kg de maltose ou glucose converti

II.3 Rôle du froid dans le processus de fabrication de la bière

A la BRAKINA, le froid produit est destiné aux usages suivants :

- ❖ Le traitement du moût(refroidissement à la sortie du brassage)
- ❖ Le contrôle de la température de fermentation
- ❖ Le refroidissement du sirop blanc
- ❖ Le refroidissement de boissons gazeuses
- ❖ Le refroidissement de la bière avant la filtration
- ❖ Le refroidissement de la bière pour favoriser son conditionnement
- ❖ Le refroidissement de locaux pour la conservation du sirop, de la levure et du houblon

Tout cela montre l'importance du froid dans le processus de fabrication des produits et on peut en conclure que le froid est au début et à la fin de la chaîne de production

CHAPITRE II

AUTOMATISATION DE LA MARCHE DES GROUPES FRIGORIFIQUES

I. Présentation des installations frigorifiques

L'usine de BRAKINA Ouaga est actuellement équipée de trois groupes frigorifiques de puissance identique de 442.000frigories/h chacun soit au total 1.326.000fg/h ; le fluide frigorigère utilisé est la Pa9(eau glycolée) et le fluide frigorigène le NH3

Chaque groupe est composé de :

- Un compresseur
- Un condenseur
- Un évaporateur
- Un détendeur
- Une tour de refroidissement

L'installation fonctionne en circuit fermé et de la manière suivante : une bache de stockage d'eau glycolée est divisée en deux compartiments dont un reçoit l'eau refroidie venant de l'évaporateur ; de là l'eau glycolée est refoulée par des pompes aux différentes utilisations et le retour général se fait par un collecteur qui débouche dans le deuxième compartiment de la bache de stockage ; c'est à partir de ce compartiment que l'eau glycolée est aspirée dans l'évaporateur et le cycle continue

- LEGENDE
- BG : embouteillage
 - FL : frigorigène/levure/rie
 - F : filtration
 - M : moult
 - TDD : tank de fermentation
 - P : pompe
 - PS : pompe de secours
 - CP : compresseur
 - C : condenseur
 - E : évaporateur
 - D : détendeur
 - : circuit eau froide
 - : circuit eau chaude

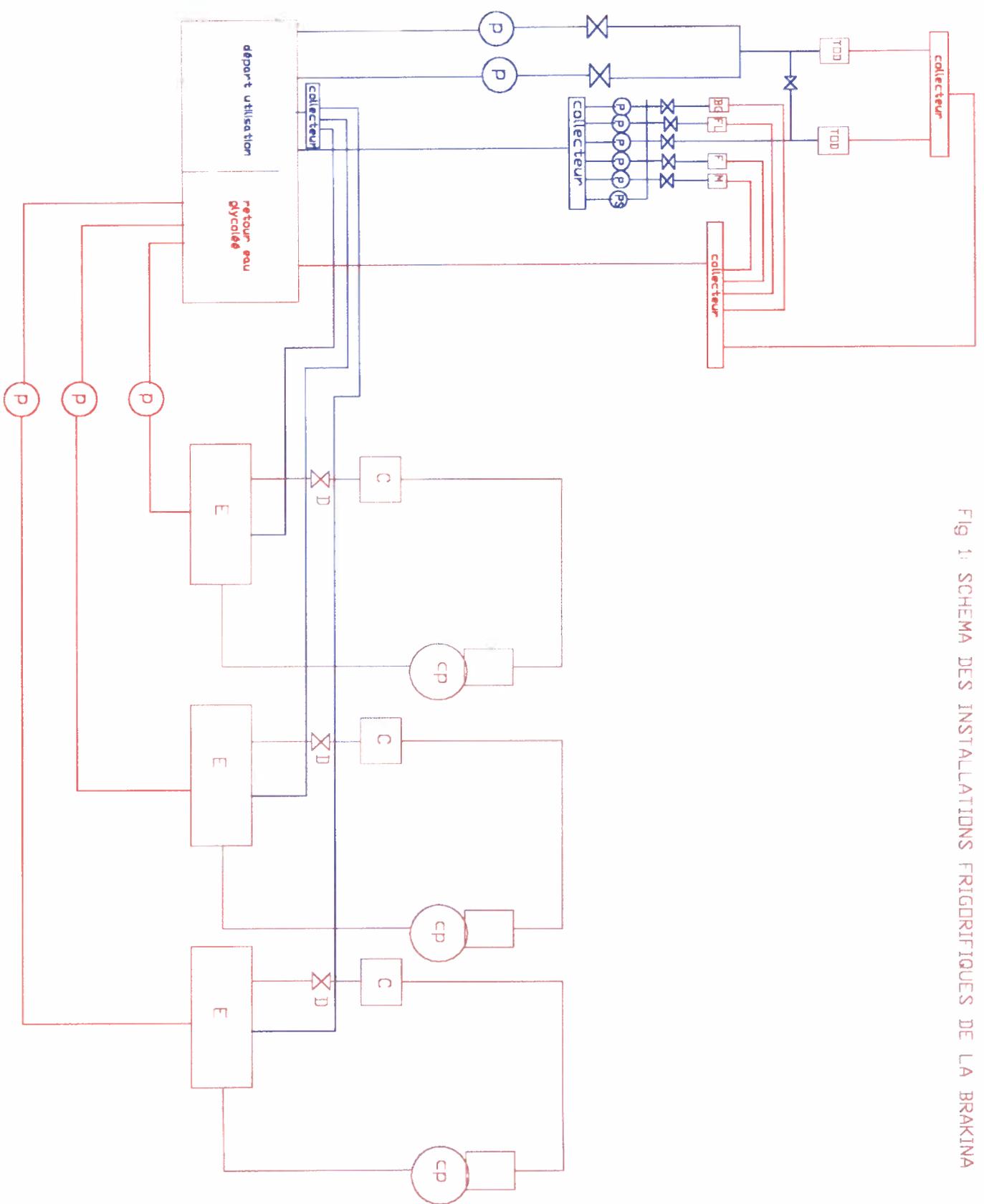


Fig 1: SCHEMA DES INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES DE LA BRAKINA

II. Système de régulation actuel de la marche des compresseurs

Deux groupes compresseurs travaillent présentement suivant des plages de température prédéfinies ; le troisième sert de secours

Le système tel qu'il fonctionne actuellement ne donne pas entière satisfaction surtout pendant les périodes de refroidissement du moût où la température dans la bûche d'eau glycolée subit une hausse très notable(peut aller jusqu'à +10°C) ; cela dénote l'importance de la demande en froid au cours de cette opération et la difficulté rencontrée par l'installation à y faire face

Il faut donc arriver à satisfaire ces besoins tout en maintenant la température d'eau glycolée dans des limites acceptables qui évitent le réchauffement exagéré de l'eau glycolée

Mais avant de passer à l'étude du système de régulation automatique à proposer, il nous faut d'abord évaluer la demande en froid au niveau de l'ensemble des postes d'utilisation afin de la comparer à la puissance frigorifique des trois compresseurs pour vérifier leur capacité à faire face à la demande et pour mettre en évidence la nécessité de régulation

III. Les besoins frigorifiques

III.1 La fermentation

❖ La fermentation principale

La chaleur à évacuer pendant la fermentation est donnée par la formule de Petersen (source : Bière et coolers, collection science et technique agro-alimentaire) :

$$Q_f = \frac{(\Delta E * q_G \pm V * \rho * C * \Delta \delta)}{t * \eta}$$

Q_f : en (kj/h)

ΔE : diminution de l'extrait pendant la fermentation en kg relié au volume total de la cuve de fermentation

q_G : chaleur dégagée pendant la fermentation de l'extrait en kj/kg ; $q_G = 569$ kj/kg

V : quantité de volume en fermentation (dm³)

ρ : densité du liquide en fermentation (kg/dm³) ; $\rho = 1.04$ kg/dm³

C : capacité de chaleur spécifique du liquide en fermentation (kj/kg.k) ; $C = 3.979$ kj/kg.k

$\Delta \delta$: différence de température entre début et fin de la phase de fermentation (k)

t : temps de fermentation en heures

η : degré de rendement de l'installation de refroidissement du à la perte par rayonnement par la chaleur

❖ La phase de refroidissement

Pendant la phase de refroidissement, il n'y a pas de diminution d'extrait d'où $\Delta E = 0$ et la formule précédente devient :

$$Q_f = \frac{V * \rho * C * \Delta \delta}{\eta * t}$$

❖ phase de garde

$$\Delta E = 0 ; \Delta \delta = 0 ; \text{d'où } Q_f = 0$$

❖ Flux thermique à travers la paroi de la cuve

Nous considérons l'hypothèse que la température de la paroi extérieure est la même que celle de l'air ambiant et la température de la paroi intérieure est la même que celle du moût ; il n'y a donc pas d'effet de convection ; d'où :

$$\Phi = K * A * (\theta_1 - \theta_2)$$

A : surface totale d'un tank

θ_1 : température de l'air ambiant

θ_2 : température du moût

K : coefficient de transmission thermique (w/m²k)

Φ : flux thermique (w)

❖ Bilan global par phase

Pour chaque phase, la quantité totale de chaleur à évacuer est égale à la somme de la quantité de chaleur dégagée et du flux de chaleur provenant de l'extérieur de la cuve pendant cette phase

Tableau N°1 : puissance frigorifique dépensée dans les TOD

	Nbre de TOD	Besoins par TOD (fg/h)	Besoins totaux (fg/h)
Fermentation à 12°C	5	9924	49620
Phase de montée de 12°C à 14°C	4	1773	7092
Fermentation à 14°C	5	2431	12155
Refroidissement de 14°C à 1°C	7	22769	159383
Phase de garde à 1°C	7	1651	11557
TOTAL	28	38548	239807

III.2 Le refroidissement du moût

On refroidit en moyenne 425hl de moût en 2heures; le refroidissement se fait dans un échangeur à plaques comportant deux étages

Dans le premier étage le moût est refroidi avec de l'eau fraîche qui entre à 32°C et en ressort à 80°C

Dans le second étage il est refroidi par l'eau glycolée dont la température d'entrée et de sortie mesurées sont respectivement de 5°C et 10°C ; La puissance frigorifique demandée est : **506638fg/h**

III.3 La filtration

On filtre en moyenne 1000hl de bière par jour pendant une durée de 10 heures ; la température doit passer de 0°C à -2°C, nécessitant ainsi un besoin en froid de : **37483fg/h**

III.4 La siroperie

15000 l de sirop est refroidi par jour pendant 16 heures, en abaissant la température de 80°C à 20°C ; Cela demande une puissance frigorifique de : **22106fg/h**

III.5 la production de boisson gazeuse

on produit en moyenne 1000hl de boissons gazeuses par jour pendant 16 heures, en faisant passer la température de 20°C à 5°C
La quantité de froid consommé est de : **86330fg/h**

III.6 Le conditionnement de la bière

Au total 2025hl de bière sont soutirés par deux groupes dont un fonctionne pendant 24 heures et l'autre 16 heures ; la puissance frigorifique dépensée est :
Groupe N°1 : **50758fg/h**
Groupe N°2 : **18741fg/h**

III.7 Refroidissement des locaux

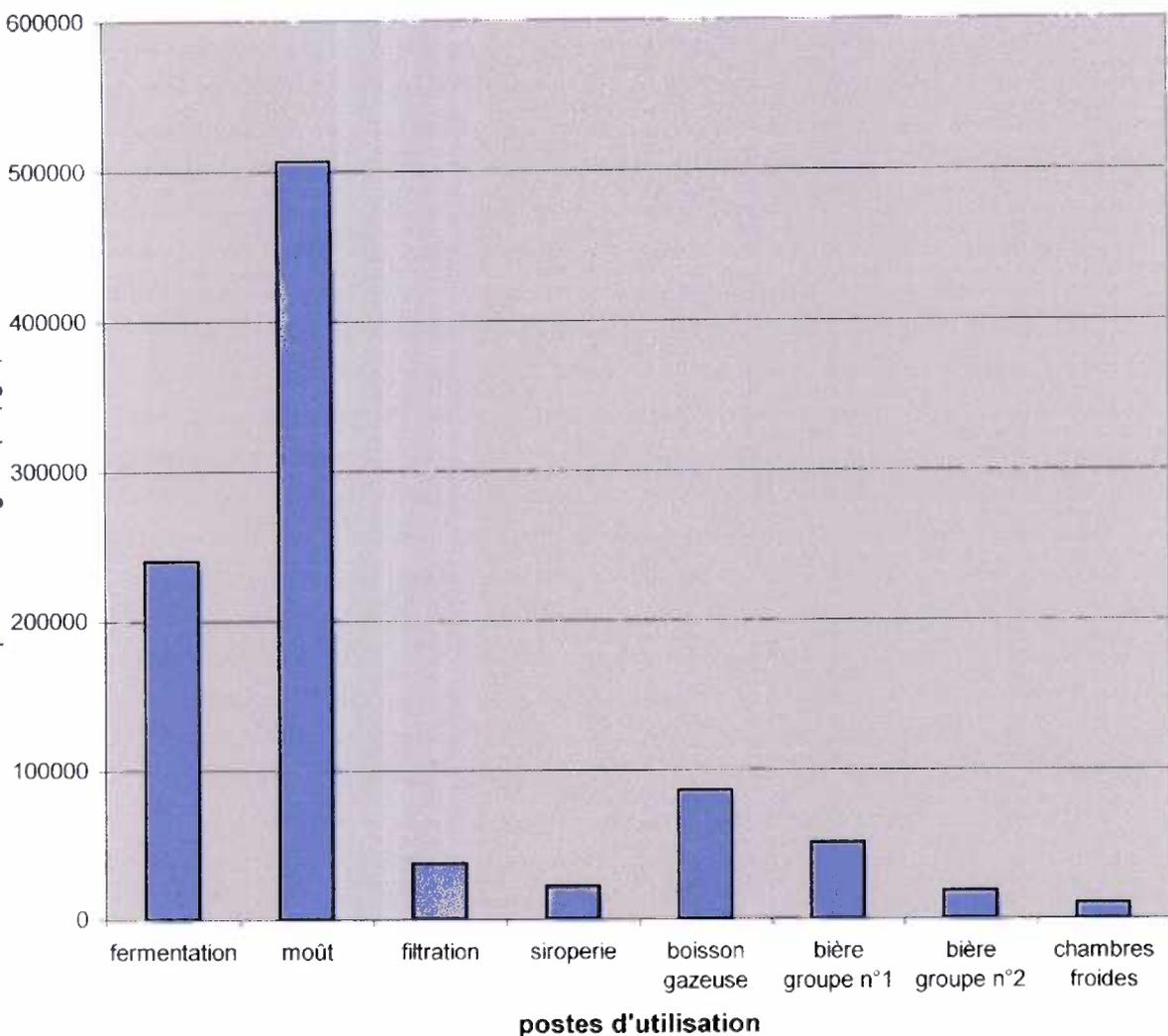
Pour le refroidissement des locaux des ventilo-convecteurs sont utilisés ; la puissance frigorifique dépensée est estimée à : **10204 fg/h**

III.8 Récapitulatif

Tableau N°2 : puissance frigorifique dépensée dans les différents postes

Postes d'utilisation	horaires	Durée/jour	Puissance Frigorifique(fg/h)
fermentation	0h-24h	24 h	239807
Refroidissement du moût		15 h	506638
filtration		20h	37483
siroperie	6h-22h	16 h	22106
Boisson gazeuse	6h-22h	16 h	86330
Bière groupe N°1	0h-24h	24 h	50758
Bière groupe N°2	6h-22h	16 h	18741
Refroidissement locaux	0h-24h	24 h	10204
TOTAL			972067

Fig 2: puissance frigorifique dépensée dans la chaîne de production



IV. Mise en évidence de la nécessité de la régulation automatique

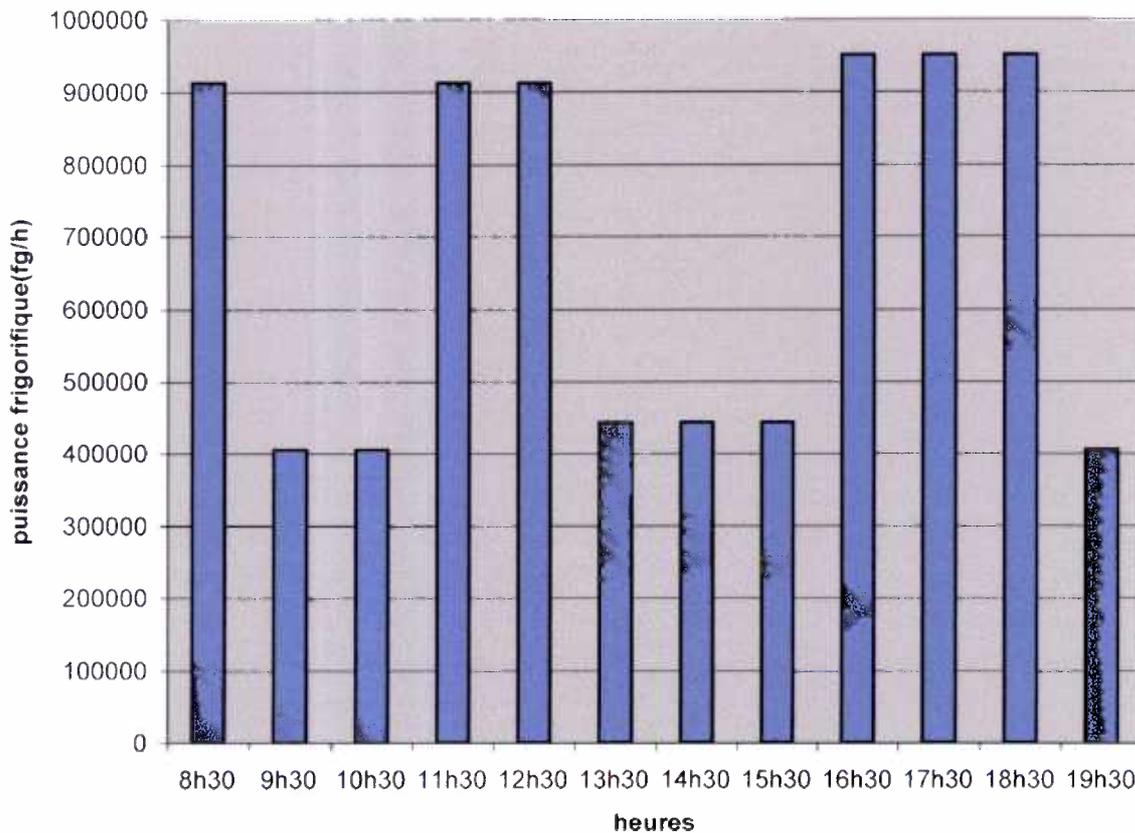
Les résultats du bilan frigorifique permettent de tirer les enseignements suivants :

- Les trois groupes compresseurs ont une puissance suffisante pour faire face aux besoins frigorifiques de l'ensemble des postes d'utilisation en fonctionnement simultané
- Le refroidissement du moût représente à lui seul 52% des besoins frigorifiques et nécessite la mise en marche de deux compresseurs au moins pour y faire face (voir fig. 2)
- Les postes d'utilisation ont des horaires de fonctionnement différents ; ce qui fait que la puissance demandée n'est pas toujours la même au cours de la journée et peut atteindre à certain moment un niveau nécessitant la mise en marche de tous les trois compresseurs (voir fig. 3)
- Au regard de ces remarques, la nécessité d'adapter la marche des compresseurs à la variation de la demande en froid nous paraît évidente

En effet il ne serait pas économiquement rentable de mettre en marche deux ou trois groupes alors qu'un seul aurait suffi pour produire le froid demandé ; en revanche il ne serait pas non plus indiqué de faire fonctionner un seul groupe alors que la demande en froid exige deux

Seul une régulation automatique bien conçue et bien réalisée permet d'apporter une réponse adéquate à ce problème

Fig 3: variation de la puissance frigorifique appelée au cours d'une demie- journée



V. Les objectifs de la régulation automatique

La régulation automatique à réaliser doit permettre d'enclencher successivement les groupes compresseurs en fonction de la demande en froid au niveau de la production

Cette demande se manifeste par la variation de la température dans la bache d'eau glycolée ; en effet comme les installations fonctionnent en circuit fermé, toute hausse de température dans la bache traduit une demande en froid de plus en plus forte, tandis que toute baisse indique que cette demande tend à diminuer (voir fig. 4)

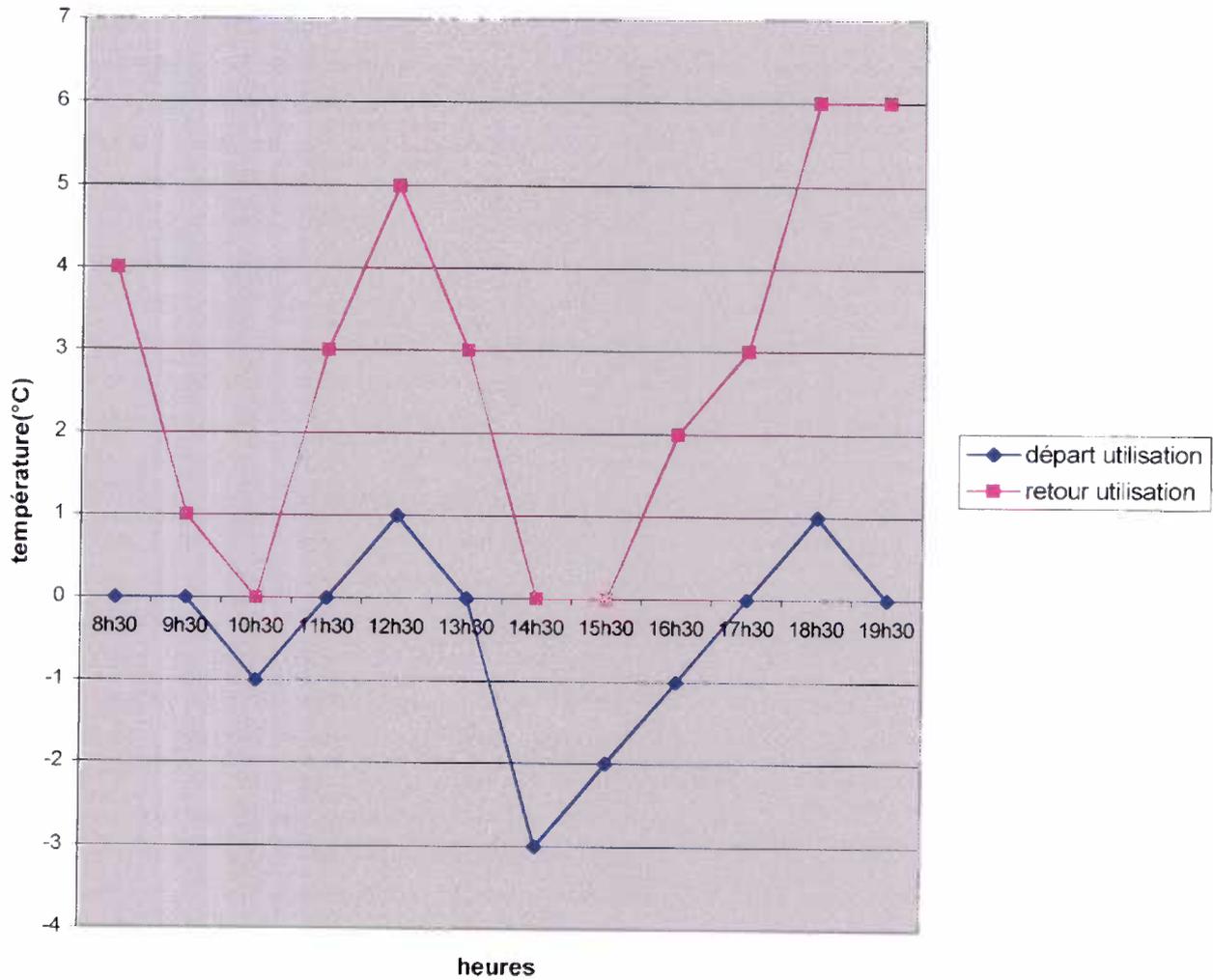
La température dans la bache d'eau glycolée sera donc la variable qui autorisera l'enclenchement ou le déclenchement d'un compresseur

Le fluide frigorigère utilisé (Pa9) a son point de congélation situé à -10°C ; on peut donc prévoir de faire fonctionner les compresseurs dans les plages de température suivantes :

- 1^{er} compresseur : -3°C à 0°C
- 2^{ème} compresseur : -5°C à -3°C
- 3^{ème} compresseur : -7°C à -5°C

En outre cette régulation doit assurer la sécurité, l'usure uniforme des groupes et la possibilité d'intervenir sur un groupe en cas de panne sans perturber le fonctionnement des autres

Fig 4: fluctuation de la température de l'eau glycolée au cours d'une demie-journée



VI. Etude du procédé

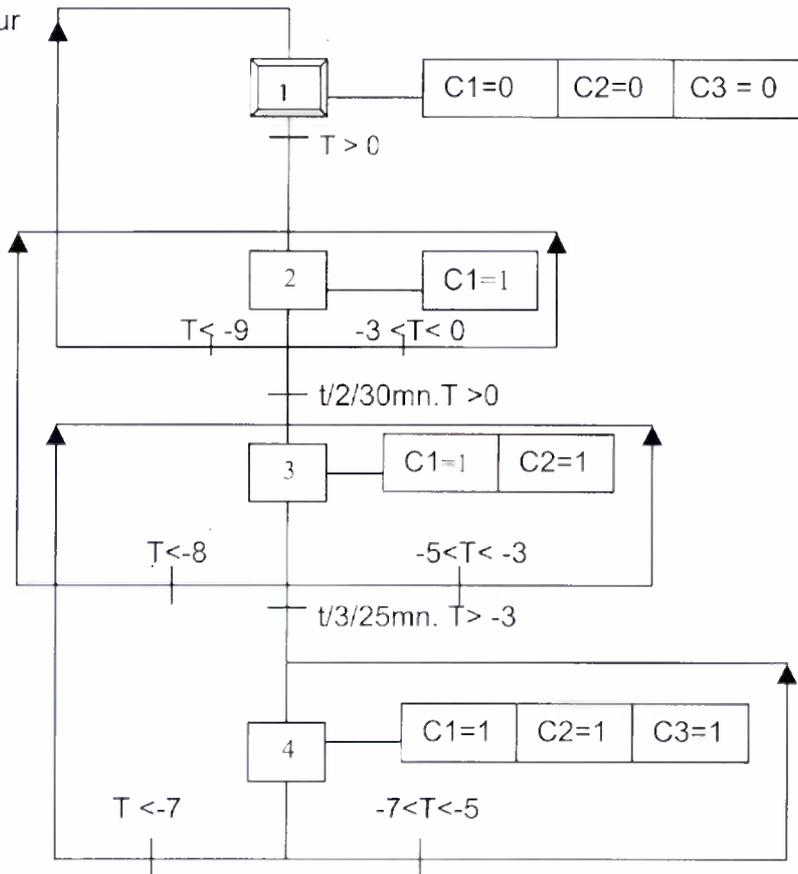
VI.1 Le GRAFCET

Le langage courant se révèle assez mal adapté à la description précise des cycles automatiques ; c'est pourquoi l'AFCEC (Association Française pour la Cybernétique Economique et Technique) a mis au point le GRAFCET (Graphe de Commande Etape Transition) qui formalise la représentation d'un cycle de système automatique

fig. 5 : GRAFCET pour la régulation automatique de la marche des compresseurs

LEGENDE

T : température
 1 : marche
 0 : arrêt
 C : compresseur



VI.2 Technologie de commande

Il existe trois grandes familles de technologies de commande :

- La commande électrique à contacts
- La commande pneumatique
- Les automates programmables

Mais le choix d'une technique doit tenir compte du contexte dans lequel doit fonctionner le système et les impératifs de production de l'usine concernée

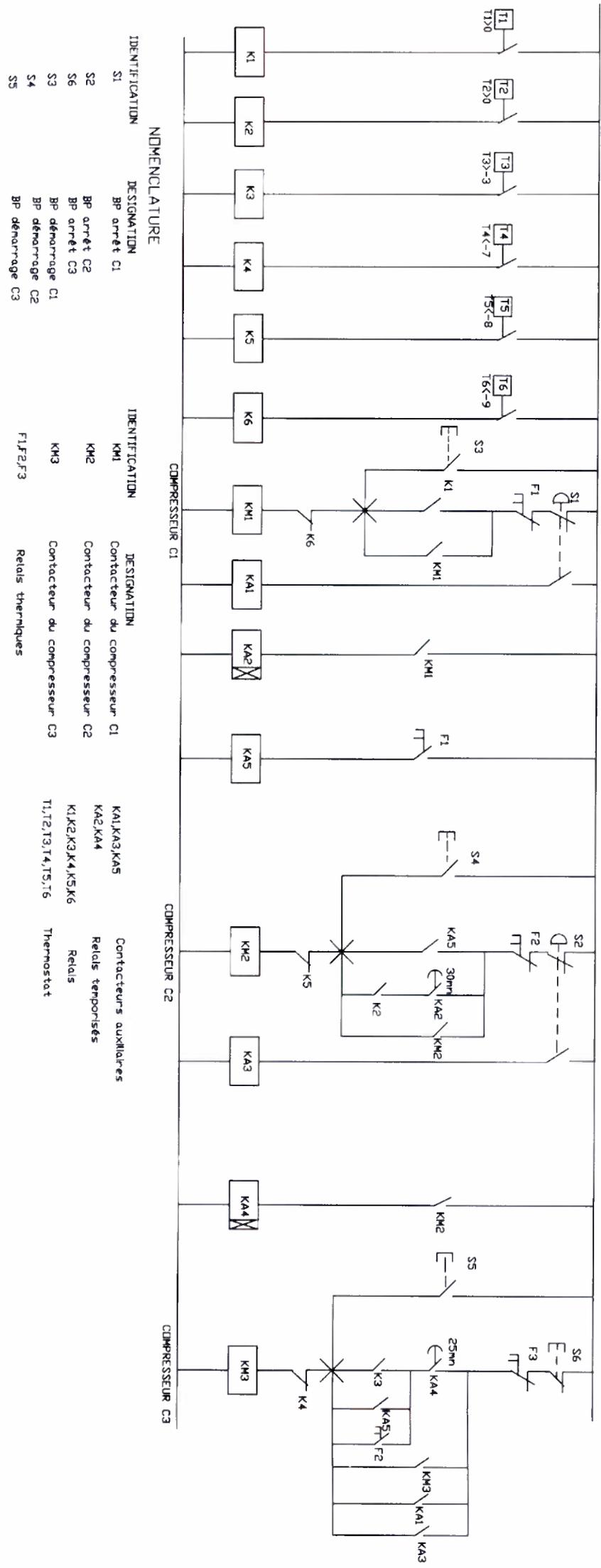
La BRAKINA est une usine à feu continu et tout arrêt de production du à une panne quelconque est préjudiciable ; c'est pourquoi un système semi-automatique a été préféré à l'automatisme intégral

Cette solution a l'avantage de donner la possibilité de faire marcher les compresseurs en automatique mais aussi en manuel en cas de défaillance du premier

Nous avons voulu également proposer un système qui soit économique tout en garantissant un maximum d'efficacité de service

La conjonction de tous ces critères nous a amené à abandonner la technologie de commande pneumatique et les automates programmables au profit de la commande électrique à contacts

FIG 6: CIRCUIT DE COMMANDE POUR LA MARCHE AUTOMATIQUE DES GROUPES FRIGORIFIQUES



NOMENCLATURE		IDENTIFICATION	
IDENTIFICATION	DESIGNATION	IDENTIFICATION	DESIGNATION
S1	BP arrêt C1	KM1	Contacteur du compresseur C1
S2	BP arrêt C2	KM2	Contacteur du compresseur C2
S6	BP arrêt C3	KM3	Contacteur du compresseur C3
S3	BP démarrage C1		
S4	BP démarrage C2		
S5	BP démarrage C3	F1,F2,F3	Relais thermiques

VI.3 Fonctionnement prévisionnel des compresseurs

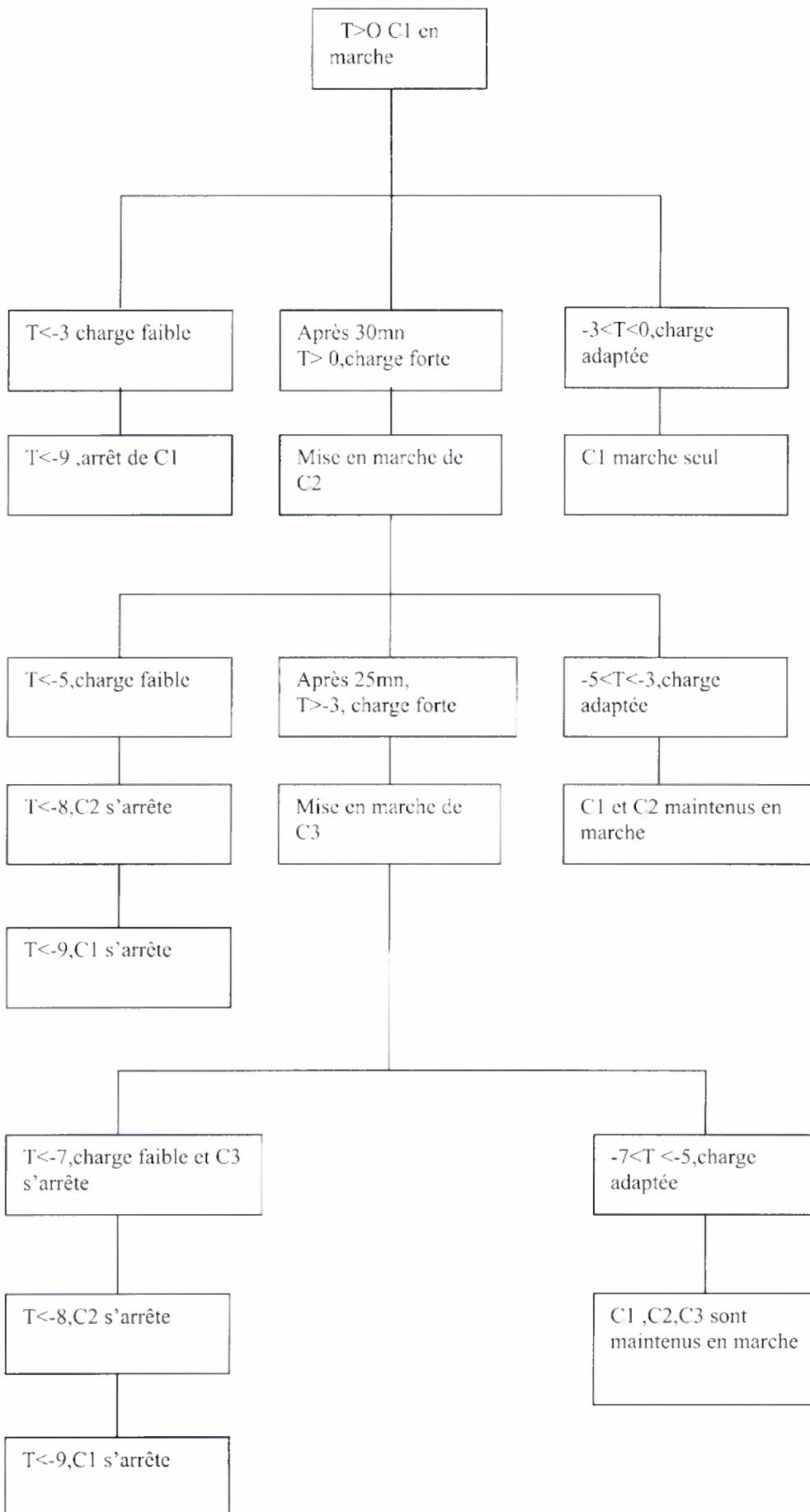
VI.3.1 Fonctionnement séquentiel

Le circuit de commande qui a été proposé permet de planifier le fonctionnement des compresseurs suivant les différentes situations envisageables ; nous avons défini trois niveaux de fonctionnement des compresseurs correspondant à trois séquences d'évolution :

- Fonctionnement à charge faible : la demande en froid est faible par rapport à l'offre ; si la demande continue de baisser, cela conduirait à l'arrêt successif des compresseurs
- Fonctionnement à charge adaptée : c'est un état d'équilibre entre l'offre et la demande en froid ; il se traduit par le maintien des compresseurs enclenchés en fonctionnement
- Fonctionnement à charge forte : il correspond à une situation où la demande est plus forte que l'offre en froid ; cela signifie que les compresseurs enclenchés ne suffisent pas à fournir le froid demandé et par conséquent il faut enclencher un compresseur additionnel

A terme si tous les trois compresseurs sont enclenchés, ils disposent d'une puissance frigorifique suffisante pour couvrir les besoins cumulés de toutes les utilisations(voir tableau N°2)

fig. 7 : Arbre de fonctionnement des compresseurs



VI.3.2 Fonctionnement électrique

VI.3.2.1 Marche en automatique

- *Enclenchement des compresseurs*

Un thermostat (T1) mesure constamment la température de l'eau glycolée dans la bache ; dès qu'elle atteint au moins 0°C le contact se ferme, le relais (K1) s'excite et ferme le contact (K1) et le premier compresseur (C1) est mis en marche

L'enclenchement de C1 provoque la fermeture du contact (KM1) et le contacteur auxiliaire(KA2) est activé ; le contact temporisé (KA2) se ferme au bout de 30mn de temporisation

Dès lors si le thermostat T2 détecte une température au moins égale à 0°C, son contact se ferme, le relais K2 est excité et ferme le contact K2 et le compresseur C2 peut démarrer ; on a donc C1 et C2 en marche simultanément

C2 en démarrant ferme KM2 et KA4 est activé entraînant la fermeture du contact temporisé KA4 après les 25mn de temporisation

Dès l'instant que le thermostat T3 indiquera une température au moins égale à -3°C, le relais K3 s'excite et ferme le contact K3, le compresseur C3 s'enclenche à son tour et tous les trois compresseurs sont en marche

- *Déclenchement des compresseurs*

Au moment où les trois compresseurs sont en marche, si la demande en froid diminue, cela se manifeste par la baisse de température dans la bache d'eau glycolée ; si le thermostat T4 indique une température inférieure à -7°C, alors le relais K4 s'excite et ouvre le contact à ouverture K4 et C3 s'arrête

Si malgré tout la demande en froid continue de diminuer et si le thermostat T5 indique une valeur inférieure à -8°C, alors le relais K5 excité ouvre le contact K5 et C2 s'arrête

De même si T6 indique une valeur inférieure à -9°C, K6 s'excite et ouvre le contact K6 qui entraîne l'arrêt de C1

VI.3.2.2 Marche en manuel

Quel que soit la perfection d'un système, il est sujet à toute sorte de pannes et de dysfonctionnement imprévisibles

Comme nous l'avons annoncé précédemment la BRAKINA est une usine à feu continu sans interruption complète d'activités de production ; cette spécificité nous a conduit à préférer un système semi-automatique qui permet de commander manuellement la marche des groupes en cas de besoin

Le système que nous avons proposé permet de démarrer et d'arrêter manuellement les compresseurs en cas de dysfonctionnement de l'automatisme

En effet pour démarrer manuellement un compresseur, il suffit d'actionner les boutons-poussoirs S3,S4, ou S5

Par contre pour les arrêter, il faut actionner S1,S2 ou S6 avec la particularité que l'arrêt de C1 ou C2 entraîne automatiquement le démarrage de C3

Cela impose un ordre de déclenchement des compresseurs suivant, si les trois sont en marche :S1-S2-S6

VI.3.2.3 Gestion de la sécurité des compresseurs

Pour assurer la sécurité des compresseurs, un relais thermique(F) permet une coupure automatique en cas de défaillance de fonctionnement d'un compresseur ; mais pour garantir toujours un meilleur service, le système proposé permet le remplacement automatique d'un compresseur en panne par un autre au repos

Aussi par exemple si C1 en fonctionnement s'arrête suite à une anomalie ayant entraîné l'ouverture du contact à ouverture F1, alors le contact à fermeture F1 se ferme automatiquement et le contacteur auxiliaire KA5 est activé entraînant la fermeture du contact KA5 et le compresseur C2 démarre pour le remplacer

Par contre si C1 et C2 sont en fonctionnement, si l'un d'eux s'arrête alors il sera automatiquement remplacé dès que le temps de temporisation s'est écoulé, par C 3 par la fermeture du contact à fermeture KA5 ou F2

VI.3.2.4 Entretien, maintenance et usure des compresseurs

On peut être amené à arrêter manuellement C1 ou C2 pour les raisons suivantes :

- Réaliser des opérations d'entretien et de maintenance
- Limiter le nombre d'heures de fonctionnement pour minimiser l'effet d'usure sur ces compresseurs qui sont les plus sollicités

A cet effet deux boutons poussoirs coup de poing « O+F » permettent d'arrêter C1 ou C2 avec un enclenchement automatique de C3 pour le remplacer

Ainsi si on veut arrêter C1 on actionne le bouton poussoir S1 qui ouvre un contact à ouverture entraînant l'arrêt de C1 et la fermeture d'un contact à fermeture provoquant l'activation du contacteur auxiliaire KA1 qui autorise la fermeture du contact KA1 et le compresseur C3 démarre pour remplacer C1

De même pour arrêter manuellement C2,on actionne sur S2 qui ouvre un contact à ouverture et ferme un contact à fermeture entraînant l'arrêt de C2 et le démarrage de C3 par l'activation du contacteur auxiliaire KA3 et la fermeture du contact KA3

VI.4 Avantages et inconvénients du système

Parmi les avantages importants du système on peut citer les points suivants :

- La production du froid est à chaque instant adaptée à la variation de la demande
- La sécurité des compresseurs est assurée
- Le caractère semi-automatique du système garantit la continuité et la sécurité de la production de l'usine car la marche en manuel permet de s'affranchir des cas d'arrêt de fonctionnement lié à une défaillance de la marche automatique
- Le système est économique et facile à réaliser

L'inconvénient majeur de ce système est qu'il n'assure pas un équilibrage du nombre d'heures de fonctionnement des trois compresseurs et par conséquent n'induit pas une usure uniforme de ces derniers

En effet dans ce système, le compresseur C1 est le plus défavorisé car il démarre le premier et s'arrête en dernière position ; tandis que le compresseur C3 qui démarre en dernière position, et s'arrête le premier est naturellement celui qui est le plus favorisé

Mais ces lacunes peuvent être compensées par la possibilité offerte d'arrêter manuellement C1 ou C2 si on estime que sa durée de fonctionnement est élevée et son remplacement automatique par C3

VI.5 Appareillage

VI.5.1 Les équipements électriques nécessaires

La réalisation du système automatique projeté nécessite l'acquisition des différents constituants électriques figurant sur le circuit de commande (fig. 6) ;le choix de ce matériel a été fait suivant le guide de choix exposé dans le catalogue Télémécanique de septembre 1995 ; il va donc sans dire que les références du matériel indiquées sont propres à ce constructeur (voir annexes A5 à A9)

Tableau N° 3 :liste des constituants électriques

Identification	Désignation	Type(référence)
S1	Bouton -poussoir coup de poing 1"F"+1"O "	XB2-MC41
S2	Bouton -poussoir coup de poing 1"F"+1"O "	XB2-MC41
S3	Bouton-poussoir capuchonné à poussoir court	XB2-MP41
S4	Bouton-poussoir capuchonné à poussoir court	XB2-MP41
S5	Bouton-poussoir capuchonné à poussoir court	XB2-MP41
S6	Bouton-poussoir capuchonné à poussoir court	XB2-MP41
KM1	Contacteur 3"P"+1"F"	LC1-F265M7
KM2	Contacteur 3"P"+1"F"	LC1-F400M7
KM3	Contacteur 3"P"+1"F"	LC1-F400M7
KA1	Contacteur auxiliaire 1"F"	CA3-KN22M7
KA3	Contacteur auxiliaire 1"F"	CA3-KN22M7
KA5	Contacteur auxiliaire 2"F"	CA3-KN22M7
KA2	Relais temporisé 1"F"	RHT-4131M
KA4	Relais temporisé 1"F"	RHT-4131M
F1	Relais thermique 1"O"	LR2-F6373
F2	Relais thermique 1"O"	LR2-F6377
F3	Relais thermique 1"O"	LR2-F6377
K1	Relais instantané 1"F"	RHN-411M
K2	Relais instantané 1"F"	RHN-411M
K3	Relais instantané 1"F"	RHN-411M
K4	Relais instantané 1"O"	RHN-411M
K5	Relais instantané 1"O"	RHN-411M
K6	Relais instantané 1"O"	RHN-411M
T1,T2,T3 ,T4,T5,T6	Thermostats	

VI.5.2 Choix de l'enveloppe de protection et de la climatisation

➤ Choix de l'enveloppe

Selon la norme NCF-100 ,les armoires ou les coffrets utilisables dans un environnement de brasserie doivent avoir un degré de protection minimum IP= 24.IK07

Les dimensions à donner à l'enveloppe de protection sont fonction de la surface totale d'encombrement des constituants électriques et de la hauteur du plus grand composant équipant l'installation

La Télémécanique donne les surfaces d'encombrement S_e et la hauteur d'encombrement H_e ainsi que la dissipation des différents constituants électriques ; pour notre installation nous pouvons faire les estimations suivantes :

Tableau N°4 : encombrement des constituants électriques et leur dissipation correspondante

Matériels	Surface S_e (dm ²)	Hauteur H_e (mm)	Dissipation(W)
6 relais instantanés	1.07	33	60
1 contacteur LC1-F265M7	4.30	203	36
2 Contacteurs LC1-F400M7	9.33	206	150
3 contacteurs auxiliaires CA3-KN22M7	1.185	58	225
2 Relais temporisés RHT-4131M	0.71	43	150
1 Relais thermiques LR2-F6373	3.6	182	10
2 Relais thermiques LR2-F6377	7.2	182	20
TOTAL	27.395dm²	Mini :206mm	651 w

- La surface utile de l'enveloppe S_u

En considérant un équipement sur châssis plein, et comme $S_e < 34.5\text{dm}^2$,
on a : $K_f = 2$ (coefficient de fonctionnement pour tenir compte du câblage, des borniers et des goulottes)
d'où $S_u = 27.395 \times 2 = 54.79 \text{ dm}^2$

- la hauteur utile H_u

$$H_u = H_e + 100 = 206 + 100 = 306\text{mm}$$

En se référant au guide de choix d'une enveloppe de protection proposé par SAREL, on obtient un coffret de 1000X800X400 en acier avec un degré de protection IP55IK10
La Télémécanique nous fournit un coffret métallique de 800X800x300 ,référence : ACM-BV883 (voir annexe A10)

➤ Choix de la ventilation

Un tableau est conçu pour fonctionner dans une ambiance normale ; la plupart des appareils sont conçus pour travailler dans des plages de températures comprises entre -10°C et 50°C malgré la puissance calorifique qu'ils dissipent

Il est donc nécessaire de corriger l'état thermique intérieur de l'enveloppe par un moyen approprié pour réaliser les conditions d'un fonctionnement optimum

Pour tenir compte des connexions et des jeux de barres, on doit majorer la puissance dissipée de 30%, soit :

$P = 651 \times 1.30 = 846.3 \text{ W}$; avec cette puissance, une ventilation naturelle n'est pas suffisante (limitée à 300w) ; il faut donc une ventilation forcée

Le débit du ventilateur est donné par la formule suivante :

$$D = 3.1 \times (P / \Delta t - K \times S)$$

P : puissance dissipée

Δt : écart de température entre intérieur et extérieur du coffret = 15°C

K : $5.5\text{W/m}^2/^\circ\text{C}$ pour tôle peinte

S : surface extérieure du coffret = 3.10m^2

$$D = 3.1 \times (846.3 / 15 - 5.5 \times 3.10) = 122\text{m}^3/\text{h}$$

On prendra donc un ventilateur de $147\text{m}^3/\text{h}$ pour une ambiance normale

CHAPITRE III

REGULATION AUTOMATIQUE DES TANKS DE FERMENTATION

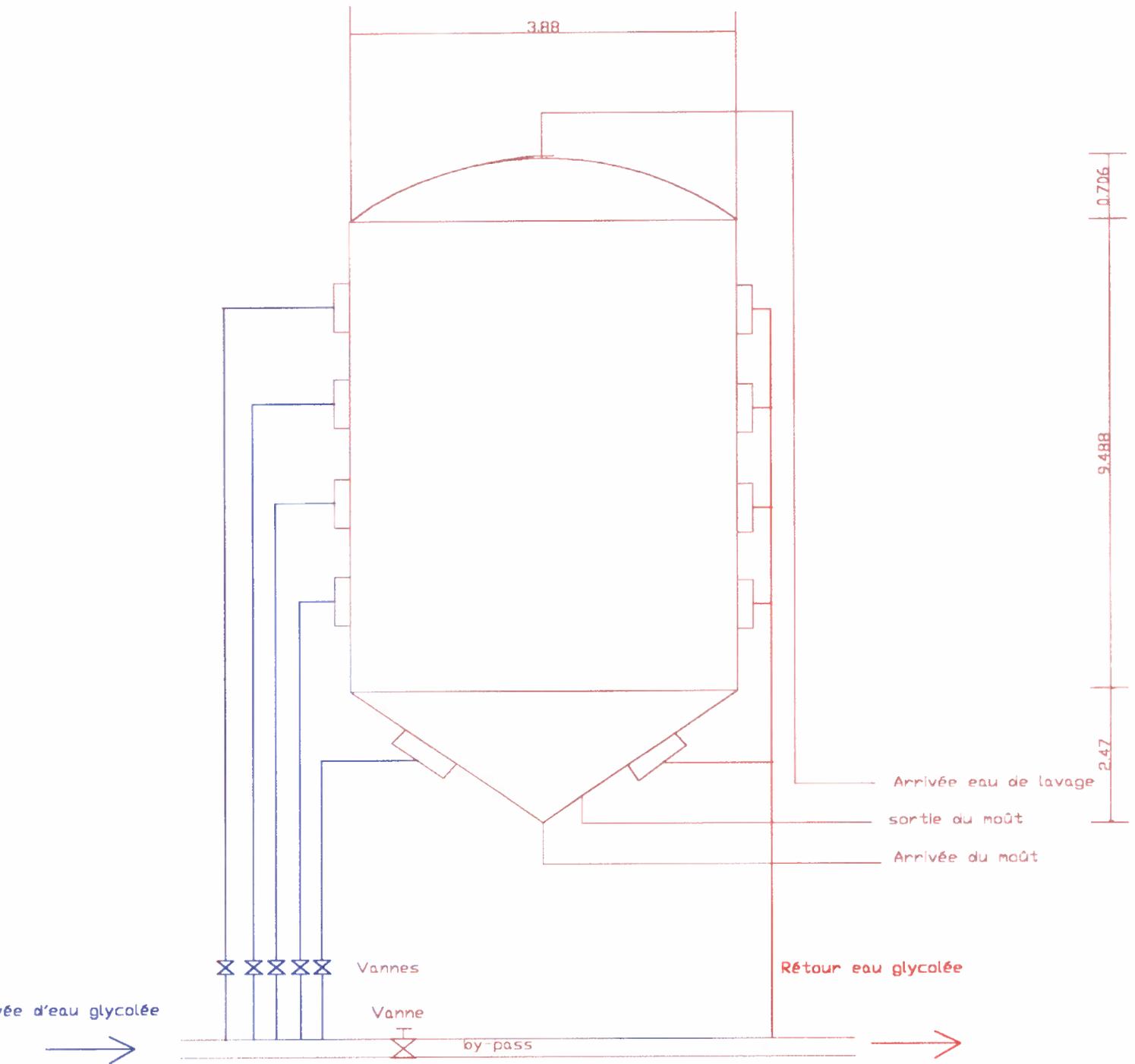
I. Description des tanks de fermentation

Les tanks ou TOD sont des cuves où se déroule la fermentation du moût après refroidissement

La BRAKINA dispose actuellement d'une trentaine de tanks de séries différentes ; ils sont de forme cylindro-conique, en acier avec un système d'isolation constitué par du polyuréthane de 80mm d'épaisseur recouvert d'une tôle en acier de 1mm d'épaisseur ; chaque tank comporte les équipements suivants :

- Des jaquettes où se font les échanges thermiques entre le moût en fermentation et l'eau glycolée
- Un circuit d'arrivée et de retour de l'eau glycolée
- Un circuit d'arrivée et de départ du moût
- Un appareil de nettoyage automatique
- Un trou d'homme
- Des accessoires constitués de vannes, des robinets de prise d'échantillons, de thermomètre....

SCHEMA DU CIRCUIT D'EAU GLYCOLEE AU NIVEAU D'UN TANK



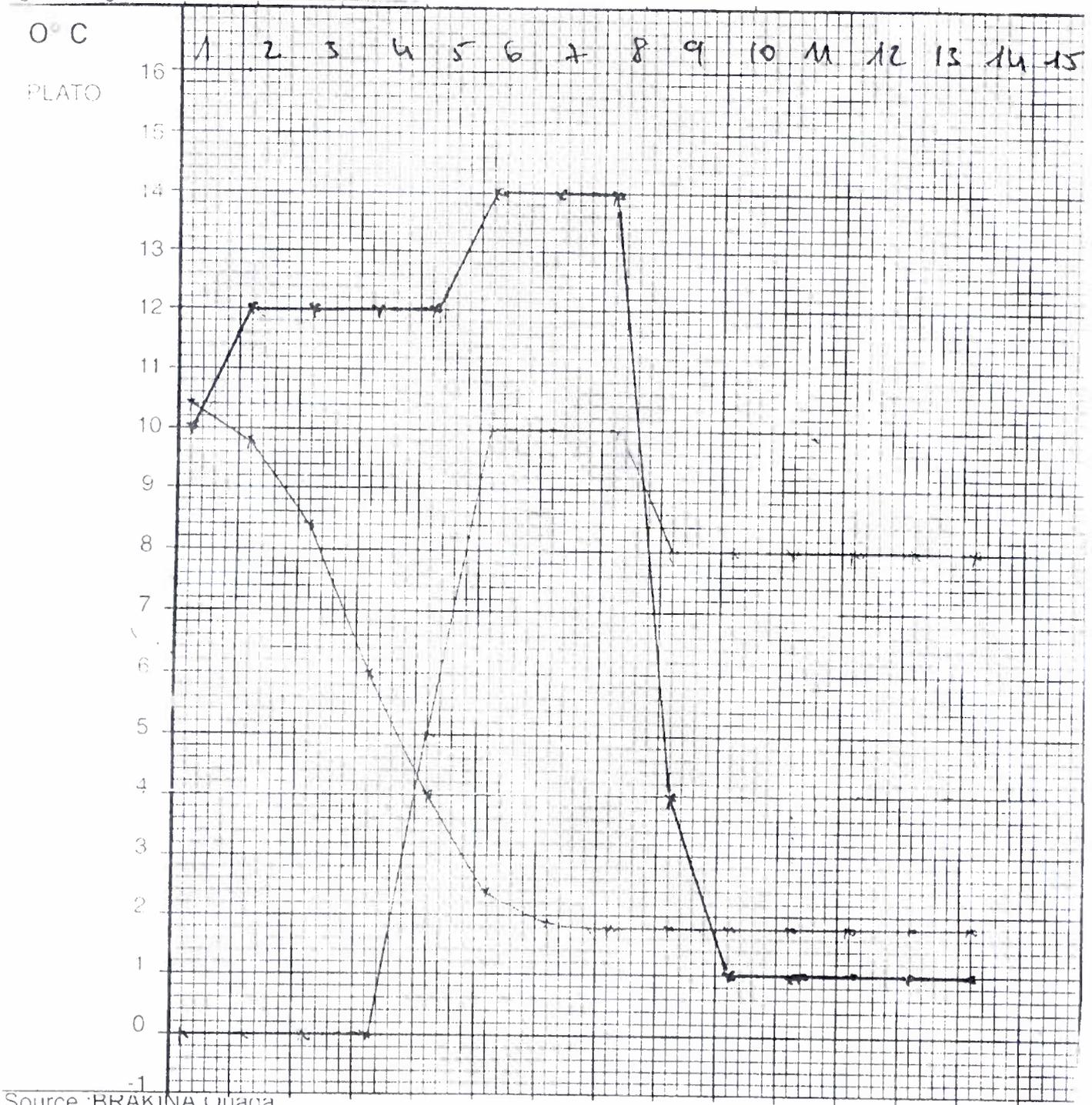
II. Conduite de la fermentation

La fermentation est une opération délicate qui détermine la qualité de la bière produite ; en effet une fermentation lente donne une bière moelleuse et une fermentation rapide donne une bière sèche ; c'est pourquoi la règle à suivre est de conduire la fermentation de telle sorte qu'elle soit régulière et active, terminée en 8 à 10 jours et éviter les sauts de température

La maîtrise donc de la température s'avère être la condition essentielle de la réussite de la fermentation

Au niveau de la BRAKINA, la fermentation doit être conduite de manière que l'évolution de la température suive l'allure du diagramme théorique

fig. 9 : diagramme théorique de fermentation



Source : BRAKINA Ouaga

III. Régulation actuelle des TOD

Elle est assurée manuellement par un ouvrier ; celui-ci doit maintenir la température du moût autour d'un repère de son instrument de mesure

La température est mesurée à l'aide d'un thermomètre à mercure placé sur un jet liquide du moût s'écoulant à travers un robinet de prélèvement ; il compare ensuite la valeur lue à la valeur de consigne et réagit en conséquence par l'ouverture ou la fermeture de la vanne manuelle qui règle le débit d'eau glycolée

Le contrôle de la température se fait à l'intervalle de 4 heures pendant toute la durée de la fermentation

Les inconvénients majeurs de la régulation manuelle sont les suivants :

- Nécessité d'avoir en permanence un ouvrier pour la régulation
- Non maîtrise de la température occasionnant des sauts de température
- Réglage du débit d'eau glycolée par tâtonnement

Au regard de ces défaillances, une régulation automatique s'impose comme une réponse adéquate au problème de contrôle de la température de fermentation

IV. Nécessité de la régulation automatique des TOD

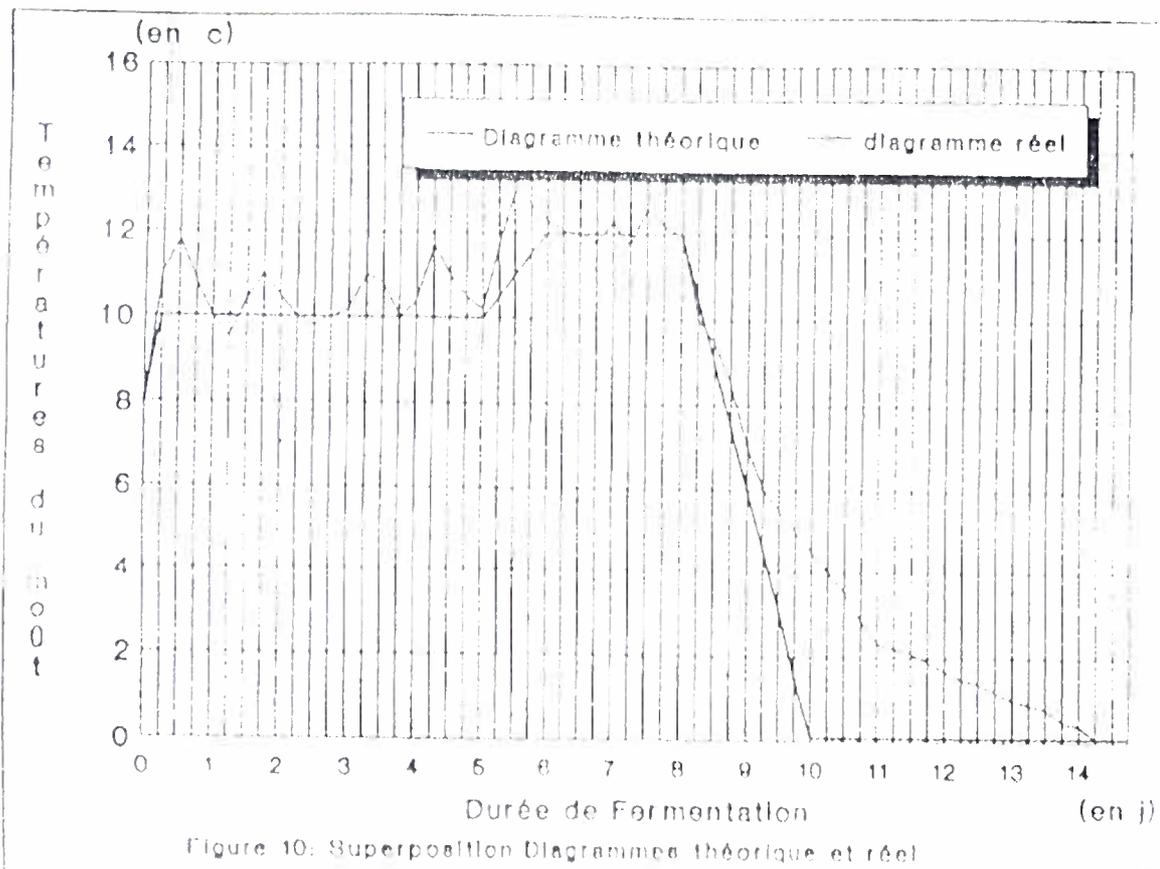
Comme nous l'avons précédemment indiqué, la régulation manuelle des TOD connaît de grandes lacunes qui entravent le bon déroulement de l'opération

En effet la courbe de fermentation réelle obtenue s'éloigne nettement de la courbe théorique démontrant ainsi toute la difficulté à maîtriser la température par la régulation manuelle (voir fig. 10)

Or dans le processus de fabrication de la bière, la fermentation constitue une des étapes les plus déterminantes dans la qualité finale du produit

On comprend donc aisément toute l'importance et toute l'attention qui doivent être accordées à cette opération si on veut améliorer la qualité du produit

Il paraît dès lors évident que la régulation manuelle n'offre pas les conditions d'une bonne fermentation et par conséquent doit être remplacée par une régulation automatique qui contrôlera rigoureusement l'évolution de la température de fermentation



V. Les objectifs de la régulation automatique

Le système de régulation automatique à proposer doit corriger les lacunes de la régulation manuelle et créer les conditions d'une bonne fermentation au sens de la allure de la courbe théorique ; à ce titre elle doit assurer les fonctions essentielles suivantes:

- Contrôler rigoureusement la température de fermentation suivant les valeurs de consignes données
- Contrôler le débit d'eau glycolée en fournissant juste la quantité nécessaire pour maintenir la température à la valeur souhaitée
- Réduire la présence et l'intervention humaine en assurant une certaine autonomie de fonctionnement

VI. Généralités sur la régulation

VI.1 Boucle de commande

Dans de nombreux systèmes techniques industriels il faut maintenir à des valeurs prédéterminées des grandeurs physiques caractéristiques du système, et ce quelles que soient la nature et le niveau des perturbations qui peuvent influencer le fonctionnement de ce dernier

Il est alors nécessaire de comparer en permanence la valeur de la grandeur d'exploitation (température..) à la valeur souhaitée pour cette même grandeur

Pour satisfaire cette condition le système possède une rétroaction de la sortie sur l'entrée, c'est une boucle de commande

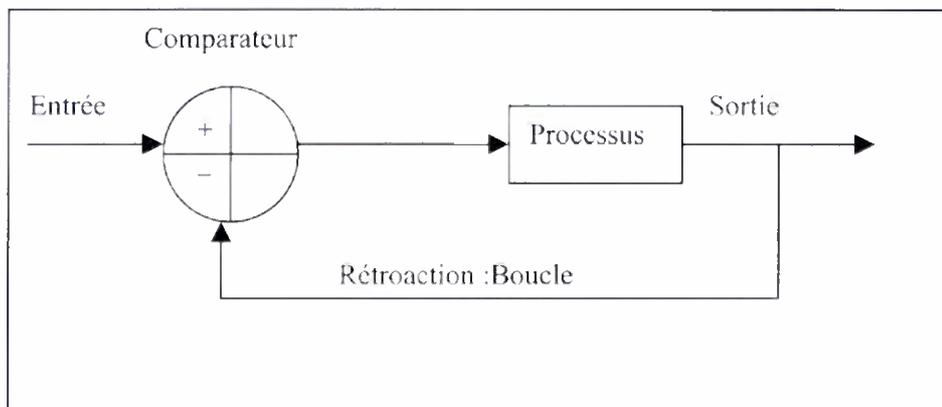


fig. 11 : Principe d'une boucle de commande

VI.2 Etude fonctionnelle d'un système asservi

Un système est asservi si :

- Pour une grandeur d'entrée donnée, constante ou variable, il délivre une grandeur de sortie qui la représente le plus fidèlement possible
- Pour toutes perturbations qu'il subit, il corrige de lui-même la grandeur de sortie

La grandeur d'entrée, consigne ou entrée de référence, est l'image de la grandeur attendue en sortie

La grandeur de sortie est la sortie asservie, ou sortie régulée

Le système comporte :

- Une chaîne d'action ou chaîne directe, qui est la chaîne de puissance avec le correcteur et l'actionneur

- Une chaîne de réaction ou chaîne de retour qui met en jeu de faibles puissances avec un capteur qui émet un signal de même nature physique que le signal de référence
- Un comparateur qui associe les deux chaînes

Le comparateur surveille l'écart ε entre la valeur de la grandeur de sortie (grandeur mesurée) et la valeur de la grandeur de consigne (valeur souhaitée). Cet écart (ou signal d'erreur) délivré par le comparateur est traité par le correcteur qui agit sur l'actionneur afin de rétablir l'égalité entre les deux grandeurs

L'ensemble comparateur-correcteur constitue le régulateur

Les performances essentielles d'un système asservi sont au nombre de trois :

- La stabilité qui est sa capacité à reprendre sa position d'équilibre et y demeurer après qu'il en soit éloigné suite à une perturbation passagère
- La précision qui est la capacité de la sortie du système à suivre l'entrée en toutes circonstances
- La rapidité qui est sa capacité à atteindre dans les meilleurs délais son régime stable

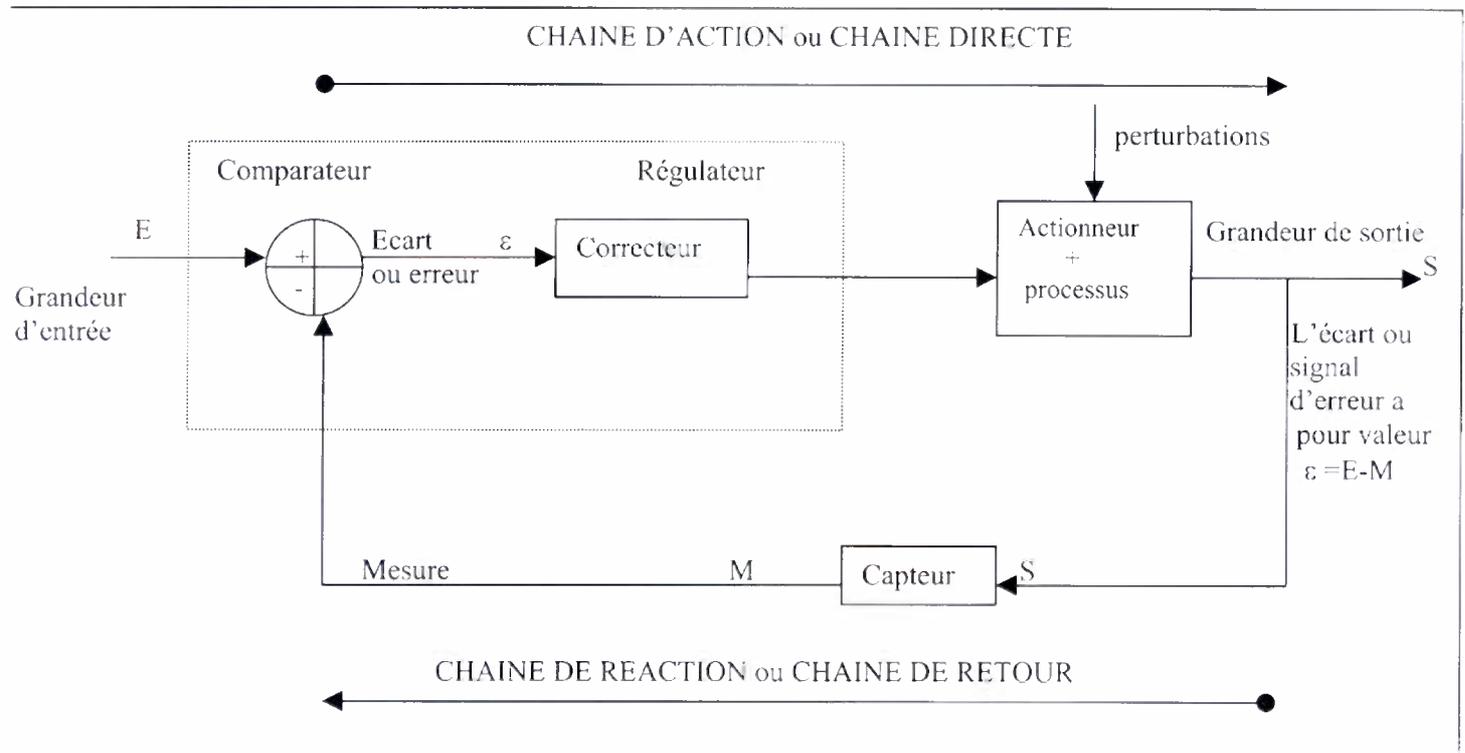


fig. 12 : principe d'un système asservi

VI.3 Les régulateurs de températures

VI.3.1 Définition

Un régulateur de température est un dispositif d'asservissement, assurant le maintien d'une température à une valeur constante, la "consigne".

On distingue deux grandes familles, les régulateurs analogiques et les numériques. Au-delà des technologies mises en œuvre, la précision de régulation est la différence principale entre les deux types de régulateurs. Cette précision est donnée par le type d'algorithme de régulation (traitement mathématique de l'écart entre la valeur de consigne et la valeur mesurée).

Ainsi, on trouve des appareils régulant en Tout ou Rien, en proportionnelle, en proportionnelle-intégrale, en proportionnelle-dérivée et en PID, c'est à dire combinant trois types d'actions.

VI.3.2 Les différents types de régulateurs

◆ *Régulateur TOR(Tout ou Rien)*

C'est un mode de régulation à deux positions ;la sortie passe d'un état à l'autre selon le signe de l'écart mesure/consigne

Ce mode très simple ne peut s'appliquer qu'à des installations présentant une inertie suffisante afin de ne pas solliciter trop souvent les organes de commande
Il est généralement réservé à des tâches simples de sécurité ou de surveillance de température

◆ *Régulateur à action proportionnelle(P)*

Ici ,le signal de sortie est proportionnel à l'écart mesure/consigne ;ainsi la commande de puissance variera de façon continue afin de réduire l'écart

Cette relation linéaire est valable à l'intérieur d'une « bande proportionnelle » qui définit les valeurs extrêmes de l'écart lors de la régulation

◆ *Régulateur à action proportionnelle intégrale(PI)*

Il agit principalement sur la vitesse de l'organe de commande proportionnellement à la valeur de l'écart ;il procure ainsi une correction jusqu'à l'annulation complète de l'écart, ce que ne peut pas faire l'action proportionnelle, d'où leur fréquente association dans les appareils

◆ *Régulateur à action dérivée(PD)*

Il agit sur l'organe de commande proportionnellement à la vitesse de variation de l'écart ;il ramène ainsi le plus rapidement possible la température à sa valeur de consigne

Seulement, activée lors des perturbations fortes et brutales du process, l'action proportionnelle s'annule dès que l'écart redevient négligeable

◆ *Régulateur à action proportionnelle intégrale dérivée(PID)*

Ce type de régulateur associe les actions intégrale et dérivée à l'action proportionnelle

Il permet d'obtenir de très bonnes qualités de précisions et de rapidité sans instabilité

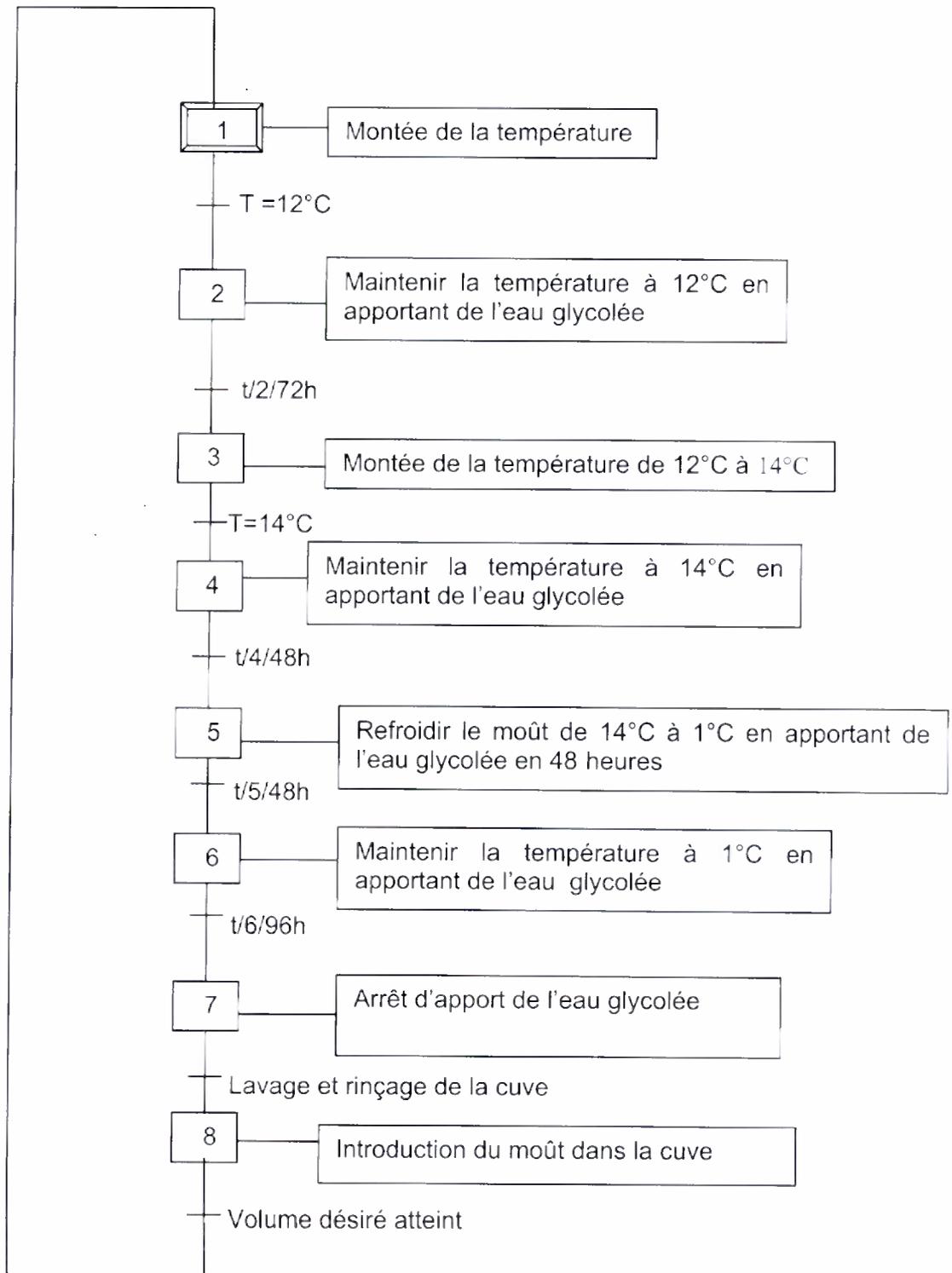
Son réglage est un compromis délicat qui nécessite d'optimiser les effets correcteurs de chacune des actions

VII.étude du système

VII.1 Description du déroulement de la fermentation

Le déroulement de la fermentation doit suivre des étapes auxquelles sont associées des actions dont le but est de d'avoir une courbe de température de fermentation qui s'approche au mieux du diagramme théorique pour décrire l'enchaînement chronologique des ces actions nous utiliserons le GRAFCET

fig. 13 :GRAFCET descriptif du déroulement de la fermentation



VII.2 Choix du mode de régulation

Nous avons énuméré plus haut les différents types de régulation possibles ; mais chaque situation doit être analysée pour déterminer le type de régulation qui répond au mieux au problème posé

Pour la régulation des TOD, la question centrale est le maintien de la température constante à chaque phase de la fermentation et pendant une durée déterminée

Pour y arriver, on apporte de l'eau glycolée dont le débit doit être constamment ajusté pour approcher au maximum la température de consigne

La température sera régulièrement mesurée par un capteur et en fonction de l'écart entre la valeur mesurée et la valeur de référence le régulateur doit autoriser une ouverture de la vanne qui permette d'avoir un débit suffisant d'eau glycolée pour minimiser cet écart

La nécessité d'un contrôle permanent de la température impose une boucle de commande. De même l'ajustement permanent du débit d'eau glycolée en fonction du signal d'erreur avec une bonne précision requière un régulateur à action proportionnelle intégrale dérivée (PID)

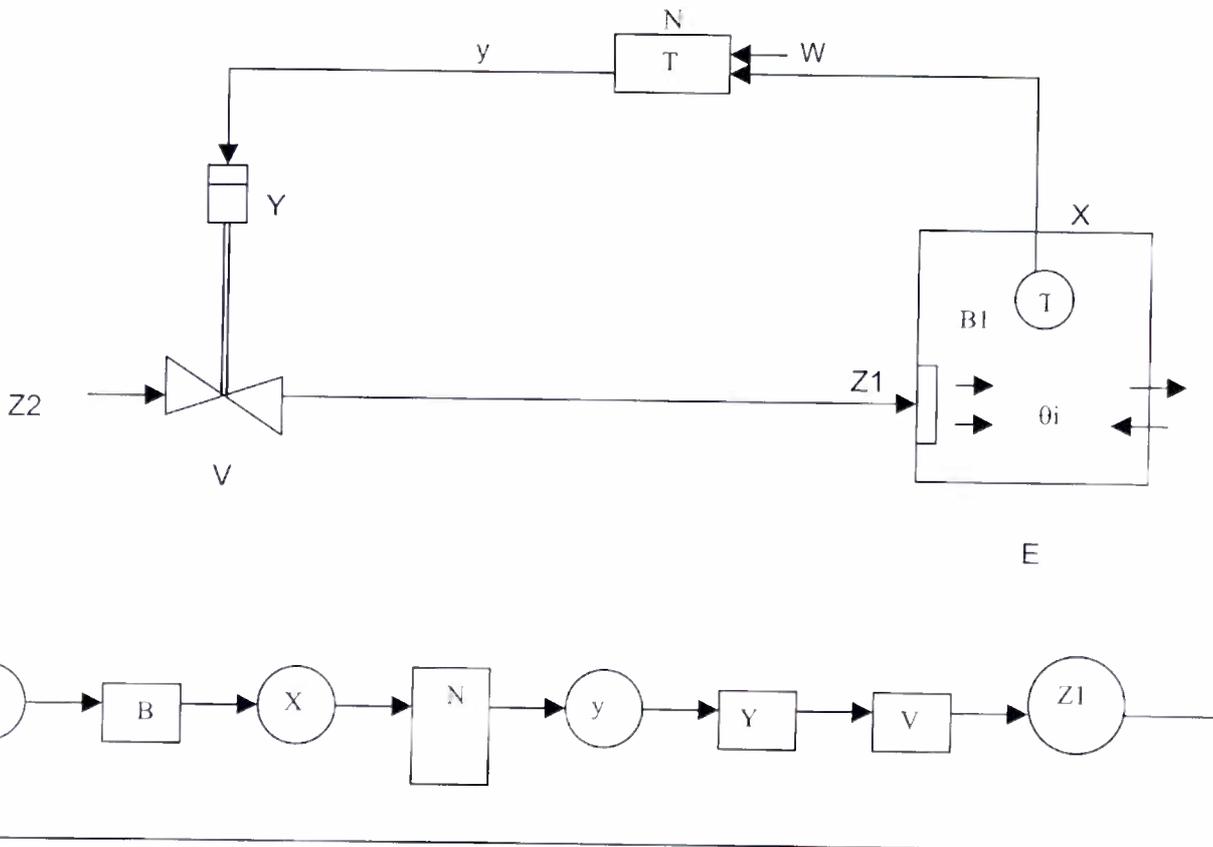


fig. 14 : boucle de commande et enchaînement des actions et signaux pour la régulation des TOD

E : système à réguler(TOD)
V :variable de réglage(eau glycolée)
Z1 :échangeur thermique(serpentin TOD)
Z2 :variable perturbant :déperditions, apports
 θ_i :grandeur physique à réguler(température)
X :mesure de la grandeur régulée(température mesurée)
W : valeur de référence(consigne)
y :signal de réglage
Y :organe de réglage :actionneur(vanne de régulation)
B1 :organe de mesure :capteur, sonde

VII.3 Choix technologique

VII.3.1 Choix du régulateur

En matière de régulation de température, il existe une gamme variée de produits répondant aux besoins des utilisateurs

Parmi les régulateurs, les régulateurs PID autoréglants intègrent, conjuguent technicité et simplicité d'utilisation pour donner des produits performants

Leur utilisation ne nécessite pas de connaissances particulières en régulation et la logique floue leur confère de remarquables avantages de stabilité et de rapidité lors de la montée en température et des perturbations externes

Sur chaque régulateur, une rampe peut être introduite en °C/mn ;le fonctionnement des alarmes est entièrement programmable :haute ou basse, absolu, écart, symétrique...

L'alarme peut être également utilisée en minuterie pour s'assurer du maintien à une température précise pendant un temps donné

L'entrée universelle accepte 8 types de thermocouples, les Pt100 Ω , les tensions et courants linéaires

Les sorties s'effectuent sur relais, ou tension logique ou encore en signaux de process 4...20Ma(voir annexe A4)

Pour notre application, le régulateur STATOP4850 convient parfaitement

En effet, avec sa face avant étanche IP65 ,le STATOP4850 est un petit régulateur de format 1/16 DIN(48X48mm) qui est très à l'aise dans les milieux agroalimentaires et plus généralement partout où l'on doit nettoyer les équipements au jet d'eau

Autre point fort de ces appareils, leur interface de communication numérique, qui permet la programmation à distance et le dialogue de supervision(protocolo modbus)

VII.3.2 Choix de la vanne de régulation

Le critère de définition d'une vanne doit intégrer les conditions de service, la nature du fluide, le débit, la dimension de la tuyauterie , l'environnement et le mode de régulation auquel elle est destinée

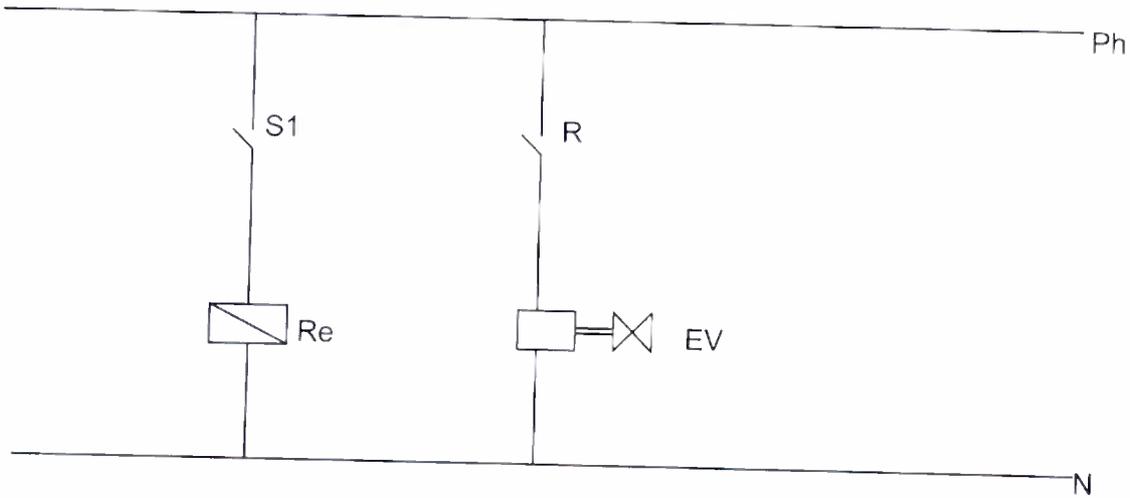
Pour notre application , il s'agit d'une régulation PID et une vanne à action proportionnelle est la seule qui convient parfaitement

En effet, l'ouverture de la vanne doit être continuellement ajustée pour fournir juste le débit d'eau glycolée nécessaire au maintien de la température à la valeur souhaitée

Aussi nous pouvons donc dire que le choix doit porter sur une vanne à obturateur rotatif ou à clapet linéaire avec un positionneur E/P dont les caractéristiques techniques doivent s'adapter aux conditions de son installation

VII.4 Principe de fonctionnement du régulateur

Fig 15 :schéma de câblage du régulateur



S1 : interrupteur manuel

Re : régulateur

R : contact du régulateur

EV : vanne automatique

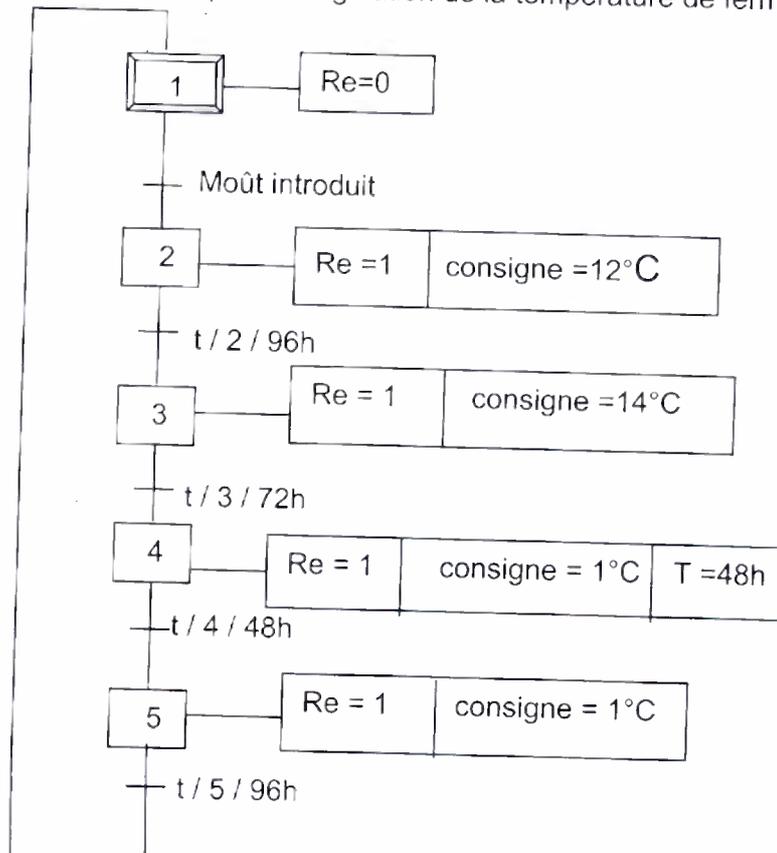
La mise sous tension du régulateur se fera par l'interrupteur S1 ;l'excitation du relais du régulateur provoquera la fermeture du contact R et la vanne automatique est actionnée pour fournir le débit d'eau glycolée nécessaire

Le processus de régulation de la température de fermentation suivra les étapes ci-dessous décrites par le GRAFCET

Fig 16 :GRAFCET pour la régulation de la température de fermentation

Re = 1 :régulateur sous tension

Re = 0 :régulateur hors tension



Après l'introduction du moût dans la cuve, un opérateur est chargé de mettre le régulateur en marche et de donner la consigne de température

la sonde de température Pt100 associée au régulateur et qui plonge dans le moût permet à celui-ci d'afficher continuellement les températures mesurée et de consigne

En fonction de l'écart entre ces deux valeurs, le régulateur à l'aide de sa sortie relais ou tension logique actionne sur la vanne de régulation pour délivrer un débit d'eau glycolée nécessaire pour minimiser cet écart

Tant que la température restera inférieure à la valeur de consigne, la vanne restera fermée ;mais dès que la température dépasse la valeur de consigne, l'ouverture de la vanne sera ajustée pour ramener la température à une valeur la plus proche possible de la consigne

La première valeur de consigne à donner pour commencer la régulation est 12°C ;après 96h,l'opérateur doit changer la consigne pour passer à 14°C

Au bout de 72h,la consigne doit être ramené à 1°C avec une temporisation de 48h ;cette phase correspond au refroidissement du moût de 14°C à 1°C en 48h

La consigne de 1°C sera maintenue après cette phase pendant 96h au bout desquelles l'opérateur met le régulateur hors tension ;la fermentation est ainsi terminée et le cycle reprendra dès que du moût est de nouveau introduit dans la cuve

VII.5 Les équipements nécessaires

Pour la mise en œuvre du système de régulation automatique des TOD,l'acquisition des équipements suivants s'avère nécessaire

Tableau N°5 :liste du matériel pour la régulation des TOD

Désignation	Quantité	Type(référence)
régulateurs	28	STATOP4850
Sondes de température	28	Pt100
Vannes de régulation	28	
Interrupteurs cadencassables	28	VBF-02GE
câbles	PM	

VII.6 Installation des équipements

Chaque TOD sera équipé d'un régulateur et d'une vanne de régulation ; cette dernière sera installée sur la conduite d'amenée de l'eau glycolée à coté du tank de fermentation ; une dérivation doit être réalisée pour permettre de détourner le débit excédentaire sur la conduite by-pass (voir Fig 17)

Par contre tous les régulateurs seront regroupés dans une armoire dont l'emplacement fera l'objet d'une étude particulière qui tienne compte de la disponibilité d'espace et des commodités de manipulation

Le fonctionnement du système tel que décrit plus haut est semi-automatique et la mise sous tension et le changement des consignes sont assurés par un opérateur

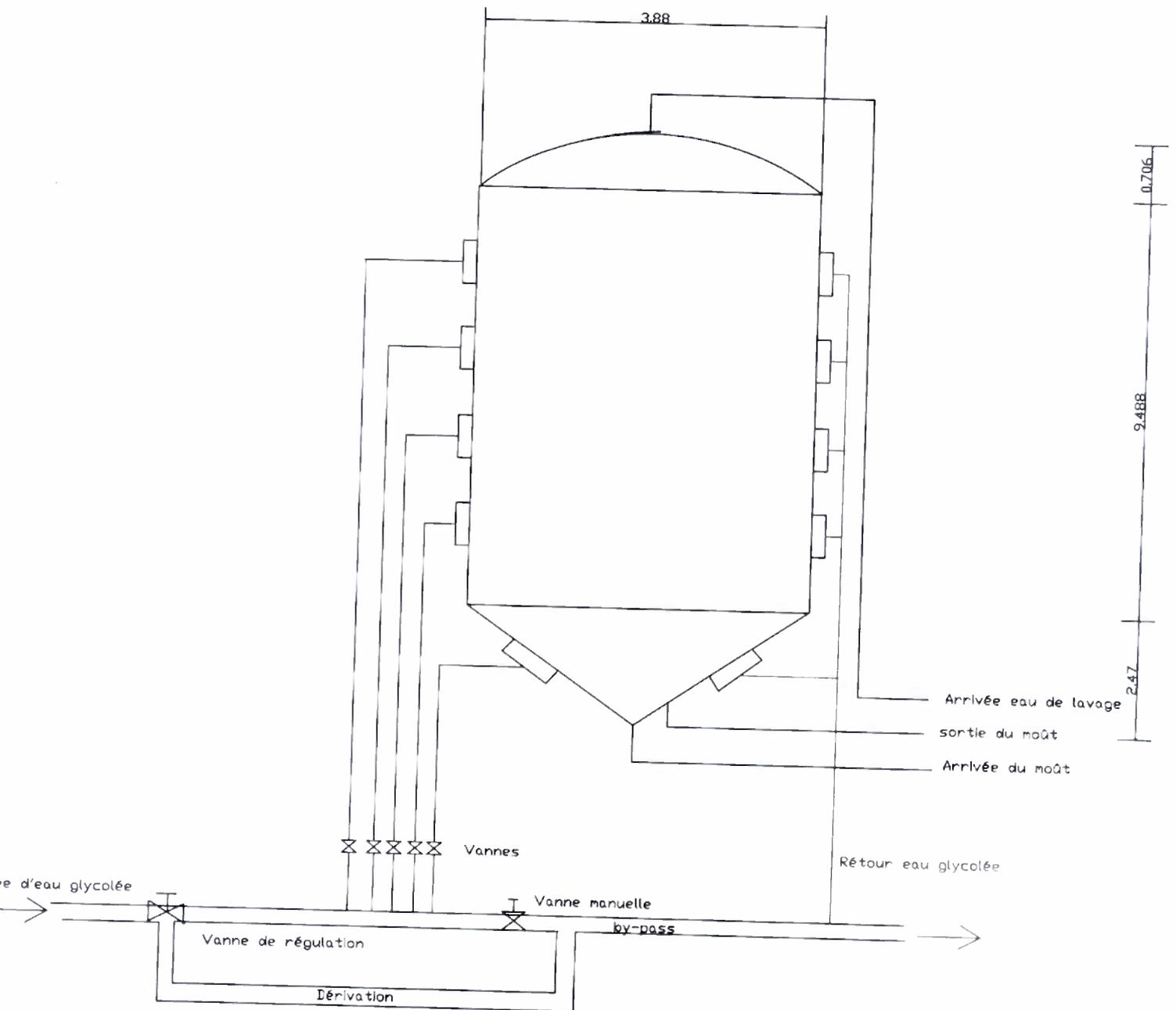
Etant donné qu'il aura à gérer plusieurs TOD par jour avec des consignes différents, cela peut paraître contraignant d'avoir à actionner sur plusieurs régulateurs

Pour palier à ce problème, le régulateur STATOP 4850 offre la possibilité de connections à un ordinateur à travers sa retransmission RS485 ou analogique

Tous les consignes en direction des différents régulateurs pourront être données à travers ce poste dont l'emplacement sera laissé à l'appréciation des responsables de l'usine

Il peut être envisagé de concevoir un programme qui va piloter le fonctionnement des régulateurs à travers l'ordinateur ; le système sera en ce moment entièrement automatique

Fig 17: SCHEMA D' UN TANK AVEC VANNE DE REGULATION AUTOMATIQUE



VII.7 Choix de l'enveloppe de protection

L'enveloppe sera choisie pour contenir les régulateurs et les interrupteurs ; en tenant compte de leur encombrement, la surface utile de l'enveloppe doit être de 100dm^2 et la hauteur utile 246mm

Il nous faut donc un coffret de dimensions 1200X1000X300 ; le catalogue Télémécanique nous fourni un coffret en polyester IP55 de dimensions 1250X1000X300 à deux portes de référence AC4-PB12103 (voir annexe A10 bis)

RECOMMANDATIONS

Il est évident que l'automatisation de la marche des groupes frigorifiques et la régulation automatique des tanks de fermentation apporteront un changement qualitatif dans le fonctionnement général de l'usine

En effet en adaptant rationnellement la production du froid à la demande, on peut réaliser des économies en terme d'énergie tout en assurant convenablement les besoins en froid au niveau des différents stades de la production

De même la régulation automatique ou semi-automatique des tanks améliorera la qualité de la bière par la maîtrise parfaite de l'évolution de la température de fermentation et la réduction des aléas, des perturbations et toutes les imprécisions liées à la régulation manuelle

Mais pour garantir une réelle efficacité du système, d'autres actions sont nécessaires à envisager pour accompagner cette nouvelle dynamique ; c'est pourquoi nous formulons les recommandations suivantes :

- Le suivi du fonctionnement des compresseurs pour assurer un équilibrage de l'usure, en jouant sur la durée de marche de chaque machine
En effet il faut se rappeler que le système automatique ne permet pas de solliciter uniformément les trois compresseurs ; ainsi le compresseur C1 est le plus défavorisé tandis que C3 est le plus favorisé en terme de sollicitation
C'est pour palier à cette lacune qu'un programme doit être établi en indiquant le temps de rotation des compresseurs et la durée de fonctionnement assignée à chaque compresseur pour permettre à l'opérateur de gérer convenablement les installations
- Le marquage de flèches sur le circuit de froid pour indiquer le sens de circulation de l'eau glycolée dans les différents postes d'utilisations ; cela facilitera pour les études ultérieures la distinction du circuit froid des autres
- L'installation à l'entrée et à la sortie de chaque poste d'utilisation de froid des instruments de mesure pour connaître la température au point concerné pour pouvoir évaluer chaque fois que de besoin la consommation en froid
- Enrichir la monographie des installations frigorifiques en faisant un inventaire exhaustif des équipements et leurs caractéristiques essentielles et constituer une banque de données sur l'ensemble des installations frigorifiques ; cela nous a parut nécessaire face l'absence d'informations constatée sur le suivi et la gestion de ces installations
- Elaborer journalièrement le programme de gestion de la régulation automatique des tanks en précisant pour chaque TOD son stade de fermentation et les consignes de température correspondante ; cela minimisera les risques d'omission ou de confusions dans la transmission des consignes

CONCLUSION

Notre étude a consisté à proposer un système automatique simple, économique et qui s'intègre harmonieusement dans l'environnement auquel il est destiné

Dans le contexte de la BRAKINA, les impératifs de production et les contraintes techniques nous ont amené à préférer un système semi-automatique à l'automatisme intégral

Pour la régulation de la marche des groupes frigorifiques, nous avons opté pour une commande à contacts électriques qui s'avère être plus économique comparativement aux autres techniques

Son caractère semi-automatique permet d'enclencher et de déclencher manuellement les groupes en cas de défaillance du système automatique ou pour des besoins spécifique(entretien et maintenance)

Ce système présente donc l'avantage d'assurer en permanence la production de froid et la continuité des activités de l'usine

Au niveau de la régulation des tanks de fermentation, le choix de la régulation PID est guidé par le soucis de maîtriser au mieux la température de fermentation pour garantir une meilleure qualité de la bière ;l'importance de cette opération dans le processus de fabrication de la bière requière que la plus grande attention lui soit accordée et l'action PID est une technique performante de régulation qui permet de réussir son déroulement

En guise de conclusion, nous pouvons dire que les systèmes proposés dans le cadre de cette étude répondent convenablement au problème d'automatisme qui était posé à l'usine de la BRAKINA Ouaga

Néanmoins pour améliorer globalement le fonctionnement des installations frigorifiques en particulier et de l'usine en général nous souhaitons vivement que les recommandations formulées plus haut soient prises en considération

BIBLIOGRAPHIE

1. Bières et coolers :collection sciences et techniques agro-alimentaires
M MOSLL :coordonnateur
2. Elément d'automatisme :Henri NEY
3. Memotech électrotechnique : R.BOURGEOIS,D. COGNIEL
4. Catalogue Télémécanique :septembre 1995
5. Nouveaux schémas électriques, applications frigorifiques :Jean ESTREM
6. Formulaire du froid :Pierre RAPIN,PATRICK JACQUARD
7. Mémoire de fin d'études de André TALLA « régulation tout ou rien des cuves TOD maintenues à une température constante »
8. Nouveau Pohlman, manuel technique du froid
9. Pratique des installations frigorifiques :Hugo NOACH,Kolf SEIDEL
10. La régulation électrique automatique dans les installations ménagères et commerciales
H.ZIEGLER,F.GHILARDI

LISTE DES ANNEXES

- A1 : monographie des installations frigorifiques
- A2 : bilan frigorifique
- A3 : descriptif du régulateur STATOP 4850
- A4 : tableau des caractéristiques techniques du régulateur STATOP 4850
- A5 : abaque pour le choix d'un contacteur
- A6 : abaque pour le choix d'un relais
- A7 : abaque pour le choix d'un contacteur auxiliaire
- A8 : abaque pour le choix d'un bouton poussoir
- A9 : abaque pour le choix d'un relais de protection thermique
- A10 et A10 bis : abaque pour le choix d'un coffret

ANNEXES

A1. Monographie des installations frigorifiques

L'usine de BRAKINA Ouaga est actuellement équipée de trois groupes frigorifiques de puissance identique de 442.000 frigorifiques/h chacun soit au total 1.326.000 fg/h ; le fluide frigorigère utilisé est la Pa9 (eau glycolée)

Chaque groupe est composé de :

- Un compresseur
- Un condenseur
- Un évaporateur
- Une tour de refroidissement

Caractéristiques communes

Marque : QUIRI

Type : 8FAX120

Puissance : 442.00 fg/h à -11°C , $+35^{\circ}\text{C}$

Fluide frigorigère : NH_3

Nombre de cylindres : 8

1.1. Groupe N°1

⇒ Compresseur

Marque : QUIRI

Type : 8FAX120

N° de code : C121454

Année d'acquisition : 1975

N° de série : 8522

Fluide : NH_3

Nombre de pistons : 8

Pression maxi : 15 bars

Moteur

Marque : CEM

Type : MBPP315SR4

Puissance : 132 kw

Vitesse : 1465 tr/mn

N° : 754533

In : 242A

⇒ Pompe eau glycolée

Marque : Ingersoll Dresser

Type : MFN100-80-160

Débit : $130\text{m}^3/\text{h}$

Année d'acquisition : 1976

Diamètre roue : 171 mm

Température : 120°C à -10°C

Moteur

Marque : CEM

Type : MJTA160M2

Puissance : 15 kw

Vitesse : 2925 tr/mn

N° de série : 925240

In : 28.5A à 380V

⇒ Pompe eau condenseur

Marque :CCM Sulzer

Type :AZ65160

Année d'acquisition : 1975

Moteur

Marque :CEM

Type :MEUA160M2

N° de série : 492256

Puissance :15kw

Vitesse :2925tr/mn

In :49.5/28.5A

⇒ Séparateur de liquide

Marque :QUIRI

Type :430

Année d'acquisition : 1979

N° de série : 19806

Volume :42L

Pression de service : 17bars

Pression d'épreuve : 34bars

Quantité :2

⇒ Refroidisseur intermédiaire

Marque :QUIRI

Année d'acquisition : 1975

N° de série : 17986

Volume :600L

Pression de service : 17bars

Pression d'épreuve : 30 bars

Quantité :1

⇒ Condenseur

Marque :CMT

Type :PS20PE30B

Année d'acquisition : 1976

N°de série : 648

Timbre :20

Pression d'épreuve : 30 bars

⇒ Evaporateur

⇒ Aéroréfrigérant

Marque :JACIR

N°de série : 75223

Ventilateur

Marque :CEM

Type :MUJK132 L 24

Puissance :7.5kw

Vitesse :1450tr/mn

1. 2 Groupe n°2

⇒ Compresseur

Marque :QUIRI
Type :8 FAX 120
N° de code : C 121452
Nombre de pistons : 8
Année d'acquisition : 1979
N° de série : 8580
Fluide :NH3
Pression maxi : 15bars
Moteur

Marque :CEM
Type :MBPP355MR6
N° de série : 249971
Puissance :200kw
Vitesse :975tr/mn
In :375A ,50Hz

⇒ Pompe eau glycolée

Débit :92m3/h
Moteur
Type :A180MA
Puissance :18.5kw
Vitesse :1470tr/mn

⇒ Pompe eau condenseur

Moteur
Marque :ABB
Type :MEUC160L4
N° de série : 1521256
Puissance :15kw
Vitesse :1445tr/mn
In :51.6/29.5A

⇒ Séparateur de liquide

⇒ Refroidisseur intermédiaire

⇒ Condenseur

N° de série : COND01
Pression d'épreuve : 24bars

⇒ Evaporateur

⇒ Aéroréfrigérant

Marque :VDMA
Type :90SG

Année d'acquisition : 1979

N° de série : 350-21950

1.3 Groupe N°3

⇒ Compresseur

Marque : QUIRI

Type : 8FAX120

N° de code : 121452

Année d'acquisition : 1982

N° de série : 8620

Nombre de pistons : 8

Pression maxi de sortie : 15bars

Moteur

Marque : CEM

Type : MBPP355MR6

Puissance : 200kw

Vitesse : 975tr/mn

In : 382A, 50Hz

⇒ Pompe eau glycolée

Type : MFN65/160

N° de série : 6224331

Moteur

Marque : ABB

Type : MEPZ160MS2

N° de série : 4175874

Puissance : 11kw

Vitesse : 2920tr/mn

In : 36.5/21A, 220/380V

⇒ Pompe eau condenseur

Marque : CCM Sulzer

Type : AZ80200Dia : 120

N° de série : 3075W

Année d'acquisition : 1975

Moteur

Marque : CEM

Type : MJTA160M4

N° de série : 244579

Puissance : 11kw

Vitesse : 1445tr/mn

In : 38.6/22.3A

⇒ Séparateur de liquide

Marque : QUIRI

Année d'acquisition : 1982

N° de série : 120829

Volume : 96L

Pression de service : 24bars

Pression d'épreuve : 48 bars
Quantité : 1

⇒ Refroidisseur intermédiaire

⇒ Condenseur

Marque : QUIRI
N° de série : 20379
Pression d'épreuve : bars eau/34 bars NH3
Année d'acquisition : 1981
Volume : 820 l eau/1245L de NH3

⇒ Evaporateur

⇒ Aéroréfrigérant :

Marque : HAM
Type : IMA PIN 282
N° de série : 75223

1. 4 Bâche d'eau glycolée

Volume : 450hl

1. 5 Tour de refroidissement

1. 6 cuves de récupération eau de refroidissement en inox
volume : 100hl

1. 7 pompes de distribution

⇒ **motopompe départ embouteillage**
Moteur

Marque : CEM
Type : MEUB132M2
N° de série : 6178466
Vitesse : 2890tr/mn
Puissance : 9kw
In : 31.7/18.3A, 220/380V

Pompe

Marque : CCM SULZER
Type : AZG32200/186
N° de série : 3084 w
Vitesse : 2920tr/mn
In : 36.5/21A, 220/380V

⇒ **Motopompe départ moût**

Moteur

Marque : CEM
Type : MEUA160M2
N° de série : 467067
Vitesse : 2925tr/mn
Puissance : 15kw

In :28.5A,380V

Pompe

Débit :120 m3/h

Type :MEN80160

N° de série : 5224135

Vitesse :2900tr/mn

In :36.5/21A,220/380V

⇒ **Deux motopompes départ TOD**

Moteur

Marque :KSB

Type :1LA71632AA60-ZX88

N°de série : 000763-0550-004 et 0004357-0010-0004

Vitesse :2915tr/mn

Puissance :11kw

In :28.5A,380V

Pompe

Marque :KSB

Type :50-160G11

Vitesse :2900tr/mn

Diamètre de la roue : 159mm

⇒ **Une troisième motopompe départ TOD non utilisée**

⇒ **motopompe départ filtration**

Moteur

Marque :CEM

Type :MEUB90L2

N°de série : 506735

Vitesse :2790tr/mn

Puissance :2.2kw

Pompe

⇒ **Motopompe de secours**

Moteur

Marque :CUIRACEM

Type :MEUL200CR2

N°de série : 466788

Vitesse :2935tr/mn

Puissance :30kw

In :98/57A,220/380V

Pompe

Marque :CCM SULZER

Débit :120 m3/h

Type :AZ 80-200

N° de série : 4883Y

Vitesse :2900tr/mn

Débit :120m3/h

A2. Bilan frigorifique

I. Bilan thermique d'un TOD

❖ Calcul de la surface de contact (échange) d'un TOD avec l'extérieur

$$S = \pi * D_e * h_1 + \pi * \left(\frac{D_e^2}{4} + h_2^2 \right) + \pi * \frac{D_e}{2} * \sqrt{\left(\frac{D_e^2}{4} + h_3^2 \right)}$$

$$h_1 = 9.488 \text{ m}$$

$$D_e = 3.4 + 2 * 0.24 = 3.88 \text{ m}$$

$$h_2 = 0.706 \text{ m}$$

$$h_3 = 2.47 \text{ m}$$

(voir schéma tank pour les détails)

$$S = 148 \text{ m}^2$$

❖ Calcul de chaleur à évacuer

Le calcul est fait en se référant au diagramme théorique de fermentation (fig...)

- Montée de température de 10°C à 12°C

- Chaleur de fermentation

$$Q_f = \frac{(\Delta E * q_G \pm V * \rho * C * \Delta \delta)}{t * \eta}$$

$$\Delta E = 10.4 - 9.8 = 0.60$$

nous prenons $\eta = 1$

$$t = 24 \text{ heures}$$

$$\Delta \delta = 12 - 10 = 2^\circ \text{C}$$

$$q_G = 569 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = \frac{(0.60 * 569 * 800 - 800 * 100 * 1.04 * 3.979 * 2)}{24 * 1} = -16208 \text{ kJ/h}$$

- échange de chaleur à travers les parois

$$\phi = K * A * \frac{(\tau_d - \tau_f)}{Ln \frac{\tau_d}{\tau_f}}$$

τ_d : différence de température maximale : 38 - 10 = 28°C

τ_f : différence de température minimale : 38 - 12 = 26°C

$$A = 148 \text{ m}^2$$

le TOD est constituée par une couche d'acier de 9mm d'épaisseur suivie d'une isolation en polyuréthane de 80mm recouverte d'une tôle de 1mm

les coefficients de transmissivité thermiques correspondants sont :

acier : $\lambda = 45 \text{ w/m}^\circ\text{c}$

polyuréthane : $\lambda = 0.028 \text{ w/m}^\circ\text{c}$

$$\text{d'où } K = \frac{1}{\left(\frac{0.001}{45} + \frac{0.080}{0.028} + \frac{0.001}{45}\right)} = 0.35 \text{ w/m}^2.\text{k}$$

$$\phi = K * A * \frac{(\tau_d - \tau_f)}{\text{Ln} \frac{\tau_d}{\tau_f}}$$

τ_d : différence de température maximale : $38 - 10 = 28^\circ\text{C}$

τ_f : différence de température minimale : $38 - 12 = 26^\circ\text{C}$

$$\phi = 0.35 * 148 * \frac{(28 - 26)}{\text{Ln} \frac{28}{26}} = 5033 \text{ kj/h}$$

- Le besoin frigorifique est :

$$-16208 + 5033 = -11175 \text{ kj/h} = -2671 \text{ kcal/h}$$

- Fermentation à 12°C

- La chaleur due à la fermentation

$$\text{En application de la formule de Petersen : } Q_f = \frac{(\Delta E * q_G \pm V * \rho * C * \Delta \delta)}{t * \eta}$$

$$q_G = 569 \text{ kj/kg}$$

$$\Delta E = 9.8 - 4 = 5.8$$

nous prenons $\eta = 1$

$$t = 72 \text{ heures}$$

$$\Delta \delta = 0$$

$$Q = \frac{5.8 * 569 * 800}{72 * 1} = 36669 \text{ kj/h}$$

- flux thermique à travers les parois du TOD

$$\Phi = K * A * (\theta_1 - \theta_2)$$

$$\theta_1 = 38^\circ\text{C}$$

$$\theta_2 = 12^\circ\text{C}$$

$$A = 148 \text{ m}^2$$

$$\text{d'où } \phi = 0.35 * 148 * (38 - 12) = 4854.7 \text{ kj/h}$$

- la quantité totale de chaleur à évacuer est :

$$36669+4854.7=41524\text{kJ/h}=9924\text{kcal/h}$$

- montée de température de 12°C à 14°C
- Chaleur de fermentation

$$\Delta E=4-2.4=1.6$$

nous prenons $\eta=1$

$$\Delta\delta=14-12=2^{\circ}\text{C}$$

$$t=24\text{heures}$$

$$Q=\frac{(1.6*569*800-800*100*1.04*3.979*2)}{24*1}=2759\text{kJ/h}=659.4\text{kcal/h}$$

- échange de chaleur à travers les parois

$$\phi=0.35*148*\frac{(26-24)}{\text{Ln}\frac{26}{24}}=4660\text{kJ/h}=1114\text{kcal/h}$$

- le besoin frigorifique est :

$$659+1114=1773\text{kcal/h}$$

- fermentation à 14°C

- Chaleur de fermentation

$$\Delta E=2.4-1.8=0.60$$

nous prenons $\eta=1$

$$t=48\text{heures}$$

$$\Delta\delta=0$$

$$Q_f=\frac{0.60*569*800}{48*1}=5690\text{kJ/h}$$

- flux de chaleur à travers les parois

$$\phi=0.35*148*(38-14)=4481\text{kJ/h}$$

- chaleur totale à absorber

$$5690+4481=2431\text{kcal/h}$$

- phase de refroidissement

- chaleur à évacuer

$$Q_f=\frac{V*\rho*C*\Delta\delta}{\eta*t}$$
$$=\frac{800*100*1.04*3.979*(14-1)}{48*1}=89660\text{kJ/h}$$

- flux thermique à travers les parois

$$\phi = K * A * \frac{(\tau_d - \tau_f)}{\ln \frac{\tau_d}{\tau_f}}$$

τ_d : différence de température maximale : 38-1=37°C

τ_f : différence de température minimale : 38-14=24°C

$$\phi = 0.35 * 148 * \frac{(37-24)}{\ln \frac{37}{24}} = 5607.6 \text{ kJ/h}$$

- chaleur totale à absorber

$$89660 + 5607.6 = 95268 \text{ kJ/h} = 22769 \text{ kcal/h}$$

- la phase de garde

Il n'y a pas de fermentation au cours de cette phase ; la chaleur à évacuer se résume au flux thermique à travers les parois de la cuve

$$\phi = 0.35 * 148 * (38-1) = 6908.6 \text{ kJ/h} = 1651 \text{ kcal/h}$$

II. Calcul des besoins frigorifiques des différents postes d'utilisation

❖ *Fermentation*

(voir annexe A1)

❖ *refroidissement du moût*

le moût rentre à 95°C et doit être refroidi à 10°C

soit ρ : la masse volumique de l'eau glycolée ; $\rho = 1.138 \text{ kg/dm}^3$

C : sa chaleur spécifique ; $C = 0.742 \text{ kcal/kg.k}$

le débit du moût est égal à $120 \text{ m}^3/\text{h}$

la température d'entrée de l'eau glycolée est de 5°C et la température de sortie 10°C

la puissance frigorifique consommée est :

$$Q_e = 1138 * 120 * 0.742 * (10-5) = 506638 \text{ kcal/h}$$

❖ *filtration*

$$V = 1000 \text{ hl}$$

$$\rho = 1.04 \text{ kg/dm}^3$$

$$C = 3.77 \text{ kJ/kg.k}$$

$$t = 10 \text{ h}$$

La température varie de 0°C à -2°C ; d'où

$$Q = \frac{1.04 * 1000 * 100 * 3.77 * (0+2)}{10} = 37483 \text{ kcal/h}$$

❖ *Siroperie*

$$V = 15000 \text{ l}$$

$$\rho = 1.31 \text{ kg/dm}^3$$

$$C = 0.30 \text{ kcal/kg.k}$$

$$t = 16 \text{ h}$$

le sirop est refroidi de 80°C à 20°C

$$Q = \frac{1.31 * 15000 * 0.30 * (80 - 20)}{16} = 22106 \text{ kcal/h}$$

❖ *Production boisson gazeuse*

$$V = 1000 \text{ hl}$$

$$\rho = 1.022 \text{ kg/dm}^3$$

$$C = 3.77 \text{ kJ/kg.k}$$

$$t = 16 \text{ h}$$

la température est ramenée de 20°C à 5°C

$$Q = \frac{1.022 * 1000 * 100 * 3.77 * (20 - 5)}{16} = 86330 \text{ kcal/h}$$

❖ *conditionnement de la bière*

groupe N°1

on refroidit 1625hl en 24 h de 8°C à 0°C

$$Q = \frac{1.04 * 1625 * 100 * 3.77 * (8 - 0)}{24} = 50758 \text{ kcal/h}$$

groupe N°2

on refroidit 400hl en 16 h de 8°C à 0°C

$$Q = \frac{1.04 * 400 * 100 * 3.77 * (8 - 0)}{16} = 18741 \text{ kcal/h}$$

❖ *Refroidissement de locaux*

Quatre ventilateurs convecteurs assurent le refroidissement des locaux ; la puissance frigorifique consommée est donnée par la formule suivante :

$$Q = \rho * S * V * C * \Delta T$$

ρ : masse volumique de l'air : 1.2045 kg/m³

S : section du ventilateur ; $\Phi = 40 \text{ cm}$

V : vitesse d'entrée de l'air dans le ventilateur : 3.90 m/s

C : chaleur massique de l'air : 1005 kJ/kg

ΔT : différence de température entrée et sortie : 5°C

$$Q = 1.2045 * 3.14 * 0.40^2 * 3.90 * 1005 * 5 / 4 = 11.865 \text{ kW} = 10204 \text{ kcal/h}$$

A₃

STATOP 4850

Régulateur numérique 1/16 DIN (48 x 48 mm)
faible profondeur : 75 mm ! PID chaud-froid +
logique floue.

Entrée universelle : thermocouples, Pt 100,
0...10V, 4...20mA, etc.

Fonctions Rampe et Minuterie.

Deux alarmes configurables.

Nombreuses possibilités de sortie : relais
inverseurs, tension logique, signal analogique V
ou mA.

Liaison série RS485 et retransmission analogique
en option.



CE

**DISPONIBLE
CHEZ VOTRE
DISTRIBUTEUR**

Un produit très souple. Compact et étanche IP65, il est à l'aise dans toutes les industries.

**Plus de
détails****Presse**

A4

Caractéristiques	STATOP 4850	STATOP 7220	STATOP 9625	STATOP 9635
Format face avant	48 x 48 mm	72 x 72 mm	96 x 96 mm	96 x 96 mm
Étanchéité face avant	IP 65	IP 50	IP 50	IP 50
Profondeur encastrée	86 mm	65 mm	53 mm	53 mm
Entrée thermocouples	J, K, T, E, S, B, R	J, K, T, E, S, B, R	J, K, T, E, S, B, R	J, K, T, E, S, B, R
Entrée Pt 100 Ω	oui	oui	oui	oui
Entrée tension linéaire	0...1 V, 0/1...5 V, 0...10 V	-10...60 mV	0...1 V, 0/1...5 V, 0...10 V	0...1 V, 0/1...5 V, 0...10 V
Entrée courant linéaire	0/4...20 mA	non	0/4...20 mA	0/4...20 mA
Régulation chaud-froid	possible, par configuration de l'alarme AL1	non	possible, par configuration de l'alarme AL1	oui
Cadence d'échantillonnage	5 fois/seconde	3 fois/seconde	5 fois/seconde	5 fois/seconde
Sortie de régulation	relais n.o. 3 A ou tension logique 24 V ou 0...20 mA ou 4...20 mA ou 0...10 V	relais inverseur 5 A ou tension logique 24 V ou 0...20 mA ou 4...20 mA ou 0...10 V	relais inverseur 3 A ou tension logique 24 V ou 0...20 mA ou 4...20 mA ou 0...10 V	relais inverseur 3 A ou tension logique 24 V ou 0...20 mA ou 4...20 mA ou 0...10 V
Sorties d'alarme	2 relais n.o. 3A	2 relais n.o. 2A	2 relais n.o. 3A	2 relais n.o. 3A
Retransmission RS485	en option	disponible ultérieurement	disponible ultérieurement	disponible ultérieurement
Retransmission analogique	en option	disponible ultérieurement	disponible ultérieurement	disponible ultérieurement

Contacteurs

A5

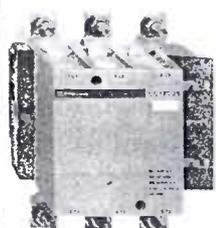
Contacteurs type LC1-F
tripolaires pour commande de moteurs, 115 à 780 A
Circuit de commande en courant alternatif ou continu



Encombrements :
pages 1/88 à 1/92
Schémas :
page 1/93

Références

1



LC1-F225

1.2



LC1-F630

Puissances normalisées des moteurs triphasés 50/60 Hz en catégorie AC-3							Courant assigné d'emploi en AC-3	Référence de base à compléter par le repère de la tension (2)	Masse	
220 V	380 V	660 V					400 V jusqu'à A	Fixation par vis, raccordement (1)	Tensions usuelles	kg
kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW				
30	55	59	59	75	80	65	115	LC1-F115●●	E7 F7 M7 Q7	3,430
40	75	80	80	90	100	65	150	LC1-F150●●	E7 F7 M7 Q7	3,430
55	90	100	100	110	110	100	185	LC1-F185●●	E7 F7 M7 Q7	4,650
63	110	110	110	129	129	100	225	LC1-F225●●	E7 F7 M7 Q7	4,750
75	132	140	140	160	160	147	265	LC1-F265●●	E7 F7 M7 Q7	5,450
100	160	180	200	200	220	160	330	LC1-F330●●	E7 F7 M7 Q7	8,600
110	200	220	250	257	280	185	400	LC1-F400●●	E7 F7 M7 Q7	9,100
147	250	280	295	355	335	335	500	LC1-F500●●	E7 F7 M7 Q7	11,550
200	335	375	400	400	450	450	630	LC1-F630●●	E7 F7 M7 Q7	18,600
220	400	425	425	450	475	450	780	LC1-F780●●	E7 F7 M7 Q7	39,500

Nota : blocs de contacts auxiliaires, modules et accessoires : voir pages 1/66 à 1/71.

(1) Jusqu'au calibre LC1-F630, bornes puissances éventuellement protégées contre le toucher par l'adjonction de capots à commander séparément, voir page 1/70.

(2) Tensions du circuit de commande existantes (délai variable, consulter notre agence régionale)

Volts ~	24	42	48	110	120	127	200/208	220/230	240	380/400	415/440	440
---------	----	----	----	-----	-----	-----	---------	---------	-----	---------	---------	-----

LC1-F115...F185

50 Hz (bobine LX1)	B5	D5	E5	F5	-	G5	-	M5	U5	Q5	N5	-
60 Hz (bobine LX1)	B6	D6	E6	F6	G6	-	L6	M6	-	O6	-	R6
40...400 Hz (bobine LX9)	-	-	E7	F7	-	G7	-	M7	-	O7	N7	-
Volts ~	48	110	120	127	200/208	220/230	240	380/400	415	500		

LC1-F265...F780

40...400 Hz (bobine LX1)	E7	F7	-	G7	L7	M7	U7	O7	N7	S7
--------------------------	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----

Volts	24	48	110	125	220	250	440
	BD (3)	ED	FD	GD	MD	UD	RD

(3) Pour contacteurs LC1-F115 à LC1-F330

Autres réalisations

Contacteurs à bornes non protégées permettant le raccordement "Puissance" et "Commande" par cosses fermées. Consulter notre agence régionale.

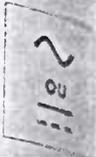
Relais embrochables

Ac

Relais d'automatisme type RH
à 4 contacts "OF" pour circuit de commande en courant ~ ou =

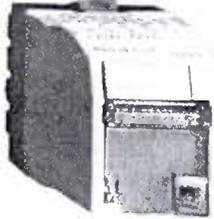
Références

Encombrements, schemas
pages 4/80 et 4/81

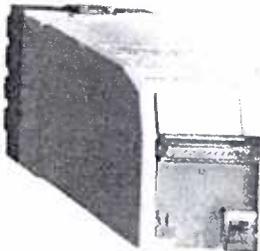


Relais instantanés

Désignation	Tension du circuit de commande	Domaine de temporisation	Référence de base à compléter par le repère de la tension (1)	
Relais à contacts normaux	50 Hz	-	RHN-411●	BEFM
	60 Hz	-	RHN-416●	JV DE KC
	-	-	RHN-412●	BEF
Relais à contacts bas niveau	50 Hz	-	RHN-421●	BEFM
	60 Hz	-	RHN-426●	JV DE KC
	-	-	RHN-422●	BEF



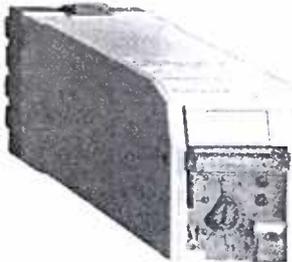
RHN-411M



RHK-411M

Relais bistables

Relais à contacts normaux	50 Hz	-	RHK-411●	BEFM
	60 Hz	-	RHK-416●	JV DE KC
	-	-	RHK-412●	BEF



RHT-418E

(1) Tensions du circuit de commande existantes

Volts	5	6	9	12	24	36	42	48	60	72	110	120	125	127	208	220	230
50 Hz	-	-	-	J	B	-	D	E	-	-	F	-	-	G	-	M	U
60 Hz	-	-	-	JL	JV	-	-	DE	-	-	KC	KF	-	-	GL	GP	LC
=	JX	R	JJ	J	B	C	D	E	P	EN	F	-	G	-	M	-	U

Relais temporisés au Travail (2)

Désignation	Tension du circuit de commande	Domaine de temporisation	Référence de base à compléter par le repère de la tension (3)	
Relais à contacts normaux	12...127 V (4)	0,2...300 s	RHT-418●	BEF
	50 Hz, 60 Hz, =	1,25 s...40 min	RHT-4138●	BEF
	220 V, 240 V	0,2...300 s	RHT-411●	M
	50 Hz, 60 Hz	1,25 s...40 min	RHT-4131●	M

Relais temporisés au Repos (2)

Relais à contacts normaux	12...127 V (4)	0,2...300 s	RHR-418●	BEF
	50 Hz, 60 Hz, =	1,25 s...40 min	RHR-4138●	BEF
	220 V, 240 V	0,2...300 s	RHR-411●	M
	50 Hz, 60 Hz	1,25 s...40 min	RHR-4131●	M

Relais à contacts de passage à l'enclenchement (200 ms) (2)

Relais à contacts normaux	12...127 V (4)	-	RHE-418●	BEF
	50 Hz, 60 Hz, =	-	RHE-411●	M
	220 V, 240 V	-		
	50 Hz, 60 Hz	-		

Relais clignoteurs (période symétrique réglable) (2)

Relais à contacts normaux	12...127 V (4)	0,5...5 s	RHC-418●	BEF
	50 Hz, 60 Hz, =	0,5...5 s	RHC-411●	M
	220 V, 240 V	-		
	50 Hz, 60 Hz	-		

(2) Relais équipés d'origine d'une bobine antiparasitée à diode intégrée.

(3) Tensions du circuit de commande existantes.

Volts	12	24	42	48	60	72	110	125	127	220	240
50 Hz, 60 Hz et =	J	B	D	E	P	EN	F	G	G	-	U
50 Hz et 60 Hz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M	U

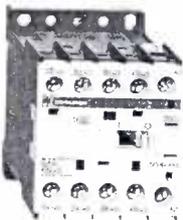
(4) Pour ces produits pas de fonctionnement possible en ~ 12 V

Références bleues : articles de grande diffusion

Mini-contacteurs auxiliaires K
Circuit de commande : courant alternatif ou continu

Encombres
page 4/86
Schemas :
page 4/87

Références



CA2-KN40●●

Mini-contacteurs auxiliaires

Circuit de commande	Alimentation	Consommation	Fixation (1)	Raccordement (2)	Contacts auxiliaires		Référence de base à compléter par le repère de la tension (3)	Tensions usuelles
					"F"	"O"		
Courant alternatif	4,5 VA		Vis-étriers		4	-	☆ CA2-KN40●●	B7 F7 M7 Q7
					3	1	☆ CA2-KN31●●	B7 F7 M7 Q7
					2	2	☆ CA2-KN22●●	B7 F7 M7 Q7
Courant continu	2,4 W		Vis-étriers		4	-	☆ CA3-KN40●●	JD BD ED
					3	1	☆ CA3-KN31●●	JD BD ED
					2	2	☆ CA3-KN22●●	JD BD ED

Mini-contacteurs auxiliaires basse consommation (4)

- Utilisation compatible avec les sorties d'automates programmables
- DEL de visualisation de fonctionnement intégrée

Courant continu	1,5 W		Vis-étriers		4	-	☆ CA4-KN40●●●	BW3
					3	1	☆ CA4-KN31●●●	BW3
					2	2	☆ CA4-KN22●●●	BW3

- (1) Fixation par encliquetage sur profilé 5 largeur 35 mm ou par vis Ø 4.
(2) Vis maintenues desserrées.
(3) Tensions du circuit de commande existantes (délai variable, consulter notre agence régionale).

Mini-contacteurs auxiliaires CA2-K (0,8...1,15 Uc) (0,85...1,1 Uc)

Volts ~	12	24	36	42	48	110	127	220/	230	230/	380/	400	400/	440	500
50/60 Hz								230		240	400		415		
Repère	J7	B7	C7	D7	E7	F7	FC7	M7	P7	U7	O7	V7	N7	R7	S7

Jusqu'à 240 V inclus, possibilité de bobine avec antiparasitage intégré, ajouter 2 au repère choisi. Exemple : J72

Mini-contacteurs auxiliaires CA3-K (0,8...1,15 Uc)

Volts ~	12	20	24	36	48	60	72	100	110	125	200	220	230	240	250
Repère	JD	ZD	BD	CD	ED	ND	SD	KD	FD	GD	LD	MD	MPD	MUD	UD

Possibilité de bobine avec antiparasitage intégré, ajouter 3 au repère choisi. Exemple : JD3

Mini-contacteurs auxiliaires CA4-K, basse consommation (0,7...1,30 Uc)

Volts ~	12	24	48	72
Repère	JW3	BW3	EW3	SW3

(4) Bobine à large plage (0,7...1,30 Uc), antiparasitée d'origine

Autres réalisations

Raccordement par cosses Faston ou par picots pour circuits imprimés.
Consulter notre agence régionale.

Ornières de commande et de signalisation Ø 30

Boutons et voyants type XB2-M, à collerette métallique chromée
Appareils complets

Références

Encadrements
page 5.49

Boutons-poussoirs à impulsion

Désignation	Contact	Schema	Couleur	Référence	Massa kg
Affleurant	1 "OF"		Noir	XB2-MA21	0,135
			Vert	XB2-MA31	0,135
			Rouge	XB2-MA41	0,135
	2 "OF"		Noir	XB2-MA22	0,180
			Vert	XB2-MA32	0,180
			Rouge	XB2-MA42	0,180
Capuchonné à poussoir court	1 "OF"		Noir	XB2-MP21	0,150
			Vert	XB2-MP31	0,150
			Rouge	XB2-MP41	0,150
	2 "OF"		Noir	XB2-MP22	0,195
			Vert	XB2-MP32	0,195
			Rouge	XB2-MP42	0,195
"Coup de poing" Ø 40 mm	1 "OF"		Noir	XB2-MC21	0,215
			Vert	XB2-MC31	0,215
			Rouge	XB2-MC41	0,215
	2 "OF"		Noir	XB2-MC22	0,260
			Vert	XB2-MC32	0,260
			Rouge	XB2-MC42	0,260
"Coup de poing" Ø 70 mm	2 "OF"		Noir	XB2-MR22	0,340
			Vert	XB2-MR32	0,340
			Rouge	XB2-MR42	0,340



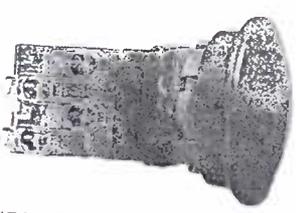
XB2-MA●●



XB2-MP●●



XB2-MC●●



XB2-MR●●

Autres réalisations

- Boutons-poussoirs dépassants.
- Boutons-poussoirs capuchonnés à poussoir long.
- Boutons capuchonnés pour basse température (-40 °C).
- Boutons-poussoirs avec éléments de contact à action brusque (1 cran ou 2 crans).
- Boutons-poussoirs à combinaisons "tourner-pousser".
- Bouton "coup de poing" tirer à rappel.
- Bouton "coup de poing" avec garde de protection.
- Consulter notre agence régionale.

Références brevets : articles de grande diffusion

Constituants de protection

13

Relais tripolaires de protection thermique réglables de 25 à 1000 A, pour la protection des moteurs

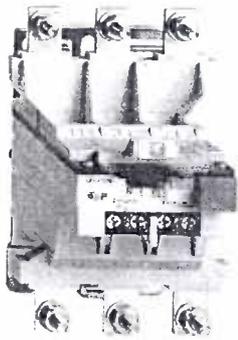
Encombrements
page 1/272
Schémas
page 1/273

Références

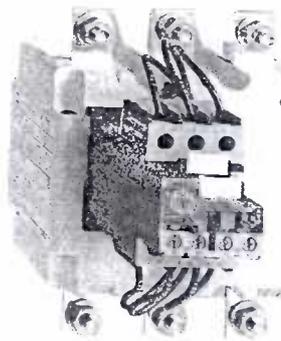
Relais de protection compensés et différentiels (1)

- Relais de protection thermique
- compensés et différentiels.
- avec visualisation du déclenchement,
- pour courant alternatif ou continu.
- pour montage séparé du contacteur (2).

Zone de réglage du relais	Fusibles à associer au relais choisi		Référence	Masse
	aM	gl		
A	A	A		
Classe 10, à réarmement manuel (3)				
75...105	100	160	LR1-F105	0,74
95...125	125	200	LR1-F125	0,74
Classe 10A, à réarmement manuel ou automatique avec transformateurs de courant incorporés (4)				
25...40	40	63	LR2-F5355	2,65
32...52	50	80	LR2-F5357	2,63
50...80	80	125	LR2-F5363	2,63
80...125	125	200	LR2-F5367	2,63
100...160	160	250	LR2-F5369	2,63
125...200	200	315	LR2-F5371	2,73
160...250	242	400	LR2-F6373	3,94
200...315	315	500	LR2-F6375	3,94
250...400	400	630	LR2-F6377	3,98
315...500	500	800	LR2-F7379	4,23
400...630	630	800	LR2-F7381	4,53
500...800	800	1000	LR2-F8383	5,24
630...1000	1000	1250	LR2-F8385	5,51



LR1-F125



LR2-F5367

(1) La norme IEC 947-4 définit la durée du déclenchement à 7,2 fois le courant de réglage I_r :
- classe 10 : comprise entre 4 et 10 secondes,
- classe 10A : comprise entre 2 et 10 secondes.

(2) Bornes pouvant être protégées contre le toucher par adjonction de capots, à commander séparément (voir page 1/271).

(3) Pour fonctionnement en Δ , le passage du courant dans les 3 éléments doit se faire dans le même sens.

(4) Ces relais fonctionnent sur transformateurs de courant incorporés et jusqu'à une tension maximale de 1000V alternatif. ATTENTION : ne pas les utiliser en courant continu.

Enveloppes

A 10

Coffrets isolants étanches type AC4

Références

nombrements :
pages 8/24 et 8/25

Type AC4 "Grandes dimensions" polyester IP 55, avec pattes de fixation

Dimensions extérieures			Entraxe de fixation (pour châssis)		Référence	Masse kg
Hauteur mm	Largeur mm	Prof. mm	Vertical mm	Horizontal mm		
1 porte						
1000	750	300	850	600	AC4-PB1073	22,000
1250	750	300	1100	600	AC4-PB1273	26,000
2 portes (le montant central est démontable, permettant un accès total en face avant)						
1000	1000	300	850	850	AC4-PB10103	27,000
1250	1000	300	1100	850	AC4-PB12103	30,000

Adjonctions (fourniture séparée)

Désignation	Utilisation pour coffret		Référence	Masse kg	
Socles supports	à 1 porte		AC4-FP73	4,750	
	à 2 portes		AC4-FP103	5,900	
Auvents de protection	à 1 porte		AC4-AV73	3,300	
	à 2 portes		AC4-AV103	4,250	
Désignation	Entraxe de fixation		Surface utile dm ²	Référence	Masse kg
	Vertical mm	Horizontal mm			
Platines perforées Telequick	850	600	52	AM1-PS8560	3,800
	1100	600	66,2	AM1-PS11060	4,700
	850	850	75	AM1-PS8585	4,500
	1100	850	95	AM1-PS11085	5,000
Désignation	Entraxe de fixation		Référence	Masse kg	
	Vertical mm	Epaisseur mm			
Montants crantés	850	25	AM1-EC090	1,350	
	1100	25	AM1-EC115	1,770	
Profilés combinés (Brevet TE)					
Utilisation	Entraxe de fixation		Vente par O indiv.	Référence unitaire	Masse kg
	Horizontal mm	Epaisseur mm			
Pour la réalisation de châssis	610	15	10	AM1-ED061	0,580

Poignées de rechange

Désignation	Utilisation pour coffrets	Clé n°	Référence	Masse kg
Poignée à serrure	à 1 ou 2 portes	455	AA2-VP455	0,200
Verrou avec triangle de 6,5 type 1	à 1 ou 2 portes	CNOMO	AA2-VP604	0,200
Poignée à serrure à clé autre que n° 455	à 1 ou 2 portes	1132E	AA2-VP1132E	0,200
		1242E	AA2-VP1242E	0,200
		1321E	AA2-VP1321E	0,200
		3123E	AA2-VP3123E	0,200
		3432E	AA2-VP3432E	0,200

8.1

8

Enveloppes

A70 bis

Coffrets métalliques type ACM avec platines perforées (1)
Couleur : bleu industriel texturé

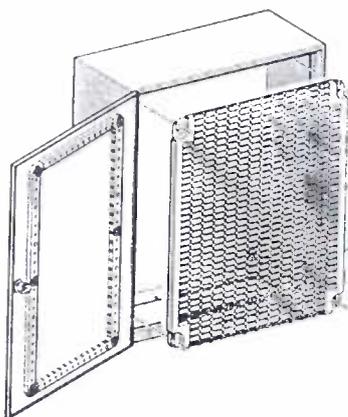
Références

Encombremments
pages 8-14 et 8-15

Dimensions extérieures			Entraxe de fixation pour platine ou châssis		Plaque passe-câbles	Référence	Massa
Hauteur b mm	Largeur a mm	Prof. c mm	H mm	G mm	Nb		kg
300	250	150	225	175	1	ACM-BP32515	4,350
400	250	150	325	175	1	ACM-BP42515	6,020
	300	200	325	225	1	ACM-BP432	7,240
	400	200	325	325	1	ACM-BP442	8,980
500	300	200	425	225	1	ACM-BP532	9,930
	400	200	425	325	1	ACM-BP542	10,560
		250	425	325	1	ACM-BP5425	11,600
600	400	200	525	325	1	ACM-BP642	12,340
		250	525	325	1	ACM-BP6425	13,130
	500	250	525	425	1	ACM-BP6525	13,940
700	600	300	525	525	1	ACM-BP663	21,050
	500	250	625	425	1	ACM-BP7525	20,080
		600	300	625	525	1	ACM-BP763
800	600	200	725	525	1	ACM-BP862	26,330
		300	725	525	1	ACM-BP863	30,130
	800	300	725	725	2	ACM-BP883	36,980
900	700	300	825	625	1	ACM-BP973	37,100
1000	800	300	925	725	2	ACM-BP1083	43,770
		400	925	725	2	ACM-BP1084	48,770
1200	800	300	1125	725	2	ACM-BP1283 (2)	51,730



ACM-BP



ACM-BP

Adjonctions (fourniture séparée)

Désignation	Référence unitaire	Massa kg	
Patte de fixation orientables (vente par client industriel de 4)	AE3-FX122	0,080	
Verrouillage 3 cadenas (sauf pour clé 455 et autres clés)	AE2-VX523	0,080	
Limiteur d'ouverture de porte à 110°	AE3-LX521	0,150	
Dispositif de fermeture automatique 2 points pour coffret hauteur : (livré sans dispositif d'ouverture, à commander séparément)	700 et 800 mm 900 et 1000 mm	AE3-VP274 AE3-VP294	0,400 0,450
Dispositif d'ouverture pour coffret dans la référence, remplacer le ● par :			
1 (dispositif à 1 point de fermeture),	1 A fente tournevis	AE3-VP●10	0,100
2 (dispositif à 2 points de fermeture)	2 Carré femelle de 6	AE3-VP●01	0,100
	3 Carré mâle de 6	AE3-VP●13	0,100
	4 Carré mâle de 7	AE3-VP●02	0,100
	5 Carré mâle de 8	AE3-VP●03	0,100
	6 Triangle CNOMO 1 (Δ 6,5)	AE3-VP●04	0,100
	7 Triangle CNOMO 2 (Δ 8)	AE3-VP●05	0,100
	8 Clé double barre	AE3-VP●06	0,100
	9 Clé n° 455	AE3-VP●11	0,100
	Clé n° 405	AE3-VP112405	0,100
	Clé autre que n° 455 (3)	AE3-VP●12	0,100
Pochette à plan, adhésive, pour format A4 (260 x 260 x 22)	AE1-XV02	0,100	

(1) Le coffret est fourni avec la visserie pour le montage des supports de matériel. La porte a 1 point d'ouverture.
(2) Ce coffret a une porte avec 2 points de fermeture et 1 dispositif d'ouverture AE3-VP211 d'origine.
(3) Consulter notre agence régionale.

Références des kits de grande diffusion