

REPUBLIQUE DU SENEGAL
UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR



GE 0505

Ecole Supérieure Polytechnique

Centre de THIES

DEPARTEMENT GENIE ELECTROMECHANIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR DE CONCEPTION

ETUDE D'UNE INSTALLATION D'UN GROUPE DE PRODUCTION D'EAU
GLACEE ET CREATION D'UNE BASE DE DONNEES POUR LA
MAINTENANCE : APPLICATION A LA C.C.I.S

Auteurs : Lamine NDAO

Amadou WATT

Directeurs internes : M. Banda NDOYE

M. Gaskel GNINGUE

Directeur externe : M. Makhtar NDIAYE

Année académique 2006/2007

DEDICACES

Amadou WATT

Je dédie ce travail à :

- ✓ *Mes parents ;*
- ✓ *Mon oncle Abdoul O. WATT ;*
- ✓ *Mon oncle Amadou M DIALLO ;*
- ✓ *Mes frères et sœurs ;*
- ✓ *La famille Diallo à Dakar ;*
- ✓ *La famille Watt à Thiès ;*

Lamine NDAO

Je dédie ce travail à :

- ✓ *Mon Père ;*
- ✓ *Ma Mère ;*
- ✓ *Mon frère, Habibou NDAO.*

Pour tous les sacrifices qu'ils ne cessent de déployer pour que je réussisse.

A mes frères, sœurs, oncles et tantes ; sans oublier les copains.

Et plus particulièrement à une personne de référence, pour moi, *Mouhamed Lamine MBAYE*, professeur à Dahra Djolof.

REMERCIEMENTS

Au terme de notre projet nous aimerions adresser nos sincères remerciements à tous ceux qui de près ou de loin nous ont apporté leur aide, notamment :

- Nos très chers parents, pour leurs conseils et leur soutien
- M Gaskel GNINGUE, professeur à l'ESP pour son aide précieuse, ses conseils avisés et sa disponibilité,
- M Banda NDOYE professeur à l'ESP pour son aide, son soutien et sa disponibilité
- M Matar NDIAYE chef de la maintenance à la CCIS qui n'a ménagé aucun effort pour répondre à nos différentes sollicitations,
- M Dame SAMB professeur à l'université de Thiès pour son soutien,
- M. Malick WATT pour sa disponibilité et son soutien,
- à l'ensemble du corps professoral de l'ESP centre de Thiès pour les enseignements au cours des trois années scolaires qui viennent de s'écouler,
- à l'ensemble du personnel sur le site de Thiès,
- à nos camarades de promotions,
- à l'ensemble des agents de la C.C.I.S.

Nos remerciements vont également à toutes les personnes, qui nous ont de près ou de loin soutenu.



SOMMAIRE

Le but de ce projet consiste à étudier une installation de groupe de production d'eau glacée à la C.C.I.S. Pour une bonne gestion de la maintenance, une base de données sera proposée à l'usine. Pour les industries chimiques et pétrochimiques, le froid intervient dans des procédés comme : liquéfaction du chlore, rectification de l'éthylène en vue de son utilisation dans la fabrication des matières plastiques. Cette étude va permettre à l'entreprise d'une part de diminuer considérablement d'une part sa consommation d'énergie et d'autre part d'avoir un système de gestion informatisé pour la maintenance. Dans l'usine de la CCIS, l'eau glacée est utilisée pour le refroidissement des tuyaux PE et PVC à la sortie des extrudeuses.

Ce rapport est subdivisé en trois parties.

Dans la première partie, nous faisons un rappel sommaire des modes de production de froid, et ensuite à la présentation et à l'analyse du système actuel par un diagnostic du circuit.

La deuxième partie consiste à apporter quelques solutions concernant surtout la bonne isolation des conduites par des armaflexs et des consignes à respecter, pour la diminution de la consommation d'énergie. Par la suite, nous procédons à un redimensionnement de l'installation par le calcul de besoins en frigories en tenant compte des pertes. La connaissance de ces grandeurs est établie en fonction de la nature et de la température des matériaux à refroidir ainsi que des conditions du milieu. Afin d'obtenir un rendement optimal du groupe, nous proposons une solution pour l'installation. Elle va tenir compte du coût, de l'environnement et des pertes.

Et enfin dans la dernière partie nous mettons en place une base de données pour la maintenance avec l'aide du logiciel MySQL, que nous avons choisi à cause de sa fiabilité et de sa gratuité.

La méthodologie utilisée dans cette étude pourra être adaptée à n'importe quelle installation nécessitant l'utilisation d'un groupe frigorifique. Pour l'exploitation optimale de la machine, il est important d'effectuer les opérations de réglage, d'entretien et d'inspection énoncées dans la base de données en respectant les procédures prévues dans cette dernière ainsi que les indications relatives aux remplacements des pièces et des équipements partiels.

Mots clés : énergie, dimensionner, maintenance, MySQL, bases de données

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE	III
LISTE DES FIGURES	VII
LISTE DES TABLEAUX	VIII
LISTE DES ANNEXES	IX
LISTE DES ABREVIATIONS	X
INTRODUCTION GENERALE	1
PARTIE I	2
CHAPITRE I : GENERALITES	3
I.1 PRESENTATION DE L'ENTREPRISE	3
<i>I.1.1 Présentation générale</i>	3
<i>I.1.2 Le système de production</i>	3
<i>I.1.3 L'injection</i>	4
<i>I.1.4 La granulation</i>	5
<i>I.1.5 Les utilitaires et les annexes</i>	5
I.2 RAPPEL SUR LA PRODUCTION DE FROID	5
I.2.1 La production par absorption	6
I.2.1.1 Théorie de la réfrigération par absorption	6
I.2.1.2 Avantages et inconvénients des machines à absorption	8
I.2.2 Production par compression	8
I.2.2.1 Les réfrigérants	8
I.2.2.2 Système de la réfrigération par compression	10
CHAPITRE II : ANALYSE DU SYSTEME ACTUEL	14
II.1 LE FONCTIONNEMENT DU SYSTEME ACTUEL	14
II.2 LES BESOINS FRIGORIFIQUES DE L'INSTALLATION ACTUELLE	16
II.3 LES PROBLEMATIQUES DE L'INSTALLATION ACTUELLE	24
CHAPITRE III : MESURES PRECONISEES	25
III.1 NOUVEAU SYSTEME	25
III.1.1 Réduction de la consommation d'énergie	25
III.1.2 Isolation des conduites	26
III.1.3 Nouvelle configuration	27
III.2 BILAN THERMIQUE DU SYSTEME PRECONISE	29
III.3 CHOIX DU GROUPE D'EAU GLACEE	31
CHAPITRE IV : INSTALLATION DU GROUPE D'EAU GLACEE	33
IV.1 L'IMPLANTATION DU GROUPE	33
IV.2 DIMENSIONNEMENT DU CIRCUIT EAU GLACEE	34
IV.2.1 Détermination des débits probable	35
IV.2.2 Détermination des diamètres théoriques	36
IV.3 L'INSTALLATION ELECTRIQUE	38
IV.3.1 Détermination du calibre I_n du déclencheur de disjoncteur	41
IV.3.1.1 Calcul du courant d'emploi I_B	41

IV.3.1.2	Choix du calibre de l'appareil de protection	43
IV.3.2	<i>Détermination de la section des conducteurs</i>	43
IV.3.2.1	Méthode de référence et facteur de correction lié au mode de pose K1	44
IV.3.2.3	Facteur de correction lié à la température ambiante K3 :	44
IV.3.3	<i>Choix de la section des câbles</i>	45
IV.3.3.1	Section du conducteur de phase.....	45
IV.3.3.2	Section du conducteur neutre	45
IV.3.3.3	Section du conducteur de protection	46
IV.3.4	<i>Détermination de la chute de tension</i>	46
IV.3.5	<i>Calcul des courants de courts-circuits</i> :	47
IV.3.6	<i>Choix du dispositif de protection</i>	49
IV.3.7	<i>Vérification éventuelle de la contrainte thermique</i>	50
IV.4	CALCUL DU COUT DE L'INSTALLATION.....	51
PARTIE II.....		53
CHAPITRE V : LA CREATION DE LA BASE DE DONNEES POUR LA MAINTENANCE		54
V.1	GENERALITE SUR LA MAINTENANCE	54
V.1.1	<i>L'importance de la maintenance dans l'entreprise</i>	54
V.1.2	<i>Les différents types de maintenance</i>	55
V.1.2.1	La maintenance corrective	55
V.1.2.2	La maintenance préventive	55
V.1.3	<i>Les formes organisationnelles de la maintenance</i>	55
V.1.4	<i>L'organisation des opérations de la maintenance</i>	56
V.1.4.1	Planification des travaux de maintenance	56
V.1.4.2	Gestion des pièces de rechange	56
V.1.4.3	Tableau de bord de la maintenance.....	57
V.1.5	<i>Les coûts de maintenance</i>	58
V.1.6	<i>L'informatique et la maintenance</i>	58
V.1.6.1	Les options de mise en œuvre d'une GMAO	58
V.1.6.2	Les types de système de GMAO.....	59
V.1.6.3	L'installation d'une GMAO.....	59
V.1.6.4	Les avantages	60
V.2	GENERALITE SUR LES BASES DE DONNEES.....	61
V.2.1	<i>Objectifs et avantages des bases de données</i>	61
V.2.2	<i>Les bases de données relationnelles</i>	61
V.2.3	<i>La conception des bases de données</i>	62
V.2.3.1	Cycle d'abstraction de conception d'une BD	62
V.2.3.2	Perception du monde réel et capture des besoins	62
V.2.3.3	Elaboration du schéma conceptuel	62
V.2.3.4	Conception du schéma logique.....	62
V.2.3.5	Affinement du schéma logique.....	62
V.2.3.6	Elaboration du schéma physique.....	63
V.2.3.7	La maintenance.....	63
V.2.4	<i>Le modèle Merise</i>	64
V.3	ANALYSE CONCEPTUELLE DU SYSTEME DE GMAO DE L'USINE DE LA C.C.I.S	64
V.3.1	<i>Etude du SGMAO existant</i>	65
V.3.2	<i>Présentation du logiciel</i>	65
V.3.3	<i>Les faiblesses du système actuel</i>	65
V.4	PRESENTATION DES BESOINS DU SERVICE DE LA MAINTENANCE EN TERMES DE GESTION	66

V.4.1	Objectifs généraux	66
V.4.2	Les besoins fonctionnels	67
V.4.2.1	La gestion des équipements	67
V.4.2.2	La gestion des stocks	68
V.4.2.3	La gestion des travaux	69
V.4.2.4	Gestion du personnel	69
V.4.3	Elaboration du modèle conceptuel des données	69
V.4.3.2	Enoncés de quelques règles de gestion	74
V.4.3.3	Le modèle conceptuel des données	75
V.4.3.4	Cardinalité minimum, cardinalité maximum	76
V.4.3.5	Le modèle logique des données (MLD)	76
>	Les règles de passage du MCD vers le MLD	76
V.4.3.5.2	Passage du MCD au MLD	78
V.5	LES CRITERES DE CHOIX D'UN SYSTEME DE GESTION DE BASE DE DONNEES RELATIONNELLES (SGBDR)	79
V.5.1	Présentation de MySQL	80
V.5.2	Le langage SQL	81
V.5.3	Les instructions SQL	82
V.5.4	Les types de données SQL	82
V.5.4	Interrogation de la base	85
	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	87
	BIBLIOGRAPHIE	88
	ANNEXES	90

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Schéma du système de production.....	4
Figure 1.2 : Schéma du processus d'injection.....	4
Figure 1.3 : Système de production par absorption.....	6
Figure 1.4 : Système de production par compression.....	11
Figure 2.1 : Schéma de système actuel.....	14
Figure 2.2 : Tube en PVC 1.....	17
Figure 2.3 : Tube en PE.....	18
Figure 2.4 : Tube en PVC 2.....	19
Figure 2.5 : Bassin N° 2.....	20
Figure 2.6 : Vue du dessus du bassin N° 1 avec les pompes.....	20
Figure 2.7 : Bacs de refroidissement.....	22
Figure 3.1 : Type d'armaflex.....	27
Figure 3.2 : Schéma du nouveau système proposé.....	28
Figure 3.3 : Schéma du groupe d'eau glacée.....	31
Figure 4.1 : Schéma de l'installation du circuit eau glacée.....	34
Figure 4.2 : Photo du bassin N°1 avec les pompes.....	35
Figure 4.3 : Photo des pompes centrifuges en dessous du bassin N°2.....	36
Figure 4.4: Schéma électrique de l'installation.....	39
Figure 4.5 : Les armoires électriques secondaire et générale.....	39
Figure 4.6 : Logigramme du choix de la section des canalisations et du dispositif de protection.....	40
Figure 4.7 : Armoire électrique et de télécommande du groupe.....	41
Figure 5.1 : Processus de conception dans le cycle de vie d'une base de données.....	63
Figure 5.2: a) Entité « sous_traitant » ; b) Table « sous_traitant ».....	77
Figure 5.3 : Passage du MCD vers le MLD dans le cas d'une relation binaire $(., n) - (., 1)$...77	77
Figure 5.4 : Ecran de démarrage de EasyPHP.....	81
Figure 5.5: Ecran d'accueil de MySQL (phpMyAdmin 2.6.1).....	81
Figure 5.6 : Schéma du modèle logique de données.....	84
Figure 5.7 : Création d'une nouvelle table.....	85
Figure 5.8 : Liste des tables.....	86
Figure 5.9: Table fiche maintenance préventive.....	86

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Les températures d'ébullition de quelques réfrigérants.....	9
Tableau 1.2 : Chaleur sensible de quelques liquides.....	10
Tableau 4.1 : Les débits probables de chaque tronçon du circuit.....	36
Tableau 4.2 : Les diamètres normalisés de chaque tronçon du circuit.....	37
Tableau 4.3 : Caractéristiques des conduites dans la série des tubes en PVC non plastifié.....	37
Tableau 4.4 : Bilan de puissance dans la ligne.....	42
Tableau 4.5 : Calcul des courants de court circuit par la méthode du logiciel Ecodial 3.....	48
Tableau 4.6 : Coût des composants frigorifiques.....	51
Tableau 4.7 : Coût des composants électriques.....	51
Tableau 4.8 : Coût des composants de plomberie.....	52
Tableau 5.1 : Dictionnaire des données.....	70
Tableau 5.2 : Dictionnaire des données (suite 1).....	71
Tableau 5.3 : Dictionnaire des données (suite 2).....	72
Tableau 5.4 : Dictionnaire des données (suite 3 et fin).....	73

LISTE DES ANNEXES

- Annexe A1 : Logigramme de la détermination de la section des canalisations.
- Annexe A2: Facteur de correction lié au mode de pose.
- Annexe A3 : Facteur de correction pour groupement de plusieurs circuits ou plusieurs câbles multiconducteurs.
- Annexe A4: Facteur de correction pour pose en plusieurs couches.
- Annexe A5 : Facteur de correction lié aux températures ambiantes.
- Annexe A6 : Courant admissible dans les canalisations (en A).
- Annexe A7 : Section du conducteur de protection.
- Annexe A8 : Valeurs limites admises de chute de tension.
- Annexe A9 : Chutes de tension unitaire (en V) pour 1A et pour 100m.
- Annexe A10 : Caractéristique des transformateurs.
- Annexe A11 : Valeur de K pour les conducteurs actifs et de protection.
- Annexe A12 : Choix du disjoncteur de protection du circuit
- Annexe A13 : Choix des Armaflexs.
- Annexe A14 : Les limites de l'évaporateur.
- Annexe A15 : Puissances des groupes d'eau glacée.
- Annexe A16 : Résistance au passage de l'eau.
- Annexe A17 : Encombrement et implantation au sol.
- Annexe A18 : Caractéristiques techniques et électriques.
- Annexe A19 : Caractéristiques des groupes CIAT
- Annexe A19 : Caractéristiques des groupes CIAT (suite)
- Annexe A20 : Schéma de cablage des compresseurs
- Annexe A21 : Schéma d'installation des plots antivibratiles
- Annexe A22 : Schéma de principe du bac de refroidissement

LISTE DES ABREVIATIONS

A.F.I.M.E : Association Française de l'Industrie Mécanique.

A.F.N.O.R : Association Française de Normalisation.

C.C.I.S : Compagnie Commerciale et Industrielle du Sénégal.

CIAT : Compagnie Industrielle d'Applications Thermiques

G.M.A.O : Gestion de la Maintenance Assisté par Ordinateur.

HCFC : hydrochlorofluorocarbone

M.C.D : Modèle Conceptuel des Données.

MERISE : Méthode d'Etude et de Réalisation Informatique par Sous Ensembles ou Méthode d'Etude et Réalisation Informatique pour Système d'Entreprise.

M.L.D : Modèle Logique des Données.

OMG : Object Management Group

PE : Polyéthylène

P.G.I : Progiciel de Gestion Industriel

PVC : Polychlorure de vinyle

RPM : rotations per minute (tours par minute)

S.G.B.D : Système de Gestion des Bases de Données.

SGBDR : Système de Gestion des Bases de Données Relationnelles

UML : Unified Modeling Language

INTRODUCTION GENERALE

De nos jours, avec la flambée du prix de l'énergie, qui influe beaucoup sur les coûts d'exploitation des industries, les entreprises doivent recourir à des méthodes alternatives visant à réduire considérablement leurs consommations d'énergie. Cette réduction serait vaine sans un bon suivi des équipements et des installations. C'est dans ce contexte industriel que nous nous sommes lancés dans l'étude d'une installation frigorifique et d'un système de gestion de la maintenance à la C.C.I.S.

Pour le cas d'espèce, la production d'eau glacée pour le refroidissement des tuyaux constitue une charge importante dans la consommation d'énergie de l'entreprise. Cette charge est causée par un mauvaise isolation du réseau de distribution et par une installation dont la conception est defectueuse.

Pour remédier à cette situation, nous proposons une nouvelle configuration, basée sur le dimensionnement de l'installation, une bonne isolation des conduites, qui offre un niveau de consommation acceptable. Cependant, pour une meilleure gestion de la maintenance nous présentons une base de données.

Dans un premier chapitre, nous commencerons par l'analyse du système actuel, qui nous permettra par la suite de proposer quelques solutions d'amélioration. Nous procéderons d'abord à un rappel concernant la production de froid et nous étudierons ensuite le système en déterminant la charge réelle de l'installation.

En deuxième lieu, nous préconiserons des mesures sur le système, notamment une meilleure configuration, une bonne isolation des circuits et des consignes pour réduire la consommation d'énergie. Après cela, nous aborderons l'installation du groupe qui va constituer le dimensionnement du circuit électrique et celui de l'eau glacée.

Nous terminerons enfin par le système de gestion de la maintenance, dont la réalisation va se faire à partir du logiciel MySQL. En partant des données recueillies à l'usine, nous allons faire l'analyse conceptuelle du système d'information qui nous permettra d'améliorer davantage le système de maintenance actuel.

PARTIE I

Chapitre I : GENERALITES

I.1 Présentation de l'entreprise

La Compagnie Commerciale et Industrielle du Sénégal (C.C.I.S.) est une entreprise productrice de tuyaux en PVC et PE. La maintenance occupe une place importante dans le processus de production. Cette partie comportera en plus d'une présentation générale de l'entreprise, une description du système de production et de l'organisation.

I.1.1 Présentation générale

Créée en 1972, la C.C.I.S est une structure familiale qui se situe sur la route de Front de terre à l'angle de la rue du Service géographique à Dakar Hann au Sénégal. C'est une société anonyme au capital de 1 969 550 000 FCFA.

La C.C.I.S est une compagnie transformatrice de polymères. Elle produit une gamme complète des tuyaux PVC et des tuyaux PE du diamètre 20mm au diamètre 400mm pour l'irrigation, l'assainissement, les télécommunications, etc. Elle produit aussi la matière utilisée dans la fabrication des chaussures en plastique (granulation) et dispose également d'un département Injection.

La capacité de production de l'usine atteint à ce jour :

- ✓ 9 000 tonnes de tuyaux PVC ;
- ✓ 1 000 tonnes de tuyaux PE ;
- ✓ 2 000 tonnes de compound ;

Bien qu'étant présente sur le marché local, la C.C.I.S exporte également vers des pays de la sous région tels que le Mali, la Cote d'Ivoire, la Mauritanie, la Guinée Conakry, la Sierra Léone, le Cap Vert, etc. C'est une compagnie certifié Qualité ISO 9001 Version 2000 et l'Environnement ISO 14001 Version 1996.

I.1.2 Le système de production

La production de tuyaux est la principale activité de la C.C.I.S. Le département dispose d'un parc machine composé essentiellement de sept (7) lignes de production. Le schéma d'une ligne de production est le suivant.

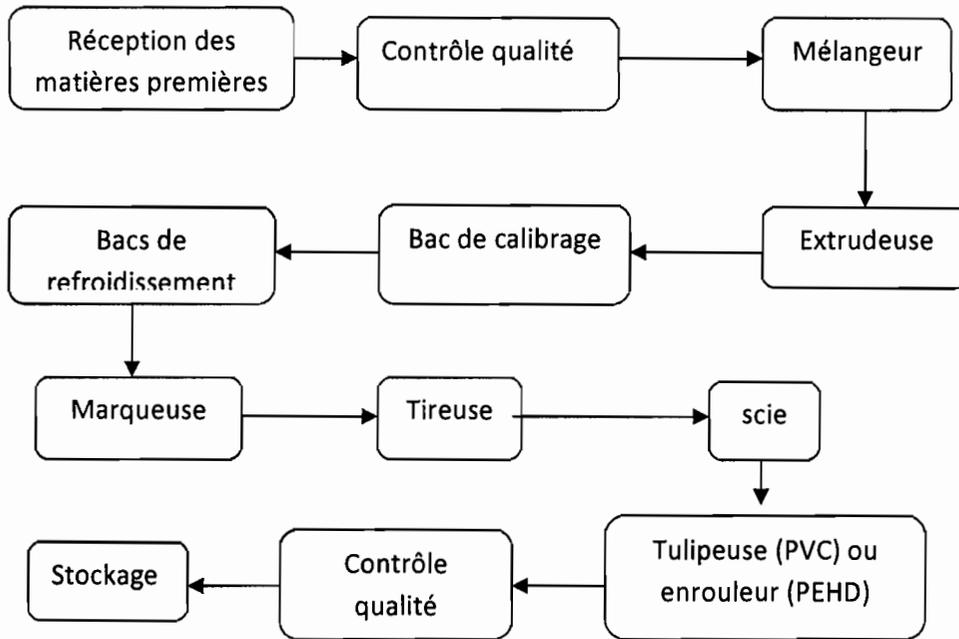


Figure 1.1 Schéma du système de production

I.1.3 L'injection

Le département injection comporte, sept (7) machines. Il s'occupe de la fabrication des bouchons et des accessoires de tuyauterie en plastique (coudes, raccords, etc.). La matière utilisée est soit du PVC, soit du PE ou du compound granulé. Une machine d'injection est composée d'un bac de matière première, d'une presse à injecter avec des résistances chauffantes en bout et d'un moule pour donner la forme désirée.

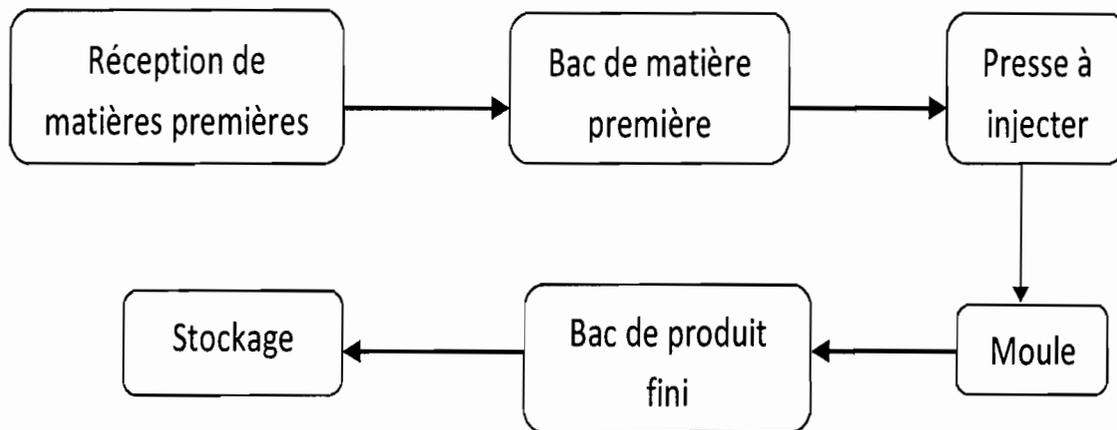


Figure 1.2 : Schéma du processus d'injection

I.1.4 La granulation

Ce département se charge de la production de « compound » utilisé dans la fabrication des chaussures en plastique et éventuellement le PVC utilisé par l'injection. Il comprend essentiellement le système d'alimentation, le mélangeur, la trémie d'alimentation de l'extrudeuse, la granuleuse, le système de refroidissement et l'ensachage. Cependant, ce département n'est pas fonctionnel actuellement. Certaines de ces installations sont d'ailleurs en phase de liquidation (abandon de la production pour des raisons de baisse de la demande et de montée du cours du pétrole donc de la matière première). Cela fait que la granulation n'a pas réellement d'impact sur le fonctionnement actuel de l'entreprise, la description du processus n'est donc pas nécessaire.

I.1.5 Les utilitaires et les annexes

La production, pour fonctionner normalement, a besoin d'énergie, d'eau froide et d'air comprimé. Pour cela, la compagnie dispose de deux groupes de froid qui fournissent de l'eau à des températures d'environ 17 °C convenant au refroidissement des tuyaux et des compresseurs d'air pour assurer la fourniture en air comprimé. Pour la fourniture en électricité, la C.C.I.S. exploite le réseau de la SENELEC, un groupe électrogène de 500 kVA en continu et deux groupes électrogènes (630 kVA et 30 kVA) en service secours. La C.C.I.S. dispose aussi d'un broyeur et d'un microniseur pour la récupération des déchets à des fins d'exportation, d'un atelier de soudage et de menuiserie et d'un atelier de mécanique automobile.

I.2 Rappel sur la production de froid

Le froid industriel est obtenu essentiellement par deux modes de production qui sont :

- La production par absorption
- La production par compression

Notre étude portera sur les groupes de production de froid par compression, qui sont les plus répandus. Cependant il faut noter l'existence de groupe de production de froid par absorption.

Après évaporation du réfrigérant dans l'évaporateur et extraction de chaleur de l'accumulateur froid ou du milieu à réfrigérer, le réfrigérant pénètre dans l'absorbeur, la vapeur du réfrigérant s'y recombine avec le mélange en provenance du générateur, pauvre en réfrigérant.

Comme cette recombinaison est exothermique, il faut extraire de la chaleur de l'absorbeur afin de maintenir sa température suffisamment basse pour conserver l'affinité élevée dont on a besoin entre le réfrigérant et la solution. La solution résultante, riche en réfrigérant, est recueillie au fond de l'absorbeur et pompée à nouveau dans le générateur pour y maintenir un niveau et une concentration imposés. C'est la pompe de circulation qui assure la différence de pression désirée dans le système.

La nécessité de faire circuler de façon continue, d'une part, la solution pauvre en réfrigérant, depuis le générateur à température élevée jusqu'à l'absorbeur à basse température, et d'autre part, la solution riche en réfrigérant, à contre-courant, suggère l'installation d'un récupérateur. Ce dernier est un simple échangeur de chaleur méthodique qui minimise les pertes de chaleur associées au transfert de fluide entre les deux composants. En l'absence de récupérateur, la charge thermique sur la source de chaleur et le rejet thermique associé à l'absorbeur seraient augmentés, d'où une diminution du **coefficient de performance** du système. Le système de réfrigération par absorption comprend cinq (5) **échangeurs de chaleurs** et une **pompe**, ainsi que la **tuyauterie** et la **régulation** nécessaires.

Les performances d'un réfrigérateur par absorption sont déterminées par les températures de ses différents composants. Les températures du condenseur et de l'absorbeur dépendent essentiellement de la température disponible pour le rejet de chaleur. La température de l'évaporateur doit être suffisante pour produire le refroidissement et les effets de déshumidification voulus dans l'espace à refroidir avec les trois (3) températures prescrites, la température du générateur et par suite la température de la source de chaleur nécessaire pour un fonctionnement convenable sont fixées par des considérations thermodynamiques.

Deux combinaisons, absorbant réfrigérant, ont déjà trouvé un emploi étendu dans les applications de conditionnement d'air :

- ✓ le système eau-bromure de lithium
- ✓ le système eau- ammoniac

I.2.1.2 Avantages et inconvénients des machines à absorption

Avantages

N'ayant aucun organe mécanique en mouvement, les machines à absorption sont absolument silencieuses pratiquement inusables. Elles ne soulèvent aucun problème d'étanchéité ou de graissage.

Les possibilités de pannes sont presque nulles. Si un déséquilibre se produit dans le système par suite d'entraînement d'eau résultant d'un chauffage trop poussé, ou s'il y a obstruction dans une tuyauterie de faible diamètre par dépôt de produit utilisé contre la corrosion intérieure, il suffit de renverser l'appareil pendant quelques minutes pour obtenir à nouveau un bon fonctionnement. Mais ces incidents sont extrêmement rares et ne doivent pas être pris en considération.

Enfin, cette machine peut rendre de grands services là où on ne peut disposer de courant électrique, ou lorsqu'on veut réaliser des économies d'énergie électrique avec une disponibilité d'énergie thermique bon marché.

Inconvénients

A rendement fonctionnel égal, la consommation d'énergie est plus élevée pour ces machines que pour celles à compression. Ceci a de l'importance pour les machines à « froid domestique ». En ce qui concerne les machines de grande puissance il est souvent possible d'utiliser des sources de chaleur économique comme la vapeur d'échappement à basse pression provenant de turbine à vapeur par exemple.

I.2.2 Production par compression

I.2.2.1 Les réfrigérants

La méthode de réfrigération par compression fait appel à une substance que l'on appelle réfrigérant. C'est une substance chimique dont la température d'ébullition à la pression atmosphérique est inférieure à la température ambiante. Aujourd'hui, l'utilisation de ces réfrigérants est remise en question à cause de leurs effets sur la couche d'ozone. Certains seront retirés du marché pour être remplacés par de nouveaux composés moins agressifs vis-à-vis de la couche d'ozone.

Le compresseur et moto compresseur

Le second principe de la thermodynamique stipule qu'il ne peut y avoir passage de chaleur d'un bas niveau de température à un niveau de température plus élevé sans dépense d'énergie et de la chaleur ne peut être transformé en travail que lorsqu'il existe une différence de température.

En effet sans compresseur, il est impossible de porter les vapeurs de fluide frigorigène sortant de l'évaporateur d'un bas niveau de température (et donc de pression) au niveau de température (et donc de pression) plus élevé nécessaire pour qu'il puisse y avoir condensation, c'est-à-dire évacuation de chaleur vers le milieu ambiant (eau ou air).

Ce n'est donc pas sans raison que le compresseur frigorifique est considéré comme le cœur de toute installation frigorifique à compression de vapeur.

La façon dont le fluide frigorigène est comprimé dans le compresseur permet de classer celui-ci en deux grandes catégories :

- les compresseurs volumétriques :
ceux sont les machines qui au moyen de mouvements dans un cylindre aspirent la vapeur, la compriment et l'envoient dans la tête de cylindre.
- les compresseurs centrifuges :
ils appartiennent à la catégorie des compresseurs à impulsion.

Le condenseur

Le condenseur d'une machine frigorifique est un échangeur ; il s'apparente à ce titre à l'évaporateur, son rôle dans un cycle frigorifique est de convertir le gaz chaud à haute pression refoulé par le compresseur en liquide avant son entrée dans l'évaporateur. Le condenseur réalise cette opération en retirant assez de chaleur de la vapeur pour la faire condenser à température et pression élevées.

Le condenseur sert donc à transmettre au milieu matériel de refroidissement (air ou eau) la chaleur contenue dans les vapeurs refoulées par le compresseur.

Le condenseur comporte *trois zones thermiques*. Dans la première, il y a *désurchauffe*, c'est-à-dire évacuation non seulement d'une partie de la chaleur de surchauffe absorbée à l'évaporateur, mais également de l'équivalent thermique du travail de compression.

Dans la seconde zone qui constitue la partie principale du condenseur, il y a liquéfaction (*condensation*) du fluide frigorigène, ce qui a pour conséquence de le faire passer de l'état gazeux à l'état liquide par évacuation de la chaleur latente de condensation (égale à celle de vaporisation).

Enfin, dans la troisième zone, c'est-à-dire côté sortie, il y a sous refroidissement du liquide, c'est-à-dire de liquide saturant, donc en équilibre avec une bulle de vapeur (de titre $x=0$), le fluide frigorigène passe à l'état de liquide homogène, à une température inférieure à la température de condensation.

Nb : quelle que soit la zone du condenseur dans laquelle on se trouve, la pression reste constante et égale à la pression correspondante à la pression de condensation.

Les types de condenseurs les plus couramment utilisés sont :

- condenseur refroidi par air : à *convection forcée*
- condenseur évaporation : à *convection forcée* ou à *convection naturelle* (*condenseur atmosphérique*)
- condenseur refroidi par eau : à *calandre et serpentins*, à *double tube*, *multitubulaires* à *calandre*.

Le détendeur

Son rôle est de réduire la pression du fluide frigorigène avant de l'introduire dans l'évaporateur. L'alimentation en fluide frigorigène devra être assurée par un organe dont le débit, réglé *automatiquement*, *doit répondre à tout instant au besoin de l'évaporateur*, *besoin dépendant* uniquement des apports calorifiques extérieurs à celui-ci. Nous disposons pour ce faire :

- des détendeurs capillaires
- des détendeurs thermostatiques

- **Les bacs de calibrage**

Le bac de calibrage assure à la fois le calibrage du tube extrudé et le refroidissement en continu.

Le bac est constitué d'une cuve en acier inoxydable renforcée d'un châssis mécano-soudé supportant la cuve et les différents éléments tels que pompes, marchepieds, etc.

D'une longueur totale de 6 mètres, la cuve est séparée en deux zones totalement autonomes.

La première zone, d'une longueur de 1 mètre permet de réaliser le calibrage du tube. Le débit d'eau de recirculation y est d'environ 500 litres/minute pour assurer un refroidissement initial optimal.

La deuxième zone, d'une longueur de 5 mètres assure un refroidissement intensif du tube immédiatement après le calibrage. Le débit d'eau en recirculation y est d'environ 900 litres/minute.

- **Fonctionnement du refroidissement**

Chaque zone possède un circuit de recirculation d'eau indépendant. L'eau est puisée en fond de cuve, sous un filtre, par la pompe de recirculation. Via un système à deux filtres by-pass par zone, l'eau est alors filtrée avant d'être réinjectée dans la cuve à travers les buses d'aspersion. Le système de filtration de type by-pass permet à l'opérateur de nettoyer un filtre commençant à être colmaté sans avoir à stopper l'aspersion. Le différentiel entre les manomètres d'entrée et de sortie montés sur chaque filtre permet à l'opérateur de détecter un éventuel colmatage des filtres. Chaque zone est alimentée en eau à travers une vanne quart (1/4) de tour (annxe A21).

Un thermomètre analogique permet de visualiser la température de l'eau en recirculation dans chaque zone. Il est à noter que l'eau d'entrée du bac doit arriver avec une pression de 2 à 4 bars et à une température approximative de 17°C. Elle devra cependant être exempte de toutes substances corrosives, d'algues, et de matières en suspension.

- **Fonctionnement du vide**

Les deux (2) bacs sont totalement indépendants, chacun étant doté de sa propre pompe à vide à anneau liquide. Chaque pompe à vide permet de contrôler l'arrivée d'eau dans l'anneau

liquide. Le réglage du vide s'effectue dans chaque zone par une vanne située sur le dessus du bac. Les valeurs de vide de chaque zone sont affichées sur un manomètre.

II.2 Les besoins frigorifiques de l'installation actuelle

L'établissement des besoins frigorifiques a pour objet de déterminer la puissance frigorifique du groupe. La connaissance de ces besoins va nous permettre de conclure, si le groupe est surdimensionné ou sous dimensionné par rapport à l'installation. Ces besoins seront déterminés en conformité avec les données du système.

Les charges sont constituées essentiellement par les dégagements ou gains de chaleur et d'humidité à l'extérieur des bacs et des bassins de stockage de l'eau froide. Nous allons considérer dans nos calculs que ces dégagements sont constants pendant la période d'occupation à l'intérieur de l'usine.

Dans le souci d'avoir une idée sur la puissance actuelle du groupe, afin d'estimer la quantité d'énergie consommée par ce dernier, nous calculons les différentes charges thermiques du système. Pour une meilleure précision de nos calculs, en tenant compte des données, de la configuration, nous scindons ce système en cinq sous systèmes :

- ✓ Circuit en tubes PVC vertical ;
- ✓ Circuit en tubes PE ;
- ✓ Circuit en tubes PVC ;
- ✓ Bassins de stockage ;
- ✓ Bacs de refroidissement.

La puissance de l'évaporateur s'obtient par la sommation des différentes charges thermiques, d'où la relation suivante.

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad (2.1)$$

Q_1 : charge thermique dans les tubes de PVC 1

Q_2 : charge thermique dans les tubes PE

Q_3 : charge thermique dans les tubes PVC 2

Q_4 : charge thermique dans les bassins

Q_5 : charge thermique dans les bacs

Après la détermination des charges thermiques dans les différents sous-systèmes, nous calculons la charge globale Q_T , qui représente la somme de ces dernières.

La charge globale est de :

$$Q_T = 368116.767 \text{ W}$$

Pour tenir compte des apports inchiffrables on ajoute à Q_T un pourcentage de 5%

$$Q'_T = 1.05 Q_T \quad [1] \quad (2.15)$$

$$Q'_T = 386522.606 \text{ W}$$

$$Q'_T = 386.52 \text{ kW}$$

Données du groupe actuel :

Série LC 2000 4 compresseurs – 2 circuits frigorifiques

Ventilateur à 930 rpm

Température de sortie d'eau à l'évaporateur 10°C

Température d'entrée d'air dans le condenseur 36°C

La puissance compresseurs seuls: $P_a = 160 \text{ kW}$

La puissance frigorifique : $P_f = 484 \text{ kW}$

La puissance du groupe étant de **484 kW**, nous constatons que le groupe est surdimensionné, ce qui entraîne une consommation d'énergie conséquente. La facture d'énergie électrique qui est estimée à environ 21.954.300 en moyenne, représente cependant plus de 45% des charges d'exploitations de l'usine.

II.3 Les problématiques de l'installation actuelle

Le froid est d'autant plus couteux à produire que la température à laquelle il est produit est basse. Il est donc indispensable d'économiser le froid produit en garantissant les enceintes refroidies contre les entrées de chaleur. Pour réduire la consommation d'énergie dans les installations frigorifiques, deux conditions doivent être remplies. En premier lieu, les installations doivent être bien dimensionnées ; cette partie est du ressort des frigoristes qui doivent en tirer le meilleur rendement. En second lieu, l'installation doit fonctionner efficacement dans le temps ; sur cette question de pérennité, c'est l'utilisateur qui est en première ligne.

Des économies d'énergie dans les installations frigorifiques sont souvent possibles : cela peut commencer par la mise en œuvre d'actions simples. Mais avant de se lancer, il est impératif de faire un diagnostic de l'installation.

Après un diagnostic et une étude minutieuse de l'installation actuelle, on a pu déceler un certain nombre de problèmes basés sur la configuration du système. Nous les énumérons ci-dessous :

- Grande consommation d'énergie,
- Bassin de récupération en régénération continue, ce qui nous paraît un peu incohérent parce que l'eau de retour des bacs arrive avec une température un peu élevée. De ce fait on peut fausser la température désirée (17° C) pour le refroidissement des tuyaux,
 - Emplacement du bassin de stockage un peu éloigné par rapport aux bacs de refroidissement, ce qui augmente les pertes frigorifiques mais également le coût d'installation,
 - A cause de la taille de l'installation et du fait que le groupe fonctionne en permanence, nous jugeons nécessaire qu'il y ait un système de gestion informatisé pour la maintenance.

Chapitre III : MESURES PRECONISEES

III.1 Nouveau système

Après avoir étudié le système existant, un certain nombre de problèmes ont été soulevés. Cependant des solutions seront proposées afin de minimiser les pertes, dans le but d'avoir un fonctionnement optimal du système. Ainsi ces solutions seront abordées comme suit :

- réduction de la consommation d'énergie,
- isolation des conduites,
- nouvelle configuration proposée,
- réduction du niveau sonore,

III.1.1 Réduction de la consommation d'énergie

Dans les secteurs de l'industrie comme la C.C.I.S, la production de froid représente un poste de dépense important pouvant aller jusqu'à 50 % de la facture d'électricité. Pour réduire la consommation d'énergie, deux pistes doivent être explorées:

- dès le départ les installations doivent être bien dimensionnées par le frigoriste qui doit en tirer le meilleur rendement,

- ensuite, l'utilisateur doit assurer la pérennité d'un fonctionnement efficace dans le temps.

Des économies d'énergie dans les installations frigorifiques sont souvent possibles. Un diagnostic de l'installation permettra de mettre en évidence les gisements d'économies liés à la production et à l'utilisation du froid en milieu industriel et d'envisager ensuite les actions à mettre en œuvre en fonction de leur coût et de leur rentabilité.

Pour remédier à cette augmentation d'énergie nous proposons trois étapes fondamentales.[23]

Etape 1 : appliquer les bonnes pratiques

- informer et sensibiliser les personnes amenées à intervenir ponctuellement et les utilisateurs du froid sur l'importance de leur rôle et de leurs gestes dans la maîtrise des consommations énergétiques et la qualité des produits ;
- assurer un bon entretien de l'installation, nettoyer et dégivrer régulièrement les condenseurs afin d'éviter les dépôts de tartre et l'encrassement des échangeurs qui réduisent la puissance des aéroréfrigérants ;

- adapter la température de condensation en fonction des saisons ;
- adapter les conditions d'exploitation qui ont un impact important sur la consommation d'énergie : par exemple décaler une production frigorifique importante au moment où le tarif heures creuses s'applique.

Etape 2 : optimiser l'utilisation des équipements

- s'assurer de la compétence des utilisateurs : une installation frigorifique est une affaire de spécialistes. La compétence des personnes assurant le fonctionnement des installations est un élément indispensable à leur pérennité ;
 - contrôler régulièrement et réparer, le cas échéant, les fuites de fluides frigorigènes qui sont une cause de la baisse de performances de l'installation ;
 - assurer un suivi précis des principales caractéristiques de l'installation : pression du fluide frigorigène dans l'évaporateur et le condenseur, puissance électrique du compresseur, débit et température de l'eau à refroidir, puissance frigorifique délivrée et consommée ;
 - vérifier la surchauffe du fluide frigorigène après l'évaporateur ;
 - assurer un suivi du fonctionnement des compresseurs.

Etape 3 : optimiser l'utilisation des équipements

- ne pas économiser sur le poste de régulation : la mise en place d'une gestion optimisée en cascade des compresseurs permettra à moyen terme de faire **des économies sur les coûts d'exploitation**,
 - adapter la puissance des compresseurs à l'utilisation qui en sera faite. Inutile d'avoir une puissance trop élevée,
 - avoir des températures de condensation et d'évaporation correctes afin d'éviter les gaspillages,
 - choisir un matériel adapté afin que l'installation fonctionne dans des conditions nominales et bien dimensionner les diamètres des canalisations et des surfaces d'échange des échangeurs thermiques.

III.1.2 Isolation des conduites

Le froid est coûteux à produire d'où la nécessité de bien isoler les parois et les conduites. L'efficacité isolante d'un matériau varie en raison inverse de masse volumique. On doit employer des matières de faible densité, ayant une très faible conductibilité thermique, non

D'après les valeurs ci-dessus, la série **LC 1400** est la plus adaptée pour cette installation (annexe A15).

Le CIATCOOLER série LC 1400 est livré avec :

- 3 compresseurs semi-hermétiques de type DISCUS.
- 1 évaporateur multitubulaire équipé, de type haute performance
- 1 condenseur à air équipé de batteries à tubes cuivres quinquoncés, ailettes gaufrées à bords ondulés, ventilateurs à pales profilées
- 1 armoire électrique de puissance et de télécommande
 - alimentation électrique : $400 V_{-10\%}^{+6\%}$, 3 Ph, 50 Hz + Terre
 - module électronique de régulation, surveillance, gestion à microprocesseur

La puissance frigorifique corrigée : $Pfc = Pf \times k$

$$k=0.98 \quad Pf=379 \text{ kW} \quad Pa=110 \text{ kW (Annexe A15)} \quad Pfc=371.42 \text{ kW}$$

Le débit d'eau glacée : $Q_c = \frac{Pfc \times 0.86}{\Delta T} \times k$

$$k=1.05 \quad \Delta T=7.2 \text{ °C (Annexe A14)} \quad Qc=47.53 \text{ m}^3/\text{h}$$

La résistance au passage de l'eau : $\Delta Pc = \Delta P \times k$

$$k=1.15 \quad \Delta P=2.1 \text{ m.C.E (Annexe A14)} \quad \Delta Pc=2.415 \text{ m.C.E}$$

Valeurs lues dans la notice

Pf : puissance frigorifique suivant annexe A15

Pa : puissance absorbée par les compresseurs suivant annexe A15

ΔP : résistance au passage de l'eau suivant courbe (annexe A16), pour la valeur du débit corrigé (Q_c) correspondant.

Valeurs corrigées suivant calculs ci-dessus

Pfc : puissance frigorifique corrigée.

Q_c : débit corrigé, eau glacée.

ΔPc : résistance au passage de l'eau corrigée, évaporateur.

Chapitre IV : INSTALLATION DU GROUPE D'EAU GLACÉE

Introduction

L'installation du groupe consiste à établir et aménager différents procédés permettant à ce dernier d'une part de répondre aux normes en vigueur en matière de machine frigorifique et d'autre part de fonctionner dans les meilleures conditions.

Depuis quelques années, un effort important a été réalisé dans le domaine du froid pour limiter la quantité de fluide frigorigène utilisé dans les installations frigorifiques. Les dernières avancées technologiques dans ce domaine consistent à intégrer un circuit intermédiaire entre la machine frigorifique et le dispositif utilisateur du froid au moyen d'un fluide frigoporteur.

Cependant, peu de travaux ont quantifié les avantages énergétiques et économiques (notamment en matière de fonctionnement) d'une installation dans son intégralité, c'est-à-dire en considérant dans une même étude, à la fois, la production frigorifique, le stockage, le transport et l'utilisation^{[1] & [2]}. Dans la suite de ce chapitre nous allons en premier lieu faire l'installation du réseau de distribution de l'eau glacée et en second lieu faire l'installation électrique.

IV.1 L'implantation du groupe

Le groupe CIATCOOLER série LC est livré complètement assemblé et prêt à être installé dans le local de destination y compris le raccordement des tuyauteries, le raccordement des appareillages d'automatisme et enfin le raccordement électrique des appareillages de fonctionnement et de sécurité au tableau de commande.

Le groupe doit être installé sur un socle en béton de dimension 4m*4m, placé à une certaine hauteur. Il est nécessaire de prévoir un dégagement de 2 m tout autour de l'appareil pour le passage d'air au condenseur et pour effectuer les opérations de service et d'entretien (annexe A17).

Aucun obstacle ne doit gêner l'aspiration de l'air sur la batterie et au refoulement des ventilateurs. Étudier avec soin l'implantation du groupe, choisir un emplacement compatible avec les exigences de l'environnement (niveau sonore, intégration dans le site, etc.).

IV.3 L'installation électrique

L'étude de l'installation consiste à déterminer précisément les canalisations et leurs protections électriques en commençant à l'origine de l'installation pour aboutir aux circuits terminaux. Chaque ensemble constitué par la canalisation et sa protection doit répondre simultanément à plusieurs conditions qui assurent la sûreté de l'installation :

- véhiculer le courant d'emploi permanent et ses pointes transitoires normales ;
- ne pas générer de chutes de tension susceptibles de nuire au fonctionnement de certains récepteurs, comme par exemple les moteurs en période de démarrage, et amenant des pertes en ligne onéreuses.

En outre le disjoncteur (ou fusible) doit :

- protéger la canalisation pour toutes les surintensités jusqu'au courant de court-circuit ;
- assurer la protection des personnes contre les contacts indirects dans le cas où la distribution s'appuie sur le principe de protection du schéma des liaisons à la terre IT ou TN.

Une installation électrique se fait méthodiquement en respectant les étapes suivantes :

1. détermination des calibres In des déclencheurs des disjoncteurs ;
2. détermination de la section des câbles ;
3. détermination de la chute de tension ;
4. détermination des courants de court-circuit ;
5. choix des dispositifs de protection ;
6. vérification de la protection des personnes ;

Les données de l'installation

L'entreprise CCIS dispose d'un transformateur de 800 kVA et d'un groupe électrogène de secours de 630 kVA qui alimentent le parc machine (extrudeuses, marqueuses, tireuses, scies etc.), l'éclairage, le groupe d'eau glacée, deux compresseurs et six pompes centrifuges. Cependant dans notre étude, nous nous limitons au circuit comportant le groupe d'eau glacée, les compresseurs d'air et les pompes dont les puissances sont respectivement 119 kW, 75kW et 7.5 kW.

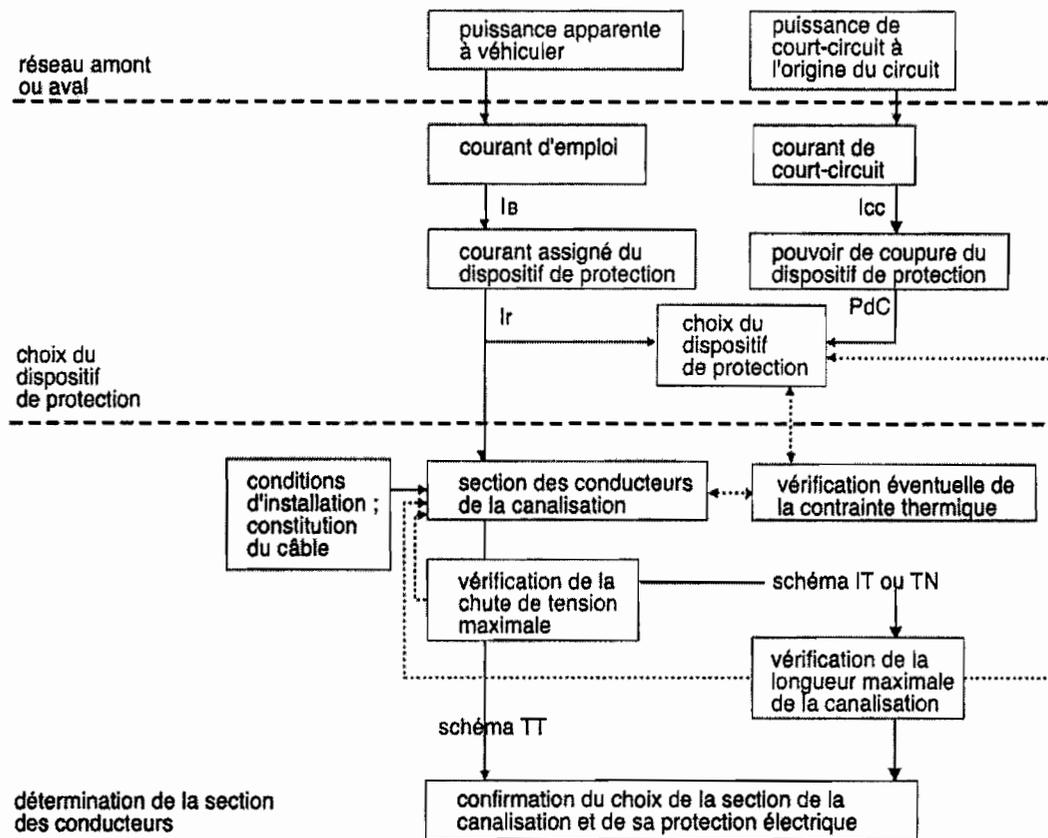


Figure 4.6 : Logigramme du choix de la section des canalisations et du dispositif de protection

Cependant, pour ce qui est de l'armoire électrique et de télécommande du groupe, l'installation se fera suivant les instructions du constructeur. En conformité avec la norme C 15.100 elle comprend :

- des organes de protection compresseurs et ventilateurs ;
- un module électronique de régulation et de surveillance MICROCIAT MRS1-4.1 piloté par microprocesseur regroupant les fonctions suivantes :
 - régulation de la température d'eau glacée,
 - contrôle des paramètres de fonctionnement (HP, BP, différentiel d'huile, température de refoulement, débit d'eau, moteurs compresseurs et antigel)
 - fonction anti-court-cycle,
 - temporisation BP au démarrage,
 - égalisation temps de marche des compresseurs,
 - choix du nombre de compresseurs en fonctionnement,

IV.3.1.2 Choix du calibre de l'appareil de protection

L'intensité assignée I_n du dispositif de protection, coupe-circuit à fusible ou disjoncteur doit être prise juste supérieure à l'intensité d'emploi I_B calculée. $I_n \geq I_B$

On réglera le disjoncteur de calibre I_n pour obtenir une intensité de réglage $I_r \approx I_B$

Le choix du pouvoir de coupure de l'appareil (PdC) de protection se fera après calcul du courant de court-circuit présumé à l'endroit où l'appareil de protection est installé.

Avec la valeur du courant d'emploi obtenue, nous choisissons un disjoncteur de type Compact NS400 dont le nombre de pôle est (4) quatres (annexe A12).

Caractéristiques électriques selon IEC 60947-2 et EN 60947-2

- Courant d'assignation, $I_n = 400 \text{ A}$
- Tension assignée d'isolement, $U_i = 750 \text{ V}$
- Tension assignée de tenue aux chocs, $U_{imp} = 8 \text{ kV}$
- Tension assignée d'emploi en CA 50 Hz, $U_e = 690 \text{ V}$

IV.3.2 Détermination de la section des conducteurs

La section de la canalisation qui va véhiculer le courant d'emploi I_B doit être choisie de sorte que le courant admissible I_Z de celle-ci soit supérieur au calibre de l'appareil I_n qui le protège.

Il convient donc de respecter : $I_B \leq I_n \leq I_Z$

Pour les disjoncteurs réglables, il est conseillé de choisir I_Z égal ou juste supérieur au calibre I_n nominal de l'appareil de protection. Les conséquences d'un réglage thermique I_r inadapté ou d'une évolution du courant d'emploi I_B seront sans risque.

Pour prendre en compte les conditions dans lesquelles est installée la canalisation des facteurs de correction sont appliqués. Ils tiennent compte du mode de pose, du type de câble mono ou multiconducteur, de la nature de l'isolant et de l'âme des conducteurs, du regroupement des circuits, et de la température ambiante.

IV.3.2.1 Méthode de référence et facteur de correction lié au mode de pose K1

Des tableaux permettent de déterminer une lettre de sélection ou méthode de référence correspondant au type de conducteurs utilisés (mono ou multiconducteurs) et un coefficient d'influence K1.

Choix du facteur de correction K1 (annexe A2)

Câble multiconducteur posé sur tablette perforée

Méthode de référence E, $K1=1$

Les tablettes perforées sont conçues pour réaliser des installations esthétiques et sécurisées conformément à la norme NF C15-10

IV.3.2.2 Facteur de correction lié au groupement de circuits K2 :

Ce facteur tient compte de l'influence thermique mutuelle des circuits placés côte à côte. Les câbles sont considérés comme jointifs si la distance les séparant n'excède pas 2 fois le diamètre du plus gros des câbles.

Si les câbles sont disposés en plusieurs couches il faut appliquer à K2 un facteur multiplicatif du tableau T1 (annexe A3). En triphasé, le nombre de circuits à considérer est le nombre total de lignes triphasées placées dans la canalisation.

Choix du facteur de correction K2 (annexe A3)

2 câbles multiconducteurs

Simple couche sur tablette perforée.

$K2=0.88$

IV.3.2.3 Facteur de correction lié à la température ambiante K3 :

La température ambiante et la nature de l'isolant ont une influence directe sur le dimensionnement des conducteurs. La température à prendre en compte est celle de l'air autour des câbles (pose à l'air libre), et celle du sol pour les câbles enterrés.

Choix du facteur de correction K3 (annexe A5)

Les câbles sont en polyéthylène réticulé PR.

La température ambiante est de 30 °C

$K3 = 1,04$

IV.3.3 Choix de la section des câbles

IV.3.3.1 Section du conducteur de phase

Quand tous les facteurs spécifiques de correction sont connus, on calcule le coefficient global K de correction égal au produit de tous les facteurs spécifiques.

$$K = K1 * K2 * K3 \quad [6] \quad (4.8)$$

$$K=0.91$$

On en déduit le courant fictif I_z' admissible par la canalisation :

$$I_z' = \frac{I_z}{K} \quad [6] \quad (4.9)$$

$$I_z = I_n = 400 \text{ V}$$

$$I_z' = 439.56 \text{ V}$$

La connaissance de I_z' permet alors de se reporter aux tableaux de détermination des courants admissibles (annexe A6) qui permet de déterminer la section nécessaire (en mm^2).

Choix de la section section du câble

$$I_z' = 439.56 \text{ A}$$

$$S = 185 \text{ mm}^2$$

IV.3.3.2 Section du conducteur neutre

Par principe, le neutre doit avoir la même section que le conducteur de phase dans tous les circuits monophasés. Dans les circuits triphasés de section supérieure à 16 mm^2 en cuivre et 25 mm^2 en aluminium, la section du neutre peut être réduite jusqu'à $S_{ph}/2$. Toutefois cette réduction n'est pas autorisée si :

- les charges ne sont pas pratiquement équilibrées,
- le taux de courants harmoniques de rang 3 est supérieur à 15% du fondamental.

Si ce taux est supérieur à 33%, la section des conducteurs actifs des câbles multipolaires est choisie en majorant le courant I_B par un coefficient multiplicateur de 1,45. Pour les câbles unipolaires, seule la section du neutre est augmentée.

Choix de la section section du câble

$$S = 95 \text{ mm}^2$$

IV.3.3.3 Section du conducteur de protection

Nous considérons que les charges de l'installation sont équilibrées et que le taux d'harmoniques est inférieur à 15%.

Choix de la section section du câble (annexe A7)

$$S = 95 \text{ mm}^2 \text{ (annexe A6)}$$

IV.3.4 Détermination de la chute de tension

Si la chute de tension est supérieure aux valeurs limites admises, il y a lieu d'augmenter la section des conducteurs jusqu'à ce que la chute de tension devienne inférieure aux valeurs prescrites.

Cette chute de tension peut-être déterminée par calcul ou directement à l'aide de tableau.

En triphasé équilibré (avec ou sans neutre), elle est de :

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I_B \times l \times (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad [7] \quad (4.10)$$

$$\text{en pourcentage on a } \frac{100\Delta U}{U_n} \quad [7](4.11); \quad R = \frac{22,5\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}}{S(\text{section en mm}^2)} \quad [7](4.12)$$

pour le Cuivre.

I_B : courant d'emploi en ampère (A).

L : longueur du câble en km.

R : résistance linéaire d'un conducteur en Ω/km ,

R : négligeable pour $S > 500 \text{ mm}^2$.

X : réactance linéique en Ω/km ; négligeable pour $S < 50 \text{ mm}^2$.

Comme il n'y a pas d'indication sur la réactance linéique, nous prenons $X = 0,08 \Omega/\text{km}$.

U_n : tension nominale entre phase (volt).

Φ : déphasage du courant sur la tension.

$$\cos \phi = 0,8.$$

$$L=30\text{m}$$

$$R = 0.09 \Omega/\text{km}$$

$$\Delta U = 66.85 \text{ V}$$

$$\frac{100\Delta U}{U_n} = 0.5\%$$

Cette chute de tension est inférieure à la limite admise qui est de 8 %, donc la section du câble choisie est bonne (annexe A8).

IV.3.5 Calcul des courants de courts-circuits :

La détermination des valeurs de courant de courts-circuits présumés en tous points d'une installation est essentielle au choix des matériels (PdC des dispositifs de protection). Elle commence par l'estimation de cette valeur à l'origine de l'installation, puis en n'importe quel point selon plusieurs méthodes dont le choix dépend de l'importance de l'installation, des données disponibles, du type de vérification à effectuer, etc.

La méthode des impédances consiste à totaliser les résistances et réactances des boucles de défaut depuis la source jusqu'au point considéré et à en calculer l'impédance équivalente.

Les différents courants de court-circuit et de défaut sont alors déduits par l'application de la loi d'Ohm.

Valeur de I_{cc} en un point de l'installation par la méthode suivante : (méthode utilisée par le logiciel **Ecodial 3** en conformité avec la norme NF C 15-500).

1. calculer :

la somme R_t des résistances situées en amont de ce point :

$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$ et la somme X_t des réactances situées en amont de ce point :

$X_t = X_1 + X_2 + X_3 + \dots$

2. calculer :

$$I_{ccmax} = \frac{m \times c \times U_n}{\sqrt{3} \times \sqrt{R_t^2 + X_t^2}} \quad [7] \quad (4.13)$$

R_t et X_t exprimées en $m\Omega$

Important :

- U_n = tension nominale entre phases du transformateur (400 V)
- m = facteur de charge à vide = 1,05
- c = facteur de tension = 1,0

	Partie de l'installation	Résistances (mΩ)	Réactances (mΩ)
	Réseau amont S=30000 kVA	$R_1 = \frac{(1.05 \cdot 400)^2}{30000} \times 0.1$ $R_1 = 0.588$	$X_1 = \frac{(1.05 \cdot 400)^2}{30000} \times 0.995$ $X_1 = 5.85$
	Transformateur S _t =800 kVA U=420 V P _{CU} =10500 W	$R_2 = \frac{10500 \times 420^2}{800^2} \times 10^{-3}$ $R_2 = 2.89$	$X_2 = \sqrt{\left(\frac{6}{100} \times \frac{420^2}{800}\right)^2 - 2.89^2}$ $X_2 = 12.91$
	Liaison transfo disjoncteur 3*(1*185mm ²) Cu par phase L=30 m	$R_3 = 22.5 \times \frac{30}{3 \times 185}$ $R_3 = 1.21$	$X_3 = 0.13 \times \frac{30}{3}$ $X_3 = 1.3$
	Disjoncteur général M ₁	$R_4 = 0$	$X_4 = 0$
	Liaison disjoncteur Barres (Cu) (1*80*5) L=4m M ₂	$R_5 = \frac{22.5 \times 4}{400}$ $R_5 = 0.225$	$X_5 = 0.15 \times 4$ $X_5 = 0.6$

Résistances (mΩ)	Réactances (mΩ)	I _{cc} (kA)
En M ₁ R _{t1} =R ₁ +R ₂ +R ₃ R _{t1} = 4.688	X _{t1} =X ₁ +X ₂ +X ₃ X _{t1} = 20.06	11.77
En M ₂ R _{t2} =R _{t1} +R ₄ +R ₅ R _{t2} = 4.913	X _{t2} =X _{t1} +X ₄ +X ₅ X _{t2} = 20.66	

Tableau 4.5 : Calcul des courants de court circuit par la méthode du logiciel Ecodial 3

IV.3.6 Choix du dispositif de protection

Le choix d'un disjoncteur doit se faire en fonction :

- des caractéristiques du réseau sur lequel il est installé

La tension nominale du disjoncteur doit être supérieure ou égale à la tension entre phases du réseau. La fréquence nominale du disjoncteur doit correspondre à la fréquence du réseau. L'intensité de réglage ou le calibre du déclencheur du disjoncteur doit être supérieur au courant permanent véhiculé par l'artère sur laquelle il est installé. Le pouvoir de coupure du disjoncteur doit être au moins égal au courant de court-circuit triphasé susceptible de se produire à l'endroit où il est installé. Une méthode permettant de déterminer le courant de court-circuit en un point de l'installation est présentée ci-dessus.

- de la continuité de service désirée

En fonction des impératifs de continuité de service (règlements de sécurité, contraintes d'exploitation, etc.), l'installateur peut, pour un réseau donné, être amené à choisir des disjoncteurs assurant :

- soit une sélectivité totale entre deux appareils installés en série
- soit une sélectivité partie

- des diverses règles de protection à respecter.

Protection des personnes contre les contacts indirects

Les mesures de protection contre les contacts indirects par coupure automatique de l'alimentation dépendent du choix de régime de neutre (TT, TN, IN).

Protection des câbles

Le disjoncteur, en cas de court-circuit ne doit laisser passer qu'une énergie inférieure à celle que peut supporter le câble. Cette vérification s'effectue en comparant la caractéristique I^2t du dispositif de protection à la contrainte thermique que peut supporter le câble.

Protection de divers constituants électriques

Certains constituants nécessitent des protections possédant des caractéristiques spéciales. C'est le cas des transformateurs BT/BT, des batteries de condensateurs, des démarreurs de moteurs et des générateurs.

IV.3.7 Vérification éventuelle de la contrainte thermique

Le temps de coupure d'un disjoncteur, suite à un court-circuit ayant lieu en un point quelconque d'un circuit, ne doit pas être supérieur au temps portant la température des conducteurs à la limite admissible.

Pratiquement, il convient de s'assurer que la contrainte thermique que laisse passer le disjoncteur n'est pas supérieure à celle que peut effectivement supporter le câble. La contrainte thermique maximale (pour des temps inférieurs à 5 s) supportée par une canalisation se calcule par la formule suivante :

$$I^2 t = K^2 \times S^2 \quad [9] \quad (4.14)$$

$$K = 143 \quad S = 185 \text{ mm}^2$$

$$I^2 t = 69.9 \cdot 10^7 \text{ A}^2 \cdot \text{s}$$

I : courant de réglage (A)

t : temps correspondant à la contrainte thermique admissible (en s)

K : coefficient (annexe A11)

S : section du câble (mm²)

PARTIE II

Chapitre V : LA CREATION DE LA BASE DE DONNEES POUR LA MAINTENANCE

V.1 Généralité sur la maintenance

Définition

La norme AFNOR NFX 60-000 définit la maintenance comme l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé.

Les objectifs principaux de la maintenance sont de :

- Minimiser les pertes de temps productifs
- Maximiser la sécurité (protection contre accidents, feu, etc.)
- Accroître la durée de vie de l'équipement, outillage, bâtiments
- Améliorer l'esthétique, protéger l'hygiène
- Minimiser les couts d'entretien
- Optimiser le remplacement de l'équipement du matériel

L'optimisation de la fiabilité du matériel, la formation du personnel dans les spécialités spécifiques à la maintenance ainsi que les conseils donnés à la direction de l'entreprise et de la production sont autant de tâches qui se rapportent à ces objectifs principaux.

V.1.1 L'importance de la maintenance dans l'entreprise

La fonction maintenance qui a pour vocation d'assurer le bon fonctionnement des outils de production, est devenue une fonction stratégique dans les entreprises. En effet, elle a été souvent méconnue, sous-estimée voire méprisée et jugée trop coûteuse pour toutes sortes de raisons qui aujourd'hui tiennent davantage de perceptions non fondées. Cependant, elle a pris une importance croissante et se révèle de plus en plus une des fonctions clés de l'entreprise. Il suffit de penser aux différentes tendances vers un degré plus élevé d'automatisation et une complexité accrue des machines. Ceci ne fait que renforcer les besoins d'une entreprise d'avoir une approche formelle et structurée concernant la fonction maintenance.

Il existe différents types de maintenance et d'organisation du service maintenance.

V.1.2 Les différents types de maintenance

La maintenance peut être divisée en deux catégories : la maintenance corrective et la maintenance préventive.

V.1.2.1 La maintenance corrective

La norme AFNOR X-60-010 la définit comme : « une opération de maintenance effectuée après défaillance ». La maintenance corrective recouvre en fait deux types d'interventions :

- ✓ la maintenance palliative
- ✓ la maintenance curative .

V.1.2.2 La maintenance préventive

C'est une maintenance effectuée à des intervalles de temps déterminés ou selon des critères propres à l'entreprise ou au fabricant de l'équipement (nombre d'heures d'utilisation, nombre d'unités produites...).

Elle permet de réduire les risques qu'un outillage ne réponde pas au standard d'utilisation. Elle se subdivise en deux catégories :

- ✓ la maintenance systématique ;
- ✓ la maintenance conditionnelle.

V.1.3 Les formes organisationnelles de la maintenance

Pour répondre à ses attentes une entreprise peut choisir entre plusieurs modèles d'organisation pour sa fonction maintenance.

La maintenance peut prendre plusieurs formes selon ses besoins spécifiques. Il existe plusieurs modèles théoriques qui peuvent être adoptés tels quels ou alors qui peuvent être combinés :

- la maintenance centralisée
- la maintenance décentralisée
- la sous-traitance
- l'organisation mixte
- la concentration et la déconcentration

V.1.4 L'organisation des opérations de la maintenance

Cette organisation se subdivise en trois parties. Il s'agit de :

- ✓ la planification des travaux de maintenance
- ✓ la gestion des pièces de rechange
- ✓ le tableau de bord de la maintenance.

V.1.4.1 Planification des travaux de maintenance

C'est une répartition annuelle homogène de toutes les activités de maintenance y compris l'arrêt annuel.

Elle doit tenir compte des contraintes suivantes :

- la charge effective de l'ensemble des travaux
- la périodicité des opérations
- la durée effective du temps de travail
- les conditions d'intervention telles que, l'accessibilité, la localisation, les règles de sécurité
- la politique du service de maintenance, de production de l'entreprise.

V.1.4.2 Gestion des pièces de rechange

Un élément très important de la politique de maintenance est le choix de se procurer ou pas un stock de pièces, outillages et produits pour faire face aux pannes et pour exécuter correctement les tâches de maintenance. La gestion des pièces de rechange est une gestion technique qui demande une bonne connaissance des équipements à maintenir et des diverses techniques utilisées (mécanique, électrique, électronique, hydraulique, etc.) ; elle demande donc une double compétence technique et de gestion.

Pour établir un système de gestion des stocks fiable il faudra :

- fixer un critère de performance du système de stockage ;
- déterminer le stock de sécurité, le stock minimal, le stock maximal, la quantité à commander ;
- choisir les fournisseurs ;
- déterminer les substituts possibles ;

- se renseigner sur les prix.

V.1.4.3 Tableau de bord de la maintenance

Le tableau de bord est un outil de mesure des situations et comportements humains, économiques et matériels qui doit donner des mesures précises et irréfutables parce qu'exemptes de modifications ou de filtrages. Il est aussi un moyen de diagnostic, de dialogue et de délégation qui permet le travail en groupe sur des éléments d'évaluation délimitant et canalisant le domaine d'application et les efforts à fournir. Enfin, le tableau de bord est un outil de décision qui permet de réagir très vite dès les premiers symptômes et les premiers écarts annonciateurs de dérives plus importantes.

Le tableau de bord caractérise l'état et l'évolution des matériels du service maintenance. Il doit pouvoir mesurer l'efficacité de la politique de maintenance et justifier ainsi la mise en place d'un type de maintenance. Cet outil de synthèse est composé des éléments suivants :

- **indicateurs** : c'est une valeur quantifiant une situation, un résultat ou un état.
- **Ratios** : c'est un indicateur relatif ou rapport d'une valeur réelle et d'une valeur de référence. Il est exprimé en pourcentage.

Nous distinguons deux (2) types de tableaux :

➤ Tableau de bord stratégique :

Ce tableau de bord est destiné à juger de l'activité de la maintenance par rapport aux objectifs à moyen et à long terme. Les données qui le composent sont issues d'une consolidation des données du tableau de bord de gestion courante. En fonction des objectifs assignés, il présentera la valeur absolue des indicateurs pour la période considérée et leur évolution sur les périodes précédentes.

➤ Le tableau de bord de gestion courante

Ce tableau de bord est un outil de pilotage destiné à une utilisation à court terme. Il est suivi par les techniciens et agents de maîtrise qui sont ainsi responsabilisés et guidés dans les choix de priorité. Il est mis à jour en temps réel par les actions et transactions quotidiennes de la GMAO.

V.1.5 Les coûts de maintenance

Le coût global en maintenance est la somme de quatre principaux éléments suivants :

- Les coûts caractéristiques des dépenses mises en œuvre (ressources humaines, outillage, pièces de rechange, sous-traitance, etc.)
- Les coûts indirects répercutés à la maintenance par d'autres services ;
- Les coûts de non efficacité des équipements représentant les pertes de production pour l'entreprise ;
- Les coûts de possession des stocks, caractérisés par les frais financiers d'immobilisation du capital.

V.1.6 L'informatique et la maintenance

La collecte et le traitement de données relatives aux pannes et interventions effectuées, aux équipes de maintenance et à l'ordonnancement des opérations de maintenance effectuées ou à effectuer, fait de l'informatique un outil indispensable pour une bonne gestion de la maintenance. C'est ainsi qu'a été développé la GMAO (Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur) qui depuis maintenant plus de quinze ans s'est très largement répandue au sein des services de maintenance, tant chez les prestataires de service que sur des sites industriels.

La GMAO est un outil informatique structuré autour d'une base de données permettant de suivre et d'organiser toute l'activité d'un service de maintenance, sous les aspects technique, analytique et fonctionnel.

En mettant l'accent sur la gestion de la maintenance préventive, ce type de système permet de maintenir une meilleure gestion des équipements, des ressources humaines et techniques (stocks) et des dépenses budgétaires. Dans les pages qui suivent nous présenterons successivement les types de GMAO et leur installation.

V.1.6.1 Les options de mise en œuvre d'une GMAO

Suivant la stratégie de l'entreprise nous avons deux options :

➤ **L'individualisation** : c'est la conception et l'implémentation du progiciel de G.M.A.O en interne. En effet, c'est l'entreprise qui mobilise ses propres moyens pour élaborer le cahier des charges et pour développer le progiciel. L'avantage de cette option est la facilité d'exploitation du progiciel. Il faut noter aussi que du point de vue coût, elle est

moindre pour l'exploitation à long terme. Cependant sa mise en œuvre requiert l'implication de tous les acteurs et prend beaucoup plus de temps.

➤ **La standardisation** : elle consiste en une adoption des progiciels disponibles sur le marché. Ces progiciels sont souvent sous forme modulaire. Comme le souligne L.D Miles, fondateur de l'analyse de la valeur après la deuxième guerre mondiale : « si je ne peux obtenir un produit, je dois obtenir les fonctions du produit ». En effet, ici on n'achète que les fonctions utiles pour l'entreprise ; malgré qu'elle semble plus rapide, cette option présente des inconvénients ; par exemple le temps d'apprentissage des utilisateurs, l'apparition de dysfonctionnements dus de la volonté d'adapter la structuration et le mode de fonctionnement de l'entreprise au progiciel.

V.1.6.2 Les types de système de GMAO

Les solutions de GMAO existent en :

- monoposte,
- multiposte client/serveur,
- multi-sites,
- ou globales intégrées dans un PGI (Progiciel de Gestion Industriel ou ERP).

Dans les trois (3) derniers cas, le système de GMAO doit s'intégrer dans un existant :

- PGI,
- logiciels de comptabilité,
- logiciels de gestion du personnel,
- logiciels de gestion clientèle.

V.1.6.3 L'installation d'une GMAO

Préalablement à l'installation d'une GMAO, il est utile de se poser quelques questions :

- quelles sont les attentes de la production vis-à-vis du service de maintenance ?... et de l'entreprise en général ?
- quelles sont les difficultés internes aux services ?
- l'équipe de maintenance est-elle prête (connaissances, compétences, état d'esprit) ?
- quel est le budget alloué ?
- est-il possible d'initier un module sous Excel ou Access ?
- les ressources disponibles sont-elles suffisantes ?

- quels sont les échéances à venir (audit, nouvelle ligne,...) ?

L'implication des personnels concernés doit être forte. C'est principale à eux de définir leur besoin :

- maintenance préventive,
- gestion des interventions,
- gestion des stocks de pièces de rechange (état, achat, paiement...),
- gestion de l'équipe,
- gestion des formations.

Sept (7) conditions sont nécessaires à la réussite d'un projet de GMAO, il s'agit :

- de la qualité du cahier des charges fonctionnel,
- de la pertinence du choix du logiciel (répond aux attentes, interface graphique et fonctions ergonomiques et intuitives, intégrations si nécessaire aux outils existants),
- de l'implication du management,
- de la forte implication des personnes concernées à l'étude de besoin,
- de la formation du personnel,
- de la qualité du paramétrage initial du logiciel,
- de l'application effective des saisies régulières des informations à entrer par le personnel.

V.1.6.4 Les avantages

Selon une étude réalisée par l'A.F.I.M.E (Association Française de l'Industrie Mécanique) en 2003, les effets de la GMAO dans les entreprises l'ayant mise en œuvre sont les points suivants :

- amélioration des retours d'expérience,
- amélioration du suivi des coûts,
- amélioration des temps de maintenance,
- amélioration de la planification,
- amélioration de la gestion des stocks,
- augmentation de la fiabilité,
- augmentation de la disponibilité des machines,
- réduction des coûts de matériel,

- réduction de la main d'œuvre.

Il faut noter qu'il existe dans la fonction maintenance un autre type d'usage de l'informatique. Il s'agit de la M.A.O (Maintenance Assisté par Ordinateur) appelé aussi « système expert ». Ce dernier est surtout orienté côté opération de maintenance. En effet, c'est la mise en place de système capable de diagnostiquer et de reconfigurer un équipement en cas de défaillance.

V.2 Généralité sur les bases de données

V.2.1 Objectifs et avantages des bases de données

Un système d'information peut toujours être réalisé sans outil spécifique. On peut alors se demander quels sont les objectifs et avantages de l'approche SGBD par rapport aux fichiers classiques.

La réponse tient en neuf points fondamentaux :

- ✓ indépendance physique ;
- ✓ indépendance logique ;
- ✓ manipulation par des non informaticiens ;
- ✓ accès aux données efficaces ;
- ✓ administration centralisée des données ;
- ✓ non redondance des données ;
- ✓ cohérence des données ;
- ✓ Partageabilité des données ;
- ✓ Sécurité des données.

Remarque : ces neuf points, bien que caractérisant assez bien ce qu'est une base de données, ne sont que rarement réunis dans les SGBD actuels. C'est une vue idéale des SGBD.

V.2.2 Les bases de données relationnelles

Il existe actuellement 5 grands types de bases de données :

- ✓ Les bases hiérarchiques ;
- ✓ Les bases réseaux ;
- ✓ Les bases relationnelles ;
- ✓ Les bases déductives ;
- ✓ Les bases objets.

V.2.3 La conception des bases de données

V.2.3.1 Cycle d'abstraction de conception d'une BD

La conception du système d'information se fait par étapes, afin d'aboutir à un système d'information fonctionnel reflétant une réalité physique. Il s'agit donc de valider une à une chacune des étapes en prenant en compte les résultats de la phase précédente. D'autre part, les données étant séparées des traitements, il faut vérifier la concordance entre données et traitement afin de vérifier que toutes les données nécessaires aux traitements sont présentes et qu'il n'y a pas de données superflues.

Cette succession d'étapes est appelée cycle d'abstraction pour la conception des systèmes d'information.

V.2.3.2 Perception du monde réel et capture des besoins

Cette étape consiste à étudier les problèmes des utilisateurs de la base de données et à comprendre leurs besoins. Elle comporte des entretiens, des analyses, des flux d'information et des processus métier. Comme il est difficile de comprendre le problème dans son ensemble, le concepteur réalise des études de cas partiels. Le résultat se compose donc d'un ensemble de vues ou schémas externes qu'il faut intégrer dans l'étape suivante. Ces vues sont exprimées dans un modèle de type entité-association ou objet, selon la méthode choisie.

V.2.3.3 Elaboration du schéma conceptuel

Cette étape est basée sur l'intégration des schémas externes obtenus à l'étape précédente. Chaque composant est un schéma entité-association ou objet. Il résulte d'un modèle de problème représentant une partie de l'application.

V.2.3.4 Conception du schéma logique

Cette étape réalise la transformation du schéma conceptuel en structures de données supportées par le système choisi. Avec un SGBD relationnel, il s'agit de passer à des tables. Avec un SGBD objet-relationnel, il est possible de générer des types et des tables, les types étant réutilisables. Avec un SGBD objet, il s'agit de générer des classes et des associations.

V.2.3.5 Affinement du schéma logique

Une question qui se pose est de savoir si le schéma logique obtenu est un « bon schéma ». A titre de première approximation, un « bon schéma » est un schéma sans oublis ni redondances

d'informations. Pour caractériser plus précisément les «bons» schémas, le modèle relationnel s'appuie sur la théorie de la normalisation, qui peut être avantageusement appliquée à ce niveau.

V.2.3.6 Elaboration du schéma physique

Cette étape est nécessaire pour obtenir de bonnes performances. Elle nécessite la prise en compte des transactions afin de déterminer les patterns d'accès fréquents. A partir de là, il faut choisir les bonnes structures physiques: groupage ou partitionnement de tables, index, etc. C'est là que se jouent le plus souvent les performances des applications.

V.2.3.7 La maintenance

Elle consiste à faire évoluer les applications en fonction des besoins des utilisateurs, de l'environnement et des progrès technologiques.

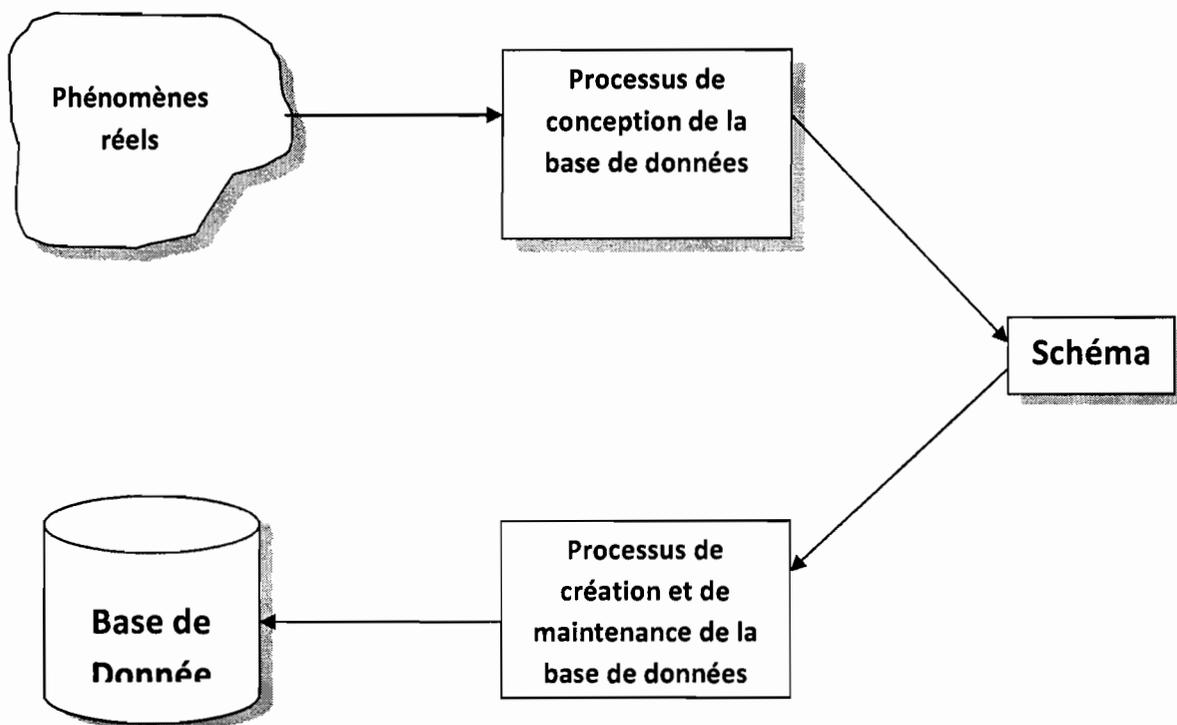


Figure 5.1 : Processus de conception dans le cycle de vie d'une base de données

V.2.4 Le modèle Merise

C'est une méthode d'analyse, de conception, de développement et de réalisation de projets informatiques. La méthode MERISE est basée sur la séparation des données et des traitements à effectuer en plusieurs modèles conceptuels, organisationnels et physiques. La séparation des données et des traitements assure une longévité au modèle. En effet, l'agencement des données n'a pas souvent à être remanié, tandis que les traitements le sont plus fréquemment ^[16].

La première version de MERISE date de Mai 1978 et fait suite à une consultation nationale lancée en 1977 par le Ministère français de l'Industrie dans le but de choisir des sociétés de conseil en informatique afin de définir une méthode de conception de Système d'Information.

Elle permet une description du SI sur différents niveaux :

- ✓ niveau conceptuel,
- ✓ niveau organisationnel,
- ✓ niveau logique,
- ✓ niveau physique ou opérationnel.

La description des données du SI suit un formalisme de représentation précis, simple et rigoureux. Ce formalisme a été normalisé au plan international par l'ISO sous le nom de « ENTITE RELATION ».

Merise permet d'établir une description détaillée de la structure de travail à mettre en place pour mener à bien le développement du SI.

Cependant il existe un autre modèle appelé modèle UML (Unified Modeling Language), qui est une méthode de modélisation orienté objet développée en réponse d'appel aux propositions lancés par l'OMG (*Object Management Group*) dans le but de définir la notation standard pour la modélisation des applications construites à l'aide d'objets.

V.3 Analyse conceptuelle du système de GMAO de Pusine de la C.C.I.S

L'informatique est un outil indispensable à la gestion efficace de la maintenance. Cependant sa mise en place n'est pas immédiate : une préparation est indispensable pour définir une solution informatisée. La construction méthodique d'une solution informatique repose sur une étude globale du service de la maintenance afin de définir les besoins.

Partant de ces données, il nous est maintenant possible de faire l'analyse conceptuelle du système d'information qui nous permettra d'améliorer davantage le système de maintenance actuel.

V.3.1 Etude du SGMAO existant

Cette étude comportera une présentation du logiciel existant suivie d'une analyse critique de ses fonctionnalités au regard de la spécificité de la CCIS et des règles de gestion d'un service de la maintenance définies par la théorie de la fonction maintenance. Il sera donc de donner les différentes faiblesses de ce SGMAO.

V.3.2 Présentation du logiciel

Depuis quelques années, (2001-2002) la CCIS s'est lancée dans une informatisation de la gestion de l'entreprise en général, et particulièrement du service de la maintenance, ceci suite à la certification ISO qui impose certaines exigences au service.

Le système existant est édité par l'informaticien de la CCIS, avec le logiciel de développement Windev. Il est sous l'environnement Windows, ce qui le rend assez convivial et ergonomique. C'est un logiciel de classe II.

Il est principalement utilisé par l'opérateur de saisie, rarement par le responsable du service de la maintenance ou son adjoint. Le seul poste qui lui est alloué principalement est l'ordinateur de l'opérateur de saisie

V.3.3 Les faiblesses du système actuel

Les insuffisances du système actuel seront de types conceptuel (d'ordre général), structurel, et fonctionnel

✓ Les faiblesses conceptuelles

La principale et la plus capitale insuffisance de système réside au niveau de la conception. Il n'y a aucun document relatif à l'analyse et de conception du système. Ce manque révèle en partie que les règles d'analyse et de conception des systèmes d'information n'ont pas été respectées. De plus, peu d'acteurs de service de la maintenance ont été impliqués lors de l'élaboration du système.

✓ Les faiblesses de type structurel

Il est pratiquement impossible de dire quel type de programmation a été appliqué lors de l'édition de ce système. Seul l'opérateur de saisie dispose d'un PC qui est alloué principalement à la GMAO. Le responsable du service de la maintenance, son assistant et le directeur technique font des visites rares à partir de leurs postes.

✓ Les faiblesses de type fonctionnel

Sur le plan fonctionnel la seule force de ce système est le stockage des données. A ce jour, même les mises à jour du stock en fonction des entrées et des sorties se font manuellement c'est-à-dire que lors d'une sortie de pièce, il faudrait faire le calcul manuellement et saisir la nouvelle quantité en stock.

La notion de tableau de bord, qui est en fait l'un des principaux objectifs d'un système de gestion de la maintenance, est quasi inexistant dans ce système

L'objectif de ce chapitre est la présentation des tables qui seront nécessaires à la base de données qui constituera le futur système de gestion de la maintenance.

Ainsi nous adopterons le plan suivant :

- présentation des besoins du service de la maintenance en termes de gestion,
- élaboration du modèle conceptuel de données,
- élaboration du modèle logique,
- élaboration du cahier des charges fonctionnelles.

V.4 Présentation des besoins du service de la maintenance en termes de gestion

V.4.1 Objectifs généraux

Cette étude de conception d'une base de données répond à la demande émise par la direction technique de l'usine CCIS, de disposer d'un outil leur permettant :

- de favoriser l'échange d'information et la capitalisation de savoir faire ;

Aussi avant la mise en place, étudier au besoin avec l'aide d'un acousticien, la meilleure position du groupe. Installer si nécessaire entre la machine et le massif béton des plots antivibratiles et équiper les tuyauteries de manchons souples.

IV.2 Dimensionnement du circuit eau glacée

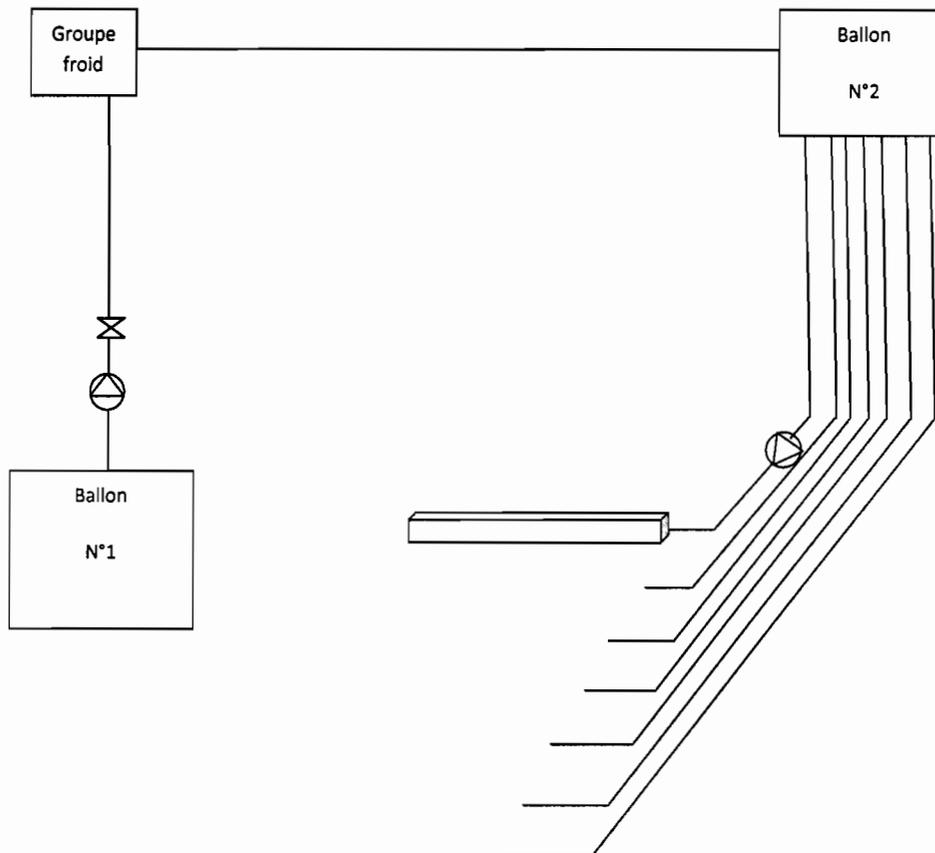


Figure 4.1 : schéma de l'installation du circuit eau glacée

NB : sur le schéma ci-dessus les autres bacs de refroidissement ainsi que les conduites d'évacuation de l'eau ne sont pas représentés.

- d'accroître la productivité en diminuant les temps d'arrêt pour pannes, en augmentant la réactivité et l'efficacité du service de maintenance, en généralisant la maintenance préventive ;
- de diminuer les coûts liés au stockage des pièces de rechange : optimisation du stock maintenance, optimisation des achats ;
- d'assurer la maîtrise quantitative et qualitative des interventions effectuées en sous-traitance et avec le personnel interne ;
- de faciliter la gestion des visites réglementaires (appareils à pression : pneumatique et hydraulique, appareils mécaniques,...) ;
- de disposer les éléments nécessaires pour le remplacement d'un équipement en fin de vie : historique des pannes, coûts divers...

V.4.2 Les besoins fonctionnels

Nous allons définir les principales caractéristiques des données à inclure dans la base constituera le futur système d'information.

V.4.2.1 La gestion des équipements

Les équipements doivent être structurés en lignes de production. Chaque ligne sera défini par :

- son numéro,
- sa désignation,
- l'année de sa mise en service,

Ainsi nous pourrons disposer d'une arborescence suivant des lignes de production, le process, la section et le secteur.

Un équipement sera défini par :

- ces références : le numéro de l'équipement, la marque, le numéro de série, le modèle, le type d'équipement, la photo de l'équipement, le schéma de l'équipement ;
- ces caractéristiques techniques : capacités (débit, tonnage,..), vitesse, poids, ... ;

- ces spécificités électriques : ce sont les divers paramètres décrivant les moteurs pour faciliter leur remplacement, leur maintenance, leur dépannage et les besoins du côté alimentation électrique ;
- les informations relatives à son achat : les références du fournisseur et du fabricant, la date d'achat et de mise en service, le prix d'achat, la garantie etc. ;
- les informations concernant son suivi comptable : les types d'amortissement, les charges d'amortissement ;
- les sources d'énergies utilisées : la nature et le nombre de source, les points de coupure et leurs localisations.

V.4.2.2 La gestion des stocks

Elle concerne les pièces de rechange, les outils et les consommables (graisse, huiles, etc.). Un article en stock sera déterminé par :

- son type : type de l'article en stock ;
- ses références : code, désignation, la quantité en stock, le seuil, la quantité économique ;
- l'équipement de destination ;
- la caisse de stockage ;
- les références du fournisseur (code, désignation).

Il faudra également des informations concernant :

- son utilisation : taux d'utilisation par équipement, sur l'ensemble du parc ;
- sa sortie : les références de la personne ayant effectué la sortie, les références du bon de sortie, la date et l'heure, la quantité sortie ;
- la commande de l'article : la date, le numéro de commande, la quantité commandée, les références de la personne ayant passé la commande, le prix unitaire ;
- la livraison : la date, le numéro de la facture, la quantité livrée.

V.4.2.3 La gestion des travaux

Elle concerne tous les travaux effectués sur les équipements de l'usine. Pour la réussir il nous faut des informations sur :

- l'intervention : les références du bon de travail, la nature de l'intervention, le code de priorité, la date de l'événement, la date de fin, la durée estimée de l'intervention et enfin l'impact de l'intervention sur la production ;
- le corps de métier concerné par l'intervention ;
- l'intervenant : pour un employeur de l'usine il nous faudra : son nom, la durée d'exécution c'est-à-dire le temps qu'il a mis pour effectuer l'intervention. En cas de sous-traitance, nous aurons besoin des références du sous-traitant ;
- les références de la demande de travail si l'intervention a été demandée ;
- les opérations de maintenance préventive effectuées ou à effectuer, les éléments sur lesquels elles sont réalisées ainsi que les références de la fiche de maintenance préventive.

V.4.2.4 Gestion du personnel

Elle doit permettre d'optimiser l'utilisation des ressources humaines, de connaître les compétences et la disponibilité de chaque employé. Elle aidera également à l'évaluation du personnel de la maintenance. L'employé sera déterminé par :

- son matricule ;
- son nom ;
- son prénom ;
- sa fonction.

Il faudrait des informations sur son service (nom du service).

V.4.3 Elaboration du modèle conceptuel des données

V.4.3.1 Dictionnaire des données

Après avoir défini les besoins du service de la maintenance en termes de gestion, il nous est maintenant possible d'établir le dictionnaire des données. Il permet de recenser toutes les

livraison	n°facture_livr	N	Le numero de la fature de livraison
	date_livr	date	La date de la livraison
employé	matricule	N	La matricule de l'employé
	nom_empl	texte	Le nom de l'employé
	prenom_empl	texte	Le prénom de l'employé
	fonct_empl	AN	La fonction de l'employé
	taux_hor	N	Le taux horaire de l'employé
intervention	design_serv	texte	La designation du service
	N°bon_travail	N	Le numéro du bon de travail
	Nature_interv	texte	La nature de l'intervention
	code_priorité_interv	N	La code priorité de l'intervention
	date_even	date	La date de l'événement
	date_fin	date	La date de fin
	durée_estimée	N	La durée estimée de l'intervention
	Impact_interv	texte	L'impact de l'intervention sur la production
Corps_métier	design_métier	texte	La désignation du corps métier
Demande_travail	N°demande	N	Le numéro de la demande de travail
Fiche_maintenance préventive	design_element	AN	La désignation de l'élément
	N°fiche_maint_prév	N	Le numéro de la fiche de maintenance préventive
	Date_fiche_prev	date	La date de la fiche
	Operation_maint_prev	texte	Le libellé de l'opération

Tableau 5.3 : Dictionnaire des données (suite 2)

fournisseur	Code_fournisseur	N	Le code du fournisseur
	Nom-fournisseur	texte	Le nom du fournisseur
	Adresse_fournisseur	texte	L'adresse du fournisseur
	Tél_fournisseur	N	Le numéro de téléphone du fournisseur
	Fax_fournisseur	N	Le numéro de fax du fournisseur
	Email_fournisseur	texte	L'adresse e-mail du fournisseur
	Nom_contact	texte	Le nom du contact fournisseur
	Prénom_contact	texte	Le prénom du contact fournisseur
	Tel_contact	N	Le numéro de téléphone du contact fournisseur
	Fax_contact	N	Le numéro de fax du contact fournisseur
	Email_contact	texte	L'adresse e-mail du contact fournisseur
Sous_traitant	Code_soustraitant	N	Le code du sous-traitant
	Design_soustraitant	texte	La désignation du sous-traitant
	Adresse_soustraitant	texte	L'adresse du sous-traitant
	Tel_soustraitant	N	Le numéro de téléphone du sous-traitant
	Fax_soustraitant	N	Le numéro de fax du sous-traitant
	Email_soustraitant	texte	L'adresse email du sous-traitant

Tableau 5.4 : Dictionnaire des données (suite 3 et fin)

V.4.3.2 Énoncés de quelques règles de gestion

Les règles de gestion du MCD précisent les contraintes qui doivent être respectées par le modèle. Elles expriment les contraintes d'intégrité du modèle. Celles-ci représentent les lois de l'univers du discours modélisé dans le système d'information. Pour le système que nous étudions, les principales règles de gestion sont :

- un article est stocké dans une seule caisse et une caisse peut stocker plusieurs types d'articles ;
- un article peut figurer sur plusieurs commandes et une commande peut contenir plusieurs type d'articles ;
- une commande donnée ne peut être effectuée que par le magasinier avec l'approbation préalable du directeur technique ou du responsable de la maintenance ;
- l'usage d'un article en stock (pièces de rechange, outillages ou consommables), lors d'une intervention, nécessite obligatoirement un bon de sortie magasin. De plus, on peut effectuer une sortie de plusieurs articles à la fois ;
- une livraison peut concerner plusieurs types d'articles mais ne provient que d'un seul fournisseur. Ce dernier peut effectuer plusieurs livraisons ;
- la réception des livraisons ne peut être faite que par le magasinier ;
- chaque équipement de l'usine provient d'un fournisseur et celui-ci peut fournir plusieurs équipements à l'usine de production ;
- une demande de travail ne peut être établie que par le responsable de la production ou par un des chefs d'équipe de production ;
- les interventions ne peuvent être confiées qu'aux agents de service de la maintenance ou à un sous-traitant disposant de toutes les ressources pour les effectuer ;
- l'agent devant effectuer une intervention doit disposer de toutes les informations concernant les moyens et équipements de protection individuelle nécessaires pour travailler sur l'équipement concerné ;
- certains équipements appartiennent à plus d'une ligne de production.

V.4.3.3 Le modèle conceptuel des données

Le modèle conceptuel des données (MCD) donne une représentation statique de l'ensemble des données manipulées par le service de la maintenance, ainsi que des relations entre ces données. Il a donc pour but de définir, de présenter et de structurer les différentes informations utilisées dans le domaine étudié.

Il dresse un inventaire exhaustif :

- des entités avec leur identifiant et leurs propriétés,
- des relations ou associations liant les entités,
- des cardinalités minimale et maximale,
- des contraintes d'intégrité fonctionnelle,
- des dépendances fonctionnelles,

Pour élaborer ce modèle, deux concepts sont utilisés :

- le concept d'entité (ou individu ou objet) ayant certaines propriétés,
- le concept de relation entre entités ayant aussi des propriétés.

Entités, relations et propriétés

Une **entité** (ou individu) est un objet concret ou abstrait dans l'univers du discours. Autrement dit, une entité est un concept qui présente un intérêt pour l'étude en cours.

Une entité a une existence propre, elle est identifiable et utilisée dans l'univers du discours (par exemple l'équipement). Elle est présentée par un exemple.

Une **relation** est une association perçue entre entités dans l'univers du discours. Elle n'a pas d'existence propre, elle est subordonnée à l'existence préalable des objets qu'elle regroupe, relation ou association est représentée par une ellipse. Elle représente un lien entre 1 ou « n » entités. Elle est bordée d'autant de " pattes " qu'il y a d'objets concernés par la relation.

Une **propriété** est un attribut que l'on perçoit sur une entité ou sur une association entre entités dans l'univers du discours (exemple la matricule d'un employé). Une propriété peut avoir une valeur.

V.4.3.4 Cardinalité minimum, cardinalité maximum

La cardinalité minimum est le nombre de fois ou chaque occurrence d'une entité est impliquée dans une occurrence de relation.

- La valeur 0 signifie qu'une occurrence d'une entité peut exister sans être impliquée dans aucune occurrence de la relation ;
- La valeur 1 ou « n » signifie qu'une occurrence d'une entité ne peut exister sans être impliquée dans 1 ou « n » occurrence de la relation.

La cardinalité maximum est le nombre maximum de fois ou chaque occurrence d'une entité est impliquée dans une occurrence de relation.

- La valeur 1 signifie qu'une occurrence d'une entité ne peut exister au maximum que dans une occurrence de la relation ;
- La valeur n signifie qu'une occurrence d'une entité peut être impliquée dans n occurrences de la relation.

Le MCD est représenté sur la page suivante, il a été construit sur la base des règles de gestion énoncées.

V.4.3.5 Le modèle logique des données (MLD)

Cette étape réalise la transformation du schéma conceptuel en structures de données pouvant être supportées par les systèmes de gestion de données existants. Il s'agit de passer à des tables. Un MLD décrit les structures de données indépendamment de la gestion physique des bases de données. Il est une étape intermédiaire vers le modèle physique de données.

Le passage du MCD au MLD se fait en fonction de règles que nous énoncerons à la page suivante. Celles-ci sont adaptées selon que l'on s'oriente vers un système de gestion de données ou autre. Les règles d'un tel passage examinent les cardinalités des associations entre les entités et l'existence éventuelle de propriétés dans l'association.

➤ Les règles de passage du MCD vers le MLD

Table et clé primaire : toute entité (objet de gestion) est transformée en table. Les propriétés de l'entité deviennent les attributs de la table. L'identifiant de l'entité devient clé primaire de la table.

Entité « sous-traitant »

Table « sous_traitant »

Sous-traitant		Sous-traitant
<u>Code_soustraitant</u>		<u>Code_soustraitant</u>
Désignation_soustraitant		Désignation_soustraitant
Adresse_soustraitant		Adresse_soustraitant
Tel_soustraitant		Tel_soustraitant
Fax_soustraitant		Fax_soustraitant
Email_soustraitant		Email_soustraitant

Figure 5.2 : a) Entité « sous_traitant » ; b) Table « sous_traitant »

- Relation binaire $(..., n) - (..., 1)$: la clé primaire de l'entité reliée par $(..., n)$ devient clé étrangère de l'entité reliée par $(..., 1)$.

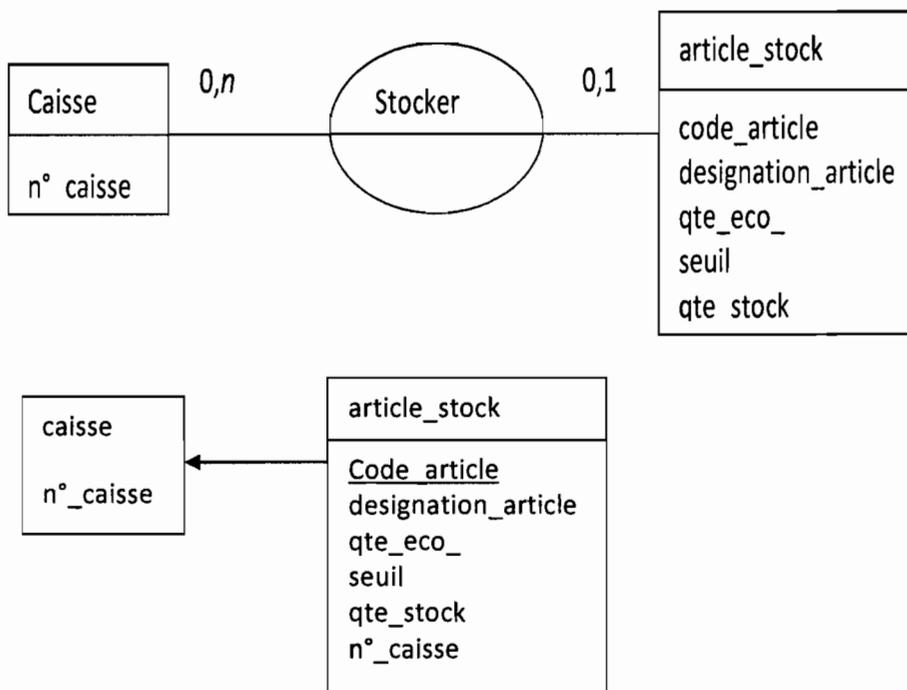


Figure 5.3 : passage du MCD vers le MLD dans le cas d'une relation binaire $(..., n) - (..., 1)$.

- Relation binaire $(0,1) - (1,1)$: la clé primaire de l'entité reliée par $(0,1)$ devient clé étrangère de l'entité reliée par $(1,1)$.
- Relation binaire et tertiaire $(000, n) - (0000, n)$: on crée une table supplémentaire ayant comme clé primaire une clé composée des clés primaires des deux entités.

Lorsque la relation contient elle-même des propriétés, celles-ci deviennent attributs de la table supplémentaire.

- Plusieurs relations entre deux entités : les règles générales s'appliquent ;
- Relations réflexives : nous appliquons les règles générales avec la seule différence que la relation est deux fois reliée à la même entité.

L'application de ces règles de passage nous a permis d'obtenir le MLD (Modèle logique de Données) qui figure sur la page suivante.

V.4.3.5.2 Passage du MCD au MLD

Équipement (n°équipement, marque, n°serie, type_equipement, photo_equipement, schéma_equipement, capacités, vitesse, poids, date_achat, n°facture, prix_achat, garantie, date_mise_service, type_amort, n°modèle, manufacturier, code_fournisseur)

Service_consommation (nom_service, cons)

Requérir (n°équipement, nom_service)

Ligne_production (n°ligne, désignation, date_mise_service)

Appartenir_1 (n°équipement, n°ligne)

Modèle (n°modèle, libellé_modèle)

Spécification_electrique (n°spec_elec, libellé_spec_elec)

Consommer (n°équipement, n°spec_elec, HP, volt, phase, amps, MPS, RPM, kVa, KW)

Fabriquant (manufacturier, pers_ressource_fab, tel_fab, fax_fab, email_fab)

Fiche_maintenance_preventive (n°fiche_prev, date_fiche_prev, operation_maint_prev, element, n°équipement)

Source_energie (libellé_source)

Utiliser_2 (n°équipement, libellé_source, nombre, identification, localisation, cadenas)

Intervention (n°bon_travail, n°équipement, nature_interv, code_priorité_interv, date_evenement, date_fin, durée_estimée, impact_interv, n°demande)

Utiliser_3 (n°bon_travail, code_article, qte_utilisée)

Confier_1 (n°bon_travail, matricule, durée_execution)

Demande_travail (n°demande, matricule)

Corps_métier (design_corps)

Sous_traitant (code_soustraitant, design_soustraitant, adresse_soustraitant, tel_soustraitant, fax_soustraitant, email_soustraitant)

Confier_2 (code_soustraitant, n°bon_travail, date_h_debut, date_h_fin, coût)

Article_stock (code_article, design_article, qte_eco, seuil, qte_stock, n°caisse, type_art)

Affecter (n°équipement, code_article, qte_affect Equip)

Fournisseur (code_fournisseur, fournisseur, adresse_fournisseur, tel_fournisseur, fax_fournisseur, email_fournisseur, nomcontact, prenomcontact, tel_contact, fax_contact, email_contact)

Livraison (n°facture_livre, date_livre, code_fournisseur)

Concerner (n°facture_livre, code_article, qte_livre)

Caisse (n°caisse)

Sortie (n°bon_sortie, date_heure, matricule)

Concerner_2 (n°bon_sortie, code-article, qte_sortie)

Employé (matricule, nom, prénom, fonction, taux_horaire, design_serv)

Commande (n°commande, date_commande, matricule)

Concerner_1 (n°commande, code_article, qte_commande, prix_unit_art)

V.5 Les critères de choix d'un système de gestion de base de données relationnelles (SGBDR)

Les logiciels que sont les systèmes de gestion de bases de données (SGBD) cherchent à tirer le meilleur parti des progrès de l'informatique et des réseaux pour assurer une gestion efficace et efficiente des données. Le SGBDR choisi pour implémenter notre application doit :

- ✓ garantir l'intégrité des données : l'intégrité recouvre la cohérence (impossibilité de déduire deux propositions contradictoires du contenu de la base) et la fidélité (traduction sans biais de la réalité) des données ;
- ✓ assurer la sécurité des données en garantissant qu'en cas d'erreur de manipulation, de panne, ou de malveillance, la base de données puisse être restaurée dans un état valide;

- ✓ permettre la confidentialité par la privatisation de l'accès et/ou la manipulation de certaines données ;
- ✓ assurer le partage des données en mettant en œuvre des mécanismes de concurrence permettant à plusieurs utilisateurs de manipuler simultanément les mêmes collections de données ;
- ✓ Permettre la répartition technique des données sur plusieurs sites clients et éventuellement serveurs sans que cela transparaisse au niveau des utilisateurs de la base.

Cependant, en plus de ses critères de sécurité, sa portabilité et surtout aussi sa gratuité (free wear) font que MYSQL est le choix le plus indiqué pour l'implémentation de notre application bien que tant d'autres SGBDR tel que Access, Progre SQL, mSQL et Oracle nous auraient permis d'implémenter notre application. Par contre, MYSQL gère très mal les transactions mais ceci ne constituera pas un blocage car on n'a pas beaucoup de transactions à gérer dans notre application.

V.5.1 Présentation de MySQL

MySQL est devenue le système de gestion de base de données open source la plus populaire grâce à sa performance, sa haute fiabilité et sa simplicité d'utilisation.

Non seulement MySQL est SGBDR open source la plus populaire au monde, mais elle est également devenue le choix de prédilection de toute une nouvelle génération d'applications construites sur la plate-forme LAMP (Linux, Apache, MySQL, PHP / Perl / Python.) MySQL fonctionne sur plus de 20 plates-formes, notamment Linux, Windows, OS/X, Solari, HP-UX, AIX ou Netware, une polyvalence nous permettant de maîtriser toutes les situations.

L'implémentation de notre application se fera avec la version 1.8 de MYSQL sous l'environnement de EasyPHP.

EasyPHP installe et configure automatiquement un environnement de travail complet sous Windows permettant de mettre en oeuvre toute la puissance et la souplesse qu'offrent le langage dynamique PHP et son support efficace des bases de données. EasyPHP regroupe un serveur Apache, une base de données MySQL, le langage PHP ainsi que des outils facilitant le développement de notre environnement Web ou de notre application.

V.5.3 Les instructions SQL

Le langage SQL comprend :

- *Le langage de définition de données (LDD) :*
 - Il permet de créer, de modifier, de supprimer des objets ;
 - Il permet également de définir le domaine des données (nombre, chaîne de caractères, date, booléen, ect.) et d'ajouter des contraintes de valeur sur les données ;
 - Les instructions du LDD sont : CREATE, ALTER, DROP, etc.
- *Le langage de manipulation de données (LMD) :*
 - Il permet l'ajout, la suppression et la modification de lignes, la visualisation du contenu des tables et leur verrouillage ;
 - Les instructions du LMD sont INSERT, UPDATE, DELETE, SELECT, etc.

V.5.4 Les types de données SQL

Les types de données peuvent être :

- INTEGER : ce type permet de stocker des entiers signés codés sur 4 octets,
- BIGINT : ce type permet de stocker des entiers signés codés, sur 8 octets,
- REAL : ce type permet de stocker des réels comportant 6 chiffres significatifs codés sur 4 octets,,
- DOUBLE PRECISION : ce type permet de stocker des réels comportant 15 chiffres significatifs codés sur 8 octets,
- NUMERIC (précision, longueur) : ce type permet de stocker des données numériques à la fois entières et réelles avec une précision de 1000 chiffres significatifs, longueur précise le nombre maximum de chiffres significatifs stockés et précision donne le nombre maximum de chiffres après la virgule,
- CHAR (longueur) : ce type de données permet de stocker des chaînes de caractères de longueur fixe, longueur doit être inférieur à 255, sa valeur par défaut est 1.
- VARCHAR (longueur) : ce type de données permet de stocker des chaînes de caractères de longueur variable, longueur qui doit être inférieur à 2000, il n'y a pas de valeur par défaut,
- DATE : ce type de données permet de stocker des données constituées d'une date,
- TIMESTAMP : ce type de données permet de stocker des valeurs constituées d'une date et d'une heure,

- BOOLEAN : ce type de données permet de stocker des valeurs booléenne,
- MONEY : ce type de données permet de stocker des valeurs monétaires,
- TEXT : ce type de données permet de stocker des chaînes de caractère de longueur variable.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le travail de projet de fin d'étude (PFE) présenté dans ce mémoire a porté sur l'étude et l'installation d'un groupe de froid et la création d'une base de données pour la gestion de la maintenance à la C.C.I.S. Nous avons proposé une démarche simple et efficace pour l'analyse du système de production d'eau glacée par compression. En effet, partant des connaissances théoriques acquises lors de notre formation sur la production de froid et la gestion de la maintenance, et en passant par une étude du système actuel de l'usine, nous avons établi des recommandations très pratiques et faciles à mettre en place.

En premier lieu, nous avons commencé par un bref rappel des modes de production de froid, puis nous avons effectué une analyse du système actuel en vue de déceler les problèmes auxquels il est soumis.

Dans la deuxième partie, nous avons apporté quelques propositions de solutions pour réduire la consommation d'énergie du système et avons procédé à un dimensionnement de l'installation afin de déterminer le groupe approprié.

En troisième lieu, nous avons abordé l'installation du groupe. Dans cette partie nous avons effectué un dimensionnement du circuit électrique mais également du circuit d'adduction en eau glacée pour le refroidissement des tuyaux.

Enfin la quatrième partie de ce mémoire a traité l'informatisation du système de maintenance. En effet, pour une gestion efficace de la maintenance une base de données a été mise en place. Dans cette dernière partie, nous avons pu franchir toutes les phases de modélisation du système informatique avec l'utilisation de la méthode MERISE. Et enfin nous avons terminé par l'implémentation de la base par l'application MySQL

Les recommandations suivantes sont données :

1. assurer un bon entretien de l'installation, nettoyer et dégivrer régulièrement les condenseurs afin d'éviter les dépôts de tartre et l'encrassement des échangeurs qui réduisent la puissance des aérofrigérants ;
2. adapter la température de condensation en fonction des saisons ;
3. adapter les conditions d'exploitation qui ont un impact important sur la consommation d'énergie ;
4. s'assurer de la compétence des utilisateurs ;

5. assurer un suivi précis des principales caractéristiques de l'installation ;
6. assurer un bon suivi et un contrôle régulier de la base de données ;
7. assurer une formation spécialisée pour les utilisateurs de la base

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Technologie des installations frigorifiques 8^o édition Pierre RAPIN Patrick Jacquard
- [2] Aide – Mémoire (Formulaire du froid) 11^o édition Pierre RAPIN Patrick Jacquard
- [3] Notes de cours de froid et climatisation (Mr Banda NDOYE)
- [4] Technologie des matières frigorifiques (Formation : Technicien et ingénieur)
- [5] Analyse de fonctionnement des installations frigorifiques (Formation : Technicien et ingénieur)
- [6] Guide de l'installation électrique SCHNEIDER
- [7] Guide distribution et puissance Legrand
- [8] E.C.S l'eau chaude sanitaire dans les bâtiments résidentiels et tertiaires (collection des guides thématiques de l'AICVF, par Gilles OLIVE et Alain TRIBOULET)
- [9] Notes de cours réseau et installation électrique (Mr Gaskel GNINGUE)
- [10] Notes de cours de gestion des projets
- [11] Notes de cours de réseaux et installations électriques
- [12] Notes de cours sur les bases de données
- [13] Notes de cours transmission de chaleur
- [14] Bases de données (objet et relationnel) collection Eyrolles par Georges GARDARIN
- [15] PFE : conception d'un système de maintenance et de gestion des stocks à l'usine de KIRENE SIAGRO (Michel D SENE et Jeanine AKOSSI) 2005/2006.

[16] PFE : conception et pré développement d'une application web intégrant une base de données MYSQL pour l'aide à la conception de projets de production industriel (par Barham THIAM et Sérigne Gueye KANE)

[17] Notes de cours plomberies industrielles

[18] P. MATHIEU 'DES BASES DE DONNÉES À L'INTERNET' Enseignant à l'Université de Lille et Chercheur au Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille (LIFL) à l'Université des Sciences et Technologies de Lille (USTL)

[19] www.beconcept.fr

[20] www.ciat.com (groupe d'eau glacée)

[21] www.seipp.com (bac de refroidissement)

[22] www.ucio.fr

[23] www.mrw.wallonie.fr (cours sur la production de froid)

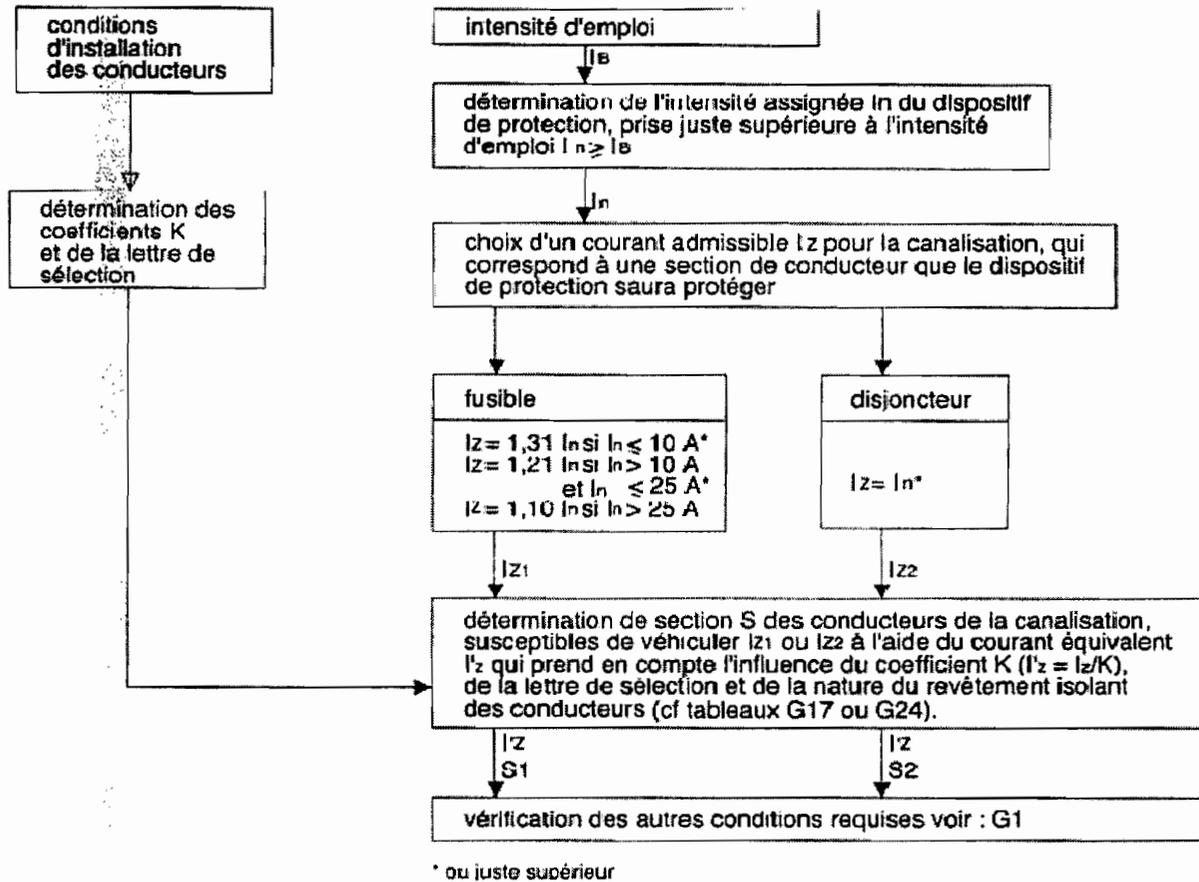
[24] www.siteduzero.com (cours sur l'informatique en général)

[25] www.cef-sa.com/produits-antivibratoires-plots-butes.html

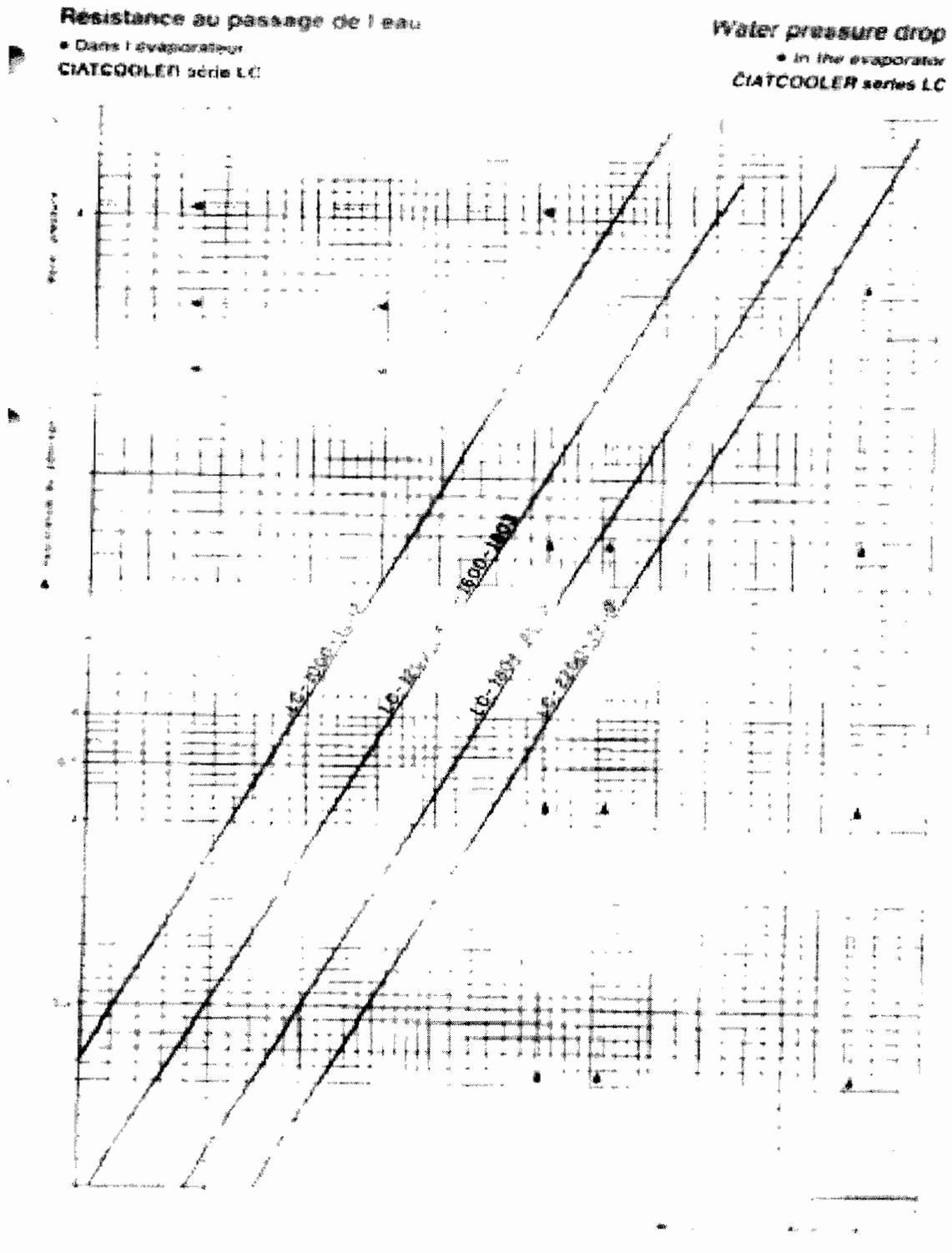
[26] www.mysql.fr

[27] www.sqlpro.developpez.com

ANNEXES



Annexe A1 : Logigramme de la détermination de la section des canalisations



Annexe A16 : résistance au passage de l'eau

Caractéristiques techniques et électriques

Technical and electrical characteristics

**CIATCOOLER série LC
3 compresseurs 2 circuits frigorifiques**

**CIATCOOLER series LC
3 compressors 2 refrigerant circuits**

LC		1200	1400	1600	1800	
Compressors Compresseurs	Number Nombre	3				
	Type Type	Semi-hermetic Semi-hermetique				
	Speed of rotation Relation speed RPM r.p.m.	1450				
	Refrigerant type Refrigerant fluid	R 22				
Regulation de puissance Capacity control		%	100-88-77-66	100-88-77-66-55-44	100-88-77-66-55-44-33-22	
Evaporator Evaporateur	Number Nombre	7				
	Type Type	Multi-circuit Multi-circuit				
	Capacity in air Watt air flow Condition standard Refrigerant element	L	180			
		W	240			
Condenser à air Air cooled condenser	Number Nombre	1				
	Type ventilateur Type of fans	Helixon D 780 - Accouplement direct Propeller 780 - Direct drive				
	Number ventilateurs Number of fans	6		8		
	Capacity of fan Air flow power 900 l/min 900 r.p.m.	kWh	1.5			
	Total air flow Total air flow	m ³ /h	104 700	105 000	146 400	145 800
	Capacity of fan Air flow power 730 l/min 730 r.p.m.	kWh	0.75			
	Total air flow Total air flow	m ³ /h	84 300	83 300	115 800	114 500

LC		1200	1400	1600	1800	
COMPRESSEURS - COMPRESSORS						
Intensity nominal Max. nominal current	230 V*	417 (2 x 130)	463 (2 x 137) + (1 x 129)	609 (2 x 157) + (1 x 152)	585 (3 x 190)	
	400 V	242 (3 x 81)	264 (2 x 91) + (1 x 81)	296 (2 x 97) + (1 x 112)	339 (3 x 113)	
MOTEURS VENTILATEURS - FANS MOTORS						
330 / 400 V 3 ph - 400 V + Terre + Earth	900 l/min 900 r.p.m.	Intensity nominal Nominal current	230 V*	45.8 (2.3 x 8)	54.4 (7.3 x 8)	
		400 V	25.7 (1.2 x 8)	31.8 (1.2 x 8)		
	730 l/min 730 r.p.m.	Intensity nominal Nominal current	230 V*	27 (1.5 x 8)	36 (1.5 x 8)	
		400 V	15.6 (2.8 x 8)	20.8 (2.8 x 8)		
COMPRESSEURS + MOTEURS VENTILATEURS - COMPRESSORS + FANS MOTORS						
900 l/min 900 r.p.m.	Intensity nominal Max. nominal current	230 V*	463.8	488.8	647.4	642.4
	400 V	268.2	284.2	326.8	379.6	
730 l/min 730 r.p.m.	Intensity nominal Max. nominal current	230 V*	444	488.8	645.8	621.0
	400 V	258.6	278.8	315.8	359.8	
CIRCUIT AUXILIAIRE - AUXILIARY CIRCUIT						
230 V 1 ph - 50 Hz	Intensity nominal Nominal current	17	17	3	3	
		12	12	5	5	

* 230 V - 0 ph : installation réglementaire en FRANCE
(1) Fonctionnement été et demi-saison
(2) Fonctionnement hiver

* 230 V - 0 Ph : controlled installation in France
(1) Summer and mid-season operation
(2) Winter operation

Annexe A18 : Caractéristiques techniques et électriques

Les groupes CIATCOOLER série LC constituent une nouvelle génération de refroidisseurs de liquide à condenseur à air. Ils bénéficient des dernières évolutions technologiques et sont équipés de composants performants.

- Compresseurs semi-hermétiques de type DISCUS
- Evaporateur multitubulaire équipé de tubes hautes performances.
- Condenseur à air équipé de batteries à tubes cuivres quinquoncés, ailettes gaufrées à bords ondulés, ventilateurs à pales profilées.
- Régulation, surveillance et gestion du groupe par un module électronique à microprocesseur.

L'ensemble de ces innovations technologiques font des refroidisseurs de liquide CIATCOOLER série LC des ensembles fiables et performants.

Ces appareils peuvent être fournis avec l'équipement hydraulique incorporé (gamme LCH) se reporter à la notice technique RZH - LCH.

Ils sont fabriqués en conformité aux directives

- Machines (89 / 392 CEE modifiée).
- CEM (89 / 336 CEE).

Gamme

● CIATCOOLER série LC

- 2 compresseurs, 2 circuits frigorifiques, 2 modèles : 1000, 1202.
- 3 compresseurs, 2 circuits frigorifiques, 4 modèles : 1203 - 1400 - 1600 - 1803.
- 4 compresseurs, 2 circuits frigorifiques, 4 modèles : 1804 - 2000 - 2200 - 2400.

Description

Le CIATCOOLER série LC standard est livré avec :

- Compresseurs semi-hermétiques.
- Condenseur à air à ventilateurs hélicoïdes.
- Evaporateur multitubulaire.
- Fonctionnement été et demi-saison (T° extérieure minimum : +12 °C).
- Armoire électrique de puissance et de télécommande
- Alimentation électrique : 400 V $\pm 10\%$ - 3 ph - 50 Hz + terre.
- Module électronique de régulation, surveillance, gestion à microprocesseur MRS1-4.1.

Pour d'autres alimentations électriques: nous consulter

- Ensemble monté sur un châssis en profilé d'acier galvanisé.

Composition

● Compresseurs semi-hermétiques :

- Alternatif à pistons type DISCUS.
- Moteur incorporé, refroidi par les gaz aspirés.
- Lubrification sous pression contrôlée par pressostat différentiel.
- Protection électronique intégrale du moteur.

The CIATCOOLER series LC units are part of a new generation of liquid chillers with an air-cooled condenser. They benefit from the last technological developments and are equipped with performing components.

Semi-hermetic compressor, DISCUS type.

- Shell and tube evaporator fitted with high performance tubing.

- Air-cooled condensers fitted with coils, slaggered copper tubes, rippled edges corrugated fins, extruded blades fans.

- Control and survey of the unit by microprocessor electronic module.

With all these technological innovations, the CIATCOOLER series LC liquid chillers combine reliability, with performance.

These units can be supplied with the hydraulic equipment integrated (LCH range). Refer to technical brochure RZH - LCH.

They are manufactured in conformity with the directives :

- Units (89 / 392 CEE modified).
- CEM (89 / 336 CEE)

Range

● CIATCOOLER series LC

- 2 compressors, 2 refrigerant circuits, 2 models : 1000, 1202.
- 3 compressors, 2 refrigerant circuits, 4 models : 1203 - 1400 - 1600 - 1803.
- 4 compressors, 2 refrigerant circuits, 4 models : 1804 - 2000 - 2200 - 2400.

Description

The standard CIATCOOLER series LC unit is delivered with:

- Semi-hermetic compressors.
- Air-cooled condenser with propeller fans.
- Shell and tube evaporator.
- Summer and mid-season operation (minimum exterior temperature + 12 °C)
- Electrical power and control panel.
- Electrical supply : 400 V $\pm 10\%$ - 3 ph - 50 Hz + earth.
- Display and control electronic module with MRS1-4.1 microprocessor.

For other electrical supplies, consult us.

Assembly mounted on a galvanized steel frame.

Composition

● Semi-hermetic compressors :

- Reciprocating, DISCUS type.
- Integral motor, cooled by suction gas.
- Pressure lubrication controlled by a differential pressostat.
- Integral electronic protection of motor.

Annexe A19 : Caractéristiques des groupes CIAT

● Evaporateur :

- Faisceau tubes cuivres.
- Plaques tubulaires en acier.
- Virole en acier.
- Chicane anti-corrosion.
- Isolation thermique.

Nos évaporateurs sont agréés par les organismes officiels suivants :

- DRIR (Service des Mines) : FRANCE.
- TUV (Self inspection) : ALLEMAGNE.
- SA (Self inspection) : SUEDE.
- VERITAS : ESPAGNE.
- ISPESL : ITALIE.

Sur demande, ils peuvent être conçus suivant d'autres réglementations.

● Condenseur à refroidissement par air :

- Batteries tubes cuivre, ailettes aluminium.
- Ventilateurs hélicoïde, accouplement direct.
- Vitesse de rotation 930 tr / mn.
- Moteurs étanches.

● Accessoires :

- Filtres déshydrateurs.
- Voyants hygroscopiques.
- Détendeurs thermostatiques.
- Contrôleur de circulation d'eau.

● Armoire électrique :

- Protection circuit puissance.
- Protection du circuit télécommandé.
- Contacteurs moteurs compresseurs.
- Prise de terre générale.
- Armoire conforme aux normes NF C 15-100 et EN 60 204.

- Module électronique à microprocesseur MRS1-4.1 assurant les fonctions principales suivantes :

- Régulation de la température d'eau glacée avec la possibilité de faire varier le point de consigne en fonction de la température extérieure.
- Contrôle des paramètres de fonctionnement.
- Diagnostic des défauts : HP - BP, huile, débit d'eau, moteurs compresseurs ; antigel.
- Gestion automatique des temps de fonctionnement des compresseurs.
- Anti-court-cycle.
- 2^e point de consigne.
- Enregistrement du temps de marche compresseurs.
- Possibilité de commande et de surveillance par télégestion.

(voir notice spéciale MRS1-4.1).

● Appareils de régulation et de sécurité :

- Pressostats sécurité haute et basse pression
- Pressostats différentiel d'huile.
- Sonde anti-gel.
- Sonde eau glacée.

● Régulation de puissance :

- Dispositif de réduction de puissance électrique étagé sur les cylindres et ou en cascade sur les compresseurs.

● Châssis :

- En profilé d'acier galvanisé.

● Carrosserie :

- En tôle d'acier galvanisée.

● Evaporator :

- Copper tube bundle.
- Steel tubular plate.
- Steel shell.
- Anti-corrosion baffles.
- Thermal insulation.

Our evaporators are approved by the following official organisations :

- DRIR (Service des Mines) : FRANCE.
- TUV (Self inspection) : GERMANY.
- SA (Self inspection) : SWEDEN.
- VERITAS : SPAIN.
- ISPESL : ITALY.

On request, these evaporators can be built to other standards.

● Air-cooled condenser :

- Coils with copper tubes, aluminium fins.
- Propeller fans, direct drive.
- Rotation speed : 930 rpm.
- Sealed motor bearings.

● Accessories :

- Filter dryers.
- Hygroscopic sight glasses.
- Thermostatic expansion valves.
- Water flow switch.

● Electrical panel :

- Power circuit protection via circuit breakers.
- Remote control circuit protection.
- Compressor motors contactors.
- Fully earthed.
- Panel conform to norms NF C 15-100, IEE 16th edition 1991 and EN 60 204.

- MRS1-4.1 microprocessor electronic module ensuring the following functions :

- Chilled water temperature control with possibility to change the set point depending on the external temperature.
- Operating parameters control.
- Faults diagnosis : HP - LP, oil, water flow, compressor motors, antifreeze.
- Automatic management of compressors operating periods.
- Anti-short cycle.
- 2nd set point.
- Registration of compressors operating periods.
- Possibility of survey and control by BMS or computer

(see brochure MRS1-4.1).

● Control and safety equipment :

- High and low pressure safety pressostats.
- Oil differential pressostats.
- Anti-freeze sensor.
- Chilled water sensor.

● Capacity control :

- Electrical capacity reduction system, stage type on the cylinders and or cascade type on the compressors.

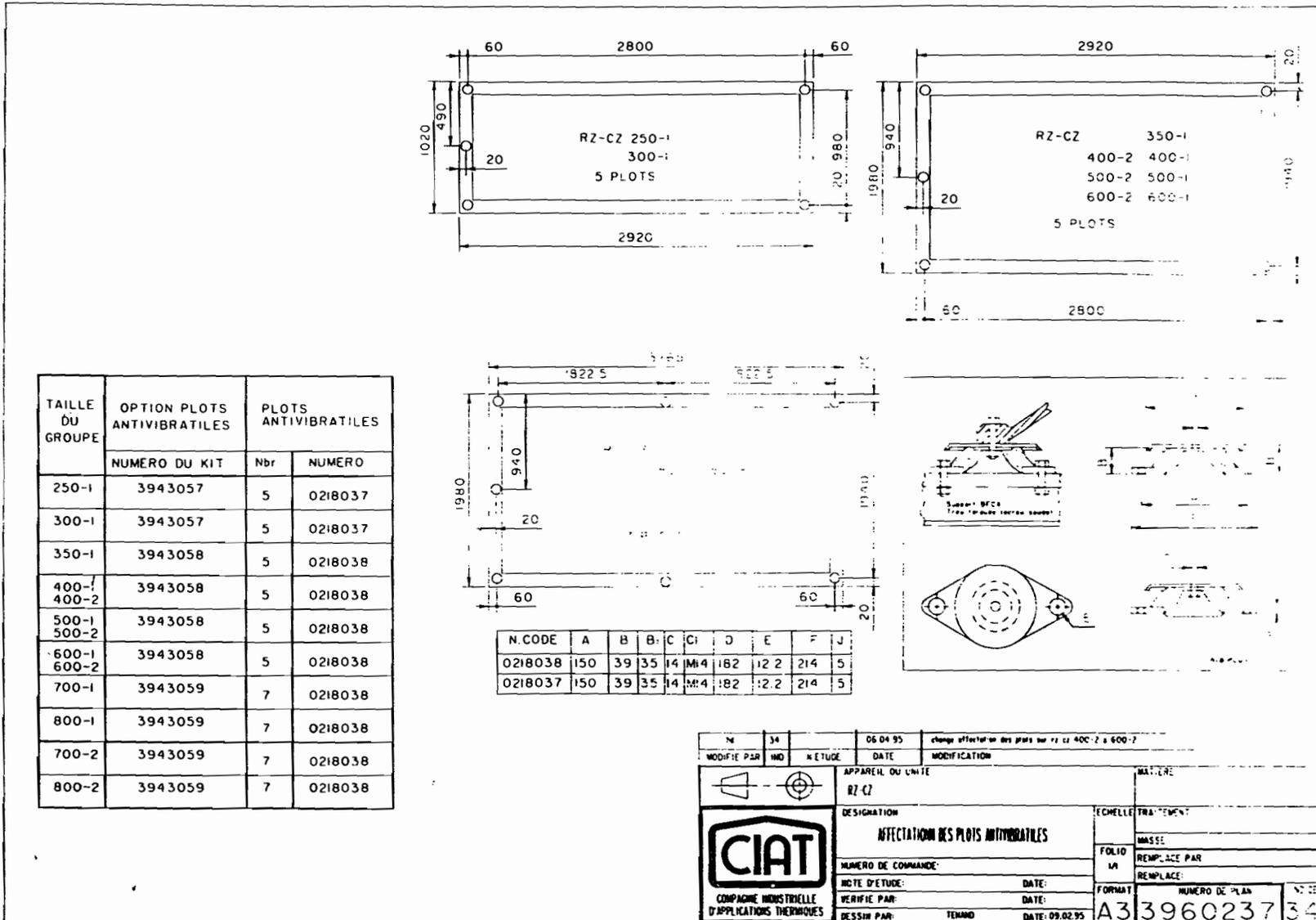
● Chassis :

- Galvanized steel section.

● Casing :

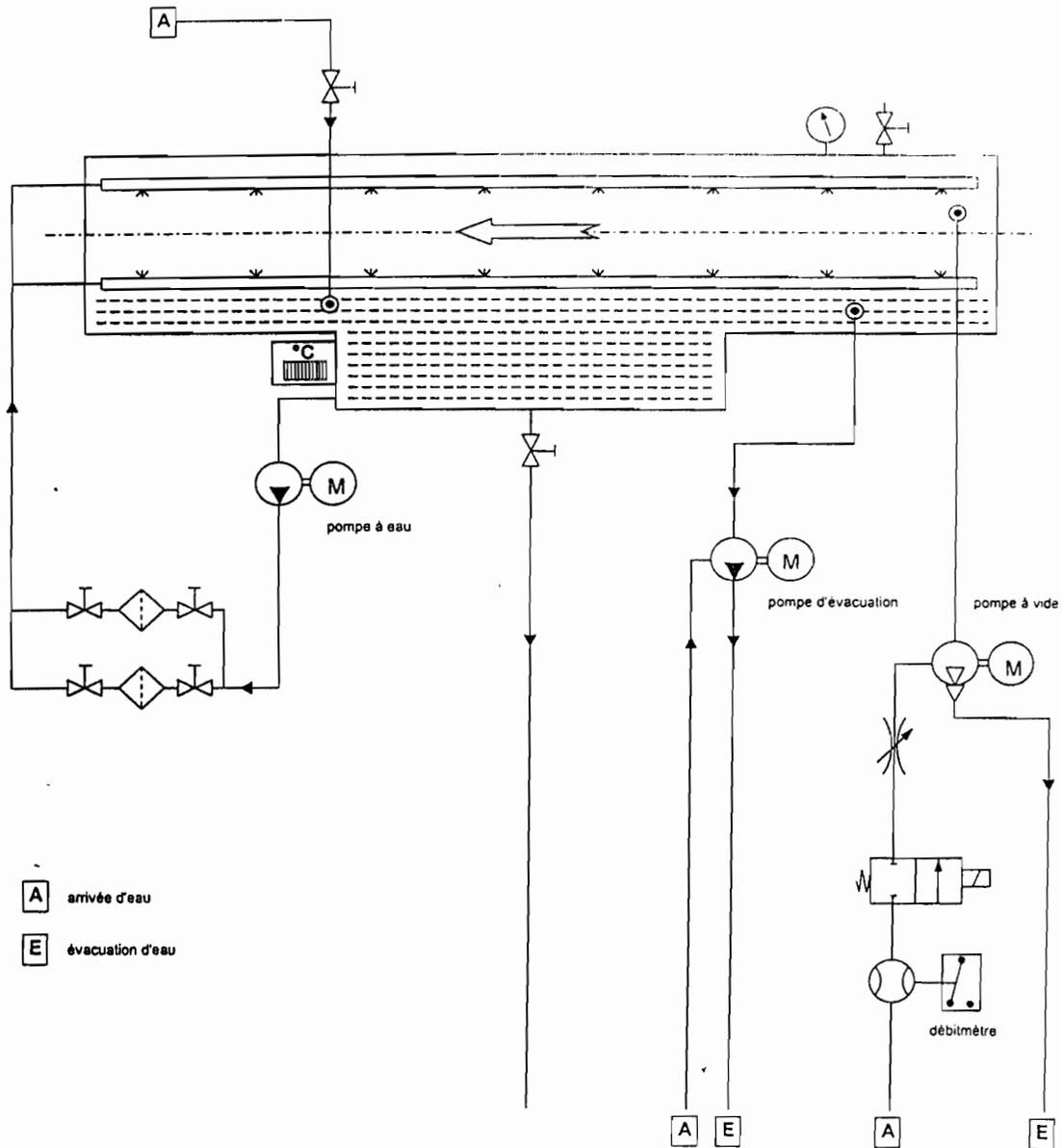
- Galvanized steel section.

BATTERIE=AL #PEINTURE=1 FACE RAL 5014 PEINTURE STANDARD #GOUSSET=AVEC POUR L'ETRANGER #MANOMETRE HP BP=SANS ET SANS CAISSON #EAU GLYCOLEE=SANS #PRESCRIPTION SPECIALE=SANS



397e6106 AA : RZ M 500 2 160.6H 400/3/50 DIRECT

Annexe A21 : Schéma d'installation des plots antivibratiles



Tous droits réservés.
 Toute reproduction ou divulgation à un tiers sont interdites sans notre accord écrit préalable.

Annexe A22 : Schéma de principe du bac de refroidissement

Choix des disjoncteurs Compact NS80 à 630

type de disjoncteur			NS80	NS125E	NSA160		
nombre de pôles			3	3, 4	3, 4		
caractéristiques électriques selon IEC 60847-2 et EN 60847-2							
courant assigné (A)	In	40 °C	80	125	160		
tension assignée d'isolement (V)	Ui		750	750	500		
tension ass. de tenue aux chocs (kV)	Uimp		8	8	8		
tension assignée d'emploi (V)	Ue	CA 50/60 Hz	690	500	500		
		CC			250		
pouvoir de coupure ultime (kA eff)	Icu	CA 50/60 Hz	220/240 V	100	25	50	
			380/415 V	70	16	30	
			440 V	65	10	15	
			500 V	25	6		
			525 V	25			
			660/690 V	6			
			CC	250 V (1 pôle)			
			500 V (2 pôles série)				
pouvoir de coupure de série	Ics	(% Icu)	100 %	50 %	50 %		
aptitude au sectionnement			■	■	■		
catégorie d'emploi			A	A	A		
endurance (cycles F-O)	mécanique		20000	10000	10000		
	électrique	440 V - In/2	10000	6000	5000		
		440 V - In	7000	6000	5000		
caractéristiques électriques selon Nema AB1							
pouvoir de coupure (kA)			240 V	100	5		
			480 V	65	5		
			600 V	10			
protection (voir pages suivantes)							
protection contre les surintensités (A)	Ir	déclencheur interchangeable					
protection différentielle		dispositif additionnel Vigi		■	■		
déclencheur électronique		STR22SE					
		long retard Ir					
		court retard Im					
		temporisation					
		seuil instantané					
		STR23SE					
		long retard Ir					
		court retard Im					
		temporisation					
		seuil instantané					
		STR23SV					
		long retard Ir					
		court retard Im					
		temporisation					
		seuil instantané					
		STR33UE					
		long retard Ir					
		court retard Im					
		temporisation					
		seuil instantané					
		STR53SV					
		long retard Ir					
		court retard Im					
		temporisation					
		seuil instantané					
		STR22ME (protection moteur)					
		long retard Ir					
		court retard Im					
		manque de phase					
		seuil instantané					
		STR43ME (protection moteur)					
		long retard Ir					
		court retard Im					
		manque de phase					
		seuil instantané					

Annexe A12 : Choix du disjoncteur de protection du circuit

I.2.1 La production par absorption

I.2.1.1 Théorie de la réfrigération par absorption

La méthode de réfrigération par absorption utilise un cycle purement thermique qui repose sur des différences d'affinité entre deux corps, suivant leurs conditions thermodynamiques : pression, température, concentration. Pour que l'affinité puisse se manifester il est nécessaire que les deux corps ne soient pas solides, que l'un des deux corps au moins ne soit pas gazeux. L'absorption est l'affinité entre deux fluides (liquide-liquide ou liquide-vapeur).

Le fluide de travail du système est une solution contenant un fluide de réfrigération (un réfrigérant) et un absorbant, qui ont l'un pour l'autre une forte affinité.

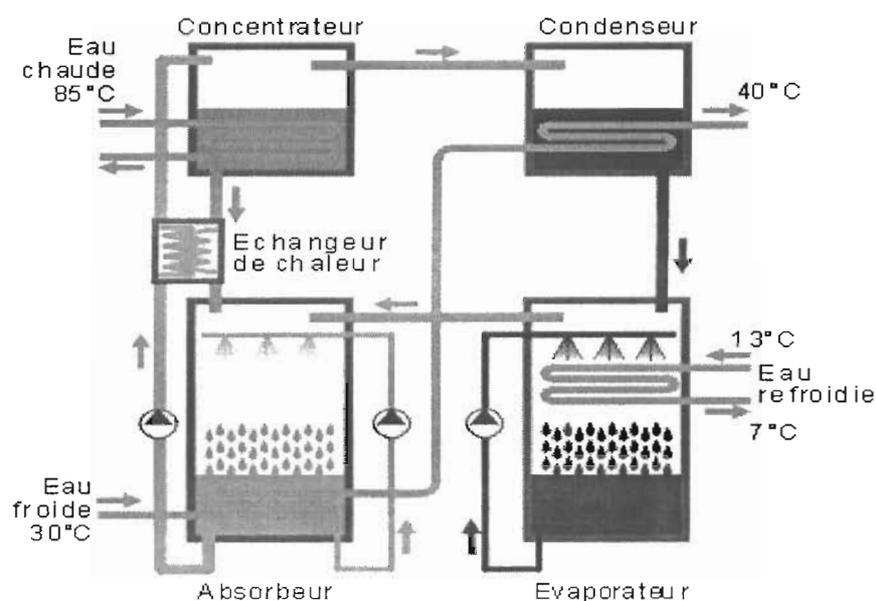


Figure 1.3 : Système de production par absorption

Le concentrateur est également appelé générateur

On apporte de la chaleur à une solution de réfrigérant et d'absorbant contenu dans le générateur, ce qui produit une évaporation du réfrigérant, qui se sépare du mélange en abandonnant une solution pauvre en réfrigérant. La vapeur produite pénètre dans le condenseur où, elle se liquéfie en cédant de la chaleur. L'ensemble du générateur et du condenseur constitue la partie à **haute pression** du système.

Le réfrigérant liquide est accumulé dans le condenseur pour ensuite être détendu de cette zone à haute pression vers un évaporateur à **basse pression**, où il s'évapore en effectuant la réfrigération.

Afin d'assurer une continuité de service pour les installations existantes, les producteurs de fluides frigorigènes ont élaboré des mélanges dit de transition à base de HCFC (R22, R124, R142b, 152a) ayant une durée de vie d'une quinzaine d'années et des fluides définitifs (corps purs ou mélanges) : R23, R32, R125, R134a, R404A, R407c, etc. Ces produits permettent une conversion du fluide d'origine par un produit à faible (ou sans) action sur la couche d'ozone.

Cependant, il faut noter que ces réfrigérants ont des températures d'ébullition peu élevées (négatives) à la pression atmosphérique. Ce qui leur confère par conséquent les propriétés suivantes :

➤ durant l'ébullition, la température du fluide demeure constante. C'est aussi vrai pour l'eau qui se maintient à 100° C pendant toute la durée de l'ébullition. Cette caractéristique permet de stabiliser l'effet réfrigérant à une température précise (voir tableau 1.1).

Réfrigérant	Température d'ébullition
Eau H ₂ O	100 °C
R11 CFCL ₃	23,3 °C
R12 CF ₂ CL ₂	-29,8 °C
R22 CHF ₂ CL	-40,7°C
R500	-33,3°C
R502	-45,6 °C
Ammoniaque NH ₃	-33,3 °C

Tableau 1.1: Les températures d'ébullition de quelques réfrigérants [3]

➤ c'est durant l'ébullition qu'un fluide absorbe le plus de chaleur. A titre d'exemple, examinons les quantités de chaleur nécessaires pour chauffer ou refroidir un (1 kg) de liquide de 1 °C et pour évaporer et condenser un (1 kg) du même liquide à une température constante (voir tableau 1.2)

Liquide	Chaleur nécessaire pour chauffer le liquide de 1°C	Chaleur nécessaire pour évaporer le liquide à P_{atm}
Eau	4,17 kJ/kg. °C	2411 kJ/kg
R12	0,981 kJ/kg. °C	169 kJ/kg
R22	1,400 kJ/kg.°C	231 kJ/kg

Tableau 1.2 : Chaleur sensible de quelques liquides [3]

On constate que pour l'eau, la quantité de chaleur absorbée durant l'évaporation est équivalente au fait d'avoir élevé la température de 578 °C environ. Dans le cas des réfrigérants, c'est l'équivalent d'avoir élevé leurs températures d'environ 165 °C. Cette donnée démontre qu'on peut transmettre beaucoup plus d'énergie si on parvient à les faire vaporiser que si on ne les fait chauffer de quelques degrés.

I.2.2.2 Système de la réfrigération par compression

Les parties essentielles d'un système de réfrigération par compression sont :

- l'évaporateur ;
- le compresseur ;
- le condenseur ;
- le détendeur.

A coté de ces principaux éléments, il y a des éléments accessoires.

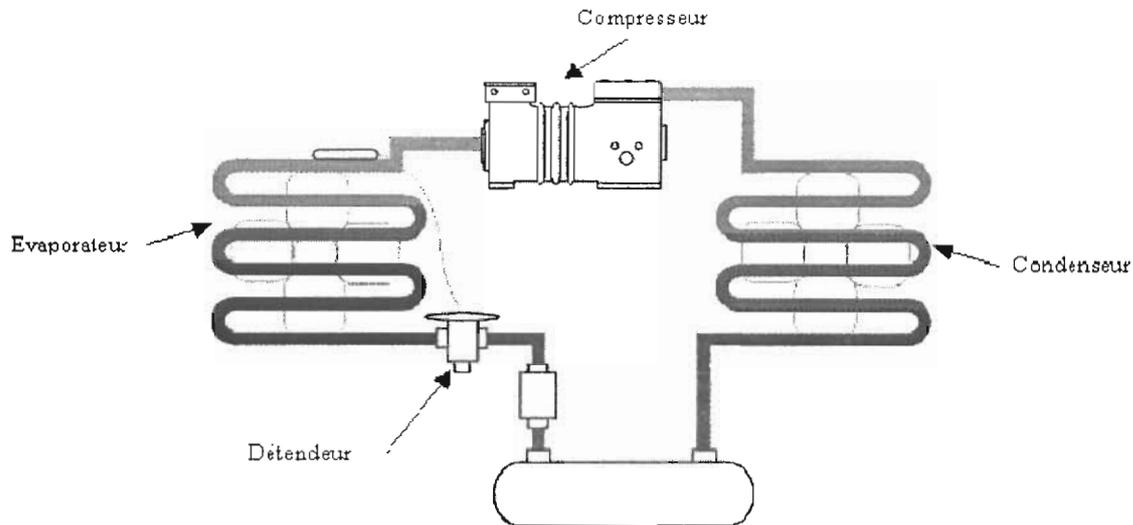


Figure 1.4 : Système de production par compression

L'évaporateur

L'évaporateur est un échangeur thermique dont le rôle consiste à absorber le flux thermique provenant du milieu à refroidir.

Le passage du flux thermique, du fluide frigorigène au milieu extérieur, régi par les mêmes lois physiques quel que soit le type d'appareil considéré (condenseur ou évaporateur) dépend :

- a) du coefficient global de transmission de chaleur de l'évaporateur ;
- b) de la surface de l'évaporateur ;
- c) de la différence de température existant entre l'évaporateur et le milieu à refroidir.

La classification des évaporateurs peut être faite en prenant pour critères discriminatifs les fonctions dévolues à l'évaporateur : refroidissement d'air, refroidissement de liquide, congélation d'un liquide, mais quelquefois leur rôle est multiple (refroidissement d'air et congélation de liquide), c'est notamment le cas des évaporateurs d'armoires ménagères. Aussi, après avoir distingué les évaporateurs ménagers et les évaporateurs pour machines « commerciales » nous adopterons pour ces derniers la classification suivante :

- évaporateurs refroidisseurs d'air,
- évaporateurs refroidisseurs de liquide,
- évaporateurs de contact,
- évaporateurs spéciaux : étagères réfrigérantes, plaques et tubes eutectiques.

Chapitre II : ANALYSE DU SYSTEME ACTUEL

II.1 Le fonctionnement du système actuel

L'usine est composée de sept (7) lignes de production, dont chacune est composée d'une extrudeuse, et de trois (3) bacs de refroidissement. Le premier bac joue également le rôle de calibreuse de tubes. Avant son arrivée dans les bacs de refroidissement, l'eau glacée passe par plusieurs points. Dès sa sortie du groupe, l'eau est stockée au niveau du bassin N° 1 situé à côté du groupe et aussitôt elle est envoyée au niveau du bassin N° 2 par des pompes centrifuges. A ce niveau, l'eau descend par gravité et par la suite elle est envoyée par sept (07) pompes jusqu'aux bacs.

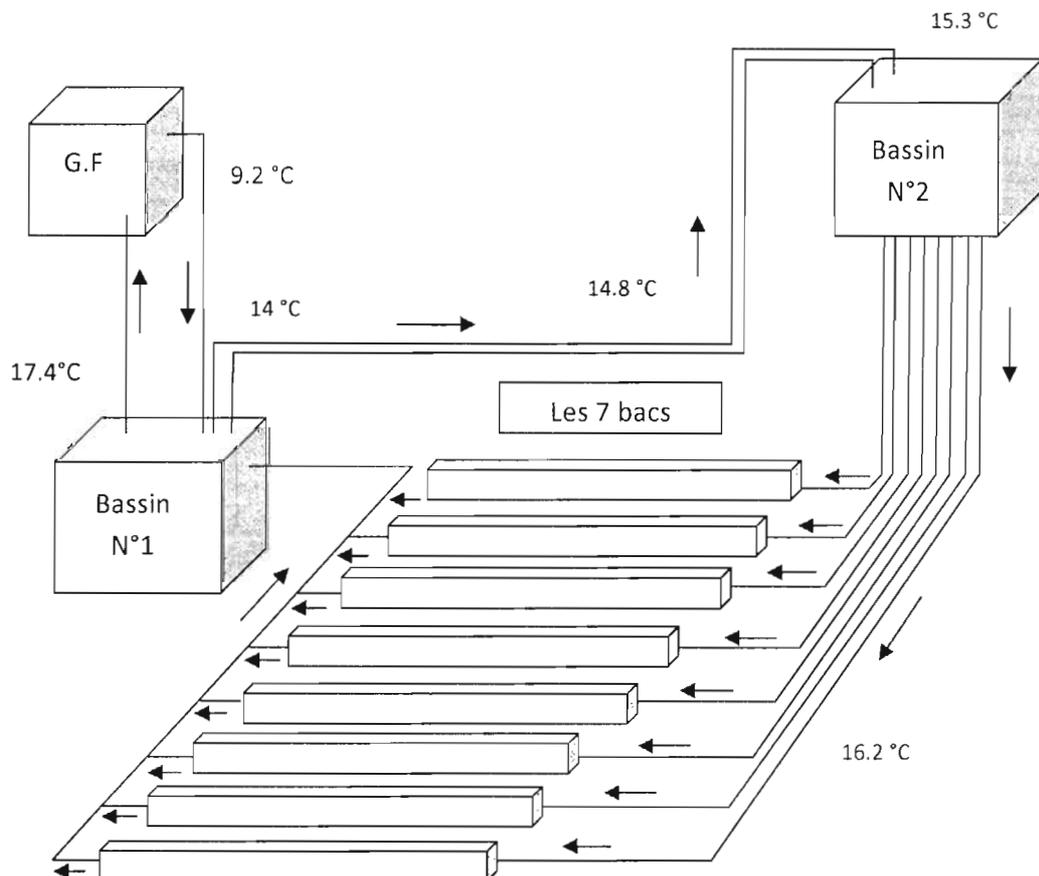


Figure 2.1 : Schéma de système actuel

A : surface d'échange (m^2)

D_s : coefficient de déperdition thermique (W/K)

V : volume du bassin (m^3)

$\Delta\theta$: différence de température entre l'eau du bassin et l'extérieur ($^{\circ}C$)

λ_c, λ_m : coefficient de conduction thermique du carreau et du mur (W/mK)

h_a : coefficient de convection de l'air (W/m²K)

h_e : coefficient de convection de l'eau (W/m²K)

e_c, e_m : épaisseurs du carreau et du mur (mm)

R : coefficient global d'échange thermique (W/m²K)

$$h_a = 11.35 \text{ W/m}^2.K$$

$$h_e = 85.35 \text{ W/m}^2.K$$

$$e_c = 0.005m \quad \lambda_c = 0.05 \text{ W/m K}$$

$$e_m = 0.15m \quad \lambda_m = 1.75 \text{ W/m K}$$

Les relations (2.7) et (2.8) ont été tirées du ESC (Eau Chaude Sanitaire).

	matériau	h_e (W/m ² K)	e (m)	h_a (W/m ² K)	e/λ (m ² K/W)	R (m ² K/W)
bassin 1	béton	85,35	0,15		0,185	5,08
bassin 2	béton	85,35	0,15	11,35	0,185	3,51

	matériau	A (m ²)	θ_e ($^{\circ}C$)	θ_i ($^{\circ}C$)	$\Delta\theta$	D_s (W/K)	Q (W)
bassin 1	béton	32,8	14,3	32	17,7	5,080	89,916
bassin 2	béton	23,4	15,3	37	21,7	3,510	76,167
							166,083

D'où $Q_4 = 166.083 \text{ W}$

Système en tubes PVC calorifugés

Tronçons	l (m)	Nbre	r ₂ (mm)	r ₁ (mm)	r ₃ (mm)	θ _g (°C)	θ _i (°C)	k (W/m°C)	Q (W)	
AB	6	2	55	49,6	80	17,4	32	0,077	84,543	
EF	14	2	55	49,6	80	14,8	37	0,077	299,953	
									Q (W)	384,496

$$Q_3 = 384.496 \text{ W}$$

Système bassins

	matériau	he(W/m ² K)	e (m)	ha (W/m ² K)	e/λ (m ² K/W)	R(m ² K/W)
bassin 1	béton	85,35	0,15		0,185	5,08
bassin 2	béton	85,35	0,15	11,35	0,185	3,51

	matériau	A (m ²)	θ _g (°C)	θ _i (°C)	Δθ	D _s (W/K)	Q (W)
bassin 1	béton	32,8	14,3	36	21,7	5,080	110,236
bassin 2	béton	23,4	15,3	37	21,7	3,510	76,167
							186,403

$$Q_4 = 186.403 \text{ W}$$

Système bacs

	q (kg/s)	C _p (kj/kg,K)	T _s (°C)	T _f (°C)	Q ₅ (W)
bac 1	648,8	750	200	16,9	246500,206
Bac 2	648,8	750	50	16,9	44561,206
bac 3	648,8	750	35	16,9	24367,306
					315428,718

$$Q_5 = 315428.718 \text{ W}$$

En utilisant la relation (2.1) précédente, on détermine la charge totale Q'_T du nouveau système.

$$Q_T = 316876.279 \text{ W}$$

Pour une majoration de 5% on a $Q'_T = 332990.657 \text{ W}$

$$Q'_T = 332.991 \text{ kW}$$

ρ : masse volumique de l'eau en (kg/m^3)

Tronçons	N°	Longueur (m)	Débit probable		vitesse (m/s)	ϕ théorique (m)	ϕ normalisé (mm)
			l/s	m^3/h			
AB		6	18,667	67,201	2	0,109090	110
BC		28	18,667	67,201	2	0,109090	110
EF	1	5	7,820	28,152	2,3	0,065842	63
	2	5	7,820	28,152	2,3	0,065842	63
	3	5	7,820	28,152	2,3	0,065842	63
	4	5	7,820	28,152	2,3	0,065842	63
	5	5	7,820	28,152	2,3	0,065842	63
	6	5	7,820	28,152	2,3	0,065842	63
	7	5	7,820	28,152	2,3	0,065842	63
FG	1	14	7,820	28,152	2,3	0,065842	63
	2	16,5	7,820	28,152	2,3	0,065842	63
	3	18,3	7,820	28,152	2,3	0,065842	63
	4	20,5	7,820	28,152	2,3	0,065842	63
	5	22,3	7,820	28,152	2,3	0,065842	63
	6	24,7	7,820	28,152	2,3	0,065842	63
	7	26,2	7,820	28,152	2,3	0,065842	63

Tableau 4.2 : Les diamètres normalisés de chaque tronçon du circuit

Caractéristique des conduites choisies dans la série des tubes PVC non plastifiés norme NF T 54-002 : (annexe A22)

Désignation	Diamètre nominal (en mm)	Épaisseur (en mm)	Pressions nominales (en bar)	Pressions d'épreuve (en bar)	Eau froide Temp <25°C	Masse Linéique (en kg/m)
NFT 54-016	110	5.4	6	40	14.8	2.480
NFT 54-016	63	3.6	6	40	16.2	1.130

Tableau 4.3 : Caractéristiques des conduites dans la série des tubes en PVC non plastifiés

				Niveau 1		Niveau 2		Niveau 3				
Utilisation		P. abs (kW)	Fact. d'util	P. Util max(kW)	Fact. simul	P. Util (kW)	Fact. simul	P.d'util (kW)	F. simul	P. util (kW)	cos φ	S(kVA)
Groupe froid		119	0,85	101,15	1	101,2		91,035				
Compresseurs d'air	N°1	75	0,8	60	0,5	60	0,9	54	Coffret divisionnaire 0,9	159,692	0,86	185,688
	N°2	75		60								
Pompes centrifuges	N°1	7,5		6	1	36		32,4				
	N°2	7,5		6								
	N°3	7,5		6								
	N°4	7,5		6								
	N°5	7,5		6								
	N°6	7,5		6								

Tableau 4.4 : Bilan de puissance dans la ligne

Cependant, la puissance électrique absorbée par le groupe est composée d'une part de celle des trois (3) compresseurs et d'autre part de celle des six (6) ventilateurs, qui ont chacun une puissance de 1.5 kW.

En toute rigueur il faut appliquer la méthode de Boucherot

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad [6] \quad (4.6)$$

$$S = 185.688 \text{ kVA}$$

$$I_B = \frac{S}{U\sqrt{3}} \quad [6] \quad (4.7)$$

$$I_B = 268.02 \text{ A}$$

IV.4 Calcul du coût de l'installation

Partie frigorifique

Le coût des composants frigorifiques est de :

	désignation	quantité	prix unitaire (FCFA)	prix total (FCFA)
groupe de froid	série LC 1400	1 u	23976800	23976801
armaflex	Φ=160 mm	42 m	3300	69300
	Φ=99,4 mm	72 m	2950	106200
	Φ=74,3 mm	100 m	2600	130000
mise en place	génie civil (socle en béton)	3,2 m ³	90000	288000
plots antivibratoires	KIT n° 3943059	7 u	3850	26950
main d'œuvre				1250500
coût HTVA (FCFA)				25847750
Coût total (FCFA)		TVA 18 %		30500345

Tableau 4.6 : Coût des composants frigorifiques

Partie électrique

Le coût des composants électriques est de :

	désignation	quantité	prix unitaire (FCFA)	prix total (FCFA)
cables	3P+N (PR) S=185 mm ²	35 m	6250	218750
	S=95 mm ²	7 m	4525	31675
disjoncteurs	compact NS400	1 u	1000000	1000000
Tablettes perforées	13 E	35 m	1150	40250
main d'œuvre		20%		258135
coût HTVA (FCFA)		TVA 18 %		1548810
coût total (FCFA)				1827595,8

Tableau 4.7 : Coût des composants électriques

Partie plomberie

Le coût des composants de plomberie est de :

	type	diamètre nominal (mm)	quantité	quantité unitaire	prix unitaire (FCFA)	prix total (FCFA)
conduites	PVC	110	42 m	6 m	3518	147756
		63	72 m	6 m	1458	104976
	PE	50	100 m	50 m	1149	114900
TE	PVC	63	7 u		1034	7238
	PE	50	21 u		4250	89250
coude	PVC	110	8 u		4971	39768
	PE	48,3	28 u		3134	87752
bassins de stockages	béton armé	bassin N° 1	5,7 m ³		120000	684000
		bassin N° 2	4,05 m ³		120000	486000
main d'œuvre	pose					177492
coût HTVA (FCFA)						1939132
coût total (FCF	TVA 18%					2288175,8
source: comptoir commercial du sénégal (CCS)						

Tableau 4.8 : Coût des composants de plomberie

Le montant total de l'installation est de : **34.616.116,6** FCFA

Ce montant représente le coût total de l'installation. Le prix des composants a été obtenu à partir de quelques fournisseurs mais également à partir du net.

données qui vont se trouver dans notre base. Dans les pages qui suivent nous présentons le dictionnaire de données.

Entité	code	Type	Description
équipement	N°équipement	N	le numéro de l'équipement
	marque	AN	la marque de l'équipement
	N°serie	AN	le numéro de série
	type_équipement	AN	Le type d'équipement
	photo_équipement	Image	la photo de l'équipement
	schéma_équipement	Image	le schéma de l'équipement
	capacités	N	La capacité de l'équipement
	vitesse	N	La vitesse de production de l'équipement
	poids	N	Le poids de l'équipement
	N°facture	AN	Le numéro de la facture de l'équipement
	date_achat	date	La date d'achat de l'équipement
	date_mise_service	date	L'année de mise en service de l'équipement
	prix_achat	N	Le prix d'achat de l'équipement
	garantie	N	La durée de la garantie de l'équipement
	type_amort	AN	Le type d'amortissement de l'équipement
Ligne_production	N°ligne_prod	N	Le numéro de la ligne de production
	désignation	texte	La désignation de la ligne de production
	date mise service	date	La date de mise en service de la ligne

Tableau 5.1 : Dictionnaire des données

Entité	code	Type	Description
modèle	N°modèle	N	Le numéro du modèle de l'équipement
	libellé_modèle	texte	Le libellé du modèle de l'équipement
Spécificité électrique	N°spec_élec	N	Le numéro du spécification électrique
	libellé_spec_élec	texte	Le libellé du spécification électrique
fabricant	manufacturier	texte	Le manufacturier
	pers_ressource_fab	texte	La personne ressource fabricant
	n°tél_fab	N	Le numero de téléphone du fabricant
	n°fax_fab	N	Le numero de fax du fabricant
	email_fab	AN	L'adresse email du fabricant
source_energie	libellé_source	texte	Le libellé de la source d'énergie
Service consommation	nom_service	texte	Le nom du service consommé
	cons	N	La consommation
Article_stock	code_art	AN	La code de l'article en stock
	design_art	texte	La désignation de l'article en stock
	seuil	N	Le seuil de l'article en stock
	qté_eco	N	La quantité de l'article en stock
	qté_stock	N	La quantité de l'article en stock
caisse	n°_caisse	AN	Le numéro de la caisse de stockage
sortie	n°bon de sortie	N	Le numero du bon de sortie
	date_sortie	date	La date de l'établissement du bon de sortie
commande	n°commande	N	Le numéro de la commande
	date_commande	date	La date de la commande

Tableau 5.2 : Dictionnaire des données (suite 1)

T2 - Facteurs de correction pour pose en plusieurs couches					
Nombre de couches	2	3	4 ou 5	6 à 8	9 et plus
Coefficient	0,80	0,73	0,70	0,68	0,66

Annexe A4: Facteur de correction pour pose en plusieurs couches

T8 - Facteurs de correction pour les températures ambiantes dans l'air différentes de 30 °C			
Température ambiante (°C)	Caoutchouc	Isolation	
		PVC	PR
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
25	1,15	1,12	1,08
30	1,07	1,06	1,04
35	0,93	0,94	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	-	0,61	0,76
60	-	0,50	0,71
65	-	-	0,65
70	-	-	0,58
75	-	-	0,50
80	-	-	0,41
85	-	-	-
90	-	-	-
95	-	-	-

Annexe A5 : Facteur de correction lié aux températures ambiantes

Courants admissibles dans les canalisations (en A)													
Méthode de référence	Isolant et nombre de conducteurs chargés												
	B	C	D	E	F								
	PVC 3	PVC 2		PR 3		PR 2							
		PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2						
										PVC 3	PVC 2	PR 3	PR 2
			PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2					
				PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2				
S (mm ²)													
Cuivre													
1,5	16,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26		26	32	31	37
2,5	21	24	25	27	30	31	33	36		34	42	41	48
4	28	32	34	36	40	42	45	49		44	54	53	63
6	36	41	43	48	51	56	58	63		58	67	66	80
10	50	57	60	63	70	75	80	86		74	90	87	104
16	68	76	80	85	94	100	107	115		96	116	113	136
25	89	96	101	112	119	127	138	149	161	123	148	144	173
35	110	119	126	138	147	158	169	185	200	147	178	174	208
50	134	144	153	168	179	192	207	225	242	174	211	206	247
70	171	184	196	213	229	246	268	289	310	216	261	254	304
95	207	223	238	258	278	298	328	362	377	258	308	301	380
120	239	259	276	299	322	346	382	410	437	290	351	343	410
150		299	319	344	371	395	441	473	504	328	397	387	483
185		341	364	392	424	450	506	542	575	367	445	434	516
240		403	430	461	500	538	599	641	679	424	514	501	598
300		464	497	530	576	621	693	741	783	480	581	565	677
400					656	754	825		940				
500					749	868	946		1083				
630					855	1005	1088		1254				
Aluminium													
2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	24	26	28					
4	22	25	26	28	31	32	35	38					
6	28	32	33	36	39	42	45	49					
10	39	44	46	49	54	58	62	67		57	68	67	80
16	53	59	61	66	73	77	84	91		74	88	87	104
25	70	73	78	83	90	97	101	108	121	94	114	111	133
35	86	90	96	103	112	120	126	135	150	114	137	134	160
50	104	110	117	125	136	146	154	164	184	134	161	160	188
70	133	140	150	160	174	187	198	211	237	167	200	197	233
95	181	170	183	195	211	227	241	257	289	197	237	234	275
120	186	197	212	226	245	263	280	300	337	224	270	266	314
150		227	245	261	283	304	324	346	389	254	304	300	359
185		259	280	296	323	347	371	397	447	285	343	337	398
240		305	330	352	382	409	439	470	530	328	398	388	458
300		351	381	406	440	471	508	543	613	371	447	440	520
400					526	600	663		740				
500					610	694	770		858				
630					711	808	899		996				

Annexe A6 : Courant admissible dans les canalisations (en A)

Section du conducteur de protection (S_{PE}) en fonction de la section des conducteurs de phase (S_{ph})

Section des conducteurs de phase S _{ph}	Section du conducteur de protection S _{PE}
S _{ph} < 16 mm ²	S _{ph}
16 mm ² < S _{ph} ≤ 35 mm ²	16 mm ²
S _{ph} > 35 mm ²	S _{ph} / 2

Pour les matériels présentant des courants de fuite permanents élevés (>10mA), la section S_{PE} du conducteur de protection devra être d'au moins 10 mm² pour le cuivre ou 16 mm² pour l'aluminium, ou bien le double de la section "normale" par la disposition d'un second conducteur parallèle au premier mis en œuvre jusqu'au point de l'installation où la section de 10 mm² (cuivre) ou 16 mm² (alu) est atteinte.

L'utilisation du schéma TN est recommandée en cas de courants de fuites élevés.

Annexe A7 : Section du conducteur de protection

Valeurs limites admises de chutes de tension

Branchement	Eclairage	Autres usages
Branchement à basse tension à partir du réseau de distribution public	3 %	5 %
Branchement par poste de livraison ou poste de transformation à partir d'un réseau haute tension	6 %	8 %

Ces valeurs de chutes de tension s'appliquent en fonctionnement normal, sans tenir compte d'appareils pouvant générer des courants d'appel importants et des chutes de tension au démarrage (ex. : moteur).

Annexe A8 : Valeurs limites admises de chute de tension

Chutes de tension unitaire (en V) pour 1 A et pour 100 m de conducteur avec $\lambda = 0,08 \text{ m}\Omega/\text{m}$ (câbles multi ou monoconducteurs en trèfle)						
Section	Triphasé Cu 100 m			Triphasé Alu 100 m		
	Cos φ			Cos φ		
	1	0,85	0,35	1	0,85	0,35
1,5	1,533	1,308	0,544	2,467	2,101	0,871
2,5	0,920	0,786	0,329	1,480	1,262	0,525
4	0,575	0,493	0,209	0,925	0,790	0,331
6	0,383	0,330	0,142	0,617	0,528	0,223
10	0,230	0,200	0,088	0,370	0,319	0,137
16	0,144	0,126	0,058	0,231	0,201	0,088
25	0,092	0,082	0,040	0,148	0,130	0,059
35	0,066	0,060	0,030	0,106	0,094	0,044
50	0,046	0,043	0,024	0,074	0,067	0,033
70	0,033	0,032	0,019	0,053	0,049	0,026
95	0,024	0,025	0,016	0,039	0,037	0,021
120	0,019	0,021	0,014	0,031	0,030	0,018
150	0,015	0,017	0,013	0,025	0,025	0,016
185	0,012	0,015	0,012	0,020	0,021	0,014
240	0,010	0,012	0,011	0,015	0,017	0,013
300	0,008	0,011	0,010	0,012	0,015	0,012
400	0,006	0,009	0,010	0,009	0,012	0,011
500	0,005	0,008	0,009	0,007	0,011	0,010
630	0,004	0,007	0,009	0,006	0,009	0,010
2 x 120	0,010	0,010	0,007	0,015	0,015	0,009
2 x 150	0,008	0,009	0,006	0,012	0,013	0,008
2 x 185	0,006	0,007	0,006	0,010	0,011	0,007
2 x 240	0,005	0,006	0,005	0,008	0,009	0,006
3 x 120	0,006	0,007	0,005	0,010	0,010	0,006
3 x 150	0,005	0,006	0,004	0,008	0,008	0,005
3 x 185	0,004	0,005	0,004	0,007	0,007	0,005
3 x 240	0,003	0,004	0,004	0,005	0,006	0,004
4 x 185	0,003	0,004	0,003	0,005	0,005	0,004
4 x 240	0,002	0,003	0,003	0,004	0,004	0,003

Annexe A9 : Chutes de tension unitaire (en V) pour 1A et pour 100m

Transformateur triphasé immergé dans l'huile (NF C 52-112-1 édition de juin 1994)

	puissance en kVA											
	50	100	160	250	400	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500
237 V												
In (A)	122	244	390	609	974	1 535	1 949	2 436				
Icc (kA)	3,04	6,06	9,67	15,04	23,88	37,20	31,64	39,29				
Ucc (%)	4	4	4	4	4	4	6	6				
pertes cuivre (kW)	1,32	2,1	2,3	3,2	4,5	6,3	10,5	12,7				
410 V												
In (A)	70	141	225	352	563	887	1 127	1 408	1 760	2 253	2 816	3 520
Icc (kA)	1,76	3,50	5,59	8,69	13,81	21,50	18,29	22,71	28,16	35,65	44,01	54,16
Ucc (%)	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6
pertes cuivre (kW)	1,32	2,1	2,3	3,2	4,5	6,3	10,5	12,7	15,6	19,5	24,9	31,2

Nota : La norme NF C 52-112 est l'application française du document d'harmonisation européen HD 428.

Transformateur triphasé sec enrobé TRIHAL (NF C 52-115 édition de février 1994)

	puissance en kVA												
	100	160	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500
237 V													
In (A)	244	390	609	767	974	1 218	1 535	1 949	2 436				
Icc (kA)	4,05	6,46	10,07	12,66	16,03	19,97	25,05	31,64	39,29				
Ucc (%)	6	6	6	6	6	6	6	6	6				
pertes cuivre (kW)	2	2,6	3,7	4,5	5,4	6,3	7,6	9,2	10,7				
410 V													
In (A)	141	225	352	444	563	704	887	1 127	1 408	1 760	2 253	2 816	3 520
Icc (kA)	2,34	3,74	5,82	7,32	9,26	11,54	14,48	18,29	22,71	28,16	35,65	44,01	54,16
Ucc (%)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
pertes cuivre (kW)	2	2,6	3,7	4,5	5,4	6,3	7,6	9,2	10,7	12,8	15,6	19,5	22,5

Nota : La norme NF C 52-115 est l'application française du document d'harmonisation européen HD 538.

Annexe A10 : Caractéristique des transformateurs

Valeur de K pour les conducteurs actifs et de protection																		
Isolant	PVC			PR / EPR			Caoutchouc 60°C			Caoutchouc 85°C			Caoutchouc siliconé			Nu sans isolant		
	160/ 140 ⁽²⁾			250			200			220			350			200/150 ⁽¹⁾		
Nature de l'âme	Cu	Al	Acier	Cu	Al	Acier	Cu	Al	Acier	Cu	Al	Acier	Cu	Al	Acier	Cu	Al	Acier
Conducteur de protection non incorporé à un câble ou conducteurs non-regroupés	143 133 ⁽²⁾	95 88 ⁽²⁾	52 49 ⁽²⁾	176	116	64	159	105	58	166	110	60	201	133	73	159 138 ⁽¹⁾	105 91 ⁽¹⁾	58 50 ⁽¹⁾
Conducteur actif ou de protection constitutif d'un câble multiconducteur ou conducteurs regroupés	115 103 ⁽²⁾	76 68 ⁽²⁾		143	94		141	93		134	89		132	87		138	91	50

(1) Si risque particulier d'incendie.
 (2) Section supérieure à 300 mm² ou conducteurs regroupés

Annexe A11 : Valeur de K pour les conducteurs actifs et de protection

Tuyauterie en cuivre			Tuyauterie en acier			Tubes - épaisseurs nominales					Rouleaux		
Cu			Fe			Int. mini. Ø mm	9 mm	13 mm	19 mm	25 mm	32 mm	ép. nom. mm	Référence
Pouces	ext. Ø mm	nom. Ø mm	Pouces	ext. Ø mm	nom. Ø DN								
1/4	6	4				7,0-8,5	AC-09x008	AC-13x006					
3/8	8	6		10,2		9,0-10,5	AC-09x008	AC-13x008					6 AC-06-99/E
1/2	10	8	1/4	12,5	6	11,0-12,5	AC-09x010	AC-13x010	AC-19x010				10 AC-10-99/E
3/4	12	10		13,5		13,0-14,5	AC-09x012*	AC-13x012*	AC-19x012*				13 AC-13-99/E
1	14/16	10	1/4	17,2	8	16,0-17,5	AC-09x015*	AC-13x015*	AC-19x015*				16 AC-16-99/E
1 1/4	18	15	3/4	21,3	10	19,0-20,5	AC-09x018*	AC-13x018*	AC-19x018*		AC-32x018		19 AC-19-99/E
1 1/2	22	20	1/2	26,9	15	23,0-24,5	AC-09x022*	AC-13x022*	AC-19x022*	AC-25x022	AC-32x022		25 AC-25-99/E
1 3/4	28	25	1/2	30,0	20	29,0-30,5	AC-09x028*	AC-13x028*	AC-19x028*	AC-25x028	AC-32x028		32 AC-32-99/E
2	30	25		33,7		31,0-33,0	AC-09x030	AC-13x030	AC-19x030				50 AC-50-99/E
2 1/4	35	32	1	42,4	25	36,0-38,0	AC-09x035*	AC-13x035*	AC-19x035*	AC-25x035	AC-32x035		
2 1/2	42	40	1 1/4	48,3	32	43,5-45,5	AC-09x042*	AC-13x042*	AC-19x042*	AC-25x042	AC-32x042		
	48/50		1 1/2	54,0	40	49,5-51,5	AC-09x048*	AC-13x048*	AC-19x048*	AC-25x048	AC-32x048		Rouleaux auto-adhésifs
2 3/4	54	50		60,3		55,0-57,0	AC-09x054*	AC-13x054*	AC-19x054*	AC-25x054	AC-32x054		6 AC-06-99/E-A
3	60		2	63,5	50	61,5-63,5	AC-09x060*	AC-13x060*	AC-19x060*	AC-25x060	AC-32x060		10 AC-10-99/E-A
3 1/4	64			70,0		65,0-67,5	AC-09x064	AC-13x064	AC-19x064	AC-25x064	AC-32x064		13 AC-13-99/E-A
3 1/2	70			76,1		71,0-73,5	AC-09x070	AC-13x070	AC-19x070	AC-25x070	AC-32x070		19 AC-19-99/E-A
3 3/4	76,1	65	2 1/4		65	77,0-79,5	AC-09x076	AC-13x076*	AC-19x076*	AC-25x076	AC-32x076		25 AC-25-99/E-A
4	80			88,9		81,0-84,0	AC-09x080	AC-13x080	AC-19x080		AC-32x080		32 AC-32-99/E-A
4 1/4	88,9	80	3	101,6/104,3	80	90,5-93,5	AC-09x089	AC-13x089*	AC-19x089*	AC-25x089	AC-32x089		
4 1/2	102		3 1/4	108,0		105,0-108,0	AC-09x102	AC-13x102	AC-19x102				
4 3/4	108	100		114,3		109,5-113,0		AC-13x108	AC-19x108				
5	114	100	4	125,0	100	116,0-120,0	AC-09x114	AC-13x114	AC-19x114	AC-25x114	AC-32x114		
	125			133,0		127,0-131,0	AC-09x125	AC-13x125	AC-19x125				
	133			139,7		135,0-139,0			AC-19x133				
5 1/4	139		5	160,0	125	142,0-146,0	AC-09x140	AC-13x140	AC-19x140	AC-25x140	AC-32x140		
	150	150				162,0-167,0			AC-19x160		AC-32x160		

* Tubes disponibles également en préfendus et autoadhésifs

(source : à partir de l'internet)

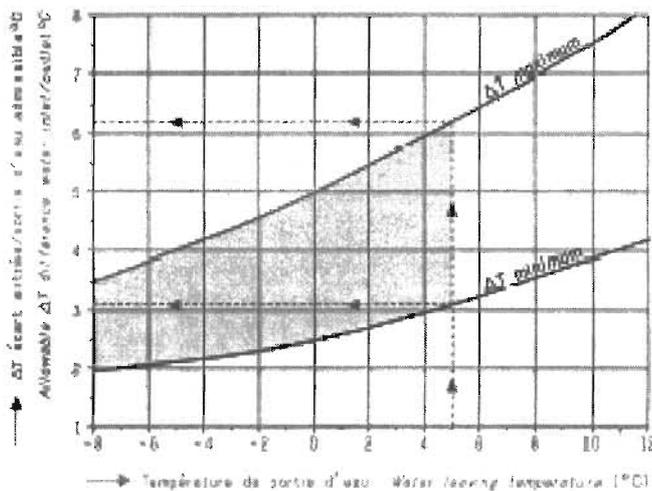
Annexe A13 : Choix des Armaflexs

Limites évaporateur

Les courbes ci-dessous représentent les écarts de température minimum et maximum admissibles sur l'eau glacée ou glycolée en fonction de la température de sortie.

Evaporator limits

The curves below represent the minimum and maximum allowable temperature difference of the glycol or chilled water as a function of the outlet temperature.



Eau glycolée

Water glycol

Exemple :

Pour une sortie d'eau : + 5 °C
 ΔT minimum : 3,1 °C Régime d'eau : 8,1 / 5 °C
 ΔT maximum : 6,2 °C Régime d'eau : 11,2 / 5 °C
 Pour des écarts de température non compris entre les deux courbes, nous consulter.

Example :

For a water outlet : + 5 °C
 Minimum ΔT : 3,1 °C Water temp. : 8,1/5 °C
 Maximum ΔT : 6,2 °C Water temp. : 11,2/5 °C
 For temperature differences not included between the 2 curves, consult us.

Coefficients eau glycolée

- Concentration 30 % en poids de glycol.
- Point de congélation de la solution : - 17,5 °C

Water glycol coefficients

- 30 % concentration of glycol weight
- Freezing point of the solution : - 17,5 °C

CORRECTION		RÉGIME POSITIF POSITIVE TEMPERATURE		RÉGIME NEGATIF NÉGATIVE TEMPERATURE	
		K	Mode de calcul Calculation	K	Mode de calcul Calculation
Évaporateur Evaporator	Puissance frigorifique Cooling output	0,98	$P_{ic} = P_i \times 0,98$	1,00	Voir tableau sélection See selection table
	Débit d'eau glacée Chilled water flow	1,05	$Q_c = \frac{P_{ic} \times 0,86}{\Delta T} \times 1,05$	1,10	$Q_c = \frac{P_{ic} \times 0,86}{\Delta T} \times 1,10$
	Résistance au passage de l'eau Pressure drop	1,15	$\Delta P_c = \Delta P \times 1,15$	1,30	$\Delta P_c = \Delta P \times 1,30$
	Régime moyen Average temperature °C		12 / 7		Voir tableau ci-dessus See table

K : coefficient de correction

K : correction coefficient

Valeurs lues dans la notice :

- Pi : Puissance frigorifique suivant tableaux sélection.
- Pa : Puissance absorbée compresseurs suivant tableaux sélection.
- ΔP : Résistance au passage de l'eau suivant courbes, pour la valeur du débit corrigé (Qc) correspondant.

Values shown in the brochure :

- Pi : cooling output as per selection table.
- Pa : compressors absorbed power as per selection tables.
- ΔP : water pressure drop as per curves for the corresponding corrected flow value (Qc).

Valeurs corrigées suivant calculs ci-dessus :

- Pic : Puissance frigorifique corrigée.
- Qc : Débit corrigé, eau glacée.
- ΔPc : Résistance au passage de l'eau corrigée, évaporateur.

Values corrected as per above calculations :

- Pic : corrected cooling output.
- Qc : corrected flow, chilled water.
- ΔPc : corrected water pressure drop, evaporator.

Annexe A14 : Les limites de l'évaporateur

Puissance frigorifique
CIATCOOLER série LC
3 compresseurs - 2 circuits frigorifiques

Cooling capacity
CIATCOOLER series LC
3 compressors - 2 refrigerant circuits

LC	Température source d'eau à l'évaporateur (Water inlet temperature)	Température d'entrée d'eau au condenseur (Water inlet temperature)											
		26		32		35		40		46			
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
1213	Ventilateurs 830 tr/min Fans 930 r.p.m.	Eau glycolée Glycol water	-2	122	111	130	115	101	76.1	171	155	152	137
			0	214	191	204	195	194	184	184	182	174	169
			+4	329	327	318	318	308	317	318	303	317	311
		Eau pure Fresh water	-2	249	201	224	204	223	202	211	193	209	192
			0	301	253	250	258	258	253	256	252	254	248
			2	378	303	287	289	284	285	281	283	278	270
	Ventilateurs 730 tr/min Fans 730 r.p.m.	Eau glycolée Glycol water	1	310	283	297	283	283	280	288	281	284	278
			3	316	287	300	288	282	287	277	284	282	275
			5	326	291	313	293	300	297	295	298	298	291
		Eau pure Fresh water	3	318	285	304	288	309	293	293	298	298	290
			5	327	293	317	297	317	300	310	310	304	297
			7	377	307	301	307	335	315	329	315	311	311
1400	Ventilateurs 930 tr/min Fans 930 r.p.m.	Eau glycolée Glycol water	-2	177	161	204	177	155	109	169	146	173	162
			0	233	207	224	211	214	202	200	200	193	188
			+4	361	329	340	329	329	318	319	318	308	300
		Eau pure Fresh water	-2	268	203	257	232	246	217	235	201	233	207
			0	306	263	278	263	263	260	261	260	259	257
			2	388	303	289	281	281	281	288	288	285	281
	Ventilateurs 730 tr/min Fans 730 r.p.m.	Eau glycolée Glycol water	3	341	308	328	312	314	307	300	313	295	318
			5	357	313	337	319	324	320	309	314	294	320
			7	382	323	348	326	333	331	319	318	303	323
		Eau pure Fresh water	5	373	331	352	330	343	342	328	318	319	314
			7	385	338	370	337	363	357	347	337	321	328
			9	478	357	359	357	405	397	367	358	344	332
Ventilateurs 930 tr/min Fans 930 r.p.m.	Eau glycolée Glycol water	2	217	197	227	217	214	208	195	203	192	187	
		4	251	221	235	224	226	218	198	213	203	198	
		6	240	213	236	224	224	218	213	213	208	202	
	Eau pure Fresh water	2	262	203	261	235	246	218	239	202	239	212	
		4	279	212	268	242	256	231	244	216	244	218	
		6	297	223	285	255	271	248	260	236	260	234	

Pr - Puissance frigorifique nominale pour une utilisation en régime intermittent de fonctionnement (page 8)

Pa - Puissance absorbée par les compresseurs (page 8)

Utilisation eau glycolée - voir explications page 8

Pr - Cooling capacity (nominal) for intermittent working (page 8)

Pa - Compressor power (page 8)

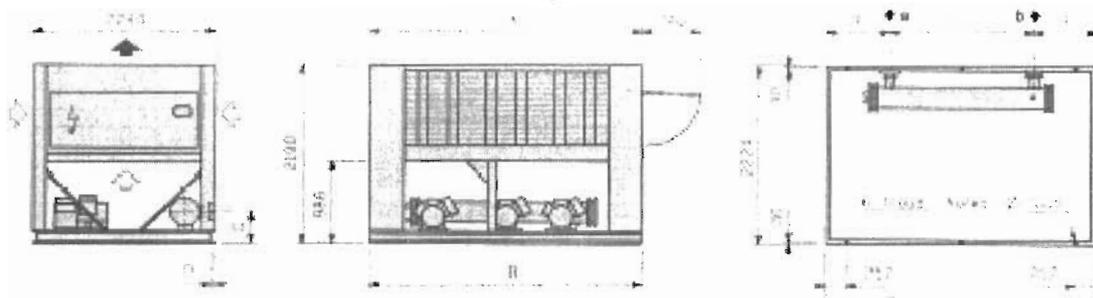
Use of water glycol is compulsory - see explanations page 8

Annexe A15 : Puissances des groupes d'eau glacée

**Encombrements
et implantation au sol**
CIATCOOLER série LC
2 ou 3 compresseurs,
2 circuits frigorifiques

*Dimensions
and lay out for base*
CIATCOOLER series LC
2 or 3 compressors,
2 refrigerant circuits

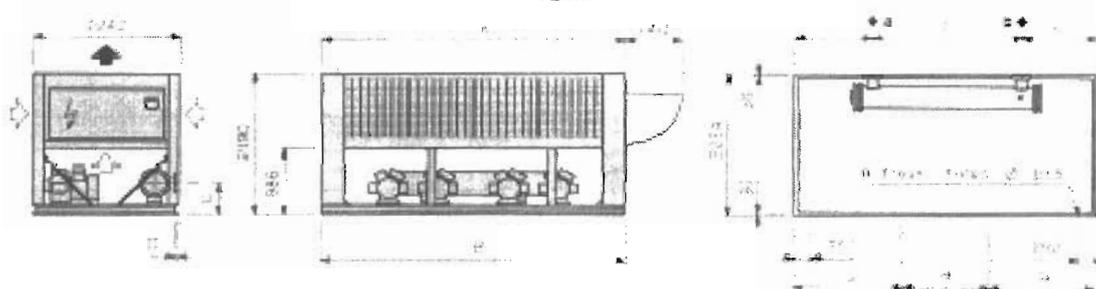
Fig. 1



3 ou 4 compresseurs,
2 circuits frigorifiques

3 or 4 compressors,
2 refrigerant circuits

Fig. 2



a : entrée eau glacée

b : sortie eau glacée

⊙ aspiration air condenseur

⊙ soufflage air condenseur

Nota : prévoir 2 m autour de l'unité pour le passage d'air au condenseur et pour effectuer les opérations d'entretien.

a : chilled water inlet

b : chilled water outlet

⊙ air condenser inlet

⊙ air condenser discharge

Nota : plan a 2 m free space around the unit for a correct air circulation through the condenser and for maintenance operations.

LC	1000	1202	1203	1400	1600	1803	1804	2007	2200	2400
Fig.	1					2				
A		3273		3379			4551			5629
B		3050		3556			4326			5500
C		412,5				504				529
D		58,5				15				24
E		1740			1720			2220		2100
F		755	785	918		1404		1154		1660
G		1626		1778			1590			1917
H							1342			1686
a - b Brides Flanges PN 16 DR		100				125				150
Poids à vide	2600	2670	3150	3450	3610	3810	3850	4100	4810	4900
Weight en service	2660	2730	3250	3550	3710	3910	4000	4250	4960	5050

Annexe A17 : Encombrement et implantation au sol

Système en tubes PVC 1

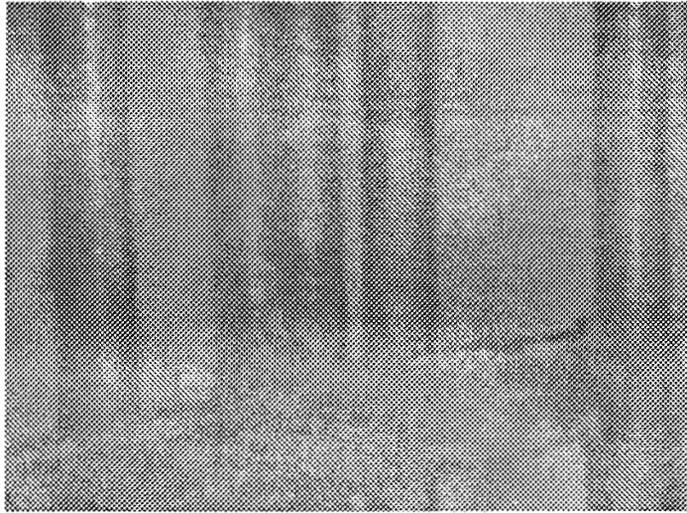


Figure 2.2 : tubes en PVC

$$k = \frac{1}{\frac{1}{h_e r_1} + \frac{1}{\lambda} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{h_a r_2}} \quad [13] \quad (2.2)$$

$$Q_1 = 7 * 2\pi l k (\theta_i - \theta_g) \quad [13] \quad (2.3)$$

$\lambda = 0.2 \text{ W/m.K}$

$h_a = 11.35 \text{ W/m}^2.\text{K}$

$h_e = 85.35 \text{ W/m}^2.\text{K}$

λ : coefficient de conduction thermique (W/m.K)

h_a : coefficient de convection de l'air (W/m².K)

h_e : coefficient de convection de l'eau (W/m².K)

θ_i : température de l'air ambiant (°C)

θ_g : température de l'eau à l'intérieur des tubes (°C)

r_1, r_2 : rayons intérieur et extérieur du tube (mm)

l : longueur du tube (m)

k : coefficient global de d'échange thermique (W/mK)

l (m)	r_2 (mm)	θ_g (°C)	θ_i (°C)	r_1 (mm)	k (W/m°C)	Q (W) par ligne	Nbre de lignes	Q (W)
5	30,15	15,7	37	26,95	1,773	1185,910	7	8301,3674

Ce qui donne $Q_1=8301.3674$ W

système en tube PE



Figure 2.3 : Tube en PE

$$\lambda = 0,4 \text{ W/m.K}$$

$$h_a = 11,35 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$h_b = 85,35 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

Pour le calcul des valeurs du tableau suivant on utilise les formules (2.2) et (2.3) précédentes.

	l (m)	r_2 (mm)	θ_g (°C)	θ_i (°C)	r_1 (mm)	k (W/m°C)	Q (W)
ligne 1	14	24,15	16,2	37	20	2,111	3861,253
ligne 2	16,5	24,15	16,2	37	20	2,111	4550,762
ligne 3	18,3	24,15	16,2	37	20	2,111	5047,209
ligne 4	20,5	24,15	16,2	37	20	2,111	5653,977
ligne 5	22,3	24,15	16,2	37	20	2,111	6150,424
ligne 6	24,7	24,15	16,2	37	20	2,111	6812,353
ligne 7	26,2	24,15	16,2	37	20	2,111	7226,059
							39302,038

Ce qui donne $Q_2=39302.038$ W

système en tube PVC 2

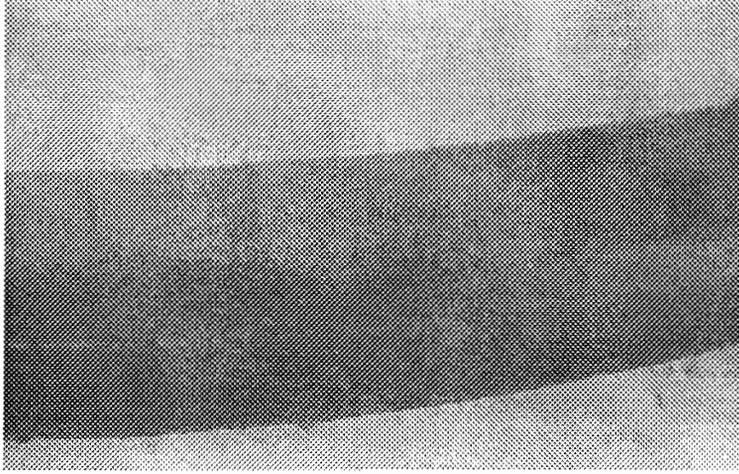


Figure 2.4 : Tubes en PVC

$$\lambda = 0.2 \text{ W/m.K}$$

$$h_s = 11.35 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$h_a = 85.35 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$Q_3 = 2\pi lk(\theta_i - \theta_g) \quad [13] \quad (2.5)$$

Les formules (2.1) et (2.2) précédentes restent valables également pour ce tableau

Tronçon	l (m)	Nbre	r ₂ (mm)	θ _g (°C)	θ _i (°C)	r ₁ (mm)	k (W/m°C)	Q (W)
AB	6	1	55	17,4	32	49,6	1,917	286,900
CD	7,5	1	55	9,2	32	49,6	1,917	560,044
EF	28	2	55	14,8	37	49,6	1,917	4071,618
								4918,561

D'où **Q₃=4918.561 W**

Système bassins

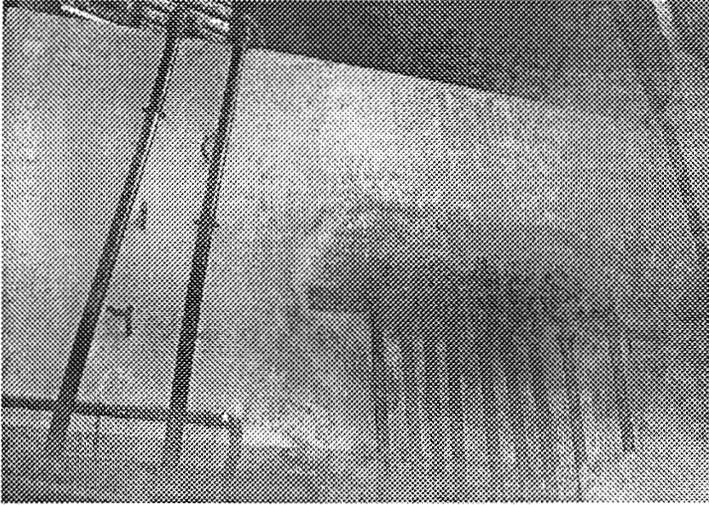


Figure 2.5 : Bassin N° 2

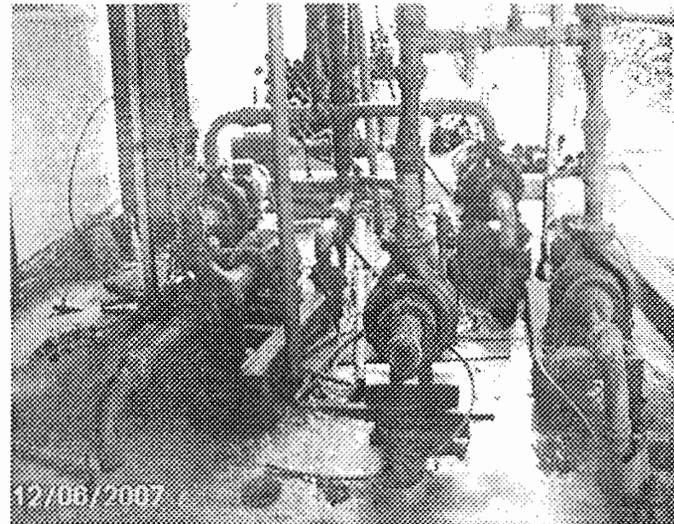


Figure 2.6 : Vue de dessus du bassin N° 1 avec les pompes

$$Q_4 = D_s \times \Delta\theta \quad [8] \quad (2.6)$$

$$D_s = \left[1.1 + \frac{0.05}{v} \right] \times R \times A \quad [8] \quad (2.7)$$

$$R = \frac{1}{\frac{1}{h_a} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_e}} \quad [8] \quad (2.8)$$

$$\frac{e}{\lambda} = \frac{e_c}{\lambda_c} + \frac{e_m}{\lambda_m} \quad [13] \quad (2.9)$$

Système bacs de refroidissement

La loi de Newton nous permet de déterminer la quantité de chaleur échangée par convection entre les tubes et l'eau. Cette loi permet de contourner les difficultés liées à l'étude de la couche limite.

$$Q_s = q \times C_p \times (T_s - T_f) \quad [13] \quad (2.16)$$

q : débit massique de sortie des tubes de l'extrudeuse (kg/m³)

C_p : capacité thermique massique des tuyaux PVC (kJ/kg.K)

T_s : température de sortie des tubes de l'extrudeuse (°C)

T_f : température de sortie des tubes du bac (°C)

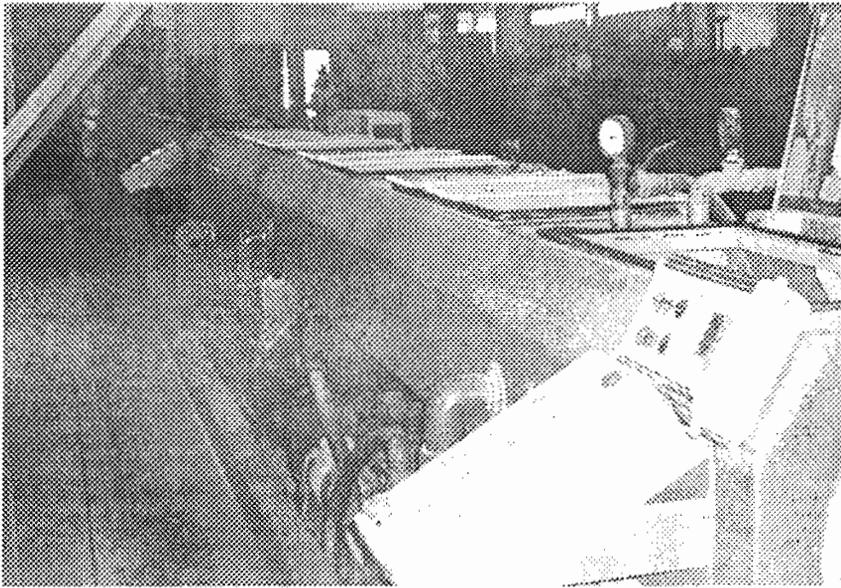


Figure 2.7 : Bacs de refroidissement

	q (kg/s)	C_p (kJ/kg.K)	T_s (°C)	T_f (°C)	Q_s (W)
bac 1	648,8	750	200	16,9	246500,206
Bac 2	648,8	750	50	16,9	44561,206
bac 3	648,8	750	35	16,9	24367,306
					315428,718

Ce qui donne également $Q_s=315428.718$ W

hygroscopiques, imputrescible, possédant un grand pouvoir de réflexion, et stable dans un certain intervalle de température. Plusieurs matériaux isolants sont utilisés dans l'industrie frigorifique, on peut citer, *le liège, la fibre de verre, le polystyrène expansé, le styrofoam, les caoutchoucs mousses (Armaflex), etc.*

Cependant pour des raisons de coûts et de disponibilité dans le marché national, nous choisissons l'armaflex. Il est le plus connu des élastomères alvéolaires, fabriqué sous forme de tubes de deux (2) mètres de long, avec comme caractéristiques :

- Masse volumique : 90 kg/m^3
- Coefficient de conductibilité : $0,030 \text{ W/m.K}$

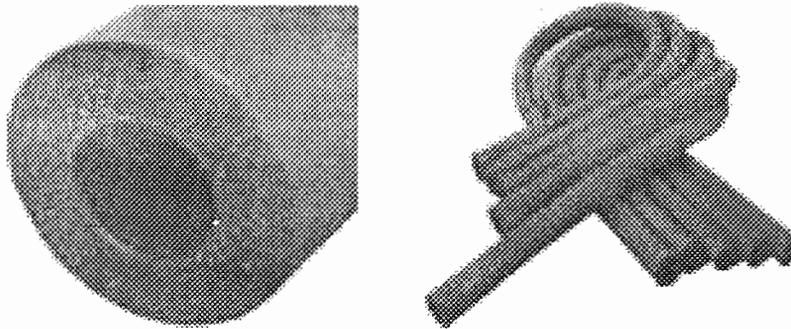


Figure 3.1 : Type d'armaflex [19]

III.1.3 Nouvelle configuration

La configuration initiale de l'installation fait que l'eau de récupération sortant des bacs est mélangée de façon continue avec l'eau froide produite par le groupe. Ce qui engendre des pertes de frigories, à la limite peut fausser la température de refroidissement (17°C) désirée dans le bassin. D'où la nécessité de séparer le bassin de récupération et celui de stockage de l'eau glacée produite.

D'autre part le bassin de stockage est éloigné des bacs de refroidissement, alors qu'il pouvait être placé à 14 m au lieu de 28 m actuellement. Ce qui entraîne également des pertes de frigories dans les conduites, pour palier à ce problème nous proposons qu'il soit rapproché du groupe.

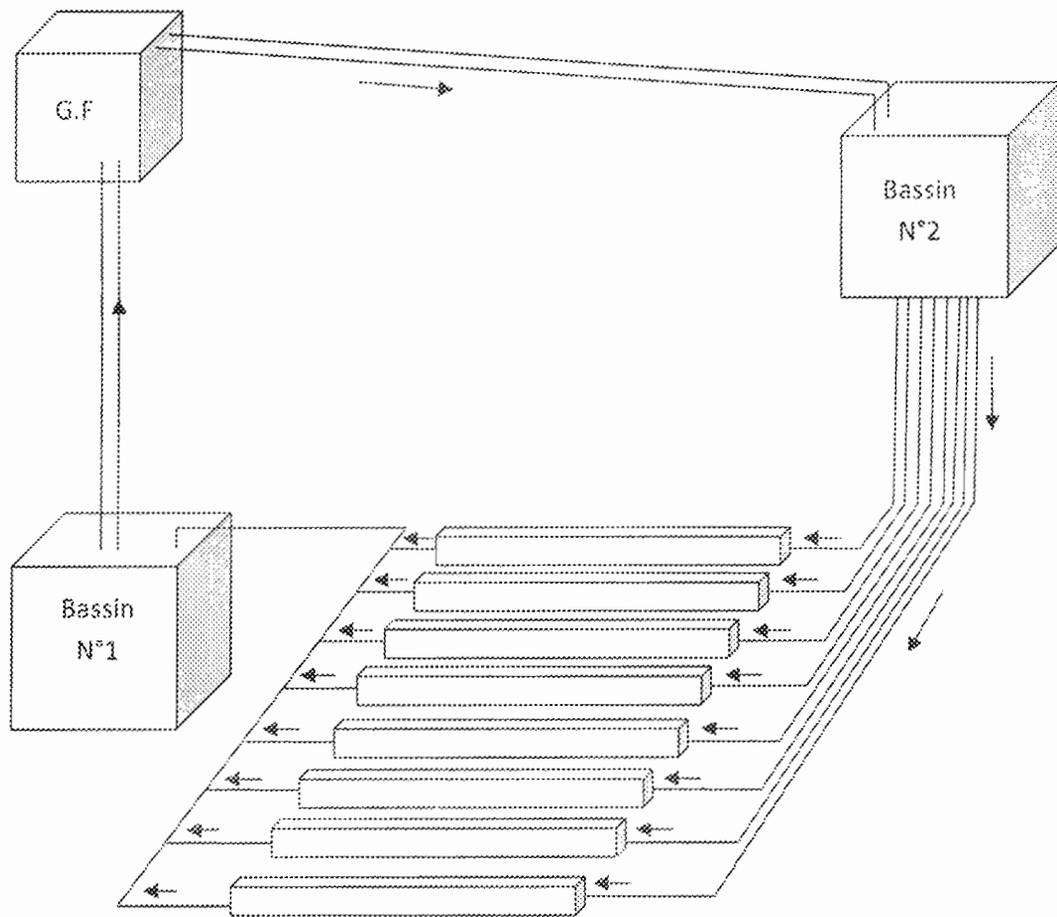


Figure 3.2 : Schéma du nouveau système proposé

III.2 Bilan thermique du système préconisé

Données :

température d'entrée de l'eau : $\theta_g=25^\circ\text{C}$

température à la sortie du groupe de froid : $\theta_f=9^\circ\text{C}$

température ambiante extérieure : $\theta_{ex}=37^\circ\text{C}$

capacité thermique de l'eau : $C_p=4,1945 \text{ kJ/kg.K}$

Système en tubes PVC 1 calorifugés

Dans cette partie nous allons introduire un coefficient d'absorption calorifique linéique de la tuyauterie calorifugée k' .

$$Q_1 = 7 \times 2\pi l k (\theta_i - \theta_g) \quad (3.1)$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{h_e r_1} + \frac{1}{\lambda_t} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{h_a r_3}} \quad (3.2)$$

l (m)	r ₂ (mm)	r ₁ (mm)	r ₃ (mm)	θ _g (°C)	θ _i (°C)	k (W/m°C)	Q (W) par ligne	Nbre de lignes	Q (W)
5	31,5	27	49,2	15,7	37	0,0593	39,6801	7	277,76

Nous obtenons à la suite des calculs $Q_1 = 277.76 \text{ W}$

Système tubes PE calorifugés

	l (m)	r ₂ (mm)	r ₁ (mm)	r ₃ (mm)	θ _g (°C)	θ _i (°C)	k (W/m°C)	Q (W)
ligne 1	16,5	24,15	20	37,15	16,2	32	0,067	110,412
ligne 2	14	24,15	20	37,15	16,2	32	0,067	93,683
ligne 3	10,5	24,15	20	37,15	16,2	32	0,067	70,262
ligne 4	7,5	24,15	20	37,15	16,2	32	0,067	50,187
ligne 5	10,5	24,15	20	37,15	16,2	32	0,067	70,262
ligne 6	14	24,15	20	37,15	16,2	32	0,067	93,683
ligne 7	16,5	24,15	20	37,15	16,2	32	0,067	110,412
								598,900

Ce qui donne $Q_2 = 598.900 \text{ W}$

III.3 Choix du groupe d'eau glacée

Après une consultation minutieuse de différents constructeurs, notre choix s'est porté sur les groupes CIATCOOLER série LC.

Ces derniers constituent une nouvelle génération de refroidisseur de liquide à condenseur à air. Ils bénéficient des dernières évolutions technologiques et sont équipés de composants fiables et performants.

Le choix du groupe consiste à déterminer :

- La puissance frigorifique corrigée (P_{fc})
- Le débit d'eau glacée (Q_c)
- La résistance au passage de l'eau (ΔP_c)

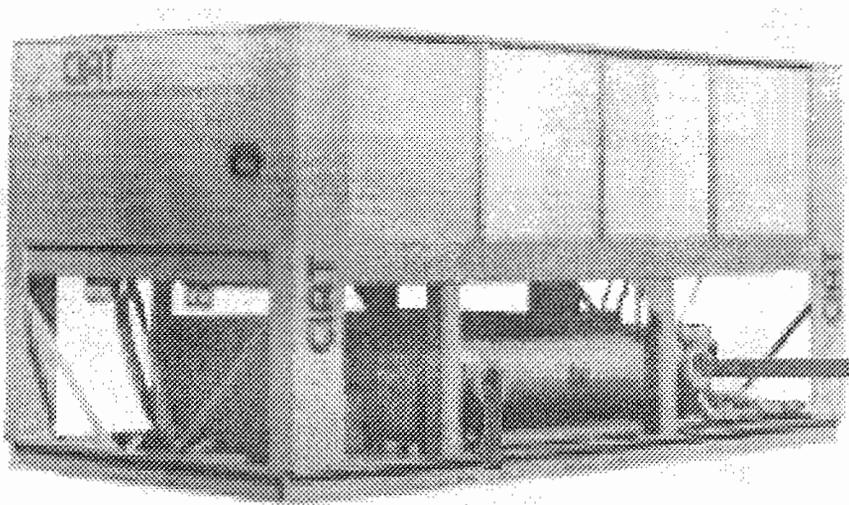


Figure 3.3 : Schema du groupe d'eau glacée

Données :

- Puissance frigorifique calculée : 332 991 kW
- Temperature entrée eau glacée : 17.2° C
- Temperature sortie eau glacée : 10° C
- Temperature air extérieur : 36° C
- Ventilateurs : 930 tr/min

Solution :

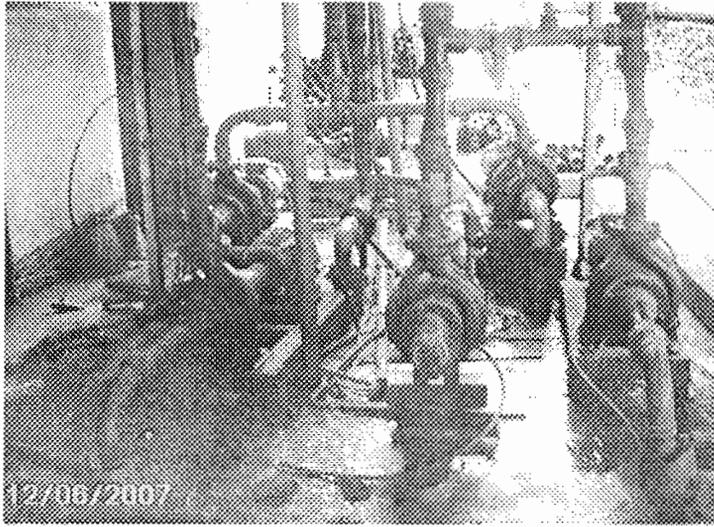


Figure 4.2 : Photo du bassin N°1 avec les pompes

IV.2.1 Détermination des débits probable

L'eau descend par gravité du bassin (2) dans sept (7) conduites en PVC, et arrivée en bas l'eau est envoyée par sept (7) pompes centrifuges DIN 24255-NFE 44 111 vers les bacs de refroidissement par des conduites en polyéthylène (PE).

A partir de la loi de continuité on obtient :

$$\frac{dm}{dt} = \rho AV = \rho \frac{\pi \times D^2}{4} \times V \quad [17] \quad (4.1)$$

Ce qui donne

$$D = \sqrt{\left(4 \times \frac{dm}{dt}\right) / (\pi \times \rho \times V)} \quad [17] \quad (4.2)$$

$$y = \frac{1}{\sqrt{x-1}} \quad [17] \quad (4.3)$$

$$\text{avec } x \geq 2 \quad Q^p = y \times Q^b \quad [17] \quad (4.4)$$

x : nombre d'appareils

$y=1$, le coefficient de simultanéité (il y'a de l'eau qui circule en tout instant, car l'installation fonctionne continuellement)

Q^p : débit probable en (l/s)

Q^b : débit de base en (l/s)

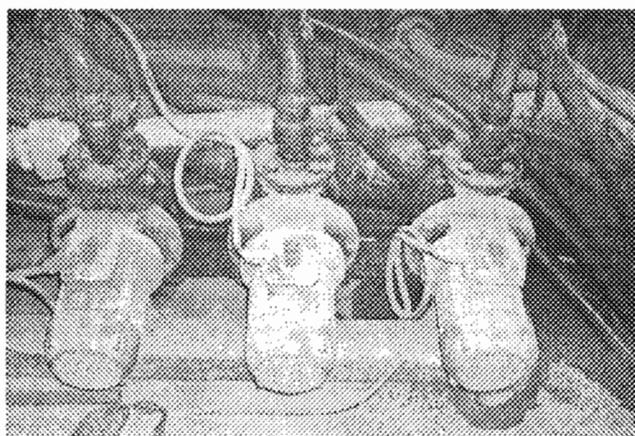


Figure 4.3 : Photo des pompes centrifuges en dessous du bassin N°2

Tronçons	N°	Longueur (m)	Débit total (l/s)	Nbre d'appareils	coeff. de simul	Débit probable	
						l/s	m ³ /h
AB		6	18,667	1	1	18,667	67,201
BC		28	18,667	1	1	18,667	67,201
EF	1	5	7,82	1	1	7,820	28,152
	2	5	7,82	1	1	7,820	28,152
	3	5	7,82	1	1	7,820	28,152
	4	5	7,82	1	1	7,820	28,152
	5	5	7,82	1	1	7,820	28,152
	6	5	7,82	1	1	7,820	28,152
	7	5	7,82	1	1	7,820	28,152
FG	1	14	7,82	1	1	7,820	28,152
	2	16,5	7,82	1	1	7,820	28,152
	3	18,3	7,82	1	1	7,820	28,152
	4	20,5	7,82	1	1	7,820	28,152
	5	22,3	7,82	1	1	7,820	28,152
	6	24,7	7,82	1	1	7,820	28,152
	7	26,2	7,82	1	1	7,820	28,152

Tableau 4.1 : Les débits probables de chaque tronçon du circuit

IV.2.2 Détermination des diamètres théoriques

Pour la détermination des diamètres théoriques on utilise la relation (4.2) précédente :

$$D_{th} = \sqrt{\frac{4 \times Q^p}{\pi \times \rho \times V}} \quad (4.5)$$

ou

V : vitesse d'écoulement en (m/s)

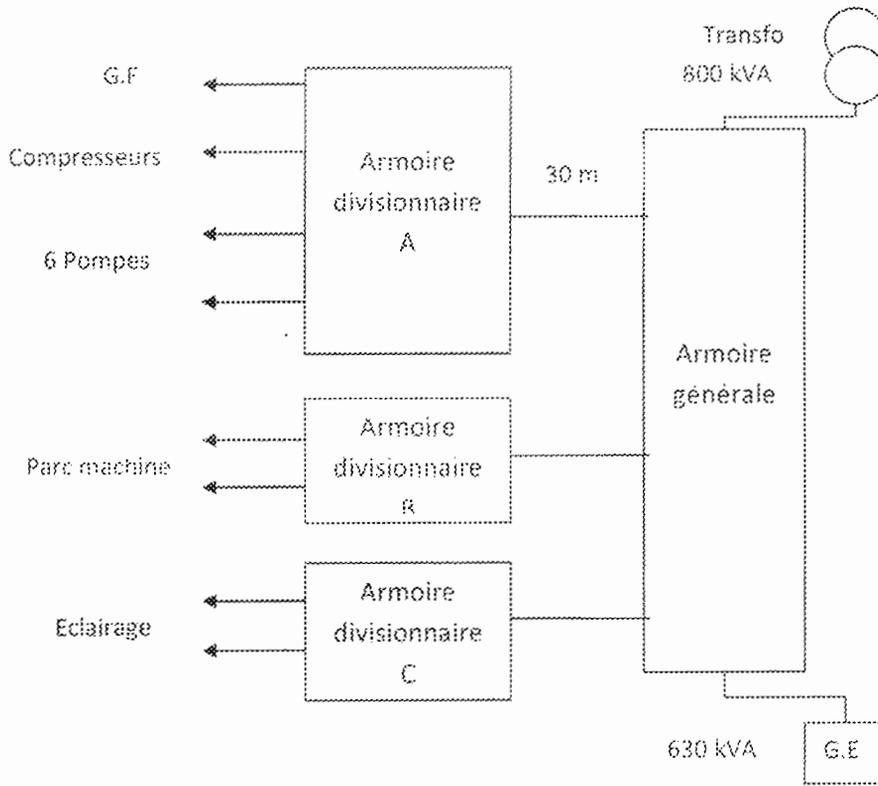


Figure 4.4: Schéma électrique de l'installation



Figure 4.5 : Les armoires électriques secondaire et générale

- régulation de puissance.

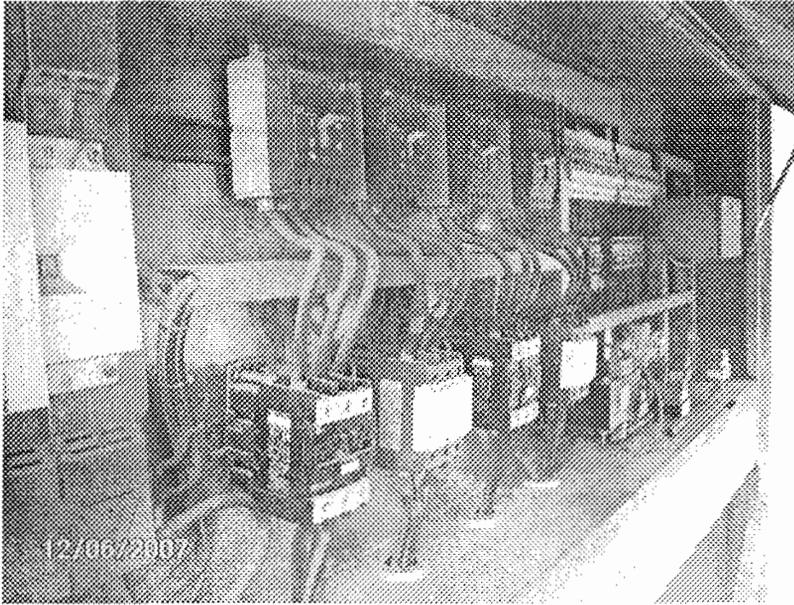


Figure 4.7 : Armoire électrique et de télécommande du groupe

IV.3.1 Détermination du calibre I_n du déclencheur de disjoncteur

IV.3.1.1 Calcul du courant d'emploi I_B

On calcule le courant d'emploi I_B à partir de la puissance à véhiculer dans le câble.

Le guide UTE C 15-105 décrit une méthode de détermination du courant maximal d'emploi qui s'appuie sur la connaissance de la puissance de chaque circuit d'utilisation pour lequel sont attribués différents coefficients.

Coefficients minorants :

- facteur de simultanéité lié au foisonnement des circuits (prises de courant par exemple),
- facteur d'utilisation (ou de charge) généralement choisi entre 0,7 et 0,8.

Coefficients majorants :

- facteur lié au rendement ou au $\cos \phi$ dégradé (lampes à fluorescence) et à des surintensités (démarrage moteurs),
- facteur de prévision d'extension de l'installation.

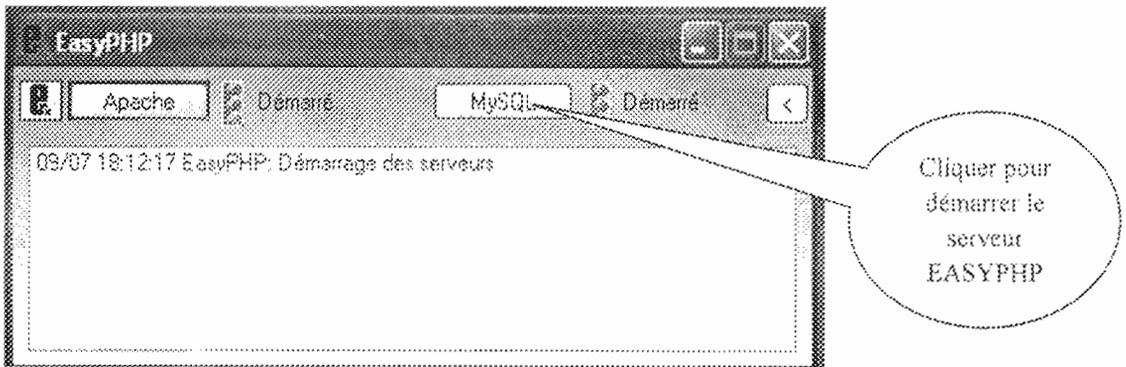


Figure 5.4 : Ecran de démarrage de EasyPHP

V.5.2 Le langage SQL

SQL (Structured Query Language) est un langage évolué de manipulation des bases de données relationnelles. Il manipule donc des tables (relations) par l'intermédiaire de requêtes qui produisent également des tables. Il est aujourd'hui supporté par la plupart des produits commerciaux.

Il a fait l'objet de normes ANSI/ISO dont la plus répandue aujourd'hui est la norme SQL2 qui a été définie en 1992.

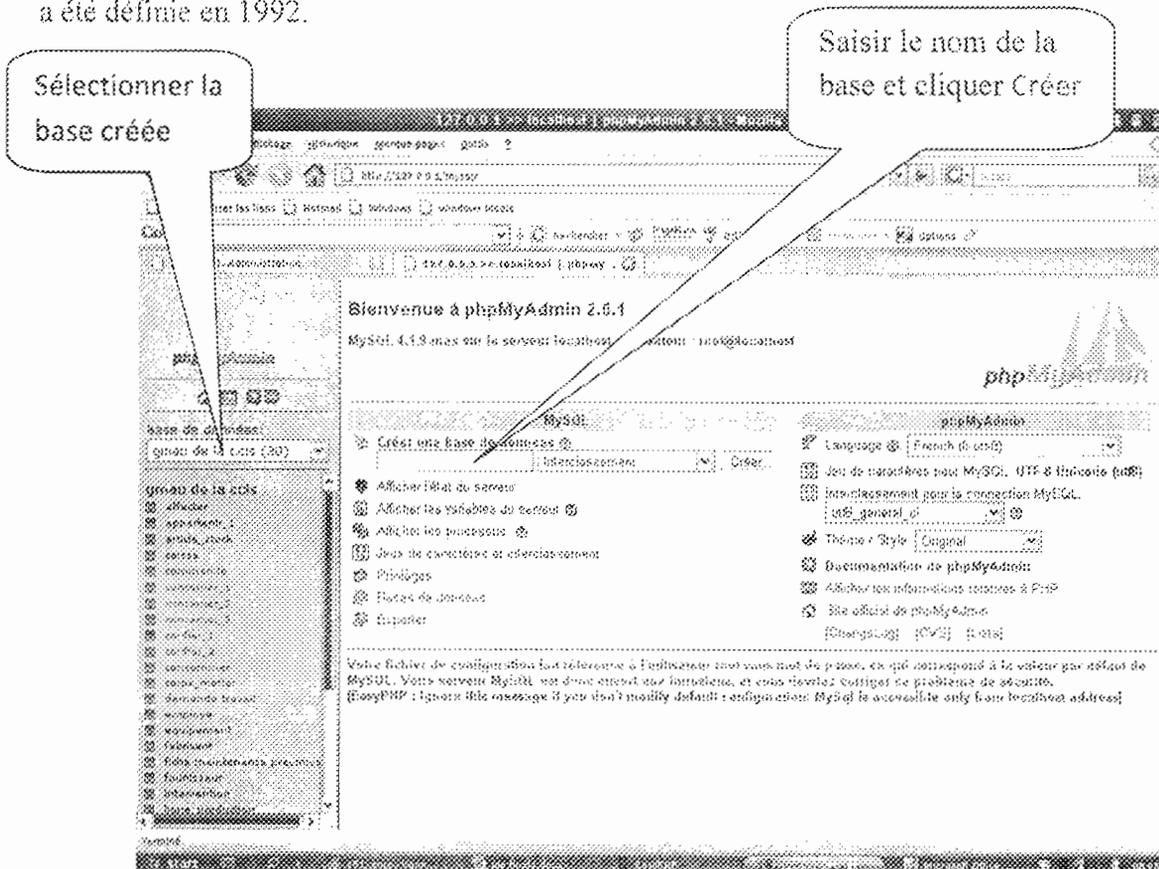
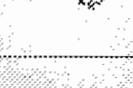


Figure 5.5: Ecran d'accueil de MySQL (phpMyAdmin 2.6.1)

Câbles et conducteurs posés à l'air libre							
N° mode de pose	Exemple	Description	Méthode de référence	Facteur de correction	Référence des tableaux spécifiques des facteurs liés aux groupements		
					Circuits	Couches	Conduits
T1		Câbles mono ou multiconducteurs avec ou sans armature, sans platine	C	1	T1, D2	-	-
T1A		Câbles mono ou multiconducteurs, avec ou sans armature, fixés à un plateau	C	0,95	T1, D3	-	-
T2		Câbles mono ou multiconducteurs posés sur des chemins de câbles ou tablettes non perforées	C	1	T1, D2	T2	-
T3		Câbles multiconducteurs sur des chemins de câbles ou tablettes perforées, en parcours horizontal ou vertical	E	1	T1, D4	T2	-
T3A		Câbles monoconducteurs sur des chemins de câbles ou tablettes perforées, en parcours horizontal ou vertical	F	1	T1, D4	T2	-
T4		Câbles multiconducteurs sur des chemins de câbles en treillis soudé	E	1	T1, D5	T2	-
T4A		Câbles monoconducteurs sur des chemins de câbles en treillis soudé	F	1	T1, D5	T2	-

Annexe A2: Facteur de correction lié au mode de pose

T1 - Facteurs de correction pour groupement de plusieurs circuits ou plusieurs câbles multiconducteurs												
Disposition de circuits ou de câbles jointifs ⁽¹⁾	Facteurs de correction											
	Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
D1 : Enterrés	1,00	0,82	0,70	0,62	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40
D2 : Simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Plus de facteur de réduction supplémentaire pour plus de 9 câbles		
D3 : Simple couche au plafond	1,00	0,83	0,79	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64			
D4 : Simple couche sur des tablettes horizontales perforées ou tablettes verticales	1,00	0,80	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,73			
D5 : Simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, tréillis soudés, etc.	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,79	0,78			

Annexe A3 : Facteur de correction pour groupement de plusieurs circuits ou plusieurs câbles multiconducteurs

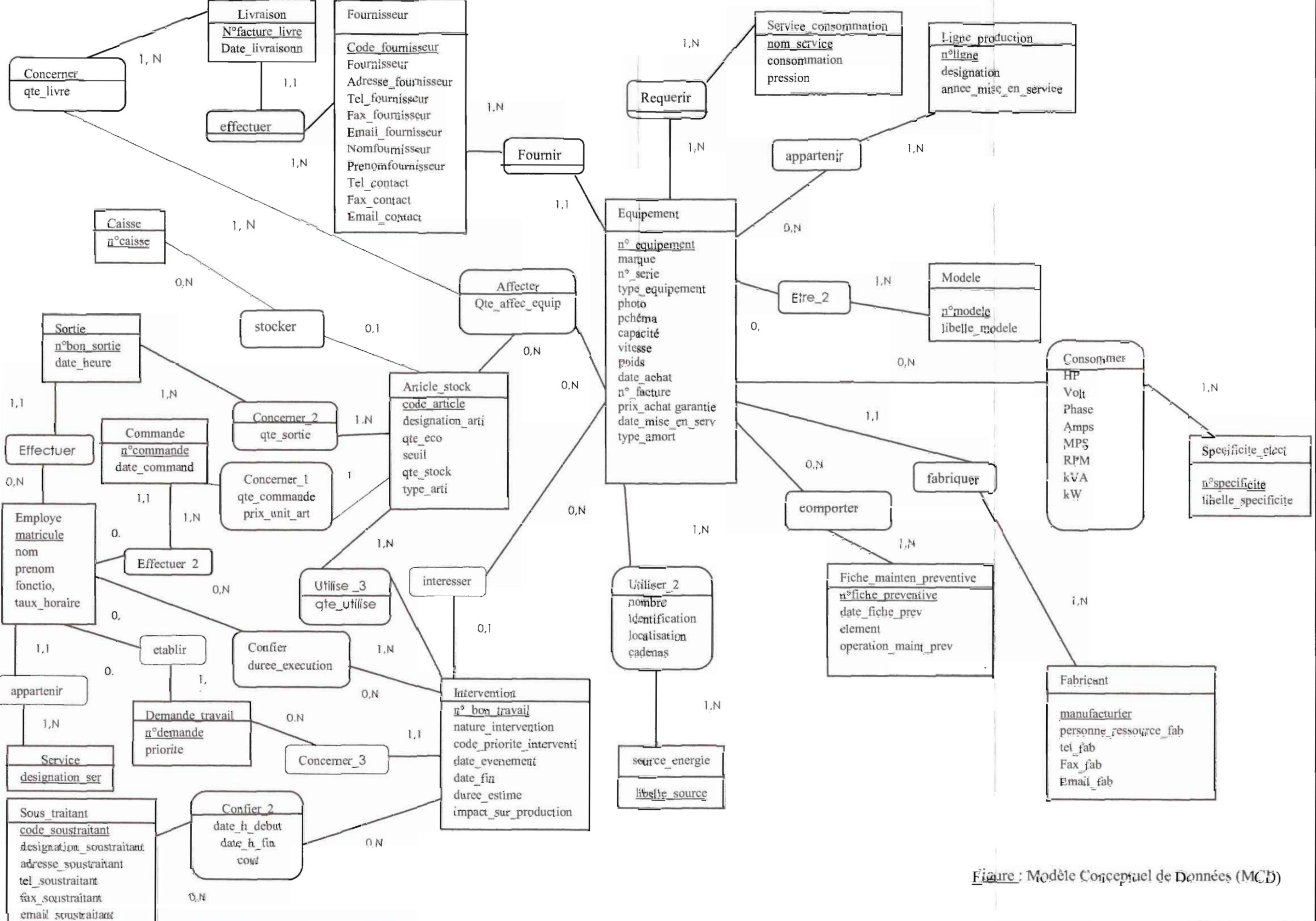


Figure : Modèle Conceptuel de Données (CMD)