

 *e-commerce*

## Création d'un entrepôt de centralisation pour la grande distribution



**Introduction** ..... Erreur ! Signet non défini.

1) <u>Les données recueillies dans le CCTP :</u>	4
2) <u>Normes en vigueur par rapports aux différents lots :</u>	6
3) <u>Schéma de principe et diagrammes</u>	8
4) <u>Tableau comparatif des deux solutions proposées :</u>	12
5) <u>Justifications du choix de la solution retenue :</u>	15

## I- Introduction

La consistance des travaux sera de réaliser l'Aménagement d'un entrepôt situé dans la zone industriel de Chilly Mazarin dans le 91 pour le client Auchan e-commerce. Il servira d'entrepôt de centralisation pour la grande distribution.



27 rue Helene Boucher Chilly-Mazarin 91380

Le but de cet entrepôt est de maintenir à température différentes zones, pour le stockage de produits divers. Celui-ci est principalement utilisé comme plate-forme. Il aura pour but de conserver les produits en attente d'une redistribution et départ vers les grandes surfaces.

Afin de procéder au bon déroulement du projet j'ai fait appel à mes collègues de travail LALEU Rémi et DESPEYROUX Mathieu. Grace à leur aide on a pu séparer le projet en trois parties distinctes.

Le lot froid négatif qui sera traité par Pierre KIHÉL, le lot froid positif et évacuation des calories traité par DESPEYROUX Mathieu et enfin la partie lot Emission et régulation traitée par LALEU Rémi.

Tout au long de notre projet nous devons garder à l'esprit que nous avons à nous comporter comme un bureau d'études. Mais devant notre inexpérience professionnelle surtout sur ce type de système très spécifiques, nous serons amenés à travailler avec le Bureau d'Etudes CETEFF, concepteur du CCTP en notre possession, pour comparer nos résultats et échanger par rapport à nos hypothèses émises ou solutions techniques envisagées.

Pour éviter de trop importuner notre interlocuteur M. AUTHIER Jean François, nous regrouperons toutes nos interrogations et nous passerons par notre enseignant responsable du projet avant une prise directe.

### a) Les données recueillies dans le CCTP :

Tout d'abord un cahier des clauses techniques particulières (**CCTP**) est un document contractuel rédigé par le pouvoir adjudicateur ou l'entité adjudicatrice regroupant l'ensemble des clauses à caractère technique régissant le marché. Il peut en outre comporter des plans, notices techniques, schémas.

Dans le cahier des clauses techniques particulières fournis par l'entité adjudicatrice CETEFF on y apprend les différents points suivants :

Dans un premier temps ce sont tout d'abord les généralités du projet avec la présentation des travaux avec la présentation du client ici AUCHAN E-Commerce de Chilly Mazarin (91) le contenu par lot des différents des travaux.

#### Différentes zones à refroidir sont à distinguer dans l'entrepôt à savoir :

De très grand volume de l'ordre 40 000 m<sup>3</sup> en froid positif sans parois séparatrices sauf pour la chambre froide fruits et légumes et 2200 m<sup>3</sup> en froid négatif. La partie en froid positif est constituée de 5 différentes zones.

Zone Transstockeur : Cette zone a la particularité de comporter une grosse machine conçue de colonnes de casiers sur plusieurs rangées montées sur des rails modulables. Les produits sont entreposés dans différentes rangées. C'est pour cela que la diffusion de l'air doit être optimale, pour atteindre toute la partie de cette zone.

Zone Quai-stockage : c'est une zone de stockage en attente de transfert de marchandise, que ce soit pour l'entrée ou la sortie du produit. Beaucoup d'ouverture de porte seront à prendre en compte pour l'établissement du bilan frigorifique d'autant que cette zone donne directement sur un quai de transport.

Zone picking : Cette zone à une grosse particularité. A l'intérieur se trouve une machine composée d'un imposant tapis roulant qui a permet de prendre les marchandises en provenance du transstockeur pour des mises en rayon ou pour les ranger dans des casiers. Des personnes sont aussi sollicitées pour venir entreposer la marchandise dans les différents rayons. Les apports de chaleur dus aux moteurs des tapis roulants et aux personnes devront être pris en compte dans le bilan frigorifique de cette zone.

Couloir chambre froide négative : Le couloir est situé à l'entrée de la chambre froide négative pour limiter l'écart de température entre la chambre froide et l'extérieur. Si il y'a un écart de température trop important, lors des ouvertures de portes, l'air chargé en eau rentre à l'intérieur de la chambre et nous retrouvons le phénomène de prise en glace au plafond ou au sol, causé par les entrées d'air.

Chambre froide fruits et légumes : Dans cette chambres froide, différents fruits et légumes seront stockés. Le plus important sera de maintenir une température de +6/+8 °C dans cette zone. Sachant

que dans cette chambre il y a des produits fragiles car chargées entre 80 à 95% de leur masse en eau, il faudra que l'hygrométrie soit plus importante et surtout qu'elle soit maintenue. Pour cela le choix technique retenu pour un contrôle de l'hygrométrie se fera en jouant sur la variation de vitesse sur les moteurs des ventilateurs par l'intermédiaire d'un régulateur renseigné par une sonde hygrométrique. Cette régulation aura pour but de jouer sur la vitesse de rotation des moteurs de ventilateurs, pour faire varier l'hygrométrie dans la chambre froide.

Chambre froide positive : Cette chambre a pour but de maintenir la marchandise à une température de 0°C.

Chambre froide négative : Cette chambre froide a pour but de maintenir la marchandise à une température de -25°C.

Toutes les zones sont « ouvertes » sont maintenue à une température de 0°C, mise appart la chambre froide fruits et légumes qui sera situé au milieu de l'entrepôt celle-ci sera maintenu à une température de +6/+8 °C.

Les travaux consisteront à la fourniture la pose et le raccordement des éléments suivants :

- Centrale frigorifique positive carrossée extérieure au R134a à condensation à air et assurant le maintien en température d'une bouteille CO2.
- Centrale frigorifique négative carrossée extérieure fonctionnant au CO2 subcritique à condensation sur la bouteille CO2.
- Skid bouteille de stockage CO2.
- Panoplie de pompes CO2.
- Evaporateurs de la Cellule négative sur réseau CO2 subcritique.
- Evaporateurs des Cellules 4 et 5 Positives sur le réseau CO2 pompé.
- Ensemble de réseaux CO2 positifs et négatifs neufs.
- Armoires et liaisons électriques des équipements de production de froid.
- Système de détection de CO2 dans chaque cellule et CF.
- Un système GTC commun aux lots Froid, Electricité et CVC. GTC CAREL en base et variante en ACTION FROID.

Après avoir détaillé les travaux il faut connaître leur localisation:

**Niveau rez de chaussée :**

- Le quai réfrigéré de la Cellule 4
- La Cellule 5 réfrigérée avec le Transstockeur
- La CF Fruits et Légumes dans la Cellule 5
- La CF Négative dans la Cellule 5
- Le groupe positif carrossé sur dalle extérieure
- Le groupe négatif carrossé sur dalle extérieure
- Le Skid bouteille CO2 et pompes
- Les armoires électriques

### **Au R+1 dans les bureaux :**

- Le poste de GTC

Une fois le client et sa demande identifiée, la rédaction du CCTP se doit d'être conforme au niveau de la loi avec la présentation des obligations de l'entreprise.

Comme les documents à remettre, par exemple : Le bordereau de prix forfaitaire détaillé, accompagné de tous les prix unitaires.

L'entreprise doit aussi fournir un dossier d'exécution d'avant travaux comportant :

- les plans d'implantation,
- les plans des percements et réservations,
- les plans d'encombrement, fixation, poids

Le tout en respectant les plannings en général établi par la Maîtrise d'Œuvre en accord le Maître d'Ouvrage.

Une fois le client et sa demande identifiée, la rédaction du CCTP se doit d'être conforme au niveau de la loi avec la présentation des obligations de l'entreprise. Comme les documents à remettre, par exemple : Le bordereau de prix forfaitaire détaillé, accompagné de tous les prix unitaires. Mais l'entreprise doit aussi fournir un dossier d'exécution d'avant travaux comportant les plans d'implantation, Les plans des percements et réservations et pour finir Les plans d'encombrement, fixation, poids tout en respectant les plannings étant en général établi par la Maîtrise d'Œuvre en accord le Maître d'Ouvrage.

## **II- Normes en vigueur par rapports aux différents lots :**

**Norme NF EN 378 - 1 de décembre 2000** relative aux règles de sécurité et d'environnement concernant les installations frigorifiques, et notamment les exigences de base, définitions, classification et critères de choix.

**Norme NF EN 378 - 2 de juin 2000** relative aux règles de sécurité et d'environnement concernant les installations frigorifiques, et notamment la conception, la construction, les essais, les marquages et la documentation.

**Norme NF EN 378 - 3 de juin 2000** relative aux règles de sécurité et d'environnement concernant les installations frigorifiques, et notamment l'installation 'in situ' et la protection des personnes.

**Norme NF EN 378 - 4 de juin 2000** relative aux règles de sécurité et d'environnement concernant les installations frigorifiques, et notamment le fonctionnement, la maintenance, la réparation et la récupération.

**Norme NF X 08 - 100 de février 1986** relative aux indications des fluides par couleurs conventionnelles.

**Norme E 18 - 150 de décembre 1994** relative aux enregistreurs de températures pour l'entreposage et la distribution des denrées surgelées, congelées, réfrigérées et des crèmes glacées

**Norme NF – C 15-100 (UTE)** relative aux installations à basse tension

**Norme NF – C 20-010 (UTE)** relative aux règles communes aux matériels électriques, classification.

**Norme NF P 75 – 401 – 1 et 2 d'août 1994** (DTU 45.1) relative à l'isolation thermique des locaux et bâtiments frigorifiques

**Norme NF P 75 – 411 – 1 et 2 de mai 1993** (DTU 67.1) relative à l'isolation thermique des locaux et bâtiments frigorifiques

## DECRETS ET ARRÊTES

**Décret du 14 novembre 1988** relatif à la législation du travail, et notamment en application des articles L 231-1 et L231-2 du code du travail, relatifs à la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre les courants électriques.

**Arrêté du 30 septembre 1957** relatif aux mesures de sécurité applicables aux chambres froides et aux locaux climatisés.

**Arrêté du 10 novembre 1976** concernant les circuits et installations de sécurité.

**Décret du 25 juin 1980** relatif à la législation concernant les établissements recevant du public et notamment les règlements de sécurité contre l'incendie pris en application des articles R121-1, R123-55, R152-4, et R152-5, du code de la construction.

### b)Caractéristiques par rapport aux matériels et aux matériaux :

Tous les matériels utilisés devront être conformes aux normes françaises (AFNOR).

Les mises en œuvre de matériels devront être conformes aux prescriptions et règles en vigueur.

Si pour une raison quelconque, un matériel ou un procédé de construction ne se rattache pas à une norme ou un avis technique, le maître d'Ouvrage, sur avis de son bureau de contrôle, sera seul juge de son emploi.

Tous les matériaux utilisés et en contact avec le fluide frigorigène doivent respecter la norme NF EN 378-2 de juin 2000 et entre autre le chapitre 8.

## DECRETS ET ARRÊTES

**Décret du 14 novembre 1988** relatif à la législation du travail, et notamment en application des articles L 231-1 et L231-2 du code du travail, relatifs à la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre les courants électriques.

**Arrêté du 30 septembre 1957** relatif aux mesures de sécurité applicables aux chambres froides et aux locaux climatisés.

**Arrêté du 10 novembre 1976** concernant les circuits et installations de sécurité.

**Décret du 25 juin 1980** relatif à la législation concernant les établissements recevant du public et notamment les règlements de sécurité contre l'incendie pris en application des articles R121-1, R123-55, R152-4, et R152-5, du code de la construction.

Dans cet établissement **le permis de feu** est obligatoire.

**Arrêté du 18 juin 1980 (JO du 30 juillet 1980)** relatif aux règles des conditions d'hygiène applicables aux denrées animales et d'origine animale dans les entrepôts frigorifiques, et modifié par l'arrêté du 2 août 1984 (JO du 2 septembre 1984)

**Arrêté du 9 mai 1995 (JO du 16 mai 1995)** relatif aux règles d'hygiène des aliments remis directement au consommateur. Il fixe notamment les températures maximales de conservation des aliments avec principalement 4 niveaux de température :

(+2°C) maxi pour poissons sur glace fondante et pour les steaks hachés.

(+4°C) maxi pour toutes les denrées animales ou végétales cuites ou précuites, prêtes à l'emploi, non stables à température ambiante.

- (+8°C) maxi pour tous les produits laitiers.

- (-18°C) maxi pour toutes les denrées surgelées.

**Décret du 09 septembre 1964 et modifié par le décret du 05 novembre 1997 (JO du 07 novembre 1997)** concernant les aliments surgelés.

**Arrêté du 19 mars 1998 (JO du 19 mai 1998)** relatif à la méthode d'échantillonnage et de mesure pour le contrôle officiel de la température des aliments surgelés destinés à l'alimentation humaine.

**Décret n° 92-12771 du 07 décembre 1992 (JO du 08 décembre 1992)** relatif aux fluides frigorigènes utilisés dans les équipements frigorifiques.

**Décret n° 98-560 du 30 juin 1998 (JO du 07 juillet 1998)** qui modifie le précédent (obligation de contrôle annuel d'étanchéité des installations de plus de 2kg).

**Décret n° 95-408 du 18 avril 1995 (JO du 19 avril 1995)** relatif à la lutte contre les nuisances sonores voir essentiellement :

- article R.48-1
- article R.48-2
- article R48-4

**Arrêté du 12 Janvier 2000 (JO du 03 février 2000)** relatif au contrôle d'étanchéité des éléments assurant le confinement des fluides frigorigènes utilisés dans les équipements frigorifiques.

**Décret n° 2007-737 du 07 mai 2007 (JO du 08 mai 2007)** relatif aux fluides frigorigènes utilisés dans les équipements frigorifiques et climatiques.

**Arrêté du 15 Mars 2000** relatif à l'exploitation des équipements sous pression.

### **Caractéristiques par rapport aux matériels et aux matériaux :**

Tous les matériels utilisés devront être conformes aux normes françaises (AFNOR).

Les mises en œuvre de matériels devront être conformes aux prescriptions et règles en vigueur.

Si, pour une raison quelconque, un matériel ou un procédé de construction ne se rattache pas à une norme ou un avis technique, le maître d'Ouvrage, sur avis de son bureau de contrôle, sera seul juge de son emploi.

Tous les matériaux utilisés et en contact avec le fluide frigorigène doivent respecter la norme NF EN 378-2 de juin 2000 et entre autre le chapitre 8.

### **b) Normes au niveau de l'acoustique :**

Il sera apporté une attention toute particulière sur l'émission sonore des équipements frigorifiques vers la surface de vente et vers l'extérieur.

Il sera appliqué la réglementation en vigueur, décret N° 95-408 du 18 avril 1995 (JO du 19 avril 1995).

Les installations devront être conçues de manière à limiter les niveaux de bruits engendrés par les appareils.

Les valeurs admises de l'émergence, en limite de propriété, sont calculées à partir des valeurs de 5 dB(A) en période diurne (7h à 22 h) et en période nocturne (22h à 07h), valeurs auxquelles s'ajoute un terme correctif, fonction de la durée cumulée d'apparition du bruit, selon le tableau Article R.48-4.

L'installateur devra impérativement, avant tout commencement des travaux, fournir les caractéristiques acoustiques de tous les appareils générateurs de bruits et préciser les mesures qu'il compte prendre pour obtenir les niveaux de pression sonore imposés.

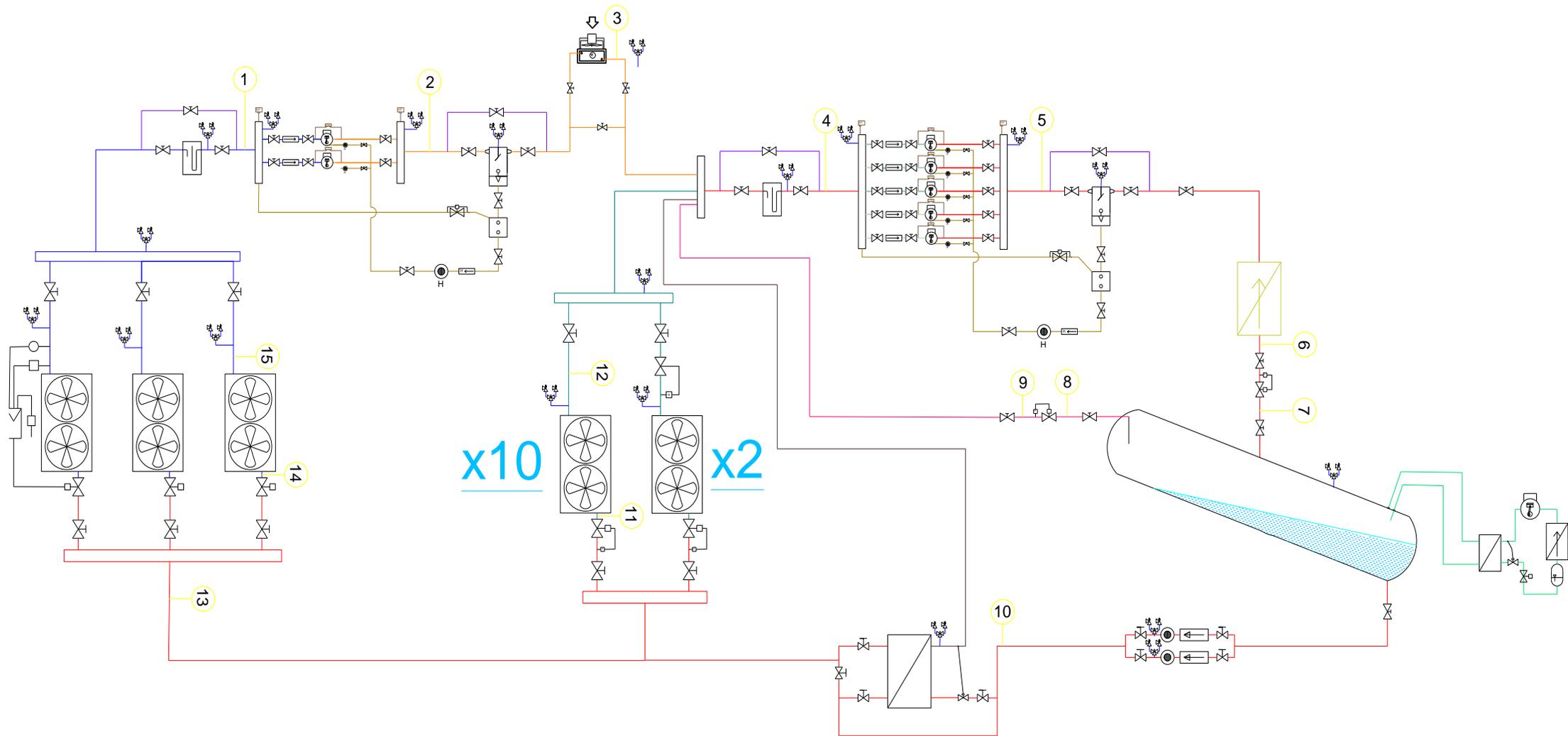
**c) Détecteurs de CO2 :**

L'entreprise titulaire du présent lot devra équiper chaque Cellule et chambre froide d'au moins 1 détecteur de CO<sup>2</sup> selon le descriptif suivant :

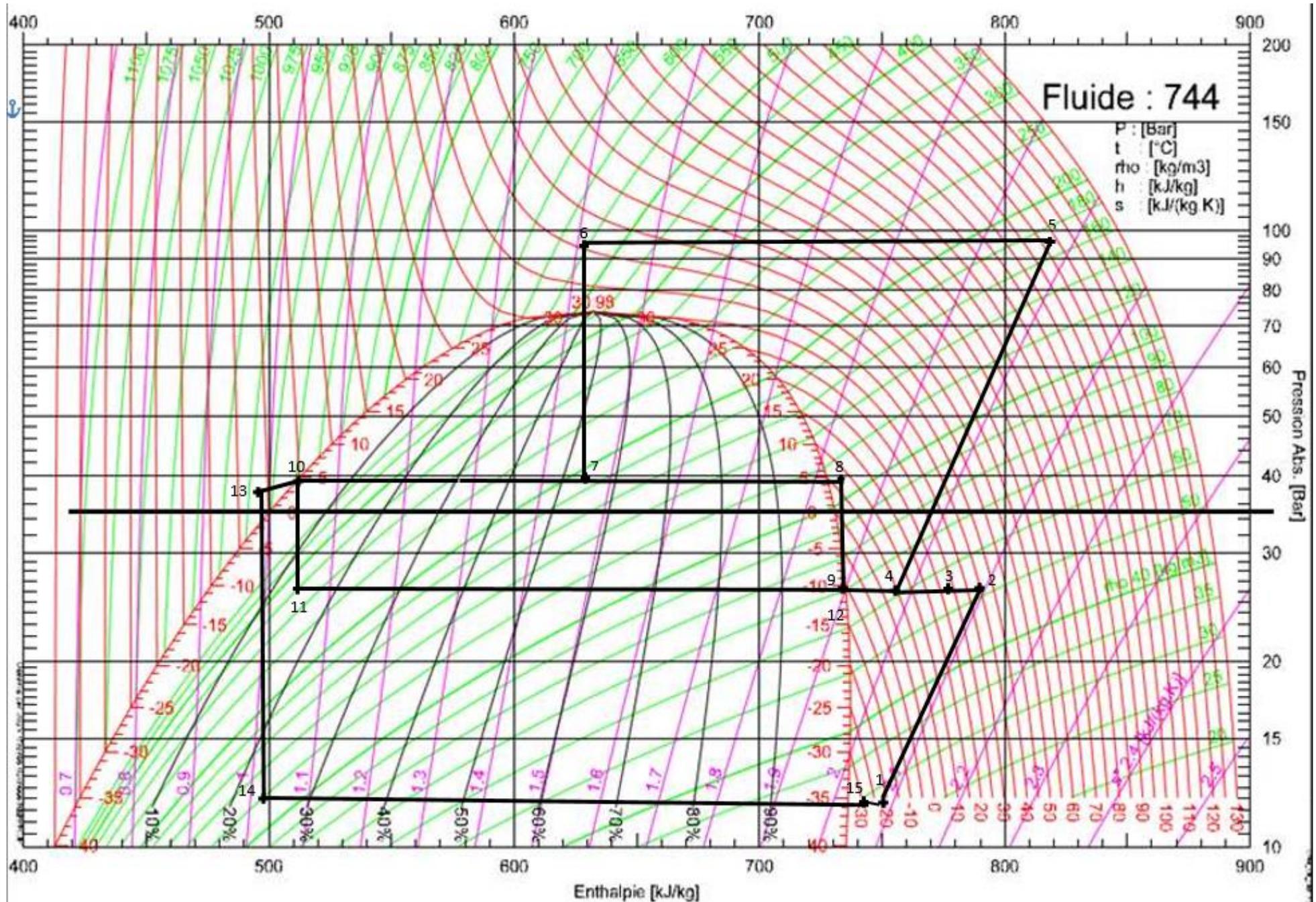
Les valeurs des niveaux seront conformes à la norme prEN 378-1

Dans un but écologique par ex, pour des performances énergétiques... Nous avons décidé de proposer une variante entièrement au CO<sub>2</sub> avec un système Booster. Cette variante prend en compte les différentes contraintes du CCTP et est très adaptée à ce type de fonctionnement puisque nos besoins de froid sont de 52 kW en négatif et 578 kW en positif.

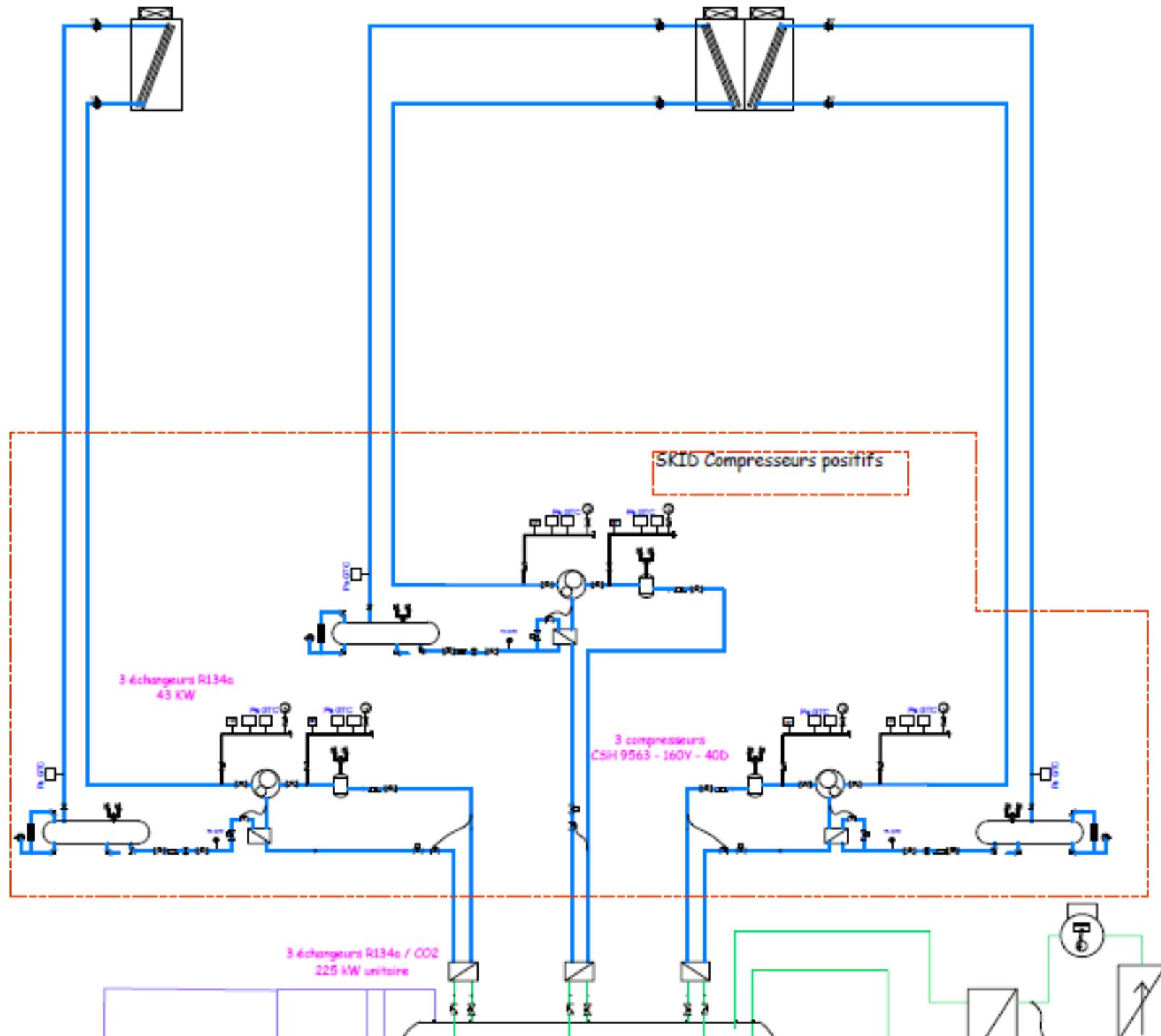
# Schéma booster CO2



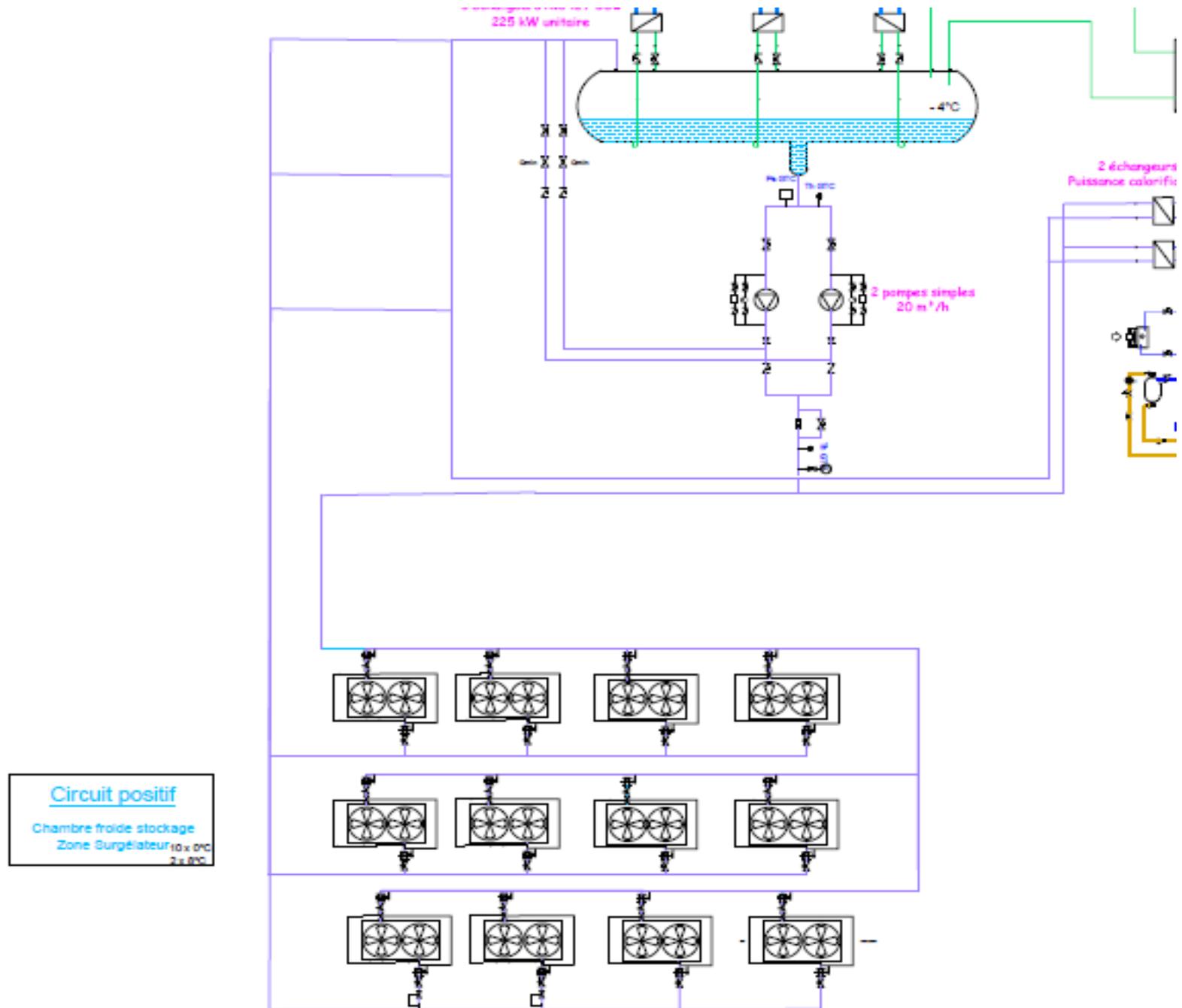
### III- Diagramme booster CO2 :



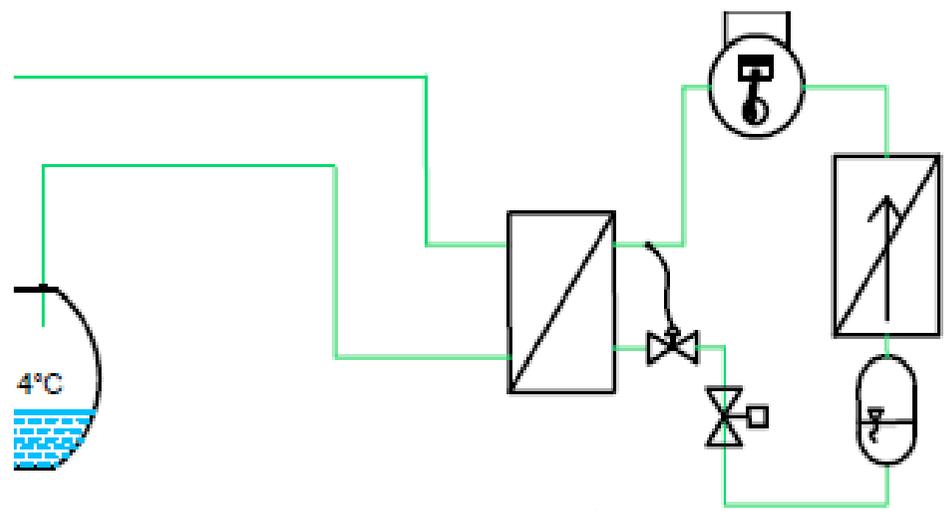
#### IV- Schéma CO2 / CO2 pompé / R134a :



# Suite 2, schéma CO2 / CO2 pompé / R134a :

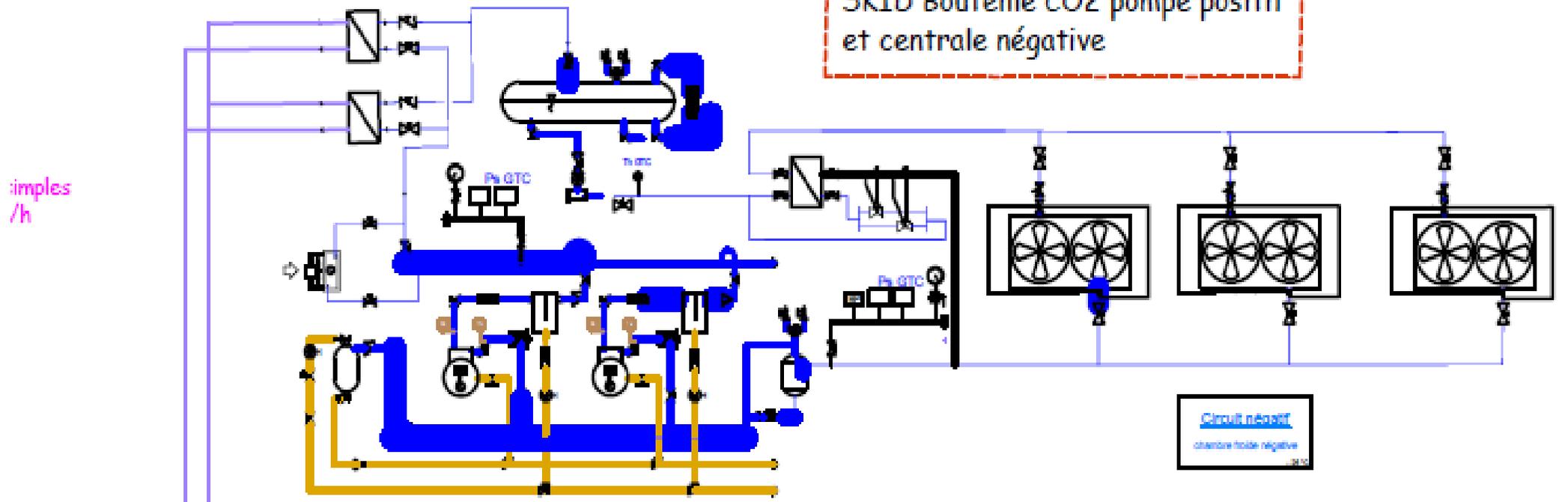


# Suite 3, schéma CO2 / CO2 pompé / R134a :



2 échangeurs CO2 / CO2  
Puissance calorifique rejet: 75 kW

SKID Bouteille CO2 pompé positif  
et centrale négative



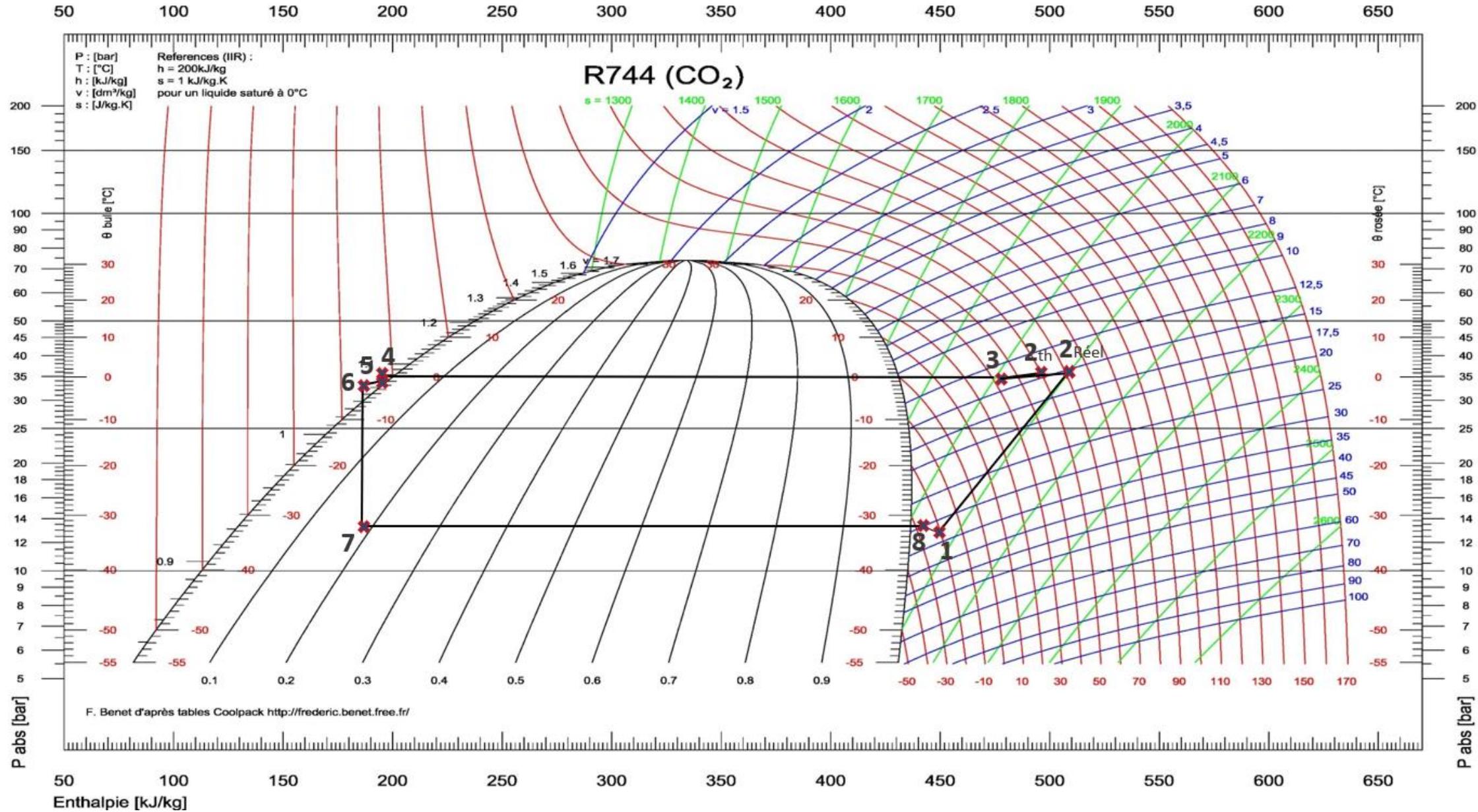
imples /h

2 compresseurs  
4 DSL - 10K - 405

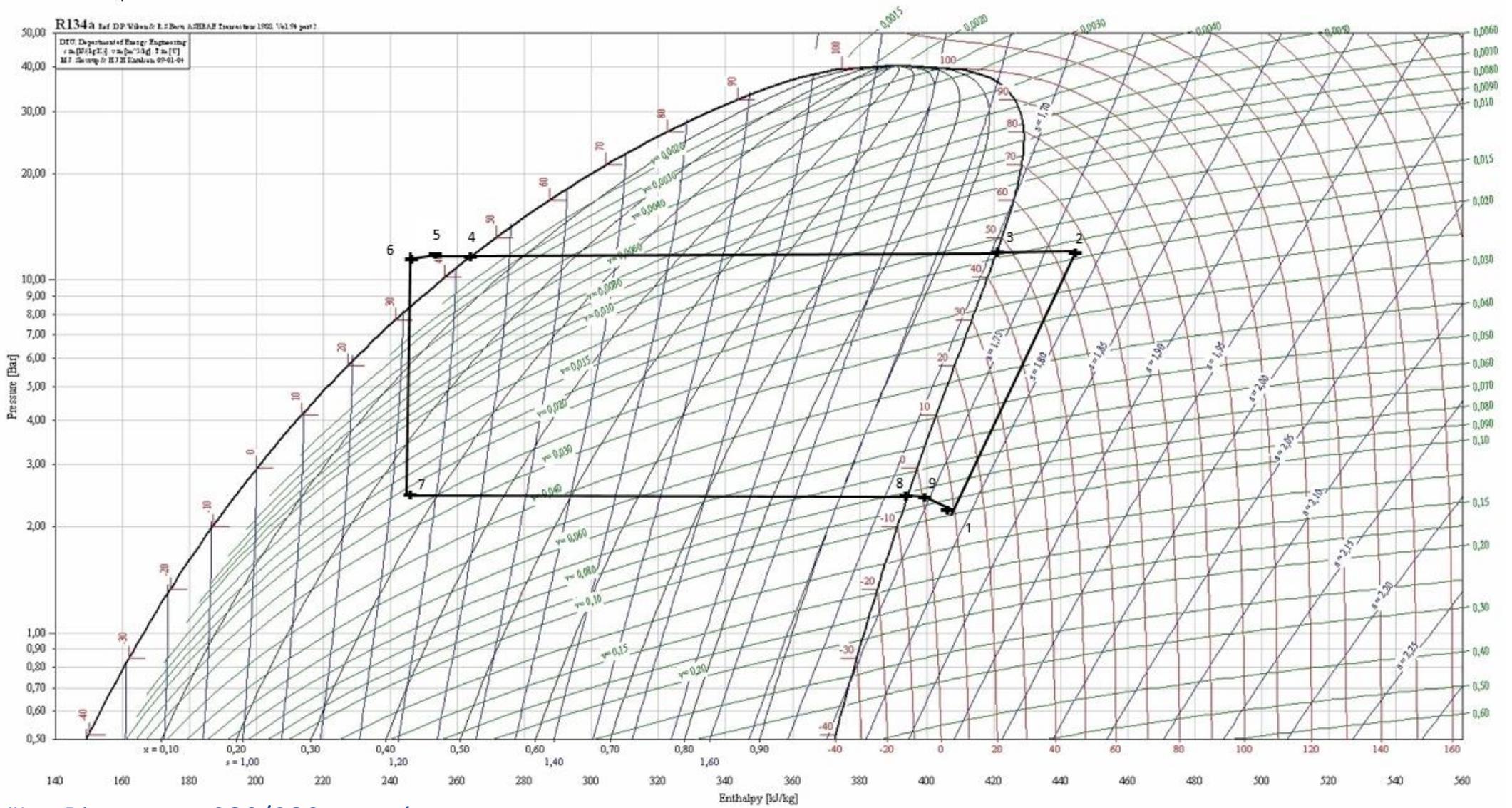
Circuit n°1 positif  
chambre froide négative

Soute

# V- Diagramme centrale négative :



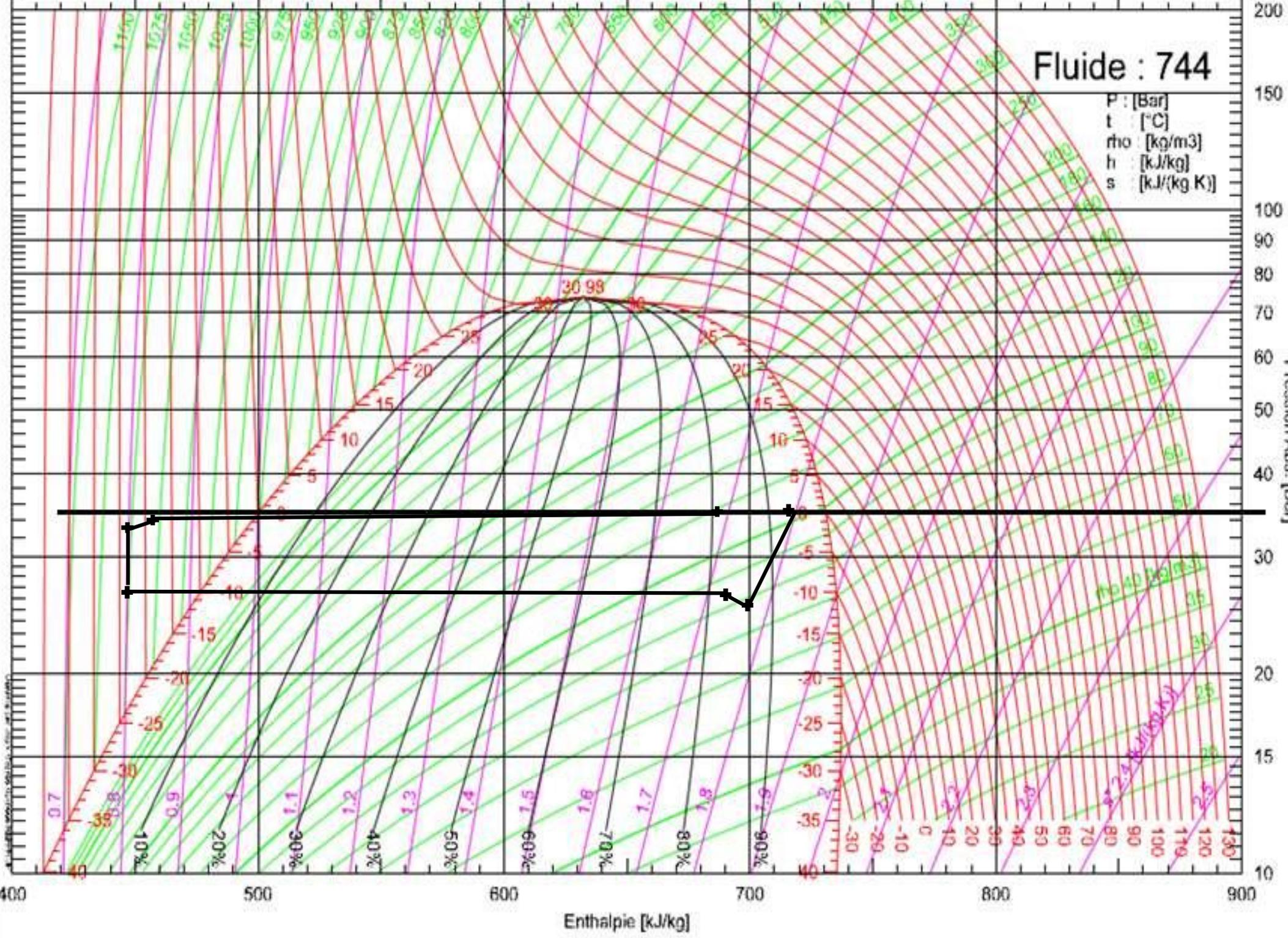
## VI- Diagramme centrale positive :



## VII- Diagramme CO2/CO2 pompé :

Fluide : 744

- P : [Bar]
- t : [°C]
- rho : [kg/m<sup>3</sup>]
- h : [kJ/kg]
- s : [kJ/(kg K)]



Enthalpie [kJ/kg]

Pression Abs. [Bar]

## VIII- Tableau comparatif des deux solutions proposées :

	<u>Solution n°1 :</u> <u>Installation en cascade R134a/CO<sub>2</sub></u> <u>pompé/ CO<sub>2</sub></u>	<u>Solution n°2 :</u> <u>Installation en booster CO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub></u>
<u>Avantage :</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Circuit CO<sub>2</sub> <u>sub</u>-critique</li> <li>• Pas de raccord ou soudure spécifique à utiliser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un seul fluide frigorigène utilisé</li> <li>• Aucun impact sur l'effet de serre</li> <li>• Volume des compresseurs réduit</li> <li>• Intéressant lorsque puissance centrale négative &lt; 20% puissance centrale positive</li> </ul>
<u>Energétique</u>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un seul fluide frigorigène utilisé (CO<sub>2</sub>)</li> <li>• Compresseur moins volumineux</li> </ul>
<u>Economique</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucun raccord ou soudure spécifique à effectuer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluide frigorigène moins chère</li> <li>• Compresseur centrale positive moins chère</li> <li>• Moins d'éléments spécifiques à acheter</li> </ul>

<u>Environnementale</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GWP R134a &gt; GWP CO<sub>2</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GWP CO<sub>2</sub> &lt; GWP R 134a</li> </ul>
<u>Inconvénients :</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilisation d'un système au R134a</li> <li>• Bouteille CO<sub>2</sub> à demander sur mesure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pression très haute en HP centrale positive (97 bar)</li> </ul>
<u>Energétique</u>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucun inconvénient par rapport au système en cascade</li> </ul>

On peut donc en conclure que le système CO<sub>2</sub> Booster est une solution intéressante car il n'y a besoin que d'un seul fluide frigorigène (Ici il s'agit du CO<sub>2</sub>).

<u>Economique</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bouteille CO<sub>2</sub> à demander sur mesure</li> <li>• R134 a plus cher que CO<sub>2</sub></li> <li>• Plus grande consommation d'énergie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raccords et soudures faite par un spécialiste</li> </ul>
<u>Environnementale</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GWP R 134a &gt; GWP CO<sub>2</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucun inconvénient par rapport au système en cascade</li> </ul>

### IX- Justification du choix de la solution retenue :

La solution retenue est celle du CO<sub>2</sub> / CO<sub>2</sub> pompé / R134a. Cette solution parait la meilleure, dans un premier temps par rapport aux pressions de refoulement qui seront moindres avec du R 134a. On travaillera en subcritique. Ce n'est pas un problème d'avoir du R134a sur cette installation sachant que celui-ci sera confiné dans la salle des machines. De ce fait, le poids de R134a dans les installations sera moindre et son utilisation n'est pas remise en cause par la réglementation à venir en 2022 s'il est utilisé comme fluide primaire refroidisseur d'un autre fluide pur comme le CO<sub>2</sub> ce qui est le cas pour du CO<sub>2</sub> pompé.

Pour une installation bien régulée avec détendeur électronique et variateurs de vitesse sur les compresseurs, les performances des compresseurs sont meilleures que celles du cycle au CO<sub>2</sub> parce qu'il faut pour celui-ci tenir compte des performances sur l'année. En hiver le système booster CO<sub>2</sub> serait plus performant car notre gaz cooler deviendra condenseur avec un abaissement de la pression HP vers 60/65 Bar mais beaucoup moins performant en été où le niveau de pression sera très élevé de l'ordre de 100 Bar.

Cette solution est particulièrement adaptée sur les sites d'entreposage regroupant du stockage positif et négatif.

Les valeurs du COP varient entre les deux fluides, la valeur du COP pour le CO<sub>2</sub> sera toujours plus faible que celles du COP pour le R134a. Donc la solution d'avoir du R134a reste meilleure pour ce type d'installation avec des puissances conséquentes.



On parlera de fluide primaire pour le R134a et de fluide secondaire pour le CO<sub>2</sub>. Le problème au niveau du R134a est que le volume massique du fluide est plus important que celui du CO<sub>2</sub>, donc

partir avec du CO2 en fluide secondaire peut être intéressant pour le coup final de l'installation par rapport aux tuyauteries qui seront plus petites mais surtout la sélection des compresseurs, on ne serait pas obligé de passer avec des vis des semi hermétiques pistons aurait pu être suffisants qu'avec du R134a.

## b) Par rapport aux normes en vigueur :

Même si le R134a n'est pas un fluide naturel comme le CO2, son GWP reste dans les normes acceptables, il sera de l'ordre de 1430. En 2020 les installations avec des fluides qui ont un GWP supérieur à 2500 seront arrêtées.

Pour les installations en Cascade CO2 / R134a, en 2022 la réalisation de ces installations sera encore autorisée pour toutes les centrales frigorifiques de plus de 40 KW fonctionnant au R134a. Donc pas de risque au niveau du R134a dans les années à venir.

<p><b>1<sup>er</sup> Janvier 2020</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Meubles réfrigérés commerciaux GWP &gt; 2500</b> Exemple : Tout meuble réfrigéré fonctionnant au R404a/R422D ou R437a.</li> <li>■ <b>Réfrigération fixe GWP &gt; 2500</b> Exemple : Toute installation fixe fonctionnant au R404a/R422D ou R437a.</li> <li>■ <b>Clim mobile autonome GWP &gt; 150</b> Exemple : Climatiseur mobile fonctionnant au R410a ou R407C.</li> </ul>	<p><b>Interdiction de recharger avec du fluide neuf les installations GWP &gt; 2500 et charge &gt; 40Teq.CO2.</b></p> <p>Exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ R404a avec charge &gt; 10.6kg</li> <li>▪ R422d avec charge &gt; 14.6kg</li> <li>▪ R437a avec charge &gt; 15.6kg</li> </ul>
<p><b>1<sup>er</sup> Janvier 2022</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Meubles réfrigérés commerciaux GWP &gt; 150</b> Exemple : Tout meuble réfrigéré fonctionnant au R134a ou R407F.</li> <li>■ <b>Centrales multipostes &gt; 40kW GWP &gt; 150</b></li> <li>■ <b>Saut circuit primaire avec GWP &lt; 1500 d'une installation en cascade</b> Exemple : Toute centrale frigorifique de plus de 40kW fonctionnant au R134a ou R407F. Seront autorisées les installations cascade CO2 / R134a.</li> </ul>	

 *e-commerce*

**Lot froid positif et évacuation de calories**  
**« production et évacuation »**



## Table des matières

I-Dimensionnement de la centrale positive : .....	23
a) Pour la chambre froide fruits et légumes :.....	23
b) Pour la chambre froide Positive :.....	24
c) Pour la zone picking :.....	24
d) Pour la zone transstockeur: .....	25
e) Pour le couloir de la chambre froide négative : .....	26
f) Pour le quai-stockage :.....	26
II-Schéma diagramme circuit R134 a :.....	28
III- Description of the Autocad plan : .....	30
IV-Dimensionnement des condenseurs à air : .....	31
b) Deuxième méthode de calcul du dimensionnement des condenseurs :.....	31
V- Diagramme enthalpique de la centrale positive R134a:.....	32
b) Calculs : .....	34
VI-Devis quantitatif de la centrale positive : .....	36
VII-Justification de la sélection du matériel : .....	39
a)Justification de la sélection des compresseurs à pistons :.....	39
b) Justification du condenseur à air : .....	40
c) Justification de la sélection des échangeurs à plaques R 134a / CO <sub>2</sub> :.....	41
d) Justification de la bouteille CO <sub>2</sub> : .....	42
e) English part : the sequence of negociation :.....	42
VIII-Régulation de la centrale positive: .....	43
a)Régulation des compresseurs : .....	43
b) Régulation de la bouteille CO <sub>2</sub> : .....	43
c) Régulation en partie BP (Basse pression) : .....	44
d) Régulation de puissance au condenseur : .....	46
e) Régulation en partie HP (Haute pression) : .....	47
IX – Annexes : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

## I-Dimensionnement de la centrale positive :

La centrale positive est composée de plusieurs locaux à réfrigérer qui sont :

- Zone de transstockage.
- Zone de picking.
- Couloir de la CF. Négative
- Quai-stockage
- CF. Positive
- CF. Fruit et légumes

Le besoin en froid de chaque zones de la centrale positive est différentes, suites aux calculs réalisés, nous avons pu avoir en besoin de puissance total aux niveaux de l'ensemble des évaporateurs de la centrale positive de 578kW pour 12 évaporateurs.

### a) Pour la chambre froide fruits et légumes :

**Puissance Trouvé 31kW Puissance donné : 35kW**

On a pu remarquer une différence de puissance lors de la vérification des puissances choisies par le bureau d'étude et celle que l'on a calculé. Cette différence peut être due au taux de renouvellement d'air de la chambre froide lors des passages des employés.

Cela peut être également dû aux nombres de personnes qu'il peut y avoir à l'intérieur (mais cela n'influe pas beaucoup le résultat).

Il est possible que les personnes, l'éclairage ainsi que les renouvellements d'air puissent être la cause de cette différence de puissance, dans ce cas le résultat que l'on a trouvé correspondrait avec ce type de situation.

Cette différence de puissance de 4kW correspond à 13% de la puissance totale. Il est possible que le bureau d'étude ait décidé de sur-dimensionner cette installation pour diverses raisons.



*Chambre froide positive fruits et légumes :*

### **b) Pour la chambre froide Positive :**

**Puissance trouvée 69 kW, Puissance donnée : 74kW**

Lors du dimensionnement de la chambre froide positive, nous avons remarqué qu'il y avait une différence non négligeable au niveau de la surface au sol de cette chambre froide. Nous avons donc, une fois le calcul de la surface au sol fait, décidé de suivre les dimensionnements du plan plutôt que les dimensions du CCTP car cette différence était de l'ordre de 75m<sup>2</sup>.

Une fois le dimensionnement fait, nous avons remarqué qu'il y avait également une différence de puissance entre celle que le CCTP nous a fournis et celle qui a été calculé.

Cette différence n'étant pas très grande, elle correspond à environ 6% de la puissance totale (soit 5kW).

Cela est due au fait que le bureau d'étude a opter pour un surdimensionnement de l'installation afin d'avoir plus rapidement une arrivée en température dans les locaux à réfrigérer mais également afin de pouvoir permettre des modifications dans le futur comme l'ajout d'autres éléments.



*Une chambre froide positive*

### **c) Pour la zone picking :**

On a pu remarquer lors du dimensionnement de la zone picking, une grosse différence de puissance entre celle donnée par le bureau d'étude et celle que l'on a trouvée. Cette différence de puissance est due au nombre important de machines présentes.

De plus, le nombre de personne étant important dans la zone picking, cela peut influencer le résultat que l'on a trouvé par rapport à celui donné par le CCTP.



#### **d) Pour la zone transstockeur:**

**Puissance trouvée : 121 kW, puissance donnée : 170 kW**

Pour la zone de transstockeur, on a pu remarquer que la différence de puissance entre celle donnée par le bureau d'étude et celle que l'on a calculé est différente due au nombre important de machines qui dégagent une grande quantité de chaleur qu'il faudra prendre en compte lors de la sélection des évaporateurs.

De plus le nombre de personne étant important, et effectuant un travail fort, il faudra prendre également en compte la quantité de chaleur émise par ses personnes pour la sélection des évaporateurs.

Cette différence de puissance est de 49kW, cela correspond à 29% ce qui est très important. Il faut donc prendre en compte le surdimensionnement que le bureau d'étude a décidé de prendre en compte en plus des machines et des personnes.

*Un transstockeur (il y en a plusieurs dans la zone)*



### **e) Pour le couloir de la chambre froide négative :**

**Puissance donnée : 30 kW, Puissance trouvée : 27 kW**

On a pu remarquer que la différence de puissance entre celle fournie par le CCTP et celle que l'on a trouvée à l'aide du bilan frigorifique n'est pas très grande.

Cela peut être dû au fait que le bureau d'étude a préféré surdimensionner l'équipement de cette installation en cas de modification dans le futur. Le fait que la puissance est faible par rapport aux apports extérieurs. En effet, le couloir de la chambre froide est réfrigéré à 0°C afin que lorsqu'il y a ouverture de la porte de la chambre froide négative, il n'y a pas de température plus chaude qui rentre.

Elle correspond à une différence de puissance de 3kW soit 10% de différence. Cela est donc dû au surdimensionnement choisi volontairement par le bureau d'étude.

### **f) Pour le quai-stockage :**

**Puissance trouvée : 162kW puissance donnée : 200 kW.**

On a pu remarquer que la différence de puissance entre celle fournie par le CCTP et celle que l'on a calculé est également différente pour plusieurs raisons.

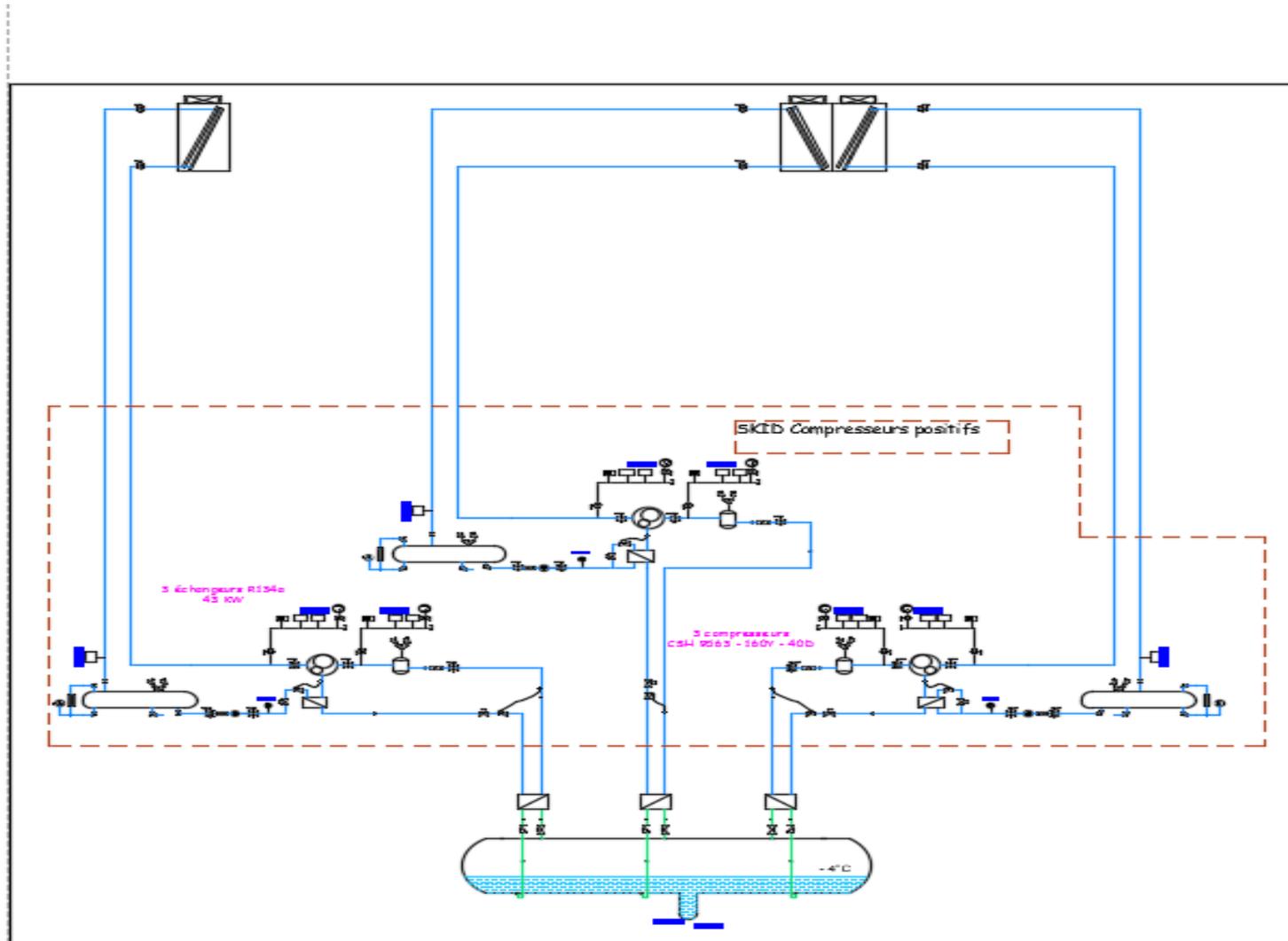
Notamment la quantité de chaleur importante des différents véhicules qui entrent et sortent du local, le nombre de personnes travaillant à l'intérieur, les machines et le renouvellement de l'air.

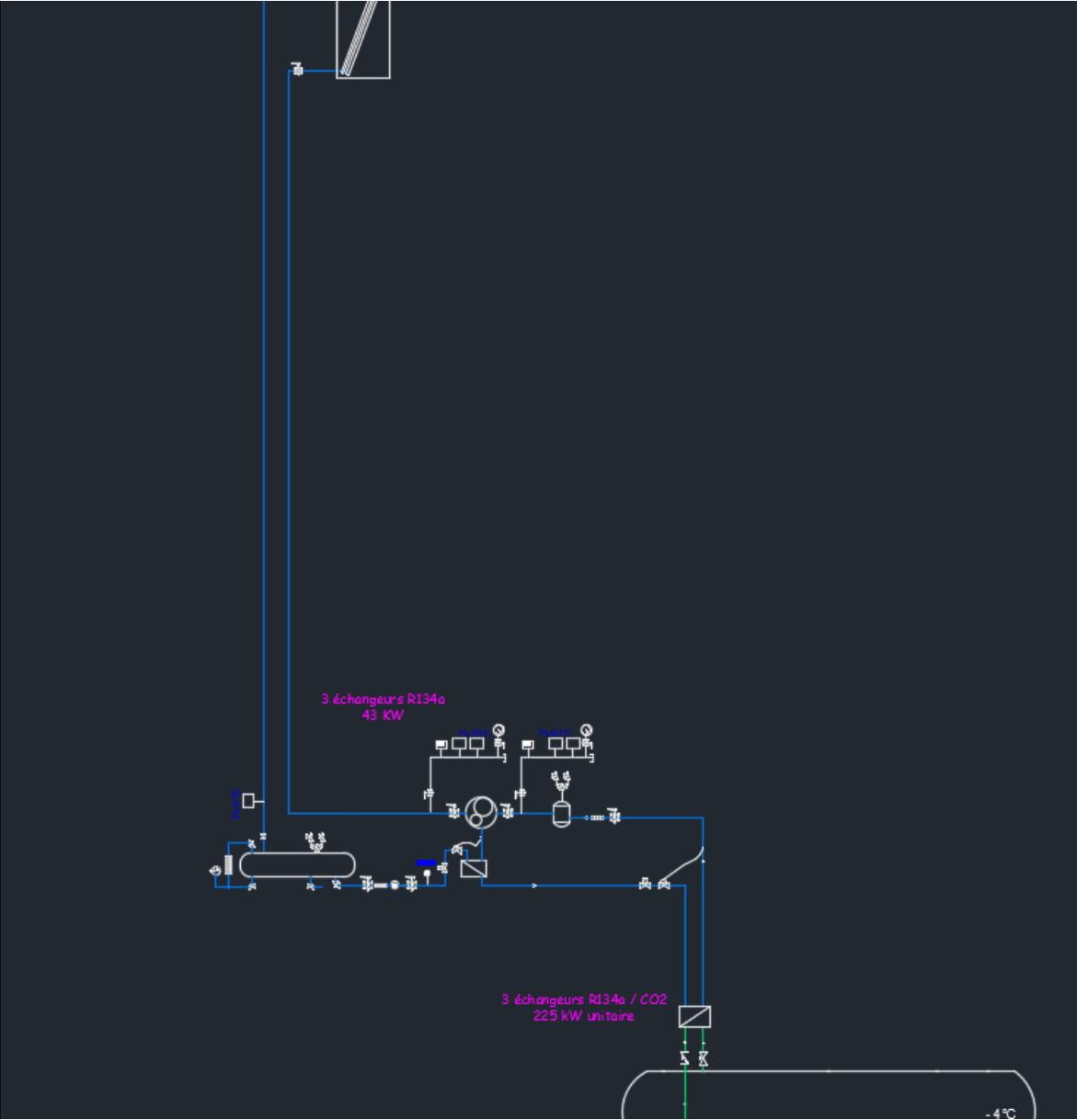
Cette différence de puissance est de 38 kW ce qui équivaut donc à un ratio de 19%. Ce ratio est très important, cela est dû à ce qui a été dit auparavant ainsi qu'un léger surdimensionnement de l'installation volontairement fait par le bureau d'étude.



*Entrée d'une zone de quai-stockage*

II-Schéma diagramme circuit R134 a :





### III- Description of the Autocad plan :

So for this plan I searched all the equipment I needed for the positive central cooling system. With Remi LALEU and Pierre KIHÉL, we started to draw the plan on a paper.

When we thought it was correct we decided to reproduce it on a software called Autocad.

So we can see the plan of the R134a system in general with all the equipment like the screw compressors, air condenser, plate heat exchangers, thermostatic expansion vanes, solenoids, all the isolation valve.

There are 2 different roles for the plate heat exchangers the first ones are here for have an accentuated undercooling (about 7°C). The second ones are here for a thermal exchange between carbon dioxide and the R134a.

The second plan is a detail for one part of the system. Indeed on the previous plan we saw that there was three compressor with all the equipment so now I will present you the action of the fluid in all the equipment.

First the fluid (R134a) comes out of the compressor with a high pressure and a high temperature. The fluid will be cooled a bit in the pipeline between the compressor and the air condenser. Once arrived in the air condenser, the fluid will be cooled and his condition will change. Before the fluid was in the vapor state but at the exit of the air condenser, le fluid will be in the liquid state.

After that, the fluid will be at 100% liquid and will go in the first plate heat exchanger in order to have a accentuated undercooling. The fluid will be cooled and will enter in the thermostatic expansion vane.

Once inside the thermostatic expansion vane, the fluid will return in the vapor state but will be very cold (-4°C). When the fluid will exit the thermostatic expansion vane with a low temperature and a low pressure, the R134a will enter in the second plate heat exchanger to have a thermal exchange with the second fluid (carbon dioxide).

When the fluid will exit the plate heat exchanger, the R134a will return in the compressor with a low temperature and a low pressure.

## IV-Dimensionnement des condenseurs à air :

On peut émettre comme hypothèse que le bureau d'étude a choisi de sur-dimensionner certaines installations pour plusieurs raisons notamment :

- Afin de pouvoir arriver plus rapidement en température sur certains locaux
- Pouvoir maintenir la température dans le local autour de la température de consigne malgré la quantité importante d'éléments dans le local.
- Pour pouvoir anticiper les futures modifications de l'installation.

Suite aux études qu'on fait Rémi LALEU et Pierre KIHÉL, j'ai pu en déduire plusieurs données qu'il fallait prendre en compte pour le dimensionnement de la centrale positive tels que :

### **Température de condensation ( $\Theta_k$ ) :**

Pour pouvoir trouver la température de condensation, nous avons donc regardé sur différents sites de météo afin de savoir la température extérieure dans le cas le plus défavorable c'est-à-dire en été (de la période de juin à fin août).

Nous avons donc trouvé que la température extérieure dans cette période était au environ de 25°C. Sachant que nous dimensionnons une installation industrielle, il faut donc ajouter environ 12°C pour trouver la température de condensation, elle sera donc de 37°C.

### **PMA du compresseur :**

Pour pouvoir calculer la puissance nécessaire pour le condenseur il existe plusieurs moyen de le trouver notamment un utilisant la PMA du compresseur. Cette PMA sera trouvé lors de la sélection du compresseur de la centrale positive

Calcul de la puissance des condenseurs :

$$\Phi_k = \Phi_o + \text{PMA compresseur}$$

$$\Phi_k = 703.4 + (96.4 \times 3)$$

$$\Phi_k = 992.6 \text{ kW}$$

La puissance totale des condenseurs sera donc d'une puissance de 992.6 kW. Cependant il s'agit du calcul le moins précis pour pouvoir dimensionner les condenseurs, il existe pour cela un calcul plus précis.

### **b) Deuxième méthode de calcul du dimensionnement des condenseurs :**

#### **Débit massique ( $Q_m$ ):**

Il s'agit du débit de fluide frigorigène (ici il s'agit du R134a) qui traverse le circuit fluidique dans la centrale positive.

Il faudra multiplier le débit massique à la différence d'enthalpie entre l'entrée et la sortie du condenseur (sur le diagramme enthalpique).

$$Q_m \times \Delta h_k = \Phi_k$$

$$\Phi_k = 4.43 \times (417 - 250)$$

$$\Phi_k = 739.81 \text{ kW}$$

La puissance des condenseurs sera donc d'une puissance de 739.81 kW.

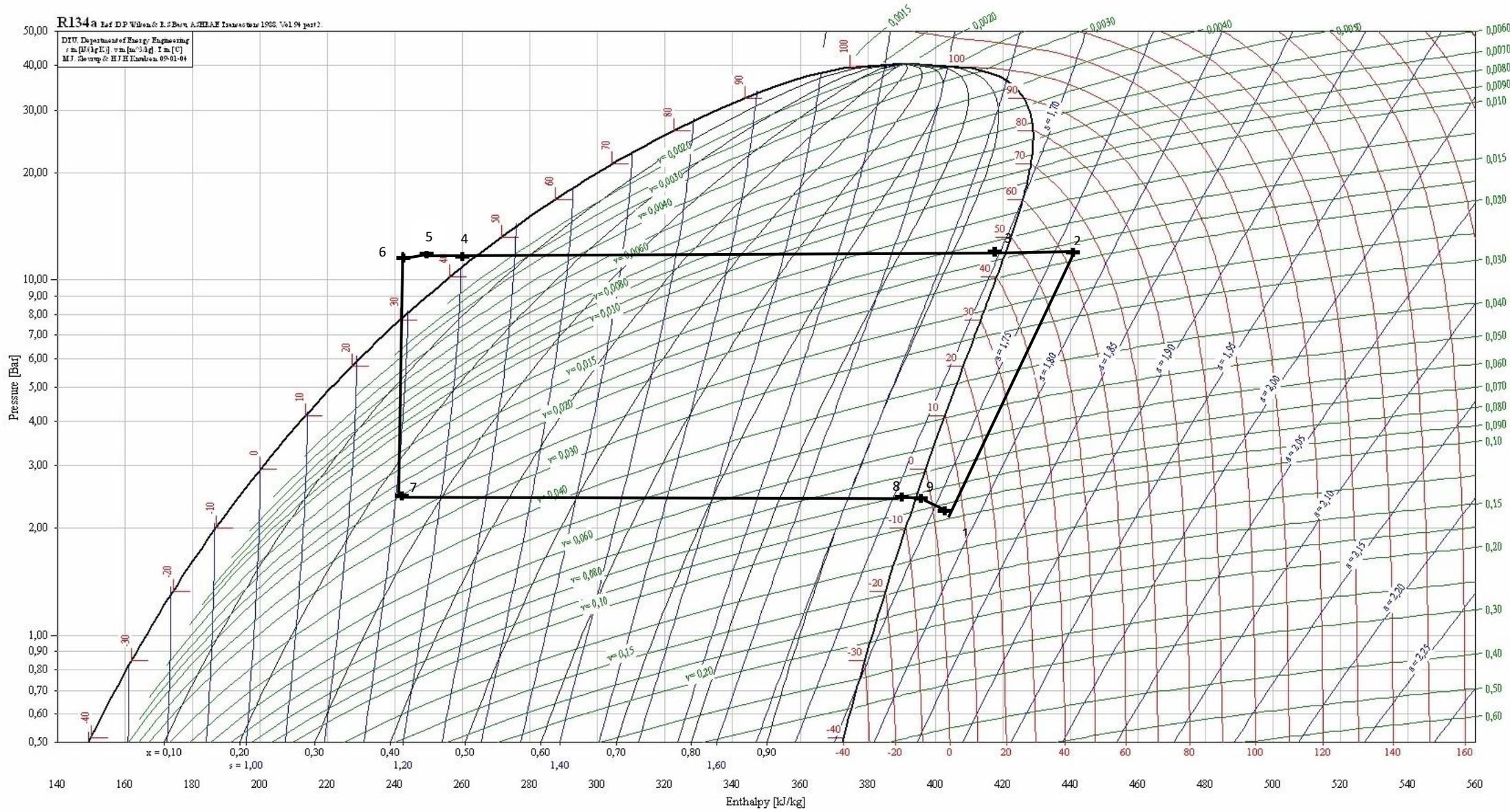


*Condenseur à air*

### V- Diagramme enthalpique de la centrale positive R134a:

R134a Ref DP Wilson & L. F. Burm, ASHRAE Transactions 1988, Vol 159 part 2.

DIU, Department of Energy Engineering  
s. m. (M. Sc. Eng.) v. m. (m. Sc. Eng.) I. m. (C)  
M. J. Shreeve & H. J. H. Hamlin, 05-01-04



Points	P. (bar)	T. sat. (°C)	T. (°C)	h (kJ/kg)	V	s
1	1.7	-12	0	410	0.124	1.78
2	12	46	67	438	0.025	1.78
3	11.9	45	45	417	0.024	1.71
4	11.8	44	44	250	x	x
5	11.7	44	39	245	x	x
6	8.9	43	32	238	x	x
7	1.9	-11	-11	238	x	x
8	1.9	-11	-11	390	0.105	1.73
9	1.9	-11	-6	398	0.11	1.76

### b) Calculs :

#### Calcul du rendement volumétrique :

$$\eta_v = 0.94 - 0.02 \times \frac{P_{hp}}{P_{bp}}$$

$$\eta_v = 0.94 - 0.02 \times \frac{9.1}{1.7}$$

$$\eta_v = 0.83$$

Le rendement volumétrique est de 0.83

$$\eta_m = 0.9$$

Le rendement mécanique est donc de 0.9

#### Calcul du rendement général :

$$\eta_g = \eta_v \times \eta_m$$

$$\eta_g = 0.83 \times 0.9$$

$$\eta_g = 0.75$$

Le rendement général est donc de 0.75

**Calcul du h2 réel :**

$$H_2 \text{ réel} = h_1 + \frac{(h_2 - h_1)}{\eta g}$$

$$H_2 \text{ réel} = 405 + \frac{(438 - 405)}{0.75}$$

$$H_2 \text{ réel} = \mathbf{449 \text{ kJ/kW}}$$

Le H<sub>2</sub> réel est donc de 449 kJ/kW

**Calcul du X7 :**

$$X7 = \frac{(h_7 - h_{\text{liquide sat}})}{(h_{\text{vapeur sat}} - h_{\text{liquide sat}})}$$

$$X7 = \frac{(238 - 190)}{(430 - 190)}$$

$$X7 = 0.2\%$$

Le X7 est donc de 0.2%

**Calcul de V7 :**

$$V7 = (1 - X7) \times v_{\text{liquide sat}} + X7 \times (v_{\text{vapeur sat}})$$

$$V7 = (1 - 0.2) \times 0.03 + 0.2 \times 0.03$$

$$V7 = 0.03 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

Le V7 est donc de 0.03 m<sup>3</sup>/kg.

## VI-Devis quantitatif de la centrale positive :

### DEVIS - 1

Date: 31/05/2018

Date de validité: 31/05/2018

CETEFF

Auchan E-Commerce

28 Rue Hélène Boucher  
91000 CHILY-MAZARIN  
France

Vous trouverez ci-dessous tout le matériel de la centrale positive, le matériel peut être disponible. Certains matériels nécessitent un délai important dû à une demande sur mesure.

Description	Date	Qté	Unité	Prix unitaire	TVA	Montant
Compresseur à vis Bitzer	31/05/2018	3,00	Euros	57 669,00 €	20,0 %	207 608,40 €
Filtre d'aspiration à cartouche remplaçable Carly	31/05/2018	3,00	Euros	778,80 €	20,0 %	2 803,68 €
Détendeur thermostatique régulation de pression externe Danfoss	31/05/2018	6,00	Euros	250,80 €	20,0 %	1 805,76 €
Orifice du détendeur thermostatique	31/05/2018	6,00	Euros	144,00 €	20,0 %	1 036,80 €
Vanne électromagnétique Danfoss	31/05/2018	6,00	Euros	1 046,00 €	20,0 %	7 531,20 €
Bobine de vanne électromagnétique	31/05/2018	6,00	Euros	83,67 €	20,0 %	602,42 €
Voyant ligne liquide Carly	31/05/2018	6,00	Euros	77,36 €	20,0 %	556,99 €
Filtre déshydrateur avec cartouche remplaçable	31/05/2018	3,00	Euros	351,30 €	20,0 %	1 264,68 €
Vanne d'isolement 1/4 de tour à boisseau sphérique avec prise de pression	31/05/2018	12,00	Euros	292,30 €	20,0 %	4 209,12 €
Vanne d'isolement 1/4 de tour à boisseau sphérique	31/05/2018	20,00	Euros	232,40 €	20,0 %	5 577,60 €
Bouteille de réservoir liquide Carly	31/05/2018	3,00	Euros	257,30 €	20,0 %	926,28 €
Régulateur de niveau liquide Kubler	31/05/2018	3,00	Euros	1 054,50 €	20,0 %	3 796,20 €
Pressostat HP automatique Danfoss	31/05/2018	4,00	Euros	114,60 €	20,0 %	550,08 €
Pressostat BP automatique Danfoss	31/05/2018	3,00	Euros	114,60 €	20,0 %	412,56 €
Manomètre BP isolable diamètre 100 Blondelle	31/05/2018	3,00	Euros	116,30 €	20,0 %	418,68 €
Manomètre HP isolable diamètre 100 Danfoss	31/05/2018	3,00	Euros	116,30 €	20,0 %	418,68 €
Pressostat BP réarmement manuelle Totaline	31/05/2018	3,00	Euros	74,06 €	20,0 %	266,62 €
Pressostat HP réarmement manuelle Totaline	31/05/2018	3,00	Euros	100,40 €	20,0 %	361,44 €
Séparateur d'huile Bitzer	31/05/2018	3,00	Euros	235,00 €	20,0 %	846,00 €
Électrovanne d'huile Danfoss	31/05/2018	3,00	Euros	530,50 €	20,0 %	1 909,80 €
Bobine Électrovanne d'huile Danfoss	31/05/2018	3,00	Euros	126,00 €	20,0 %	453,60 €
Filtre à tamis de nettoyage Danfoss	31/05/2018	3,00	Euros	215,70 €	20,0 %	776,52 €

CETEFF

# DEVIS - 1

Date: 31/05/2018

Date de validité: 31/05/2018

CETEFF

Auchan E-Commerce

28 Rue Hélène Boucher  
91000 CHILY-MAZARIN  
France

Description	Date	Qté	Unité	Prix unitaire	TVA	Montant
Bouteille anti-coup de liquide Carly	31/05/2018	3,00	Euros	428,10 €	20,0 %	1 541,16 €
Réservoir d'huile Carly	01/06/2018	3,00	Euros	588,20 €	20,0 %	2 117,52 €
Clapet anti-retour	01/06/2018	3,00	Euros	370,30 €	20,0 %	1 333,08 €
soupapes de sécurité	01/06/2018	6,00	Euros	89,98 €	20,0 %	647,86 €
Vanne d'arrêt double à 3 voies	01/06/2018	3,00	Euros	203,20 €	20,0 %	731,52 €
réduction 3" 1/8 => 2" 5/8	01/06/2018	1,00	Euros	132,80 €	20,0 %	159,36 €
réduction 2" 5/8 => 1" 3/8	01/06/2018	1,00	Euros	87,96 €	20,0 %	105,55 €
Barre de cuivre 1" 3/8	01/06/2018	50,00	Euros	131,60 €	20,0 %	7 896,00 €
Barre d'inox 2" 5/8	01/06/2018	15,00	Euros	196,30 €	20,0 %	3 533,40 €
sonde de température Carel	01/06/2018	4,00	Euros	80,37 €	20,0 %	385,78 €
capteur de pression BP	01/06/2018	2,00	Euros	151,10 €	20,0 %	362,64 €
capteur de pression HP	01/06/2018	2,00	Euros	152,40 €	20,0 %	365,76 €
variateur de vitesse ventilateur condenseur	01/06/2018	1,00	Euros	2 249,00 €	20,0 %	2 698,80 €
Vanne de pression constante Bouteille CO2	11/06/2018	1,00	Euros	352,00 €	20,0 %	422,40 €
Régulateur compresseur et ventilateur condenseur	11/06/2018	2,00	Euros	843,90 €	20,0 %	2 025,36 €
Clapet de décharge	11/06/2018	2,00	Euros	89,65 €	20,0 %	215,16 €

CETEFF

## DEVIS - 2

Date: 31/05/2018

Date de validité: 31/05/2018

CETEFF

**Auchan E-Commerce**

28 Rue Hélène Boucher  
91000 CHILY-MAZARIN  
France

Description	Date	Qté	Unité	Prix unitaire	TVA	Montant
Collecteur de refoulement 4" 3/8	12/06/2018	1,00	cm	2 000,00 €	20,0 %	2 400,00 €
<b>Total (HT)</b>						<b>263 165,38 €</b>
<b>TVA 20,0 %</b>						<b>52 633,08 €</b>
<b>Total (TTC)</b>						<b>315 798,46 €</b>

### Signature du client

(Précédée de la mention 'Bon pour accord')

---

CETEFF

## VII-Justification de la sélection du matériel :

### a)Justification de la sélection des compresseurs à pistons :



Compresseur CSH 9563-160Y 40D 400/3/50  
**38 656,00 € HT** / Pièce [Identifiez vous pour voir votre tarif net](#)  
Application haute pression pour réfrigération et climatisation.  
Marque : Bitzer      Modèle : CSH 9563-160 Y  
Code article : 00122975      Page catalogue : 184

Qté

**AJOUTER AU PANIER**

SHARE 

Informations et visuels non contractuels

#### **DETAIL DU PRODUIT** **DOCUMENTATIONS**

- Compresseur fournis avec séparateur d'huile incorporé et voyant de niveau, filtre et retour d'huile, jeu de suspensions, clapet de retenue au refoulement et soupape de sécurité, sonde température d'huile avec module électronique
- Réduction de puissance 25/50/75 % en standard
- Charge en huile ester BSE 170
- Compresseur livré sans économiseur, sans raccord pour économiseur, sans vannes aspiration et refoulement

#### **Spécifications techniques**

Réfrigérant	R-134a	Technologie de compresseur	Semi-hermétique à vis
Application	Moyenne pression   Haute pression	Plage d'application	-20°C à +12.5°C
Tension	400 / 3 / 50	Volume balayé	615 m3/h
Puissance frigorifique @ -10°C	248000 W	Intensité maximale	280 A
Type moteur	40D : 400V /3 / 50 Hz couplage Y/Δ	Diamètre aspiration ODF	DN 125 "
Diamètre refoulement ODF	3 1/8 "	Entraxes de fixation	793 x 450 mm

Nous avons choisi ce type de compresseur car il a une puissance unitaire suffisante par rapport à la demande (248 kW au lieu de 222 kW) ce qui correspond à un surdimensionnement de 26 kW soit 10%. Nous avons également choisi ce type de compresseur car nous sommes parti du principe que tous les locaux sont en demande de froid.

De plus le volume balayé correspond à celui que l'on a trouvé en correspondance avec le bureau d'étude CETEF.

Sachant que nous avons besoin d'une puissance de 651 kW, il nous faudra donc 3 compresseurs semi hermétique à vis.

Puissance des 3 compresseurs : 744 kW

Puissance nécessaire : 651 kW

#### **Calcul du surdimensionnement :**

$$\frac{744}{651} = 1.14 \quad \text{il y a donc un surdimensionnement de 14% **Ou :**}$$

$$744 - 651 = 93$$

$$\frac{93}{651} = 0.14 \text{ soit } 14\%$$

### **b) Justification du condenseur à air :**



Nous avons choisi ce type de condenseur pour plusieurs raisons. Tout d'abord il faut que les condenseurs puissent être en mesure d'évacuer la totalité des calories du circuit frigorifique (centrale positive et négative)

#### **Calcul de la puissance totale à rejeter :**

Puissance centrale négative : 51.6 kW

Puissance centrale positive : 651.8 kW

Puissance total du système : 703.4 kW

Il faut donc que les condenseurs puissent être capables d'évacuer 703.4 kW. De plus il est nécessaire de pouvoir assurer une  $\Delta K$  de  $10^\circ$  grâce aux ventilateurs du condenseur. C'est pour cela que la vitesse de rotation doit pouvoir être réglé.

### c) Justification de la sélection des échangeurs à plaques R 134a / CO<sub>2</sub> :



---

Des échangeurs à plaques seront placés à plusieurs endroits de l'installation avec un rôle spécifique selon l'endroit dans lequel il est placé.

En effet, des échangeurs à plaques sont placés afin de pouvoir avoir un sous refroidissement accentué. D'autres échangeurs sont placés afin d'avoir un échange thermique entre deux fluides qui sont le R 744 (CO<sub>2</sub>) et le R 134a afin que ce dernier puisse prendre les calories du R 744.

**Puissance : 225 kW**

**Température évaporation R 134a : -11°C**

**Surchauffe R 134a : 5°C**

**Température condensation CO<sub>2</sub> : 0°C**

**Sous refroidissement CO<sub>2</sub> : 2°C**

La surchauffe du fluide primaire (R 134a) est de 5°C, cela correspond à l'échange thermique qu'il y aura avec le fluide secondaire (CO<sub>2</sub>). C'est pour cela que le sous refroidissement du fluide secondaire sera de 2°C.

#### d) Justification de la bouteille CO<sub>2</sub> :

Une bouteille de CO<sub>2</sub> est placée pour pouvoir alimenter les évaporateurs, cette bouteille de CO<sub>2</sub> doit être refroidit à une température de -4°C afin que les évaporateurs puissent être à une température de -10°C sauf pour la chambre froide fruit et légumes dans laquelle elle sera à une température de 0°C.

Si la bouteille CO<sub>2</sub> n'est pas à une température de -4°C, par conséquence les compresseurs de la centrale négative ne pourra pas fonctionner.

**Volume de la bouteille : 2 300 Litres**

**Pression Maximale de Sécurité : 45 bars**

**Température de la bouteille : -4°C**



Sachant que nous avons émis l'hypothèse dans lequel toutes les installations sont en demande de froid, le fait que le volume de la bouteille de CO<sub>2</sub> soit de 2 300 litres est dû au fait que tous les évaporateurs puissent être suffisamment alimenté en fluide.

Sachant que la Pression Maximale de Sécurité (PMS) est de 45 bars ce qui correspond à une température de 10°C. Lorsque la bouteille atteint une température de +5°C soit une pression de 40 bars, un petit groupe frigorifique s'enclenche afin que la bouteille de CO<sub>2</sub> ne monte pas plus haut en pression, si c'est le cas la bouteille peut exploser.

#### e) English part : the sequence of negociation :

I had few problems with the equipments to select. First of all I had to select equipments about all the needs of the positive central. For exemple, when i had to select my plate heat exchanger but i didn't have the good one so I contacted a firm located in Belgium. I asked with an e-mail if they could help me to select the good one.

Someone send me an e-mail and he told me some details like : the necessary power; fluids ; the carbon dioxide under cooling ; the carbon dioxide condensation ; the R134a overheated and the type of system i'm studing.

When i send him every information i had with all hypotheses he selected a some plate heat exchangers with a lot of informations so i could select the better one with the system i have.

It wasn't possible to have a price for the carbon dioxide bottle of liquid tank because for this system it's necessary to have a huge volume (2 300 litre or 2.3m<sup>3</sup>). On different catalogs, it wasn't possible to find this kind of bottle of liquid tank.

We tried to contact companies who can creat these bottle of liquid with this huge but we didn't have a answer about the price because it take a lot of time to creat this element of the system.

## VIII-Régulation de la centrale positive:

### a)Régulation des compresseurs :

La régulation faite sur les compresseurs est « premier enclenché, premier coupé ». Lorsque la demande en froid est toujours présente, si le premier compresseur en ayant 100% de sa puissance nominale ne suffit pas à fournir assez de puissance, le second compresseur va s'enclenché afin de produire la puissance nécessaire afin qu'il n'y ait plus de demande en froid.

Le fait d'avoir ce type de régulation est un avantage lorsque la puissance du compresseur est entre 50% et 100%. Mais lorsqu'elle est en dessous de 50% de la puissance nominale du compresseur, le rendement chute. C'est pour cela qu'il faut éviter ce type de régulation pour des fonctionnements à basses puissance.

Une solution possible pour contrer ce problème est d'installer un variateur de vitesse sur le compresseur qui permettra de réduire la vitesse de rotation de la vis du compresseur et ainsi diminuer sa puissance. Ce mécanisme permet également d'assurer le démarrage à vide de l'installation.

Pour cela nous avons pris un variateur de vitesse triphasé Danfoss :



#### **Démarrateurs progressifs CI-tronic™**

Conçu pour assurer le démarrage progressif des compresseurs triphasés  
Jusqu'à 12 démarrages et arrêts par heure. Réglage du couple initial de 0 à 85%  
Réglage des temps d'accélération et de décélération individuels, jusqu'à 60 secondes  
Tension de commande 24 - 480 Vca/cc. Tension de service 380 - 480 Vca  
Indice de protection IP20. Montage DIN rail

Modèle	Phases contrôlées	Intensité service max.(A)	Durée accélération max. (s)	Référence	Code	Prix €
<b>400V - 3 ph - 50 Hz</b>						
MCI 15C	2	15	0,4	037N0076	FHDA1007A	648,80
MCI 25C	2	24/30	0,4	037N0077	FHDA1008A	1 087
MCI 25CH	3	25		037N0097	FHDA1045A	419,90

### b) Régulation de la bouteille CO<sub>2</sub> :

En ayant un variateur de vitesse, le compresseur va comprimer un volume de fluide variable et ainsi adapter la puissance frigorifique selon la charge thermique du local.

Le démarrage et la coupure des compresseur se fait par rapport à un régulateur placé sur la bouteille CO<sub>2</sub> car celle-ci doit être à une température de -4°C.

Pour cela, une KVD sera installé sur la bouteille CO<sub>2</sub> :

Il faut savoir que les compresseurs pourront démarrer uniquement s'il n'y a aucun défaut propre à lui mais également s'il y a une demande en froid qui est présente mais également si le compresseur n'est pas dans une phase d'anti court-cycle qui sera d'environ 6 minutes minimum.

Une fois que la température de la bouteille a atteint la température de consigne, la puissance du premier compresseur va diminuer jusqu'à la coupure et ainsi de suite pour les autres si la demande en froid ne se réenclenche pas.

En effet lorsque l'écart mesuré entre la température de consigne et la température de la bouteille CO<sub>2</sub> augmente, le variateur de vitesse augmentera par conséquent la vitesse de rotation des vis.



### Régulateurs de pression de bouteille

Le KVD est un régulateur de pression modulant. Il s'ouvre lorsque la pression de bouteille baisse et dérive le gaz chaud pour maintenir la pression de la bouteille à la valeur de réglage du régulateur. Température de fonctionnement maxi +130°C

Modèle	Référence	Ø (pouce)	PMS (bar)	Valeur Kv (m <sup>3</sup> /h)	Plage (bar)	Code	Prix €
<b>A braser ODF</b>							
KVD 12S	034L0173	1/2"	28	1,75	3/20	JCDA0051A	351,80
KVD 15S	034L0177	5/8"	28	1,75	3/20	JCDA0007A	352,00

La valeur Kv est le débit de fluide en m<sup>3</sup>/h pour une chute de pression dans la vanne de 1 bar, ρ = 1000 kg/m<sup>3</sup>

Le rôle de la KVD est de contrôler et réguler la pression à l'intérieur de la bouteille CO<sub>2</sub>. En effet, la KVD est une vanne dans laquelle il y a deux niveaux de pression :

- **La pression pilote** : Il s'agit de la pression que l'on cherche à réguler, elle se situe dans la partie inférieure de la KVD. Cette pression exercera une force vers le haut sur le clapet.
- **La pression sans incidence** : Il s'agit de la pression que l'on ne souhaite pas réguler, elle se situe sur le côté de la KVD. Elle exerce une force vers le bas sur le clapet
- **La vis** : Il s'agit de l'élément qui permet la pression que l'on souhaite avoir dans la bouteille. Elle exerce également une force vers le bas sur le clapet.

Ainsi il y aura une augmentation de la puissance frigorifique. Ce type de régulation permet de faire varier la puissance sans avoir de perte importante de rendement.

De plus, il faut savoir que la basse pression sera contrôlée. En effet, si la pression en BP est de 2°C en dessous de celle de la température de consigne, la puissance des compresseurs sera réduite. Une alarme BP sera enclenchée.

### c) Régulation en partie BP (Basse pression) :

## Sondes de température



Modèle	Plage température (°C)	Type	Nbre fils	Long. câble (m)	Précision (%)	Matériau	Dim. (mm)	Indice de protection	Code	Prix €
<b>Johnson Controls</b>										
SN4B20P1	-40/+105	NTC	2	1,2	± 0,3%	TPE	Ø6 x 34	IP67	FCJC1044B	15,38
A99BB-300C	-40/+100	PTC1000	2	3	± 0,5°C	PVC	Ø6 x 50	IP68	FCJC1035A	76,88
A99BB-600C	-40/+100	PTC1000	2	6	± 0,5°C	PVC	Ø6 x 50	IP20	FCJC1036A	93,47
TF5019	-20/+60	PT1000	3	9	± 0,5°C	Elastomer	Ø6 x 34	IP68	FCJC1025A	78,71
ST1N20P1	-50/+105	PTC1000	3	2	± 1,5	Nylon6	7x40	IP67	FCJC1027A	28,96
A99BB-200C	-40/+100	PTC1000	2	2	± 0,5	PVC	Ø6x50	IP68	FCJC1034A	61,03

Pour la partie BP, un pressostat de régulation seront sélectionné afin d'assurer une sécurité pour la partie BP ainsi qu'une régulation pump-down en cas d'intervention dans le futur.

### Pressostats simples

Pressostats HP et BP pour fluides fluorés non corrosifs.

Les modèles IP66 sont à double soufflet et peuvent être utilisés en sécurité (conformes DESP)



*La conformité DESP 2014/38/EV permet une utilisation du pressostat en sécurité (encadrement si réarmement manuel). Sinon le pressostat peut être utilisé uniquement en régulation.*



Modèle	Raccord (pouce)	Réarmement		Plage (bar)		Différentiel (bar)		Conforme à DESP 2014/68/EV	Indice de protection	Code	Prix €
		BP	HP	BP	HP	BP	HP				
<b>Pressostats simples - BP</b>											
TTL BP AUTO	1/4" Flare	Auto	-	0,3 à 7	-	0,6 à 4	-	Non	IP 44	EBTT1078A	67,01
TTL BP MANU	1/4" Flare	Manuel	-	0,3 à 7	-	Fixe 0,6	-	Non	IP 44	EBTT1093A	74,06

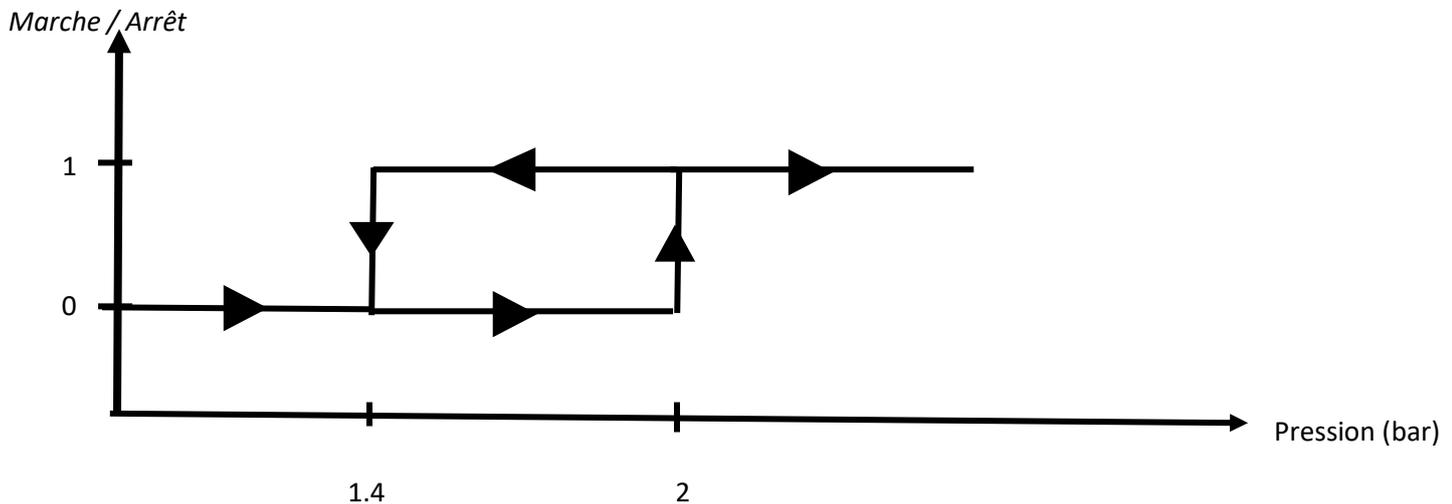
Valeur de réglage du pressostat BP de régulation (en bleu) :

Cut in : 1.4 bar

Cut out : 2 bar

Pour les valeurs de réglages, cela correspond à des réglages pour la chambre froide fruits et légumes. Cela est dû au fait que la température ne doit pas être trop basse afin que les produits ne soient pas endommagés.

Diagramme de fonctionnement du pressostat BP de régulation :



#### d) Régulation de puissance au condenseur :

Le type de régulation en partie HP sur la centrale positive est une régulation « HP flottante ».

En effet des sondes de températures seront placées en sortie d'air du condenseur, ces sondes seront reliées électriquement à un régulateur qui fera des comparaisons entre la température de sortie d'air et la pression de consigne qui correspond à une température variant de 25°C à 45°C sur ce système.



**Sondes de température**

Modèle	Plage température (°C)	Type	Nbre fils	Long. câble (m)	Précision (%)	Matériau	Dim. (mm)	Indice de protection	Code	Prix €
<b>Johnson Controls</b>										
SN4B20P1	-40/+105	NTC	2	1,2	± 0,3%	TPE	Ø6 x 34	IP67	FCJC1044B	15,38
A99BB-300C	-40/+100	PTC1000	2	3	± 0,5°C	PVC	Ø6 x 50	IP68	FCJC1035A	76,88
A99BB-600C	-40/+100	PTC1000	2	6	± 0,5°C	PVC	Ø6 x 50	IP20	FCJC1036A	93,47
TF5019	-20/+60	PT1000	3	9	± 0,5°C	Elastomer	Ø6 x 34	IP68	FCJC1025A	78,71
ST1N20P1	-50/+105	PTC1000	3	2	± 1,5	Nylon6	7x40	IP67	FCJC1027A	28,96
A99BB-200C	-40/+100	PTC1000	2	2	± 0,5	PVC	Ø6x50	IP68	FCJC1034A	61,03

Un pressostat HP de sécurité sera également placé afin de permettre à l'installation de couper en cas de pression trop importante dans la partie HP. Les valeurs de réglage seront choisies de façon à ne pas avoir de phénomène d'enclenchement et coupure continu.

Un pressostat HP de sécurité de chez Danfoss :

## Pressostats simples

Pressostats HP et BP pour fluides fluorés non corrosifs.

Les modèles IP66 sont à double soufflet et peuvent être utilisés en sécurité (conformes DESP)



 **La conformité DESP 2014/38/EV permet une utilisation du pressostat en sécurité (encadrement si réarmement manuel). Sinon le pressostat peut être utilisé uniquement en régulation.**



Modèle	Raccord (pouce)	Réarmement		Plage (bar)		Différentiel (bar)		Conforme à DESP 2014/68/EV	Indice de protection	Code	Prix €
		BP	HP	BP	HP	BP	HP				
<b>Pressostats simples - BP</b>											
TTL BP AUTO	1/4" Flare	Auto	-	0,3 à 7	-	0,6 à 4	-	Non	IP 44	EBTT1078A	67,01
TTL BP MANU	1/4" Flare	Manuel	-	0,3 à 7	-	Fixe 0,6	-	Non	IP 44	EBTT1093A	74,06
<b>Pressostats simples - HP</b>											
TTL HP AUTO	1/4" Flare	-	Auto	-	7 à 30	-	2,5 à 8	Non	IP 44	EBTT1098A	71,05
TTL HP AUTO	1/4" Flare	-	Auto	-	7 à 30	-	3 à 8	Oui	IP 66	EBTT1113A	98,56
TTL HP MANU	1/4" Flare	-	Manuel	-	7 à 30	-	Fixe 3,2	Non	IP 44	EBTT1103A	80,04
TTL HP MANU	1/4" Flare	-	Manuel	-	7 à 30	-	Fixe 3,2	Oui	IP 66	EBTT1123A	100,40

### e) Régulation en partie HP (Haute pression) :

Valeur de réglage du pressostat HP de sécurité (en bleu) :

Cut in : pression maximale  $\times 0.9$

$12 \times 0.9 = 10.8 \text{ bar}$  La valeur de coupure du pressostat HP sera donc de 10.8 bar.

Différentiel : 5 bar

Pour le choix des valeurs de réglages, l'hypothèse émise est que le fonctionnement de l'installation est dans le cas le plus défavorable afin d'avoir une plage suffisante entre la pression la plus haute et la pression d'enclenchement du pressostat afin de ne pas avoir de court-cycle.

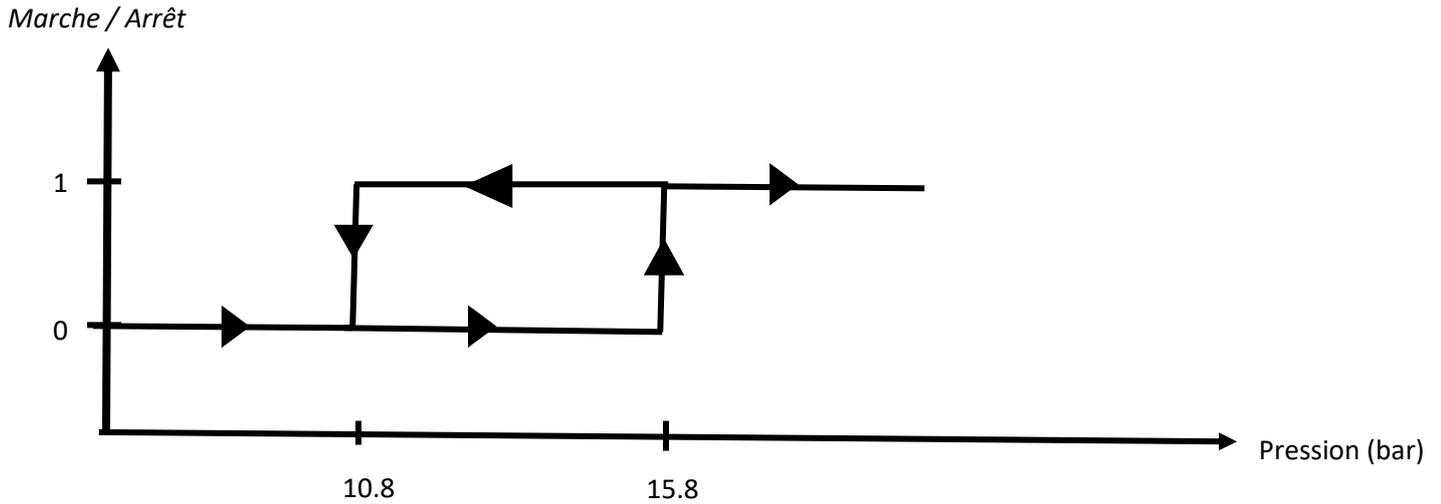
Valeur de réglage du pressostat HP de régulation (en rouge) :

Cut in : 10.8 bar La valeur de coupure du pressostat HP sera donc de 10.8 bar.

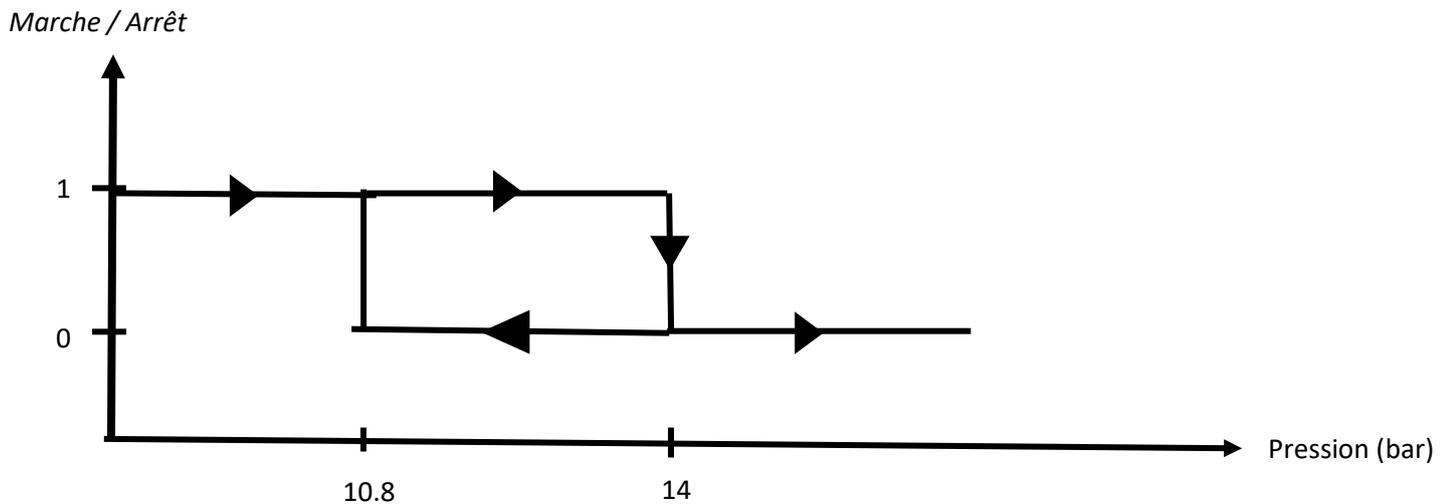
*Différentiel : 3.2 bar*

Pour le choix des valeurs de réglages, l'hypothèse émise est la même que pour le pressostat de sécurité. La différence est que le pressostat de régulation sert au niveau des ventilateurs du condenseur.

**Diagramme de fonctionnement du pressostat HP de sécurité :**



**Diagramme de fonctionnement du pressostat HP de régulation :**



Selon la température de sortie d'air des condenseurs, un variateur de vitesses sera relié aux ventilateurs du condenseur afin de jouer sur la température au condenseur.

Le fait qu'il s'agit d'une régulation HP flottante est un avantage car la pression de condensation se règle par rapport à la température extérieure dans l'instant présent.

Modèle	Plage (bar)	Pression service maxi (bar)	Réglage usine (bar)	Montage	Ø raccordement capteur pression	Fluide	I max (A)	Indice de protection	Code	Prix €
<b>230V - 1ph - 50Hz</b>										
P215PR-9200	10/25	40	19	Compact	1/4" Flare avec poussoir	HFC/HCFC	4	IP65	FHJC1001A	292,80
P215PR-9202	22/42	48	26	Compact	1/4" Flare avec poussoir	HFC/HCFC	4	IP65	FHJC1002A	292,80
P216EEA-1K	0/42	-	16	Mural	1/4" Flare avec poussoir	HFC/HCFC	12	IP54	FHJC1051A	730,00
<b>230V - 1ph - 50Hz • Commutation Electronique</b>										
P315PR-9200C	10/25	40	16	Compact	1/4" Flare avec poussoir	HFC/HCFC	-	IP65	FHJC1028A	294,60
<b>400V - 3 ph - 50/60 Hz</b>										
VFD68CHH-2K	Selon sonde			Mural	-	HFC/HCFC	-	-	FHJC1025C	2 249

### **Régulation de l'installation R134a :**

Pour ce type d'installation nous avons donc choisi une GTC (Gestion Technique Centralisé). Ce type de système à plusieurs avantages :

- Une meilleure vue d'ensemble de l'installation
- Une meilleure gestion des alarmes (notamment pour la régulation de la bouteille CO<sub>2</sub>)
- Maîtrise plus facile au niveau des dépannages

En effet, le fait d'avoir un poste GTC permet de repérer les différents problèmes possibles notamment pour la régulation HP flottante dans lequel il sera possible de voir s'il y a des problèmes au niveau des températures ou bien de la pression.

Comme dit précédemment, pour la régulation de la HP flottante, cela se fera grâce des sondes de températures qui donneront l'information à un régulateur. Les informations données par la sonde au régulateur seront visible dans le poste GTC.