

REPUBLIQUE DU SENEGAL

Ministre de l'Enseignement Supérieur de la Recherche et de l'Innovation



Institut Supérieur d'Enseignement Professionnel-Diamniadio



N° : DISEP-FCA-P3-Groupe 1

PROJET DE FIN DE FORMATION POUR L'OBTENTION DU DISEP

DIPLOME DES INSTITUTS SUPERIEURS D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNELS

Thème :

Banc didactique du circuit de froid industriel

Modèle de la chambre froide

Soutenu le :

Présenté par :

1. Andoye ADUAYI
2. Abdou Aziz NDIAYE
3. Thiendou MBENGUE
4. Fatou SONKO
5. Adama DIALLO

Encadreur :

Année académique : 2023/2024

Institut Supérieur d'enseignement Professionnel de Diamniadio

Les métiers de l'automobile

FILIERE : Froid et Climatisation Automobile

Année académique : 2023/2024

REMERCIEMENTS

...

Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce projet.

C'est avec un grand plaisir que nous réservons cette page en signe de gratitude et de profonde reconnaissance à tous ceux qui nous ont aidé tout au long de ce projet.

Tout d'abord, nous tenons à exprimer nos remerciements à Mme Mbossé Ndiaye Gueye pour ce beau travail qu'elle est en train de mener mais également Mr le directeur des études Mr Amar DIOP.

Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide sans l'aide de notre très cher formateur Mr Mamadou NGOM, nous le remercions pour la qualité de son encadrement exceptionnel, son professionnalisme, sa rigueur et sa disponibilité durant la préparation de ce projet.

Nos remerciements s'adressent à Mr Cheikh TALL et Mr cheikh Omar NIANG pour leur aide pratique, leur soutien moral et leurs encouragements.

Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leur générosité et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

SOMMAIRE

Introduction General

Chapitre 1 : Etude du projet

Introduction

- I. Présentation du banc didactique du circuit de froid industriel
 1. Définition
 2. Objectif
- II. Historique du Froid industriel

Conclusion

Chapitre 2 : Etude technique

Introduction

- I. Les différents éléments frigorifiques
 - A. Les éléments principaux
 1. Le compresseur
 2. Le condenseur
 3. Le détendeur thermostatique
 4. L'évaporateur
 - B. Les éléments annexes
 1. Bouteille liquide
 2. Filtre
 3. Voyant
 4. Electrovanne
 5. Pressostat combine HP et BP
- II. Les éléments électriques
 1. Le sectionneur
 2. Le contacteur
 3. Le relais thermique
 4. Ventilateur condenseur
 5. Ventilateur évaporateur

III. Schéma fonctionnel

Conclusion

Chapitre 3 : Dimensionnement et étude financière

Introduction

- Dimensionnement
- Etude financière

Conclusion

Conclusion général

Introduction général

Les systèmes de froid industriel sont des équipements clés pour de nombreuses industries qui nécessitent un refroidissement constant des processus de production, ce qui peut aider à améliorer la qualité des produits, à prolonger leur durée de conservation et à réduire les coûts de production.

Les systèmes de froid industriel peuvent être basés sur différentes technologies, telles que la compression de vapeur, l'absorption, la diffusion et la cryogénie et peuvent être utilisés dans une variété d'applications industrielles, telles que la production d'aliments, la production d'énergie, la production chimique, la production pharmaceutique, la production de papier et bien plus encore. Les systèmes de froid industriel sont essentiels pour maintenir des processus de production efficaces et durables dans de nombreuses industries.

Chapitre 1 : Etude du projet

Introduction

Ce document est une réalisation d'un banc didactique qui consiste à visualiser clairement les différentes phases de changement d'état d'un fluide frigorigène dans un circuit frigorifique à compression de vapeur. Il pose : comment faire comprendre facilement la notion du fonctionnement du cycle frigorifique de base

I. Présentation du banc didactique du circuit de froid industriel

1. Définition

Comme dans une chambre froide, le banc didactique du circuit de froid industriel est équipé d'un compresseur, d'un condenseur, d'un filtre déshydrateur, d'un détendeur et d'un évaporateur..., l'unité est préinstallée avec un fluide frigorigène de type R134a qui est un hydrofluorocarbure sans danger pour l'ozone et conforme à la réglementation mondiale en matière d'émissions.

2. Objectif

Vue les manques de poste de travail nous avons opté de concevoir et de réaliser un banc didactique qui permettra aux apprenants qui vont venir de pouvoir faire facilement leurs TP (travaux pratiques). Mais aussi leurs permettant d'observer les différents changements

d'état du fluide frigorigène dans un circuit fermé et de bien comprendre le fonctionnement du circuit.

II. Historique du froid industriel

Produire du froid est un procédé relativement récent à l'échelle historique.

Durant l'antiquité, Grecs et Romains conservaient le froid hivernal sous forme de neige ou de glace stockée dans des abris souterrains isolés à l'aide de paille ou de foin ce qui permettait de rafraîchir les boissons et la nourriture même pendant l'été. C'est durant cette même période de l'histoire que l'on découvrit que l'on pouvait obtenir des températures plus basses en mélangeant de la glace pilée et du sel marin.

Plus récemment, au XIXème siècle, la production de froid se développa très rapidement avec l'avancement des connaissances en électricité.

- 1805 : La première machine frigorifique à compression d'éther est imaginée par l'américain Evans.
- 1835 : un autre américain, Perkins réalise à Londres le premier circuit frigorifique avec l'éther comme fluide frigorigène. Cette machine, qui fabrique de la glace n'a pas retenu l'attention des industriels. L'industrie du froid ne prend son essor que plusieurs dizaines d'années plus tard, notamment avec l'emploi des moteurs électriques ;
- 1844 : Création de la machine frigorifique à air ;
- 1859 : Apparition de la première machine frigorifique à absorption ;
- 1913 : le premier réfrigérateur domestique fait son apparition ;
- 1919 : la marque frigidaire fait son apparition ;
- 1928 : Découverte des molécules de CFC 12 par Medley Henné de la division Frigidaire de General Motors ;
- 1931 : La fabrication industrielle commence avec Electrolux ;
- 1950 : Démocratisation des réfrigérateurs ;
- 1964 : Les réfrigérateurs à 2 portes font leurs apparitions ;
- Années 70 : Les appareils s'accessoirisent : lumière ; différents compartiments ;

- Années 80 : Apparitions des premiers réfrigérateurs combinés et des appareils bimoteurs ;
- Années 90 : De nouveaux gaz plus propres sont utilisés ;
- Années 2000 : le véritable défi devient l'environnement.

Conclusion

Pour une meilleure compréhension d'un circuit de froid industriel, ce banc sensibilise l'élève à l'étude d'une installation frigorifique par un compresseur de type hermétique. L'aspect pédagogique porte notamment sur l'analyse du circuit frigorifique, la mise en fonctionnement de l'installation, la mesure des températures, le réglage des composants, la mesure des pressions aux endroits caractéristiques.

Chapitre 2 : Etude technique

Introduction

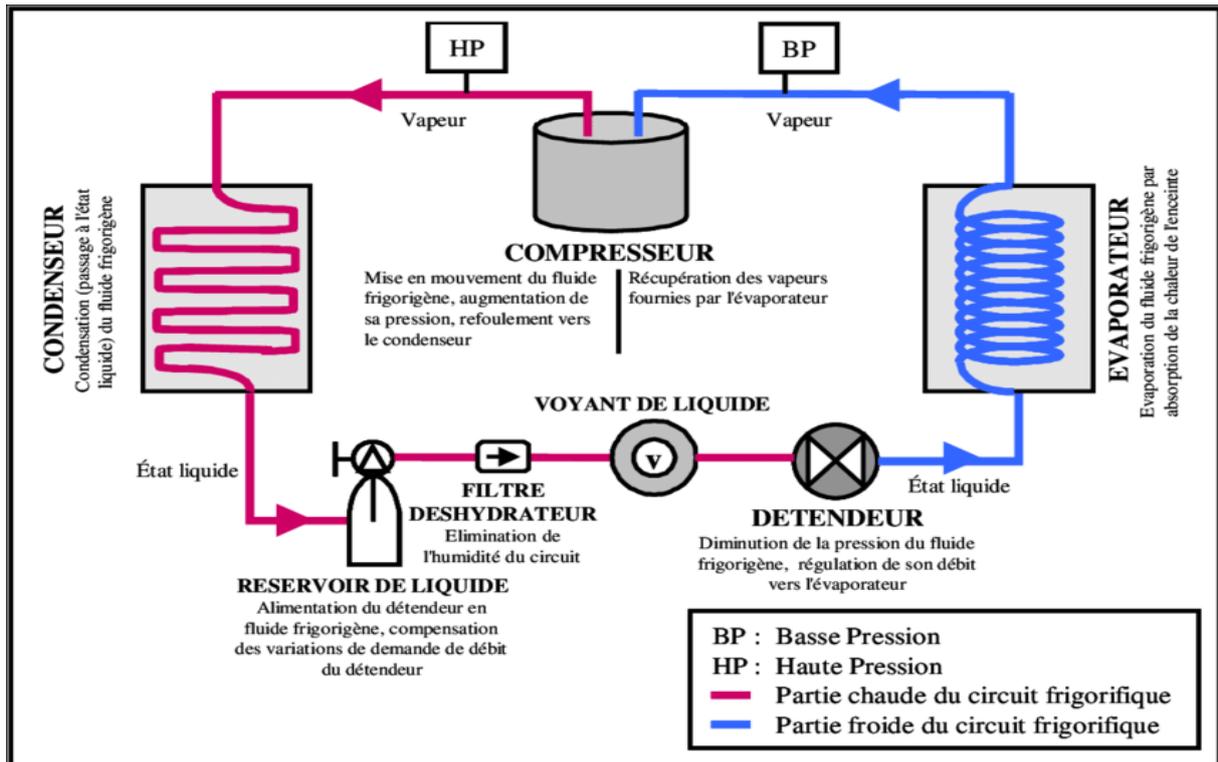
Comme dans tous les autres domaines techniques, celui des industries frigorifiques met en œuvre différents procédés et différents éléments frigorifiques dont il est nécessaire de contrôler le fonctionnement.

I. Les différents éléments frigorifiques

La production de froid se fait à partir des éléments principaux qui sont : le compresseur ; le condenseur ; le détendeur ; l'évaporateur sans oublier le fluide frigorigène.

Cependant en froid industriel d'autres éléments annexes sont intégrés dans le circuit à savoir la bouteille liquide, le voyant, l'électrovanne, ...

Schéma frigorifique du circuit de froid industriel



A. Les éléments principaux

1. Le compresseur

Le compresseur est le cœur d'une installation frigorifique, il permet la circulation du fluide frigorigène dans le circuit frigorifique en faisant passer ce même fluide de la basse pression à l'aspiration à la haute pression au refoulement : c'est la compression.

Pour un fonctionnement durable du compresseur, la compression ne doit se faire que lorsque ce fluide est en phase vapeur car le liquide est incompressible. Lorsqu'on parle de compresseur on sous-entend de moto compresseur, le compresseur étant la partie mécanique entraînée par un moteur électrique.

Suivant le type de liaison ou d'association entre les deux parties on distingue plusieurs types de compresseur :

Les compresseurs hermétiques : le moteur électrique et le compresseur sont enfermés dans la même enveloppe sous possibilité d'accéder en chacune des parties de manières isolées.

Les compresseurs ouverts : le moteur électrique et le compresseur sont associés par un organe de liaison qui peut être en manchon d'accouplement ou une ou plusieurs courroies.

Les compresseurs semi-hermétiques ou semi ouvert : il s'agit d'un type de compresseur intermédiaire entre les deux types précédents. Le moteur électrique et le compresseur sont montés sur un arbre commun et sur le même bâti avec la possibilité d'accès à chaque élément, ce qui fait que ces compresseurs sont également appelés compresseurs hermétiques accessibles.

De manière général, les compresseurs disposent du point de vue extérieur d'un bornier de raccordement électrique ainsi que trois orifices de liaison frigorifique.



2. Le condenseur

Un condenseur est un échangeur de chaleur qui assure grâce à un médium de refroidissement, air et / ou eau l'évacuation de la quantité de chaleur prélevée au milieu à refroidir par l'évaporateur et la quantité de chaleur du travail du compresseur qui sont contenues dans les vapeurs de fluide frigorigène. Il permet ainsi au fluide frigorigène gazeux de se liquéfier en cédant sa chaleur au médium de refroidissement. On peut distinguer :

Les condenseurs à refroidissement par air

Les condenseurs à refroidissement par eau

Les condenseurs mixtes (air et eau)

3. Le détendeur thermostatique

L'alimentation automatique en fluide frigorigène de l'évaporateur d'une installation nécessite un appareillage qui aurait pour le rôle de n'injecter à l'évaporateur que la quantité de fluide

frigorigène juste nécessaire pour absorber l'apport calorifique en provenance du milieu à refroidir.

Pour réaliser ce besoin, nous avons à notre disposition plusieurs types d'appareil fonctionnant suivant leurs principes différents, mais qui ont tous un point commun, ils constituent la séparation entre la partie haute pression et la partie basse pression du circuit frigorifique.

Lors de son passage à travers le rétrécissement ou l'orifice calibré, le fluide frigorigène subit une chute importante de pression et se vaporisera partiellement.

Le détendeur thermostatique à égalisation de pression interne est l'organe de détente le plus couramment utilisé dans les installations frigorifiques, le détendeur thermostatique va régler l'injection de liquide frigorigène de façon à maintenir constante la surchauffe des vapeurs sortant de l'évaporateur. Ce type de détendeur est bien adapté lorsque la perte de charge entre l'aval du détendeur et la sortie de l'évaporateur est faible, ce qui est le cas la plupart du temps sur les installations frigorifiques de faible puissance dont l'évaporateur est équipé d'un ou deux circuits.

4. L'Évaporateur

L'évaporateur est un échangeur de chaleur qui permet de refroidir l'air extérieur grâce à un fluide frigorigène. Au cours du passage dans l'évaporateur, le fluide frigorigène passe de l'état liquide à l'état gazeux : c'est l'évaporation.

La fonction principale d'un évaporateur est d'absorber la chaleur. L'évaporateur fonctionne comme suit : à l'entrée de l'évaporateur le fluide frigorigène est à l'état liquide et à basse pression. En passant dans l'évaporateur le fluide frigorigène (à basse température) capte l'énergie thermique. De ce fait le fluide frigorigène s'évapore et passe à l'état vapeur.

On distingue plusieurs types d'évaporateur :

- Évaporateur à air (mural)
- Évaporateur à air (plafonnier)
- Évaporateur à eau (plafonnier double flux)
- Évaporateur à eau (à plaques)
- Évaporateur à eau (multitubulaire)

B. Les éléments annexes

1. Bouteille liquide

Dans un système de réfrigération, la bouteille liquide joue un rôle essentiel. Il s'agit d'un composant qui se trouve après le condenseur et avant le détendeur dans le circuit de réfrigération. Son rôle principal est de séparer le liquide réfrigérant.

Lorsque le réfrigérant quitte le condenseur, il est sous forme de mélange liquide et de gaz. La bouteille liquide permet de séparer ces deux phases. Elle agit comme un réservoir où le liquide réfrigérant s'accumule tandis que le gaz réfrigérant s'évapore et continue son chemin vers le détendeur. L'importance de la bouteille liquide réside dans plusieurs aspects :

- Assurer un flux de liquide constant : la bouteille liquide permet de maintenir un flux régulier de liquide réfrigérant vers le détendeur. Cela garantit un fonctionnement efficace du système de réfrigération.
- Eviter les problèmes de surchauffe : en séparant le liquide du gaz, la bouteille liquide évite que le détendeur ne soit alimenté en gaz à la place du liquide. Cela prévient les problèmes de surchauffe du compresseur et assure une meilleure performance globale du système.
- Stabiliser le processus de détente : la bouteille liquide aide à stabiliser le processus de détente en fournissant un réservoir de liquide réfrigérant. Cela permet de maintenir une pression et une température constantes au niveau du détendeur, ce qui contribue à un refroidissement efficace.

En résumé, la bouteille liquide est un élément clé dans le système de réfrigération. Elle permet de séparer le liquide du gaz réfrigérant, assure un flux de liquide constant vers détendeur et contribue à la stabilité et à l'efficacité globale du système de réfrigération.

Le filtre déshydrateur

Le filtre déshydrateur est situé sur la partie haute pression entre le condenseur et le détendeur. C'est un organe important du circuit frigorifique qui a trois principales fonctions :

Déshydrater le circuit (supprimer l'humidité) : l'humidité est l'ennemie du frigoriste, elle favorise la formation d'acide, dégrade l'huile des compresseurs ou provoque des dysfonctionnements au niveau du détendeur. Les matières déshydrantes les plus utilisées sont : L'alumine activée, le gel de silice, le crible ou tamis moléculaire.

Neutraliser les acides : La formation d'acide est non seulement néfaste pour l'huile de lubrification des compresseurs, mais aussi pour les enroulements du moteur du compresseur donc il est nécessaire d'utiliser un agent antiacide, c'est l'oxyde d'alumine qui joue le rôle d'antiacide.

Filtrer les fines particules (cuivre...) : Une bonne filtration permettra de maintenir le circuit propre, en stoppant tout corps étranger, ce qui garantira un bon fonctionnement des divers organes. Le choix d'un déshydrateur pour une installation donnée, doit tenir compte de la puissance de l'installation, du type de fluide et de sa quantité.

Montage : un déshydrateur doit être monté plutôt en position vertical, entrée en haut afin que le fluide passe entièrement dans l'agent déshydratant. Le sens de montage est indiqué par une flèche, pour garder l'intégrité de ses propriétés le déshydrateur doit rester bouché jusqu'au moment du montage.



2. Le voyant

Les voyants, placés sur les tuyauteries de liquide après le déshydrateur permettent de déceler la présence de bulles de vapeur dans la tuyauterie, les permettent également de déceler une éventuelle présence d'humidité par une pastille dont la couleur change en présence d'humidité. Il permet aussi de contrôler l'état du fluide frigorigène dans la conduite liquide de l'installation, l'écoulement régulier de l'huile du carter si le voyant est installé sur le retour d'huile qui relie le séparateur d'huile au compresseur.

Il est en laiton matricé à chaud, le témoin en verre est soit fondu directement dans le corps du voyant soit comprimé entre une bague métallique et le corps du voyant dont l'étanchéité est garantie par un joint.

Le voyant liquide est constitué d'un élément sensible (sel chimique) qui change de couleur en fonction de la teneur en humidité du circuit. Quand celui-ci est de couleur verte le circuit est considéré comme sain, quand il vire au jaune il est probable que le déshydrateur soit saturé d'humidité et il doit être changé. La présence d'humidité ne doit pas être acceptée afin d'éviter la formation d'acides préjudiciables au bon fonctionnement de l'installation.

La présence de bulle à travers le voyant doit indiquer soit un manque de fluide (sous certaines conditions), une évaporation partielle du fluide (chute de pression), un faible sous-refroidissement.

3. L'électrovanne

L'électrovanne est un type de vanne commandée par un signal électrique. Elle est utilisée pour contrôler le flux d'un fluide, tel que l'eau, le gaz, l'air ou d'autres liquides, à travers un système ou un circuit. L'électrovanne est composée d'un solénoïde (une bobine électrique) qui lorsqu'elle est activée par un courant électrique, génère un champ magnétique qui ouvre ou ferme le passage du fluide à travers la vanne. Cela permet de réguler le débit, la pression ou la direction du fluide dans le système. Les électrovannes sont couramment utilisées dans de nombreuses applications, notamment dans le froid industriel.

4. Le pressostat combiné HP et BP

Le pressostat combiné est utilisé, en sécurité pour assurer une protection contre une pression d'aspiration trop faible ou une pression de refoulement trop élevée, en régulation pour la gestion des compresseurs. Il permet notamment de garder la pression du fluide frigorigène à un niveau approprié. Il permet d'éviter une force d'aspiration trop douce ou d'une pression de refoulement trop intense. Il donne aussi la possibilité d'avoir un bon système de réfrigération, de mieux réguler le lancement et l'interruption des compresseurs.

II. Les éléments électriques

Le sectionneur

Le rôle d'un sectionneur est de fournir une isolation électrique sûre et fiable pour mettre hors tension un circuit électrique. Un sectionneur est aussi un dispositif de commutation qui

permet de couper ou d'isoler une partie spécifique d'un circuit électrique ou un équipement sans interrompre l'alimentation du reste du système.

Les sectionneurs sont souvent utilisés dans les installations électriques pour des raisons de sécurité, de maintenance ou d'urgence. Lorsqu'un sectionneur est ouvert, il crée une coupure physique dans le circuit, ce qui permet aux travailleurs d'effectuer des opérations de maintenance ou de réparation en toute sécurité, sans risquer d'électrocution ou de court-circuit. Les sectionneurs peuvent être utilisés en conjonction avec d'autres dispositifs de protection, tels que des disjoncteurs, pour assurer une protection complète du système électrique. Ils sont généralement conçus pour supporter des charges électriques élevées et offrir une isolation adéquate pour garantir une séparation sûre des circuits.

Le contacteur

Le rôle d'un contacteur est de contrôler l'alimentation électrique d'un circuit. Il agit comme un interrupteur qui permet d'ouvrir ou de fermer le circuit électrique en fonction des besoins. Les contacteurs sont souvent utilisés dans les systèmes de commande industriels pour gérer la mise en marche et l'arrêt de moteurs, d'éclairages ou d'autres charges électriques de puissance élevée. Ils sont conçus pour résister aux courants importants et offrir une grande fiabilité dans des applications professionnelles.

Le relais thermique

Le rôle d'un relais thermique est de protéger un moteur électrique contre les surintensités qui pourraient endommager ou causer une défaillance du moteur. Le relais thermique surveille la température du moteur en utilisant des dispositifs de détection thermique, tels que des sondes ou des capteurs de température intégrés.

Lorsque la température du moteur dépasse un seuil prédéfini, le relais thermique réagit en ouvrant le circuit d'alimentation électrique du moteur, ce qui entraîne l'arrêt du moteur. Cela permet de prévenir une surchauffe excessive et de protéger le moteur contre les dommages thermiques. En plus de la protection contre la surchauffe, certains relais thermiques peuvent également offrir des fonctionnalités supplémentaires, telles que la détection des court-circuits ou des déséquilibres de phase. Ces fonctionnalités permettent une protection plus complète du moteur et du système électrique dans lequel il est utilisé.

Ventilateur condenseur

La ventilation du condenseur permet d'évacuer la chaleur dissipée lors du processus de condensation. Généralement, un ventilateur ou un système de ventilation est utilisé pour faire circuler l'air autour du condenseur, facilitant ainsi le transfert de chaleur vers l'environnement extérieur. Un bon fonctionnement de la ventilation du condenseur est crucial pour assurer l'efficacité et les performances optimales du système de climatisation, de réfrigération ou de chauffage. Une ventilation adéquate garantit que la chaleur est dissipée efficacement, permettant ainsi au condenseur de fonctionner à des températures optimales et de maintenir un rendement énergétique élevé.

Ventilateur Evaporateur

Le ventilateur d'évaporateur aspire l'air chaud de la pièce et le fait circuler à travers les ailettes de l'évaporateur. L'air chaud passe ainsi au-dessus des serpentins de l'évaporateur, où le fluide frigorigène à basse température circule. Cette circulation d'air permet au fluide frigorigène de capter la chaleur de l'air ambiant, provoquant ainsi l'évaporation et le refroidissement de l'air. En plus de refroidir l'air, le ventilateur d'évaporateur assure également la circulation de l'air dans la pièce, favorisant ainsi une distribution uniforme de l'air frais et refroidi. Cela contribue à maintenir une température confortable et homogène dans l'espace climatisé.

III. Le schéma fonctionnel

Conclusion

Ce chapitre nous a permis d'observer la variété, la diversité et la complexité du froid en général ; il était question de définir quelques concepts clés de notre travail ; d'expliquer le fonctionnement détaillé du cycle frigorifique de base et de présenter un modèle de banc didactique de démonstration du cycle frigorifique. Il sera pour nous dans le prochain chapitre de dimensionner et d'étudier l'aspect financière.

Chapitre 3 : dimensionnement et étude financière

Introduction

Ce chapitre nous permettra de dimensionner les différents composants du banc didactique.

A partir des résultats obtenus après le dimensionnement, nous passerons à la réalisation de notre banc didactique. Pour atteindre les objectifs fixés, nous présenterons le matériel à utiliser pour chaque composant ; puis nous indiquerons les différentes opérations effectuées.

Nous clôturerons par une présentation finale du banc didactique et son cout estimatif.

➤ **Dimensionnement**

➤ **Etude financière**

Le banc didactique que nous avons réalisé fera l'objet d'une étude financière que nous avons résumé dans un tableau dans lequel nous donnerons en détail le cout de tous les éléments utilisés.

ORDRES	DESIGNATIONS	PRIX QUANTITES UNITAIRES	QUANTITES	PRIX DE REVIENT
01	Compresseur	20000	01	20000
02	Détendeur thermostatique	10000	01	10000
03	Electrovanne			
04	Pressostat combiné	10000	01	10000
05	Bouteille liquide	5000	01	5000
06	voyant	8000	01	8000
07	Bois			11500
08	Tube de fer	10000	02	20000
09	Filtre	8000	01	8000

Conclusion

Ce chapitre a consisté au dimensionnement et à l'aspect financière. Le dimensionnement du banc didactique. Le dimensionnement du banc didactique a consisté, sous la base de l'établissement d'un bilan thermique ; à déterminer non seulement les puissances énergétiques. Mais aussi et surtout à déterminer les surfaces nécessaires des différents composants.

Conclusion général

Il a été question dans le cadre de ce projet de fin d'étude de concevoir et de réaliser un banc didactique démontrant le circuit frigorifique de froid industriel. Cette étude est faite en vue de permettre aux apprenants d'enseignement technique option froid et climatisation de voir ou d'observer les différentes étapes de changement des phases d'un fluide frigorigène dans un cycle frigorifique fermé afin qu'ils analysent eux même et de pouvoir tirer des conclusions, ceci dans le but de comprendre le simple principe de de fonctionnement d'n

circuit frigorifique. Pour y parvenir, nous avons d'abord fait une généralité sur le froid, nous avons ensuite fait le dimensionnement et le bilan thermique de notre maquette.

